



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM**

Autor:

Rodríguez Fernández, Aitor

Tutor:

**Parra Gonzalo, Eduardo
Departamento de Ingeniería
Eléctrica**

Cotutor:

Blanco Caballero, Moisés

Valladolid, Diciembre 2017.



Universidad de Valladolid

Universidad de Valladolid
**Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM**



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG) tiene como objetivo el diseño de la instalación eléctrica de un Centro de Ocio bajo modelado BIM.

El diseño de la edificación se realizará mediante el empleo de diversos programas que se comunicarán entre sí, intercambiando información entre ellos.

Siempre se tendrá en cuenta la reglamentación vigente, para cumplir en todo momento la normativa.

Finalmente, se obtendrán las conclusiones obtenidas en la elaboración de este proyecto.

Palabras clave

Revit, DDS-CAD, Modelado BIM, Centro de Ocio, Instalación eléctrica



Universidad de Valladolid

Universidad de Valladolid
**Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM**



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



ÍNDICE

1 - INTRODUCCIÓN	11
1.1 - OBJETO Y ALCANCE	11
1.2 - EMPLAZAMIENTO	11
1.3 - NORMATIVA.....	12
2 - MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM)	14
2.1 - REVIT	14
2.2 - AUTOCAD.....	14
2.3 - DDS-CAD	15
2.4 - DIALUX.....	15
2.5 - DAISALUX	15
3 - DESCRIPCIÓN DEL COMPLEJO	16
3.1 - CUBIERTAS Y TECHOS.....	16
3.2 - MUROS.....	16
3.3 - SUELOS	17
3.4 - ESTANCIAS DEL COMPLEJO.....	18
3.4.1 - Zona centro de ocio	18
3.4.2 - Zona piscina	22
4 - DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	24
4.1 - DESCRIPCIÓN GENERAL	24
4.2 - DERIVACIÓN INDIVIDUAL	25
4.3 - CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN DE BAJA TENSIÓN	25
4.4 - CUADROS SECUNDARIOS	26
4.5 - GRUPO ELECTRÓGENO	27
4.6 - CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	29
4.6.1 - Piscina.....	29
4.6.2 - Cuarto de bombas y del socorrista	30
4.6.3 - Vestuarios.....	30
4.7 - ALUMBRADO	31
4.7.1 - Niveles de iluminación.....	31
4.7.2 - Circuitos de alumbrado	32
4.7.3 - Luminarias.....	33



4.8 - ALUMBRADO DE EMERGENCIA	38
4.9 - CIRCUITOS DE FUERZA	42
4.10 - PROTECCIONES.....	45
4.10.1 - Protección contra sobrecargas.....	45
4.10.2 - Protección contra sobretensiones.....	46
4.10.3 - Protección contra contactos directos e indirectos	47
4.11 - ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN	49
5 - CÁLCULOS REALIZADOS	51
5.1 - CÁLCULOS LUMÍNICOS	51
5.2 - CÁLCULOS ALUMBRADO DE EMERGENCIA	53
5.2.1 - Gráficos de tramas.....	54
5.2.2 - Curvas isolux	56
5.2.3 - Recorridos de evacuación	57
5.3 - CÁLCULOS POTENCIA BOMBAS.....	64
5.3.1 - Potencia instalada bombas de depuración.....	64
5.3.2 - Potencia instalada bombas de climatización.....	68
5.4 - PREVISIÓN DE POTENCIA.....	71
5.5 - CAÍDAS DE TENSIÓN	75
6 - CONCLUSIONES.....	101
6.1 - REVIT.....	102
6.2 - AUTOCAD.....	102
6.3 - DDS-CAD	103
6.4 - DIALUX.....	103
6.5 - DAISALUX	103
7 - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	105



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de Laguna de Duero - Fuente: Google Maps	12
Figura 2 Ubicación de las parcelas - FUENTE: Sigpac.....	12
Figura 3 Alzado frontal - FUENTE: Revit	17
Figura 4 Alzado posterior - FUENTE: Revit.....	17
Figura 5 Oficina - FUENTE: Revit	18
Figura 6 Hall de entrada - FUENTE: Revit.....	19
Figura 7 Cafetería - FUENTE: Revit.....	19
Figura 8 Servicios - FUENTE: Revit.....	20
Figura 9 Gimnasio - FUENTE: Revit	20
Figura 10 Zona de juegos - FUENTE: Revit.....	21
Figura 11 Biblioteca - FUENTE: Revit	21
Figura 12 Piscina - FUENTE: Revit.....	22
Figura 13 Vestuarios - FUENTE: Revit.....	22
Figura 14 Cuarto de bombas - FUENTE: Revit	23
Figura 15 Cuarto del socorrista - FUENTE: Revit	23
Figura 16 Grupo electrógeno automático de emergencia con conmutador V2 - FUENTE: [3].....	28
Figura 17 Características del grupo electrógeno - FUENTE: [3]	28
Figura 18 PHILIPS DN135B D165 1xLED10S/830 - Fuente: DIALUX.....	33
Figura 19 Curva fotométrica luminaria 1 - Fuente: DIALUX.....	33
Figura 20 PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830 - Fuente: DIALUX.....	34
Figura 21 Curva fotométrica luminaria 2 - Fuente: DIALUX.....	34
Figura 22 Curva fotométrica luminaria 3 - Fuente: DIALUX.....	34
Figura 23 PHILIPS TBS462 2xTL5-32W HFP C8 - Fuente: DIALUX	34
Figura 24 Curva fotométrica luminaria 4 - Fuente: DIALUX.....	35
Figura 25 PHILIPS TBS463 2xTL5-25W HFP PC-MLO - Fuente: DIALUX.....	35
Figura 26 PHILIPS TCS125 1xTL5-35W HFP O - Fuente: DIALUX.....	35
Figura 27 Curva fotométrica luminaria 5 - Fuente: DIALUX.....	35
Figura 28 Curva fotométrica luminaria 6 - Fuente: DIALUX.....	36
Figura 29 PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/840 - Fuente: DIALUX.....	36
Figura 30 Curva fotométrica luminaria 7 - Fuente: DIALUX.....	36
Figura 31 PHILIPS MDK900 1xHPI-P400W-BUS +GPK900 NB - Fuente: DIALUX.....	36
Figura 32 Curva fotométrica luminaria 8 - Fuente: DIALUX.....	37
Figura 33 PHILIPS MBS264 1xCDM-TCEV20W EB 60- Fuente: DIALUX.....	37
Figura 34 HYDRA 2N3 - Fuente: DAISALUX.....	39
Figura 35 Curva fotométrica luminaria emergencia 1 - Fuente: DAISALUX39	
Figura 36 HYDRA N2 - Fuente: DAISALUX.....	40
Figura 37 Curva fotométrica luminaria emergencia 2 - Fuente: DAISALUX40	



Figura 38 Curva fotométrica luminaria emergencia 3 - Fuente: DAISALUX40	
Figura 39 HYDRA N5 - Fuente: DAISALUX.....	40
Figura 40 Toma de fuerza SCHUKO.....	42
Figura 41 Toma de fuerza de 20 A	43
Figura 42 Toma de fuerza de 25 A	43
Figura 43 Toma de fuerza CETAC 5 polos y 16 A	44
Figura 44 Toma de fuerza CETAC 5 polos y 63 A	44
Figura 45 Esquema de distribución tipo TT - FUENTE: ITC-BT-08.....	50
Figura 46 Valores límite de eficiencia energética de la instalación - FUENTE: CTE.....	52
Figura 47 Gráfico de tramas del plano a 0,00 m - FUENTE: DAISALUX.....	54
Figura 48 Gráfico de tramas del plano a 1 m - FUENTE: DAISALUX	55
Figura 49 Curvas isolux a 0 m - FUENTE: DAISALUX	56
Figura 50 Curvas isolux a 1 m - FUENTE: DAISALUX	56
Figura 51 Recorrido de evacuación Cafetería y servicios - FUENTE: DAISALUX	57
Figura 52 Recorrido de evacuación Zona de juegos - FUENTE: DAISALUX	58
Figura 53 Recorrido de evacuación Biblioteca - FUENTE: DAISALUX	59
Figura 54 Recorrido de evacuación Oficina - FUENTE: DAISALUX	60
Figura 55 Recorrido de evacuación Gimnasio - FUENTE: DAISALUX	61
Figura 56 Recorrido de evacuación Vestuarios - FUENTE: DAISALUX	62
Figura 57 Recorrido de evacuación Piscina, cuartos de bombas y socorrista - FUENTE: DAISALUX.....	63
Figura 58 Filtro Vesubio - Fuente [5]	65
Figura 59 Bomba Nadorsel ESPA - Fuente [6].....	66
Figura 60 Tabla de funcionamiento hidráulico - Fuente [6]	66
Figura 61 Filtro QP - Fuente [7].....	67
Figura 62 Bomba de piscina QP - Fuente [8].....	68
Figura 63 Bomba de calor Maya - Fuente [9]	68
Figura 64 Características de la bomba de calor Maya - Fuente [9].....	69
Figura 65 Bomba de calor Maya - Fuente [9]	70
Figura 66 Características de la bomba de calor Maya - Fuente [9].....	70
Figura 67 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores - FUENTE: ITC-BT-21	91
Figura 68 Intensidades admisibles (A), en función del número de conductores y naturaleza del aislamiento - FUENTE: ITC-BT-19	92



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Iluminación exigida por CTE.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2 Tipo y número de luminarias</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 3 Número y tipo de luminarias de emergencia utilizadas</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 4 Número y tipo de tomas de fuerza</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 5 Comparativa entre los valores exigidos y los valores reales</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 6 Potencia instalada</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 7 Secciones calculadas</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 8 Caídas de tensión</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 9 Caídas de tensión parciales y totales con secciones actualizadas</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 10 Comparativa entre las intensidades reales, de la protección y de la canalización</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 11 Intensidades actualizadas con el cambio de sección</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 12 Caídas de tensión parciales y totales con el cambio de sección actualizado.....</i>	<i>97</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación</i>	<i>51</i>
<i>Ecuación 2 Volumen total de un prisma</i>	<i>64</i>
<i>Ecuación 3 Caudal que atraviesa la bomba</i>	<i>65</i>
<i>Ecuación 4 Volumen total de un prisma trapezoidal.....</i>	<i>66</i>
<i>Ecuación 5 Coeficiente de rendimiento entre la potencia calorífica y la potencia consumida</i>	<i>69</i>
<i>Ecuación 6 Intensidad nominal monofásica</i>	<i>74</i>
<i>Ecuación 7 Intensidad nominal trifásica</i>	<i>75</i>
<i>Ecuación 8 Caída de tensión en sistema monofásico</i>	<i>76</i>
<i>Ecuación 9 Caída de tensión en sistema trifásico.....</i>	<i>76</i>
<i>Ecuación 10 Caída de tensión en sistema monofásico</i>	<i>81</i>
<i>Ecuación 11 Caída de tensión en sistema trifásico</i>	<i>81</i>
<i>Ecuación 12 Protección contra sobrecargas</i>	<i>91</i>
<i>Ecuación 13 Protección contra sobrecargas de la CGPM</i>	<i>91</i>



Universidad de Valladolid

Universidad de Valladolid
**Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**



1 - INTRODUCCIÓN

1.1 - OBJETO Y ALCANCE

El presente TFG tiene como objetivo el diseño y la descripción del Centro de Ocio estudiado para su puesta en marcha, cumpliendo la reglamentación vigente.

Dicha descripción consistirá en la exposición de cada una de las diferentes salas, con su equipamiento. Todo ello será realizado en 3D con el programa Revit.

A continuación, se pasará a explicar con detalle, la instalación eléctrica, que será realizada mediante el programa DDS-CAD, importando datos de otros programas como DIALux (en el caso del alumbrado).

Seguidamente, se formularán las conclusiones obtenidas tras la realización de este TFG.

Para finalizar, se explicarán los anejos de este TFG, así como los planos correspondientes.

1.2 - EMPLAZAMIENTO

El Centro de Ocio a proyectar, estará ubicado en el municipio de Laguna de Duero, provincia de Valladolid, exactamente en las parcelas colindantes 31 y 32 del polígono 10 de dicho municipio.

Actualmente en el solar no hay nada construido, por lo que no será necesario el derribo de la edificación que pudiera haber.

A continuación, se muestran imágenes en las que se ubica la situación del municipio respecto con la capital de provincia, Valladolid; así como la ubicación de la parcela de estudio.



Figura 1 Ubicación de Laguna de Duero - Fuente: Google Maps



Figura 2 Ubicación de las parcelas - FUENTE: Sigpac

1.3 - NORMATIVA

El presente documento ha seguido los siguientes reglamentos, decretos y normas:



- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión aprobado por Decreto 842/2002 del 2 de agosto, publicado en el BOE nº 224 de 18 de septiembre de 2002.
- Instrucciones Técnicas Complementarias al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT).
- Decreto 363/2004, del 24 de agosto, por el que se regula el procedimiento administrativo para la aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Publicado en el BOE nº 97 de 23 de abril de 1997.
- Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Publicado en el BOE nº 310 de 27 de diciembre de 2000.
- Normas UNE.
- Código Técnico de la Edificación aprobado por Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, publicado en el BOE nº 74 de 28 de marzo de 2006.



2 - MODELADO DE INFORMACIÓN DE CONSTRUCCIÓN (BIM)

El Modelado de Información de Construcción (BIM acrónimo en inglés) consiste en la utilización de programas en 3D y tiempo real, que se comunican entre sí para la transferencia de información entre unos y otros, con el objetivo de reducir la pérdida de tiempo en el diseño de una edificación.

Este proceso abarca todo lo relacionado con el diseño del edificio, desde la arquitectura del edificio, pasando por las propiedades de sus componentes; hasta las distintas instalaciones realizadas en el edificio, eléctricas, sanitarias, de calefacción, de ventilación,...

A continuación, se explicarán brevemente, los programas utilizados para la elaboración del presente TFG.

2.1 - REVIT

Revit es un software CAD (Diseño Asistido por Computadora) que permite diseñar construcciones en tres dimensiones. Además, permite la realización y exportación de archivos en dos dimensiones, como para AutoCAD.

Se ha preferido la utilización de este programa sobre AutoCAD (aunque éste también ha sido necesario), por las siguientes ventajas: ofrece la posibilidad de trabajo en equipo, puesto que más de una persona puede trabajar con el mismo equipo; crea el modelo en 3D, lo que hace que todo sea más intuitivo y más fácil de visualizar; avisa de posibles fallos, como las colisiones entre varios objetos; disminuye el tiempo de trabajo, ya que realiza trabajos automáticamente, como la creación de vistas (alzado, perfiles,...); etc.

2.2 - AUTOCAD

AutoCAD también es un software CAD, sin embargo, permite el diseño en dos dimensiones. Ésta es la principal desventaja con Revit.

Como se ha dicho anteriormente, se puede importar archivos en 2D de Revit, para su modificación, puesto que resulta más fácil la modificación en este programa que en el anterior.



2.3 - DDS-CAD

DDS-CAD es un programa dedicado al diseño y cálculo de diferentes tipos de instalaciones en un entorno BIM. Este programa abarca un gran número de instalaciones, como eléctricas, de tuberías, mecánicas, fotovoltaicas,...

Permite la justificación de los cálculos realizados, minimizando el tiempo de trabajo requerido por el ingeniero.

Este programa también exporta archivos compatibles con AutoCAD, para que posteriormente puedan ser editados.

2.4 - DIALUX

DIALux es un programa internacional de cálculo de iluminación que permite realizar un proyecto integral de alumbrado teniendo en cuenta los estándares nacionales e internacionales [1].

Este programa, también realiza los cálculos pertinentes en los sistemas de iluminación, como iluminancias, uniformidades y consumos energéticos.

DIALux también trabaja en un entorno BIM, por lo que es sencillo transferir la información a otros programas.

2.5 - DAISALUX

Daisalux es un programa de alumbrado de emergencia de la empresa del mismo nombre.

Como gran desventaja de este software, cabría destacar que no trabaja en un entorno BIM, por lo que resulta más laborioso utilizarlo. A pesar de este inconveniente, Daisalux tiene múltiples ventajas, como que es de libre acceso, la sencillez del programa, la existencia de un tutorial en su página web [2],...



3 - DESCRIPCIÓN DEL COMPLEJO

El Centro de Ocio proyectado cuenta con una superficie edificada de 1818,9 m², distribuida principalmente en dos zonas: la primera correspondiente con el centro de ocio propiamente dicho, con la cafetería, las oficinas, el gimnasio, la biblioteca y la zona de juegos; y la segunda, que se corresponde a la zona ocupada por la piscina, así como con sus diferentes vestuarios; el cuarto de las bombas, dedicado a alojar las bombas de circulación y de climatización del agua; y el cuarto del socorrista.

3.1 - CUBIERTAS Y TECHOS

La cubierta de la zona de oficinas será una cubierta a dos aguas con una pendiente de 5°, con paneles sándwich, con la que aislar térmica y acústicamente nuestra edificación.

La cubierta de la piscina utilizará el mismo panel que la zona de oficinas, sin embargo, la cubierta será a un agua y también tendrá una pendiente de 5°.

La cubierta de los vestuarios será a un agua y 5° de pendiente, coincidiendo dicha cubierta con la de la zona de las oficinas. También estará fabricada de panel sándwich.

Tanto la zona de oficinas, como la de los vestuarios, contarán con un falso techo de 15 cm a 3 m de altura desde el suelo, sobre el que irán todas las conducciones de tubos para la distribución de energía eléctrica, expuestos en el presente proyecto.

La zona de la piscina utilizará celosía a 6,3 m del nivel del suelo.

3.2 - MUROS

La cara frontal del complejo estará revestida por paneles de muro cortina, así como la cara trasera y la cara lateral de la piscina, que también estarán revestidas por dicho muro.

El resto de paredes exteriores de la edificación, serán muros de ladrillo cara vista de 30 cm de grosor. También tendrá este tipo de muro, la pared que separa la zona de la piscina con la zona del complejo, puesto que la piscina tiene una altura superior al resto del complejo.

Las paredes interiores del complejo serán tabiques de 15 cm de espesor.

3.3 - SUELOS

La superficie de cada una de las estancias se hará acorde a las necesidades de cada una de ellas.

Así, tendremos para la piscina un suelo antideslizante cerámico.

Para los diferentes servicios y vestuarios tendremos suelo cerámico, puesto que la humedad no afecta a este tipo de superficie.

El resto del complejo contará con un suelo de madera.

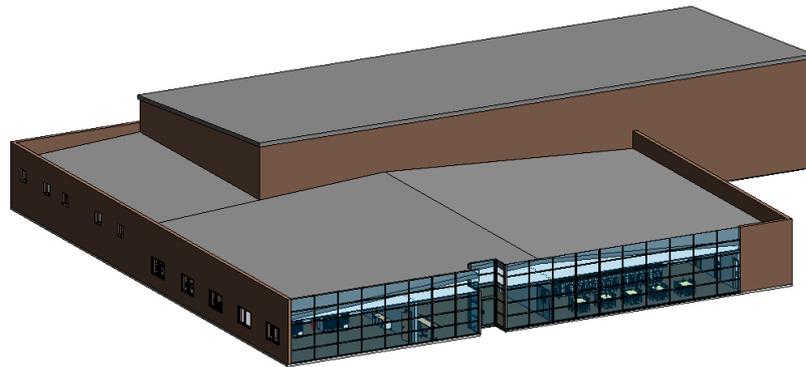


Figura 3 Alzado frontal - FUENTE: Revit

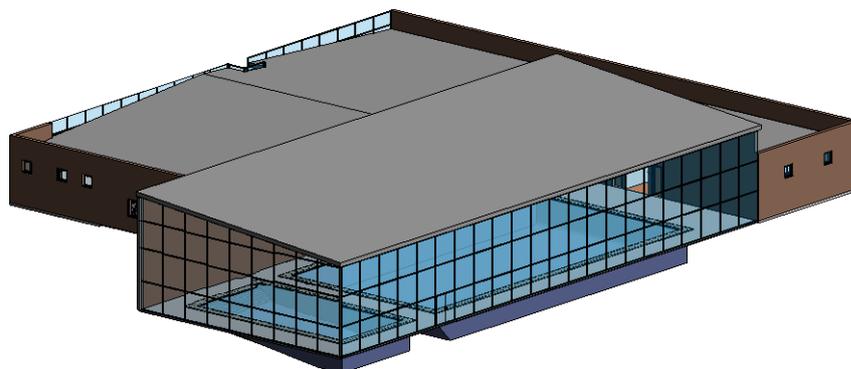


Figura 4 Alzado posterior - FUENTE: Revit

3.4 - ESTANCIAS DEL COMPLEJO

El Centro de Ocio proyectado lo conforman las zonas anteriormente citadas que explicaremos a continuación:

3.4.1 - Zona centro de ocio

Oficina. Sus dimensiones son: 7,5 m de largo y 9,61 m de ancho, lo que nos ofrece una superficie útil de 72,08 m². Esta zona se ubica a la izquierda de la entrada. En ella encontramos dos mesas con sus respectivos ordenadores con los que podrán trabajar los responsables de la administración del complejo. Además, cuenta con una fotocopiadora, y diversos armarios y archivadores en los que puedan almacenar su documentación.

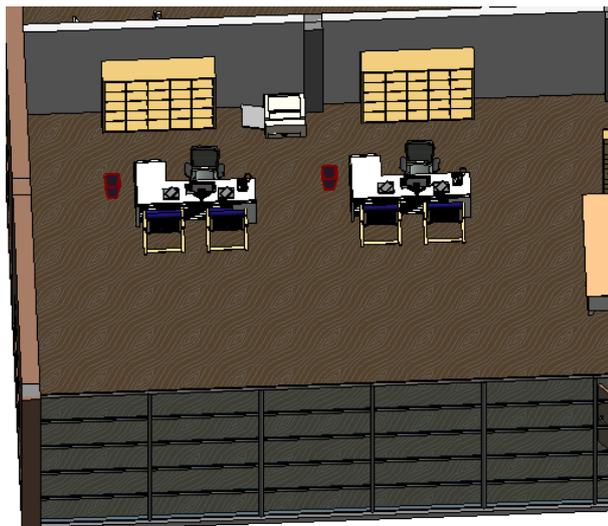


Figura 5 Oficina - FUENTE: Revit

Hall de entrada. Su superficie útil serán 79,57 m². En esta zona se encuentra el mostrador de recepción, que está unido a las oficinas. Como su propio nombre indica, el hall, está situado a la entrada del recinto.

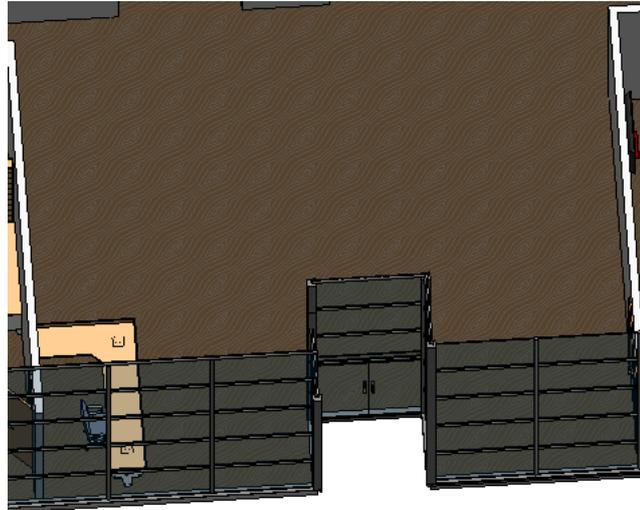


Figura 6 Hall de entrada - FUENTE: Revit

Cafetería. Sus dimensiones son: 7,5 m de largo y 14,37 m de ancho, lo que nos da una superficie útil de 107,775 m². La cafetería se encuentra ubicada a la derecha de la entrada. Esta sala cuenta con una barra y taburetes en los que los visitantes puedan ser atendidos. También cuenta con un microondas, una cocina eléctrica, una cámara congeladora, un lavavajillas, dos televisores, mesas y armarios en los que poder almacenar los útiles de hostelería.



Figura 7 Cafetería - FUENTE: Revit

Servicios. Consta de tres servicios, de minusválidos, señoras y caballeros, éstos poseen una superficie útil de: 6,55 m²; 9,63 m² y 8,79 m², respectivamente. Estos servicios están anexionados a la cafetería. Los servicios están compuestos por inodoros y lavabos. Además, el servicio de caballeros también cuenta con urinarios.

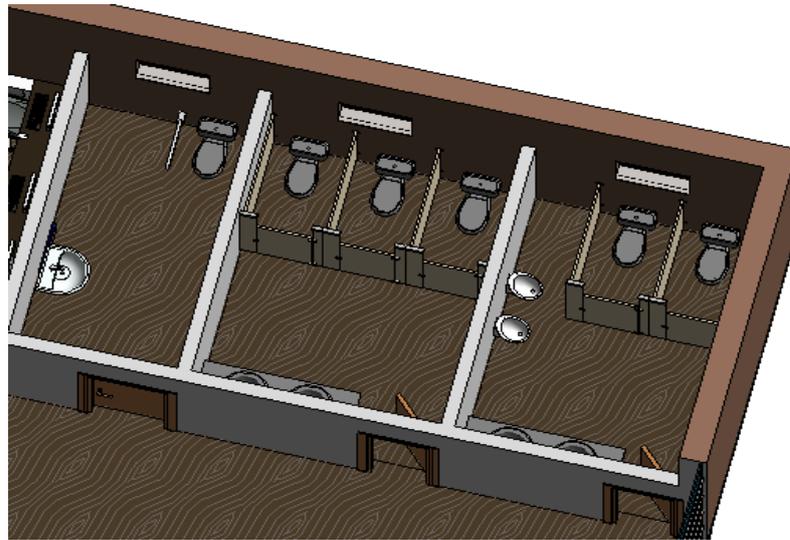


Figura 8 Servicios - FUENTE: Revit

Gimnasio. Tiene una superficie útil de 147,98 m². Esta sala se encuentra al lado de las oficinas. En esta sala se encontrarán diferentes máquinas para la realización de ejercicio físico, así como actividades de musculación. Entre ellas podemos destacar, cintas de correr, bicicletas estáticas, bancos de abdominales, bancos de pesas, etc.

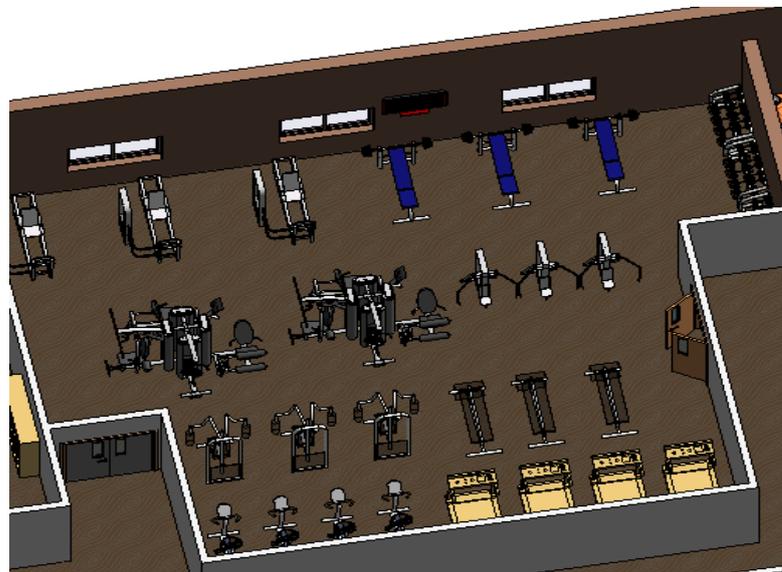


Figura 9 Gimnasio - FUENTE: Revit

Zona de juegos. Cuenta con una superficie útil de 175,98 m². La zona de juegos se ubica en frente de la entrada. En esta estancia los asistentes podrán tanto descansar, como realizar diferentes actividades lúdicas.



Figura 10 Zona de juegos - FUENTE: Revit

Biblioteca. Posee una superficie útil de 143,91 m². En ella los presentes podrán nutrirse de material de lectura. Además esta sala cuenta con ordenadores, con los que podrán navegar por la red.



Figura 11 Biblioteca - FUENTE: Revit

Pasillo. Cuya superficie útil es de 91,66 m². Este pasillo comunica todas las estancias anteriormente citadas, y une la zona de oficinas con la zona de la piscina.

3.4.2 - Zona piscina

Piscina. Cuyo recinto ocupa unas dimensiones de 42,21 m de ancho y 17,33 m de largo, lo que nos ofrece una superficie útil de 731,5 m². En este recinto se encuentran dos piscinas, una para adultos de 312,5 m² (25 m x 12,5 m); y otra para niños, de 78,125 m² (12,5 m x 6,25 m).

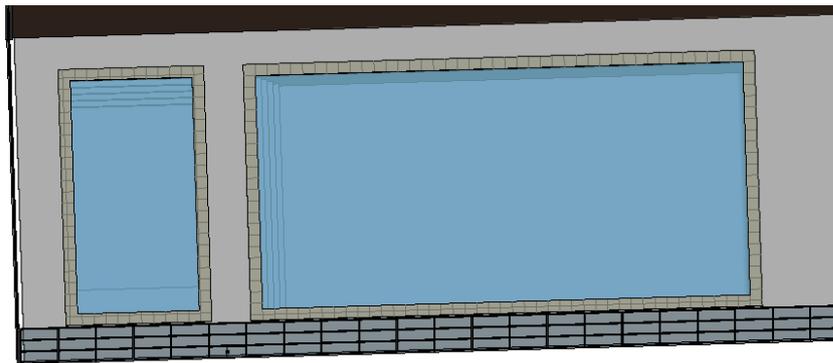


Figura 12 Piscina - FUENTE: Revit

Vestuarios. El complejo posee tres vestuarios, caballeros, señoras y minusválidos. Sus superficies útiles son las siguientes: 30,46 m²; 29,83 m²; y 30,27 m². En esta zona los concurrentes podrán cambiarse, ducharse o almacenar sus prendas en las diferentes taquillas.



Figura 13 Vestuarios - FUENTE: Revit

Cuarto de bombas. Posee una superficie útil de 15,44 m². En este almacén se encuentran las bombas de climatización, así como la depuradora, para las piscinas, tanto para la de adultos, como para la de pequeños. Además, también contará con los cuadros de distribución de la piscina, y los cuadros referentes a la protección de las bombas, tanto de climatización, como de bombeo; siendo éstos dos últimos, propiedad de la compañía suministradora del material de bombeo.

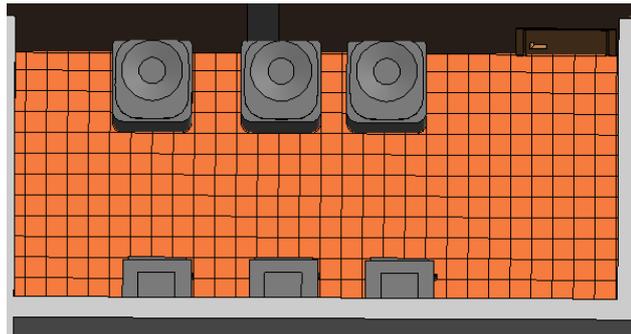


Figura 14 Cuarto de bombas - FUENTE: Revit

Cuarto del socorrista. Su superficie útil es de 15,4 m². Este cuarto contará con una camilla en la que podrán ser atendidos los diferentes asistentes, y un botiquín de primeros auxilios, con el que poder asistir a los posibles heridos.

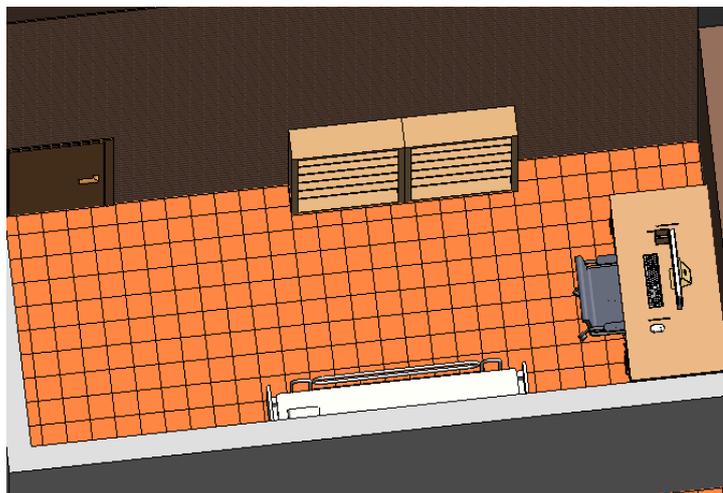


Figura 15 Cuarto del socorrista - FUENTE: Revit

Pasillo vestuarios. Cuya superficie total es de 34,55 m². Dicho pasillo comunica todos los vestuarios con la piscina, además de comunicar esta zona con la zona de oficinas.



4 - DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

En este apartado, explicaremos la instalación eléctrica a seguir, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del año 2014.

4.1 - DESCRIPCIÓN GENERAL

La instalación eléctrica que vamos a detallar se realizará conforme a lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión del 2014, y a otras normativas vigentes que podamos necesitar en la elaboración de este proyecto.

La acometida a nuestro edificio será proporcionada por la compañía distribuidora Iberdrola S.A.U.

Esta acometida llegará a la Caja General de Protección (CGP), donde se encuentran los elementos de protección, fusibles, con los que poder garantizar la seguridad de nuestra instalación eléctrica. La CGP estará colocada en un lugar de fácil y libre acceso, lo más cerca posible de la red general de distribución.

En la CGP encontraremos un único contador, que nos medirá el consumo tanto de potencia activa, como de reactiva. Hasta este punto, es perteneciente de la compañía de distribución de energía, por lo que no será objeto de estudio de este proyecto.

Desde el contador, saldrá la Derivación Individual (DI), que terminará en el Cuadro General de Protección de Baja Tensión (CGPBT) de nuestra instalación.

Este cuadro estará situado en la cafetería, y aquí se encuentran alojadas las principales protecciones de la instalación, tanto las propias del cuadro, como las protecciones a los otros subcuadros.

Además, desde el Cuadro General, se alimentarán el resto de cuadros secundarios de nuestra edificación (piscina, depuradoras y climatización), que protegerán las diferentes zonas y elementos de las demás partes del complejo.



4.2 - DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Para el cálculo de la sección de los conductores de la Derivación Individual (DI), se ha de tener en cuenta los siguientes aspectos, recogidos en la ITC-BT-15: “*Instalaciones de Enlace – Derivaciones Individuales*”:

- La demanda prevista de la instalación.
- La máxima caída de tensión admisible en la DI, siendo en este caso del 1,5% por tratarse de un suministro para un único usuario, no existiendo la Línea General de Alimentación.
- La sección mínima será de 6 mm² para los cables polares, de neutro y protección.
- Los conductores de protección, especificados en la ITC-BT-07.

Además, esta ITC, también nos dice que estos conductores no deben ser propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, según la Norma UNE 21123.

Este conductor será el que suministre la energía eléctrica, en baja tensión, al complejo desde el contador, será del tipo RZ1-K (AS) 4x300 + TTx150 mm² Cu. Se trata de un cable eléctrico, normalizado por la norma UNE 21030, de utilización industrial con una tensión asignada de 0,6/1 kV, trenzado en haz con aislante XLPE (polietileno reticulado). Este conductor estará compuesto por tres cables de fase, uno de neutro y otro de protección.

4.3 - CUADRO GENERAL DE PROTECCIÓN DE BAJA TENSIÓN

Este cuadro estará sujeto a la ITC-BT-17: “*Instalaciones de Enlace – Dispositivos Generales e Individuales de Mando y Protección. Interruptor de Control de Potencia*”.

Al tratarse de un local de pública concurrencia, se tomarán las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general. La altura mínima a la que ha de colocarse será de al menos 1 m respecto con el nivel del suelo.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán 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 será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático (IGA) de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.
- Un interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos; salvo que la protección contra contactos indirectos se efectúe mediante otros dispositivos de acuerdo con la ITC-BT-24.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores de la vivienda o local.
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

En nuestra instalación, tendremos un interruptor general automático (IGA) de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos de 400 A con 4 polos.

También contará con los interruptores diferenciales de los demás subcuadros, así como los propios al Cuadro General.

Por último, también contará con Pequeños Interruptores Automáticos (PIA's) que protegerán cada uno de los circuitos, tanto de alumbrado como de tomas de corriente.

Siempre existirá selectividad entre los diferentes aparatos de corte, activándose antes el que esté "aguas abajo" de la instalación eléctrica.

4.4 - CUADROS SECUNDARIOS

La edificación contará con tres cuadros secundarios, uno para la zona de la piscina, con sus respectivos vestuarios y cuarto del socorrista; otro para el grupo de bombeo de la depuradora; y el último para el grupo de climatización de la piscina.



Estos tres subcuadros estarán ubicados en el cuarto de las bombas, tal y como se especifica en el documento: "*Anejos – Anejo 1: Planos*", siendo los dos últimos, propiedad de la compañía suministradora del material de bombeo.

En estos subcuadros, encontraremos los elementos de protección para los circuitos interiores a estos subcuadros, de manera que si se produce un fallo en alguno de estos circuitos, se active la protección alojada en estos subcuadros, en vez de la protección general alojada en el Cuadro General de Baja Tensión.

Estas protecciones consistirán en interruptores diferenciales al inicio de los circuitos, e interruptores magnetotérmicos para la protección de cada circuito.

Para ver con más detalle la ubicación de estos subcuadros, consultar el documento: "*Anejos – Anejo 1: Planos*".

4.5 - GRUPO ELECTRÓGENO

Al tratarse el local de un lugar de uso de pública concurrencia, deberá instalarse un grupo de apoyo, para cumplir con la ITC-BT-28: "*Instalaciones en Locales de Pública Concurrencia*".

Este grupo de apoyo debe alimentar las cargas críticas en caso de que el suministro eléctrico falle.

Estas cargas críticas serán los servicios de seguridad o los servicios urgentes indispensables, como alumbrado de emergencia, sistemas contra incendios o ascensores.

Este grupo electrógeno se situará en una caseta independiente del complejo. Se ha decidido optar por esta solución, para evitar el ruido molesto que pueda generar el grupo electrógeno.

En este proyecto solamente se tendrá en cuenta el alumbrado, puesto que los sistemas contra incendios no son objeto de estudio de este proyecto, y no se tienen ascensores, ni otros servicios indispensables.

De acuerdo a lo calculado en el apartado cálculos (ver apartado 5.4), la potencia total de toda la instalación de alumbrado asciende a 15,1 kW, por lo que nos decantaremos por un grupo electrógeno diésel de 27 kVA con un factor de potencia de 0,8, lo que le otorga suficiente potencia para alimentar las cargas críticas.

Para que este grupo solamente alimente las cargas consideradas críticas, en los circuitos que no lo sean, se colocarán contactores con el objetivo de que corten

la corriente cuando el suministro falle. Para ver la situación de estos contactores en la posición de los circuitos, ver documento: “Anejos – Anejo 1: Planos – Planos unifilares (7 al 18)” y “Planos – Planos multifilares (19 al 34)”.

A continuación, se ofrecen unas ilustraciones del grupo electrógeno elegido, así como de sus características:



Figura 16 Grupo electrógeno automático de emergencia con conmutador V2 - FUENTE: [3]

PRP POTENCIA CONTINUA: 27 kVA <small>PRP "Prime Power" norma ISO 8528-1</small>		LTP POTENCIA EMERGENCIA: 30 kVA <small>LTP "Limited Time Power" norma ISO 8528-1</small>				
MOTOR		ALTERNADOR				
MARCA	MODELO	MARCA	MODELO			
KOHLER	KDI2504M	MECC-ALTE	ECP 28-VL / 4			
VOLTAJE	HZ	FASE	COS Ø	PRP kVA/kW	LTP kVA/kW	AMP. (LTP)
400/230	50	3	0,8	25,4/20,4	28,0/22,4	40,42

Figura 17 Características del grupo electrógeno - FUENTE: [3]

Para más detalles del grupo electrógeno, consultar el documento: “Anejos – Anejo 4: Grupo electrógeno”.



4.6 - CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica requerida para nuestro complejo será suministrada en Baja Tensión, tanto para la zona de oficinas, como para la zona de la piscina. Como hemos dicho anteriormente, esta instalación comprende desde la Caja General de Protección, hasta los cuadros secundarios, pasando por la Derivación Individual y el Cuadro General de Protección de Baja Tensión.

Al tratarse nuestra edificación de un Centro de Ocio con piscina, las especificaciones que debemos cumplir variarán dependiendo de la zona en la que nos encontremos.

4.6.1 - Piscina

Para el recinto de la piscina tendremos que atenernos a la ITC-BT-31: *“Instalaciones con Fines Especiales – Piscinas y Fuentes”* del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión del año 2014.

La ITC-BT-31 nos define los volúmenes sobre los que se indican las medidas de protección necesarias:

- Zona 0: comprende el interior de los recipientes, incluyendo cualquier canal en las paredes o suelos, y los pediluvios o el interior de los inyectores de agua o cascadas.
- Zona 1: viene limitada por: la zona 0; un plano vertical a 2 m del borde del recipiente; el suelo o la superficie susceptible de ser ocupada por personas; y el plano horizontal a 2,5 m por encima del suelo o la superficie.
- Zona 2: está limitada por: el plano vertical externo a la Zona 1 y el plano paralelo a 1,5 m del anterior; y el suelo o superficie destinada a ser ocupada por personas y el plano horizontal situado a 2,5 m por encima del suelo o superficie

Una vez definidos los volúmenes, esta ITC, nos marca los criterios que debemos cumplir:

- Canalizaciones eléctricas. No tendrán cubiertas metálicas. La instalación deberá realizarse conforme a la ITC-BT-30. Además en el volumen 0, ninguna canalización deberá encontrarse al alcance de los bañistas.
- Cajas de conexión. No permitidas en los volúmenes 0 y 1.



- Aparamenta y otros equipos. Interruptores u otros elementos semejantes, no deberán ser instalados en los volúmenes 0 y 1.

4.6.2 - Cuarto de bombas y del socorrista

Para estos dos cuartos, nos ceñiremos al punto 1 de la ITC-BT-30: *“Instalaciones Locales de Características Especiales – Subapartado 1: Instalación en locales húmedos”* del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión del año 2014.

La ITC-BT-30 nos marca los siguientes requisitos a cumplir por nuestra instalación:

- Canalizaciones eléctricas. Las canalizaciones serán estancas, utilizándose, para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua (IPX1). Este requisito lo deberán cumplir las canalizaciones prefabricadas.
- Aparamenta. Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente y, en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua, IPX1. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

4.6.3 - Vestuarios

En los vestuarios aparte de cumplir la ITC-BT-30: *“Instalaciones Locales de Características Especiales – Subapartado 1: Instalación en locales húmedos”*, también debemos cumplir la ITC-BT-27: *“Instalaciones Interiores en Viviendas – Locales que Contienen una Bañera o Ducha”*

Esta ITC, nos marca las siguientes condiciones:

- Canalizaciones eléctricas. Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua, IPX4. Las canalizaciones prefabricadas tendrán el mismo grado de protección IPX4.
- Aparamenta. Se instalarán los aparatos de mando y protección y tomas de corriente fuera de estos locales. Cuando esto no se pueda cumplir, los



citados aparatos serán, del tipo protegido contra las proyecciones de agua, IPX4, o bien se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen un grado de protección equivalente.

- Receptores de alumbrado. Los receptores de alumbrado estarán protegidos contra las proyecciones de agua, IPX4. No serán de clase 0.

Además, según la ITC-BT-19: *“Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales”*, la máxima caída de tensión permitida en circuitos de alumbrado nunca debe ser mayor del 3% de la tensión nominal.

4.7 - ALUMBRADO

Según las ITC-BT-19: *“Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales”*, e ITC-BT-25: *“Instalaciones Interiores en Viviendas – Número de Circuitos y Características”*, los conductores han de tener una sección suficiente para que:

- En alumbrado la caída de tensión no sea mayor al 3% de la tensión nominal, con una sección mínima de 1,5 mm², tanto para alumbrado como para alumbrado de emergencia.

El control de las diferentes luminarias situadas en cada estancia, vendrá dado por los diferentes aparatos que activen y desactiven dichas luminarias, estos aparatos serán interruptores y conmutadores, utilizando unos dispositivos u otros en función del acceso o accesos a dicha estancia.

Estos aparatos de corte de corriente, así como las diferentes luminarias utilizadas en el centro de ocio proyectado, pueden ser consultados en el documento: *“Anejos – Anejo 1: Planos – Plano 4: Alumbrado”*.

4.7.1 - Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación para las diferentes estancias de este proyecto, serán las recogidas en la Norma UNE EN12464, de la que seleccionaremos las iluminancias, así como otros datos que nos puedan interesar a la hora de la elaboración del presente proyecto. Además, también utilizaremos el punto 3 del CTE: *“HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación”*.



Tabla 1 Iluminación exigida por CTE

Sala	E_m (lux)	UGR _L	U_o	R_a	$P_{max\ instal}$ (W/m ²)
Vestuarios y baños	200	25	0,4	80	10
Cuarto de bombas	200	25	0,4	60	10
Piscina	300	22	0,4	40	10
Cuarto socorrista	500	19	0,6	80	10
Pasillo	100	28	0,4	80	12
Gimnasio	300	22	0,4	80	12
Oficinas	500	19	0,6	80	12
Sala de juegos	300	22	0,4	80	12
Biblioteca	500	19	0,6	80	15
Cafetería	200	22	0,4	80	18
Hall de entrada	300	22	0,6	80	12
Cuarto grupo electrógeno	200	25	0,4	60	10

Donde:

- E_m , iluminancia media (lux)
- UGR_L, índice de deslumbramiento molesto
- U_o , uniformidad, que se define como: E_{min} / E_m
- R_a , índice de reproducción cromática
- $P_{max\ instal}$, potencia máxima instalada por metro cuadrado (W/m²)

4.7.2 - Circuitos de alumbrado

Se instalarán como mínimo dos circuitos de alumbrado por cada estancia, aunque por lo general predominarán tres circuitos. Esto variará en función de las luminarias que tengamos en cada estancia. El número de circuitos de alumbrado por cada sala, se puede ver en los documentos “Anejos – Anejo 1: Planos – Planos unifilares (7 al 18)” y “Anejos – Anejo 1: Planos – Planos multifilares (19 al 34)”.

4.7.3 - Luminarias

Las luminarias elegidas para la realización de este proyecto han sido escogidas con una doble finalidad, por un lado se ha respetado los criterios de eficiencia energética recogidos en el punto 3 del Código Técnico de la Edificación, “*Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación*”; y sobre todo, se ha buscado una correcta iluminación dependiendo de la estancia y tarea, a la que esté destinada dicha estancia, cumpliendo con los valores de iluminancia establecidos en la Norma UNE EN12464.

A continuación, se muestra las luminarias utilizadas para la realización de este proyecto:

- Luminaria 1: **PHILIPS DN135B D165 1xLED10S/830**, se trata de una luminaria led, que nos ofrece un gran ahorro de energía y una larga vida útil, por lo que es perfecta para cumplir con los objetivos de ahorro energético. Para su instalación, requiere el empotramiento en el techo. Esta luminaria será utilizada en el pasillo que recorre el centro de ocio.



Figura 18 PHILIPS DN135B D165
1xLED10S/830 - Fuente: DIALUX

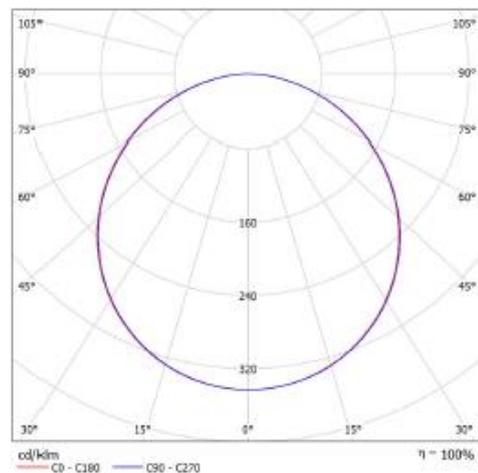


Figura 19 Curva fotométrica luminaria 1 -
Fuente: DIALUX

- Luminaria 2: **PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830**, también se trata de una luminaria led, y se monta empotrada en el techo. Esta luminaria nos ofrece un gran ahorro de energía y una mayor vida útil, en comparación con los fluorescentes, por lo que es perfecta para cumplir con los objetivos de ahorro energético. Esta luminaria se empleará para

alumbrar la zona de recepción, que estará la mayor parte del tiempo iluminada, por lo que necesitaremos lámparas de bajo consumo; los servicios de caballeros, señoras y minusválidos situados junto a la cafetería; y el cuarto del grupo electrógeno, situado fuera del complejo.



Figura 20 PHILIPS DN130B D165
1xLED10S/830 - Fuente: DIALUX

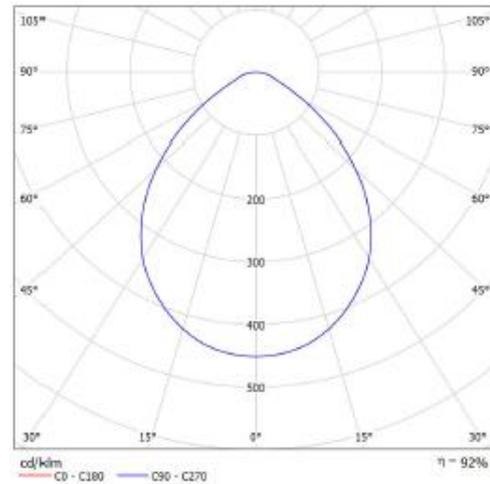


Figura 21 Curva fotométrica luminaria 2
- Fuente: DIALUX

- Luminaria 3: **PHILIPS TBS462 2xTL5-32W HFP C8**. Esta luminaria se corresponde con una luminaria tipo fluorescente. También requiere para su instalación, ser empotrada. Incorpora lámparas de bajo consumo y posee un balasto electrónico, lo que les proporciona un arranque más rápido sin parpadeo. Esta luminaria será idónea para emplazarla la zona de oficinas, gracias a su confort visual y su rendimiento.

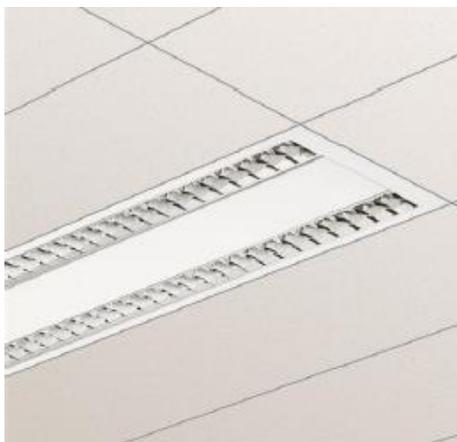


Figura 23 PHILIPS TBS462 2xTL5-32W HFP
C8 - Fuente: DIALUX

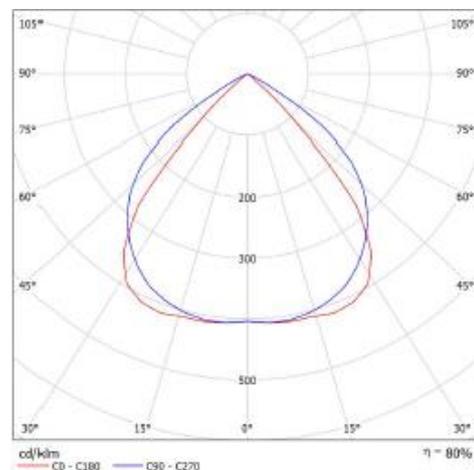


Figura 22 Curva fotométrica luminaria 3 -
Fuente: DIALUX

- Luminaria 4: **PHILIPS TBS463 2xTL5-25W HFP PC-MLO**. Esta luminaria se corresponde con una luminaria tipo fluorescente. Para su instalación debe ser empotrada. Incorpora lámparas de bajo consumo. Esta luminaria será empleada en zonas que necesitemos un gran confort visual, como la biblioteca, la cafetería, la sala de juegos, el gimnasio y el cuarto de bombas.



Figura 25 PHILIPS TBS463 2xTL5-25W
HFP PC-MLO - Fuente: DIALUX

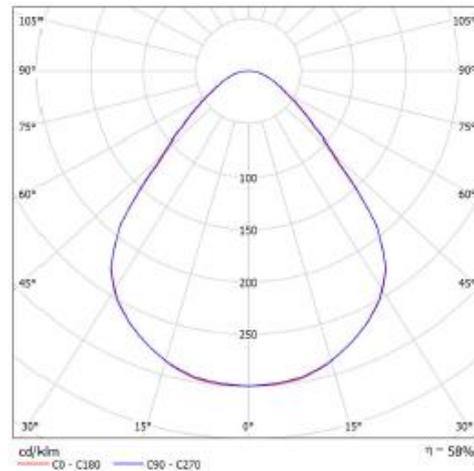


Figura 24 Curva fotométrica luminaria 4
- Fuente: DIALUX

- Luminaria 5: **PHILIPS TCS125 1xTL5-35W HFP O**. Luminaria tipo fluorescente, empotrada en techo. También cumple con los objetivos de eficiencia energética, por lo que será empleada en el alumbrado del pasillo que comunica los vestuarios con la piscina.



Figura 26 PHILIPS TCS125 1xTL5-35W
HFP O - Fuente: DIALUX

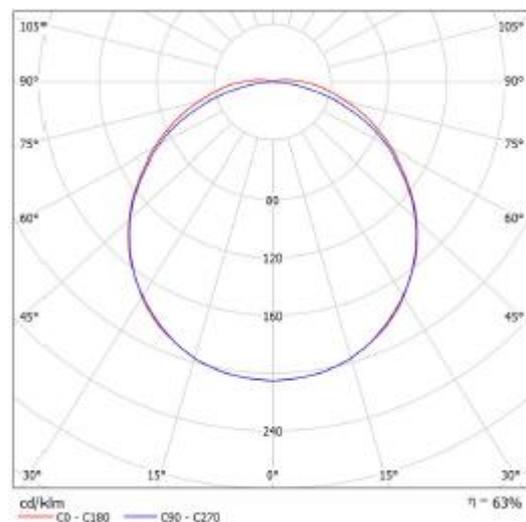


Figura 27 Curva fotométrica luminaria 5 -
Fuente: DIALUX

- Luminaria 6: **PHILIPS DN131B D217 1xLED20S/840**. Luminaria tipo led, para instalar en techo empotrada. Ofrece un gran ahorro de energía y tiene una larga vida útil. Será empleada en iluminar el cuarto del socorrista.



Figura 29 PHILIPS DN131B D217
1xLED20S/840 - Fuente: DIALUX

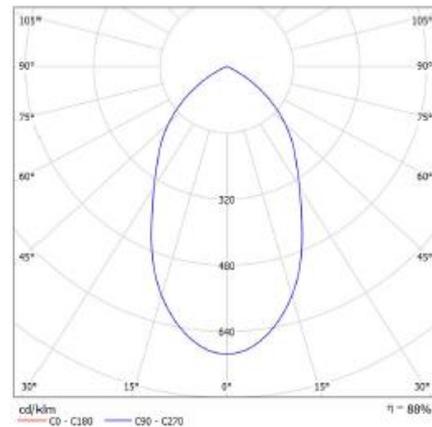


Figura 28 Curva fotométrica luminaria 6 -
Fuente: DIALUX

- Luminaria 7: **PHILIPS MDK900 1xHPI-P400W-BUS +GPK900 NB**. Se trata de una luminaria con gran resistencia y durabilidad, adecuada para necesidades de iluminación a gran altura, lo que las hace apropiadas para su uso en la piscina.



Figura 31 PHILIPS MDK900 1xHPI-
P400W-BUS +GPK900 NB - Fuente: DIALUX

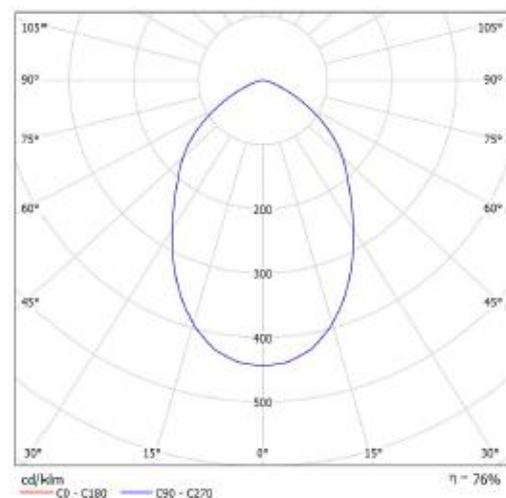


Figura 30 Curva fotométrica luminaria 7 -
Fuente: DIALUX

- Luminaria 8: **PHILIPS MBS264 1xCDM-TCEV20W EB 60**. Luminaria tipo led empotrable en techo. Se trata de una luminaria de alta eficiencia, que reduce drásticamente el consumo. Esta luminaria será utilizada en los vestuarios de caballeros, señoras y minusválidos.



Figura 33 PHILIPS MBS264 1xCDM-TCEV20W EB 60- Fuente: DIALUX

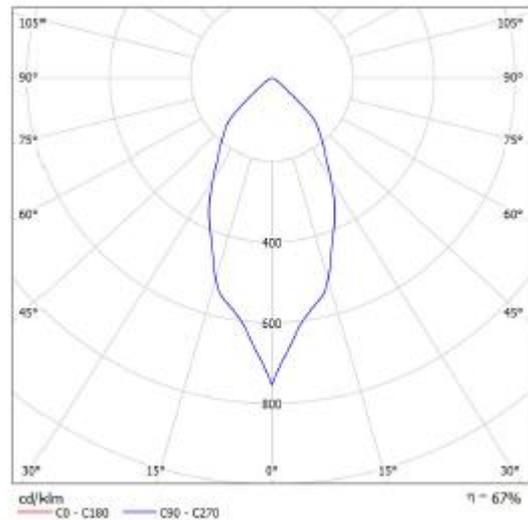


Figura 32 Curva fotométrica luminaria 8 - Fuente: DIALUX

A continuación, se muestra una tabla con el tipo y el número de luminarias por estancia:

Tabla 2 Tipo y número de luminarias

Sala	Tipo luminaria	Nº luminarias
Vestuario minusválidos	8	8
Vestuario señoras	8	8
Vestuario señores	8	8
Cuarto de bombas	4	2
Piscina	7	15
Cuarto socorrista	6	7
Pasillo vestuarios	5	6
Gimnasio	4	21
Oficina	3	12
Sala de juegos	4	24
Biblioteca	4	34



Servicio minusválidos	2	4
Servicio señoras	2	4
Servicio señores	2	4
Cafetería	4	12
Hall	2	39
Pasillo	1	27
Cuarto grupo electrógeno	2	4

Para ver la distribución de cada una de las luminarias en sus respectivas estancias, ver documento “Anejos – Anejo 1: Planos – Plano 4: Alumbrado”. También en este plano serán visibles los aparatos que activan y desactivan dichas luminarias.

Para ver con más detalle la distribución de las luminarias, así como otros datos que puedan ser de interés, puede ser consultado el documento “Anejos – Anejo 2: Cálculo de alumbrado”.

Todas las luminarias serán empotradas en el falso techo a una altura de 3 m con respecto al nivel del suelo; a excepción de las luminarias situadas en la sala de la piscina, que se montarán en la celosía a 6,3 m desde el nivel del suelo.

4.8 - ALUMBRADO DE EMERGENCIA

La instalación eléctrica de alumbrado cumplirá con el punto 3 de la ITC-BT-28: “Instalaciones en Locales de Pública Concurrencia”, por la que nos dice que este alumbrado ha de ser suficiente para asegurar en caso de fallo del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una posible evacuación del público.

Además, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- En recorridos de evacuación, el alumbrado a nivel del suelo, debe tener una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.
- En cuadros de distribución, la iluminancia mínima deberá ser al menos 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 emergencia deberá poder funcionar como mínimo durante una hora ininterrumpida.

Además, aparte de estos requisitos, y al igual que para los circuitos de alumbrado, el alumbrado de emergencia debe cumplir la ITC-BT-19: “Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales”, por la que se establece que la máxima caída de tensión permitida en circuitos de alumbrado nunca debe ser mayor del 3% de la tensión nominal.

Los aparatos autónomos destinados a alumbrado de emergencia deberán cumplir las normas UNE-EN 60.598-2-22 y la norma UNE 20.392, al tratarse de luminarias con lámparas fluorescentes.

A continuación, se muestran las diferentes luminarias de emergencia elegidas para nuestro complejo:

- Luminaria de emergencia 1: **HYDRA 2N3**. Contiene una lámpara fluorescente que se ilumina en caso de fallo de la red, es por ello que su funcionamiento es no permanente. Puede ser empotrada tanto en techo como en pared. Su flujo de emergencia es de 140 lm y su potencia es de 8 W. Esta lámpara se utilizará en la piscina; vestuarios de señoras y caballeros; gimnasio; biblioteca; zona de juegos; pasillo; oficina; hall; cafetería; los servicios de caballeros, señoras y minusválidos y el cuarto del grupo electrógeno.



Figura 34 HYDRA 2N3 - Fuente:
DAISALUX

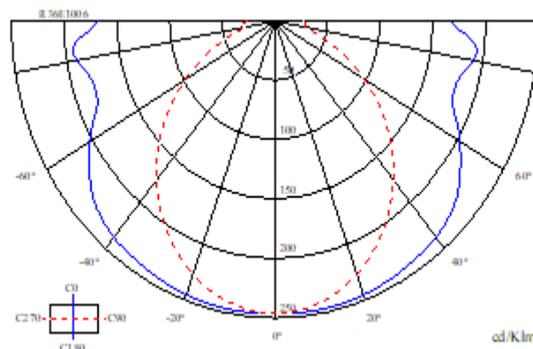


Figura 35 Curva fotométrica luminaria emergencia 1
- Fuente: DAISALUX

- Luminaria de emergencia 2: **HYDRA N2**. Contiene una lámpara fluorescente que se ilumina en caso de fallo de la red, es por ello que su funcionamiento es no permanente. Puede ser empotrada tanto en techo como en pared. Su flujo de emergencia es de 95 lm y su potencia es de 8

W. Esta lámpara será empleada en vestuario de minusválidos, pasillo de los vestuarios, cuarto de bombeo y cuarto de socorrista.



Figura 36 HYDRA N2 - Fuente: DAISALUX

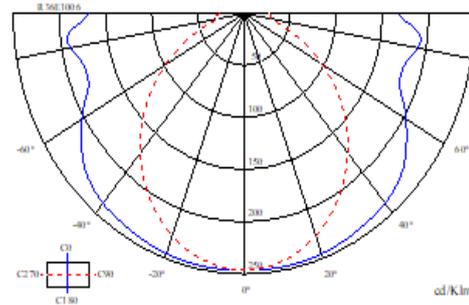


Figura 37 Curva fotométrica luminaria emergencia 2 - Fuente: DAISALUX

- Luminaria de emergencia 3: **HYDRA N5**. Contiene una lámpara fluorescente que se ilumina en caso de fallo de la red, es por ello que su funcionamiento es no permanente. Puede ser empotrada tanto en techo como en pared. Su flujo de emergencia es de 215 lm y su potencia es de 8 W. Solamente utilizaremos una luminaria de este tipo a la salida de la oficina. Se utilizará este tipo de lámpara de emergencia para cumplir con el objetivo de iluminancia mínima, al poseer un flujo superior a las mencionadas anteriormente.



Figura 39 HYDRA N5 - Fuente: DAISALUX

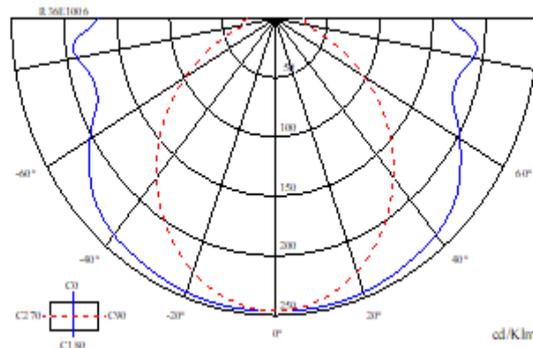


Figura 38 Curva fotométrica luminaria emergencia 3 - Fuente: DAISALUX



A continuación, se recoge una tabla con el número y el tipo de luminarias de emergencia utilizadas en cada sala:

Tabla 3 Número y tipo de luminarias de emergencia utilizadas

Sala	Tipo luminaria	Nº luminarias
Vestuario minusválidos	2	3
Vestuario señoras	1	2
Vestuario señores	1	2
Cuarto de bombas	2	2
Piscina	1	23
Cuarto socorrista	2	2
Pasillo vestuarios	1 - 2	1 - 3
Gimnasio	1	8
Oficina	1	5
Sala de juegos	1	10
Biblioteca	1	11
Servicio minusválidos	1	1
Servicio señoras	1	1
Servicio señores	1	1
Cafetería	1	6
Hall	1 - 3	5 - 1
Pasillo	1	7
Cuarto grupo electrógeno	1	1

Además de las luminarias, también se contará con rótulos adhesivos que nos indicarán la presencia de una salida. Estos rótulos se colocarán en las lámparas de emergencia situadas encima de las puertas del recorrido de evacuación. Este rótulo cumple con las normas EN 1838 y EN ISO 7010.

Puede observarse la situación de cada luminaria de emergencia, así como su colocación, tanto en techo como en pared, en el documento “Anejos – Anejo 1: Planos – Plano 5: Alumbrado de emergencia”. En dicho documento también serán visibles los rótulos que nos indiquen la salida de evacuación.

Para ver con más detalle la distribución de las luminarias de emergencia, y otros datos de interés, ver el documento “Anejos – Anejo 3: Cálculo de alumbrado de emergencia”.

4.9 - CIRCUITOS DE FUERZA

Según las ITC-BT-19: “*Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales*”, e ITC-BT-25: “*Instalaciones Interiores en Viviendas – Número de Circuitos y Características*”, los conductores han de tener una sección suficiente para que:

- En circuitos de tomas de corriente, la caída de tensión no supere el 5% de la tensión nominal, con una sección mínima de 2,5 mm².

Las tomas de corriente serán ubicadas en función de la estancia y la carga necesaria para cada estancia. Estas tomas de fuerza cubrirán todas las cargas que queremos alimentar, así como posibles cargas adicionales que pudieran ser alimentadas.

Las diferentes tomas de fuerza que tendremos en nuestra edificación son las siguientes:

- Toma de fuerza 1: **Toma SCHUKO**, para tensiones de 230 V a 50 Hz, soporta una intensidad máxima de 16 A. Este tipo de toma de fuerza estará presente en todas las salas del centro de ocio, a excepción de la piscina, por motivos de seguridad, y alimentará a diferentes cargas, tales como ordenadores de oficina y biblioteca; las máquinas deportivas alojadas en el gimnasio, etc.



Figura 40 Toma de fuerza SCHUKO

- Toma de fuerza 2: **Base enchufe 20 A 1P+N+T 230 V con obturadores Legrand 055432**, que consta de una fase, además de otros dos polos de

neutro y tierra. Esta toma de fuerza la emplearemos para el lavavajillas situado en la cafetería.



Figura 41 Toma de fuerza de 20 A

- Toma de fuerza 3: **Base enchufe 25 A 1P+N+T 230 V Solera 6827**. Al igual que la toma anterior, consta de 3 polos, una para fase, otro para neutro, y otro para tierra. Esta toma de fuerza será la indicada para la cocina eléctrica ubicada en la cafetería.



Figura 42 Toma de fuerza de 25 A

- Toma de fuerza 4: **Toma de fuerza CETAC trifásica 3P+N+T 16 A y 400 V**. Consta de 5 polos, tres de fase, uno de neutro y otro de tierra. Esta toma de fuerza será utilizada para alimentar las dos bombas de bombeo de agua de la piscina grande, y la bomba de climatización de la piscina pequeña.



Figura 43 Toma de fuerza CETAC 5 polos y 16 A

- Toma de fuerza 5: **Toma de fuerza CETAC trifásica 3P+N+T 63 A y 400 V.** Consta de 5 polos, tres de fase, uno de neutro y otro de tierra. Esta toma de fuerza la emplearemos para alimentar las dos bombas de climatización del agua de la piscina grande.



Figura 44 Toma de fuerza CETAC 5 polos y 63 A

Las tomas de fuerza, tipos 1, 2 y 3, estarán colocadas a una altura de 30 cm con respecto del suelo, salvo las tomas de fuerza instaladas en los servicios, que estarán a una altura de 1 m, respecto del nivel del suelo.

Las tomas de fuerza, tipos 4 y 5, se situarán a una altura de 50 cm.

Para un mayor detalle de la distribución de las diferentes tomas de fuerza, ver el documento “Anejos – Anejo 1: Planos – Plano 6: Tomas de fuerza”.

A continuación, se recoge la siguiente tabla indicando el número y el tipo de tomas de fuerza utilizadas en cada estancia:



Tabla 4 Número y tipo de tomas de fuerza

Sala	Tipo toma de fuerza	Nº tomas de fuerza
Vestuario minusválidos	1	2
Vestuario señoras	1	2
Vestuario señores	1	2
Cuarto de bombas	1 - 4 - 5	2 - 3 - 2
Piscina	-	-
Cuarto socorrista	1	3
Pasillo vestuarios	-	-
Gimnasio	1	10
Oficina	1	7
Sala de juegos	1	11
Biblioteca	1	12
Servicio minusválidos	1	1
Servicio señoras	1	1
Servicio señores	1	1
Cafetería	1 - 2 - 3	6 - 1 - 1
Hall	1	2
Pasillo	1	3

4.10 - PROTECCIONES

A continuación, se describirán las diferentes protecciones utilizadas, teniendo en cuenta lo que explica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

4.10.1 - Protección contra sobreintensidades

Para cumplir con la protección contra sobreintensidades, nos centraremos en la ITC-BT-22: "Protecciones contra Sobreintensidades", este punto pone de manifiesto la necesidad de proteger todo circuito contra tales efectos, que puedan presentarse en alguno de nuestros circuitos, por lo que se deberá realizar una interrupción de la corriente en un tiempo adecuado.

Estas sobreintensidades pueden aparecer por tres motivos:

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



En nuestra instalación eléctrica, los interruptores automáticos serán los encargados de proteger los circuitos respecto a estas sobreintensidades que se pudieran producir.

Para el supuesto de tener sobrecargas en algún circuito, el interruptor automático debe limitar el valor de la intensidad que recorre el conductor, con el fin de garantizar la seguridad en la instalación.

En el caso de que esta sobreintensidad fuera causada por un cortocircuito, debe colocarse un dispositivo de protección contra cortocircuitos, cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Para este tipo de dispositivos de protección, se aceptan los fusibles calibrados con características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omipolar.

En la elaboración de nuestro proyecto, se ha decidido instalar interruptores magnetotérmicos de 4 polos, tres para fase y uno para neutro; y de 2 polos, monofásico y neutro.

Para ver con más detalle cómo están distribuidos estos interruptores magnetotérmicos y qué circuitos protegen, ver los documentos "*Anejos - Anejo 1: Planos - Planos unifilares (7 al 18)*" y "*Anejos - Anejo 1: Planos - Planos multifilares (19 al 34)*".

4.10.2 - Protección contra sobretensiones

Para la protección contra sobretensiones, nos basaremos en la ITC-BT-23: "*Protecciones contra Sobretensiones*", esta instrucción trata sobre la protección de las instalaciones eléctricas contra las sobretensiones transitorias, transmitidas por las redes de distribución.

Estas sobretensiones, pueden producirse de diversas maneras, como descargas atmosféricas, conmutación de redes y defectos en estas redes.

Los factores que nos indican el alcance de estas sobretensiones en la seguridad de las personas, equipos o instalaciones son las siguientes:

- Coordinación del aislamiento de los equipos.
- Características de los dispositivos de protección contra sobretensiones, en especial, su instalación y ubicación.
- Existencia de una adecuada red de tierras.



Para distinguir los diferentes grados de tensión soportada a las sobretensiones, se establecen categorías. Estas categorías nos indican el valor de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos. Además determina, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Las categorías en las que podemos clasificar estas sobretensiones son 4, en cada caso se indica el nivel de tensión soportada a impulsos (kV), según la tensión nominal de instalación.

- **Categoría I.** Aplicada a equipos muy sensibles a sobretensiones y que están conectados de manera fija a la instalación eléctrica. Las medidas de protección se colocan fuera de los equipos a proteger. Algunos de estos equipos son los ordenadores o equipos electrónicos muy sensibles.
- **Categoría II.** Aplicada a equipos conectados a una instalación eléctrica fija, como por ejemplo: electrodomésticos o herramientas portátiles.
- **Categoría III.** Aplicada a equipos y materiales que forman parte de la instalación fija, y a otros, que necesitan un alto nivel de fiabilidad. Armarios de distribución, embarrados o aparamenta.
- **Categoría IV.** Aplicada a equipos y materiales conectados en el origen de la instalación o cercanos a él, aguas arriba del cuadro de distribución, como contadores de energía, o equipos de protección contra sobreintensidades.

4.10.3 - Protección contra contactos directos e indirectos

Para la protección contra este tipo de contactos, nos ceñiremos a la ITC-BT-24: "*Protecciones contra los Contactos Directos e Indirectos*", esta instrucción describe las medidas destinadas a garantizar la protección de las personas ante choques eléctricos.

Para proteger correctamente de choques eléctricos, es necesario aplica medidas oportunas para:

- La protección contra contactos directos e indirectos.
- La protección contra contactos directos. Son aquellos contactos que suceden cuando una persona se pone en contacto con dos elementos activos, o un elemento activo y una masa puesta a tierra.
- La protección contra contactos indirectos. Aquellos contactos que ocurren cuando una persona toca una masa metálica que está bajo tensión, pudiendo ser por avería o por fallo del aislamiento.



Para la protección ante contactos directos e indirectos, es necesaria la utilización de muy baja tensión de seguridad (MBTS), que debe cumplir:

- Tensión nominal en el campo I de acuerdo a la norma UNE 20.481 y la ITC-BT-36 *“Instalaciones a Muy Baja Tensión”*.
- Fuente de alimentación de seguridad para MBTS de acuerdo con lo indicado en la norma UNE 20.460-4-41.
- Los circuitos de instalaciones para MBTS, cumplirán lo que se indica en la Norma UNE 20.460-4-41 y en la ITC-BT-36 *“Instalaciones a Muy Baja Tensión”*.

La protección contra contactos directos consiste en la toma de medidas para proteger a las personas contra peligros derivados de un contacto con partes activas de materiales eléctricos.

Los medios a utilizar se exponen y definen en la Norma UNE 20.460-4-41, que son habitualmente:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

La protección ante contactos indirectos se puede conseguir con la aplicación de las siguientes medidas:

- **Protección por corte automático de la alimentación.** Este corte automático ha de aparecer tras la aparición de un fallo, para impedir que la tensión de contacto pueda resultar peligrosa.
- **Protección por empleo de equipo de la clase II o por aislamiento equivalente.** Se asegura esta protección por: la utilización de equipos con aislamiento reforzado; los conjuntos de aparamenta que posean aislamiento reforzado; aislamientos suplementarios que aislen equipos eléctricos que solamente posean un aislamiento principal; y aislamientos reforzados que aislen las partes activas descubiertas.
- **Protección en los locales o emplazamientos no conductores.** Medida de protección destinada a impedir, en caso de fallo del aislamiento principal, el contacto coincidente con otras partes que puedan estar a diferentes tensiones. Las masas deben estar dispuestas para que una



- persona no toque a la vez, dos masas, o con una masa y un elemento conductor, para no encontrarse con tensiones diferentes.
- **Protección mediante conexiones equipotenciales locales no conectadas a tierra.** Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y elementos conductores a los que se puedan acceder. No se debe conectar directamente a tierra, sino que se deben adoptar medidas para asegurar el acceso de las personas al lugar indicado sin que pueda resultar peligroso.
 - **Protección por separación eléctrica.** El circuito debe ser alimentado por una fuente de separación: o un transformador de aislamiento, o bien, una fuente que sea equivalente al transformador de aislamiento en cuanto a seguridad.

Atendiendo a todas estas especificaciones de dicha ITC del REBT, en este proyecto se contará con un interruptor magnetotérmico diferencial de 300 mA de sensibilidad, que servirá de respaldo de los diferenciales situados aguas más abajo de la instalación.

Además, se instalarán interruptores diferenciales, en todos los subcuadros por cada grupo de circuitos, de alta sensibilidad, 30 mA, con el fin de proteger a las personas ante este tipo de contactos.

Para ver más con más detalle la distribución de interruptores diferenciales, se sugiere ver los documentos “Anejos – Anejo 1: Planos – Planos unifilares (7 al 18)” y “Anejos – Anejo 1: Planos – Planos multifilares (19 al 34)”.

4.11 - ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

El esquema de distribución de puesta a tierra será realizado conforme a la ITC-BT-08: “Sistemas de Conexión del Neutro y de las Masas en Redes de Distribución de Energía Eléctrica”. El esquema de distribución empleado tiene su repercusión en la protección ante choques eléctricos, en caso de contactos indirectos y sobreintensidades.

La elección del esquema de distribución adecuado depende de las características técnicas de la instalación. En el caso del proyecto a estudio, nos decantaremos por un esquema TT. Se ha elegido este tipo de esquema por ser la instalación alimentada por una red de distribución pública, que por reglamento, tiene un punto (neutro de la red) directamente puesto a tierra.

Las masas de la instalación receptora (centro de ocio) deberán estar unidas y puestas también a tierra.

A continuación se puede ver el esquema de distribución en la siguiente figura:

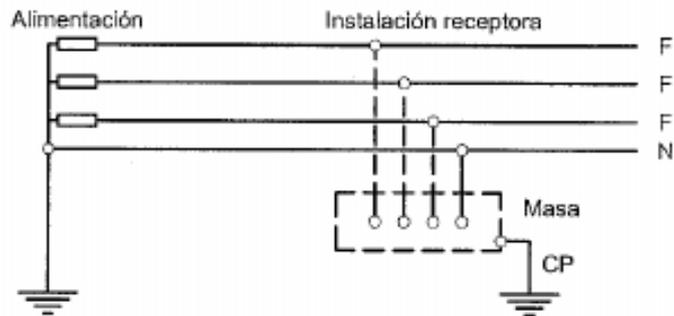


Figura 45 Esquema de distribución tipo TT - FUENTE: ITC-BT-08

Además, para la protección de personas y equipos, se dotará a la instalación de las protecciones necesarias, como se ha visto en el apartado 4.10 del presente documento, que deben actuar en caso de fallo.

En este esquema, las intensidades de defecto, fase-masa o fase-tierra, alcanzan valores inferiores a los de cortocircuito, sin embargo, pueden ser suficientes para provocar tensiones peligrosas.



5 - CÁLCULOS REALIZADOS

5.1 - CALCULOS LUMÍNICOS

Los cálculos lumínicos han sido realizados con el programa DIALux. En este programa, se ha elegido el tipo de luminaria adecuado para cada sala, respetando siempre, los valores exigidos de iluminancia media y uniformidad, presentes en la Norma UNE EN12464; así como el valor máximo de potencia instalada por metro cuadrado, recogido en el CTE.

Además, aparte de esta norma UNE, también se debe cumplir con la reglamentación del punto 3 del Código Técnico de la Edificación (CTE), “Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación”, en el que se exponen los valores máximos de eficiencia energética.

Según este documento, *la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI (W/m²), por cada 100 lux. [4]*

Este documento nos ofrece la siguiente ecuación:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Ecuación 1 Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

Donde:

- VEEI: valor de la eficiencia energética (W/m²)
- P: potencia de la lámpara más el equipo auxiliar (W)
- S: superficie iluminada (m²)
- E_m: iluminancia media horizontal mantenida (lux)

En la siguiente imagen pueden verse los valores máximos de este valor, dependiendo de la actividad de la zona a iluminar:



Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Universidad de Valladolid

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tienas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Figura 46 Valores límite de eficiencia energética de la instalación - FUENTE: CTE

A continuación, se muestra una tabla con una comparativa entre las iluminancias exigidas por reglamento y las logradas en la relación del proyecto:

Tabla 5 Comparativa entre los valores exigidos y los valores reales

Sala	E_m - exig (lux)	E_m - real (lux)	U_o - exig	U_o - real	P_{max} instal (W/m ²)	P_{real} instal (W/m ²)	VEI _{max} (W/m ² /100lux)	VEI _{calc} (W/m ² /100lux)
Vestuario minusválidos	200	246	0,4	0,495	10	5,81	6,0	2,36
Vestuario señoras	200	259	0,4	0,495	10	5,9	6,0	2,28
Vestuario señores	200	252	0,4	0,524	10	5,78	6,0	2,29
Cuarto de bombas	200	234	0,4	0,500	10	7,12	4,0	3,05
Piscina	300	358	0,4	0,690	10	8,78	4,0	2,45
Cuarto socorrista	500	541	0,6	0,631	10	10	3,0	1,85
Pasillo vestuarios	100	126	0,4	0,694	12	6,6	6,0	5,25
Gimnasio	300	325	0,4	0,412	12	7,81	4,0	2,40
Oficina	500	623	0,6	0,627	12	11,72	3,0	1,88
Sala de juegos	300	327	0,4	0,584	12	7,5	8,0	2,29
Biblioteca	500	521	0,6	0,633	15	12,99	5,0	2,49
Servicio minusválidos	200	273	0,4	0,697	10	7,08	6,0	2,59
Servicio señoras	200	224	0,4	0,655	10	4,82	6,0	2,15
Servicio señores	200	236	0,4	0,661	10	5,28	6,0	2,24
Cafetería	200	258	0,4	0,410	18	6,08	8,0	2,35
Hall	300	398	0,6	0,626	12	5,91	6,0	1,48
Pasillo	100	116	0,4	0,635	12	3,83	6,0	3,31
Cuarto grupo electrógeno	200	257	0,4	0,580	10	4,99	4,0	1,94



Para ver la distribución de cada una de las luminarias en sus respectivas estancias, ver documento *“Anejos – Anejo 1: Planos – Plano 4: Alumbrado”*. También en este plano serán visibles los aparatos que activan y desactivan dichas luminarias.

Para ver con más detalle la distribución de las luminarias, así como otros datos que puedan ser de interés, puede ser consultado el documento *“Anejos – Anejo 2: Cálculo de alumbrado”*.

A la vista de la tabla, podemos decir que se ha cumplido, sobradamente, los valores, tanto de iluminancia media como de uniformidad, por lo que nuestra edificación cumple con lo establecido en la norma antes mencionada. Además, también se puede apreciar que cumplimos con los valores de eficiencia recogidos en el CTE.

Por todo esto, podemos decir que nuestra instalación lumínica, cumple con la reglamentación vigente.

5.2 - CÁLCULOS ALUMBRADO DE EMERGENCIA

La realización del alumbrado de emergencia ha sido realizada con el programa DAISALUX, y se han tenido en cuenta todos los criterios expuestos en la ITC-BT-19: *“Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales”*, explicada en el punto 4.7 del presente documento, *“Alumbrado de emergencia”*. La utilización de una u otra luminaria vendrá dado en función del flujo lumínico necesario para cada sala.

A continuación, se muestran los cálculos obtenidos por dicho programa. Para más información, consultar el documento *“Anejos – Anejo 3: Cálculo de alumbrado de emergencia”*.

5.2.1 - Gráficos de tramas

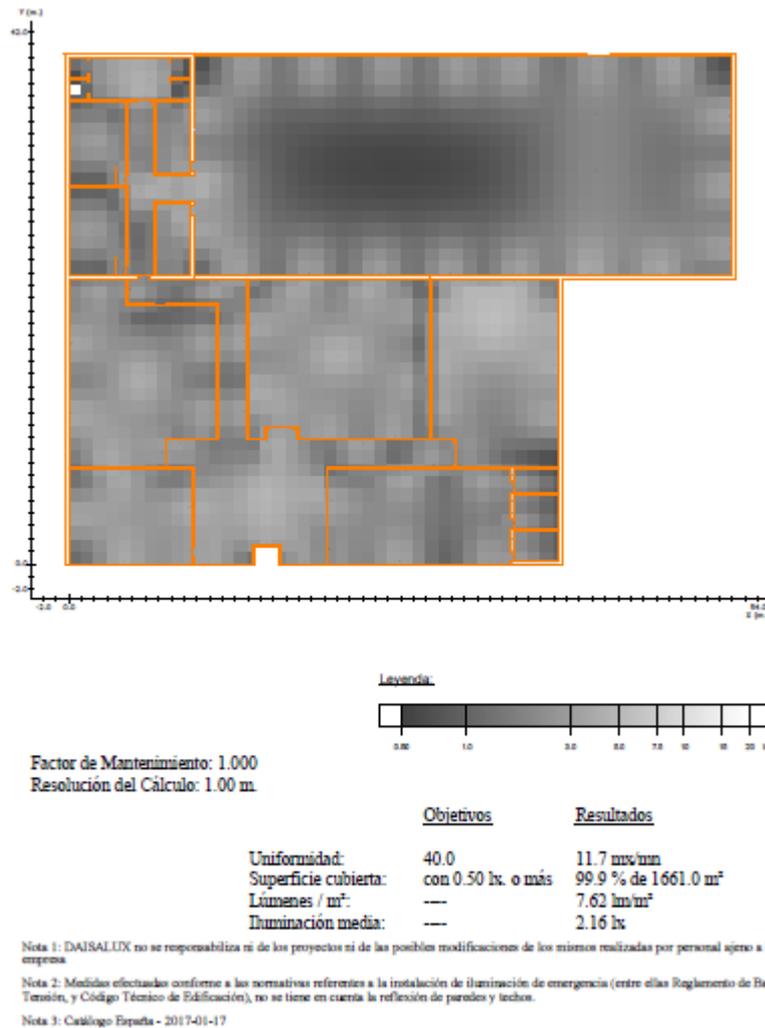
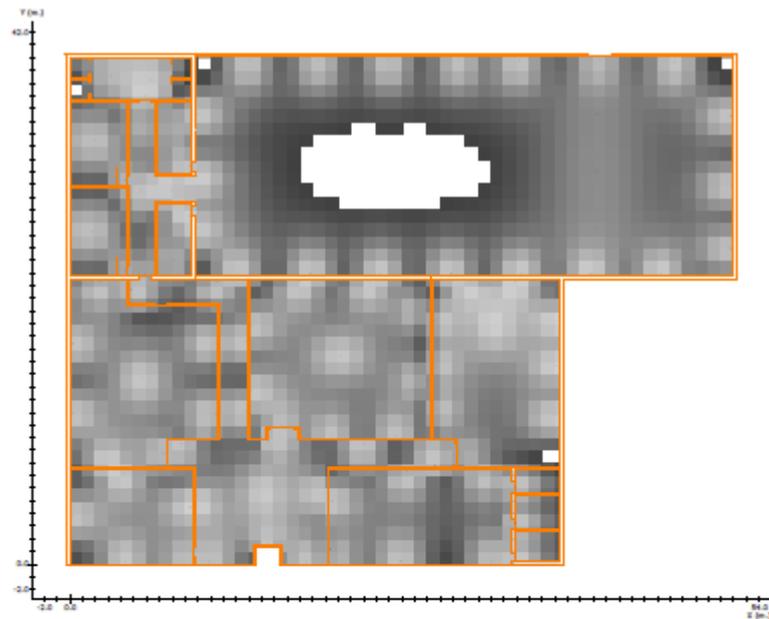


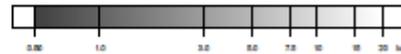
Figura 47 Gráfico de tramas del plano a 0,00 m - FUENTE: DAISALUX

Como se puede observar en la imagen, y en su posterior leyenda, el alumbrado de emergencia cubre casi la totalidad de la superficie del complejo a nivel del suelo. Las zonas no iluminadas por el alumbrado de emergencia se corresponden con zonas muertas.

El alumbrado de emergencia no solamente debe cubrir la iluminancia establecida a 0 m, sino que también es necesario que ilumine lo suficiente a alturas comprendidas entre 0 y 1 m, para poder ver los posibles obstáculos en los recorridos de evacuación.



Leyenda:



Factor de Mantenimiento: 1.000
 Resolución del Cálculo: 1.00 m.

	Objetivos	Resultados
Uniformidad:	40.0	21.7 mv/mn
Superficie cubierta:	con 0.50 lx. o más	95.0 % de 1661.0 m ²
Lúmenes / m ² :	---	7.62 lm/m ²
Iluminación media:	---	2.56 lx

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa.

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 48 Gráfico de tramas del plano a 1 m - FUENTE: DAISALUX

En este caso, la zona central de arriba no iluminada, se corresponde con el espacio que ocupa la piscina, y por tanto, no es necesario iluminar esta altura, ya que no forma parte del plano útil. Además, también se aprecian zonas muertas en las esquinas de algunas de las salas.

5.2.2 - Curvas isolux

Las siguientes ilustraciones, se corresponden las curvas isolux (mismo nivel de iluminación), para las alturas de 0 y 1 m.

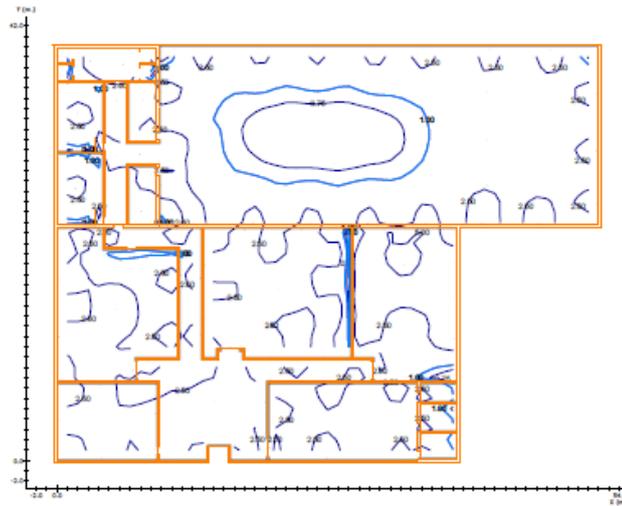


Figura 49 Curvas isolux a 0 m - FUENTE: DAISALUX

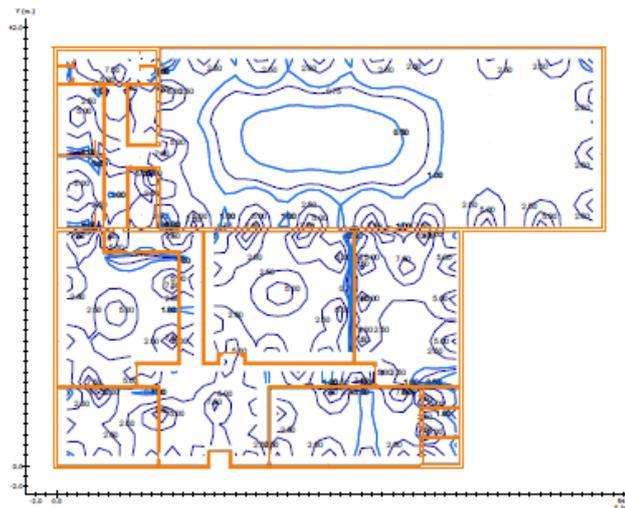
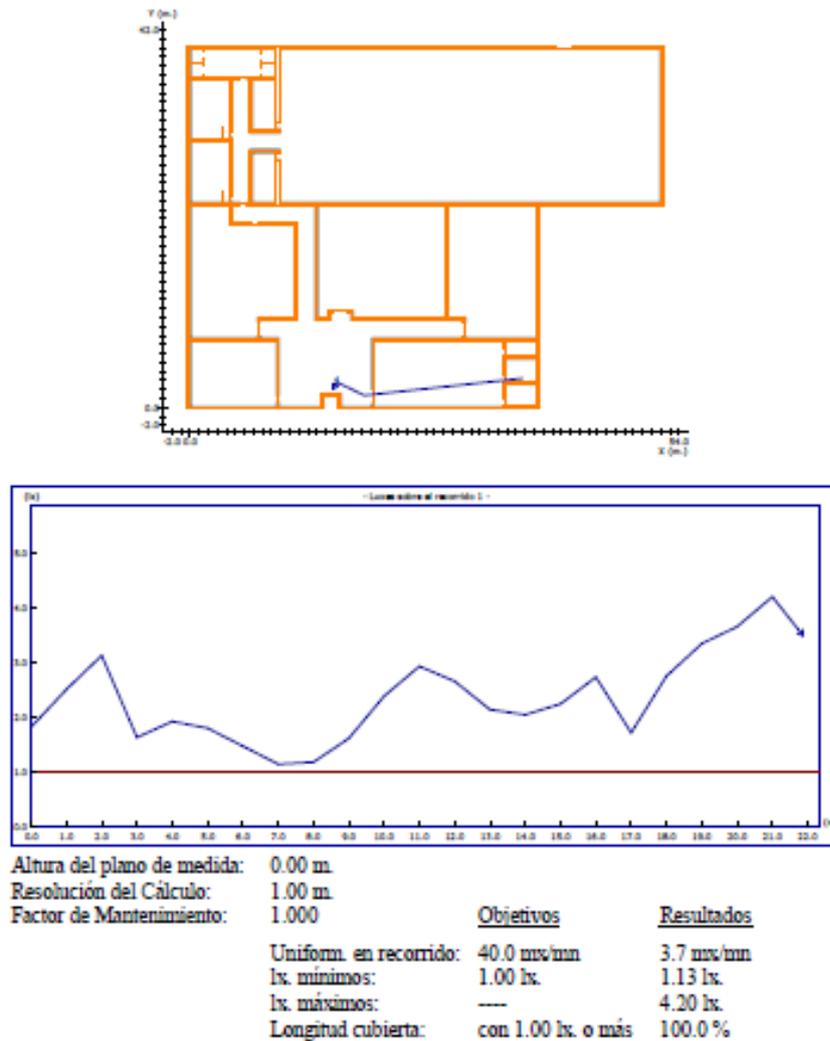


Figura 50 Curvas isolux a 1 m - FUENTE: DAISALUX

5.2.3 - Recorridos de evacuación

En este apartado se comprobará que en todos los puntos de los recorridos de evacuación, la iluminancia horizontal mínima, será de al menos, 1 lux. Además la longitud de estos recorridos de evacuación en ningún caso ha de exceder de 50 m.

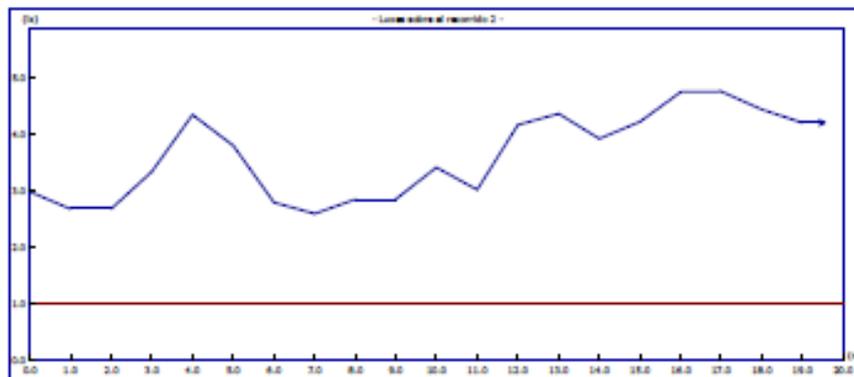
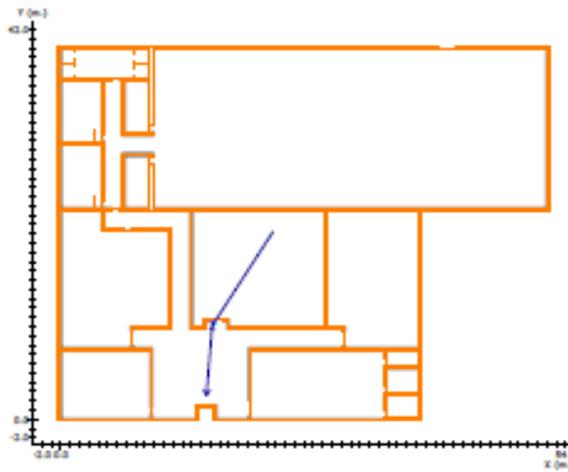


Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa.

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 51 Recorrido de evacuación Cafetería y servicios - FUENTE: DAISALUX



Altura del plano de medida: 0.00 m.
 Resolución del Cálculo: 1.00 m.
 Factor de Mantenimiento: 1.000

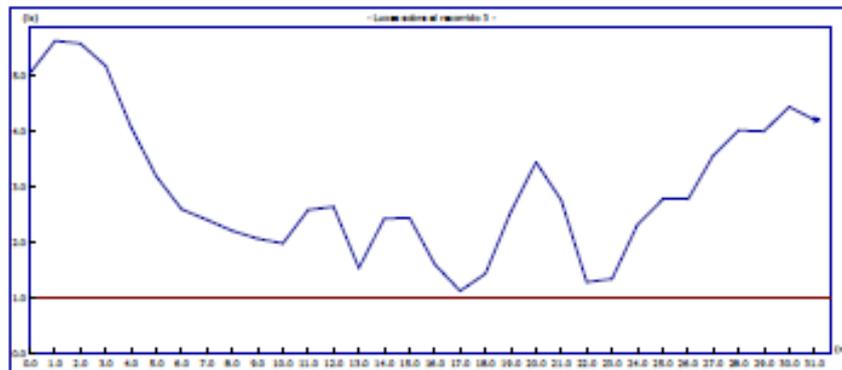
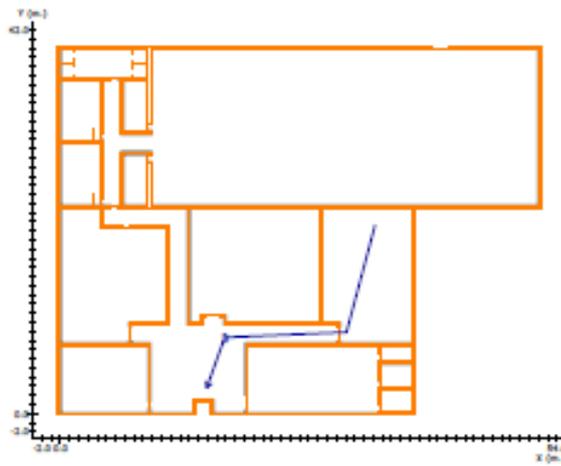
	Objetivos	Resultados
Uniform. en recorrido:	40.0 lux/mn	1.8 lux/mn
lx. mínimos:	1.00 lx.	2.58 lx.
lx. máximos:	---	4.75 lx.
Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 52 Recorrido de evacuación Zona de juegos - FUENTE: DAISALUX



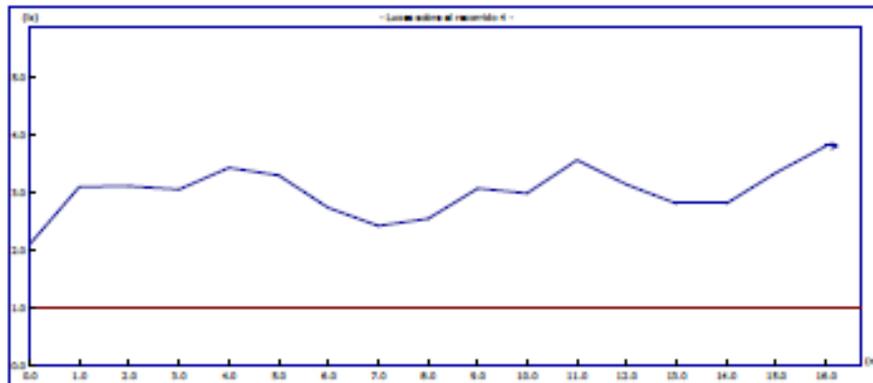
Altura del plano de medida:	0.00 m		
Resolución del Cálculo:	1.00 m		
Factor de Mantenimiento:	1.000		
		<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
	Uniform. en recorrido:	40.0 lux/mm	5.1 lux/mm
	lx. mínimos:	1.00 lx.	1.11 lx.
	lx. máximos:	---	5.62 lx.
	Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa.

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 53 Recorrido de evacuación Biblioteca - FUENTE: DAISALUX



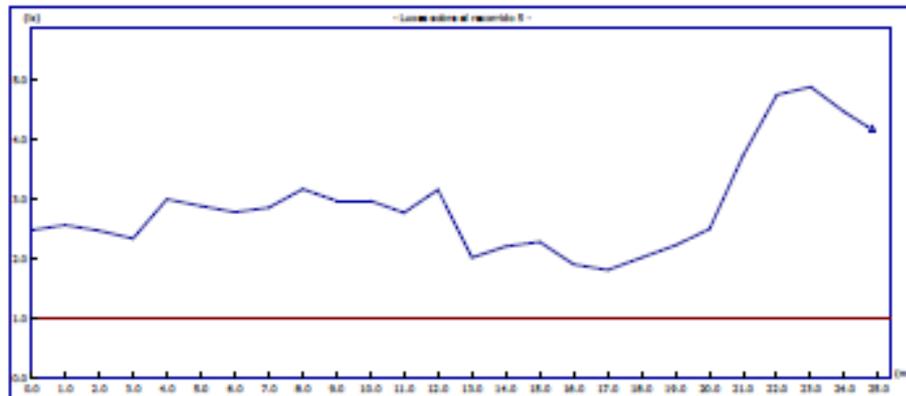
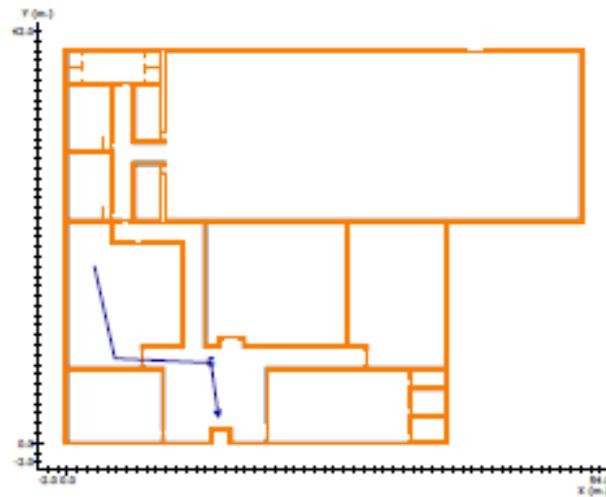
Altura del plano de medida:	0.00 m		
Resolución del Cálculo:	1.00 m		
Factor de Mantenimiento:	1.000	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
	Uniform. en recorrido:	40.0 mv/mn	1.8 mv/mn
	lx. mínimos:	1.00 lx.	2.10 lx.
	lx. máximos:	---	3.80 lx.
	Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 54 Recorrido de evacuación Oficina - FUENTE: DAISALUX



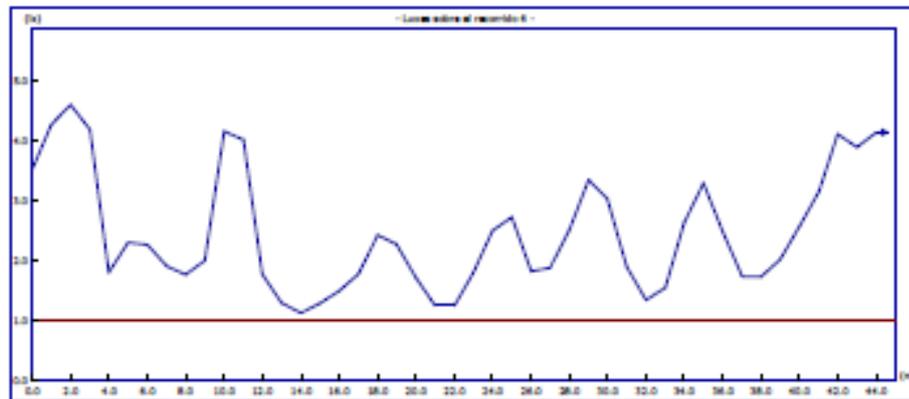
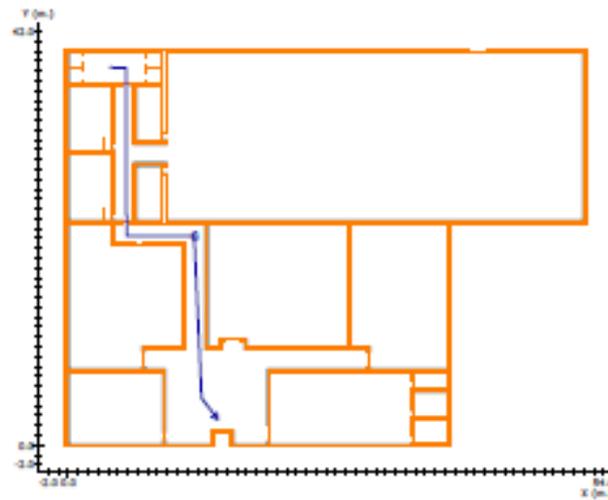
Altura del plano de medida:	0.00 m.		
Resolución del Cálculo:	1.00 m.		
Factor de Mantenimiento:	1.000		
		<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
	Uniform. en recorrido:	40.0 lux/mm	2.7 lux/mm
	lx. mínimos:	1.00 lx.	1.80 lx.
	lx. máximos:	---	4.88 lx.
	Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa.

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 55 Recorrido de evacuación Gimnasio - FUENTE: DAISALUX



Altura del plano de medida: 0.00 m
 Resolución del Cálculo: 1.00 m
 Factor de Mantenimiento: 1.000

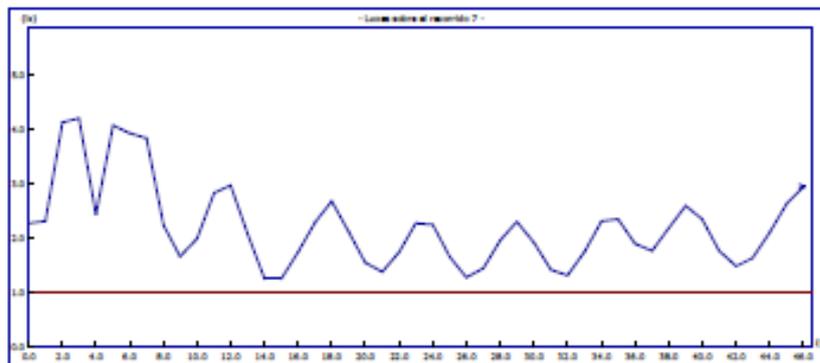
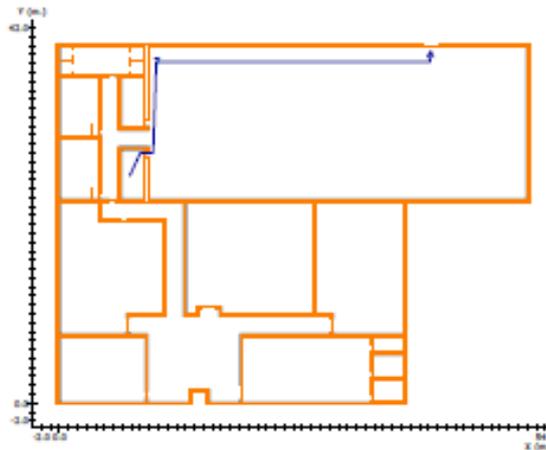
	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.0 mv/mn	4.1 mv/mn
lx. mínimos:	1.00 lx.	1.11 lx.
lx. máximos:	---	4.59 lx.
Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 56 Recorrido de evacuación Vestuarios - FUENTE: DAISALUX



Altura del plano de medida:	0.00 m		
Resolución del Cálculo:	1.00 m		
Factor de Mantenimiento:	1.000		
		<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
	Uniform. en recorrido:	40.0 mv/mm	3.4 mv/mm
	lx. mínimos:	1.00 lx.	1.23 lx.
	lx. máximos:	---	4.20 lx.
	Longitud cubierta:	con 1.00 lx. o más	100.0 %

Nota 1: DAISALUX no se responsabiliza ni de los proyectos ni de las posibles modificaciones de los mismos realizadas por personal ajeno a la empresa

Nota 2: Medidas efectuadas conforme a las normativas referentes a la instalación de iluminación de emergencia (entre ellas Reglamento de Baja Tensión, y Código Técnico de Edificación), no se tiene en cuenta la reflexión de paredes y techos.

Nota 3: Catálogo España - 2017-01-17

Figura 57 Recorrido de evacuación Piscina, cuartos de bombas y socorrista - FUENTE: DAISALUX

Como se puede ver, en todos los puntos de todos los recorridos se cumple el objetivo de tener, como mínimo, 1 lux de iluminancia horizontal.

Cabe destacar que las variaciones bruscas en las gráficas de iluminancia, se corresponden con la presencia de variaciones en el recorrido, o con las zonas detrás de las puertas.



5.3 - CÁLCULOS POTENCIA BOMBAS

En este apartado calcularemos el caudal necesario que debe pasar cada bomba, tanto de depuración como de climatización, así como la potencia que demande cada bomba.

5.3.1 - Potencia instalada bombas de depuración

Para calcular la potencia instalada de las bombas, el primer paso es conocer el caudal que atraviesa cada bomba. Este caudal será función del volumen total de agua que contenga la piscina. Con este caudal elegiremos un filtro adecuado para nuestro caudal, y con este filtro elegiremos la bomba que se adapta a las características indicadas.

5.3.1.1 - Piscina grande

Como hemos dicho, el primer paso es saber el volumen total de la piscina que nos atañe. Las medidas de esta piscina son 25 m de largo; 12,5 m de ancho; y 2 m de altura, por lo que el volumen total será:

$$V_T = a \cdot b \cdot h$$

Ecuación 2 Volumen total de un prisma

Donde:

- V_T : volumen total (m)
- a : largo (m)
- b : ancho (m)
- h : altura (m)

Sustituyendo los datos que tenemos en la ecuación nos queda:

$$V_T = a \cdot b \cdot h = 25 \cdot 12,5 \cdot 2 = 625 \text{ m}^3$$

Por lo que 625 m³ será nuestro volumen de agua en la piscina grande. A continuación, calcularemos el caudal que debe pasar por la bomba con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V_T}{t_d}$$

Ecuación 3 Caudal que atraviesa la bomba

Donde: Q: caudal (m³/h)
 V_T: volumen total (m³)
 t_d: tiempo de depuración (h)

Este tiempo de depuración lo estableceremos en 6 horas, por lo que tendremos un caudal de:

$$Q = \frac{V_T}{t_d} = \frac{625}{6} = 104,1667 \text{ m}^3/\text{h}$$

Calculado el caudal que atraviesa la bomba, el siguiente paso es elegir el filtro adecuado a nuestro caudal.

El filtro que hemos elegido es el siguiente:



Figura 58 Filtro Vesubio - Fuente [5]

Este filtro está diseñado para piscinas públicas con las siguientes características:

- Diámetro: 2000 mm.
- Velocidad de entrada: 40 m/s.
- Velocidad de salida: 140 m/s.
- Caudal: 125 m³/s.

Por lo que este filtro cumple con las características exigidas.

Seguidamente, buscaremos una bomba que se adapte a las condiciones del filtro. La bomba seleccionada es la siguiente:



Figura 59 Bomba Nadorself
 ESPA - Fuente [6]

1- 230 V (M)	3- 400 V (T)	Modelo	I [A]		P1 [kW]		P2		c [μF]	l/min														
			230 V	3- 230 V	3- 400 V	1- 230 V	3- 400 V	[kW]		[CV]	100	200	400	600	800	1000	1200	1300						
203166	203168	Nadorself 300	13,4	8,6	5	3	3	2,3	3	60	14,6	14	12,8	11,3	9	6,5								
	203169	Nadorself 400		11,8	6		3,4	3	4		17,2	16,6	15,3	13,8	11,6	9,4	6,3	4,5						

Figura 60 Tabla de funcionamiento hidráulico - Fuente [6]

Las características de esta bomba las podemos ver en la tabla de la figura de arriba, por lo que elegiremos dos bombas *Nadorself 300*, que trabajen en paralelo, de funcionamiento trifásico a 400 V y una potencia de **2,3 kW cada una**.

5.3.1.2 - Piscina pequeña

Al igual que para el caso anterior, el primer paso es hallar el volumen total de agua de la piscina. Las dimensiones de esta piscina son: 12,5 m de largo; 6,25 m de ancho; y la profundidad varía linealmente entre 0,8 y 1,8 m. Por lo que la ecuación a utilizar, variará ligeramente respecto a la anterior por no ser un prisma rectangular:

$$V_T = a \cdot b \cdot \left[h_1 + \frac{1}{2} \cdot (h_2 - h_1) \right]$$

Ecuación 4 Volumen total de un prisma trapezoidal

Donde: V_T : volumen total (m³)

a: largo (m)

b: ancho (m)

h_1 : altura más baja (m)

h_2 : altura más alta (m)

$$V_T = a \cdot b \cdot \left(h_1 + \frac{1}{2} \cdot (h_2 - h_1) \right) = 12,5 \cdot 6,25 \cdot \left[0,8 + \frac{1}{2} \cdot (1,8 - 1) \right] \\ = 101,5625 \text{ m}^3$$

Con este volumen y la ecuación 3, ya podemos calcular el caudal de agua que atravesará la bomba:

$$Q = \frac{V_T}{t_d} = \frac{101,5625}{6} = 16,9271 \text{ m}^3/\text{h}$$

El filtro elegido para este caudal es el siguiente:



Figura 61 Filtro QP - Fuente [7]

Este filtro se corresponde con un filtro laminado para acoplar a una bomba de depuración de 1,5 CV de potencia, aconsejado para volúmenes de piscina desde 100 a 150 m³.

Sus características son las siguientes:

- Diámetro de 750 mm.
- Caudal de 22 m³/hora.

Con este filtro, hemos elegido la siguiente bomba:



Figura 62 Bomba de piscina QP – Fuente [8]

Las características de esta bomba son:

- Potencia requerida de la bomba: 1,5 CV.
- Volumen de piscinas: 100 – 150 m³.
- Caudal máximo: 20 m³/h.
- Potencia: 1125 W.

Por lo que solamente una bomba será suficiente para bombear el agua de la piscina pequeña.

5.3.2 - Potencia instalada bombas de climatización

5.3.2.1 - Piscina grande

El primer paso para elegir la bomba de calor adecuada, es conocer el volumen de la piscina, volumen que hemos hallado anteriormente, siendo éste de 625 m³.

Teniendo calculado el volumen total de la piscina, nos hemos decantado por la siguiente bomba de calor:



Figura 63 Bomba de calor Maya - Fuente [9]

Las características de esta bomba de calor vienen recogidas en la siguiente imagen:

Código Maya	32505	32506	32512	32513	32515	32516
Volumen piscina aconsejado* [m ³]	60	90	130	180	230	400
Potencia [kW] a 24°C temp ambiente	19,8	30	41,7	55,3	72	125,2
COP a 24°C temp ambiente	5	4,7	4,8	4,8	4,5	4,9
Potencia [kW] a 15°C temp ambiente	16,3	24,8	34,6	46,7	59,8	102,6
COP a 15°C temp ambiente	4,5	4,3	4,4	4,5	4,1	4,4

Figura 64 Características de la bomba de calor Maya - Fuente [9]

Como tenemos un volumen de 625 m³, necesitaremos dos bombas de calor Maya con código 32516, es decir, la última columna de la anterior tabla, para cumplir con el volumen que tenemos.

Esta tabla, no nos dice la potencia eléctrica consumida por las bombas, en cambio, nos da la potencia de calefacción suministrada por la bomba y el coeficiente de rendimiento (COP) a distintas temperaturas, 15 °C y 24 °C.

Por tanto, debemos calcular la potencia consumida por estas bombas con la siguiente ecuación:

$$COP = \frac{Q}{W} \rightarrow W = \frac{Q}{COP}$$

Ecuación 5 Coeficiente de rendimiento entre la potencia calorífica y la potencia consumida

Donde:

COP: coeficiente de rendimiento

Q: potencia calorífica (kW)

W: potencia eléctrica consumida (kW)

Como tenemos dos temperaturas, tenemos que calcular la potencia eléctrica para las dos temperaturas, y quedarnos con el mayor consumo de energía:

$$W_{24^{\circ}C} = \frac{Q_{24^{\circ}C}}{COP_{24^{\circ}C}} = \frac{125,2 \text{ kW}}{4,9} = 25,55 \text{ kW}$$

$$W_{15^{\circ}\text{C}} = \frac{Q_{15^{\circ}\text{C}}}{\text{COP}_{15^{\circ}\text{C}}} = \frac{102,6 \text{ kW}}{4,4} = 23,32 \text{ kW}$$

A la vista de los resultados, podemos decir que nuestro consumo eléctrico corresponde con las mediciones a 24 °C. Por tanto, para nuestra instalación, requeriremos **dos bombas en paralelo de 25,55 kW de potencia cada una.**

5.3.2.2 - Piscina pequeña

El volumen de esta piscina, calculado anteriormente, es de 101,5625 m³. Para este volumen, hemos elegido la bomba que se presenta a continuación:



Figura 65 Bomba de calor Maya - Fuente [9]

Las características de esta bomba de calor vienen recogidas en la siguiente imagen:

Código Maya	32505	32506	32512	32513	32515	32516
Volumen piscina aconsejado* [m ³]	60	90	130	180	230	400
Potencia [kW] a 24°C temp ambiente	19,8	30	41,7	55,3	72	125,2
COP a 24°C temp ambiente	5	4,7	4,8	4,8	4,5	4,9
Potencia [kW] a 15°C temp ambiente	16,3	24,8	34,6	46,7	59,8	102,6
COP a 15°C temp ambiente	4,5	4,3	4,4	4,5	4,1	4,4

Figura 66 Características de la bomba de calor Maya - Fuente [9]

Como vemos, es la misma bomba que la elegida para la piscina grande. Sin embargo, al tener un volumen de agua más reducido, la referencia de la bomba a



escoger no será la misma que la del apartado anterior, sino que ahora nos fijaremos en la bomba del código 32512, tercera columna de la tabla.

Al igual que en el caso anterior, esta tabla no nos proporciona la potencia eléctrica consumida, por lo que la calcularemos siguiendo los mismos pasos que en el apartado anterior, para ello utilizaremos la ecuación 5:

$$COP = \frac{Q}{W} \rightarrow W = \frac{Q}{COP}$$

Como tenemos dos temperaturas, también será necesario que calculemos las dos potencias y os quedemos con la mayor:

$$W_{24^{\circ}C} = \frac{Q_{24^{\circ}C}}{COP_{24^{\circ}C}} = \frac{41,7 \text{ kW}}{4,8} = 8,6875 \text{ kW}$$
$$W_{15^{\circ}C} = \frac{Q_{15^{\circ}C}}{COP_{15^{\circ}C}} = \frac{34,6 \text{ kW}}{4,4} = 7,86 \text{ kW}$$

Por tanto, la potencia eléctrica de la bomba de calor de la piscina pequeña será de **8,6875 kW**.

5.4 - PREVISIÓN DE POTENCIA

El primer paso necesario, es conocer la distribución de cargas contenidas en nuestra instalación, así como la potencia demandada de cada una de estas cargas.

Las diferentes cargas emplazadas en nuestra edificación, podrán ser observadas en los circuitos contenidos en las siguientes tablas. Para el cálculo de esta potencia instalada, se ha tenido en cuenta la ITC-BT-47: "Motores", en la que nos dice que los motores deben estar sobredimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad nominal.

Este factor lo utilizaremos tanto para el cálculo de la potencia de las bombas de la depuradora, como para las bombas de calor. Para los demás circuitos, alumbrado y tomas de fuerza, el coeficiente será 1.



Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Universidad de Valladolid

Tabla 6 Potencia instalada

CIRCUITO	Potencia instalada (W)	Coefficiente	Potencia total (W)	cos ϕ	Potencia calculada (W)	Intensidad (A)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	141280,5	-	157658,63	0,85	157803,24	267,96
SUBCUADRO PISCINA	19243	-	19243	0,9	19323,3	30,99
SUBCUADRO DEPURADORA	5725	-	7156,25	0,9	7160,41	11,48
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	59787,5	-	74734,38	0,9	74734,53	119,86
GRUPO ELECTRÓGENO	21600	1	21600	0,8	21600	38,97
Alumbrado 1 Cafetería	220	1	220	1	220,8	0,96
Alumbrado 2 Cafetería	220	1	220	1	220,8	0,96
Alumbrado 3 Cafetería	220	1	220	1	220,8	0,96
Alumbrado 1 Hall	156	1	156	1	156,4	0,68
Alumbrado 2 Hall	156	1	156	1	156,4	0,68
Alumbrado 3 Hall	156	1	156	1	156,4	0,68
Alumbrado 1 Oficina	284	1	284	1	285,2	1,24
Alumbrado 2 Oficina	284	1	284	1	285,2	1,24
Alumbrado 3 Oficina	284	1	284	1	285,2	1,24
Alumbrado 1 Servicio minusválidos	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 2 Servicio minusválidos	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 1 Servicio señoras	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 2 Servicio señoras	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 1 Servicio señores	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 2 Servicio señores	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 1 Gimnasio	385	1	385	1	388,7	1,69
Alumbrado 2 Gimnasio	385	1	385	1	388,7	1,69
Alumbrado 3 Gimnasio	385	1	385	1	388,7	1,69
Alumbrado 1 Pasillo-1	65	1	65	1	64,4	0,28
Alumbrado 2 Pasillo-1	52	1	52	1	52,9	0,23
Alumbrado 3 Pasillo-1	52	1	52	1	52,9	0,23
Alumbrado 1 Zona de juegos	440	1	440	1	443,9	1,93
Alumbrado 2 Zona de juegos	440	1	440	1	443,9	1,93
Alumbrado 3 Zona de juegos	440	1	440	1	443,9	1,93
Alumbrado C. Grupo Electrónico	24	1	24	1	24	0,10
Alumbrado 1 Biblioteca	660	1	660	1	671,6	2,92
Alumbrado 2 Biblioteca	605	1	605	1	614,1	2,67
Alumbrado 3 Biblioteca	605	1	605	1	614,1	2,67
Alumbrado 1 Pasillo-2	65	1	65	1	64,4	0,28
Alumbrado 2 Pasillo-2	52	1	52	1	52,9	0,23
Alumbrado 3 Pasillo-2	65	1	65	1	64,4	0,28
Emergencia 1 Cafetería	32	1	32	1	32,2	0,14
Emergencia 2 Cafetería	40	1	40	1	39,1	0,17



Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



Universidad de Valladolid

ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Emergencia 1 Oficina	40	1	40	1	39,1	0,17
Emergencia 2 Oficina	48	1	48	1	48,3	0,21
Emergencia 1 Biblioteca	80	1	80	1	80,5	0,35
Emergencia 2 Biblioteca	80	1	80	1	80,5	0,35
Emergencia 1 Gimnasio	64	1	64	1	64,4	0,28
Emergencia 2 Gimnasio	56	1	56	1	55,2	0,24
Emergencia C. Grupo Electrógeno	8	1	8	1	8	0,04
TC 1 Lavavajillas	3450	1	3450	0,9	3450	16,67
TC 1 Cocina	5175	1	5175	0,9	5175	25
TC 1 Cafetería	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 2 Cafetería	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 3 Cafetería	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 3 Servicio minusválidos	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 1 Oficina	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 2 Oficina	3300	1	3300	0,9	3300	15,94
TC 3 Oficina	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 1 Biblioteca	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 2 Biblioteca	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 3 Biblioteca	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 2 Zona de juegos	3300	1	3300	0,9	3300	15,94
TC 1 Gimnasio	2760	1	2760	0,9	2760	13,33
TC 2 Gimnasio	2760	1	2760	0,9	2760	13,33
TC 3 Gimnasio	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 4 Gimnasio	2760	1	2760	0,9	2760	13,33
TC 5 Gimnasio	2760	1	2760	0,9	2760	13,33
Alumbrado 1 Piscina	2145	1	2145	1	2173,5	9,45
Alumbrado 2 Piscina	2145	1	2145	1	2171,2	9,44
Alumbrado 3 Piscina	2145	1	2145	1	2175,8	9,46
Alumbrado 1 Vestuarios minusválidos	88	1	88	1	87,4	0,38
Alumbrado 2 Vestuarios minusválidos	88	1	88	1	87,4	0,38
Alumbrado 1 Vestuarios señoras	88	1	88	1	87,4	0,38
Alumbrado 2 Vestuarios señoras	88	1	88	1	87,4	0,38
Alumbrado 1 Vestuarios señores	88	1	88	1	87,4	0,38
Alumbrado 2 Vestuarios señores	88	1	88	1	87,4	0,38
Alumbrado 1 Pasillo vestuarios	114	1	114	1	112,7	0,49
Alumbrado 2 Pasillo vestuarios	114	1	114	1	112,7	0,49
Alumbrado 1 Cuarto bombas	110	1	110	1	110,4	0,48
Alumbrado 1 Cuarto socorrista	66	1	66	1	66,7	0,29
Alumbrado 2 Cuarto socorrista	88	1	88	1	87,4	0,38
Emergencia 1 Piscina	56	1	56	1	55,2	0,24
Emergencia 2 Piscina	64	1	64	1	64,4	0,28
Emergencia 3 Piscina	64	1	64	1	64,4	0,28



Emergencia 1 Vestuarios	24	1	24	1	24	0,10
Emergencia 2 Vestuarios	16	1	16	1	16,1	0,07
Emergencia 3 Vestuarios	16	1	16	1	16,1	0,07
Emergencia 1 Cuarto socorrista	32	1	32	1	32,2	0,14
Emergencia 1 Cuarto bombas	16	1	16	1	16,1	0,07
TC 1 Cuarto bombas	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 1 Vestuarios	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 2 Vestuarios	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 3 Vestuarios	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC 1 Cuarto socorrista	2300	1	2300	0,9	2300	11,11
TC Tri Depur 1 Pisc grande	2300	1,25	2875	0,9	2875,2	4,61
TC Tri Depur 2 Pisc grande	2300	1,25	2875	0,9	2875,2	4,61
TC Depur Pisc pequeña	1125	1,25	1406,25	0,9	1410	6,81
TC Tri BC 1 Pisc grande	25550	1,25	31937,5	0,9	31939,02	51,22
TC Tri BC 2 Pisc grande	25550	1,25	31937,5	0,9	31939,02	51,22
TC Tri BC Pisc pequeña	8687,5	1,25	10859,375	0,9	10856,49	17,41

Esta tabla ha sido realizada siguiendo el siguiente proceso:

En primer lugar, se ha calculado la potencia instalada de cada uno de los circuitos (columna 2).

Seguidamente, a esta potencia instalada se le ha multiplicado por un coeficiente de mayoración (columna 3), tal y como nos dice el REBT, dependiendo del tipo de carga que tengamos en el circuito.

El producto de estas dos columnas nos da como resultado la potencia total (columna 4), que es sobre la que realizaremos los cálculos.

La columna 5 se corresponde con el factor de potencia de cada circuito: 1 para alumbrado; 0,85 para la derivación individual y 0,9 para el resto de circuitos.

La potencia calculada (columna 6), corresponde con los cálculos realizados por el programa DDS-CAD, en el que ya se tienen en cuenta las diferentes pérdidas ocasionadas en los circuitos.

Por último, se ha calculado la intensidad de cada circuito (columna 7), diferenciando si el sistema es trifásico o monofásico:

$$I_n = \frac{P}{V_f \cdot \cos \varphi}$$

Ecuación 6 Intensidad nominal monofásica



$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_l \cdot \cos \varphi}$$

Ecuación 7 Intensidad nominal trifásica

Donde:

- I_n : intensidad nominal (A)
- P: potencia (W)
- V_f : tensión nominal de fase (V)
- V_l : tensión nominal de línea (V)
- $\cos \varphi$: factor de potencia

La potencia total instalada que tenemos en nuestro edificio es de 141280,5 W, mientras que la potencia total calculada es de 157803,237 W. Como en nuestra instalación eléctrica contamos con un interruptor general de 400 A, la potencia máxima admisible que puede darse en nuestra instalación será de:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 400 = 277128,13 \text{ W}$$

5.5 - CAÍDAS DE TENSIÓN

Para calcular las caídas de tensión a mano, el primer paso es conocer la intensidad de cada circuito. Este dato ya lo conocemos de la *tabla 6*.

Después de calcular la intensidad nominal que circula por cada circuito, el siguiente paso es calcular la caída de tensión que tenemos en cada uno de ellos. Como se ha comentado en el presente documento, hay que respetar las caídas de tensión máximas permitidas, tal y como nos dice la ITC-BT-19: "*Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales*"; 1,5% para la derivación individual, 3% alumbrado, y 5% tomas de fuerza. Además esta caída de tensión puede ser compensada entre los circuitos de la instalación interior y la derivación individual.

El siguiente paso que debemos realizar es calcular la sección mínima de conductor que debe ser colocada, para la caída de tensión máxima, es decir, la caída de tensión no debe sobrepasar en ningún caso, los porcentajes de tensión nominal expuestos anteriormente para cada tipo de circuito:



$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot \rho}{V_f \cdot \Delta V}$$

Ecuación 8 Caída de tensión en sistema monofásico

$$S = \frac{P \cdot L \cdot \rho}{V_l \cdot \Delta V}$$

Ecuación 9 Caída de tensión en sistema trifásico

- Donde:
- S: sección del conductor (mm²)
 - P: potencia (W)
 - L: longitud del cable (m)
 - ρ : resistividad del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
 - V_f : tensión nominal de fase (V)
 - ΔV : caída de tensión (V)
 - V_l : tensión nominal de línea (V)

El conductor para instalaciones interiores será de cobre. La resistividad de este conductor se considerará en las condiciones de trabajo más adversas, siendo éstas, según la norma UNE 20460-5-523:2004, para un cable con aislamiento XLPE, de $1/48 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, para la derivación individual, para una temperatura máxima de funcionamiento de 70 °C; y de $1/56 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$, para el resto de conductores, y una temperatura máxima de 20 °C.

Cabe destacar que si esta sección fuese inferior a las secciones mínimas por reglamento, deben utilizarse las secciones mínimas indicadas por el reglamento para cada tipo de circuito, siendo éstas:

- 1,5 mm² para alumbrado y alumbrado de emergencia.
- 2,5 mm² para tomas de fuerza.



Tabla 7 Secciones calculadas

CIRCUITO	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia calculada (W)	Resistividad ($\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$)	Sección mínima (mm^2)	Longitud (m)	ΔV max (V)	Sección calculada (mm^2)	Sección elegida (mm^2)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	400	267,96	157803,24	1/48	2,5	25	6	34,25	50
SUBCUADRO PISCINA	400	30,99	19323,3	1/56	2,5	39,376	20	1,698	2,5
SUBCUADRO DEPURADORA	400	11,48	7160,41	1/56	2,5	43,123	20	0,689	2,5
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	400	119,86	74734,53	1/56	2,5	43,133	20	7,195	10
GRUPO ELECTRÓGENO	400	38,97	21600	1/56	2,5	125	20	6,027	10
Alumbrado 1 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	1,5	38,013	6,9	0,189	1,5
Alumbrado 2 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	1,5	37,831	6,9	0,188	1,5
Alumbrado 3 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	1,5	39,066	6,9	0,194	1,5
Alumbrado 1 Hall	230	0,68	156,4	1/56	1,5	47,58	6,9	0,167	1,5
Alumbrado 2 Hall	230	0,68	156,4	1/56	1,5	51,751	6,9	0,182	1,5
Alumbrado 3 Hall	230	0,68	156,4	1/56	1,5	53,755	6,9	0,189	1,5
Alumbrado 1 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	1,5	38,982	6,9	0,250	1,5
Alumbrado 2 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	1,5	41,734	6,9	0,268	1,5
Alumbrado 3 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	1,5	44,373	6,9	0,285	1,5
Alumbrado 1 Servicio minusválidos	230	0,10	24	1/56	1,5	26,691	6,9	0,014	1,5
Alumbrado 2 Servicio minusválidos	230	0,10	24	1/56	1,5	26,488	6,9	0,014	1,5
Alumbrado 1 Servicio señoras	230	0,10	24	1/56	1,5	24,478	6,9	0,013	1,5
Alumbrado 2 Servicio señoras	230	0,10	24	1/56	1,5	24,261	6,9	0,013	1,5
Alumbrado 1 Servicio señores	230	0,10	24	1/56	1,5	26,845	6,9	0,014	1,5
Alumbrado 2 Servicio señores	230	0,10	24	1/56	1,5	27,283	6,9	0,015	1,5
Alumbrado 1 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	1,5	70,466	6,9	0,616	1,5



Alumbrado 2 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	1,5	72,832	6,9	0,637	1,5
Alumbrado 3 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	1,5	71,678	6,9	0,627	1,5
Alumbrado 1 Pasillo-1	230	0,28	64,4	1/56	1,5	57	6,9	0,083	1,5
Alumbrado 2 Pasillo-1	230	0,23	52,9	1/56	1,5	50,392	6,9	0,060	1,5
Alumbrado 3 Pasillo-1	230	0,23	52,9	1/56	1,5	52,269	6,9	0,062	1,5
Alumbrado 1 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	1,5	77,289	6,9	0,772	1,5
Alumbrado 2 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	1,5	80,86	6,9	0,808	1,5
Alumbrado 3 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	1,5	78,506	6,9	0,784	1,5
Alumbrado 1 Biblioteca	230	2,92	671,6	1/56	1,5	85,039	6,9	1,285	1,5
Alumbrado 2 Biblioteca	230	2,67	614,1	1/56	1,5	81,457	6,9	1,126	1,5
Alumbrado 3 Biblioteca	230	2,67	614,1	1/56	1,5	81,915	6,9	1,132	1,5
Alumbrado 1 Pasillo-2	230	0,28	64,4	1/56	1,5	40,904	6,9	0,059	1,5
Alumbrado 2 Pasillo-2	230	0,23	52,9	1/56	1,5	34,041	6,9	0,041	1,5
Alumbrado 3 Pasillo-2	230	0,28	64,4	1/56	1,5	36,06	6,9	0,052	1,5
Alumbrado C. Grupo Electrógeno	230	0,10	24	1/56	1,5	125	6,9	0,068	1,5
Emergencia 1 Cafetería	230	0,14	32,2	1/56	1,5	50,761	6,9	0,037	1,5
Emergencia 2 Cafetería	230	0,17	39,1	1/56	1,5	56,568	6,9	0,050	1,5
Emergencia 1 Oficina	230	0,17	39,1	1/56	1,5	54,05	6,9	0,048	1,5
Emergencia 2 Oficina	230	0,21	48,3	1/56	1,5	61,141	6,9	0,066	1,5
Emergencia 1 Biblioteca	230	0,35	80,5	1/56	1,5	109,433	6,9	0,198	1,5
Emergencia 2 Biblioteca	230	0,35	80,5	1/56	1,5	118,558	6,9	0,215	1,5
Emergencia 1 Gimnasio	230	0,28	64,4	1/56	1,5	103,539	6,9	0,150	1,5
Emergencia 2 Gimnasio	230	0,24	55,2	1/56	1,5	100,88	6,9	0,125	1,5
Emergencia C. Grupo Electrógeno	230	0,03	8	1/56	1,5	125	6,9	0,023	1,5
TC 1 Lavavajillas	230	16,67	3450	1/56	2,5	14,775	11,5	0,688	2,5



Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Universidad de Valladolid

TC 1 Cocina	230	25	5175	1/56	2,5	16,629	11,5	1,162	2,5
TC 1 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	2,5	27,191	11,5	0,844	2,5
TC 2 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	2,5	26,013	11,5	0,808	2,5
TC 3 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	2,5	6,342	11,5	0,197	2,5
TC 3 Servicio minusválidos	230	11,11	2300	1/56	2,5	33,524	11,5	1,041	2,5
TC 1 Oficina	230	11,11	2300	1/56	2,5	23,007	11,5	0,715	2,5
TC 2 Oficina	230	15,94	3300	1/56	2,5	35,557	11,5	1,584	2,5
TC 3 Oficina	230	11,11	2300	1/56	2,5	30,624	11,5	0,951	2,5
TC 1 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	2,5	35,289	11,5	1,096	2,5
TC 2 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	2,5	34,092	11,5	1,059	2,5
TC 3 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	2,5	41,94	11,5	1,302	2,5
TC 2 Zona de juegos	230	15,94	3300	1/56	2,5	40,818	11,5	1,819	2,5
TC 1 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	2,5	31,934	11,5	1,190	2,5
TC 2 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	2,5	32,553	11,5	1,213	2,5
TC 3 Gimnasio	230	11,11	2300	1/56	2,5	39,024	11,5	1,212	2,5
TC 4 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	2,5	32,6	11,5	1,215	2,5
TC 5 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	2,5	46,193	11,5	1,721	2,5
Alumbrado 1 Piscina	230	9,45	2173,5	1/56	1,5	100,32	6,9	4,907	6
Alumbrado 2 Piscina	230	9,44	2171,2	1/56	1,5	105,23	6,9	5,142	6
Alumbrado 3 Piscina	230	9,46	2175,8	1/56	1,5	104,948	6,9	5,139	6
Alumbrado 1 Vestuarios minusválidos	230	0,38	87,4	1/56	1,5	24,585	6,9	0,048	1,5
Alumbrado 2 Vestuarios minusválidos	230	0,38	87,4	1/56	1,5	23,959	6,9	0,047	1,5
Alumbrado 1 Vestuarios señoras	230	0,38	87,4	1/56	1,5	20,409	6,9	0,040	1,5
Alumbrado 2 Vestuarios señoras	230	0,38	87,4	1/56	1,5	22,247	6,9	0,044	1,5
Alumbrado 1 Vestuarios señores	230	0,38	87,4	1/56	1,5	27,322	6,9	0,054	1,5



Universidad de Valladolid
 Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
 bajo modelado BIM



ESCUELA DE INGENIERÍAS
 INDUSTRIALES

Universidad de Valladolid

Alumbrado 2 Vestuarios señores	230	0,38	87,4	1/56	1,5	29,023	6,9	0,057	1,5
Alumbrado 1 Pasillo vestuarios	230	0,49	112,7	1/56	1,5	22,607	6,9	0,057	1,5
Alumbrado 2 Pasillo vestuarios	230	0,49	112,7	1/56	1,5	20,938	6,9	0,053	1,5
Alumbrado 1 Cuarto bombas	230	0,48	110,4	1/56	1,5	10,584	6,9	0,026	1,5
Alumbrado 1 Cuarto socorrista	230	0,29	66,7	1/56	1,5	18,084	6,9	0,027	1,5
Alumbrado 2 Cuarto socorrista	230	0,38	87,4	1/56	1,5	18,436	6,9	0,036	1,5
Emergencia 1 Piscina	230	0,24	55,2	1/56	1,5	179,269	6,9	0,223	1,5
Emergencia 2 Piscina	230	0,28	64,4	1/56	1,5	199,813	6,9	0,290	1,5
Emergencia 3 Piscina	230	0,28	64,4	1/56	1,5	193,034	6,9	0,280	1,5
Emergencia 1 Vestuarios	230	0,10	24	1/56	1,5	18,911	6,9	0,010	1,5
Emergencia 2 Vestuarios	230	0,07	16,1	1/56	1,5	17,778	6,9	0,006	1,5
Emergencia 3 Vestuarios	230	0,07	16,1	1/56	1,5	24,633	6,9	0,009	1,5
Emergencia 1 Cuarto socorrista	230	0,14	32,2	1/56	1,5	27,049	6,9	0,020	1,5
Emergencia 1 Cuarto bombas	230	0,07	16,1	1/56	1,5	12,442	6,9	0,005	1,5
TC 1 Cuarto bombas	230	11,11	2300	1/56	2,5	6,35	11,5	0,197	2,5
TC 1 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	2,5	24,089	11,5	0,748	2,5
TC 2 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	2,5	14,708	11,5	0,457	2,5
TC 3 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	2,5	27,084	11,5	0,841	2,5
TC 1 Cuarto socorrista	230	11,11	2300	1/56	2,5	19,155	11,5	0,595	2,5
TC Tri Depur 1 Pisc grande	400	4,61	2875,2	1/56	2,5	7,214	20	0,046	2,5
TC Tri Depur 2 Pisc grande	400	4,61	2875,2	1/56	2,5	7,281	20	0,047	2,5
TC Depur Pisc pequeña	230	6,81	1410	1/56	2,5	7,745	11,5	0,147	2,5
TC Tri BC 1 Pisc grande	400	51,22	31939,02	1/56	2,5	7,189	20	0,513	2,5
TC Tri BC 2 Pisc grande	400	51,22	31939,02	1/56	2,5	7,292	20	0,520	2,5
TC Tri BC Pisc pequeña	400	17,41	10856,49	1/56	2,5	8,119	20	0,197	2,5



En la penúltima columna de esta tabla, se ha calculado la sección de cable que tendríamos que colocar en los conductores de cada circuito. En caso de ser la celda de color verde, quiere decir que se ha superado la sección mínima de conductor para ese tipo de circuito (alumbrado, fuerza), y por tanto, se elegirá como sección de cable, la sección normalizada superior a esta sección calculada. En caso de ser la celda de color rojo, no se habrá llegado a la sección mínima exigida por reglamento para el tipo de circuito requerido, por tanto esta sección mínima, será la elegida para cada circuito.

Con esta sección de conductor, podemos realizar el cálculo de las caídas de tensión, para lo que utilizaremos las siguientes expresiones, dependiendo si el sistema es trifásico o monofásico:

$$\Delta V (V) = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot \rho}{V_f \cdot S}$$

Ecuación 10 Caída de tensión en sistema monofásico

$$\Delta V (V) = \frac{P \cdot L \cdot \rho}{V_l \cdot S}$$

Ecuación 11 Caída de tensión en sistema trifásico

Donde:

- ΔV : caída de tensión (V)
- P: potencia (W)
- L: longitud del cable (m)
- ρ : resistividad del conductor ($\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$)
- V_f : tensión nominal de fase (V)
- S: sección del conductor (mm^2)
- V_l : tensión nominal de línea (V)



Universidad de Valladolid
 Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
 bajo modelado BIM



Tabla 8 Caídas de tensión

CIRCUITO	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia calculada (W)	Resistividad ($\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$)	Longitud (m)	Sección elegida (mm^2)	ΔV parcial (V)	ΔV total (V)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	400	267,96	157803,24	1/48	25	50	1,027	1,027
SUBCUADRO PISCINA	400	30,99	19323,3	1/56	39,376	2,5	3,397	3,397
SUBCUADRO DEPURADORA	400	11,48	7160,41	1/56	43,123	2,5	1,379	1,379
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	400	119,86	74734,53	1/56	43,133	10	3,600	3,600
GRUPO ELECTRÓGENO	400	38,97	21600	1/56	125	10	3,013	3,013
Alumbrado 1 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	38,013	1,5	0,378	0,378
Alumbrado 2 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	37,831	1,5	0,376	0,376
Alumbrado 3 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	39,066	1,5	0,388	0,388
Alumbrado 1 Hall	230	0,68	156,4	1/56	47,58	1,5	0,335	0,335
Alumbrado 2 Hall	230	0,68	156,4	1/56	51,751	1,5	0,364	0,364
Alumbrado 3 Hall	230	0,68	156,4	1/56	53,755	1,5	0,378	0,378
Alumbrado 1 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	38,982	1,5	0,500	0,500
Alumbrado 2 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	41,734	1,5	0,536	0,536
Alumbrado 3 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	44,373	1,5	0,570	0,570
Alumbrado 1 Servicio minusválidos	230	0,10	24	1/56	26,691	1,5	0,029	0,029
Alumbrado 2 Servicio minusválidos	230	0,10	24	1/56	26,488	1,5	0,029	0,029
Alumbrado 1 Servicio señoras	230	0,10	24	1/56	24,478	1,5	0,026	0,026
Alumbrado 2 Servicio señoras	230	0,10	24	1/56	24,261	1,5	0,026	0,026
Alumbrado 1 Servicio señores	230	0,10	24	1/56	26,845	1,5	0,029	0,029
Alumbrado 2 Servicio señores	230	0,10	24	1/56	27,283	1,5	0,029	0,029
Alumbrado 1 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	70,466	1,5	1,233	1,233



Universidad de Valladolid
 Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
 bajo modelado BIM



Alumbrado 2 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	72,832	1,5	1,274	1,274
Alumbrado 3 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	71,678	1,5	1,254	1,254
Alumbrado 1 Pasillo-1	230	0,28	64,4	1/56	57	1,5	0,165	0,165
Alumbrado 2 Pasillo-1	230	0,23	52,9	1/56	50,392	1,5	0,120	0,120
Alumbrado 3 Pasillo-1	230	0,23	52,9	1/56	52,269	1,5	0,124	0,124
Alumbrado 1 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	77,289	1,5	1,544	1,544
Alumbrado 2 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	80,86	1,5	1,616	1,616
Alumbrado 3 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	78,506	1,5	1,568	1,568
Alumbrado 1 Biblioteca	230	2,92	671,6	1/56	85,039	1,5	2,571	2,571
Alumbrado 2 Biblioteca	230	2,67	614,1	1/56	81,457	1,5	2,251	2,251
Alumbrado 3 Biblioteca	230	2,67	614,1	1/56	81,915	1,5	2,264	2,264
Alumbrado 1 Pasillo-2	230	0,28	64,4	1/56	40,904	1,5	0,119	0,119
Alumbrado 2 Pasillo-2	230	0,23	52,9	1/56	34,041	1,5	0,081	0,081
Alumbrado 3 Pasillo-2	230	0,28	64,4	1/56	36,06	1,5	0,105	0,105
Alumbrado C. Grupo Electrógono	230	0,10	24	1/56	125	1,5	0,135	0,135
Emergencia 1 Cafetería	230	0,14	32,2	1/56	50,761	1,5	0,074	0,074
Emergencia 2 Cafetería	230	0,17	39,1	1/56	56,568	1,5	0,100	0,100
Emergencia 1 Oficina	230	0,17	39,1	1/56	54,05	1,5	0,095	0,095
Emergencia 2 Oficina	230	0,21	48,3	1/56	61,141	1,5	0,133	0,133
Emergencia 1 Biblioteca	230	0,35	80,5	1/56	109,433	1,5	0,396	0,396
Emergencia 2 Biblioteca	230	0,35	80,5	1/56	118,558	1,5	0,430	0,430
Emergencia 1 Gimnasio	230	0,28	64,4	1/56	103,539	1,5	0,300	0,300
Emergencia 2 Gimnasio	230	0,24	55,2	1/56	100,88	1,5	0,251	0,251
Emergencia C. Grupo Electrógono	230	0,03	8	1/56	125	1,5	0,045	0,045
TC 1 Lavavajillas	230	16,67	3450	1/56	14,775	2,5	1,377	1,377



Universidad de Valladolid
 Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
 bajo modelado BIM



TC 1 Cocina	230	25	5175	1/56	16,629	2,5	2,324	2,324
TC 1 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	27,191	2,5	1,689	1,689
TC 2 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	26,013	2,5	1,616	1,616
TC 3 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	6,342	2,5	0,394	0,394
TC 3 Servicio minusválidos	230	11,11	2300	1/56	33,524	2,5	2,082	2,082
TC 1 Oficina	230	11,11	2300	1/56	23,007	2,5	1,429	1,429
TC 2 Oficina	230	15,94	3300	1/56	35,557	2,5	3,169	3,169
TC 3 Oficina	230	11,11	2300	1/56	30,624	2,5	1,902	1,902
TC 1 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	35,289	2,5	2,192	2,192
TC 2 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	34,092	2,5	2,118	2,118
TC 3 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	41,94	2,5	2,605	2,605
TC 2 Zona de juegos	230	15,94	3300	1/56	40,818	2,5	3,638	3,638
TC 1 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	31,934	2,5	2,380	2,380
TC 2 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	32,553	2,5	2,426	2,426
TC 3 Gimnasio	230	11,11	2300	1/56	39,024	2,5	2,424	2,424
TC 4 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	32,6	2,5	2,430	2,430
TC 5 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	46,193	2,5	3,443	3,443
Alumbrado 1 Piscina	230	9,45	2173,5	1/56	100,32	6	2,453	5,850
Alumbrado 2 Piscina	230	9,44	2171,2	1/56	105,23	6	2,571	5,968
Alumbrado 3 Piscina	230	9,46	2175,8	1/56	104,948	6	2,569	5,966
Alumbrado 1 Vestuarios minusválidos	230	0,38	87,4	1/56	24,585	1,5	0,097	3,493
Alumbrado 2 Vestuarios minusválidos	230	0,38	87,4	1/56	23,959	1,5	0,094	3,491
Alumbrado 1 Vestuarios señoras	230	0,38	87,4	1/56	20,409	1,5	0,080	3,477
Alumbrado 2 Vestuarios señoras	230	0,38	87,4	1/56	22,247	1,5	0,088	3,484
Alumbrado 1 Vestuarios señores	230	0,38	87,4	1/56	27,322	1,5	0,107	3,504



Alumbrado 2 Vestuarios señores	230	0,38	87,4	1/56	29,023	1,5	0,114	3,511
Alumbrado 1 Pasillo vestuarios	230	0,49	112,7	1/56	22,607	1,5	0,115	3,511
Alumbrado 2 Pasillo vestuarios	230	0,49	112,7	1/56	20,938	1,5	0,106	3,503
Alumbrado 1 Cuarto bombas	230	0,48	110,4	1/56	10,584	1,5	0,053	3,449
Alumbrado 1 Cuarto socorrista	230	0,29	66,7	1/56	18,084	1,5	0,054	3,451
Alumbrado 2 Cuarto socorrista	230	0,38	87,4	1/56	18,436	1,5	0,073	3,469
Emergencia 1 Piscina	230	0,24	55,2	1/56	179,269	1,5	0,445	3,842
Emergencia 2 Piscina	230	0,28	64,4	1/56	199,813	1,5	0,579	3,976
Emergencia 3 Piscina	230	0,28	64,4	1/56	193,034	1,5	0,560	3,956
Emergencia 1 Vestuarios	230	0,10	24	1/56	18,911	1,5	0,020	3,417
Emergencia 2 Vestuarios	230	0,07	16,1	1/56	17,778	1,5	0,013	3,410
Emergencia 3 Vestuarios	230	0,07	16,1	1/56	24,633	1,5	0,018	3,415
Emergencia 1 Cuarto socorrista	230	0,14	32,2	1/56	27,049	1,5	0,039	3,436
Emergencia 1 Cuarto bombas	230	0,07	16,1	1/56	12,442	1,5	0,009	3,406
TC 1 Cuarto bombas	230	11,11	2300	1/56	6,35	2,5	0,394	3,791
TC 1 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	24,089	2,5	1,496	4,893
TC 2 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	14,708	2,5	0,914	4,310
TC 3 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	27,084	2,5	1,682	5,079
TC 1 Cuarto socorrista	230	11,11	2300	1/56	19,155	2,5	1,190	4,587
TC Tri Depur 1 Pisc grande	400	4,61	2875,2	1/56	7,214	2,5	0,093	1,471
TC Tri Depur 2 Pisc grande	400	4,61	2875,2	1/56	7,281	2,5	0,093	1,472
TC Depur Pisc pequeña	230	6,81	1410	1/56	7,745	2,5	0,295	1,673
TC Tri BC 1 Pisc grande	400	51,22	31939,02	1/56	7,189	2,5	1,025	4,623
TC Tri BC 2 Pisc grande	400	51,22	31939,02	1/56	7,292	2,5	1,040	4,637
TC Tri BC Pisc pequeña	400	17,41	10856,49	1/56	8,119	2,5	0,393	3,991



En primer lugar, hemos realizado el cálculo de la caída de tensión parcial, sustituyendo en las ecuaciones 10 y 11, diferenciando si se trata de sistema trifásico o monofásico. Además, también se ha calculado la caída de tensión total, que corresponde a la suma entre la caída de tensión parcial propia del circuito, mas la caída de tensión del subcuadro correspondiente a ese circuito. Es por ello, que en el cuadro general, las caídas de tensión, tanto parcial como total coinciden, puesto que no vienen alimentadas de ningún subcuadro.

Cabe destacar que las celdas en color rojo, bien en la columna de caída de tensión parcial, o bien en la de caída de tensión total, significa que se ha excedido la caída de tensión máxima para ese circuito (1,5% para la derivación individual, 3% para alumbrado, y 5% para otros usos), por lo que es necesario cambiar la sección elegida para que esta caída de tensión disminuya.

A continuación, se muestran las tablas de todos los subcuadros con sus secciones corregidas para cumplir con el máximo de caída de tensión máximo permitido:



Tabla 9 Caídas de tensión parciales y totales con secciones actualizadas

CIRCUITO	Tensión (V)	Intensidad (A)	Potencia calculada (W)	Resistividad ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)	Longitud (m)	Sección elegida (mm^2)	Conductor sección	Tipo de conductor	Diámetro tubo (mm)	ΔV parcial (V)	ΔV total (V)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	400	267,96	157803,24	1/48	25	50	4x50 + TTx25	H07V-K	63	1,027	1,027
SUBCUADRO PISCINA	400	30,99	19323,3	1/56	123,567	6	4x6 + TTx6	H07V-K	25	1,415	1,415
SUBCUADRO DEPURADORA	400	11,48	7160,41	1/56	84,124	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,378	1,378
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	400	119,86	74734,53	1/56	112,393	10	4x10 + TTx10	H07V-K	50	3,598	3,598
GRUPO ELECTRÓGENO	400	38,97	21600	1/56	125	10	4x10 + TTx10	H07V-K	32	3,013	3,013
Alumbrado 1 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	38,013	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,378	0,378
Alumbrado 2 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	37,831	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,376	0,376
Alumbrado 3 Cafetería	230	0,96	220,8	1/56	39,066	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,388	0,388
Alumbrado 1 Hall	230	0,68	156,4	1/56	47,58	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,335	0,335
Alumbrado 2 Hall	230	0,68	156,4	1/56	51,751	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,364	0,364
Alumbrado 3 Hall	230	0,68	156,4	1/56	53,755	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,378	0,378
Alumbrado 1 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	38,982	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,500	0,500
Alumbrado 2 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	41,734	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,536	0,536
Alumbrado 3 Oficina	230	1,24	285,2	1/56	44,373	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,570	0,570
Alumbrado 1 Servicio minusválidos	230	0,10	24	1/56	26,691	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 2 Servicio minusválidos	230	0,10	24	1/56	26,488	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 1 Servicio señoras	230	0,10	24	1/56	24,478	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,026	0,026
Alumbrado 2 Servicio señoras	230	0,10	24	1/56	24,261	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,026	0,026
Alumbrado 1 Servicio señores	230	0,10	24	1/56	26,845	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 2 Servicio señores	230	0,10	24	1/56	27,283	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 1 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	70,466	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,233	1,233



Alumbrado 2 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	72,832	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,274	1,274
Alumbrado 3 Gimnasio	230	1,69	388,7	1/56	71,678	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,254	1,254
Alumbrado 1 Pasillo-1	230	0,28	64,4	1/56	57	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,165	0,165
Alumbrado 2 Pasillo-1	230	0,23	52,9	1/56	50,392	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,120	0,120
Alumbrado 3 Pasillo-1	230	0,23	52,9	1/56	52,269	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,124	0,124
Alumbrado 1 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	77,289	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,544	1,544
Alumbrado 2 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	80,86	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,616	1,616
Alumbrado 3 Zona de juegos	230	1,93	443,9	1/56	78,506	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,568	1,568
Alumbrado 1 Biblioteca	230	2,92	671,6	1/56	85,039	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	2,571	2,571
Alumbrado 2 Biblioteca	230	2,67	614,1	1/56	81,457	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	2,251	2,251
Alumbrado 3 Biblioteca	230	2,67	614,1	1/56	81,915	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	2,264	2,264
Alumbrado 1 Pasillo-2	230	0,28	64,4	1/56	40,904	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,119	0,119
Alumbrado 2 Pasillo-2	230	0,23	52,9	1/56	34,041	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,081	0,081
Alumbrado 3 Pasillo-2	230	0,28	64,4	1/56	36,06	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,105	0,105
Alumbrado C. Grupo Electrónico	230	0,10	24	1/56	125	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,135	0,135
Emergencia 1 Cafetería	230	0,14	32,2	1/56	50,761	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,074	0,074
Emergencia 2 Cafetería	230	0,17	39,1	1/56	56,568	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,100	0,100
Emergencia 1 Oficina	230	0,17	39,1	1/56	54,05	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,095	0,095
Emergencia 2 Oficina	230	0,21	48,3	1/56	61,141	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,133	0,133
Emergencia 1 Biblioteca	230	0,35	80,5	1/56	109,433	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,396	0,396
Emergencia 2 Biblioteca	230	0,35	80,5	1/56	118,558	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,430	0,430
Emergencia 1 Gimnasio	230	0,28	64,4	1/56	103,539	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,300	0,300
Emergencia 2 Gimnasio	230	0,24	55,2	1/56	100,88	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,251	0,251
Emergencia C. Grupo Electrónico	230	0,03	8	1/56	125	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,045	0,045
TC 1 Lavavajillas	230	16,67	3450	1/56	14,775	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,377	1,377



TC 1 Cocina	230	25	5175	1/56	16,629	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,324	2,324
TC 1 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	27,191	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,689	1,689
TC 2 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	26,013	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,616	1,616
TC 3 Cafetería	230	11,11	2300	1/56	6,342	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,394	0,394
TC 3 Servicio minusválidos	230	11,11	2300	1/56	33,524	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,082	2,082
TC 1 Oficina	230	11,11	2300	1/56	23,007	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,429	1,429
TC 2 Oficina	230	15,92	3300	1/56	35,557	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	3,169	3,169
TC 3 Oficina	230	11,11	2300	1/56	30,624	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,902	1,902
TC 1 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	35,289	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,192	2,192
TC 2 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	34,092	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,118	2,118
TC 3 Biblioteca	230	11,11	2300	1/56	41,94	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,605	2,605
TC 2 Zona de juegos	230	15,94	3300	1/56	40,818	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	3,638	3,638
TC 1 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	31,934	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,380	2,380
TC 2 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	32,553	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,426	2,426
TC 3 Gimnasio	230	11,11	2300	1/56	39,024	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,424	2,424
TC 4 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	32,6	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,430	2,430
TC 5 Gimnasio	230	13,33	2760	1/56	46,193	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	3,443	3,443
Alumbrado 1 Piscina	230	9,45	2173,5	1/56	100,32	10	2x10 + TTx10	H07V-K	25	1,472	2,887
Alumbrado 2 Piscina	230	9,44	2171,2	1/56	102,23	10	2x10 + TTx10	H07V-K	25	1,499	2,914
Alumbrado 3 Piscina	230	9,46	2175,8	1/56	102,448	10	2x10 + TTx10	H07V-K	25	1,505	2,920
Alumbrado 1 Vestuarios minusválidos	230	0,38	87,4	1/56	24,585	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,097	1,512
Alumbrado 2 Vestuarios minusválidos	230	0,38	87,4	1/56	23,959	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,094	1,510
Alumbrado 1 Vestuarios señoras	230	0,38	87,4	1/56	20,409	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,080	1,496
Alumbrado 2 Vestuarios señoras	230	0,38	87,4	1/56	22,247	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,088	1,503
Alumbrado 1 Vestuarios señores	230	0,38	87,4	1/56	27,322	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,107	1,523



Alumbrado 2 Vestuarios señores	230	0,38	87,4	1/56	29,023	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,114	1,529
Alumbrado 1 Pasillo vestuarios	230	0,49	112,7	1/56	22,607	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,115	1,530
Alumbrado 2 Pasillo vestuarios	230	0,49	112,7	1/56	20,938	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,106	1,522
Alumbrado 1 Cuarto bombas	230	0,48	110,4	1/56	10,584	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,053	1,468
Alumbrado 1 Cuarto socorrista	230	0,29	66,7	1/56	18,084	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,054	1,470
Alumbrado 2 Cuarto socorrista	230	0,38	87,4	1/56	18,436	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,073	1,488
Emergencia 1 Piscina	230	0,24	55,2	1/56	179,269	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,445	1,861
Emergencia 2 Piscina	230	0,28	64,4	1/56	199,813	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,579	1,994
Emergencia 3 Piscina	230	0,28	64,4	1/56	193,034	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,560	1,975
Emergencia 1 Vestuarios	230	0,10	24	1/56	18,911	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,020	1,436
Emergencia 2 Vestuarios	230	0,07	16,1	1/56	17,778	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,013	1,428
Emergencia 3 Vestuarios	230	0,07	16,1	1/56	24,633	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,018	1,433
Emergencia 1 Cuarto socorrista	230	0,14	32,2	1/56	27,049	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,039	1,455
Emergencia 1 Cuarto bombas	230	0,07	16,1	1/56	12,442	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,009	1,424
TC 1 Cuarto bombas	230	11,11	2300	1/56	6,35	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,394	1,810
TC 1 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	24,089	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,496	2,912
TC 2 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	14,708	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,914	2,329
TC 3 Vestuarios	230	11,11	2300	1/56	27,084	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,682	3,098
TC 1 Cuarto socorrista	230	11,11	2300	1/56	19,155	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,190	2,605
TC Tri Depur 1 Pisc grande	400	4,61	2875,2	1/56	7,214	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,093	1,471
TC Tri Depur 2 Pisc grande	400	4,61	2875,2	1/56	7,281	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,093	1,472
TC Depur Pisc pequeña	230	6,81	1410	1/56	7,745	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,295	1,673
TC Tri BC 1 Pisc grande	400	51,22	31939,02	1/56	7,189	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,025	4,623
TC Tri BC 2 Pisc grande	400	51,22	31939,012	1/56	7,292	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,040	4,637
TC Tri BC Pisc pequeña	400	17,41	10856,49	1/56	8,119	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,393	3,991

Las celdas coloreadas en amarillo, corresponden con los circuitos que han tenido un cambio en la sección del conductor. Como vemos con estos cambios en las secciones, las caídas de tensión, tanto total como parcial, están dentro de los límites establecidos por reglamento.

Además, a las tablas anteriores, se le ha añadido los conductores por cada circuito (3 en el caso de sistema monofásico: fase, neutro y protección; y 5 en el caso de sistema trifásico: 3 fases, neutro y protección); el tipo de conductor; y el diámetro del tubo que rodea los conductores. Este diámetro del tubo en el que van alojados los cables, ha sido elegido cumpliendo con lo establecido en la ITC-BT-21: “*Instalaciones Interiores o Receptoras – Tubos y Canales Protectores*”, en la que nos ofrece la siguiente tabla:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	—
185	50	63	75	—	—
240	50	75	—	—	—

Figura 67 Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores – FUENTE: ITC-BT-21

A continuación, se procederá a comprobar las protecciones de los magnetotérmicos. Para ello, se deberá cumplir con la ITC-BT-22: “*Instalaciones Interiores o Receptoras – Protección contra Sobreintensidades*”, en la revisión de octubre del año 2005. En esta ITC, aparecen las siguientes ecuaciones que definen el funcionamiento de un dispositivo que protege un conductor contra sobrecargas:

$$I_b < I_n < I_z$$

Ecuación 12 Protección contra sobrecargas

$$I_b < I_n < 0,9 \cdot I_z$$

Ecuación 13 Protección contra sobrecargas de la CGPM



Donde: I_b : intensidad para la que ha sido diseñado el circuito (A)

I_n : intensidad asignada al dispositivo de protección (A)

I_z : intensidad admisible en el cable en función del sistema de instalación instalado (A), según norma UNE 20460-5-523.

La intensidad máxima en función del tipo de canalización será calculada teniendo en cuenta la ITC-BT-19: “Instalaciones Interiores o Receptoras – Prescripciones Generales”, en la revisión de febrero del año 2009. En esta ITC, se nos presenta la siguiente tabla:

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A1		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE						
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	600	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.
 A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).

Figura 68 Intensidades admisibles (A), en función del número de conductores y naturaleza del aislamiento – FUENTE: ITC-BT-19



Para nuestra instalación, nos fijaremos en las siguientes filas y columnas:

- **Fila B1 y columna 5:** conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra, para circuitos trifásicos con aislamiento de PVC.
- **Fila B1 y columna 6:** conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra, para circuitos monofásicos con aislamiento de PVC.
- **Fila B1 y columna 8:** conductores aislados o cable unipolar en tubos empotrados en obra, para la Derivación Individual con aislamiento de XLPE.

A continuación, se muestra una tabla comparando las intensidades en los diferentes circuitos para comprobar si se cumplen las ecuaciones 12 y 13:

Tabla 10 Comparativa entre las intensidades reales, de la protección y de la canalización

CIRCUITO	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	Sección elegida (mm ²)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	267,96	400	130,5	50
SUBCUADRO PISCINA	30,99	40	32	6
SUBCUADRO DEPURADORA	11,48	25	18,5	2,5
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	119,86	125	44	10
GRUPO ELECTRÓGENO	38,97	40	44	10
Alumbrado 1 Cafetería	0,96	6	15	1,5
Alumbrado 2 Cafetería	0,96	6	15	1,5
Alumbrado 3 Cafetería	0,96	6	15	1,5
Alumbrado 1 Hall	0,68	6	15	1,5
Alumbrado 2 Hall	0,68	6	15	1,5
Alumbrado 3 Hall	0,68	6	15	1,5
Alumbrado 1 Oficina	1,24	6	15	1,5
Alumbrado 2 Oficina	1,24	6	15	1,5
Alumbrado 3 Oficina	1,24	6	15	1,5
Alumbrado 1 Servicio minusválidos	0,10	6	15	1,5
Alumbrado 2 Servicio minusválidos	0,10	6	15	1,5
Alumbrado 1 Servicio señoras	0,10	6	15	1,5
Alumbrado 2 Servicio señoras	0,10	6	15	1,5
Alumbrado 1 Servicio señores	0,10	6	15	1,5
Alumbrado 2 Servicio señores	0,10	6	15	1,5
Alumbrado 1 Gimnasio	1,69	6	15	1,5
Alumbrado 2 Gimnasio	1,69	6	15	1,5
Alumbrado 3 Gimnasio	1,69	6	15	1,5



Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



Universidad de Valladolid

ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Alumbrado 1 Pasillo-1	0,28	6	15	1,5
Alumbrado 2 Pasillo-1	0,23	6	15	1,5
Alumbrado 3 Pasillo-1	0,23	6	15	1,5
Alumbrado 1 Zona de juegos	1,93	6	15	1,5
Alumbrado 2 Zona de juegos	1,93	6	15	1,5
Alumbrado 3 Zona de juegos	1,93	6	15	1,5
Alumbrado 1 Biblioteca	2,92	6	15	1,5
Alumbrado 2 Biblioteca	2,67	6	15	1,5
Alumbrado 3 Biblioteca	2,67	6	15	1,5
Alumbrado 1 Pasillo-2	0,28	6	15	1,5
Alumbrado 2 Pasillo-2	0,23	6	15	1,5
Alumbrado 3 Pasillo-2	0,28	6	15	1,5
Alumbrado C. Grupo Electrógeno	0,1	6	15	1,5
Emergencia 1 Cafetería	0,14	6	15	1,5
Emergencia 2 Cafetería	0,17	6	15	1,5
Emergencia 1 Oficina	0,17	6	15	1,5
Emergencia 2 Oficina	0,21	6	15	1,5
Emergencia 1 Biblioteca	0,35	6	15	1,5
Emergencia 2 Biblioteca	0,35	6	15	1,5
Emergencia 1 Gimnasio	0,28	6	15	1,5
Emergencia 2 Gimnasio	0,24	6	15	1,5
Emergencia C. Grupo Electrógeno	0,03	6	15	1,5
TC 1 Lavavajillas	16,67	25	21	2,5
TC 1 Cocina	25	25	21	2,5
TC 1 Cafetería	11,11	16	21	2,5
TC 2 Cafetería	11,11	16	21	2,5
TC 3 Cafetería	11,11	16	21	2,5
TC 3 Servicio minusválidos	11,11	16	21	2,5
TC 1 Oficina	11,11	16	21	2,5
TC 2 Oficina	15,94	16	21	2,5
TC 3 Oficina	11,11	16	21	2,5
TC 1 Biblioteca	11,11	16	21	2,5
TC 2 Biblioteca	11,11	16	21	2,5
TC 3 Biblioteca	11,11	16	21	2,5
TC 2 Zona de juegos	15,94	16	21	2,5
TC 1 Gimnasio	13,33	16	21	2,5
TC 2 Gimnasio	13,33	16	21	2,5
TC 3 Gimnasio	11,11	16	21	2,5
TC 4 Gimnasio	13,33	16	21	2,5
TC 5 Gimnasio	13,33	16	21	2,5
Alumbrado 1 Piscina	9,45	10	50	10
Alumbrado 2 Piscina	9,44	10	50	10



Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



Universidad de Valladolid

ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Alumbrado 3 Piscina	9,46	10	50	10
Alumbrado 1 Vestuarios minusválidos	0,38	6	15	1,5
Alumbrado 2 Vestuarios minusválidos	0,38	6	15	1,5
Alumbrado 1 Vestuarios señoras	0,38	6	15	1,5
Alumbrado 2 Vestuarios señoras	0,38	6	15	1,5
Alumbrado 1 Vestuarios señores	0,38	6	15	1,5
Alumbrado 2 Vestuarios señores	0,38	6	15	1,5
Alumbrado 1 Pasillo vestuarios	0,49	6	15	1,5
Alumbrado 2 Pasillo vestuarios	0,49	6	15	1,5
Alumbrado 1 Cuarto bombas	0,48	6	15	1,5
Alumbrado 1 Cuarto socorrista	0,29	6	15	1,5
Alumbrado 2 Cuarto socorrista	0,38	6	15	1,5
Emergencia 1 Piscina	0,24	6	15	1,5
Emergencia 2 Piscina	0,28	6	15	1,5
Emergencia 3 Piscina	0,28	6	15	1,5
Emergencia 1 Vestuarios	0,10	6	15	1,5
Emergencia 2 Vestuarios	0,07	6	15	1,5
Emergencia 3 Vestuarios	0,07	6	15	1,5
Emergencia 1 Cuarto socorrista	0,14	6	15	1,5
Emergencia 1 Cuarto bombas	0,07	6	15	1,5
TC 1 Cuarto bombas	11,11	16	21	2,5
TC 1 Vestuarios	11,11	16	21	2,5
TC 2 Vestuarios	11,11	16	21	2,5
TC 3 Vestuarios	11,11	16	21	2,5
TC 1 Cuarto socorrista	11,11	16	21	2,5
TC Tri Depur 1 Pisc grande	4,61	6	18,5	2,5
TC Tri Depur 2 Pisc grande	4,61	6	18,5	2,5
TC Depur Pisc pequeña	6,81	10	21	2,5
TC Tri BC 1 Pisc grande	51,22	63	18,5	2,5
TC Tri BC 2 Pisc grande	51,22	63	18,5	2,5
TC Tri BC Pisc pequeña	17,41	25	18,5	2,5
Emergencia C. Grupo Electrógeno	0,03	6	15	1,5

En esta tabla, se pueden observar varias celdas que están en rojo. La intensidad admisible en el cable, es menor que la intensidad asignada al dispositivo de protección, por lo que no se cumple, en estos casos, lo establecido en la ITC-BT-19.

Para solucionarlo, se puede proceder cambiando la sección del conductor del circuito señalado por una superior o cambiando el tipo de



montaje de los tubos. En nuestro caso, cambiaremos la sección de los conductores de los circuitos que no cumplan con los requisitos.

A continuación, se muestran los cambios de sección de los circuitos afectados para cumplir con los criterios de intensidad:

Tabla 11 Intensidades actualizadas con el cambio de sección

CIRCUITO	I_b (A)	I_n (A)	I_z (A)	Sección elegida (mm ²)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	267,96	400	414,9	300
SUBCUADRO PISCINA	30,99	40	44	10
SUBCUADRO DEPURADORA	11,48	25	32	6
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	119,86	125	149	70
TC 1 Cocina	25	25	27	4
TC Tri BC 1 Pisc grande	51,22	63	77	25
TC Tri BC 2 Pisc grande	51,22	63	77	25

Se puede ver que con los cambios de sección en los circuitos señalados, ahora sí que se cumple que la intensidad máxima en la canalización es superior a la intensidad asignada en el dispositivo de protección.

Al haber cambiado las secciones de algunos de los circuitos, la caída de tensión antes calculada no sirve para estos circuitos, por lo que será necesario volver a calcular éstas. Si bien es cierto que al aumentar la sección, la caída de tensión se verá reducida.

A continuación, se muestra la tabla definitiva con todos los datos para la instalación eléctrica necesarios:



Tabla 12 Caídas de tensión parciales y totales con el cambio de sección actualizado

CIRCUITO	Tensión (V)	Intensidad (A)	cos Φ	Potencia calculada (W)	Resistividad (Ω -mm ² /m)	Longitud (m)	Sección elegida (mm ²)	Conductor sección	Tipo de conductor	Diámetro tubo (mm)	ΔV parcial (V)	ΔV total (V)
DERIVACIÓN INDIVIDUAL	400	267,96	0,85	157803,2	1/48	25	300	4x300 + TTx150	RZ1-K (AS)	63	0,171	0,171
SUBCUADRO PISCINA	400	30,99	0,9	19323,3	1/56	39,376	10	4x10 + TTx10	H07V-K	32	0,849	0,849
SUBCUADRO DEPURADORA	400	11,48	0,9	7160,4	1/56	43,123	6	4x6 + TTx6	H07V-K	20	0,574	0,574
SUBCUADRO CLIMATIZACIÓN	400	119,86	0,9	74734,5	1/56	43,133	70	4x70 + TTx35	H07V-K	63	0,514	0,514
GRUPO ELECTRÓGENO	400	38,97	0,8	21600	1/56	125	10	4x10 + TTx10	H07V-K	32	3,013	3,013
Alumbrado 1 Cafetería	230	0,96	1	220,8	1/56	38,013	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,378	0,378
Alumbrado 2 Cafetería	230	0,96	1	220,8	1/56	37,831	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,376	0,376
Alumbrado 3 Cafetería	230	0,96	1	220,8	1/56	39,066	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,388	0,388
Alumbrado 1 Hall	230	0,68	1	156,4	1/56	47,58	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,335	0,335
Alumbrado 2 Hall	230	0,68	1	156,4	1/56	51,751	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,364	0,364
Alumbrado 3 Hall	230	0,68	1	156,4	1/56	53,755	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,378	0,378
Alumbrado 1 Oficina	230	1,24	1	285,2	1/56	38,982	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,500	0,500
Alumbrado 2 Oficina	230	1,24	1	285,2	1/56	41,734	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,536	0,536
Alumbrado 3 Oficina	230	1,24	1	285,2	1/56	44,373	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,570	0,570
Alumbrado 1 Servicio minusválidos	230	0,10	1	24	1/56	26,691	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 2 Servicio minusválidos	230	0,10	1	24	1/56	26,488	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 1 Servicio señoras	230	0,10	1	24	1/56	24,478	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,026	0,026
Alumbrado 2 Servicio señoras	230	0,10	1	24	1/56	24,261	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,026	0,026
Alumbrado 1 Servicio señores	230	0,10	1	24	1/56	26,845	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 2 Servicio señores	230	0,10	1	24	1/56	27,283	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,029	0,029
Alumbrado 1 Gimnasio	230	1,69	1	388,7	1/56	70,466	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,233	1,233
Alumbrado 2 Gimnasio	230	1,69	1	388,7	1/56	72,832	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,274	1,274



Alumbrado 3 Gimnasio	230	1,69	1	388,7	1/56	71,678	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,254	1,254
Alumbrado 1 Pasillo-1	230	0,28	1	64,4	1/56	57	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,165	0,165
Alumbrado 2 Pasillo-1	230	0,23	1	52,9	1/56	50,392	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,120	0,120
Alumbrado 3 Pasillo-1	230	0,23	1	52,9	1/56	52,269	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,124	0,124
Alumbrado 1 Zona de juegos	230	1,93	1	443,9	1/56	77,289	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,544	1,544
Alumbrado 2 Zona de juegos	230	1,93	1	443,9	1/56	80,86	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,616	1,616
Alumbrado 3 Zona de juegos	230	1,93	1	443,9	1/56	78,506	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	1,568	1,568
Alumbrado 1 Biblioteca	230	2,92	1	671,6	1/56	85,039	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	2,571	2,571
Alumbrado 2 Biblioteca	230	2,67	1	614,1	1/56	81,457	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	2,251	2,251
Alumbrado 3 Biblioteca	230	2,67	1	614,1	1/56	81,915	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	2,264	2,264
Alumbrado 1 Pasillo-2	230	0,28	1	64,4	1/56	40,904	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,119	0,119
Alumbrado 2 Pasillo-2	230	0,23	1	52,9	1/56	34,041	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,081	0,081
Alumbrado 3 Pasillo-2	230	0,28	1	64,4	1/56	36,06	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,105	0,105
Alumbrado C. Grupo Electrógeno	230	0,10	1	24	1/56	125	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,135	0,135
Emergencia 1 Cafetería	230	0,14	1	32,2	1/56	50,761	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,074	0,074
Emergencia 2 Cafetería	230	0,17	1	39,1	1/56	56,568	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,100	0,100
Emergencia 1 Oficina	230	0,17	1	39,1	1/56	54,05	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,095	0,095
Emergencia 2 Oficina	230	0,21	1	48,3	1/56	61,141	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,133	0,133
Emergencia 1 Biblioteca	230	0,35	1	80,5	1/56	109,433	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,396	0,396
Emergencia 2 Biblioteca	230	0,35	1	80,5	1/56	118,558	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,430	0,430
Emergencia 1 Gimnasio	230	0,28	1	64,4	1/56	103,539	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,300	0,300
Emergencia 2 Gimnasio	230	0,24	1	55,2	1/56	100,88	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,251	0,251
Emergencia C. Grupo Electrógeno	230	0,03	1	8	1/56	125	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,045	0,045
TC 1 Lavavajillas	230	16,67	0,9	3450	1/56	14,775	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,377	1,377
TC 1 Cocina	230	25	0,9	5175	1/56	16,629	4	2x4 + TTx4	H07V-K	20	1,452	1,452



TC 1 Cafetería	230	11,11	0,9	2300	1/56	27,191	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,689	1,689
TC 2 Cafetería	230	11,11	0,9	2300	1/56	26,013	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,616	1,616
TC 3 Cafetería	230	11,111	0,9	2300	1/56	6,342	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,394	0,394
TC 3 Servicio minusválidos	230	11,111	0,9	2300	1/56	33,524	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,082	2,082
TC 1 Oficina	230	11,11	0,9	2300	1/56	23,007	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,429	1,429
TC 2 Oficina	230	15,94	0,9	3300	1/56	35,557	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	3,169	3,169
TC 3 Oficina	230	11,11	0,9	2300	1/56	30,624	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,902	1,902
TC 1 Biblioteca	230	11,11	0,9	2300	1/56	35,289	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,192	2,192
TC 2 Biblioteca	230	11,11	0,9	2300	1/56	34,092	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,118	2,118
TC 3 Biblioteca	230	11,11	0,9	2300	1/56	41,94	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,605	2,605
TC 2 Zona de juegos	230	15,94	0,9	3300	1/56	40,818	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	3,638	3,638
TC 1 Gimnasio	230	13,33	0,9	2760	1/56	31,934	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,380	2,380
TC 2 Gimnasio	230	13,33	0,9	2760	1/56	32,553	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,426	2,426
TC 3 Gimnasio	230	11,11	0,9	2300	1/56	39,024	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,424	2,424
TC 4 Gimnasio	230	13,33	0,9	2760	1/56	32,6	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	2,430	2,430
TC 5 Gimnasio	230	13,33	0,9	2760	1/56	46,193	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	3,443	3,443
Alumbrado 1 Piscina	230	9,45	1	2173,5	1/56	100,32	10	2x10 + TTx10	H07V-K	25	1,472	2,321
Alumbrado 2 Piscina	230	9,44	1	2171,2	1/56	102,23	10	2x10 + TTx10	H07V-K	25	1,499	2,348
Alumbrado 3 Piscina	230	9,46	1	2175,8	1/56	102,448	10	2x10 + TTx10	H07V-K	25	1,505	2,354
Alumbrado 1 Vestuarios minusválidos	230	0,38	1	87,4	1/56	24,585	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,097	0,946
Alumbrado 2 Vestuarios minusválidos	230	0,38	1	87,4	1/56	23,959	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,094	0,943
Alumbrado 1 Vestuarios señoras	230	0,38	1	87,4	1/56	20,409	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,080	0,929
Alumbrado 2 Vestuarios señoras	230	0,38	1	87,4	1/56	22,247	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,088	0,937
Alumbrado 1 Vestuarios señores	230	0,38	1	87,4	1/56	27,322	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,107	0,957
Alumbrado 2 Vestuarios señores	230	0,38	1	87,4	1/56	29,023	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,114	0,963



Alumbrado 1 Pasillo vestuarios	230	0,49	1	112,7	1/56	22,607	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,115	0,964
Alumbrado 2 Pasillo vestuarios	230	0,49	1	112,7	1/56	20,938	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,106	0,955
Alumbrado 1 Cuarto bombas	230	0,48	1	110,4	1/56	10,584	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,053	0,902
Alumbrado 1 Cuarto socorrista	230	0,29	1	66,7	1/56	18,084	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,054	0,903
Alumbrado 2 Cuarto socorrista	230	0,38	1	87,4	1/56	18,436	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,073	0,922
Emergencia 1 Piscina	230	0,24	1	55,2	1/56	179,269	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,445	1,295
Emergencia 2 Piscina	230	0,28	1	64,4	1/56	199,813	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,579	1,428
Emergencia 3 Piscina	230	0,28	1	64,4	1/56	193,034	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,560	1,409
Emergencia 1 Vestuarios	230	0,10	1	24	1/56	18,911	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,020	0,870
Emergencia 2 Vestuarios	230	0,07	1	16,1	1/56	17,778	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,013	0,862
Emergencia 3 Vestuarios	230	0,07	1	16,1	1/56	24,633	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,018	0,867
Emergencia 1 Cuarto socorrista	230	0,14	1	32,2	1/56	27,049	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,039	0,888
Emergencia 1 Cuarto bombas	230	0,07	1	16,1	1/56	12,442	1,5	2x1,5 + TTx1,5	H07V-K	16	0,009	0,858
TC 1 Cuarto bombas	230	11,11	0,9	2300	1/56	6,35	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,394	1,244
TC 1 Vestuarios	230	11,11	0,9	2300	1/56	24,089	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,496	2,345
TC 2 Vestuarios	230	11,11	0,9	2300	1/56	14,708	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,914	1,763
TC 3 Vestuarios	230	11,11	0,9	2300	1/56	27,084	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,682	2,531
TC 1 Cuarto socorrista	230	11,11	0,9	2300	1/56	19,155	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	1,190	2,039
TC Tri Depur 1 Pisc grande	400	4,61	0,9	2875,2	1/56	7,214	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,093	0,667
TC Tri Depur 2 Pisc grande	400	4,61	0,9	2875,2	1/56	7,281	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,093	0,668
TC Depur Pisc pequeña	230	6,81	0,9	1410	1/56	7,745	2,5	2x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,295	0,869
TC Tri BC 1 Pisc grande	400	51,22	0,9	31939,02	1/56	7,189	25	4x25 + TTx16	H07V-K	20	0,103	0,616
TC Tri BC 2 Pisc grande	400	51,22	0,9	31939,02	1/56	7,292	25	4x25 + TTx16	H07V-K	20	0,104	0,618
TC Tri BC Pisc pequeña	400	17,41	0,9	10856,49	1/56	8,119	2,5	4x2,5 + TTx2,5	H07V-K	20	0,393	0,907



6 - CONCLUSIONES

En el plano personal, la elaboración de este TFG me ha servido para poner en práctica los conocimientos que he adquirido a lo largo de la carrera en las diferentes asignaturas impartidas.

También me ha servido para resolver las dudas que me iban surgiendo gracias a la búsqueda constante de información, de los diferentes apartados realizados.

Gracias a realizar una instalación eléctrica, he manejado en Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, con lo que he conseguido reafirmar mis conocimientos de las instalaciones eléctricas, así como aumentarlos. Lo que me parece fundamental para un Ingeniero graduado en Ingeniería Eléctrica.

Otro aspecto, a mi juicio, fundamental para un Ingeniero Eléctrico, es conocer la utilización de los diferentes programas utilizados en este proyecto, puesto que muchos de ellos, son el presente y el futuro para el cálculo de las diferentes instalaciones.

Estos programas utilizados para la resolución de los diferentes cálculos eléctricos, ya sean de iluminación, cableado o colocación de los diferentes aparatos y elementos utilizados, hacen que todo se vuelva más intuitivo que en caso de realizarlo a mano. Además, también se puede ver todo con más rapidez, sin tener que “imaginarse” dónde puede ir cada elemento.

Otro aspecto que me parece elemental, es que los diferentes programas utilizados, se comunican entre sí gracias al modelado BIM; este hecho, marca un antes y un después en el cálculo de instalaciones. No solamente pueden resolverse cálculos eléctricos, como los contemplados en este proyecto, sino también cálculos de otros tipos como mecánicos, de tuberías, de calefacción, de ventilación, etc.

El realizar los cálculos en un entorno BIM, en el que se puedan transferir los datos de unos programas a otros, supone un gran ahorro de tiempo, que a su vez, supone un ahorro de dinero para las empresas que utilicen este tipo de tecnologías.

En su contra, hay que decir que el manejo de estos programas no es sencillo, requiriendo un aprendizaje en la utilización de estos programas, y por supuesto, nociones de la actividad a realizar, para determinar la manera de realizar los programas y comprobar los cálculos. Además, estos



programas todavía no están libres de fallos, por lo que es necesaria una revisión exhaustiva.

A continuación, pasaré a explicar la impresión que he tenido de cada programa utilizado:

6.1 - REVIT

Desde mi perspectiva, es el programa más completo y más importante, de todos los utilizados.

Este programa permite realizar el diseño de los edificios en 3D, que hace que sea todo más visual que en programas que solamente utilizan 2D, como Autocad. Aparte de poder ver el edificio en 3D y ver cada estancia como si estuvieras dentro de ella, también te avisa de los errores que se puedan cometer, como colisiones entre dos elementos.

El manejo que se ha realizado de este programa, ha sido limitado, puesto que no se han utilizado todas las funciones disponibles para las instalaciones, como la colocación de tuberías, de conductos de aire, etc. Por lo que todavía se puede ahondar más en este programa.

A pesar de que existen tutoriales en Internet de este programa, el manejo de este programa no es sencillo, y requiere un aprendizaje para saber dónde están los diferentes comandos o visualizar las diferentes opciones que se nos ofrecen.

Por último, en el plano eléctrico, no está desarrollado, por lo que ha sido necesario utilizar otros programas que sí que realicen los cálculos eléctricos.

6.2 - AUTOCAD

A pesar de que Autocad sea un programa menos completo que Revit, también ha sido utilizado.

En este programa, se han realizado los diferentes planos, gracias a su facilidad de poder ajustar lo que nos parezca a nuestro criterio.



6.3 - DDS-CAD

La principal ventaja de este programa es que se comunica con Autocad, Revit, y DIALux, lo que hace que sea sencilla la transferencia de datos.

Otra gran ventaja de este programa, es que realiza los cálculos de instalaciones (en este caso la instalación eléctrica), de manera eficaz y correcta, como se ha podido comprobar en este TFG.

Un problema que tiene es que no se ha encontrado mucha información para utilizarlo, por lo que realizar todos los cálculos ha sido un proceso lento y laborioso.

Cabe destacar también, que el programa está en inglés, lo que también dificulta su empleo, puesto que aunque se tenga buen nivel de inglés, muchas de estas palabras son tecnicismos.

A mí juicio, el mayor inconveniente de este programa es que tiene numerosos fallos a la hora de realizar las instalaciones.

Sin embargo, me parece una herramienta potente, que va a revolucionar la manera de realizar el cálculo de instalaciones en un futuro cercano. Por lo que me parece muy interesante, haber manejado este programa.

6.4 - DIALUX

Con este programa se han realizado los cálculos de alumbrado.

Me ha parecido un programa sencillo de utilizar y muy completo en el plano lumínico. Realiza múltiples cálculos con gran exactitud.

Además, posee una gran biblioteca de luminarias que hace más fácil elegir el tipo de luminaria indicado para cada estancia y condiciones necesarias.

6.5 - DAISALUX

Programa utilizado para el cálculo de alumbrado de emergencia.



A pesar de ser un programa fiable y simple de utilizar, tiene el problema de no comunicarse con los demás, por lo que ha sido necesario realizar lo mismo dos veces.

En Daisalux, se ha hecho y comprobado la instalación de alumbrado de emergencia, pero al no poder transferir esta información a DDS-CAD, ha sido necesaria realizarla también en este programa, con el aumento de tiempo que conlleva



7 - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1]: <https://www.voltimum.es/novedades-producto/que-es-dialux-y-que-sirve>
- [2]: Página oficial Daisalux: <https://www.daisalux.com/es-es/>
- [3]: <http://www.inmesol.es/grupos-electrogenos/potencias-grupos-electrogenos-inmesol/busqueda-medianas-potencias.asp>
- [4]: Código Técnico de la Edificación (CTE)
- [5]: <https://www.fiestaspas.com/accesorios-piscinas/28/filtracion/1597/filtro-vesubio-piscina-pblica/>
- [6]: <https://www.fiestaspas.com/accesorios-piscinas/22/bombas-piscinas/1281/bomba-nadorsel-espa-nado-contracorriente/>
- [7]: <http://www.leroymerlin.es/fp/16008391/filtro-qp-filtro-de-arena?pathFamiliaFicha=010809&uniSelect=0&ancho=0&largo=0#ficha-tecnica>
- [8]: <http://www.leroymerlin.es/fp/14186025/bomba-de-piscina-qp-bomba-con-prefiltro?pathFamiliaFicha=010809&uniSelect=0&ancho=0&largo=0#ficha-tecnica>
- [9]: http://www.astralpool.com/wp-content/uploads/2017/03/AstralPool_Climatizacion.pdf
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)
- Código Técnico de la Edificación (CTE)
- Normas UNE
- Manual DDS-CAD, realizado por: Luis J. Lancharro Cordero
- Tutorial DDS-CAD:
<https://www.youtube.com/channel/UC3A308JIBFYB6zAPe9QSEhg>
- Tutorial Revit:
<https://www.youtube.com/channel/UCn3whasFftTrEJuT4SUH37g>
- Tutorial DIALux: <https://www.youtube.com/watch?v=mzWfTBYu-Bs>



Universidad de Valladolid

Universidad de Valladolid
Instalación eléctrica de un Centro de Ocio
bajo modelado BIM



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

- Información sobre BIM: <http://www.hildebrandt.cl/en-que-consiste-el-modelo-bim/>

Software utilizado:

- Revit 2017
- Autocad 2014
- DDS-CAD 12
- DiaLux 4.13
- Daisalux