

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

MEMORIA DESCRIPTIVA

Estudio y diseño de la Instalación eléctrica de un
edificio hospitalario

Autor: Francisco Romero Casado

Tutor: Juan Carlos del Pino López

**Departamento de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

Estudio y diseño de la Instalación eléctrica de un edificio hospitalario

Autor:

Francisco Romero Casado

Tutor:

Juan Carlos del Pino López

Profesor titular

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: Estudio y diseño de la Instalación eléctrica de un edificio hospitalario

Autor: Francisco Romero Casado

Tutor: Juan Carlos del Pino López

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

A MAMÁ, PAPÁ E IGNA

A D. JUAN CARLOS DEL PINO

*A todos aquellos que me han
dicho que lo acabara ya, ea, pues
ya está aquí.*

Agradecimientos

Al fin, al fin concluye una etapa que ha durado algo más de lo que quisiera, pero que sin duda ha sido increíble, llena de increíbles momentos en todos los ámbitos de mi vida, y por supuesto, también duros, de esfuerzo, de sacrificio, sudor y lágrimas.

Sin duda, soy quien soy gracias a las 3 personas que llevan compartiendo mi día a día desde que nací e incluso antes de nacer. Ustedes tres, Mamá, Papá, Igna, sois quienes me conocéis con un simple vistazo aunque yo quiera hacer creer lo contrario. Ustedes me habéis dado los valores, los ánimos y la fuerza para llevar mi vida hacia adelante y saber que ante cualquier adversidad hay que tirar hacia adelante y conseguir así la vida que me merezco. Gracias a vosotros estoy ahora en un trabajo que me ilusiona y me motiva cada día a sacar lo mejor de mí, algo que sin duda es difícil de encontrar y del que poder presumir. Ya sé que es sólo el comienzo, pero... qué comienzo.

Quiero agradecer desde estas líneas a todas aquellas personas que durante mis años en la universidad han estado ahí, de una forma o de otra, pero que me han permitido vivir experiencias únicas. Cómo no nombrar al equipo ARUS Andalucía Racing, cuyo comienzo vino de nuestras manos y que tanto nos ha dado, desde su comienzo por aquel entonces y que ahora nos da un plus de ir abriéndonos puertas en el mundo laboral.

No puedo olvidarme de la gente más cercana a mí, de mis amigos, mi segunda familia, por supuesto también de la hermandad, son tantos a los que agradecer que no puedo sino decirles que siempre que me necesiten, ahí estaré, al igual que ellos han estado conmigo.

Sin extenderme más sólo decir, que cierro una etapa increíble de mi vida, pero la que se abre... Madre mía lo que está por llegar...

Paquito
Sevilla, 2017

Resumen

En este proyecto se detalla el diseño de la instalación eléctrica de un edificio hospitalario, concretamente de una clínica privada, en la que tienen cabida una amplia diversidad de tareas, que van desde consultas hasta el posterior tratamiento de pacientes.

El proyecto engloba además el estudio lumínico de cada una de las estancias del hospital, así como una descripción del sistema eléctrico usado en quirófanos.

Abstract

This document details the electric installation design from an Hospital building, specifically a private clinic, where a wide variety of task are carried out, ranging from consultations to the subsequent treatment of patients.

Additionally, this project includes the light study of the every rooms of the Hospital , as well as the description of the electric system used in the operation theatres.

Índice

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
Índice	14
Índice de Tablas y Figuras	17
1 Introducción	
1.1. Objeto del proyecto	19
1.2. Alcance del proyecto	19
1.3. Emplazamiento	19
1.4. Descripción del edificio	20
1.5. Normativa	21
2 Descripción de la instalación	21
2.1. Descripción general	21
2.2. Iluminación	21
2.2.1. Introducción	21
2.2.2. Criterios escogidos para selección de luminarias	22
2.2.3. Estudio iluminación interior	25
2.2.4. Distribución de los circuitos de iluminación	39
2.2.5. Interruptores y sensores	39
2.3. Iluminación de emergencia	39
2.3.1. Alumbrado de seguridad	39
2.3.2. Alumbrado de evacuación	39
2.3.3. Alumbrado ambiente o antipánico	40
2.3.4. Colocación alumbrado de emergencia	40
2.4. Tomas de fuerza	41
2.3.1. Distribución de los circuitos de fuerza	42
2.5. Potencia instalada	42
2.6. Previsión de carga	44
2.7. Requerimientos para las salas de radiología y equipos dentales	47
2.7.1. Distribución de espacios	47
2.7.2. Alimentación eléctrica	47
2.7.3. Conexiones y señalización	48
2.7.4. Conectividad y sistema de registro de imágenes	48
2.7.5. Cumplimientos de estándares y conectividad	49
2.8. Quirófanos	49
2.8.1. Instalación eléctrica en quirófanos	49
2.8.2. Suministro de energía	49
2.8.3. Sistema eléctrico	49
2.8.4. Medidas de protección	50
2.8.5. Suministro alternativo	51
2.8.6. Clasificación de quirófanos	51
	14

3	Instalación eléctrica	53
3.1.	<i>Introducción</i>	53
3.2.	<i>Descripción general</i>	53
3.3.	<i>Suministro de energía</i>	53
3.4.	<i>Tensión de servicio</i>	53
3.5.	<i>Centro de Transformación</i>	54
3.5.1.	Hexafluoruro de azufre SF6	54
3.5.2.	Celdas de medida, protección y maniobra	54
3.5.3.	Celda de entrada y salida de cable de la acometida	54
3.5.3.1	Celda de seccionamiento con interruptor-seccionador	55
3.5.3.2	Celda de protección general	55
3.5.3.3	Celda de interruptor pasante	56
3.5.3.4	Celda de protección y seccionamiento	56
3.5.3.5	Celda de medida	57
3.5.3.6	Celda de remonte de barras	57
3.5.3.7	Celda de protección del transformador	58
3.5.4.	Aparamenta	58
3.5.5.	Transformador	58
3.5.6.	Puesta a tierra	59
3.5.7.	Edificio prefabricado de hormigón	60
3.6.	<i>Suministro de emergencia</i>	61
3.6.1.	Grupo electrógeno	62
3.6.1.	Sistema de Alimentación Ininterrumpida	63
3.7.	<i>Acometida</i>	64
3.8.	<i>Cuadro General de Baja Tensión</i>	64
3.9.	<i>Red de distribución</i>	65
3.10.	<i>Cuadros secundarios</i>	65
3.10.1.	Subdivisión de los cuadros secundarios	66
3.11.	<i>Equilibrado de cargas</i>	67
3.12.	<i>Instalaciones de enlace</i>	68
3.11.1	Caja de Protección y Medida (CPM)	68
3.11.2	Derivación individual	68
3.11.3	Contadores	69
3.11.4	Dispositivos generales de Mando y Protección	69
3.12.	<i>Instalación interna</i>	69
3.12.1	Conductores	69
3.12.2	Identificación de conductores	70
3.13.	<i>Sistema de instalación</i>	70
3.13.1	Prescripciones generales	70
3.13.2	Conductores aislados bajo tubos protectores	70
3.14.	<i>Protección contra sobretensiones</i>	72
3.15.	<i>Protección contra sobretensiones</i>	72
3.15.1	Categoría de las sobretensiones	72
3.15.2	Medidas para control de las sobretensiones	73
3.15.3	Selección materiales de la instalación	73
3.16.	<i>Protección contra contactos directos e indirectos</i>	73
3.16.1	Protección contra contactos directos	73
3.16.2	Protección contra contactos indirectos	74
3.17.	<i>Puesta a tierra</i>	74
3.17.1	Uniones a tierra	74
3.17.1.1	Conductores a tierra	75
3.17.1.2	Bornes de puesta a tierra	75
3.17.2	Conductores de equipotencialidad	75

3.17.3	Resistencia de las tomas de tierra	75
3.17.4	Separación de las tomas de tierra de las masas de la instalación de utilización y de las masas de un centro de transformación	76
3.17.5	Revisión de las tomas de tierra	76
3.18.	<i>Pararrayos</i>	76
3.18.1	Protección	77
3.18.1.1	Determinación de N_e y N_a	77
3.18.1.2	Selección del nivel de protección	79
3.18.1.3	Composición del sistema de protección contra el rayo	80
3.18.2	Instalación exterior de protección contra el rayo (IEPR)	81
3.18.2.1	Zona protegida	81
3.18.3	Conductores de bajada	82
3.18.4	Equipotencialidad de las masas metálicas e instalación interior de protección contra el rayo (IIPR)	82
3.18.4.1	Equipotencialidad	82
3.18.4.2	Instalación interior de protección contra el rayo (IIPR)	83

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 2.2.2.1 Valores del índice de reproducción cromática	24
Tabla 2.2.2.2 Temperatura de color	24
Tabla 2.2.3.1 Iluminación interior planta sótano	27
Tabla 2.2.3.2 Iluminación interior planta semi sótano	28
Tabla 2.2.3.3 Iluminación interior planta baja	30
Tabla 2.2.3.4 Iluminación interior planta primera	32
Tabla 2.2.3.5 Iluminación interior planta segunda	34
Tabla 2.2.3.6 Iluminación interior planta bajo cubierta	36
Tabla 2.4.1. Altura de las diferentes tomas de corrientes	41
Tabla 2.5.1 Coeficientes de simultaneidad	44
Tabla 2.6.1. Desglose de potencia instalada por cuadro	45
Tabla 3.6.1. Especificaciones Grupo Electrógeno	63
Tabla 3.10.1.1. Nomenclatura cuadros secundarios de salas especiales	67
Tabla 3.10.1.2. Nomenclatura de las agrupaciones de circuitos	67
Tabla 3.10.1.3. Nomenclatura de los circuitos	67
Tabla 3.11.1 Equilibrado de fases	67
Tabla 3.13.1.1 Secciones conductores de protección	70
Tabla 3.16.1.1. Tabla categorías de sobretensiones	72
Tabla 3.19.1.1. Tabla del Coeficiente C_1	68
Tabla 3.19.1.2. Coeficiente C_2	69
Tabla 3.19.1.3. Coeficiente C_3	69
Tabla 3.19.1.4. Coeficiente C_4	69
Tabla 3.19.1.5. Coeficiente C_5	69
Tabla 3.19.2.1 Componentes de la instalación	70
Tabla 2.19.1.3.1 Composici	29
Figura 1.3.1. Localización de la clínica	19
Figura 2.8.6.1. Zonas con riesgo de incendio y explosión de quirófanos al emplear mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables	52
Figura 3.5.3. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de llegada o salida de línea	55
Figura 3.5.3.1. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de seccionamiento	55
Figura 3.5.3.2. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de protección	56
Figura 3.5.3.3. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de interruptor pasante	56
Figura 3.5.3.4. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de protección y seccionamiento	57
Figura 3.5.3.5. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de medida	57

Figura 3.5.3.6. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de remonte de barras	58
Figura 3.5.3.4. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de protección y seccionamiento	57
Figura 3.19.1.1. Mapa de densidad de impactos sobre el terreno N_g	78
Figura 3.19.1.3.1. Composición sistema de protección contra rayos	81
Figura 3.19.2.1.1. Radios de protección	81
Figura 3.19.2.1.2. Radio de protección de pararrayos con dispositivo de vebado. Nivel protecciónI	84

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto del proyecto

En este proyecto se va a realizar el diseño de la instalación eléctrica de un edificio hospitalario, concretamente de una clínica privada de nueva construcción con una superficie de 3500 m² que alberga las siguientes unidades integrales: cardiología, ginecología y obstetricia, unidad del aparato locomotor, unidad de dermatología, dermoestética y cirugía plástica, estética y reparadora, medicina familiar y comunitaria, medicina interna y consultas multiespecialidad; y diagnóstico por imagen.

1.2. Alcance del proyecto

El diseño de la instalación de Baja Tensión objeto de estudio comprende los siguientes apartados:

- ✓ Líneas generales en baja tensión desde los transformadores hasta el Cuadro General de Distribución de Baja Tensión (CGBT).
- ✓ Líneas Generales de Alimentación y Centralizaciones de Contadores.
- ✓ Grupo Electrónico para el edificio hospitalario. Como consecuencia de ser un edificio de pública concurrencia es necesario acometer con líneas de suministro complementario.
- ✓ Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) para dar servicio a las cargas críticas.
- ✓ Cuadro General de Distribución de Baja Tensión y cuadros secundarios de alumbrado y fuerza.
- ✓ Líneas de distribución en baja tensión desde el CGBT hasta los cuadros secundarios.
- ✓ Canalización y cableado de alumbrado y fuerza.
- ✓ Estudio de iluminación interior.
- ✓ Estudio de tomas de fuerza.
- ✓ Identificación de las áreas de quirófano.
- ✓ Conexión de las masas metálicas con la red enterrada de puesta a tierra y pararrayos.

1.3. Emplazamiento

La clínica objeto de estudio, será construida en la localidad de Dos Hermanas, en Sevilla concretamente en la avenida José Luis Prats:



Figura 1.3.1. Localización de la clínica

1.4. Descripción del edificio

El edificio, como se ha dicho será una clínica privada de nueva construcción de 3500 m² que consta de 6 plantas, dos de ellas por debajo del nivel del suelo, siendo la más profunda aquella que alberga el aparcamiento y zona de máquinas, así como el local reservado para la colocación del Cuadro General de Baja Tensión (CGBT).

Las seis plantas se definen de la siguiente forma:

- ✓ Sótano (S): Aparcamiento y zona de máquinas.
- ✓ Semisótano (SS): En ella están las consultas de traumatología, sala de yesos, las cabinas de rehabilitación, así como las salas de rayos X, resonancia, ecógrafos y ortopantógrafos.
- ✓ Planta Baja (PB): Engloban las consultas generales de multiespecialidad y pediatría, y los box de enfermería.
- ✓ Planta Primera (P1): En esta planta se encuentran por un lado las consultas destinadas a tratamiento dermoestéticos, áreas de ginecología y educación maternal; y por otro las de medicina interna y consultas de exploraciones cardiológicas.
- ✓ Planta Segunda (P2): Planta donde están ubicadas los gabinetes de ortodoncia, odontología y periodoncia, así como dos quirófanos. Además en esta planta se encuentra el laboratorio y la sala de Orto y TAC.
- ✓ Bajo cubierta (BC): Por un lado se encuentran el resto de gabinetes de tratamiento bucal y un quirófano; por el otro, la zona de vestuario y cafetería para el personal del hospital. Completa la planta la sala de juntas y biblioteca, además de una sala de juegos.

Salvo el sótano, con una altura de 2.8 m, el resto de las plantas tienen una altura de 3 metros con un falso techo a 2,8 metros con el fin de albergar el espacio necesario para distribuir tanto la instalación eléctrica mediante bandejas, como la de ventilación y aire acondicionado.

Consta de dos ascensores por planta y escaleras situadas próximas a éstos.

Debido a las diferentes áreas médicas que tienen cabida, la clínica ha de estar dotada de quirófanos y salas de radiología y resonancia, de forma que se tendrá especial cuidado en el diseño de las mismas.

Se trata de una clínica que no proporcionará servicio durante horario nocturno, lo cual es de gran relevancia a la hora de realizar el diseño lumínico de la instalación.

1.5. Normativa

Para la realización del proyecto se han tenido en cuenta los reglamentos, normas y guías vigentes que se indican a continuación:

- ✓ Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado por Real Decreto.
- ✓ Código Técnico de la Edificación.
- ✓ Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- ✓ Norma UNE-EN.
- ✓ Norma IEC.
- ✓ Guía de diseño de centros de atención primaria, de la Junta de Andalucía.
- ✓ Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.
- ✓ Norma UNE 12464.1: Norma Europea sobre Iluminación para Interiores.
- ✓ Código Técnico de la Edificación (CTE): HE.3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- ✓ Normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de Sevillana Endesa.

2 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

2.1. Descripción general

Para el diseño de la instalación eléctrica de este proyecto, hemos considerado las cargas provenientes del alumbrado de cada uno de las salas de la clínica, tanto alumbrado normal como de emergencia; y las cargas provenientes de las tomas de fuerza y los equipos médicos que se requieren en este tipo de centros.

Hay que hacer notar, que las características técnicas de la mayoría de equipos médicos han sido difíciles de localizar, y a pesar de ponernos en contacto con ellos, no nos facilitaron los datos de los equipos, de manera que parte de las características de varios equipos se han estimado tomando como referencia otros de características cercanos a ellos.

En este capítulo vamos a desarrollar la forma en que se ha diseñado dichas cargas, atendiendo a iluminación y tomas de fuerza.

2.2. Iluminación

2.2.1. Introducción

La instalación de iluminación para un edificio de estas características debe ser tal que permita la creación de un entorno visual confortable tanto para pacientes como personal médico, permitiendo tanto el desempeño adecuado de cada una de las prácticas médicas que en él tienen lugar, así como el bienestar de cada una de las personas que acudan a dicho centro. Garantizando en la medida de lo posible la máxima eficiencia energética.

Al tratarse de un edificio en el que las personas no están por gusto sino por causas de salud, y por tanto impera un ambiente de tristeza, sensación de pasillos que nunca acaban y mobiliario frío y monótono, una adecuada iluminación puede influenciar en el paciente modificando su estado de ánimo, creando una sensación más cercana y menos fría, contribuyendo a una mejor actitud frente a la situación en la que se encuentre.

Al estudiar el diseño del alumbrado del centro, se han contemplado los diferentes niveles de percepción que se precisan para la realización de la tarea o función que en cada dependencia se lleva a cabo diferenciando entre:

- Espacios con actividad visual elevada:
 - ✓ Salas de intervención
 - ✓ Laboratorios
 - ✓ Salas de rehabilitación
 - ✓ Salas de Rayos X
 - ✓ Salas de reconocimiento y tratamiento
- Espacios con actividad visual normal:
 - ✓ Oficinas
 - ✓ Despachos
 - ✓ Espacios con actividad visual baja:
 - ✓ Vestíbulos y zonas de espera
 - ✓ Pasillos y escaleras
 - ✓ Cafetería

- ✓ Almacenes

2.2.2. Criterios escogidos para la selección de luminarias

De acuerdo a la guía técnica de eficiencia energética en iluminación para hospitales y centros de atención primaria, para escoger la luminaria adecuada para cada sala del centro hemos tomado los siguientes criterios:

➤ Iluminancia y uniformidad

La iluminancia o nivel de iluminancia (E) es la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) emitidos por una fuente de luz, la cual llega de forma vertical u horizontal a una superficie. Su unidad de medida es el lux.

$$E = \frac{\varphi}{S}$$

$\varphi = \text{flujo luminoso}$

$S = \text{superficie}$

El nivel de iluminancia se fija en función de:

- ✓ El tipo de tarea a realizar
- ✓ Las condiciones ambientales
- ✓ Duración de la actividad

Según el tipo de la actividad, las iluminancias a considerar serán:

- ✓ Horizontales
- ✓ Verticales

En el plano horizontal la iluminancia media se define por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice del local (K) dependiente de las dimensiones del mismo (longitud, anchura y distancia del plano de trabajo de las luminarias).

En el plano vertical la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos cuyo número mínimo son función de la actividad a la que esté dedicada la superficie y de la obtención de un reparto cuadrulado lo más simétrico posible.

Uniformidad de iluminancias:

Las uniformidades tanto horizontales como verticales serán función de los valores de iluminancia media (Em), mínima (Emín) obtenida de cada matriz de puntos definidos en ambos planos.

➤ Control del deslumbramiento

Se trata de un efecto no deseado en el diseño y práctica de la iluminación. Por tratarse de una clínica, en la que la sensibilidad del ocupante es mayor, se requiere una mayor atención en este aspecto, para así contribuir a la comodidad del paciente.

El deslumbramiento puede producirse de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas, o por la reflexión producida por superficies de alta reflectancia (brillante), que afectan al campo de visión del observador. El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador es función del tipo de actividad que se realiza en el local.

El deslumbramiento directo de lámparas, se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

Usaremos el criterio C.I.E. para validar la idoneidad de las luminarias según la actividad a desarrollar, cuyo sistema tiene clasificada las mismas en cinco grupos que definen la calidad. Cada grado de calidad tiene

asignado un índice de deslumbramiento. Así pues:

- Clase de calidad “A” será para una actividad visual muy alta, índice de deslumbramiento 1,15.
- Clase de calidad “B” será para una actividad visual alta, índice de deslumbramiento 1,50.
- Clase de calidad “C” será para una actividad visual media, índice de deslumbramiento 1,85.
- Clase de calidad “D” será para una actividad visual baja, índice de deslumbramiento 2,20.
- Clase de calidad “E” será para una actividad visual muy baja, índice de deslumbramiento 2,25.

El deslumbramiento como consecuencia de la luz natural a través de las ventanas tanto por el ahorro energético como por el beneficio psicológico que aporta en contacto con el entorno, no debe ser un inconveniente para su aprovechamiento. De manera que mediante una distribución adecuada del mobiliario, y el uso de apantallamiento, puede controlarse dicho deslumbramiento.

➤ **Color**

El color de un local o espacio iluminado artificialmente dependerá de la lámpara seleccionada y concretamente de dos parámetros de la lámpara que son:

- **Índice de reproducción cromática (Ra):** Es la forma en que la luz de una lámpara reproduce los colores de los objetos iluminados. El color que presenta un objeto depende de la distribución de la energía espectral de la luz con que está iluminado y de las características reflexivas selectivas de dicho objeto. Según la CIE este parámetro se denomina grupo de rendimiento de color y viene escalado en: 1A, 2A, 1B, 2B.

La calidad con la que se perciben los colores en función del Ra es:

	Ra	Grupo Rendimiento de color
Excelente	90<Ra	1A
Muy Bueno	80<Ra<90	2A
Razonable	70<Ra<80	1B
Malo	Ra<70	2B

Tabla 2.2.2.1 Valores del índice de reproducción cromática.

- **Temperatura de color (K):** dependiendo del mismo se logra dar una sensación de calidez o frialdad en el interior de una estancia. Se clasifica en:

Tono de luz	Temperatura de color
Tonos cálidos	<3000 K
Tonos neutros	3300-5000 K
Tonos fríos	>5000 K

Tabla 2.2.2.2 Temperatura de color

➤ **Fotometría**

La curva de distribución luminosa o curva fotométrica se obtiene midiendo la intensidad luminosa en todas las direcciones alrededor de la luminaria y representándola gráficamente vinculando puntos de igual intensidad.

Su representación puede ser tridimensional, caso del “sólido fotométrico”; o bidimensional, como generalmente se representa, en dos de sus planos verticales, plano transversal y longitudinal medidas en coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

Cuando la distribución lumínica es distinta en sentido transversal y longitudinal, se grafican ambas superpuestas. Por otro lado, cuando dicha distribución es simétrica con relación a su eje vertical, la curva polar se representa mediante un solo trazo de color negro.

Toda esta información es proporcionada por el fabricante de la luminaria, de forma que viene especificada en el catálogo de la misma.

La curva isolux son líneas que unen los puntos que tienen la misma iluminación sobre la superficie donde se está midiendo la misma.

Dichas curvas son obtenidas del estudio de cada una de las estancias, que vendrán proporcionadas por el programa informático utilizado.

➤ **Valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI)**

Es el que mide la eficiencia energética de una instalación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es (W/m²) por cada 100 lux. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E}$$

Donde:

- P: Potencia de la lámpara más el equipo auxiliar (W).
- S: Superficie iluminada (m²).
- E: Iluminancia media horizontal mantenida (lux).

➤ **Económico**

Al tratarse de un proyecto que será acometido por una empresa privada, uno de los factores más importantes a tener en cuenta es el aspecto económico, ya que de nada sirve tener una instalación moderna, con todas las novedades en el mercado y con unas luminarias LED con la mayor eficiencia energética existente, si resulta que el presupuesto final de la obra es tan elevado, que la empresa no lo puede acometer.

Por tanto, además de los aspectos anteriormente mencionados, el económico ha tenido un papel importante a la hora de escoger las luminarias.

Con el actual uso de las luminarias LEDs, en la medida de lo posible, y considerando el factor económico, se han escogido este tipo de luminaria que, sorprendentemente, para nuestro proyecto las luminarias con esta tecnología son más económica que las tradicionales, de ahí que se hayan seleccionado.

Su precio está recogido en presupuesto.

2.2.3. Estudio de la iluminación interior

Para el estudio de la iluminación de la clínica, hemos usado el programa informático DIALux, que nos ha permitido definir las dimensiones y estructura de cada estancia de una forma muy cercana a la realidad.

Para ello se han introducido la forma y dimensiones de cada una de las estancias, así como parte del mobiliario que en ella tienen cabida. No obstante, en aquellas en las que existen máquinas de resonancia, rayos X y otra maquinaria más específicos que no pueden encontrarse en la biblioteca de dicho programa, se han introducido elementos que, a pesar de estar lejos de la realidad, ocupan el espacio de las otras, de forma que pudiesen acercarse todo lo posible a la realidad.

Introducidos dichos elementos, para el estudio de la iluminación, el programa demanda información sobre:

- ✓ La posición de ventanas y puertas.
- ✓ El color de las paredes (que se han tomado por defecto).
- ✓ Altura útil, aquella a la que se realiza el estudio lumínico.
- ✓ Altura del plano a la que se desea calcular el UGR.

Una vez introducidas las dimensiones, procedimos a la elección de la luminaria adecuada en función de los distintos aspectos que hemos mencionado en los epígrafes anteriores, y considerando la actividad que en ella va a tener lugar.

Para ello hemos hecho uso tanto de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, así como de la norma UNE 12464.1: Norma Europea sobre Iluminación para Interiores, concretamente en la tabla de establecimientos sanitarios, en la cual se detalla la iluminancia media, el UGR y el índice de reproducción cromática (Ra) para cada una de las estancias que tenemos en estudio.

Para los valores de eficiencia energética de cada estancia hemos tenido en cuenta el Código Técnico de la Edificación (CTE) concretamente el HE.3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación que nos fijan como VEEI límite:

- 3,5 para salas de diagnóstico.
- 3,5 para laboratorios.
- 4,0 para habitaciones de hospital.
- 4,0 para zonas comunes, almacenes, archivos, cocinas, salas técnicas.
- 5,0 para la biblioteca.
- 8,0 salas de reuniones y conferencias.
- 2,5 para locales con nivel de iluminación superior a 600 lux.

Hay que recalcar, que las dependencias con iluminación superior a 600 lux, no se ha podido lograr alcanzar el límite, ya que luminarias que cumplieran las especificaciones requeridas por la norma de luminancia, color, grado de deslumbramiento y que además implicaran poder obtener un presupuesto ajustado; superaban, en conjunto el límite impuesto.

Así, realizando una búsqueda entre otras marcas, y sin encontrar resultados mejores que los obtenidos, se ha optado por reducir al mínimo posible el límite impuesto.

Una vez que se ha tenido todo en cuenta, el programa ha realizado los cálculos de iluminación, proporcionando las hojas de resultados que se encuentran en el apartado de cálculos.

A continuación se muestran las tablas donde se especifican, para cada una de las estancias de cada planta, el nivel de iluminancia, superficie, modelo de luminaria y número de ellas.

Planta Sótano

Estancia	Em (lux)	S (m ²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Aparcamiento	75	825.23	PHILIPS TCW060 2xTL5-28W HF_827	27	2.54	4.00
Rampa de acceso	300	71.8	PHILIPS TCW060 2xTL5-49W HF_865	10	2.54	4.00
CGBT	200	8.59	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	3	2.48	4.00
Cuarto Basuras	200	10.01	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	3	2.25	4.00
Cuarto Residuos Médicos	200	5.00	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	2	3.16	4.00
Escaleras	200	12.02	PHILIPS FGW201 2XPL-C/4P18W HF_827	1	3.41	4.00
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2		
Instalación Fontanería	200	9.84	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	3	2.18	4.00
Pasillo	200	32.48	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	8	2.64	4.00
Sala de Bombas	150	10.71	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	2	1.98	4.00
Sala de Gases 1	150	3.95	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	2.92	4.00
Sala de Gases 2	150	4.30	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	2.84	4.00
Sala de Gases 3	150	6.02	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	2.59	4.00
Sala de Máquinas	150	21.37	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	4	1.76	4.00
Vestíbulo Ascensores	200	9.80	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	2.21	4.00
Vestíbulo Escaleras	200	3.41	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.99	4.00
Vestíbulo Sala de Bombas	200	7.50	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.57	4.00
Veŕtuario 1	200	3.30	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	2.65	4.00
Veŕtuario Aseo	200	3.31	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	2.81	4.00
Veŕtuario	200	5.59	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.95	4.00

Tabla 2.2.3.1 Iluminación interior planta sótano

Planta Semisótano

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Aseo 1	200	4.17	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.26	4.00
Aseo F	200	4.21	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/831	2	3.48	4.00
Aseo M	200	3.88	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.32	4.00
Cabina 0 Rehabilitación	300	5.31	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED27S/840 PSD	2	3.06	3.50
Cabina 1 Rehabilitación	300	4.82	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED27S/840 PSD	2	3.24	3.50
Cabina 2 Rehabilitación	300	5.12	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED27S/840 PSD	2	3.26	3.50
Cabina 3 Rehabilitación	300	6.26	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	3.24	3.50
Cabina 4 Rehabilitación	300	6.11	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	3.32	3.50
Cabina 5 Rehabilitación	300	6.13	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	3.05	3.50
Cabina 6 Rehabilitación	300	6.10	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED27S/840 PSD	2	2.25	3.50
Cabina Resonancia	300	2.64	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.24	3.50
Cabina RX1	300	2.78	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.16	3.50
Consulta Traumatología 1	500	19.90	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	7	3.23	3.50
Consulta Traumatología 2	500	20.14	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.82	3.50
Consulta Traumatología 3	500	20.62	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.80	3.50
Consulta Traumatología 4	500	18.72	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.86	3.50
Consulta Traumatología 5	500	19.30	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.87	3.50
Consulta Traumatología 6	500	19.75	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.03	3.50
Despacho Rehabilitación	500	7.61	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.37	3.50
Distribuidor Aseo	200	4.75	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.61	4.00
Distribuidor Resonancia	200	4.77	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.22	4.00
Distribuidor Traumatología	200	6.92	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	3.42	4.00
Ecógrafo	500	10.34	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	3.37	3.50
Escaleras	200	16.78	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	-	4.00
			PHILIPS FGW201 2xPL-C/4P18W HF_827	1		
Informes	300	6.92	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	2.14	4.00
Instalaciones	150	3.25	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	4.00	4.00
Limpieza	150	2.97	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.94	4.00
Operador	500	18.11	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	2.14	3.50

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Ortopantógrafo	300	7.26	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.79	3.50
Recepción y Administración	200	16.86	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	1.67	4.00
Rehabilitación Circulaciones+Recepción	300	30.47	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	5	2.58	4.00
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	7		
RNM-Maquinas	500	11.77	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.13	4.00
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1		
Resonancia	300	31.81	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.57	3.50
RX1	300	24.15	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	6	1.50	3.50
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	1		
RX2	300	15.34	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4	1.63	3.50
Sala Común	300	18.45	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.24	4.00
Sala Yesos	500	19.59	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.83	3.50
Vestíbulo Ascensor	200	25.60	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4	1.68	4.00
Veſtuario Rehabilitación	200	4.26	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.76	4.00
Zona de Espera	200	67.07	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	20	1.66	4.00
		4.17	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3		

Tabla 2.2.3.2 Iluminación interior planta semi sótano

Planta Baja

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Almacén	20	4.16	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	3.91	4.00
Aseo 1 Enfermería	200	3.47	PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2	3.38	4.00
Aseo 2 Enfermería	200	4.62	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.81	4.00
Aseo F 1	200	4.01	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.09	4.00
Aseo M 1	200	3.44	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	3.17	4.00
Box Enfermería 1	500	8.57	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	3.20	3.50
Box Enfermería 2	500	8.56	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	3.27	3.50
Conserje	200	5.33	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	2.21	4.00
Consulta General 1	500	17.60	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	1.96	3.50
Consulta General 2	500	17.00	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	1.88	3.50
Cortavientos	200	9.16	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.16	4.00
Distribuidor Aseos	200	2.07	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.22	4.00
Distribuidor Aseo Enfermería	200	3.07	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	2.93	4.00
EnfermeríaPediatria	300	22.58	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	3.22	3.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4		
Extracciones Enfermería 1	1000	15.08	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	8	3.63	3.50
Extracciones Enfermería 2	1000	15.05	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	8	3.53	3.50
Escaleras	200	16.96	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	-	4.00
			PHILIPS FGW201 2xPL-C/4P18W HF_827	1		
Instalaciones	150	2.80	PHILIPS TCW060 1xTL-D18W EB_830	2	3.38	4.00
Multiespecialidad 1	1000	17.24	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	8	3.44	3.50
Multiespecialidad 2	1000	17.26	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	8	3.50	3.50
Pediatria 1	500	19.34	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.03	3.50
Pediatria 2	500	19.60	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.90	3.50
Pediatria 3	500	17.19	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	1.90	3.50
Pediatria 4	500	17.00	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	1.88	3.50
Pediatria 5	500	17.18	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	1.84	3.50
Recepción y Administración	200	15.00	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	1.67	4.00
Vestíbulo	200	22.86	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	6	1.78	4.00

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Zona Espera 1	200	120.42	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	15	1.53	4.00
Zona Espera 2	200	109.93	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	16	1.68	4.00
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1		

Tabla 2.2.3.3 Iluminación interior planta baja

Planta Primera

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Almacén	20	4.78	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	3.14	4.00
Almacén maternal	20	4.64	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	2.73	4.00
Aseo F	200	4.15	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.78	4.00
Aseo M	200	3.61	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.87	4.00
Aseo FM Distribuidor	200	2.75	PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2	3.57	4.00
Aseo Ginecología 1	200	3.46	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	2.86	4.00
Aseo Ginecología 2	200	3.45	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.22	4.00
Aula Educación Maternal	500	33.6	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	8	1.59	3.50
Box Dermoeológica 1	500	7.25	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.39	3.50
Box Dermoeológica 2	500	7.16	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.42	3.50
Box Dermoeológica 3	500	8.36	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.49	3.50
Consulta Cardiología 1	500	18.48	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	3.01	3.50
Consulta Cardiología 2	500	18.67	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.90	3.50
Consulta Cardiología 3	500	19.1	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.84	3.50
Consulta Cardiología 4	500	19.02	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.84	3.50
Consulta Dermoeológica 1	500	17.46	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	3.02	3.50
Consulta Dermoeológica 2	500	17.6	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	3.15	3.50
Consulta Dermoeológica 3	500	17.72	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.98	3.50
Consulta Dermoeológica 4	500	17.78	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	3.05	3.50
Consulta Exploraciones Cardiológicas 1	500	21.17	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	8	2.68	3.50
Consulta Exploraciones Cardiológicas 2	500	19.81	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	8	3.07	3.50
Consulta Ginecología 1	500	19.15	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	8	3.37	3.50
Consulta Ginecología 2	500	19.52	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.88	3.50
Consulta Médico Interno	500	23.74	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.47	3.50
Ejercicios educación maternal	300	28.58	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	1.90	3.50
Escaleras	200	17.18	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.78	4.00
			PHILIPS FGW201 2xPL-C/4P18W HF_827	1		

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Instalaciones	150	3.24	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	4.00	4.00
Limpieza/instalaciones	150	2.92	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.73	4.00
Recepción educación maternal	200	10.48	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	1	3.08	4.00
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2		
Recepción y Administración	200	17.59	Está dentro de la Sala de Espera 1			4.00
Sala de Espera 1	200	124.44	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	10	1.56	4.00
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	11		
Sala de Espera 2	200	96.24	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	12	1.70	4.00
Vestíbulo	200	21.05	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4	1.70	4.00

Tabla 2.2.3.4 Iluminación interior planta primera

Planta Segunda

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Aseo Ortodoncia	200	4.90	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	4.00	4.00
Aseo Despachos	200	5.46	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	4.00	4.00
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	1		
Aseo F	200	2.15	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	4.01	4.00
Aseo H	200	1.80	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.77	4.00
Aseo M	200	3.67	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.84	4.00
ATT Paciente 1	300	6.19	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	2.59	4.00
ATT Paciente 2	300	9.91	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	1.84	4.00
Cerámica y Laboratorio	1000	41.48	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	14	3.42	3.50
Despacho Fisio	500	9.00	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	2.29	3.50
Despacho Odontología	500	11.25	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3	1.92	3.50
Despacho Periodónica	500	11.41	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	1.96	3.50
Distribuidor Aseo H	200	2.31	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.14	4.00
Distribuidor largo	200	37.20	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	10	2.49	4.00
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2		
Escaleras	200	19.00	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	-	4.00
			PHILIPS FGW201 2xPL-C/4P18W HF_827	1		
Esterilización	300	19.50	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	6	3.34	3.50
Gabinete Fisio	500	10.10	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	2.10	3.50
Gabinete Odontología	500	36.65	PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_830	16	2.84	3.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	16		
Gabinete Ortodoncia	1000	10.35	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	36	2.70	2.50
			PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	9		
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	43		
Gabinete Periodónica	1000	44.20	PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	16	2.71	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	12		
Gabinete Periodónica 5	1000	9.70	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	2	3.00	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3		
			PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	1		

Estancia	Em (lux)	S (m²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Gabinete Periodónica 6	1000	13.66	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	2	3.12	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3		
			PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	1		
Instalaciones	150	6.03	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	2	3.06	4.00
Orto y TAC	300	9.19	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	2.06	3.50
Ortodoncia Gabinete Registro	1000	10.79	PHILIPS CR200B 4xTL5-24W HFP GT_965	3	3.23	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3		
Sala de Espera	200	144.07	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	13	1.25	4.00
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3		
Sala 1	500	4.90	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	5	3.54	4.00
Sala 2	500	5.42	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4	3.59	4.00
Vestíbulo Planta	200	20.39	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4	1.75	4.00

Tabla 2.2.3.5 Iluminación interior planta segunda.

Planta Bajo Cubierta

Estancia	Em (lux)	S (m ²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
Antegabinete	500	3.46	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.38	3.50
Almacén	50	8.23	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	1	3.08	4.00
Atención al paciente	300	7.06	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	3.12	4.00
Aseo F	200	2.50	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.44	4.00
Aseo H	200	2.11	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.76	4.00
Aseo M	200	4.10	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	2.81	4.00
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	1		
Aseo 1	200	3.18	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	2.67	4.00
Aseo 2	200	1.91	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.48	4.00
Aseo Gabinete 1a visitas	200	2.01	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.70	4.00
Distribuidor Aseos	200	2.13	PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2	4.00	4.00
Biblioteca	500	18.11	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5	2.02	5.00
Cafetería	200	8.38	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.27	4.00
Despacho Gerente	500	10.56	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	4	2.24	3.50
Esterilización	300	5.31	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	2.05	3.50
Gases	150	3.27	PHILIPS TCW060 1xTL-D36W HF_835	2	3.84	4.00
Gabinete Primeras Visitas	500	20.46	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	6	1.81	3.50
			PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	5		
Gabinete 1	1000	10.68	PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	6	2.61	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4		
Gabinete 2	1000	9.35	PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	4	3.13	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2		
Gabinete 3-4	1000	18.53	PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	8	2.66	2.50
			PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3		
Gabinete 5-6	1000	17.88	PHILIPS CR200B 4xTL5-14W HFP GT_827	8	2.88	2.50
Escaleras	200	18.74	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	2	-	4.00
			PHILIPS FGW201 2xPL-C/4P18W HF_827	1		
Instalaciones	150	6.30	PHILIPS WT120C L600 1xLED18S/840	2	3.28	4.00
Pasillo	200	47.66	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	11	2.38	4.00

Estancia	Em (lux)	S (m ²)	Modelo Luminaria	n	VEEI	VEEI Max
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2		
Profilaxis	500	4.64	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	2.64	3.50
Rack	20	2.66	PHILIPS TCW060 1xTL-D18W EB_830	1	3.91	4.00
Recepción	200	7.69	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	1	3.23	4.00
			PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830	2		
Sala 1	500	4.09	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	3.21	4.00
Sala de Espera	200	91.14	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	10	1.94	4.00
Sala de Juegos	300	11.76	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	2	2.07	4.00
Sala de juntas	500	18.95	PHILIPS RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	6	2.99	8.00
Vestíbulo de planta	200	21.61	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	4	1.74	4.00
Vestuario Personal	200	6.28	PHILIPS DN130B D217 1xLED20S/830	3	3.11	4.00

Tabla 2.2.3.6 Iluminación interior planta bajo cubierta

Como se puede comprobar en las tablas anteriores, se han utilizado luminarias de la marca Philips, por su extensa documentación, facilidad de encontrar las tarifas de las mismas, así como variedad de calidades, prestaciones y opciones para cada tipo de luminaria.

En un principio realizamos la instalación escogiendo luminarias con tecnología LED para todas y cada una de las estancias, sin embargo, debido al coste desproporcionado de la misma, decidimos modificar las luminarias de forma que el presupuesto se ajustara a un proyecto viable. Así, pudimos comprobar la diferencia en cuanto a precio y potencia entre una instalación dotada completamente por tecnología LED, respecto de otra con precios más económicos, pero que se ajusta de la misma manera a los requisitos de la clínica.

2.2.4. Distribución de los circuitos de iluminación

Tal y como se especifica en la guía de diseño para centros de atención primaria, proporcionado por la Junta de Andalucía, las luminarias de cada instancia se han distribuido, siempre que ha sido posible, de forma que, en caso de fallo de alguna de las fases, sólo afecte a un tercio del total de luminarias.

Es por ello por lo que, a la hora de realizar la distribución de circuitos de alumbrado, se ha dividido en primer lugar por zonas, y para cada zona se han dividido los circuitos de alumbrado en función de cada una de las tres fases R, S y T. De esta manera aseguramos una distribución equilibrada de las cargas entre fases además de lo dicho anteriormente.

En los planos de la instalación vienen reflejados cada uno de los circuitos con sus potencias instaladas correspondientes.

2.2.5. Interruptores y sensores

Hemos colocados interruptores para cada fase en cada dependencia junto a la puerta de entrada a la misma a una altura de 1.3m. En los casos en los que existe más de una entrada, hemos colocado interruptores conmutados.

Para los pasillos se han instalado unos sensores de movimiento reduciendo así el consumo energético.

2.3. Iluminación de emergencia

La instalación destinada al alumbrado de emergencia tiene como objetivo asegurar la iluminación en los locales y los accesos hacia las salidas en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, con el fin de evacuar a las personas del interior e iluminar otros puntos que requieran la continuidad del mismo.

Dentro de esta instalación se incluye el alumbrado de seguridad y el alumbrado de reemplazamiento.

2.3.1. Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

Este alumbrado estará previsto para entrar en funcionamiento de forma automática cuando se produzca el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje del 70% de su valor nominal.

Su instalación será fija y provista de fuentes de energía propias.

2.3.2. Alumbrado de evacuación

Parte del alumbrado previsto para garantizar el reconocimiento y utilización de los medios o rutas de

evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado debe proporcionar, a nivel de suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 5 lux como mínimo ya que se trata de un edificio hospitalario.

En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.

La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en el eje de los pasos principales será menor de 40.

El alumbrado de evacuación deberá funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal y durante dos horas como mínimo.

2.3.3. Alumbrado ambiente o anti-pánico

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar la iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente o anti-pánico debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 m.

La relación entre la iluminancia máxima y mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

Este alumbrado debe poder funcionar al producirse el fallo de la alimentación normal y durante dos horas como mínimo.

2.3.4. Colocación del alumbrado de emergencia

De acuerdo con la Guía de Baja Tensión en su capítulo 28: Instalaciones de pública concurrencia, hemos situado las luminarias de alumbrado de emergencia en los siguientes puntos, teniendo presente los requerimientos de iluminación para cada uno de ellos en cuanto luxes:

- ✓ En todos los recintos cuya ocupación sea mayor de 100 personas.
- ✓ En los recorridos generales de evacuación de zonas de uso hospitalario.
- ✓ En los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- ✓ En los estacionamientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde éstos hasta el exterior o hasta zonas generales del edificio.
- ✓ En los locales que alberguen equipos generales de la instalación de protección.
- ✓ En las salidas de emergencia y en las señales de seguridad reglamentarias.
- ✓ En todo cambio de dirección de la ruta de evacuación.
- ✓ A una distancia inferior de 2 metros de las escaleras, de forma que cada tramo de la misma reciba iluminación directa.
- ✓ A una distancia inferior de 2 metros de cada cambio de nivel.
- ✓ A una distancia inferior de 2 metros de cada puesto de primeros auxilios.
- ✓ En los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas indicadas anteriormente y teniendo en cuenta que el alumbrado deberá proporcionar una iluminancia mínima de 5 lux al nivel de operación.

Además, en las salas de intervención, las destinadas a tratamiento intensivo, sala de curas, paritorios y urgencia, dispondrán de un alumbrado de reemplazamiento que proporcionará un nivel de iluminancia igual al del alumbrado normal durante dos horas como mínimo, para que, en caso de estar inmerso en alguna actividad, pueda continuar sin incidentes, así como facilitar la labor de evacuación una vez concluido.

Las luminarias de emergencia para cada estancia se han colocado encima de las puertas indicando el punto

de evacuación. En pasillos y zonas comunes van colocados en los techos, y formando la vía de evacuación con indicaciones de la dirección a seguir.

Para el estudio de esta iluminación se ha hecho uso del programa informático DaisaLux, estudiando cada planta por separado y creando las vías de evacuación de manera que sobre la misma, se calcula la luminancia de forma que cumpla con los parámetros descritos anteriormente.

Las luminarias utilizadas son las siguientes:

- ✓ GALIA 2N3 de 8W.
- ✓ HYDRA-G 2C5 de 8W.
- ✓ LISU-AD 2N con luminaria LED que indica la dirección de salida de 8W.

Todas ellas con autonomía de 2 horas, tal y como se especifica en la norma y que se ponen en funcionamiento en caso de fallo del suministro de red.

La distribución de las luminarias en cuanto a fases se ha distribuido de forma equitativa, al igual que las luminarias de las estancias, de forma que cada una de las fases tenga que abastecer la misma cantidad de potencia.

2.4. Tomas de fuerza

Partiendo nuevamente de lo impuesto en la guía de diseño de centros de atención primaria se detallan las siguientes directrices:

Han de ser de primera calidad, con montaje empotrado, y provistas de contacto de puesta a tierra. Según las necesidades de las diferentes dependencias se colocaran tomas de corriente de forma que cumpla:

- ✓ Tomas de corriente de 10/16 A para conexión de negatoscopio.
- ✓ Para los aseos, tomas de corriente de 10 A para conexión de secamanos eléctricos, y 20 A para máquina de limpieza de pasillos.
- ✓ En salas de tratamiento, y áreas de atención continuada, se colocarán tomas de corriente de 16 A con Toma de Tierra (T.T.) y una toma para equipos portátiles de Rayos X.
- ✓ Para los equipos informáticos, se van a usar grupos ofimáticos en los que se encontrarán las tomas de corriente conectadas al grupo electrógeno apoyado por un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI).

Por otro lado, las diferentes tomas de corriente irán ubicadas de la siguiente manera en cuanto a la altura:

MECANISMO	ALTURA
Bases de enchufe en general	0.30 m
Negatoscopio	1.50 m
Lámpara de mesa, teléfono, etc.	0.70 m
Bases de enchufe bajo encimeras	0.70 m
Electro-medicina e interruptores	1.00 m
Tomas sobre poyatas	1.00 m

Tabla 2.4.1. Altura de las diferentes tomas de corriente.

En este proyecto hemos escogido los siguientes tipos de tomas de corrientes:

- ✓ Bases de enchufe de 16 y 25 A estancos para el sótano.

- ✓ Bases de enchufe de 16 y 25 A tanto simples como dobles para las diferentes salas.
- ✓ Bloques ofimáticos compuestos por 4 tomas de corriente de 16 A y 2 conectores de voz/datos RJ45 con UTP categoría 6.
- ✓ Toma de conexión específica para el negatoscopio de 16 A.
- ✓ Toma para la televisión y megafonía.

Tras la elección de las mismas, hemos realizado una estimación de la cantidad de potencia instalada que habrá por dependencia. Para ello se ha estimado la demanda de la siguiente manera:

- ✓ Bases de enchufe de 16 A: 50W.
- ✓ Bases de enchufe de 25 A: 100W.
- ✓ Bloques ofimáticos: 300W.
- ✓ Negatoscopios: 24 W.
- ✓ Tomas de Televisión: 68W (tomando como modelo el consumo de una televisión de 37" de la marca LG).

Esta estimación de cada una de las tomas de corriente se ha hecho debido a la falta de normativa específica al respecto, y puesto que en edificios de esta índole, la diversidad de equipos que pueden ser conectados a la corriente es muy amplia y dado que la información acerca de sus consumos es reducida; decidimos establecer estos valores, los cuales puede que sobredimensionen la instalación, pero nos aseguramos que la misma queda dimensionada para soportar la carga que se le conecte.

Así mismo, la mayor parte de las tomas establecidas para los equipos médicos, se han tomado de estimaciones, partiendo de datos de equipos reales de rayos X y teniendo presente lo especificado en el apartado 2.7 sobre las salas de radiología y equipos dentales.

Para la demanda de potencia de los quirófanos, se han tomado de valores encontrados en la red.

2.4.1. Distribución de los circuitos de fuerza

Al igual que hemos procedido con los circuitos de alumbrado, para las tomas de fuerza se han dividido los circuitos por fases de forma que en caso de fallo, y en la medida de lo posible, no afecte a la totalidad de la estancia.

Así, en primer lugar se han distribuido los circuitos de tomas de corriente sectorizando por zonas, y para cada zona se han subdividido los circuitos de fuerza en función de cada una de las tres fases R, S y T. De esta manera aseguramos una distribución equilibrada de las cargas entre las tres fases, además de cumplir con lo dicho anteriormente.

En los planos de la instalación vienen reflejados cada uno de los circuitos con sus potencias instaladas correspondientes.

2.5. Potencia instalada.

A la hora de hacer el cálculo de la potencia instalada en la clínica, hay que señalar que no todos los receptores son utilizados al mismo tiempo y la máxima potencia. Es por ello por lo que hemos aplicado los factores de utilización y de simultaneidad para poder definir la potencia de contratación.

Factor de utilización (f_u)

Para su cálculo se define como el cociente entre la potencia efectivamente demandada por la carga, y la potencia nominal de la misma.

El valor aplicado a dicho factor se aplica, según literatura, a cada receptor, como en el caso de motores que no trabajan a plena carga. Sin embargo, debido precisamente a la falta de información en cuanto a los

valores que ha de tomar para cada uno de los receptores, suelen ser escogidos desde la experiencia.

Además, como para edificios de esta índole, los valores no se encuentran recogidos de forma oficial en ningún documento, los criterios que se han tomado para aplicarlos han sido de la instrucción ITC-BT-25, definidos para los circuitos de una vivienda, así como los encontrados en la literatura.

El Reglamento de Baja Tensión, establece los siguientes valores:

- ✓ C_1 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación ($f_u = 0,5$).
- ✓ C_2 : Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico ($f_u = 0,25$).
- ✓ C_3 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno ($f_u = 0,75$).
- ✓ C_4 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico ($f_u = 0,75$).
- ✓ C_5 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar las tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro cocina ($f_u = 0,5$).
- ✓ C_{10} : Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente ($f_u = 0,75$).

Factor de simultaneidad (f_s)

Es evidente que no todos los receptores instalados en el edificio funcionan al mismo tiempo, es por ello por lo que se aplica dicho factor.

Su valor es aplicado a un conjunto de receptores en el punto de unión de los mismos, como puede ser en el cuadro secundario de cada planta.

De la misma forma que el factor de utilización, la escasa información acerca de los valores del mismo para instalaciones de este tipo, hace que tengamos que hacer uso de la existente de forma orientativa, para lo cual utilizaremos las proporcionadas por la ITC-BT-25 del Reglamento de Baja Tensión, así como la encontrada en documentos no oficiales.

El Reglamento de Baja Tensión, establece los siguientes valores:

- ✓ C_1 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación ($f_s = 0,75$).
- ✓ C_2 : Circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general frigorífico ($f_s = 0,2$).
- ✓ C_3 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la cocina y el horno ($f_s = 0,5$).
- ✓ C_4 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico ($f_s = 0,66$).
- ✓ C_5 : Circuito de distribución interna, destinado a alimentar las tomas de corriente de los circuitos de baño, así como las bases auxiliares del cuadro cocina ($f_s = 0,4$).
- ✓ C_{10} : Circuito de distribución interna, destinado a la instalación de secadora independiente ($f_s = 0,75$).

Por otro lado la instrucción ITC-BT-10 prevé la utilización del $f_s = 1$ para los servicios generales de un conjunto de viviendas y a tal efecto las instalaciones en el territorio español deberíamos realizarlas de esta manera.

De la literatura, hemos encontrado como información adicional, que en algunos países de Europa, se toman en consideración los siguientes valores:

Coeficientes de simultaneidad para los servicios generales	
Utilización	Factor de simultaneidad
Alumbrado	1
Calefacción y aire acondicionado	1
Tomas de corriente (en industria pueden variar en función de la utilización específica de la toma de corriente)	0.10 a 0.20
Ascensores y montacargas	
✓ Para el motor más potente	1
✓ Para el siguiente	0.75
✓ Para los demás	0.60

Tabla 2.5.1 Coeficientes de simultaneidad

Coeficientes de simultaneidad en los locales comerciales y oficinas de los edificios mixtos de viviendas, locales comerciales y oficinas ($f_s = 1$).

Coeficientes de simultaneidad en aparcamientos de los edificios destinados a locales comerciales, oficinas y/o algunas industrias ($f_s = 1$).

2.6. Previsión de cargas

Una vez descrita las cargas a las que ha de hacer frente nuestra instalación, en la siguiente tabla se detalla la potencia destinada a cada uno de los cuadros que componen la instalación, detallando para cada planta, la potencia debida a iluminación, tomas de fuerza y maquinaria.

Dicho todo esto, la manera en que se han aplicado los factores de corrección ha sido de forma escalonada, teniendo en cuenta la cantidad de circuitos que se van uniendo por cada unión de ellos:

- En primer lugar, en cada agrupación de circuitos por zonas se aplica el primer factor de simultaneidad. En cada circuito de alumbrado, alumbrado de emergencia y fuerza.
- Posteriormente en cada sub-cuadro, se aplica el siguiente factor de simultaneidad en función de la cantidad de agrupaciones de circuitos por zonas que tenga.
- El siguiente factor se aplica a la derivación individual y al grupo electrógeno.
- Por último a la acometida.

Debido a los valores restrictivos del factor de simultaneidad, los factores de utilización se han tomado como la unidad, con el fin de evitar la repetición de los mismos.

Dicho esto, a continuación resumimos en una tabla los valores de potencia instalada por cada cuadro secundario diseñado en la instalación.

CUADRO	LUMINARIAS (W)	LUMINARIA EMERGENCIA (W)	TOMAS DE CORRIENTE (W)	EQUIPO MÉDICO	MAQUINARIA (W)	TOTAL
SOTANO	3,567.00	360.00	1,750.00		28,300.00	33,977.00
SEMISOTANO	5,165.50	600.00	11,810.00			17,575.50
BAJA	7,109.00	432.00	11,874.00			19,415.00
PRIMERA	5,541.00	480.00	13,906.00			19,927.00
SEGUNDA	12,921.00	704.00	5,336.00			18,961.00
BAJO CUBIERTA	4,111.00	480.00	6,108.00			10,699.00
S.S. RX1			400.00	80,000.00		80,400.00
S.S. RX2			300.00	80,000.00		80,300.00
S.S. RESONANCIA			300.00	80,000.00		80,300.00
S.S. ECÓGRAFO			300.00	3,000.00		3,300.00
S.S. ORTOPANTÓGRAFO			300.00	2,000.00		2,300.00
CS.P2.1 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.2 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.3 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.4 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.5 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.6 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.7 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.8 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.9 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.10 (Ortodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.11 (Odontología)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.12 (Odontología)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.13 (Odontología)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.14 (Odontología)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.15 (Quirófano)			3,500.00			3,500.00
CS.P2.16 (Quirófano)			3,500.00			3,500.00
CS.P2.17 (Periodoncia)			500.00	3,180.00		3,680.00

CS.P2.18 (Periodóncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.19 (Periodóncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.20 (Periodóncia)			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.P2.21 (Laboratorio)			2,700.00			2,700.00
CS.P2.22 (Esterilización)			1,800.00			1,800.00
CS.P2.23 (Orto y TAC)			500.00	20,000.00		20,500.00
CS.BC.1 (Quirófano)			3,500.00			3,500.00
CS.BC.2			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.BC.3			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.BC.4			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.BC.5			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.BC.6			500.00	3,180.00		3,680.00
CS.BC.7			900.00	3,180.00		4,080.00
Ascensores					30,000.00	30,000.00

Tabla 2.6.1. Desglose de potencia instalada por cuadro

De manera que el consumo total del edificio tras los cálculos realizados será de:

CONSUMO TOTAL: 521,374.50 W

2.7. Requerimientos para las salas de radiología y equipos dentales

A continuación se van a detallar las características que deben tener las salas de radiodiagnóstico y equipos dentales atendiendo a la Guía de Diseño de Edificios de Atención Primaria de la Junta de Andalucía, en la que vienen especificados aspectos de construcción los cuales se van a obviar. Por tanto, aquí se recogen las características que tienen que ver con la instalación eléctrica de la clínica.

Esta guía se apoya en:

- R.D. 1891/1991 sobre instalación y utilización de aparatos de RX con fines de diagnóstico médico.

En las que se especifica la necesidad de: inscribir todas las instalaciones de este tipo en un registro específico creado al efecto, así como presentar, entre otros documentos, un certificado expedido por un Servicio o Unidad Técnica de protección contra las radiaciones asegurando la conformidad del proyecto con las especificaciones técnicas aplicables, y la verificación de que la construcción y montaje de la instalación se ha hecho de acuerdo con el proyecto citado. Además determinan la necesidad de que con periodicidad anual se remita al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) un informe realizado por un Servicio o Unidad Técnica de protección contra las radiaciones acerca de los controles de calidad de equipos y condiciones de seguridad radiológica de la instalación.

- Reglamento sobre la protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes (última versión en RD 783/2001)

En él se establece con carácter general los criterios y condiciones en que se debe producir el trabajo con radiaciones, determinando los límites de dosis para público y profesionales. Ratifica la figura de los Servicios de Protección Radiológica (SPR) como unidades funcionales expresamente homologadas por el CSN y responsables de la protección Radiológica en el ámbito de actuación que se les autoriza.

- R.D. 1976/1999 sobre criterios de calidad en Radiodiagnóstico

Estableciendo la necesidad de que en la elaboración de las especificaciones técnicas de compra de los equipos de RX participen especialistas en Radiofísica Hospitalaria. Indica el requerimiento de que previo al uso clínico del equipo, se realicen pruebas de aceptación en las que tome partida un responsable técnicamente cualificado del comprador, y además, los Servicios de Protección Radiológica remitan informes anuales al CSN sobre los controles de calidad de los equipos y los niveles de radiación en los puestos de trabajo.

2.7.1. Distribución de espacios

A modo de información y de forma resumida, se especifican condiciones que debe cumplir las salas de radiodiagnóstico, así:

Estas salas deben ubicarse en zonas de poco tránsito del edificio,

2.7.2. Alimentación eléctrica

De acuerdo con la guía, las necesidades que deben cumplir estas salas y que hemos tomado son las siguientes:

- La existencia de un cuadro eléctrico para soportar una potencia trifásica mínima de 50 kW, 380V, con maniobras en cuadro y sala de control.
- La impedancia de tierra debe ser menor de 0,5 ohm, mientras que la impedancia de línea debe ser menor de 0.135 ohm.

- Se dejan 3 metros de cable libre a la salida de cables de alimentación a generador de RX. Además, los cables de alimentación al generador deben ser de cobre extra flexible de aislamiento 0.6/1 kV.
- Tomas de corriente para procesadora, mezcladora, identificadora de placas, luz de seguridad, equipos de medida y ordenadores, usando bases de enchufe estándar (tipo schuko).
- En la sala de “operadores” se dispone de pulsadores de emergencia tipo “seta”.
- Para las salas de equipos dentales, se han dispuesto pulsados de disparo en la misma sala protegido por una tapa situada a una altura del suelo que no facilite su uso inadvertido.
- El cuadro dispone de cerradura con llave sólo accesible por el personal autorizado.

2.7.3. Conexiones y señalización

Para este tipo de salas, se tienen que instalar las canaletas necesarias para los cables de comunicación y alimentación que van desde el generador del equipo de RX a la mesa, al estativo mural, y a la consola de mandos. Además en el control existe también un punto de telefonía exterior.

Con el fin de estar en contacto en todo momento con el paciente durante la exploración, se instala un sistema de megafonía para comunicar con la sala o área de espera.

Las puertas de acceso a la sala de RX incorporan señalización de advertencia:

- Luz blanca que corresponde al equipo de RX conectado.
- Luz roja cuando el equipo está en funcionamiento acompañado de un cartel de “no pasar”.

Independientemente hay un cartel indicando: “No pase hasta que no sea llamado”.

2.7.4. Conectividad y sistema de registro de imágenes

Tal y como se describe en la guía existen diferentes tipos de registros de imágenes radiológicas desde la tradicional película radiográfica hacia dispositivos de adquisición y procesado digital de la imagen. Al ser una clínica de nueva construcción, se considera la instalación de un sistema de radiografía digital, en la que la imagen se encuentra en formato digital desde su captura o formación inicial.

El sistema de radiografía digital la imagen es capturada en el receptor situado tras el paciente y enviada en formato digital a la unidad de control del equipo, donde se visualiza de manera inmediata sin más intervención del operador.

A través de las canaletas se pasan los cables de fibra óptica de transmisión de las imágenes hasta el equipo de recepción.

Cerca del equipo de radiografía, hay una conexión RJ45 para el envío de imágenes tanto a la impresora, que requiere de un espacio de al menos 200 cms de ancho por 60 cms de fondo; así como al sistema de almacenamiento de imágenes (PACS, *Picture Archiving and Communication System*). Se requiere además de espacio para ubicar un pupitre en que situar el teclado alfanumérico y monitor de visualizaciones de las imágenes.

Como complemento adicional, por parte de la Junta de Andalucía, se prevé la instalación de un ordenador independiente del anterior en el que implantar el sistema DIRAYA de la Historia Clínica Digital. Para ello requiere de su propia conexión RJ45 a la Red Corporativa de la Junta de Andalucía (RCJA) para la recepción de listas de trabajo. Sin embargo, al tratarse de una clínica privada, se prescinde de este servicio.

2.7.5. Cumplimiento de estándares y conectividad

Los fabricantes deben aportar el certificado de conformidad con el estándar DICOM en los diferentes servicios suministrados por cada equipo. Sin embargo, la sola especificación de capacidades DICOM ha demostrado ser insuficiente para garantizar una implantación correcta (y futura integración en caso de cambio de alguna de las partes) de la modalidad en el entorno de sistemas de información existentes. Por ello deben solicitarse capacidades IHE para las máquinas de radiografía e impresoras.

2.8. Quirófanos

Como información adicional al proyecto, y sin entrar en el diseño del mismo, puesto que por sí mismo constituye otro proyecto, se detalla a continuación las características principales de la instalación eléctrica de los quirófanos. Para ello nos apoyamos en lo descrito en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, concretamente en la ITC-BT-38.

2.8.1. Instalaciones eléctricas en quirófanos

Al igual que ocurre en la instalación de nuestra clínica, el diseño de la misma está ligada al concepto de seguridad, de forma que han de proteger en todo momento tanto al paciente como al personal médico ante cualquier riesgo eléctrico.

Cuando por el cuerpo humano circula corriente, se produce el llamado choque eléctrico, que tanto en los quirófanos como salas en las que el paciente se encuentra afectado por anestesia u otros fármacos que disminuyen sus condiciones físicas; pueden provocar desde una simple contracción muscular hasta la destrucción de tejidos por quemaduras o incluso fibrilación ventricular.

Esto depende en gran medida de la intensidad de la corriente de contacto y la duración de paso de corriente para un trayecto determinado. Entra en juego la impedancia del propio cuerpo humano como limitador de la intensidad de contacto, cuyo valor no es constante puesto que depende de los factores antes mencionados.

2.8.2. Suministro de energía

Al igual que la clínica están alimentados por el centro de transformación situado en el exterior del edificio a una tensión de 400 V entre fases y de 230 V entre fase y neutro.

2.8.3. Sistema eléctrico

Se emplea el mismo sistema eléctrico que el utilizado por la clínica. El sistema IT, aplicable a sistemas que tienen todas las partes activas aisladas de tierra o que tienen un punto conectado a través de una impedancia, y masas conectadas directamente a tierra.

Las tensiones de seguridad especificadas en el REBT para este tipo de instalaciones son de máximo 24 V.

El suministro a quirófano es trifásico con neutro y conductor de protección, a través de un transformador de aislamiento (por quirófano) con el fin de evitar la interrupción en el suministro de energía a equipos cuyo fallo, implicarían la puesta en peligro de pacientes o personal médico. El transformador recomendado es uno trifásico con primario en estrella y secundario en triángulo, para evitar cargar el neutro de la instalación y contribuir a mejor reparto de cargas. De esta manera, no hay carga sobre el neutro de la instalación y las diferencias de cargas que se produzcan en el secundario se transmiten al primario de forma equilibrada para cada fase. Aumenta además la seguridad de la instalación ya que en caso de fallo de cualquiera de las fases, se dispondrá de tomas de corriente con suministro a las otras dos.

Por otro lado, el uso del transformador de aislamiento implica que la impedancia del mismo respecto a tierra sea infinito, impidiendo circular intensidad en caso de cortocircuito, sin embargo tanto éste como los conductores presentan capacidades y resistencias parásitas a tierra, haciendo que el aislamiento no sea infinito, por lo que es fundamental detectar de alguna forma la aparición del primer fallo que conlleva la pérdida del aislamiento. Un segundo fallo provocaría un cortocircuito real entre las fases. Así que con el fin de captar estos defectos, se emplea un dispositivo que mide el aislamiento, ya sea por su impedancia o su resistencia.

- Vigilador por impedancia: calculan la suma vectorial de componentes resistivos y capacitivos por impedancia y predice el valor de la intensidad real que circulará en caso de defecto a tierra. Está compuesto por un dispositivo de medida graduado en miliamperios que hace sonar la alarma cuando la intensidad alcanza 4mA.
- Vigilador por resistencia: vigila de forma continua la resistencia de aislamiento entre conductores y masa, de forma que cuando descienda de un valor impuesto, active una alarma.

En el interior de los quirófanos debe instalarse una repetición de señal luminosa, de alarma acústica y de la parada del zumbador de alarma.

2.8.4. Medidas de protección

Destinadas a la protección frente a los contactos directos e indirectos que puedan tener lugar, y a proteger al paciente y al equipo médico de las corrientes de fuga provenientes de las partes activas hacia las conductoras conectadas al propio paciente. Estas corrientes tienen una componente resistiva y otra capacitiva por el efecto de condensado que se produce en conductores separados al aplicarles tensión alterna.

Como medida de protección, las masas metálicas han de conectarse por medio de un conductor de protección a un embarrado común de puesta a tierra de protección, y este a su vez, a la puesta a tierra general del edificio. Tal y como se establece en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la impedancia del embarrado común de puesta a tierra de un quirófano y los contactos de tierra de las bases de toma de corriente de puede exceder de 0,2 ohmios. Con este valor de la impedancia se asegura que la intensidad que circularía por el paciente en caso de fallo, no superará nunca los 10 μA , que es un valor prácticamente imperceptible.

Sin embargo, aunque se trabaje en condiciones óptimas en las que todos los equipos médicos dispongan de conductor de tierra, el paciente puede verse afectado por microshocks, para lo cual se siguen las siguientes medidas con el fin de evitarlos:

- Disponer de un embarrado de puesta a tierra del que partan de forma radial todos los conductores de protección.
- Distribuir las uniones de equipotencialidad a cada una de las superficies metálicas accesibles al paciente dentro de un radio de 2.5 m y unir las a un embarrado de equipotencialidad. De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la impedancia del embarrado y las superficies metálicas debe ser inferior a 0.1 ohmios y la diferencia de potencial inferior a 10 mV, unidos por conductores de cobre de 16 mm².
- Usar interruptores diferenciales, limitando el tiempo de exposición a los efectos de la corriente cuando existen fallos de aislamiento entre los conductores activos y la masa de aparatos. Esta protección no está conectada al transformador de aislamiento, ya que su acción daría lugar a la desconexión de todo el circuito, lo cual no puede ocurrir.

2.8.5. Suministro alternativo

Además del grupo electrógeno se hace uso, al igual que en la clínica, del sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) en la que la interrupción ha de ser de 0.5 segundos máximo, y que cubren toda la potencia del quirófano en cuanto a equipos de asistencia vital, equipos médicos y las lámparas del quirófano un mínimo de 2 horas.

2.8.6. Clasificación de los quirófanos a efectos del REBT

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión se clasifican en función de la tensión de suministro, nivel de aislamiento, grado de aislamiento y dispositivos de mando y control.

Para los quirófanos o salas de intervención en los que se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables (zona G y M en la figura) se consideran zonas de Clase I; Zona 1 y Clase I; Zona 2, respectivamente, conforme a lo establecido en la ITC-BT-29. La zona M, situada bajo la mesa de operaciones, podrá considerarse como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones aire/hora.

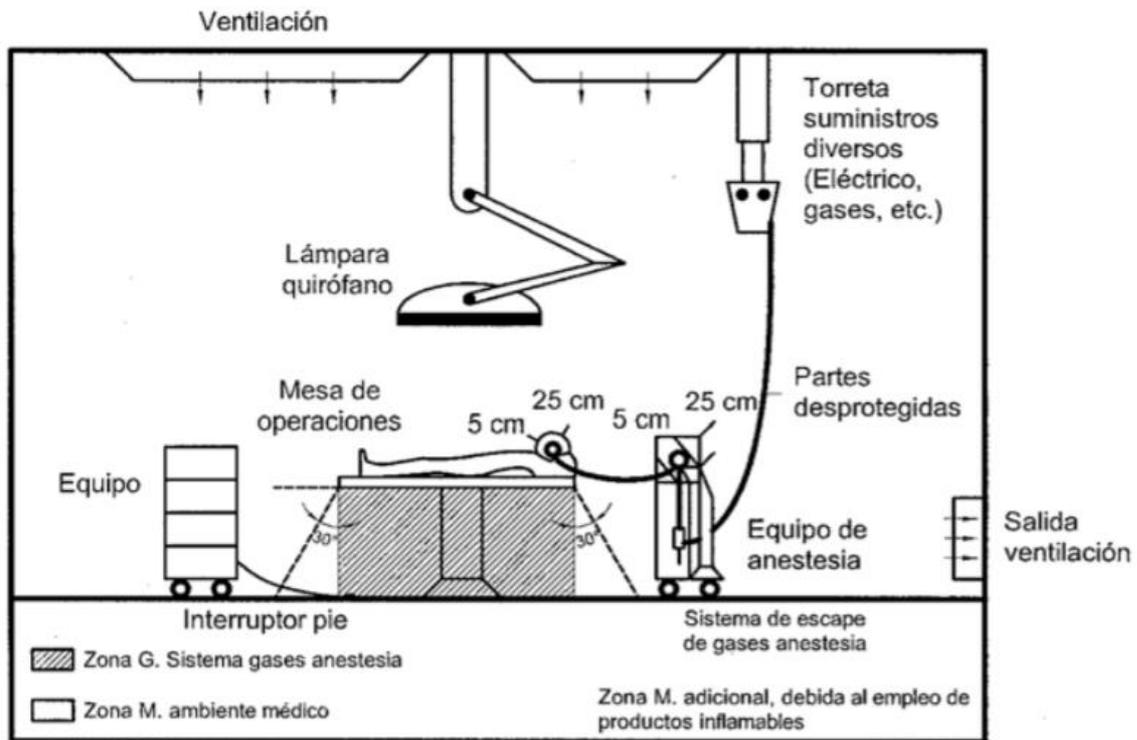


Figura 2.8.6.1. Zonas con riesgo de incendio y explosión de quirófanos al emplear mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables

3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1. Introducción

Al tratarse de un edificio hospitalario, el diseño de la instalación está ligado al concepto de seguridad, de forma que han de proteger en todo momento tanto al paciente como al personal médico ante cualquier riesgo eléctrico.

Cuando por el cuerpo humano circula corriente, se produce el llamado choque eléctrico, de forma que en las salas en las que el paciente se encuentra afectado por anestésicos u otros fármacos disminuyendo sus condiciones físicas, pueden provocar, desde una simple contracción muscular, hasta la destrucción de tejidos por quemaduras o incluso fibrilación ventricular.

Es por ello por lo que hemos de proteger en la medida de lo posible todos estos efectos.

3.2. Descripción general

El diseño de la instalación, considerando la disposición del edificio, se ha realizado instalando un cuadro general de mando y protección en la planta sótano, en el cuarto destinado a dicho fin. En el exterior del edificio se encuentra el centro de transformación con un transformador de 800 KVA que garantiza el consumo eléctrico total al 90% de su rendimiento.

El cuadro general de mando y protección contiene en su interior los embarrados constituidos por pletinas de cobre de sección adecuada para soportar las necesidades de la instalación, así como por los dispositivos de mando protección omnipolares necesarios. De este cuadro partirán las líneas de alimentación a los cuadros secundarios de cada planta.

Por las características de la actividad que se desarrolla en este edificio, se han tenido en cuenta las prescripciones detalladas en la instrucción ITC-BT-28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, al tratarse de un edificio de pública concurrencia.

3.3. Suministro de energía

La toma de corriente del hospital se realiza de la acometida general de red, suministrada por la compañía Sevillana Endesa, con una tensión de línea de 20 kV y 50 Hz de frecuencia y que a través de los transformadores situados en el exterior del edificio, se convierte a una tensión de 400 V entre fases y de 230 V entre fase y neutro.

Además del suministro normal de la red, según la instrucción ITC-BT-28, al tratarse de una clínica hay que instalar un suministro de reserva, de forma que disponemos una fuente propia de energía constituida por un grupo electrógeno, cuya puesta en funcionamiento se realizará cuando la tensión de la instalación descienda por debajo del 70% de su valor nominal, o cuando falle la alimentación aportada por la red general.

Dicho grupo electrógeno dará abastecimiento de energía a las diferentes plantas del edificio asegurando su continuidad de funcionamiento, así como a las salas donde la pérdida de suministro implique la puesta en peligro de la salud de un paciente, o la pérdida de material sensible, como pueden ser las cámaras y vitrinas frigoríficas. Además, atendiendo a la guía de diseño de centros de atención primaria, se ha conectado al grupo electrógeno los ascensores.

3.4. Tensiones de servicio

El servicio a los diferentes equipos que se encuentran en la clínica será efectuado en Baja Tensión, en sistema trifásico con neutro, 400/230V, 50 Hz salvo que se especifique lo contrario por el fabricante.

De la misma forma, el grupo electrógeno generará electricidad en trifásica con neutro a 400/230 V, 50 Hz.

Por otro lado, tomarán los mismos valores de las tensiones entre fase, y entre éstas y el neutro, el sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).

3.5. Centro de Transformación

Está ubicado en un edificio prefabricado de hormigón contiguo a la clínica, siendo de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-EN 62271-200 y con aislamiento y corte en gas SF₆.

La acometida al mismo es subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Sevillana Endesa.

Presenta una capacidad en suministro normal de 800 kVA con el fin de abastecer los 521.438,72 W de consumo eléctrico demandado por la clínica y cuyo valor viene justificado en la previsión de carga.

El Centro de Transformación está constituido por un transformador de la marcha Schneider cuyas características se detallan más adelante.

Debido a que presentar riegos eléctricos para personas ajenas a la instalación, se limitará el acceso al Centro de Transformación a personal autorizado y se instala un cerramiento mínimo de tipo RF90.

3.5.1. Hexafluoruro de azufre SF₆

Se trata de un compuesto inorgánico, incoloro, inodoro, químicamente neutro, no tóxico ni inflamable. El gas tiene la particularidad de tener una alta constante dieléctrica lo que le permite ser un gas muy aislante, llegando a ser 2,5 veces mejor aislante que el aire a presión atmosférica. Se utiliza con los centros de transformación con el fin de reducir las distancias de seguridad desde las partes activas a los elementos sin tensión. Este gas, actualmente, es el medio más eficaz de corte del arco eléctrico a muy alta tensión.

Es necesario controlar y evitar fugas del SF₆ (ya que contribuye al efecto invernadero) durante todo su ciclo de vida, desde la formación del propio gas hasta la retirada del equipo y reciclaje del gas, de forma que los fabricantes deben garantizar el sellado del gas durante al menos 30 años según la norma IEC 62271-1.

3.5.2. Celdas de medida, protección y maniobra

El Centro de transformación está constituido por celdas modulares prefabricadas de la gama SM6 -24 de Schneider, con envoltente metálica única aplicando la norma UNE-EN 62271-200, en las que se encuentran la apartamenta de medida, protección y maniobra. Estas apartamentas utilizan hexofluoruro de azufre como aislante y agente de corte y extinción del arco en el interior de cubas selladas de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-1. Estas celdas cuentan con una tensión admisible de hasta 24 kV.

Las figuras que se mostrarán en los apartados siguientes son tomadas del catálogo de Schneider Electric: Centros de Transformación 24 kV MT/BT.

3.5.3. Celda de entrada y salida de cable de la acometida

La celda es específica para la acometida de la empresa suministradora. Incluye un interruptor-seccionador de SF₆ de intensidad nominal 630^a y con una capacidad de corte en carga de 20 kA y puesta a tierra. Tiene aisladores testigo de tensión.

Las dimensiones de la celda de entrada y salida son 375x1600x840mmm (anchura x altura x profundidad).

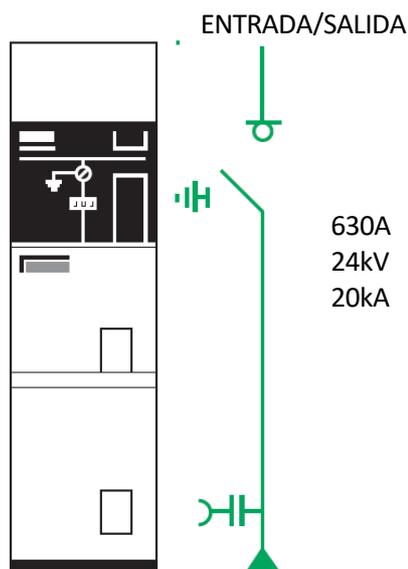


Figura 3.5.3 Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de llegada o salida de línea.

3.5.3.1. Celda de seccionamiento con interruptor-seccionador

Esta celda está destinada a separar eléctricamente la instalación de la clínica, de la correspondiente a la compañía Sevillana Endesa. Posee un interruptor-seccionador de 630 A de intensidad nominal y con capacidad de corte en carga de 20 kA.

Sus dimensiones son: 375 x 1600x 840 mm.

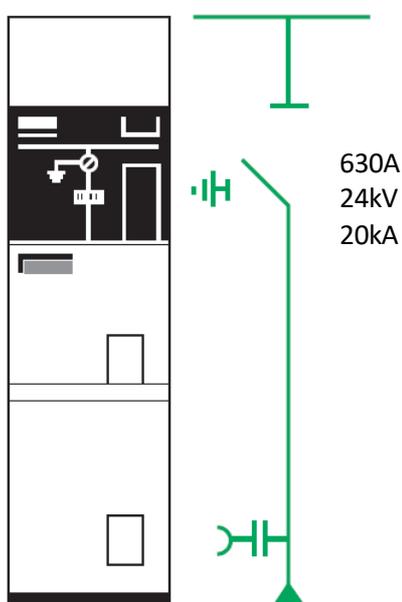


Figura 3.5.3.1 Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de seccionamiento

3.5.3.2. Celda de protección general

La celda de protección general de la instalación de media tensión es la encargada de la apertura del circuito en caso de que la unidad de protección detecte una falta debido a sobretensión o falta de ella, o debido a

una falta de derivación a tierra. Está constituida por un interruptor automático con capacidad de corte de 24 kA y un seccionador con capacidad de corte en vacío con enclavamiento mecánico. Además posee una unidad de protección y aisladores testigos de tensión.

Sus dimensiones son: 750 x 1600 x 840 mm.

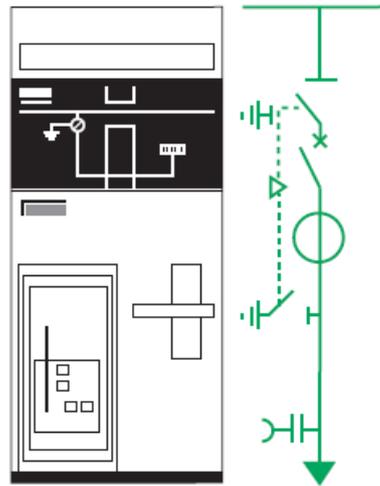


Figura 3.5.3.2. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de protección

3.5.3.3. Celda de interruptor pasante

Constituida por un interruptor-seccionador en SF₆ con capacidad de corte en carga de 20 kA y puesta a tierra. Aunque tiene capacidad de corte en carga, su cometido es el de actuar de seccionador de las celdas de medida de energía consumida y la celda de protección general y de apoyo en caso de fallo en la celda de protección. Cuenta con aisladores testigos de tensión.

Sus dimensiones son: 750 x 1600 x 840 mm.⁷

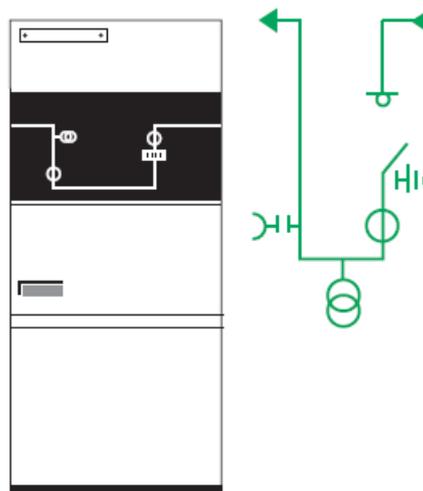


Figura 3.5.3.3. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de interruptor pasante

3.5.3.4. Celda de protección y seccionamiento

Se trata de un tipo de celda de línea que se encuentra en el Centro de Llegada-Seccionamiento-Medida y Reparto y están compuestas por el relé de protección y un interruptor-seccionador en SF₆ en carga con

puesta a tierra y aisladores testigos de tensión.

Sus dimensiones son: 625 x 1600 x 840 mm.

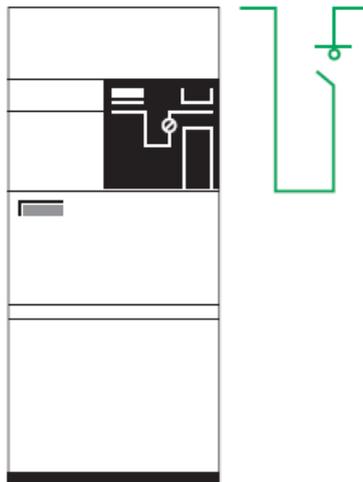


Figura 3.5.3.4. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de protección y seccionamiento

3.5.3.5. Celda de medida

Se emplea para obtener los valores de la tensión y corriente utilizados para el cálculo de la energía consumida por la clínica. Incluye los transformadores de medida de tensión e intensidad. El armario de contadores se encuentra fuera de la celda de medida.

Sus dimensiones son: 750 x 1600 x 840 mm.

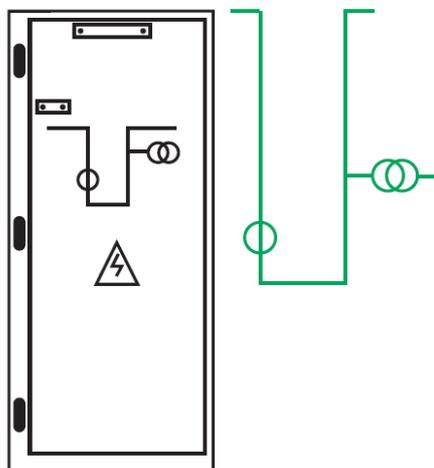


Figura 3.5.3.5. Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de medida

3.5.3.6. Celda de remonte de barras

Permite unir el embarrado superior con el inferior cuando las celdas de entrada y salida se encuentran a diferente altura.

Sus dimensiones son: 375 x 1600 x 840 mm.

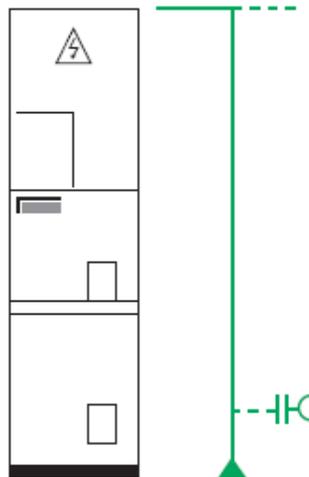


Figura 3.5.3.6. *Panel frontal y diagrama unifilar de una celda de remonte de barras*

3.5.3.7. Celda de protección de transformador

La celda de protección está diseñada para el aislamiento y protección del transformador. Incluye una unidad de protección con los relés de cada fase y de derivación a tierra, un interruptor automático de corte en carga y un seccionador de corte en vacío. Posee un enclavamiento mecánico para el seccionador. Además, en esta celda se encuentra el relé que impide el acceso al nicho del transformador cuando se encuentra en tensión. Incluye además aisladores testigos de tensión.

Sus dimensiones: 750 x 1600 x 840 mm.

3.5.4. Aparamenta

Está compuesta por:

- Interruptor-seccionador y seccionador de puesta a tierra SM6, situados en un cárter de resina epoxy, relleno de Sf6 a una presión relativa de 0.4 bares, garantizando estanqueidad, seguridad y principio de corte.
- Interruptor automático Fluarc SF1: compuesto por 3 polos separados (cada uno de los cuales con todas las partes activas en el interior de una envolvente estanca de material aislante rellena de Sf6 a presión relativa de 0.5 bares), fijados sobre un chasis que soporta el mando. Al igual que el anterior garantiza estanqueidad, seguridad y principio de corte.
- Contactor Rollarc 400D de enganche mecánico, en este caso la envolvente se encuentra a una presión relativa de 2.5 bares.

3.5.5. Transformador

Con el fin de dar abastecimiento de energía a la clínica, se instala un transformador de la gama Trihal de la marca Schneider, con una potencia de 800 kVA.

Se trata de un transformador trifásico de tipo seco con bobinados de media tensión encapsulados y moldeados al vacío en una resina epoxy que contiene una carga activa, la cual está compuesta esencialmente de alúmina trihidratada $Al(OH)_3$ generando un encapsulado ignifugado autoextinguible. Los transformadores secos son especialmente adecuados para instalaciones interiores cerca del punto de consumo ya que son más seguros que los transformadores de aceite, al reducir la fuga del mismo y evitando posibles incendios o

explosiones.

El transformador contará con un sistema de ventilación externa forzada que le permite trabajar con una sobrecarga del 20% sin riesgo y el hecho de ser de resina hace que éste tenga una inercia térmica superior da los de aceite debido a su mayor masa, de forma que soportan mejor las sobrecargas de corta duración. Además se puede controlar la temperatura mediante la sonda térmica que incorpora.

Este transformador cumple con las siguientes normas:

- UNE-EN 60076-11.
- UNE-EN 60076-1 A 60076-5.
- UNE 20182.
- UNE 21538.

Con el fin de asegurar la protección contra contactos directos con las parte bajo tensión escogemos uno con envolvente de protección IP31 e IK7.

El circuito magnético se realiza con chapa de acero al silicio, mientras que las bobinas de baja y media tensión están realizadas por una banda de aluminio y un hilo de aluminio o cobre aislado respectivamente.

En cuanto al sistema de encapsulado, es de clase F la cual se compone de:

- Resina époxy a base de bisfenol A.
- Un endurecedor anhíbrido modificado por un flexibilizador que garantiza una resistencia térmica y mecánica excelentes.
- Una carga activa compuesta de sílice y básicamente de alúmina trihidratada, que refuerza la calidad mecánica del encapsulado y es un gran disipador de calor.

Las principales parámetros del mismo vienen dados en la siguiente tabla:

Parámetro	Valor
Potencia asignada	800 kVA
Tensión primaria	15 kV
Tensión secundaria	420 V
Grupo de conexión	Dyn11
Pérdidas en vacío	1300 W
Pérdidas debida a la carga	8000 W
Tensión de cortocircuito	6%

Tabla3.5.5. Características eléctricas del transformador.

El grupo de conexión formará una estrella en el secundario, que se conectará a tierra a través de una impedancia.

3.5.6. Puesta a tierra

Debido a la tensión de defecto que puede aparecer en la instalación de alta tensión se crearán dos redes de puesta a tierra para el Centro de Transformación.

La primera de ellas drena las corrientes de falta que puedan aparecer en los equipos instalados y en las superficies metálicas accesibles que en explotación normal no se encuentran en tensión. Además se encuentra la malla electrosoldada debajo del Centro de Transformación, cuyo grosor es de 4mm, con unas dimensiones de 300x300 mm, y la cual se instala a una profundidad de 100 mm del suelo final. La malla se conecta a dos picas de puesta tierra al menos. El electrodo se unirá a la red de puesta a tierra mediante un cable de cobre de aislamiento 0,6/1kV y 120 mm² de sección.

La segunda se trata de la puesta a tierra impedante de los transformadores, de forma que en este caso el electrodo de puesta a tierra de esta red estará separado a una distancia mínima de los electrodos de las demás puestas a tierra para evitar la posible puesta en tensión de los elementos de la otra red en caso de falta en la red de alta tensión.

3.5.7. Edificio prefabricados de hormigón

Se trata de un edificio de la serie EHC realizado en fábrica permitiendo la instalación de toda la aparamenta y accesorios que componen el centro de transformación y el cual no necesita cimentación.

Este edificio cuenta con una armadura de mallazo electro soldado, gracias a un sistema de unión de los diferentes elementos del mismo, que establecen la equipotencialidad.

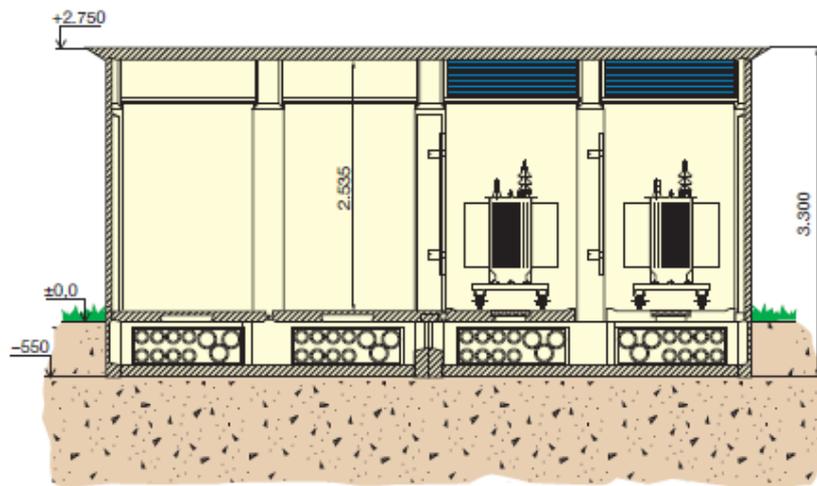
Las puertas y rejillas de ventilación no están conectadas al sistema equipotencial, ya que entre ellas existe una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (UNE-EN 61330).

Dentro de la gama de transformadores, se ha escogido un EHC T2 con el fin de que pueda albergar 2 transformadores, con vistas a que, en caso de ampliar las instalaciones del centro, se pueda disponer de otro transformador en la misma ubicación y aprovechando las canalizaciones realizadas para la conexión de éste.

Así el modelo del edificio que se instala es el EHC-6 T2D, en la que los transformadores están colocados a la derecha del mismo. Se componen de espacios para una celda de entrada (interruptor), una celda de protección por disyuntor, una celda de medida, dos celdas de protección de fusibles un cuadro de contadores, y dos transformadores (aunque sólo instalamos uno).

Debido a la falta de planos en formato CAD, del catálogo tenemos:

Sección EHC-6 T2D



Planta EHC-6 T2D

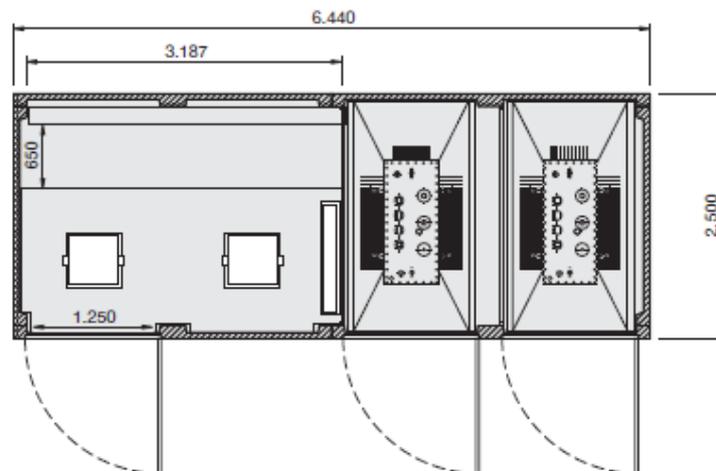


Figura 3.5.7. Edificio prefabricado de hormigón.

3.6. Suministro de Emergencia

De acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su artículo 10, se establecen 3 tipos de suministros complementarios respecto del principal de la instalación, y que son:

- Suministro de socorro: potencia mínima del 15% del total previsto para el suministro normal.
- Suministro de reserva: potencia mínima del 25% del total previsto para el suministro normal.
- Suministro duplicado: potencia mínima del 50% del total previsto para el suministro normal.

Atendiendo al ITC-BT-28 referido a locales de pública concurrencia, es necesario la instalación de un suministro complementario de reserva.

Por ello, se ha incluido en la instalación de la clínica un suministro de emergencia mediante un grupo electrógeno, el sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) y la iluminación de emergencia ya descritos en la memoria.

3.6.1. Grupo Electrónico

Son equipos que están constituidos principalmente por motores de combustión interna que mueven un generador síncrono. Son esenciales en aquellas instalaciones en los que se requiere de un suministro continuo como es el caso de nuestra clínica, sobre todo en aquellas salas en las que la pérdida de suministro conlleva a la puesta en peligro de la salud del paciente.

Así, los elementos de los que se compone el grupo electrónico son los siguientes:

- Motor de combustión: tipo diésel debido a su mayor eficiencia y emisiones de CO₂
 - Sistema de arranque: a través de un motor eléctrico de 24 V_{cc}. Dicho motor está abastecido por un sistema de baterías que son recargadas a través del alternador.
 - Sistemas auxiliares: dispone de un sistema de regulación electrónico de velocidad que permite mantener la frecuencia de la red, además de sistemas de control de presión de aceite, de temperatura del líquido refrigerante entre otros.
 - Sistema de ventilación: El aceite que recorre el motor no sólo lubrica sino que extrae el calor del mismo hacia el agua que lo recorre y que mediante ventiladores expulsan el calor fuera del grupo electrónico.
- Alternador: es el aparato encargado de transformar la energía mecánica del motor en energía eléctrica. Se trata de una máquina eléctrica síncrona de 4 polos, auto excitada, sin anillos ni escobillas rosantes. Es auto-regulable de forma electrónica con una tensión constante de ±5%. Su conexión será en estrella con neutro accesible.
- Acoplamiento: Se trata de la unión mecánica entre el motor y el alternador. Para nuestro caso, se trata de un acoplamiento a través de monopalier directo con discos de acero flexible abulonados.
- Cuadro de control: Con dos funciones, una manual y la otra automática:
 - Manual: recoge y muestra por pantalla las señales de los sensores del grupo electrónico (tensión, carga, frecuencia, nivel de combustible) así como los avisos acerca de las protecciones y acerca del mantenimiento del sistema.
 - Automática: El encargado de activar y desactivar el grupo electrónico cuando detecta la pérdida y recuperación de tensión en la instalación
 - Interruptor automático: Es el encargado de ejecutar los disparos de las protecciones del generador. Se encuentra en el cuadro de control.
- Batería de acumuladores: Baterías de plomo ácido con capacidad de cinco maniobras de arranque consecutivas.
- Cargador de la batería de los acumuladores: el encargado de mantener el nivel de carga más alto posible en las baterías. Conmuta de forma automática entre la red y generador para obtener el suministro eléctrico necesario.
- Depósito de combustible: Contiene una bomba, conexión para el llenado y llave de paso.
- Bancada: asegura la alineación correcta de las distintas partes del grupo, especialmente entre el motor y alternador. Bajo la misma se sitúan los anti-vibratorios para asegurar el correcto funcionamiento de del grupo.
- Tuberías de gases de escape: formadas por el colector de escape, el silenciador atenuador para evitar el alto nivel de ruidos, tuberías y bridas de adaptación al motor; y dos chimeneas calorifugadas y forradas de aluminio.
- Filtros: para el aire de entrada, gasóleo y aceite.

Para la clínica, hemos escogido un grupo electrónico con las siguientes características:

Parámetro	Valor
Potencia en régimen continuo	350 kVA
Potencia en régimen de emergencia	375 kVA
Velocidad de giro	1.500 rpm
Tensión nominal	400/230 \pm 5% V
Clase de aislamiento	H
Índice de protección	IP 21

Tabla 3.6.1. Especificaciones Grupo Electrónico

De acuerdo con la norma UNE-EN 60947-6-1 la unidad de conmutación es autónoma teniendo alimentación desde la red y Grupo Electrónico. Se trata de un proceso de conmutación de corte largo ya que la interrupción será superior a 15 s.

3.6.2. Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI)

Es un sistema que almacena energía en baterías y es capaz de proporcionar energía eléctrica durante un corte de suministro, así como acondicionar la instalación filtrando las sobretensiones o sub-tensiones y la distorsión armónica presente en la red. Además, protegen a los equipos electrónicos sensibles o de especial interés.

Existen diferentes configuraciones:

- **Configuración offline sin AVR:** es la más básica, de menor precio y más extendida para pequeñas cargas que requieren protección relativa. En su funcionamiento normal, el sistema de baterías se encuentra conectado a un medidor de nivel de carga que mantiene la carga al máximo. Al producirse una bajada de tensión, el conmutador desconecta la carga y la batería de la red, y cierra el circuito del inversor, quedando la carga alimentada a través de la batería. En este caso el corte de suministro es de menos de 10 ms.
- **Configuración Line Interactive con AVR:** esta disposición contiene un autotransformador con varias tomas regulables. Permite, mediante la regulación de las tomas, acondicionar la tensión frente a perturbaciones como sobretensiones o sub-tensiones sin necesidad de descargar el sistema de baterías. A través del regulador automático de tensión AVR cuando se produce un fallo en el suministro de red, este dispositivo aumenta la aportación por parte de la baterías, las cuales se encuentran conectadas a la red y a la carga; evitándose así que se produzca ningún corte para la carga.
- **Configuración Online de doble conversión:** proporciona mayor seguridad de funcionamiento y es especialmente aconsejada para equipos muy sensibles, puesto que aísla completamente la carga de la red. Las baterías se encuentran conectadas permanentemente a la carga asegurando el suministro continuo de forma que, en funcionamiento normal, la carga se alimenta desde la red a través de un sistema rectificador/inversor eliminando interferencias de sobretensión o frecuencias existentes en la red.

En caso de fallo en el suministro, la batería aporta toda la energía necesaria sin necesidad de conmutador en el circuito de potencia. El cargador de la batería y el rectificador, mediante diodos, impiden la alimentación desde la batería a la red general para evitar la descarga rápida

de la batería.

Cuando la tensión se recupera, el rectificador retoma la mayor parte de la corriente y comienza a cargarse la batería.

Debido a su mayor calidad de suministro, hemos escogido la configuración Online de doble conversión. La distorsión armónica de los equipos no superará el 5% en tensión (THD) o el 5% en corriente en la red suministrada ni el 5% en tensión y 8% para corriente en la red del SAI. Su capacidad de suministro tal y como se describe en la ITC-BT 38 ha de ser dos horas por lo menos.

El SAI va destinado a salas de quirófanos, salas de odontología, ortodoncia y periodoncia, salas con equipos sensibles y en alumbrado de emergencia.

Además se instala SAI panelables para repartidores de voz-datos y otros de baja capacidad para los equipos informáticos.

3.7. Acometida.

La acometida a la red, propiedad de la empresa Sevillana Endesa se realiza a través del Centro de Llegada- Seccionamiento-Medida y Reparto que recibe los cables subterráneos de 20 kV de tensión y con frecuencia de 50 Hz. En el Centro de Llegada se incluye un acceso directo para los operarios de Sevillana-Endesa separado de las celdas de alta tensión de reparto para el centro de Transformación, que son propiedad de la clínica. Alimenta la caja general de protección y su regulación viene dada por la ITC-BT-11. Los conductores serán de aluminio enterrados bajo tubos, aislados y con tensión asignada de 0.6/1 kV.

3.8. Cuadro General de Baja Tensión.

Tal y como se establece en la ITC-28 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, debe estar situado lo más próximo posible al Centro de Transformación y al grupo electrógeno, de forma que se ha ubicado en el sótano del edificio en un recinto adecuado a sus características.

Del cuadro partirán las líneas de alimentación a los aparatos receptores o a las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución, ubicados por plantas de forma que un fallo en la instalación afecte lo menos posible al desarrollo de las actividades del centro.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, según la norma han de ser:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permite su accionamiento manual y que dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.
- Un interruptor diferencial general, para proteger contra contactos indirectos (salvo ITC-24)
- Dispositivos de corte omnipolar, para protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada circuito.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones según ITC-23.

Puesto que se trata de una instalación en la que se instala un interruptor diferencial por cada grupo de circuitos, se ha prescindido del interruptor diferencial general.

Por otro lado, debido a que se han instalado estos interruptores en serie, tienen una selectividad entre ellos, teniéndose que cumplir lo siguiente:

- El tiempo de no actuación del diferencial instalado aguas arriba es superior al tiempo total de operación del diferencial situado aguas abajo.
- La intensidad diferencial-residual del diferencial situado aguas arriba es superior a la del diferencial situado aguas abajo, asegurando así que el corte de suministro sólo afecta al circuito que sufre dicho defecto, sin interferir en el resto de la instalación.

En el apartado de cálculos viene especificado con detalle cada uno de los dispositivos instalados.

3.9. Red de distribución.

Tal y como se ha especificado, el origen de la red es el Cuadro General de B.T. del que salen los distintos circuitos a los cuadros secundarios de distribución. La división de circuitos se ha realizado de forma que las perturbaciones originadas por averías afecten a la menor parte posible de la instalación por lo que se ha dividido en los siguientes circuitos:

- Alumbrado interior.
- Alumbrado de emergencia.
- Fuerza general, tomas de corriente.
- Aparatos elevadores.
- Áreas de Radiología: RX1, RX2, Resonancia, Ecógrafo, Ortopantógrafo; en la planta Semi Sótano.
- Ortodoncia: Gabinetes, en la planta Segunda.
- Odontología: Gabinetes, en la planta Segunda.
- Periodoncia: Gabinetes, en la planta Segunda.
- Orto y TAC, en la planta Segunda.
- Laboratorio y esterilización, en la planta Segunda.
- Gabinetes en la planta Bajo Cubierta.

En cada uno de estos cuadros se disponen los correspondientes dispositivos de mando y protección. En el apartado de cálculos vienen especificado con detalle los elementos que lo componen y sus magnitudes de servicio.

3.10. Cuadros secundarios.

Tal como se ha dicho, debido a la magnitud de la instalación, y con el fin de evitar la interrupción de la actividad del centro ante un posible fallo eléctrico, la instalación se ha dividido instalando cuadros secundarios por cada una de las plantas.

De acuerdo a lo dispuesto en la Guía de Diseño de Centros de Atención Primaria, los cuadros secundarios están colocados en las escaleras, identificados con rótulos en los que se indican los circuitos que se maniobran desde él.

Debido a alta potencia demandada por los equipos médicos en determinadas estancias, hemos decidido instalar cuadros secundarios que soporten dicha potencia, tal y como se procede en los quirófanos, como medida de seguridad en caso de que el fallo en la instalación se produzca cuando un paciente se encuentra siendo atendido en dicha estancia.

Concretamente, estos cuadros secundarios se encuentran en la planta semisótano, segunda y bajo cubierta, e irán colocados en:

- Gabinetes de Ortodoncia: Un cuadro secundario por cada gabinete para soportar las sillas de tratamiento y las tomas de fuerza.
- Gabinetes de Odontología: Un cuadro secundario por cada gabinete para soportar las sillas de tratamiento y las tomas de fuerza.
- Gabinetes de Periodoncia: Un cuadro secundario por cada gabinete para soportar las sillas de tratamiento y las tomas de fuerza.

- Orto y TAC: Para acometer la potencia demandada por los equipos destinados a ese tratamiento.
- Laboratorio: Debido a la alta cantidad de equipos.
- Esterilización: Debido a la alta cantidad de equipos.

Estos cuadros van ubicados en el interior de los mismos locales, próximos a sus puertas de salida.

Cada uno de los cuadros llevan tapa y cerradura maestreada, y en su interior dispondrán de:

- Protección magnetotérmica contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Protección contra contactos indirectos a través de interruptores diferenciales.

En los siguientes epígrafes se detalla la subdivisión de los cuadros secundarios.

3.10.1. Subdivisión de los cuadros eléctricos

De cada uno de los cuadros secundarios, parten los distintos circuitos de alimentación a los receptores correspondientes. La distribución es la siguiente:

- Para los cuadros secundarios de cada planta, se han dividido a su vez, en varios agrupamientos por zonas. Cada agrupamiento estará destinado a alumbrado, alumbrado de emergencia y tomas de fuerza.

De cada uno de los agrupamientos parten tres circuitos, uno por cada fase R, S y T, que darán abastecimiento de energía a un grupo de luminarias o tomas de fuerza.

- Los cuadros secundarios destinados al abastecimiento de salas especiales (rayos X, resonancia, ecografía, ortopantografía, ortodoncia, odontología, periodoncia, orto y tac y gabinetes extras), tienen dos líneas, siendo una de ellas trifásica para el abastecimiento del equipo médico; y la otra para las tomas de fuerza de dicha sala, asignándole de forma ordenada, la fase que le corresponde.
- Los cuadros secundarios del laboratorio y esterilización, al ser dos salas lo suficientemente grande como para incluir las tres fases, se dividen, por tanto, en tres circuitos de tomas de fuerza.
- Los cuadros secundarios de los quirófanos, como forma de introducirlos en la instalación, pero sin entrar en detalle, se le ha asignado una toma de fuerza con una potencia instalada estimada.

De esta manera, quedan repartidas cada una de las líneas de abastecimiento de energía para las necesidades de la clínica.

En el tomo de planos, vienen especificados cada uno de los circuitos con la potencia demandada por cada uno de ellos. A continuación describimos la nomenclatura utilizada:

- Los cuadros secundarios vienen nombrados con las siglas CS. seguido del nombre de la planta o sala especial. Por ejemplo:

CS. Planta Primera

C.S. RX1

Para las salas especiales de la segunda planta y bajo cubierta, se han nombrado de la siguiente forma. Por ejemplo:

Tipo cuadro	Planta	Número de cuadro
CS	P2: Segunda Planta BC: Bajo cubierta	X

Tabla 3.10.1.1. Nomenclatura cuadros secundarios de salas especiales

- Las líneas de agrupación de circuitos vendrán nombradas por:

Planta	Tipo de agrupación	Número de agrupación
S: Sótano SS: Semisótano PB: Planta Baja P1: Primera Planta P2: Segunda Planta BC: Bajo cubierta	Alumbrado Emergencia Fuerza	X: Número de agrupación

Tabla 3.10.1.2. Nomenclatura de las agrupaciones de circuitos

- Los circuitos para los receptores de las distintas plantas vendrán dado por las siguientes siglas:

Planta	Tipo de circuito	Fase
S: Sótano SS: Semisótano PB: Planta Baja P1: Primera Planta P2: Segunda Planta BC: Bajo cubierta	X: Número del circuito + Nada: Alumbrado E: Alumbrado Emergencia F: Fuerza	R S T

Tabla 3.10.1.3. Nomenclatura de los circuitos

El resto de circuitos que no están aquí especificados es debido a que su nombre describe perfectamente el circuito.

Todos los circuitos de distribución están constituidos por las tres fases, neutro y tierra para el caso de circuitos trifásicos, mientras que para las distribuciones monofásicas están constituidos por la fase, neutro y tierra.

3.11. Equilibrado de cargas

De forma que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forma la instalación, tal y como hemos descrito en los epígrafes anteriores, la misma ha quedado repartida entre sus fases. De manera que el reparto de cargas monofásicas es:

EQUILIBRADO DE FASES	
FASE	POTENCIA (W)
R	37,043.50
S	37,231.50
T	36,979.50

Tabla 3.11.1 Equilibrado de fases

3.12. Instalaciones de enlace

3.12.1. Caja de protección y medida (CPM)

Se trata del elemento en el que tenemos la caja de protección y el equipo de medida de forma conjunta, puesto que el suministro de energía de nuestra instalación es el de un único usuario. Por ello, el fusible de seguridad colocado antes del contactor coincide con el que incluye una Caja General de Protección (CGP).

Está ubicada en la fachada exterior de la clínica de acuerdo con lo establecido por Sevillana Endesa, y teniendo presente que sea de acceso permanente.

Como establece la norma está colocada en un nicho en pared con las dimensiones indicadas en el documento ONSE-E.M. 01.03. , cerrada por una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 09 según la UNE-EN 50.102, y revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno. Protegida contra la corrosión, disponiendo de cerradura normalizada por Sevilla Endesa. Los dispositivos de lectura de los equipo de medida deberán estar situados a una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m.

Las cajas de protección y medida vienen diseñadas por las especificaciones técnicas de Sevillana Endesa, en cuyas normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de 2005 se dice lo siguiente:

Las CPM cumplirán todo lo indicado en la norma UNE-EN 60.439-1, con grado de inflamabilidad según lo indicado en la UNE-EN 60.439 3, y con un grado de protección IP43 según la norma UNE-20.324 e IK09 según UNE-EN 50.102; siendo ésta precintable.

Los cables que llegan a los bornes del contador deben ser de cobre.

La envolvente tiene la ventilación interna que garantiza la no formación de condensaciones y, en la medida de lo posible, evite la entrada de insectos. Y el material transparente para la lectura es resistente a la acción de los rayos ultravioletas.

Las caja a emplear, y recogida en la Norma ONSE 33.70-10, es la C.P.M. 2-D4, la cual es apta para instalar en su interior un contador trifásico, reloj de cambio de tarifas, cuatro bases portafusibles y bornas de conexión.

3.12.2. Derivación Individual

Es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y medida, suministra la energía eléctrica a una instalación de usuario. En ella se reúnen los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Está regulada por la ITC-BT-15.

Se inicia en el embarrado general y comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección.

Los conductores que utilizamos en la derivación individual son de cobre, con aislamiento XLPE y unipolares, cuya tensión asignada es de 0,6/1 kV. Se instalan en conductos de obra, debido a las dimensiones de los mismos, y los cuales tienen protección contra el fuego y son no propagadores de incendio, ni emisores de humo y con opacidad reducida.

La caída de tensión máxima admisible para este tipo de derivación individual es del 1,5%.

Los conductos tendrán una sección nominal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%. El conducto de obra estará fabricado con paredes de resistencia al fuego RF 120, preparado para este fin únicamente, que irá empotrado al hueco de las escaleras.

Las dimensiones mínimas de la canaladura, serán de una profundidad de 0,65 metros.

La altura mínima de las tapas de registro será de 0,30 m y su anchura igual a la de la canaladura. Su parte superior queda instalada de forma que se encuentre mínimo a 0,20 m del techo.

3.12.3. Contadores

Está ubicado en el CGBT en un módulo con tapa precintada y tendrán un grado de protección mínimo de IP40; IK 09; y el cual ha de disponer de ventilación interna para evitar condensaciones sin que disminuya su capacidad de protección.

Están diseñados de manera que permita de forma directa la lectura de los contadores e interruptores horarios, así como el resto de dispositivos de medida, Las partes transparentes deben ser resistentes a los rayos ultravioleta.

La derivación tiene asociada en su origen su propia protección compuesta por fusibles de seguridad instalados antes del contador y se coloca en cada uno de los hilos de fase que van al mismo con su adecuada capacidad de corte en función de la máxima intensidad de cortocircuito. Estará precintado por ENDESA.

El resto de características vendrán especificadas por Sevillana Endesa.

3.12.4. Dispositivos Generales e Individuales de mando y protección

Se sitúan lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual y constituyen el origen de la instalación interior.

Al tratarse de un edificio de pública concurrencia se toman las medidas necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general. Y están colocados a 1.5 m, desde el nivel del suelo, de acuerdo a lo establecido en la norma.

Las envolvente de los cuadros se ajustan a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. La envolvente para el interruptor de control de potencia es precintable.

Atendiendo a la norma, se fija una placa sobre el cuadro en la que se encuentra impresa, de forma indeleble, la marca comercial, fecha de la instalación y la intensidad asignada del interruptor general automático, que en nuestro caso es de 630 A.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección son:

- Interruptor general automático de corte omnipolar, de 630 A, el cual permite su accionamiento manual y está dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos, tal y como lo establece la ITC-BT-22.
- Un interruptor diferencial general destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24).
- Dispositivos de corte omnipolar, para evitar sobrecargas y cortocircuitos.

Por otro lado, todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, se interconectan y se unen por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

3.13. Instalaciones interiores

3.13.1. Conductores

Los conductores utilizados son de cobre con tensión asignada de 0,6/1 kV y cuyas secciones vienen determinadas de forma que las caídas de tensiones sean las correspondientes a las requeridas para cada uno de los circuitos que conforman la instalación: del 3% para circuitos de alumbrado y del 5% para el resto, pudiéndose compensar el valor del mismo entre la instalación interior y la de la derivación individual (la cual dijimos que era del 1,5%).

Como puede comprobarse en la sección de cálculos, las caídas de tensión se cumplen para cada uno de los circuitos.

En la norma se indica que en las instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del neutro ha de ser como mínimo igual al de las fases.

Se ha seguido por tanto la siguiente tabla a la hora de establecer las secciones de los conductores de protección:

Sección conductores de fase (mm ²)	Sección conductores de protección (mm ²)
$S_f \leq 16$	S_f
$16 < S_f \leq 35$	16
$S_f > 35$	$S_f/2$

Tabla 3.13.1.1 Secciones conductores de protección

3.13.2. Identificación de conductores

Han de ser fácilmente identificables, y de manera especial, los conductores de neutro y de protección, cuyos colores vienen asignados por el que presenten sus aislamientos. Para el neutro usaremos el color azul claro, y el de protección verde-amarillo.

Por otro lado, para los conductores de fase se identifican por marrón, negro y gris.

3.14. Sistemas de instalación

3.14.1. Prescripciones generales

Las canalizaciones de los circuitos eléctricos discurren por las zonas comunes del edificio (vestíbulos y salas de espera, circulaciones y pasillos). Por estas zonas los circuitos recorrerán el edificio por bandeja perforada recorriendo el falso techo de las diferentes plantas, con una distancia mínima de 3 cm respecto al resto de instalaciones.

Una vez en el interior de cada estancias, los conductores irán bajo tubos protectores.

Se disponen de forma que sea fácil su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Y en las canalizaciones irán identificadas los diferentes circuitos para cumplir tal fin.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de muros, tabiques y techos, se evita el uso de empalmes o derivaciones de cables, protegiéndolos contra deterioros mecánicos, acciones químicas y efectos de humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de interruptores, tomas de fuerza, reguladores, etc, instalados en locales húmedos como cocinas, aseos y cuartos de instalaciones, son de material aislante.

3.14.2. Conductores aislados bajo tubos protectores

En el interior de cada una de las estancias, para las tomas de fuerza se utilizarán canalizaciones mediante tubos empotrados en los muros, techos y divisiones interiores con de cables con aislamiento XLPE y de tensión asignada 0,6/1 kV.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y sección de los conductores se han

obtenido a partir de las tablas de la ITC-BT-21.

Para la ejecución de las canalizaciones, se han tenido en cuenta las siguientes prescripciones generales:

- El trazado de las canalizaciones ha de seguir líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unen entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente pueden ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos han de ser continuas y sin provocar reducción de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo son los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN.
- Ha de ser posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y los accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que entramos rectos no pueden estar separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no pueden ser superiores a 3. Los conductores se alojan en los tubos después de que éstos sean colocados.
- Los registros deben estar destinados solamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos y/o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se han de realizar en el interior de cajas apropiadas de material aislante y que sean no propagadores de llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas son tales que permiten alojar de forma holgada todos los conductores que debe contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, ha de tenerse en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se tiene que elegir convenientemente el trazado de la instalación, previendo la evacuación y establecimiento de una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica debe quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- Para los conductores de protección o de neutro no podrán usarse tubos metálicos.

Puesto que los tubos se colocan empotrados, se tienen que tener en cuenta de forma adicional las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos del edificio, las rozas no pueden poner en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas han de ser suficientes para que los tubos queden recubiertos, al menos, por una capa de 1 cm de espesor. En los ángulos, dicho espesor puede ser de 0,5 cm.
- Los tubos de las plantas inferiores no pueden instalarse entre el forjado y el revestimiento.
- Para la instalación en cada planta, sólo puede instalarse los tubos entre el forjado y el revestimiento si quedan recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 cm de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En cambios de dirección, los tubos o se curvan o deben estar provistos de codos o "T" apropiados,

pero para este caso sólo se admiten los provistos de tapas de registro.

- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedan accesibles y desmontables una vez finalizada la obra, y enrasadas con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- Los recorridos horizontales en paredes deben ser a 50 cm como máximo del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos de las esquinas no superiores a 20 cm.

3.15. Protección contra sobreintensidades

Se han tomado las medidas necesarias para que cada uno de los circuitos se encuentre protegido contra los efectos de las sobreintensidades, cuya respuesta ha de tener lugar en el tiempo conveniente y dimensionado para aquellas que sean previsibles.

Las sobreintensidades pueden venir provocadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos conectados o defectos de aislamiento.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Para las sobrecargas, usamos una protección para la cual el límite de intensidad de la corriente admisible en un conductor ha de quedar garantizada por el dispositivo de protección usado.

Para los cortocircuitos aquellos que tengan una capacidad de corte de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión.

3.16. Protección contra sobretensiones

3.16.1. Categorías de las sobretensiones

Estas categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben tener los equipos, determinando al mismo tiempo, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar daños a los mismos.

Son 4 las categorías que existen, indicando en cada una la tensión soportada a impulsos en kV.

Tensión nominal instalación		Tensión soportada a impulsos 1.2/50 (kV)			
Sistemas III	Sistemas II	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400	230	6	4	2.5	1.5
400/690 1000		8	6	4	2.5

Tabla 3.16.1.1. Tabla categorías de sobretensiones

- **Categoría I:** referida a equipos muy sensibles a sobretensiones y destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores y equipos electrónicos muy sensibles). Las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, en instalación fija o entre ésta y los equipos, para limitar las sobretensiones a cierto nivel.

- **Categoría II:** Destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).
- **Categoría III:** Aplicada a equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y otros equipos que requieren alto nivel de fiabilidad como los armarios de distribución, embarrados, aparamenta, canalizaciones y accesorios, y motores de conexión eléctrica fija.
- **Categoría IV:** aplicada a equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos a él, aguas arriba del cuadro de distribución, como contadores, aparatos de telemedida y equipos principales de protección contra sobretensiones.

3.16.2. Medidas para el control de las sobretensiones

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- **Situación natural:** en este caso no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, ya que el riesgo de sobretensión previsto es bajo debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad. En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra sobretensiones transitorias.
- **Situación controlada:** en este caso si se precisan la protección contra sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, al alimentarse la instalación, o por incluirse, una línea aérea de conductores desnudos o aislados.

También se considera situación controlada aquella situación natural en que conviene incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad del servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

Los dispositivos contra contacto sobretensiones de origen atmosféricos deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevén instalar.

3.16.3. Selección de materiales de la instalación

Deben escogerse de forma que la tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita por la tabla anterior.

3.17. Protección contra contactos directos e indirectos

3.17.1. Protección contra contactos directos

- ✓ **Protección por aislamiento de las partes activas:** recubriendo éstas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.
- ✓ **Protección por medio de barreras o envolventes:** En este caso las partes activas están situadas en el interior de envolventes y con grado de protección mínimo IP XXB, según UNE 20.324. En caso de necesitar aberturas mayores para reparación de piezas o buen funcionamiento de equipos, se adoptan las precauciones apropiadas para impedir que los pacientes toquen partes activas.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes se fijan de manera segura y con una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas

En caso de tener que suprimir las barreras, abrir envolventes o quitar partes de éstas, debe ser

posible con más que:

1. bien con ayuda de una llave o herramienta.
 2. o bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o envolventes;
 3. o bien, si hay un segunda barrera interpuesta que posee, mínimo, el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o herramienta e impida todo contacto con las partes activas.
- ✓ **Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual:** destinada a complementar otras medidas contra contactos directos.

3.17.2. Protección contra contactos indirectos

Se consigue mediante “corte automático de la alimentación”. Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

3.18. Puesta a tierra

Su función es la de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo de una avería en los materiales eléctricos conectados.

Consiste en una unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de ellos enterrados en el suelo.

Mediante esta instalación ha de conseguirse que en el conjunto de la instalación y alrededores, no aparezcan diferencias de potencial peligrosos y que, al mismo tiempo, permita el paso de corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico a tierra.

La elección e instalación de los materiales que aseguran la puesta a tierra han sido tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra está conforme con las normas de protección y funcionamiento de la instalación, manteniéndose a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y corrientes de fuga pueden circular sin peligro desde el punto de vista de las solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez de la protección mecánica está asegurada con independencia de las condiciones de influencias externas.
- Contempla los posibles riesgos debidos a la electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

3.18.1. Uniones a tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras, tubos;
- Pletinas, conductores desnudos
- Placas;

- Anillos o mallas metálicas constituidas por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

En este caso se han usado 3 picas verticales de acero recubierto de cobre de 14mm de diámetro y de 2 m de longitud, teniendo en cuenta que la resistividad del terreno, para nuestro caso es de 120 ohmios x m.

Estos conductores de cobre serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

3.18.1.1. Conductores de tierra.

En nuestra instalación se usan conductores de cobre desnudos con una sección de 35 mm² y colocados una profundidad de 0,8 metros.

3.18.1.2. Bornes de puesta a tierra

Es a donde se unen:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional.

Sobre los conductores de tierra y en lugares de fácil acceso se han previsto los dispositivos que nos permiten medir la resistencia de toma de tierra, el cual está combinado con el borne principal de tierra. Éste tiene que ser mecánicamente seguro, asegurando la continuidad eléctrica y además debe ser desmontable por medio de un útil.

3.18.1.3. Conductores de protección.

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Deben tener una sección mínima igual a la fijada en la tabla 3.12.1.1 ya indicada en secciones anteriores.

3.18.2. Conductores de equipotencialidad

Según se especifica en la norma, para los conductores de equipotencialidad su sección debe ser no inferior a la de la mitad del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm², aunque si es de cobre puede ser reducida a 2,5 mm².

La unión de equipotencialidad puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

3.18.3. Resistencia de las tomas de tierra

El valor de resistencia de tierra ha de ser tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

En caso de tensiones de contacto superiores a estos valores, se asegura la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte.

La resistencia de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, así como de la profundidad.

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de ellas no alcance una tensión superior a 50 V (respecto a un punto de potencial vero), cuando circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

3.18.4. Separación de las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación

Hay que tener especial cuidado en verificar que las masas puestas a tierra en la instalación, así como los conductores de protección asociados a éstas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas del centro de transformación, con el fin de evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el CT, las masas de la instalación sufran tensiones de contacto peligrosas.

En nuestro caso, las tomas de tierra entre masas de la instalación y la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación; son independientes ya que se cumplen lo siguiente:

- No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de aguas, gas, etc.) que una la zona de tierras del CT con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- La distancia entre las tomas de tierra del CT y la de la clínica es, al menos 15 metros.
- El CT está situado en un recinto aislado.

3.18.5. Revisión de las tomas de tierra

La importancia que tiene la instalación de toma de tierra desde el punto de vista de la seguridad hace que deba ser comprobada de forma obligatoria por el Director de la obra o por un instalador autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha.

Como mínimo la instalación se revisa de forma anual por un personal técnicamente competente y en la época en la que el terreno esté más seco.

En aquellos lugares del terreno en los que no permita una buena conservación de los electrodos, éstos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos, una vez cada cinco años.

3.19. Pararrayos

De acuerdo con al Documento Básico SUA, la instalación de un sistema de protección contra rayos es obligatorio, dado que en la clínica se manipulan sustancias altamente inflamables, así como uso de aparatos de radiología y altas potencias.

Para establecer las características de los mismos se hace uso de la norma UNE 21 186, en donde se especifica que este sistema depende de la probabilidad de impacto de rayo en la estructura, su gravedad y las consecuencias que serían aceptables.

A su vez está sujeta por los siguientes documentos:

UNE 20460-4-41:1990- Instalaciones eléctricas en edificios. Protección para garantizar la seguridad.

Protección contra los coques eléctricos.

UNE 21302-826:1991- Vocabulario electrotécnico. Instalaciones eléctricas en edificios.

3.19.1. Protección

La necesidad de protección viene dada por la densidad de caída de rayos en el lugar donde se encuentre el edificio, de forma que la probabilidad de que la clínica sea alcanzada por uno a lo largo del año es producto de la densidad de impactos por la superficie de captura equivalente.

3.19.1.1. Determinación de N_e y N_a

Se define el concepto de **frecuencia esperada de impactos**, N_e , mediante la siguiente expresión:

$$N_e = N_g * A_e * C_1 * 10^{-6} [n^\circ \text{ impactos/año}]$$

Donde:

- N_g : es la densidad de impactos sobre el terreno (n° de impactos/año km^2), cuyo valor es 1,5 dado por la figura 3.18.1.1.
- A_e : la superficie equivalente del edificio aislado en m^2 , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada punto del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

En nuestro caso esa área es de $A_e = 5662 \text{ m}^2$

- C_1 : el coeficiente relacionado con el entorno, que en nuestro caso al tratarse de un edificio aislado su valor es la unidad.

Situación del edificio	C_1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0.5
Rodeados de edificios más bajos	0.75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Tabla 3.19.1.1. Tabla del Coeficiente C_1

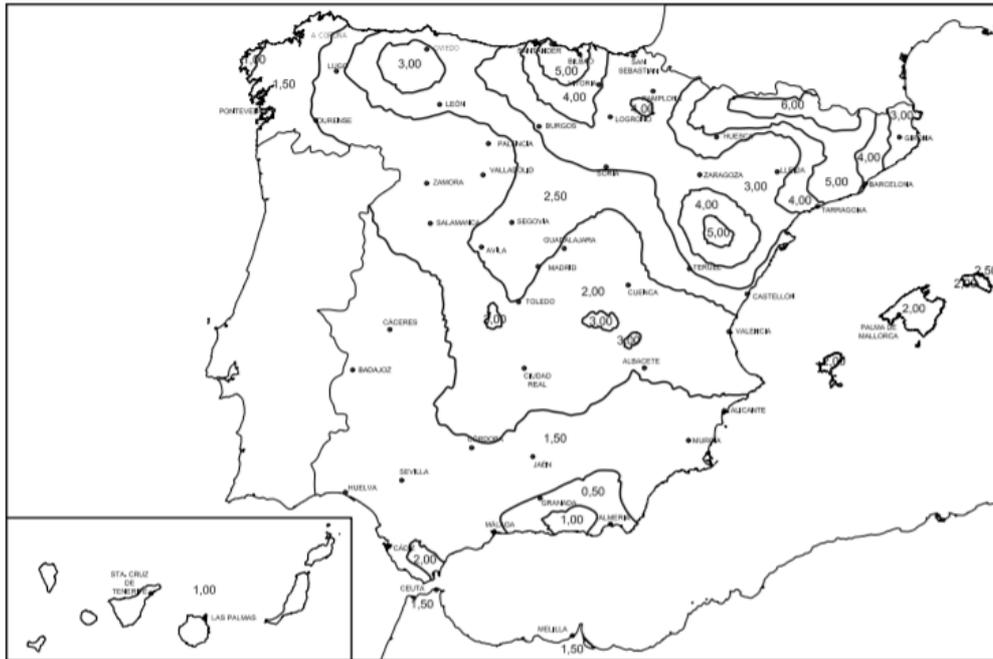


Figura 3.19.1.1 Mapa de densidad de impactos sobre el terreno N_g

Por tanto el valor de la frecuencia esperada es de:

$$N_e = 8.493 \times 10^{-3}$$

Por otro lado, N_a se define como la **frecuencia aceptable de rayos sobre una estructura**, la cual se define mediante la siguiente expresión:

$$N_a = \frac{5.5 \cdot 10^{-3}}{C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5}$$

Siendo:

- C_2 : coeficiente en función del tipo de construcción (tabla 3.18.1.2).
- C_3 : coeficiente en función del contenido del edificio (tabla 3.18.1.3).
- C_4 : coeficiente en función de la ocupación o uso del edificio (tabla 3.18.1.4).
- C_5 : coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio (tabla 3.18.1.5).

	Cubierta metálica	Cubierta hormigón	Cubierta madera
Estructura metálica	0.5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2.5
Estructura de madera	2	2.5	3

Tabla 3.19.1.2. Coeficiente C_2

	C_3
Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Tabla 3.19.1.3. Coeficiente C_3

	C_4
Edificios no ocupados normalmente	0.5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Tabla 3.19.1.4. Coeficiente C_4

	C_5
Edificio cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos,...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

Tabla 3.19.1.5. Coeficiente C_5

Por tanto el valor de este coeficiente en nuestra instalación será:

$$N_a = 1.22 \times 10^{-4}$$

3.19.1.2. Selección del nivel de protección

La comparación entre la frecuencia aceptable de rayos y el valor de la frecuencia esperada de rayos sobre la estructura nos permitirá definir el nivel de protección:

Como $N_e > N_a$ se confirma que debemos instalar un sistema de protección contra rayos.

En cuanto al tipo de instalación que se nos exige, se determina a partir de la eficacia, E , que se define a partir de la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 0.9856$$

Por tanto atendiendo a la siguiente tabla, comprobamos el nivel de protección requerido:

Eficiencia requerida	Nivel de protección
$E \geq 0.98$	1
$0.95 \leq E < 0.98$	2
$0.80 \leq E < 0.95$	3
$0 \leq E < 0.80$	4

Tabla 3.19.2.1 Componentes de la instalación

3.19.1.3. Composición del sistema de protección contra rayos

Está formado por una instalación exterior (IEPR) y por otra interior (IIPR) complementaria.

La instalación exterior se compone de los siguientes elementos unidos entre sí:

- a) Uno o más pararrayos con dispositivos de cebado (PDC).
- b) Uno o más conductores de bajada.
- c) Una junta de control por conductor de bajada (manguito seccionador o puente de comprobación).
- d) Una toma de tierra por conductor de bajada.
- e) Una o más uniones equipotenciales entre las tomas de tierra.

Y por otro lado la instalación interior se compone de:

- f) Una o más conexiones equipotenciales.
- g) Conductor de protección o equipotencialidad.
- h) Una o más barras de equipotencialidad.
- i) Uno o más protectores contra sobretensiones.
- j) Puesta a tierra.
- k) Borne de tierra.
- l) Conexión directa o con vía de chispas.

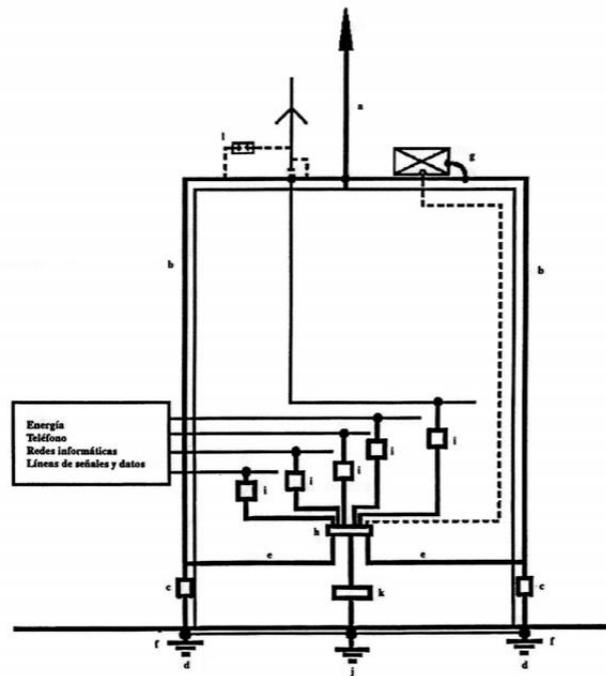


Figura 3.19.1.3.1. Composición sistema de protección contra rayos

3.19.2. Instalación exterior de protección contra el rayo (IEPR)

Para su diseño tenemos en cuenta el estudio previo que hemos hecho de las características de la clínica. Además hemos de determinar el emplazamiento de los pararrayos con dispositivo de cebado, el trazado de las bajantes y la ubicación y tipo de las tomas de tierra.

El PDC está compuesto por una o más puntas captadoras, dispositivos de cebado y un eje que soporta el sistema de conexión del conductor de bajada; y se instalará en la parte más elevada de la estructura de la clínica, siendo éste, el punto más elevado de la zona que protege.

El hecho utilizar un PDC es debido a su avance en el cebado.

3.19.2.1. Zona protegida

Está delimitada por una superficie de revolución que está definida por los radios de protección correspondientes a las diferentes alturas h consideradas y cuyo eje es el mismo que el del PDC.

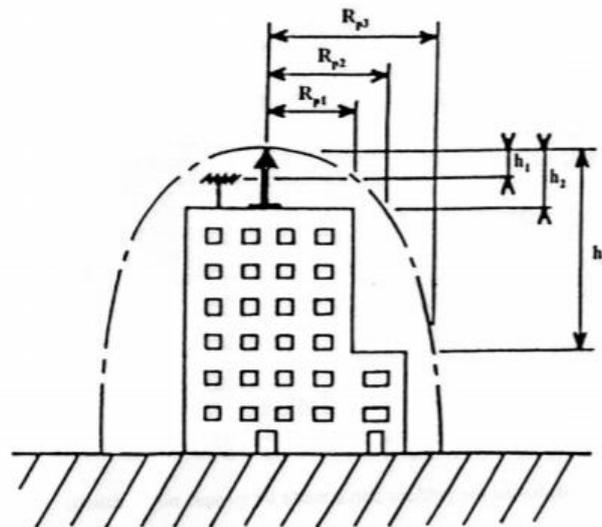


Figura 3.19.2.1.1. Radios de protección

Donde:

- h_n es la altura de la punta del PDC, con relación al plano horizontal que pasa por el punto más alejado perteneciente al elemento a proteger, que es este caso es el tejado de la clínica.
- R_{pn} es el radio de protección del PDC, para la altura considerada.

Este radio depende de la altura (h) en relación con la superficie a proteger, de su avance en el cebado y del nivel de protección elegido, que en este caso es el 1. Para obtener el valor del radio de protección hacemos uso del gráfico 3.18.2.1.2.

De él obtenemos que el valor del Radio de Protección es 25 metros, para una altura de 5 metros entre la punta del pararrayos y el plano horizontal del tejado que es donde está ubicado.

Las partes por las que fluye la corriente del rayo son de cobre y la punta tiene una sección conductora de 120 mm^2 .

3.19.3. Conductores de bajada

Conducen la corriente del rayo desde los receptores hasta las tomas de tierra, requiriéndose un solo bajante ya que la proyección horizontal del conductor no es mayor que su proyección vertical y el edificio es menor de 28 metros. El bajante es un cable de cobre de 50 mm^2 .

Su trayectoria se realiza de la forma más directa y rectilínea posible hacia la toma de tierra con radios de curvatura inferiores a 20 cm y protegidos de los choques mecánicos mediante un tubo de protección hasta una altura mayor de 2 metros a partir del suelo.

Cada conductor está provisto de un manguito seccionador que permite desconectar la toma de tierra a fin de efectuar la medición.

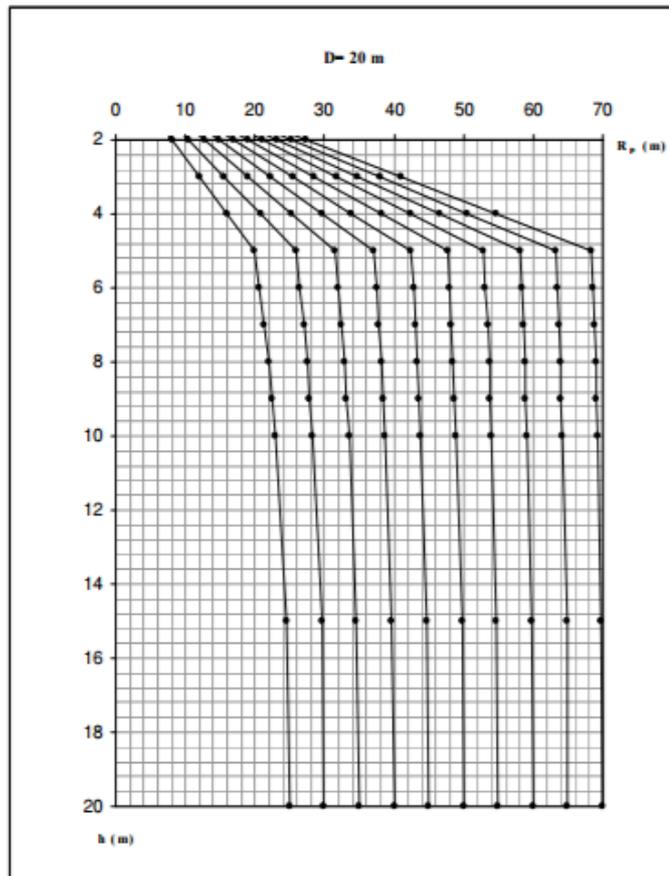
3.19.4. Equipotencialidad de la masas metálicas e instalación interior de protección contra el rayo (IIPR)

3.19.4.1. Equipotencialidad

Debido a las diferencias de potencial entre el conductor y las masas metálicas conectadas a tierra, se pueden formar chispas peligrosas, de forma que, con el fin de evitarlas, se realiza la conexión equipotencial mediante conductores a tal efecto a nivel del suelo.

3.19.4.2. Instalación interior de protección contra el rayo

Los conductores de equipotencialidad unen las masas metálicas interiores a una barra de equipotencialidad fabricada y dispuesta para poder ser desconectada fácilmente para su comprobación, la cual está situada próxima a la toma general de tierra de la estructura, tal y como se indica en la norma. Son conductores de cobre de sección mínima de 16 mm².



D (m)										
20										
DL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h (m)	R _p (m)									
20	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
25	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
30	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
35	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
40	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
45	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
50	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
55	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
60	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00

D(m): Distancia de cebado o radio de la esfera ficticia.
 ΔL (m): Avance en el cebado del pararrayos considerado.
 h (m): Diferencia de altura entre la punta pararrayos y el plano horizontal considerado.
 R_p (m): Radio de protección al nivel del plano horizontal considerado.

Figura 3.19.2.1.2. Radio de protección de pararrayos con dispositivo de cebado. Nivel de protección I