



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

ANEXO II - CÁLCULO DE INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE TRACCIÓN.....	1
2.1.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	1
2.1.1.	Consideraciones de cálculo.....	1
2.1.2.	Criterios de cálculo de las líneas.	1
2.2.	INSTALACIÓN DE ALUMBRADO INTERIOR DE LA SUBESTACIÓN	4
2.2.1.	Cálculo con Dialux.....	5
2.2.2.	Cálculo de secciones	14
2.2.3.	Protecciones y Cuadros	15



1. INTRODUCCIÓN

En este Anejo se incluyen los cálculos justificativos de la instalación de baja tensión que dará suministro a los equipos y sistemas auxiliares de la nave.

2. INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN DE LA SUBESTACIÓN de tracción

2.1. Cálculos eléctricos

2.1.1. Consideraciones de cálculo

Para el cálculo de los conductores se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

Para cada circuito se ha considerado la potencia máxima que pueda darse en el circuito en cuestión (producto del número de equipos por las potencias asignadas a los mismos), subestimada en algunos casos para tener en cuenta posibles sobrecargas, contenidos de armónicos, puntas de arranque etc.

Por el hecho de tratarse de una alimentación de un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador de servicios auxiliares, y en consecuencia la máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de la instalación será (ITC-BT-19):

Cargas de alumbrado: 4,5%

Cargas de fuerza: 6,5%

Las tablas de los apartados siguientes muestran los datos y resultados del cálculo de las secciones de los cables en función del calentamiento y de la caída de tensión máximos permitidos.

2.1.2. Criterios de cálculo de las líneas.



Para el cálculo de la sección de los cables de fuerza y alumbrado de la subestación, se han considerado los siguientes criterios:

1. Cálculo de la sección de un conductor por temperatura máxima admisible

Este criterio de cálculo relaciona los parámetros constructivos para que la intensidad en régimen permanente al circular por un conductor no produzca un calentamiento excesivo que provoque la destrucción del aislamiento y a su vez la emisión de humos o vapores perjudiciales para las personas.

Los parámetros principales que definen la intensidad máxima admisible son:

- La sección del conductor en función del material conductor (Cu)
- Tipo de ejecución de la instalación del cable (empotrado, aire)
- Numero de cables agrupados
- Material de aislamiento

En todos los otros casos, en que se dispongan de cables aislados, se considerarán los valores de diseño indicados por el R.E.B.T. para el tipo de aislamiento elegido y las condiciones de instalación específicas de cada línea.

Para el cálculo de las intensidades se utilizarán las siguientes fórmulas:

Corrent alterna monofàsica Corrent alterna trifàsica

$$I = \frac{P}{V_s \cdot \cos \varphi} \qquad I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_c \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

I: intensidad de línea (A)

Vs: tensión simple (230 V)

Vc: tensión compuesta (400 V)

P: Potencia nominal (W)

cos φ : Factor de potencia



2. Cálculo de la sección de un conductor por caída de tensión:

Este criterio determina la variación de la tensión de una línea entre los extremos de su recorrido y es consecuencia de la resistividad del material conductor, de la intensidad de la línea y de su longitud.

Según el Reglamento de Baja Tensión en su ITC-BT-19 apdo 2.2.2, cuando se dispone de centro de transformación propio como es el caso, los valores máximos de cada de tensión aceptables son del 4,5% en cargas de alumbrado y del 6,5 % en las de fuerza.

La sección mínima según el criterio de máxima caída de tensión se calcula mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

Cálculo de la sección en monofásico

$$s = \frac{200 \cdot coef \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{56 \cdot \gamma \cdot U_n^2}$$

Cálculo de la sección en trifásico

$$s = \frac{100 \cdot coef \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{56 \cdot \gamma \cdot U_n^2}$$

Donde:

s: sección calculada según el criterio de la caída de tensión máxima admisible [mm²]

P_i: potencias activas previstas para cada línea [W]

l_i: longitudes de las líneas [m]

U_n: tensión nominal [V]

coef: coeficiente corrector fijado por el REBT en función del tipo de carga y su disposición.

γ: conductividad del material [m/ Ω·mm²]

A partir de las dos secciones calculadas, por intensidad máxima admisible y por caída de tensión, se elige la más crítica (que cumpla ambos criterios) y además, teniendo en cuenta que la máxima intensidad admisible por el cable deberá ser superior a la intensidad nominal del interruptor magnetotérmico o protección seleccionada.

2.2. Instalación de alumbrado interior de la subestación

El sistema de alumbrado que aquí se propone está formado por un conjunto de luminarias para LED adosadas al techo de la subestación.

Para la realización de los cálculos luminotécnicos se ha considera las características lumínicas de la luminaria LED, modelo 961 Hydro LED de la marca Disano.

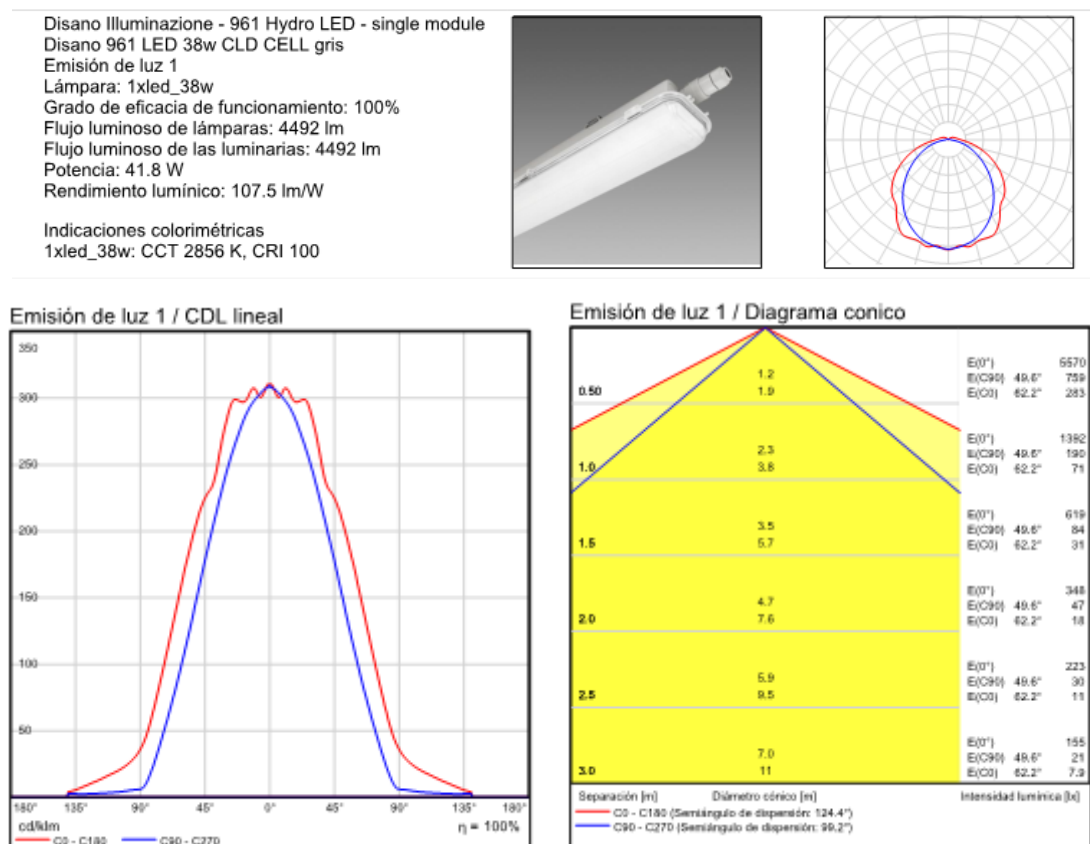


Figura 1. Características Lumínicas de la luminaria

Los cálculos realizados en el software Dialux se ha realizado bajo las siguientes consideraciones:

1. Factor de mantenimiento: 0,85
2. Coeficiente de utilización: 0,568
3. Factores de reflexión:
 - Paredes: 0,752
 - Techos: 0,7
 - Suelo: 0,223

4. Altura del plano de trabajo analizado: 0,8 metros.

5. Deseando una luminosidad media en el plano de trabajo según la zona a iluminar mínimo de 200lx (y 500lx en la sala de control)

2.2.1. Cálculo con Dialux

El sistema de iluminación propuesto se ha simulado con el software Dialux, para comprobar que efectivamente se cumplen las especificaciones de diseño.

La planta del edificio se muestra a continuación, en la cual se puede observar las salas que lo componen:

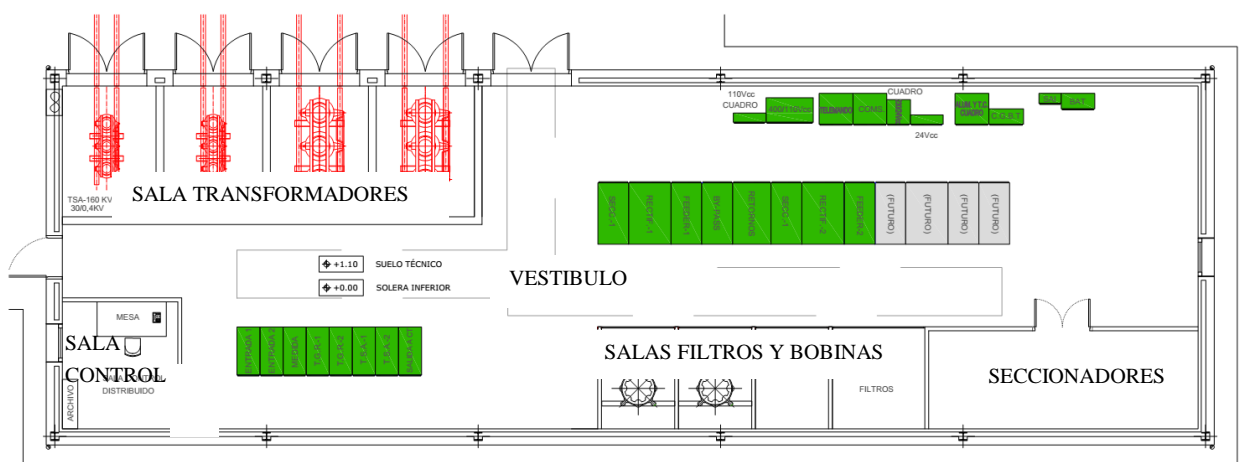


Figura 2. Distribución en planta de la Subestación

La simulación realizada para el vestíbulo muestra la disposición de las luminarias y el número de luminarias necesarias para iluminar correctamente la sala.

Con la implementación de 15 luminarias LED Disano se ha obtenido una luminancia media de 330lx y una uniformidad de 0,44, cumpliendo el objetivo inicial.

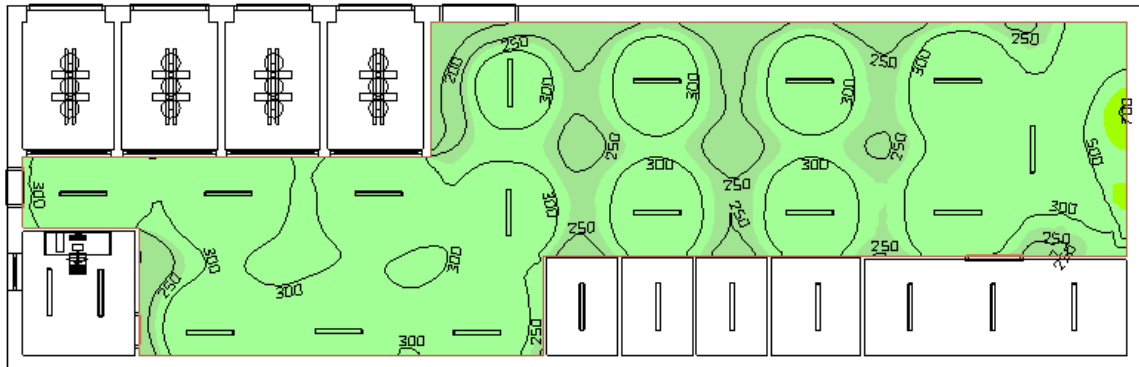
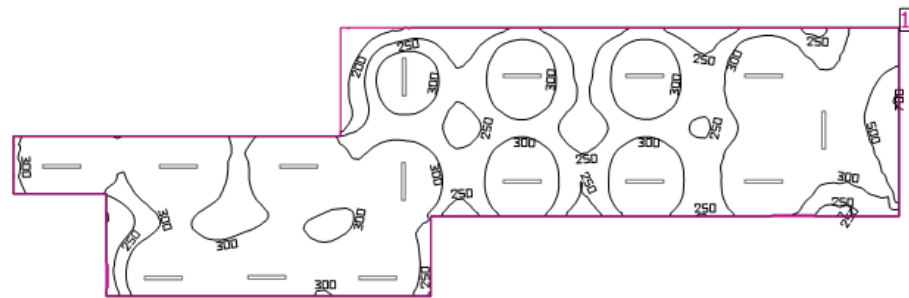


Figura 3. Isolíneas del Vestíbulo

Vestibulo



Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 3	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	330 (≥ 500)	145	714	0.44	0.20

#	Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
15	Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias		67380	627.0	107.5

Potencia específica de conexión: 3.65 W/m² (Superficie de planta de la estancia 171.80 m²)

Consumo: 1700 kWh/a de un máximo de 6050 kWh/a

A continuación se presenta un modelo 3D del vestíbulo con la distribución de luminaria planteada.

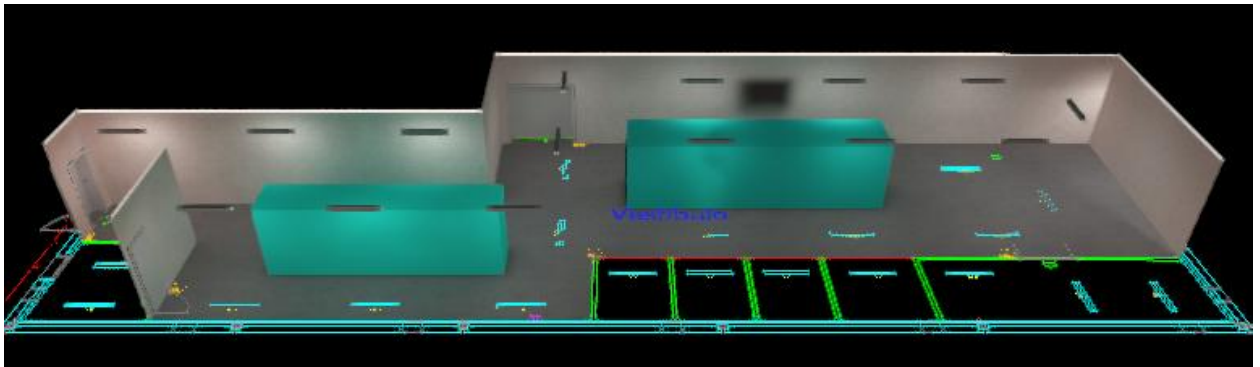
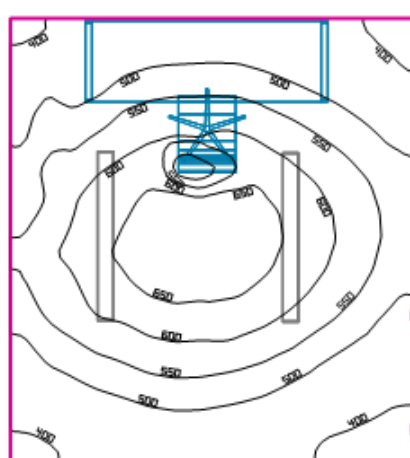


Figura 4. Modelo 3D de Vestíbulo

La simulación realizada para la sala de control muestra la disposición de las luminarias y el número de luminarias necesarias para iluminar correctamente la sala. Como se puede observar serán necesarias 2 luminarias para obtener una luminancia media superior a 500lx con una uniformidad mínima de 0,4.

Sala de Control



Altura del local: 3.000 m, Grado de reflexión: Techo 70.0%, Paredes 75.2%, Suelo 22.3%, Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Suelo	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	533 (≥ 500)	361	691	0.68	0.52

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias	8984	83.6	107.5

Potencia específica de conexión: 8.44 W/m² (Superficie de planta de la estancia 9.90 m²)

Consumo: 140 - 230 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

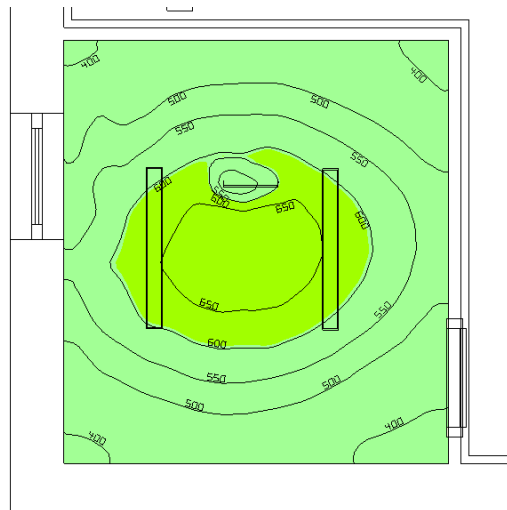


Figura 5. Isolinías de la Sala de control

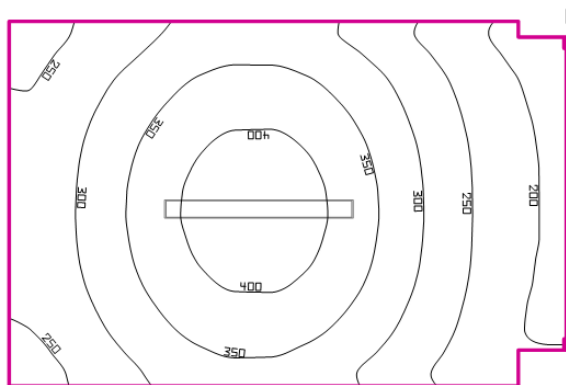


Figura 6. Modelo 3D de la Sala de control



La simulación realizada para cada una de las salas de transformación muestra la disposición de las luminarias y el número de luminarias necesarias para iluminar correctamente la sala. Como se puede observar 1 luminaria es suficiente para alcanzar un nivel lumínico de 308lx, superior a la 200lx de objetivo inicial.

Sala TSA1



Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 4	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	308 (≥ 500)	179	430	0.58	0.42

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias	4492	41.8	107.5

Potencia específica de conexión: 4.67 W/m² (Superficie de planta de la estancia 8.95 m²)

Consumo: 110 kWh/a de un máximo de 350 kWh/a

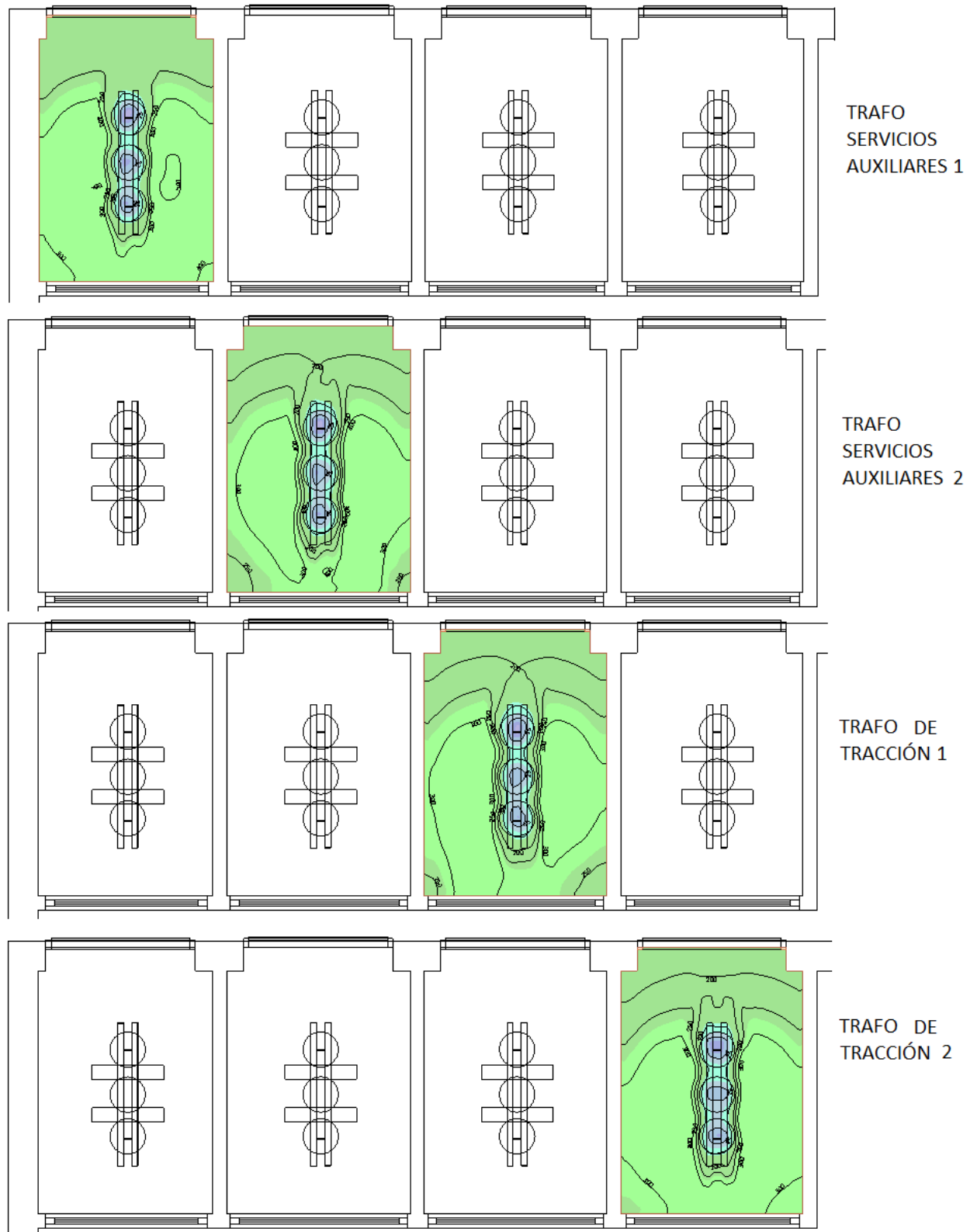


Figura 7. Isolíneas de las Sala de los Transformadores

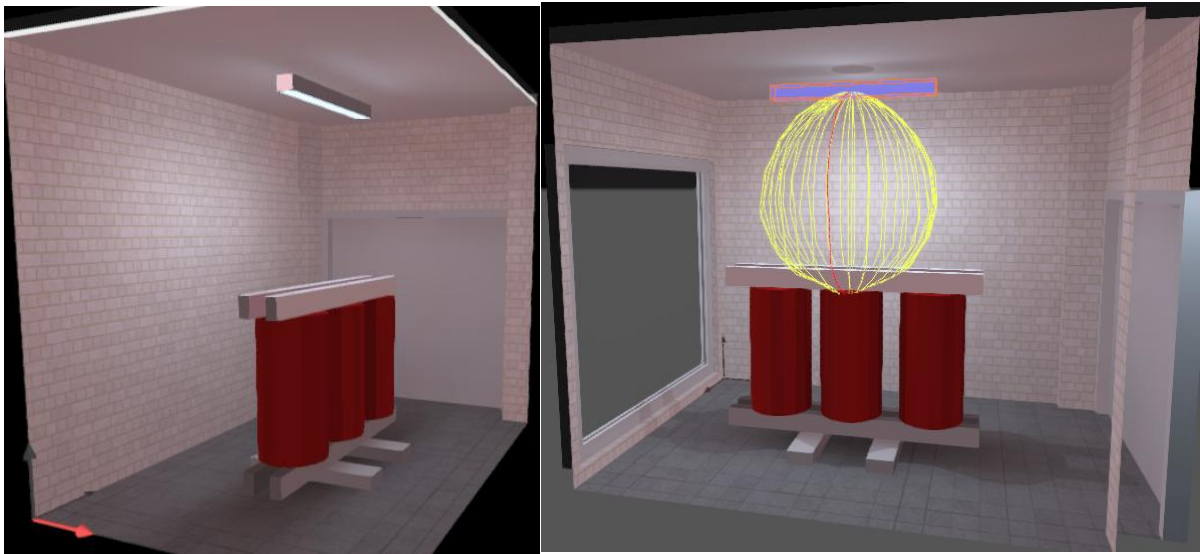
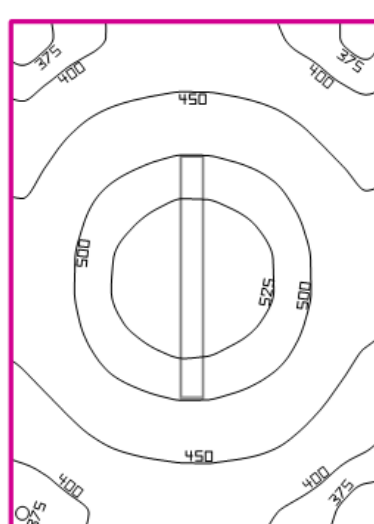


Figura 8. Modelo 3D de la Sala del transformador auxiliar

La subestación cuenta con dos salas para albergar bobinas de alisamiento, una para los filtros y una reserva para una posible ampliación de la subestación. Para estas salas se alcanzan los objetivos de luminancia media y uniformidad con una única luminaria.

A continuación se presenta el resumen de resultados.

Sala Bobina1





Plano útil

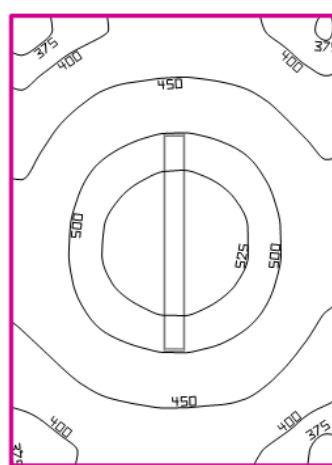
Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 8	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	462 (≥ 500)	356	544	0.77	0.65

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias	4492	41.8	107.5

Potencia específica de conexión: 8.40 W/m² (Superficie de planta de la estancia 4.98 m²)

Consumo: 110 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

Sala Filtros



Plano útil

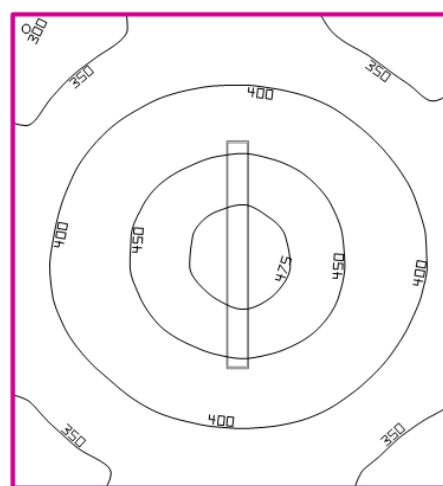
Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 10	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	463 (≥ 500)	358	545	0.77	0.66

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias	4492	41.8	107.5

Potencia específica de conexión: 8.40 W/m² (Superficie de planta de la estancia 4.98 m²)

Consumo: 110 kWh/a de un máximo de 200 kWh/a

Sala Reserva



Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Min./medio	Min./máx.
1 Plano útil 11	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	402 (≥ 500)	299	484	0.74	0.62

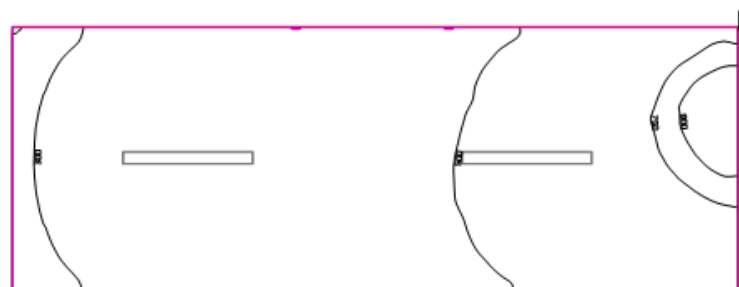
# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
1 Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias	4492	41.8	107.5

Potencia específica de conexión: 6.65 W/m² (Superficie de planta de la estancia 6.29 m²)

Consumo: 110 kWh/a de un máximo de 250 kWh/a

En la sala de los feeders, se instalan dos luminarias en disposición horizontal debido a la geometría de la sala, alcanzando una uniformidad de 0,51 y una luminancia media de 485lx.

Sala de Feeders





Plano útil

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Plano útil 2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx] Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	485 (≥ 500)	249	872	0.51	0.29

# Luminaria	Φ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
2 Disano Illuminazione - 961 Hydro LED - single module Disano 961 LED 38w CLD CELL gris	4492	41.8	107.5
Suma total de luminarias	8984	83.6	107.5

Potencia específica de conexión: 4.68 W/m² (Superficie de planta de la estancia 17.85 m²)

Se observa que todas las salas de la subestación superan la luminancia media mínima de 200lx y la uniformidad de 0,4.

La solución para el alumbrado interior presentada en este anejo, contiene 27 luminarias de 41.8W cada una, representando una potencia total de 1.128,6W.

2.2.2. Cálculo de secciones

Este apartado incluye las tablas con los cálculos eléctricos de los cuadros de la subestación de de tracción. La columna indicada por I_{co} hace referencia a la intensidad nominal del circuito dividida por un factor de corrección de 0,85.

CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN													
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	cos ϕ	C.S	I [A]	I_{co} [A]	S [mm ²]	n	L [m]	C.T [V]	C.T [%]	C.T. tot [%]
TRAFO - CGBT	LÍNEA DESDE TRAFO	400	37712	0,95	1	57,30	67,41	10	1	10	1,68	0,42	0,42
CGBT - SCAL	SUBCUADRO DE ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE	400	16212	0,95	1	24,63	28,98	6	1	5	0,60	0,15	0,57
CGBT - SCSAI	SUBCUADRO SAI	400	5100	0,95	1	7,75	9,12	6	1	5	0,19	0,05	0,47
CGBT - SC110	SUBCUADRO DE 110 Vcc	400	3400	0,95	1	5,17	6,08	6	1	5	0,13	0,03	0,45
CGBT - CARGA	VENTILACIÓN	400	2500	0,95	1	3,80	4,47	6	1	10	0,19	0,05	0,47
CGBT - CARGA	CLIMATIZACIÓN SALA DE CONTROL	400	3000	0,95	1	4,56	5,36	6	1	35	0,78	0,20	0,62
CGBT - CARGA	RESERVA	400	2500	0,95	1	3,80	4,47	6	1	10	0,19	0,05	0,47
CGBT - CARGA	RESERVA	400	2500	0,95	1	3,80	4,47	6	1	30	0,56	0,14	0,56
CGBT - CARGA	RESERVA	400	2500	0,95	1	3,80	4,47	6	1	30	0,56	0,14	0,56

SUBCUADRO DE ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE													
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	cos ϕ	C.S	I [A]	I_{co} [A]	S [mm ²]	n	L [m]	C.T [V]	C.T [%]	C.T. tot [%]
CGBT - SCAL	LÍNEA DESDE CGBT	400	16212	0,95	1	24,63	28,98	6	1	10	1,21	0,30	0,90
SCAL- Línea 1	ALUMBRADO VESTIBULO	230	627	1	1	2,73	3,21	1,5	1	15	0,97	0,42	1,32
SCAL- Línea 2	ALUMBRADO SALA DE CONTROL	230	83,6	1	1	0,36	0,43	1,5	1	15	0,13	0,06	0,96
SCAL- Línea 3	ALUMBRADO SALAS DE TRAFORMADORES	230	167,2	1	1	0,73	0,86	1,5	1	15	0,26	0,11	1,01
SCAL- Línea 4	ALUMBRADO SALA DE BOBINAS Y FILTRO	230	334,4	1	1	1,45	1,71	1,5	1	15	0,52	0,23	1,13
SCAL- Línea 5	TOMAS DE CORRIENTE VESTIBULO	230	2500	0,95	1	11,44	13,46	2,5	1	15	2,33	1,01	1,91
SCAL- Línea 6	TOMAS DE SECCIONADORES	230	2500	0,95	1	11,44	13,46	2,5	1	15	2,33	1,01	1,91
SCAL- Línea 7	TOMAS SALA DE CONTROL	230	2500	0,95	1	11,44	13,46	2,5	1	15	2,33	1,01	1,91
SCAL- Línea 8	TOMAS SALAS DE TRAFOS	230	2500	0,95	1	11,44	13,46	2,5	1	15	2,33	1,01	1,91
SCAL- Línea 9	TOMAS SALAS DE BOBINAS Y FILTROS	230	2500	0,95	1	11,44	13,46	2,5	1	15	2,33	1,01	1,91
SCAL- Línea 10	TOMAS RESERVA	230	2500	0,95	1	11,44	13,46	2,5	1	15	2,33	1,01	1,91

SUBCUADRO SAI													
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	cos Ø	C.S	I [A]	I _{co} [A]	S [mm ²]	n	L [m]	C.T [V]	C.T [%]	C.T. tot [%]
CGBT - SCSAI	LÍNEA DESDE CGBT	400	5100	0,95	1	7,75	9,12	6	1	10	0,38	0,09	0,59
SCSAI - Línea 1	VIGILANCIA	230	500	0,95	1	2,29	2,69	1,5	1	24	1,24	0,54	1,13
SCSAI - Línea 2	COMUNICACIONES	230	500	0,95	1	2,29	2,69	1,5	1	10	0,52	0,23	0,82
SCSAI - Línea 3	INTRUSIÓN	230	600	0,95	1	2,75	3,23	1,5	1	24	1,49	0,65	1,24
SCSAI - Línea 4	INCENDIOS	230	1000	0,95	1	4,58	5,38	1,5	1	24	2,48	1,08	1,67
SCSAI - Línea 5	RESERVA	230	2500	0,95	0,5	5,72	6,73	1,5	1	10	1,29	0,56	1,15

2.2.3. Protecciones y Cuadros

Las protecciones de cada circuito están dimensionadas para la intensidad I_{co}. A continuación se presentan los calibres de la protección magnetotérmica de cada circuito y una simulación del cuadro eléctrico equivalente con el software ECOREAL de la empresa SCHNEIDER ELECTRIC.

CUADRO GENERAL DE BAJA TENSION						
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	I _{co} [A]	Calibre	
TRAFO - CGBT	LÍNEA DESDE TRAFO	400	37712	67,41	80,00	
CGBT - SCAL	SUBCUADRO DE ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE	400	16212	28,98	32,00	
CGBT - SCSAI	SUBCUADRO SAI	400	5100	9,12	10,00	
CGBT - SC110	SUBCUADRO DE 110 Vcc	230	3400	16,52	20,00	
CGBT - CARGA	VENTILACIÓN	400	2500	4,47	6,00	
CGBT - CARGA	CLIMATIZACIÓN SALA DE CONTROL	400	3000	5,36	6,00	
CGBT - CARGA	RESERVA	400	2500	4,47	6,00	
CGBT - CARGA	RESERVA	400	2500	4,47	6,00	
CGBT - CARGA	RESERVA	400	2500	4,47	6,00	

Tabla x – Calibre de protecciones de CGBT

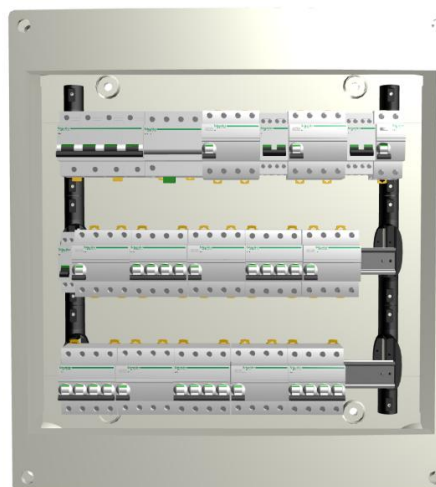


Figura 9. Cuadro general de baja tensión - Ecoreal

SUBCUADRO DE ALUMBRADO Y TOMAS DE CORRIENTE					
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	I _{co} [A]	Calibre
CGBT - SCAL	LÍNEA DESDE CGBT	400	16212	28,98	32,00
SCAL- Línea 1	ALUMBRADO VESTIBULO	230	627	3,21	6,00
SCAL- Línea 2	ALUMBRADO SALA DE CONTROL	230	83,6	0,43	6,00
SCAL- Línea 3	ALUMBRADO SALAS DE TRAFORMADORES	230	167,2	0,86	6,00
SCAL- Línea 4	ALUMBRADO SALA DE BOBINAS Y FILTRO	230	334,4	1,71	6,00
SCAL- Línea 5	TOMAS DE CORRIENTE VESTIBULO	230	2500	13,46	16,00
SCAL- Línea 6	TOMAS DE SECCIONADORES	230	2500	13,46	16,00
SCAL- Línea 7	TOMAS SALA DE CONTROL	230	2500	13,46	16,00
SCAL- Línea 8	TOMAS SALAS DE TRAFOS	230	2500	13,46	16,00
SCAL- Línea 9	TOMAS SALAS DE BOBINAS Y FILTROS	230	2500	13,46	16,00
SCAL- Línea 10	TOMAS RESERVA	230	2500	13,46	16,00

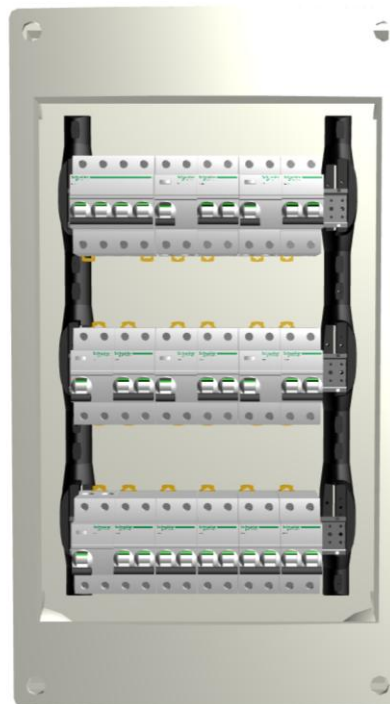


Figura 10. Subcuadro de alumbrado y tomas de corriente - Ecoreal

SUBCUADRO SAI					
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	I _{co} [A]	Calibre
CGBT - SCSAI	LÍNEA DESDE CGBT	400	5100	9,12	10,00
SCSAI - Línea 1	VIGILANCIA	230	500	2,69	6,00
SCSAI - Línea 2	COMUNICACIONES	230	500	2,69	6,00
SCSAI - Línea 3	INTRUSIÓN	230	600	3,23	6,00
SCSAI - Línea 4	INCENDIOS	230	1000	5,38	6,00
SCSAI - Línea 5	RESERVA	230	2500	6,73	10,00

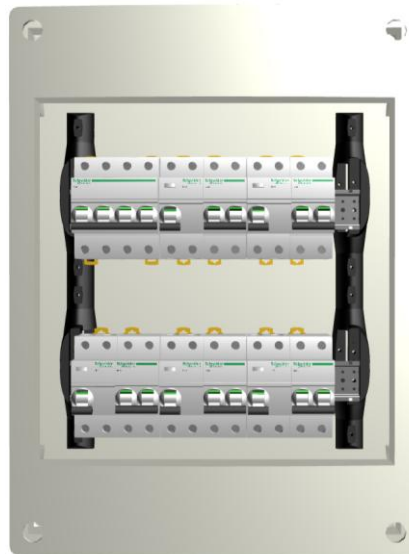


Figura 11. Subcuadro SAI – Ecoreal

SUBCUADRO DE 110 V _{cc}					
LÍNEA	DENOMINACIÓN	II - III	P [W]	I _{co} [A]	Calibre
CGBT - SC110	LÍNEA DESDE CGBT	230	3400	16,52	20,00
SC110 - Línea 1	GRUPO ACOMETIDAS	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 2	RECTIFICADOR 1	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 3	RECTIFICADOR 2	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 4	FEEDER 1	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 5	FEEDER 2	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 6	BY-PASS	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 7	RETORNO	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 8	AUXILIARES	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 9	TELEMANDO	110	200	2,25	6,00
SC110 - Línea 11	RESERVA	110	800	9,01	10,00
SC110 - Línea 12	RESERVA	110	800	9,01	10,00



Figura 12. Subcuadro de 110 - Ecoreal

Conclusión: La potencia máxima simultánea de la subestación es de 37,712kW. Como criterio general es adecuado prever futuras ampliaciones en la instalación por lo que se instalará un transformador de servicios auxiliares de 100kVA.