

● Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo		70%			50%			30%	
					Parades	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
					Indice local	Coeficiente de utilización								
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas T-12	 12 ↑ ↓ 75	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.30 0.39 0.46 0.54 0.58 0.65 0.70 0.73 0.77 0.80	0.25 0.34 0.41 0.48 0.53 0.60 0.65 0.69 0.73 0.77	0.22 0.30 0.37 0.44 0.49 0.56 0.61 0.65 0.70 0.74	0.29 0.38 0.45 0.52 0.56 0.62 0.66 0.70 0.74 0.76	0.25 0.33 0.40 0.47 0.52 0.58 0.63 0.66 0.70 0.74	0.22 0.30 0.37 0.43 0.48 0.54 0.58 0.63 0.68 0.71	0.25 0.33 0.40 0.47 0.52 0.58 0.63 0.68 0.71	0.21 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.63 0.68 0.71	
	Semidirecta 3 lámparas 40 w y "Slimline"	 11 ↑ ↓ 74	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.30 0.39 0.46 0.53 0.58 0.65 0.69 0.72 0.76 0.78	0.25 0.34 0.41 0.48 0.53 0.60 0.64 0.68 0.72 0.76	0.22 0.31 0.37 0.44 0.49 0.56 0.61 0.65 0.70 0.73	0.29 0.38 0.45 0.51 0.56 0.62 0.66 0.70 0.74 0.75	0.25 0.33 0.40 0.47 0.52 0.58 0.63 0.68 0.71	0.22 0.30 0.37 0.43 0.48 0.54 0.59 0.63 0.67 0.70	0.21 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.63 0.68 0.71		
	Semidirecta 2 lámparas T-12 con rejilla difusora de 23"	 18 ↑ ↓ 60	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.27 0.36 0.41 0.47 0.51 0.57 0.60 0.63 0.67 0.69	0.23 0.32 0.36 0.42 0.46 0.53 0.57 0.60 0.64 0.66	0.20 0.27 0.33 0.39 0.45 0.51 0.54 0.58 0.61 0.64	0.26 0.35 0.41 0.46 0.51 0.57 0.60 0.63 0.66 0.68	0.22 0.30 0.37 0.43 0.48 0.54 0.59 0.63 0.67 0.70	0.20 0.27 0.33 0.39 0.44 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64	0.19 0.26 0.32 0.38 0.43 0.49 0.53 0.56 0.59 0.62		
	Semidirecta 2 lámparas de Alta Emisión de 1.5 amps.	 18 ↑ ↓ 64	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.28 0.36 0.43 0.49 0.54 0.60 0.64 0.67 0.70 0.73	0.23 0.32 0.38 0.44 0.49 0.55 0.60 0.63 0.66 0.68	0.20 0.27 0.33 0.39 0.45 0.51 0.54 0.58 0.61 0.64	0.27 0.35 0.41 0.46 0.51 0.57 0.60 0.63 0.66 0.68	0.20 0.27 0.33 0.39 0.44 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64	0.20 0.27 0.33 0.39 0.44 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64	0.20 0.27 0.33 0.39 0.44 0.50 0.54 0.58 0.61 0.64		
	Semidirecta Lámpara Baja Temper. de 100 w. con plástico exterior	 10 ↑ ↓ 62	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J I H G F E D C B A	0.24 0.31 0.36 0.42 0.46 0.51 0.54 0.57 0.60 0.63	0.19 0.26 0.31 0.36 0.40 0.46 0.50 0.53 0.56 0.59	0.15 0.21 0.26 0.32 0.37 0.41 0.44 0.47 0.50 0.53	0.23 0.29 0.34 0.39 0.43 0.48 0.51 0.54 0.57 0.59	0.19 0.26 0.31 0.36 0.40 0.46 0.50 0.53 0.56 0.59	0.15 0.21 0.26 0.32 0.37 0.41 0.44 0.47 0.50 0.53	0.15 0.21 0.26 0.32 0.37 0.41 0.44 0.47 0.50 0.53		

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo		80%			70%			50%	
					Parades	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización								
Incan-descente	Directa Empotrada con lente primática.	 0 ↑ ↓ 63	1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.33 0.41 0.45 0.50 0.53 0.56 0.59 0.60 0.62 0.63	0.30 0.37 0.41 0.46 0.49 0.53 0.56 0.58 0.60 0.62	0.27 0.34 0.39 0.43 0.46 0.49 0.52 0.55 0.57 0.58	0.33 0.41 0.45 0.49 0.52 0.55 0.58 0.60 0.61 0.62	0.29 0.37 0.41 0.46 0.49 0.52 0.55 0.57 0.58 0.59	0.27 0.34 0.39 0.43 0.46 0.49 0.52 0.55 0.57 0.58	0.27 0.34 0.39 0.43 0.46 0.49 0.52 0.55 0.57 0.58		
	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Slimline" Sin visera	 18 ↑ ↓ 68	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.30 0.38 0.45 0.52 0.57 0.64 0.68 0.71 0.76 0.78	0.24 0.32 0.39 0.46 0.50 0.56 0.58 0.61 0.63 0.66	0.21 0.29 0.35 0.41 0.45 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59	0.29 0.37 0.43 0.49 0.53 0.59 0.62 0.66 0.69 0.73	0.24 0.32 0.39 0.46 0.50 0.56 0.58 0.61 0.63 0.66	0.21 0.29 0.35 0.41 0.45 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59	0.21 0.29 0.35 0.41 0.45 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59		
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 40 w y "Slimline" Con visera	 18 ↑ ↓ 63	1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.29 0.38 0.44 0.50 0.55 0.61 0.67 0.68 0.72 0.74	0.24 0.32 0.39 0.46 0.50 0.56 0.58 0.61 0.63 0.66	0.22 0.29 0.35 0.41 0.45 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59	0.29 0.37 0.43 0.49 0.53 0.59 0.62 0.66 0.69 0.73	0.24 0.32 0.39 0.46 0.50 0.56 0.58 0.61 0.63 0.66	0.22 0.29 0.35 0.41 0.45 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59	0.22 0.29 0.35 0.41 0.45 0.51 0.53 0.55 0.57 0.59		

● Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo		80%			70%			50%	
					Parades	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
					Indice local	Coeficiente de utilización								
Fluorescentes	Semidirecta 2 lámparas de 1.20 o 2.40 m. Montaje de superficie	 20 ↑ ↓ 73	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J I H G F E D C B A	0.27 0.35 0.43 0.49 0.55 0.62 0.67 0.71 0.76 0.81	0.21 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.63 0.68 0.73	0.17 0.24 0.31 0.37 0.42 0.48 0.53 0.58 0.63 0.68	0.27 0.35 0.43 0.49 0.55 0.62 0.67 0.71 0.76 0.81	0.21 0.30 0.36 0.42 0.47 0.53 0.58 0.63 0.68 0.73	0.17 0.24 0.31 0.37 0.42 0.48 0.53 0.58 0.63 0.68	0.17 0.24 0.31 0.37 0.42 0.48 0.53 0.58 0.63 0.68		
	Directa 2 lámparas empotradas con vidrio plano estriado	 0 ↑ ↓ 53	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.26 0.32 0.36 0.40 0.43 0.46 0.49 0.50 0.52 0.53	0.22 0.29 0.33 0.37 0.40 0.43 0.46 0.47 0.48 0.49	0.20 0.26 0.30 0.34 0.37 0.40 0.43 0.44 0.45 0.46	0.26 0.32 0.36 0.40 0.43 0.46 0.49 0.50 0.52 0.53	0.22 0.29 0.33 0.37 0.40 0.43 0.46 0.47 0.48 0.49	0.20 0.26 0.30 0.34 0.37 0.40 0.43 0.44 0.45 0.46	0.20 0.26 0.30 0.34 0.37 0.40 0.43 0.44 0.45 0.46		
	Directa 2 lámparas empotradas con rejilla difusora de plástico de 45°	 0 ↑ ↓ 52	1.0 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.24 0.30 0.34 0.38 0.41 0.44 0.46 0.48 0.50 0.51	0.21 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.45 0.47 0.48	0.19 0.24 0.28 0.32 0.35 0.38 0.40 0.42 0.44 0.45	0.24 0.30 0.34 0.38 0.41 0.44 0.46 0.48 0.50 0.51	0.19 0.24 0.28 0.32 0.35 0.38 0.40 0.42 0.44 0.45	0.19 0.24 0.28 0.32 0.35 0.38 0.40 0.42 0.44 0.45	0.18 0.23 0.27 0.31 0.34 0.36 0.38 0.40 0.42 0.43		
	Directa 4 lámparas empotradas con rejilla difusora metálica de 30°	 0 ↑ ↓ 59	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.27 0.34 0.39 0.43 0.46 0.49 0.50 0.52 0.55 0.57	0.23 0.30 0.35 0.39 0.42 0.45 0.47 0.48 0.50 0.51	0.20 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.27 0.34 0.39 0.43 0.46 0.49 0.50 0.52 0.55 0.57	0.20 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.20 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.20 0.27 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46		
	Directa 8 lámparas empotradas con plástico	 1 ↑ ↓ 61	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.27 0.33 0.38 0.43 0.46 0.50 0.53 0.55 0.57 0.59	0.22 0.29 0.34 0.38 0.42 0.45 0.48 0.50 0.52 0.54	0.19 0.26 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.27 0.33 0.38 0.43 0.46 0.50 0.53 0.55 0.57 0.59	0.19 0.26 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.19 0.26 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.19 0.26 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46		
	Directa Cielo luminoso 50% de transmisión y 80% de reflexión en la cavidad	 0 ↑ ↓ 69		Bueno 0.65 Medio 0.55 Malo 0.45	J I H G F E D C B A	0.22 0.30 0.36 0.42 0.46 0.52 0.57 0.60 0.63 0.66	0.18 0.25 0.31 0.37 0.41 0.46 0.50 0.53 0.56 0.58	0.15 0.22 0.27 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49	0.22 0.30 0.36 0.42 0.46 0.52 0.57 0.60 0.63 0.66	0.15 0.22 0.27 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49	0.15 0.22 0.27 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49	0.15 0.22 0.27 0.32 0.36 0.40 0.43 0.45 0.47 0.49		
	Directa Techo con rejilla difusora visera de 45°, 80% de reflexión en la cavidad	 0 ↑ ↓ 65	PLASTICO METAL	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.55	J I H G F E D C B A	0.23 0.30 0.36 0.41 0.44 0.49 0.52 0.55 0.58 0.60	0.19 0.26 0.31 0.35 0.38 0.41 0.43 0.44 0.45 0.46	0.16 0.23 0.28 0.33 0.37 0.40 0.42 0.44 0.45 0.46	0.23 0.30 0.36 0.41 0.44 0.49 0.52 0.55 0.58 0.60	0.16 0.23 0.28 0.33 0.37 0.40 0.42 0.44 0.45 0.46	0.16 0.23 0.28 0.33 0.37 0.40 0.42 0.44 0.45 0.46	0.16 0.23 0.28 0.33 0.37 0.40 0.42 0.44 0.45 0.46		
	Directa 3 lámparas con rejilla difusora de plástico de 45° Montaje de superficie	 1 ↑ ↓ 51	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J I H G F E D C B A	0.22 0.28 0.32 0.36 0.39 0.43 0.46 0.47 0.49 0.51	0.19 0.25 0.29 0.33 0.36 0.39 0.41 0.43 0.44 0.45	0.17 0.23 0.27 0.31 0.34 0.37 0.39 0.40 0.41 0.42	0.22 0.28 0.32 0.36 0.39 0.43 0.46 0.47 0.49 0.51	0.17 0.23 0.27 0.31 0.34 0.37 0.39 0.40 0.41 0.42	0.17 0.23 0.27 0.31 0.34 0.37 0.39 0.40 0.41 0.42	0.17 0.23 0.27 0.31 0.34 0.37 0.39 0.40 0.41 0.42		
	Directa 3 lámparas con plástico. Montaje de superficie	 1 ↑ ↓ 50	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J I H G F E D C B A	0.19 0.24 0.29 0.33 0.36 0.40 0.42 0.44 0.47 0.49	0.16 0.21 0.26 0.30 0.33 0.36 0.38 0.40 0.41 0.42	0.14 0.19 0.24 0.28 0.31 0.34 0.36 0.37 0.38 0.39	0.19 0.24 0.29 0.33 0.36 0.40 0.42 0.44 0.47 0.49	0.14 0.19 0.24 0.28 0.31 0.34 0.36 0.37 0.38 0.39	0.14 0.19 0.24 0.28 0.31 0.34 0.36 0.37 0.38 0.39	0.14 0.19 0.24 0.28 0.31 0.34 0.36 0.37 0.38 0.39		

Tipo	Unidad de Alumbrado	Distribución	Distancia entre Lámparas inferior a	Factor de Mantenimiento	Reflexiones											
					Techo			80%			70%			50%		
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
					Indice local											
					Coeficiente de utilización											
					J	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23		
					I	0.37	0.33	0.30	0.37	0.33	0.29	0.36	0.32	0.29		
					H	0.42	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33		
					G	0.46	0.42	0.38	0.45	0.41	0.38	0.43	0.40	0.39		
					F	0.50	0.45	0.42	0.48	0.44	0.41	0.46	0.43	0.40		
					E	0.54	0.50	0.47	0.53	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45		
					D	0.56	0.52	0.50	0.55	0.52	0.49	0.53	0.50	0.48		
					C	0.58	0.55	0.52	0.57	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50		
					B	0.61	0.59	0.56	0.59	0.57	0.55	0.57	0.55	0.53		
					A	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55		
					J	0.28	0.24	0.22	0.28	0.24	0.22	0.27	0.24	0.22		
					I	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.32	0.29	0.27		
					H	0.38	0.34	0.31	0.37	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30		
					G	0.41	0.37	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.36	0.34		
					F	0.44	0.40	0.38	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37		
					E	0.47	0.44	0.42	0.47	0.44	0.41	0.45	0.43	0.41		
					D	0.50	0.47	0.44	0.49	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43		
					C	0.51	0.49	0.46	0.50	0.48	0.46	0.48	0.46	0.45		
					B	0.53	0.51	0.49	0.52	0.50	0.48	0.50	0.49	0.48		
					A	0.55	0.53	0.51	0.53	0.52	0.50	0.51	0.50	0.49		
					J	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20		
					I	0.33	0.29	0.26	0.32	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25		
					H	0.37	0.33	0.29	0.36	0.32	0.29	0.35	0.31	0.29		
					G	0.41	0.36	0.33	0.40	0.36	0.33	0.39	0.35	0.32		
					F	0.44	0.40	0.36	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.35		
					E	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.40	0.45	0.42	0.39		
					D	0.51	0.47	0.44	0.50	0.46	0.44	0.48	0.45	0.42		
					C	0.53	0.50	0.47	0.52	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45		
					B	0.56	0.53	0.50	0.54	0.52	0.49	0.52	0.50	0.48		
					A	0.57	0.55	0.52	0.56	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50		
					J	0.24	0.19	0.16	0.24	0.19	0.16	0.22	0.18	0.15		
					I	0.32	0.26	0.22	0.31	0.25	0.22	0.28	0.24	0.20		
					H	0.38	0.32	0.28	0.36	0.31	0.26	0.33	0.28	0.25		
					G	0.44	0.38	0.33	0.42	0.36	0.32	0.37	0.33	0.29		
					F	0.49	0.42	0.38	0.46	0.41	0.36	0.41	0.36	0.33		
					E	0.56	0.49	0.45	0.52	0.47	0.43	0.46	0.41	0.38		
					D	0.60	0.54	0.51	0.56	0.51	0.47	0.49	0.45	0.42		
					C	0.64	0.58	0.54	0.59	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45		
					B	0.68	0.64	0.59	0.63	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49		
					A	0.71	0.67	0.63	0.66	0.63	0.60	0.56	0.54	0.52		
					J	0.24	0.19	0.16	0.23	0.18	0.16	0.21	0.17	0.15		
					I	0.30	0.25	0.21	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19		
					H	0.36	0.30	0.26	0.34	0.29	0.25	0.30	0.26	0.23		
					G	0.41	0.35	0.31	0.39	0.33	0.30	0.34	0.30	0.27		
					F	0.46	0.40	0.35	0.43	0.38	0.33	0.37	0.33	0.30		
					E	0.52	0.46	0.42	0.49	0.43	0.39	0.42	0.38	0.34		
					D	0.57	0.51	0.47	0.52	0.48	0.44	0.44	0.41	0.38		
					C	0.60	0.55	0.50	0.55	0.51	0.47	0.47	0.43	0.41		
					B	0.64	0.60	0.56	0.59	0.56	0.52	0.49	0.47	0.45		
					A	0.67	0.63	0.60	0.61	0.58	0.56	0.51	0.49	0.47		
					J	0.16	0.11	0.07	0.15	0.10	0.06	0.12	0.08	0.06		
					I	0.21	0.15	0.12	0.19	0.15	0.12	0.16	0.12	0.08		
					H	0.26	0.20	0.16	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12		
					G	0.32	0.25	0.20	0.28	0.23	0.19	0.23	0.18	0.15		
					F	0.36	0.30	0.24	0.33	0.26	0.22	0.25	0.21	0.18		
					E	0.42	0.36	0.31	0.38	0.33	0.27	0.29	0.25	0.22		
					D	0.46	0.40	0.36	0.41	0.36	0.33	0.32	0.29	0.26		
					C	0.50	0.44	0.40	0.44	0.40	0.36	0.34	0.31	0.28		
					B	0.54	0.50	0.45	0.48	0.44	0.41	0.37	0.34	0.32		
					A	0.57	0.53	0.50	0.51	0.48	0.44	0.39	0.36	0.34		
					J	0.11	0.09	0.06	0.09	0.07	0.06	0.07	0.05	0.04		
					I	0.15	0.12	0.10	0.13	0.10	0.08	0.09	0.07	0.06		
					H	0.18	0.15	0.12	0.16	0.13	0.10	0.10	0.09	0.07		
					G	0.22	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.13	0.11	0.10		
					F	0.25	0.21	0.19	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11		
					E	0.29	0.26	0.22	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.14		
					D	0.33	0.30	0.28	0.28	0.26	0.24	0.20	0.19	0.17		
					C	0.35	0.32	0.30	0.31	0.28	0.26	0.21	0.20	0.19		
					B	0.36	0.34	0.32	0.32	0.30	0.28	0.22	0.21	0.20		
					A	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.32	0.24	0.23	0.23		
					J	0.53	0.51	0.49	0.53	0.51	0.49	0.52	0.51	0.49		
					I	0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53		
					H	0.58	0.56	0.55	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.55		
					G	0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57	0.61	0.59	0.58		
					F	0.62	0.60	0.59	0.61	0.60	0.59	0.61	0.61	0.60		
					E	0.63	0.62	0.60	0.63	0.61	0.60	0.62	0.61	0.60		
					D	0.64	0.63	0.61	0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.61		
					C	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63		
					B	0.66	0.65	0.64	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63		
					A	0.66	0.66	0.65	0.66	0.65	0.64	0.64	0.64	0.64		
					J	0.13	0.07	0.04	0.12	0.07	0.04	0.10	0.06	0.03		
					I	0.18	0.11	0.07	0.16	0.10	0.06	0.13	0.08	0.06		
					H	0.23	0.15	0.10	0.20	0.14	0.09	0.16	0.11	0.07		
					G	0.28	0.20	0.15	0.25	0.18	0.13	0.19	0.14	0.10		
					F	0.33	0.25	0.19	0.29	0.22	0.17	0.22	0.16	0.12		
					E	0.40	0.32	0.26	0.35	0.28	0.23	0.26	0.20	0.16		
					D	0.45	0.38	0.32	0.39	0.33	0.28	0.29	0.24	0.20		
					C	0.49	0.42	0.37	0.43	0.37	0.32	0.31	0.26	0.23		
					B	0.54	0.50	0.43	0.47	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28		
					A	0.58	0.53	0.48	0.50	0.46	0.43	0.36	0.33	0.30		

Conexión y Resistencia a Tierra

Valores aceptables recomendados.- El más elaborado sistema de tierras que sea diseñado, puede ser inadecuado, a menos que la conexión del sistema a tierra sea adecuada y tenga una resistencia baja. Por consiguiente la conexión a tierra es una de las partes más importantes de todo sistema de tierras. Esto es también la parte más difícil de diseñar y obtener.

Para subestaciones grandes y estaciones de generación, el valor de la resistencia a tierra no deberá exceder de un ohm.

Para subestaciones pequeñas y plantas industriales, el valor de la resistencia a tierra no deberá exceder de 5 ohms. El NEC (National Electrical Code 1968) recomienda que la resistencia máxima no deberá exceder de 25 ohms.

La perfecta conexión a tierra deberá tener una resistencia con valor cero, pero esto es imposible de obtener.

La Resistividad de Diferentes Terrenos

||
||
||

⊕ Fórmulas para el Cálculo de las Resistencias a Tierra

(Fórmulas aproximadas incluyendo los efectos de imágenes. Las dimensiones deberán estar en centímetros para obtener la resistencia en ohms).

Las dimensiones deberán estar en centímetros para obtener la resistencia en ohms)

ρ = Resistencia específica de la tierra en ohms por cm^3 .

L = Longitud

a = Radio

s = Espaciamiento

Símbolo	Descripción	Fórmula
	Hemisferia, Radio a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
	Una varilla a tierra Longitud L , radio a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\log_e \frac{4L}{a} - 1 \right)$
	2 varillas a tierra $s >$ espaciamiento s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\log_e \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{5s^4} \dots \right)$
	2 varillas a tierra $s < L$, espaciamiento s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\log_e \frac{4L}{a} + \log_e \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
	Alambre enterrado horizontalmente longitud $2L$, profundidad $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\log_e \frac{4L}{a} + \log_e \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
	Curva en ángulo recto de alambre longitud de un lado L , prof $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\log_e \frac{2L}{a} + \log_e \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1035 \frac{s^2}{L^2} - 0.0424 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Estrella de 3 puntos Longitud de un lado L , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\log_e \frac{2L}{a} + \log_e \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^3}{L^3} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Estrella de 4 puntos. Longitud de un lado L , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\log_e \frac{2L}{a} + \log_e \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Estrella de 6 puntos. Longitud de un lado L , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\log_e \frac{2L}{a} + \log_e \frac{2L}{s} + 6.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Estrella de 8 puntos. Longitud de un lado L , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\log_e \frac{2L}{a} + \log_e \frac{2L}{s} + 10.98 - 5.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^3}{L^3} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Anillo de alambre. Diám. del anillo, D Diám. del alambre d , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\log_e \frac{8D}{d} + \log_e \frac{4D}{s} \right)$
	Placa enterrada horizontalmente Longitud $2L$, sección a por b , prof. $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\log_e \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - \pi ab}{2(a+b)^2} + \log_e \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16L^2} + \frac{s^4}{512L^4} \dots \right)$
	Placa redonda enterrada horizontalmente. Radio a , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7a^2}{12s^2} + \frac{33a^4}{40s^4} \dots \right)$
	Placa redonda enterrada verticalmente. Radio a , prof. $s/2$	$R = \frac{\rho}{8a} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7a^2}{24s^2} + \frac{99a^4}{320s^4} \dots \right)$

Basado en: "Calculation of Resistance to Ground", por H. B. Dwight Electrical Engineering, vol. 55, p. 1319.

⊕ Métodos de Sistemas de Conexión a Tierra
(Conexión a tierra del sistema neutro)

Descripción	Circuito	Diagrama Equivalente
1.- No conectado a tierra		
2. Sólidamente conectado a tierra		
3. Resistencia conectada a tierra		
4. Reactancia conectada a tierra		
5. Neutralizador de fallas a tierra.		

X_G Reactancia del generador o transformador usada para conexión a tierra.

X_N Reactancia del reactor para conexión a tierra.

R_N Resistencia del resistor para conexión a tierra.

⊕ Tamaños de Conductores de Conexión a Tierra

Intensidad de régimen o de disparo del dispositivo contra sobrecargas situado delante del equipo, conducto, etc., que no exceda. Amperes	Tamaño del conductor de puesta a Tierra	
	Hilo de cobre n.º	Hilo de Aluminio n.º
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	3	1
600	1	2/0
800	0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 MCM
1600	4/0	350 "
2000	250 MCM	400 "
2500	350 "	500 "
3000	400 "	600 "
4000	500 "	800 "
5000	700 "	1000 "
6000	800 "	1200 "

Basado en NEC - 1968

⊕ Tamaños de Conductores de Tierra

Tamaño del conductor máximo de acometida o equivalente para conductores múltiples	Tamaño del Conductor de puesta a Tierra		
	Hilo de cobre AWG n.º	Tubería conducto tamaño comercial pulgadas	Tubo metálico eléctrico tamaño comercial pulgadas
2 ó más delgado	8	1/2	1/2
1 ó 1/0	6	3/4	1
2/0 ó 3/0	4	1	1 1/4
Mayor de 3/0 hasta 350 000 cir. mils	2	1 1/4	1 3/4
Mayor de 350 000 cir. mils hasta 600 000	1/0	1 3/4	2
Mayor de 600 000 cir. mils hasta 1 100 000	2/0	2	2 1/2
Mayor de 1 100 000 cir. mils	3/0	2 1/2	3
Conductor de acometida, de aluminio		Conductor de aluminio para conexión a tierra	
0 ó más delgado			6
2/0 ó 3/0			4
4/0 ó 250 MCM			2
Mayor de 250 MCM hasta 500 MCM			0
Mayor de 500 MCM a 900 MCM			3/0
Mayor de 900 MCM hasta 1750 MCM			4/0
Mayor de 1750 MCM			250 MCM

Basado en NEC - 1968

● Barras Rectangulares de Cobre Corrientes Admisibles

Dimensiones	Sección		Peso		Corriente Admisible en Amp. Densidad de Corriente Amps. por Pulg. ²					
	mm. Aprox.	Pulg.	mm ²	Pulg. ²	Kg/m.	Lbs./Pie	650	750	800	1000
51 x 3	2 x 1/8	162	0.250	1.431	0.962	0.962	162	188	200	250
57 x 3	2 1/4 x 1/8	181	0.281	1.607	1.080	1.080	182	211	225	281
63 x 3	2 1/2 x 1/8	203	0.313	1.793	1.205	1.205	203	235	251	313
70 x 3	2 3/4 x 1/8	222	0.344	1.970	1.324	1.324	223	258	275	324
76 x 3	3 x 1/8	242	0.375	2.149	1.444	1.444	243	281	300	375
89 x 3	3 1/2 x 1/8	282	0.437	2.500	1.680	1.680	284	328	350	437
102 x 3	4 x 1/8	323	0.500	2.864	1.925	1.925	325	375	400	500
51 x 6	2 x 1/4	323	0.500	2.864	1.925	1.925	325	375	400	500
57 x 6	2 1/4 x 1/4	362	0.562	3.222	2.165	2.165	365	422	450	562
63 x 6	2 1/2 x 1/4	403	0.625	3.586	2.41	2.41	406	469	500	625
70 x 6	2 3/4 x 1/4	444	0.688	3.943	2.65	2.65	447	516	550	688
76 x 6	3 x 1/4	485	0.750	4.300	2.89	2.89	487	563	600	750
89 x 6	3 1/2 x 1/4	564	0.875	5.014	3.37	3.37	568	656	700	875
102 x 6	4 x 1/4	645	1.000	5.729	3.85	3.85	650	750	800	1000
51 x 10	2 x 3/8	485	0.750	4.300	2.89	2.89	487	563	600	750
57 x 10	2 1/4 x 3/8	543	0.842	4.821	3.24	3.24	547	632	673	842
63 x 10	2 1/2 x 3/8	605	0.938	5.372	3.61	3.61	609	703	751	938
70 x 10	2 3/4 x 3/8	664	1.030	5.907	3.97	3.97	669	772	824	1030
76 x 10	3 x 3/8	725	1.125	6.443	4.33	4.33	731	844	900	1125
89 x 10	3 1/2 x 3/8	847	1.314	7.529	5.06	5.06	854	985	1052	1314
102 x 10	4 x 3/8	967	1.500	8.586	5.77	5.77	975	1125	1200	1498

Separación entre Barras para Diferentes Voltajes

Voltaje	Distancia Mínima entre Potenciales Opuestos		Voltaje	Distancia Mínima entre Potenciales Opuestos		Distancia Mínima a Tierra	
	mm.	Pulg.		mm.	Pulg.	mm.	Pulg.
250	51	2	13200	127	5	108	4
600	64	2 1/4	15000	140	5 1/2	114	4 1/2
1 100	89	3 1/2	16500	153	6	127	5
2 300	102	4	18000	178	7	152	6
4 000	114	4 1/2	22000	229	9	178	7
6 600	114	4 1/2	26000	305	12	229	9
7 500	114	4 1/2	35000	381	15	305	12
9 000	114	4 1/2	45000	457	18	381	15
11 000	121	4 3/4	56000	483	19	445	17

Coefficientes de Corrección de la Resistencia del Cobre

La tabla adjunta indica los coeficientes por los que es necesario multiplicar la resistencia del cobre a la temperatura t, para obtenerla a la temperatura de 15 o 20°C.

R15 = Rt x C15

R20 = Rt x C20

Temperatura t		Coeficientes		Temperatura t		Coeficientes	
en grados Fahrenheit	en grados centígrados	C15	C20	en grados Fahrenheit	en grados centígrados	C15	C20
32	0	1.064	1.085	86	30	0.943	0.962
	1	1.059	1.081		31	0.940	0.956
	2	1.055	1.076		32	0.936	0.955
	3	1.051	1.072		33	0.933	0.951
	4	1.046	1.067		34	0.929	0.948
41	5	1.042	1.063	95	35	0.926	0.944
	6	1.037	1.058		36	0.922	0.941
	7	1.033	1.054		37	0.919	0.937
	8	1.029	1.049		38	0.916	0.934
	9	1.025	1.045		39	0.912	0.931
50	10	1.020	1.041	104	40	0.909	0.927
	11	1.016	1.037		41	0.906	0.924
	12	1.012	1.032		42	0.902	0.920
	13	1.008	1.028		43	0.899	0.917
	14	1.004	1.024		44	0.896	0.914
59	15	1.000	1.020	113	45	0.893	0.911
	16	0.996	1.016		46	0.889	0.907
	17	0.992	1.012		47	0.886	0.904
	18	0.988	1.008		48	0.883	0.901
	19	0.984	1.004		49	0.880	0.898
	20	0.980	1.000	122	50	0.877	0.895
68	21	0.977	0.996		51	0.874	0.891
	22	0.973	0.992		52	0.871	0.888
	23	0.969	0.988		53	0.868	0.885
	24	0.965	0.985		54	0.865	0.882
	25	0.961	0.981	131	55	0.862	0.879
77	26	0.958	0.977		56	0.859	0.876
	27	0.954	0.973		57	0.856	0.873
	28	0.950	0.970		58	0.853	0.870
	29	0.947	0.966		59	0.850	0.867