



**PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
DE BAJA TENSIÓN PARA
AULARIO DE E.S.O. C.P.I. “LA CABAÑETA” EN
EL BURGO DE EBRO
(ZARAGOZA)**

II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

II. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1.1. PREVISIÓN DE CARGAS

A continuación, se indica la previsión de potencia estimada:

RED	PLANTA BAJA PB	PLANTA PRIMERA P1	PLANTA SEGUNDA P2	W	COEF.SIM.	W
CUADRO ASCENSOR				7.000	1,0	7.000
CUADRO CLIMATIZACIÓN				73.997	1,0	73.997
ALUMBRADO NORMAL	2.561	2.685	2.711	7.957	1,0	7.957
FUERZA	15.000	17.500	24.500	57.000	0,6	34.200
ACOMETIDAS	1.500	2.000	1.000	4.500	0,6	2.700
CUADRO LABORATORIO		4.000		4.000	0,6	2.400
CUADRO COLEGIO EXISTENTE				36.000	1,0	36.000
	19.061	26.185	28.211		TOTAL RED	164.254

GRUPO	PLANTA BAJA PB	PLANTA PRIMERA P1	PLANTA SEGUNDA P2	W	COEF.SIM.	W
ALUMBRADO SOCORRO	808	1.085	1.128	3.021	1,0	3.021
	808	1.085	1.128		TOTAL GRUPO	3.021

TOTAL 167.275

Por tanto, la demanda total de potencia será de 167,271 kW a la que le aplicaríamos un factor de simultaneidad conjunta de 0,5, quedando en **83,637 kW**, lo que justifica el aumento de potencia a 90 kW.

1.2. INTENSIDADES

Se calculan de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$I = \frac{P}{1,73 \cdot V \cdot \cos \varphi} \text{ (triásico)}$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \text{ (monofásico)}$$

1.3. CAÍDAS DE TENSIÓN

Se calculan de manera de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot Z \text{ (triásico)}$$

$$\Delta U = 2 \cdot I \cdot L \cdot Z \text{ (monofásico)}$$

dónde:

- P = Potencia en Watios
- I = Intensidad en Amperios
- ΔV = caída de Tensión en Voltios
- V = Tensión en Voltios
- L = Longitud en metros
- Z = Impedancia en ohmios/metro

1.4. IMPEDANCIAS DE LOS CONDUCTORES DE COBRE

Sección (mm ²)	Impedancia ohmios/km a 20 °C	Impedancia ohmios/km a 40 °C	Impedancia ohmios/km a 70 °C	Impedancia ohmios/km a 90 °C
1,5	13,3002	14,3454	15,9132	16,9583
2,5	7,9804	8,6075	9,5481	10,1752
4	4,9506	5,3396	5,9230	6,3120
6	3,3010	3,5602	3,9491	4,2084
10	1,9117	2,0617	2,2866	2,4367
16	1,2126	1,3075	1,4499	1,5449
25	0,7841	0,8451	0,9367	0,9978
35	0,5597	0,6029	0,6677	0,7109
50	0,3942	0,4240	0,4687	0,4986
70	0,2835	0,3041	0,3351	0,3559
95	0,2210	0,2362	0,2591	0,2746
120	0,1798	0,1912	0,2086	0,2203
150	0,1304	0,1407	0,1561	0,1663
185	0,1081	0,1166	0,1293	0,1378
240	0,0826	0,0891	0,0988	0,1053

Los valores de impedancia indicados en la tabla anterior han sido obtenidos de la Norma UNE-EN 60228.

1.5. CÁLCULO DE LÍNEAS

El cálculo de los circuitos de alumbrado y fuerza se realiza siguiendo los tramos que se señalan en planos y esquemas adjuntos. Los resultados de dichos cálculos quedan reflejados en las tablas adjuntas.

Las caídas de tensión han sido calculadas para que, en el caso más desfavorable, se cumpla que las caídas máximas de tensión indicadas en la ITC-BT-19, del 3% en alumbrado y un 5% en fuerza.

Las intensidades máximas admisibles se calculan de acuerdo con lo indicado en la ITC-BT-19, que remite a la norma UNE 20.460-5-523, que a su vez quedo anulada por la Norma UNE 60364-5-52.

En la Norma UNE 60364-5-52 se indican las intensidades máximas admisibles para una temperatura de 40° en la tabla C.52.1.bis:

Tabla C.52.1 bis – Corrientes admisibles en amperios – Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de referencia de la tabla B.52.1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento																	
	A1		PVC3	PVC2				XLPE 3		XLPE 2								
A2	PVC3	PVC2			XLPE 3		XLPE 2											
B1				PVC3		PVC2					XLPE 3				XLPE 2			
B2			PVC3	PVC2					XLPE 3	XLPE 2								
C						PVC3				PVC2			XLPE 3			XLPE 2		
E								PVC3				PVC2			XLPE 3		XLPE 2	
F										PVC3				PVC2		XLPE 3		XLPE 2
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13

Sección mm ² Cobre	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	–
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	–
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	–
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	–
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	–
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	–
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
35	–	–	–	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
50	–	–	–	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
70	–	–	–	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
95	–	–	–	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
120	–	–	–	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
150	–	–	–	–	–	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
185	–	–	–	–	–	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	–	–	–	–	–	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617

Los factores de corrección de la intensidad máxima admisible debido al agrupamiento de cables ó los expuestos en la Tabla B.52.17 de la Norma UNE 60364-5-52:

Tabla B.52.17 – Factores de reducción para un circuito o un cable multipolar o para un grupo de más de un circuito, o más de un cable multipolar para usarse con las corrientes admisibles de las tablas B.52.2 a B.52.13.

Punto	Disposición (En contacto)	Número de circuitos o de cables multipolares												Para usarse con las corrientes admisibles, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2 a B.52.13 Métodos A a F
2	Capa única sobre pared, suelo o sistemas de bandejas de cables sin perforar	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Sin factor de reducción suplementario para más de nueve circuitos o cables multipolares			
3	Capa única fijada directamente bajo techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Capa única sobre sistemas de bandejas perforadas horizontales o verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Capa única sobre sistemas de bandejas de escalera, o bridas de amarre, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
														B.52.8 a B.52.13 Métodos E y F

En este caso todos los conductores son tipo XLPE instalados sobre bandeja metálica (método E, F) y/o bajo tubo empotrado en pared (A2).

En el caso de cables tendidos por bandeja se adoptará un coeficiente reductor de 0,75 por agrupación de cables.

Para el cálculo de los cables las potencias se han aplicado los siguientes coeficientes:

- Cargas resistivas 1
- Equipos con motores 1,25

A continuación, se adjuntan las hojas de cálculo, según las bases indicadas anteriormente:

Circ.	USO	USO	Ten. (V)	Potencia (W)	Pot. Cál. (VA)	Long. (m)	Inten. (A)	Secc. (mm ²)	I. Máx (A)	Prote c. (A)	CAIDA DE TENSION				Imped. (Ω/km)	Cond.	
											DU Parc. (V)	DU Total (V)	% DU	% DU Adm			
LGA	ACOMETIDA	CUADRO GENERAL B.T. (C.G.B.T.)	400	91,023	93,585	75	135,1	240	409	400	2,23	3,23	0,81	1,0	16	0,1270	Cu
CGBT.R	ACOMETIDA	CUADRO GENERAL B.T. (C.G.B.T.) ENTRADA RED	400	179,025	183,051		264,2	240	409	400		3,23	0,81	1,0	16	0,1270	Cu
CGBT.R1	ACOMETIDA	BATERIA DE CONDENSADORES	400				5	16	68	63		3,23	0,81	5,0	16	1,2240	Cu
CGBT.R2	ACOMETIDA	CUADRO SECUNDARIO ASCENSOR (CS-ASC)	400	7,000	8,750	20	12,6	4	29	16	2,05	5,27	1,32	5,0	16	4,6765	Cu
CGBT.R3	ACOMETIDA	CUADRO CLIMATIZACIÓN (CCLM)	400	73,997	97,994	5	141,4	95	224	160	0,30	3,53	0,88	1,0	16	0,2483	Cu
CGBT.R4	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA BAJA (CFA-PB).	400	12,461	12,695	5	18,3	10	51	25	0,30	3,53	0,88	1,0	16	1,9110	Cu
CGBT.R5	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA PRIMERA (CFA-P1).	400	16,785	17,493	30	25,2	10	51	40	2,51	5,74	1,43	1,0	16	1,9110	Cu
CGBT.R6	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA SEGUNDA (CFA-P2).	400	18,011	16,077	35	23,2	10	51	40	2,69	5,92	1,48	1,0	16	1,9110	Cu
CGBT.R7	ACOMETIDA	INVERSOR FOTOVOLTAICA	400	15,000	18,750	20	27,1	6	37	32	2,98	6,21	1,55	5,0	16	3,1812	Cu
CGBT.R8	ACOMETIDA	CUADRO EXISTENTE COLEGIO	400	36,000	45,000	80	65,0	25	86	80	7,12	10,35	2,59	5,0	16	0,7910	Cu
CGBT.R9	ACOMETIDA	CUADRO SAI (CSAI)	400	11,750	9,400	5	13,6	4	29	20	0,55	3,78	0,94	1,0	16	4,6765	Cu
CGBT.R10	ACOMETIDA	BY-PASS SAI	400	11,500	9,200	5	13,3	4	29	20	0,54	3,77	0,94	5,0	16	4,6765	Cu
CGBT.G	ACOMETIDA	CONMUTACIÓN RED-GRUPO ELECTROGENO (G.E.)	400	3,021	4,120	20	5,9	10	51	40	0,39	3,62	0,91	1,0	16	1,9110	Cu
CGBT.G1	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA BAJA SOCORRO (CFAS-PB).	230	808	1,167	5	5,1	2,5	21	16	0,38	4,00	1,74	1,0	16	7,4363	Cu
CGBT.G2	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA PRIMERA SOCORRO (CFAS-P1).	230	1,085	1,952	30	8,5	6	37	16	1,62	5,24	2,28	1,0	16	3,1812	Cu
CGBT.G3	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA SEGUNDA SOCORRO (CFAS-P2).	230	1,128	2,031	35	8,8	6	37	16	1,97	5,59	2,43	1,0	16	3,1812	Cu

Circ.	USO	Ten. (V)	Potencia (W)	Pot. Cál. (VA)	Long. (m)	Inten. (A)	Secc. (mm ²)	I. Máx (A)	Prote c. (A)	CAIDA DE TENSION				Imped. (Ω/km)	Cond.		
										DU Parc. (V)	DU Total (V)	% DU	% DU Adm				
CGBT.R3	ACOMETIDA	CUADRO CLIMATIZACIÓN (CCLM)	400	73,997	97,994	5	141,4	95	224	160	0,30	3,53	0,88	1,0	16	0,2483	Cu
CCLM.1	ACOMETIDA	UNIDADES INTERIORES PB (CCLM.1)	230	797	996	50	4,33	2,5	21	16	3,22	6,75	2,94	5	16	7,4363	Cu
CCLM.2	ACOMETIDA	UNIDADES INTERIORES P1 (CCLM.2)	230	690	863	70	3,75	2,5	21	16	3,90	7,44	3,23	5	16	7,4363	Cu
CCLM.3	ACOMETIDA	UNIDADES INTERIORES P2-ACS (CCLM.3)	230	3,340	4,175	70	18,15	10	51	20	4,86	8,39	3,65	5	16	1,9110	Cu
CCLM.4	ACOMETIDA	COMPUERTAS CAUDAL AIRE (CCLM.4)	230	500	625	50	2,72	2,5	21	16	2,02	5,55	2,41	5	16	7,4363	Cu
CCLM.5	ACOMETIDA	COMPUERTAS CAUDAL AIRE (CCLM.5)	230	500	625	70	2,72	2,5	21	16	2,83	6,36	2,77	5	16	7,4363	Cu
CCLM.6	ACOMETIDA	COMPUERTAS CAUDAL AIRE (CCLM.6)	230	500	625	50	2,72	2,5	21	16	3,23	6,77	2,94	5	16	7,4363	Cu
CCLM.7	ACOMETIDA	UNIDAD EXTERIOR PB (CCLM.7)	400	10,360	12,950	40	18,69	4	29	20	6,06	9,59	2,40	5	16	4,6765	Cu
CCLM.8	ACOMETIDA	UNIDAD EXTERIOR P1 (CCLM.8)	400	10,360	12,950	40	18,69	4	29	20	6,06	9,59	2,40	5	16	4,6765	Cu
CCLM.9	ACOMETIDA	UNIDAD EXTERIOR P2-ACS (CCLM.9)	400	16,100	20,125	40	29,05	16	68	63	2,46	6,00	1,50	5	16	1,2240	Cu
CCLM.10	ACOMETIDA	UNIDAD INTERIOR UTA (CCLM.10)	400	12,970	14,916	40	21,53	25	86	80	1,18	4,71	1,18	5	16	0,7910	Cu
CCLM.11	ACOMETIDA	UNIDAD EXTERIOR UTA (CCLM.11)	400	8,940	14,572	40	21,03	16	68	63	1,78	5,32	1,33	5	16	1,2240	Cu
CCLM.12	ACOMETIDA	UNIDAD EXTERIOR UTA (CCLM.12)	400	8,940	14,572	40	21,03	16	68	63	1,78	5,32	1,33	5	16	1,2240	Cu
CCLM.13	ACOMETIDA	MANDO	230														
CCLM.14	ACOMETIDA	RESERVA	230														

Circ.	USO	Ten. (V)	Potencia (W)	Pot. Cál. (VA)	Long. (m)	Inten. (A)	Secc. (mm ²)	I. Máx (A)	Prote c. (A)	CAIDA DE TENSION				Imped. (Ω/km)	Cond.		
										DU Parc. (V)	DU Total (V)	% DU	% DU Adm				
CGBT.R4	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA BAJA (CFA-PB).	400	12,461	12,695	5	18,3	10	51	25	0,30	3,53	0,88	1,0	16	1,9110	Cu
CFA-PB.1	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA PLÁSTICA/DESP/AULA MÚSICA (PB.A1)	230	360	648	40	2,82	2,5	21	10	1,68	5,21	2,26	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.2	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA PLÁSTICA/DESP/AULA MÚSICA (PB.A2)	230	360	648	40	2,82	2,5	21	10	1,68	5,21	2,26	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.3	ALUMBRADO	ALUMBRADO C.INST/ASEOS1-2 (PB.A3)	230	144	258	20	1,12	2,5	21	10	0,33	3,87	1,68	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.4	ALUMBRADO	EMERGENCIAS (PB.E1)	230	100	100	40	0,43	2,5	21	10	0,26	3,79	1,65	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.5	ALUMBRADO	ALUMBRADO VEST./PORCHE 1 (PB.A4)	230	186	334	25	1,45	2,5	21	10	0,54	4,07	1,77	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.6	ALUMBRADO	ALUMBRADO VEST./PORCHE 2 (PB.A5)	230	100	180	25	0,78	2,5	21	10	0,29	3,82	1,66	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.7	ALUMBRADO	ALUMBRADO ALM/DESP/ASEOS3-4/ALM.LMP (PB.A6)	230	212	381	35	1,66	2,5	21	10	0,86	4,39	1,91	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.8	ALUMBRADO	EMERGENCIAS (PB.E2)	230	100	100	35	0,43	2,5	21	10	0,23	3,76	1,63	3	10	7,4363	Cu
CFA-PB.9	ALUMBRADO	ALUMBRADO RESERVA (PB.A7)	230	300	540												
CFA-PB.10	ALUMBRADO	ALUMBRADO RESERVA (PB.A8)	230	300	540												
CFA-PB.11	ALUMBRADO	ALUMBRADO RESERVA (PB.A9)	230	300	540												
CFA-PB.12	ALUMBRADO	EMERGENCIAS RESERVA (PB.E3)	230	100	100												
CFA-PB.13	FUERZA	TC-P.TRABAJO AULA PLÁSTICA/DESP.DIRECC (PB.F1)	230	4,000	3,200	35	13,91	2,5	21	16	7,24	10,77	4,68	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.14	FUERZA	TC-P.TRABAJO AULA MÚSICA/DESP.SECRET. (PB.F2)	230	4,000	3,200	35	13,91	2,5	21	16	7,24	10,77	4,68	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.15	FUERZA	TOMAS CORRIENTE CUARTO INST/ASEOS1-2 (PB.F3)	230	2,500	2,000	20	8,70	2,5	21	16	2,59	6,12	2,66	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.16	FUERZA	TOMAS CORRIENTE DESP/ALM/ASEOS3-4 (PB.F4)	230	4,500	3,600	30	15,65	2,5	21	16	6,98	10,52	4,57	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.17	FUERZA	RESERVA	230														
CFA-PB.18	FUERZA	RESERVA	230														
CFA-PB.19	ACOMETIDA	EXTRACTOR ASEOS1-2 (PB.OF1)	230	500	625	20	2,72	2,5	21	16	0,81	4,34	1,89	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.20	ACOMETIDA	EXTRACTOR ASEOS3-4 (PB.OF2)	230	500	625	35	2,72	2,5	21	16	1,41	4,95	2,15	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.21	ACOMETIDA	EXTRACTOR ALMACÉN/C.LIMPIEZA (PB.OF3)	230	500	625	40	2,72	2,5	21	16	1,62	5,15	2,24	5	10	7,4363	Cu
CFA-PB.22	ACOMETIDA	RESERVA	230														

Circ.	USO	Ten. (V)	Potencia (W)	Pot. Cálcc. (VA)	Long. (m)	Inten. (A)	Secc. (mm ²)	I. Máx (A)	Prote c. (A)	CAIDA DE TENSION				Imped. (Ω/km)	Cond.		
										DU Parc. (V)	DU Total (V)	% DU	% DU Adm				
CGBT.G1	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA BAJA SOCORRO (CFAS-PB).	230	808	1.167	5	5,1	2,5	21	16	0,38	4,00	1,74	1,0	16	7,4363	Cu
CFAS-PB.1	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA PLÁSTICA/DESP/AULA MÚSICA (PBS.A1)	230	288	518	40	2,25	2,5	21	10	1,34	5,34	2,32	3	10	7,4363	Cu
CFAS-PB.2	ALUMBRADO	ALUMBRADO VEST/PORCHE 3 (PBS.A2)	230	200	200	25	0,87	2,5	21	10	0,32	4,32	1,88	3	10	7,4363	Cu
CFAS-PB.3	ALUMBRADO	ALUMBRADO ESCAL.1 (PBS.A3)	230	160	160	10	0,70	2,5	21	10	0,10	4,10	1,78	3	10	7,4363	Cu
CFAS-PB.4	ALUMBRADO	ALUMBRADO ESCAL.2 (PBS.A4)	230	160	288	30	1,25	2,5	21	10	0,56	4,56	1,96	3	10	7,4363	Cu

Circ.	USO	Ten. (V)	Potencia (W)	Pot. Cálcc. (VA)	Long. (m)	Inten. (A)	Secc. (mm ²)	I. Máx (A)	Prote c. (A)	CAIDA DE TENSION				Imped. (Ω/km)	Cond.		
										DU Parc. (V)	DU Total (V)	% DU	% DU Adm				
CGBT.G2	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA PRIMERA SOCORRO (CFAS-P1).	230	1.085	1.952	30	8,5	6	37	16	1,62	5,24	2,28	1,0	16	3,1812	Cu
CFAS-P1.1	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA 1 (P1S.A1)	230	396	713	25	3,10	2,5	21	10	1,15	6,40	2,78	3	10	7,4363	Cu
CFAS-P1.2	ALUMBRADO	ALUMBRADO CIRCULAC. (P1S.A2)	230	129	232	15	1,01	2,5	21	10	0,22	5,47	2,38	3	10	7,4363	Cu
CFAS-P1.3	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA 3/AULA 4 (P1S.A3)	230	260	468	25	2,03	2,5	21	10	0,76	6,00	2,61	3	10	7,4363	Cu
CFAS-P1.4	ALUMBRADO	RESERVA	230	300	540					10							

Circ.	USO	Ten. (V)	Potencia (W)	Pot. Cálcc. (VA)	Long. (m)	Inten. (A)	Secc. (mm ²)	I. Máx (A)	Prote c. (A)	CAIDA DE TENSION				Imped. (Ω/km)	Cond.		
										DU Parc. (V)	DU Total (V)	% DU	% DU Adm				
CGBT.G3	ACOMETIDA	CUADRO B.T. PLANTA SEGUNDA SOCORRO (CFAS-P2).	230	1.128	2.031	35	8,8	6	37	16	1,97	5,59	2,43	1,0	16	3,1812	Cu
CFAS-P2.1	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA 1/S.PROF./DESD/AULA 2 (P2S.A1)	230	396	713	25	3,10	2,5	21	10	1,15	6,74	2,93	3	10	7,4363	Cu
CFAS-P2.2	ALUMBRADO	ALUMBRADO CIRCULAC. (P2S.A2)	230	172	310	15	1,35	2,5	21	10	0,30	5,89	2,56	3	10	7,4363	Cu
CFAS-P2.3	ALUMBRADO	ALUMBRADO AULA 3/AULA 4 (P2S.A3)	230	260	468	25	2,03	2,5	21	10	0,76	6,34	2,76	3	10	7,4363	Cu
CFAS-P2.4	ALUMBRADO	RESERVA	230	300	540					10							

1.6. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para los cálculos de las corrientes de cortocircuito se aplican las siguientes formulas:

$$P_{cc\ linea} = \frac{V^2}{Z_{cc\ linea}}$$

$$P_{cc\ total} = \frac{1}{\frac{1}{P_{cc\ red}} + \frac{1}{P_{cc\ trafo}} + \frac{1}{P_{cc\ linea}}}$$

$$I_{cc} = \frac{P_{cc\ total}}{V \cdot \sqrt{3}}$$

A continuación, se desarrollan las corrientes de cortocircuito, calculadas según las fórmulas establecidas, teniendo en cuenta el caso más desfavorable coincidente con la alimentación normal a través de la red de la Compañía Suministradora.

BAJA TENSIÓN TRANSFORMADOR MT/400 V

MVA	KVA	TIPO	DATO EN kV	DATO EN %	MVA	MVA	kA
P.C. TRAF0 AT	POT. TRAF0		TENS. AISLAM.	Ur% TRAF0	P. C. TRAF0	P.C. TRAF0 B.T.	icc. TRAF0 B.T.
500	1000	seco	24	4	25,00	23,81	37,85

CUADRO GENERAL B.T. CGBT

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN mW/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. Acom.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.G.B.T.	icc. C.G.B.T.
23,81	Cu	240	0,1107	90	16,06	9,59	15,25

Se adopta un poder de corte de 16 kA

Por lo que la apartamenta de baja tensión en el CGBT 400 V deberá tener un poder de corte igual o superior a los **15,25 kA**, adoptándose 25 kA para el interruptor de cabecera.

CUADRO CLIMATIZACIÓN (CCLM)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	150	0,1492	5	214,48	9,18	13,27

Se adopta un poder de corte de 20 kA

CUADRO B.T. FUERZA Y ALUMBRADO PLANTA BAJA (CFA-PB)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	10	1,8331	5	17,46	6,19	8,94

Se adopta un poder de corte de 10 kA

CUADRO B.T. FUERZA Y ALUMBRADO PLANTA PRIMERA (CFA-P1)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	10	1,8331	10	8,73	4,57	6,60

Se adopta un poder de corte de 10 kA

CUADRO B.T. FUERZA Y ALUMBRADO PLANTA SEGUNDA (CFA-P2)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	10	1,8331	15	5,82	3,62	5,23

Se adopta un poder de corte de 10 kA

CUADRO B.T. FUERZA Y ALUMBRADO SOCORRO PLANTA BAJA (CFAS-PB)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	2,5	7,4112	5	4,32	2,98	4,30

Se adopta un poder de corte de 6 kA

CUADRO B.T. FUERZA Y ALUMBRADO SOCORRO PLANTA PRIMERA (CFAS-P1)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	2,5	7,4112	10	2,16	1,76	2,55

Se adopta un poder de corte de 6 kA

CUADRO B.T. FUERZA Y ALUMBRADO SOCORRO PLANTA SEGUNDA (CFAS-P2)

MVA	MATERIAL	DATO EN mm ²	DATO EN m W/m	DATO EN METROS	MVA	MVA	kA
P.C. C.B.T.	CONDUCTOR	SECCIÓN	IMPED.LINEA	LONG.LINEA	P. C. LINEA	P.C. C.S3	Icc. R1
9,59	Cu	4	4,6117	15	2,31	1,86	2,69

Se adopta un poder de corte de 6 kA

1.7. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

A continuación, se justifica el cálculo de las redes de tierra:

Para el cálculo de la resistencia a tierra del sistema se aplicará la fórmula:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{Rp} + \frac{1}{Rl} \quad Rp = \frac{\rho}{N \cdot L} \quad Rl = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Siendo:

R = Resistencia de puesta a tierra del edificio

Rp = Resistencia de tierra de las picas

Rl = Resistencia de tierra del anillo perimetral

N = Número de picas

ρ = Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$. Dada la naturaleza del terreno se estima en $150 \Omega \cdot m$ a 1m de profundidad.

L = Longitud en metros de la pica (2 m) o del conductor

Para el electrodo de baja tensión se instalarán 8 picas y la longitud del conductor perimetral enterrado es de 150 m. Con estos valores se prevé una resistencia de puesta a tierra:

$$R = 1/((8 \text{ picas} \times 2 \text{ metros})/100) + (150/2 \times 150) = 1,66 \Omega$$

El valor de la resistencia de puesta a tierra prevista es por tanto de $1,66 \Omega$.

2. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

2.1. ALUMBRADO NORMAL

Los cálculos lumínicos se han efectuado mediante ordenador, habiendo conseguido de manera general, los siguientes resultados medios:

Despachos: 500 lux

Pasillos: 100 lux

Escaleras: 150 lux

Salas técnicas: 200 lux

Aseos: 200 lux

Estos niveles sobrepasan los mínimos exigidos en la vigente Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, así como en la Norma UNE 12464-1 sobre la iluminación para interiores y el CTE.

Se muestran a continuación las hojas resumen del cálculo luminotécnico realizado con el programa Dialux, para las zonas más relevantes:

Aulario de E.S.O. La Cabañeta

Contacto: XXXXX
Nº de encargo: XXXXX
Empresa: INTER INGENIERIA Y ARQUITECTURA, S.L.
Nº de cliente: 74750

Fecha: 21.07.2023
Proyecto elaborado por: Pedro Tazueco

Índice

Aulario de E.S.O. La Cabañeta	
Portada del proyecto	1
Índice	2
PB Vestíbulo	
Resumen	5
Superficies del local	
Valor UGR 1	
Isolíneas (UGR)	6
Valor UGR 2	
Isolíneas (UGR)	7
PB Aulas de plástica y música	
Escenas de luz	
General	
Resumen	8
Superficies del local	
Valor UGR 1	
Isolíneas (UGR)	9
General + pizarra	
Superficies del local	
Pizarra 2,20x1,25m	
Gráfico de valores (E, perpendicular)	10
PB Despachos de dirección y secretaría	
Resumen	11
Superficies del local	
Superficie de cálculo UGR 1	
Isolíneas (UGR)	12
PB Despacho de tutorías	
Resumen	13
Superficies del local	
Valor UGR 1	
Isolíneas (UGR)	14
PB Aseos 1 y 3	
Resumen	15
PB Aseos 2 y 4	
Resumen	16
PB Cuarto de instalaciones	
Resumen	17
PB Cuartos de electr. y almacén	
Resumen	18
P1 Circulación	
Resumen	19
Superficies del local	
Valor UGR 1	
Isolíneas (UGR)	20
P1 Aulas 1 y 2	
Escenas de luz	
General	
Resumen	21
Superficies del local	
Valor UGR 1	
Isolíneas (UGR)	22
General + pizarra	
Superficies del local	
Pizarra 2,20x1,25m	

Índice

	Gráfico de valores (E, perpendicular)	23
P1 Aulas 3 y 4		
Escenas de luz		
General		
Resumen		24
Superficies del local		
Valor UGR 1		
Isolíneas (UGR)		25
General + pizarra		
Superficies del local		
Pizarra 2,20x1,25m		
Gráfico de valores (E, perpendicular)		26
P1 Aula taller		
Escenas de luz		
General		
Resumen		27
Superficies del local		
Valor UGR 1		
Isolíneas (UGR)		28
General + pizarra		
Superficies del local		
Pizarra 2,20x1,25m		
Gráfico de valores (E, perpendicular)		29
P1 Desdoble		
Resumen		30
Superficies del local		
Valor UGR 1		
Isolíneas (UGR)		31
P1 Aseos 1 y 2		
Resumen		32
P1 Cuarto de limpieza		
Resumen		33
P1 Aseos alumnos y alumnas		
Resumen		34
P2 Despachos 1 y 2		
Resumen		35
Superficies del local		
Superficie de cálculo UGR 1		
Isolíneas (UGR)		36
P2 Sala de profesores		
Resumen		37
Superficies del local		
Valor UGR 1		
Isolíneas (UGR)		38
P2 Salida a cubierta		
Resumen		39
Rendering (procesado) en 3D		40
Superficies del local		
Superficie de cálculo 1		
Isolíneas (E, perpendicular)		41
Superficie de cálculo 2		
Isolíneas (E, perpendicular)		42
Escaleras 1 y 2		
Resumen		43



iluminar, s.l.

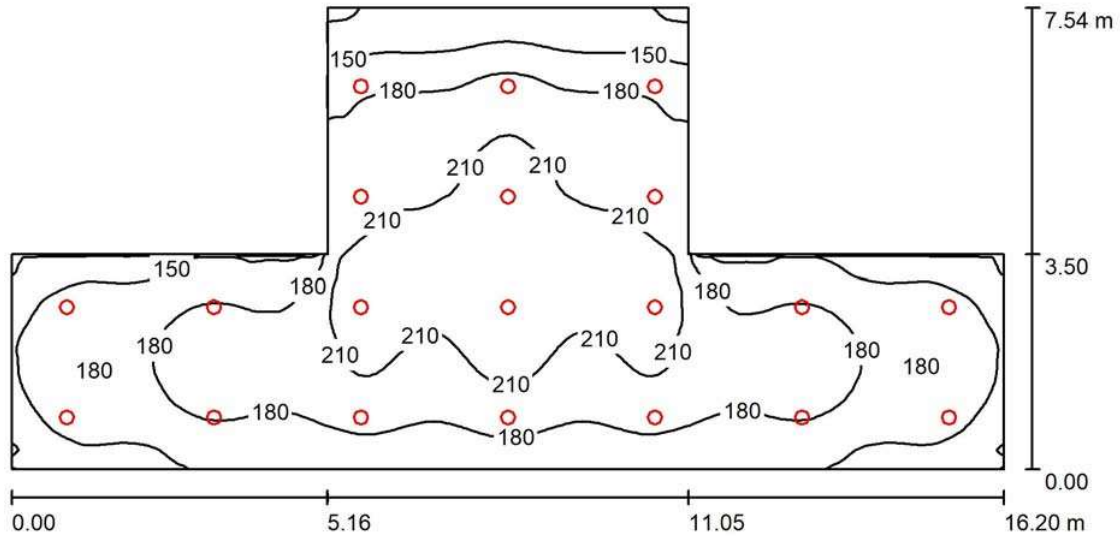
Índice

Rendering (procesado) en 3D	44
Superficies del local	
Superficie de cálculo 1	
Isolíneas (E, perpendicular)	45
Superficie de cálculo 2	
Isolíneas (E, perpendicular)	46
PB Porche	
Datos de planificación	47
Rendering (procesado) en 3D	48
Superficies exteriores	
Elemento del suelo 1	
Superficie 1	
Isolíneas (E)	49



iluminar, s.l.

PB Vestíbulo / Resumen



Altura del local: 3.290 m, Altura de montaje: 3.290 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	182	109	228	0.602
Suelo	20	159	100	203	0.629
Techo	70	43	38	71	0.873
Paredes (8)	50	101	45	326	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 120 x 120 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.593, Techo / Plano útil: 0.239.

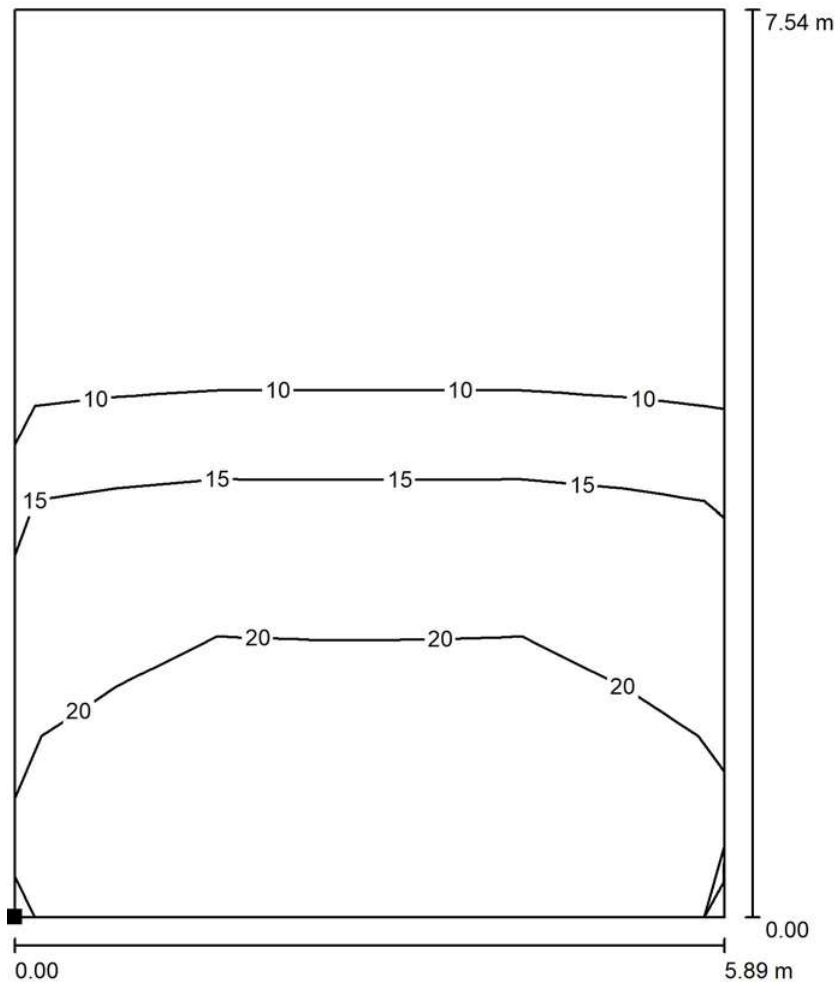
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	NORMALIT EHI14 DOWNLIGHT HAT HR LOW 1600LM 4000K (1.000)	1198	1600	14.3
			Total: 23957	Total: 32000	286.0

Valor de eficiencia energética: $3.55 \text{ W/m}^2 = 1.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 80.49 m^2)

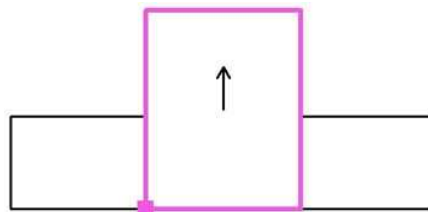


PB Vestíbulo / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 59

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(9.855 m, 6.015 m, 1.200 m)



Trama: 5 x 7 Puntos

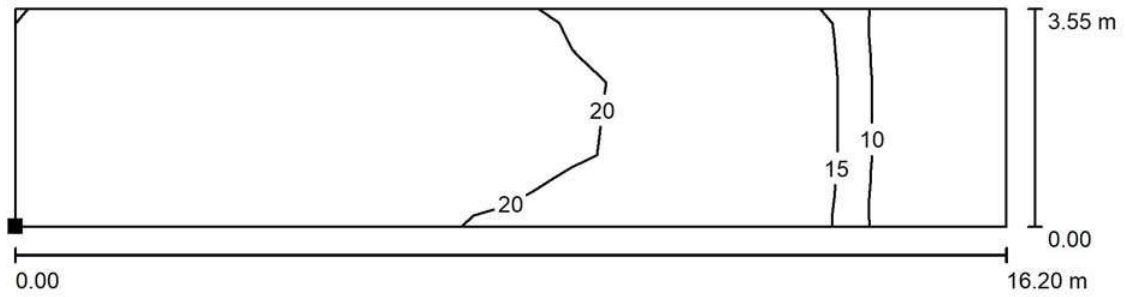
Min
/

Max
22



iluminar, s.l.

PB Vestíbulo / Valor UGR 2 / Isolíneas (UGR)

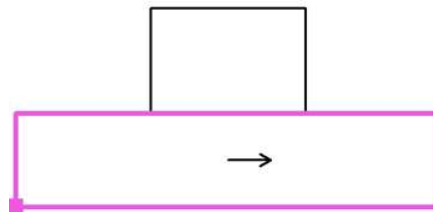


Escala 1 : 116

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(4.696 m, 6.015 m, 1.200 m)

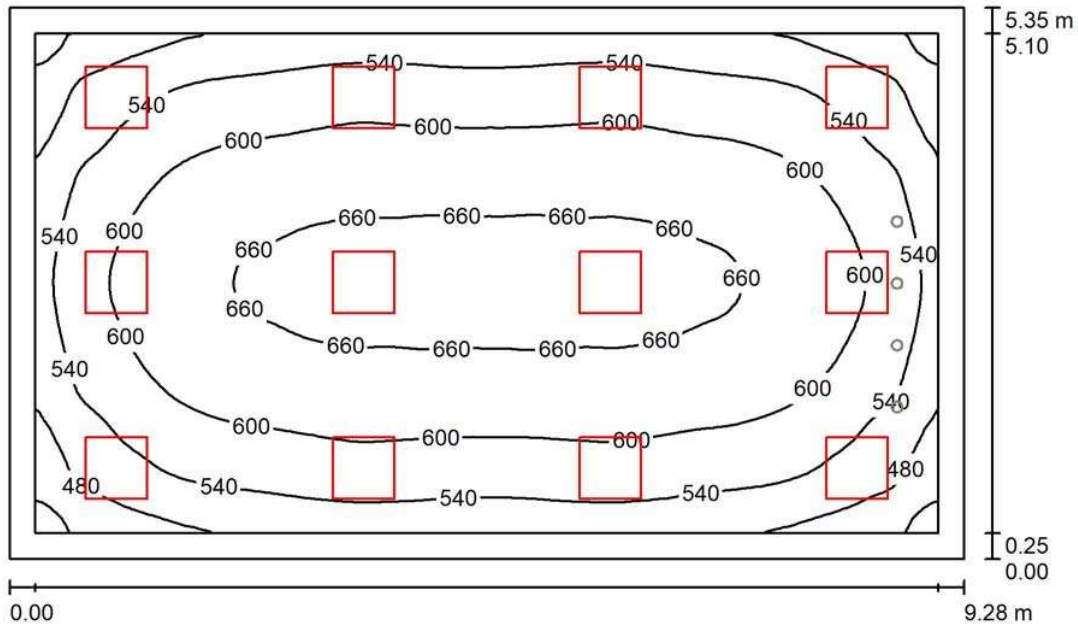


Trama: 16 x 3 Puntos

Min
/

Max
22

PB Aulas de plástica y música / General / Resumen



Altura del local: 3.290 m, Altura de montaje: 3.290 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	585	390	684	0.667
Suelo	20	495	321	612	0.648
Techo	70	124	105	156	0.848
Paredes (4)	50	284	130	510	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.506, Techo / Plano útil: 0.212.

Lista de piezas - Luminarias

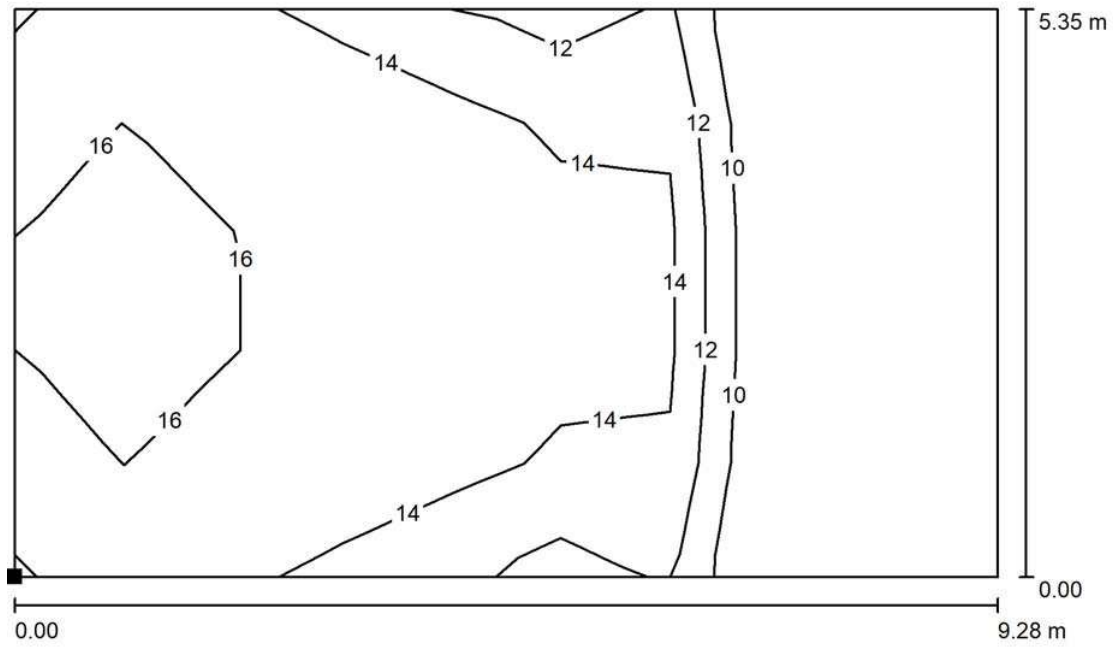
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	NORMALIT LX34G9 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 900mA (1.000)	3645	5140	36.0
			Total: 43743	Total: 61680	432.0

Valor de eficiencia energética: $8.70 \text{ W/m}^2 = 1.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 49.63 m^2)



iluminar, s.l.

PB Aulas de plástica y música / General / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)

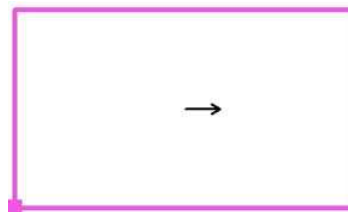


Escala 1 : 67

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(0.426 m, 12.415 m, 1.200 m)

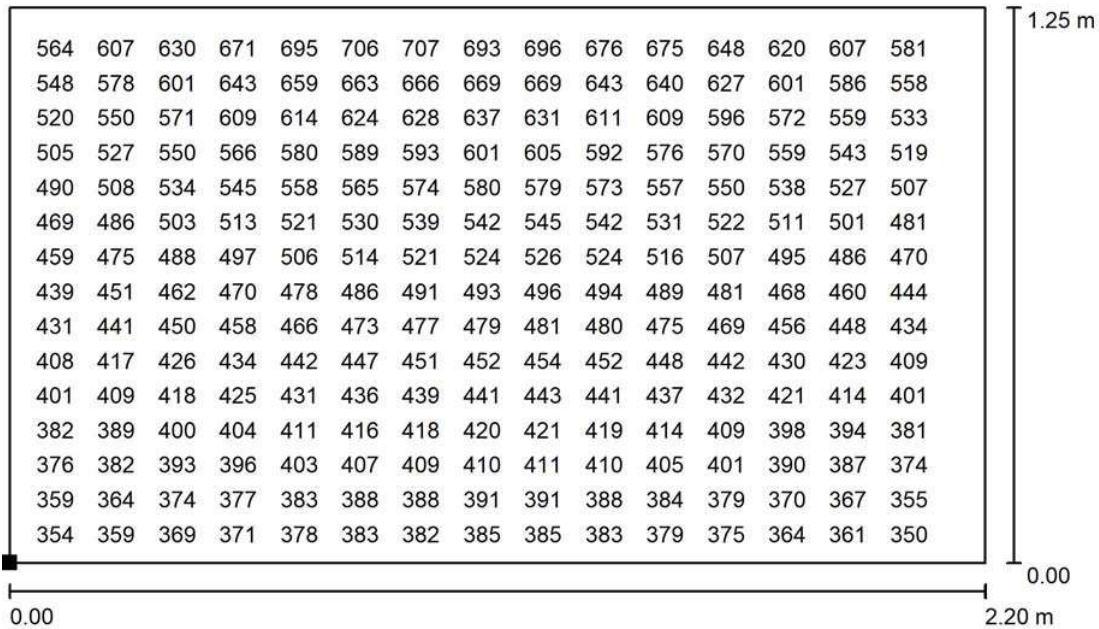


Trama: 9 x 5 Puntos

Min
/

Max
17

PB Aulas de plástica y música / General + pizarra / Pizarra 2,20x1,25m / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 16

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(9.700 m, 15.889 m, 0.895 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]
497

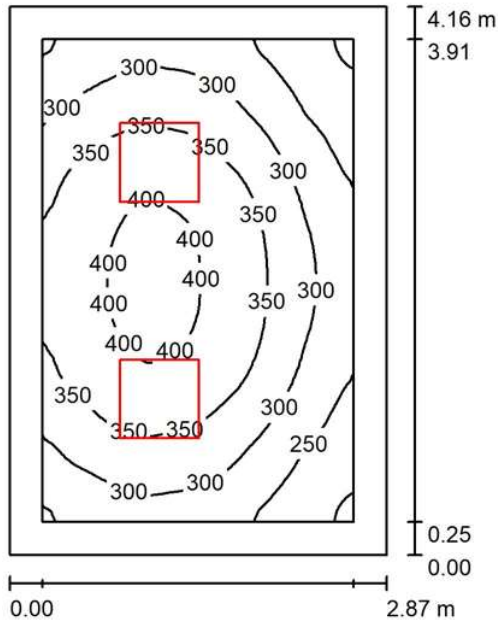
E_{min} [lx]
346

E_{max} [lx]
751

E_{min} / E_m
0.695

E_{min} / E_{max}
0.461

PB Despachos de dirección y secretaría / Resumen



Altura del local: 3.290 m, Altura de montaje: 3.290 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:54

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	324	191	416	0.589
Suelo	20	228	144	282	0.633
Techo	70	66	47	83	0.719
Paredes (4)	50	147	58	284	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.472, Techo / Plano útil: 0.203.

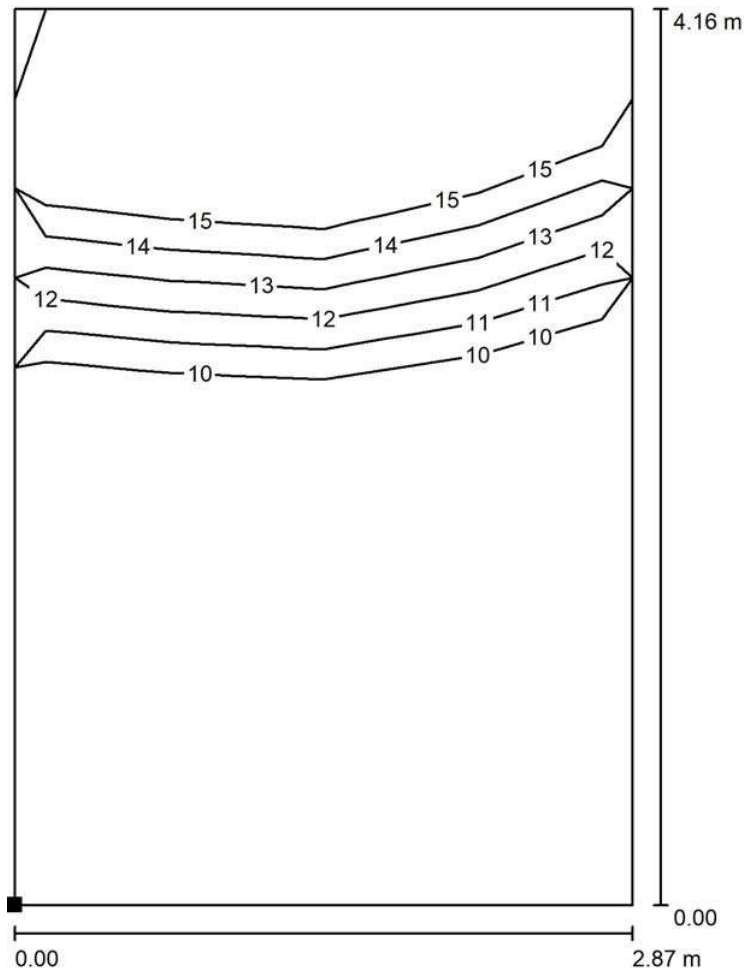
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	NORMALIT LX34G9 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 900mA (1.000)	3645	5140	36.0
			Total: 7291	Total: 10280	72.0

Valor de eficiencia energética: $6.03 \text{ W/m}^2 = 1.86 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 11.94 m^2)

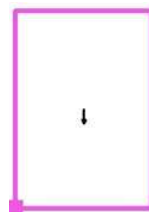


PB Despachos de dirección y secretaría / Superficie de cálculo UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 33

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(9.855 m, 13.601 m, 1.200 m)

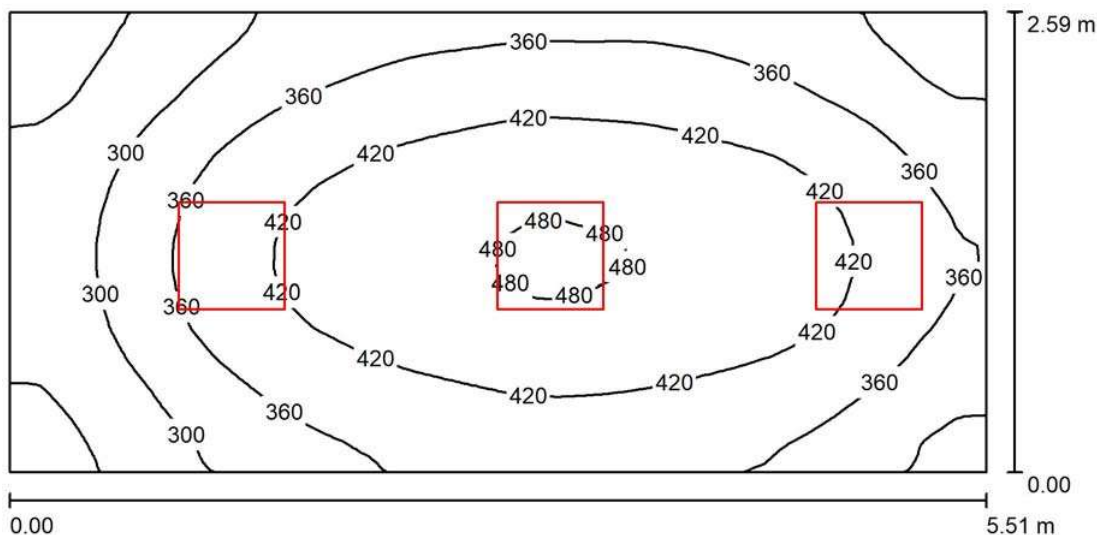


Trama: 2 x 4 Puntos

Min
/

Max
15

PB Despacho de tutorías / Resumen



Altura del local: 3.290 m, Altura de montaje: 3.290 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:40

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	373	204	488	0.546
Suelo	20	288	187	355	0.648
Techo	70	86	55	154	0.640
Paredes (4)	50	191	69	643	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.543, Techo / Plano útil: 0.231.

Lista de piezas - Luminarias

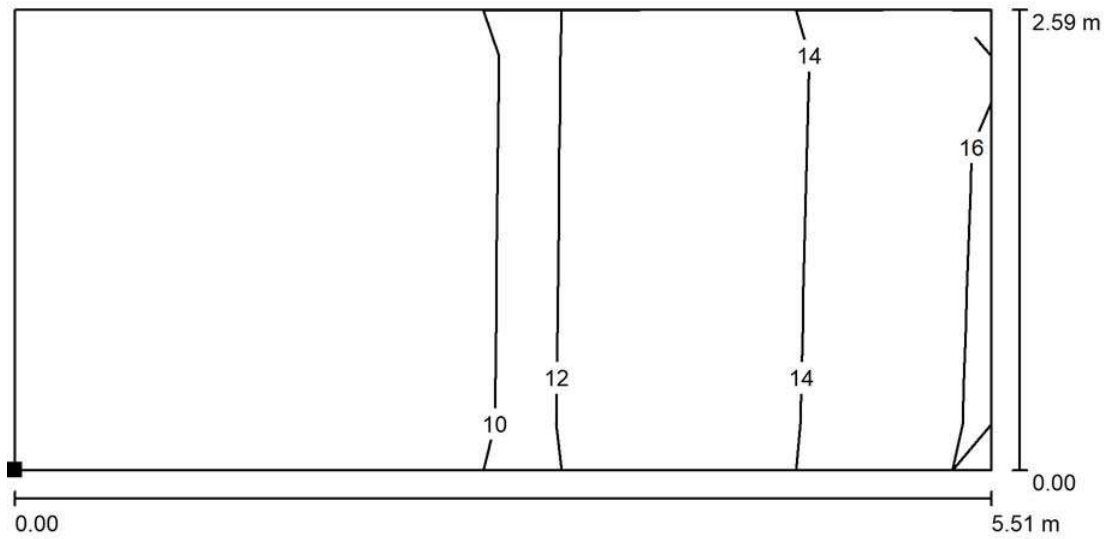
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	NORMALIT LX34G9 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 900mA (1.000)	3645	5140	36.0
			Total: 10936	Total: 15420	108.0

Valor de eficiencia energética: $7.58 \text{ W/m}^2 = 2.03 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 14.26 m^2)



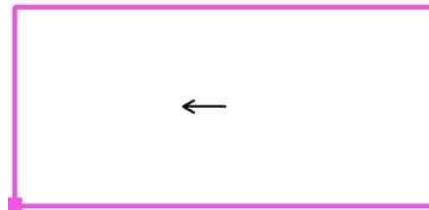
iluminar, s.l.

PB Despacho de tutorias / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 40

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(19.661 m, 9.665 m, 1.200 m)

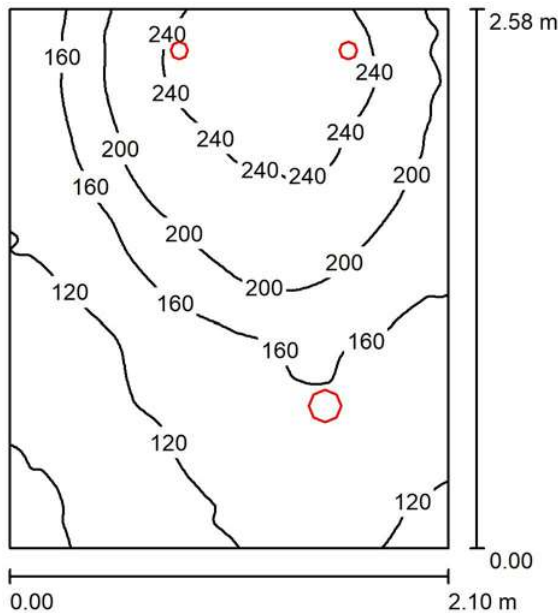


Trama: 5 x 2 Puntos

Min
/

Max
15

PB Aseos 1 y 3 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	168	72	261	0.429
Suelo	20	125	64	166	0.513
Techo	70	50	29	76	0.591
Paredes (4)	50	92	37	886	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

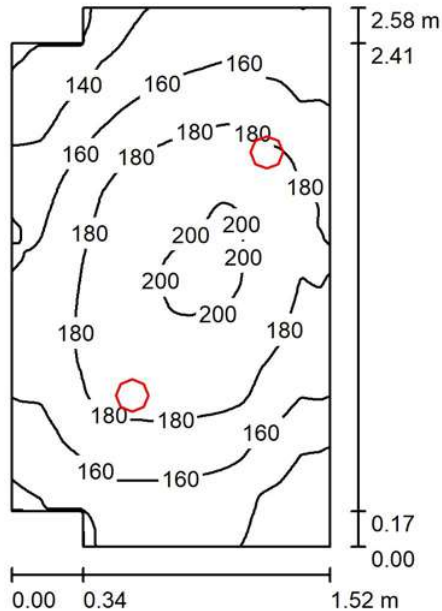
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.644, Techo / Plano útil: 0.295.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	NORMALIT EHM14 DOWNLIGHT HAT MINI 1500LM 4000K (1.000)	1123	1500	14.3
2	2	NORMALIT IR04T DOWNLIGHT IRQ TIPO R LED 700LM 4000K (1.000)	640	700	6.4
			Total: 2403	Total: 2900	27.1

Valor de eficiencia energética: $5.00 \text{ W/m}^2 = 2.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 5.42 m^2)

PB Aseos 2 y 4 / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	168	110	203	0.653
Suelo	20	111	91	126	0.817
Techo	70	65	42	120	0.653
Paredes (8)	50	111	38	862	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.800, Techo / Plano útil: 0.386.

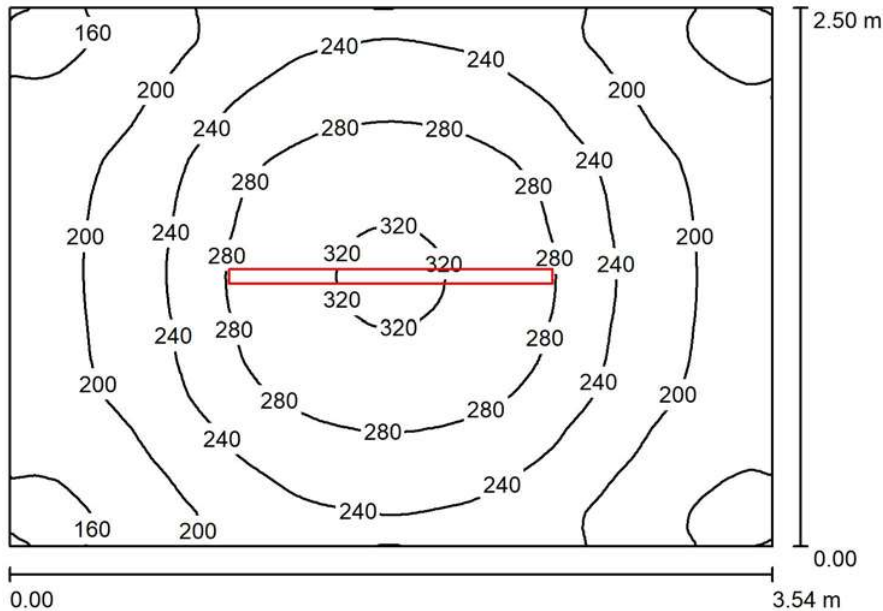
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	NORMALIT EHM14 DOWNLIGHT HAT MINI 1500LM 4000K (1.000)	1123	1500	14.3
			Total: 2246	Total: 3000	28.6

Valor de eficiencia energética: $7.52 \text{ W/m}^2 = 4.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 3.80 m^2)



PB Cuarto de instalaciones / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:33

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	232	147	326	0.632
Suelo	20	165	123	199	0.746
Techo	70	136	57	1621	0.423
Paredes (4)	50	153	78	330	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

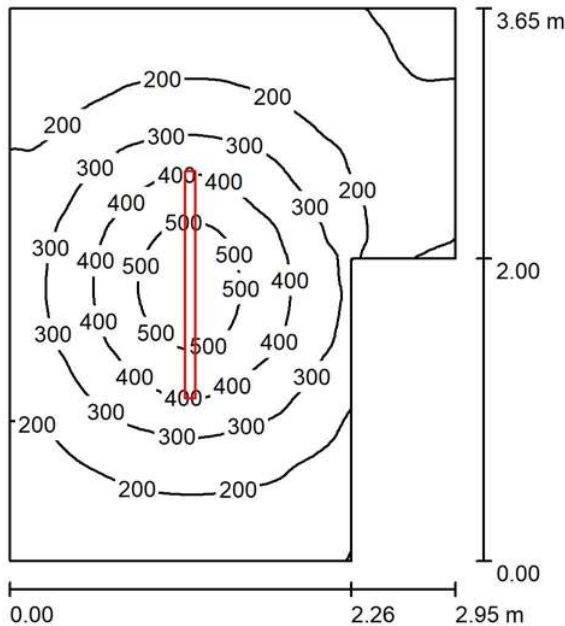
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.750, Techo / Plano útil: 0.585.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	NORMALIT DM5H HERMETIC LINE M 5H (1.000)	5424	6500	40.0
Total:			5424	6500	40.0

Valor de eficiencia energética: $4.52 \text{ W/m}^2 = 1.95 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 8.85 m^2)

PB Cuartos de electr. y almacén / Resumen



Altura del local: 2.150 m, Altura de montaje: 2.150 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	257	85	555	0.331
Suelo	20	180	95	263	0.528
Techos (2)	70	117	46	1443	/
Paredes (6)	50	132	46	358	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

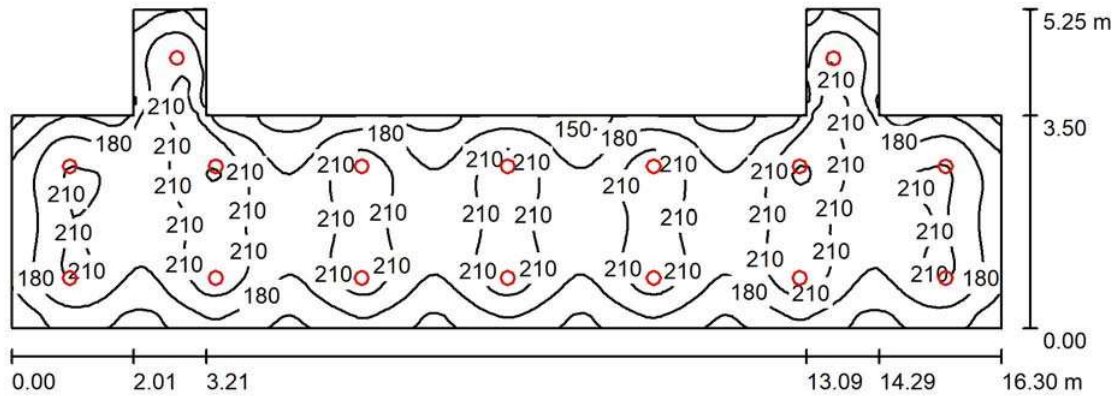
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.459, Techo / Plano útil: 0.455.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	NORMALIT DM5L HERMETIC LINE M 5L (1.000)	4281	5130	30.0
Total:			4281	5130	30.0

Valor de eficiencia energética: $3.20 \text{ W/m}^2 = 1.24 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 9.39 m^2)

P1 Circulación / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:117

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	191	110	244	0.577
Suelo	20	161	91	193	0.567
Techo	70	44	37	87	0.839
Paredes (12)	50	105	46	459	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.594, Techo / Plano útil: 0.233.

Lista de piezas - Luminarias

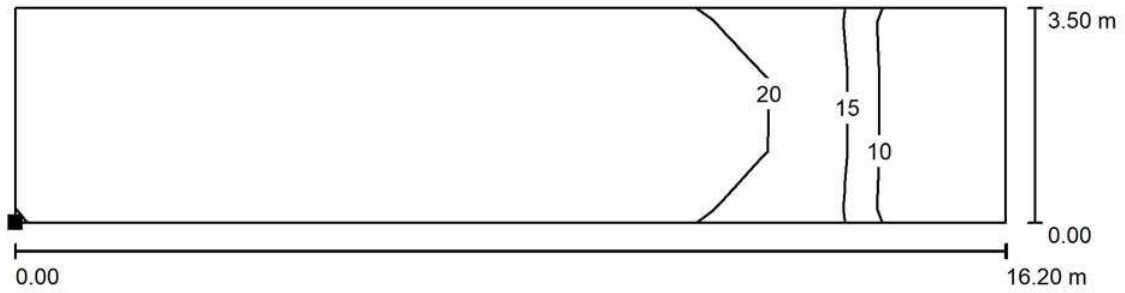
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	NORMALIT EHI14 DOWNLIGHT HAT HR LOW 1600LM 4000K (1.000)	1198	1600	14.3
Total:			19166	25600	228.8

Valor de eficiencia energética: $3.74 \text{ W/m}^2 = 1.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 61.23 m^2)



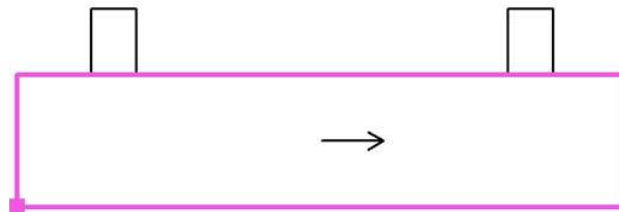
iluminar, s.l.

P1 Circulación / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 116

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(4.696 m, 46.014 m, 1.200 m)

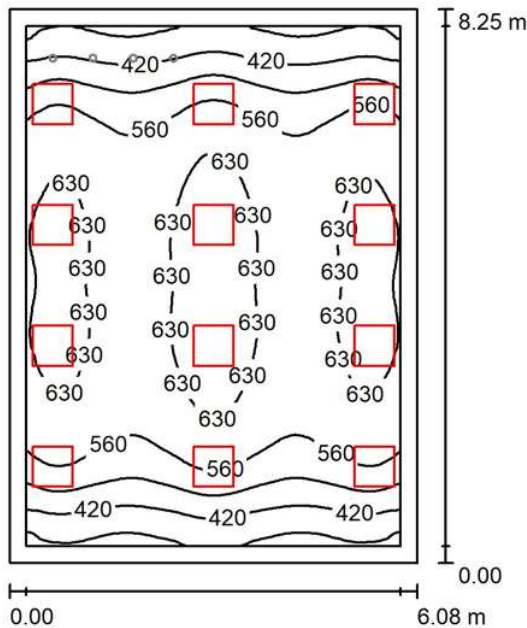


Trama: 16 x 3 Puntos

Min
/

Max
23

P1 Aulas 1 y 2 / General / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:106

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	558	329	674	0.589
Suelo	20	476	268	598	0.564
Techo	70	113	80	150	0.707
Paredes (4)	50	258	107	650	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.481, Techo / Plano útil: 0.203.

Lista de piezas - Luminarias

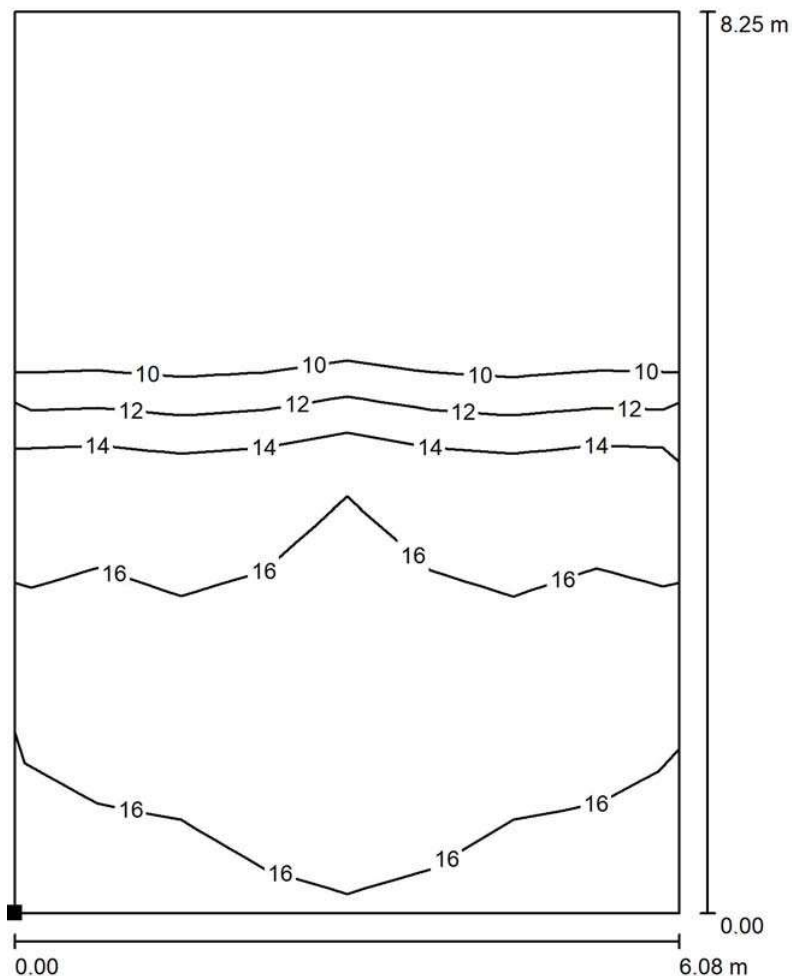
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	NORMALIT LX34G8 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 800mA (1.000)	3230	4555	33.0
			Total: 38765	Total: 54660	396.0

Valor de eficiencia energética: $7.89 \text{ W/m}^2 = 1.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 50.16 m^2)



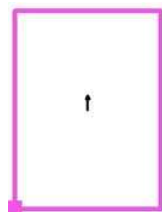
iluminar, s.l.

P1 Aulas 1 y 2 / General / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 65

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(0.426 m, 49.665 m, 1.200 m)



Trama: 6 x 8 Puntos

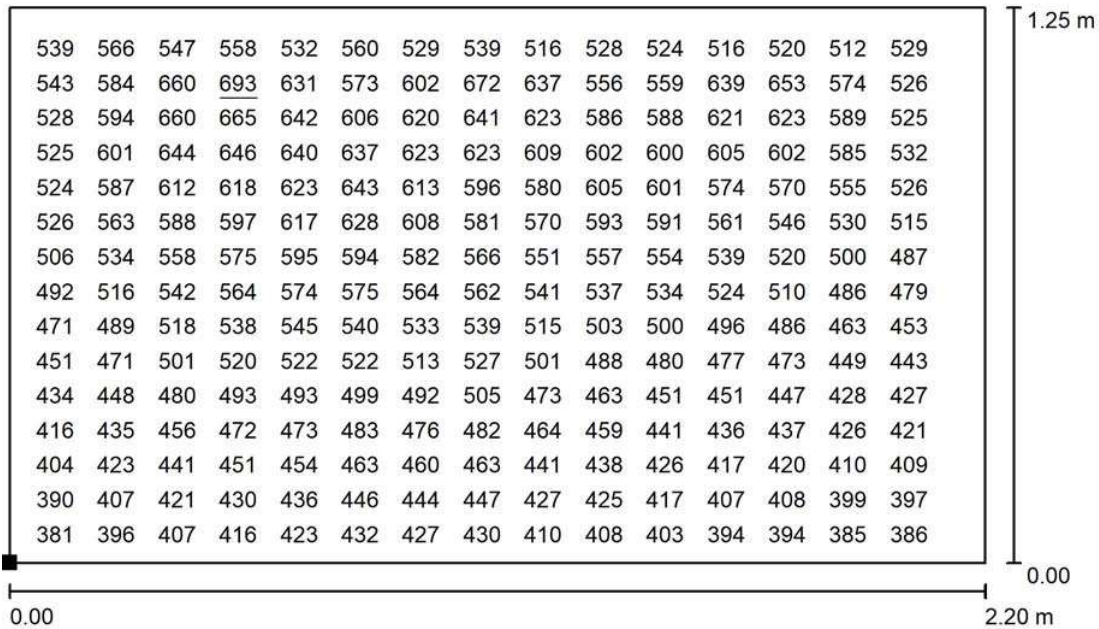
Min
/

Max
18



iluminar, s.l.

P1 Aulas 1 y 2 / General + pizarra / Pizarra 2,20x1,25m / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 16

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(0.865 m, 57.910 m, 0.895 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]
507

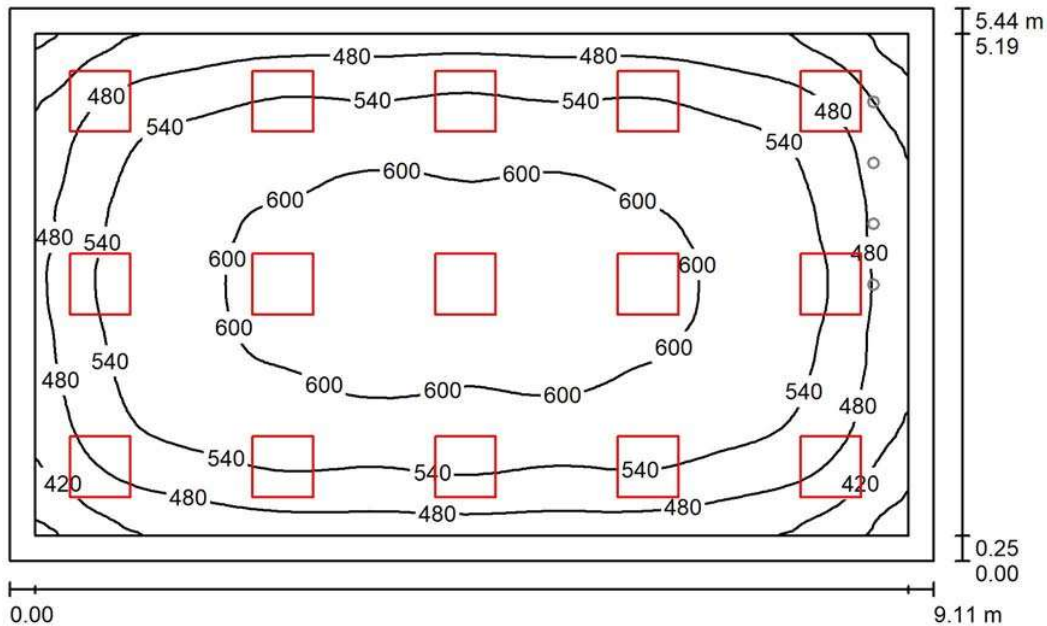
E_{min} [lx]
339

E_{max} [lx]
693

E_{min} / E_m
0.668

E_{min} / E_{max}
0.488

P1 Aulas 3 y 4 / General / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:70

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	539	325	624	0.603
Suelo	20	453	258	576	0.569
Techo	70	106	83	134	0.787
Paredes (4)	50	239	108	361	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.452, Techo / Plano útil: 0.196.

Lista de piezas - Luminarias

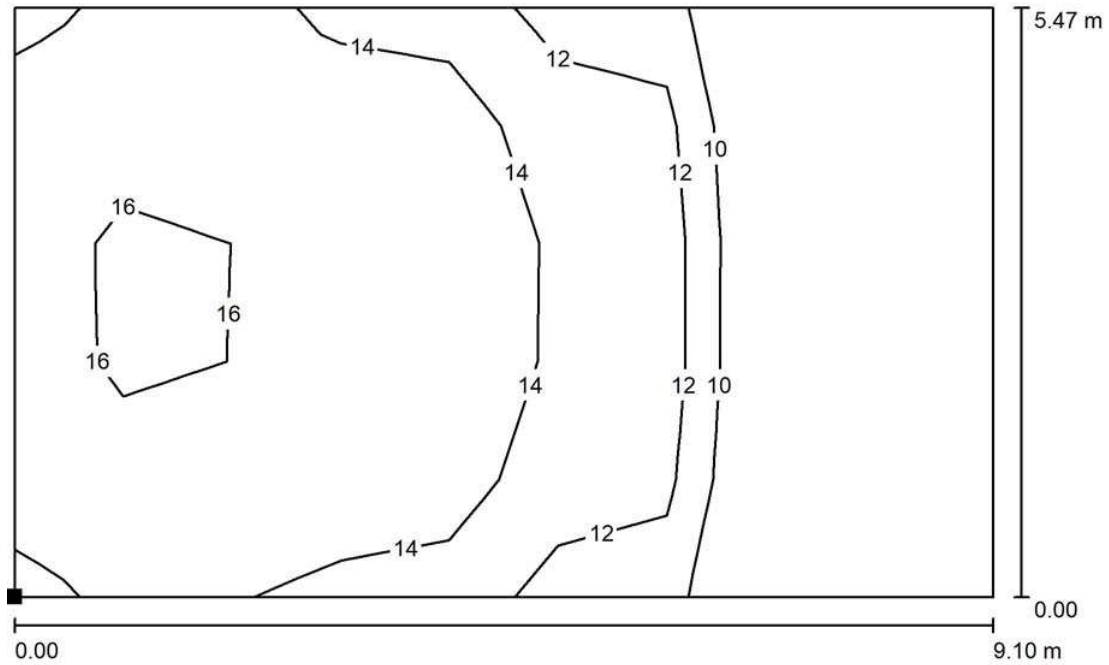
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	15	NORMALIT LX34G6 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 600mA (1.000)	2418	3410	26.0
			Total: 36276	Total: 51150	390.0

Valor de eficiencia energética: $7.87 \text{ W/m}^2 = 1.46 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 49.56 m^2)



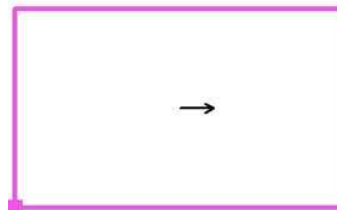
iluminar, s.l.

P1 Aulas 3 y 4 / General / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 66

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(0.400 m, 40.395 m, 1.200 m)

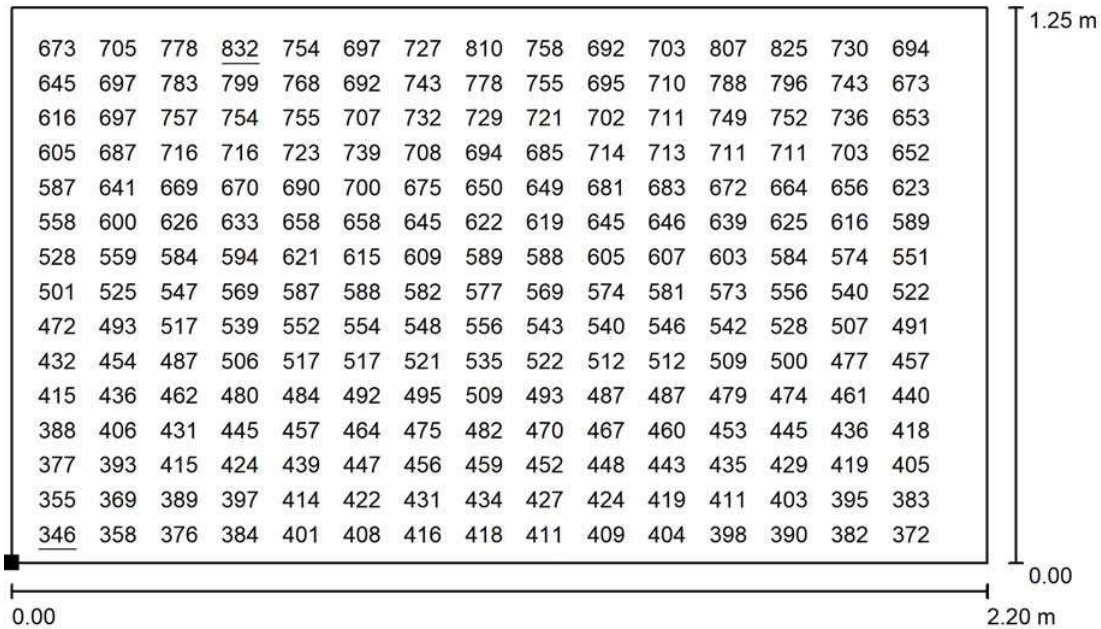


Trama: 9 x 5 Puntos

Min
/

Max
17

P1 Aulas 3 y 4 / General + pizarra / Pizarra 2,20x1,25m / Gráfico de valores (E, perpendicular)



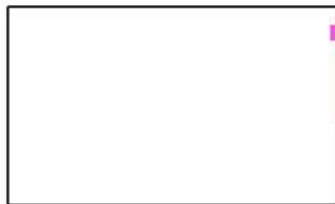
Valores en Lux, Escala 1 : 16

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(9.496 m, 45.145 m, 0.895 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]
567

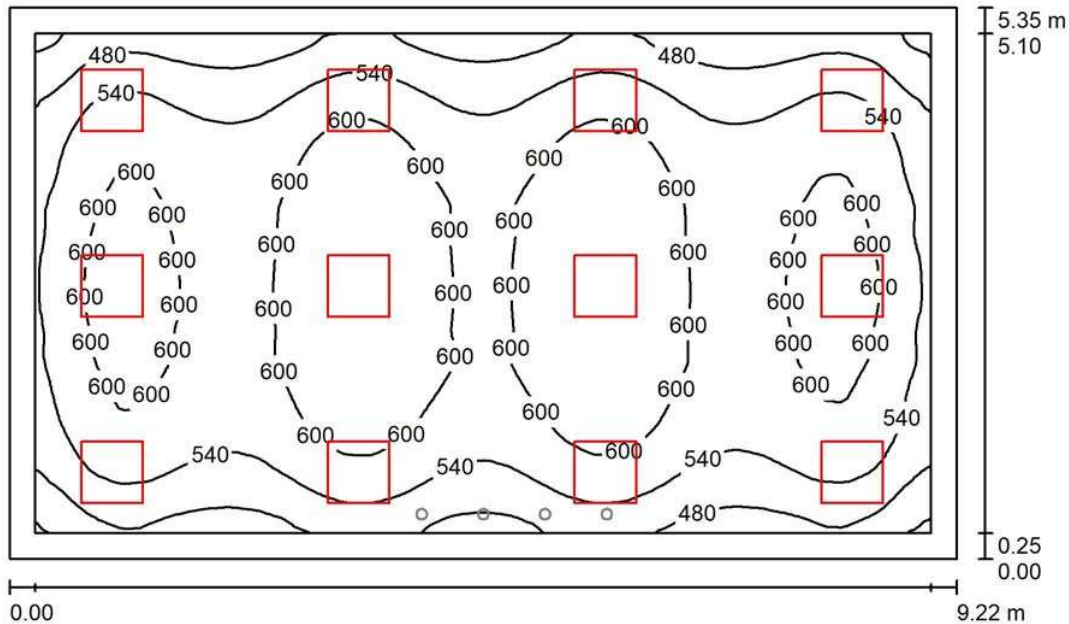
E_{min} [lx]
346

E_{max} [lx]
832

E_{min} / E_m
0.611

E_{min} / E_{max}
0.416

P1 Aula taller / General / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	568	397	663	0.699
Suelo	20	479	297	589	0.621
Techo	70	114	95	141	0.839
Paredes (4)	50	261	118	463	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.250 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.473, Techo / Plano útil: 0.200.

Lista de piezas - Luminarias

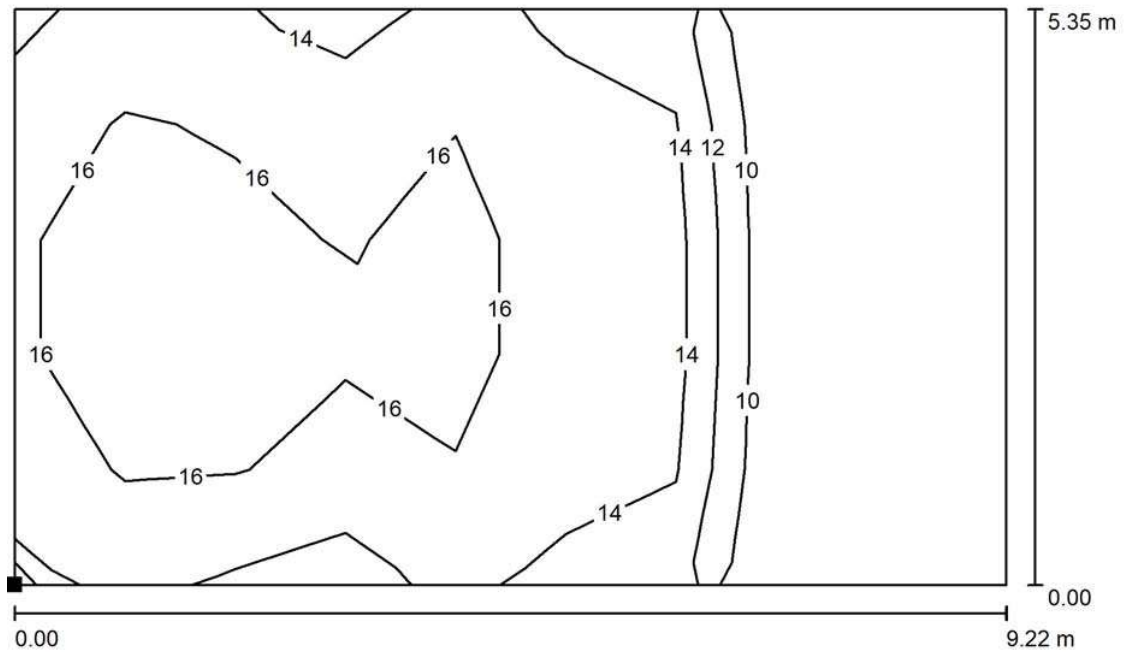
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	NORMALIT LX34G8 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 800mA (1.000)	3230	4555	33.0
			Total: 38765	Total: 54660	396.0

Valor de eficiencia energética: $8.03 \text{ W/m}^2 = 1.41 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 49.28 m^2)



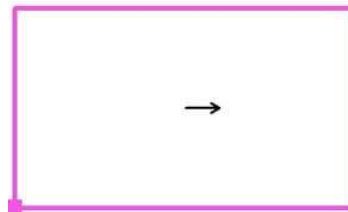
iluminar, s.l.

P1 Aula taller / General / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 66

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(6.656 m, 52.415 m, 1.200 m)



Trama: 9 x 5 Puntos

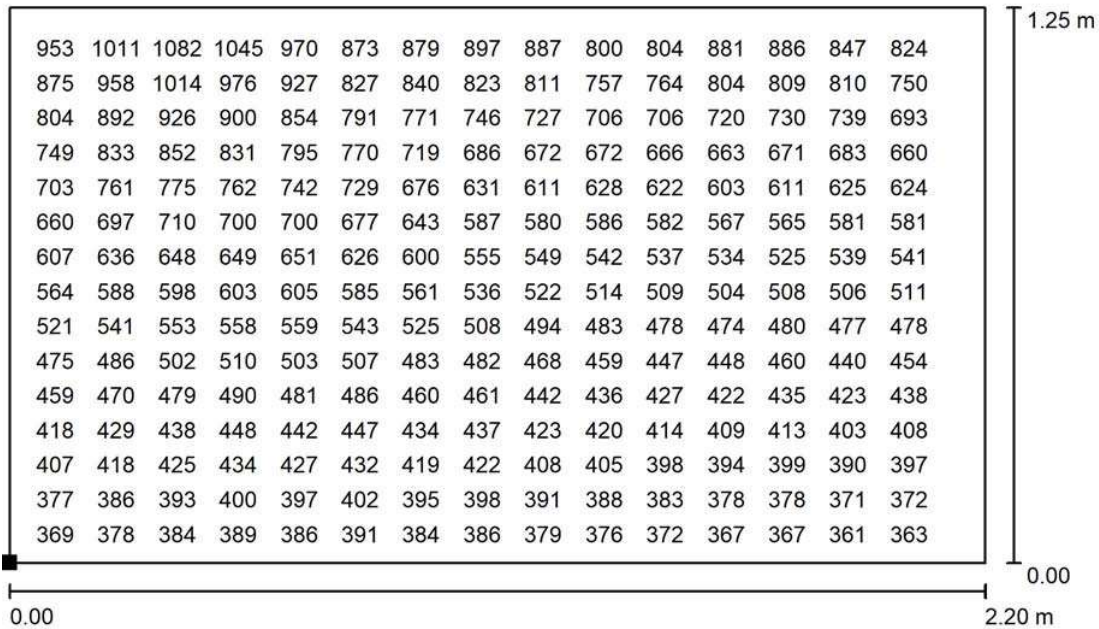
Min
/

Max
18



iluminar, s.l.

P1 Aula taller / General + pizarra / Pizarra 2,20x1,25m / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 16

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(12.664 m, 52.415 m, 0.895 m)



Trama: 32 x 32 Puntos

E_m [lx]
594

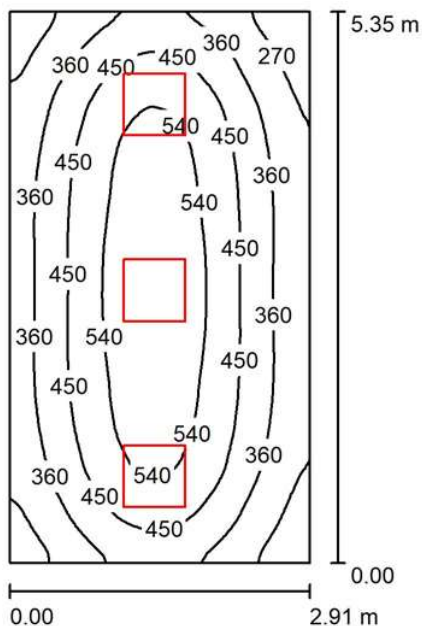
E_{min} [lx]
355

E_{max} [lx]
1104

E_{min} / E_m
0.597

E_{min} / E_{max}
0.322

P1 Desdoble / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	426	186	605	0.437
Suelo	20	332	190	425	0.571
Techo	70	82	53	100	0.643
Paredes (4)	50	185	60	451	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.433, Techo / Plano útil: 0.193.

Lista de piezas - Luminarias

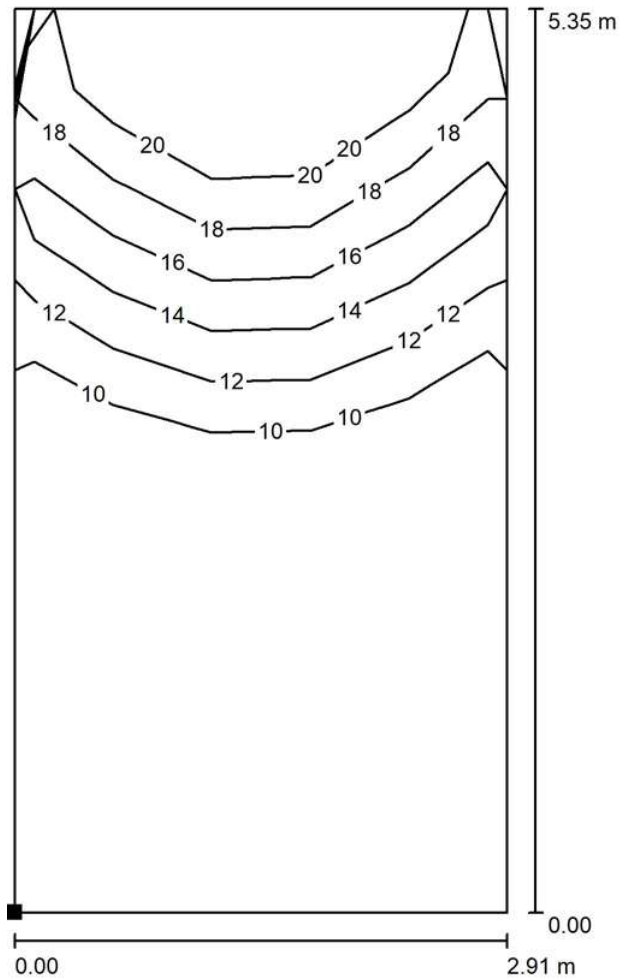
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	NORMALIT LX34G9 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 900mA (1.000)	3645	5140	36.0
			Total: 10936	Total: 15420	108.0

Valor de eficiencia energética: $6.93 \text{ W/m}^2 = 1.63 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 15.59 m^2)



iluminar, s.l.

P1 Desdoble / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)

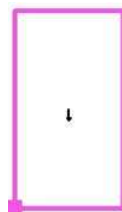


Escala 1 : 42

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(16.021 m, 52.415 m, 1.200 m)

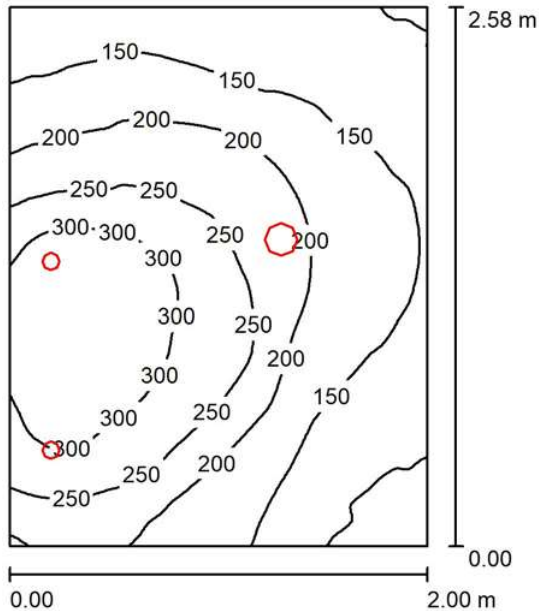


Trama: 2 x 5 Puntos

Min
/

Max
18

P1 Aseos 1 y 2 / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	202	85	330	0.418
Suelo	20	148	81	198	0.547
Techo	70	50	31	77	0.623
Paredes (4)	50	98	37	935	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

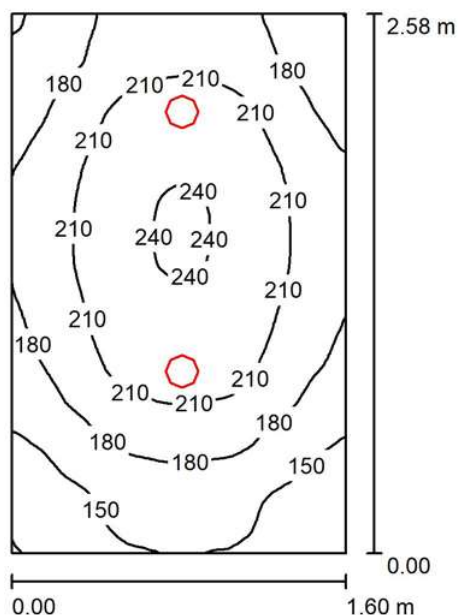
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.549, Techo / Plano útil: 0.249.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	NORMALIT EHM14 DOWNLIGHT HAT MINI 1500LM 4000K (1.000)	1123	1500	14.3
2	2	NORMALIT IR04T DOWNLIGHT IRQ TIPO R LED 700LM 4000K (1.000)	640	700	6.4
			Total: 2403	Total: 2900	27.1

Valor de eficiencia energética: $5.26 \text{ W/m}^2 = 2.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 5.15 m^2)

P1 Cuarto de limpieza / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	193	119	242	0.618
Suelo	20	126	92	147	0.726
Techo	70	60	41	92	0.693
Paredes (4)	50	114	49	400	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

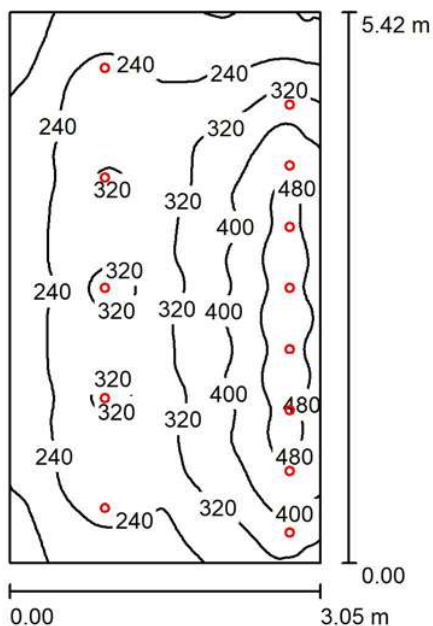
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.687, Techo / Plano útil: 0.310.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	NORMALIT EHM14 DOWNLIGHT HAT MINI 1500LM 4000K (1.000)	1123	1500	14.3
			Total: 2246	Total: 3000	28.6

Valor de eficiencia energética: $6.95 \text{ W/m}^2 = 3.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 4.12 m^2)

P1 Aseos alumnos y alumnas / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:70

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	307	131	507	0.427
Suelo	20	261	121	378	0.463
Techo	70	60	38	88	0.642
Paredes (4)	50	124	47	478	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

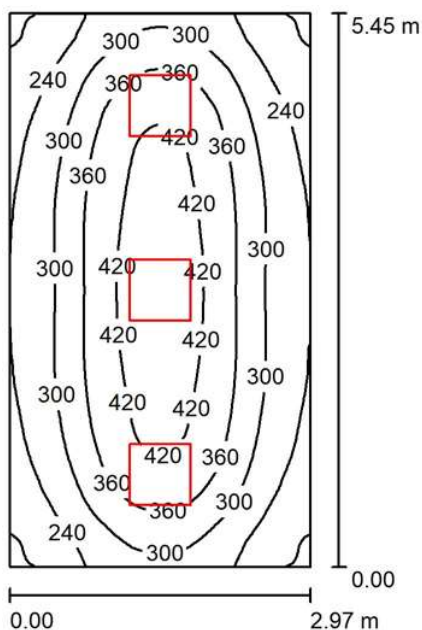
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.432, Techo / Plano útil: 0.195.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	13	NORMALIT IR04T DOWNLIGHT IRQ TIPO R LED 700LM 4000K (1.000)	640	700	6.4
			Total: 8318	Total: 9100	83.2

Valor de eficiencia energética: $5.03 \text{ W/m}^2 = 1.64 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 16.55 m^2)

P2 Despachos 1 y 2 / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:70

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	323	169	457	0.524
Suelo	20	252	157	325	0.625
Techo	70	62	45	72	0.727
Paredes (4)	50	140	57	294	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.430, Techo / Plano útil: 0.193.

Lista de piezas - Luminarias

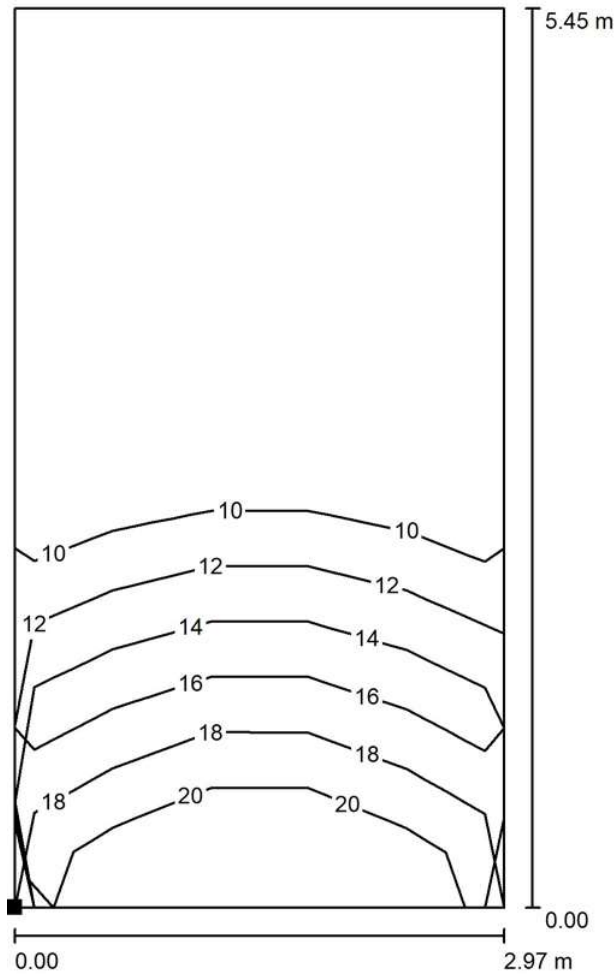
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	NORMALIT LX34G7 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 700mA (1.000)	2823	3980	29.0
			Total: 8468	Total: 11940	87.0

Valor de eficiencia energética: $5.39 \text{ W/m}^2 = 1.67 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 16.15 m^2)



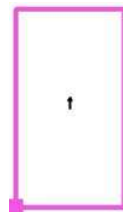
iluminar, s.l.

P2 Despachos 1 y 2 / Superficie de cálculo UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 43

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(9.745 m, 80.426 m, 1.200 m)

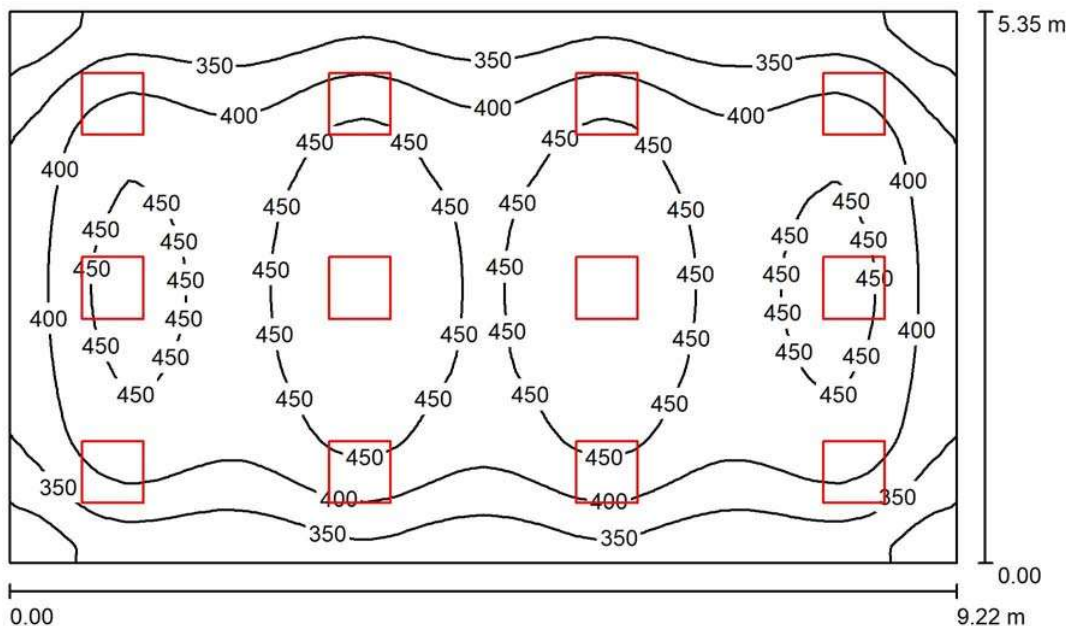


Trama: 2 x 5 Puntos

Min
/

Max
16

P2 Sala de profesores / Resumen



Altura del local: 2.750 m, Altura de montaje: 2.750 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	409	261	499	0.637
Suelo	20	359	223	442	0.621
Techo	70	85	69	106	0.822
Paredes (4)	50	194	85	329	/

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

UGR
 Pared izq 16
 Pared inferior 16
 (CIE, SHR = 0.25.)

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.486, Techo / Plano útil: 0.206.

Lista de piezas - Luminarias

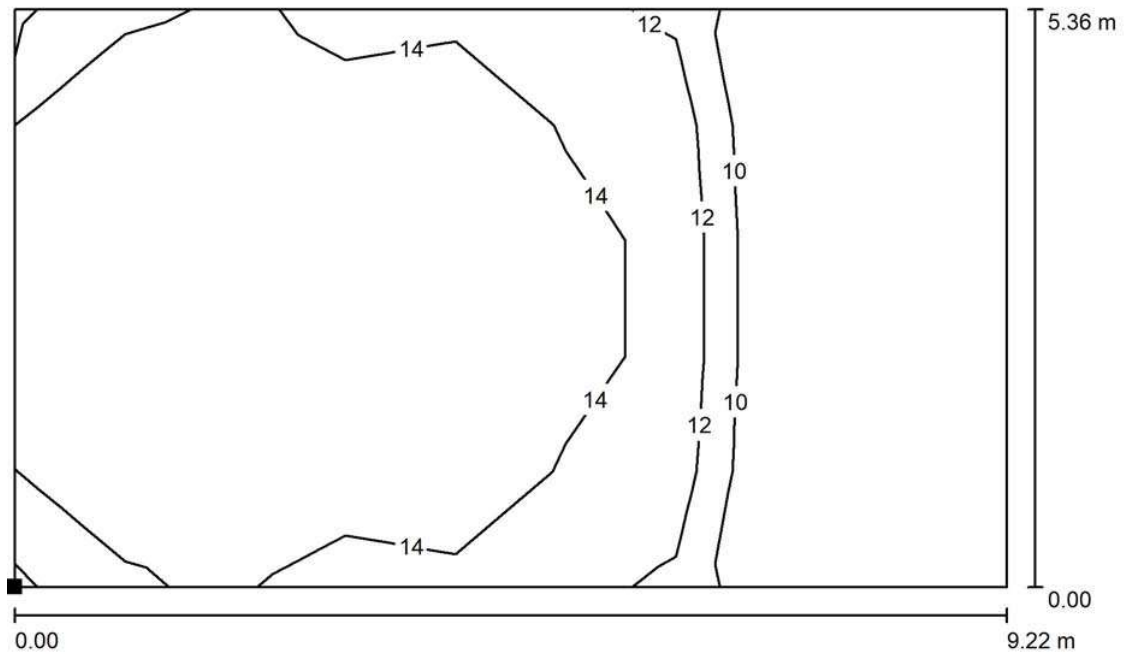
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	NORMALIT LX34G6 LUZERNA AVANT 600x600 4000K UGR 600mA (1.000)	2422	3415	26.0
			Total: 29063	Total: 40980	312.0

Valor de eficiencia energética: $6.33 \text{ W/m}^2 = 1.55 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 49.30 m^2)



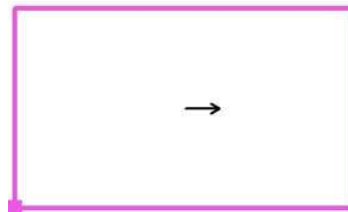
iluminar, s.l.

P2 Sala de profesores / Valor UGR 1 / Isolíneas (UGR)



Escala 1 : 66

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(6.656 m, 92.400 m, 1.200 m)

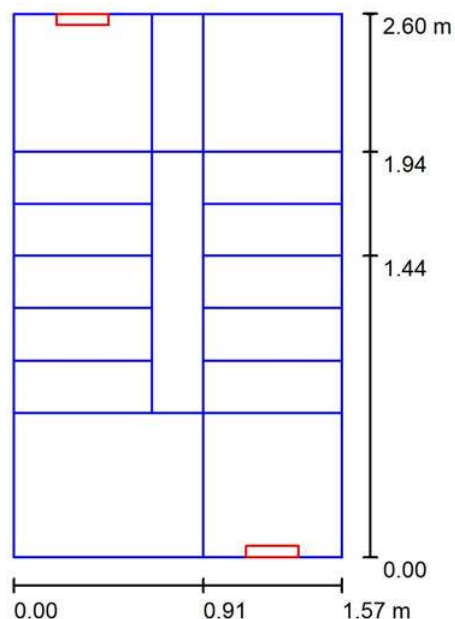


Trama: 9 x 5 Puntos

Min
/

Max
17

P2 Salida a cubierta / Resumen



Altura del local: 3.600 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil					
Suelo					
Techo					
Paredes (4)					

Plano útil:

Altura: 0.850 m en rellanos y 0.100 m en escaleras
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

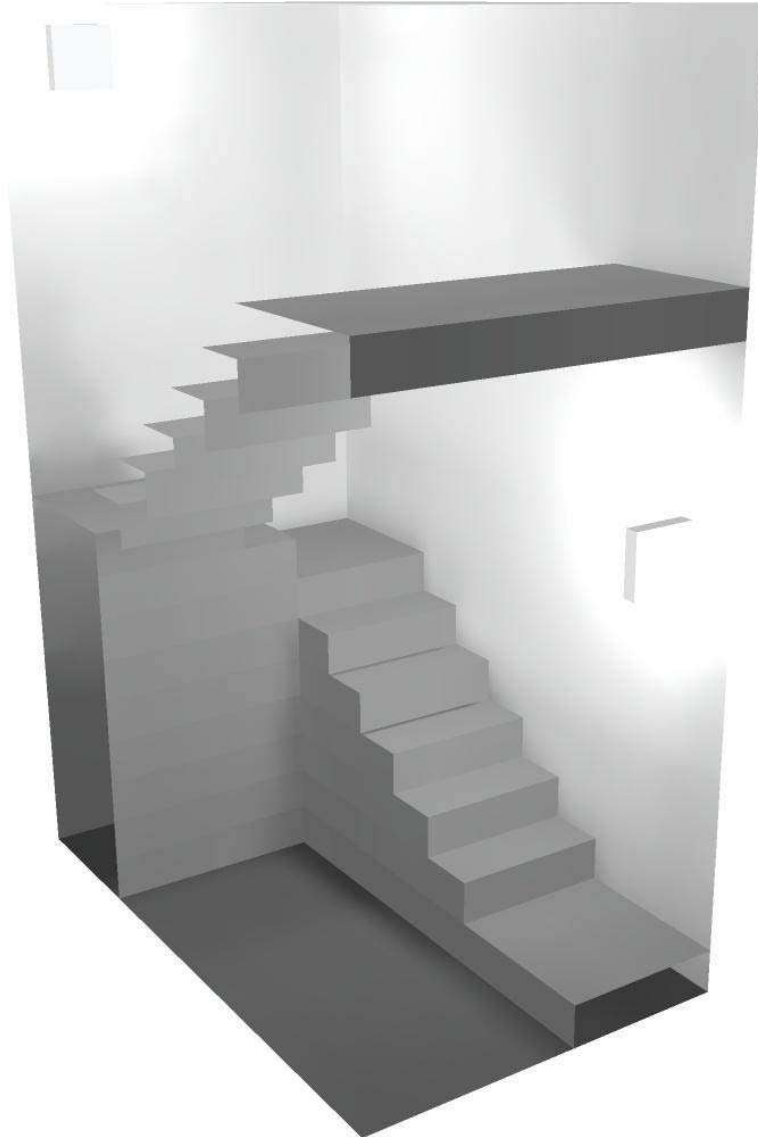
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: -- Techo / Plano útil: --

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	LOMBARDO S.p.A. LL116100 Art. 250 Tutta Luce 54 Led 20W (1.000)	1655	1655	20.0
Total:			3310	Total: 3310	40.0



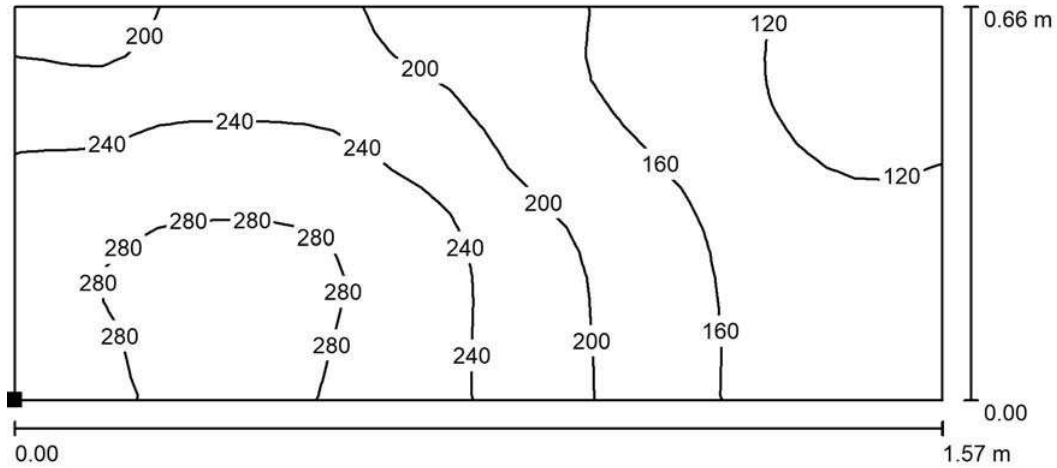
P2 Salida a cubierta / Rendering (procesado) en 3D





iluminar, s.l.

P2 Salida a cubierta / Superficie de cálculo 1 / Isolíneas (E, perpendicular)

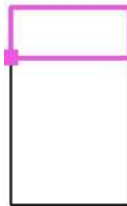


Valores en Lux, Escala 1 : 12

Situación de la superficie en el local:

Punto marcado:

(16.021 m, 91.600 m, 2.470 m)



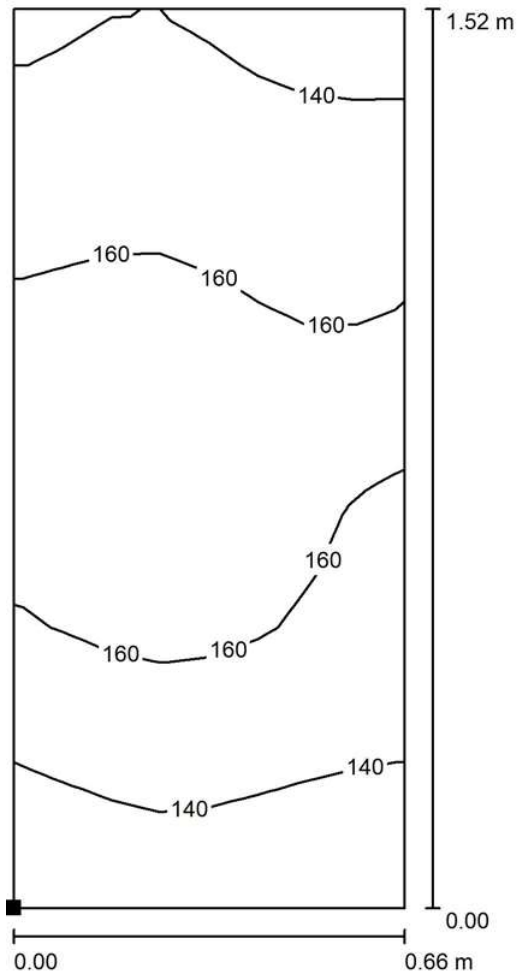
Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
202	105	293	0.520	0.358



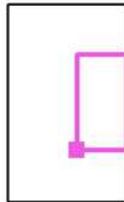
iluminar, s.l.

P2 Salida a cubierta / Superficie de cálculo 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 12

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (16.932 m, 90.346 m, 0.427 m)

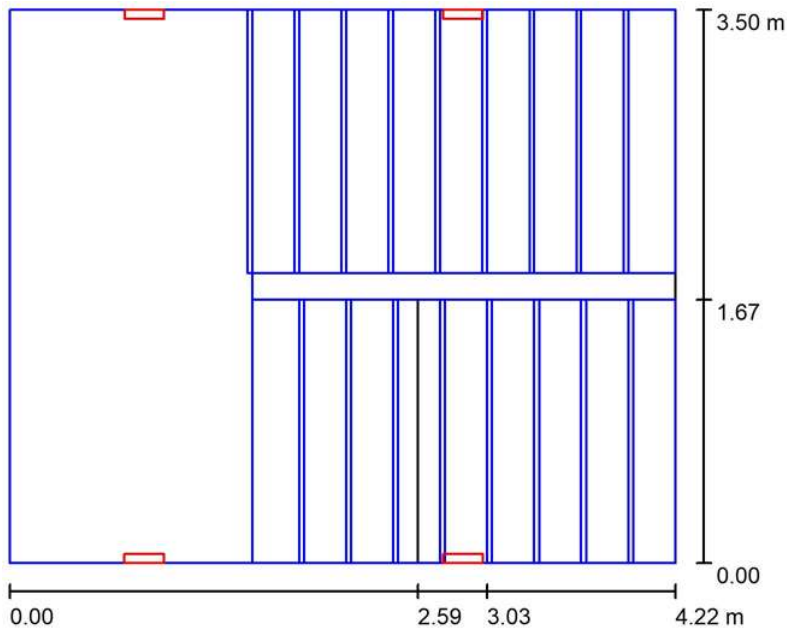


Trama: 8 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
153	123	173	0.805	0.710



Escaleras 1 y 2 / Resumen



Altura del local: 4.980 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:45

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil					
Suelo					
Techo					
Paredes (4)					

Plano útil:

Altura: 0.850 m en rellanos y 0.100 m en escaleras
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

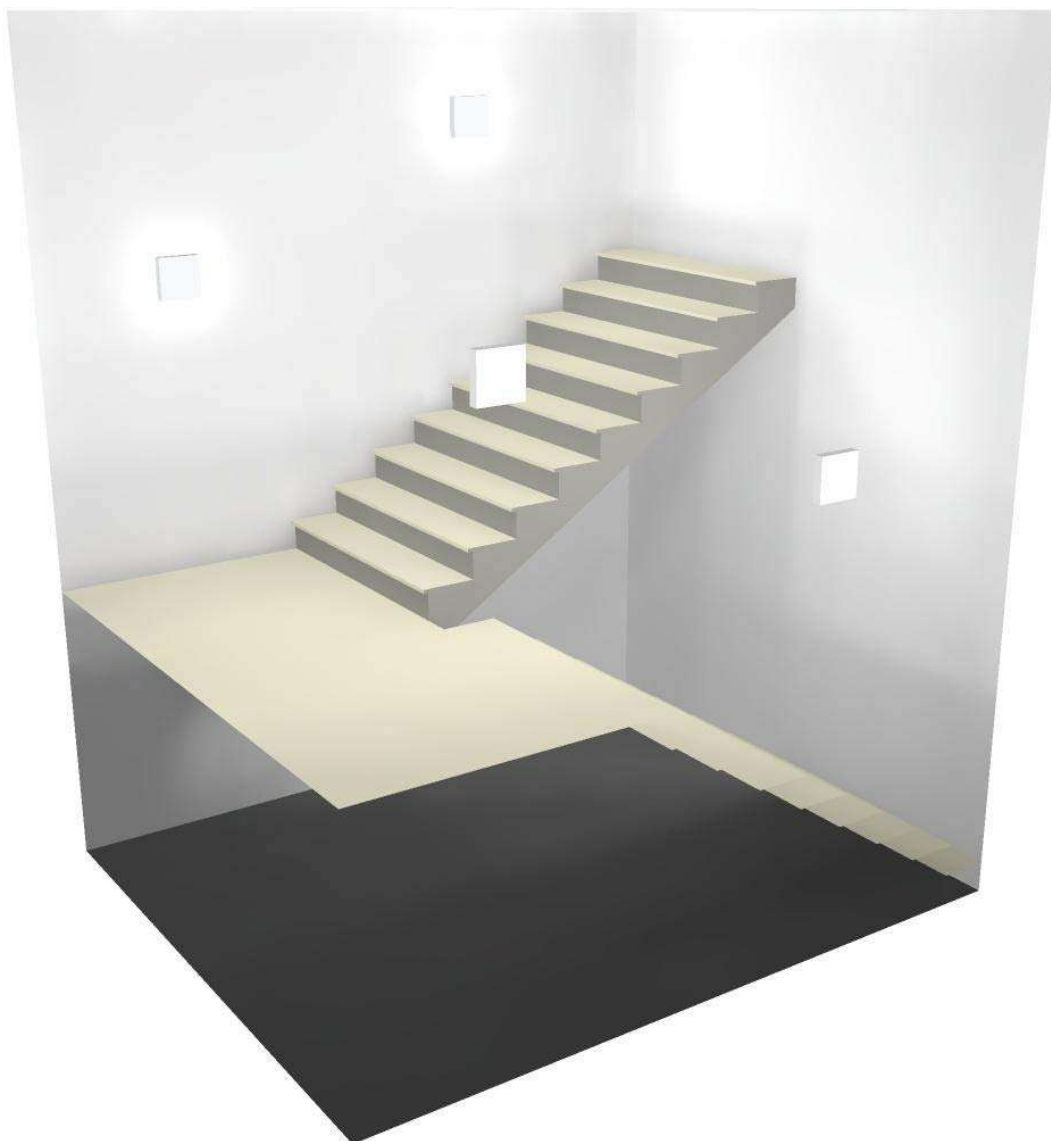
Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: --, Techo / Plano útil: --.

Lista de piezas - Luminarias

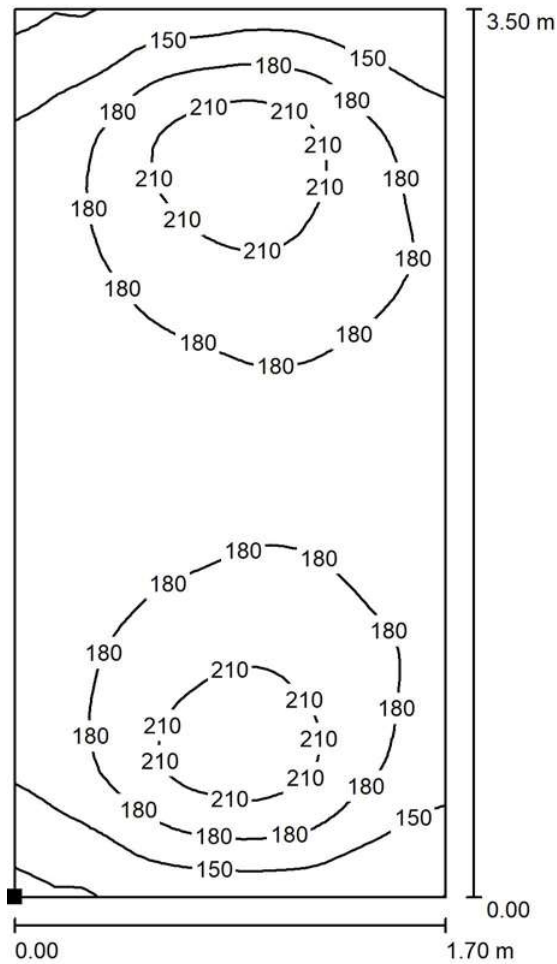
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	LOMBARDO S.p.A. LL116100 Art. 250 Tutta Luce 54 Led 20W (1.000)	1655	1655	20.0
			Total: 6620	Total: 6620	80.0



Escaleras 1 y 2 / Rendering (procesado) en 3D

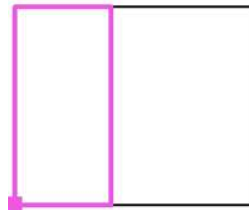


Escaleras 1 y 2 / Superficie de cálculo 1 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 28

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.426 m, 46.014 m, 2.550 m)



Trama: 32 x 64 Puntos

E_m [lx]
176

E_{min} [lx]
115

E_{max} [lx]
230

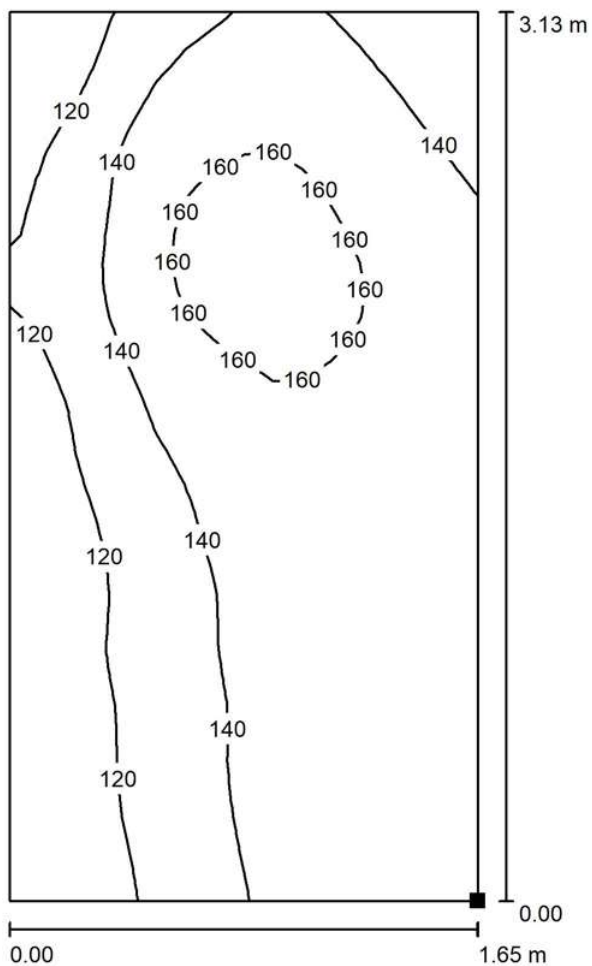
E_{min} / E_m
0.655

E_{min} / E_{max}
0.502



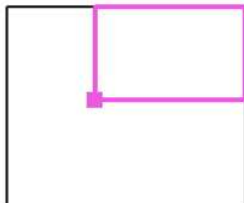
iluminar, s.l.

Escaleras 1 y 2 / Superficie de cálculo 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 25

Situación de la superficie en el local:
Punto marcado:
(1.988 m, 47.866 m, 1.977 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]
141

E_{min} [lx]
103

E_{max} [lx]
171

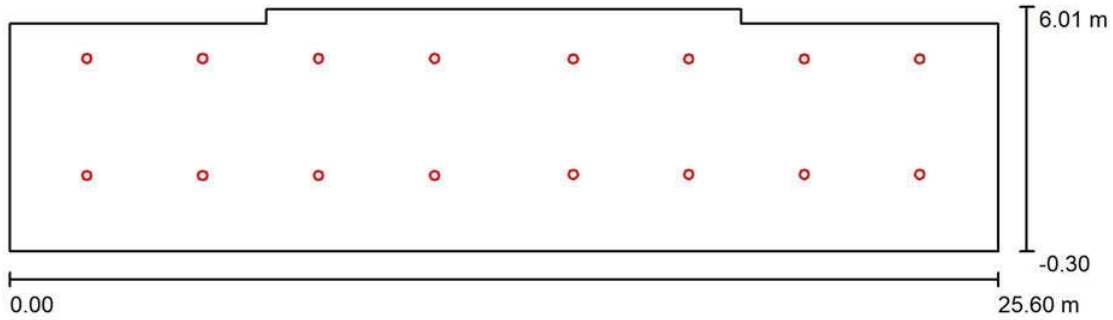
E_{min} / E_m
0.734

E_{min} / E_{max}
0.604



iluminar, s.l.

PB Porche_v2 / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 0.0%

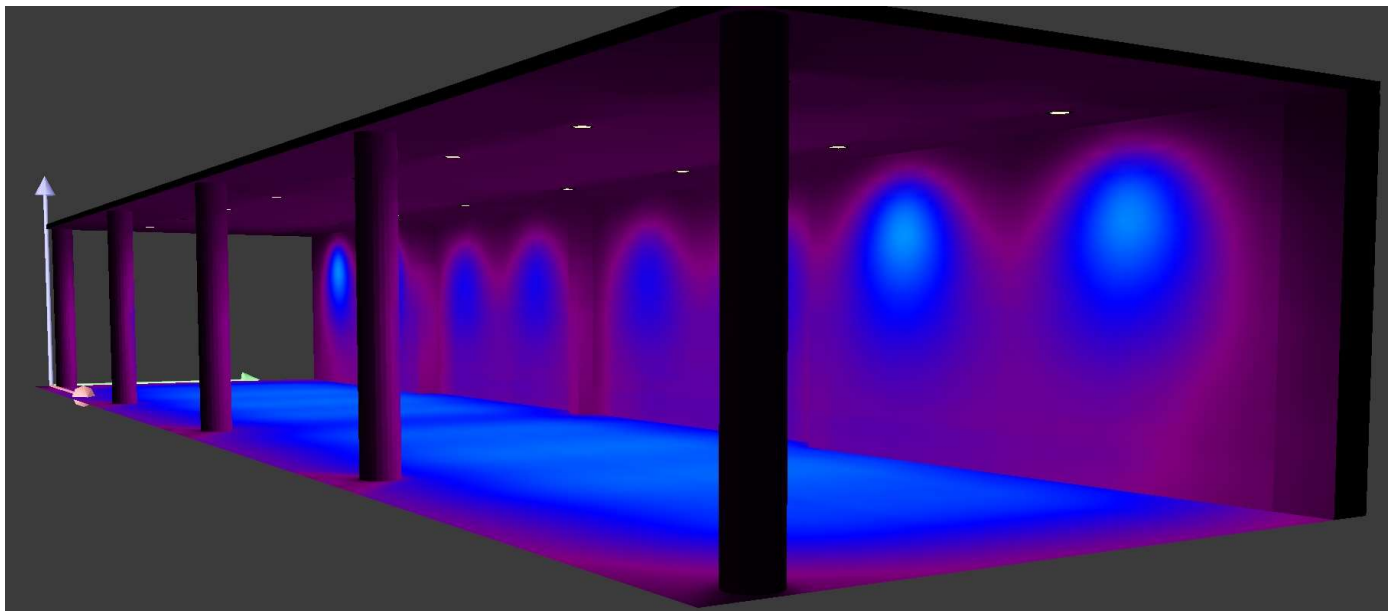
Escala 1:184

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	16	Ghidini Lighting s.r.l. GH5317.BRXA400EN MaxiSpia 245 13W 4000 K 82° (1.000)	911	2140	13.0
Total:			14576	34240	208.0



PB Porche_v2 / Rendering (procesado) en 3D



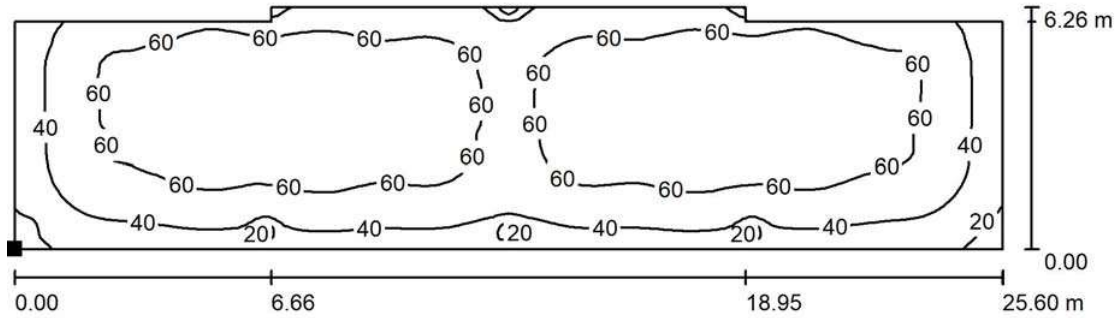
0 25 50 100 200 300 400 500 600

lx



iluminar, s.l.

PB Porche_v2 / Elemento del suelo 1 / Superficie 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 184

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (0.000 m, -0.300 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 64 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
55	2.34	71	0.043	0.033

2.2. ALUMBRADO EMERGENCIA

Para el cálculo del alumbrado de emergencia se considera lo indicado en la ITC-BT-28, cumpliendo con las siguientes condiciones:

- 1 lux en ejes de paso principales a nivel de suelo.
- 0,5 lux en toda la zona de público a un nivel de 1 m del suelo.
- Uniformidad mayor de 40 ($I_{máx} / I_{mín}$).
- 5 lux en cuadros de alumbrado y equipos de protección contra incendios.

Las lámparas tendrán un índice de rendimiento cromático R_a mínimo de 40.

Para cubrir las superficies de uso público se han dispuesto aparatos de emergencia que puede verse en los correspondientes planos de planta.

Los niveles de iluminación previstos son superiores a los exigidos en el documento básico de seguridad de utilización, sección SU 4: "Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada", del Código técnico de la edificación.

Estos niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y teniendo en cuenta un factor de mantenimiento del 0,8 por envejecimiento de la lámpara y suciedad en la luminaria.

2.3. SISTEMA DE CONTROL Y REGULACIÓN

Todas las zonas dispondrán de un sistema de encendido y apagado manual.

Se instalarán detectores de presencia e intensidad lumínica para el control de la iluminación en zonas de ocupación del edificio.

Se instalarán detectores de presencia para el control de la iluminación en zonas de no representación y uso esporádico como aseos y circulaciones.

3. JUSTIFICACIÓN DEL CÓDIGO TÉCNICO

3.1. CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA MÍNIMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA (HE5)

El uso del edificio al tener superficie construida mayor de 1.000 m², se encuentra dentro del ámbito de aplicación del documento HE 5 del CTE, por lo que es necesario prever un sistema de generación de energía eléctrica.

La potencia mínima a instalar se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_{\text{mínima}} = 0,01 \times \text{Superficie construida} = 0,01 \times 1.500 \text{ m}^2 = 10 \text{ kW.}$$

Se preverá un sistema de captación y transformación de energía solar fotovoltaica en la cubierta del nuevo edificio. Concretamente se preverá una potencia de 17,64 kWp superior a la mínima exigida.

3.2. JUSTIFICACIÓN EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN (HE3)

La iluminación del edificio se calculará cumpliendo con las indicaciones del documento HE3: "Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación" del CTE.

Con una superficie de aproximadamente 1.500 m², y una potencia instalada en iluminación de 10 kW, la ratio de potencia instalada es de 6,66 W/m². Este valor es inferior a la máxima potencia de iluminación permitida por el HE 3 del CTE.

En todos los casos el número de puntos considerado para el cálculo ha sido de 128 puntos, según se refleja en los cálculos adjuntados.

El factor de mantenimiento introducido en el programa de cálculo es de 0,8.

Se deberán cumplir los valores mínimos de los siguientes parámetros:

- Iluminancia media mantenida (Em)
- Índice de deslumbramiento unificado: UGR.
- Índice de rendimiento de color (Ra) de la lámpara seleccionada.
- Valor de eficiencia energética VEEI (W/m²) por cada 100 lux. Según los valores límite que se indican en la tabla 3.1 del CTE, sección HE 3, según la siguiente clasificación:
 - o Aulas y laboratorios VEEI límite=3,5.
- La potencia total de lámparas y equipos auxiliares por superficie iluminada (PTOT / STOT) no superará el valor máximo establecido en la Tabla 3.2-HE3 del CTE, con una potencia máxima a instalar de 10 W/m².

Las lámparas utilizadas tienen un rendimiento cromático (Ra) igual a 80.

Sistemas de control y regulación

Todas las zonas comunes, pasillos, escaleras y aseos dispondrán de un sistema de encendido y apagado mediante detectores de movimiento y presencia.

En el documento HE 3 se indica que se instalarán sistemas de aprovechamiento de luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural, en la primera línea paralela de luminarias situadas a una distancia inferior a 3m de la ventana, en los casos en los que se cumpla la expresión: $TxAw/A > 0,07$, siendo:

T: coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno.

Aw: área de acristalamiento de la ventana de la zona (m²).

A: área total de las superficies interiores del local.

En este caso, en las zonas de aula se ha instalado un sistema de aprovechamiento de luz natural mediante luminarias con regulación tipo DALI y sensores de luminosidad, a excepción de aseos, salas

técnicas y demás salas sin ventanas donde las luminarias no son regulables y se maniobran por medio de detectores de presencia o interruptores.

4. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La instalación fotovoltaica se ubicará en la cubierta del nuevo aulario.

Se instalarán 42 módulos fotovoltaicos de 420 Wp cada uno y de dimensiones 1723x1134x30mm, por lo que en total se instalará una potencia en módulos de 17,640 kWp.

Para la interconexión con la instalación de baja tensión se instalará un inversor de 15 kW.

La configuración del campo de captación fotovoltaico se organizará en series de hasta 21 módulos cada una. Cada una de estas series se formará según se indica en los planos y se agrupará de forma lineal, quedando los módulos con una inclinación de 15°. La orientación de los módulos fotovoltaicos es SURESTE para la primera serie, y SUROESTE para la segunda serie.

4.1. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA

El cálculo de producción eléctrica se ha realizado mediante el programa PVgis.

Introduciendo los datos en el sistema, se calcula la producción eléctrica anual.

Se han considerado unas pérdidas en el sistema del 14%.

La suma del conjunto de pérdidas por inclinación, orientación y por sombras están calculadas en los siguientes anejos, siendo el total del 4,33 %.

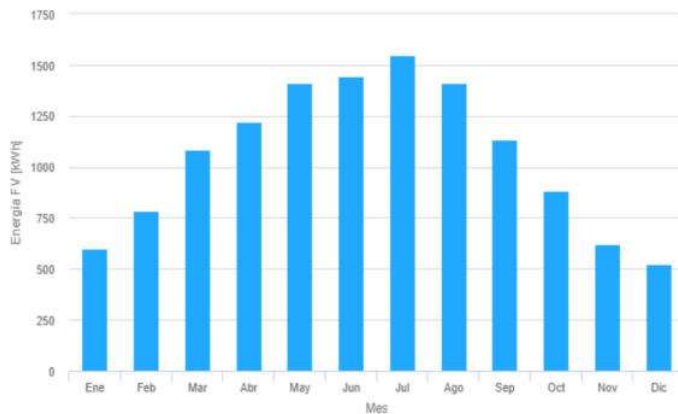
A estas pérdidas se añaden las pérdidas en el inversor, en distribución, y las debidas a trabajar en condiciones diferentes a STC. En las siguientes imágenes se muestran los resultados obtenidos.

Dado que hay una serie orientada al sureste y otra orientada al suroeste, se realiza el cálculo para ambos casos:

Serie 1 - Sureste: 21 placas = 8,82 kWp

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	41.570,-0.744	Ángulo de inclinación:	15 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	-44 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH2	Producción anual FV:	12663.45 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	1852.23 kWh/m ²
FV instalado:	8.82 kWp	Variación interanual:	316.03 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-3.08 %
		Efectos espectrales:	0.67 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-7.63 %
		Pérdidas totales:	-22.48 %

Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Serie 2 - Suroeste: 21 placas = 8,82 kWp

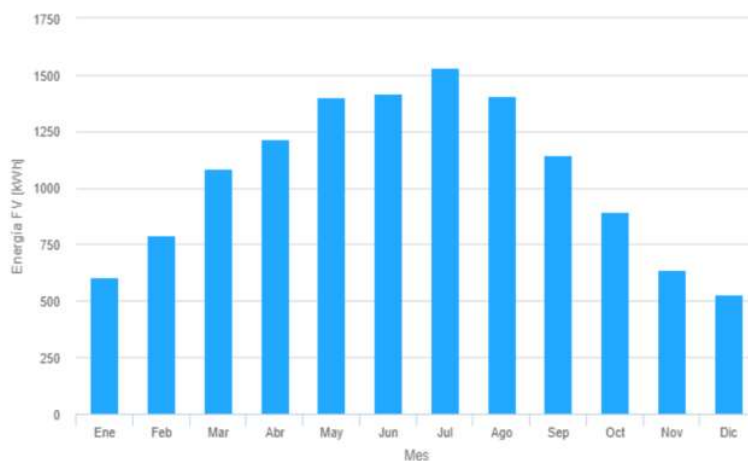
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 41.570,-0.744
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH2
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 8.82 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 15 °
 Ángulo de azimut: 44 °
 Producción anual FV: 12657.23 kWh
 Irradiación anual: 1858.42 kWh/m²
 Variación interanual: 322.63 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 Ángulo de incidencia: -3.09 %
 Efectos espectrales: 0.68 %
 Temperatura y baja irradiancia: -7.98 %
 Pérdidas totales: -22.78 %

Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



Por tanto, la producción total anual energía fotovoltaica kWh = **25320,7 kWh**

4.2. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL GENERADOR

Las pérdidas por este concepto se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación β , definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal (figura 1). Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.

- Ángulo de azimut α , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar (figura 2). Su valor es 0° para módulos orientados al Sur, -90° para módulos orientados al Este y $+90^\circ$ para módulos orientados al Oeste.

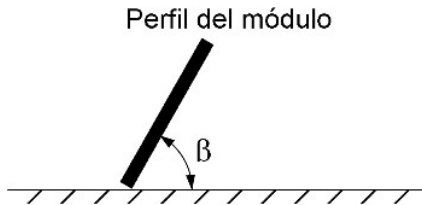


Fig. 1

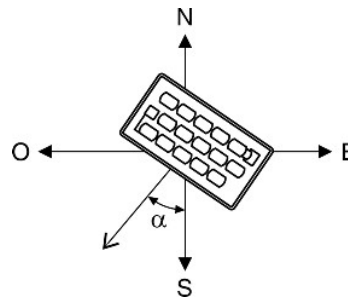


Fig. 2

Habiendo determinado el ángulo de azimut del generador, se calcularán los límites de inclinación aceptables de acuerdo a las pérdidas máximas respecto a la inclinación óptima establecidas en el PCT del IDAE. Para ello se utilizará la figura 3, válida para una latitud, ϕ , de 41° , de la siguiente forma:

- Conocido el azimut, determinamos en la figura 3 los límites para la inclinación en el caso de $\phi = 41^\circ$. Para el caso general, las pérdidas máximas por este concepto son del 10 %; para superposición, del 20 %, y para integración arquitectónica del 40 %. Los puntos de intersección del límite de pérdidas con la recta de azimut nos proporcionan los valores de inclinación máxima y mínima.

Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites.

Se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41° , de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}).$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación } (\phi = 41^\circ) - (41^\circ - \text{latitud}), \text{ siendo } 0^\circ \text{ su valor mínimo.}$$

En casos cerca del límite, y como instrumento de verificación, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \text{ para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

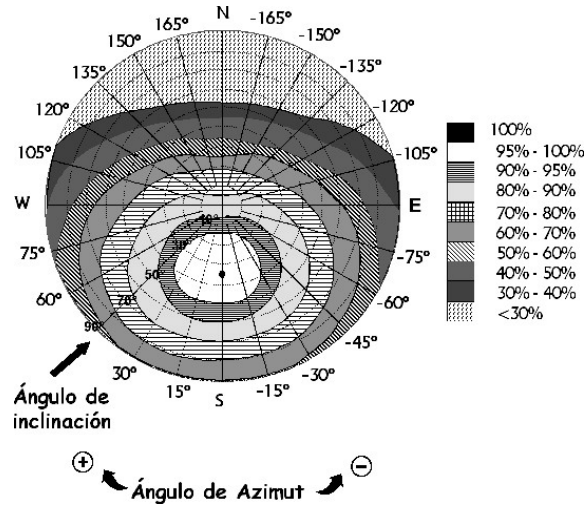
$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \phi + 10)^2] \text{ para } \beta < 15^\circ$$

[Nota: α , β , y ϕ se expresan en grados, siendo ϕ la latitud del lugar].

En el caso de esta instalación, la latitud es 44° y la inclinación β es 15° para la cubierta. Utilizando la expresión vista anteriormente, las pérdidas por orientación e inclinación distintas a las óptimas son:

Inclinación a 15°

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (15 - 44 + 10)^2] = 4,33 \%$$



4.3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR SOMBRAS

El procedimiento consiste en la comparación del perfil de obstáculos que afecta a la superficie de estudio con el diagrama de trayectorias del Sol. Los pasos a seguir son los siguientes:

4.3.1. Obtención del perfil de obstáculos

Localización de los principales obstáculos que afectan a la superficie, en términos de sus coordenadas de posición azimut (ángulo de desviación con respecto a la dirección Sur) y elevación (ángulo de inclinación con respecto al plano horizontal). Para ello puede utilizarse un teodolito.

4.3.2. Representación del perfil de obstáculos

Representación del perfil de obstáculos en el diagrama de la figura 5, en el que se muestra la banda de trayectorias del Sol a lo largo de todo el año, válido para localidades de la Península Ibérica y Baleares (para las Islas Canarias el diagrama debe desplazarse 12° en sentido vertical ascendente). Dicha banda se encuentra dividida en porciones, delimitadas por las horas solares (negativas antes del mediodía solar y positivas después de éste) e identificadas por una letra y un número (A1, A2,..., D14).

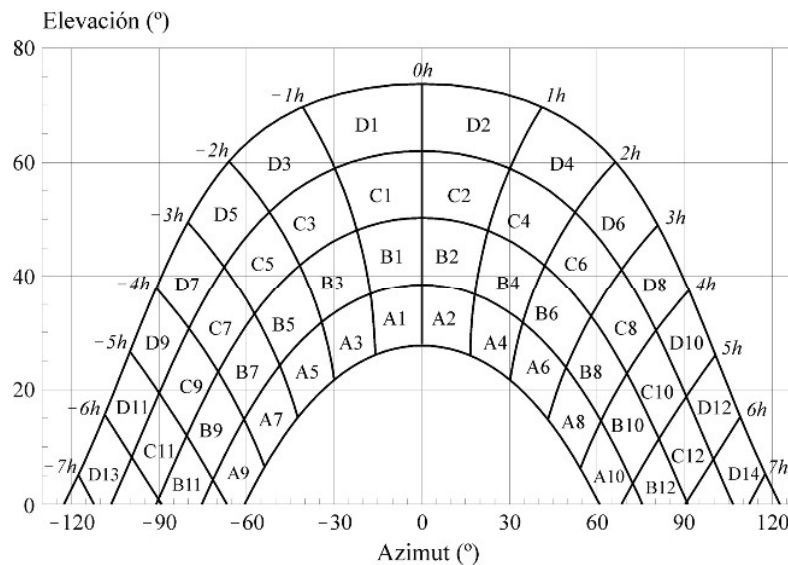


Fig. 5. Diagrama de trayectorias del Sol. [Nota: los grados de ambas escalas son sexagesimales].

4.3.3. Selección de la tabla de referencia para los cálculos

Cada una de las porciones de la figura 5 representa el recorrido del Sol en un cierto período de tiempo (una hora a lo largo de varios días) y tiene, por tanto, una determinada contribución a la irradiación solar global anual que incide sobre la superficie de estudio. Así, el hecho de que un obstáculo cubra una de las porciones supone una cierta pérdida de irradiación, en particular aquella que resulte interceptada por el obstáculo. Deberá escogerse como referencia para el cálculo la tabla más adecuada de entre las que se incluyen a continuación.

4.3.4. Cálculo final

La comparación del perfil de obstáculos con el diagrama de trayectorias del Sol permite calcular las pérdidas por sombreado de la irradiación solar global que incide sobre la superficie, a lo largo de todo el año. Para ello se han de sumar las contribuciones de aquellas porciones que resulten total o parcialmente ocultas por el perfil de obstáculos representado. En el caso de ocultación parcial se utilizará el factor de llenado (fracción oculta respecto del total de la porción) más próximo a los valores: 0,25, 0,50, 0,75 ó 1.

4.3.5. Tablas de referencia

Las tablas incluidas en esta sección se refieren a distintas superficies caracterizadas por sus ángulos de inclinación y orientación (β y α , respectivamente). Deberá escogerse aquella que resulte más parecida a la superficie de estudio. Los números que figuran en cada casilla se corresponden con el porcentaje de irradiación solar global anual que se perdería si la porción correspondiente (véase la figura 5) resultase interceptada por un obstáculo.

Tabla V-1

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,15	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Tabla V-2

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,18
11	0,00	0,01	0,18	1,05
9	0,05	0,32	0,70	2,23
7	0,52	0,77	1,32	3,56
5	1,11	1,26	1,85	4,66
3	1,75	1,60	2,20	5,44
1	2,10	1,81	2,40	5,78
2	2,11	1,80	2,30	5,73
4	1,75	1,61	2,00	5,19
6	1,09	1,26	1,65	4,37
8	0,51	0,82	1,11	3,28
10	0,05	0,33	0,57	1,98
12	0,00	0,02	0,15	0,96
14	0,00	0,00	0,00	0,17

Tabla V-3

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,15
11	0,00	0,01	0,02	0,15
9	0,23	0,50	0,37	0,10
7	1,66	1,06	0,93	0,78
5	2,76	1,62	1,43	1,68
3	3,83	2,00	1,77	2,36
1	4,36	2,23	1,98	2,69
2	4,40	2,23	1,91	2,66
4	3,82	2,01	1,62	2,26
6	2,68	1,62	1,30	1,58
8	1,62	1,09	0,79	0,74
10	0,19	0,49	0,32	0,10
12	0,00	0,02	0,02	0,13
14	0,00	0,00	0,00	0,13

Tabla V-4

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,02	0,10	0,19	0,56
7	0,54	0,55	0,78	1,80
5	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,24	1,60	1,92	4,14
1	2,89	1,98	2,31	4,87
2	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,93	2,08	2,23	5,02
6	2,14	1,82	2,00	4,46
8	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,22

Tabla V-5

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33
11	0,06	0,01	0,15	0,51
9	0,56	0,06	0,14	0,43
7	1,80	0,04	0,07	0,31
5	3,06	0,55	0,22	0,11
3	4,14	1,16	0,87	0,67
1	4,87	1,73	1,49	1,86
2	5,20	2,15	1,88	2,79
4	5,02	2,34	2,02	3,29
6	4,46	2,28	2,05	3,36
8	3,54	1,92	1,71	2,98
10	2,26	1,19	1,19	2,12
12	1,17	0,12	0,53	1,22
14	0,22	0,00	0,00	0,24

Tabla V-6

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,14
11	0,00	0,00	0,08	0,16
9	0,02	0,04	0,04	0,02
7	0,02	0,13	0,31	1,02
5	0,64	0,68	0,97	2,39
3	1,55	1,24	1,59	3,70
1	2,35	1,74	2,12	4,73
2	2,85	2,05	2,38	5,40
4	2,86	2,14	2,37	5,53
6	2,24	2,00	2,27	5,25
8	1,51	1,61	1,81	4,49
10	0,23	0,94	1,20	3,18
12	0,00	0,09	0,52	1,96
14	0,00	0,00	0,00	0,55

Tabla V-7

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,43
11	0,00	0,01	0,27	0,78
9	0,09	0,21	0,33	0,76
7	0,21	0,18	0,27	0,70
5	0,10	0,11	0,21	0,52
3	0,45	0,03	0,05	0,25
1	1,73	0,80	0,62	0,55
2	2,91	1,56	1,42	2,26
4	3,59	2,13	1,97	3,60
6	3,35	2,43	2,37	4,45
8	2,67	2,35	2,28	4,65
10	0,47	1,64	1,82	3,95
12	0,00	0,19	0,97	2,93
14	0,00	0,00	0,00	1,00

Tabla V-8

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,22
11	0,00	0,03	0,37	1,26
9	0,21	0,70	1,05	2,50
7	1,34	1,28	1,73	3,79
5	2,17	1,79	2,21	4,70
3	2,90	2,05	2,43	5,20
1	3,12	2,13	2,47	5,20
2	2,88	1,96	2,19	4,77
4	2,22	1,60	1,73	3,91
6	1,27	1,11	1,25	2,84
8	0,52	0,57	0,65	1,64
10	0,02	0,10	0,15	0,50
12	0,00	0,00	0,03	0,05
14	0,00	0,00	0,00	0,08

Tabla V-9

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,24
11	0,00	0,05	0,60	1,28
9	0,43	1,17	1,38	2,30
7	2,42	1,82	1,98	3,15
5	3,43	2,24	2,24	3,51
3	4,12	2,29	2,18	3,38
1	4,05	2,11	1,93	2,77
2	3,45	1,71	1,41	1,81
4	2,43	1,14	0,79	0,64
6	1,24	0,54	0,20	0,11
8	0,40	0,03	0,06	0,31
10	0,01	0,06	0,12	0,39
12	0,00	0,01	0,13	0,45
14	0,00	0,00	0,00	0,27

Tabla V-10

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = -60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,56
11	0,00	0,04	0,60	2,09
9	0,27	0,91	1,42	3,49
7	1,51	1,51	2,10	4,76
5	2,25	1,95	2,48	5,48
3	2,80	2,08	2,56	5,68
1	2,78	2,01	2,43	5,34
2	2,32	1,70	2,00	4,59
4	1,52	1,22	1,42	3,46
6	0,62	0,67	0,85	2,20
8	0,02	0,14	0,26	0,92
10	0,02	0,04	0,03	0,02
12	0,00	0,01	0,07	0,14
14	0,00	0,00	0,00	0,12

Tabla V-11

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = -60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	1,01
11	0,00	0,08	1,10	3,08
9	0,55	1,60	2,11	4,28
7	2,66	2,19	2,61	4,89
5	3,36	2,37	2,56	4,61
3	3,49	2,06	2,10	3,67
1	2,81	1,52	1,44	2,22
2	1,69	0,78	0,58	0,53
4	0,44	0,03	0,05	0,24
6	0,10	0,13	0,19	0,48
8	0,22	0,18	0,26	0,69
10	0,08	0,21	0,28	0,68
12	0,00	0,02	0,24	0,67
14	0,00	0,00	0,00	0,36

4.3.6. Cálculo de pérdidas de la instalación

Tras un estudio de posibles sombras sobre la cubierta del edificio, se ha concluido que la cubierta del colegio está mucho más alta que cualquier edificio colindante y muy alejada de los edificios colindantes, por lo que no se contempla la producción de sombras en esta cubierta del colegio.

$$\text{Pérdidas por sombras}(\%) = 0\%$$

4.4. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

4.4.1. INTENSIDADES Y TENSIONES DE TRABAJO

El campo solar está compuesto por 42 paneles, distribuidos en 2 series (strings) de 21 paneles cada uno.

Grupo de 2 series (strings) de 21 paneles:

- Tensión máxima del generador fotovoltaico:

Tensión en circuito abierto MPPT:

$$\text{Nº de paneles en serie} \times \text{Tensión circuito abierto} = 21 \times 38,07 \text{ V} = 799,47 \text{ V}$$

Punto de máxima producción MPPT:

$$\text{Nº de paneles en serie} \times \text{Tensión punto máx. pot.} = 21 \times 32,52 \text{ V} = 682,92 \text{ V}$$

- Intensidad máxima del generador fotovoltaico:

Corriente en punto de máxima demanda:

$$\text{Nº bloques en paralelo} \times \text{Int. máx. demanda} = 2 \times 12,92 \text{ A} = 25,84 \text{ A}$$

Corriente en cortocircuito:

$$\text{Nº bloques en paralelo} \times \text{Int. Cortocircuito} = 2 \times 13,55 \text{ A} = 27,1 \text{ A}$$

Comprobación de rango de trabajo del inversor

Se comprueba que las tensiones de trabajo máximas del campo generador se encuentran dentro del rango de tensiones de trabajo del inversor que es de 180 - 1000 Vdc.

Las intensidades máximas del campo generador son inferiores a la intensidad máxima de entrada del inversor que es de 2x32 A.

Sección de los conductores

Los cables se dimensionan para reducir las pérdidas de potencia y caídas de tensión, de acuerdo a los límites establecidos tanto en el REBT como en el PCT del IDAE. Éste limita las caídas de tensión del lado CC al 1,5%, y las de la parte de CA al 1,5%.

- Cableado del lado CC:

Se realiza el cálculo mediante el criterio de caída de tensión, ya que es más restrictivo que el criterio de intensidad admisible. Se calculará para el caso más desfavorable, tomando la longitud del cableado del panel FV más alejado del inversor, que es de 45 metros.

La sección mínima del conductor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S_{min,cc} = \frac{2 * L * I_{cc}}{\gamma_{cu} * \frac{\Delta U * U_{max,string}}{100}}$$

Donde,

L: longitud del cable.

I_{cc}: intensidad de cortocircuito.

γ_{cu}: conductividad eléctrica del cobre a 90°C.

ΔU: máxima caída de tensión.

U_{max,string}: tensión máxima por string.

$$S_{min,cc} = \frac{2 * 60 * 13,55}{45,49 * \frac{1,5 * 21 * 32,52}{100}} = 3,48 \text{ mm}^2$$

$$Z_{max} = \frac{\rho * L * 2}{S} = \frac{0,02605 * 10 * 2}{6} = 0,0868$$

$$I_{cc,max} = \frac{0,8 * 400}{0,0868} = 3.686 A$$

Valor inferior al poder de corte de la aparatenta de protección prevista.

Por tanto se instala cable de cobre RZ1-K(AS) 5G6 mm², Cca-s1b,d1,a1, bajo tubo rígido en montaje superficial, protegido por un interruptor magnetotérmico de 4P, 25 A, Curva C, 10 kA (Cuadro de protecciones CA).

4.5. CÁLCULO DE LASTRES EN PLACAS FOTOVOLTAICAS

4.5.1. CÁLCULO DE CARGAS

Se ha calculado la carga máxima de succión sobre un panel inclinado un ángulo (α) según el apartado 3.3. CTE DB-SE-AE. No se consideran para este cálculo otras cargas concomitantes como la nieve, dado que se ha de valorar la situación más desfavorable ante el caso de estudio. La nieve, en este caso, tendría una acción favorable.

Para obtener dichas cargas se ha modelado el panel a través de la herramienta Portal Frame Generator el programa de cálculo Cype v2023. Aplicando las condiciones:

Zona eólica = B

Gravo de aspereza = IV

Se obtienen unos esquemas de carga equivalentes a los de la tabla D.5 del anejo D del CTE-DB-SE-AE.

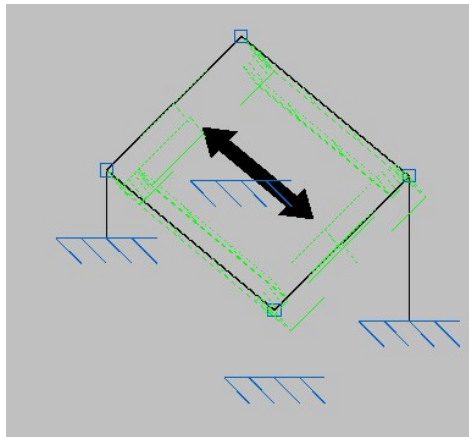


Imagen 1. Cargas panel 30°

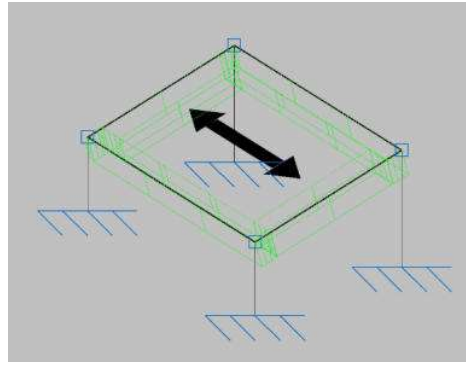


Imagen 2. Cargas panel 15°

Como puede apreciarse, la carga de succión varía en función del punto del panel considerado. Para realizar un cálculo desde el punto de vista de la seguridad, se tomará el dato de succión más desfavorable y se aplicará a todo el panel. Considerando que el viento es una carga variable, se obtienen los siguientes valores de cálculo:

CARGAS DE SUCCIÓN MÁXIMAS			
α (°)	Q_{Smax} (kN/m ²)	γ	Q_c (kN/m ²)
30°	2,314	1,50	3,471
15°	1,826	1,50	2,739

Q_{Smax} = Carga máxima de succión en el panel

γ = coeficiente de seguridad

Q_c = Carga de cálculo

Tabla 1. Cálculo de cargas

4.5.2. DESARROLLO TEÓRICO DEL CÁLCULO DE LASTRE

Para calcular la fuerza con la que viento puede actuar sobre los paneles, utilizaremos la siguiente expresión:

$$f = \rho \cdot S \cdot \sin \alpha$$

Siendo:

f = fuerza que ejerce el viento

ρ = Presión frontal del viento

α = ángulo de inclinación del panel

Lo cual responde a un esquema de fuerzas de este tipo:

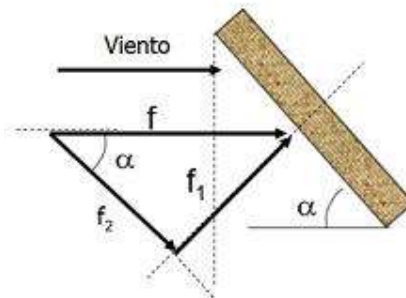


Imagen 3. Esquema de cargas viento

La fuerza f del viento se descompone en sus componentes f_1 y f_2 . La componente f_1 , actúa de forma perpendicular al panel fotovoltaico, mientras que la componente f_2 lo hace de forma paralela. Por tanto, será la componente f_1 la responsable de provocar el vuelco de los paneles fotovoltaicos. La f_1 se calcula mediante la expresión:

$$f_1 = \rho \cdot S \cdot \sin^2 \alpha$$

Por tanto, deberemos lastrar los paneles con una fuerza igual o superior a f_1 según el siguiente esquema:

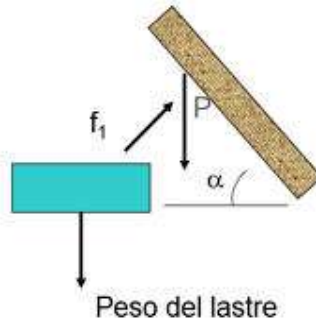


Imagen 4. Descomposición de fuerzas

4.5.3. CÁLCULO DE LASTRES

CARGAS DE SUCCIÓN MÁXIMAS			
α (°)	Qc (kN/m ²)	S(m ²)	f ₁ (kN)
30°	3,471	1,945	1,69kN
15°	2,739	1,945	0,36kN

Tabla 2. Cálculo de lastres

4.5.4. CONCLUSIONES

El sistema planteado para el lastrado de las placas cuenta con los siguientes pesos:

Grupo	Inclinación apoyos						
	Grupo 1				Grupo 2		
	10°	12°	15°	18°	28°	30°	34°
Inclinación							
Altura 1 (cm)	33,24	34,97	37,47	40,94	56,95	58,94	62,84
Altura 2 (cm)	15,96	14,21	11,54	9,91	26,11	26,03	25,96
Largo (cm)	100,00	100,00	100,06	100,38	60,00	60,04	60,32
Ancho (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	23,50	23,50	23,50
Peso (kg)	60,00	60,00	60,00	60,00	68,00	71,30	77,80
Composición	HM-20						

Tabla 3. Pesos lastres comerciales

Para una inclinación de 30°, se necesita un lastre total de 169 kg. Utilizando dos, el lastre máximo posible con el presente sistema sería de 142 kg. Por tanto, sería necesario algún tipo de lastre adicional.

Para una inclinación de 15°, se necesita un lastre total de 36 kg. Utilizando dos, el lastre máximo posible con el presente sistema serían 120 kg, por lo que sería posible incluso compartir lastres entre paneles para que estos sean colocados de manera contigua, ahorrando así espacio en cubierta.