

CÀLCUL DE LA SECCIÓ DELS CONDUCTORS LÍNIES MONOFÀSIQUES

CRITERI DE CAIGUDA DE TENSIÓ I INTENSITAT MÀXIMA ADMISSIBLE (ESCALFAMENT):

1. Primer cal determinar el corrent (I) que circularà en funció de la potència màxima prevista (P), la tensió d'alimentació (U) i suposarem un factor de potència, p.ex. $\cos \varphi = 0,85$.

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

2. Ara triarem la secció del conductor segons les taules adequades. Aquesta és la secció calculada pel **criteri d'escalfament**. Si cal, apliquem **Factors de Correcció** sobre aquest corrent.

3. Per altra banda calcularem la secció que provoca una caiguda de tensió (e) expressada en tant per cent (e%), (p.ex. del 0,5% en aquest tram de longitud L). Triem la conductivitat (γ , "gamma") segons material i temperatura de treball del conductor a la **Taula 1**.

$$\text{Si } s = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} \quad \text{o bé} \quad s = \frac{2 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U} \quad \text{i si } e = \frac{e\% \cdot U}{100}$$

$$\text{aleshores } s = \frac{2 \cdot 100 \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e\% \cdot U} = \frac{2 \cdot 100 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e\% \cdot U^2}$$

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cu	58	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,80
Temperatura	20°C	70°C(PVC)	90°C(XLPE)

Taula 1 Conductivitats (γ , m/ $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

Aquesta és la secció calculada pel **criteri de caiguda de tensió**.

4. De les dos seccions es tria la més gran.

CÀLCUL DE LA SECCIÓ DELS CONDUCTORS LÍNIES TRIFÀSIQUES

CRITERI DE CAIGUDA DE TENSIÓ I INTENSITAT MÀXIMA ADMISSIBLE (ESCALFAMENT):

1. Primer cal determinar el corrent (I) que circularà en funció de la potència màxima prevista (P), la tensió d'alimentació (U) i suposarem un factor de potència, p.ex. $\cos \varphi = 0,85$.

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos \varphi}$$

2. Ara triarem la secció del conductor segons les taules adequades. Aquesta és la secció calculada pel **criteri d'escalfament**. Si cal, apliquem **Factors de Correcció** sobre aquest corrent.

3. Per altra banda calcularem la secció que provoca una caiguda de tensió (e) expressada en tant per cent (e%), (p.ex. del 0,5% en aquest tram de longitud L). Triem la conductivitat (γ , "gamma") segons material i temperatura de treball del conductor a la **Taula 1**.

$$\text{Si } s = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_L \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e} \quad \text{o bé} \quad s = \frac{L \cdot P}{\gamma \cdot e \cdot U_L} \quad \text{i si } e = \frac{e\% \cdot U_L}{100}$$

$$\text{aleshores } s = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot L \cdot I_L \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e\% \cdot U_L} = \frac{100 \cdot L \cdot P}{\gamma \cdot e\% \cdot U_L^2}$$

Material	γ_{20}	γ_{70}	γ_{90}
Cu	58	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,80
Temperatura	20°C	70°C(PVC)	90°C(XLPE)

Taula 1 Conductivitats (γ , m/ $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

Aquesta és la secció calculada pel **criteri de caiguda de tensió**.

4. De les dos seccions es tria la més gran.

PROTECCIÓ AMB INTERRUPTOR MAGNETOTÈRMIC (SOBRECÀRREGUES I CURTCIRCUIT)

5. Ara triem l'Interruptor Magnetotèrmic (**IM**) per protegir aquest conductor suporti **sobrecàrregues**. Ha de complir:

- Per sobrecàrrega permanent,

$$I_b \leq I_N \leq I_z$$

on:

I_b , Intensitat de càlcul o real

I_N , Intensitat nominal de l'Interruptor Magnetotèrmic

I_z , Intensitat màxima admissible del conductor segons taula

- Per sobrecàrrega transitòria

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

on:

I_2 , Intensitat de sobrecàrrega que provoca SEGUR el dispar després d'un **temps llarg (1h o 2h)**

I_z , Intensitat màxima admissible del conductor segons taula

Podem interpretar que **$1,45 \cdot I_z$** és el corrent de «MALTRACTAMENT» per un conductor per un **temps llarg**

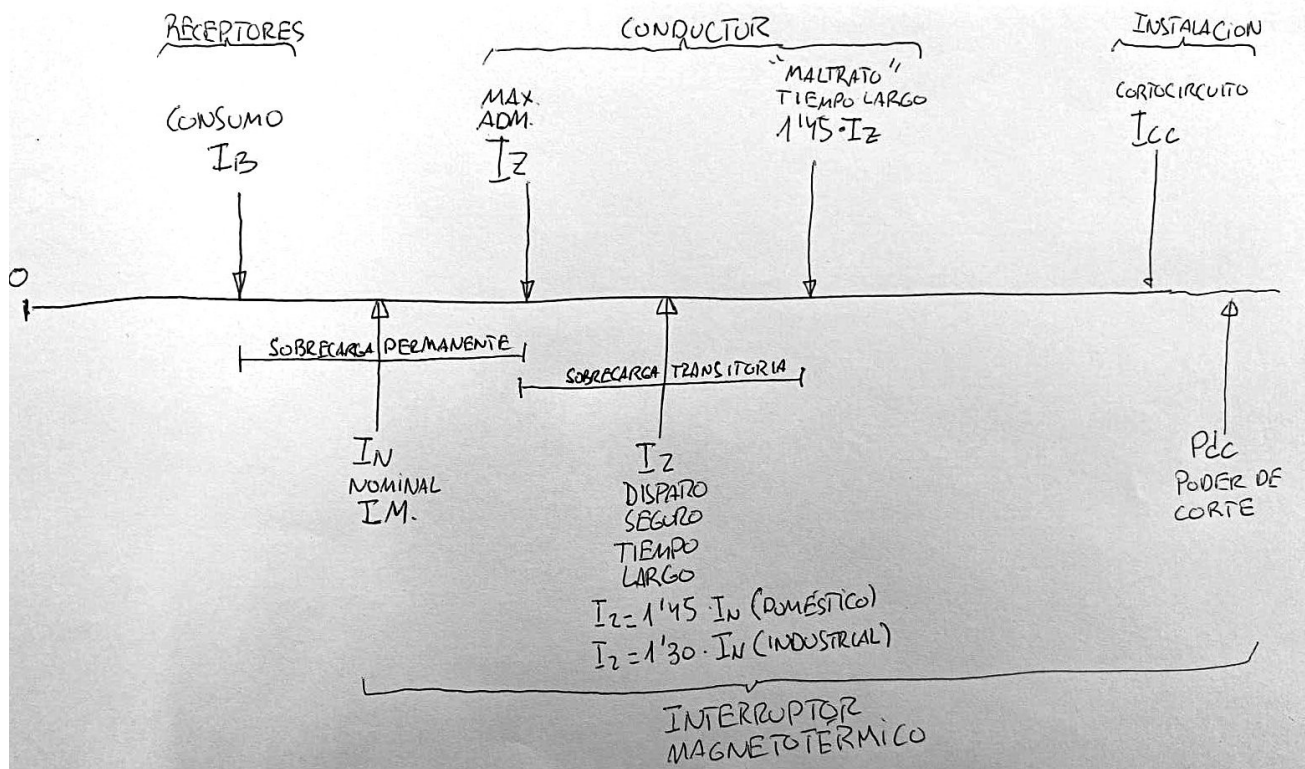
per calcular I_2 ho fem segons si l'Interruptor Magnetotèrmic és:

«**domèstic**» o similar (UNE EN 60898):

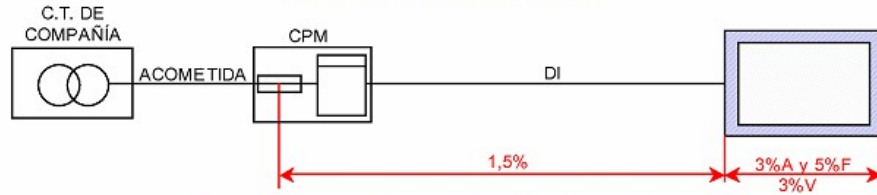
$$I_2 = 1,45 \cdot I_N$$

«**industrial**» (UNE EN 60947-2)

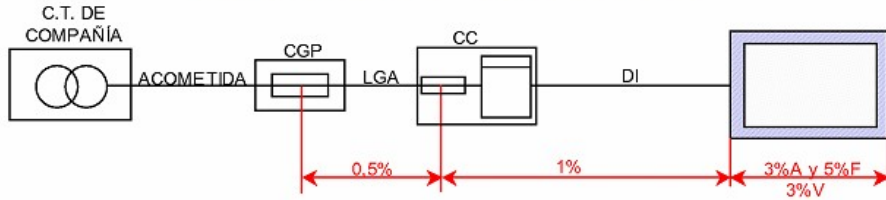
$$I_2 = 1,30 \cdot I_N$$



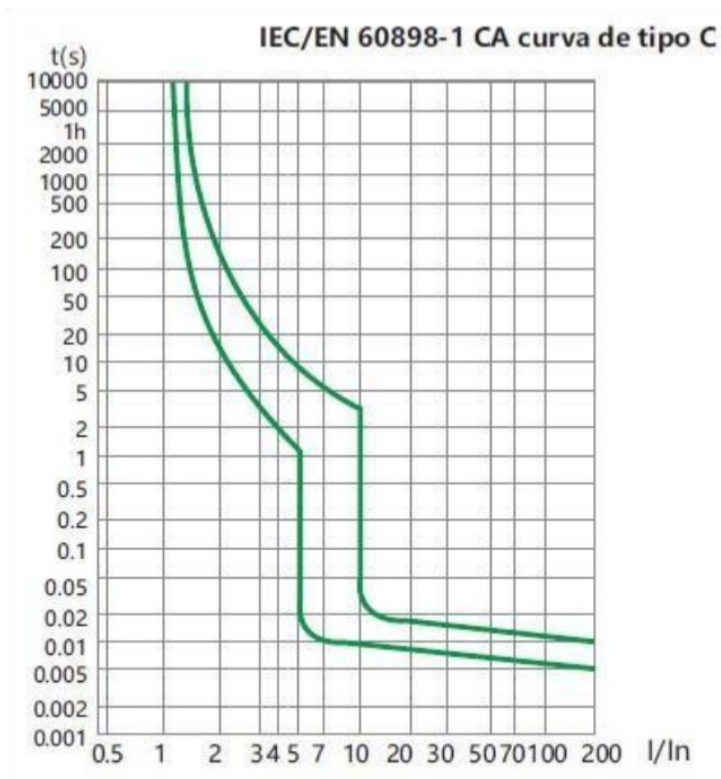
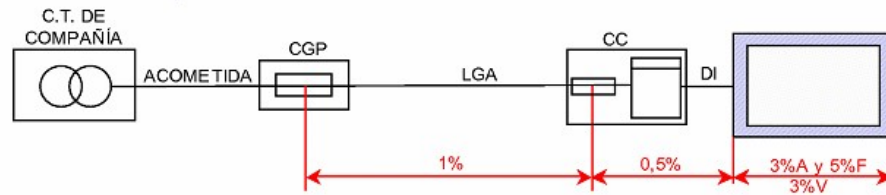
Esquema para un único usuario



Esquema para una única centralización de contadores:



Esquema cuando existen varias centralizaciones de contadores:



Nuevas intensidades admisibles (A) según recopilación de tablas C.52.1 bis 1 y C.52.1 bis 2 de UNE-HD 60364-5-52 (2022) (Instalaciones al aire 40 °C)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46	A47	A48	A49	A50	A51	A52	A53	A54	A55	A56	A57	A58	A59	A60	A61	A62	A63	A64	A65	A66	A67	A68	A69	A70	A71	A72	A73	A74	A75	A76	A77	A78	A79	A80	A81	A82	A83	A84	A85	A86	A87	A88	A89	A90	A91	A92	A93	A94	A95	A96	A97	A98	A99	A100	A101	A102	A103	A104	A105	A106	A107	A108	A109	A110	A111	A112	A113	A114	A115	A116	A117	A118	A119	A120	A121	A122	A123	A124	A125	A126	A127	A128	A129	A130	A131	A132	A133	A134	A135	A136	A137	A138	A139	A140	A141	A142	A143	A144	A145	A146	A147	A148	A149	A150	A151	A152	A153	A154	A155	A156	A157	A158	A159	A160	A161	A162	A163	A164	A165	A166	A167	A168	A169	A170	A171	A172	A173	A174	A175	A176	A177	A178	A179	A180	A181	A182	A183	A184	A185	A186	A187	A188	A189	A190	A191	A192	A193	A194	A195	A196	A197	A198	A199	A200	A201	A202	A203	A204	A205	A206	A207	A208	A209	A210	A211	A212	A213	A214	A215	A216	A217	A218	A219	A220	A221	A222	A223	A224	A225	A226	A227	A228	A229	A230	A231	A232	A233	A234	A235	A236	A237	A238	A239	A240	A241	A242	A243	A244	A245	A246	A247	A248	A249	A250	A251	A252	A253	A254	A255	A256	A257	A258	A259	A260	A261	A262	A263	A264	A265	A266	A267	A268	A269	A270	A271	A272	A273	A274	A275	A276	A277	A278	A279	A280	A281	A282	A283	A284	A285	A286	A287	A288	A289	A290	A291	A292	A293	A294	A295	A296	A297	A298	A299	A300	A301	A302	A303	A304	A305	A306	A307	A308	A309	A310	A311	A312	A313	A314	A315	A316	A317	A318	A319	A320	A321	A322	A323	A324	A325	A326	A327	A328	A329	A330	A331	A332	A333	A334	A335	A336	A337	A338	A339	A340	A341	A342	A343	A344	A345	A346	A347	A348	A349	A350	A351	A352	A353	A354	A355	A356	A357	A358	A359	A360	A361	A362	A363	A364	A365	A366	A367	A368	A369	A370	A371	A372	A373	A374	A375	A376	A377	A378	A379	A380	A381	A382	A383	A384	A385	A386	A387	A388	A389	A390	A391	A392	A393	A394	A395	A396	A397	A398	A399	A400	A401	A402	A403	A404	A405	A406	A407	A408	A409	A410	A411	A412	A413	A414	A415	A416	A417	A418	A419	A420	A421	A422	A423	A424	A425	A426	A427	A428	A429	A430	A431	A432	A433	A434	A435	A436	A437	A438	A439	A440	A441	A442	A443	A444	A445	A446	A447	A448	A449	A450	A451	A452	A453	A454	A455	A456	A457	A458	A459	A460	A461	A462	A463	A464	A465	A466	A467	A468	A469	A470	A471	A472	A473	A474	A475	A476	A477	A478	A479	A480	A481	A482	A483	A484	A485	A486	A487	A488	A489	A490	A491	A492	A493	A494	A495	A496	A497	A498	A499	A500	A501	A502	A503	A504	A505	A506	A507	A508	A509	A510	A511	A512	A513	A514	A515	A516	A517	A518	A519	A520	A521	A522	A523	A524	A525	A526	A527	A528	A529	A530																																																																																									

Cables en tendidos enterrados directamente o bajo tubo. Temperatura 25 °C y resistividad térmica 2,5 K·m/W.

Métodos D1/D2	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295

FACTORS DE CORRECCIÓ

Tabla B.52.14
 Factores de corrección de la intensidad admisible para
 temperatura ambiente diferente de 40 °C (instalaciones al aire)

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,4	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

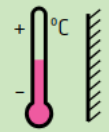
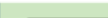


Tabla B.52.15
 Factores de corrección de la intensidad admisible para temperaturas ambiente
 del terreno diferentes de 25 °C a aplicar para cables (en conductos enterrados)

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Tipo PVC (termoplástico)	1,16	1,11	1,05	1,00	0,94	0,88	0,81	0,75	0,66	0,58	0,47	-	-	-	-
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,11	1,08	1,04	1,00	0,97	0,93	0,89	0,83	0,79	0,74	0,68	0,63	0,55	0,48	0,40



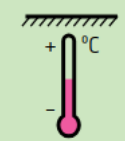


Tabla C.52.3

Punto	Disposición	Número de circuitos o cables multiconductores										Instalación tipo
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Agrupados al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,0	0,80	0,70	0,65	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	AaF	
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C	
3	Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60		
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	EyF	
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		





6. Ara hem de tenir en compte el **Corrent de Curtcircuit**:

Els curtcircuits, en essència, es poden considerar sobrecàrregues de molt alta intensitat però de molt curta duració, (menys de 5 segons segons la norma UNE 21145) i amb unes temperatures màximes en els conductors de:

TIPUS D'AÍLLAMENT		Temperatura màxima(°C)
Termoestables	XLPE	250
	EPR	250
Termoplàstics	PVC/Z1<=300mm ²	160
	PVC/Z1 > 300mm ²	140

També s'ha d'assegurar que l'energia transferida al conductor és menor de la que pot assumir. Això passa quan es compleix:

$$I_{CC}^2 \cdot t_{descon} = k^2 \cdot S^2$$

Sent:

I_{CC} , corrent de curtcircuit

k , una constant que depèn de l'aïllament, **PVC→k=115, XLPE→k=143**

t_{descon} , el temps que triguem en desconnectar

S , la secció del conductor

Tenim dos possibles Curtcircuits, el màxim i el mínim i hem de valorar els dos.

El **Curtcircuit màxim** és aquell que el dona al principi de la línia, tot just a la sortida de la protecció amb els conductors freds. El **Curtcircuit mínim** és aquell que es dona al final de la línia amb els conductors calents.

· Per calcular el **Curtcircuit màxim** hem de saber la resistència a 20°C (freds) de tots els conductors aigües amunt de la protecció, pensant que estem en una línia **MONOFÀSICA**. Si l'anomenem $R_{ar(20^\circ)}$, aleshores:

$$R_{ar(20^\circ)} = \frac{1}{\gamma_{20^\circ}} \frac{2 \cdot L}{S} \quad I_{CCmax} = \frac{0,8 \cdot U}{R_{ar(20^\circ)}}$$

Aquest corrent de curtcircuit ha de ser menor que el Poder de Tall (PdC) de la protecció.

$$I_{CCmax} \leq PdC$$

Els IM han de tenir una PdC mínima de 4,5 kA.

· Per calcular el **Curtcircuit mínim**, hem de saber la resistència a 70°C o 90°C (calents i segons aïllament) de tot el recorregut de la línia, pensant que estem en una línia **MONOFÀSICA**. Si l'anomenem R_{tot} , aleshores:

$$R_{tot(70/90^{\circ})} = \frac{1}{\gamma_{70/90^{\circ}}} \frac{2 \cdot L}{S} \quad I_{CCmin} = \frac{0,8 \cdot U}{R_{tot(70/90^{\circ})}}$$

Ara haig d'estar segur que amb aquest valor de curtcircuit «petit», l'IM es capaç d'actuar. Per això necessito saber el valor mínim d'actuació de l'interruptor, anomenat $I_{disp.mag}$, que depèn del tipus de corba, B, C o D.

$$I_{CCmin} \geq I_{disp.mag}$$

CURVA	Disparo magnético en AC
Curva B	$3 I_n - 5 I_n$ (*)
Curva C	$5 I_n - 10 I_n$ (*)
Curva D	$10 I_n - 20 I_n$ (*)
Curva K	$8 I_n - 12 I_n$ (**)
Curva Z	$2 I_n - 3 I_n$ (**)
Curva MA	$10 I_n - 14 I_n$ (**)

Amb aquestes taules podem comprovar la **Longitud màxima protegida** en m per **Curtcircuit Mínim**, sense càlculs:

CURVA B	Sección (mm²)									
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	
10 A	103	172	275	412	687					
16 A	64	107	172	258	429	687				
20 A	52	86	137	206	343	550	859			
25 A		69	110	165	275	440	687	962		
32 A		54	86	129	215	343	537	751		
40 A			69	103	172	275	429	601	859	
50 A				82	137	220	343	481	687	
63 A					109	174	273	382	545	
80 A						137	215	301	429	
100 A						110	172	240	343	
125 A							137	192	275	

CURVA C	Sección (mm²)									
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	
10 A	52	86	137	206	343	550	859			
16 A	32	54	86	129	215	343	537	751		
20 A	26	43	69	103	172	275	429	601		
25 A		34	55	82	137	220	343	481	687	
32 A		27	43	64	107	172	268	376	537	
40 A			34	52	86	137	215	301	429	
50 A				41	69	110	172	240	343	
63 A					55	87	136	191	273	
80 A						69	107	150	215	
100 A						55	86	120	172	
125 A							69	96	137	

CURVA D	Sección (mm²)									
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	
10 A	26	43	69	103	172	275	429	601		
16 A	16	27	43	64	107	172	268	376	537	
20 A	13	21	34	52	86	137	215	301	429	
25 A		17	27	41	69	110	172	240	343	
32 A		13	21	32	54	86	134	188	268	
40 A			17	26	43	69	107	150	215	
50 A				21	34	55	86	120	172	
63 A					27	44	68	95	136	
80 A						34	54	75	107	
100 A						27	43	60	86	
125 A							34	48	69	

· Per últim verifiquem que l'Energia transferida és inferior a la que el conductor pot suportar sabent quan triga en disparar, tant per CC mínim com CC màxim:

$$I_{CCmin}^2 \cdot t_{descon CCmin} = k^2 \cdot S^2 \quad I_{CCmax}^2 \cdot t_{descon CCmax} = k^2 \cdot S^2$$

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE (A) PARA CABLES CON AISLAMIENTO TERMOESTABLE (POLIETILENO RETICULADO (XLPE), SILICONA, POLIOLEFINA Z) y CONDUCTORES DE Cu. TEMPERATURA MÁXIMA EN CORTOCIRCUITO 250 ° C (0,1 < t ≤ 5 segundos). k= 143.

SECCIÓN (mm ²)	DURACIÓN DEL CORTOCIRCUITO EN SEGUNDOS												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0,5	226	160	131	113	101	72	58	51	45	41	38	36	34
0,75	339	240	196	170	152	107	88	76	68	62	57	54	51
1	452	320	261	226	202	143	117	101	90	83	76	72	67
1,5	678	480	392	339	303	215	175	152	136	124	115	107	101
2,5	1.131	799	653	565	506	358	292	253	226	206	191	179	169
4	1.809	1.279	1.044	904	809	572	467	404	362	330	306	286	270
6	2.713	1.919	1.566	1.357	1.213	858	701	607	543	495	459	429	404
10	4.522	3.198	2.611	2.261	2.022	1.430	1.168	1.011	904	826	764	715	674
16	7.235	5.116	4.177	3.618	3.236	2.288	1.868	1.618	1.447	1.321	1.223	1.144	1.079
25	11.305	7.994	6.527	5.653	5.056	3.575	2.919	2.528	2.261	2.064	1.911	1.788	1.685
35	15.827	11.192	9.138	7.914	7.078	5.005	4.087	3.539	3.165	2.890	2.675	2.503	2.359
50	22.610	15.988	13.054	11.305	10.112	7.150	5.838	5.056	4.522	4.128	3.822	3.575	3.371
70	31.654	22.383	18.276	15.827	14.156	10.010	8.173	7.078	6.331	5.779	5.351	5.005	4.719
95	42.960	30.377	24.803	21.480	19.212	13.585	11.092	9.606	8.592	7.843	7.261	6.793	6.404
120	54.265	38.371	31.330	27.132	24.268	17.160	14.011	12.134	10.853	9.907	9.172	8.580	8.089
150	67.831	47.964	39.162	33.915	30.335	21.450	17.514	15.167	13.566	12.384	11.466	10.725	10.112
185	83.658	59.155	48.300	41.829	37.413	26.455	21.600	18.707	16.732	15.274	14.141	13.228	12.471
240	108.529	76.742	62.659	54.265	48.536	34.320	28.022	24.268	21.706	19.815	18.345	17.160	16.179
300	135.662	95.927	78.324	67.831	60.670	42.900	35.028	30.335	27.132	24.768	22.931	21.450	20.223

INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA ADMISIBLE (A) PARA CABLES CON AISLAMIENTO TERMOPLÁSTICO (PVC, POLIOLEFINA Z1) Y CONDUCTORES DE Cu. TEMPERATURA MÁXIMA EN CORTOCIRCUITO 160 ° C (0,1 < t ≤ 5 segundos). K=115

SECCIÓN (mm ²)	DURACIÓN DEL CORTOCIRCUITO EN SEGUNDOS												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0,5	182	129	105	91	81	58	47	41	36	33	31	29	27
0,75	273	193	157	136	122	86	70	61	55	50	46	43	41
1	364	257	210	182	163	115	94	81	73	66	61	58	54
1,5	545	386	315	273	244	173	141	122	109	100	92	86	81
2,5	909	643	525	455	407	288	235	203	182	166	154	144	136
4	1.455	1.029	840	727	651	460	376	325	291	266	246	230	217
6	2.182	1.543	1.260	1.091	976	690	563	488	436	398	369	345	325
10	3.637	2.571	2.100	1.818	1.626	1.150	939	813	727	664	615	575	542
16	5.819	4.114	3.359	2.909	2.602	1.840	1.502	1.301	1.164	1.062	984	920	867
25	9.092	6.429	5.249	4.546	4.066	2.875	2.347	2.033	1.818	1.660	1.537	1.438	1.355
35	12.728	9.000	7.349	6.364	5.692	4.025	3.286	2.846	2.546	2.324	2.151	2.013	1.897
50	18.183	12.857	10.498	9.092	8.132	5.750	4.695	4.066	3.637	3.320	3.074	2.875	2.711
70	25.456	18.000	14.697	12.728	11.384	8.050	6.573	5.692	5.091	4.648	4.303	4.025	3.795
95	34.548	24.429	19.946	17.274	15.450	10.925	8.920	7.725	6.910	6.308	5.840	5.463	5.150
120	43.639	30.858	25.195	21.820	19.516	13.800	11.268	9.758	8.728	7.967	7.376	6.900	6.505
150	54.549	38.572	31.494	27.275	24.395	17.250	14.085	12.198	10.910	9.959	9.221	8.625	8.132
185	67.277	47.572	38.843	33.639	30.087	21.275	17.371	15.044	13.455	12.283	11.372	10.638	10.029
240	87.279	61.715	50.390	43.639	39.032	27.600	22.535	19.516	17.456	15.935	14.753	13.800	13.011
300	109.099	77.144	62.988	54.549	48.790	34.500	28.169	24.395	21.820	19.919	18.441	17.250	20.223