

---

# EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACION EN AULAS DE LA ETSIE

19 may. 21

---

AUTOR:

**PAULA MARTÍNEZ MARTÍN**

TUTOR ACADÉMICO:

PALOMA ARRUÉ BURILLO [Departamento de Construcciones Arquitectónicas]

ANTONIO MANUEL ROMERO SEDÓ [Departamento de Construcciones Arquitectónicas]



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
**INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

---

ETS d'Enginyeria d'Edificació  
Universitat Politècnica de València



## Resumen

En este trabajo se plantea la mejora de la instalación de iluminación desde el punto de vista de la eficiencia energética lumínica en tres aulas de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación de la Universidad Politécnica de Valencia.

Para ello, se estudia y analiza el estado actual de la instalación de las tres aulas, utilizando el programa CYPELUX, donde se obtiene tanto los valores de rendimiento visual y energético como el cumplimiento de la normativa vigente. Una vez realizados los cálculos, se proponen dos casos de mejora de instalación, ambos con cambio de luminaria. En el primer caso se mantiene la ubicación actual de las luminarias, mientras que en el segundo se calcula una nueva distribución.

Por último, se realiza un estudio económico comparativo de los tres tipos de instalación y un estudio de amortización de la nueva instalación.

**Palabras clave:** Centro docente, eficiencia energética, luminaria, iluminación artificial, CYPELUX





## Abstract

In this work, the improvement of the lighting installation from the point of view of lighting energy efficiency in three classrooms of the Higher Technical School of Building Engineering of Polytechnic University of Valencia is proposed.

To this end, the current state of the installation of the three classrooms is studied and analysed using the CYPELUX programme, where both the visual and energy performance values and compliance with current regulations are obtained. Once the calculations have been made, two cases of installation improvement are proposed, both involving a change of luminaire. In the first case, the current location of the luminaires is maintained, while in the second, a new distribution is calculated.

Finally, a comparative economic study of three types of installation and a study of the amortisation of the new installation are carried out.

**Key words:** Educational institution, energy efficiency, luminaire, artificial light, CYPELUX



## Resum

En aquest treball es planteja la millora de la instal·lació d'il·luminació des del punt de vista de l'eficiència energètica lumínica en tres aules de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de l'Edificació de la Universitat Politècnica de València.

Per a això, s'estudia i analitza l'estat actual de la instal·lació de les tres aules, utilitzant el programa CYPELUX, on s'obté tant els valors de rendiment visual i energètica com el compliment de la normativa vigent. Una vegada realitzats els càlculs, es proposen dos casos de millora d'instal·lació, tots dos amb canvi de lluminària. En el primer cas es manté la ubicació actual de les lluminàries, mentre que en el segon es calcula una nova distribució.

Finalment, es realitza un estudi econòmic comparatiu dels tres tipus d'instal·lació i un estudi d'amortització de la nova instal·lació.

**Paraules clau:** Centre docent, eficiència energètica, lluminària, il·luminació artificial, CYPELUX



## Agradecimientos

Agradezco a todos y cada uno de los profesores y profesoras que a lo largo de mi vida me han dado los conocimientos necesarios para enfrentarme a este momento. A mis tutores, Paloma y Antonio, por su apoyo y sus consejos, no solamente durante la elaboración del proyecto, si no durante estos cuatro años de carrera.

No tengo palabras suficientes para lo agradecida que le estoy a mis padres por dedicarme su tiempo, esfuerzo y recursos con el fin de proporcionarme la mejor educación y formación posible. Al resto de mi familia y mi pareja por apoyarme, darme ánimos y mucha fuerza en cada uno de mis retos personales, como ha sido esta carrera y proyecto.

También quiero agradecer, a mis amigos y amigas, los de siempre, los de la carrera y a los que he ido conociendo en el transcurso de mi vida, porque todos forman un pedacito de mí.

Y para finalizar, a los que en más o menos medida han servido de ayuda para realizar este proyecto.

Gracias a todos.



## Acrónimos

- AENOR:** Asociación Española de Normalización y Certificación
- BIM:** *Building Information Modelling* / Modelado de información de construcción
- CAD:** *Computer Aided Design* / Diseño Asistido por Ordenador
- CEI:** Comité Español de Iluminación
- CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono
- CTE:** Código Técnico de la Edificación
- C<sub>u</sub>:** Coeficiente de utilización
- DB:** Documento Básico
- E:** Iluminancia
- E<sub>c</sub>:** Energía Ponderada
- E<sub>m</sub>:** Iluminancia media horizontal mantenida
- E<sub>min</sub>:** Iluminancia mínima sobre la superficie
- EN:** *European Normalization* / Normalización Europea
- EPV:** Equipo con Pantalla de Visualización
- ETSIE:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación
- FC:** Flujo de Caja
- FENERCOM:** Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
- F<sub>m</sub>:** Factor de mantenimiento
- GTEEICD:** Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación en Centros Docentes
- GVA:** Generalitat Valenciana
- HA:** Hormigón Armado
- IDAE:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- IEA:** *International Energy Agency* / Agencia Internacional de la Energía.
- IFC:** *Industry Foundation Classes*
- IK:** Grado de Protección Contra Choques Mecánicos
- IP:** Grado de protección
- IRC o R<sub>a</sub>:** Índice de Reproducción Cromática

**ISO:** *International Organization for Standardization* / Organización Internacional para la Estandarización

**IVA:** Impuesto del valor Añadido

**IVE:** Instituto Valenciano de la Edificación

**K:** Índice del Local

**L<sub>blanca</sub>:** luminancia blanca

**L<sub>color</sub>:** luminancia color

**LED:** *Lighting Emitting Diode* / Diodo Emisor de Luz

**NL:** Número de Luminarias

**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible

**OECD:** Organisation for Economic Co-operation and Development / Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

**OLED:** *Organic Light Emitting Diode* / Diodo Orgánico Emisor de Luz

**P:** Potencia

**SI:** Seguridad en caso de Incendios

**SUA:** Seguridad de Utilización y Accesibilidad

**TC:** Temperatura de Color

**T<sub>cp</sub>:** Temperatura de Color Correlacionada

**TFG:** Trabajo Final de Grado

**TIR:** Tasa Interna de Retorno

**U:** Uniformidad

**UE:** Unión Europea

**UGR:** *Unified Glare Rating* / Índice de Deslumbramiento Unificado

**UGR<sub>L</sub>:** UGR luminaria

**U<sub>m</sub>:** Uniformidad media de iluminancias

**UNE:** Normalización Española

**U<sub>o</sub>:** Uniformidad de iluminancia mínima

**UPV:** Universidad Politécnica de Valencia / Universitat Politècnica de València

**UV:** Ultravioleta

**VAN:** Valor Actual Neto

**VEEI:** Valor de Eficiencia Energética de la Instalación

**VEEI<sub>lim</sub>:** Valor de la Eficiencia Energética de la Instalación Límite



$\theta$ : ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo en grados sexagesimales

$\Phi$ : Flujo Luminoso



## Índice

Resumen .....	III
Abstract .....	V
Resum .....	VII
Agradecimientos.....	IX
Acrónimos .....	XI
Índice.....	XV
Capítulo 1. Introducción.....	1
1 Contexto .....	1
2 Objetivos.....	1
3 Estructuración .....	2
Capítulo 2. Estado del arte. Marco teórico .....	3
1 Iluminación de los espacios docentes .....	3
1.1 Clasificación de actividades.....	4
1.2 Criterios de diseño y calidad .....	4
2 Eficiencia energética en iluminación de centros docentes.....	11
2.1 Índice de eficiencia energética (IEE) .....	11
2.2 Potencia instalada máxima .....	12
2.3 Consumo energético.....	12
2.4 Sistemas de control y regulación.....	12
2.5 Sistemas de aprovechamiento de luz natural .....	12
2.6 Tiempo de vida de una instalación .....	13
2.7 Etiqueta energética de las lámparas.....	13
3 Pautas de diseño y características de las instalaciones de iluminación eficiente en centros docentes.....	14
3.1 Características de las lámparas .....	14
3.2 Características de las luminarias .....	15
3.3 Equipos auxiliares .....	17
3.4 Sistemas de regulación y control.....	17
3.5 Mantenimiento.....	18
4 Procedimiento recomendado elección de luminarias.....	18
4.1 Consideraciones básicas.....	19

4.2	Criterios de calidad .....	20
4.3	Criterios de explotación .....	20
5	Normativa aplicable .....	21
5.1	UNE-EN 12464-1. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.....	21
5.2	CTE-DB-HE. Sección HE 3 Condiciones de las instalaciones de iluminación .....	21
5.3	CTE DB-SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por una iluminación inadecuada.....	22
5.4	Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.....	22
	Capítulo 3. Metodología .....	25
1	Características de las aulas .....	25
1.1	Ubicación de las aulas.....	25
1.2	Norte geográfico.....	26
1.3	Características constructivas .....	28
2	Estado actual de la iluminación.....	31
2.1	Descripción de la instalación lumínica actual.....	31
2.2	Estudio del consumo.....	33
3	Propuestas de mejora.....	36
3.1	Elección de la luminaria .....	36
3.2	Primer caso.....	37
3.3	Segundo caso.....	38
	Capítulo 4. Resultados .....	41
1	Estado actual.....	41
2	Primer caso .....	42
3	Segundo caso .....	43
4	Estudio económico comparativo.....	44
4.1	Coste de la instalación .....	44
4.2	Coste de la energía utilizada .....	44
4.3	Coste de mantenimiento.....	46
4.4	Comparación .....	46
4.5	Evaluación de la inversión.....	47
	Capítulo 5. Conclusiones .....	51
1	Referidas al trabajo .....	51
2	Generales.....	51
	Capítulo 6. Referencias Bibliográficas.....	53
	Capítulo 7. Índice de Figuras .....	57

1	Índice de figuras .....	57
2	Índice de tablas .....	58
3	Índices de ecuaciones.....	58
	ANEXO A. FICHAS TÉCNICAS PRODUCTOS .....	A
	ANEXO B. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS .....	B
	ANEXO C. CÁLCULOS CYPELUX .....	C
	ANEXO D. CÁLCULOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO .....	D
	ANEXO E. PLANOS.....	E
	ANEXO F. GLOSARIO DE FÓRMULAS.....	F
	ANEXO G. JUSTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) .....	G



# Capítulo 1. Introducción

## 1 Contexto

Para el desarrollo social y económico de la humanidad es esencial el uso de la energía. Aun así, para satisfacer las necesidades de las personas y mantener su calidad de vida, el gasto energético tiende a aumentar hacia un exceso de consumo innecesario. Por este motivo, es indispensable la integración de políticas medioambientales sostenibles en la sociedad (Rey Martínez y Velasco Gómez, 2006).

La eficiencia energética es ineludible para disminuir las emisiones de gases derivadas de los combustibles fósiles causantes del calentamiento global. Entre los sectores más dañinos para el medio ambiente se encuentran el de los edificios, la industria y el transporte (Palm, 2010).

*“El ahorro de energía permite ahorrar nuestros escasos recursos económicos, pospone el agotamiento de nuestros escasos recursos fósiles [...] y, por último, parece revelarse como una de las mejores alternativas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La clave para la existencia de estos ahorros reside en el hecho de que no consumimos energía, sino servicios energéticos: por tanto, puede ser posible proveer el mismo nivel de servicio energético con un menor nivel de consumo de energía”* (Linares Llamas, 2009, p. 75).

Respecto al total del consumo de energía eléctrica, la iluminación simboliza entre el 5 y el 15% en los países industrializados (Ryckaert et al., 2010).

Los centros de carácter educativo destacan por su excesivo consumo de energía luminosa, que es muy variable según su ubicación - entre el 20 y el 90% respecto al consumo total -. El consumo general en España es alrededor de 770 GWh/año, un 0,5% del consumo eléctrico nacional, 462.000 toneladas en emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) por año. Por esta razón, el potencial de ahorro estimado de la instalación de iluminación de los centros docentes es del 20%, lo que sería reducir 92.000 toneladas en emisiones de CO<sub>2</sub>/año (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDAE] y Comité Español de Iluminación [CEI], 2001).

En cuanto a la salud de los usuarios, la iluminación determina el modo de maniobra del sistema visual y la forma que las personas tienen de realizar una tarea o desarrollarse en el ambiente luminoso. Por lo tanto, la iluminación puede actuar, bien como un factor positivo o por el contrario influenciar de manera negativa, pudiendo afectar hasta la productividad (Colombo et al., s.f.).

## 2 Objetivos

Los objetivos por abordar en el presente Trabajo Final de Grado (TFG) son los siguientes:

Diseñar, proyectar y redactar las especificaciones técnicas de instalaciones de iluminación en las aulas B2, C1 y C2 del edificio 1B de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación (ETSIE) de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) para que obtengan un alto grado de eficiencia energética.

Establecer los criterios de calidad y diseño que han de cumplir las instalaciones de iluminación de las aulas B2, C1 y C2 de la ETSIE, para reducir el consumo energético y conseguir unos niveles de iluminación adecuados.

Planificar la mejora de las condiciones energéticas e implantar las correcciones necesarias para crear un alumbrado eficiente en las aulas B2, C1 y C2 de la ETSIE, así como la colocación de sistemas y formas de control para su correcto funcionamiento.

Calcular el flujo luminoso total necesario en las aulas B2, C1 y C2 de la ETSIE, así como determinar el número de luminarias necesarias para obtener el nivel de iluminancia o iluminación apropiado; determinar su emplazamiento y evaluar si el número de luminarias es el necesario.

Redactar un estudio energético y económico de la instalación y su mantenimiento y explotación, para una vida útil larga, basado en la eficiencia y el ahorro energético, cumpliendo la normativa existente.

### 3 Estructuración

El presente documento se ha organizado por capítulos desde el uno hasta el siete.

En el primer capítulo, se contextualiza el tema del trabajo, se explican cada uno de los objetivos perseguidos y la estructura de este.

En el segundo capítulo, se investiga sobre la influencia de la iluminación en los espacios docentes, la calidad necesaria, los parámetros para tener en cuenta a la hora de proyectar una nueva instalación y su eficiencia energética. Además, se indican las normativas y los valores límites que se han de cumplir.

En el tercer capítulo, se expone la metodología seguida para conseguir los objetivos del TFG. Para ello se explica el estudio del estado actual de la iluminación en las aulas, el procedimiento de elección de la nueva luminaria y el cálculo de los nuevos parámetros y niveles de iluminación para las dos propuestas de mejora.

En el cuarto capítulo, se muestran los resultados del estado actual de la iluminación, los del luxómetro y los obtenidos a través del programa CYPELUX. Luego se indican los resultados extraídos del programa CYPELUX con el cambio de luminarias de ambas propuestas de mejora. Y, finalmente, se realiza el estudio económico comparativo de las tres opciones.

En el quinto capítulo, se elabora una conclusión del trabajo explicando cómo se han abordado y cumplido todos los objetivos del trabajo, además de evaluar la importancia de este trabajo y sus líneas de futuro.

El sexto capítulo, se encuentra la lista de referencias utilizadas para el desarrollo del proyecto.

Por último, en el séptimo capítulo, se encuentra la lista de figuras, tablas y ecuaciones.



## Capítulo 2. Estado del arte. Marco teórico

### 1 Iluminación de los espacios docentes

La calidad de la iluminación en los centros docentes es muy importante para poder desarrollar todas las actividades en un entorno confortable y adecuado. Por ello se ha de tener en cuenta, el diseño, la instalación y el mantenimiento, para poder garantizar un confort visual y el desempeño de la actividad sin sobreesfuerzos visuales - sin tener en cuenta las condiciones visuales del individuo -, además, se ha de garantizar la máxima eficiencia energética y por consiguiente los mínimos costes necesarios (IDAE y CEI, 2020). Cuando se hace un buen uso de la luz se aumenta la productividad en los lugares de trabajo y los centros educativos (Samani, 2011).

Según la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación en Centros Docentes (GTEEICD) de la IDAE y el CEI (2020), en los centros docentes existen diversos **problemas** que afectan a la instalación de iluminación. En la siguiente lista se enumeran algunos de ellos:

- La luz natural que entra a través de los ventanales puede producir deslumbramiento o contraste dificultando una visualización correcta.
- Mala ubicación de las luminarias o sin un buen apantallamiento, que pueden producir deslumbramientos.
- Una temperatura del color y potencia inadecuadas.
- Una mala disposición de los puntos de luz (natural/artificial) provocando sombras.

A la vez se detallan posibles **soluciones** para los problemas anteriores:

- Los niveles de iluminación han de guardar una relación en toda la superficie del aula.
- Aprovechar la luz natural siempre que no produzca deslumbramiento, se recomienda que sea a la izquierda de los alumnos.
- Uniformidad de las fuentes de luz.
- Disponer una iluminación específica en la pizarra evitando brillos y deslumbramientos.
- Se ha de tener en cuenta que las luminarias con luz fría ayudan a concentrarse, aconsejable para las aulas; mientras que las de luz cálida crean ambientes más sociables y relajados.

Por tanto, se puede afirmar que un correcto diseño y mantenimiento de la instalación posibilita alcanzar el máximo rendimiento académico posible. Además, una adecuada instalación del alumbrado podría optimizar el funcionamiento de otras instalaciones del centro educativo. Por todo esto, es primordial disponer de una instalación lumínica eficiente en estos edificios, provistas de luminarias con un elevado rendimiento y lo más eficientes posibles, además del uso de sistemas de regulación y control que se adecúen a las necesidades del local, así pues, se pueden obtener unos niveles de confort sin atentar en contra de la eficiencia energética (IDAE y CEI, 2020).

Algunos de los **beneficios** de un uso correcto y una buena calidad del alumbrado son: aumento de la productividad, el bienestar y la calidad en la estabilidad; disminución de los errores, de la fatiga, de la ausencia y de la tensión ocular (IDAE y CEI, 2020).

## 1.1 Clasificación de actividades

Cuando se pretende diseñar la instalación de la iluminación en los centros educativos se ha de tener en cuenta que tipo de actividad se ejerce en cada aula o local. Ya que, cada uno de ellos dependiendo de su clasificación tendrá unos requisitos lumínicos específicos (IDAE y CEI, 2020).

Se ha de diferenciar entre espacios con **una actividad visual elevada**, aulas de enseñanza práctica, laboratorios, talleres y bibliotecas; espacios con una **actividad visual normal**, aulas, cocinas, gimnasios, piscinas; y espacios con una **actividad visual baja**, vestíbulos, pasillos, escaleras, comedores, cafeterías, aseos, duchas, almacenes, zonas de espera, de paso y exteriores. En cambio, hay otras zonas como los salones de actos y las zonas de valor históricos o artístico que demandan soluciones **especiales** donde no debe predominar la exigencia de la eficiencia energética (IDAE y CEI, 2020).

Por último, otra de las características importantes para tener en cuenta es el tiempo anual de la actividad, que depende de la clase de centro. En los de educación primaria y secundaria se estima unas 7 horas al día durante 20 días los 9 meses del curso escolar, que suponen unas 1.260 horas al año, mientras que, en otros centros, es de 12 horas durante 20 días los 9 meses que suponen 2.160 horas al año, además se han de añadir el tiempo usado en la limpieza (IDAE y CEI, 2020).

## 1.2 Criterios de diseño y calidad

La GTEEICD de la IDAE y la CEI (2020) señala que al diseñar una instalación de iluminación se han de tener varios aspectos en cuenta para que dicha instalación sea eficiente a la vez que tenga una buena calidad y confort visual. Estos aspectos se explican en los siguientes puntos.

### *Iluminancia (E)*

La iluminancia es la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) directo o reflejado en la superficie (m<sup>2</sup>). Se mide con el luxómetro y su unidad de medida es el lux (lumen/m<sup>2</sup>).

Para fijar el nivel de iluminancia se ha de tener en cuenta el tipo de tarea, las condiciones ambientales y la duración de la actividad. Se considerarán según el tipo de actividad las siguientes iluminancias: horizontal (mesas y pupitres), verticales (pizarra) y cilíndrica media.

**Iluminancia horizontal.** Es la media de la iluminancia media (E<sub>m</sub>) en determinados puntos. El número de puntos mínimo depende del índice del local (K) que se calcula mediante la ecuación 1, y genera una rejilla cuadrada con valores entre  $0,5 \leq \text{longitud/anchura} \leq 2$ . En la tabla 1, se indican el número mínimo de puntos de rejilla y su distancia máxima entre ellos dependiendo de la longitud del área, según la Normalización Española (UNE)- Normalización Europea (EN) 1246-1:2012 de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).

$$K = \frac{b \cdot a}{h' \cdot (b + a)}$$

*Ecuación 1. Cálculo del valor K*

En cuanto al número mínimo de puntos será:

- Si  $K < 1$ : 4 puntos.
- Si  $1 < K < 2$ : 9 puntos.
- Si  $2 < K < 3$ : 16 puntos.
- Si  $K > 3$ : 25 puntos.

Longitud del área (m)	Distancia máxima entre los puntos de rejilla (m)	Número mínimo de puntos de rejilla
0,4	0,15	3
0,6	0,2	3
1	0,2	5
2	0,3	6
5	0,6	8
10	1	10
25	2	12
50	3	17
100	5	20

Tabla 1. Valores de espaciado. (UNE-EN 1246-1, 2012).

En otros planos de trabajo como por ejemplo el inclinado, los puntos dependen de la magnitud de la tarea y la cercanía de las luminarias a ella.

**Iluminancia vertical.** El valor es el valor medio de la iluminancia entre los puntos, que dependen de la tarea que se desempeña en la superficie.

Según la Norma UNE-EN 12464-1:2012 en las aulas la iluminancia media mínimas es de 300 lux y de 200 lux en las áreas circundantes inmediatas.

La iluminancia que se recomienda en los centros docentes depende fundamentalmente de cuatro factores (IDAE y CEI, 2020):

- Tipo de actividad
- Edad de los usuarios (alumnos y profesores)
- La rapidez y la exigencia de realización de las tareas
- Si existen o no problemas de tarea inusuales

En la tabla 2 se muestran los valores de iluminancia media mínima mantenida sobre el plano de la tarea en distintas actividades según la Norma UNE-EN 12464-1:2012.

Tipo de interior, tarea y actividad	$E_m$ (lux)	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	Requisitos específicos
Aulas, aulas de tutoría	300	19	0,60	80	La iluminación debería ser controlable
Aulas de educación de adultos y clases nocturnas	500	19	0,60	80	La iluminación debería ser controlable
Auditorium, sala de lectura	500	19	0,60	80	La iluminación debería ser controlable para colocar varias A/V necesarias
Pizarras negras, verdes y blancas	500	19	0,70	80	Deben evitarse las reflexiones especulares El presentador/profesor debe iluminarse con la iluminancia vertical adecuada
Mesa de demostraciones	500	19	0,70	80	En salas de lectura. 750 lux
Aulas de arte	500	19	0,60	80	

Tipo de interior, tarea y actividad	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	Ra	Requisitos específicos	
Aulas de arte en escuelas de arte	750	19	0,70	90	5.000 K < T <sub>cp</sub> < 6.500K	
Aulas de dibujo técnico	750	16	0,70	80		
Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	0,60	80		
Aulas de manualidades	500	19	0,60	80		
Talleres de enseñanza	500	19	0,60	80		
Aulas de prácticas de música	300	19	0,60	80		
Aulas de prácticas de informática	300	19	0,60	80		Equipos con pantallas de visualización (EVP): ver norma EN 12464 (4.9)
Laboratorios de lenguas	300	19	0,60	80		
Aulas de preparación y talleres	500	22	0,60	80		
Vestíbulos de entrada	200	22	0,40	80		
Áreas de circulación, pasillos	100	25	0,40	80		
Escaleras	150	25	0,40	80		
Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	0,40	80		
Sala de profesores	300	19	0,60	80		
Biblioteca: estanterías	200	19	0,60	80		
Biblioteca: aulas de lectura	500	19	0,60	80		
Almacenes de material de profesores	100	25	0,40	80		
Sala de deportes, gimnasios, piscinas	300	22	0,60	80	Norma EN 12193: Condiciones entrenamiento	
Cantinas escolares	200	22	0,40	80		
Cocina	500	22	0,60	80		

Tabla 2. Parámetros de iluminación en centros educativos (UNE-EN-12464-1, 2012).

#### Uniformidad de iluminancias ( $U$ )

La uniformidad de iluminancias es útil cuando la iluminancia media no es suficiente para concretar la calidad de la iluminación a causa de una mala distribución (IDAE y CEI, 2020). Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) y la Agencia Internacional de Energía (IEA) (2006), para no causar molestias visuales que puedan afectar al confort de los usuarios y ocasionar incomodidad, el reparto de las fuentes de luz ha de ser uniforme.

La norma UNE-EN 12464-1:2012 establece en los centros docentes que la  $U_m$  ha de ser no menor de 0,7 en iluminancia de la tarea y mayor a 0,5 en áreas circundantes inmediatas, estos datos se muestran en la tabla 2.

Iluminancia de la tarea (lux)	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E <sub>tarea</sub>
<b>Uniformidad: ≥ 0,7</b>	<b>Uniformidad: ≥ 0,5</b>

Tabla 3. Relación uniformidad - luminancia de la tarea y área circundante. (UNE-EN-12464-1, 2012).

La uniformidad media se calcula mediante la fórmula 2.

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m}$$

Ecuación 2. Cálculo de la uniformidad media

Es necesario disponer de un espacio iluminado para poder tener una adecuada comunicación visual y una identificación facial adecuada. Esto se da gracias a una iluminancia cilíndrica media mantenida o iluminancia en el plano vertical media (Ez), que en centros docentes ha de ser mayor o igual a 150 lux y U<sub>o</sub> mayor o igual a 0,10 (IDAE y CEI, 2020).

En cuanto a las relaciones de iluminancias, ha de haber una variación en el campo de visión y así evitar que el entorno sea monótono para que los músculos del ojo puedan tener una tolerancia de enfoque y apertura. Pero estas diferencias no han de ser muy grandes ya que puede perjudicar al confort visual (IDAE y CEI, 2020).

#### Apariencia de color

La apariencia de color define el color de la luz emitida, y varía entre tonos cálidos y fríos. Cuanto más alta es la temperatura de color (TC), más frío es el color y, por tanto, cuanto más baja sea la TC, más cálido será el color, (IDAE y CEI, 2020) tal y como se muestra en la figura 1.

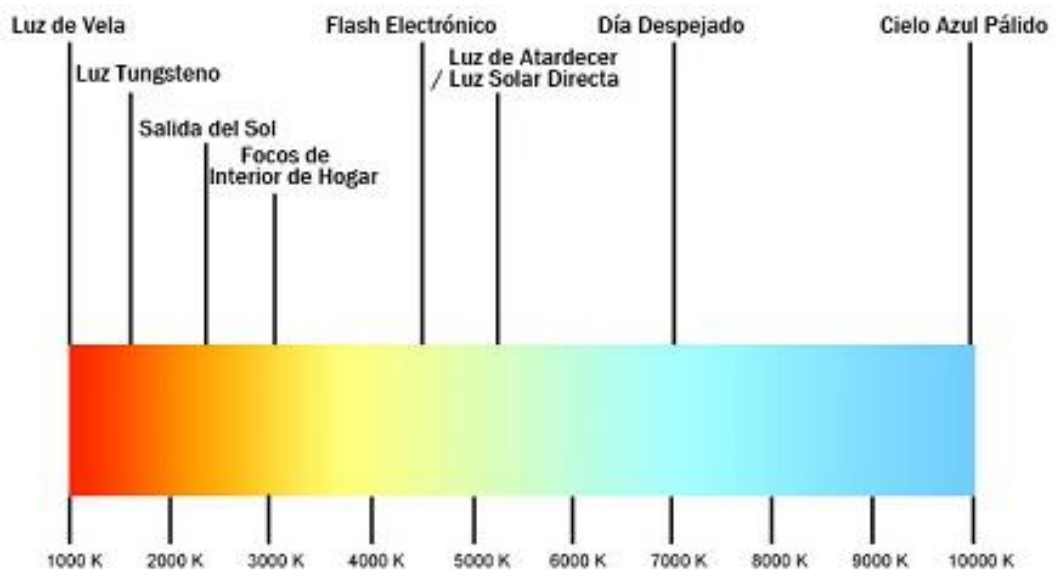


Figura 1. Temperaturas de color. (González Iglesias, 2015).

De acuerdo con Monteoliva et al. (2015), “La TC es una forma simplificada de describir las propiedades espectrales de una fuente de luz” (p.2).

En la tabla 4 se relacionan la apariencia de color de las lámparas con su temperatura de color correlacionada ( $T_{cp}$ ).

Apariencia de color	$T_{cp}$ (K)
Cálida	inferior a 3.300
Intermedia	3.300 a 5.300
Fría	superior a 5.300

Tabla 4. Grupos de apariencia de color de lámparas. (UNE-EN-12464-1, 2012).

Es tal la importancia de este parámetro que si la temperatura de color del local es apropiada puede proporcionar beneficios a los usuarios, mientras que, si es al contrario tendrá efectos dañinos oculares, emocionales y en el sistema circadiano (Mills et al., 2007).

En cuanto a los colores presentes en las superficies del aula, es recomendable colores suaves como verde pálido, azul celeste, gris perla o amarillo en paredes y blanco en los techos (IDAE y CEI, 2020).

#### *Índice de reproducción del color (IRC/Ra)*

Se define como el impacto que produce la luz sobre la apariencia de los colores en los objetos iluminados (IDAE y CEI, 2020). El IRC de la luz natural es 100, este sirve de referencia para comparar todas las demás fuentes de luz (Philips iluminación, s. f. b). La norma UNE-EN 12464-1:2012 establece como 100 el valor máximo de Ra y para los centros educativos el mínimo ha de ser 80. Un IRC alto sirve para aumentar el estado de ánimo de las personas (Küller et al., 2006).

En la siguiente escala se muestra una valoración del parámetro Ra:

- Ra < 60: pobre
- 60 < Ra < 80: bueno
- 80 < Ra < 90: muy bueno
- 90 < Ra < 100: excelente

#### *Deslumbramiento*

El deslumbramiento se puede ocasionar bien por deslumbramiento incapacitante, crea una dificultad en las facultades del sistema visual (Castilla Cabanes, 2015); o bien por deslumbramiento molesto, ocasionando sufrimiento al usuario, como son la fatiga ocular y dolor de cabeza (Winterbottom & Wilkins, 2009). El primer tipo de deslumbramiento puede eliminarse con la utilización de luminarias con una distribución de su flujo luminoso, y el segundo tipo se puede eliminar comuna buena distribución del lugar de trabajo o bien con sistemas de apantallamiento en los huecos de pared o techo (IDAE y CEI, 2020).

El grado de deslumbramiento que es aceptable en el campo visual depende del tipo de actividad, y se analiza a través del índice de deslumbramiento unificado (UGR) (IDAE y CEI, 2020). Viene regulado en la norma UNE EN-12464:2012 y los documentos CIE 117-1995 y CIE 190:2010.

La norma UNE-EN 12464-1:2012 proporciona una tabla según el tipo de actividad, con valores aproximados (ver tabla 2).

El IDAE y el CEI (2020), utilizan la siguiente ecuación 3 para determinar el UGR mediante el método de tabulación del índice de deslumbramiento unificado.

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0.25}{L_B} \sum_I \frac{L_{lum}^2 \omega}{P^2} \right)$$

Ecuación 3. UGR mediante el método de tabulación del índice de deslumbramiento unificado (IDAE y CEI, 2020).

Cuando se usan otras lámparas, diferentes a las previstas por el fabricante o tienen distinto flujo luminoso se ha de modificar el valor de UGR con la ecuación 4.

$$R_{UG}(\Phi) = R_{UG}(\Phi_0) + 8 \log_{10} \left( \frac{\Phi}{\Phi_0} \right)$$

Ecuación 4. Corrección el valor de UGR (IDAE y CEI, 2020).

Se ha de tener especialmente cuidado sobre las superficies verticales y se debe evitar que los reflejos dificulten tanto la visión parcial como la total (Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2009). Para ello, una buena solución es incorporar luminarias del tipo “bañador” de pared. Los deslumbramientos en este tipo de superficies están muy influenciados en el tipo de acabado y su color, por esta razón se han de utilizar acabados mate (IDAE y CEI, 2020).

Para deslumbramientos ocasionados por fuentes de luz natural existen los ángulos críticos que están entre 45° y 85°, como se muestra en la figura 2. Por los beneficios que da este tipo de luz se ha de intentar solucionar el problema de deslumbramiento con una buena distribución o con sistema de regulación de la luz, tipo persianas, lamas, cortinas, etc. (IDAE y CEI, 2020).

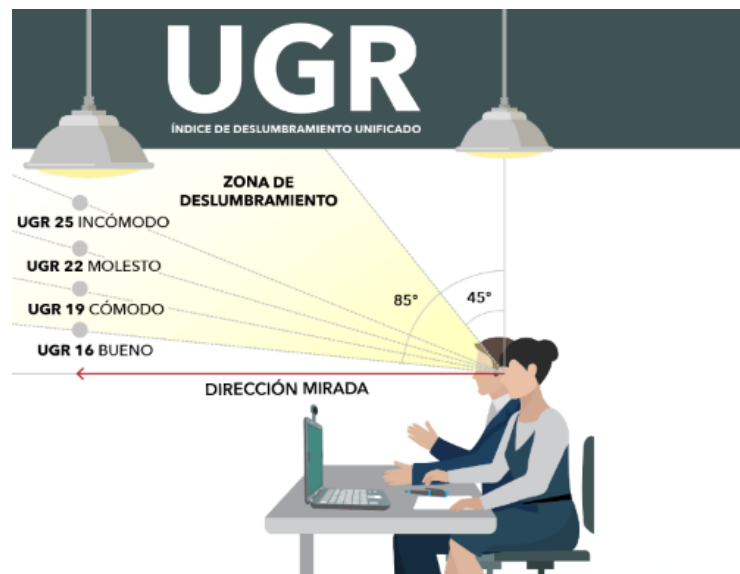


Figura 2. Ángulos de UGR (Barcelona LED, 2019)

### Modelado

El modelado es muy importante, ya que permite distinguir las formas en las tres dimensiones y sus texturas de forma clara y agradable (IDAE y CEI, 2020), en la figura 3 se puede ver un ejemplo de cómo influye la luz en el modelado dependiendo de la dirección de esta.



Figura 3. Modelado según la dirección de la luz. (ERCO, s.f.).

*“La luz dirigida que procede del lado anterior produce un modelado intenso. La luz desde arriba origina unas autosombras fuertes en el objeto. La luz desde atrás realza la silueta. A mayor perpendicularidad de la luz, tanto más intensas serán las sombras”* (ERCO, s.f.).

Se obtiene un modelado aceptable cuando en el campo visual del observador existe una relación entre la iluminancia vertical y la horizontal mayor a 0,25 (IDAE y CEI, 2020).

### *Ergonomía*

El alumbrado, desde la óptica de la ergonomía, ha de cumplir unos requisitos para que el desarrollo del trabajo se haga de una manera cómoda y sin esfuerzos. En la Guía de la IDAE y la CEI (2020), se enumeran los siguientes:

- No ha de crear problemas de adaptación visual ni producir deslumbramiento. Esto se da gracias a una transición entre luminosidades altas y bajas y viceversa. Y evitar deslumbramiento como se ha señalado en los puntos anteriores.
- El valor de iluminancia y uniformidad medias tienen que ser adecuados para que la agudeza visual del alumbrado sea la máxima aprovechable.
- No ha de dificultar la tarea visual y ha de posibilitar una postura cómoda.
- Tiene que ayudar a reducir la creación de ruido y suprimir el efecto estroboscópico. Para ello se pueden emplear balastos electrónicos de alta frecuencia o electromagnéticos que no superen el 15% de la potencia de la lámpara.
- Debe producir poca carga térmica al espacio iluminado. Una forma de incrementar la eficacia de la iluminación es, integrando un método de enfriamiento en la iluminación que haga la extracción de aire a través de las luminarias, por consecuencia disminuye la radiación térmica emitida por estas a la vez que incrementa la eficacia de las luces fluorescentes y alarga su vida, además ayuda a la limpieza según las características de las lámparas.

Un correcto ambiente luminoso puede contribuir en el confort y en la reducción de la fatiga, aun así, hay que prestar especial atención a las características de los locales, a la tarea que se va a realizar y a las necesidades de los usuarios (Piñeda Geraldo y Montes Paniza 2014).

Hay que tener en cuenta que cuando el contraste disminuye, entre el detalle y el fondo, se aumenta la dificultad de la tarea y cuanto menor es el tamaño del detalle se necesita más nivel de iluminación. Además, la vista de la persona que está realizando la tarea es peor a medida que pasan los años y su visibilidad disminuye, por tanto, cuanto más edad tengan los usuarios mayores tendrá que ser la iluminancia de la tarea (IDAE y CEI, 2020).

En la práctica se demuestra que un alumbrado de 1.000 lux es el más idóneo, teniendo en cuenta que no existan deslumbramientos y que las luminancias sean equilibradas (IDAE y CEI, 2020). Se han de tener en cuenta los valores en cuanto a reflectancia de las superficies que proporciona la norma UNE-EN 12464-1:2012 reflejados en la tabla 5.



Superficie	Valores de reflectancia
Techos	0,7
Paredes	0,5 - 0,7
Mamparas	0,5 - 0,7
Suelos	0,2 - 0,4
Muebles	0,4 - 0,6
Cortinas/persianas	0,5 - 0,6

Tabla 5. Reflectancia según superficie. (UNE-EN 12464-1, 2012).

Se ha de dar bastante importancia a los factores de reflexión de las paredes, los techos y demás, ya que estas actúan como una prolongación de las superficies reflectantes de las luminarias (Ruffles, et al., 2017).

## 2 Eficiencia energética en iluminación de centros docentes

Según la guía técnica de la IDAE y la CEI (2020) la eficiencia energética de una instalación de iluminación viene definida mediante la relación entre el flujo útil y la energía eléctrica consumida.

Se ha de tener en cuenta que la iluminación juega un papel importante para mejorar la eficiencia energética de un edificio, ya que es uno de los grupos de instalaciones que más consumen después de la calefacción o refrigeración (Ruffles, et al., 2017).

### 2.1 Índice de eficiencia energética (IEE)

El Parlamento Europeo en el Reglamento Delegado de la Unión Europea (UE) N.º 874 de 2012 define como IEE el factor encargado de establecer la eficiencia energética de la instalación. Establece para calcularlo la siguiente fórmula:

$$IEE = \frac{P_{cor}^1}{P_{ref}}$$

Ecuación 5. Cálculo del IEE (Reglamento Europeo N.º 874/2012)

En centros docentes el IEE medio recomendado está entre el IEE óptimo y el IEE máximo. Se ha de calcular considerando el consumo conjunto entre lámpara-equipo con el 100% de flujo para cada tipo de recinto (IDAE y CEI, 2001). El valor del IEE se puede valorar de la siguiente forma:

- IEE óptimo 2,0
- IEE medio 3,5
- IEE máximo 4,5

#### Valor de Eficiencia Energética de la instalación (VEEI)

El valor que determina el Código Técnico de la Edificación (CTE) en el Documento Básico (DB) Ahorro de energía 3 (HE) de 2019 para la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación por cada 100 lux, ha de ser siempre menor que el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación Límite (VEEI<sub>lim</sub>), que

<sup>1</sup> (P<sub>rated</sub>) en el caso de los modelos sin mecanismo de control externo y la potencia asignada

depende del uso del recinto y viene regulada en la Tabla 3.1-HE3. El VEEI relaciona el área iluminada con su calidad por la iluminancia media horizontal mantenido ( $E_m$ ), se calcula mediante la ecuación 6.

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

*Ecuación 6. Cálculo del VEEI según el CTE DB-HE3 de 2019*

Se expresa en  $W/m^2$ .

## 2.2 Potencia instalada máxima

La potencia total instalada de las lámparas y los equipos auxiliares por superficie (metro cuadrado) no debe superar nunca el valor máximo que viene regulado en el CTE DB-HE3 de 2019 en su Tabla 3.2-HE3 y que depende del uso del espacio. Se expresa en  $W/m^2$  y se calcula con la ecuación 7.

$$\text{Potencia por superficie iluminada} = \frac{P_{TOT}}{S_{TOT}}$$

*Ecuación 7. Potencia instalada según CTE DB-HE3 de 2019*

En los centros docentes la potencia máxima que establece es de  $10 W/m^2$ .

## 2.3 Consumo energético

El Parlamento Europeo en el Reglamento Delegado (UE) N.º 874 de 2012 define como energía ponderada ( $E_c$ ) los kWh consumidos en 1.000 horas y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{P_{cor} \cdot 1.000 h}{1.000}$$

*Ecuación 8. Energía ponderada según Reglamento Delegado (UE) N.º 874/2012*

## 2.4 Sistemas de control y regulación

Para conseguir un aprovechamiento óptimo en el consumo de la energía y poder controlar, se han de proyectar alumbrados con encendidos parciales para aprovechar la luz natural o ajustar la iluminación a las preferencias o exigencias de la tarea (Ingeniería AIPRO, 2019). Para lograr esto la mejor opción es la de disponer de sistemas de control y regulación de la instalación.

El CTE DB-HE3 de 2019 obliga a disponer de sistemas de control y regulación de las instalaciones de iluminación, que serán: un sistema de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico y un sistema por horario centralizado en cada cuadro eléctrico, excepto en zonas de uso esporádico que podrá sustituirse por un detector de presencia o un sistema de pulsador, ambos con temporizador.

## 2.5 Sistemas de aprovechamiento de luz natural

*“La iluminación juega un papel fundamental para el desarrollo de las actividades sociales, educativas, comerciales e industriales. Si bien la tecnología ha evolucionado en el campo de la iluminación artificial - generando una mayor eficiencia energética en las luminarias - aún es posible minimizar y en algunos casos prescindir de la energía eléctrica consumida por ésta, durante las horas diurnas” (Monteoliva y Pattini, 2013).*

Cuando las luminarias estén situadas a no menos de 5 metros de alguna ventana o bajo un lucernario se deberá disponer de un sistema de regulación automática para poder aprovechar la luz natural, cuando la superficie de acristalamiento respecto a la opaca permita el aporte de la luz natural y además las condiciones geométricas deben permitir dicha iluminación natural según el CTE DB-HE3 de 2019.

## 2.6 Tiempo de vida de una instalación

Las instalaciones de iluminación pueden tener una larga vida útil, por lo tanto, se han de asegurar que sus características y propiedades lleguen a cumplir dicho tiempo. Para ello es de vital importancia elegir los adecuados componentes de la instalación y seguir el correspondiente mantenimiento. Por ello se ha de tener en cuenta tanto los costes de instalación como los de explotación (IDAE y CEI, 2020).

## 2.7 Etiqueta energética de las lámparas

Los requisitos de etiqueta y su información complementaria que han de llevar las lámparas las establece el Reglamento Delegado (UE) N.º 874 de 2012, y son: lámparas de filamento, lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, lámparas LED y módulos LED.

Reglamento Delegado (UE) N.º 1369 de 2017 define como etiqueta:

*“un diagrama gráfico, impreso o en formato electrónico, que incluye una escala cerrada que utiliza solo las letras de A - G, en la que cada letra representa una clase y cada clase se corresponde con un ahorro de energía, en siete colores distintos que van del verde oscuro al rojo, para informar a los clientes de la eficiencia energética y el consumo de energía, incluyendo etiquetas reescaladas y etiquetas con menos clases y colores de conformidad con el artículo 11, apartados 10 y 11” (p.8).*

Como se muestra en la figura 4 el Reglamento Delegado (UE) N.º 2015 de 2019 especifica que la etiqueta ha de contener los siguientes datos:

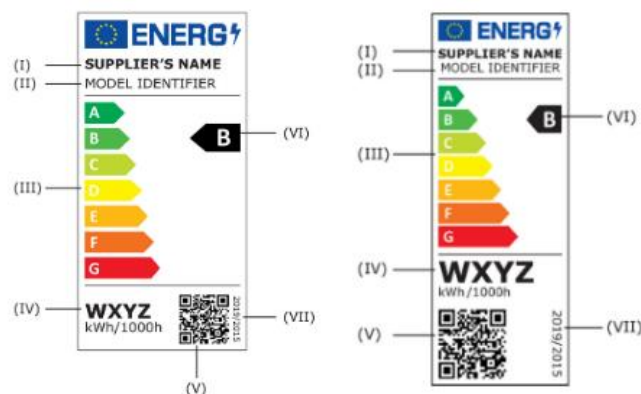


Figura 4. Etiquetado energético fuentes de luz. (Reglamento delegado (UE) N.º 2015 de 2019)

- I. Nombre o marca del proveedor
- II. Identificador del modelo del proveedor
- III. Escala de clases de eficiencia energética, de la A a la G
- IV. Consumo de energía, expresado en kWh /1 000 horas, de la fuente luminosa en modo encendido
- V. Código QR
- VI. Clase de eficiencia energética de conformidad con el anexo II del reglamento delegado (UE) 2019/2015<sup>2</sup>
- VII. Número del presente reglamento, «2019/2015»

<sup>2</sup> La clase de eficiencia energética de las fuentes luminosas se determinará como se indica en el cuadro 1 sobre la base de la eficacia total de la red eléctrica  $\eta_{TM}$

### 3 Pautas de diseño y características de las instalaciones de iluminación eficiente en centros docentes

Para poder diseñar de una manera eficiente y sostenible a la vez que conseguir una calidad de iluminación adecuada se han de tener en cuenta los distintos dispositivos de iluminación, así como sus equipos auxiliares, basándose en la eficiencia energética.

#### 3.1 Características de las lámparas

La lámpara es el componente de la instalación que emite luz, es decir, transforma otro tipo de energía, como es la eléctrica o química en lumínica (CEI e IDAE, 1996a). Gracias a esto permite iluminar espacios, interiores y exteriores, facilitando la visión.

En la tabla 2, se definen las diferentes tareas y los parámetros que se han de cumplir para obtener una iluminación eficiente en los espacios docentes.

Las características explicadas en los siguientes párrafos son comunes en todas las lámparas empleadas en el alumbrado, es decir, no dependen del tipo de generación luminosa. Aunque, existen factores externos que pueden influir en el funcionamiento de las lámparas, los más significativos son la temperatura ambiente, las desviaciones de la tensión nominal de la red, los ciclos de apagado y encendido y la clase de equipo de alimentación.

##### *Vida de las fuentes luminosas*

Se diferencia entre vida media y vida útil. La primera se define como el tiempo pasado hasta que falla la mitad de las lámparas de un lote representativo en condiciones explícitas<sup>3</sup>. Y la segunda el tiempo pasado hasta que el flujo luminoso es un 70% menor a la inicial. Por tanto, para una mayor eficiencia del alumbrado será preferible la elección de lámparas con una vida útil y media lo más larga posible.

##### *Flujo luminoso ( $\Phi$ )*

Es la cantidad de energía que emite una fuente luminosa por segundo, respecto al espectro luminoso que puede captar el ojo humano. Su unidad es el lumen y se expresa como lm. Con el tiempo va disminuyendo y depende de cada tipo de lámpara.

##### *Intensidad luminosa*

Es el flujo luminoso que se emite por unidad de ángulo sólido en una dirección determinada. Sus unidades son las candelas, cd.

##### *Eficacia luminosa*

La CEI define “la eficacia luminosa de una fuente de luz como el cociente entre el flujo luminoso emitido y la potencia eléctrica consumida por dicha fuente de luz” (IDEA Y CEI, 2020, p.64). Su unidad son los lúmenes por vatio, lm/W.

La eficacia mínima recomendada de las fuentes de luz es de 65 lúmenes/vatio en los centros educativos (IDAE y CEI, 2020).

---

<sup>3</sup> Ciclos de conmutación de 3 horas, con 2 h y 45 minutos encendidas y 15 minutos apagadas para fluorescentes y ciclos de 12 horas, con 11 h encendidas y 1 h apagadas para descarga

### *Iluminancia*

La iluminancia es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie y su tamaño. Se expresa en lux (lx), es decir,  $\text{lm}/\text{m}^2$ .

### *Selección y tipos de lámparas*

Para la selección de la lámpara más apropiada de un espacio se ha de seguir los tres pasos siguientes:

1. Cumplir los parámetros recomendados para el local/tarea en cuanto a IRC, tono de luz y TC.
2. Luego, elegir la que tenga mayor eficacia luminosa.
3. Por último, seleccionar la de mayor vida media.

En espacios docentes las lámparas más usadas son las fluorescentes tubulares con polvos fluorescentes trifósforos, que proporcionan una mayor eficacia y vida útil, con muchos menos miligramos de mercurio que las convencionales (IDAE y CEI, 2020).

El uso de los Diodos Emisores de Luz (LED) es altamente recomendable ya que proporciona una eficiencia energética alta en comparación con otras fuentes de luz y una vida útil elevada (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid [FENERCOM], 2015)

Entre las ventajas de los LED se encuentran (IDAE y CEI, 2020):

- Emisión de luz monocromática.
- Dimensiones pequeñas, permiten flexibilidad y simplicidad en el diseño.
- Eficacia luminosa elevada, dependiendo de la corriente. En torno a los 100 o 120  $\text{lm}/\text{W}$  en intensidades de 350 mA con varios LED trabajando de forma conjunta.
- Hasta 50.000 horas de vida útil, depende del voltaje de alimentación y la consumición térmica.
- Sin radiación ultravioleta (UV) ni infrarrojos.
- Direccionalidad de la emisión luminosa empleando lente o reflectores.
- Gran resistencia a golpes y vibraciones
- Encendido momentáneo y facilidad de regulación.

### 3.2 Características de las luminarias

Según la norma UNE-EN 60598-1:2015 las luminarias tienen la siguiente definición:

*“Aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de las lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.” (p. 17)*

Por este motivo, es importante que las características de las luminarias se tengan en cuenta a la hora de diseñar una instalación eficiente de iluminación. A continuación, se explican cada una de ellas.

#### *Distribución fotométrica*

Va en función de la clase de lámpara y el elemento óptico incorporado (celosía, reflectores, lentes, etc.). Los tipos de distribución y la recomendación de uso se muestra en la tabla 6. En las aulas la IDAE y la CEI (2020) recomienda la utilización de luminarias con una distribución de la luz directa.

Tipo de distribución	Aplicación
Difusa	Iluminación general y decorativa
Extensiva	Iluminación general
Intensiva	Iluminación general para grandes alturas
Asimétrica	Iluminación perimetral y pizarras
Iluminación orientable	Intensiva de acento y decorativa

Tabla 6. Aplicación según el tipo de distribución fotométrica de la luminaria. (IDAE y CEI, 2020).

Según el porcentaje de iluminación en el hemisferio inferior y superior horizontal, se distinguen las distintas clases de luminarias en la tabla 7 y la figura 5.

Clases de luminarias	Hemisferio superior	Hemisferio inferior
Directa	0-10%	90-100%
Semidirecta	10-40%	60-90%
Directa-Indirecta	40-60%	40-60%
Semidirecta	60-90%	10-40%
Indirecta	90-100%	0-10%

Tabla 7. Clases de luminarias según la clasificación de porcentaje de flujo. (IDAE y CEI, 2020).

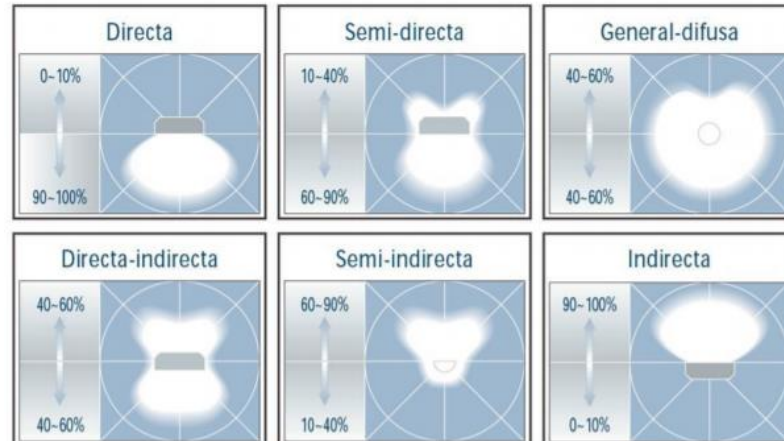


Figura 5. Clase luminaria según porcentaje de iluminación. (IDAE y CEI, 2020).

### Rendimiento luminoso

El rendimiento luminoso es la relación entre el flujo luminoso y el flujo de la o las lámparas, fuera de la luminaria (CEI e IDAE, 1996c). Cuando se ha de seleccionar una luminaria se ha de tener en cuenta que el rendimiento de la distribución es el deseado, para ello se ha de consultar la información de los gráficos polares del reparto de las intensidades luminosas aportados por los fabricantes (IDAE y CEI, 2020). Las luminarias interiores han de tener un rendimiento hacia el hemisferio inferior mayor al 60% (FENERCOM, 2006).

*Grado de protección (IP XX)*

La primera cifra se refiere al grado de hermetismo al polvo o a las partículas sólidas y el segundo a los líquidos. En las aulas normalmente no se necesita un grado elevado de estanqueidad ya que son luminarias abiertas (IDAE y CEI, 2020).

*Grado de protección contra choques mecánicos (IK XX)*

La graduación puede ir desde 01 hasta 10 y corresponde a grado IK01, impactos de 0,15J; y grado IK10, impactos de 20J. El grado de protección que debe tener la luminaria irá en función de la ubicación y posibles daños, accidentales o voluntarios, que puedan causarse (IDAE y CEI, 2020).

*Clase eléctrica.*

Según la norma UNE-EN 60598-1:2015, se han de utilizar luminarias de clase I. Este tipo de luminarias dispone de toma a tierra como parte del cableado, para no entrañar peligro si se produjera un fallo en el aislamiento principal.

*Coefficiente de utilización ( $C_u$ )*

El factor o coeficiente de utilización es la relación entre el flujo útil, es decir, el flujo luminoso que alcanza el plano útil, y el flujo luminoso que emiten la luminaria. Este factor no solo depende del tipo de luminaria, sino también de la reflectancia de las superficies del local y por consiguiente del índice K. La guía técnica recomienda que dicho coeficiente sea mayor a 0,5 (IDAE y CEI, 2020).

### 3.3 Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares -electrónicos, eléctricos o electromagnéticos- sirven de apoyo a las lámparas para su correcto funcionamiento. Entre los más comunes se encuentran el balasto, condensador y arrancador.

El consumo de los equipos auxiliares depende del tipo de luminaria y la potencia de la lámpara, aun así, es un valor nada despreciable, ya que se encuentra entre el 5 y el 25% de la potencia nominal (CEI e IDAE, 1996b).

*Balasto*

El balasto se encarga de controlar la carga eléctrica que atraviesa la lámpara e impide que la corriente aumente hasta su rotura.

*Condensador*

El condensador se utiliza junto con un balasto, sirve para la corrección del factor de potencia o bien para regular la cantidad de corriente que lo atraviesa.

*Arrancador*

El arrancador puede utilizarse solo o en combinación con un balasto. Se encarga de proporcionar la diferencia de potencial demandada para el cebado de la lámpara.

### 3.4 Sistemas de regulación y control

Se trata de dispositivos e instalaciones que ayudan a alcanzar y controlar unos niveles requeridos de iluminación y confort en los edificios. Este control se ha de desarrollar lo más sencillo posible para que comporte conjuntamente una disminución del gasto energético (González Pérez et al., 2013). Gracias al uso de estos sistemas se puede ahorrar hasta un 85% de la energía (FENERCOM, 2015).

Entre los sistemas de control más comunes están los controladores de luz natural, detectores de presencia, sistemas domóticos y sistemas de centralizado de gestión.

#### *Controladores de luz natural*

La luz natural se puede presentar en un local mediante lucernarios, claraboyas, ventanas y paramentos verticales acristalados. Por esto es imprescindible para tener una alta eficiencia energética poder aprovechar esta luz combinando y adaptando la luz artificial conforme la luz natural en cada instante. Los sistemas de control de luz natural pueden ser de encendido y apagado o de regulación.

#### *Detectores de presencia*

Su función es la de encender o apagar las luces automáticamente si detecta o no la presencia de una persona. Puede ser de cuatro tipos: infrarrojos, acústicos por ultrasonidos, acústicos por microondas o combinación de los dos previos. Se ha de prestar especial atención a los tiempos mínimos de encendido, ya que si estos son breves puede perjudicar las luminarias.

#### *Sistema domótico*

Es un sistema de manejo fácil y por cualquier persona con conocimientos mínimos, ya que se maneja mediante pantallas táctiles con iconos. Además, puede estar integrado en otros sistemas del local contribuyendo a una mayor eficiencia energética.

#### *Sistemas de centralizado de gestión*

Se encargan de gestionar la iluminación de un edificio con antelación.

### 3.5 Mantenimiento

Uno de los problemas causante del descenso del nivel inicial de iluminación, es la suciedad acumulada en ventanas, luminarias y las demás superficies. Por esto, la limpieza es importante en cuanto a la eficiencia energética lumínica. Se han de limpiar las luminarias y las ventanas, y repintar techos y paredes para mantener la reflectancia de estos. Por prevención, se debe estipular en el proyecto una iluminancia superior a la demandada por la tarea.

*“Los sistemas de alumbrado, así como, sus componentes tienen una vida finita y en algún instante de tiempo deben reemplazarse. Las propiedades de las lámparas cambian constantemente y de forma gradual hasta llegar al final de su vida útil. Además, la suciedad en las luminarias se va incrementando y el efecto combinado provoca una reducción del nivel luminoso de un 20 - 50% o más, dependiendo de la aplicación en cuestión, los equipos que se empleen y el tiempo entre acciones correctivas” (Omar et al., 2012, pp27-28).*

Dependiendo del grado de mantenimiento se fijará el factor de pérdida de luz, que es la relación entre la iluminancia mínima exigida por la tarea y la iluminancia inicial.

#### *Gestor energético*

Es interesante disponer de un gestor energético que realice una gestión eficiente de la instalación. Deberá llevar a cabo el seguimiento de los planes de mantenimiento y de la tarificación; además de supervisar el tiempo de funcionamiento, consumo y coste.

## 4 Procedimiento recomendado elección de luminarias

Un ejemplo de procedimiento a seguir según la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación del IDAE es el que se muestra en el siguiente esquema de la figura 6 (IDAE y CEI, 2020).



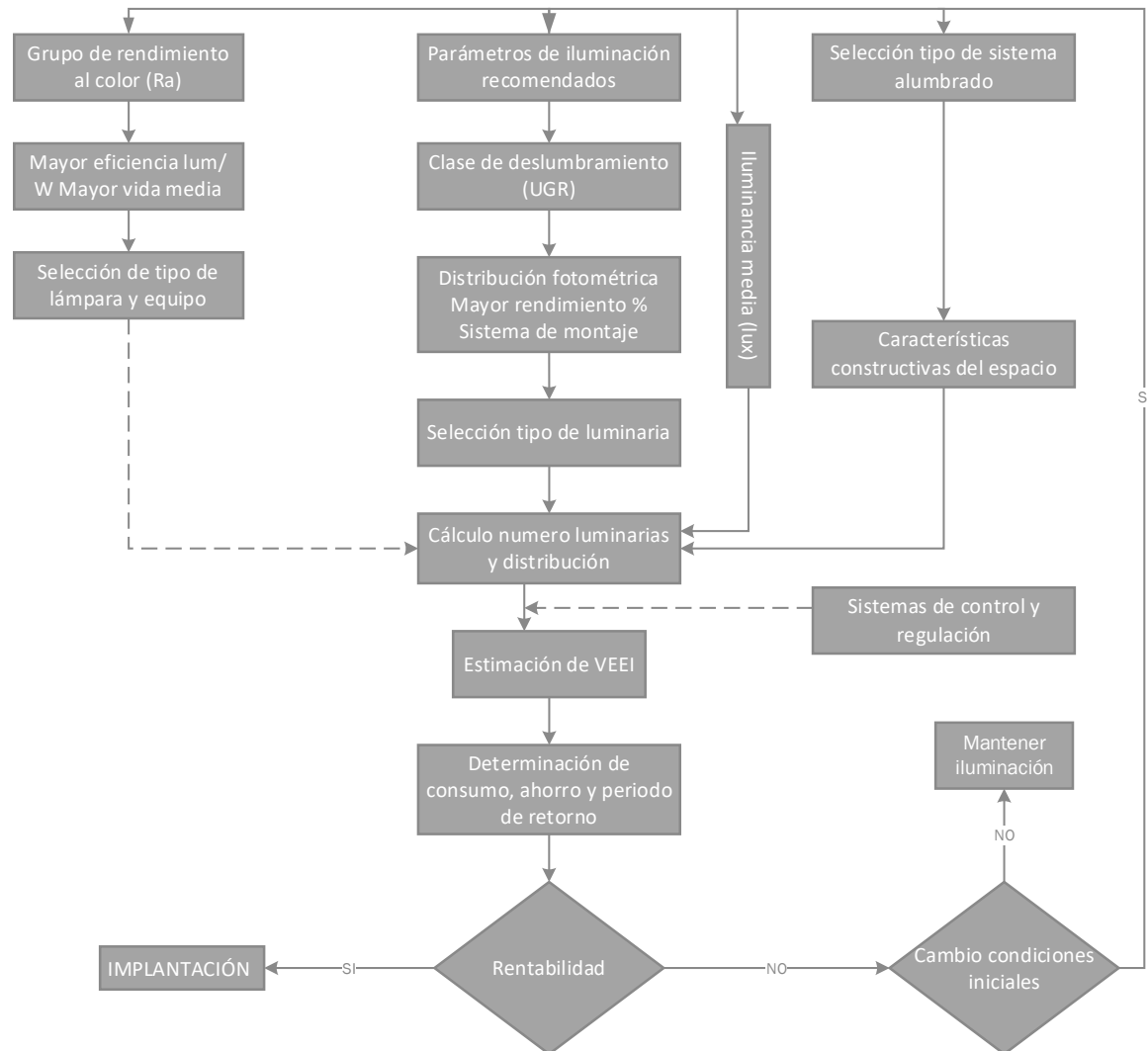


Figura 6. Procedimiento para proyectos en instalaciones existentes. (IDAE y CEI, 2020).

Al realizar este procedimiento hay que considerar los aspectos definidos continuación.

#### 4.1 Consideraciones básicas

##### *Geometría del local*

- Longitud
- Anchura
- Altura (entre suelo y forjado)

##### *Características constructivas*

- Acabados de las superficies (forjado, falso techo, paredes, suelo)
- Tipos de huecos y sus acabados en paredes y techos (ventanas, claraboyas, puertas, etc.)
- Elementos del aula (pizarras, pantallas, mapas)

##### *Mobiliario*

- Mesas, pupitres, archivadores, estantes, etc.
- Hay que tener en cuenta tanto la posición del profesor como la del alumno.

### *Puntos de luz*

- Luminarias, lámparas y equipos auxiliares.
- Se tiene que adaptar a las características particulares de cada local y cumplir con las condiciones luminotécnicas necesarias para desarrollar la tarea correspondiente a cada local. El equipo auxiliar lo determinará el tipo de fuente de luz. Se ha de priorizar ante todo la luz natural a la artificial.

## 4.2 Criterios de calidad

### *Requerimientos luminarias*

En cuanto a los soportes de las luminarias interiores es recomendable utilizar chapa de acero electrocincada o con tratamiento anticorrosivo. Para los reflectores se recomienda utilizar aleaciones de aluminio laminadas ejecutadas por medio de embutición o plegado y con tratamiento de anodizado. En las luminarias fluorescentes, donde se suelen utilizar aluminios preanodizados, se ha de tener controlado el efecto irisación o arcoíris, que se producen cuando se utilizan lámparas con TC menor a las recomendadas.

En elementos difusores y de protección ha de utilizarse materiales de plástico que sean degradables si existen radiaciones UV.

Los vidrios empleados en luminarias tienen que ser de seguridad.

Todas las luminarias empleadas han de seguir los requisitos y cumplir la norma EN 60598 y sus normas vinculadas, también las de directivas de CE y baja tensión. La calidad de las luminarias se asegurará utilizando las que estén fabricadas por empresas certificadas ISO 9001/9002.

### *Requerimientos de equipos eléctricos*

Todos los equipos auxiliares han de cumplir su normativa y disponer de sellos de calidad.

Se recomiendan los balastos electrónicos de alta frecuencia para conseguir el máximo índice de eficiencia energética, los niveles luminosos demandados y bajo mantenimiento. La calidad de los equipos auxiliares se asegurará utilizando las que estén fabricadas por empresas certificadas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) 9001/9002.

### *Requerimientos de las fuentes de luz*

Se ha de priorizar utilizar fuentes de luz fluorescentes tubulares o LED, la temperatura de color de las cuales este entre 3.000 y 4.000K, con una eficacia luminosa mayor a 65 lm/W y un IRC  $\geq$  80.

## 4.3 Criterios de explotación

### *Eficiencia energética*

Una forma de contribuir a la satisfacción visual es gracias a la luz natural ya que, al entrar a través de las ventanas laterales y gracias a su flujo prácticamente horizontal establece un modelado concreto y un reparto de luminancia en el interior, aunque hay que tener en cuenta que puede crear deslumbramientos y afectar negativamente al clima interior. El uso de luz diurna puede ahorrar significativamente la energía utilizada en iluminación artificial, pero debe equilibrarse para contrarrestar el calor percibido o disipado a través de los cristales.

El empleo de cortinas interiores reflectantes de los cristales y de colores claros puede resultar útil es útil para controlar la luz diurna por el día y distribuir la luminancia por la noche.

*Direccionalidad de las luminarias*

Se han de disponer las luminarias de modo que los niveles de iluminación específicos para realizar la tarea, no menor a 300 lux, aseguren un contraste excelente sin sombras para no obtener modelados impropios. Es recomendable utilizar luminarias de reparto intermedio.

Para valorar el contraste se ha de tener en cuenta todos los elementos del aula. Las luminarias empleadas han de ser de tipo asimétrico con ubicación en el techo. El valor de la iluminancia media vertical de la pizarra no ha de superar 500 lux y la  $U_o$  mayor a 0,70.

*Criterios fotométricos de luminarias*

No han de tener valores de UGR mayores a los aceptados.

*Control y regulación*

Una forma de ahorro energía se produce instalando controles de encendidos y apagados según la luz natural que incida en el espacio. El encendido por fotocélulas es el tipo más sencillo y económico.

Estos métodos de control tienen que disponerse en espacios de menos de 6 metros de profundidad a menos de 5 metros de las ventanas.

En caso de utilizar balastos electrónicos con regulación del flujo se utilizarán sensores para aprovechar la luz natural.

Además de estos todas las aulas deben tener sensores luminosos para garantizar el nivel de iluminación previsto, detector de presencia con apagado temporizado, un interruptor por lo menos por circuito de alumbrado y un programa de mantenimiento para asegurar los niveles previstos a lo largo de la vida de la instalación (IDAE y CIE, 2021).

## 5 Normativa aplicable

A continuación, se indican los parámetros de cada una de las normas que ha de cumplir la iluminación interior en los espacios docentes. Entre ellas se encuentra la UNE-EN 12464-1, CTE DB-HE, CTE DB-Seguridad de Utilización y Accesibilidad (SUA) y el Real Decreto 486/1997.

### 5.1 UNE-EN 12464-1. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.

#### 5.36.1 Establecimientos educativos -Edificios educativos – Aulas, aulas de teoría

- Iluminancia mantenida:  $E_m \geq 300$  lux
- Índice de Deslumbramiento Unificado:  $UGR \leq 19$
- Uniformidad de iluminancia:  $U_o \geq 0,60$
- Índice de reproducción cromática mínimo:  $R_a \geq 80$

### 5.2 CTE-DB-HE. Sección HE 3 Condiciones de las instalaciones de iluminación

#### 3.1. Eficiencia energética de la instalación de iluminación

Aulas y laboratorios  $VEEI_{lim} \leq 3,5$

#### 3.2. Potencia instalada

Otros usos con  $E_m \leq 600$  lux: potencia máxima a instalar  $10 \text{ W/m}^2$

### 3.3. Sistemas de control y regulación

Las instalaciones de iluminación de cada zona dispondrán de un sistema de control y regulación que incluya (CTE, 2019a):

- un sistema de encendido y apagado manual externo al cuadro eléctrico, y
- un sistema de encendidos por horario centralizado en cada cuadro eléctrico.

### 3.4. Sistemas de aprovechamiento de la luz natural

Se instalarán sistemas de aprovechamiento de la luz natural que regulen, automáticamente y de forma proporcional al aporte de luz natural, el nivel de iluminación de las luminarias situadas a menos de 5 metros de una ventana y de las situadas bajo un lucernario, cuando se cumpla la ecuación 9 junto con alguna de las condiciones de la figura 7 (CTE, 2019a).

$$T \left( \frac{A_w}{A} \right) > 11$$

Ecuación 9. Relación entre el área de las ventanas y la de la fachada

Zonas con cerramientos acristalados al exterior donde el ángulo  $\vartheta$  sea superior a 65 grados ( $\vartheta > 65^\circ$ ) (CTE, 2019a):

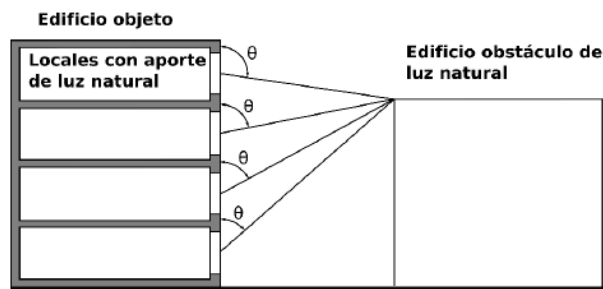


Figura 3.4.a-HE3

Figura 7. Figura 3.4.a-HE3

## 5.3 CTE DB-SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por una iluminación inadecuada

### 1. Alumbrado normal en zonas de circulación

En cada zona se dispondrá una instalación de alumbrado capaz de proporcionar, una iluminancia mínima de 100 lux en zonas interiores medida a nivel del suelo (CTE, 2019b).

El factor de uniformidad media será del 40% como mínimo.

### 2.2. Posición y características de las luminarias

Altura de colocación:  $\geq 2$  m por encima del nivel del suelo

Ra:  $\geq 40$

## 5.4 Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997):

<b>Zona o parte del lugar de trabajo (*)</b>	<b>Nivel mínimo de iluminación (lux)</b>
<i>Zonas donde se ejecuten tareas con:</i>	
<i>1º Bajas exigencias visuales</i>	<i>100</i>
<i>2º Exigencias visuales moderadas</i>	<i>200</i>
<i>3º Exigencias visuales altas</i>	<i>500</i>
<i>4º Exigencias visuales muy altas</i>	<i>1.000</i>
<i>Áreas o locales de uso ocasional</i>	<i>50</i>
<i>Áreas o locales de uso habitual</i>	<i>100</i>
<i>Vías de circulación de uso ocasional</i>	<i>25</i>
<i>Vías de circulación de uso habitual</i>	<i>50</i>

Tabla 8. Niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997)

(\*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997).



## Capítulo 3. Metodología

En este capítulo se explica los pasos que se ha seguido para el análisis del estado actual y las propuestas de mejora.

### 1 Características de las aulas

Para empezar, se estudia la ubicación de las aulas, su norte geográfico para saber de qué manera influye la luz solar en ellas y, por último, sus características constructivas.

#### 1.1 Ubicación de las aulas

El edificio se sitúa en el campus de vera de la UPV en la ciudad de Valencia, con dirección: Camino de Vera, s/n, Edificio 1B, 46022, Valencia.

Según la Sede Electrónica del catastro la calificación del suelo de la UPV es urbano con uso principal residencial, tiene una superficie total construida de 544.402,35 m<sup>2</sup>, que se reparten en unas 78 construcciones destinadas principalmente a enseñanza, aparcamiento, almacén, deportivo, cultural y comercio, además de disponer de viales internos para la comunicación dentro del campus. En las figuras 8, 9, 10 y 11 se muestra la ubicación de las aulas en el mapa de la comunidad valenciana.



Figura 8. Situación. (Generalitat Valenciana [GVA], s.f.).

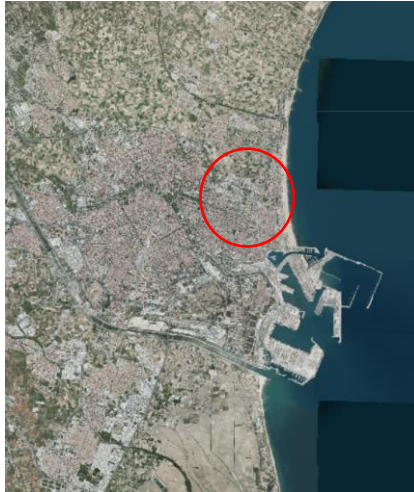


Figura 9. Situación. (GVA, s.f.).



Figura 10. Emplazamiento. 2021. (GVA, s.f.).



Figura 11. Emplazamiento. (GVA, s.f.).

## 1.2 Norte geográfico

Como se puede ver en las figuras 12, 13 y 14, las aulas están orientadas al noreste. Es decir, en los meses de invierno la incidencia del sol en estas aulas es mínima y en el resto de los meses el sol incidirá



hasta las horas centrales del día. Por tanto, es importante dotar a estas aulas de iluminación de calidad, ya que durante el invierno y las horas de la tarde se deberá hacer uso de la instalación de iluminación para satisfacer los niveles de confort visual.



Figura 12. Norte geográfico. 2021. Google Maps.

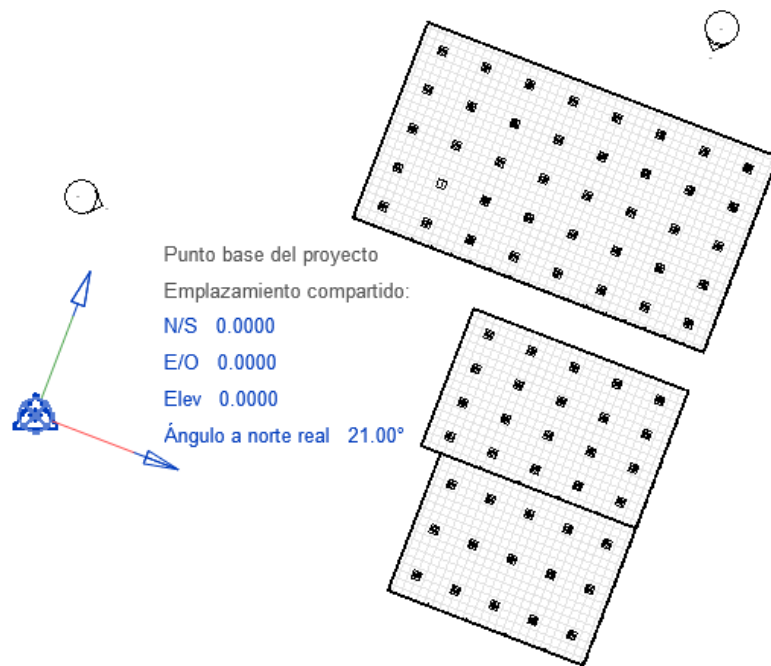


Figura 13. Norte Real en REVIT. 2021. Elaboración propia



Figura 14. Plano del norte real en AutoCAD. 2021. Elaboración propia

### 1.3 Características constructivas

La composición del edificio 1B, se basa en patios ajardinados alrededor del cual se reparten los pasillos para dar acceso a aulas, laboratorios, despachos, etc. El edificio está realizado con una sola planta la cual aprovecha la iluminación exterior a través de las claraboyas, los patios interiores y las ventanas.

#### *Cerramiento y tabiquería de las aulas*

La tabiquería del aula está formada por paneles prefabricados de hormigón reforzados con fibras y revestidos con mortero y pintura blanca. Sus dimensiones son de 1,50 metros de ancho por 0,50 de alto, con espesores de 7 centímetros en la tabiquería y de 10 en el cerramiento exterior.

Estos paneles están montados transversalmente machihembrados y sellados con mortero para garantizar su estanqueidad. Longitudinalmente están anclados a dos perfiles metálicos omega enfrentados entre sí en el núcleo del panel, que a su vez ejercen la función de embellecedores ocultando la tornillería.

#### *Revestimientos de las aulas*

El revestimiento de suelo es un terrazo continuo de color beige. Está ejecutado con una capa de arena de 2 cm de espesor sobre la cual se encuentra una de mortero de dosificación 1:10 de 1,5cm de espesor, a la que se le ha colocado un mallazo electrosoldado encima de otra capa de mortero de 1,5 cm, pero de dosificación 1:4.

El revestimiento de techo es un falso techo registrable de 50 cm de hasta forjado con palcas de yeso laminado de color gris y perfilaría vista de color blanco.

Las paredes están pitadas con pintura blanca mate y sus perfiles de gris oscuro.

#### *Índices de reflectancia de las superficies*

- Paredes: acabado pintura blanca mate; 0,7
- Falso techo: gris claro; 0,2 – 0,3
- Pavimento: terrazo beige; 0,2
- Pizarra: verde oscuro; 0,3
- Mesas: gris claro; 0,40-0,50
- Sillas: crema; 0,30-0,40
- Ventanas correderas: gris oscuro; 0,10-0,20
- Ventanas: blancas; 0,70-0,85
- Puerta: blanca; 0,70-0,85
- Otro mobiliario y elementos: gris claro; 0,40-0,50

#### *Aula B2*

En la figura 15 se muestra el aula B2 en la actualidad.



*Figura 15. Aula B2. 2021. Fuente propia*

#### **Geometría del aula**

- Anchura: 10,5m
- Longitud: 15 m
- Altura hasta falso techo: 3,5 m
- Superficie: 157,50 m<sup>2</sup>
- Volumen: 551,25 m<sup>3</sup>

### Elementos constructivos

- 7 ventanas correderas<sup>4</sup>: 1,5 x 2 m (ancho x alto)
- 1 ventana abatible mecanizada: 1,5 x 1 m
- 1 puerta de madera: 1,5 x 2 m
- 1 pizarra: 7,5 x 1,5

### Aula C1

En la figura 16 se muestra el aula C1 en la actualidad.



Figura 16. Aula C1. 2021. Fuente propia.

### Geometría del aula

- Anchura: 10,5 m
- Longitud: 16,5 m
- Altura hasta falso techo: 3,5 m
- Superficie: 173,25 m<sup>2</sup>
- Volumen: 606,38 m<sup>3</sup>

### Elementos constructivos

- 6 ventanas correderas<sup>4</sup>: 1,5 x 2 m (ancho x alto)
- 2 ventanas abatible mecanizada: 1,5 x 1 m
- 9 ventanas fijas: 1,5 x 1 m
- 1 puerta de madera: 1,5 x 2 m
- 1 pizarra: 9 x 1,5 m

---

<sup>4</sup> Interiormente protegidas por estores de color claro y exteriormente por lamas metálicas de color claro



### Aula C2

En la figura 17 se muestra el aula C2 en la actualidad.



Figura 17. Aula C2. 2021. Fuente propia.

#### Geometría del aula

- Anchura: 15 m
- Longitud: 27 m
- Altura hasta falso techo: 3,5 m
- Superficie: 405 m<sup>2</sup>
- Volumen: 1.417,5 m<sup>3</sup>

#### Elementos constructivos

- 10 ventanas correderas: 1,5 x 2 m (ancho x alto)
- 1 ventana abatible mecanizada: 1,5 x 1 m
- 9 ventanas fijas: 1,5 x 1 m
- 2 puertas de madera: 1,5 x 2 m
- 1 pizarra 11 x 5 m

## 2 Estado actual de la iluminación

### 2.1 Descripción de la instalación lumínica actual

#### *Características de las luminarias*

En las aulas B2, C1 y C2 del edificio 1B las luminarias instaladas actualmente, como se muestra en la figura 18, 19, 20, 21, son de iluminación directa con rejillas planas, están empotradas en el falso techo y constan de tres tubos fluorescentes T8 de 36W en paralelo con casquillos G13 y 230V (ver ficha técnica en el Anexo A) su equipo auxiliar está compuesto un balasto electrónico de 2 x 36W y uno de 1 x 36W de clase I.



Figura 18. Luminaria actual. 2021. Foto propia



Figura 19. Lámpara fluorescente actual. Foto propia



Figura 20. Lámpara fluorescente actual. (Philips Iluminación. s. f. a).



Figura 21. Balasto electrónico. (Philips Iluminación. s. f. a).

La luz de emergencia es de la casa comercial Normalux Dunna, está compuesta por una lámpara led y dependiendo de su ubicación tiene más o menos flujo luminoso, su apariencia es como la de la figura 22 (ver ficha en Anexo A).



Figura 22. Luminaria de emergencia. (Normalux, s.f.).

### *Aula B2*

La instalación lumínica actual del aula B2 cuenta con 20 luminarias, 1 luz de emergencia ubicada encima de la puerta y 1 detector de presencia aproximadamente a 3,5 metros de la puerta y del suelo, además cuenta con 4 interruptores manuales.

### *Aula C1*

La instalación lumínica actual del aula C1 cuenta con 24 luminarias, 1 luz de emergencia ubicada encima de la puerta y 1 detector de presencia aproximadamente a 3,5 metros de la puerta y del suelo, además cuenta con 4 interruptores manuales.

### *Aula C2*

La instalación lumínica actual del aula C2 cuenta con 60 luminarias, y 5 focos situados a 20 metros de la pizarra aproximadamente, 2 luces de emergencia ubicadas encima de cada puerta, 2 detectores de presencia aproximadamente a 3,5 metros de la puerta y del suelo y 8 interruptores manuales.

## 2.2 Estudio del consumo

Para poder determinar el consumo actual de energía lumínica se ha hecho un estudio de campo. Mediante el luxómetro se mide in situ la iluminancia real de las aulas. Luego se dibujan mediante el programa de Autodesk REVIT las tres aulas con las luminarias actuales, para crear un modelo BIM y poder trasladarlo más tarde al programa CYPELUX. Con el programa CYPELUX, se miden los parámetros de iluminancia y se comprueba la normativa actual y se comparan los resultados obtenidos con el luxómetro.

### *Luxómetro*

Para realizar la medición se ha utilizado el luxómetro HT307 de la figura 23, propiedad del laboratorio de instalaciones de la ETSIE.



*Figura 23. Luxómetro utilizado. 2021. Fuente propia*

El luxómetro se utiliza para medir la iluminancia en lux en el espacio de trabajo de las aulas. Para ello se han elegido dependiendo del largo y ancho unos puntos característicos. En las 3 aulas se realiza la medición en las cuatro esquinas y en varios puntos intermedios como se puede ver en las figuras 24, 25 y 26.

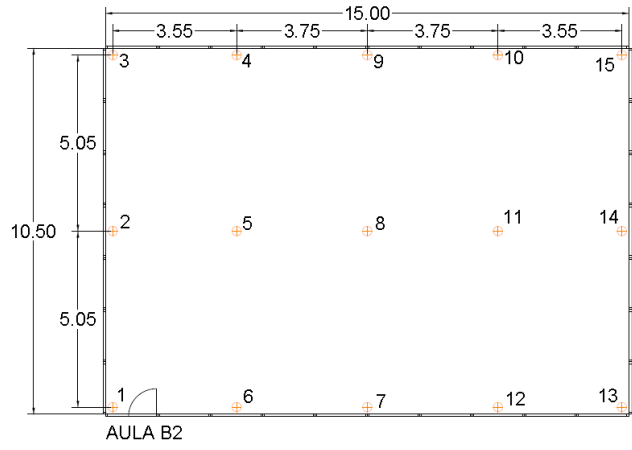


Figura 24. Puntos de cálculo con luxómetro aula B2. 2021. Elaboración propia

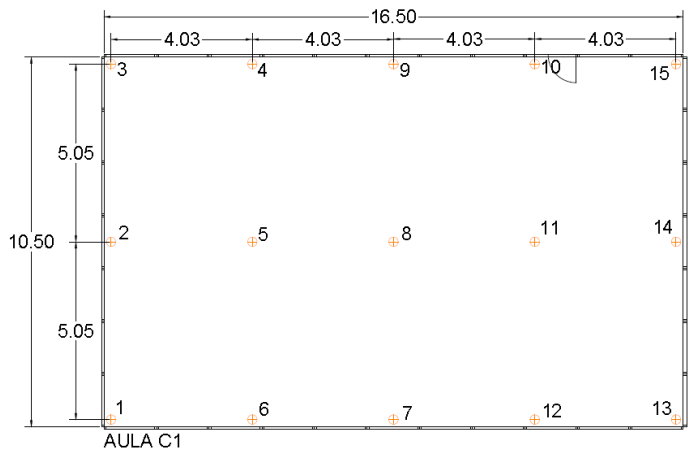


Figura 25. Puntos de cálculo con luxómetro aula C1. 2021. Elaboración propia

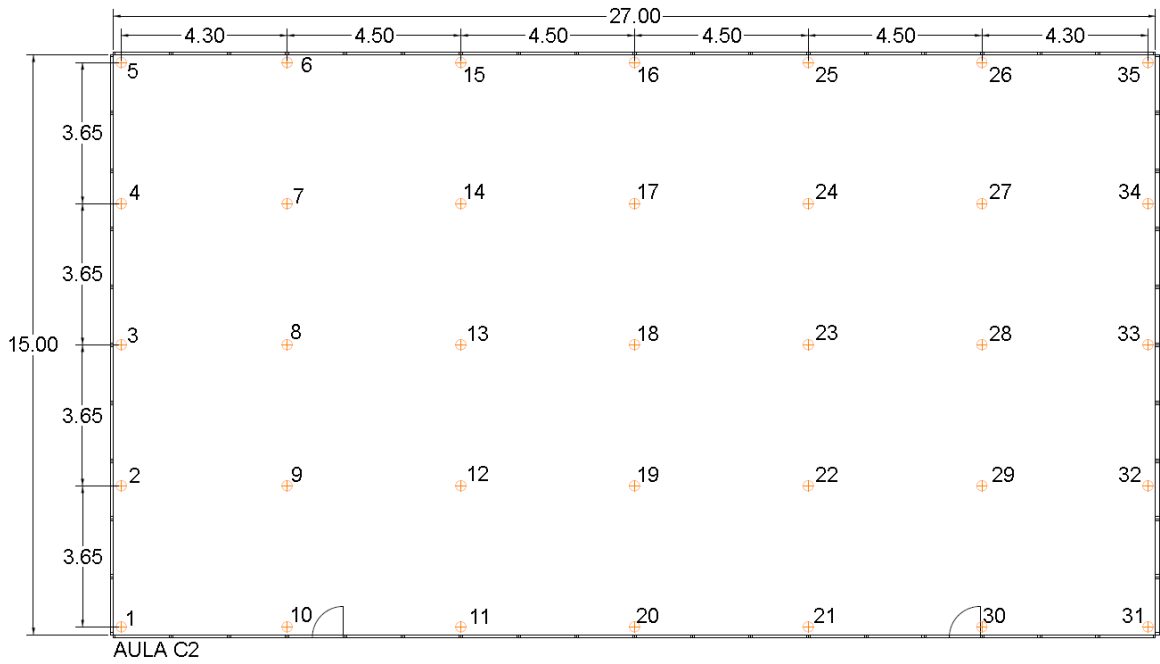


Figura 26. Puntos de cálculo con luxómetro aula C2. 2021. Elaboración propia



*Modelo 3D*

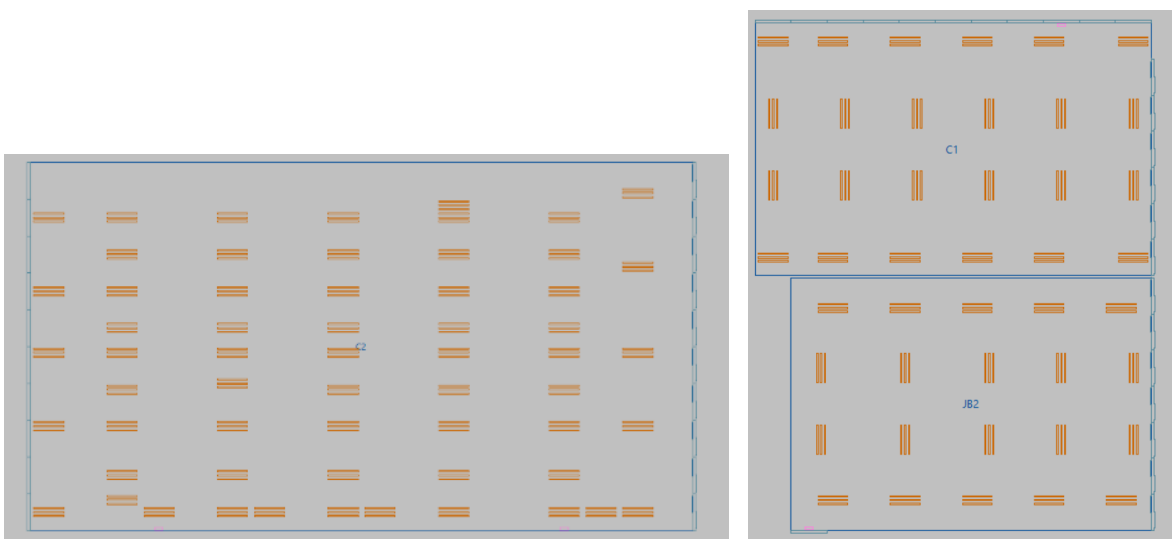
Para dibujar el modelo 3D de las aulas se utiliza el programa de Autodesk de REVIT para hacer un Modelado de Información de Construcción (BIM) como se puede observar en la figura 27. En el Anexo E se pueden la distribución de las luminarias en el programa de diseño asistido por ordenador (CAD) de AutoCAD.



*Figura 27. Modelo BIM aula C2 estado actual con REVIT. 2021. Elaboración propia*

*Obtención de niveles de iluminación*

Una vez dibujado el modelo 3D de REVIT, se exporta a un modelo *Industry Foundation Classes* (IFC), es decir, a un modelo estándar común para poder intercambiar los datos en distintos programas y poder usarlo con el programa CYPELUX, como se puede ver en la figura 28, y obtener así los cálculos y el cumplimiento de la normativa actual.



*Figura 28. Dibujo estado actual con CYPELUX. 2021. Elaboración propia*

### 3 Propuestas de mejora

En este punto se plantean dos propuestas de mejora para el cambio de las fuentes de luz. En el primer caso, se sugiere cambiar la luminaria de tubos fluorescentes por una luminaria LED, respetando la misma ubicación en las que se encuentran actualmente las primeras. En el segundo caso se indica, además del cambio de luminaria, una nueva distribución. Por último, se realiza un estudio económico comparativo de ambas soluciones y el estudio de amortización.

#### 3.1 Elección de la luminaria

Para la elección de las nuevas luminarias se ha seguido el procedimiento mencionado en el apartado 4 del capítulo 1 de este trabajo, para ellos se ha completado el esquema de la figura 29.

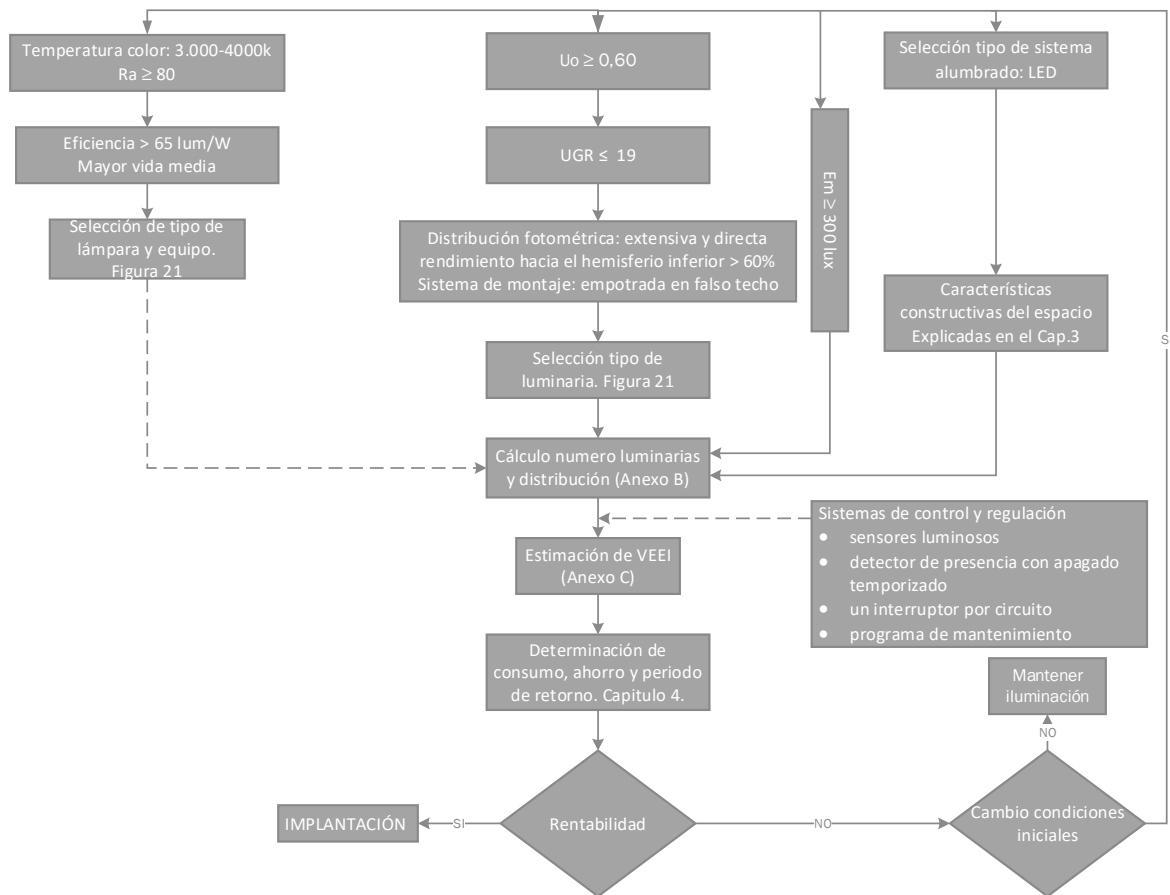


Figura 29. Procedimiento elección nueva luminaria. 2021. Elaboración propia

Las nuevas luminarias propuestas son paneles LED de geometría cuadrada para empotrarlos en el falso techo registrable. Sus características principales se encuentran en la tabla 9 y su geometría y apariencia se pueden ver en la figura 30 (ver todas las especificaciones y fichas técnicas anexo A).

$\Phi$	4.300 lm
Eficacia de la luminaria LED inicial	124,6 lm/W
Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
TC	4.000K
R <sub>a</sub>	>80
Número de unidades por equipo	1
Tipo de óptica	90 (Ángulo del haz de 90º)
Apertura de la luz de la luminaria	90º
UGR	19
Tensión de entrada	220-240 V
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Potencia de entrada inicial	34,5 W
Vida útil	50.000h

Tabla 9. Características luminaria. (Philips iluminación (s.f.a)).

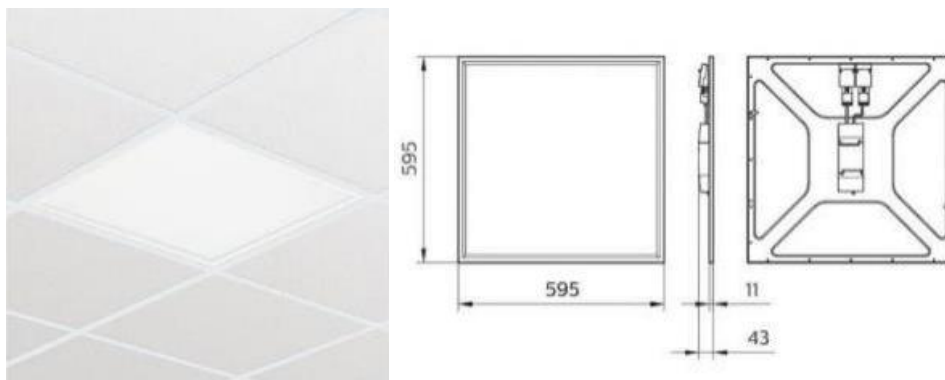


Figura 30. CoreLine Panel G4. (Philips iluminación (s.f.a)).

### 3.2 Primer caso

Como se ha explicado previamente, la distribución de las luminarias en este caso se mantiene en la misma ubicación en las que están actualmente las lámparas fluorescentes. Para realizar los cálculos se sigue el mismo procedimiento que en el estado actual, primero se dibuja en el programa REVIT el modelo BIM, como se muestra en la figura 31, y luego se efectúan los cálculos mediante el programa CYPELUX, como se puede ver en la figura 32. Por último, se elaboran los planos de ubicación de las luminarias en AutoCAD del Anexo E.



Figura 31. Modelo BIM aula C2 primer caso con REVIT. 2021. Elaboración propia

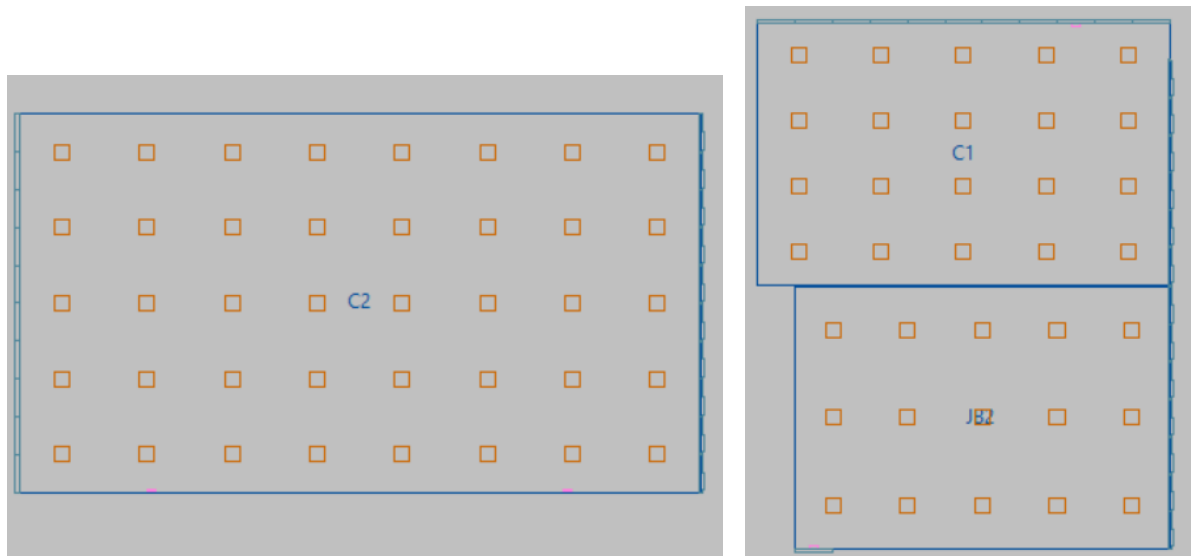


Figura 32. Dibujo primer caso con CYPELUX. 2021. Elaboración propia

### 3.3 Segundo caso

En el segundo caso se propone una nueva distribución de las luminarias en las 3 aulas, para ello se ha utilizado el método de los lúmenes de Castilla Cabanes et al. (2007). Las luminarias elegidas para este caso son las mismas que para el anterior. Y el procedimiento de cálculo de REVIT, figura 33, y CYPELUX, figura 34, también se efectúa de la misma manera.



Figura 33. Modelo BIM aula C2 segundo caso con REVIT. 2021. Elaboración propia

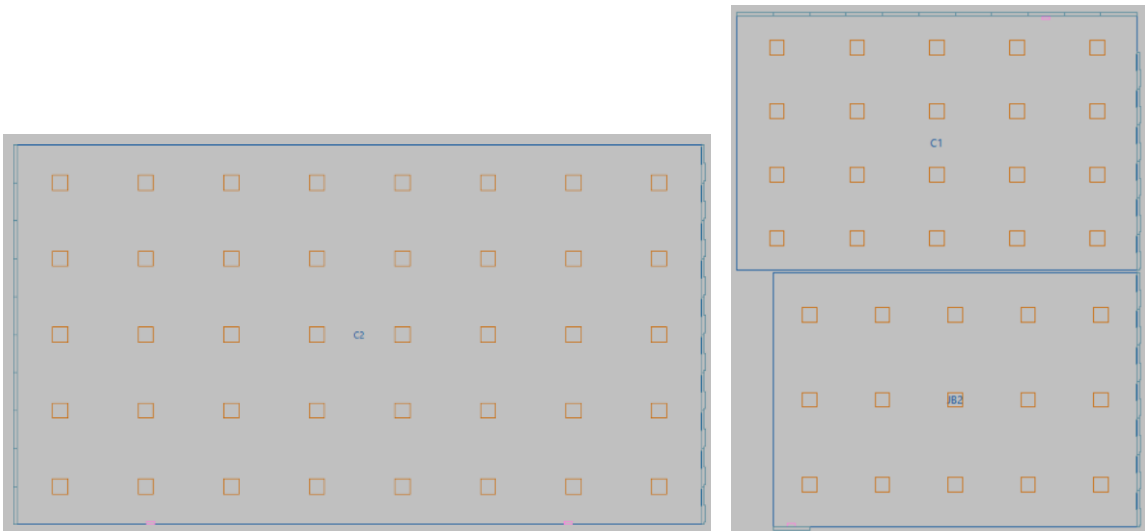


Figura 34. Dibujo segundo caso con CYPELUX. 2021. Elaboración propia



## Capítulo 4. Resultados

### 1 Estado actual

#### Luxómetro

En las tablas 10, 11 y 12 se muestran los resultados de los cálculos realizados con el luxómetro, en el anexo E y las figuras 24, 25 y 26 se encuentran los planos con la distribución y ubicación de cada uno de los puntos a los que se hace referencia en las tablas.

Punto	Lux	Punto	Lux	Punto	Lux
1	170	6	219	11	303
2	240	7	310	12	350
3	238	8	299	13	393
4	248	9	338	14	320
5	229	10	363	15	357

Tabla 10. Resultados del luxómetro, aula B2. 2021. Elaboración propia

Punto	Lux	Punto	Lux	Punto	Lux
1	123	6	258	11	393
2	180	7	318	12	387
3	430	8	333	13	446
4	332	9	358	14	391
5	304	10	370	15	372

Tabla 11. Resultados del luxómetro, aula C1. 2021. Elaboración propia

Punto	Lux	Punto	Lux	Punto	Lux	Punto	Lux	Punto	Lux
1	265	8	558	15	174	22	467	29	560
2	341	9	633	16	207	23	525	30	623
3	363	10	515	17	520	24	506	31	295
4	276	11	489	18	503	25	305	32	250
5	140	12	527	19	458	26	306	33	418
6	176	13	495	20	395	27	524	34	370
7	403	14	492	21	343	28	567	35	355

Tabla 12. Resultados del luxómetro, aula C2. 2021. Elaboración propia

## CYPELUX

En la tabla 13 se muestran los cálculos teóricos realizados en el CYPELUX con la instalación lumínica actual. En el anexo C se puede ver el anejo de cálculo y los ficheros de cumplimiento de la normativa extraídos del programa.

<b>Aulas</b>	<b>UM</b>	<b>B2</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
$\Phi_{total}$	lm	201.000	241.200	603.000
VEEI	W/m <sup>2</sup>	1,98	2,06	1,76
Potencia total instalada	W	2160	2592	6480
Potencia por unidad de superficie	W/m <sup>2</sup>	13,71	14,96	16,00
$E_m$	lux	693,09	725,72	907,38
$E_{min}$	lux	401,92	543,34	421,61
UGR		21	21	22
Uo		0,58	0,75	0,46
Factor de uniformidad media	%	57,99	74,87	46,46

Tabla 13. Resultados estado actual. 2021. Elaboración propia

Los cálculos muestran una potencia y una iluminancia media mucho más alta a la necesaria, esto se traduce en costes mayores y por tanto menor eficacia. Además, no cumple la norma UNE-EN 12464-1, al tener un UGR mayor de 19 en las tres aulas y una uniformidad de iluminancia menor a 60 en tres de ellas. La exigencia básica HE-3 del CTE exige una potencia límite de 10,00 W/m<sup>2</sup>, que todas las aulas sobrepasan.

### Comparación

Al ver los resultados llama la atención la diferencia entre el cálculo teórico con el programa CYPELUX y la medición realizada in situ, esto se debe a la pérdida del flujo luminoso de las lámparas instaladas a causa del tiempo uso. Esto conlleva a una menor iluminancia que se traduce en molestias y dificultades para realizar las tareas en el aula.

## 2 Primer caso

Al realizar los cálculos luminotécnicos en el CYPELUX se dan los resultados de la tabla 14. En el anexo C están el anejo de cálculo y los ficheros de cumplimiento de la normativa extraídos del programa.

<b>Aulas</b>	<b>UM</b>	<b>B2</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
$\Phi$	lm	86.000	103.200	258.000
VEEI	W/m <sup>2</sup>	1,08	1,13	0,99
Potencia total instalada	W	690	828	2070
Potencia por unidad de superficie	W/m <sup>2</sup>	4,38	4,78	5,11
$E_m$	lux	406,52	421,57	516,70



$E_{min}$	lux	247,11	362,30	191,32
UGR		16	15	17
$U_o$		0,61	0,86	0,37
Factor de uniformidad	%	60,79	85,94	37,03

Tabla 14. Cálculos luminotécnicos aulas. 2021. Fuente propia

Como se observa a diferencia de la instalación actual, la potencia instalada y la iluminancia de las aulas es mucho menor. Por otro lado, el UGR cumple con la normativa actual siendo en todas menores de 19, a pesar de ello, la uniformidad del aula C2 continúa siendo menor de 60. Por último, la potencia límite de todas es menor al límite de 10,00 W/m<sup>2</sup>.

### 3 Segundo caso

En la tabla 15 se reflejan los resultados obtenidos según el método de los lúmenes, desglosado en el anexo B.

N.º luminarias		Iluminancia media
UM	Unidades	Lúmenes
Aula B2	15	313,53
Aula C1	20	382,82
Aula C2	40	348,00

Tabla 15. Resultados luminotécnicos. 2021. Elaboración propia.

Al realizar los cálculos luminotécnicos en el programa CYPELUX se dan los resultados de la tabla 16.

Aulas	UM	B2	C1	C2
$\Phi$	lm	64.500	86.000	172.000
VEEI	W/m <sup>2</sup>	1,04	1,05	0,98
Potencia total instalada	W	517,5	690	1380
Potencia por unidad de superficie	W/m <sup>2</sup>	3,29	3,98	3,41
$E_m$	lux	314,43	380,13	347,56
$E_{min}$	lux	198,11	244,25	252,34
UGR		16	16	16
$U_o$		0,63	0,74	0,73
Factor de uniformidad	%	63,00	64,26	72,60

Tabla 16. Cálculos luminotécnicos aulas. 2021. Fuente propia.

Se puede observar que con menos luminarias y menos potencia se puede alcanzar los niveles demandado para cada aula, disminuyendo así el gasto energético y por consiguiente abaratando los

costes de mantenimiento la instalación. Además, con la nueva distribución se cumple en todas las aulas a uniformidad media exigida por las normativas.

En cuanto a los sistemas de control y regulación, en ambos casos, se dejan los existentes actualmente en las aulas, ya que se consideran suficientes.

## 4 Estudio económico comparativo

Una vez realizados los cálculos y comprobar que cumple con las normativas y parámetros obligatorios se elabora un estudio económico comparativo de los tres tipos de instalaciones. Para realizarlo se han hecho las mediciones, presupuesto y el estudio de la amortización con la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

### 4.1 Coste de la instalación

Para el cálculo de los precios de la nueva instalación y de la actual se han usado el de las bases de datos de Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) 2020, de los catálogos de los fabricantes y del generador de precios. Ninguno de los precios contiene el Impuesto del valor Añadido (IVA), descuentos u ofertas.

El coste de retirada de la instalación fluorescente es de **335,92 €**. La nueva instalación con luminarias LED más su montaje tiene un coste en el primer caso de **7.802,08 €** y en el segundo de **5.626,50 €**. Además de la instalación y el desmontaje, se propone también el cambio del falso techo gris a uno blanco de escayola, que por una parte mejoraría el índice de reflectancia y por otra el procedimiento de instalación y montaje de las nuevas luminarias, esto supondría un coste de **15.855,41 €**. El presupuesto, las mediciones y los precios descompuesto se encuentran en el Anexo D.

### 4.2 Coste de la energía utilizada

Actualmente las luminarias instaladas en las tres aulas tienen las características de la tabla 17.

Aulas	Unidades	Potencia (W)	Vida útil (h)	Horas/día
B2	20	108	12.000	14
C1	24	108	12.000	14
C2	60	108	12.000	14
<b>TOTAL</b>	<b>104</b>	<b>11.232</b>	<b>7 años</b>	

*Tabla 17. Datos luminarias estado actual. 2021. Fuente propia.*

En cuanto a las luminarias elegidas para la sustitución según ficha técnica (ver anexo A), sus características son las de la tabla 18 en el primer caso y las de la tabla 19 en el segundo.

Aulas	Unidades	Potencia (W)	Vida útil (h)	Horas/día
B2	20	34,5	50.000	14
C1	24	34,5	50.000	14
C2	60	34,5	50.000	14
<b>TOTAL</b>	<b>104</b>	<b>3.588</b>	<b>17 años</b>	

*Tabla 18. Datos luminarias primer caso. 2021. Fuente propia.*

Aulas	Unidades	Potencia (W)	Vida útil (h)	Horas/día
B2	15	34,5	50.000	14
C1	20	34,5	50.000	14
C2	40	34,5	50.000	14
<b>TOTAL</b>	<b>104</b>	<b>2.587,5</b>	<b>17 años</b>	

Tabla 19. Datos luminarias segundo caso. 2021. Fuente propia.

Primero se hace una comparación de resultados teóricos en términos de energía de las tres aulas, entre las lámparas instaladas actualmente y las luminarias elegidas para la sustitución, para ello se elabora la tabla 20.

Aulas	Parámetros	$\Phi$	Potencia	$E_m$	VEEI
	UM	lm	W	lux	W/m <sup>2</sup>
B2	T8	201.000	2160	693,09	1,98
	LED 1	86.000	690	406,52	1,08
	LED 2	64.500	517,5	314,43	1,04
C1	T8	241.200	2592	725,72	2,06
	LED 1	103.200	828	421,57	1,13
	LED 2	86.000	690	380,13	1,05
C2	T8	603.000	6480	907,38	1,76
	LED 1	258.000	2070	516,70	0,99
	LED 2	172.000	1380	347,56	0,98

Tabla 20. Comparación de las instalaciones. 2021. Fuente propia.

La potencia total que se necesita para la instalación actual de luminarias fluorescentes con las lámparas actuales TL-D/T-8 y su equipo auxiliar es de **11.232 W** (11,232 kW) y para la nueva instalación con luminarias LED es en el primer caso de **3.588 W** (3,588 kW) y en el segundo caso de **2.587,5 W** (2,5875 kW), en la figura 35 se puede ver la gran diferencia entre la potencia de las primeras respecto a las segundas.

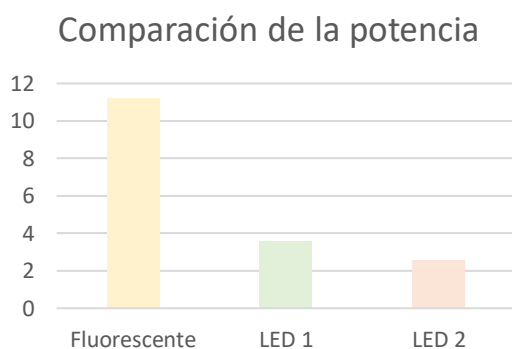


Figura 35. Comparación potencia utilizada. 2021. Elaboración propia.

La estimación de tiempo de uso de la instalación en las tres aulas es de 14 horas al día durante 10 meses (septiembre-junio) de lunes a viernes, un total de 200 días, excluyendo todos los periodos festivos no lectivos escolares. El total de horas de funcionamiento sería de **2.800**.

El precio de la energía es muy cambiante durante los años y las tarifas energéticas también, normalmente tienden al alza, por este motivo al precio del kilovatio hora del año en curso **0,12557 €/kWh** (media del año 2020-2021) se le incrementa el 2% para que el cálculo pueda aproximarse a la realidad. Además, se le han de añadir los costes en termino de potencia y en termino de energía. Para poder estimar los precios de coste de la energía se ha consultado la resolución de 18 de marzo de 2021, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establecen los valores de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de electricidad de aplicación a partir del 1 de junio de 2021. Según el Real Decreto 1164 de 2001 el precio de la energía en término de potencia es de **23,469833 €/kW año**, en término de energía es de **0,027378 €/kWh**, también se le aplica el incremento del 2% por futuras variaciones posibles.

En conclusión, el coste para la instalación de iluminación fluorescente durante el primer año es de **5.073,77 €**, mientras que para la nueva instalación LED sería en el primer caso de **1.620,79 €** y en el segundo caso de **1.168,84 €** en las 3 aulas.

#### 4.3 Coste de mantenimiento

Para estimar el coste de mantenimiento de la instalación se va a tener en cuenta cada cuanto tiempo se ha de cambiar la luminaria y el coste que ello supone. El factor de mantenimiento para la instalación es de 0,8 y el tiempo de uso anual es de 2.800 horas.

La vida media de las lámparas fluorescentes es de 12.000 horas, que es hasta la cual mantiene el 90% de su flujo luminoso. Según la ficha técnica el tiempo de cambio será a las 20.000 horas de uso, aproximadamente según el tiempo uso de esta instalación es a los **7 años**.

La luminaria LED tiene una vida media útil de 50.000 horas a las cuales tienen fallo un 5% de ellas, y las otras tendrán el 80% de su flujo luminoso. Por tanto, se produciría un cambio de la instalación a aproximadamente los **17-18 años** de uso.

En conclusión, cada 7 años se producirá el cambio de lámparas y balastos electrónicos de las luminarias fluorescentes que supondrá un gasto de **7.030,40 €**. Las luminarias LED se cambiarán a los 17 años, en el primer caso el gasto será de **7.802,08 €** y en el segundo caso de **5.626,50 €**.

#### 4.4 Comparación

El gasto producido por las instalaciones anteriores durante 17 años se resume en la tabla 21. Se elige el valor de 17 años al considerar que está es la vida útil de las luminarias LED.

	Fluorescente	101.536,58 €
Coste de la energía utilizada	LED 1	32.435,30 €
	LED 2	23.390,84 €
Coste de la instalación	Desmontaje	336,92 €
	Falso techo	15.855,41 €
	LED 1	7.802,08 €
	LED 2	5.626,50 €

	Fluorescente	14.060,80 €
Coste de mantenimiento	LED 1	7.802,08 €
	LED 2	5.626,50 €
	<b>Fluorescente</b>	<b>115.597,38 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>LED 1</b>	<b>64.230,79 €</b>
	<b>LED 2</b>	<b>50.835,17 €</b>

Tabla 21. Tabla comparativa de gasto. 2021. Elaboración propia.

El porcentaje de ahorro comparando el gasto energético de la instalación fluorescente actual con los dos casos propuestos de instalaciones LED. En el primer caso el ahorro es del 68% y en el segundo del 77%.

#### 4.5 Evaluación de la inversión

Para poder evaluar la viabilidad de la inversión se usan los indicadores TIR y VAN.

##### VAN

El VAN ayuda a comparar entre distintos proyectos cual es el mejor para realizar la inversión. Si el VAN es mayor a 0 es rentable hacer la inversión, si es igual a 0 es indiferente, mientras que si es menor a 0 no es rentable. Este valor se calcula mediante la ecuación.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

Ecuación 10. Cálculo del VAN

La  $r$  la consideraremos un 2%, que es el incremento anual que se estima en el precio de la energía. El Flujo de Caja (FC) en el año 0 será la inversión realizada y en los demás años el ahorro de una instalación respecto la fluorescente.

El VAN en el primer caso es **45.004,81** y en el segundo **54.712,89**, ambos mayores a 0 por tanto es rentable hacer la inversión en ambos casos, aunque por criterios de normativa, el aula C2 debe de ser la del segundo caso. En la figura 36 se muestran los valores en los 17 años.

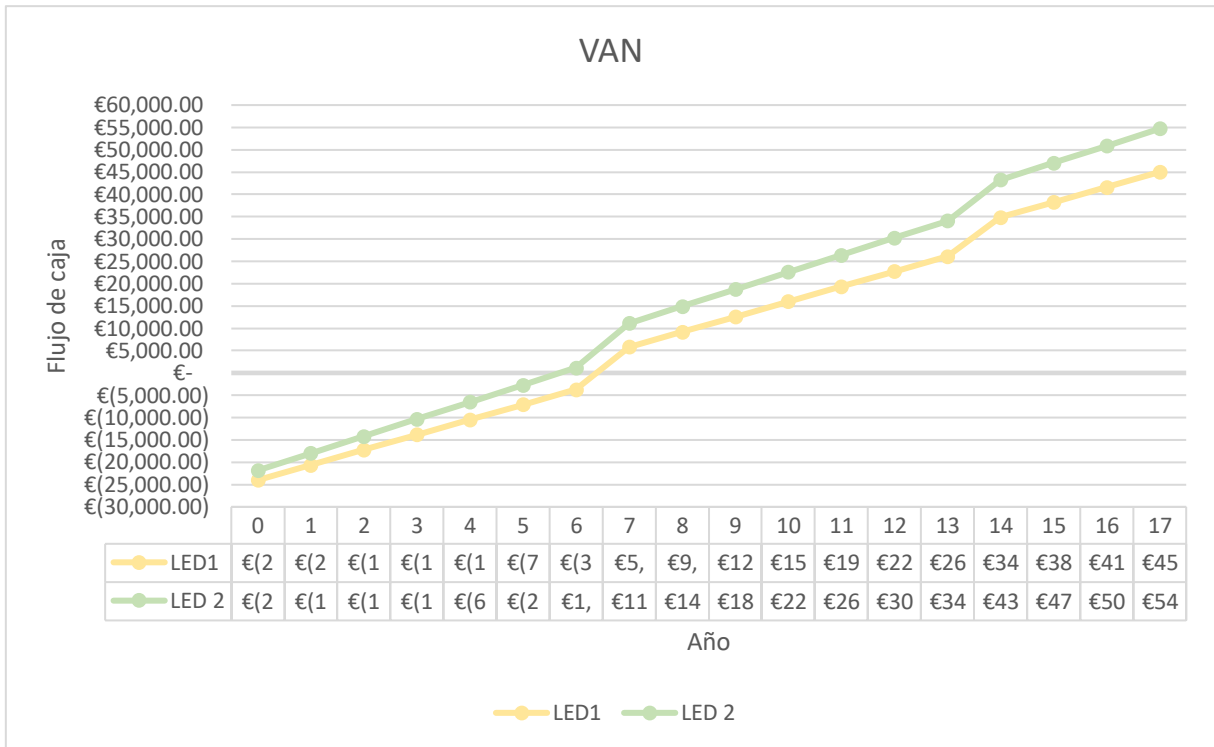


Figura 36. VAN de la instalación. 2021. Elaboración propia.

Como se observa en la figura 36, el flujo de caja sería positivo a partir de los 6 años, en el primer caso, y antes de los 6 años en el segundo. Esto quiere decir que la inversión sería amortizada en estos periodos de tiempo.

### TIR

La TIR se usa para medir el rendimiento futuro esperado de la instalación y su aceptación o rechazo durante su vida útil, que en este caso es de 17 años. Es decir, cuál debería ser la tasa de retorno para que el VAN fuera 0. Si el TIR es mayor a  $r$  es rentable, si es igual es indiferente, mientras que si es menor no es rentable. Se calcula mediante la ecuación 11.

$$0 = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1 + TIR)^i}$$

Ecuación 11. Cálculo del TIR

Como se observa en la figura 37, el TIR del primer caso es 17% y en el segundo 21%. En ambos casos el TIR es mayor a  $r$ , por tanto, la inversión si es rentable.

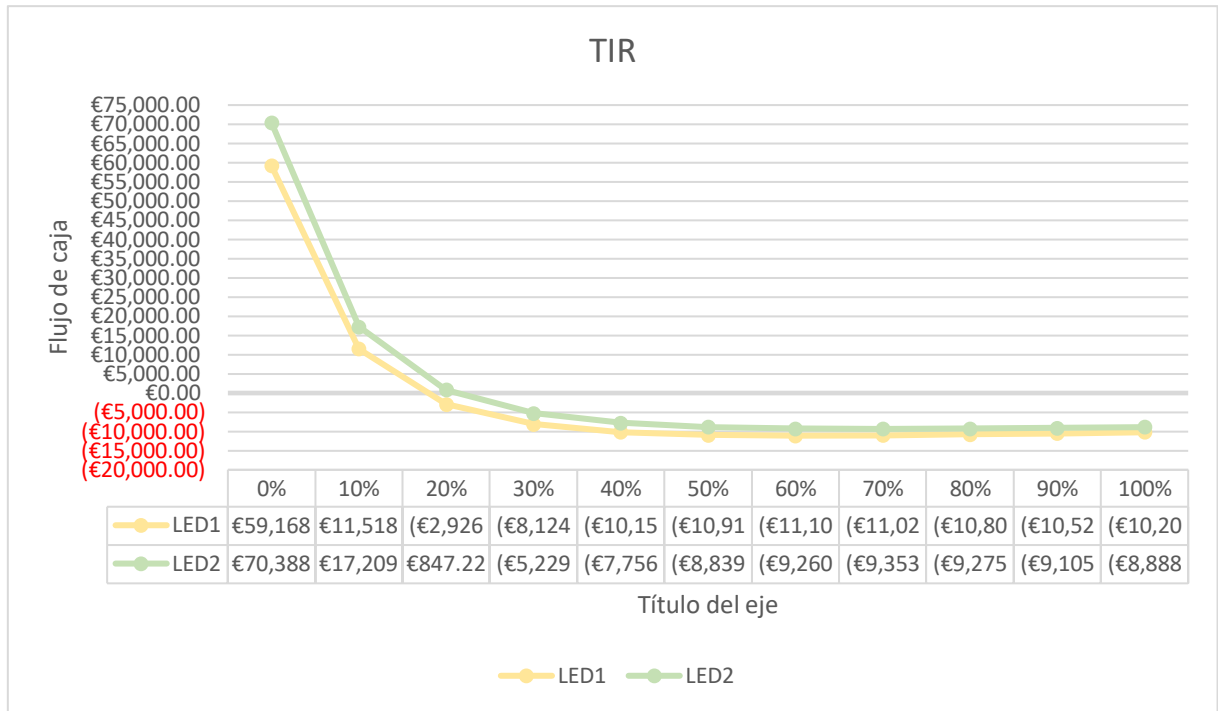


Figura 37. VAN de la instalación. 2021. Elaboración propia.

Por tanto, se puede concluir que tanto por la eficiencia energética, el bajo consumo de la instalación LED y su ahorro económico que es aceptable la inversión inicial.





## Capítulo 5. Conclusiones

### 1 Referidas al trabajo

Al realizar el análisis de la iluminación actual en las aulas B2, C1 y C2 de la ETSIE en la UPV se pone de manifiesto el cambio imprescindible de esta, ya que por una parte no cumple la normativa actual de iluminación que la rige. Y, por otra parte, el nivel de iluminancia actual a causa de la pérdida de flujo de los tubos fluorescentes obliga a un cambio de estos en un futuro inmediato, por ello, es el momento ideal para proceder al cambio de la instalación actual por la de luminarias LED.

El principal objetivo de este trabajo ha sido diseñar, proyectar y redactar las especificaciones técnicas de las instalaciones de iluminación en las tres aulas para obtener un alto grado de eficiencia energética y establecer los criterios de calidad y diseño que han de cumplir las instalaciones de iluminación para reducir el consumo energético y conseguir unos niveles de iluminación adecuados.

Para ello se han cambiado las luminarias con tubos fluorescentes actuales por unas LED. Gracias a ello el un consumo de energía actual de 11.323 W conseguiría reducirse, en el primer caso, a 3.588 W y, en el segundo, a 2.587,5 W cada año. En cuanto al gasto económico de esta energía pasaría de 5.073,77 €, a 1.620,79 € y 1.168,84 € en el primer año, lo que supone un ahorro del 68 y 77% respectivamente.

A su vez, al incrementar la vida media y útil de las luminarias, el gasto de mantenimiento se vería reducido considerablemente, y pasaría de un cambio necesario de 7 años de los tubos fluorescentes a 17 de las nuevas luminarias LED.

Gracias a estos cambios, las condiciones de la iluminación se optimizarían, consiguiendo una uniformidad de la iluminación mejor y una iluminancia media correcta cumpliendo con las normativas actuales.

Por último, la eficiencia energética de las nuevas luminarias sería superior a las actuales, esto conllevaría a una mejora de la eficiencia energética lumínica de la instalación y por tanto la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a frenar el cambio climático y aminorar el impacto y la contaminación ambiental.

### 2 Generales

Durante la carrera he adquirido diversos conocimientos que me han permitido desarrollar este TFG. Pero, además de ello, se hace imprescindible aplicar estos conocimientos en desarrollar proyectos que mejoren el futuro para hacerlo más sostenible, por esta razón pienso que este proyecto me ha ayudado a abrir mis perspectivas y hacerme consciente, que, en la medida de lo posible, todos los presentes en esta titulación podemos ayudar a que las instalaciones y edificios, tanto de nueva construcción como los existentes, sean eficientes y contribuyan al desarrollo sostenible. Por esto, me gustaría que este trabajo sirviera de ayuda tanto al personal de mantenimiento como a los responsables de las instalaciones de iluminación de la ETSIE para su mejora y su conservación.

En cuanto a los avances y nuevas habilidades adquiridas gracias a este trabajo. He podido profundizar en algunas herramientas de dibujo colaborativo con el programa REVIT y de gestión de presupuestos, como el PRESTO, además de conocer nuevas, como son las distintas herramientas del programa CYPE. Y, sobre todo, desarrollar mi faceta investigadora, crítica y creativa.



## Capítulo 6. Referencias Bibliográficas

- Àrea de Cooperació al Desenvolupament de la Universitat Politècnica de València. (2019). Los objetivos de desarrollo sostenible en las universidades españolas: una propuesta de la Universidad Politècnica de Valencia para medir su grado de cumplimiento [http://www.upv.es/entidades/CCD/infoweb/ccd/info/informe\\_ods\\_upv.pdf](http://www.upv.es/entidades/CCD/infoweb/ccd/info/informe_ods_upv.pdf)
- Barcelona LED. (4 de enero de 2019). UGR o índice de deslumbramiento unificado: Qué es y cómo mejorarlo. *Barcelona LED. Todo sobre led e iluminación.* <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/ugr-indice-deslumbramiento-unificado/>
- Castilla Cabanes, N. (2015). *La iluminación artificial en los espacios docentes* [Tesis de Doctorado, UPV]. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54109/Castilla - LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESPACIOS DOCENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54109/Castilla%20-%20LA%20ILUMINACION%20ARTIFICIAL%20EN%20LOS%20ESPACIOS%20DOCENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Castilla Cabanes, N., Blanca Giménez, V., Martínez Antón, A., y Pastor Villa, R. M. (2007). *Luminotecnia: cálculo según el método de los lúmenes.* [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/articulo docente Cálculo método de los lúmenes.pdf?sequence=3](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/articulo_docente_C%C3%A1lculo_m%C3%A9todo_de_los_l%C3%BAmenes.pdf?sequence=3)
- Código Técnico de la Edificación de 2019a [Ministerio de Fomento]. Documento Básico HE Ahorro de Energía. <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>
- Código Técnico de la Edificación de 2019b [Ministerio de Fomento]. Documento Básico SUA Seguridad de utilización y accesibilidad. <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/SeguridadUtilizacionAccesibilidad.html>
- Colombo, E., O'donnell, B., Y Kirschbaum, C. (s. f.). *Capítulo 3. Iluminación Eficaz, Calidad y Factores Humanos.* de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap03.pdf>
- Comité Español de Iluminación e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (1996a). *Cuadernos de eficiencia energética en iluminación. Cuaderno N.º 1: Aplicaciones Eficientes de Lámparas. En Cuadernos de eficiencia energética en iluminación.*
- Comité Español de Iluminación e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (1996b). *Cuadernos de eficiencia energética en iluminación. Cuaderno N.º 2: Aplicaciones eficientes de luminarias. En Cuadernos de eficiencia energética en iluminación.*
- Comité Español de Iluminación e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (1996c). *Cuadernos de eficiencia energética en iluminación. Cuaderno N.º 3: Aplicaciones eficientes de equipos auxiliares y de control y regulación.*
- CYPE Ingenieros S.A. (s.f.). *Generador de precios de la construcción. España.* <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>
- ERCO. (s. f.). Dirección de la luz. *Guía. Configurar con luz. Iluminar objetos.* Recuperado 5 de abril de 2021, de <https://www.erco.com/guide/designing-with-light/illuminate-objects-1655/es/>
- Fördergemeinschaft Gutes Licht. (2009). *Good Lighting for Schools and Educational Establishments 2.* JARO Medien.

[https://www.lightingassociates.org/i/u/2127806/f/tech\\_sheets/Lighting\\_for\\_schools\\_educational.pdf](https://www.lightingassociates.org/i/u/2127806/f/tech_sheets/Lighting_for_schools_educational.pdf)

- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2006). *Guía Técnica de Iluminación Eficiente*. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005639.pdf>
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2015). *Guía sobre tecnología LED en el alumbrado*. <https://www.iluminet.com/press/wp-content/uploads/2018/07/Guia-sobre-Tecnologia-LED-en-el-Alumbrado-fenercom-2015.pdf>
- Generalitat Valenciana. (s. f.). *Visor cartogràfic de la Generalitat*. Recuperado 22 de enero de 2021, de <https://visor.gva.es/visor/>
- González Iglesias, R. (10 de junio de 2015). La temperatura de color. *Blog de CPA Online, Formación Profesional Online*. <https://www.cpaonline.es/blog/fotografia-y-camara/temperatura-color/>
- González Pérez, J., González Jiménez, J., y García-Márquez Robledillo, V. (2013). *Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior*. IC EDITORIAL.
- Google Maps. (2021). *Mapas de Google*. Recuperado el 21 de enero de 2021, de <https://www.google.es/maps/@39.4818745,-0.3483758,185m/data=!3m1!1e3>
- Ingeniería AIPRO (6 agosto, 2019). Regulación y control para una iluminación eficiente. *Blog de Servicios Integrales de Ingeniería Industrial*. <https://iaipro.es/regulacion-y-control-para-una-iluminacion-eficiente/>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y Comité Español de Iluminación. (2001). *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: Centros docentes*. [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5573\\_GT\\_iluminacion\\_centros\\_docentes\\_01\\_6803da23.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf)
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y Comité Español de Iluminación. (2020). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*. <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-eficiencia-energetica-en-iluminacion-centros-docentes>
- Instituto Valenciano de la Edificación (2020). *Visualizador de bases de datos de Construcción*. <https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2020/>
- Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B., & Tonello, G. (2006). The impact of light and colour on psychological mood: a cross-cultural study of indoor work environments. *Ergonomics*, 49(14), 1496-1507. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00140130600858142>
- Linares Llamas, P. (2009). Eficiencia energética y medio ambiente. *Información Comercial*, 847, 75-92. <https://www.iit.comillas.edu/docs/IIT-09-005A.pdf>
- Mills, P., Tomkins, S., y Schlangen, L. (2007). The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance. *Journal of Circadian Rhythms*, 5, 1-9. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-5-2>
- Monteoliva, J. M., & Pattini, A. (2013). Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en clima soleados. *Ambiente Construido*, 13(4), 235-248. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212013000400016>

- Monteoliva, J. M., Villalba, A., & Pattini, A. (2015). Temperatura de color correlacionada de la luz natural: Análisis dinámico en espacios interiores. *Informes de la Construcción*, 67(540), 0-9. <https://doi.org/10.3989/ic.14.146>
- Normalux. (s. f.). *DUNNA*. Recuperado 29 de abril de 2021, de <https://www.normalux.com/site/3/ES/es/productos/EME/Dunna>
- Omar, I., Coureaux, M., Ricardo, J., & Escalante, C. (2012). Evaluación de la depreciación luminosa y la eficiencia energética de los sistemas de alumbrado viario. *Ingeniería Energética*. XXXIII (1), 27-34. ISSN: 1815-5901. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127749004>
- Organisation for Economic Co-operation and Development & International Energy Agency. (2006). *Light's labour's lost: policies for energy-efficient lighting: in support of the G8 plan of action*. International Energy Agency
- Palm, J. (2010). *Energy Efficiency*. Sciyo. <https://doi.org/10.5772/266>
- Philips Iluminación. (s. f. a). Catálogo de productos. Recuperado 31 de marzo de 2021, de <https://www.lighting.philips.es/prof>
- Philips iluminación. (s. f. b). *Disfruta de los colores reales con una bombilla LED de IRC alto*. Calidad de la luz LED. Recuperado 25 de marzo de 2021, de <https://www.lighting.philips.es/consumer/led-lights/quality-of-light-led-lighting>
- Piñeda Geraldo, A., y Montes Paniza, G. (2014). Ergonomía ambiental: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos. *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 1(2), 49-71.
- Real Decreto 1164 de 2001 [Ministerio de Economía]. Por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. 26 de octubre de 2001. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-20850](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-20850)
- Real Decreto 486 de 1997 [Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales]. Por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. 14 de abril de 1997. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>
- Reglamento Delegado (UE) N.º 1369 de 2017 [Parlamento Europeo]. Por el que se establece un marco para el etiquetado energético y se deroga la Directiva 2010/30/UE (Texto pertinente a efectos del EEE). 4 de julio de 2017
- Reglamento Delegado (UE) N.º 2015 de 2019 [Parlamento Europeo]. Por el que se complementa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las fuentes luminosas y se deroga el Reglamento. 11 de marzo de 2019.
- Reglamento Delegado (UE) N.º 874 de 2012 [Parlamento Europeo]. Por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias. 12 de julio de 2012.
- Rey Martínez, F. J., & Velasco Gómez, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios. Certificación y auditorías energéticas*. Thomson Editors Spain.
- Ruffles, P., Keely, B., & Peake, N. (2017). *Lighting Guide 0: Introduction to light and lighting* <https://www.cibse.org/knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q000000CCBXRQA5>

- Ryckaert, W. R., Lootens, C., Geldof, J., & Hanselaer, P. (2010). Criteria for energy efficient lighting in buildings. *Energy and Buildings*, 42(3), 341-347. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.012>
- Samani, S. A. (2011). The influence of light on student's learning performance in learning environments: A knowledge internalization perspective. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 81, 540-547.
- UNE-EN 12464-1:2012 [AENOR]. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores. 22 de febrero de 2012
- UNE-EN 60598-1:2015 [AENOR]. Luminarias. Parte 1: Requisitos generales y ensayos. 8 de agosto de 2015.
- Winterbottom, M., & Wilkins, A. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology*, 29(1), 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.11.007>

## Capítulo 7. Índice de Figuras

### 1 Índice de figuras

Figura 1. Temperaturas de color. (González Iglesias, 2015).....	7
Figura 2. Ángulos de UGR (Barcelona LED, 2019) .....	9
Figura 3. Modelado según la dirección de la luz. (ERCO, s.f.).....	10
Figura 4. Etiquetado energético fuentes de luz. (Reglamento delegado (UE) N.º 2015 de 2019) .....	13
Figura 5. Clase luminaria según porcentaje de iluminación. (IDAE y CEI, 2020). .....	16
Figura 6. Procedimiento para proyectos en instalaciones existentes. (IDAE y CEI, 2020). .....	19
Figura 7. Figura 3.4.a-HE3.....	22
Figura 8. Situación. (Generalitat Valenciana [GVA], s.f.).....	25
Figura 9. Situación. (GVA, s.f.). .....	26
Figura 10. Emplazamiento. 2021. (GVA, s.f.).....	26
Figura 11. Emplazamiento. (GVA, s.f.). .....	26
Figura 12. Norte geográfico. 2021. Google Maps.....	27
Figura 13. Norte Real en REVIT. 2021. Elaboración propia .....	27
Figura 14. Plano del norte real en AutoCAD. 2021. Elaboración propia .....	28
Figura 15. Aula B2. 2021. Fuente propia .....	29
Figura 16. Aula C1. 2021. Fuente propia. ....	30
Figura 17. Aula C2. 2021. Fuente propia. ....	31
Figura 18. Luminaria actual. 2021. Foto propia .....	32
Figura 19. Lámpara fluorescente actual. Foto propia .....	32
Figura 20. Lámpara fluorescente actual. (Philips Iluminación. s. f. a).....	32
Figura 21. Balasto electrónico. (Philips Iluminación. s. f. a).....	32
Figura 22. Luminaria de emergencia. (Normalux, s.f.).....	32
Figura 23. Luxómetro utilizado. 2021. Fuente propia .....	33
Figura 24. Puntos de cálculo con luxómetro aula B2. 2021. Elaboración propia .....	34
Figura 25. Puntos de cálculo con luxómetro aula C1. 2021. Elaboración propia .....	34
Figura 26. Puntos de cálculo con luxómetro aula C2. 2021. Elaboración propia .....	34
Figura 27. Modelo BIM aula C2 estado actual con REVIT. 2021. Elaboración propia .....	35
Figura 28. Dibujo estado actual con CYPELUX. 2021. Elaboración propia .....	35
Figura 29. Procedimiento elección nueva luminaria. 2021. Elaboración propia.....	36
Figura 30. CoreLine Panel G4. (Philips iluminación (s.f.a).....	37
Figura 31. Modelo BIM aula C2 primer caso con REVIT. 2021. Elaboración propia .....	38
Figura 32. Dibujo primer caso con CYPELUX. 2021. Elaboración propia .....	38
Figura 33. Modelo BIM aula C2 segundo caso con REVIT. 2021. Elaboración propia.....	39
Figura 34. Dibujo segundo caso con CYPELUX. 2021. Elaboración propia .....	39
Figura 35. Comparación potencia utilizada. 2021. Elaboración propia. ....	45
Figura 36. VAN de la instalación. 2021. Elaboración propia.....	48
Figura 37. VAN de la instalación. 2021. Elaboración propia.....	49

## 2 Índice de tablas

Tabla 1. Valores de espaciado. (UNE-EN 1246-1, 2012).....	5
Tabla 2. Parámetros de iluminación en centros educativos (UNE-EN-12464-1, 2012).....	6
Tabla 3. Relación uniformidad - luminancia de la tarea y área circundante. (UNE-EN-12464-1, 2012). 7	
Tabla 4. Grupos de apariencia de color de lámparas. (UNE-EN-12464-1, 2012).....	8
Tabla 5. Reflectancia según superficie. (UNE-EN 12464-1, 2012). ....	11
Tabla 6. Aplicación según el tipo de distribución fotométrica de la luminaria. (IDAE y CEI, 2020). ....	16
Tabla 7. Clases de luminarias según la clasificación de porcentaje de flujo. (IDAE y CEI, 2020). ....	16
Tabla 8. Niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1997).....	23
Tabla 9. Características luminaria. (Philips iluminación (s.f.a). ....	37
Tabla 10. Resultados del luxómetro, aula B2. 2021. Elaboración propia.....	41
Tabla 11. Resultados del luxómetro, aula C1. 2021. Elaboración propia.....	41
Tabla 12. Resultados del luxómetro, aula C2. 2021. Elaboración propia.....	41
Tabla 13. Resultados estado actual. 2021. Elaboración propia.....	42
Tabla 14. Cálculos luminotécnicos aulas. 2021. Fuente propia.....	43
Tabla 15. Resultados luminotécnicos. 2021. Elaboración propia.....	43
Tabla 16. Cálculos luminotécnicos aulas. 2021. Fuente propia.....	43
Tabla 17. Datos luminarias estado actual. 2021. Fuente propia.....	44
Tabla 18. Datos luminarias primer caso. 2021. Fuente propia.....	44
Tabla 19. Datos luminarias segundo caso. 2021. Fuente propia.....	45
Tabla 20. Comparación de las instalaciones. 2021. Fuente propia.....	45
Tabla 21. Tabla comparativa de gasto. 2021. Elaboración propia.....	47

## 3 Índices de ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo del valor K.....	4
Ecuación 2. Cálculo de la uniformidad media.....	7
Ecuación 3. UGR mediante el método de tabulación del índice de deslumbramiento unificado (IDAE y CEI, 2020). ....	9
Ecuación 4. Corrección el valor de UGR (IDAE y CEI, 2020).....	9
Ecuación 5. Cálculo del IEE (Reglamento Europeo N.º 874/2012).....	11
Ecuación 6. Cálculo del VEEI según el CTE DB-HE3 de 2019.....	12
Ecuación 7. Potencia instalada según CTE DB-HE3 de 2019.....	12
Ecuación 8. Energía ponderada según Reglamento Delegado (UE) N.º 874/2012.....	12
Ecuación 9. Relación entre el área de las ventanas y la de la fachada.....	22
Ecuación 10. Cálculo del VAN.....	47
Ecuación 11. Cálculo del TIR.....	48



## ANEXO A. FICHAS TÉCNICAS PRODUCTOS

1. Ficha técnica tubos fluorescentes
2. Ficha técnica balasto electrónico
3. Ficha técnica luminaria de emergencia
4. Ficha técnica luminaria LED



# MASTER TL-D Super 80 long. Especiales

## MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL/25

La MASTER TL-D Super 80 ofrece más lúmenes por vatio y mejor reproducción del color que los tubos fluorescentes de colores estándar. Además, tiene un menor contenido de mercurio. La lámpara se puede utilizar en luminarias TL-D existentes.

### Advertencias y seguridad

- Es muy poco probable que la rotura de una lámpara tenga algún efecto en la salud. Si se rompe una lámpara, ventile la habitación durante 30 minutos y retire los restos, preferiblemente con guantes. Colóquelos en una bolsa de plástico sellada y llévela al punto limpio para reciclaje de su vecindario. No utilice una aspiradora.

### Datos del producto

Información general	
Base de casquillo	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]
Fallos vida útil hasta 10% (nom.)	12000 h
Fallos vida útil hasta 50 % (nom.)	15000 h
Fallos vida útil hasta el 50 % precalentamiento (nom.)	20000 h
LSF 2.000h nominal	99 %
LSF 4.000h nominal	99 %
LSF 6.000h nominal	99 %
LSF 8.000h nominal	99 %
LSF 12.000h nominal	89 %
LSF 16.000h nominal	33 %
LSF 20.000h nominal	2 %
Datos técnicos de la luz	
Código de color	840 [ CCT de 4000 K (841)]
Flujo lumínico (nom.)	3350 lm

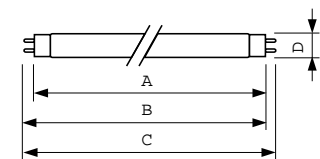
Flujo lumínico (nominal) (nom.)	3350 lm
Designación de color	Blanco frío (CW)
Temperatura del color con correlación (nom.)	4000 K
Eficacia lumínica (nominal) (nom.)	93 lm/W
Índice de reproducción cromática -CRI (nom.)	>80
LLMF 2.000h nominal	96 %
LLMF 4.000h nominal	95 %
LLMF 6.000h nominal	94 %
LLMF 8.000h nominal	93 %
LLMF 12.000h nominal	92 %
LLMF 16.000h nominal	91 %
LLMF 20.000h nominal	90 %
Operativos y eléctricos	
Power (Rated) (Nom)	36,0 W
Corriente de lámpara (nom.)	0,440 A

# MASTER TL-D Super 80 long. Especiales

Temperatura	
Temperatura de diseño (nom.)	25 °C
Controles y regulación	
Regulable	Si
Aprobación y aplicación	
Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A
Contenido de mercurio (Hg) (nom.)	2,0 mg
Consumo energético kWh/1000 h	42 kWh
Datos de producto	
Código de producto completo	871150063201240

Nombre de producto del pedido	MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL/25
EAN/UPC - Producto	8711500632012
Código de pedido	63201240
Código de pedido local	PHTLD3684
Cantidad por paquete SAP	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	25
Material SAP	927921084023
Peso neto (pieza) SAP	135,000 g
Código ILCOS	FD-36/40/1B-E-G13

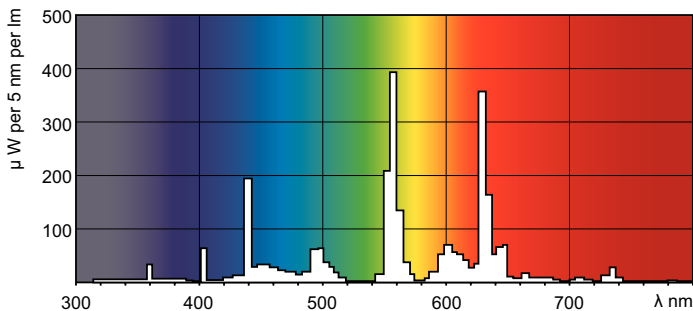
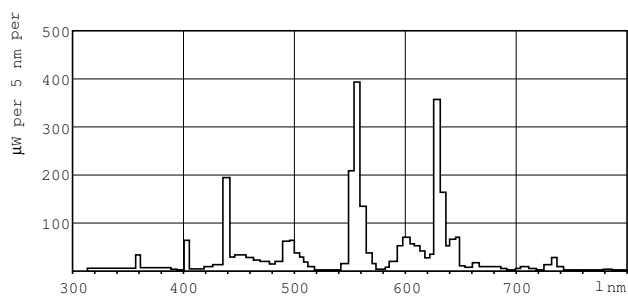
## Plano de dimensiones



Product	D (max)	A (max)	B (max)	B (min)	C (max)
MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL/25	28 mm	1199,4 mm	1206,5 mm	1204,1 mm	1213,6 mm

## TL-D 36W/840

## Datos fotométricos

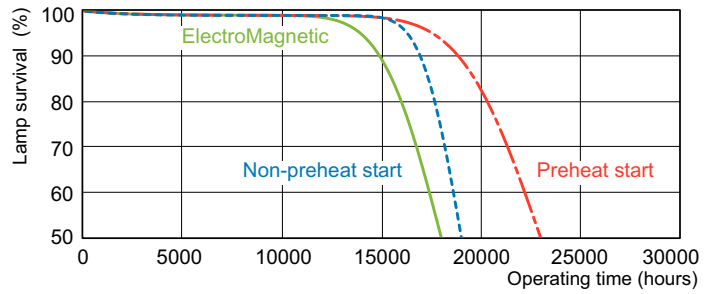
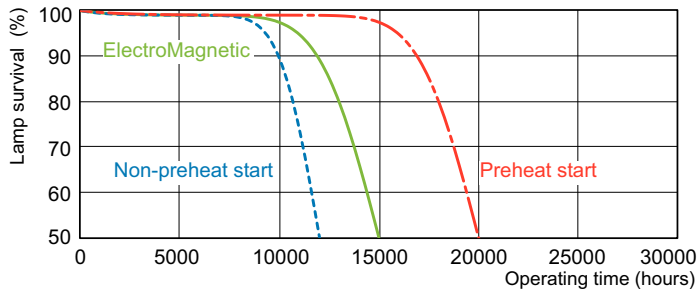


## Designación de color /840

## Designación de color /840

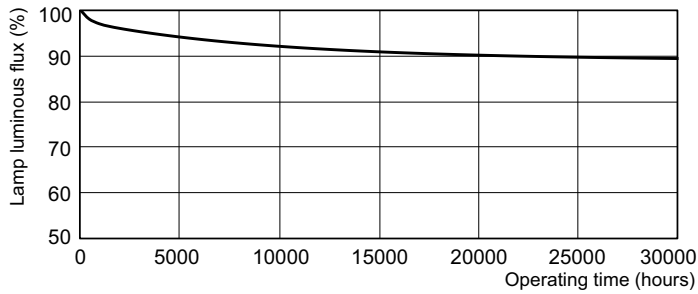
# MASTER TL-D Super 80 long. Especiales

## Vida útil



LDLE\_TL-D8\_0001-Life expectancy diagram

LDLE\_TL-D8\_0002-Life expectancy diagram



LDLM\_TL-D8\_0001-Lumen maintenance diagram





# HF-Essential II for TL5/TL-D

## HF-E 236 TL-D II 220-240 50/60Hz

Extremadamente inteligente y fiable HF-Essential II es la solución más rentable para un funcionamiento fiable de una lámpara fluorescente. También es el producto básico perfecto para los usuarios de sistemas electromagnéticos que desean disfrutar de las ventajas de los balastos electrónicos. El HF-Essential II, que resulta muy fiable y rentable, tiene un índice de ahorro energético de clase A2 y su sólido diseño cumple todas las normas sobre seguridad y rendimiento internacionales pertinentes. HF-Essential II constituye la opción ideal para una gran variedad de aplicaciones de nueva construcción y de renovación del sector comercial, incluidas la iluminación para oficinas y de montaje en superficie general, garajes, almacenes y otras aplicaciones.

### Datos del producto

Información general		Seguridad de voltaje de alimentación (CA)	
Tipo de lámpara	TL-D II	Seguridad de voltaje de alimentación (CA)	184-276V
Número de lámparas	2 pieza/unidad	Corriente de pérdida a tierra (máx.)	0,5 mA
Número de productos en MCB (16 A tipo B) (nom.)	16	Anchura de corriente de irrupción	0,37 ms
Reencendido automático	Si	Factor de balasto (nom.)	0,95
Operativos y eléctricos		Pérdidas de potencia (nom.)	8,4 W
Tensión de entrada	220-240 V	Pico de corriente de irrupción (máx.)	20 A
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz	Cableado	
Frecuencia operativa (nom.)	44,9 kHz	Terminales de entrada de tipo de conector	Inserción
Factor de cresta (nom.)	1,8	Capacidad de cables de salida mutuos (máx.)	150 pF
Factor de potencia (100 % carga) (nom.)	0,97	Terminales de salida de tipo de conector	Inserción
Tiempo de precalentamiento	1,4 s	Longitud de cable de cableado en caliente	0,75 m
Rendimiento de voltaje de alimentación (CA)	220-240V	Longitud de tira de cable	8,0-9,0 mm

## HF-Essential II for TL5/TL-D

Maestro/esclavo de luminaria dual	Posible, cables de lámpara 0,75 m longitud máx. [ La operación maestro/esclavo es posible]
Corte transversal de terminal de entrada	0.50-1.50 mm <sup>2</sup>
Corte transversal de terminal de salida	0.50-1.50 mm <sup>2</sup>
Capacidad de cables de salida en frío - Tierra (máx.)	150 pF
Capacidad de cables de salida en caliente - Tierra (máx.)	150 pF

### Características del sistema

Potencia lámpara-balasto nominal	36 W
Potencia de lámpara en TL-D	30.07/29.95 W

### Temperatura

T ambiente (máx.)	50 °C
T ambiente (mín.)	-10 °C
T de almacenamiento (máx.)	50 °C
T de almacenamiento (mín.)	-20 °C
Vida útil con temperatura (nom.)	80 °C
Temperatura máxima (máx.)	80 °C

### Mecánicos y de carcasa

Carcasa	L 211x40x28.7
---------	---------------

### Funcionamiento de emergencia

Potencia lumínica nominal tras 60 segundos	100% of EBLF
Voltaje de funcionamiento normal (CC)	220-240 V

Funcionamiento garantizado con voltaje de batería	176-275 V
Encendido garantizado con voltaje de batería	186-275 V
Factor lumínico de balasto de emergencia (EBLF) (nom.)	100 %
Potencia lumínica nominal tras 5 segundos	50% of EBLF

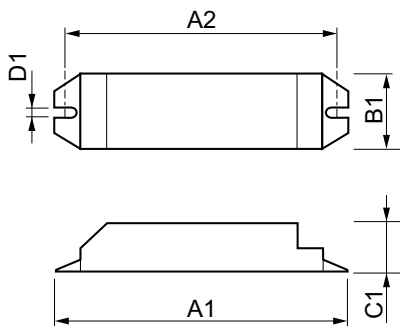
### Aprobación y aplicación

Índice de eficiencia energética	A2
Clasificación IP	IP20 [ Ingress Protection 20]
EMI 9 kHz ... 30 MHz	EN55015
Estándar de vibración	IEC60068-2-6_2007-Fc
Estándar de golpes	IEC 60068-2-29 Eb
Certificados disponibles	Marca CE Certificado CB Certificado KEMA Keur Compatible con RoHS
Nivel de zumbido y ruido	< 30 dB(A)

### Datos de producto

Código de producto completo	871829177058900
Nombre de producto del pedido	HF-E II 236 TL-D 220-240V 50/60Hz
EAN/UPC - Producto	8718291770589
Código de pedido	77058900
Cantidad por paquete SAP	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	20
Material SAP	913713041166
Peso neto (pieza) SAP	0,155 kg

## Plano de dimensiones



HF-E 236 TL-D II 220-240V 50/60Hz

Product	D1	C1	A1	A2	B1
HF-E II 236 TL-D 220-240V 50/60Hz	4,2 mm	28,7 mm	211,0 mm	198,0 mm	39,6 mm

## HF-Essential II for TL5/TL-D



# DUNNA

## Ficha técnica

Alumbrado de Emergencia  
Ref. DA-600L

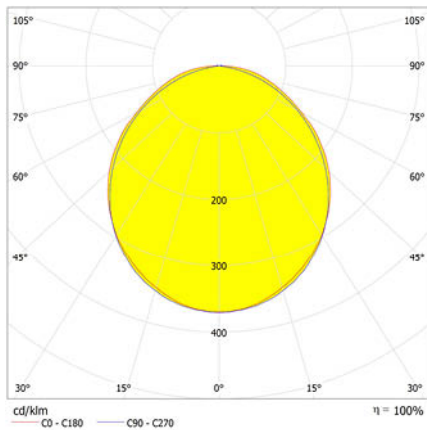


**UNE 60598-2-22**  
**230V 50/60HZ**

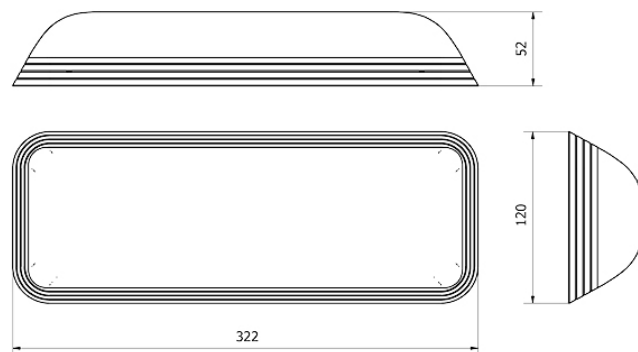
Alumbrado de Emergencia: DUNNA. Referencia: DA-600L, fabricado por Normalux. Lúmenes: 580 lm. Autonomía (h): 1 h. Modo de funcionamiento: No permanente. Tipo de instalación: Superficie. Fuente de Luz: Led. Batería de: Ni-Cd 7,2V/1,5Ah. IP: 43. IK: 04. Versión: Autotest. Acabado: Blanco. Carcasa de: PC+ABS Autoextinguible. Voltaje: 230V 50/60Hz. Dimensiones (mm): 328 x 120 x 52 mm. Manufacturado según la normativa UNE 60598-2-22.

Lúmenes	580 lm
Temperatura de color (K)	5700
Fuente de Luz	Led
Autonomía (h)	1h
Batería	Ni-Cd 7,2V/1,5Ah
Potencia (W)	2,25W
Modo de funcionamiento	No permanente
Clase	II
IP	43
IK	04
Temperatura de funcionamiento (°C)	5 a 35

### Datos fotométricos:



### Dimensiones (mm):

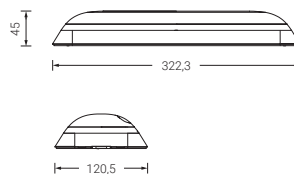






# NORMALUX Dunna

La familia DUNNA refleja la experiencia adquirida en la fabricación de luminarias de emergencia durante casi medio siglo; es una de nuestras luminarias más antiguas y exitosas pero en constante evolución a la que se le ha aplicado la última tecnología LED y un rediseño vanguardista para adaptarla a los nuevos tiempos.



Autotest

No permanente

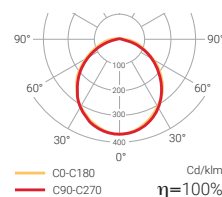
Permanente

Central  
baterías

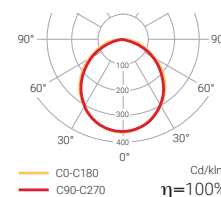


Disponibles modelos compatibles con normativa Francesa NF

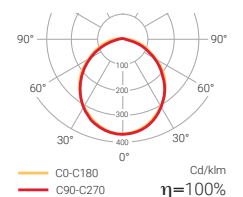
No permanente multiled



Permanente led



Permanente multiled



# Dunna

Alumbrado de emergencia

## Características técnicas

Envolvente	ABS autoextinguible
Difusor	Polycarbonato
Instalación	Adosada a pared/techo (empotrable mediante accesorio)
Rango lumínico	45-675 lm
Autonomía	1-2-3 h
Fuente de luz	LED
Baterías	Ni-Cd (alta temperatura)
Modo de funcionamiento	No permanente. Permanente
Versiones	Estándar, Autotest, Inteligente DALI y CBS (Sistema Central de Baterías)
IP	IP 44. IP 65/IK 10 Mediante accesorio D-MS
Apta para montaje sobre superficies inflamables	Sí
Led de carga	Sí
Botón de test	Sí
Telemandable	Sí
Tiempo de carga	24 h
Alimentación	230 V · 50/60 Hz 127 V · 50/60 Hz Disponible en 24Vcc
Fabricado según norma	EN 60598-2-22
Nueva óptica mejorada	Sí
Temperatura de color	5700°K. Modelos Permanentes LED disponibles en 3000°K

## Superficie cubierta con 1 lux

### DUNNA PERMANENTE LED

ALTURA DE COLOCACIÓN (metros)	DL-100	DL-150	DL-200	DL-300	DL-400
2,0 m	24,63	30,19	36,31	47,48	50,46
2,5 m	26,42	32,67	38,48	55,41	61,02
3,0 m	28,27	35,25	45,36	60,82	69,59
3,5 m	34,21	37,23	47,48	66,47	81,91
4,0 m	19,63	38,48	50,26	76,97	86,79
5,0 m	16,61	36,31	44,17	81,71	95,23

### DUNNA PERMANENTE MULTILED

ALTURA DE COLOCACIÓN (metros)	DL-60M	DL-150M	DL-200M	DL-300M
2,0 m	15,78	26,72	29,15	44,86
2,5 m	18,74	28,57	35,18	53,07
3,0 m	15,85	33,44	37,56	61,69
3,5 m	13,21	35,86	39,52	69,03
4,0 m	10,82	36,61	41,78	72,93
5,0 m		34,51	38,34	80,23

### DUNNA NO PERMANENTE MULTILED

ALTURA DE COLOCACIÓN (metros)	D-60L	D-100L	D-150L	D-200L	D-300L	D-400L	D-500L	D-600L	D-700L
2,0 m	15,13	22,90	26,42	34,21	47,78	53,72	59,06	67,73	76,35
2,5 m	18,09	26,42	28,27	39,52	55,41	63,49	70,68	84,46	93,10
3,0 m	15,20	28,27	33,14	42,88	63,61	70,81	80,04	91,48	100,09
3,5 m	12,56	27,23	35,56	45,23	70,88	78,41	87,96	103,67	111,02
4,0 m	10,17	24,63	36,31	46,49	78,53	86,39	96,57	112,65	120,48
5,0 m		22,90	34,21	46,36	84,53	91,48	109,07	128,39	142,95

# Dunna

Alumbrado de emergencia

## Accesorios



Difusor de banderola  
**D-DB**



Difusor de banderola alto  
**D-DBL**



Marcos empotrables  
**D-MEL**



Marco y caja para  
empotrar a pared  
**D-MEP**



Marcos empotrables  
con difusor de banderola  
**D-DBEL**



Marcos empotrables con  
difusor de banderola larga  
**D-DBELL**



Adaptador tubo  
**D-AT**



Envolvente estanca  
**D-MS**

Envolvente estanca con  
difusor de banderola  
**DM-DB**

Soportes de fijación  
**U-SBL**  
**U-AV**  
**D-KS**



Telemandos  
**S-TE**

# Dunna





Alumbrado de emergencia




## Accesorios

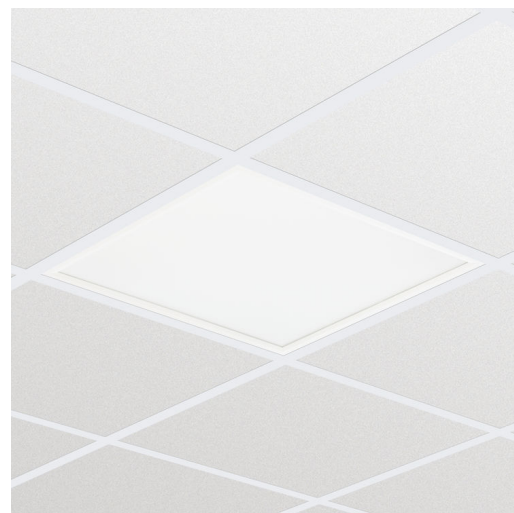
Pictogramas:

<p><b>Tipo N</b> Pictograma adhesivo 150 x 90 mm</p>	<p><b>N-L</b> </p> <p><b>N-R</b> </p> <p><b>N-SD</b> </p> <p><b>N-SU</b> </p>	<p>Distancia máxima de visión (según EN 1838 para señales iluminadas interiormente): <b>18 m</b></p>
Solo para uso en banderola DM-DB y DE-DB		

<p><b>Tipo LN</b> Pictograma adhesivo 230 x 110 mm</p>	<p><b>LN-L</b> </p> <p><b>LN-R</b> </p> <p><b>LN-SD</b> </p> <p><b>LN-SU</b> </p>	<p>Distancia máxima de visión (según EN 1838 para señales iluminadas interiormente): <b>22 m</b></p>
Solo para uso en banderola DM-DB		

<p><b>Tipo PDU</b> Pictograma no adhesivo 300 x 120 mm</p>	<p><b>PDU-A</b> </p> <p><b>PDU-A</b> </p> <p><b>PDU-SD</b> </p> <p><b>PDU-SU</b> </p>	<p>Distancia máxima de visión (según EN 1838 para señales iluminadas interiormente): <b>24 m</b></p>
Solo para uso en banderola D-DB / D-DBEL		

<p><b>Tipo PDUL</b> Pictograma no adhesivo 210 x 210 mm</p>	<p><b>PDUL-BIE</b> </p> <p><b>PDUL-EXT</b> </p> <p><b>PDUL-PUL</b> </p>	<p>Distancia máxima de visión (según CTE): <b>10 m</b></p>
---	--	--



# CoreLine Panel G4

## RC132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC

840 blanco neutro - Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI

Tanto en edificios nuevos como en reformas, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La luminaria CoreLine panel de la familia CoreLine puede emplearse para sustituir punto a punto las luminarias de fluorescencia tradicionales en aplicaciones generales de alumbrado con una superficie de luz uniforme que proporciona una iluminación difusa y un ambiente agradable. El proceso de selección, instalación y mantenimiento es muy sencillo.

### Datos del producto

<b>Información general</b>			
Ángulo del haz de fuente de luz	- °	Marca CE	Marcado CE
Color de la fuente de luz	840 blanco neutro	Certificado ENEC	Marcado ENEC
Fuente de luz sustituible	No	Período de garantía	5 años
Número de unidades de equipo	1	Flujo luminoso constante	No
Driver/unidad de potencia/transformador	PSD [ Unidad de fuente de alimentación con interfaz DALI]	Número de productos en MCB de 16 A tipo B	30
Driver incluido	Si	Riesgo fotobiológico	Photobiological risk group 0 @ 200mm to EN62471
Tipo de óptica	90 [ Ángulo del haz de 90°]	Conforme con EU RoHS	Si
Apertura de haz de luz de la luminaria	90°	Índice de deslumbramiento unificado CEN	19
Interfaz de control	No	<b>Datos técnicos de la luz</b>	
Conexión	Unidad de conexión de 2 polos	Rojo saturado (R9)	<50
Cable	No	<b>Operativos y eléctricos</b>	
Clase de protección IEC	Seguridad clase II	Tensión de entrada	220-240 V
Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 30 s	Frecuencia de entrada	50 o 60 Hz
Marca de inflamabilidad	NO [ No]		

## CoreLine Panel G4

Consumo de energía CLO inicial	- W
Consumo medio de energía CLO	- W
Corriente de arranque	14,3 A
Tiempo de irrupción	0,214 ms
Factor de potencia (mín.)	0.9

### Controles y regulación

Regulable	Si
-----------	----

### Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Acero
Material del reflector	Acrilato
Material óptico	Poliestireno
Material cubierta óptica/lente	Poliestireno
Material de fijación	-
Acabado cubierta óptica/lente	Ópalo
Longitud global	595 mm
Anchura global	595 mm
Altura global	11 mm
Color	WH
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	11 x 595 x 595 mm (0.4 x 23.4 x 23.4 in)

### Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP20/44 [ Protección de los dedos; protección de los cables, protección frente a salpicaduras]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK03 [ IK03]

### Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	4300 lm
Tolerancia de flujo lumínico	+/-10%
Eficacia de la luminaria LED inicial	125 lm/W
Corr. inic. de temperatura de color	4000 K
Índice de reproducción cromática	>80

Cromacidad inicial	(0.39, 0.39) SDCM ≤3
Potencia de entrada inicial	34.5 W
Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

### Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Índice de fallos del equipo de control con una vida útil mediana de 50.000 h	5 %
Mantenimiento lumínico con una vida útil mediana* de 35.000 h	-
Mantenimiento lumínico con una vida útil mediana* de 50.000 h	L80
Mantenimiento lumínico con una vida útil mediana* de 75.000 h	-
Mantenimiento lumínico con una vida útil mediana* de 100.000 h	-

### Condiciones de aplicación

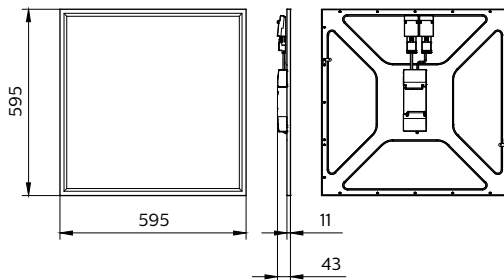
Rango de temperatura ambiente	+10 °C a +40 °C
Temperatura ambiente para rendimiento Tq	25 °C
Nivel máximo de regulación	1%
Apta para encendidos y apagados aleatorios	No aplicable

### Datos de producto

Código de producto completo	871016336047800
Nombre de producto del pedido	RC132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC
EAN/UPC - Producto	8710163360478
Código de pedido	36047800
Cantidad por paquete SAP	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	1
Material SAP	911401879180
Peso neto (pieza) SAP	3,300 kg

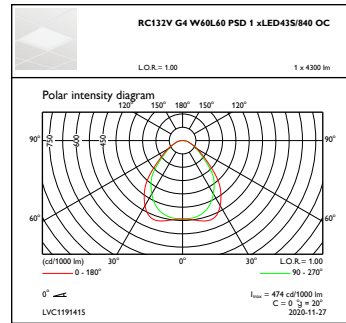
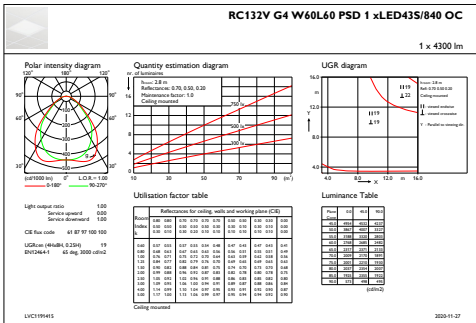


## Plano de dimensiones



### CoreLine Panel RC132V/RC133V

## Datos fotométricos



IFGU1\_RC132VG4W60L60PSD1xLED43S840OC

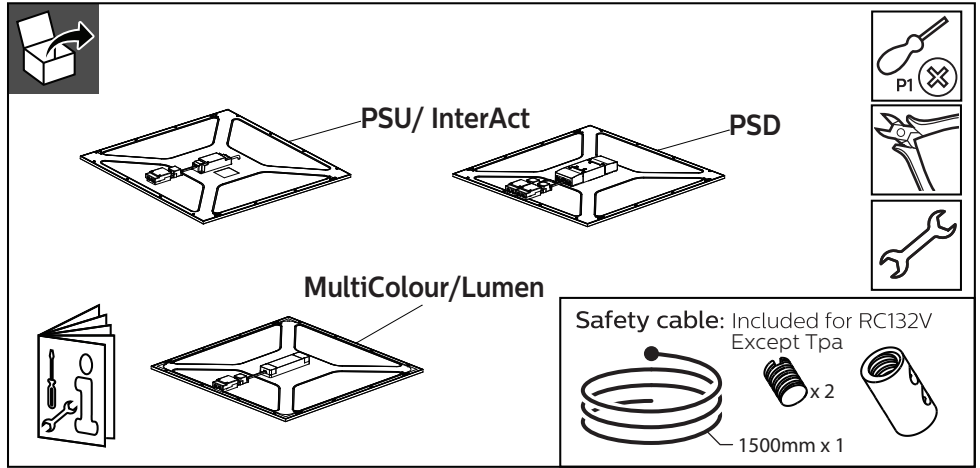
OFPC1\_RC132VG4W60L60PSD1xLED43S840OC



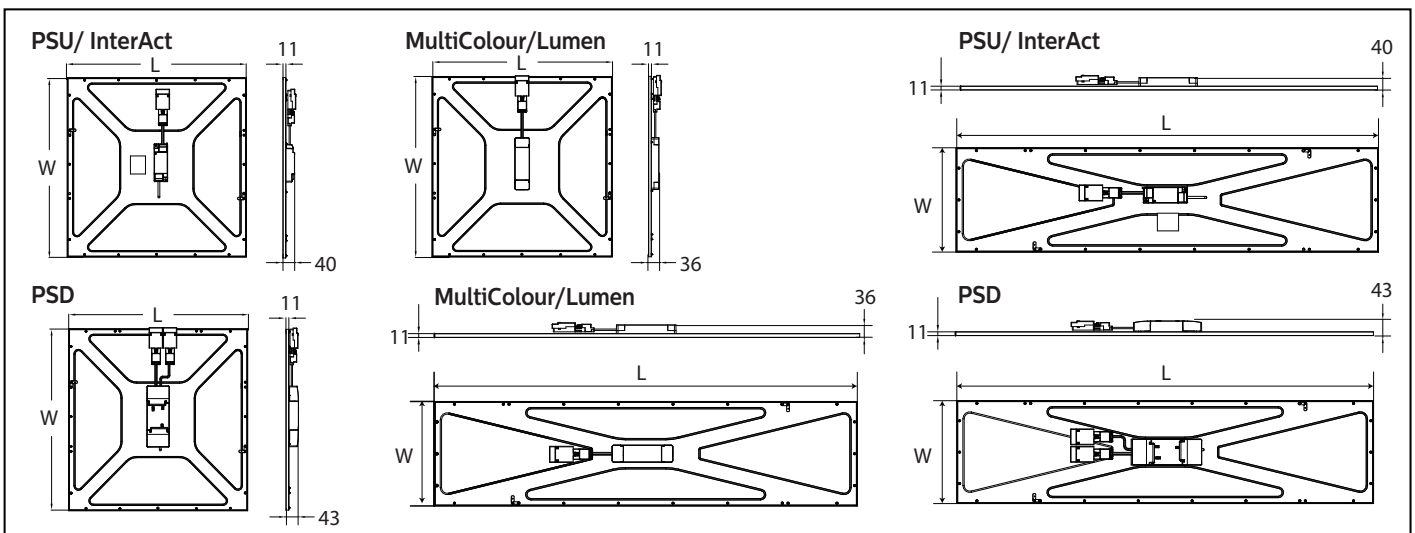
# PHILIPS

## CoreLine Panel





### RC132V/RC133V



	Lumen (lm)	CCT (K)	P(W)	L xW xH (mm)	kg
RC132V G4 LED365/840 PSU W60L60 NOC	3600	4000	29	595x595	2.80
RC132V G4 LED345/830 PSU W60L60 NOC	3400	3000	29	595x595	2.80
RC132V G4 LED435/840 PSU W60L60 NOC	4300	4000	34.5	595x595	3.10
RC133V G4 LED365/840 PSU W62L62 NOC	3600	4000	29	622x622	3.00
RC133V G4 LED345/830 PSU W62L62 NOC	3400	3000	29	622x622	3.00
RC132V G4 LED365/840 PSU W30L120 NOC	3600	4000	29	1195x295	2.72
RC132V G4 LED365/840 PSU W60L60 OC	3600	4000	29	595x595	2.80
RC132V G4 LED345/830 PSU W60L60 OC	3400	3000	29	595x595	2.80
RC133V G4 LED365/840 PSU W62L62 OC	3600	4000	29	622x622	3.00
RC132V G4 LED365/840 PSU W30L120 OC	3600	4000	29	1195x295	2.72
RC132V G4 LED365/840 PSD W60L60 OC	3600	4000	29	595x595	2.90
RC132V G4 LED345/830 PSD W60L60 OC	3400	3000	29	595x595	2.90
RC132V G4 LED435/840 PSD W60L60 OC	4300	4000	34.5	595x595	3.30
RC133V G4 LED365/840 PSD W62L62 OC	3600	4000	29	622x622	3.10
RC133V G4 LED345/830 PSD W62L62 OC	3400	3000	29	622x622	3.10
RC133V G4 LED435/840 PSD W62L62 OC	4300	4000	34.5	622x622	3.50
RC132V G4 LED365/840 PSD W30L120 OC	3600	4000	29	1195x295	2.90
RC132V G4 LED345/830 PSD W30L120 OC	3400	3000	29	1195x295	2.90
RC132V G4 LED36/840 PSU W60L60 OC TP(a)	3600	4000	29	595x595	2.80
RC132V G4 LED34_435/830_840 PSU W60L60 OC	3400/3600/4000/4300	3000/4000	30/35	595x595	3.15
RC133V G4 LED34_435/830_840 PSU W62L62 OC	3400/3600/4000/4300	3000/4000	30/35	622x622	3.30
RC132V G4 LED34_435/830_840 PSU W30L120 OC	3400/3600/4000/4300	3000/4000	30/35	1195x295	3.18



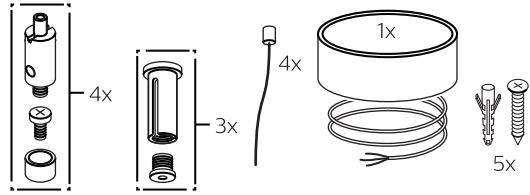


VPC visible profile ceiling 	SP suspended 	SM surface mounted 	PCV plaster ceiling 
---	--	--	---

Optional:

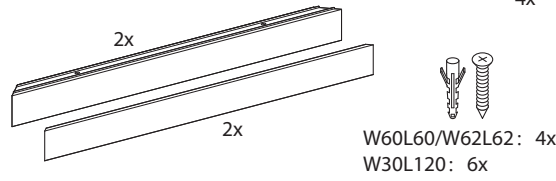
Suspension kit:

911401892280 RC132Z SME-3 WH  
911401892380 RC132Z SME-4 WH



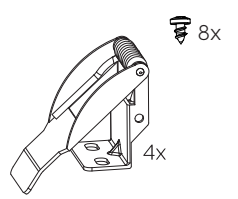
Surface mounted kit:

910930031018 RC132Z SMB W60L60  
910930031118 RC132Z SMB W62L62  
910930031218 RC132Z SMB W30L120



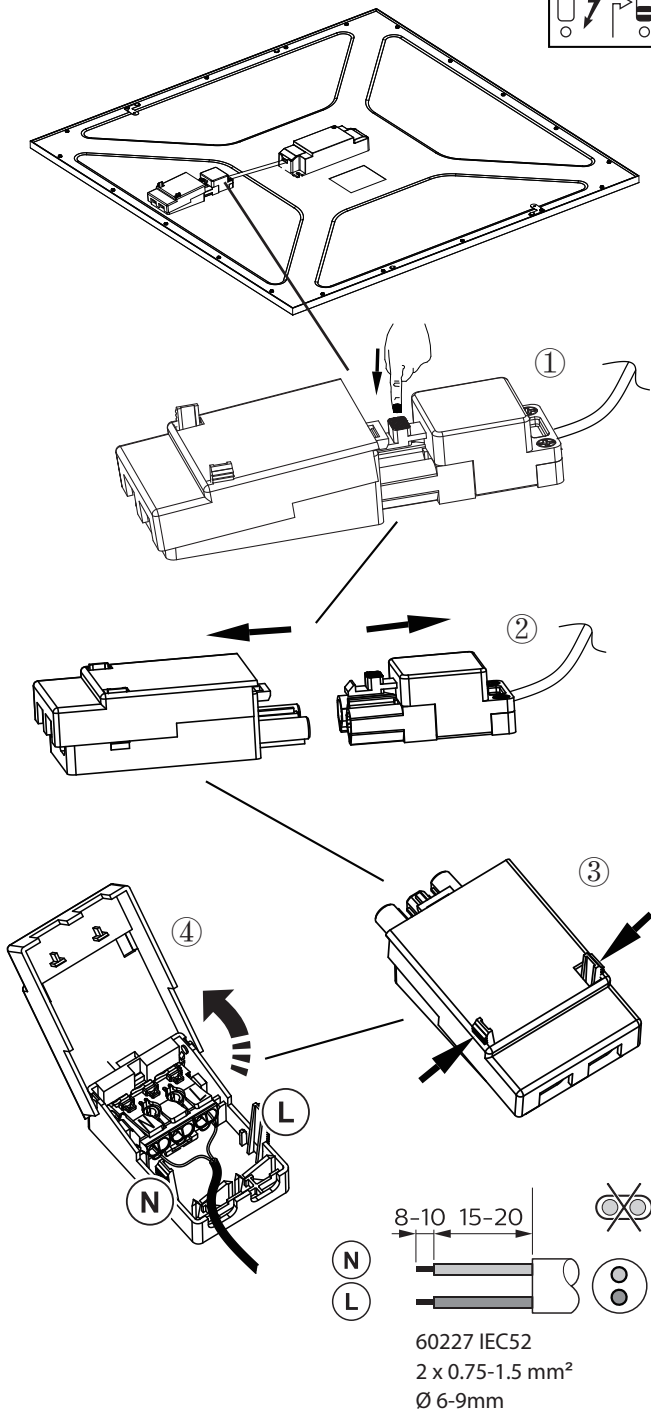
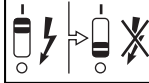
Plaster kit:

911401892180  
RC132Z SMB-PLC

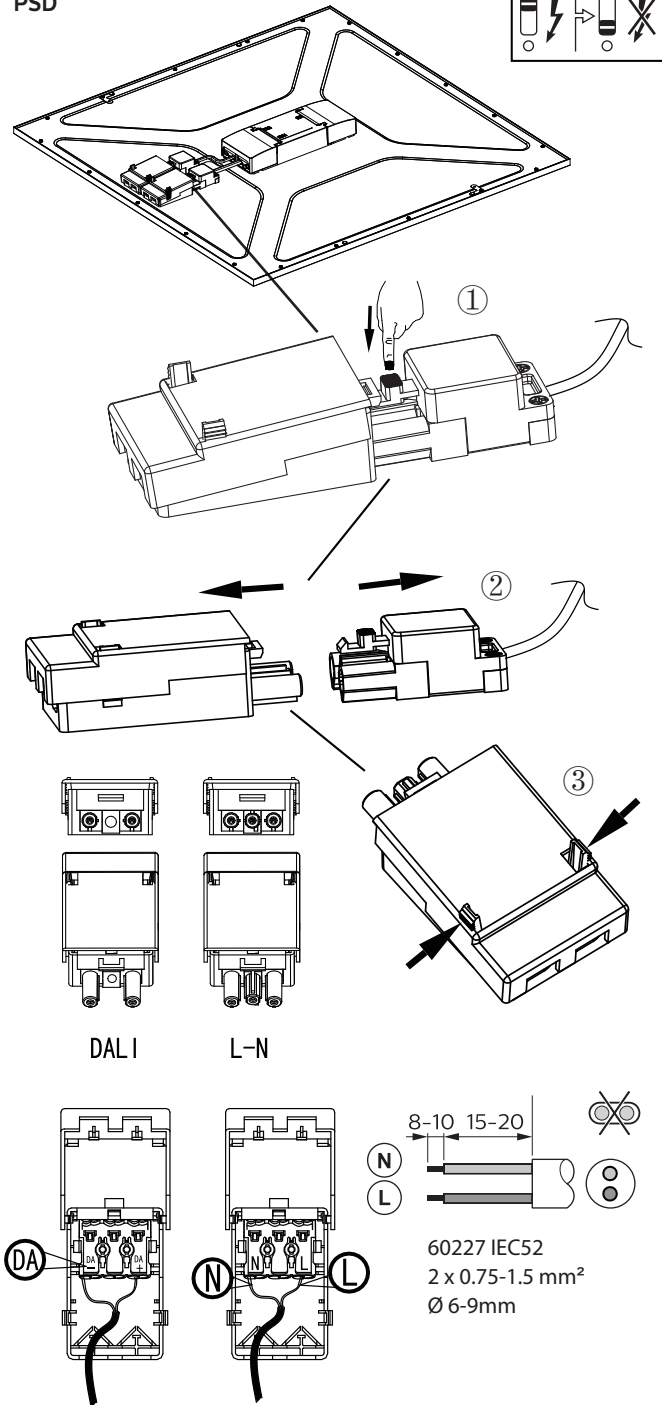
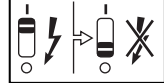


Quick-connectors

PSU/InterAct and MultiColour/Lumen

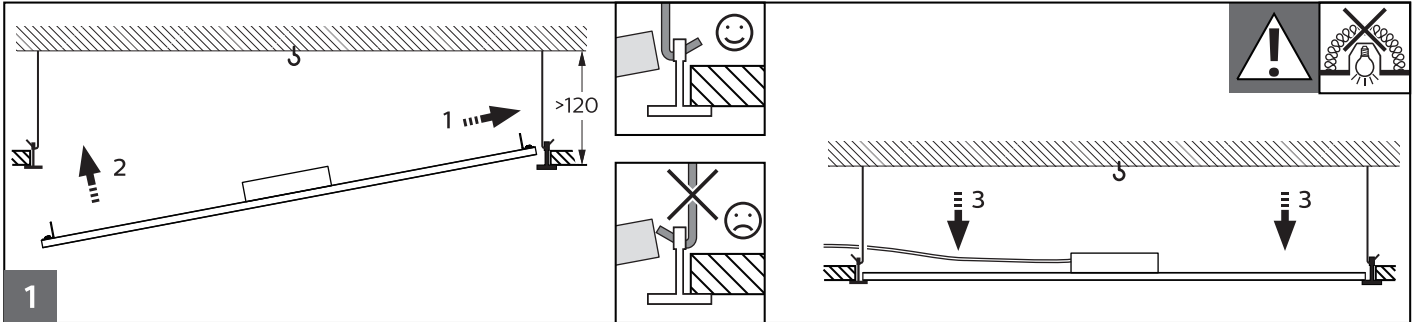


PSD



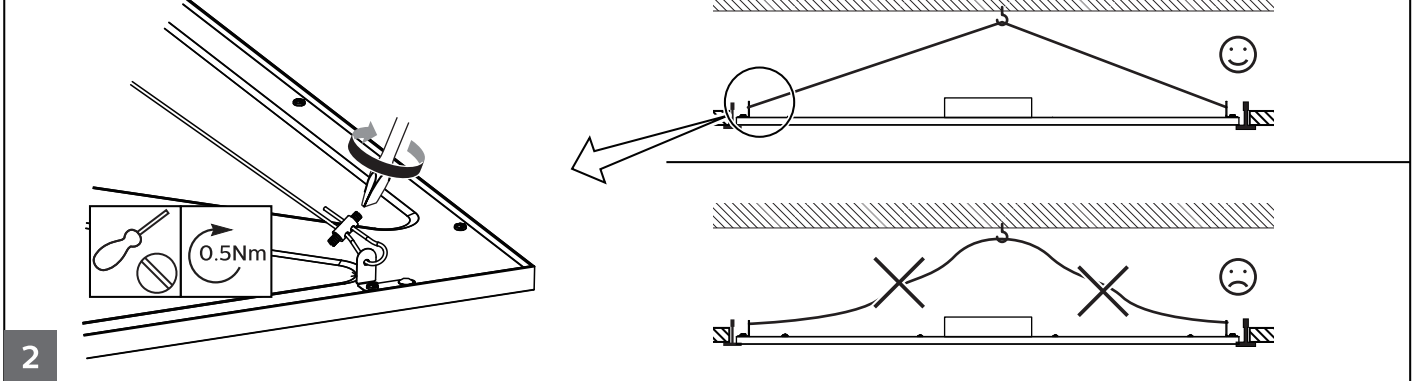


### VPC Visible Profile Ceiling



1

### Safety cable



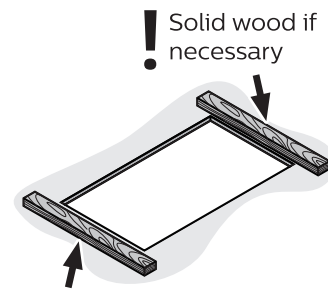
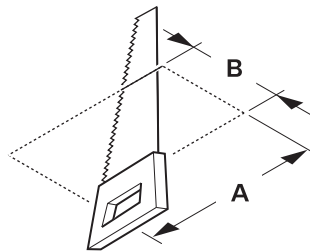
2



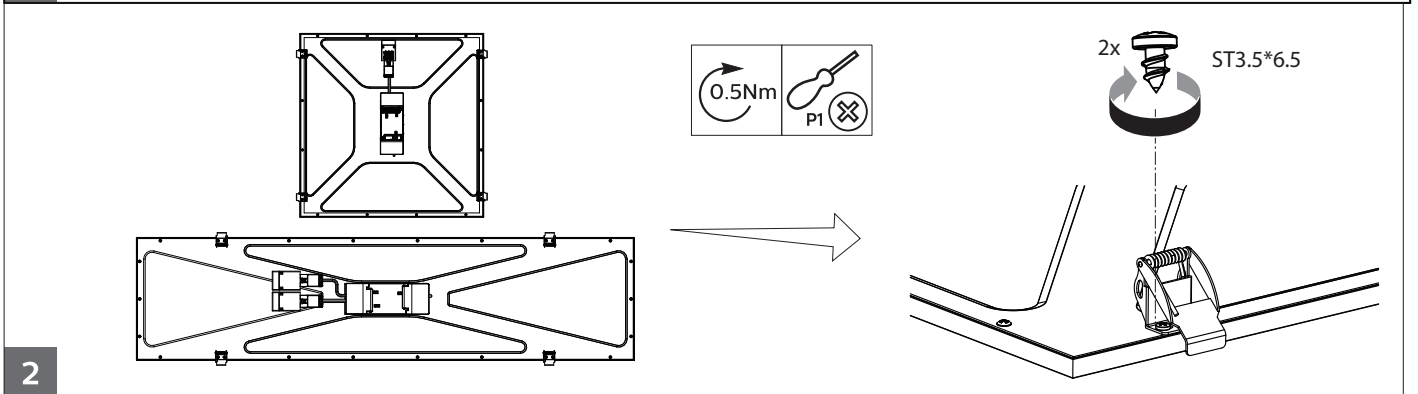
### PCV plaster ceiling version

Optional with  
911401892180 RC132Z SMB-PLC

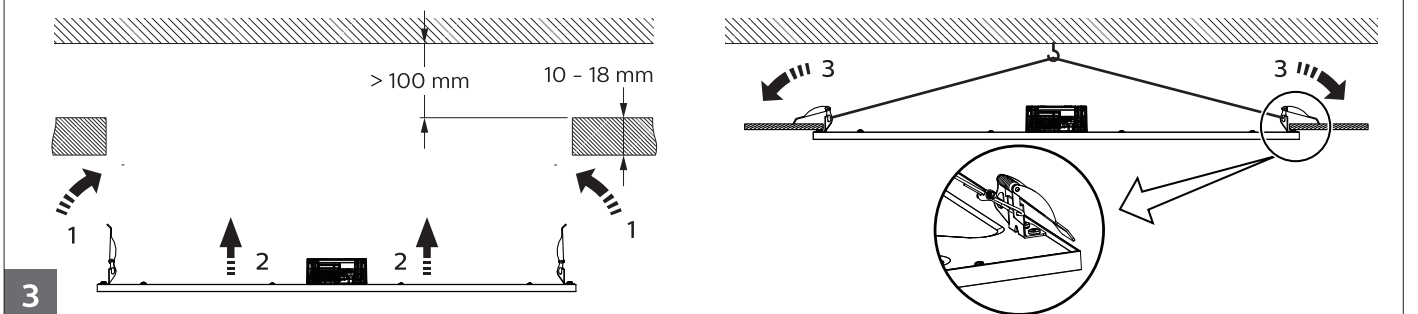
	A (mm)	B (mm)
W60L60	580	580
W62L62	607	607
W30L120	1180	280



1



2

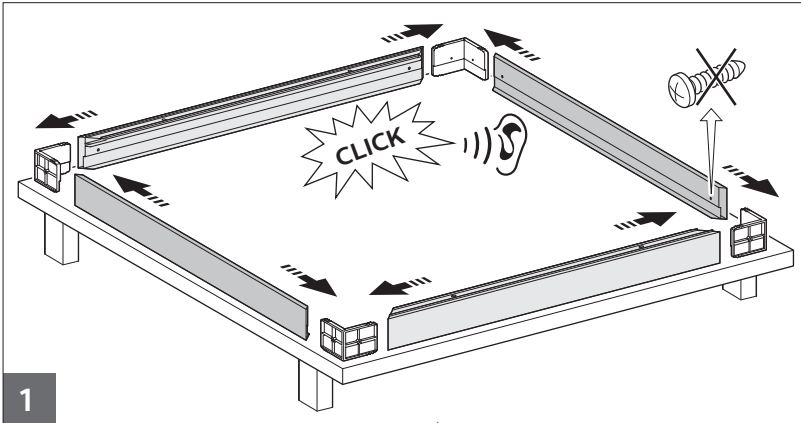


3

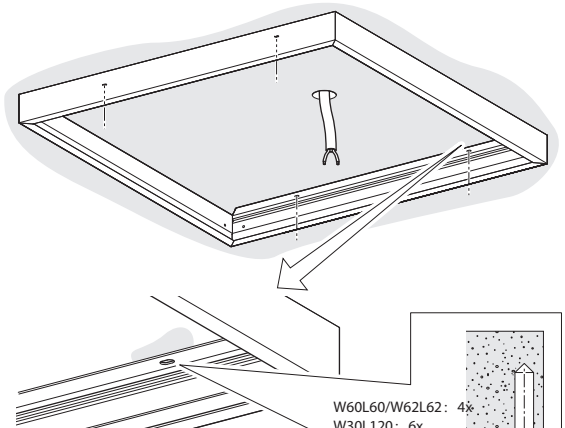


### Surface mounted

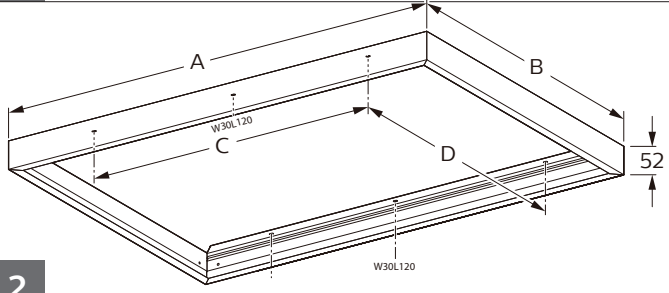
Optional with  
910930031018 RC132Z SMB W60L60/910930031118 RC132Z SMB W62L62/910930031218 RC132Z SMB W30L120)



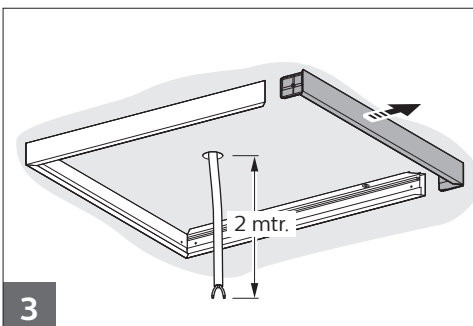
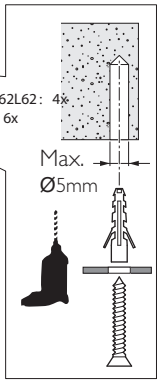
1



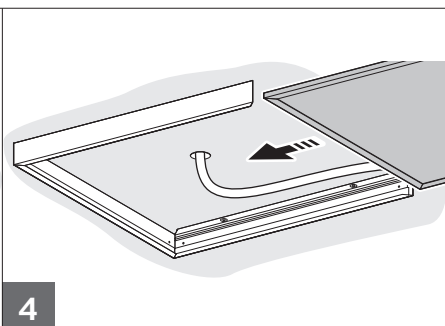
2



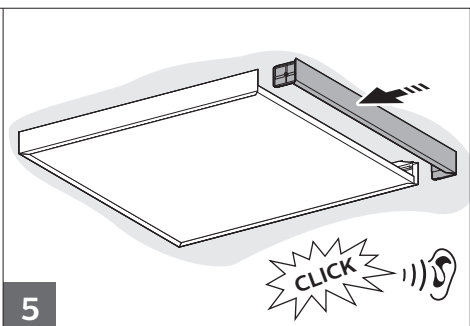
	A	B	C	D
W60L60	612	612	332	576.5
W62L62	639	639	327	601.5
W30L120	1212	312	852	276.5



3



4



5

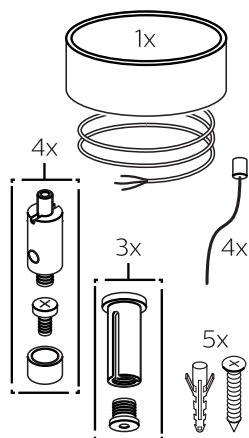


### Suspension

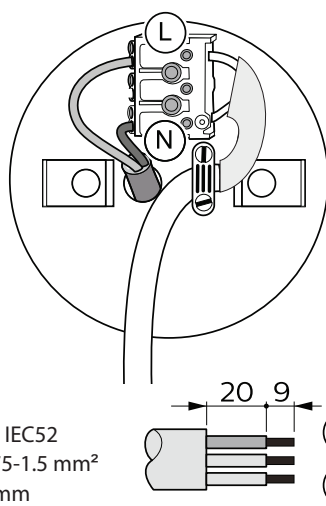
Optional with  
911401892280 RC132Z SME-3 WH/911401892380 RC132Z SME-4 WH

#### PSU and MultiColour/Lumen

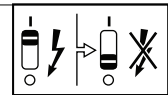
911401892280  
RC132Z SME-3 WH



1a

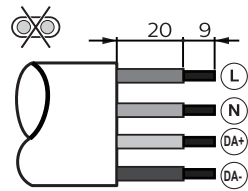
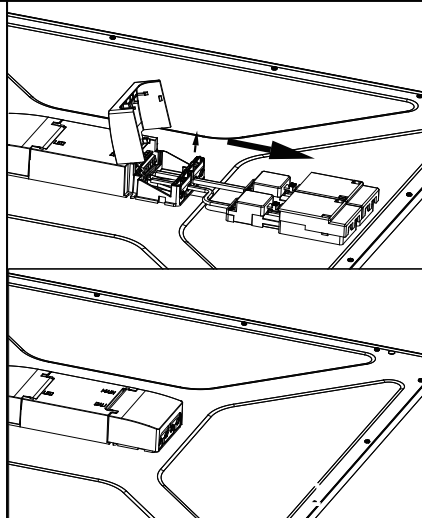
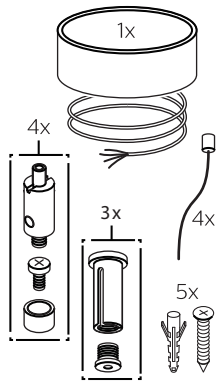


60227 IEC52  
2 x 0.75-1.5 mm²  
Ø 6-9mm

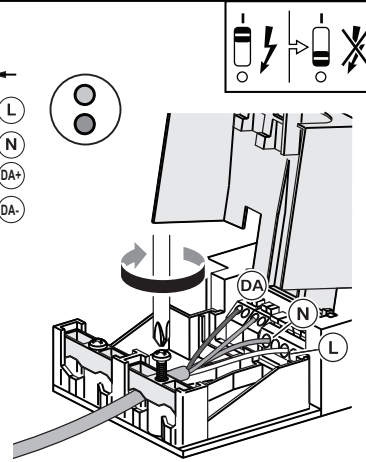
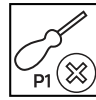


**PSD**

911401892380  
RC132Z SME-4 WH

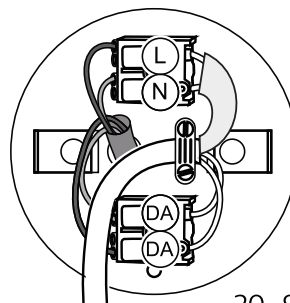
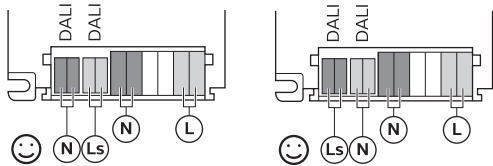


60227 IEC52  
4 x 0.75-1.5 mm<sup>2</sup>  
Ø 6-9mm

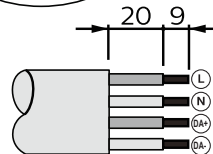


1b

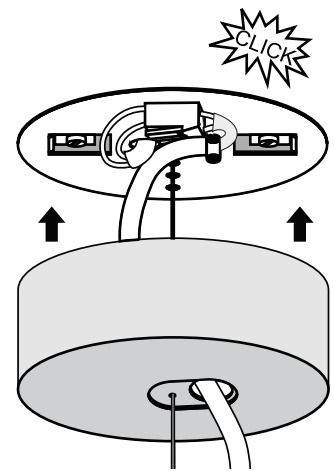
**PSD Touch & Dim**



Ø 6-9mm

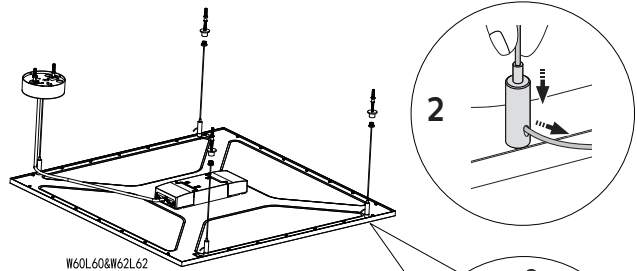
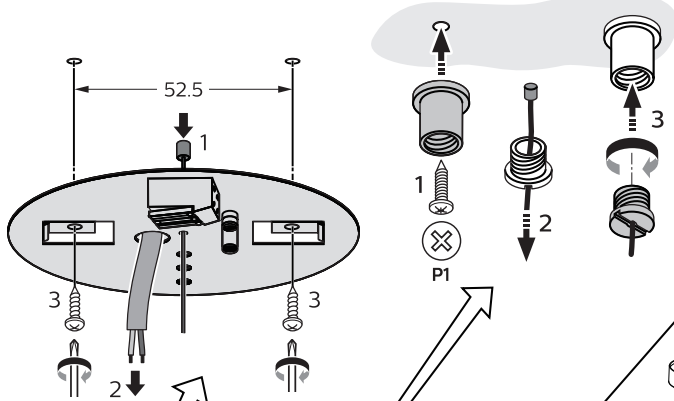
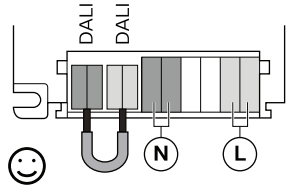


60227 IEC52  
4 x 0.75-1.5 mm<sup>2</sup>

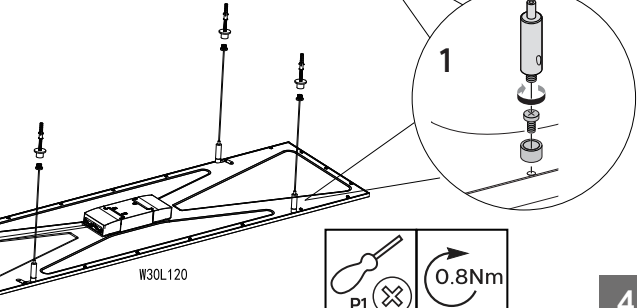


2

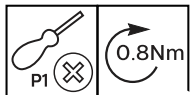
**Set PSD to PSU**



W60L60&W62L62

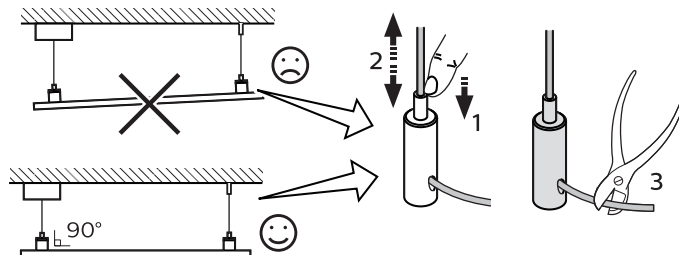


W30L120



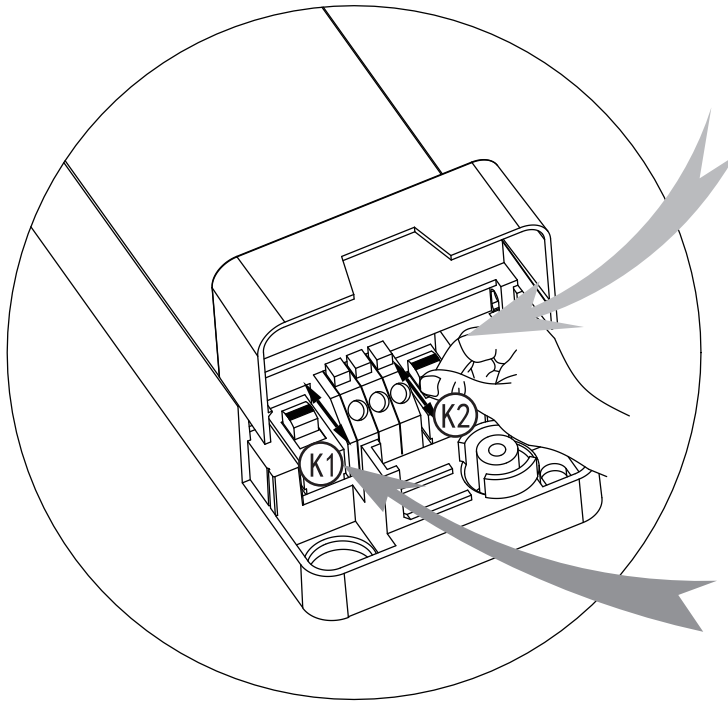
4

3



5

## Multi/Colour Lumen

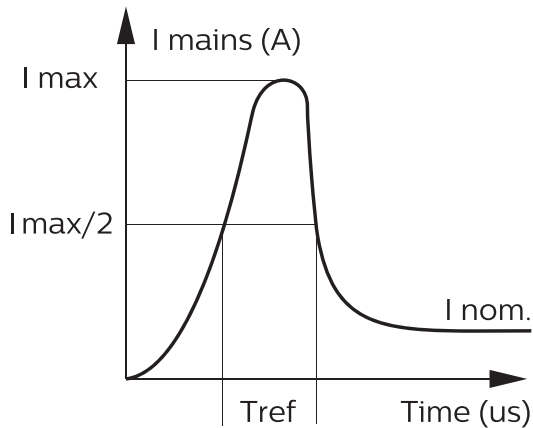


K2	
4000K	3000K

K1	
Default settings 3600lm @4000K	4300lm @4000K
3400lm @3000K	4000lm @3000K

## Inrush current



	PSU		PSD		MultiColour/Lumen
	29W	34.5W	29W	34.5W	35W
Electrical characteristics					
Imax (A)	5.2	6.2	14.1	14.3	15
Tref (µs)	51	54	212	214	300
MCB	No. of luminaires max.				
B-10 A	25	25	19	19	11
B-16 A	40	40	30	30	18
C-10 A	42	42	31	31	16
C-16 A	68	68	51	51	31



- The luminaire shall be installed by a qualified electrician and wired in accordance with the latest IEE electrical regulations or the national requirements.
- The light source of this luminaire is not replaceable; when the light source reached its end of life the whole luminaire shall be replaced
- During installation or maintaining the luminaire please use gloves to avoid spots on the cover.
  - To remove dirt and spots use the following:
    - Dust: use micro fiber cloths only.
    - Fingerprints, etc.: use a cleaner for synthetic materials with antistatic properties.
- Luminaires not suitable for covering with thermally insulating material.
- For controllable luminaires, the classification of insulation between LV supply and control conductors shall be basic insulation at least.
- Luminaire must not be used or stored in corrosive environment where hazardous materials such as Sulphur, Chlorine, Phthalates, etc, are present.

© 2019 Signify Holding.  
 All rights reserved. This document contains information relating to the product portfolio of Signify which information may be subject to change. No representation or warranty as to the accuracy or completeness of the information included herein is given and any liability for any action in reliance thereon is disclaimed. The information presented in this document is not intended as any commercial offer and does not form part of any quotation or contract. Philips and the Philips Shield Emblem are registered trademarks of Koninklijke Philips N.V.. All other trademarks are owned by Signify Holding or their respective owners.

Signify Holding,  
 The Netherlands



## ANEXO B. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

1. Aula B2
2. Aula C1
3. Aula C2

# 1 Aula JB2

## 1.1 Cálculo del flujo luminoso necesario en el aula

### Datos del aula

En la tabla B1 se muestran los datos del aula JB2 y en la figura B1 las alturas del plano de trabajo y del plano de luminarias.

Parámetros	Unidades
a (ancho)	10,5 m
b (largo)	15 m
H (alto)	3,5
Altura del plano de trabajo (h')	1 m
Altura de las luminarias desde el plano de trabajo (h)	2,5 m en el falso techo
Nivel de iluminancia media	Según Norma UNE-EN 12464-1:2012 $E_m \geq 300$ lux
Flujo luminoso luminaria	4.300 lm

Tabla B1. Datos de cálculo del aula JB2. 2021. Elaboración propia

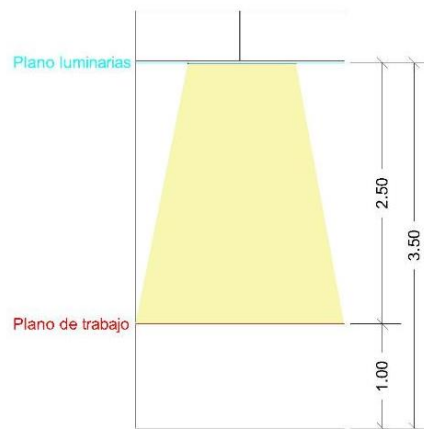


Figura B1. Alturas de cálculo. 2021. Elaboración propia

### Coefficiente de utilización ( $C_u$ )

Para el cálculo del coeficiente de utilización primero se calcula el índice del local (K) con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{10,5 \cdot 15}{2,5(10,5 + 15)} = 2,47$$

A partir de este índice y los coeficientes de reflexión de las superficies se ha de observar en la tabla de reflectancias el valor que le corresponde.

- Falso techo: gris claro; 0,70
- Paredes: acabado pintura blanca; 0,50

- Pavimento: terrazo beige; 0,20

Como en la tabla de la figura B2 no se muestra el valor exacto del coeficiente de utilización para un índice del local 2,47, se ha de interpolar.

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.57	0.54	0.56	0.54	0.53	0.47	0.46	0.42	0.46	0.42	0.40
0.80	0.67	0.63	0.66	0.64	0.62	0.56	0.55	0.51	0.55	0.50	0.49
1.00	0.76	0.70	0.74	0.72	0.69	0.63	0.62	0.58	0.62	0.58	0.56
1.25	0.84	0.77	0.82	0.79	0.76	0.70	0.69	0.65	0.68	0.64	0.62
1.50	0.90	0.81	0.88	0.84	0.80	0.75	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67
2.00	0.99	0.88	0.96	0.91	0.87	0.83	0.81	0.78	0.80	0.77	0.75
2.50	1.04	0.92	1.02	0.96	0.91	0.87	0.86	0.83	0.85	0.82	0.80
3.00	1.09	0.95	1.06	0.99	0.94	0.91	0.89	0.87	0.88	0.86	0.83
4.00	1.14	0.98	1.10	1.03	0.97	0.95	0.93	0.91	0.91	0.90	0.87
5.00	1.17	1.00	1.13	1.06	0.99	0.97	0.95	0.93	0.94	0.92	0.90

Figura B2. Coeficiente de utilización luminaria. Philips

$$C_u = 0,91 + \frac{0,96 - 0,91}{2,5 - 2} \cdot (2,47 - 2) = 0,957$$

Coeficiente de mantenimiento ( $C_m$ )

El coeficiente de mantenimiento para esta aula es de 0,80 por ser un ambiente limpio.

Con todos los datos anteriores se calcula el flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{300 \cdot 10,5 \cdot 15}{0,957 \cdot 0,8} = 61716,30 \text{ lúmenes}$$

Por lo tanto, el flujo necesario en el aula JB2 es de **61.716,30 lúmenes**.

## 2.1 Cálculo número de luminarias

Para determinar el número de luminarias se utiliza la siguiente fórmula, donde se divide el flujo necesario del aula con el que va a aportar la lámpara:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{61716,30}{1 \cdot 4300} = 14,5 \approx \mathbf{15 \text{ uds}}$$

Una vez se han calculado el número de luminarias se ha de determinar su emplazamiento, como no se necesita ninguna zona especialmente iluminada, la distribución de todas las luminarias será uniforme.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b}} \cdot a = \sqrt{\frac{15}{15}} \cdot 10,5 = 3,24 \approx 3 \text{ uds}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{b}{a}\right) = 3,24 \cdot \left(\frac{15}{10,5}\right) = 4,63 \approx 5 \text{ uds}$$



Distancia entre luminarias a lo ancho:  $10,5/3 = 3,5$  (a la pared  $3,5/2=1,75$ ).

Distancia entre luminarias a lo largo:  $15/5 = 3$  (a la pared  $3/2=1,5$ ).

Estas distancias se muestran en la figura B3.

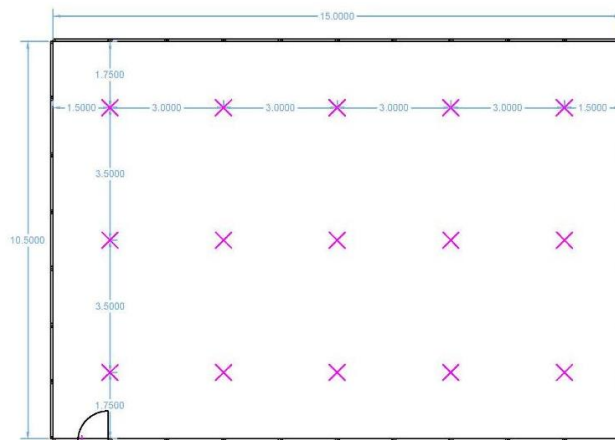


Figura B3. Nueva distribución luminarias aula JB2. 2021. Elaboración propia

Comprobación de distancias:

$$e \leq 1,6h = 1,6 \cdot 2,5 = 4 \leq 3,5 \text{ CUMPLE}$$

### 3.1 Comprobación del correcto número de luminarias

Se propone la siguiente fórmula para ello:

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi_L \cdot C_u \cdot C_m}{S} = \frac{15 \cdot 1 \cdot 4300 \cdot 0,957 \cdot 0,8}{10,5 \cdot 15} = 313,53 \text{ lux}$$

$E_m > 300$  CUMPLE

## 2 Aula C1

### 1.2 Cálculo del flujo luminoso necesario en el aula

*Datos del aula*

En la tabla B2 se muestran los datos del aula C1 y en la figura B1 las alturas del plano de trabajo y del plano de luminarias.

Parámetros	Unidades
a (ancho)	10,5 m
b (largo)	16,5 m
H (alto)	3,5
Altura del plano de trabajo (h')	1 m
Altura de las luminarias desde el plano de trabajo (h)	2,5 m en el falso techo
Nivel de iluminancia media	Según Norma UNE-EN 12464-1:2012 $E_m \geq 300 \text{ lux}$

*Coefficiente de utilización ( $C_u$ )*

Para el cálculo del coeficiente de utilización primero se calcula el índice del local (K) con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{10,5 \cdot 16,5}{2,5(10,5 + 16,5)} = 2,56$$

A partir de este índice y los coeficientes de reflexión de las superficies se ha de observar en la tabla de reflectancias el valor que le corresponde.

- Falso techo: gris claro; 0,70
- Paredes: acabado pintura blanca; 0,50
- Pavimento: terrazo beige; 0,20

Como en la tabla de la figura B2 no se muestra el valor exacto del coeficiente de utilización para un índice del local 2,56, se ha de interpolar.

$$C_u = 0,96 + \frac{0,99 - 0,96}{3 - 2,5} \cdot (2,56 - 2,5) = 0,964$$

*Coefficiente de mantenimiento ( $C_m$ )*

El coeficiente de mantenimiento para esta aula es de 0,80 por ser un ambiente limpio.

Con todos los datos anteriores se calcula el flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{300 \cdot 10,5 \cdot 16,5}{0,964 \cdot 0,8} = 67394,97 \text{ lúmenes}$$

Por lo tanto, el flujo necesario en el aula JB2 es de **67.394,97 lúmenes**.

**2.2 Cálculo número de luminarias**

Para determinar el número de luminarias se utiliza la siguiente fórmula, donde se divide el flujo necesario del aula con el que va a aportar la lámpara:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{67394,97}{1 \cdot 4300} = 15,67 \approx \mathbf{16 \text{ uds}}$$

Una vez se han calculado el número de luminarias se ha de determinar su emplazamiento, como no se necesita ninguna zona especialmente iluminada, la distribución de todas las luminarias será uniforme.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b} \cdot a} = \sqrt{\frac{16}{16,5} \cdot 10,5} = 3,19 \approx 4 \text{ uds}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{b}{a}\right) = 3,19 \cdot \left(\frac{16,5}{10,5}\right) = 5,01 \approx 5 \text{ uds}$$

Aunque el cálculo ha dado 16 luminarias, se aproxima a **20 unidades** para hacer coincidir con el número a lo largo y a lo ancho y tener uniformidad en la iluminación.

Distancia entre luminarias a lo ancho:  $10,5/4 = 2,625$  (a la pared  $2,625/2=1,3125$ ).

Distancia entre luminarias a lo largo:  $16,5/5 = 3,3$  (a la pared  $3,3/2 = 1,65$ ).

Estas distancias se muestran en la figura B4.

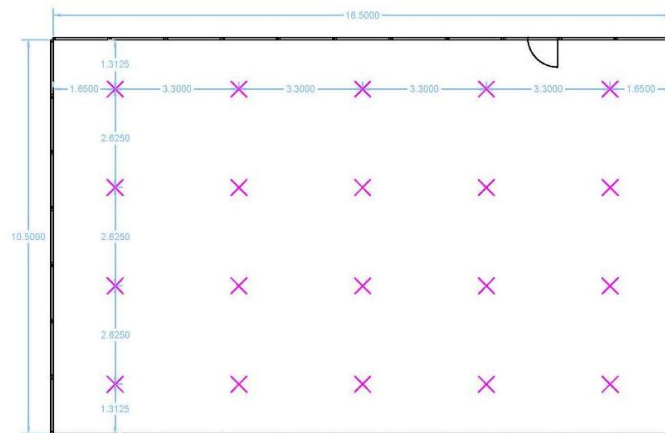


Figura B4. Nueva distribución luminarias aula C1. 2021. Elaboración propia

Comprobación de distancias:

$$e \leq 1,6h = 1,6 \cdot 2,5 = 4 \leq 3,3 \text{ CUMPLE}$$

### 3.2 Comprobación del correcto número de luminarias

Se propone la siguiente fórmula para ello:

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi_L \cdot C_u \cdot C_m}{S} = \frac{20 \cdot 1 \cdot 4300 \cdot 0,964 \cdot 0,8}{10,5 \cdot 16,5} = 382,82 \text{ lux}$$

$E_m > 300$  CUMPLE

## 3 Aula C2

### 1.3 Cálculo del flujo luminoso necesario en el aula

*Datos del aula*

En la tabla B1 se muestran los datos del aula C2 y en la figura B1 las alturas del plano de trabajo y del plano de luminarias.

Parámetros	Unidades
a (ancho)	15 m
b (largo)	27 m
H (alto)	3,5
Altura del plano de trabajo (h')	1 m
Altura de las luminarias desde el plano de trabajo (h)	2,5 m en el falso techo
Nivel de iluminancia media	Según Norma UNE-EN 12464-1:2012 $E_m \geq 300$ lux
Flujo luminoso luminaria	4.300 lm

*Coefficiente de utilización (C<sub>u</sub>)*

Para el cálculo del coeficiente de utilización primero se calcula el índice del local (K) con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)} = \frac{15 \cdot 27}{2,5(15 + 25)} = 3,86$$

A partir de este índice y los coeficientes de reflexión de las superficies se ha de observar en la tabla de reflectancias el valor que le corresponde.

- Falso techo: gris claro; 0,70
- Paredes: acabado pintura blanca; 0,50
- Pavimento: terrazo beige; 0,20

Como en la tabla de la figura B2 no se muestra el valor exacto del coeficiente de utilización para un índice del local 3,86, se ha de interpolar:

$$C_u = 0,99 + \frac{1,03 - 0,99}{4 - 3} \cdot (3,86 - 3) = 1,024$$

*Coefficiente de mantenimiento (C<sub>m</sub>)*

El coeficiente de mantenimiento para esta aula es de 0,80 por ser un ambiente limpio.

Con todos los datos anteriores se calcula el flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m} = \frac{300 \cdot 15 \cdot 27}{1,024 \cdot 0,8} = 148274,05 \text{ lúmenes}$$

Por lo tanto, el flujo necesario en el aula JB2 es de **148.274,05 lúmenes**.

### 2.3 Cálculo número de luminarias

Para determinar el número de luminarias se utiliza la siguiente fórmula, donde se divide el flujo necesario del aula con el que va a aportar la lámpara:

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{148274,05}{1 \cdot 4300} = 34,48 \approx \mathbf{35 \text{ uds}}$$

Una vez se han calculado el número de luminarias se ha de determinar su emplazamiento, como no se necesita ninguna zona especialmente iluminada, la distribución de todas las luminarias será uniforme.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b} \cdot a} = \sqrt{\frac{35}{27} \cdot 15} = 4,40 \approx 5 \text{ uds}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{b}{a}\right) = 4,40 \cdot \left(\frac{27}{15}\right) = 7,93 \approx 8 \text{ uds}$$

Aunque el cálculo ha dado 35 luminarias, se aproxima a **40 unidades** para hacer coincidir con el número a lo largo y a lo ancho y tener uniformidad en la iluminación.

Distancia entre luminarias a lo ancho: 15/5 = 3 (a la pared 3/2=1,5).

Distancia entre luminarias a lo largo: 27/8 = 3,375 (a la pared 3,375/2=1,6875).

Estas distancias se muestran en la figura B5.

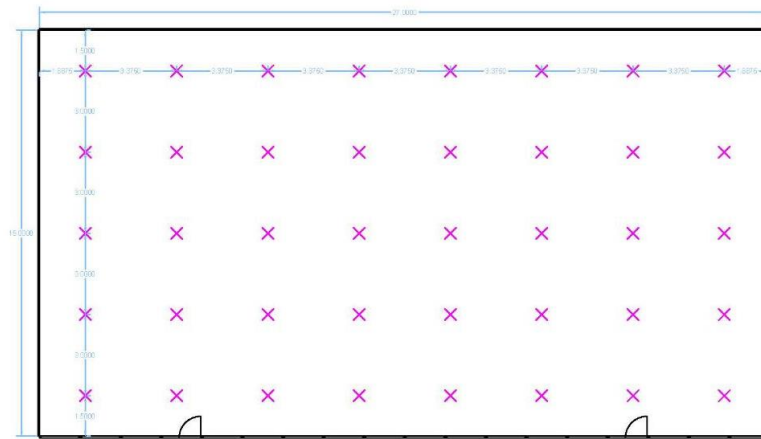


Figura B5. Nueva distribución luminarias aula C2. 2021. Elaboración propia

Comprobación de distancias:

$$e \leq 1,6h = 1,6 \cdot 2,5 = 4 \leq 3,375 \text{ CUMPLE}$$

### 3.3 Comprobación del correcto número de luminarias

Se propone la siguiente fórmula para ello:

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \Phi_L \cdot C_u \cdot C_m}{S} = \frac{40 \cdot 1 \cdot 4300 \cdot 1,024 \cdot 0,8}{15 \cdot 27} = 348,00 \text{ lux}$$

Em > 300 CUMPLE

## ANEXO C. CÁLCULOS CYPELUX

1. Cálculos estado actual
2. Cálculos primer caso
3. Cálculos segundo caso

## Estado actual

## ÍNDICE

1. ALUMBRADO INTERIOR.....	2
2. CURVAS FOTOMÉTRICAS.....	13



## Anejo de cálculo: Iluminación

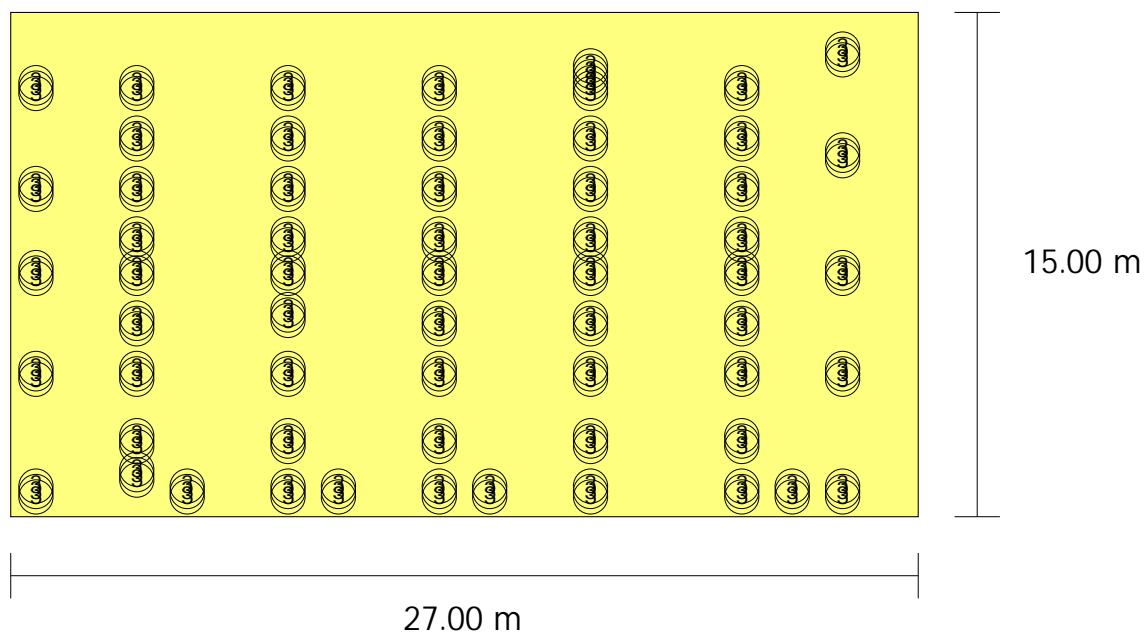
### 1. ALUMBRADO INTERIOR

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
C2 (Nivel 1)	405.00 m <sup>2</sup>	3.50 m	1417.50 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coefficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coefficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coefficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	3.86
Número mínimo de puntos de cálculo:	25

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE



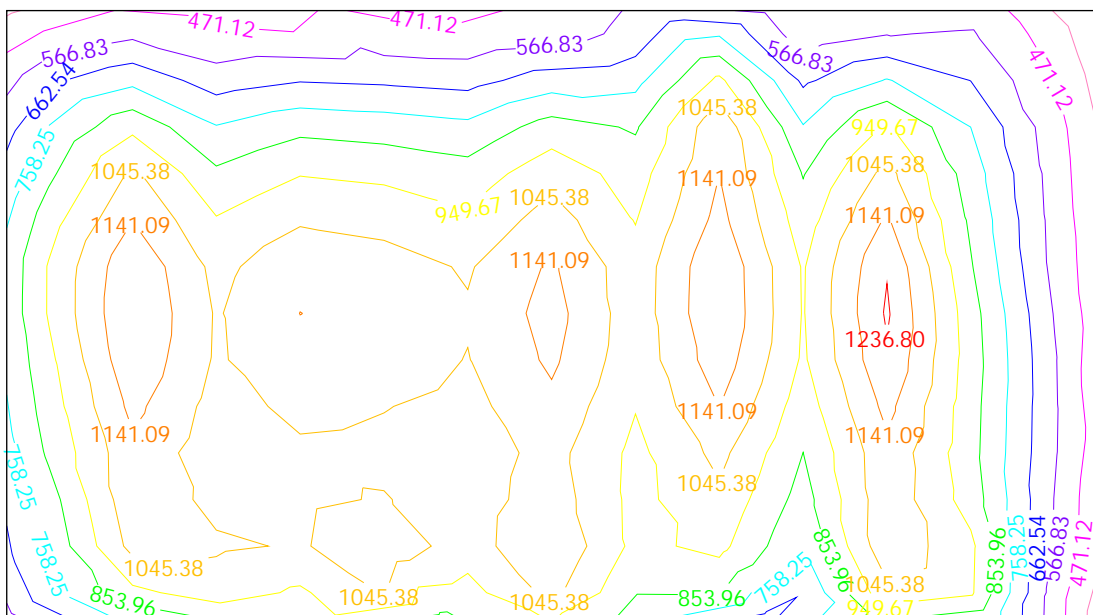
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
3	180	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 TMS022 1x36W +GMS022 R TL-D/840 HFS	3350	93.06	82	180 x 36.00
						Total = 6480.00 W

## Anejo de cálculo: Iluminación

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	421.61
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	907.38
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	22.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEL (W/m <sup>2</sup> ):	1.76
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m <sup>2</sup> ):	16.00
Factor de uniformidad (%):	46.46
Índice de rendimiento cromático:	80.00

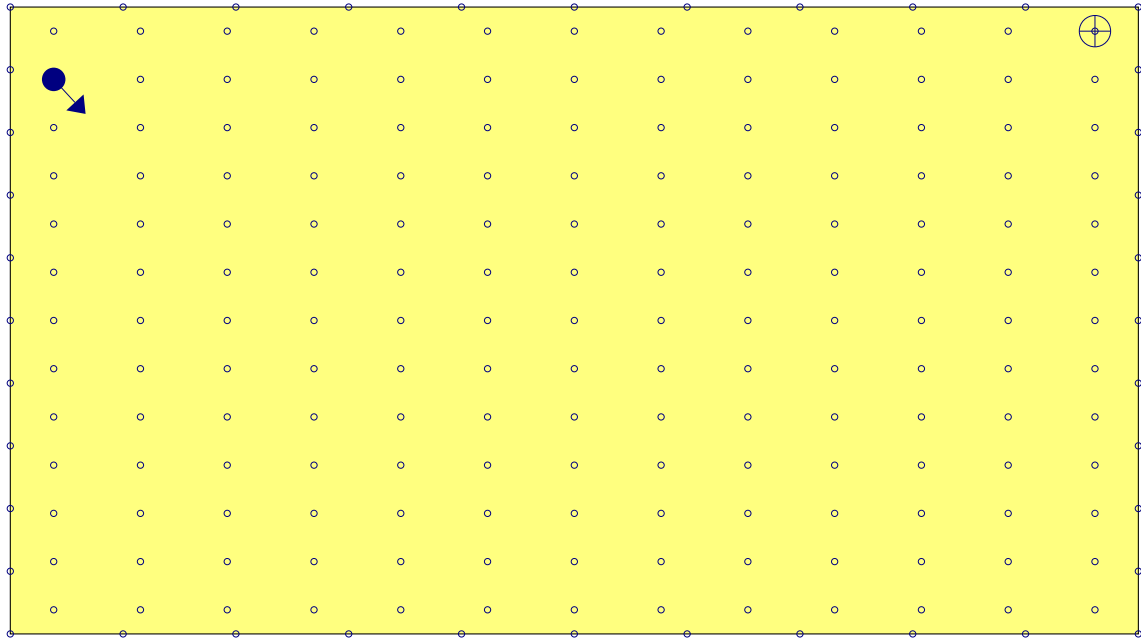
Valores calculados de iluminancia

Producido por una versión educativa de CYPE



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación

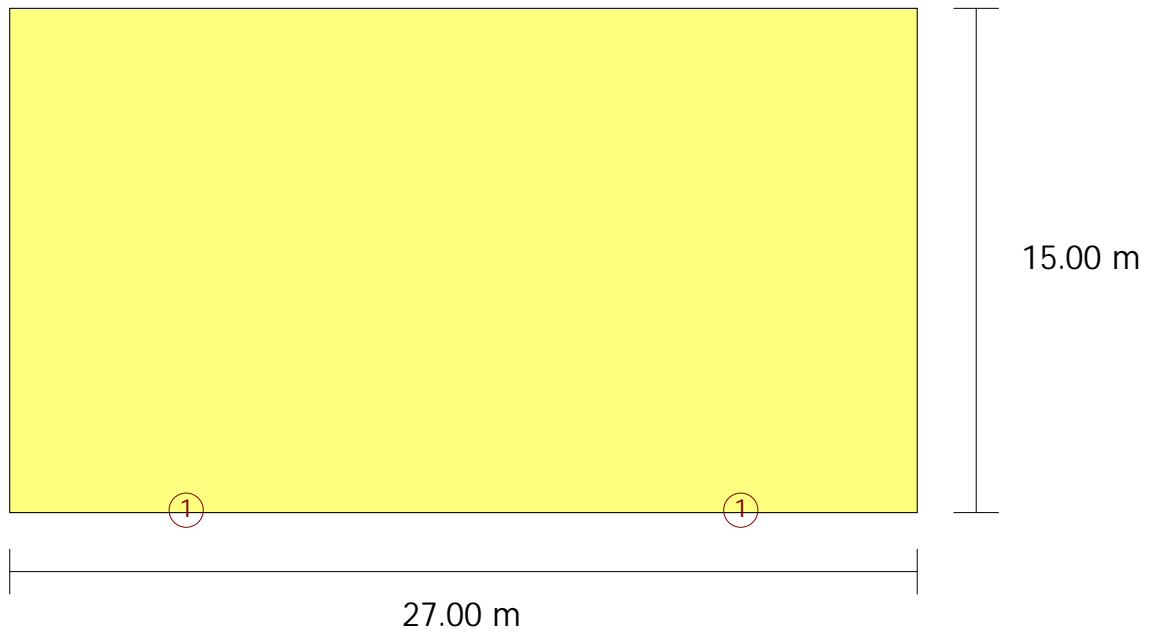


- Iluminancia mínima (421.61 lux)
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 22.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

eficiente de reflectancia:	0.00
factor de mantenimiento:	0.80

### Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	2	Normalux DA-600L

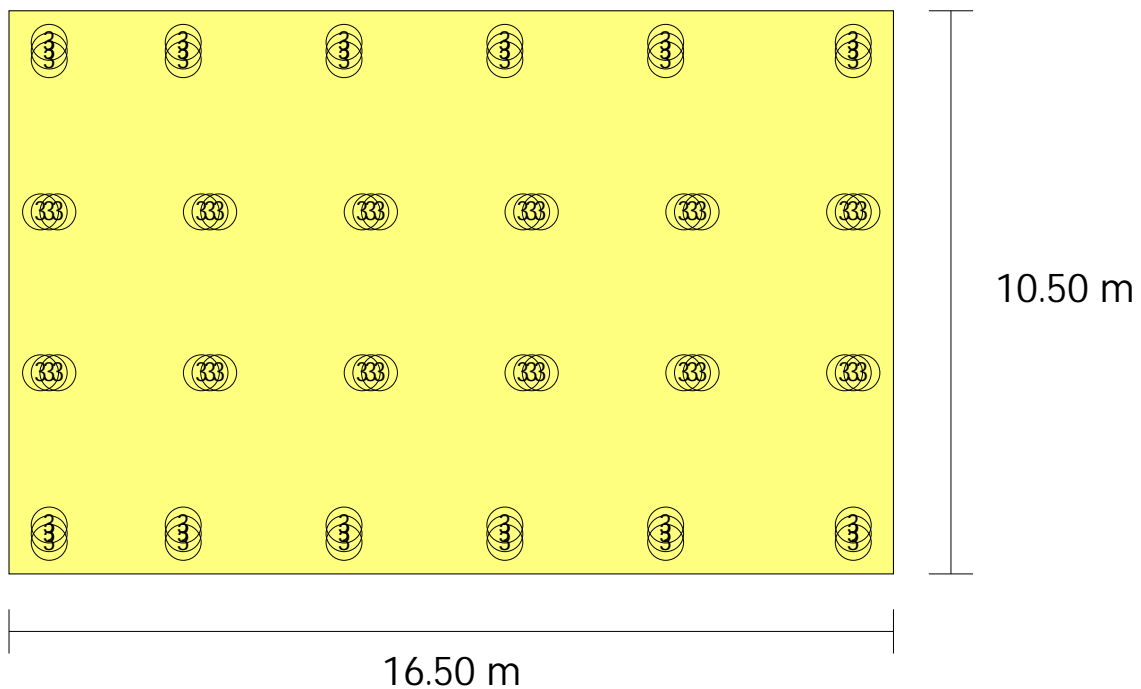
## Anejo de cálculo: Iluminación

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
C1 (Nivel 1)	173.25 m <sup>2</sup>	3.50 m	606.38 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coeficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coeficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coeficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	2.57
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE

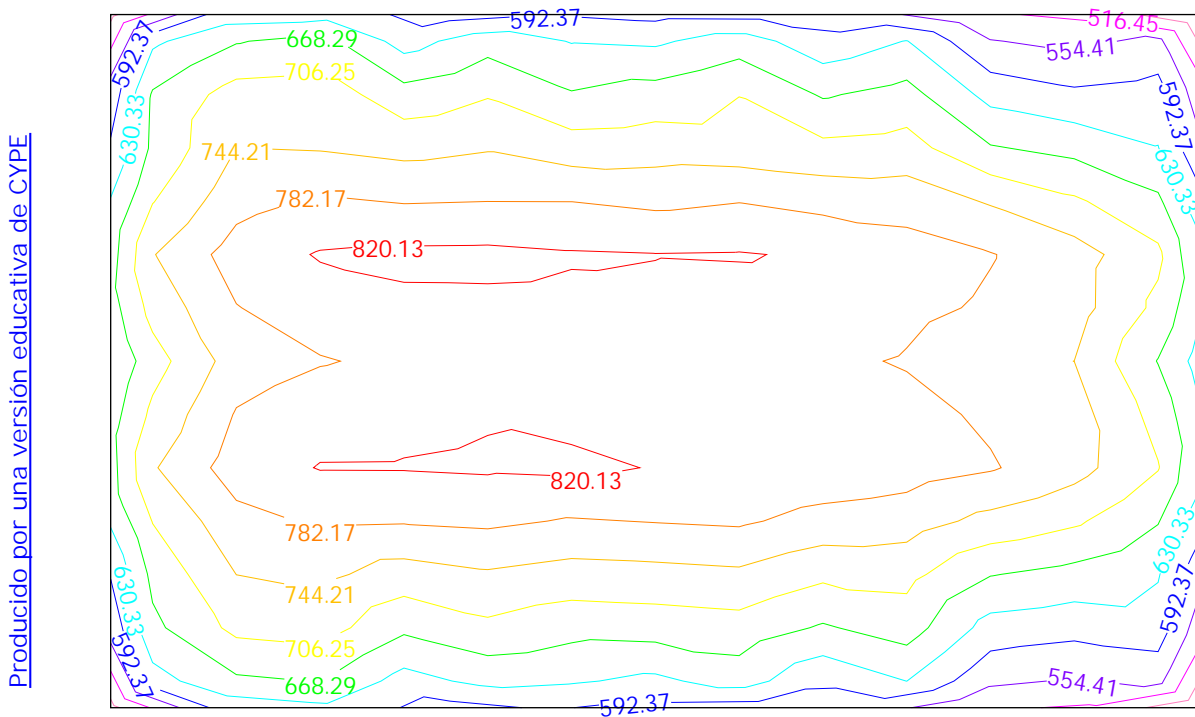


Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
3	72	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 TMS022 1x36W +GMS022 R TL-D/840 HFS	3350	93.06	82	72 x 36.00
						Total = 2592.00 W

## Anejo de cálculo: Iluminación

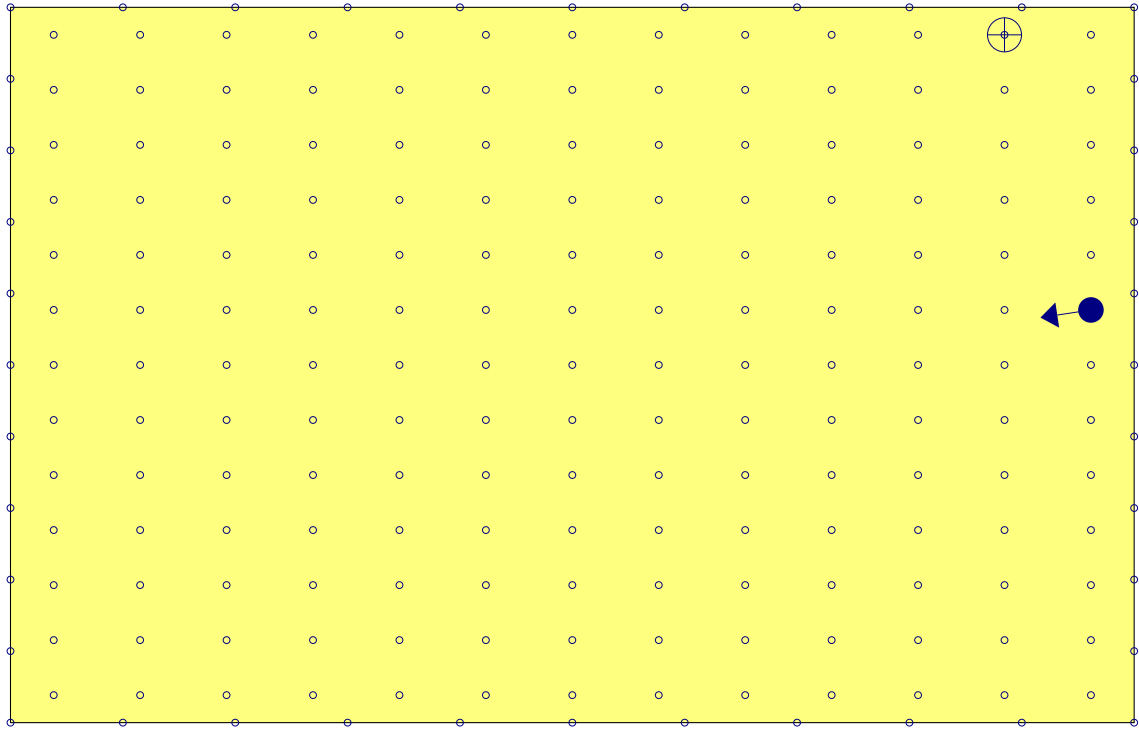
Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	543.34
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	725.72
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	21.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEI (W/m <sup>2</sup> ):	2.06
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m <sup>2</sup> ):	14.96
Factor de uniformidad (%):	74.87
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación



Iluminancia mínima (543.34 lux)

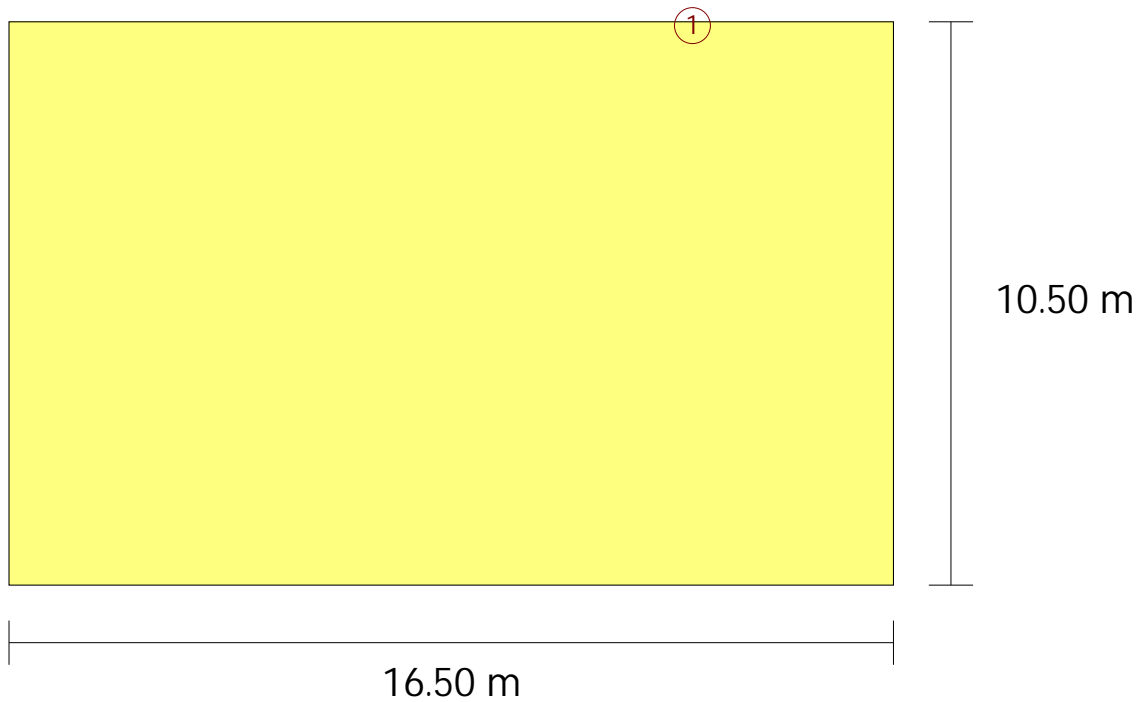
Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 21.00)

Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

Ceficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias



## Anejo de cálculo: Iluminación

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Normalux DA-600L

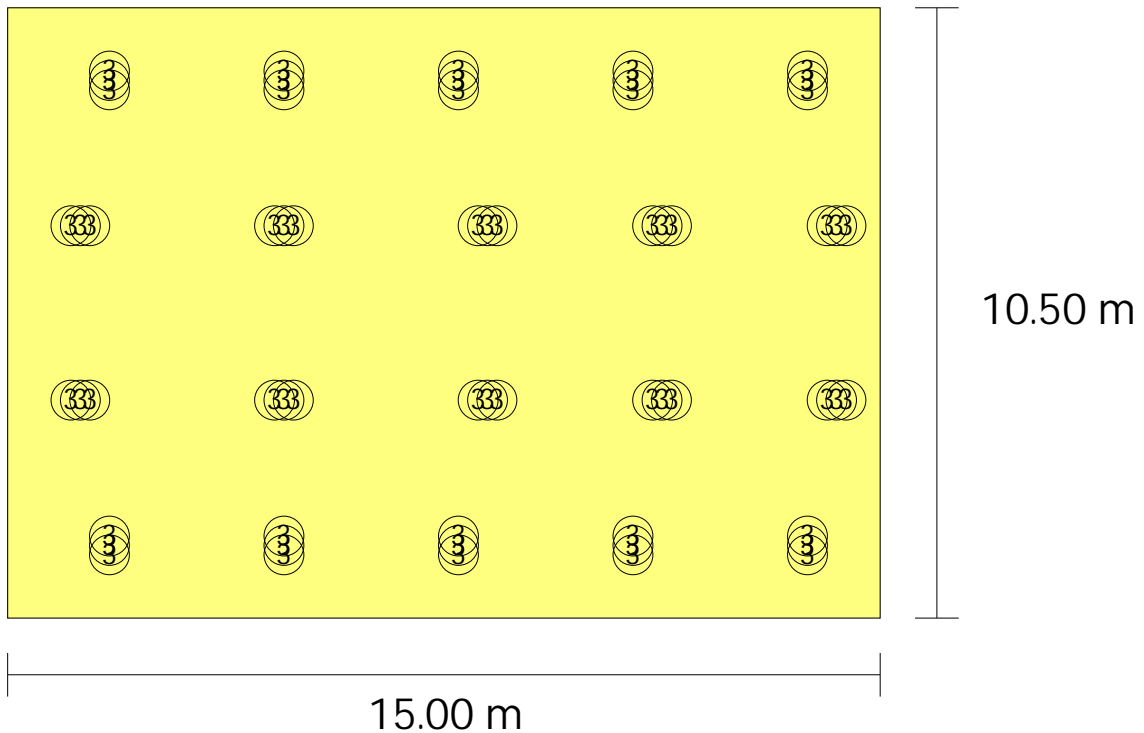
## Anejo de cálculo: Iluminación

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
JB2 (Nivel 1)	157.50 m <sup>2</sup>	3.50 m	551.25 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coeficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coeficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coeficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	2.47
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE



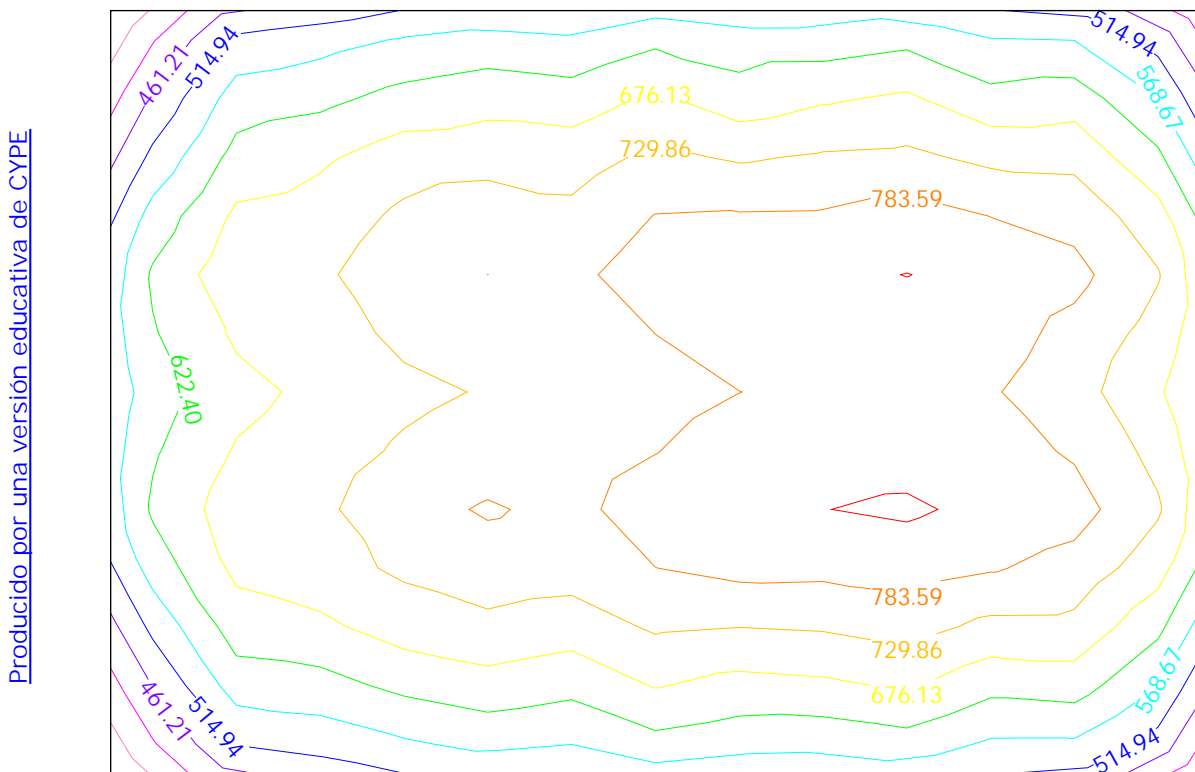
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
3	60	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 TMS022 1x36W +GMS022 R TL-D/840 HFS	3350	93.06	82	60 x 36.00
<b>Total = 2160.00 W</b>						



## Anejo de cálculo: Iluminación

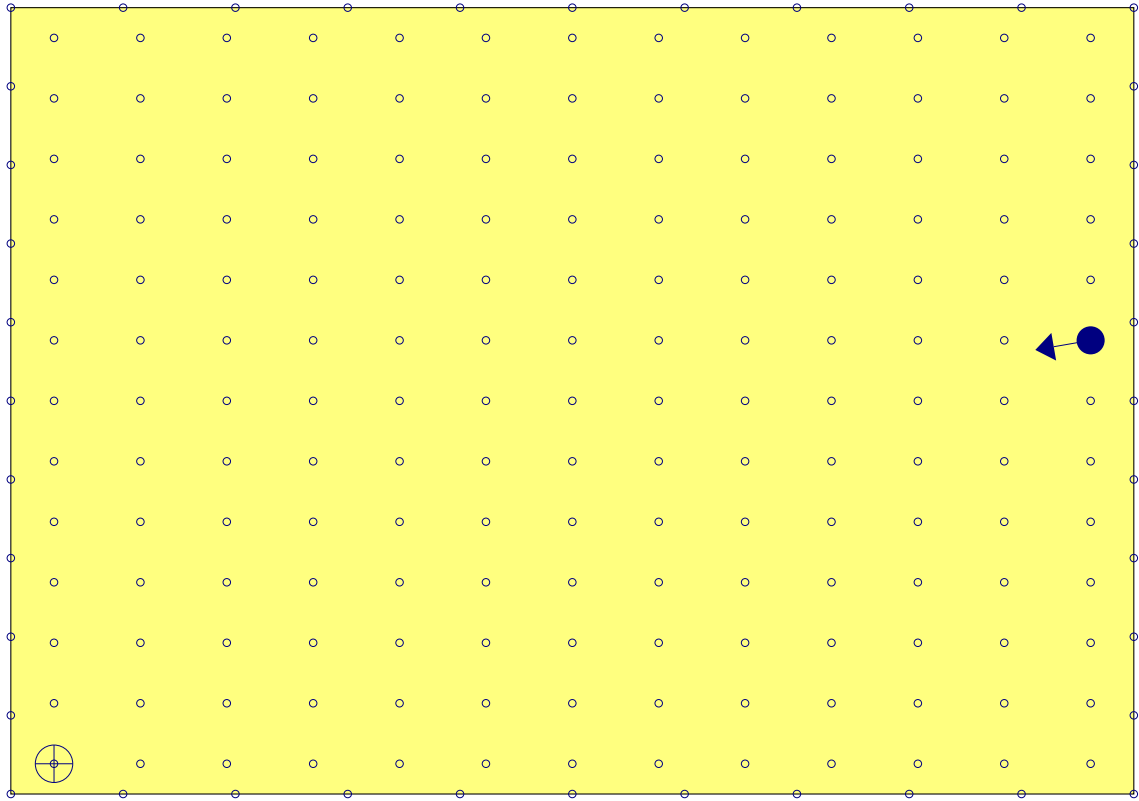
Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	401.92
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	693.09
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	21.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEL ( $W/m^2$ ):	1.98
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada ( $W/m^2$ ):	13.71
Factor de uniformidad (%):	57.99
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación



- Iluminancia mínima (401.92 lux)
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 21.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

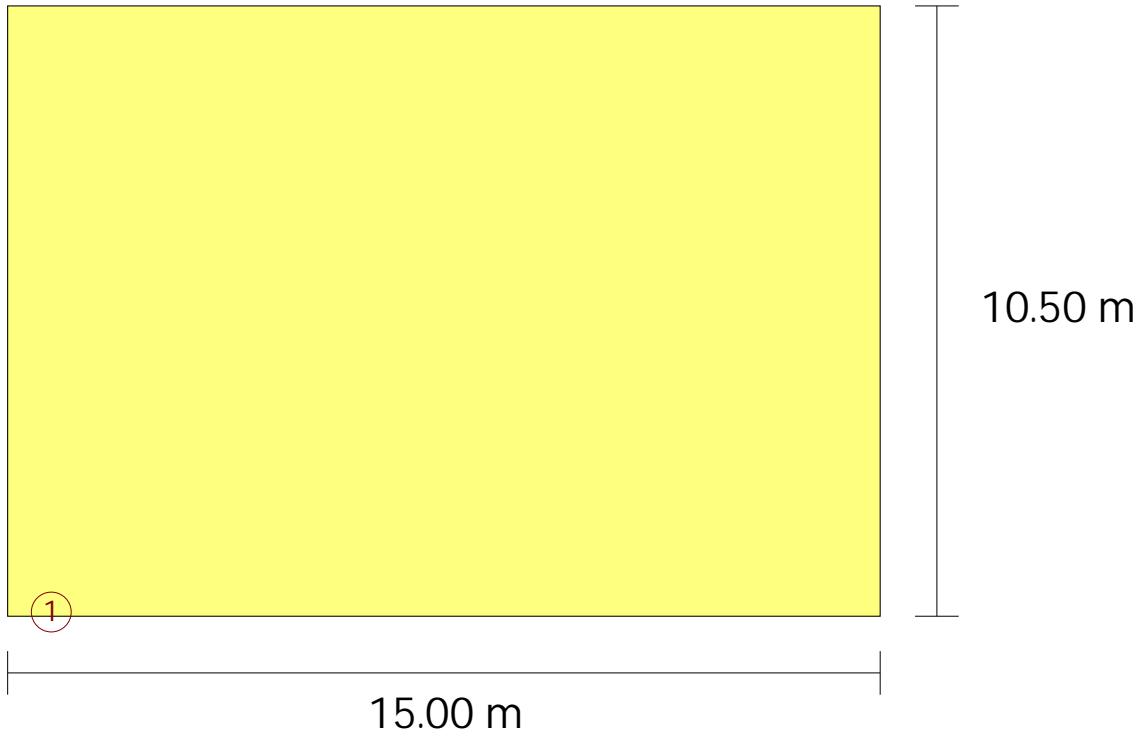
### Alumbrado de emergencia

Ceficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias

Procedido por una versión explicativa de CYPE

## Anejo de cálculo: Iluminación



Producido por una versión educativa de CYPE

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Normalux DA-600L

# Anejo de cálculo: Iluminación

## 2. CURVAS FOTOMÉTRICAS

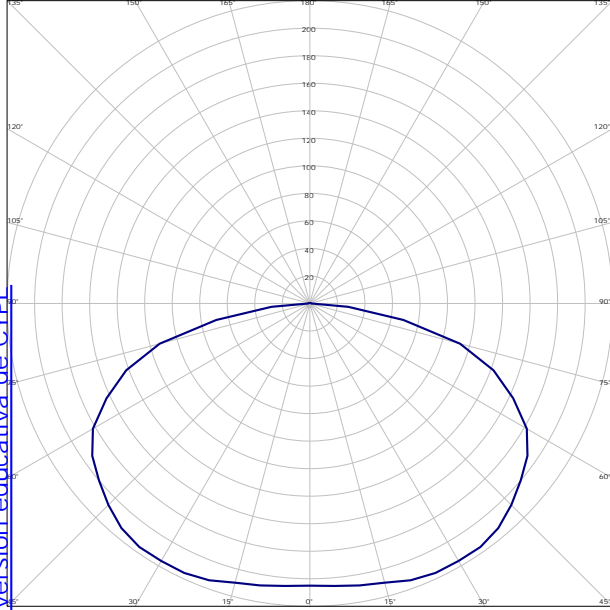
### TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado normal)

Tipo 3

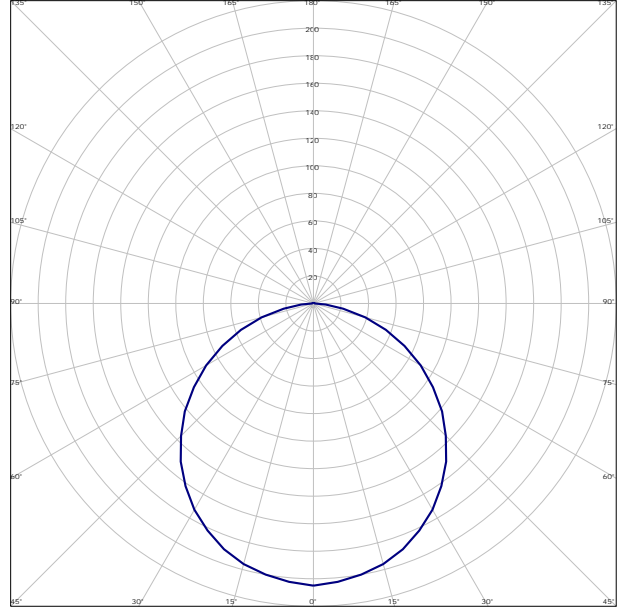
PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 TMS022 1x36W +GMS022 R TL-D/840 HFS (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 312)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



Producido por una versión educativa de CYPE

### POS DE LUMINARIA (Alumbrado de emergencia)

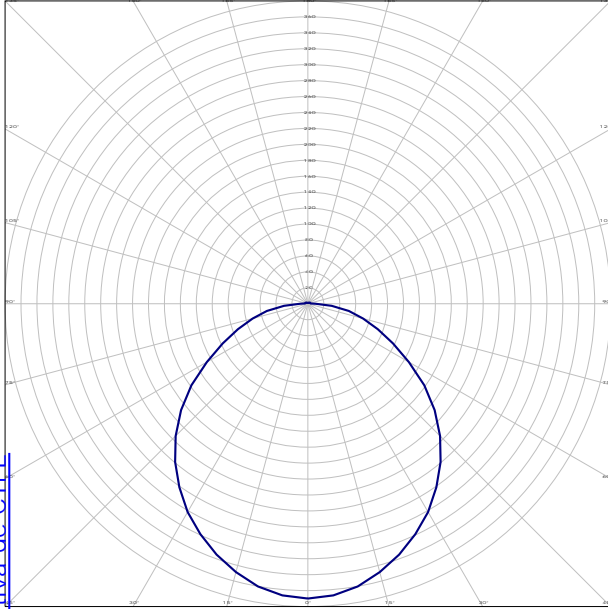
# Anejo de cálculo: Iluminación

Tipo 1

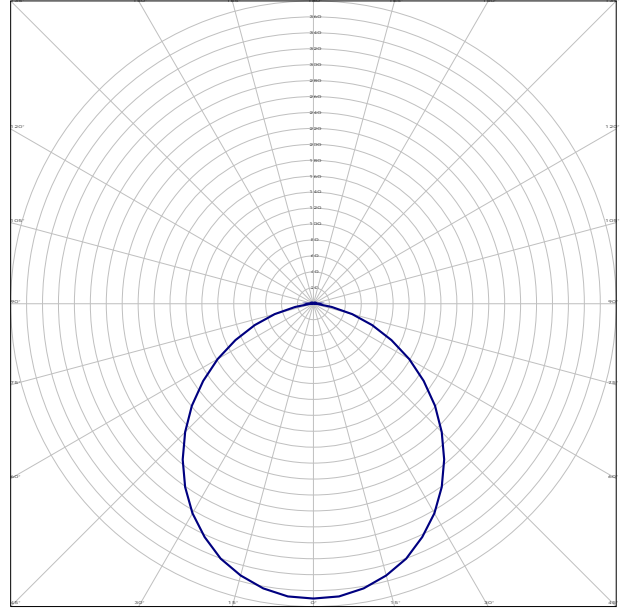
Normalux DA-600L (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 4)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



[Producido por una versión educativa de CYPE](#)

**Aula JB2**

# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	2.47
Número de puntos considerados, n	16
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	2160.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	93
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	693.09
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	21.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	1.98	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	364.88	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	59	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.40	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	693.09	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	21	$\leq 19$	✗
Uniformidad de iluminancia, $U_0$	0.58	$\geq 0.60$	✗
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

# Aula C1



# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	2.57
Número de puntos considerados, n	16
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	2592.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	93
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	725.72
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	21.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	2.06	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	441.34	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	68	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.40	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	725.72	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	21	$\leq 19$	✗
Uniformidad de iluminancia, $U_o$	0.75	$\geq 0.60$	✓
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

## Aula C2

# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	3.86
Número de puntos considerados, n	25
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	6480.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	93
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	907.38
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	22.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios

	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	1.76	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	406.77	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	48	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.20	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	907.38	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	22	$\leq 19$	✗
Uniformidad de iluminancia, $U_0$	0.46	$\geq 0.60$	✗
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

# Resultados fotométricos

## Orden de resultados:

1. Alumbrado normal
  - a. Isovalores
  - b. Isolíneas
  - c. Valores numéricos
2. UGR
  - a. Isovalores
  - b. Isolíneas
  - c. Valores numéricos

## Orden de aulas:

1. JB2
2. C1
3. C2

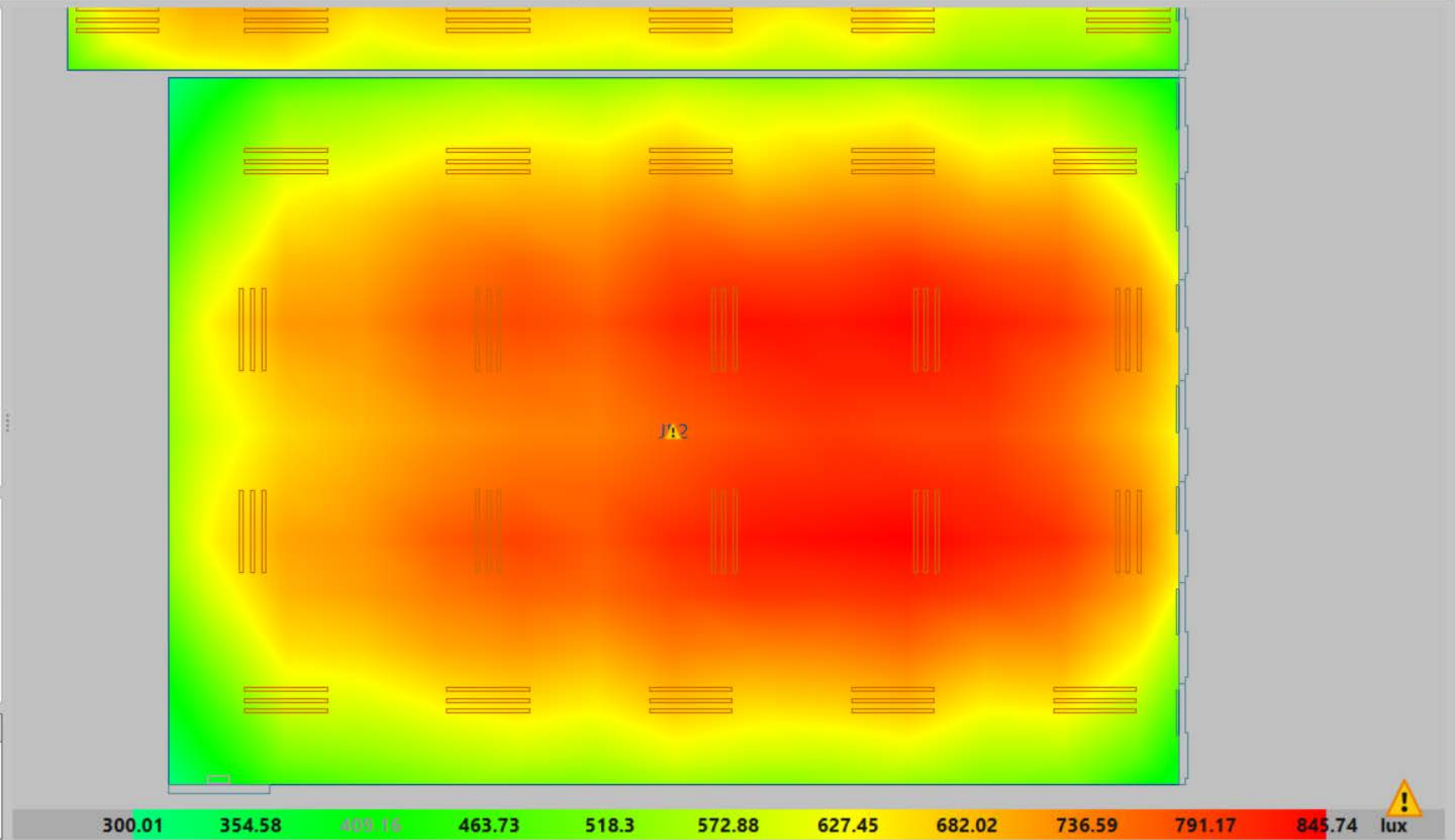


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar with icons for 3D, 2D, and various view manipulation tools.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' checkbox, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Iluminancias, alumbrado normal' dropdown.



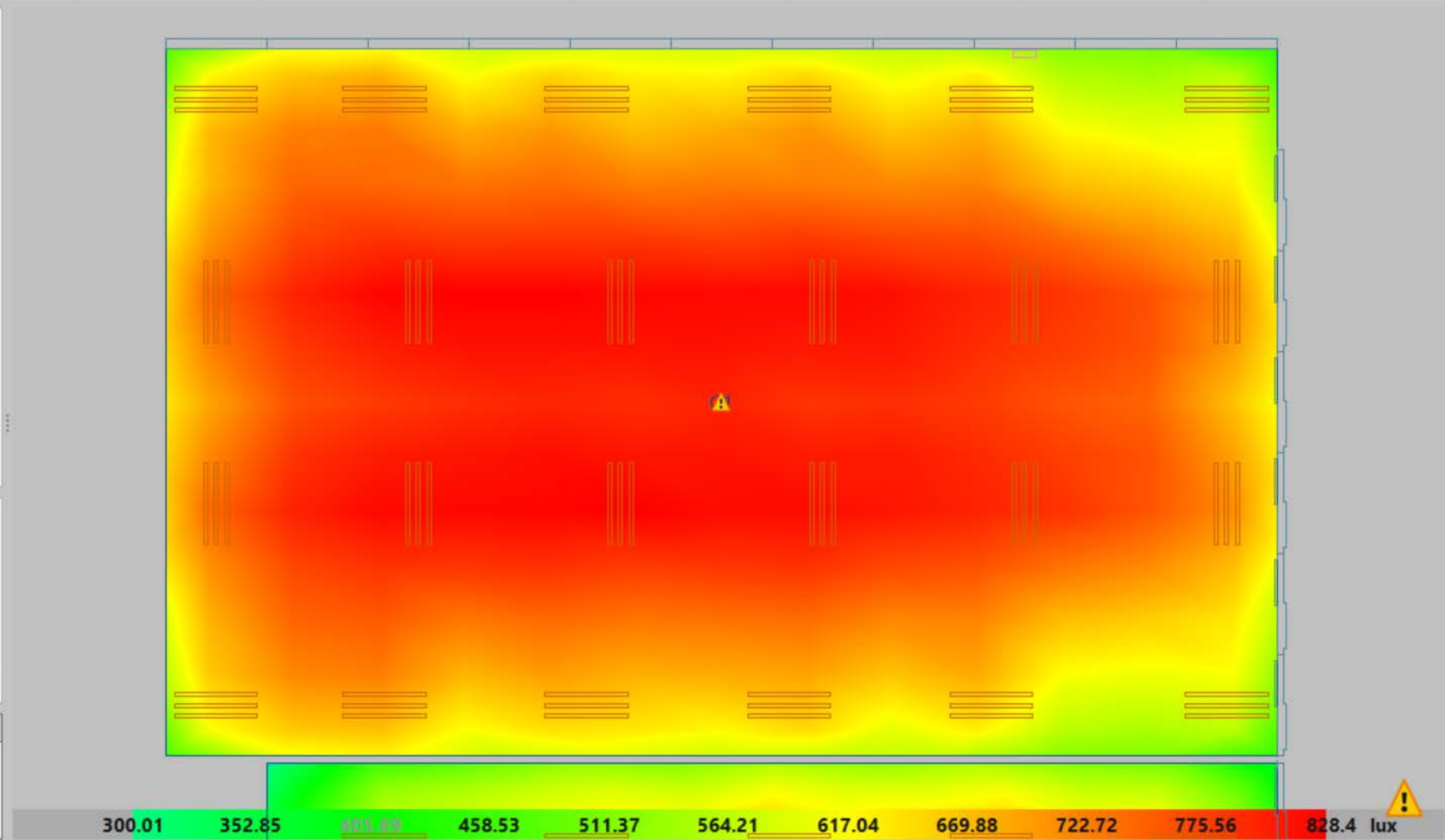


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar with icons for 3D, 2D, and other viewing modes.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Iluminancias, alumbrado normal' dropdown.



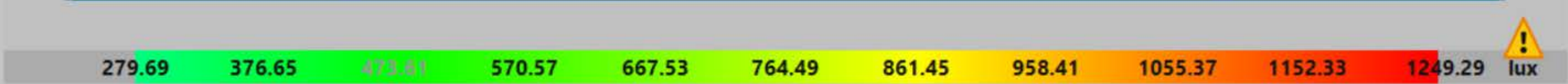
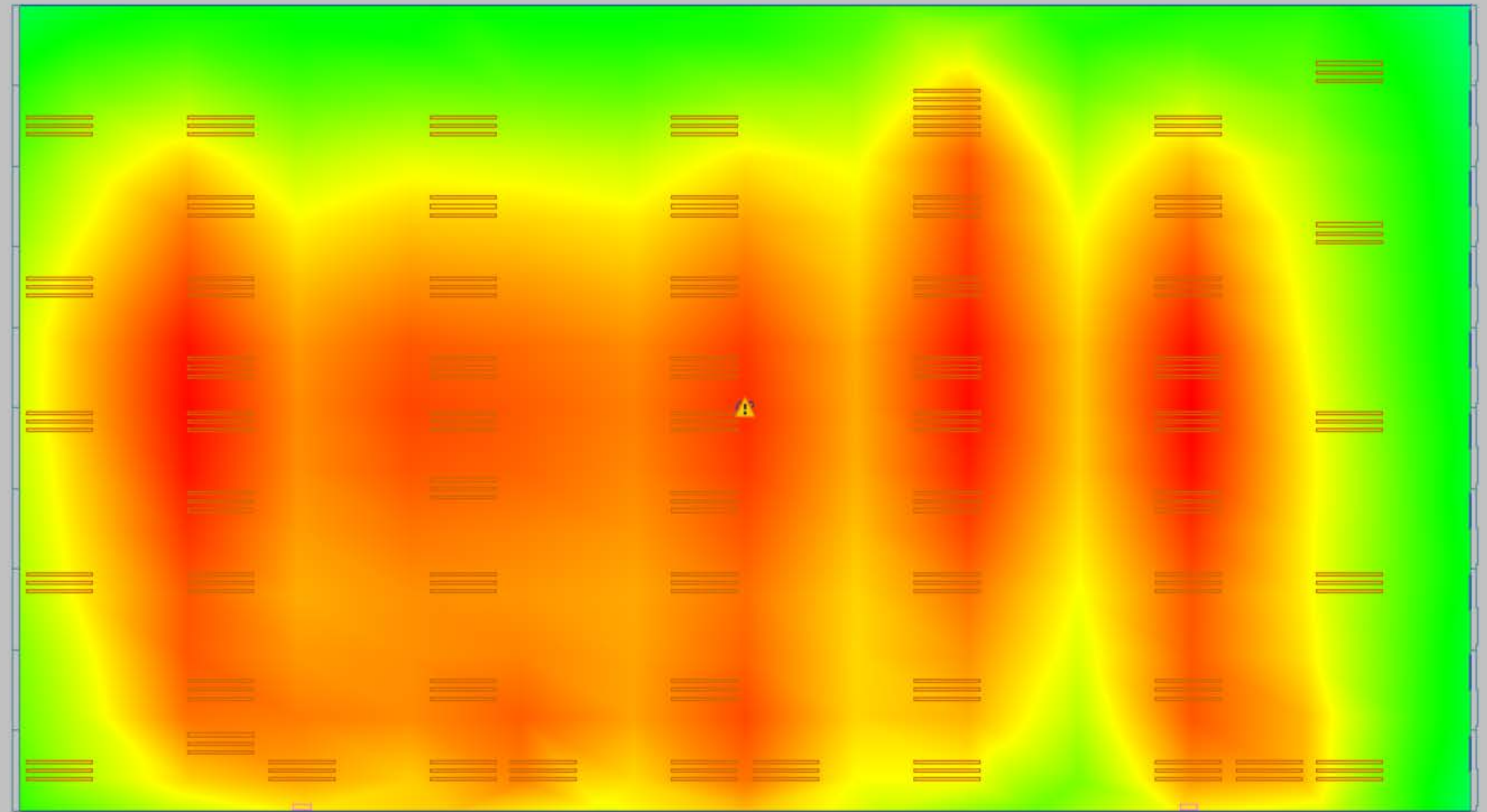


Project navigation and toolbars:

- Project: Proyecto
- Illumination: Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna
- Safety/Protection: Vía de evacuación, Equipamiento
- Edit: Edición
- Calculation: Actualizar resultados, Actualizar zona
- Visualization: Gestión de capas, Nueva vista, Render
- BIMserver.center: Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín

Left sidebar controls:

- Level: Nivel 1
- 3D View: Opciones
- Results:  Ver resultados
- Legend: Isovalores, Visualizar en 3D, Iluminancias, alumbrado normal



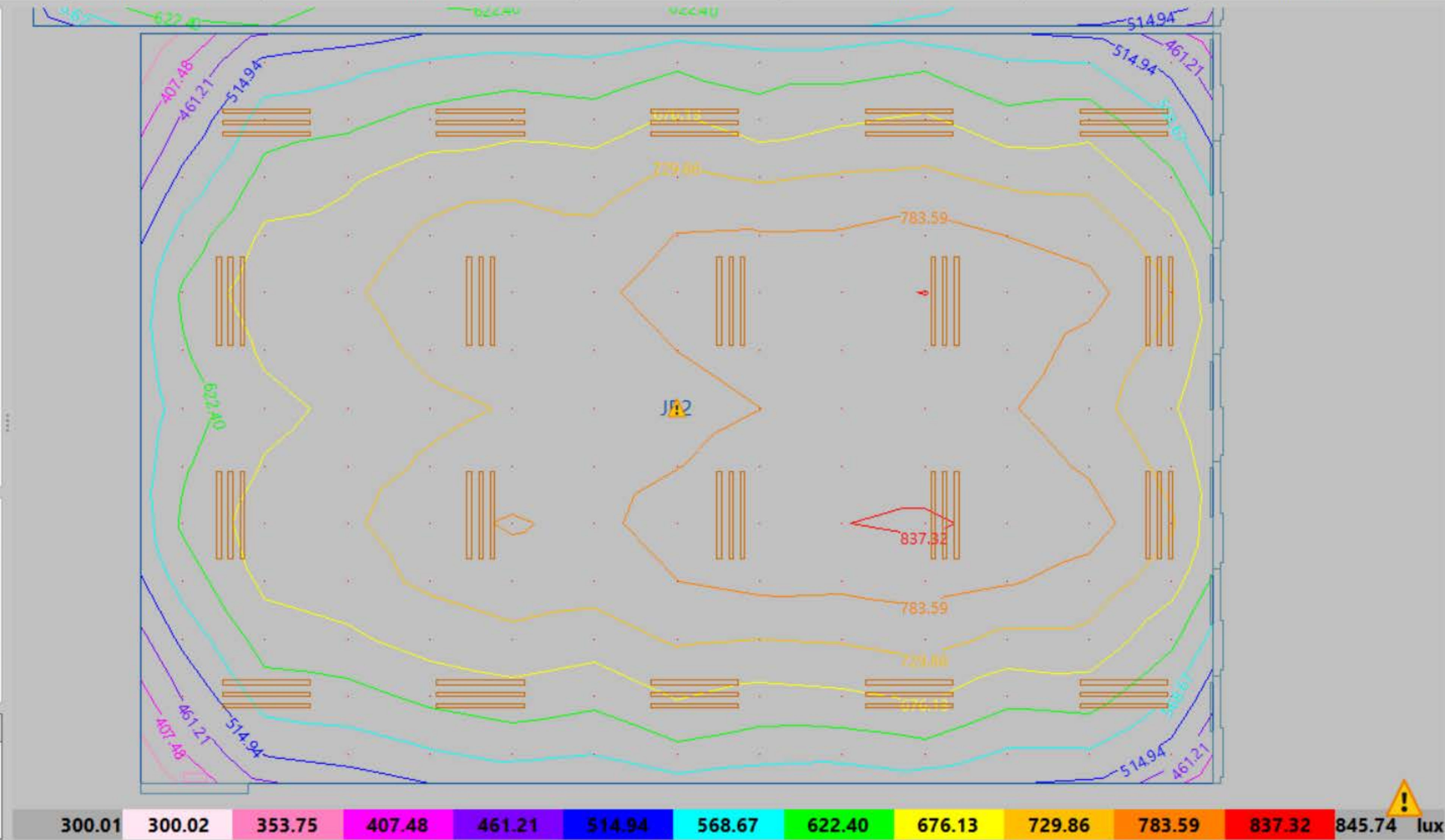


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar with icons for 3D, 2D, and other view modes.

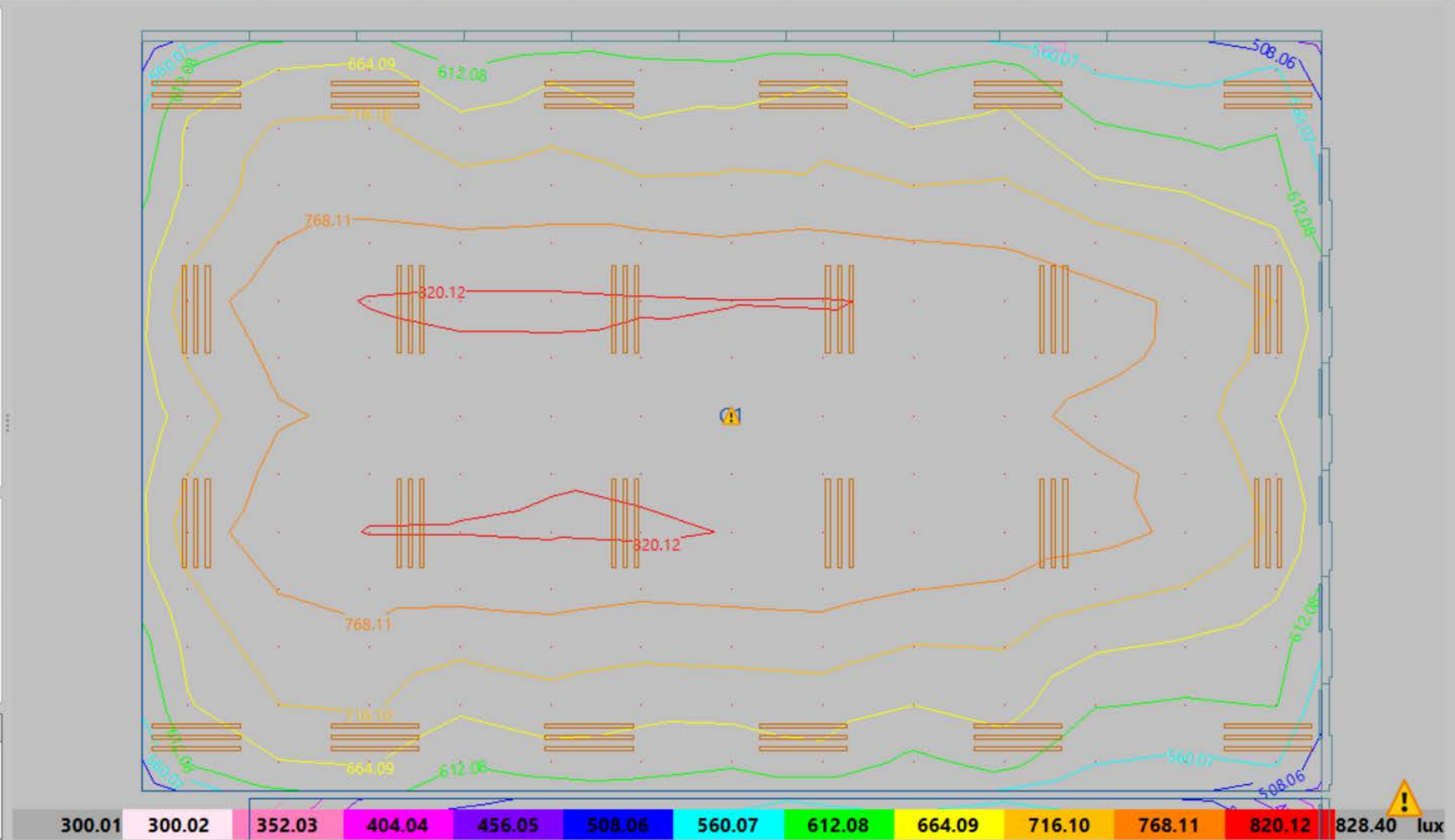
Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.





Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Left sidebar containing: 'Nivel 1' selection, a 3D model view, and a 'Ver resultados' section with dropdowns for 'Isolíneas' and 'Iluminancias, alumbrado normal'.



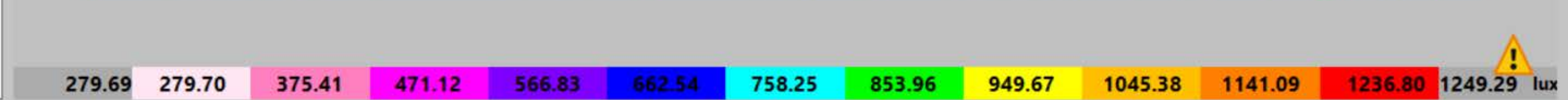
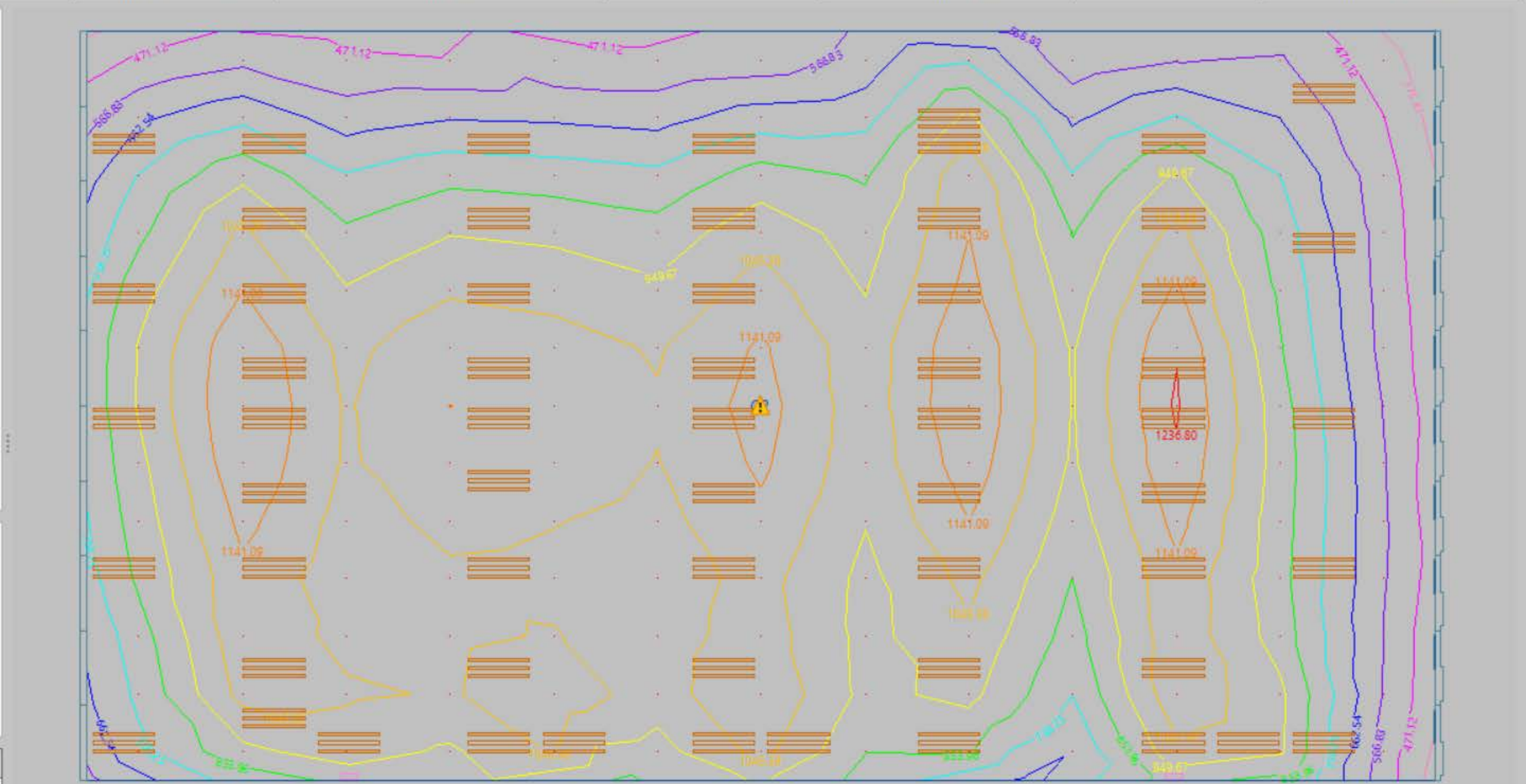


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model preview of the building layout.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.





Proyecto
Iluminación
Seguridad/Protección
Edición
Cálculo
Visualización
BIMserver.center

Nivel 1

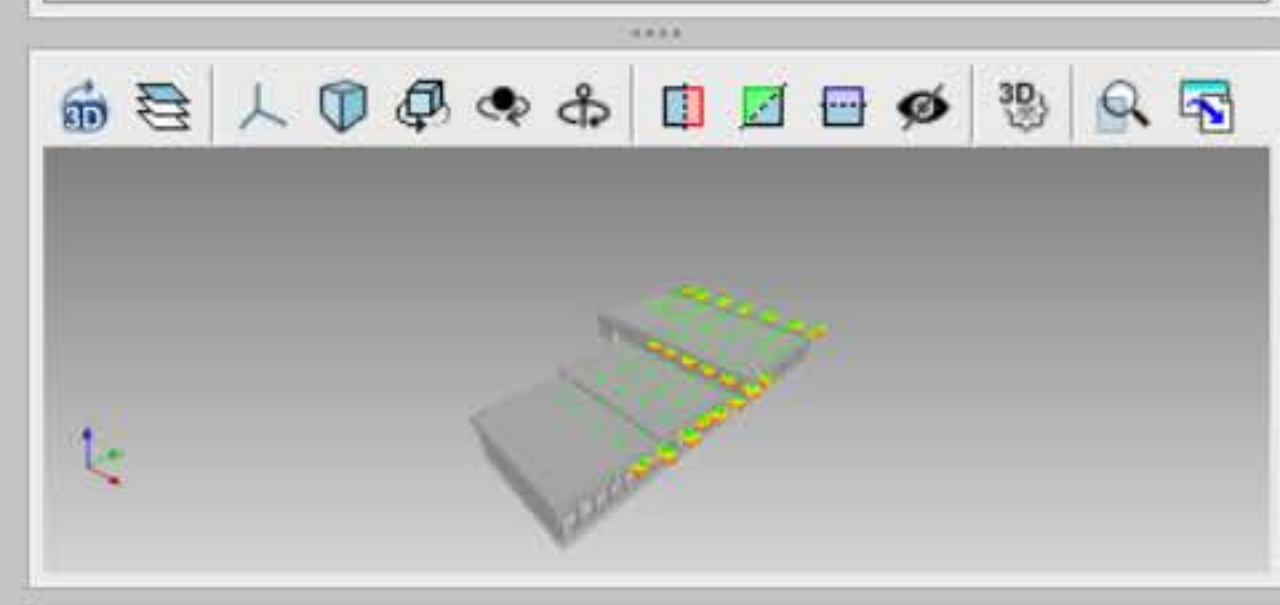
Ver resultados  
 Numérico  
 Iluminancias, alumbrado normal

402.98	528.78	549.42	573.43	589.12	577.66	611.07	594.67	595.05	609.92	571.92	568	493.7
469.2	594.89	608.55	640.77	657.3	647.36	685.01	644.92	669.32	684.83	639.29	651.98	568.75
528.29	641.55	667.47	703.75	708.62	706.28	741.36	723.71	736.15	741.08	717.51	714.33	633.51
589.04	686.56	698.9	740.81	763.13	742.78	785.14	788.01	789.51	806.95	782.9	766.41	696.79
630.05	714.52	720.18	765.43	783.63	770.46	811.88	831.45	826.87	838.21	823.51	799.21	734.06
617.73	684.23	704.3	742.73	755.82	750.35	783.93	807.2	815.08	815.17	807.93	767.17	709.62
596.52	660.49	689.15	716.77	734.18	736.93	761.26	783.11	797.46	788.69	788.57	751.81	683.77
615.77	680.44	704.86	737.64	757.36	758.73	781.81	809.09	813.75	815.4	806.71	777.02	713.19
630.58	704.68	719.29	765.64	788.78	769.5	809.74	829.82	836.34	845.74	823.06	804.96	736.66
591.75	688.32	709.41	739.11	761.19	754.69	783.16	800.31	797.9	806.68	788.7	764.47	698.45
528.81	649.5	664.68	700.97	716.44	701.25	737.38	730.66	735.46	751.98	715.99	715.16	636.38
462.92	595.03	603.01	635.98	656.28	639.45	679.66	658.94	666	683.95	639.02	648.5	589.3
401.92	516.99	535.68	561.27	582.21	569.31	605.32	589.03	584.38	599.26	560.78	560.38	492.74



Proyecto
Iluminación
Seguridad/Protección
Edición
Cálculo
Visualización
BIMserver.center

Nivel 1



Ver resultados  
 Numérico  
 Iluminancias, alumbrado normal

622.67	665.55	684.06	614.49	652.9	628.53	624.24	649.84	605.69	631.68	556.5	543.34	565.06
672.72	722.78	728.23	683.37	703.45	671.21	684.22	705.44	664.4	681.99	617.99	600.25	609.31
675.74	744.26	741.54	732.67	741.23	724.26	727.43	723.78	715.69	721.37	671.19	657.09	631.43
704.44	768.78	786.94	779.91	781.93	781.72	773.81	780.93	770.2	765.27	740.61	711.85	675.55
742.13	799.37	823.01	827.77	828.4	823.18	821.02	822.12	816.04	799.71	783.9	760.63	714.49
719.72	780.75	803.01	813.13	813.34	812.29	813.11	807.94	809.2	791.02	777.47	760.06	697.12
690.31	762.39	779.54	790.44	797.3	790.99	790.33	784.19	789.59	779.28	758.1	744.07	666.76
715.1	785.06	805.39	811.64	817.07	810.01	812.68	805.81	807.39	794.04	775.83	759.87	692.65
740.35	800.81	821.79	822.05	824.84	827.91	818.35	820.02	809.42	799.58	785.68	758.22	708.43
707.59	770.32	787.28	785.19	789.4	779.23	783.69	787.56	768.99	761.8	733.18	712.52	670.7
678.29	744.42	753.18	727.27	739.75	729.36	732.35	737.25	714.2	717.36	670.04	655.82	633.24
659.48	716.38	723.59	676.12	698.12	681.65	685.45	690.97	664.12	686.64	615.25	606.2	613.97
614.92	661.72	669.67	615.61	641.22	634.57	621.78	647.69	599.61	630.58	562.96	550.21	565.81



Proyecto Iluminación Seguridad/Protección Edición Cálculo Visualización BIMserver.center

Zona interior Luminaria exterior Luminaria de emergencia Luz diurna

Vía de evacuación Equipamiento

Actualizar resultados Actualizar zona

Gestión de capas Nueva Render vista

Actualizar Exportar Paula Martínez Martín

Nivel 1

Ver resultados

Numérico

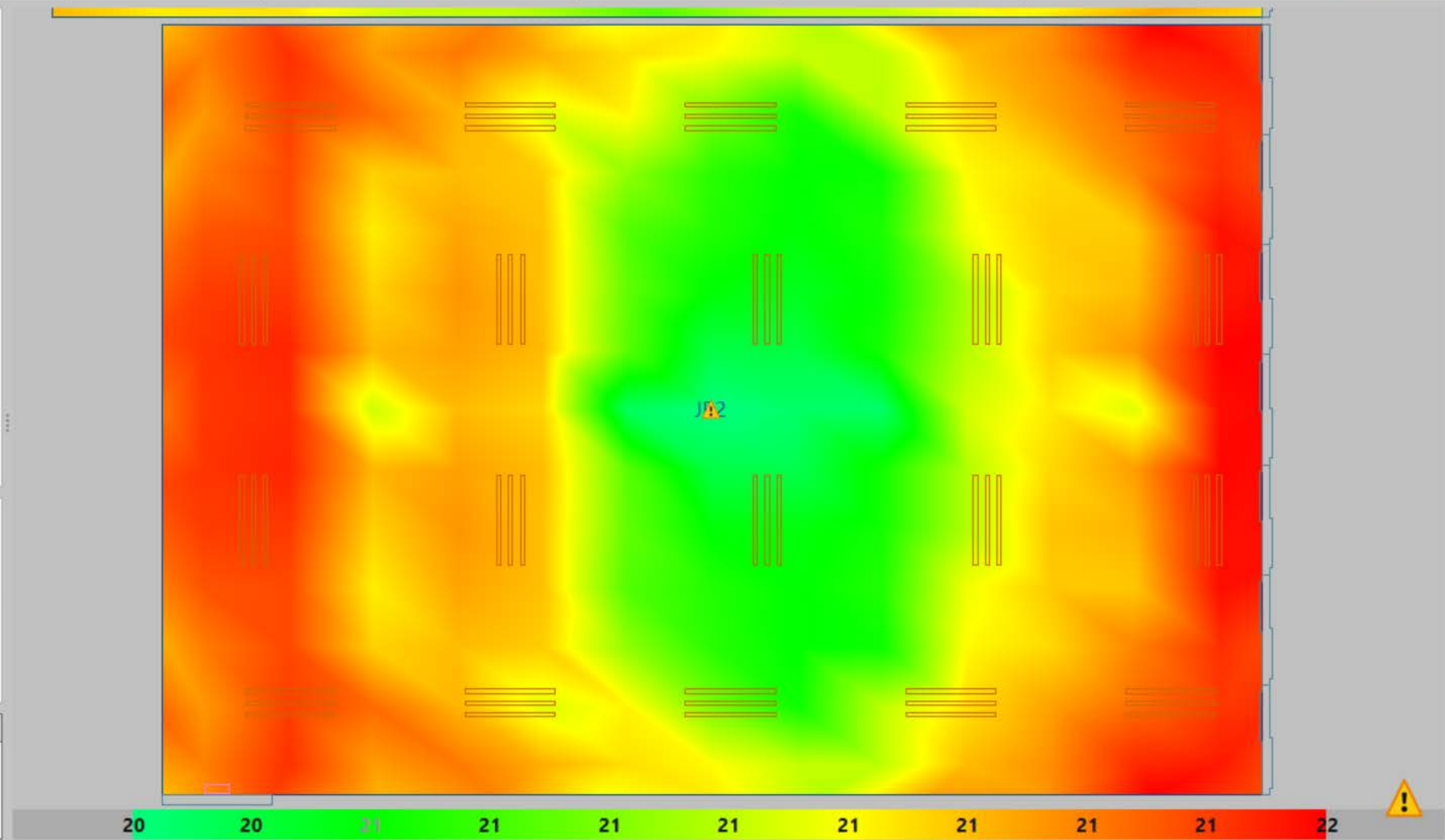
Iluminancias, alumbrado normal

486.51	544.34	482.42	473.57	497.12	493.12	512.43	599.8	747.19	508.75	562.34	577.62	421.61
645.55	732.28	616.68	657.22	646.93	629.11	708.81	729.03	971.56	644.31	764.55	661.1	473.69
761.49	925.98	763.8	828.02	810.31	782.75	895.59	843.45	1118.24	764.48	964.68	757.67	509.28
832.32	1064.07	871.45	944.9	928.98	893.74	1010.45	905.7	1140.52	848.2	1076.59	807.49	524.35
907.9	1139.14	957.12	1034.32	1014.19	968.49	1089.53	945.43	1171.61	900.86	1155.52	836.97	532.26
956.77	1219.49	1017.65	1113.97	1086.08	1035.5	1155.43	986.02	1224.27	941.4	1229.75	862.23	537.76
957.4	1235.14	1036.62	1141.96	1108.75	1055.6	1171.62	988.86	1229	943.78	1249.29	893.71	560.44
925.7	1215.83	1033.25	1117.43	1096.9	1041.71	1158.7	982.28	1197.1	935.76	1223.68	902.67	575.27
900.52	1167.33	1008.08	1068.6	1049.1	1016.75	1117.09	954.44	1142.65	897.45	1169.41	892.56	578.61
870.49	1116.28	986.98	1029.52	1022.51	991.64	1079.45	924.79	1073.13	853.4	1116.8	887.43	575.99
811.85	1113.98	1018.81	1031.01	1050.73	996.91	1096.54	920.93	1025.28	814.61	1112.2	907.11	563.43
777.84	1077.03	1059.29	1036.86	1103.42	1000.58	1134.04	922.99	977.96	761.54	1116.3	971.84	559.81
733.31	925.61	997.5	934.51	1051.67	913.73	1074.38	858.93	861.21	667.8	1019.44	965.63	522.26



Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Left sidebar containing: 'Nivel 1' list, 3D view controls, 'Ver resultados' checkbox, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.



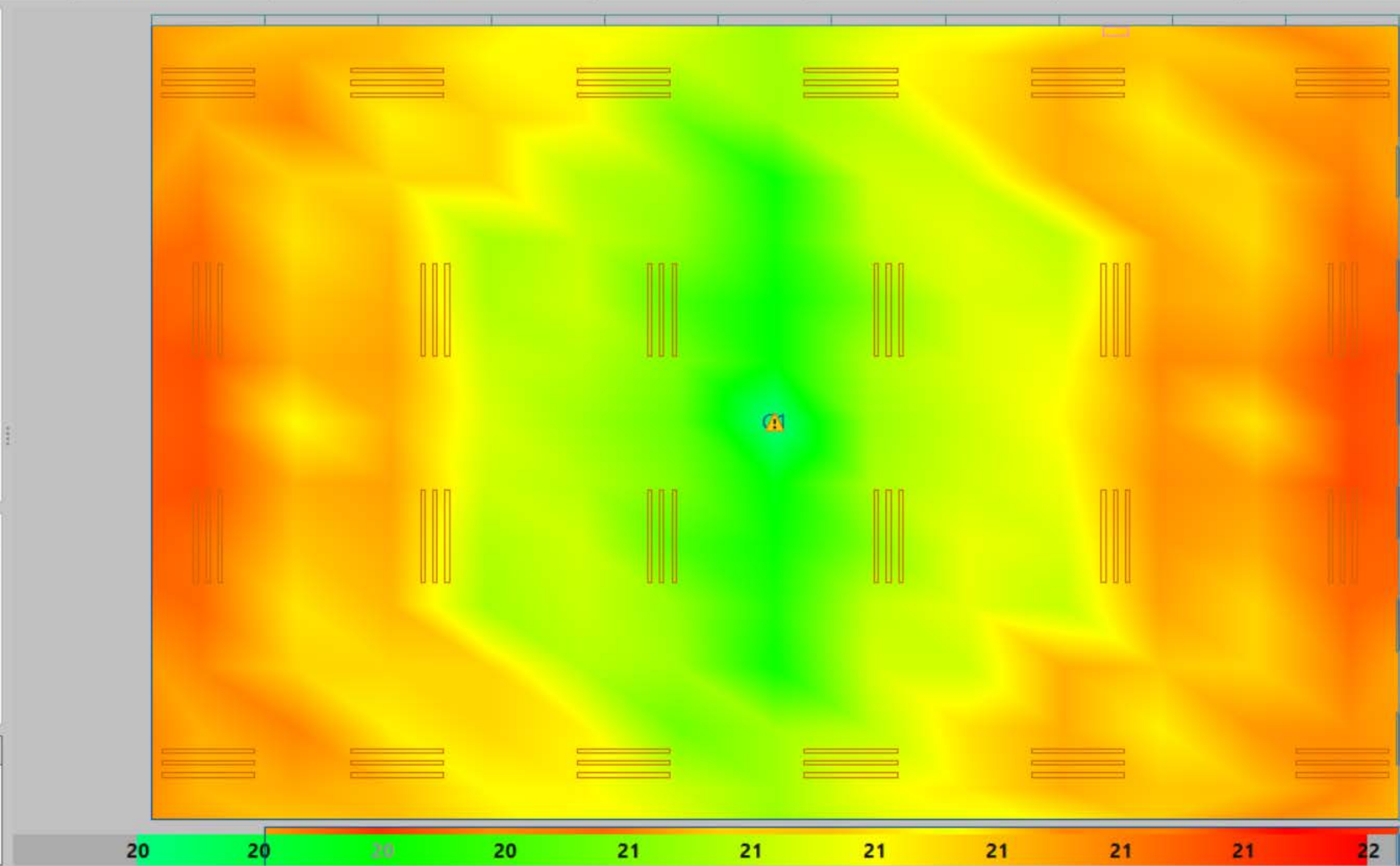


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model preview of a building section.

Results control panel with options:  Ver resultados, Isovalores dropdown,  Visualizar en 3D, and Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal dropdown.



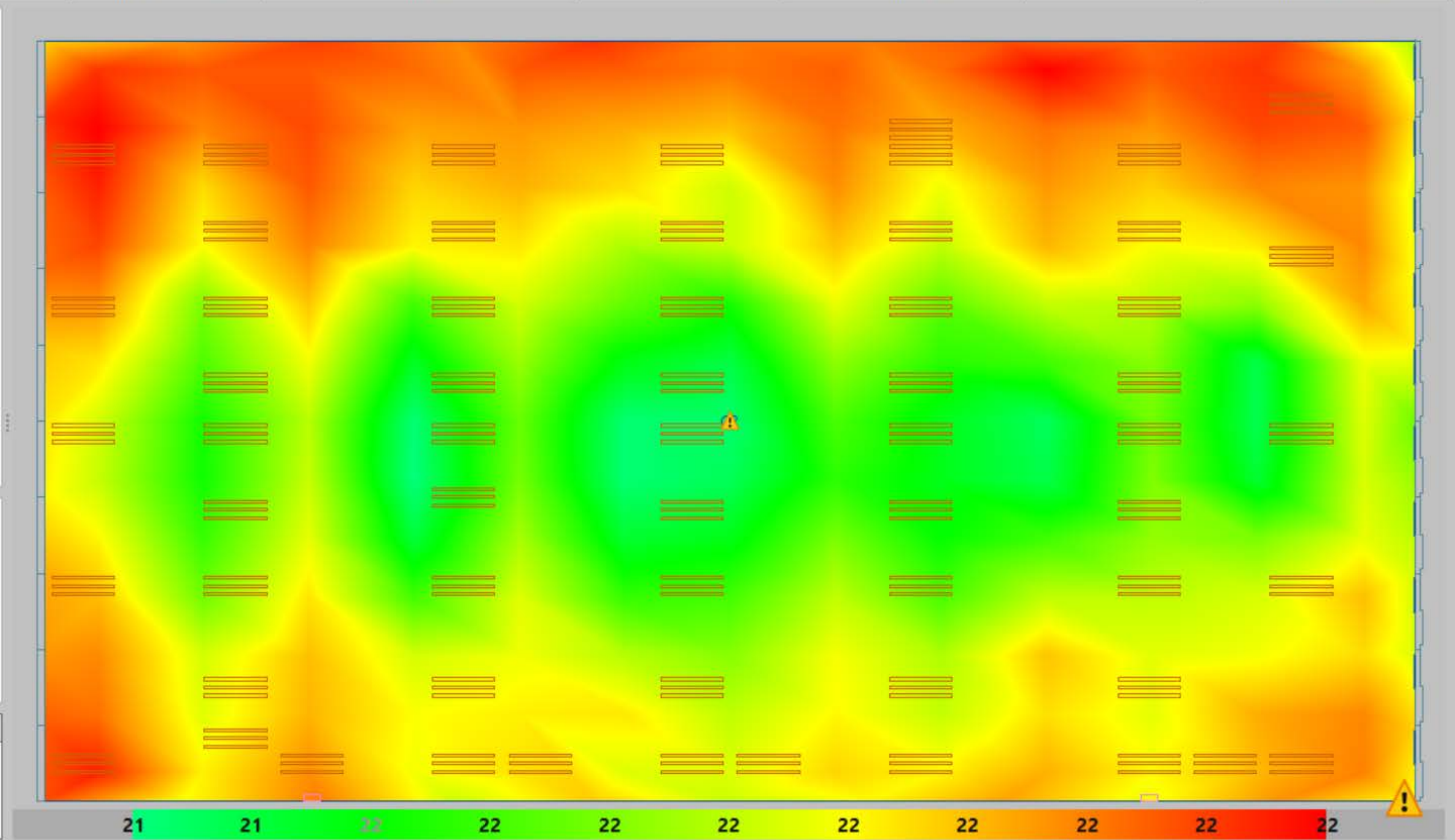


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar with icons for 3D, 2D, and other view modes.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.



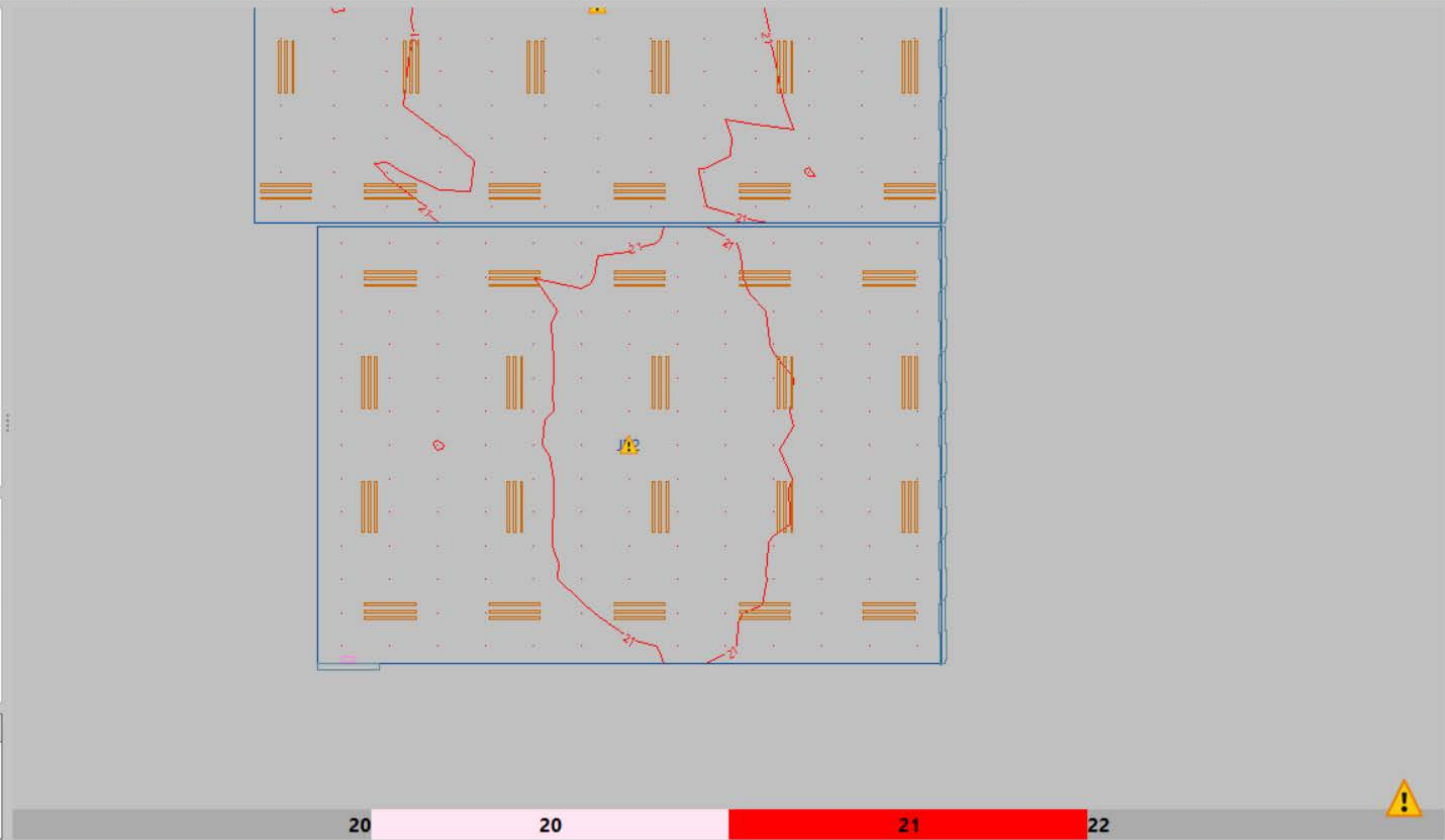


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the lighting layout on a floor slab.

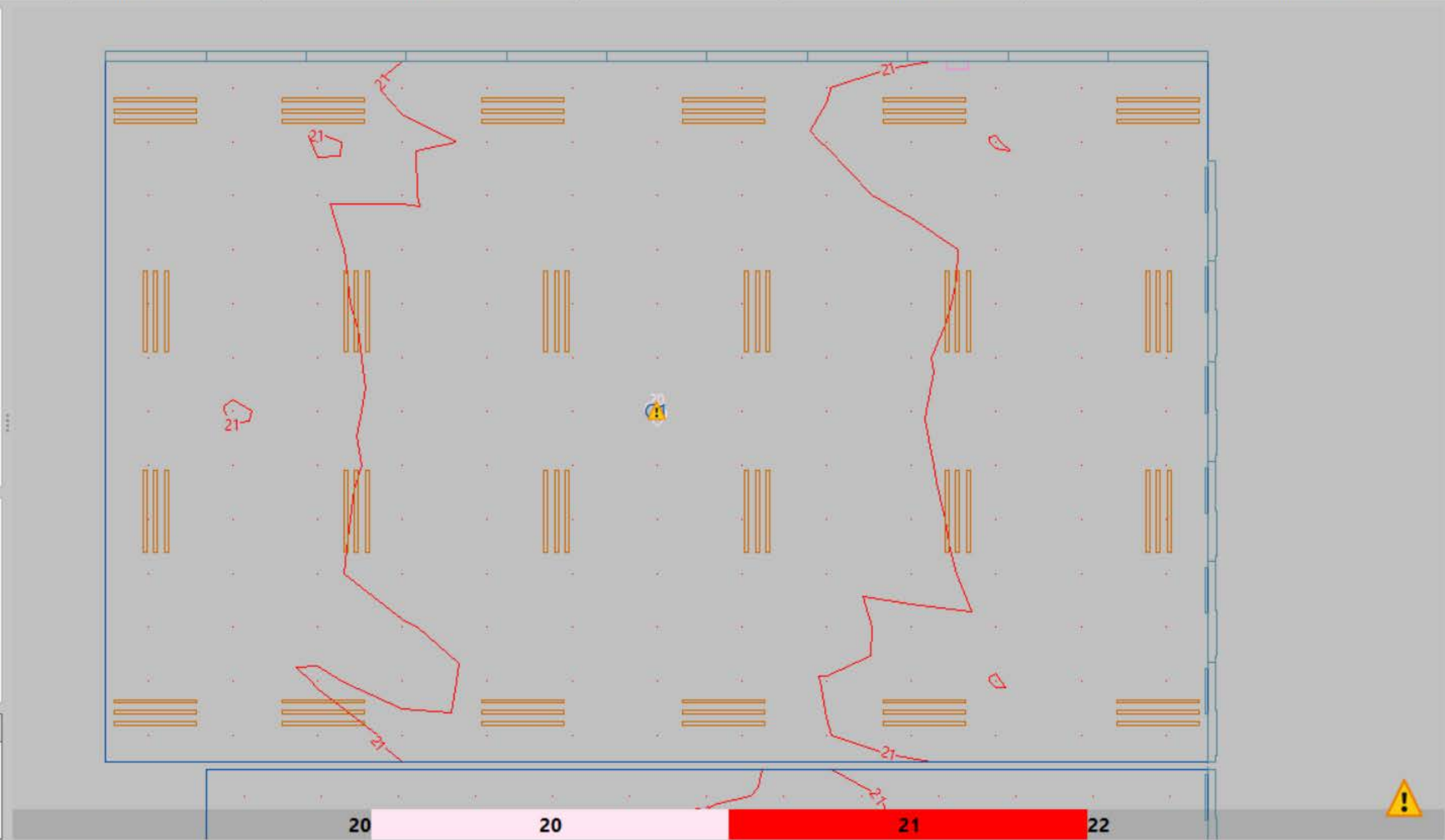
Results display controls including a checked 'Ver resultados' checkbox, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown menu set to 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal'.





Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Left sidebar containing: 'Nivel 1' selection, a 3D preview window, and a 'Ver resultados' section with dropdowns for 'Isolíneas' and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal'.



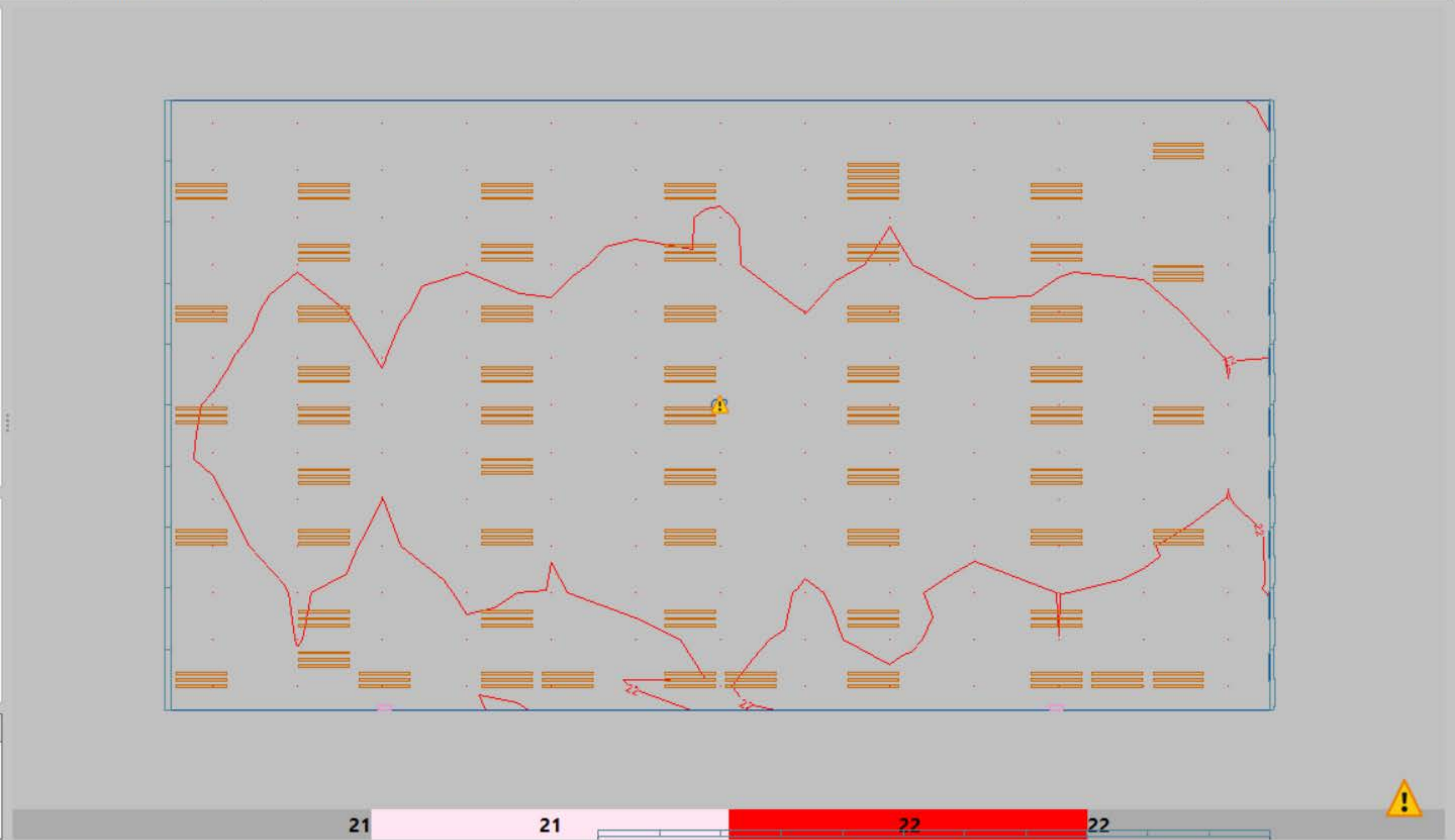


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Gestión de capas, Visualización (Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the lighting layout on a floor slab.

Results control panel with 'Ver resultados' checked, 'Isolíneas' dropdown, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.





Proyecto
Iluminación
Seguridad/Protección
Edición
Cálculo
Visualización
BIMserver.center

Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna, Vía de evacuación, Equipamiento, Actualizar resultados, Actualizar zona, Gestión de capas, Nueva Render vista

Nivel 1

Ver resultados

Numérico

Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal

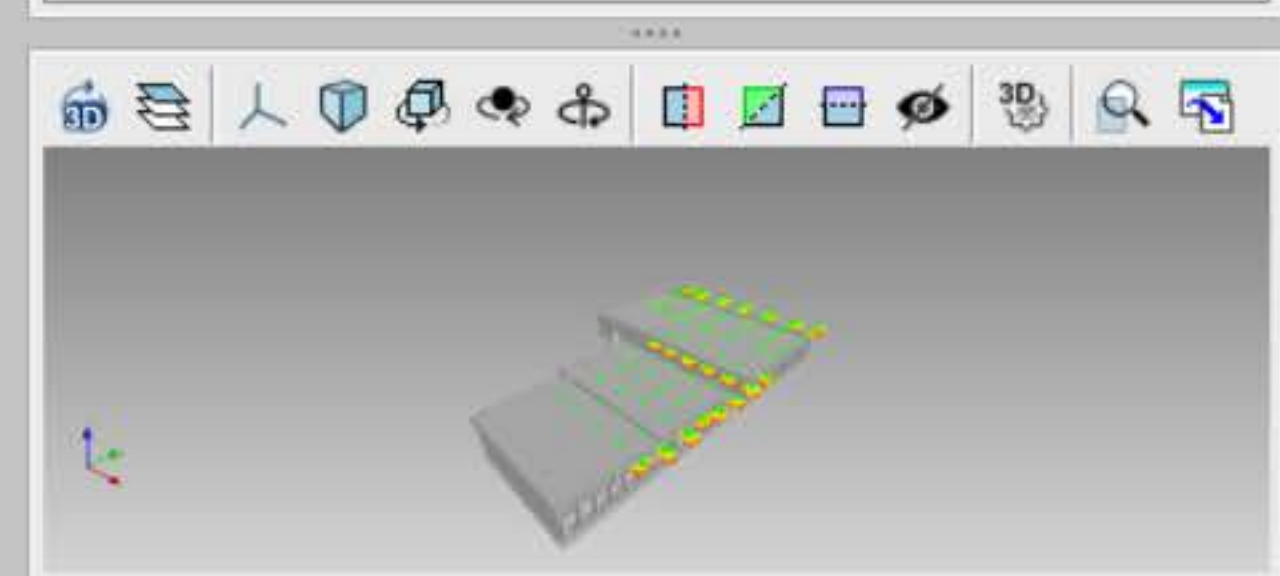
21.14	21.17	21.12	20.95	20.96	20.8	20.69	20.92	20.99	21.15	21.09	21.11	21.27
21.34	21.52	21.28	21.36	21.24	21.13	21.07	20.94	20.93	21.21	21.32	21.54	21.58
21.3	<del>21.5</del>	21.39	<del>21.23</del>	<del>21.01</del>	21.09	<del>20.76</del>	20.54	20.92	<del>21.13</del>	21.27	<del>21.4</del>	<del>21.51</del>
21.35	21.47	21.16	21.21	21.18	20.83	20.6	20.5	20.53	21.07	21.15	21.34	21.52
21.45	21.47	21.1	21.26	21.2	20.69	20.58	20.49	20.57	21.04	21.17	21.18	21.6
21.5	<del>21.5</del>	21.16	21.3	21.2	20.72	20.49	<del>20.43</del>	20.53	<del>20.88</del>	21.16	21.21	<del>21.58</del>
21.51	<del>21.55</del>	21.22	21.27	21.21	20.7	20.35	<del>20.36</del>	20.56	20.91	21.17	21.29	<del>21.63</del>
21.51	21.53	20.96	21.22	21.16	20.3	<del>20.22</del>	20.27	20.27	20.97	21.11	21	21.6
21.51	<del>21.55</del>	21.22	21.27	21.21	20.7	20.35	<del>20.34</del>	20.54	<del>20.9</del>	21.15	21.28	<del>21.62</del>
21.5	<del>21.5</del>	21.16	21.3	21.2	20.72	20.49	<del>20.47</del>	20.55	<del>20.9</del>	21.2	21.24	<del>21.6</del>
21.45	21.47	21.1	21.26	21.2	20.69	20.58	20.5	20.57	21.04	21.18	21.19	21.6
21.35	21.47	21.16	21.21	21.17	20.83	20.6	20.5	20.53	21.07	21.15	21.34	21.52
21.3	<del>21.5</del>	21.39	<del>21.23</del>	<del>21</del>	21.09	<del>20.76</del>	20.53	20.92	<del>21.13</del>	21.27	<del>21.4</del>	<del>21.51</del>
21.34	21.52	21.28	21.36	21.24	21.13	21.07	20.94	20.93	21.21	21.32	21.54	21.58





Proyecto
Iluminación
Seguridad/Protección
Edición
Cálculo
Visualización
BIMserver.center

Nivel 1



Ver resultados  
 Numérico  
 Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal

21.14	21.17	21.12	20.95	20.96	20.8	20.69	20.92	20.99	21.15	21.1	21.11	21.27
21.16	21.27	20.98	21.05	20.97	20.57	20.69	20.77	21.02	21.16	20.99	21.22	21.24
21.26	21.06	21.05	21.05	20.75	20.69	20.28	20.82	20.82	21.16	21.09	21.06	21.29
21.35	21.02	21.13	20.71	20.8	20.66	20.33	20.78	20.88	20.78	21.18	21.05	21.35
21.34	21.1	21.16	20.74	20.81	20.47	20.25	20.6	20.85	20.83	21.19	21.13	21.34
21.42	21.15	21.19	20.82	20.75	20.59	20.25	20.72	20.85	20.92	21.26	21.22	21.44
21.4	20.95	21.16	20.85	20.7	20.53	19.92	20.68	20.81	20.96	21.22	21.02	21.42
21.42	21.15	21.19	20.82	20.75	20.59	20.23	20.72	20.83	20.91	21.24	21.2	21.43
21.34	21.1	21.16	20.74	20.81	20.47	20.27	20.62	20.89	20.85	21.22	21.16	21.37
21.35	21.02	21.13	20.71	20.8	20.66	20.34	20.79	20.88	20.79	21.19	21.06	21.35
21.26	21.06	21.05	21.05	20.75	20.69	20.28	20.82	20.82	21.16	21.09	21.06	21.29
21.16	21.27	20.98	21.05	20.97	20.57	20.69	20.77	21.02	21.16	20.99	21.22	21.24
21.14	21.17	21.12	20.95	20.96	20.8	20.69	20.92	20.99	21.15	21.09	21.11	21.27
21.34	21.52	21.28	21.36	21.24	21.13	21.07	20.94	20.93	21.21	21.32	21.54	21.58



Proyecto
Iluminación
Seguridad/Protección
Edición
Cálculo
Visualización
BIMserver.center

Nivel 1

Ver resultados  
 Numérico  
 Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal

22.4	22.33	22.33	22.3	22.33	22.32	22.28	22.32	22.29	22.48	22.33	22.39	22.21
22.49	22.25	22.36	22.2	22.22	22.18	22.15	22.28	22.18	22.28	22.22	22.36	22.33
22.43	22.1	22.33	22.11	22.18	22.09	21.96	22.24	22.01	22.22	22.12	22.25	22.22
22.37	22.04	22.26	22.06	22.08	21.9	21.95	22.14	21.94	22.17	22.03	22.07	22.25
22.23	21.81	22.14	21.71	21.97	21.77	21.63	22.01	21.75	21.94	21.92	21.85	22.19
22.08	21.73	22.02	21.53	21.86	21.55	21.47	21.84	21.66	21.7	21.84	21.46	22.01
21.97	21.63	21.92	21.39	21.78	21.4	21.4	21.73	21.54	21.43	21.8	21.45	21.98
21.95	21.62	21.94	21.37	21.8	21.39	21.44	21.67	21.55	21.46	21.82	21.5	21.97
22.05	21.69	22	21.49	21.89	21.51	21.56	21.81	21.6	21.7	21.85	21.81	22.01
22.16	21.79	22.08	21.71	21.99	21.68	21.71	21.93	21.72	21.94	21.93	21.97	22.15
22.24	21.97	22.15	21.97	22.02	21.92	21.84	22.03	21.91	22.14	22	22.03	22.1
22.29	21.99	22.17	22.04	22.06	22.08	21.93	22.05	21.94	22.09	22	22.18	22.25
22.43	22.06	22.23	22.02	22.09	21.99	21.98	22.11	22.05	22.17	22.04	22.16	22.26



## Primer caso

## ÍNDICE

1. ALUMBRADO INTERIOR.....	2
2. CURVAS FOTOMÉTRICAS.....	13



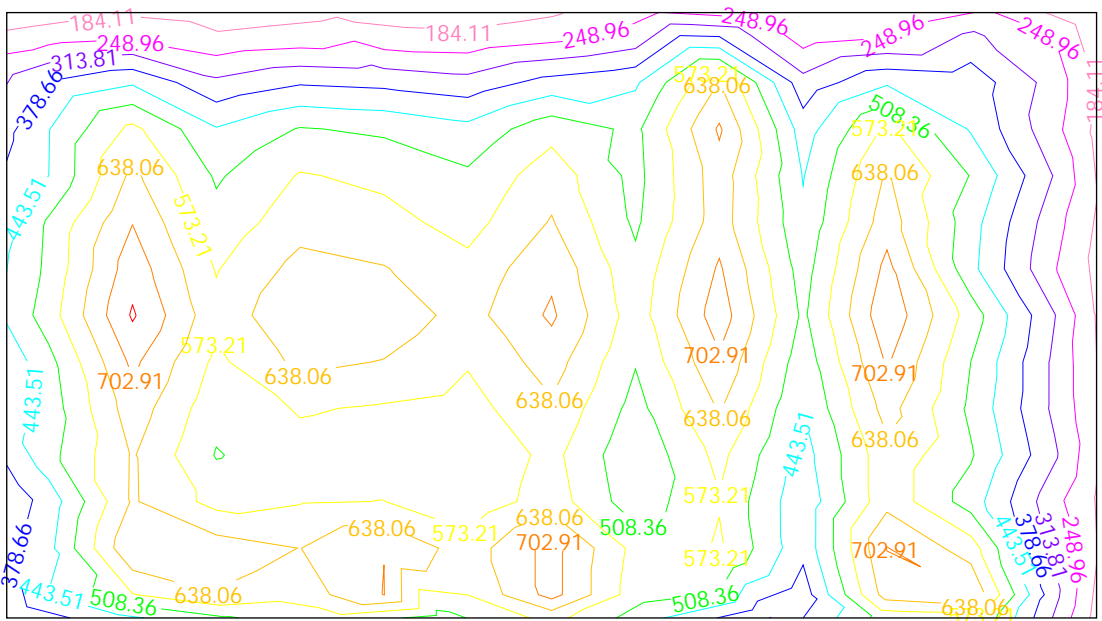


## Anejo de cálculo: Iluminación

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	191.32
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	516.70
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	17.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEL (W/m <sup>2</sup> ):	0.99
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m <sup>2</sup> ):	5.11
Factor de uniformidad (%):	37.03
Índice de rendimiento cromático:	80.00

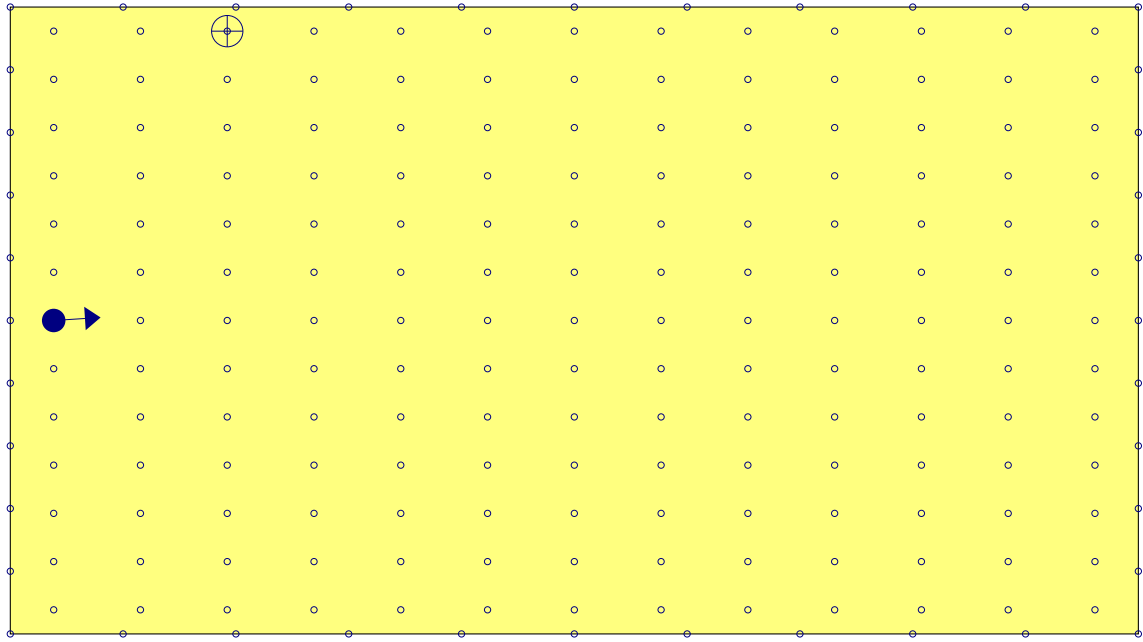
Valores calculados de iluminancia

Producido por una versión educativa de CYPE



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación

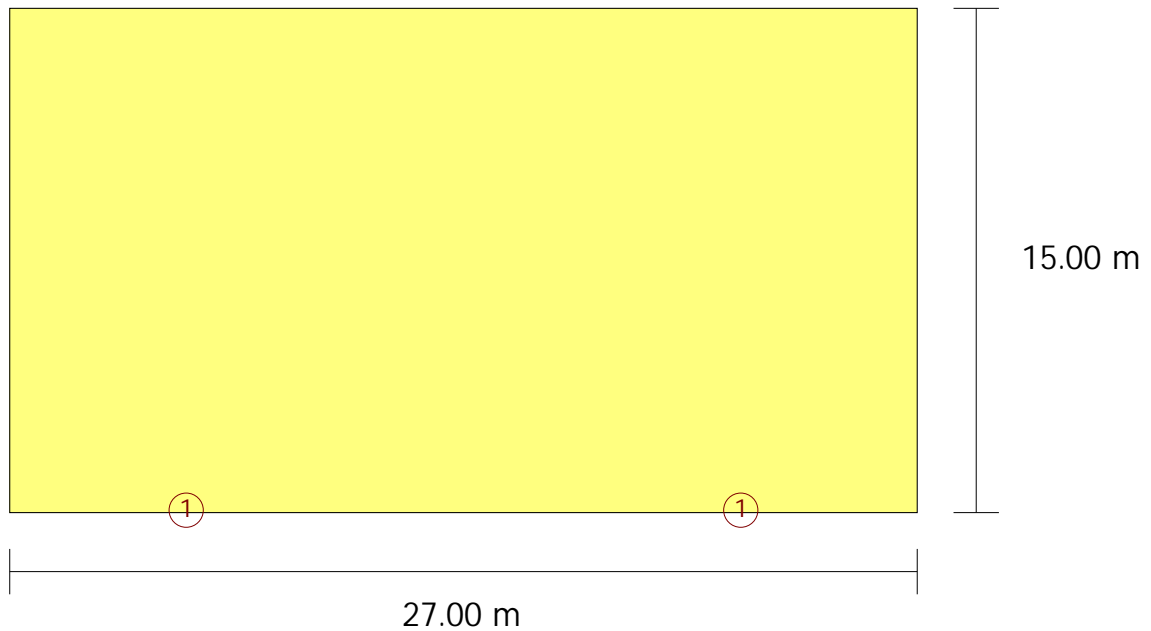


- Iluminancia mínima (191.32 lux)
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 17.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

coeficiente de reflectancia:	0.00
factor de mantenimiento:	0.80

### Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	2	Normalux DA-600L

Producido por un sistema educativo de TYPE

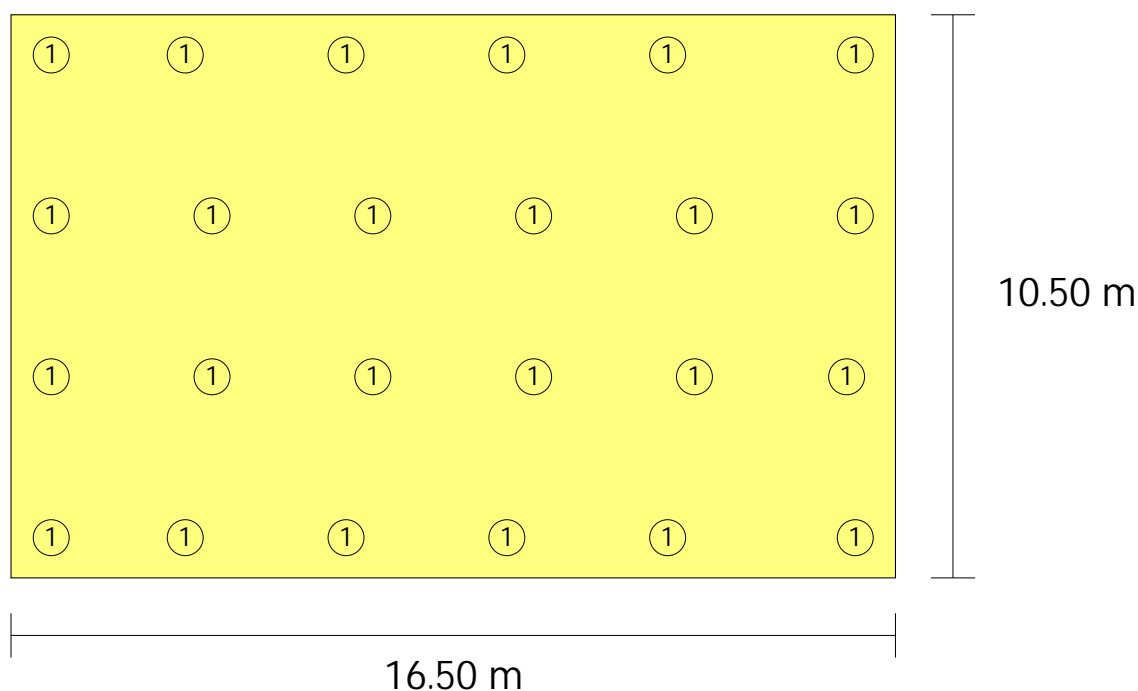
## Anejo de cálculo: Iluminación

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
C1 (Nivel 1)	173.25 m <sup>2</sup>	3.50 m	606.38 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coeficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coeficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coeficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	2.57
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE

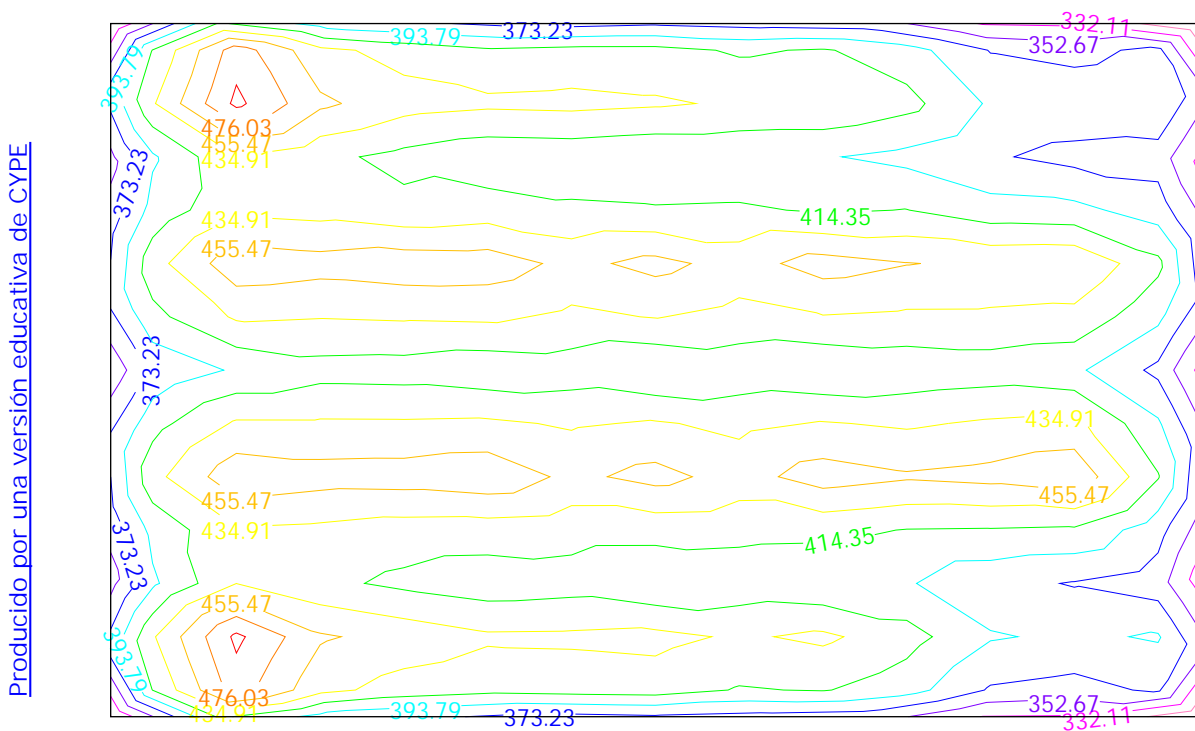


Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	24	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO	4300	124.64	100	24 x 34.50
<b>Total = 828.00 W</b>						

## Anejo de cálculo: Iluminación

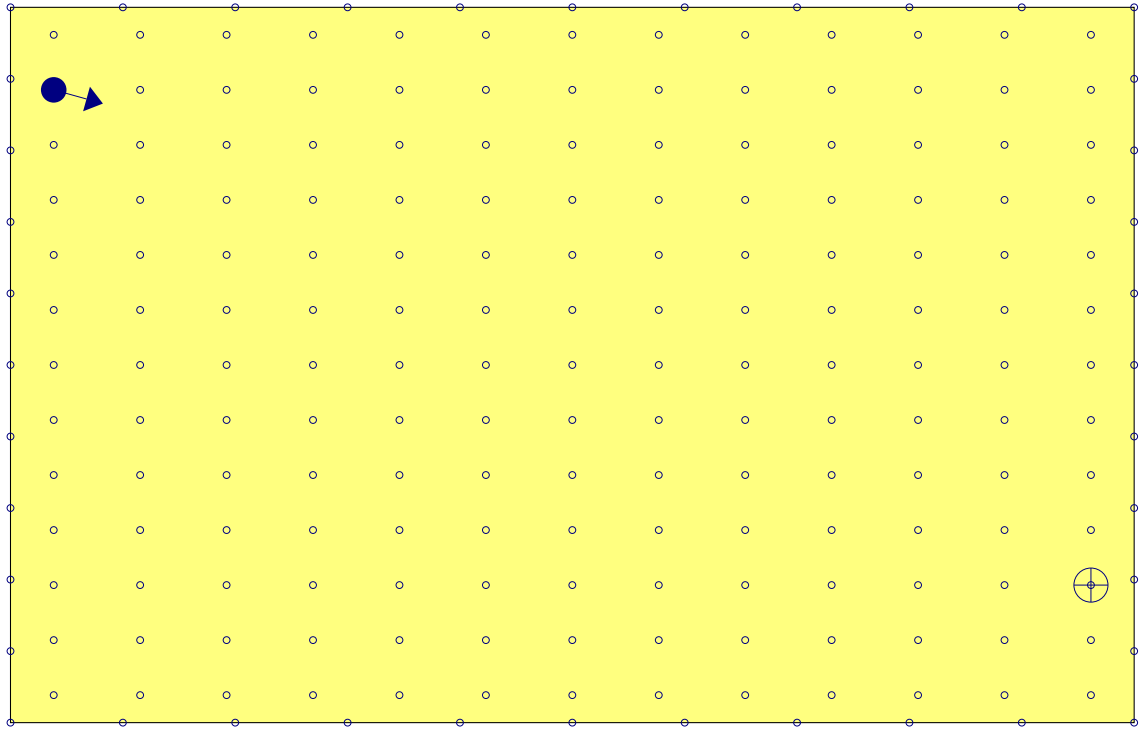
Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	362.30
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	421.57
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	15.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m <sup>2</sup> ):	1.13
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m <sup>2</sup> ):	4.78
Factor de uniformidad (%):	85.94
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación



Iluminancia mínima (362.30 lux)

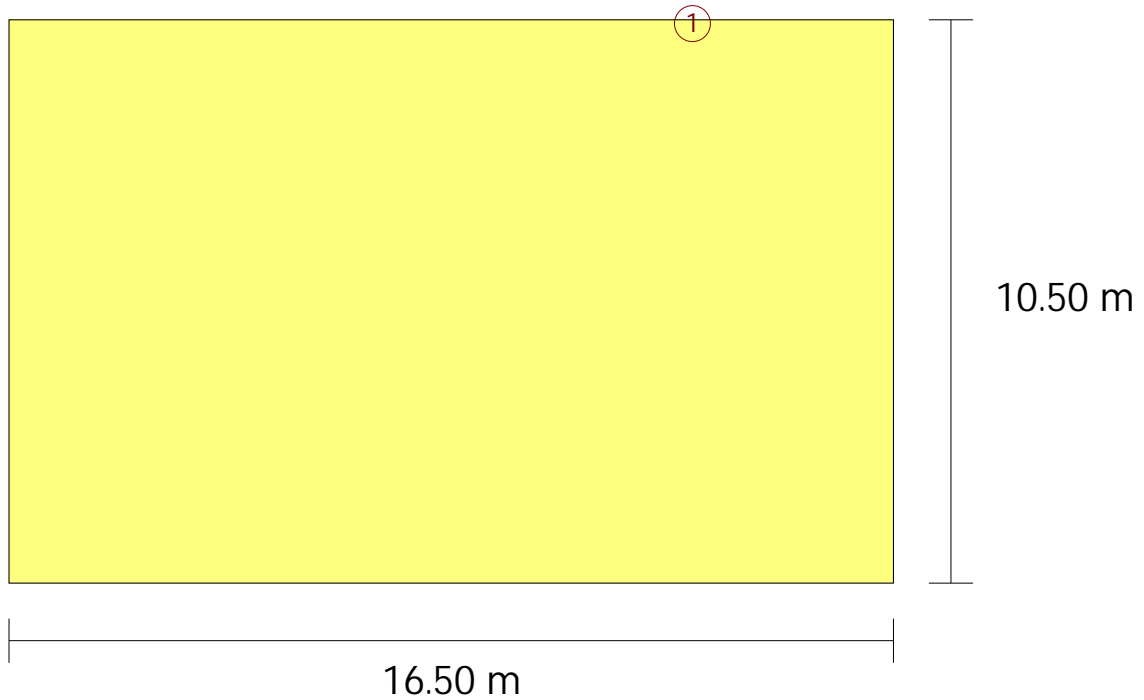
Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 15.00)

Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

Ceficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias



Producido por una versión educativa de CYPE

## Anejo de cálculo: Iluminación

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Normalux DA-600L

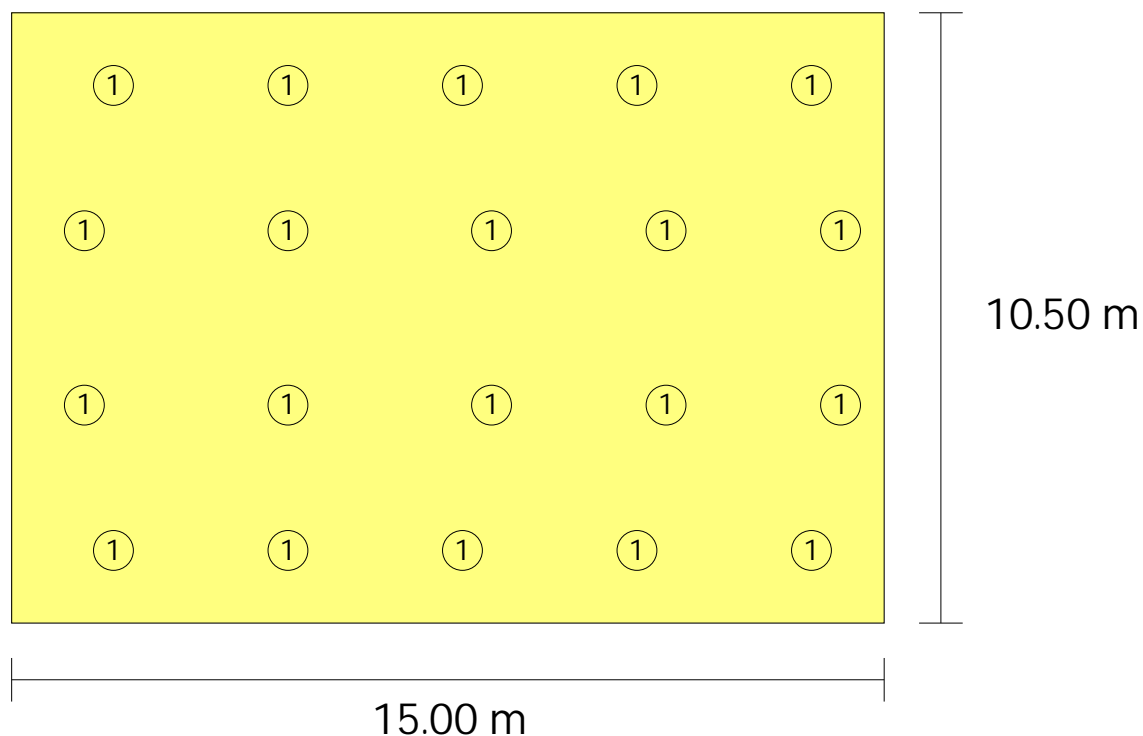
## Anejo de cálculo: Iluminación

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
JB2 (Nivel 1)	157.50 m <sup>2</sup>	3.50 m	551.25 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coeficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coeficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coeficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	2.47
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE



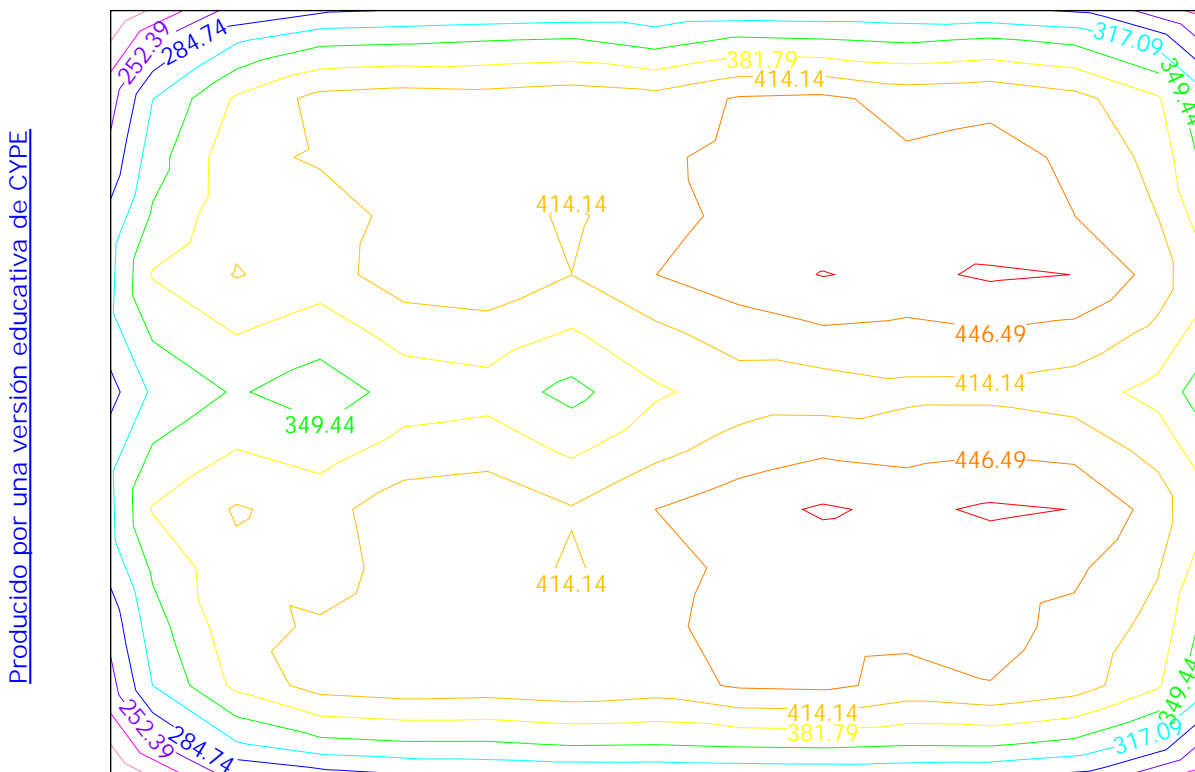
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	20	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO	4300	124.64	100	20 x 34.50
<b>Total = 690.00 W</b>						



## Anejo de cálculo: Iluminación

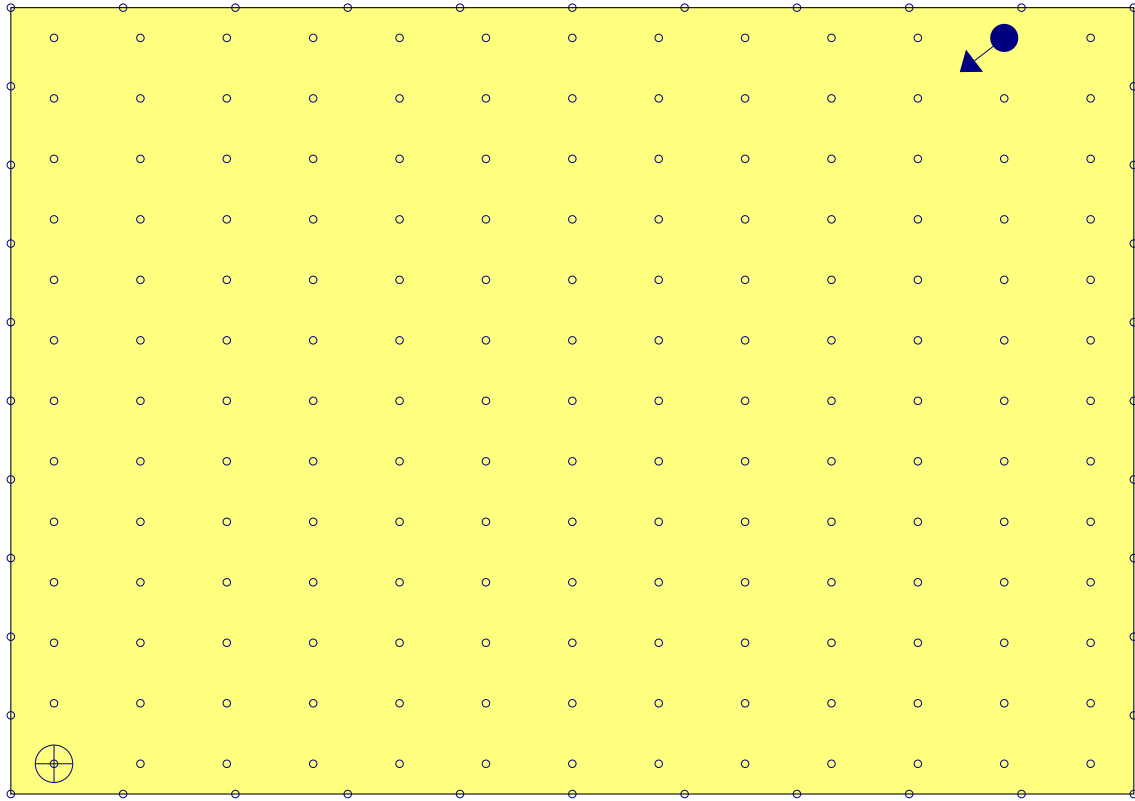
Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	247.11
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	406.52
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEL ( $W/m^2$ ):	1.08
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada ( $W/m^2$ ):	4.38
Factor de uniformidad (%):	60.79
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación



Producción por una versión explicativa de CYPE

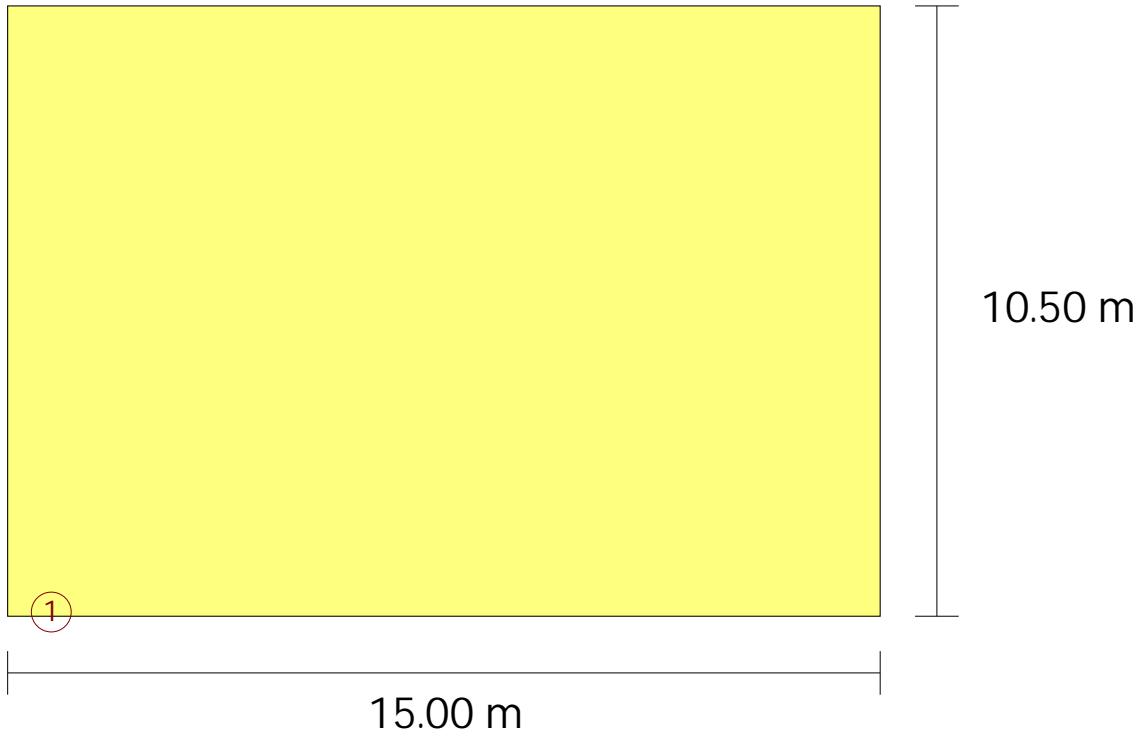
- Iluminancia mínima (247.11 lux)
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

Coficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias

## Anejo de cálculo: Iluminación



Producido por una versión educativa de CYPE

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Normalux DA-600L

# Anejo de cálculo: Iluminación

## 2. CURVAS FOTOMÉTRICAS

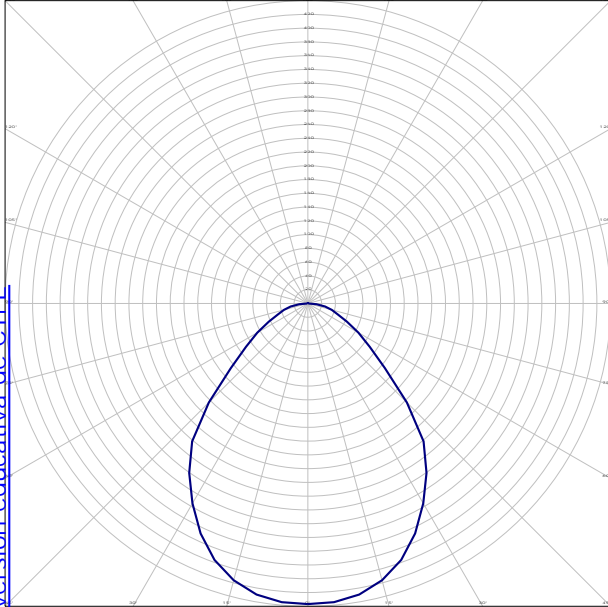
### TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado normal)

Tipo 1

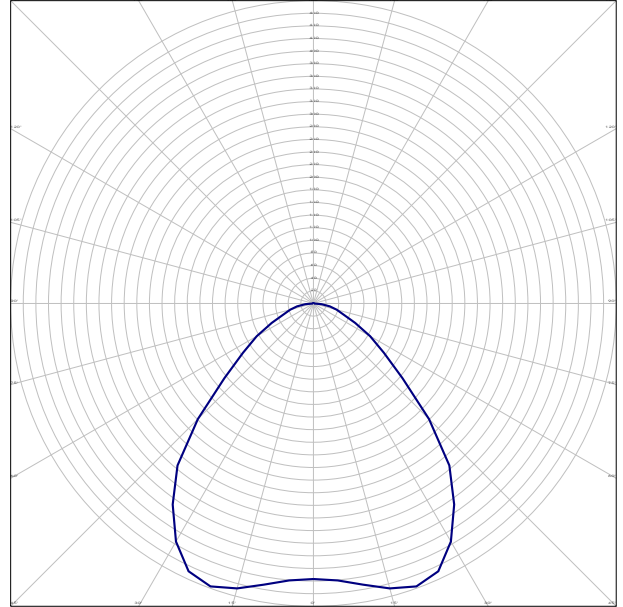
PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 104)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



### POS DE LUMINARIA (Alumbrado de emergencia)

Producido por una versión educativa de CYPE

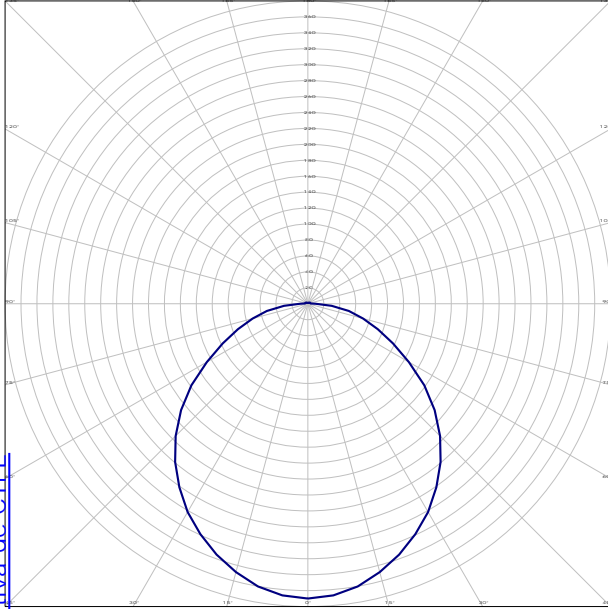
# Anejo de cálculo: Iluminación

Tipo 1

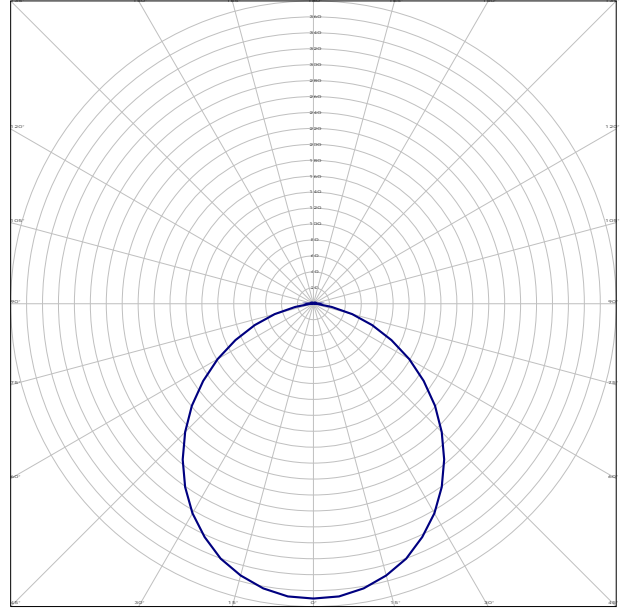
Normalux DA-600L (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 4)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



[Producido por una versión educativa de CYPE](#)

**Aula JB2**

# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	2.47
Número de puntos considerados, n	16
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	690.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	125
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	406.52
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	16.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	1.08	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	221.09	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	59	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.40	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	406.52	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	16	$\leq 19$	✓
Uniformidad de iluminancia, $U_0$	0.61	$\geq 0.60$	✓
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

# Aula C1



# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	2.57
Número de puntos considerados, n	16
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	828.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	125
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	421.57
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	15.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	1.13	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	274.53	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	70	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.40	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	421.57	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	15	$\leq 19$	✓
Uniformidad de iluminancia, $U_o$	0.86	$\geq 0.60$	✓
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

## Aula C2

# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	3.86
Número de puntos considerados, n	25
Factor de mantenimiento, F <sub>m</sub>	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	2070.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	125
Iluminancia media horizontal mantenida, E <sub>m</sub> (lux)	516.70
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	17.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, R <sub>a</sub>	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI (W/m <sup>2</sup> )	0.99	≤ 3.5	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	217.61	≥ 100	✓
Factor de uniformidad media (%)	44	≥ 40	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.20	≥ 2	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, R <sub>a</sub>	40	≥ 40	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, E <sub>m</sub> (lux)	516.70	≥ 300	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	17	≤ 19	✓
Uniformidad de iluminancia, U <sub>0</sub>	0.37	≥ 0.60	✗
Índice de reproducción cromática mínimo, R <sub>a</sub>	80	≥ 80	✓

# Resultados fotométricos

## Orden de resultados:

1. Alumbrado normal
  - a. Isovalores
  - b. Isolíneas
  - c. Valores numéricos
2. UGR
  - a. Isovalores
  - b. Isolíneas
  - c. Valores numéricos

## Orden de aulas:

1. JB2
2. C1
3. C2

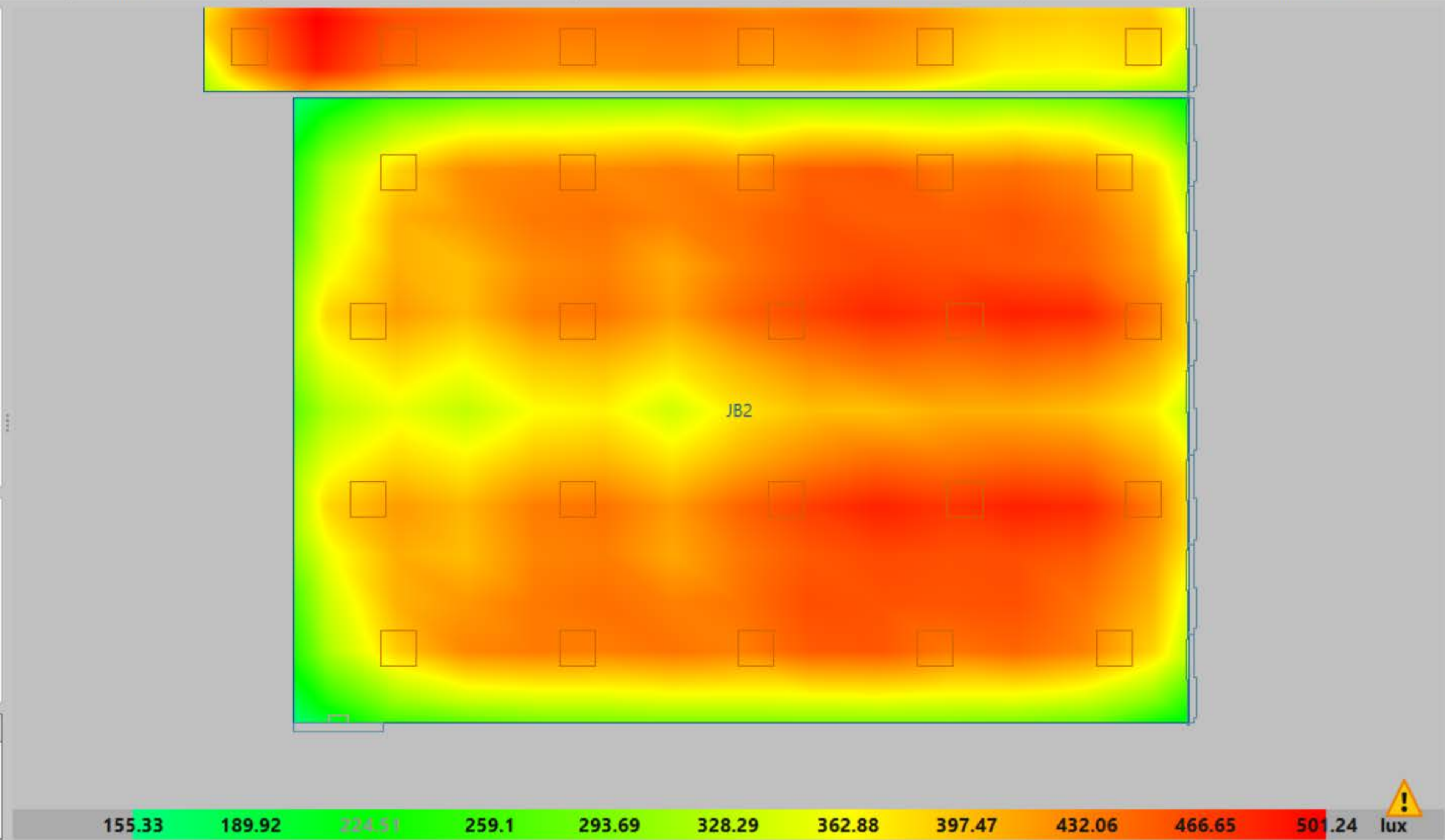


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model of the lighting layout.

Results display controls:  Ver resultados, Isovalores dropdown,  Visualizar en 3D, and Iluminancias, alumbrado normal dropdown.





Project navigation and toolbars:

- Proyecto: Project management icons.
- Iluminación: Luminaria interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna.
- Seguridad/Protección: Vía de evacuación, Equipamiento.
- Edición: Editing tools like copy, paste, delete, undo, redo.
- Cálculo: Actualizar resultados, Actualizar zona.
- Visualización: Gestión de capas, Nueva vista, Render.
- BIMserver.center: Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín.

Level selection panel:

Nivel 1

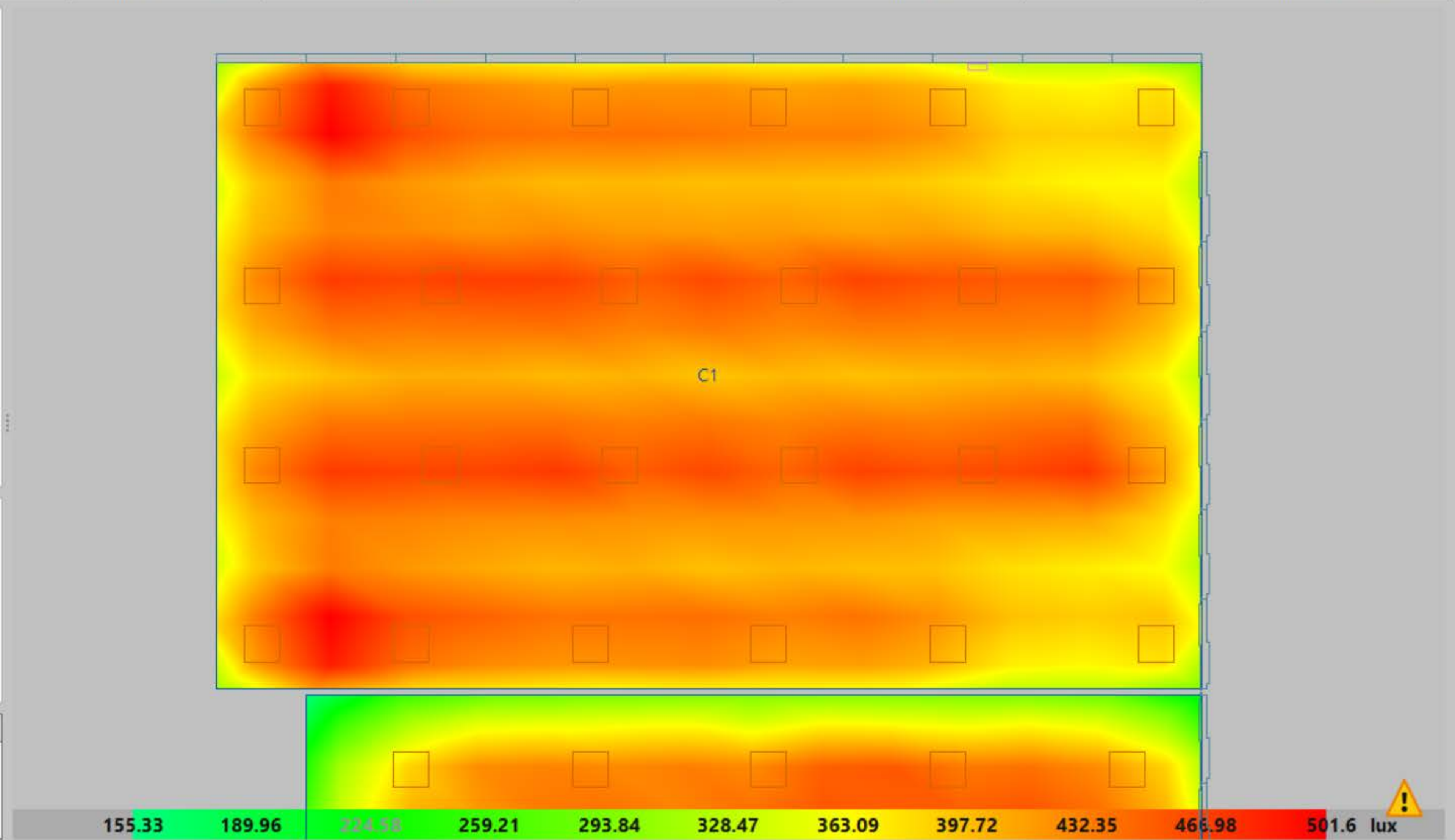
3D view navigation toolbar:

Results and visualization settings:

Ver resultados

Isovalores  Visualizar en 3D

Iluminancias, alumbrado normal



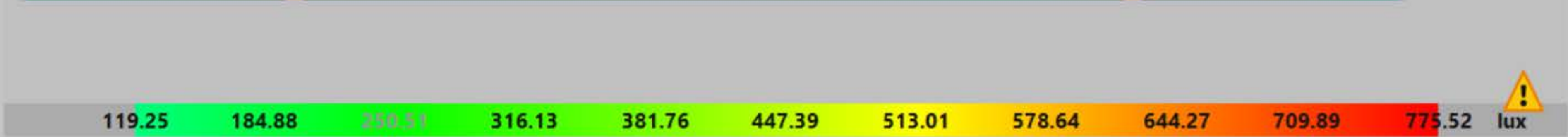
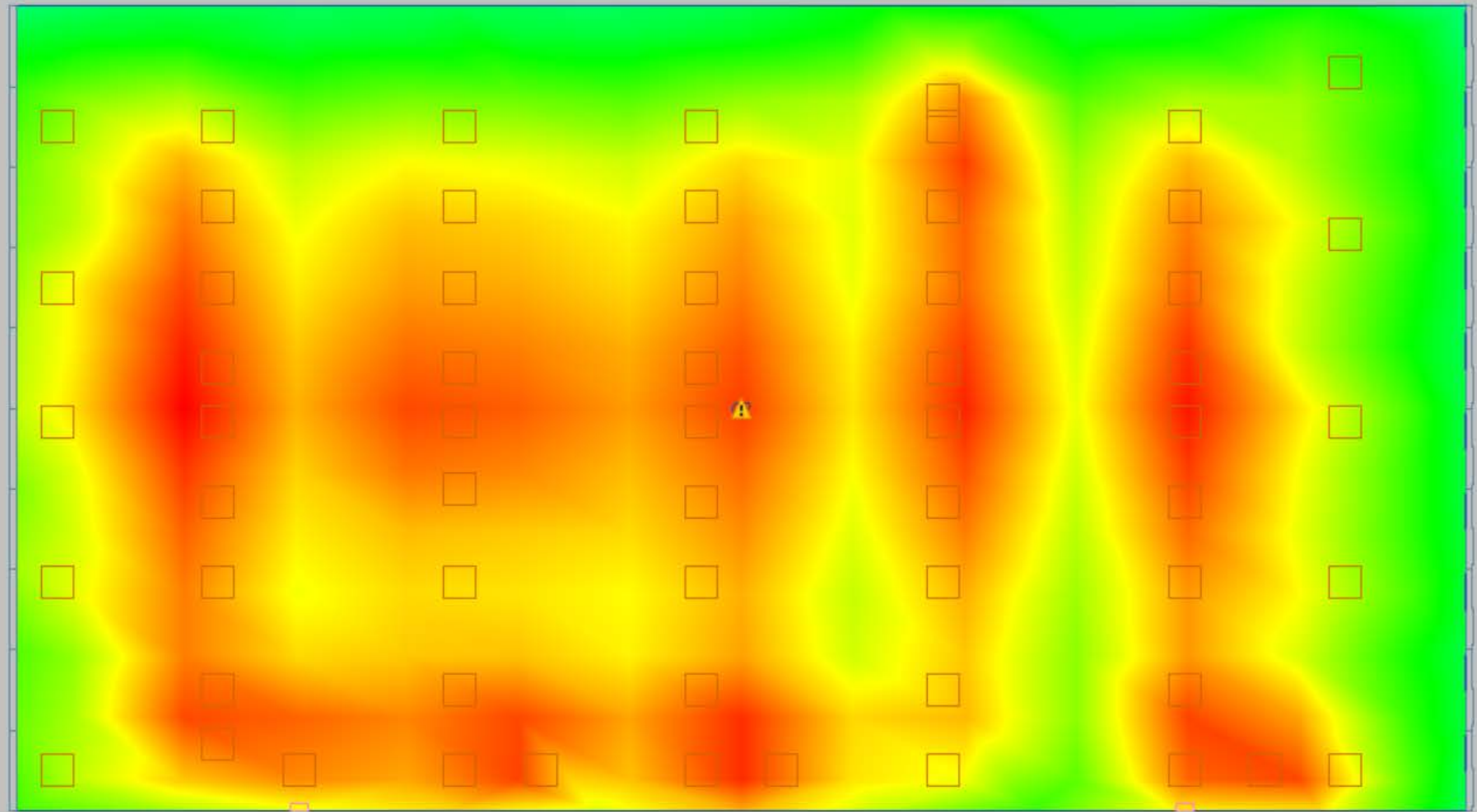


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the floor plan with a grid overlay.

Results control panel with a checked 'Ver resultados' checkbox, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Iluminancias, alumbrado normal' dropdown.



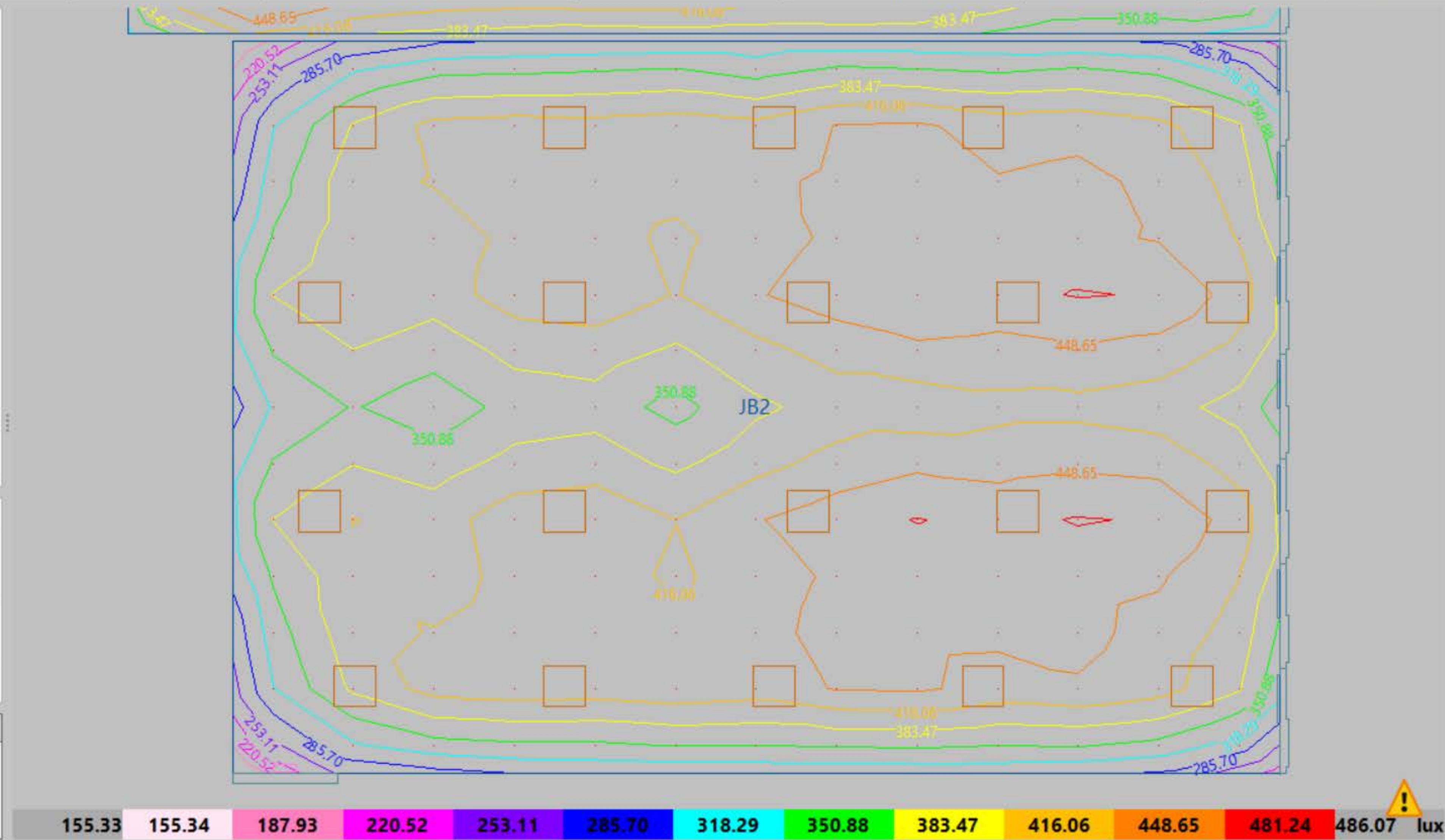


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the lighting layout on a floor slab.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.



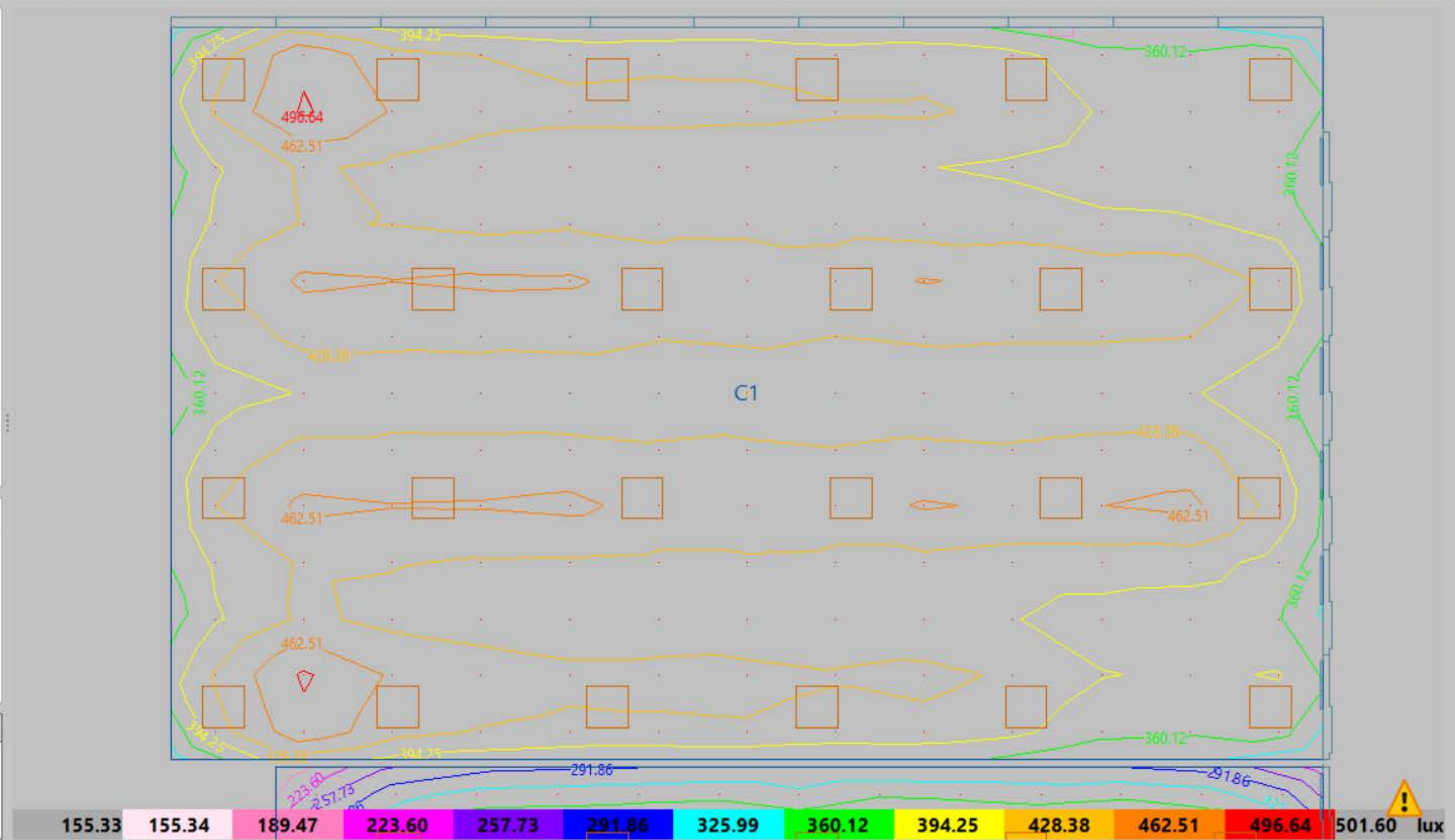


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the lighting layout on a grid.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.



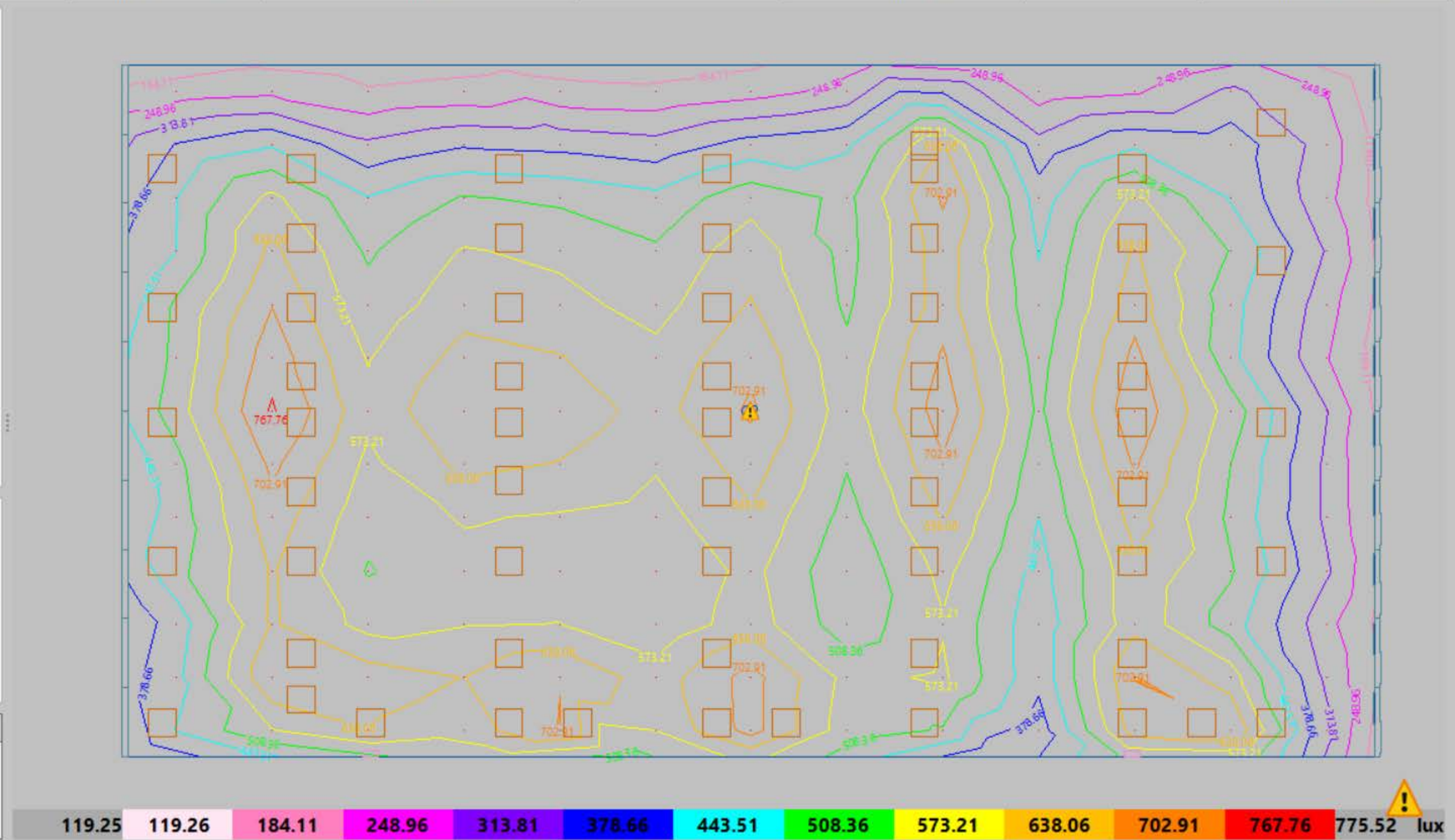


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the lighting layout on a floor slab.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.





Proyecto
Iluminación
Seguridad/Protección
Edición
Cálculo
Visualización
BIMserver.center

Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna, Vía de evacuación, Equipamiento, Actualizar resultados, Actualizar zona, Gestión de capas, Nueva vista, Render, Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín

Nivel 1

Ver resultados  
 Numérico  
 Iluminancias, alumbrado normal

414.71	486.07	441.19	426.28	420.37	422.8	424.52	412.81	415.72	402.68	370.95	365.77	376.49
248.14	312.68	340.11	343.44	348.12	352.09	334.99	355	351.11	344.82	353.35	342.23	302.96
316.21	386.69	424.38	430.15	427.11	432.82	426.15	449.8	453.29	435.44	439.69	425.09	385.89
335.26	404.71	418.43	435.95	439.05	430.74	441.51	454.57	450.54	450.66	456.1	441.76	403.03
353.81	405.42	397.38	424.46	431.33	408.19	436.08	454.18	461.66	458.05	454.21	446.67	413.73
384.31	416.08	398.8	432.58	438.03	414.3	446.2	464.8	480.03	471.32	483.5	478.57	433.89
353.5	382.58	364.17	393.37	399.38	378.64	405.5	429.21	441.34	437.22	443.91	436.09	405.12
322.65	353.15	330.58	362.75	369.07	339.14	378.29	396.68	395.9	406.14	405.92	397.08	370.89
353.03	382.61	368.48	394.75	400.44	376.68	405.44	427.91	441.44	436.06	442.53	436.81	403.39
383.96	417.07	401.93	433.35	439.38	416.6	446.53	467.26	482.59	471.78	483.66	478.14	433.09
354.93	406.84	398.06	428.74	432.73	409.73	435.81	453.2	461.47	457.88	459.16	452.76	416.49
334.91	404.25	418.27	435.4	441.03	431.09	438.62	458.73	456.6	454.8	457.31	437.86	402.82
317.15	390.05	427.88	434.7	432.03	438.12	431.25	450.82	453.69	436.6	445.48	430.26	386.41
247.11	313.87	339.32	345.31	345.26	352.24	350.53	355.03	356.87	352.12	353.37	340.8	302.88



Proyecto Iluminación Seguridad/Protección Edición Cálculo Visualización BIMserver.center

Zona interior Luminaria exterior Luminaria de emergencia Luz diurna

Vía de evacuación Equipamiento

Actualizar resultados Actualizar zona Gestión de capas Nueva Render vista

Actualizar Exportar Paula Martínez Martín

Nivel 1

Ver resultados

Numérico

Iluminancias, alumbrado normal

415.12	487.24	440.26	427.57	417.44	421.1	421.3	411.67	416.3	402.67	372.21	366.03	379.01
432.51	501.6	459.69	443.23	438.98	440.5	437.43	432.21	432.41	420.91	390.91	388.48	392.66
390.85	434.12	419.54	408.48	399.62	400.88	397.02	397.38	395.44	388.16	375.77	366.74	363.87
401.03	430.71	427.53	419.8	424.64	417.81	416.25	417.27	412.11	414.8	401.94	399.55	383.86
426.92	468.53	463.48	467.76	466.51	449.59	461.89	446.87	464.17	456.19	451.85	453.21	419.5
408.24	437.87	435.88	437.45	438.83	430.7	435.85	428.25	433.94	431.42	431.27	429.08	398.95
378.03	396.59	406.55	405.51	400.35	403.49	393.199	400.77	395.85	400.5	403.84	398.04	368.09
407.09	437.59	437.52	437.31	438.27	432.61	436.9	429.9	436.3	432.08	437.77	441.04	396.72
428.17	469.44	464.1	465.09	470.33	450.31	462.37	446.73	465.4	458.01	462.03	470.93	415.92
399.86	432.67	430.32	425.32	424.65	421.87	421.75	420.32	419.61	413.57	412.81	411.05	381.33
390.1	434.8	419.51	409.77	402.56	405.77	395.95	401.76	397.59	395.71	379.41	371.94	362.3
432.47	501.24	458.03	447.84	438.08	438.65	440.81	432.02	438.98	422.61	395.69	389.86	395.89
414.71	486.07	441.19	426.28	420.37	422.8	424.52	412.81	415.72	402.68	370.95	365.77	376.49
248.14	312.68	340.11	343.44	348.12	352.09	334.99	355	351.11	344.82	353.35	342.23	302.96



Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

217.1	233.95	191.32	206.06	202.27	196.96	223.44	269.35	374.73	216.47	240.75	326.78	247.68
383.07	434.96	327.78	371.42	361.19	338.55	402.42	433.03	640.03	337.42	433.89	417.74	284.92
441.04	590.35	448.04	512.85	496.98	463.07	549.86	493.47	711.78	411.56	586.93	437.02	267.49
443.2	654.08	499.42	578.14	558.4	518.82	610.15	488.09	674.99	439.99	646.87	505.17	309.6
517.86	700.78	531.32	612.07	594.52	549.17	643.03	496.8	671.5	456.62	674.04	470.5	273.01
523.03	741.61	568.79	660.21	641.55	592.45	687.36	525.68	711.87	479.2	722.41	461.84	253.15
541.91	775.52	592.08	700.37	678.54	613.48	710.47	538.82	739.07	496.16	753.39	543.32	316.46
487.41	718.03	558.16	655.15	635.3	579.37	667.91	512.57	692.89	468.5	711	508.32	299.73
472.53	674.8	529.43	579.29	565.83	548.42	627.62	484.93	644.83	443.75	664.47	494.51	299.7
486.73	644.09	503.96	549.37	539.63	514.76	592.61	455.42	592.31	416.6	618.52	516.01	323.81
405.08	645.3	550.64	568.73	574.1	525.07	607.43	469.01	567.8	396.91	618.4	477.41	268.56
424.73	699.36	672.47	636.86	702.05	603.85	727.22	551.98	584.08	397.47	705.14	607.08	298.56
445.08	570.02	633.23	601.52	704.45	574.13	727.16	538.01	503.17	345.45	669.87	699.57	333.43

3D visualization area showing a perspective view of a rectangular object with yellow dashed lines indicating a grid or measurement.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' checkbox, a 'Numérico' dropdown menu, and a 'Iluminancias, alumbrado normal' dropdown menu.

415.12	487.24	440.26	427.57	417.41	421.1	421.3	411.67	416.3	402.67	372.21	366.03	370.01
--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	--------	-------	--------	--------	--------	--------



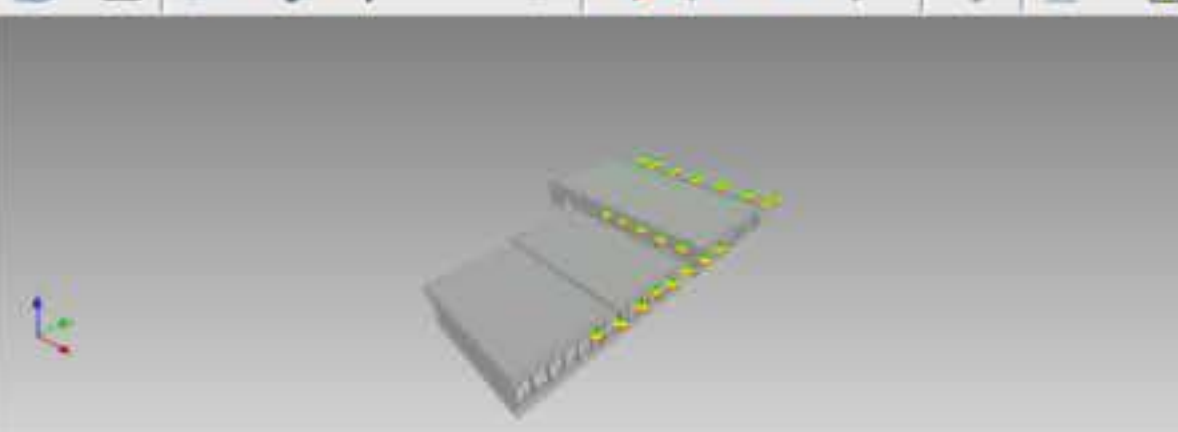
Project navigation and toolbars:

- Proyecto:** Project management icons.
- Iluminación:** Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna.
- Seguridad/Protección:** Vía de evacuación, Equipamiento.
- Edición:** Drawing and editing tools.
- Cálculo:** Actualizar resultados, Actualizar zona.
- Visualización:** Gestión de capas, Nueva vista, Render.
- BIMserver.center:** Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín.

Level selection panel:

Nivel 1

3D view and navigation tools:

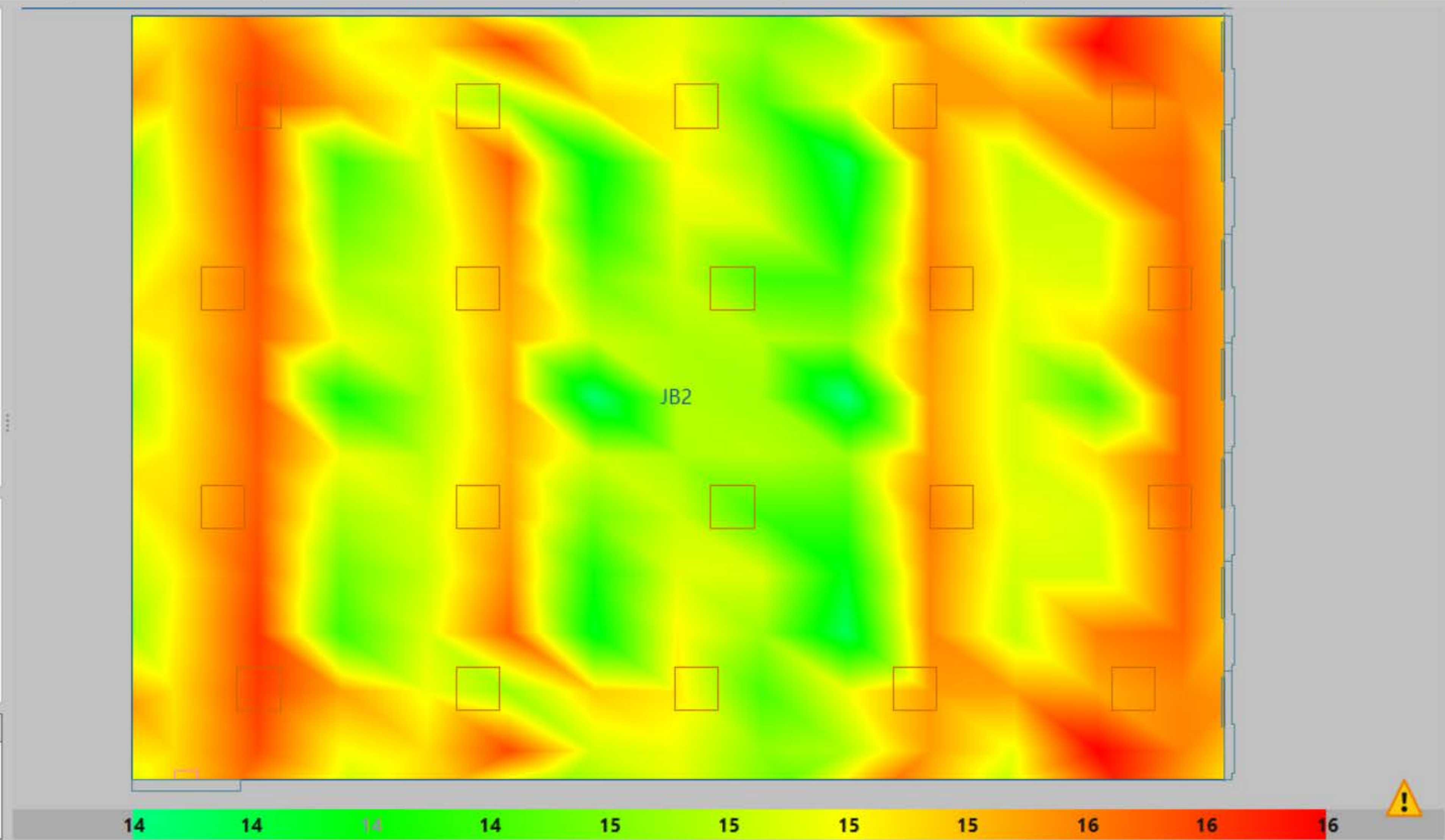


Results and settings panel:

Ver resultados

Isovalores  Visualizar en 3D

Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal





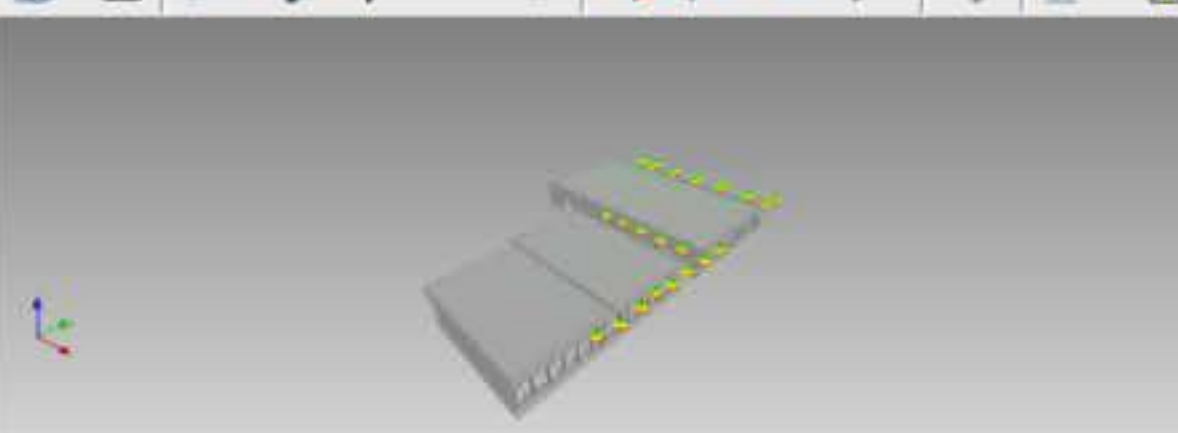
Project navigation and toolbars:

- Proyecto:** Project management icons.
- Iluminación:** Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna.
- Seguridad/Protección:** Vía de evacuación, Equipamiento.
- Edición:** Drawing and editing tools.
- Cálculo:** Actualizar resultados, Actualizar zona.
- Visualización:** Gestión de capas, Nueva vista, Render.
- BIMserver.center:** Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín.

Level selection panel:

Nivel 1

3D view controls:

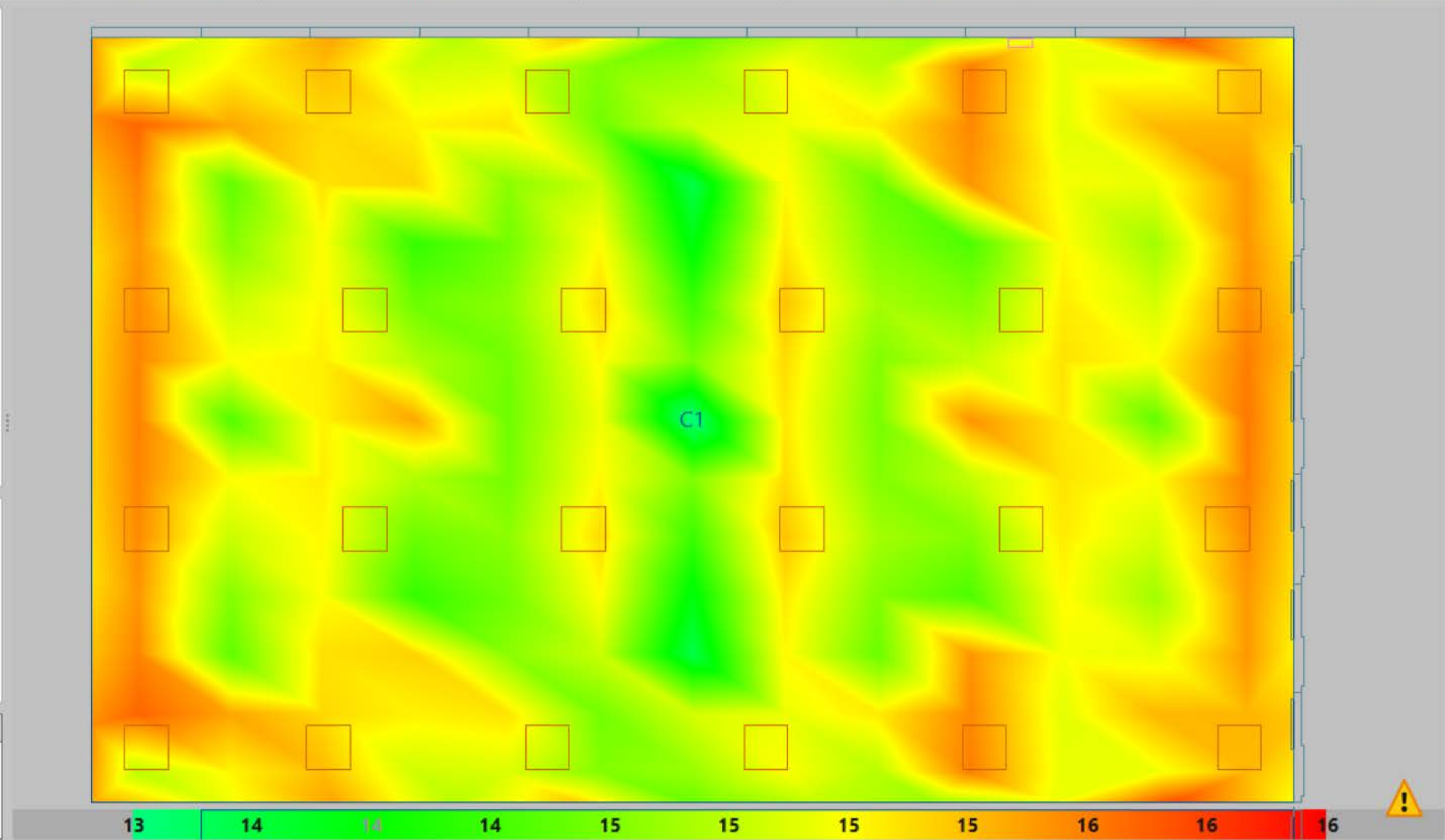


Results and display settings:

Ver resultados

Isovalores  Visualizar en 3D

Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal



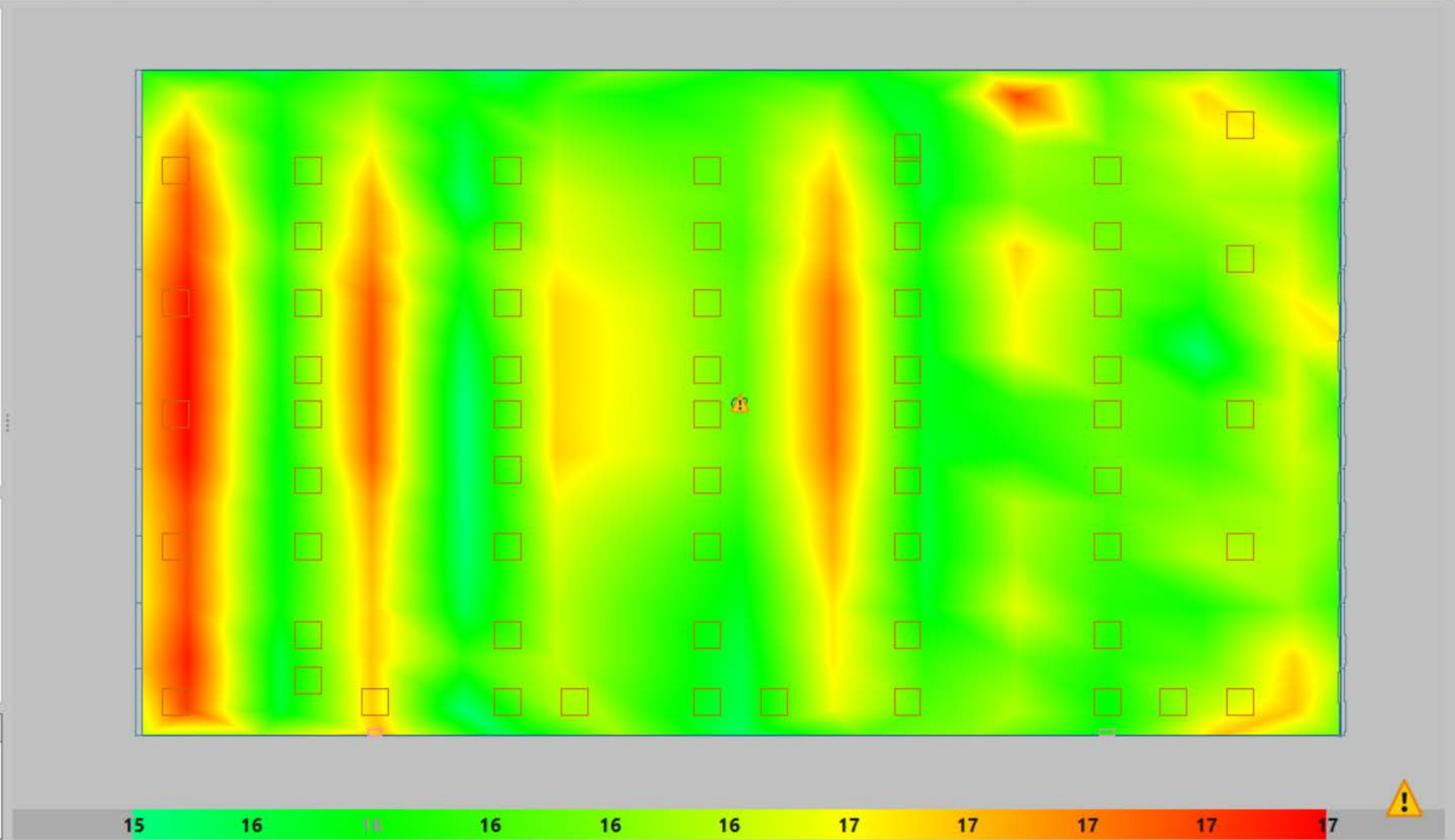


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model preview of the lighting layout.

Results control panel with 'Ver resultados' checked, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.





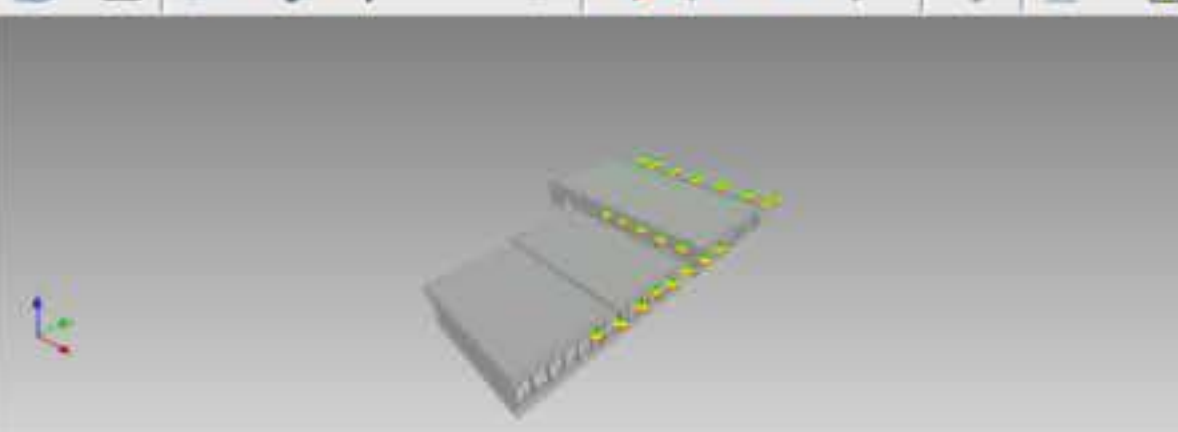
Project navigation and toolbars:

- Proyecto:** Project management icons.
- Iluminación:** Light zone and luminaire tools (Interior, Exterior, Emergency, Daylight).
- Seguridad/Protección:** Evacuation route and equipment tools.
- Edición:** Editing tools for geometry and alignment.
- Cálculo:** Calculation tools for results and zones.
- Visualización:** View management tools (Layers, New View, Render).
- BIMserver.center:** Update, Export, and user profile (Paula Martínez Martín).

Level selection panel:

Nivel 1

3D visualization toolbar and view:

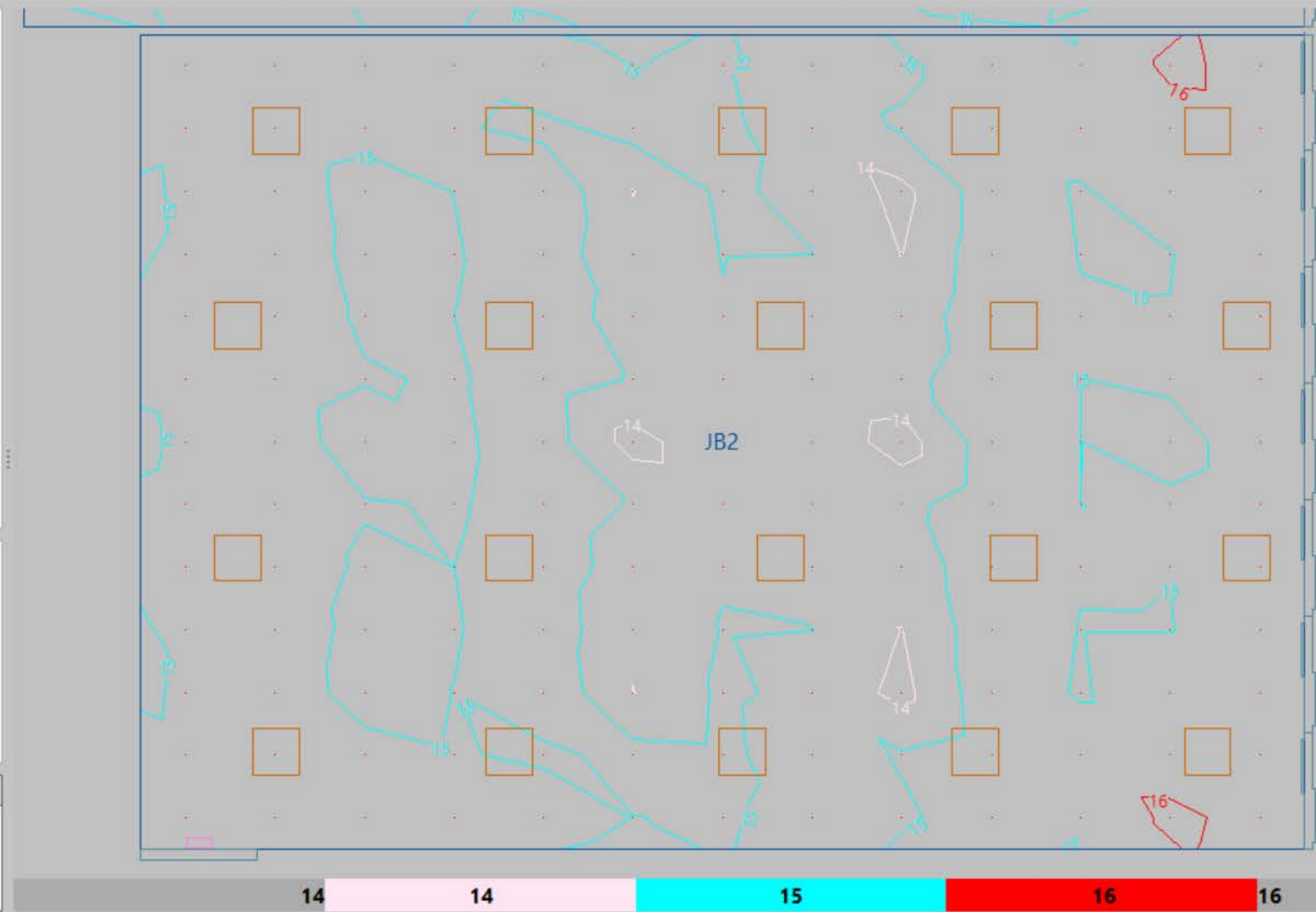


Results and calculation settings:

Ver resultados

Isolíneas

Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal





Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

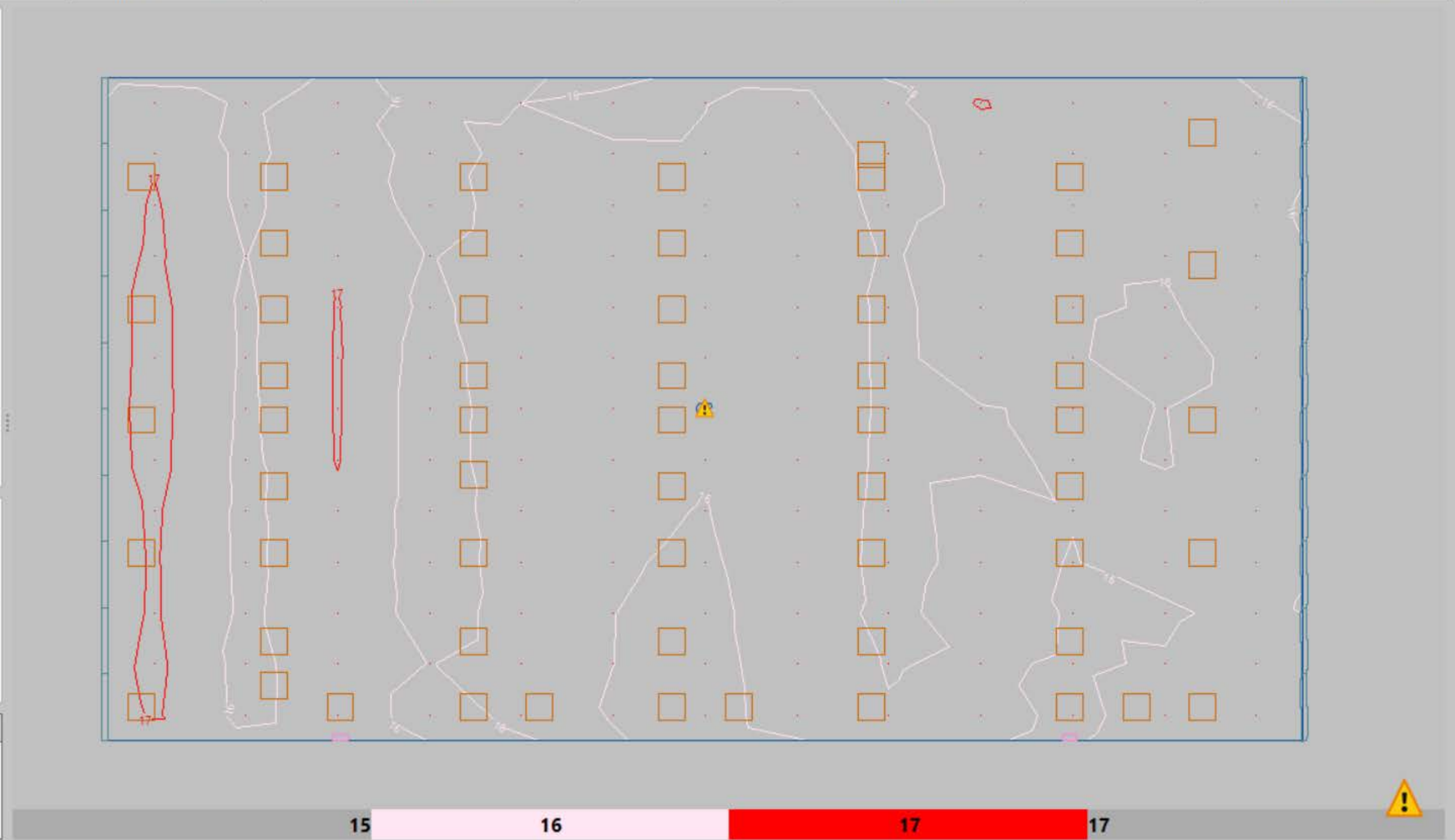
Left sidebar containing: 'Nivel 1' level list, a 3D preview window showing a floor plan with yellow and green lines, and a 'Ver resultados' (View results) section with a dropdown menu set to 'Isolíneas' and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal'.





Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Left sidebar containing: Level selection (Nivel 1), 3D view window, and a control panel with 'Ver resultados' checked, 'Isolíneas' dropdown, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.





Proyecto Iluminación Seguridad/Protección Edición Cálculo Visualización BIMserver.center

Zona interior Luminaria exterior Luminaria de emergencia Luz diurna

Vía de evacuación Equipamiento

Actualizar resultados Actualizar zona Gestión de capas Nueva Render vista

Actualizar Exportar Paula Martínez Martín

Nivel 1

Ver resultados

Numérico

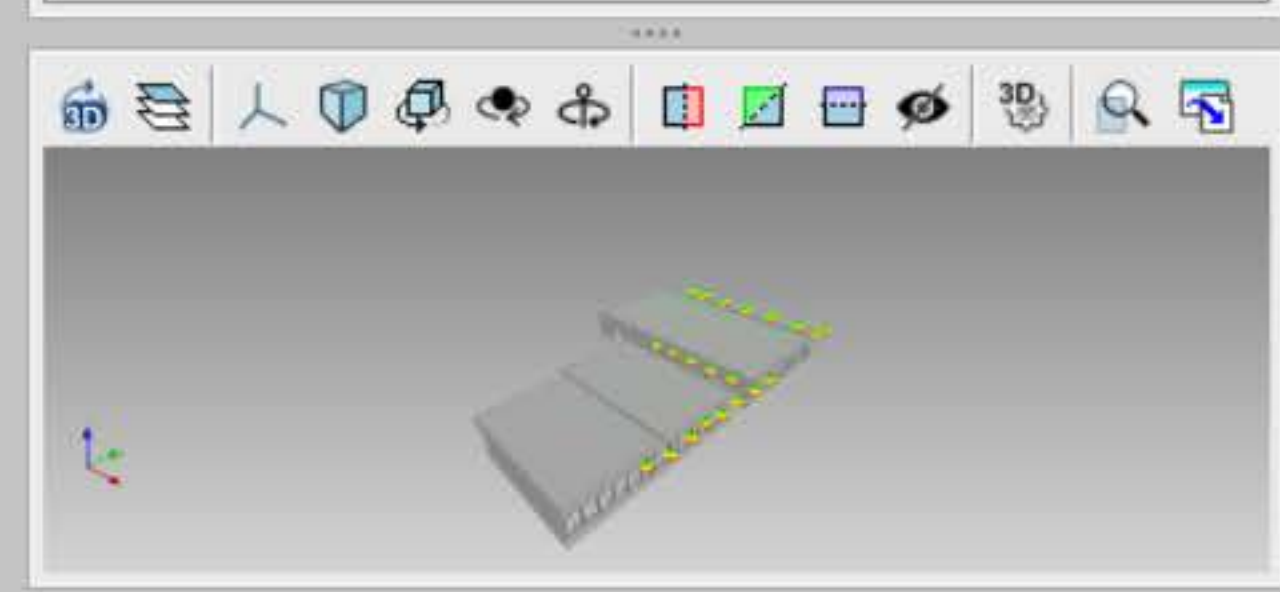
Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal

14.76	15.1	15.30	14.87	14.95	14.52	14.02	15.07	14.76	15.04	14.98	15.01	15.38
15.3	15.88	15.15	15.28	15.9	14.98	15.09	14.69	14.83	15.55	15.1	16.22	15.67
15.26	15.97	15.52	15.11	14.76	15.34	15.22	14.4	15.1	15.56	15.54	15.51	15.66
15.18	15.99	14.34	15.02	15.82	13.98	15.17	14.73	13.73	15.65	14.9	15.68	15.79
15.14	15.92	14.53	14.92	15.64	14.16	15.04	15.01	13.98	15.65	14.97	14.97	15.8
15.29	15.84	14.79	15	15.54	14.57	14.94	14.35	14.33	15.7	15.07	15.02	15.82
15.23	15.82	15.1	14.89	15.47	14.94	14.81	14.85	14.72	15.59	15	15.28	15.84
15.17	15.86	14.13	14.81	15.51	13.6	14.83	14.76	13.55	15.55	15	14.37	15.84
15.23	15.82	15.1	14.89	15.47	14.94	14.81	14.85	14.72	15.59	15	15.28	15.84
15.29	15.84	14.79	15	15.54	14.57	14.94	14.35	14.33	15.7	15.07	15.02	15.82
15.14	15.92	14.53	14.92	15.64	14.16	15.04	15.01	13.98	15.65	14.97	14.97	15.8
15.18	15.99	14.34	15.02	15.82	13.98	15.17	14.73	13.73	15.65	14.9	15.68	15.79
15.26	15.97	15.52	15.11	14.76	15.34	15.22	14.4	15.1	15.56	15.54	15.51	15.66
15.3	15.88	15.15	15.28	15.9	14.98	15.09	14.69	14.83	15.55	15.1	16.22	15.67



Proyecto | Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna) | Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento) | Edición | Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona) | Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render) | Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín, BIMserver.center

Nivel 1



Ver resultados  
Numérico  
Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal

14.78	15.1	15.36	14.87	14.93	14.51	14.62	15.07	14.76	15.64	14.98	15	15.36
15.76	15.47	15.24	15.12	15.19	14.45	14.88	15	15.15	15.6	14.96	15.38	15.4
15.62	14.36	15.2	15.26	14.56	14.85	13.59	15.1	14.4	15.55	15.03	14.98	15.53
15.54	14.52	15.07	14.16	14.44	15.08	13.86	15.17	14.51	14.28	15.09	14.66	15.54
15.59	14.84	15.1	14.41	14.56	15.23	14.19	15.33	14.67	14.52	15.15	14.89	15.59
15.62	15.07	15.14	14.73	14.45	15.1	14.49	15.23	14.52	14.82	15.19	15.07	15.65
15.63	14.31	15.13	15.46	14.43	15.02	14.35	15.17	14.48	15.54	15.17	14.38	15.67
15.62	15.07	15.14	14.73	14.45	15.1	14.49	15.23	14.52	14.82	15.19	15.07	15.65
15.59	14.84	15.1	14.41	14.56	15.23	14.19	15.33	14.67	14.52	15.15	14.89	15.59
15.54	14.52	15.07	14.16	14.44	15.08	13.86	15.17	14.51	14.28	15.09	14.66	15.53
15.62	14.36	15.2	15.26	14.56	14.84	13.59	15.1	14.4	15.55	15.03	14.98	15.53
15.76	15.47	15.24	15.12	15.19	14.45	14.88	15	15.15	15.6	14.96	15.38	15.4
14.78	15.1	15.36	14.87	14.93	14.52	14.62	15.07	14.76	15.64	14.98	15.01	15.38



Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window with a toolbar and a checkbox 'Ver resultados'. Below the checkbox are dropdown menus for 'Numérico' and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal'.

16.51	15.86	16.27	15.83	16	15.82	15.98	16.22	15.75	17.11	16.07	16.67	16.08
16.91	15.78	16.57	15.64	16.27	16.07	16.06	16.58	15.68	16.32	16.14	16.48	16.55
17.11	15.77	16.81	15.52	16.48	16.24	16.07	16.78	15.68	16.21	16.12	16.32	16.29
17.15	15.98	16.88	15.94	16.53	16.32	16.02	16.82	15.87	16.68	16.15	16.11	16.44
17.28	15.83	17.05	15.75	16.66	16.45	16.09	16.98	15.74	16.58	16.16	15.88	16.59
17.29	15.86	17.07	15.55	16.67	16.49	16.07	16.98	15.73	16.56	16.11	15.5	16.45
17.31	15.81	17.07	15.44	16.66	16.48	16.07	16.99	15.75	15.95	16.13	15.98	16.47
17.29	15.75	17.05	15.45	16.69	16.46	16.08	16.97	15.72	15.85	16.12	15.96	16.44
17.11	15.76	16.84	15.47	16.52	16.26	15.95	16.82	15.68	16.35	16.04	16.2	16.35
17.09	15.77	16.76	15.51	16.43	16.11	15.81	16.77	15.67	16.29	15.97	16.35	16.34
17.1	15.81	16.72	15.59	16.36	16.01	15.72	16.61	15.74	16.49	15.91	15.86	16.26
17.22	15.64	16.73	15.97	16.38	16	15.62	16.6	15.95	16.14	15.89	16.08	16.66
17.13	15.67	16.7	15.48	16.28	15.93	15.59	16.51	16.06	16.32	15.8	16.36	16.74



## **Segundo caso**



## ÍNDICE

1. ALUMBRADO INTERIOR.....	2
2. CURVAS FOTOMÉTRICAS.....	13

## Anejo de cálculo: Iluminación

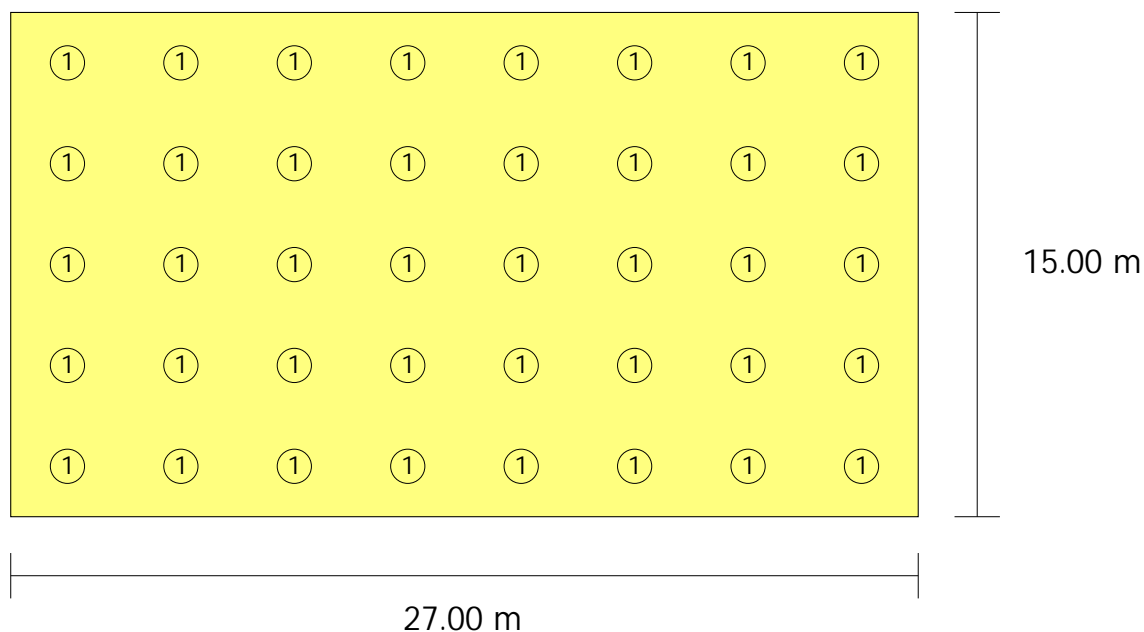
### 1. ALUMBRADO INTERIOR

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
C2 (Nivel 1)	405.00 m <sup>2</sup>	3.50 m	1417.50 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coefficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coefficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coefficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	3.86
Número mínimo de puntos de cálculo:	25

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE



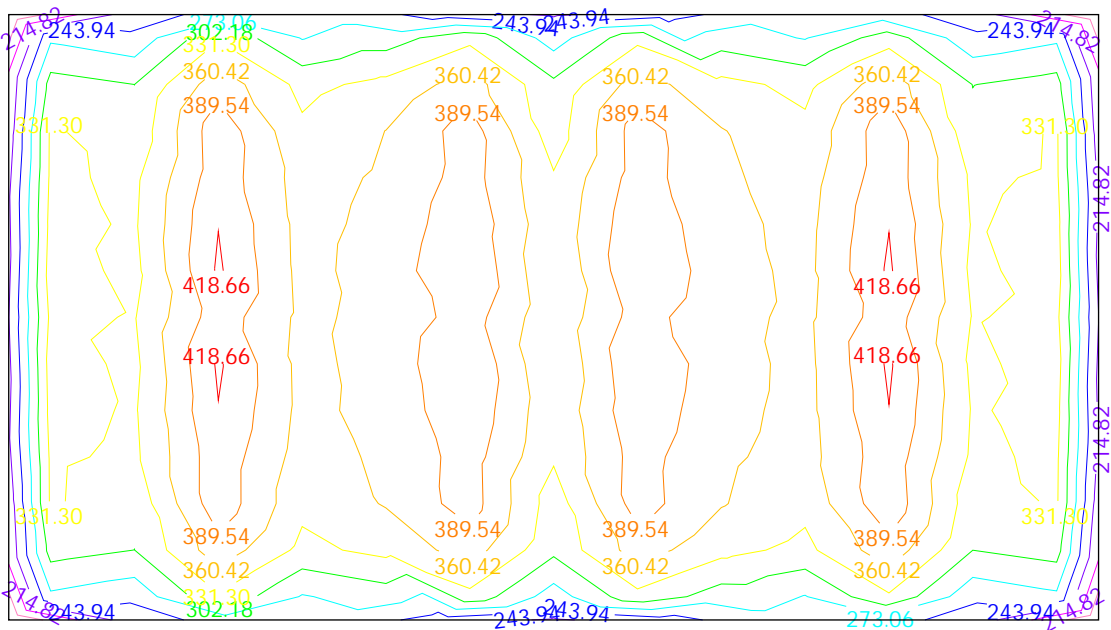
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	40	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO	4300	124.64	100	40 x 34.50
						Total = 1380.00 W

## Anejo de cálculo: Iluminación

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	252.34
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	347.56
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEI (W/m <sup>2</sup> ):	0.98
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m <sup>2</sup> ):	3.41
Factor de uniformidad (%):	72.60
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Valores calculados de iluminancia

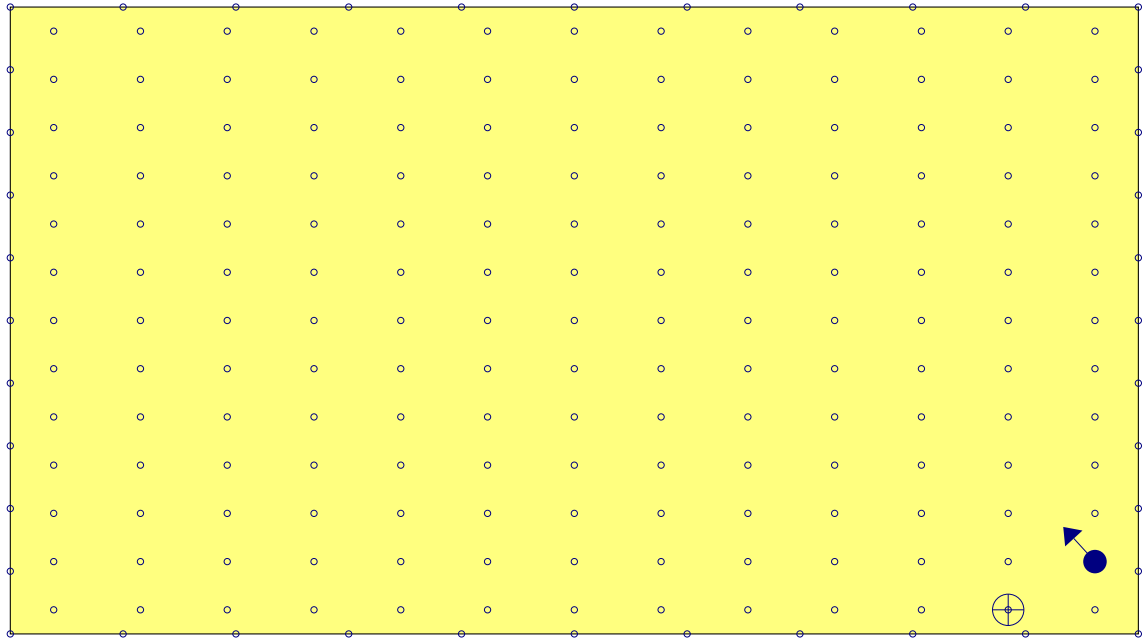
Producido por una versión educativa de CYPE



Posición de los valores pésimos calculados



## Anejo de cálculo: Iluminación

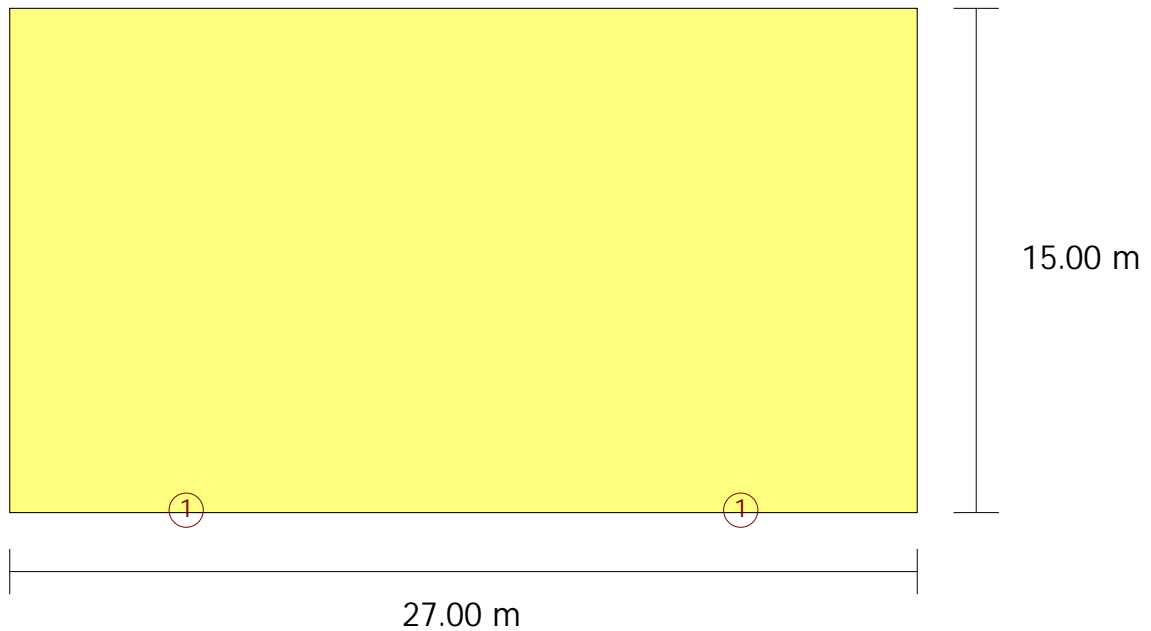


Iluminancia mínima (252.34 lux)  
 Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)  
 Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

coeficiente de reflectancia:	0.00
factor de mantenimiento:	0.80

### Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	2	Normalux DA-600L

Producido por una versión educativa de ETYPE

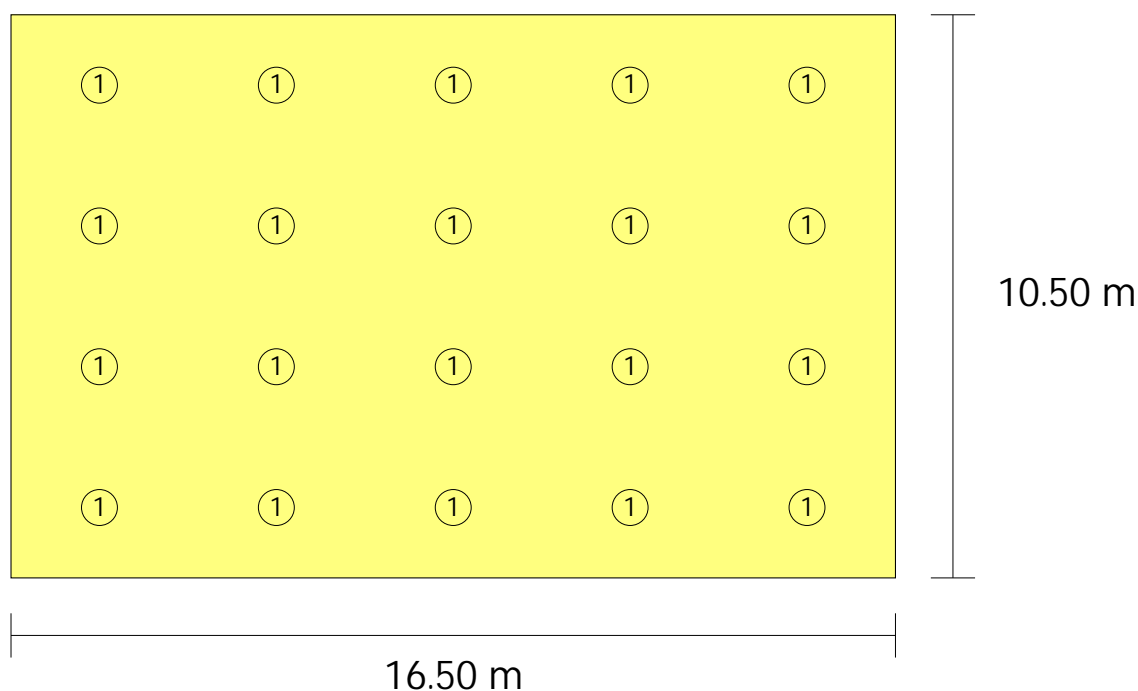
## Anejo de cálculo: Iluminación

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
C1 (Nivel 1)	173.25 m <sup>2</sup>	3.50 m	606.38 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coeficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coeficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coeficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	2.57
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE

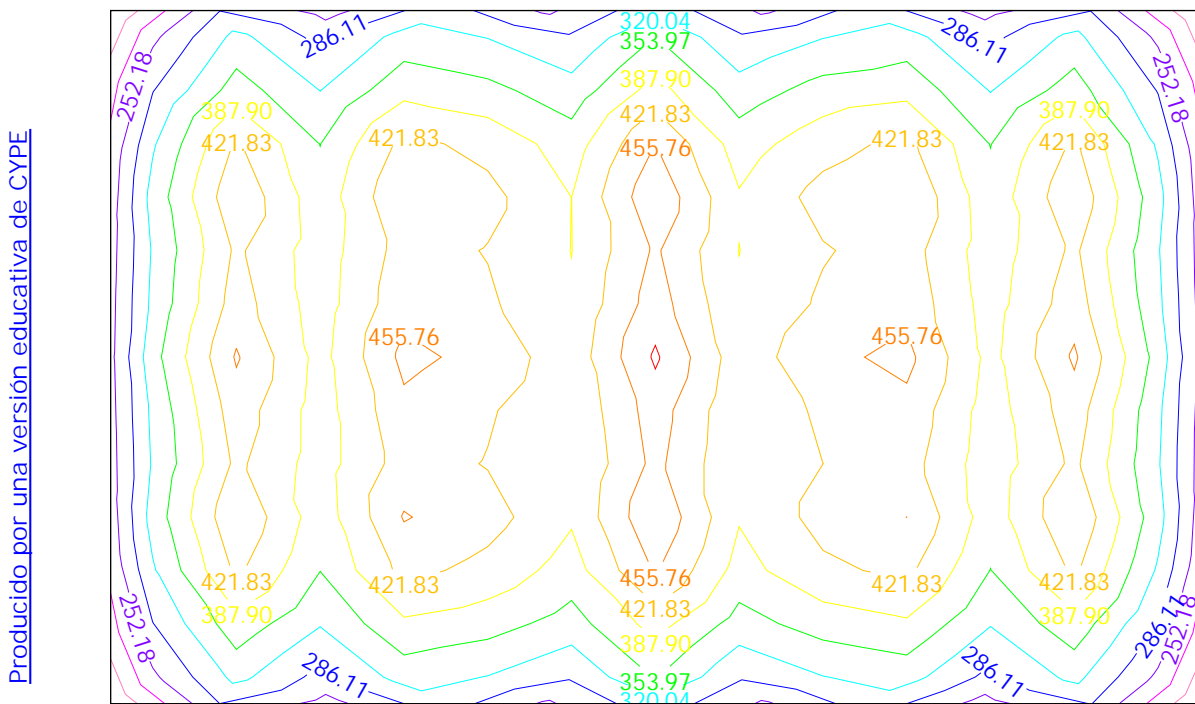


Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	20	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO	4300	124.64	100	20 x 34.50
Total = 690.00 W						

## Anejo de cálculo: Iluminación

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	244.25
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	380.13
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEL ( $W/m^2$ ):	1.05
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada ( $W/m^2$ ):	3.98
Factor de uniformidad (%):	64.26
Índice de rendimiento cromático:	80.00

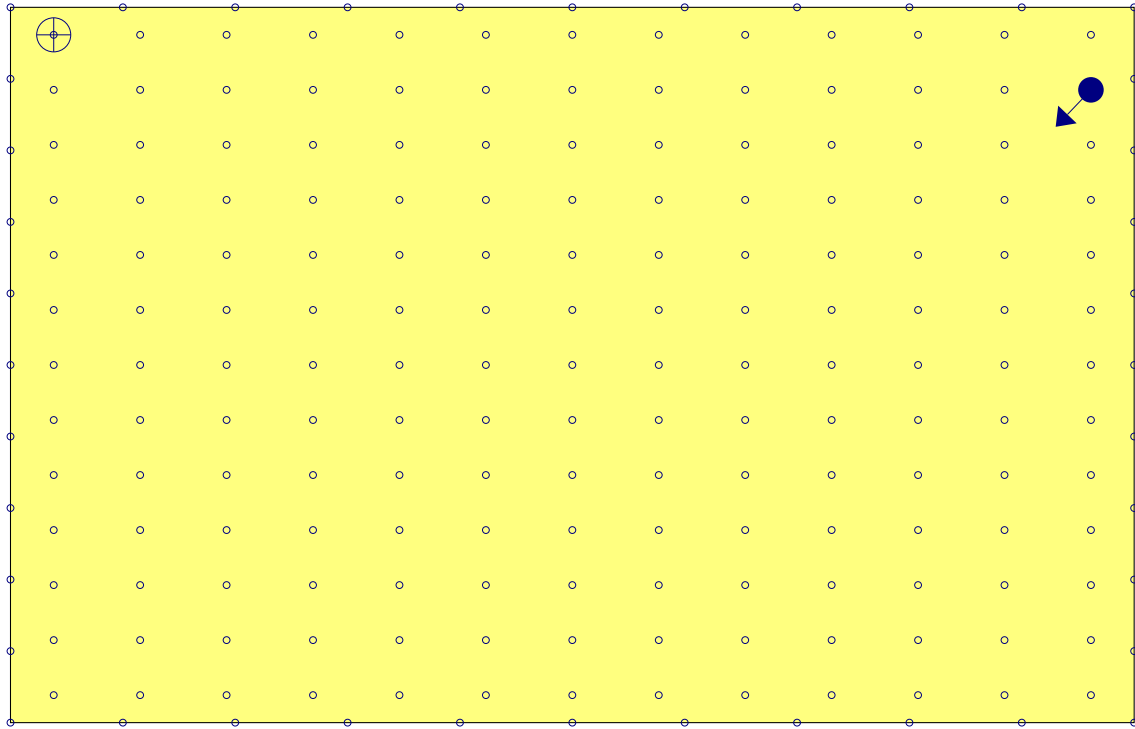
Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



## Anejo de cálculo: Iluminación



Iluminancia mínima (244.25 lux)

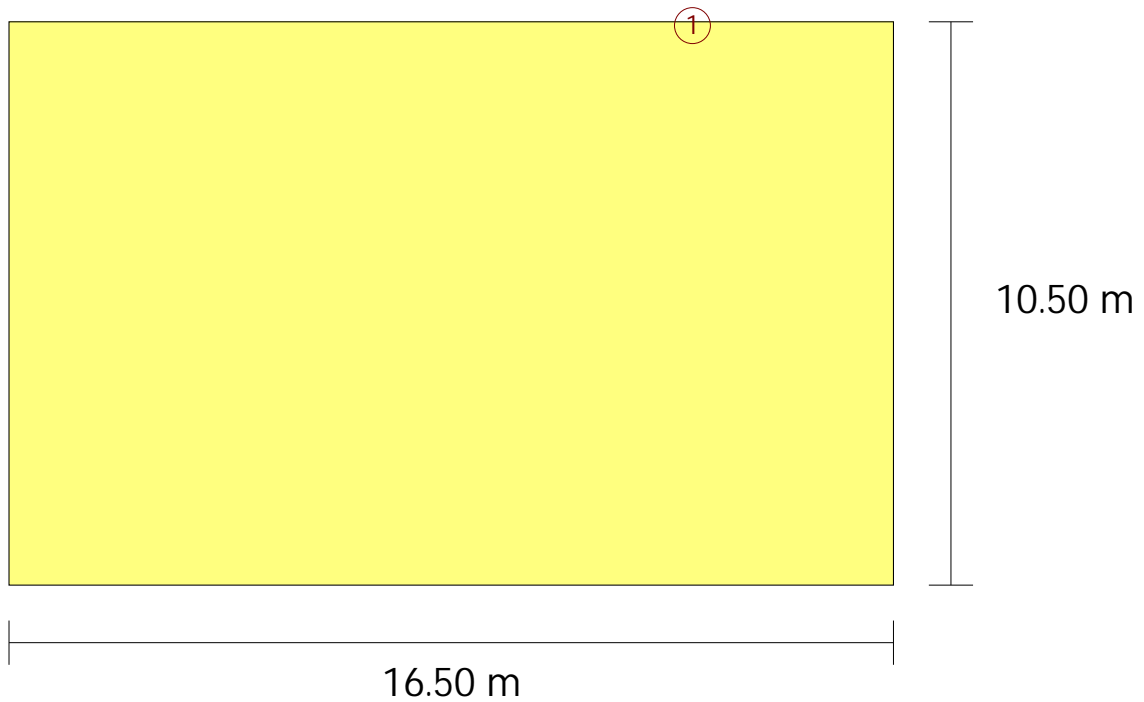
Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)

Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

Ceficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias



## Anejo de cálculo: Iluminación

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Normalux DA-600L

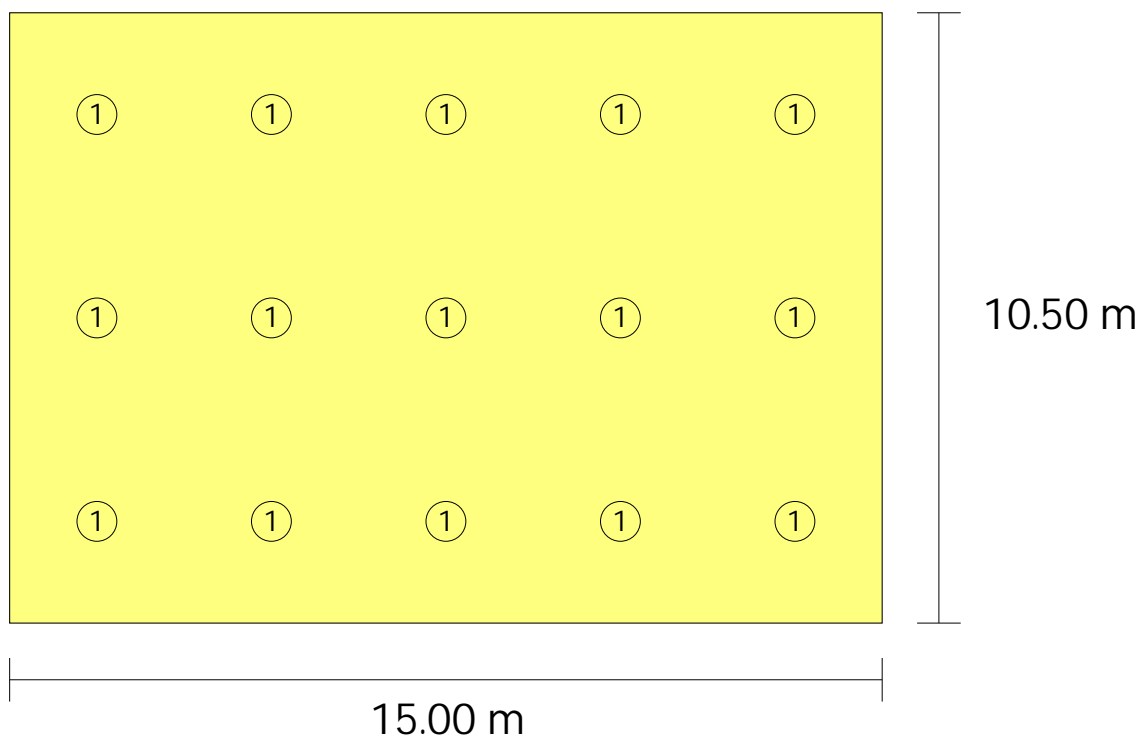
## Anejo de cálculo: Iluminación

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
JB2 (Nivel 1)	157.50 m <sup>2</sup>	3.50 m	551.25 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	1.00
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	0.85
Coeficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coeficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coeficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	2.47
Número mínimo de puntos de cálculo:	16

Disposición de las luminarias

Producido por una versión educativa de CYPE



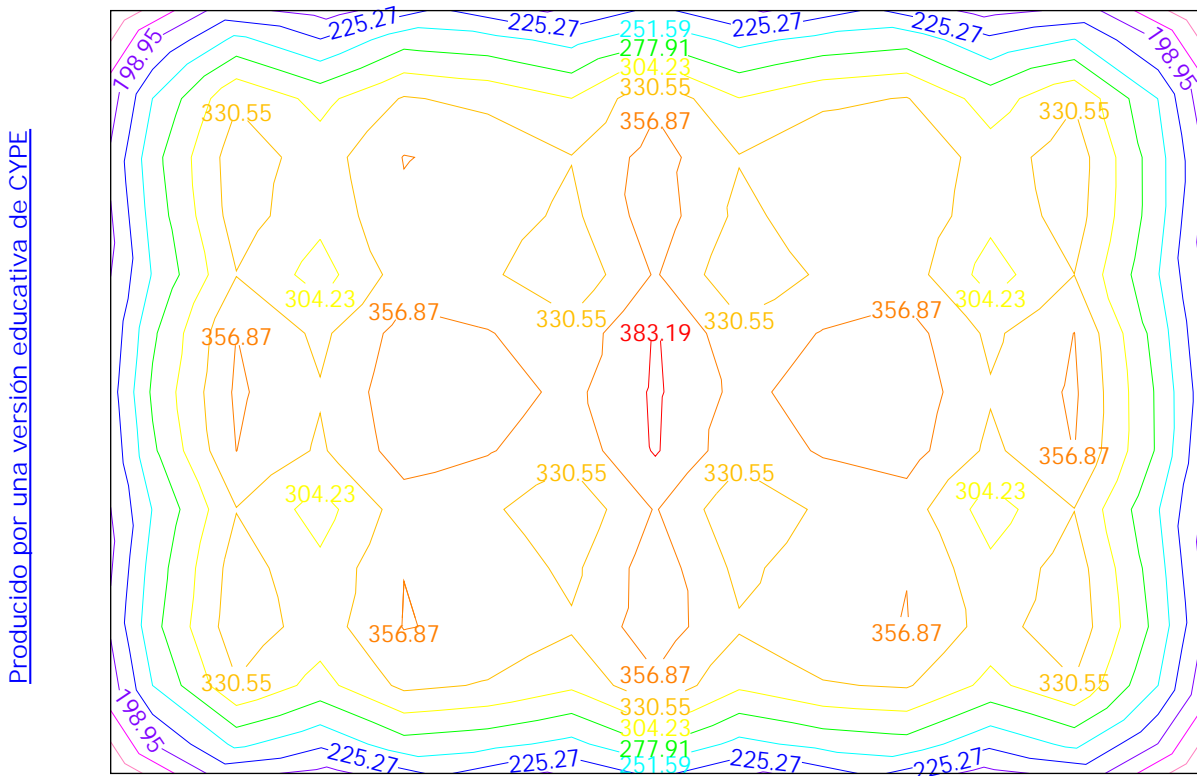
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	15	PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO	4300	124.64	100	15 x 34.50
<b>Total = 517.50 W</b>						



## Anejo de cálculo: Iluminación

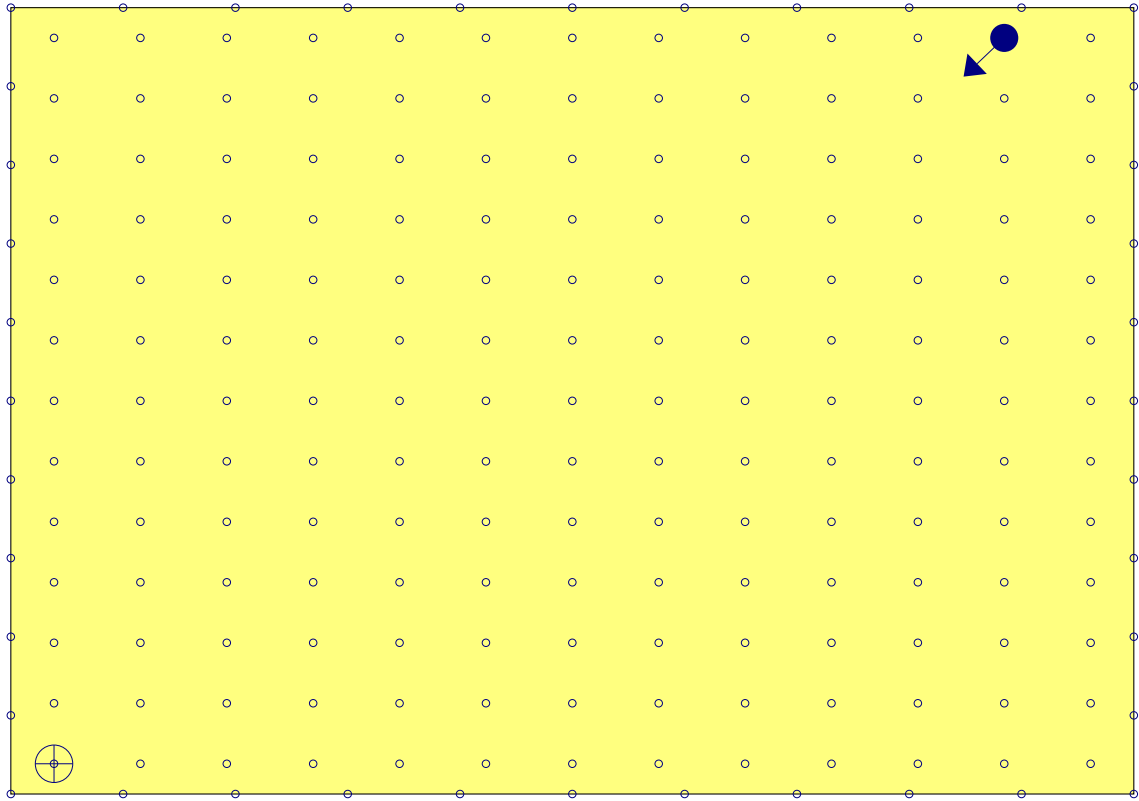
Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	198.11
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	314.43
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEL (W/m <sup>2</sup> ):	1.04
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m <sup>2</sup> ):	3.29
Factor de uniformidad (%):	63.00
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

## Anejo de cálculo: Iluminación



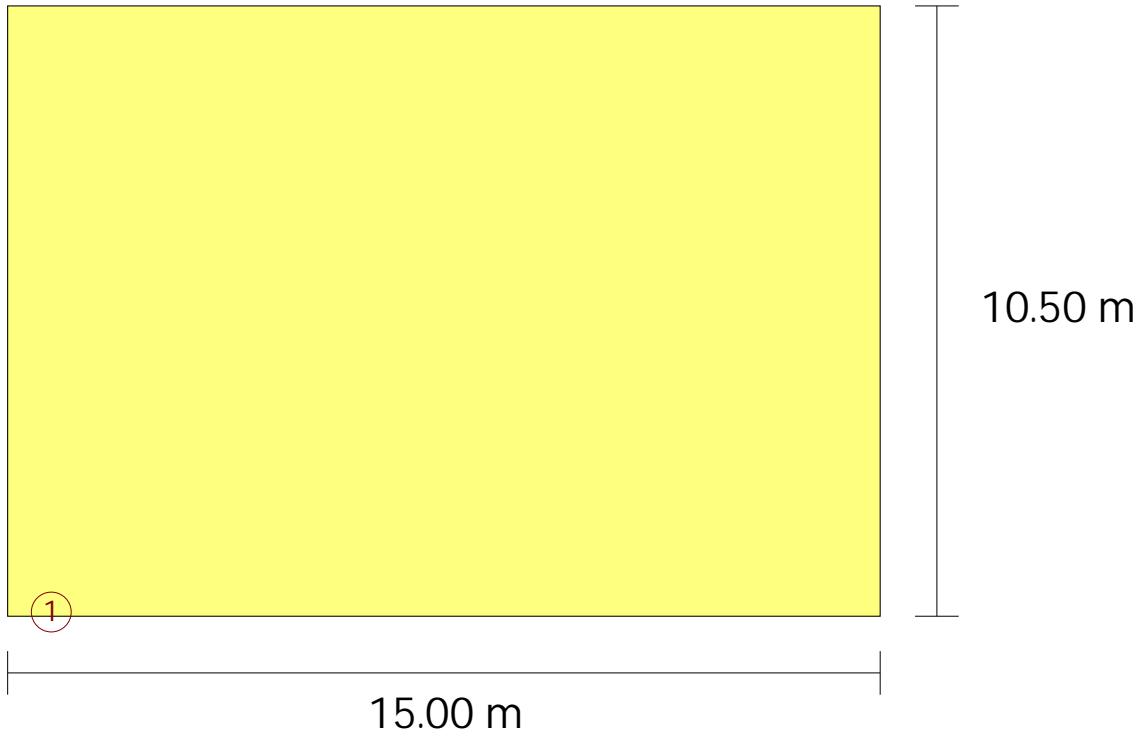
- Iluminancia mínima (198.11 lux)
- Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

### Alumbrado de emergencia

Ceficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias

## Anejo de cálculo: Iluminación



Producido por una versión educativa de CYPE

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Normalux DA-600L

# Anejo de cálculo: Iluminación

## 2. CURVAS FOTOMÉTRICAS

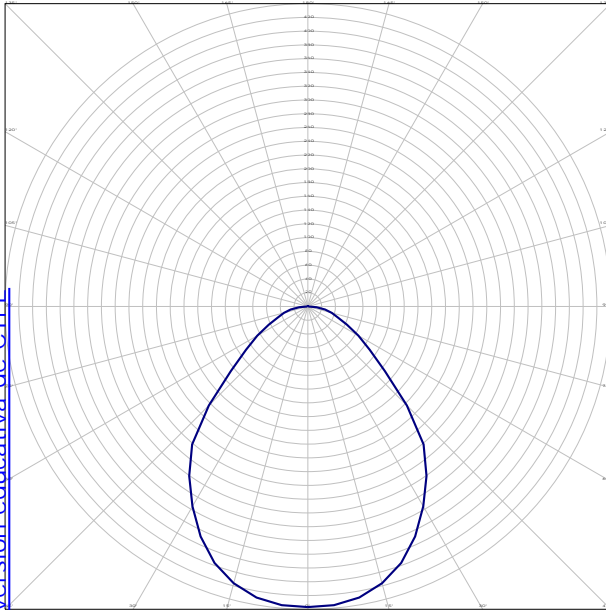
### TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado normal)

Tipo 1

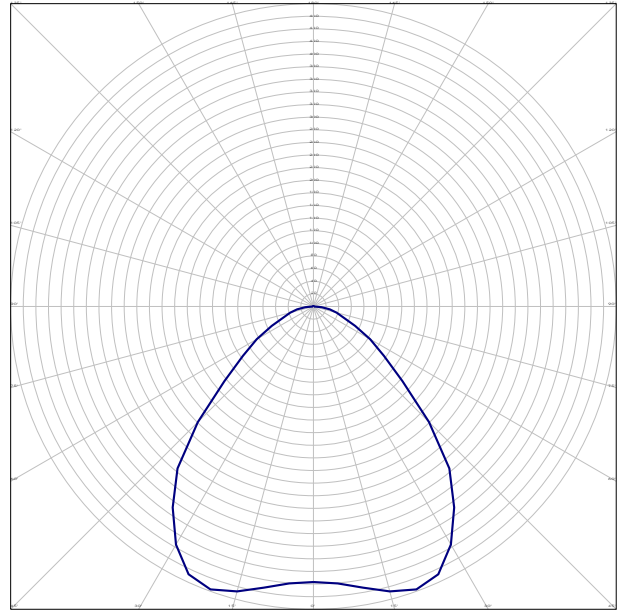
PHILIPS/2021-04-27 Eulumdat/1 B-Tilt = 0.00 RC132V G4 W60L60 PSD OC LED34S/- NO (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 75)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



Producido por una versión educativa de CYPE

### POS DE LUMINARIA (Alumbrado de emergencia)



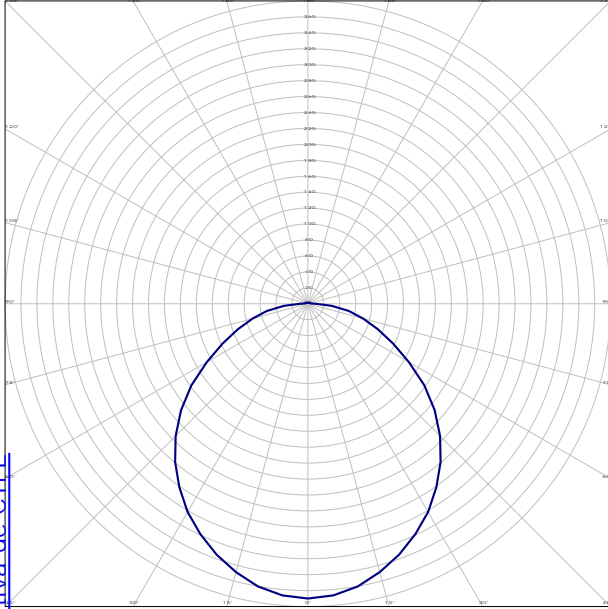
# Anejo de cálculo: Iluminación

Tipo 1

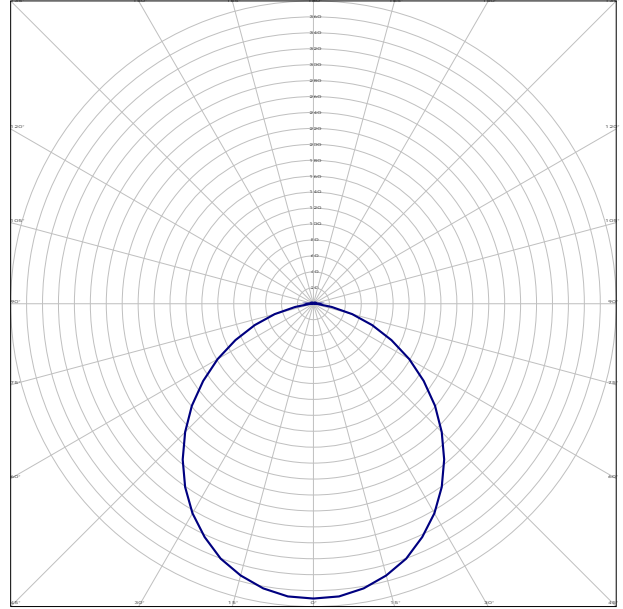
Normalux DA-600L (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 4)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



Producido por una versión educativa de CYPE

**Aula JB2**

# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	2.47
Número de puntos considerados, n	16
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	517.50
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	125
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	314.43
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	16.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	1.04	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	177.17	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	62	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.40	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	314.43	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	16	$\leq 19$	✓
Uniformidad de iluminancia, $U_o$	0.63	$\geq 0.60$	✓
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

# Aula C1



# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	2.57
Número de puntos considerados, n	16
Factor de mantenimiento, F <sub>m</sub>	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	690.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	125
Iluminancia media horizontal mantenida, E <sub>m</sub> (lux)	380.13
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	16.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, R <sub>a</sub>	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI (W/m <sup>2</sup> )	1.05	≤ 3.5	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	210.16	≥ 100	✓
Factor de uniformidad media (%)	60	≥ 40	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.40	≥ 2	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, R <sub>a</sub>	40	≥ 40	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, E <sub>m</sub> (lux)	380.13	≥ 300	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	16	≤ 19	✓
Uniformidad de iluminancia, U <sub>0</sub>	0.64	≥ 0.60	✓
Índice de reproducción cromática mínimo, R <sub>a</sub>	80	≥ 80	✓

## Aula C2

# 1. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-HE 3

## 1.1. Información referente a la zona

	Proyecto
Índice del local, K	3.86
Número de puntos considerados, n	25
Factor de mantenimiento, $F_m$	0.80
Potencia total instalada en lámparas + equipos aux., P (W)	1380.00
Eficiencia de las lámparas (lm/W)	125
Iluminancia media horizontal mantenida, $E_m$ (lux)	347.56
Índice de deslumbramiento unificado, UGR	16.00
Índice de rendimiento de color de las lámparas, $R_a$	80.00

Zona de actividad diferenciada: Aulas y laboratorios			
	Proyecto	Norma	Cumple
Valor de eficiencia energética de la instalación, VEEI ( $W/m^2$ )	0.98	$\leq 3.5$	✓

# 2. EXIGENCIA BÁSICA CTE DB-SUA 4

## 2.1. Alumbrado normal en zonas de circulación

Zona interior			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mínima a nivel del suelo (lux)	213.81	$\geq 100$	✓
Factor de uniformidad media (%)	65	$\geq 40$	✓

## 2.2. Alumbrado de emergencia

Disposición de las luminarias:

	Proyecto	Norma	Cumple
Altura de colocación (m)	3.20	$\geq 2$	✓

	Proyecto	Norma	Cumple
Índice de rendimiento cromático, $R_a$	40	$\geq 40$	✓

\*Los niveles de iluminación se han obtenido considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que engloba la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.

# 3. UNE-EN 12464-1:2012

## 3.1. Requisitos de alumbrado para áreas interiores, tareas y actividades

Verificación de los requisitos de iluminación según el tipo de actividad, propuestos por la norma EN 12464-1.

5.36.1 Establecimientos educativos - Edificios educativos - Aulas, aulas de teoría			
	Proyecto	Norma	Cumple
Iluminancia mantenida, $E_m$ (lux)	347.56	$\geq 300$	✓
Índice de Deslumbramiento Unificado, UGR	16	$\leq 19$	✓
Uniformidad de iluminancia, $U_o$	0.73	$\geq 0.60$	✓
Índice de reproducción cromática mínimo, $R_a$	80	$\geq 80$	✓

# Resultados fotométricos

## Orden de resultados:

1. Alumbrado normal
  - a. Isovalores
  - b. Isolíneas
  - c. Valores numéricos
2. UGR
  - a. Isovalores
  - b. Isolíneas
  - c. Valores numéricos

## Orden de aulas:

1. JB2
2. C1
3. C2

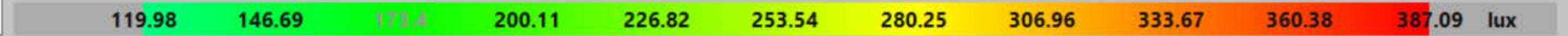
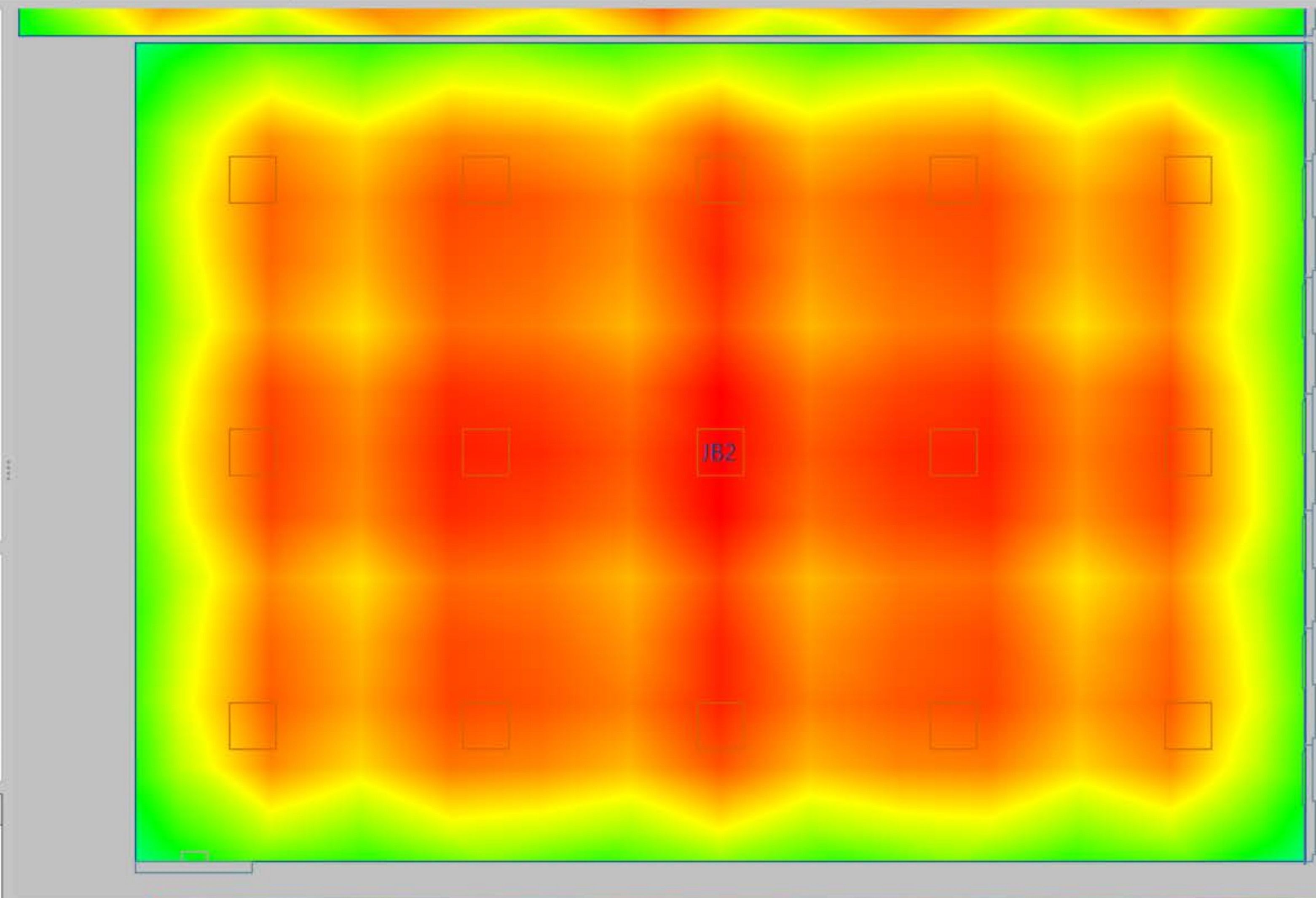


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model of the building layout.

Results display controls:  Ver resultados, Isovalores dropdown,  Visualizar en 3D, and Iluminancias, alumbrado normal dropdown.



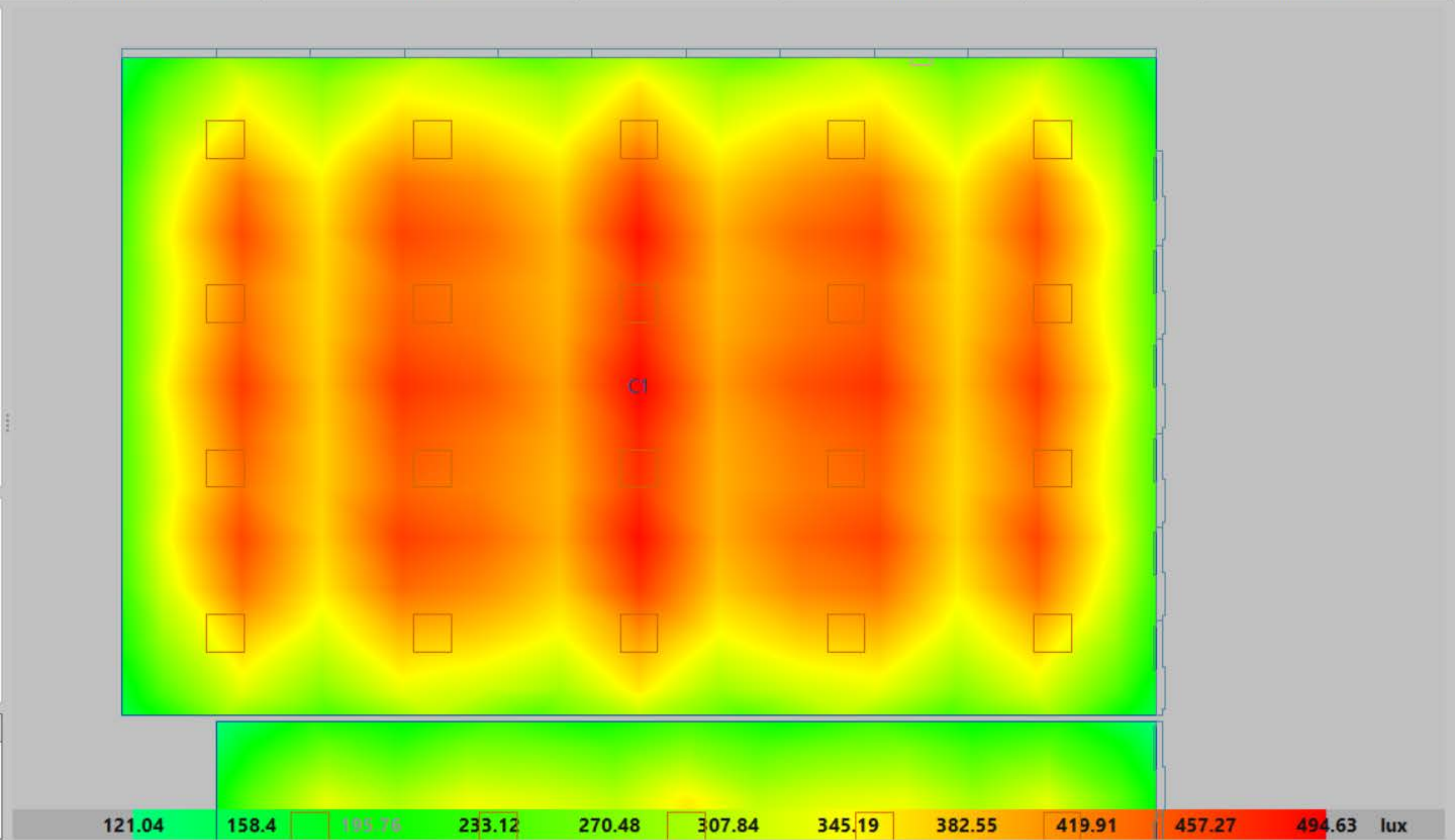


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model of a building layout.

Results control panel with 'Ver resultados' checked, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Iluminancias, alumbrado normal' dropdown.



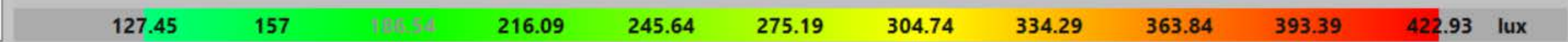
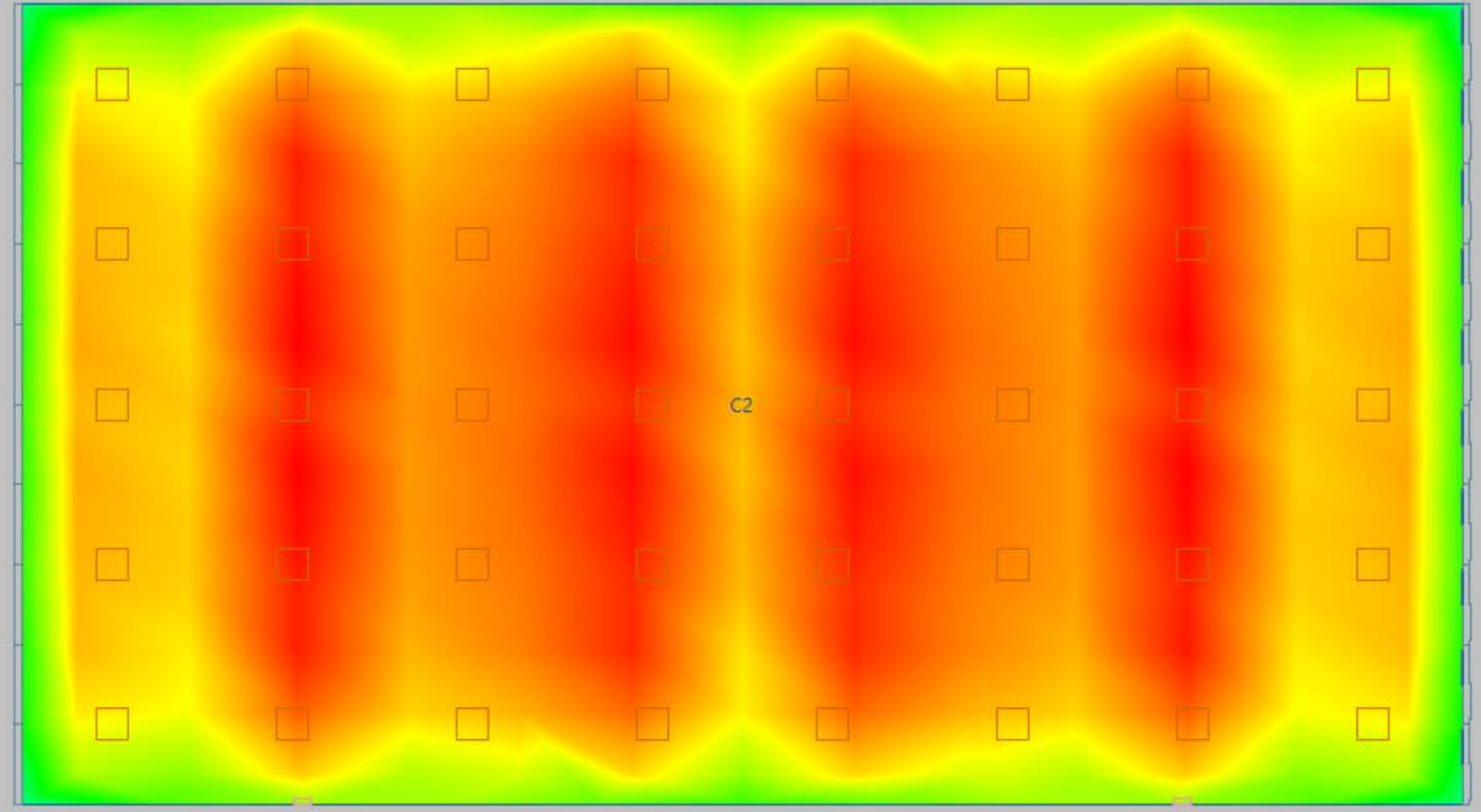


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model of the lighting layout.

Settings panel with 'Ver resultados' checked, 'Isovalores' dropdown, 'Visualizar en 3D' checkbox, and 'Iluminancias, alumbrado normal' dropdown.



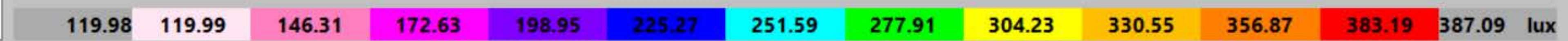
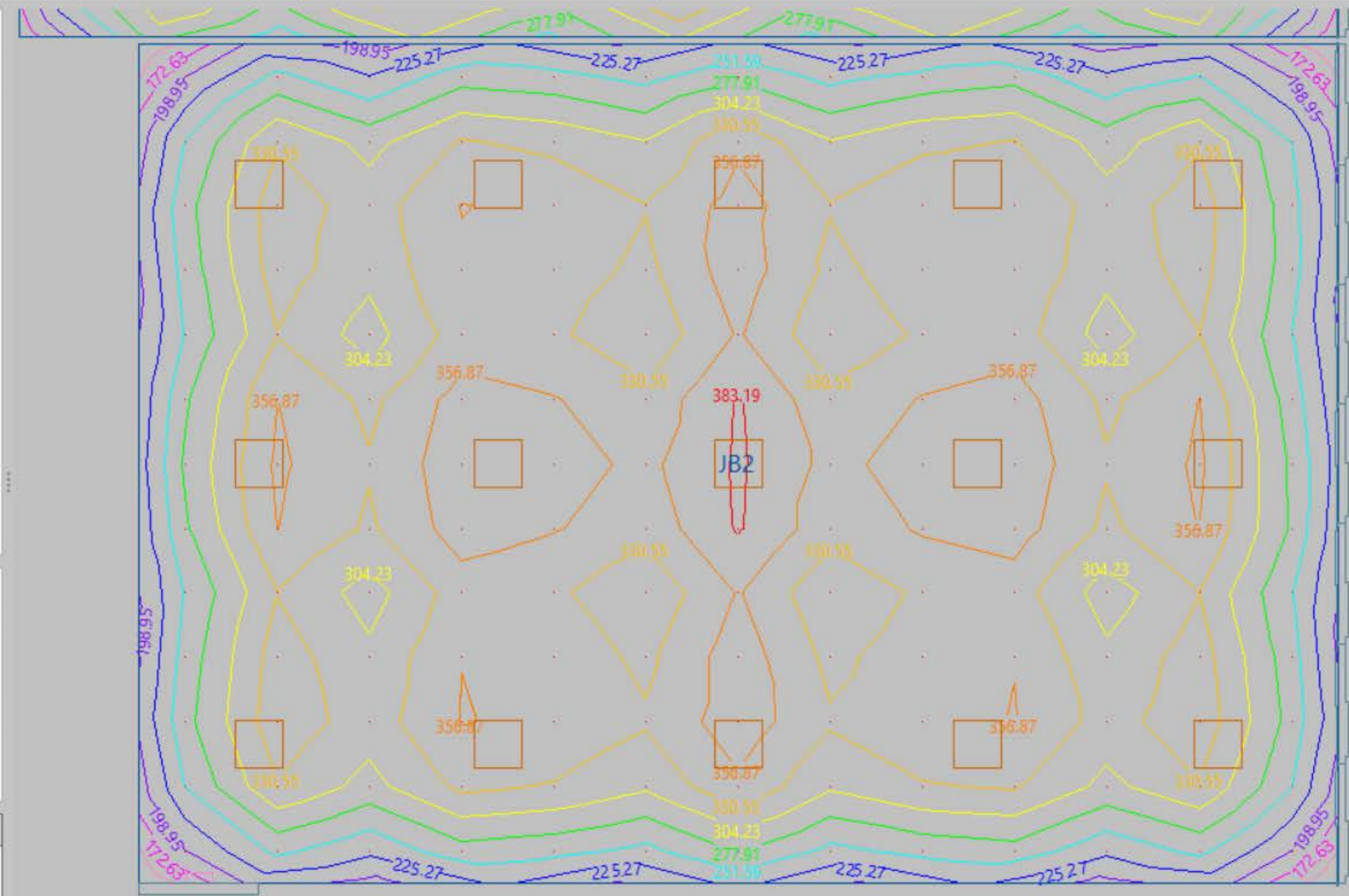


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D visualization window showing a perspective view of the building model.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' checkbox, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown menu set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.



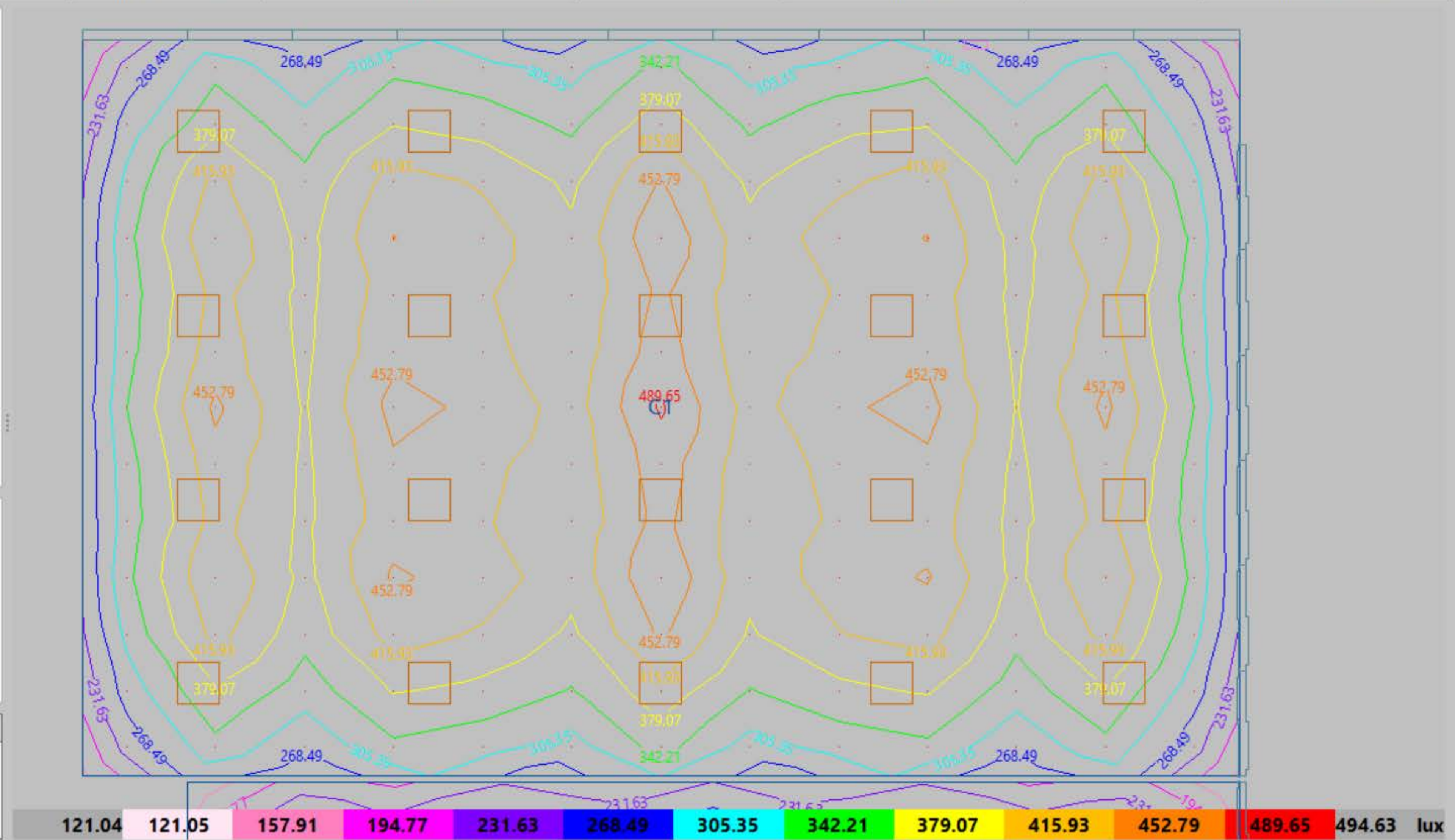


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the lighting layout on a building facade.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' box, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown menu set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.



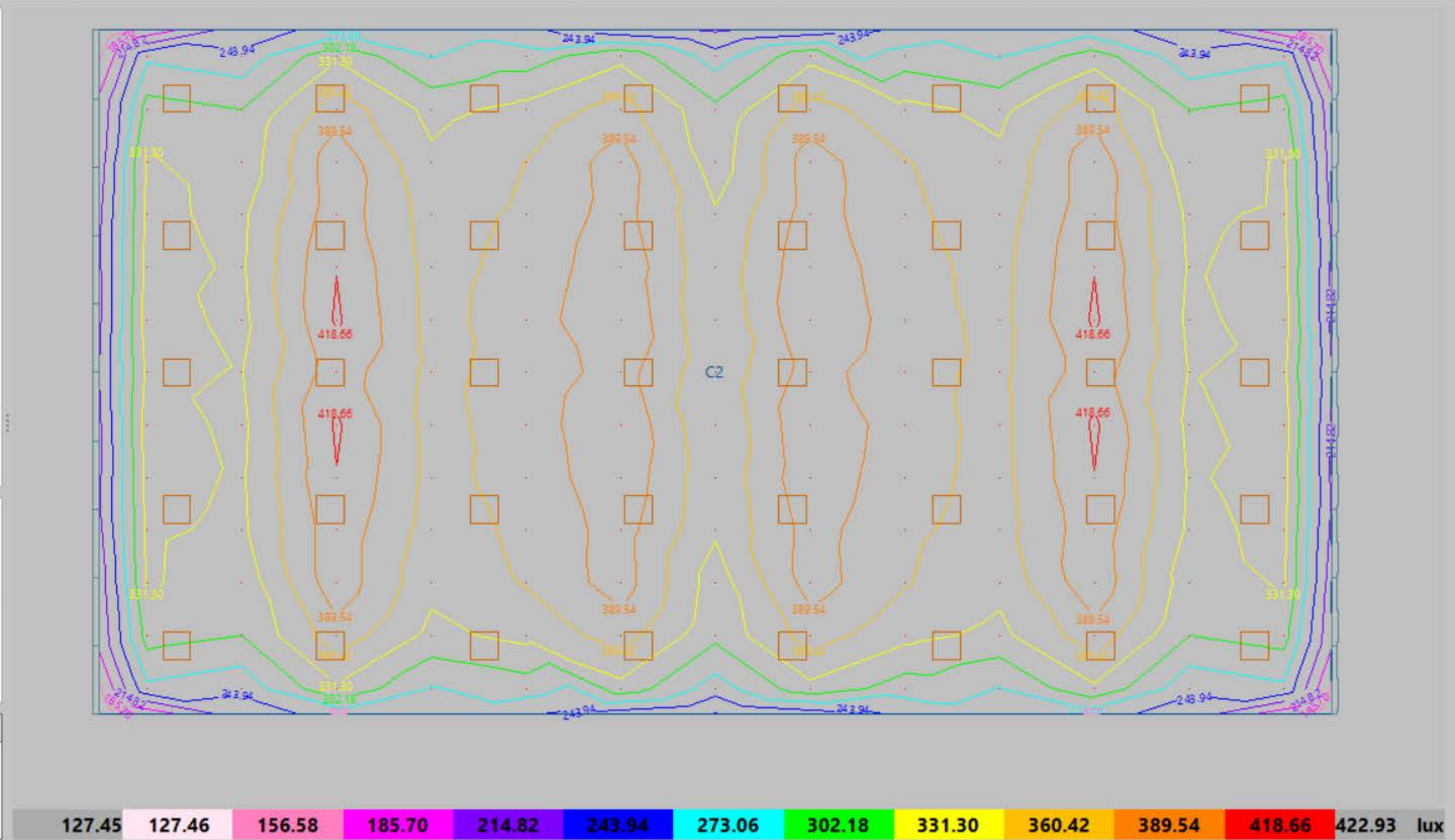


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the building model.

Results display controls including a checked 'Ver resultados' checkbox, a dropdown menu set to 'Isolíneas', and another dropdown menu set to 'Iluminancias, alumbrado normal'.





Proyecto: Zona, Luminaria interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna  
 Seguridad/Protección: Vía de evacuación, Equipamiento  
 Edición: [Edit icons]  
 Cálculo: Actualizar resultados, Actualizar zona  
 Visualización: Gestión de capas, Nueva vista, Render  
 BIMserver.center: Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín

Nivel 1

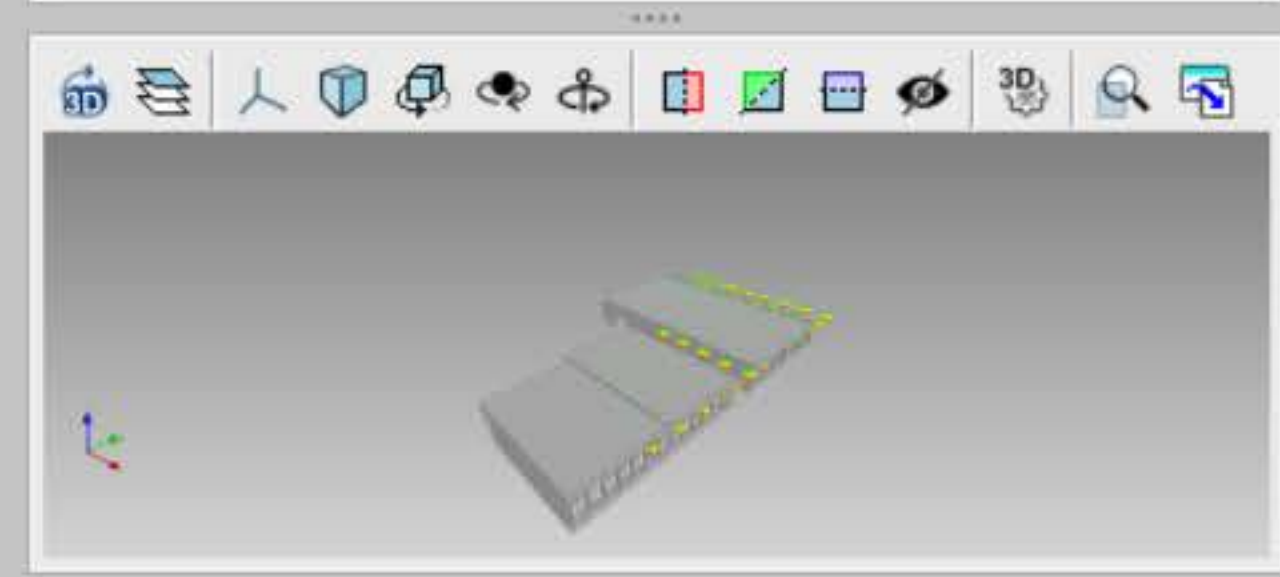
Ver resultados  
 Numérico  
 Iluminancias, alumbrado normal

204.94	313.04	322.11	301.14	308.42	339.14	401.34	340.01	309.4	302.9	322.41	313.18	204.96
245.17	330.62	275.51	334.46	318.9	290.36	356.43	290.67	319.04	333.63	275.56	331.05	245.2
198.47	258.96	226.48	267.64	261.13	243.24	273.03	243.35	260.88	268.46	231.25	252.8	198.21
251.81	327.41	295.83	332.97	323.44	304.55	351.94	305.07	324.67	331.95	291.68	327.88	251.18
268.56	345.84	317.55	357.8	350.44	331.54	368.1	331.95	351.59	356.7	316.17	345.86	261.95
262.27	343.43	311.54	353.14	344.34	324.37	371.44	324.18	343.55	353.36	310.92	342.92	262.2
253.62	329.68	293.08	343.37	334.99	310.68	359.38	310.06	334.76	343.8	292.86	330.37	252.92
273.37	356.94	324.64	367.43	358.49	339.52	385.3	338.73	358.48	368.13	325.11	357.24	265.93
282.31	361.34	332.59	374.61	369.32	349.89	388.29	349.22	368.9	375.21	332.94	361.05	273.39
273.33	357.1	326.88	369.47	358.82	339.78	385.78	339.76	359.81	368.95	324.76	357.39	274.03
252.68	329.63	293.06	343.76	335.39	310.22	358.67	310.17	335.22	343.46	291.48	330.02	253.39
262.89	343.45	310.42	356.54	346.84	324.47	371.6	323.77	346.01	356.25	310.36	344.14	262.61
269.36	347.41	317.47	357.99	351.27	333.95	372.17	333.67	350.5	357.86	319.78	347.86	268.76
251.65	328.37	294.9	336.83	328.34	309.16	351.91	308.99	328.5	333.23	296.43	328.4	251.64
198.11	257.8	230.29	267.65	260.1	243.75	280.15	243.75	260.04	267.4	231.35	258.29	198.29



Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.



Results display controls:  Ver resultados, Numérico, Iluminancias, alumbrado normal.

244.25	330.76	275.79	334.32	319.04	290.83	354.54	291.27	318.94	334.62	276.86	330.82	244.96
284.42	370.07	319.64	377.56	363.85	334.36	401.66	335.14	367.79	377.19	318.66	370.97	284.21
315.39	426.98	353.39	431.4	411.49	370.96	455.94	371.75	408.67	431.22	352.92	427.95	314.77
332.42	449.81	366.91	453.63	431.97	387.79	482.56	391.1	434.15	453.82	365.88	448.93	332.49
323.56	428.22	369.38	435.89	420.16	387.29	460.63	387.45	419.13	436.83	368.58	428.64	323.21
328.18	437.97	371.06	444.8	426.89	392.04	472.24	392.13	427.02	445.05	372.98	439.96	328.39
341.64	459.31	376.13	464.87	444.42	400.14	492.163	401.98	446.39	465.24	377.48	460.8	341.67
328.2	440.93	372.09	447.24	425.75	393.3	472.46	393.31	428.39	445.89	371.22	440.18	327.99
323.89	429.35	371.78	437.08	420.03	388.14	465.02	390.67	421.76	436.09	367.55	429.15	323.69
333.68	452.43	368.67	458.07	435.13	392.55	485.1	390.73	434.04	455.87	369.82	453.14	333.63
315.59	428.99	354.58	432.18	411.14	372.46	459.33	374.93	414.48	429.95	353.39	428.98	315.43
284.94	375.64	322.77	381.74	368.42	339.74	401.54	340.01	369.4	382.9	322.47	375.78	284.98
245.17	330.62	275.51	334.46	318.9	290.36	356.43	290.67	319.04	333.63	275.56	331.05	245.2
198.47	258.96	226.48	267.64	261.13	243.24	273.03	243.35	260.88	268.46	231.25	252.8	198.21
251.81	327.41	295.83	332.97	323.44	304.55	351.94	305.07	324.67	331.95	291.68	327.88	251.18
269.56	345.84	317.55	357.8	350.44	331.54	369.4	331.05	351.59	356.7	316.13	345.86	269.05



Proyecto Iluminación Seguridad/Protección Edición Cálculo Visualización BIMserver.center

Zona interior Luminaria exterior Luminaria de emergencia Luz diurna

Vía de evacuación Equipamiento

Actualizar resultados Actualizar zona

Gestión de capas Nueva Render vista

Actualizar Exportar Paula Martínez Martín

Nivel 1

Ver resultados

Numérico

Iluminancias, alumbrado normal

267.82	252.65	327.88	271.26	288.04	323.05	259.18	323.23	287.66	271.32	317.43	252.48	267.48
314.12	302.1	377.94	322.77	339.76	374.04	308.67	373.32	340.17	323.06	378.48	301.52	314.02
335.9	310.43	408.8	336.95	360.81	403.25	315.53	403.48	362.03	338.5	408.88	311.02	335.2
336.69	325.33	407.16	347.84	365.16	401.48	334.1	402.72	365.67	346.93	408.25	325.79	335.96
340.53	327.7	417.88	350.47	369.41	410.36	338.86	411.29	370.42	350.48	417.72	328.71	341.15
344.85	323.41	422.88	351.39	373.94	416.96	332.34	416.61	374.1	351.72	422.89	324.81	344.15
337.41	329.73	405.55	353.31	370.53	402.34	338.54	401.6	369.98	353.38	406.14	329.7	337.89
344.04	324.76	422.87	351.2	373.16	416.57	331.36	415.51	372.99	351.55	422.93	324.73	344.46
341.21	328.18	417.52	352.05	370.8	411.09	338.49	410.65	370.22	351.02	418.04	328.59	340.49
336.31	325.59	408.22	348.14	365.7	402.14	334.95	401.42	365.67	348.98	407.93	326.03	336.6
335.49	311.32	408.3	338.92	362.59	403.24	316.32	402.64	362.32	339.62	411.24	313.38	335.24
314.16	301.99	378.24	323.51	339.72	374.03	309.28	374.41	340.31	323.4	378.69	302.28	314.44
267.41	252.63	327.87	270.74	287.38	322.24	258.74	322.7	287.89	271.47	327.18	252.34	267.22



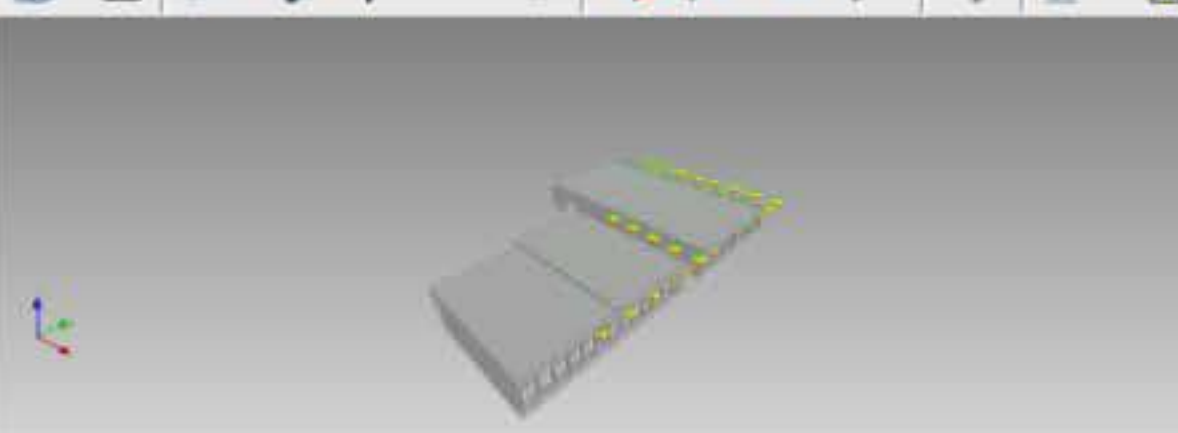
Project navigation and toolbars:

- Proyecto:** Project management icons.
- Iluminación:** Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna.
- Seguridad/Protección:** Vía de evacuación, Equipamiento.
- Edición:** Drawing and editing tools.
- Cálculo:** Actualizar resultados, Actualizar zona.
- Visualización:** Gestión de capas, Nueva vista, Render.
- BIMserver.center:** Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín.

Level selection panel:

Nivel 1

3D view controls:

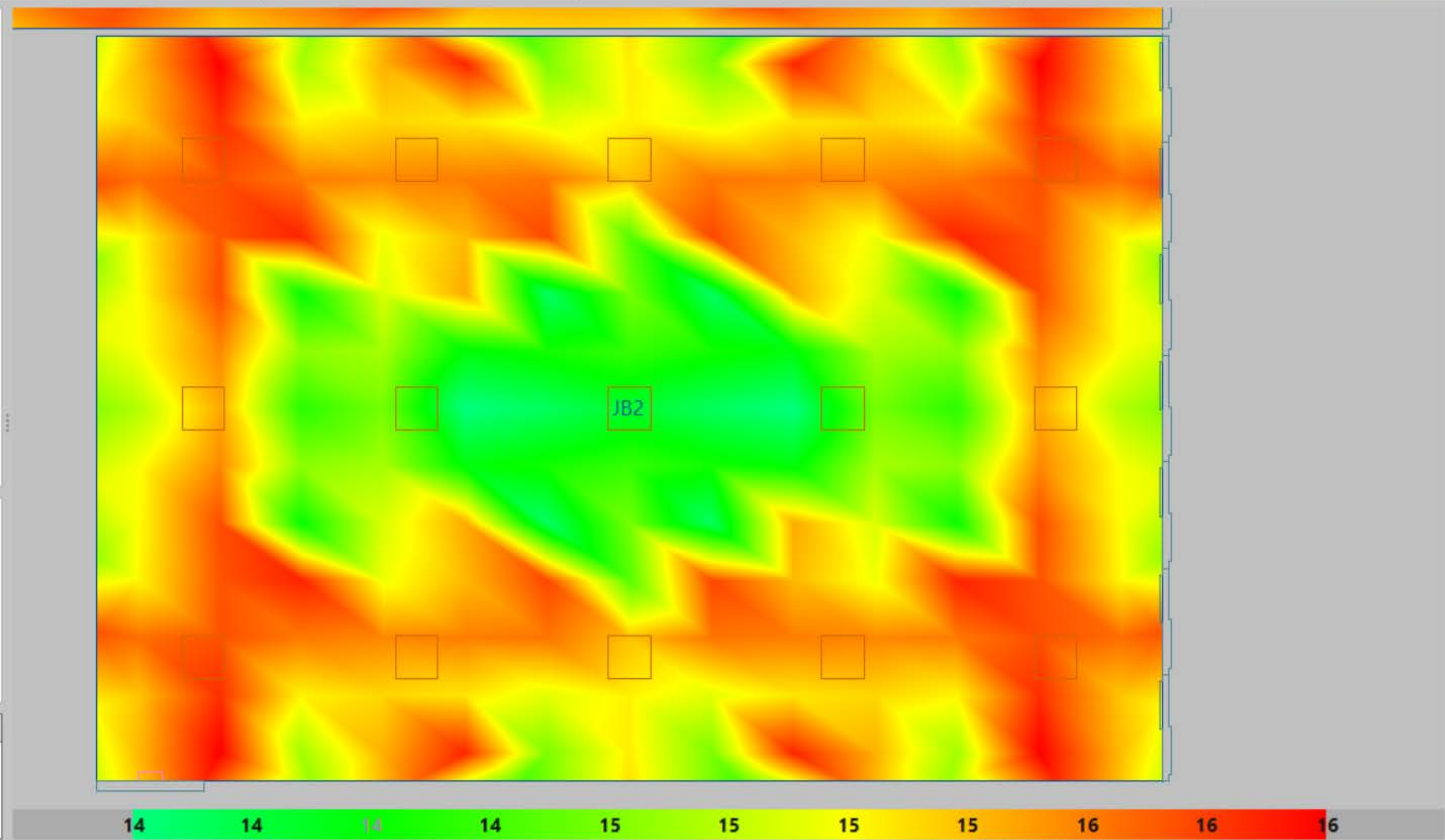


Results and visualization settings:

Ver resultados

Isovalores  Visualizar en 3D

Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal



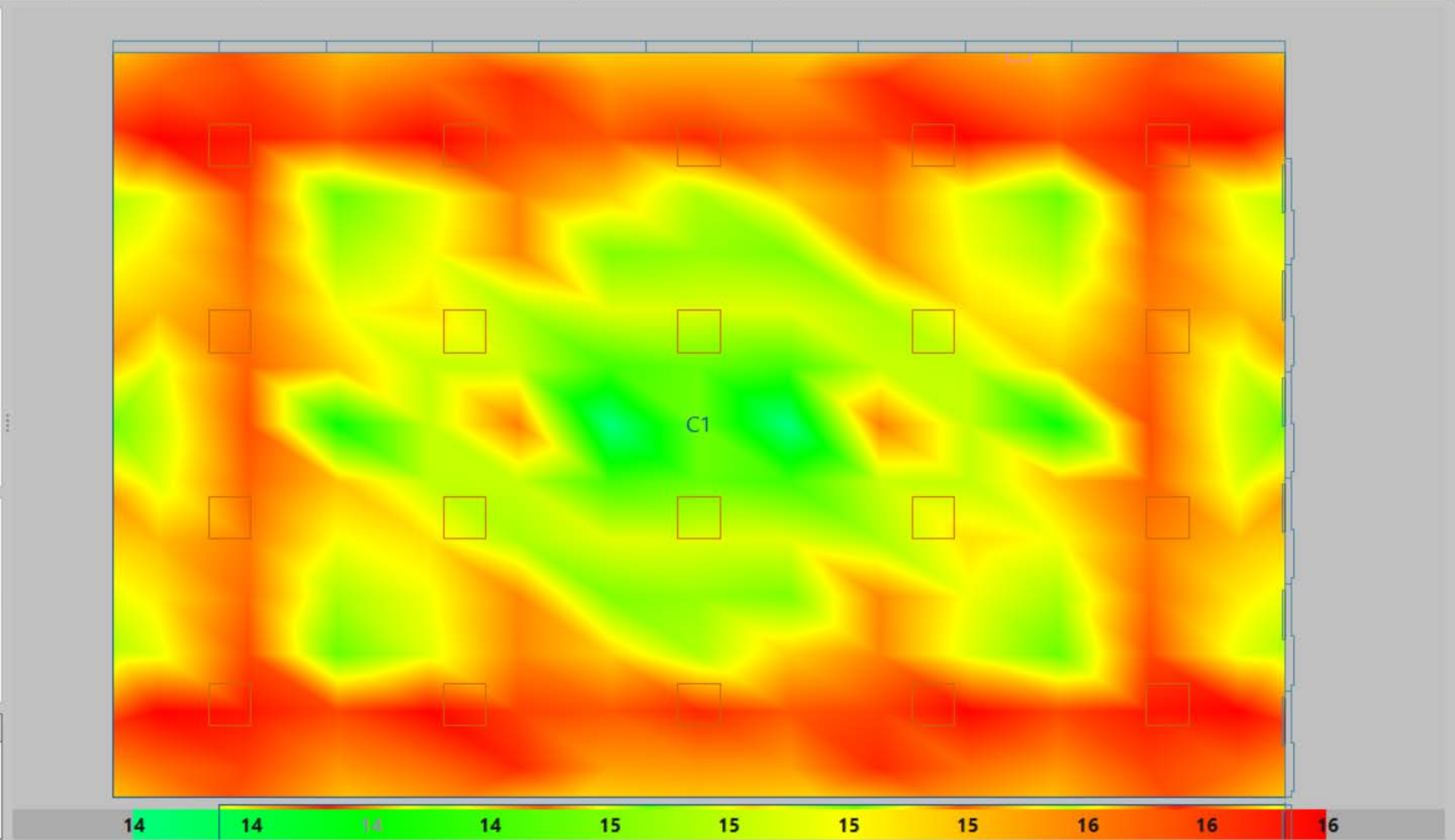


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model of a building structure.

Results control panel with options:  Ver resultados, Isovalores,  Visualizar en 3D, and Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal.



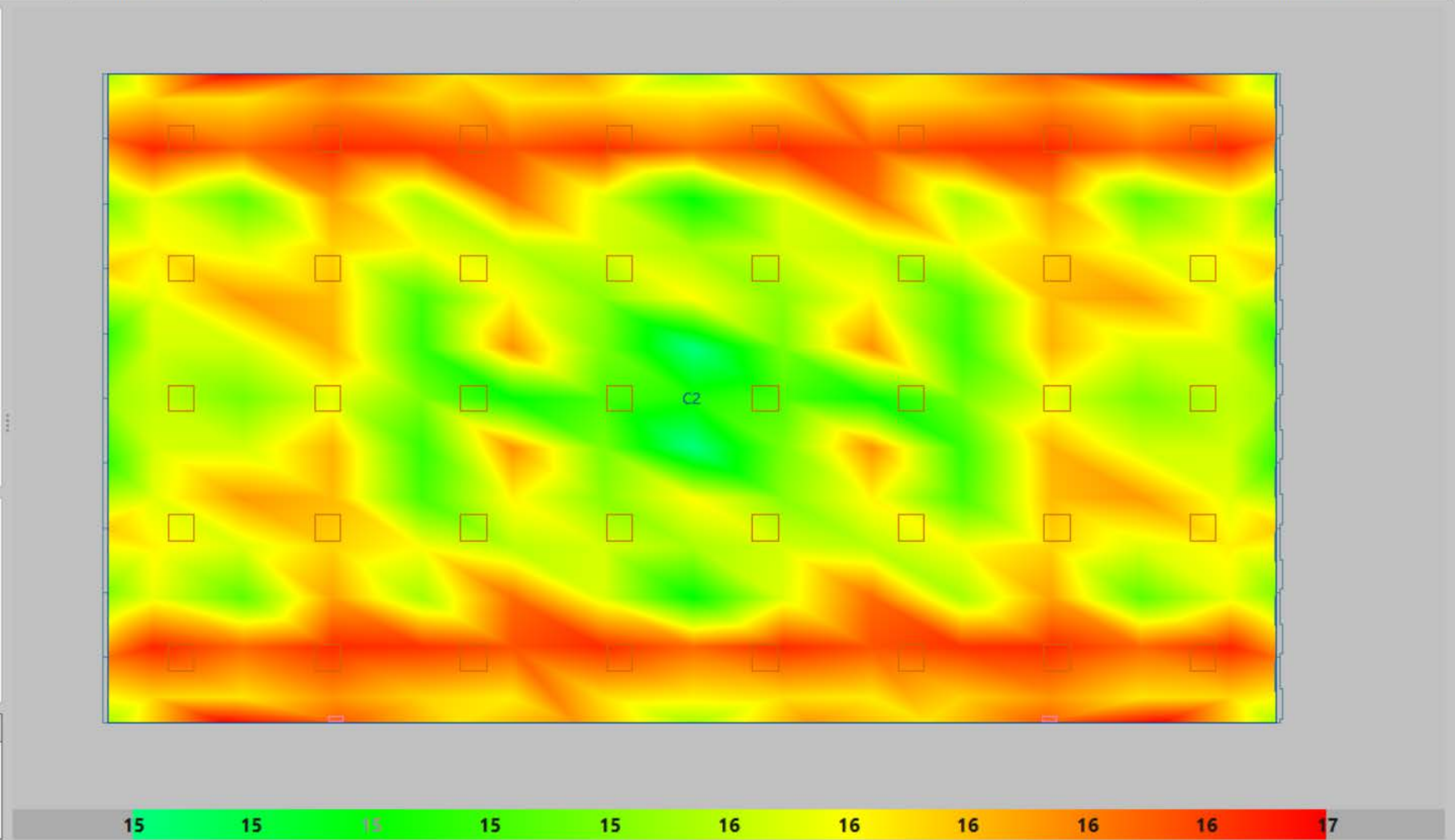


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view navigation toolbar and a small 3D model of a building structure.

Results control panel with options:  Ver resultados, Isovalores,  Visualizar en 3D, and Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal.





Project navigation and toolbars:

- Proyecto:** Project management icons.
- Iluminación:** Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna.
- Seguridad/Protección:** Vía de evacuación, Equipamiento.
- Edición:** Drawing and editing tools.
- Cálculo:** Actualizar resultados, Actualizar zona.
- Visualización:** Gestión de capas, Nueva vista, Render.
- BIMserver.center:** Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín.

Level selection panel:

Nivel 1

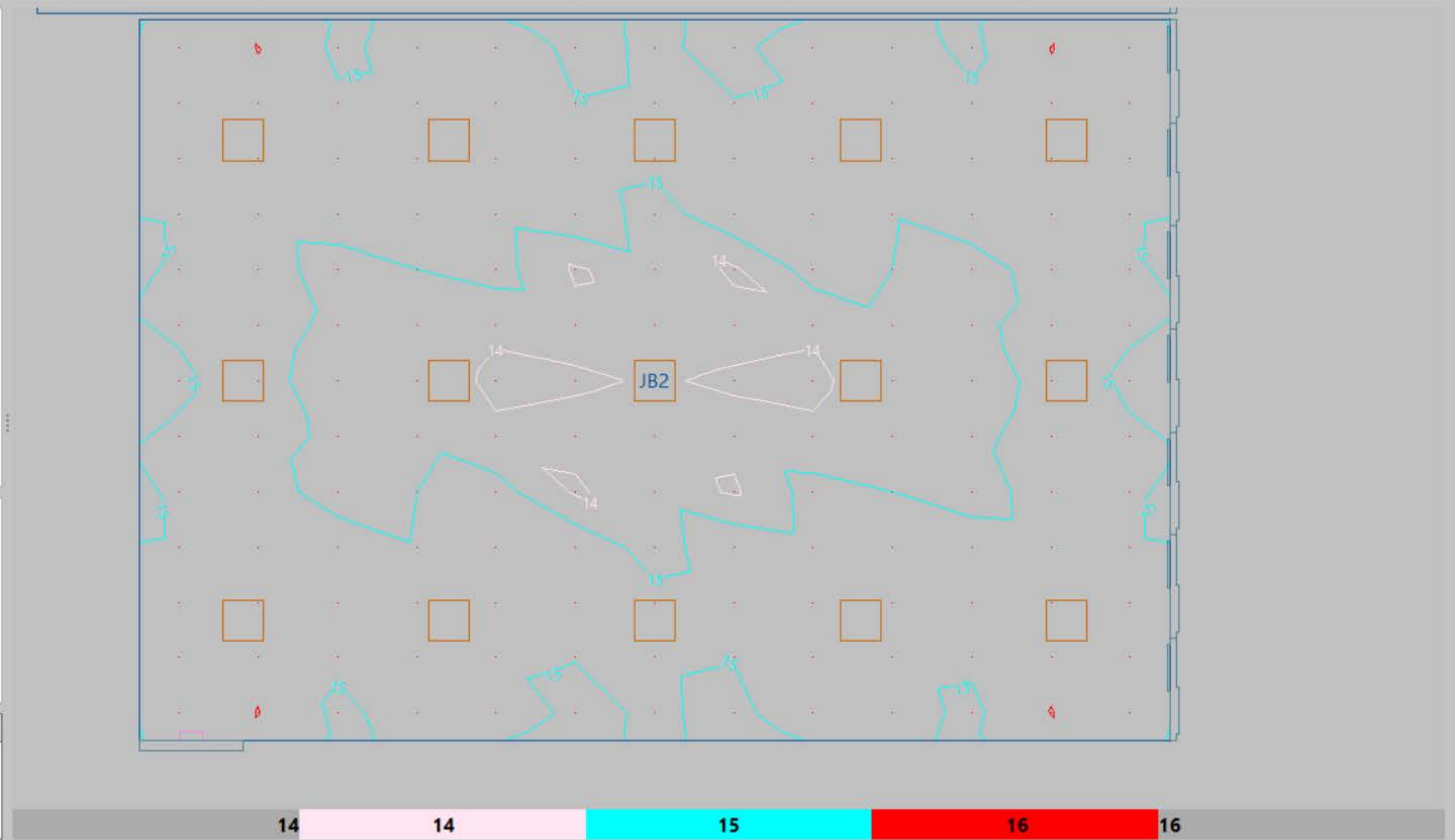
3D view window:

Results and settings panel:

Ver resultados

Isolíneas

Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal



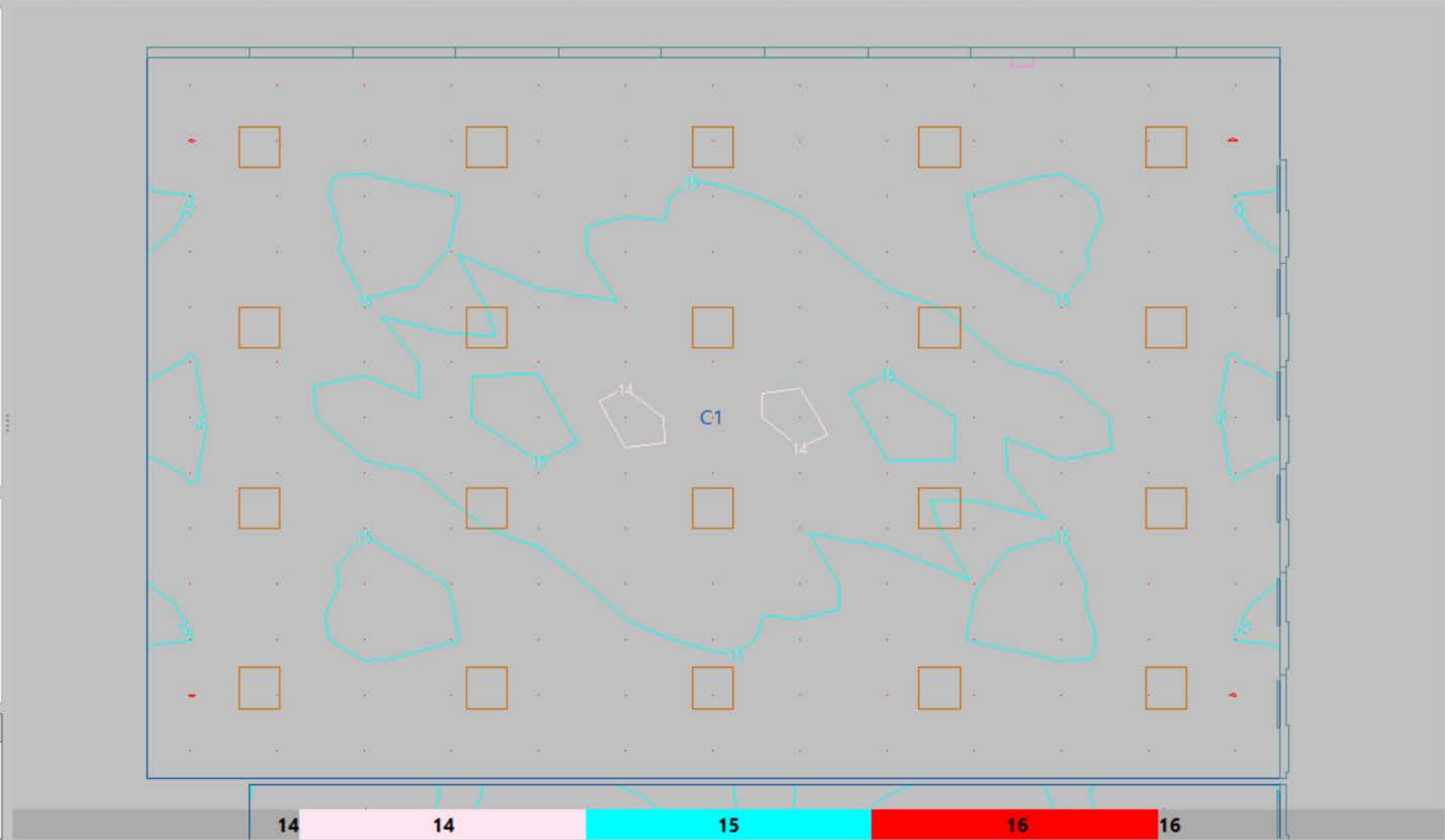


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the building model.

Results control panel with 'Ver resultados' checked, 'Isolíneas' dropdown, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.



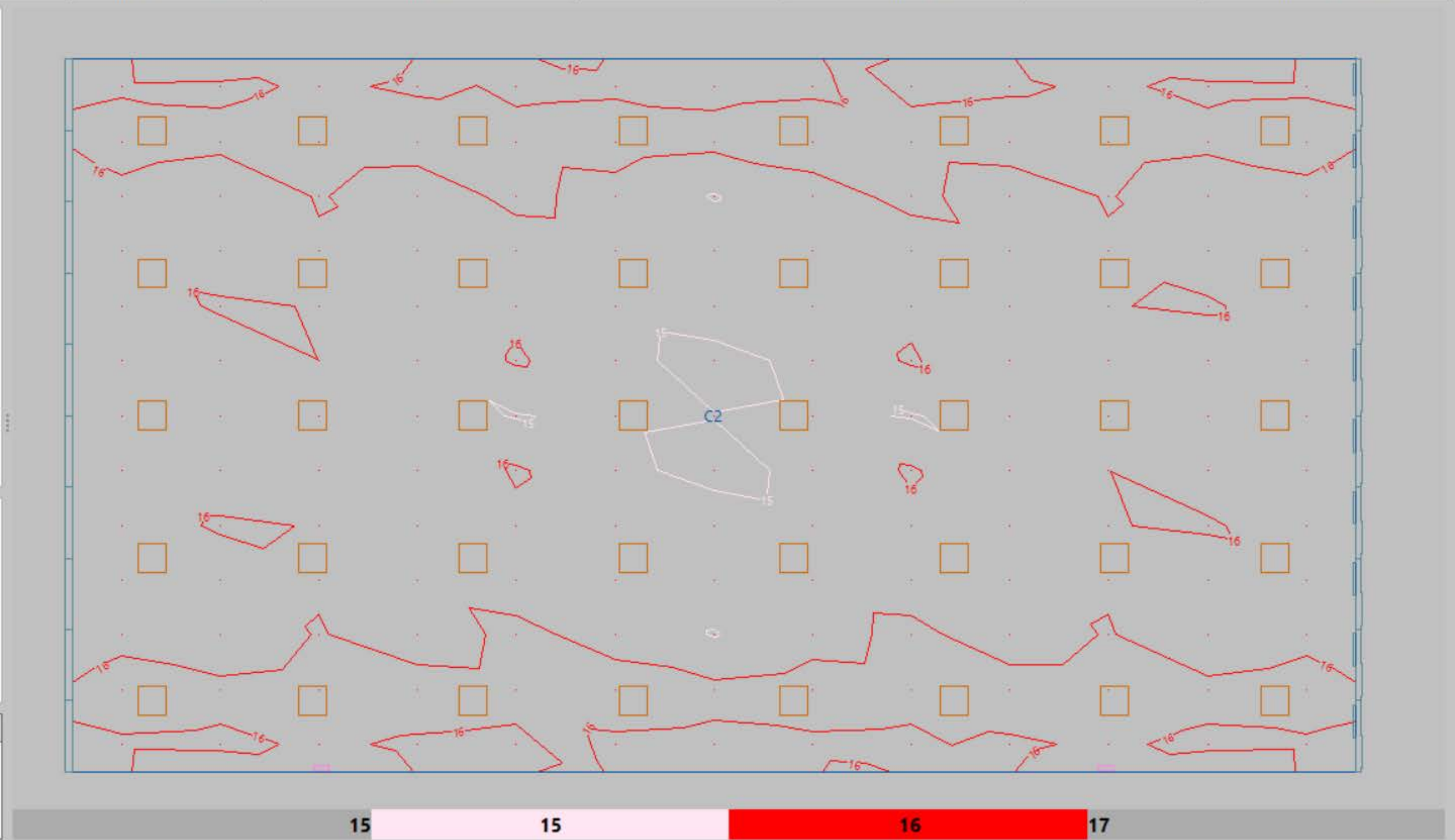


Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view window showing a perspective view of the building model.

Results control panel with 'Ver resultados' checked, 'Isolíneas' dropdown, and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal' dropdown.





Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view controls and settings. Includes a 3D view window showing a perspective view of a rectangular object. Below it, a checkbox 'Ver resultados' is checked. A dropdown menu is set to 'Numérico', and another dropdown is set to 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal'.

15.62	15.76	15.46	15.6	15.86	15.42	15.45	15.42	15.86	15.6	15.46	15.76	15.62
15.35	16.02	14.8	15.39	15.89	14.67	15.18	14.67	15.89	15.39	14.8	16.02	15.35
15.32	15.85	15.15	15.26	15.21	15.03	15.16	15.03	15.21	15.26	15.15	15.86	15.32
15.62	15.74	15.59	15.54	15.57	15.6	15.33	15.6	15.57	15.54	15.59	15.74	15.62
15.14	15.72	15.89	15.07	15.36	15.76	14.53	15.76	15.36	15.07	15.89	15.72	15.14
15.12	15.75	14.25	15	15.41	13.87	14.64	13.87	15.41	15	14.25	15.75	15.12
15.1	15.54	14.72	14.81	14.18	14.29	14.41	14.29	14.18	14.81	14.72	15.54	15.1
14.86	15.42	14.38	14.64	13.77	13.89	14.32	13.89	13.77	14.64	14.38	15.42	14.86
15.1	15.54	14.72	14.81	14.18	14.29	14.41	14.29	14.18	14.81	14.72	15.54	15.1
15.12	15.75	14.25	15	15.41	13.87	14.64	13.87	15.41	15	14.25	15.75	15.12
15.14	15.72	15.89	15.07	15.36	15.76	14.53	15.76	15.36	15.07	15.89	15.72	15.14
15.62	15.74	15.59	15.54	15.57	15.6	15.33	15.6	15.57	15.54	15.59	15.74	15.62
15.32	15.85	15.15	15.26	15.21	15.03	15.16	15.03	15.21	15.26	15.15	15.85	15.32
15.35	16.02	14.8	15.39	15.89	14.67	15.18	14.67	15.89	15.39	14.8	16.02	15.35



Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva vista, Render), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view controls and settings. Includes a 3D view of a building section and a 'Ver resultados' section with a dropdown menu set to 'Numérico' and 'Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal'.

15.62	15.76	15.46	15.6	15.86	15.42	15.45	15.42	15.86	15.6	15.46	15.76	15.62
16.01	15.93	15.75	16	15.77	15.68	15.86	15.68	15.77	16	15.75	15.93	16.01
14.98	15.74	14.51	14.95	15.51	15.25	14.77	15.25	15.51	14.95	14.51	15.74	14.98
15.12	15.62	14.75	15.02	15.5	14.59	14.67	14.59	15.5	15.02	14.75	15.62	15.12
15.3	15.55	15.04	15.16	14.76	14.95	14.94	14.95	14.76	15.16	15.04	15.55	15.31
14.94	15.64	15.28	14.83	14.85	14.34	14.49	14.34	14.85	14.83	15.28	15.64	14.94
14.85	15.71	14.13	14.84	15.53	13.61	14.51	13.61	15.53	14.84	14.13	15.71	14.85
14.94	15.64	15.28	14.83	14.85	14.34	14.49	14.34	14.85	14.84	15.28	15.65	14.95
15.3	15.55	15.04	15.16	14.76	14.95	14.94	14.95	14.76	15.16	15.04	15.55	15.3
15.12	15.62	14.75	15.02	15.5	14.59	14.67	14.59	15.5	15.02	14.75	15.62	15.12
14.98	15.74	14.51	14.95	15.51	15.25	14.77	15.25	15.51	14.95	14.51	15.74	14.98
16.01	15.93	15.75	16	15.77	15.68	15.86	15.68	15.77	16	15.75	15.93	16.01
15.62	15.76	15.46	15.6	15.86	15.42	15.45	15.42	15.86	15.6	15.46	15.76	15.62
15.35	16.02	14.8	15.39	15.89	14.67	15.18	14.67	15.89	15.39	14.8	16.02	15.35



Project navigation and toolbars including: Proyecto, Iluminación (Zona interior, Luminaria exterior, Luminaria de emergencia, Luz diurna), Seguridad/Protección (Vía de evacuación, Equipamiento), Edición, Cálculo (Actualizar resultados, Actualizar zona), Visualización (Gestión de capas, Nueva Render vista), and BIMserver.center (Actualizar, Exportar, Paula Martínez Martín).

Level selection panel showing 'Nivel 1'.

3D view controls and settings. Includes a 3D model of a building section. Settings:  Ver resultados, Numérico, Deslumbramiento (UGR), alumbrado normal.

15.89	15.85	16.1	15.91	15.82	15.87	15.81	15.87	15.82	15.91	16.1	15.85	15.89
16.45	16.24	16.44	16.41	16.31	16.43	16.24	16.43	16.31	16.41	16.44	16.24	16.45
15.71	15.26	16.06	15.5	16.23	15.66	14.95	15.66	16.23	15.5	16.06	15.26	15.71
15.79	15.66	15.9	15.75	15.56	15.64	15.49	15.64	15.56	15.76	15.91	15.66	15.8
15.68	16.07	15.98	15.18	15.79	15.39	15.77	15.39	15.79	15.18	15.98	16.07	15.68
15.63	15.63	16	15.13	16.1	15.34	14.55	15.34	16.1	15.13	16	15.63	15.63
15.58	15.34	15.68	15.34	14.95	15.19	15.23	15.19	14.95	15.34	15.68	15.34	15.58
15.63	15.63	16	15.13	16.1	15.34	14.55	15.34	16.1	15.13	16	15.63	15.63
15.68	16.07	15.98	15.18	15.79	15.39	15.77	15.39	15.79	15.18	15.98	16.07	15.68
15.79	15.66	15.9	15.75	15.56	15.64	15.49	15.64	15.56	15.75	15.9	15.66	15.79
15.71	15.26	16.06	15.5	16.23	15.66	14.95	15.66	16.23	15.5	16.06	15.26	15.71
16.45	16.24	16.44	16.41	16.31	16.43	16.24	16.43	16.31	16.41	16.44	16.25	16.46
15.89	15.85	16.1	15.91	15.82	15.87	15.81	15.87	15.82	15.91	16.1	15.85	15.89



## ANEXO D. CÁLCULOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO

1. Mediciones y presupuestos del cambio de instalación
2. Coste de la energía
3. Comparación



## Estado actual

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>						
01.01		u	<b>Desmonaje instalación actual</b>			
			Desmontaje de luminaria interior situada a 3,5 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.			
MOAE.8A	0.082	h	Ayudante electricista	17.86	1.46	
MOOE.9A	0.082	h	Oficial 1ª electricidad	20.12	1.65	
%	0.031	%	Costes directos complementarios	2.00	0.06	
			Mano de obra.....			3.17
			Suma la partida.....			3.17
			Costes indirectos.....		2.00%	0.06
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>3.23</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIONES</b>						
02.01		u	<b>Luminarias fluorescentes</b>			
			Tubos fluorescentes de 3x36W y equipo auxiliar balasto electrónico para regleta de cañapa de acero fluorescente empotrada en falsos techos de perfil visto con lámparas fluorescentes y equipo de encendido electrónico, con dimensiones 1196x596 mm, incluido reflector simétrico, inslada, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión 2002.			
PIL11.DBB	3.000	u	Tubos fluorescentes	6.69	20.07	
PIL11.DAB	2.000	u		17.67	35.34	
MOOE.9A	0.321	h	Oficial 1ª electricidad	20.12	6.46	
%	0.619	%	Costes directos complementarios	2.00	1.24	
			Mano de obra.....			7.70
			Materiales.....			55.41
			Suma la partida.....			63.11
			Costes indirectos.....		2.00%	1.26
			<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>64.37</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>									
01.01	u Desmonaje instalación actual								
	Desmontaje de luminaria interior situada a 3,5 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.								
	Presupuestos anteriores						104.00		
								3.23	335.92
	<b>TOTAL CAPÍTULO 01 DESMONTAJE.....</b>								<b>335.92</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIONES</b>									
02.01	u Luminarias fluorescentes								
	Tubos fluorescentes de 3x36W y equipo auxiliar basito electrónico para regleta de cañapa de acero fluorescente empotrada en falsos techos de perfil visto con lámparas fluorescentes y equipo de encendido electrónico, con dimensiones 1196x596 mm, incluido reflector simétrico, inslada, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión 2002.								
	Presupuestos anteriores						104.00		
								64.37	6,694.48
	<b>TOTAL CAPÍTULO 02 INSTALACIONES.....</b>								<b>6,694.48</b>
<b>TOTAL.....</b>								<b>7,030.40</b>	



## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	DESMONTAJE.....	335.92	4.78
02	INSTALACIONES.....	6,694.48	95.22
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>7,030.40</b>	
	13.00% Gastos generales.....	913.95	
	2.00% Beneficio industrial.....	140.61	
	SUMA DE G.G. y B.I.	1,054.56	
	21.00% I.V.A.....	1,697.84	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>9,782.80</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>9,782.80</b>	

Asciede el presupuesto general a la expresada cantidad de NUEVE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

Valencia, a 20 mayo 2021.

El promotor

La dirección facultativa

## Primer caso

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>					
01.01	u	<b>Desmonaje instalación actual</b>			
		Desmontaje de luminaria interior situada a 3,5 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.			
MOOE.9A	0.082 h	Oficial 1ª electricidad	20.12	1.65	
MOAE.8A	0.082 h	Ayudante electricista	17.86	1.46	
%	0.031 %	Costes directos complementarios	2.00	0.06	
		Mano de obra.....			3.11
		Otros.....			0.06
		Suma la partida.....			3.17
		Costes indirectos.....	2.00%		0.06
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>3.23</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIONES</b>					
02.01	u	<b>Luminarias LED de 34,5W</b>			
		Luminaria CoreLine Panel G4 RC 132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC 840 blanco neutro ] unidad de fuente de alimentación con interfaz DAL, de 595x595x43 mm, para 1 LED de 34,5 W; materiañ de la carcasa acero de color blanco; matrial del reflector de acrilato; material óptico de poliestireno; óptica extensiva; difusor ópalo; balasto electrónico; protección IP20/44 e índice de protección frente a choque mecánico IK03; instalación empotrada en falso techo. Incluso lámpara, accesorios para su anclaje, instalado, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según el REBT 2002. El precio no incluye las ayudas de albañilería para instalaciones.			
PIL14C	1.000 u	Luminaria CoreLine Panel G4	60.04	60.04	
MOOE.9A	0.600 h	Oficial 1ª electricidad	20.12	12.07	
%	0.721 %	Costes directos complementarios	2.00	1.44	
		Mano de obra.....			12.07
		Materiales.....			60.04
		Otros.....			1.44
		Suma la partida.....			73.55
		Costes indirectos.....	2.00%		1.47
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>75.02</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 REVESTIMIENTOS</b>					
03.01	m²	<b>Falso techo</b>			
		Falso techo realizado con paneles de 60 x 60, fisurado acústico de 8,5 kg/m2 de peso a bas de escayola, fibra de vidrio y Perlita, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematado perimetralmente con perfil angular suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm, según NTE/RTP-17.			
MOOA.8A	0.270 h	Oficial 1ª Construcción	18.89	5.10	
MOOA.11A	0.270 h	Peon especializado construcción	16.42	4.43	
P RTP.1AAA	1.050 m²	Placas ascust cay fisu 60x60 v	6.09	6.39	
P RTW.1AA	1.800 m	Perfil met prim-3000 an 15 acan	1.06	1.91	
P RTW.1BA	1.800 m	Perfil met secu-600 an 15 acan	1.06	1.91	
P RTW.1DA	1.000 m	Perfil met ang-3000 an 15 acan	0.74	0.74	
P RTW.2BC	1.000 u	Tirante galv rosacado 0.7m	0.24	0.24	
%	0.207 %	Costes directos complementarios	2.00	0.41	
		Mano de obra.....			9.53
		Materiales.....			11.19
		Otros.....			0.41
		Suma la partida.....			21.13
		Costes indirectos.....	2.00%		0.42
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>21.55</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS



# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>									
01.01	u Desmonaje instalación actual								
	Desmontaje de luminaria interior situada a 3,5 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.								
	Presupuestos anteriores						104.00		
								3.23	335.92
	<b>TOTAL CAPÍTULO 01 DESMONTAJE.....</b>								<b>335.92</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIONES</b>									
02.01	u Luminarias LED de 34,5W								
	Luminaria CoreLine Panel G4 RC 132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC 840 blanco neutro ] unidad de fuente de alimentación con interfaz DAL, de 595x595x43 mm, para 1 LED de 34,5 W; material de la carcasa acero de color blanco; material del reflector de acrílico; material óptico de poliestireno; óptica extensiva; difusor ópalo; balasto electrónico; protección IP20/44 e índice de protección frente a choque mecánico IK03; instalación empotrada en falso techo. Incluso lámpara, accesorios para su anclaje, instalado, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según el REBT 2002. El precio no incluye las ayudas de albañilería para instalaciones.								
	Presupuestos anteriores						104.00		
								75.02	7,802.08
	<b>TOTAL CAPÍTULO 02 INSTALACIONES.....</b>								<b>7,802.08</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 REVESTIMIENTOS</b>									
03.01	m² Falso techo								
	Falso techo realizado con paneles de 60 x 60, fisurado acústico de 8,5 kg/m2 de peso a base de escayola, fibra de vidrio y Perlita, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematado perimetralmente con perfil angular suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm, según NTE/RTP-17.								
	Presupuestos anteriores						735.75		
								21.55	15,855.41
	<b>TOTAL CAPÍTULO 03 REVESTIMIENTOS .....</b>								<b>15,855.41</b>
	<b>TOTAL.....</b>								<b>23,993.41</b>

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	DESMONTAJE.....	335.92	1.40
02	INSTALACIONES.....	7,802.08	32.52
03	REVESTIMIENTOS.....	15,855.41	66.08
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>23,993.41</b>	
	13.00% Gastos generales.....	3,119.14	
	2.00% Beneficio industrial.....	479.87	
	SUMA DE G.G. y B.I.	3,599.01	
	21.00% I.V.A.....	5,794.41	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>33,386.83</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>33,386.83</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA Y TRES MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

Valencia, a 20 mayo 2021.

El promotor

La dirección facultativa

## **Segundo caso**



**CUADRO DE DESCOMPUESTOS (Pres)**

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>					
01.01	u	<b>Desmonaje instalación actual</b> Desmontaje de luminaria interior situada a 3,5 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.			
MOOE.9A	0.082 h	Oficial 1ª electricidad	20.12	1.65	
MOAE.8A	0.082 h	Ayudante electricista	17.86	1.46	
%	0.031 %	Costes directos complementarios	2.00	0.06	
		Mano de obra.....			3.11
		Otros.....			0.06
		Suma la partida.....			3.17
		Costes indirectos.....		2.00%	0.06
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>3.23</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIONES</b>					
02.01	u	<b>Luminarias LED de 34,5W</b> Luminaria CoreLine Panel G4 RC132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC 840 blanco neutro ] unidad de fuente de alimentación con interfaz DAL, de 595x595x43 mm, para 1 LED de 34,5 W; materiañ de la carcasa acero de color blanco; matrial del reflector de acrilato; material óptico de poliestireno; óptica extensiva; difusor ópalo; balasto electrónico; protección IP20/44 e índice de protección frente a choque mecánico IK03; instalación empotrada en falso techo. Incluso lámpara, accesorios para su anclaje, instalado, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según el REBT 2002. El precio no incluye las ayudas de albañilería para instalaciones.			
PIL114C	1.000 u	Luminaria CoreLine Panel G4	60.04	60.04	
MOOE.9A	0.600 h	Oficial 1ª electricidad	20.12	12.07	
%	0.721 %	Costes directos complementarios	2.00	1.44	
		Mano de obra.....			12.07
		Materiales.....			60.04
		Otros.....			1.44
		Suma la partida.....			73.55
		Costes indirectos.....		2.00%	1.47
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>75.02</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y CINCO EUROS con DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 REVESTIMIENTOS</b>					
03.01	m <sup>2</sup>	<b>Falso techo</b> Falso techo realizado con paneles de 60 x 60, fisurado acústico de 8,5 kg/m2 de peso a bas de escayola, fibra de vidrio y Perlita, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematado perimetralmente con perfil angular suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm, según NTE/RTP-17.			
MOOA.8A	0.270 h	Oficial 1ª Construcción	18.89	5.10	
MOOA.11A	0.270 h	Peon especializado construcción	16.42	4.43	
P RTP.1AAA	1.050 m <sup>2</sup>	Placas ascust cay fisu 60x60 v	6.09	6.39	
P RTW.1AA	1.800 m	Perfil met prim-3000 an 15 acan	1.06	1.91	
P RTW.1BA	1.800 m	Perfil met secu-600 an 15 acan	1.06	1.91	
P RTW.1DA	1.000 m	Perfil met ang-3000 an 15 acan	0.74	0.74	
P RTW.2BC	1.000 u	Tirante galv rosacado 0.7m	0.24	0.24	
%	0.207 %	Costes directos complementarios	2.00	0.41	
		Mano de obra.....			9.53
		Materiales.....			11.19
		Otros.....			0.41
		Suma la partida.....			21.13
		Costes indirectos.....		2.00%	0.42
		<b>TOTAL PARTIDA.....</b>			<b>21.55</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTAJE</b>									
01.01	u Desmontaje instalación actual								
	Desmontaje de luminaria interior situada a 3,5 m de altura, empotrada con medios manuales, sin deteriorar los elementos constructivos a los que pueda estar sujeta, y carga manual sobre camión o contenedor.								
	Presupuestos anteriores						104.00		
								3.23	335.92
	<b>TOTAL CAPÍTULO 01 DESMONTAJE.....</b>								<b>335.92</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 INSTALACIONES</b>									
02.01	u Luminarias LED de 34,5W								
	Luminaria CoreLine Panel G4 RC132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC 840 blanco neutro ] unidad de fuente de alimentación con interfaz DAL, de 595x595x43 mm, para 1 LED de 34,5 W; material de la carcasa acero de color blanco; material del reflector de acrilato; material óptico de poliestireno; óptica extensiva; difusor ópalo; balasto electrónico; protección IP20/44 e índice de protección frente a choque mecánico IK03; instalación empotrada en falso techo. Incluso lámpara, accesorios para su anclaje, instalado, conectada y en correcto estado de funcionamiento, según el REBT 2002. El precio no incluye las ayudas de albañilería para instalaciones.								
	Presupuestos anteriores						75.00		
								75.02	5,626.50
	<b>TOTAL CAPÍTULO 02 INSTALACIONES.....</b>								<b>5,626.50</b>

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 REVESTIMIENTOS</b>									
03.01	m² Falso techo								
	Falso techo realizado con paneles de 60 x 60, fisurado acústico de 8,5 kg/m2 de peso a base de escayola, fibra de vidrio y Perlita, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematado perimetralmente con perfil angular suspendido mediante tirantes roscados de varilla galvanizada de diámetro 3mm, según N TE/RTP-17.								
	Presupuestos anteriores						735.75		
								21.55	15,855.41
	<b>TOTAL CAPÍTULO 03 REVESTIMIENTOS .....</b>								<b>15,855.41</b>
	<b>TOTAL.....</b>								<b>21,817.83</b>

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	DESMONTAJE.....	335.92	1.54
02	INSTALACIONES.....	5,626.50	25.79
03	REVESTIMIENTOS.....	15,855.41	72.67
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>21,817.83</b>	
	13.00% Gastos generales.....	2,836.32	
	2.00% Beneficio industrial.....	436.36	
	SUMA DE G.G. y B.I.	3,272.68	
	21.00% I.V.A.....	5,269.01	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>30,359.52</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>30,359.52</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS

Valencia, a 20 mayo 2021.

El promotor

La dirección facultativa



**COSTE EN TÉRMINOS DE ENERGÍA**

	horas/día	días/año	horas/año
Tiempo de uso	14	200	<b>2800</b>

<b>Potencia instalada</b>	
Fluorescente	<b>11.232 kW</b>
LED 1	<b>3.588 kW</b>
LED 2	<b>2.5875 kW</b>

<b>TARIFAS</b>		*Incremento del 2% cada año
€/kWh	<b>0.12557</b> Precio de la energía (PE)	
€/kW año	<b>23.469833</b> Precio en términos de potencia (PTP)	
€/kWh	<b>0.027378</b> Precio en términos de energía (PTE)	

	PE €/kWh	PTP €/kW año	PTE€/kWh	Fluorescente €/año	LED 1 €/año	LED 2 €/año
Año 1	0.12557	23.469833	0.027378	5,073.77 €	1,620.79 €	1,168.84 €
Año 2	0.1280814	23.93922966	0.02792556	5,175.24 €	1,653.20 €	1,192.21 €
Año 3	0.130643028	24.41801425	0.028484071	5,278.75 €	1,686.27 €	1,216.06 €
Año 4	0.133255889	24.90637454	0.029053753	5,384.32 €	1,719.99 €	1,240.38 €
Año 5	0.135921006	25.40450203	0.029634828	5,492.01 €	1,754.39 €	1,265.19 €
Año 6	0.138639426	25.91259207	0.030227524	5,601.85 €	1,789.48 €	1,290.49 €
Año 7	0.141412215	26.43084391	0.030832075	5,713.89 €	1,825.27 €	1,316.30 €
Año 8	0.144240459	26.95946079	0.031448716	5,828.16 €	1,861.77 €	1,342.63 €
Año 9	0.147125268	27.49865001	0.032077691	5,944.73 €	1,899.01 €	1,369.48 €
Año 10	0.150067774	28.04862301	0.032719244	6,063.62 €	1,936.99 €	1,396.87 €
Año 11	0.153069129	28.60959547	0.033373629	6,184.89 €	1,975.73 €	1,424.81 €
Año 12	0.156130512	29.18178737	0.034041102	6,308.59 €	2,015.24 €	1,453.30 €
Año 13	0.159253122	29.76542312	0.034721924	6,434.76 €	2,055.55 €	1,482.37 €
Año 14	0.162438185	30.36073158	0.035416362	6,563.46 €	2,096.66 €	1,512.01 €
Año 15	0.165686948	30.96794622	0.03612469	6,694.73 €	2,138.59 €	1,542.25 €
Año 16	0.169000687	31.58730514	0.036847183	6,828.62 €	2,181.37 €	1,573.10 €
Año 17	0.172380701	32.21905124	0.037584127	6,965.19 €	2,224.99 €	1,604.56 €
<b>TOTAL</b>				<b>101,536.58 €</b>	<b>32,435.30 €</b>	<b>23,390.84 €</b>

COMPARACIÓN DE LA INSTALACIONES LED CON LA FLUORESCENTE

Año	Coste instalación			Coste explotación			Coste mantenimiento			VAN		TIR		Ahorro	
	Fluorescente	LED 1	LED 2	Fluorescente	LED 1	LED 2	Fluorescente	LED 1	LED 2	LED 1	LED 2	LED 1	LED 2	LED 1	LED 2
0	7,030.40 €	7,802.08 €	5,626.50 €							- 23,993.41 €	- 21,817.83 €	- 23,993.41 €	- 21,817.83 €		
1				5,073.77 €	1,620.79 €	1,168.84 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,452.98 €	3,904.93 €	68%	77%
2				5,175.24 €	1,653.20 €	1,192.21 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,522.04 €	3,983.03 €	68%	77%
3				5,278.75 €	1,686.27 €	1,216.06 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,592.48 €	4,062.69 €	68%	77%
4				5,384.32 €	1,719.99 €	1,240.38 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,664.33 €	4,143.94 €	68%	77%
5				5,492.01 €	1,754.39 €	1,265.19 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,737.62 €	4,226.82 €	68%	77%
6				5,601.85 €	1,789.48 €	1,290.49 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,812.37 €	4,311.36 €	68%	77%
7				5,713.89 €	1,825.27 €	1,316.30 €	7,030.40 €			9,505.66 €	9,948.75 €	10,919.02 €	11,427.99 €	68%	77%
8				5,828.16 €	1,861.77 €	1,342.63 €				3,385.27 €	3,828.36 €	3,966.39 €	4,485.54 €	68%	77%
9				5,944.73 €	1,899.01 €	1,369.48 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,045.72 €	4,575.25 €	68%	77%
10				6,063.62 €	1,936.99 €	1,396.87 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,126.63 €	4,666.75 €	68%	77%
11				6,184.89 €	1,975.73 €	1,424.81 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,209.16 €	4,760.09 €	68%	77%
12				6,308.59 €	2,015.24 €	1,453.30 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,293.35 €	4,855.29 €	68%	77%
13				6,434.76 €	2,055.55 €	1,482.37 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,379.21 €	4,952.40 €	68%	77%
14				6,563.46 €	2,096.66 €	1,512.01 €	7,030.40 €			8,713.44 €	9,156.53 €	11,497.20 €	12,081.84 €	68%	77%
15				6,694.73 €	2,138.59 €	1,542.25 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,556.13 €	5,152.47 €	68%	77%
16				6,828.62 €	2,181.37 €	1,573.10 €				3,385.27 €	3,828.36 €	4,647.26 €	5,255.52 €	68%	77%
17				6,965.19 €	2,224.99 €	1,604.56 €		7,802.08 €	5,626.50 €	3,385.27 €	3,828.36 €	4,740.20 €	5,360.63 €	68%	77%
<b>TOTAL</b>	<b>7,030.40 €</b>	<b>7,802.08 €</b>	<b>5,626.50 €</b>	<b>101,536.58 €</b>	<b>32,435.30 €</b>	<b>23,390.84 €</b>	<b>14,060.80 €</b>	<b>7,802.08 €</b>	<b>5,626.50 €</b>	<b>45,004.81 €</b>	<b>54,712.89 €</b>	<b>17%</b>	<b>21%</b>		

Desmontaje	Falso techo
335.92 €	15,855.41 €

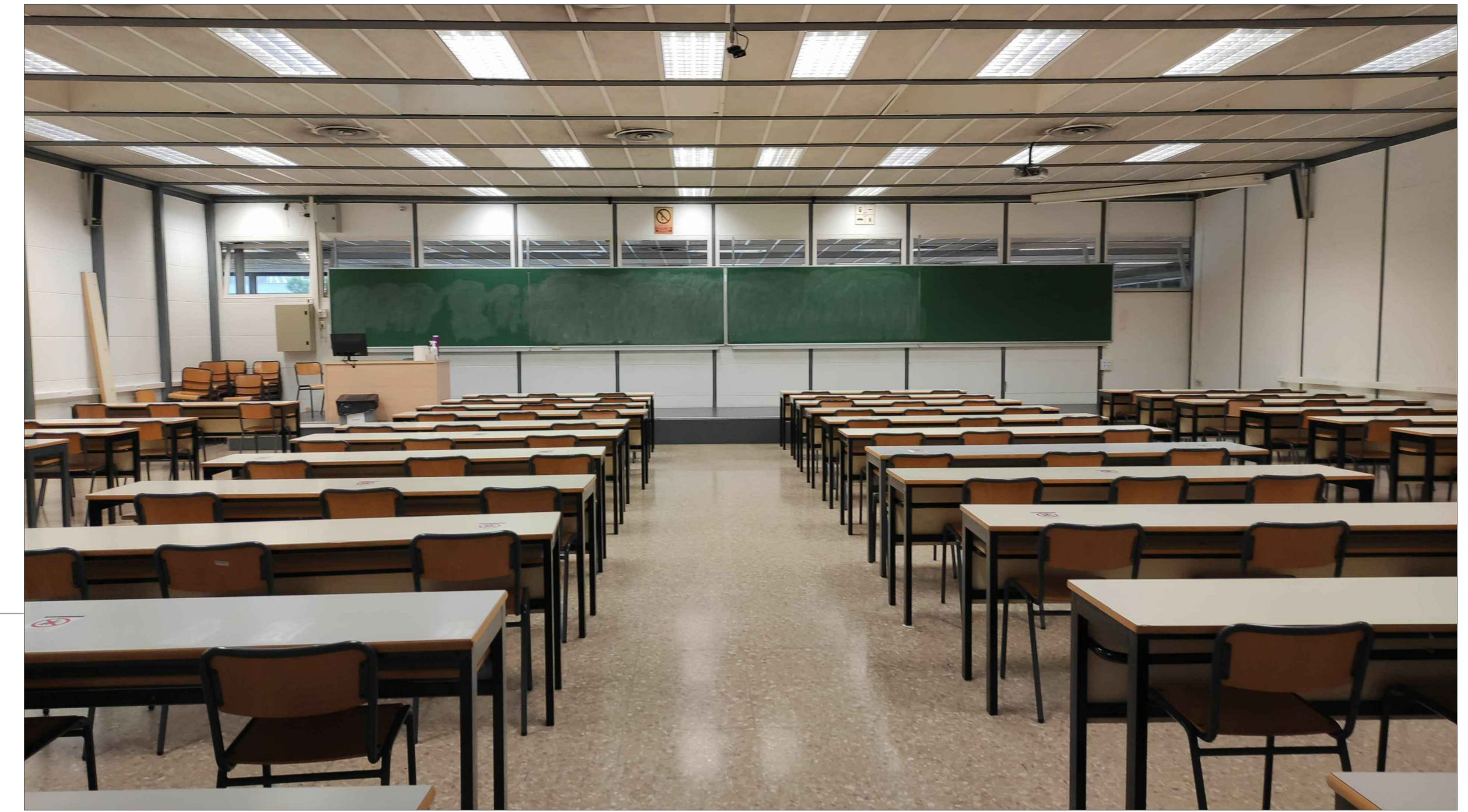
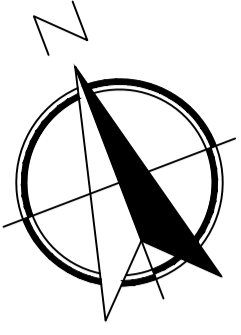
COSTES TOTALES		
	€	kW
FLUORESCENTE	<b>115,597.38 €</b>	<b>190.944</b>
LED 1	<b>64,230.79 €</b>	<b>60.996</b>
LED 2	<b>50,835.17 €</b>	<b>43.9875</b>

## ANEXO E. PLANOS

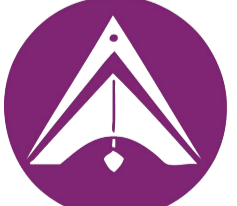

### Planos AutoCAD

1. Plano general ETSIE-UPV
2. Estado actual
3. Primer caso
4. Segundo caso
5. Resultados luxómetro

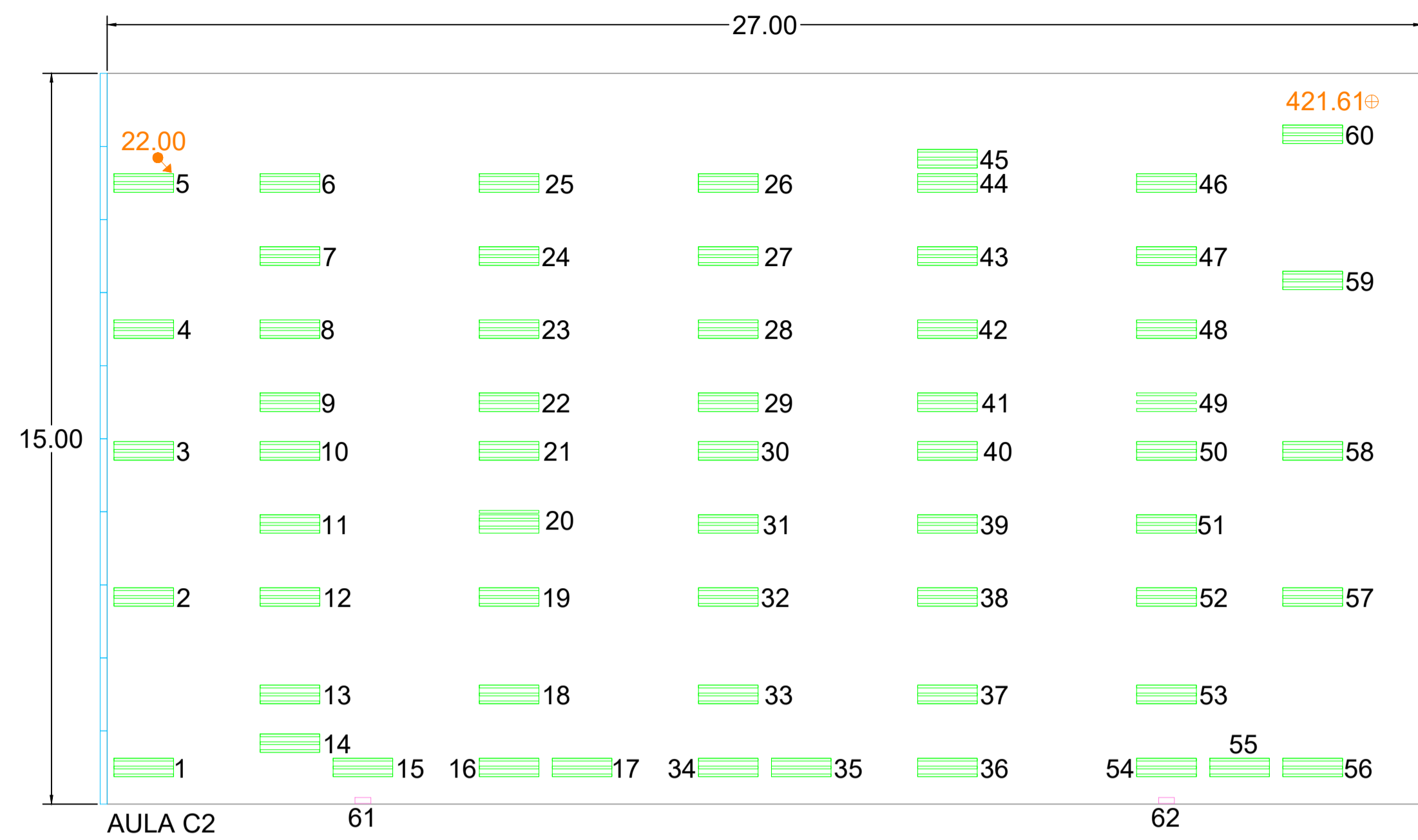




- PASILLO A
- PASILLO B
- PASILLO C
- PASILLO D
- PASILLO E
- PASILLO H
- PASILLO I
- PASILLO J
- LABORATORIOS DOCENTES
- SALAS DE ESTUDIO
- INTERNACIONAL Y PRÁCTICAS
- AULA EMPRENDEDORES
- DELEGACIÓN ALUMNOS
- SECRETARÍA
- CAFETERÍA
- BIBLIOTECA

				<b>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>	
Título plano: PLANO GENERAL Y DISTRIBUCIÓN DE LA ETSIE-UPV				Escala: 1/500	Tamaño: A1
Autora TFG: PAULA MARTÍNEZ MARTÍN				Curso: 2020-2021	Nº. Plano: <b>1</b>
Directores TFG: PALOMA ARRÚE BURILLO; ANTONIO MANUEL ROMERO SEDÓ					
Título TFG: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN EN LAS AULAS DE LA ETSIE-UPV					





Lumin.	X	Y
1	0.75	0.75
2	0.75	4.25
3	0.75	7.25
4	0.75	9.75
5	0.75	12.75
6	3.75	12.75
7	3.75	11.25
8	3.75	9.75
9	3.75	8.25
10	3.75	7.25

Lumin.	X	Y
11	3.75	5.75
12	3.75	4.25
13	3.75	2.25
14	3.75	1.25
15	5.25	0.75
16	8.25	0.75
17	9.75	0.75
18	8.25	2.25
19	8.25	4.25
20	8.25	5.75

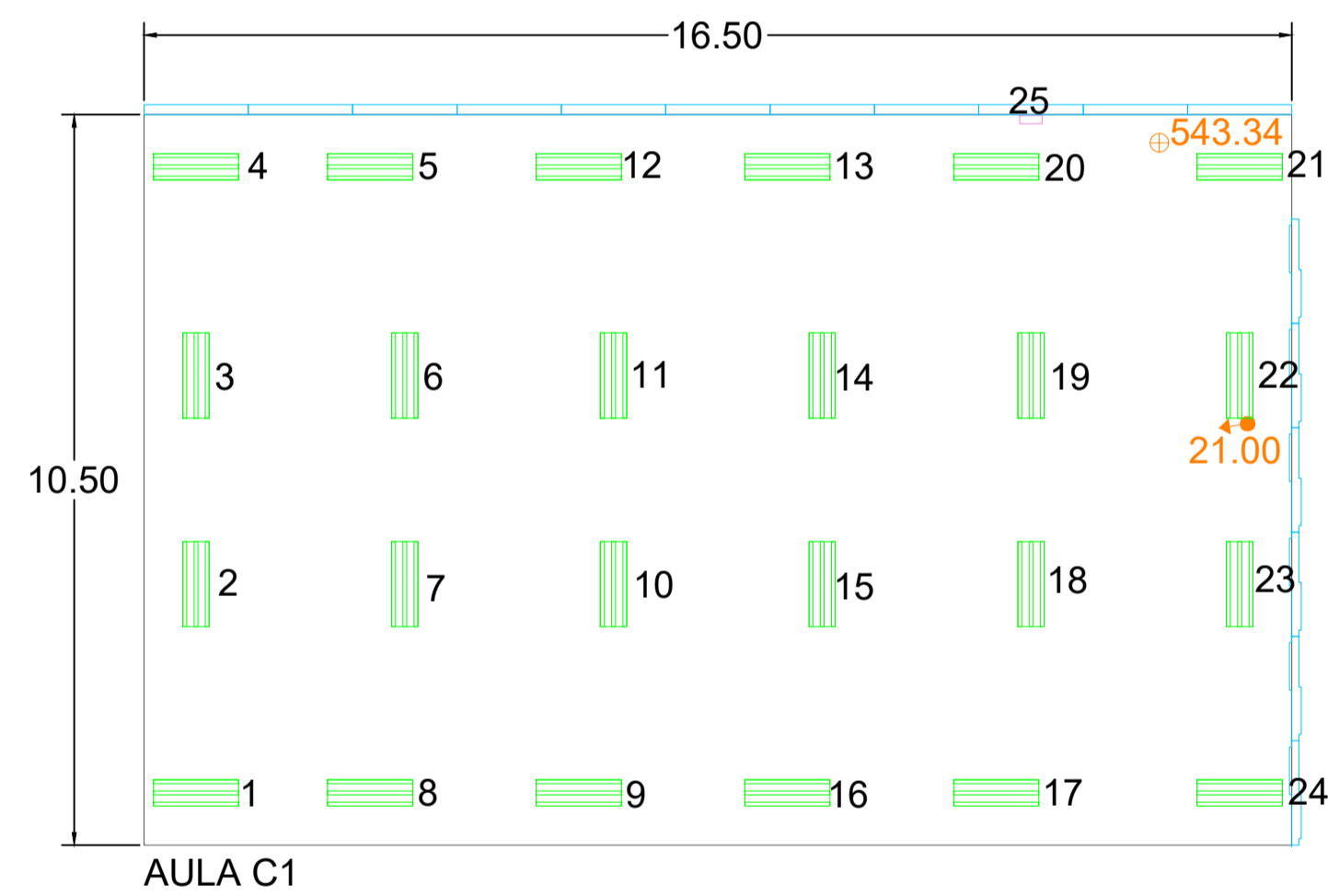
Lumin.	X	Y
21	8.25	7.25
22	8.25	8.25
23	8.25	9.75
24	8.25	11.25
25	8.25	12.75
26	12.75	12.75
27	12.75	11.25
28	12.75	9.75
29	12.75	8.25
30	12.75	7.25

Lumin.	X	Y
31	12.75	5.75
32	12.75	4.25
33	12.75	2.25
34	12.75	0.75
35	14.25	0.75
36	17.25	0.75
37	17.25	2.25
38	17.25	4.25
39	17.25	5.75
40	17.25	7.25

Lumin.	X	Y
41	17.25	8.25
42	17.25	9.75
43	17.25	11.25
44	17.25	12.75
45	17.25	13.25
46	21.75	12.75
47	21.75	11.25
48	21.75	9.75
49	21.75	8.25
50	21.75	7.25

Lumin.	X	Y
51	21.75	5.75
52	21.75	4.25
53	21.75	2.25
54	21.75	0.75
55	23.25	0.75
56	24.75	0.75
57	24.75	4.25
58	24.75	7.25
59	24.75	10.75
60	24.75	13.75

L.Emer.	X	Y
61	5.25	0
62	21.75	0



Lumin.	X	Y
1	0.75	0.75
2	0.75	3.75
3	0.75	6.75
4	0.75	9.75
5	3.25	9.75
6	3.75	6.75
7	3.75	3.75
8	3.25	0.75
9	6.25	0.75
10	6.75	3.75
11	6.75	6.75
12	6.25	9.75

Lumin.	X	Y
13	9.25	9.75
14	9.75	6.75
15	9.75	3.75
16	9.25	0.75
17	12.25	0.75
18	12.75	3.75
19	12.75	6.75
20	12.25	9.75
21	15.75	9.75
22	15.75	6.75
23	15.75	3.75
24	15.75	0.75

L.Emer.	X	Y
25	12.75	10.50



PHILIPS TMS022 1x36W + GMS022 R TL-D/840 HFS

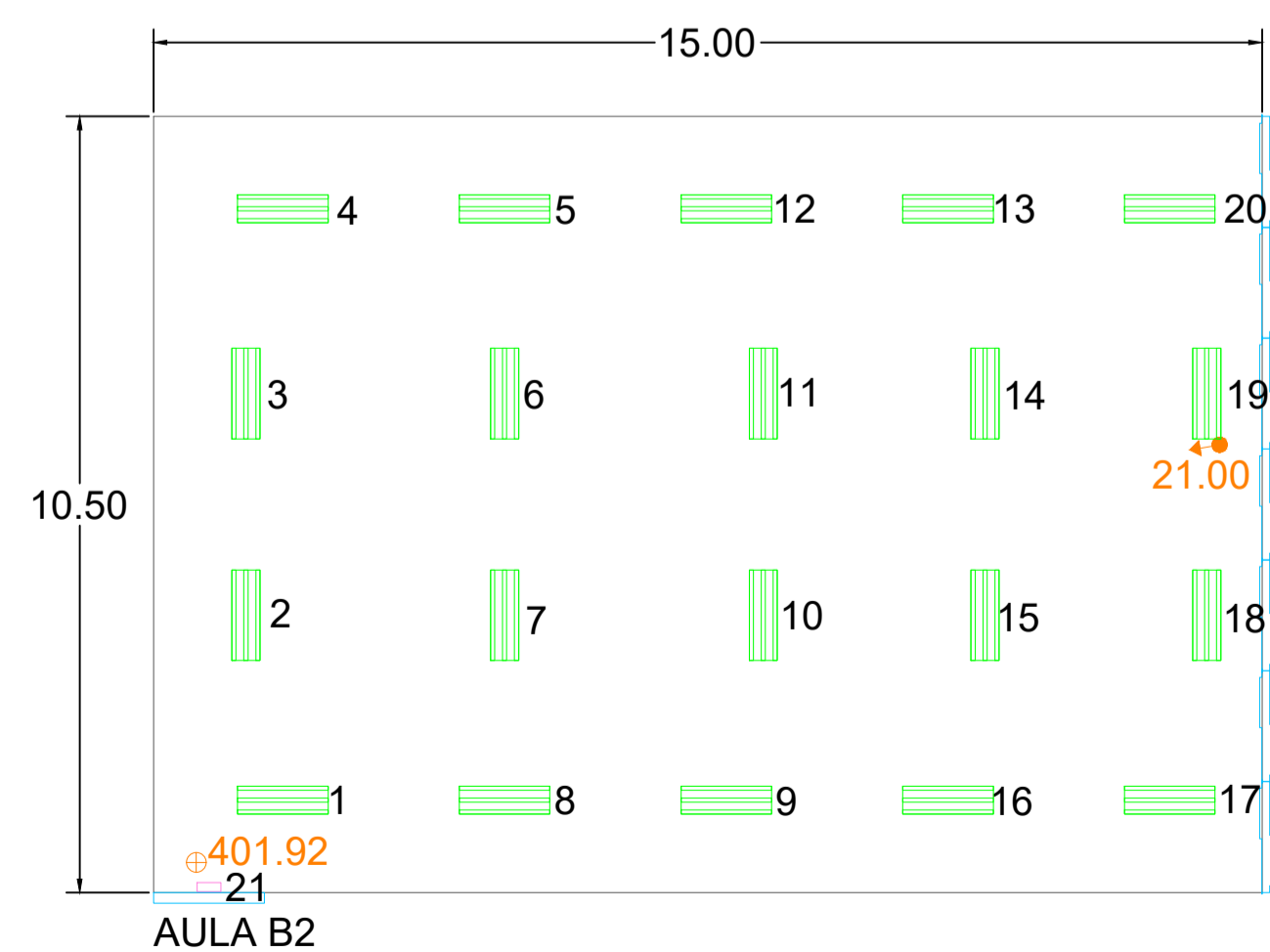


Normalux DA-600L

Valores pésimos

⊕	Iluminancia mínima (lux)
⊙	Índice de deslumbramiento unificado

Las coordenadas de las luminarias están medidas desde el punto referencia 0,0 de cada aula, situado en la esquina más baja de la izquierda; al centro de esta

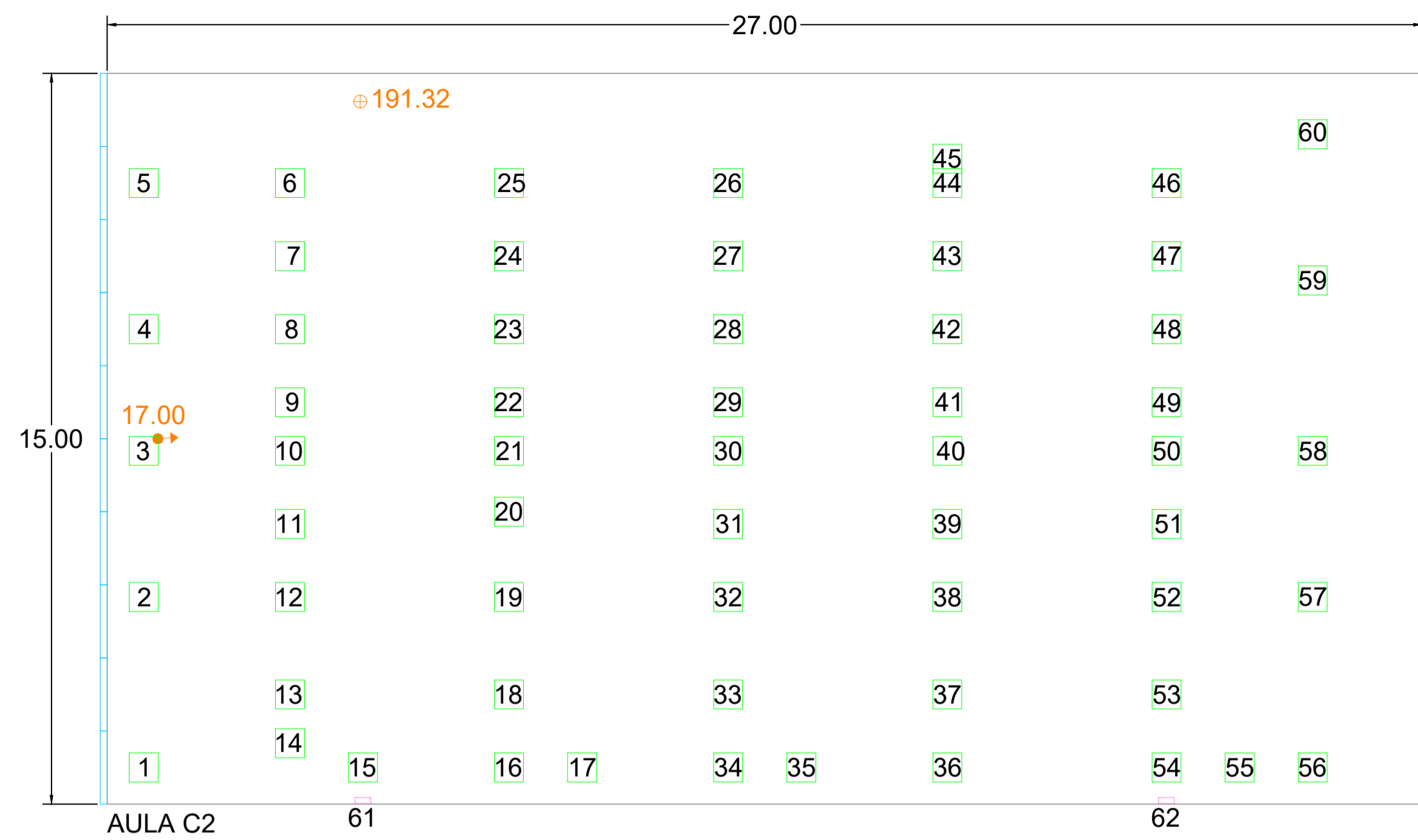


Lumin.	X	Y
1	1.75	1.25
2	1.25	3.75
3	1.25	6.75
4	1.75	9.25
5	4.25	9.25
6	4.75	6.75
7	4.75	3.75
8	4.25	1.25
9	7.75	1.25
10	8.25	3.75

Lumin.	X	Y
11	8.25	6.75
12	7.75	9.25
13	10.75	9.25
14	11.25	6.75
15	11.25	3.75
16	10.75	1.25
17	13.75	1.25
18	14.25	3.75
19	14.25	6.75
20	13.75	9.25

L.Emer.	X	Y
21	0.75	0

	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR <b>INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN</b>			UNIVERSITAT <b>POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</b>
	Título plano: <b>DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LUMINARIAS FLUORESCENTES</b>	Escala: 1/100		
Autora TFG: <b>PAULA MARTÍNEZ MARTÍN</b>			Curso: 2020-2021	
Directores TFG: <b>PALOMA ARRUE BURILLO; ANTONIO MANUEL ROMERO SEDÓ</b>			N.º Plano: <b>2</b>	
Título TFG: <b>EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN EN LAS AULAS DE LA ETSIE-UPV</b>				



Lumin.	X	Y
1	0.75	0.75
2	0.75	4.25
3	0.75	7.25
4	0.75	9.75
5	0.75	12.75
6	3.75	12.75
7	3.75	11.25
8	3.75	9.75
9	3.75	8.25
10	3.75	7.25

Lumin.	X	Y
11	3.75	5.75
12	3.75	4.25
13	3.75	2.25
14	3.75	1.25
15	5.25	0.75
16	8.25	0.75
17	9.75	0.75
18	8.25	2.25
19	8.25	4.25
20	8.25	5.75

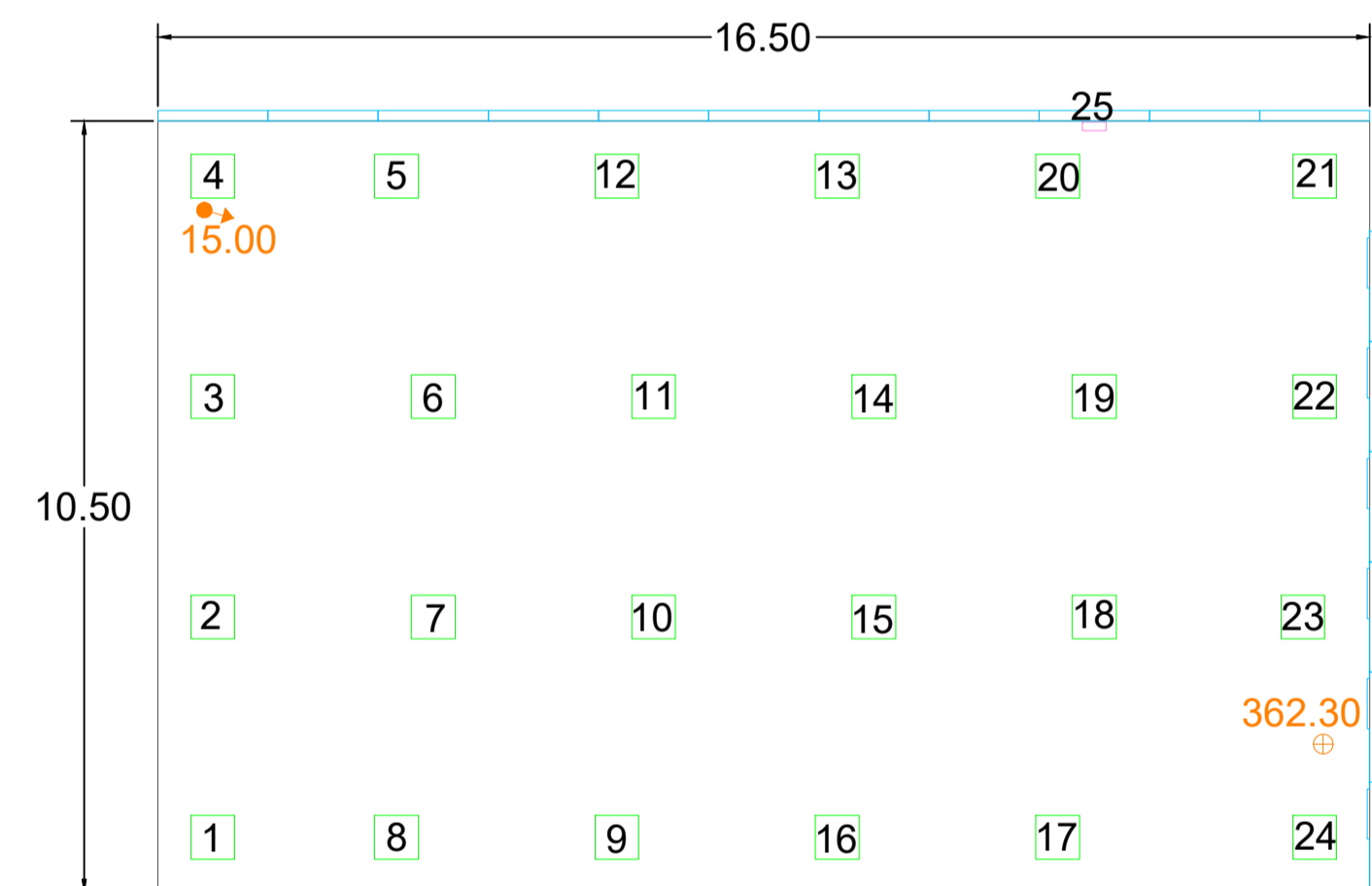
Lumin.	X	Y
21	8.25	7.25
22	8.25	8.25
23	8.25	9.75
24	8.25	11.25
25	8.25	12.75
26	12.75	12.75
27	12.75	11.25
28	12.75	9.75
29	12.75	8.25
30	12.75	7.25

Lumin.	X	Y
31	12.75	5.75
32	12.75	4.25
33	12.75	2.25
34	12.75	0.75
35	14.25	0.75
36	17.25	0.75
37	17.25	2.25
38	17.25	4.25
39	17.25	5.75
40	17.25	7.25

Lumin.	X	Y
41	17.25	8.25
42	17.25	9.75
43	17.25	11.25
44	17.25	12.75
45	17.25	13.25
46	21.75	12.75
47	21.75	11.25
48	21.75	9.75
49	21.75	8.25
50	21.75	7.25

Lumin.	X	Y
51	21.75	5.75
52	21.75	4.25
53	21.75	2.25
54	21.75	0.75
55	23.25	0.75
56	24.75	0.75
57	24.75	4.25
58	24.75	7.25
59	24.75	10.75
60	24.75	13.75

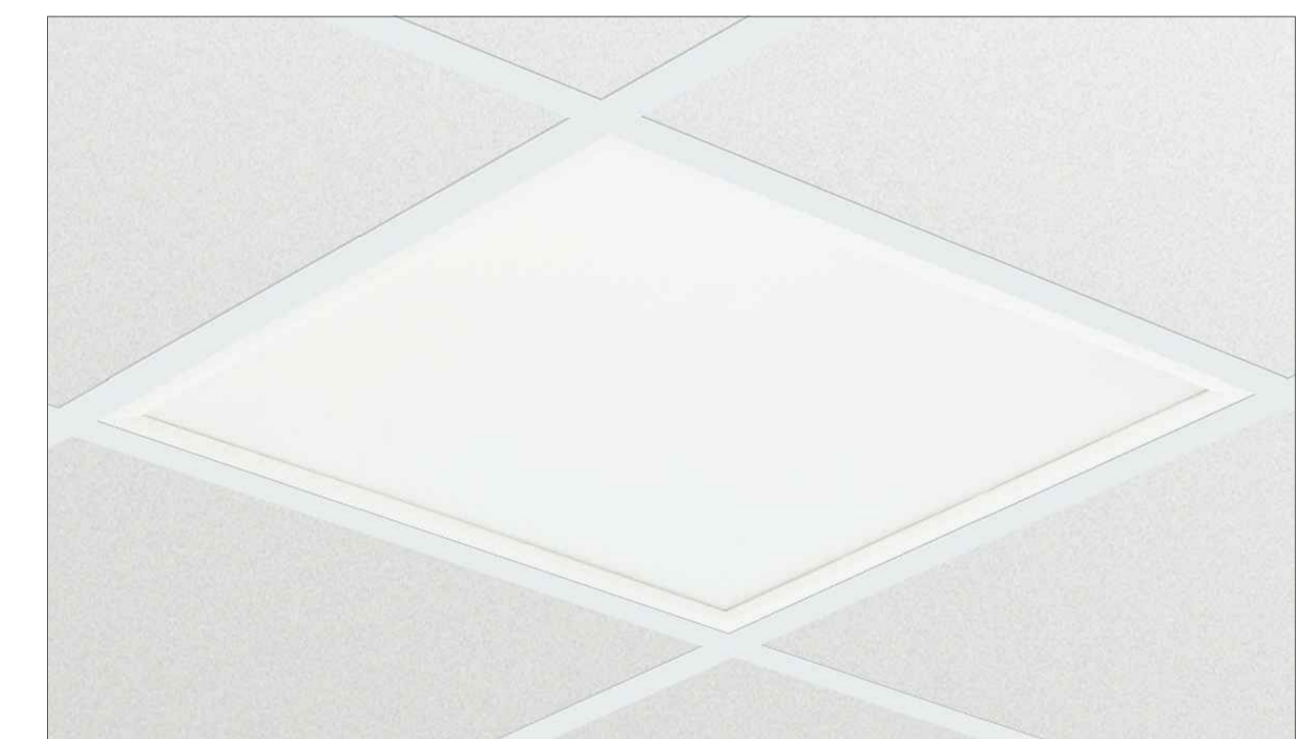
L.Emer.	X	Y
61	5.25	0
62	21.75	0



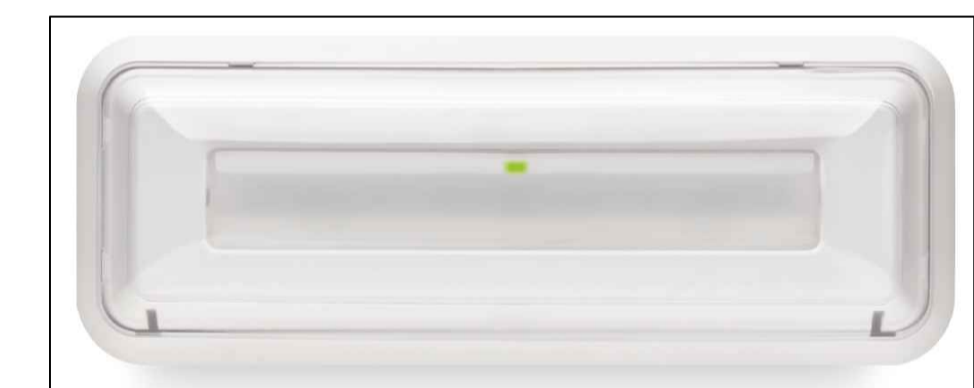
Lumin.	X	Y
1	0.75	0.75
2	0.75	3.75
3	0.75	6.75
4	0.75	9.75
5	3.25	9.75
6	3.75	6.75
7	3.75	3.75
8	3.25	0.75
9	6.25	0.75
10	6.75	3.75
11	6.75	6.75
12	6.25	9.75

Lumin.	X	Y
13	9.25	9.75
14	9.75	6.75
15	9.75	3.75
16	9.25	0.75
17	12.25	0.75
18	12.75	3.75
19	12.75	6.75
20	12.25	9.75
21	15.75	9.75
22	15.75	6.75
23	15.75	3.75
24	15.75	0.75

L.Emer.	X	Y
25	12.75	10.50



CoreLine Panel G4 -RC132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC

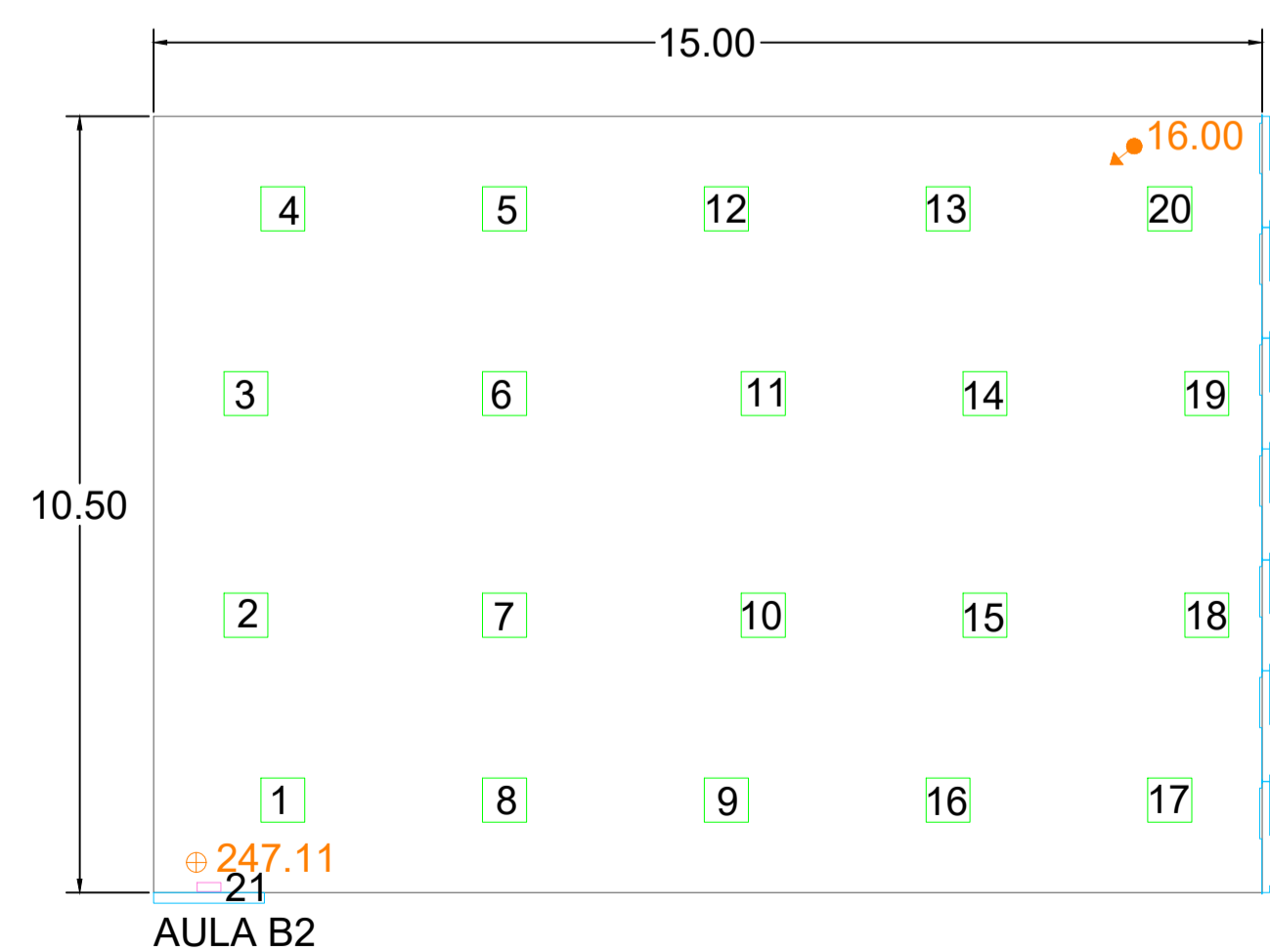


Normalux DA-600L

Valores pésimos

⊕	Iluminancia mínima (lux)
●➔	Índice de deslumbramiento unificado



Las coordenadas de las luminarias están medidas desde el punto referencia 0,0 de cada aula, situado en la esquina más baja de la izquierda; al centro de esta



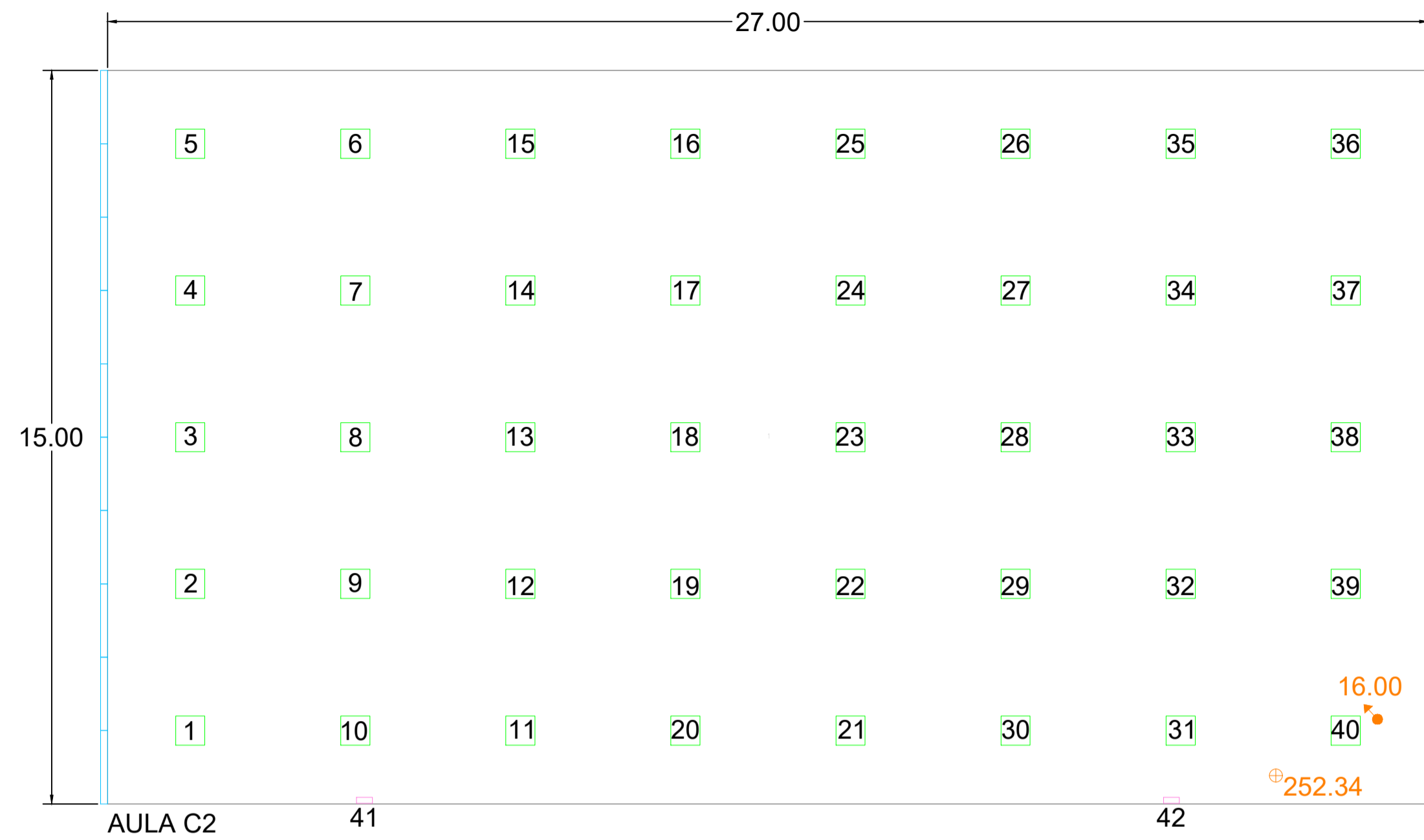
Lumin.	X	Y
1	1.75	1.25
2	1.25	3.75
3	1.25	6.75
4	1.75	9.25
5	4.25	9.25
6	4.75	6.75
7	4.75	3.75
8	4.25	1.25
9	7.75	1.25
10	8.25	3.75

Lumin.	X	Y
11	8.25	6.75
12	7.75	9.25
13	10.75	9.25
14	11.25	6.75
15	11.25	3.75
16	10.75	1.25
17	13.75	1.25
18	14.25	3.75
19	14.25	6.75
20	13.75	9.25

L.Emer.	X	Y
21	0.75	0

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR <b>INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN</b>		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
Título plano: DISTRIBUCIÓN PRIMER CASO DE LUMINARIAS LED		Escala: 1/100	Tamaño: A1
Autora TFG: PAULA MARTÍNEZ MARTÍN		Curso: 2020-2021	Nº. Plano: <b>3</b>
Directores TFG: PALOMA ARRUÉ BURILLO; ANTONIO MANUEL ROMERO SEDÓ			
Título TFG: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN EN LAS AULAS DE LA ETSIE-UPV			





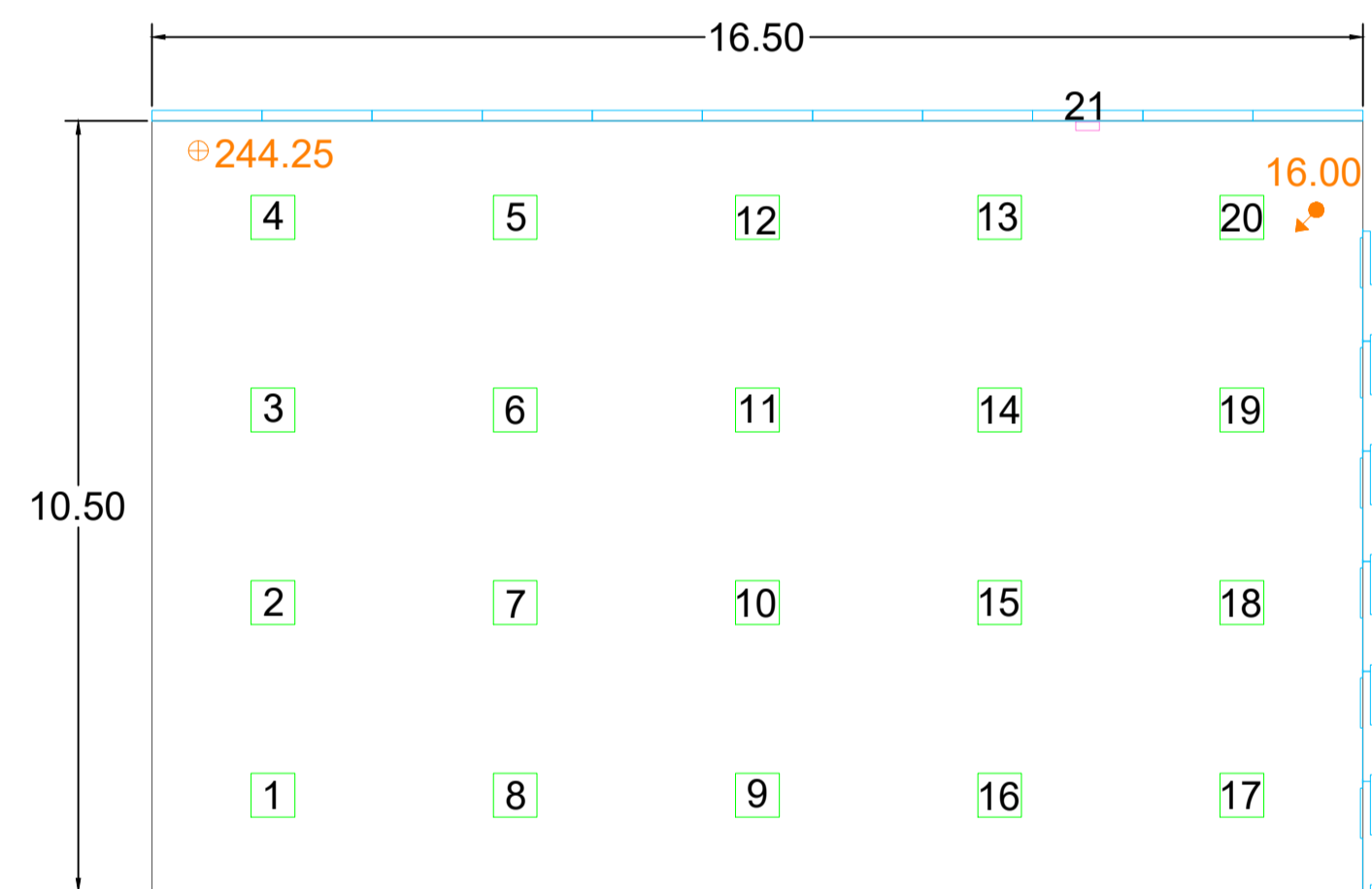
Lumin.	X	Y
1	1.6875	1.50
2	1.6875	4.50
3	1.6875	7.50
4	1.6875	10.50
5	1.6875	13.50
6	5.0625	13.50
7	5.0625	10.50
8	5.0625	7.50
9	5.0625	4.50
10	5.0625	1.50

Lumin.	X	Y
11	8.4375	1.50
12	8.4375	4.50
13	8.4375	7.50
14	8.4375	10.50
15	8.4375	13.50
16	11.8125	13.50
17	11.8125	10.50
18	11.8125	7.50
19	11.8125	4.50
20	11.8125	1.50

Lumin.	X	Y
21	15.1875	1.50
22	15.1875	4.50
23	15.1875	7.50
24	15.1875	10.50
25	15.1875	13.50
26	18.5625	13.50
27	18.5625	10.50
28	18.5625	7.50
29	18.5625	4.50
30	18.5625	1.50

Lumin.	X	Y
31	21.9375	1.50
32	21.9375	4.50
33	21.9375	7.50
34	21.9375	10.50
35	21.9375	13.50
36	25.3125	13.50
37	25.3125	10.50
38	25.3125	7.50
39	25.3125	4.50
40	25.3125	1.50

L.Emer.	X	Y
41	5.25	0
42	21.75	0



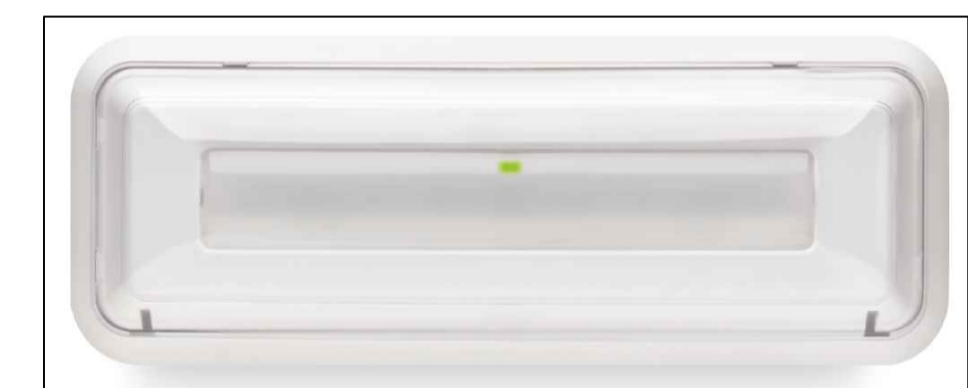
Lumin.	X	Y
1	1.65	1.3125
2	1.65	3.9375
3	1.65	6.5625
4	1.65	9.1875
5	4.95	9.1875
6	4.95	6.5625
7	4.95	3.9375
8	4.95	1.3125
9	8.25	1.3125
10	8.25	3.9375

Lumin.	X	Y
11	8.25	6.5625
12	8.25	9.1875
13	11.55	9.1875
14	11.55	6.5625
15	11.55	3.9375
16	11.55	1.3125
17	14.85	1.3125
18	14.85	3.9375
19	14.85	6.5625
20	14.85	9.1875

L.Emer.	X	Y
21	12.75	10.50



CoreLine Panel G4 -RC132V G4 LED43S/840 PSD W60L60 OC

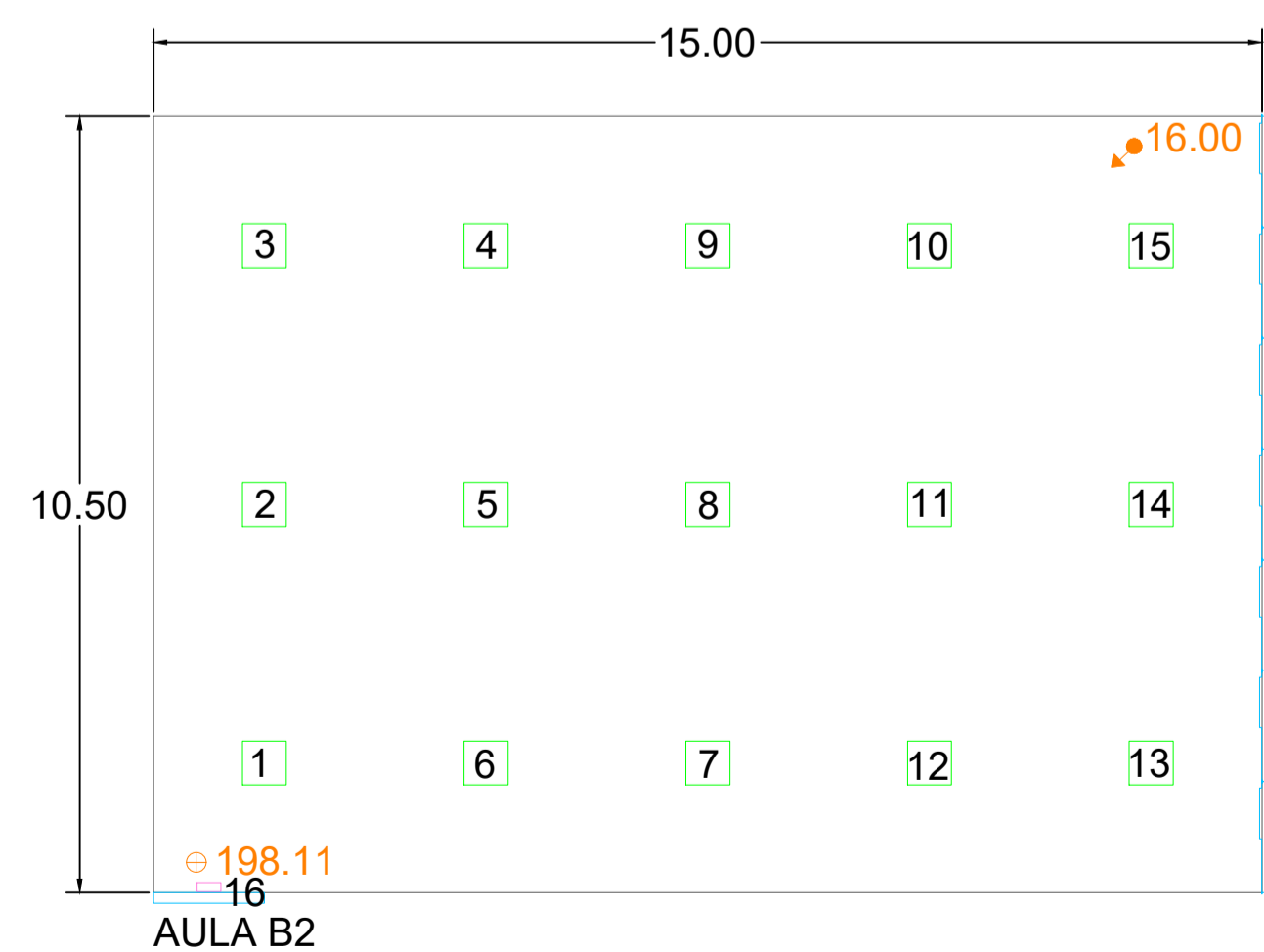


Normalux DA-600L

Valores pésimos

⊕	Iluminancia mínima (lux)
●➔	Índice de deslumbramiento unificado



Las coordenadas de las luminarias están medidas desde el punto referencia 0,0 de cada aula, situado en la esquina más baja de la izquierda; al centro de esta

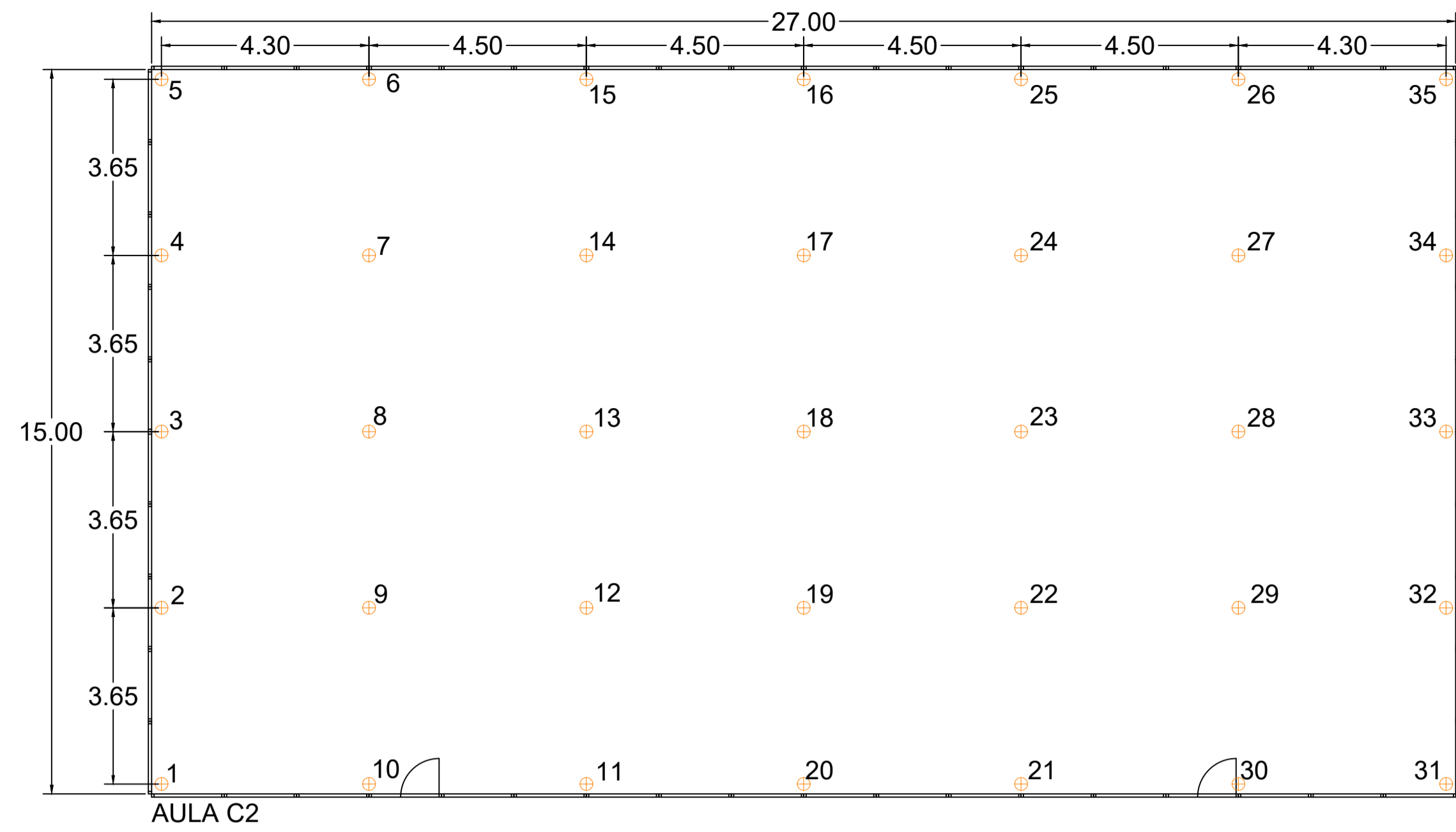


Lumin.	X	Y
1	1.50	1.75
2	1.50	5.25
3	1.50	8.75
4	4.50	8.75
5	4.50	5.25
6	4.50	1.75
7	7.50	1.75
8	7.50	5.25

Lumin.	X	Y
9	7.50	8.75
10	10.50	8.75
11	10.50	5.25
12	10.50	1.75
13	13.50	1.75
14	13.50	5.25
15	13.50	8.75

L.Emer.	X	Y
16	0.75	0

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR <b>INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN</b>		 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	
Título plano: DISTRIBUCIÓN SEGUNDO CASO DE LUMINARIAS LED		Escala: 1/100	Tamaño: A1
Autora TFG: PAULA MARTÍNEZ MARTÍN		Curso: 2020-2021	
Directores TFG: PALOMA ARRUÉ BURILLO; ANTONIO MANUEL ROMERO SEDÓ		N.º Plano: <b>4</b>	
Título TFG: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN EN LAS AULAS DE LA ETSIE-UPV			



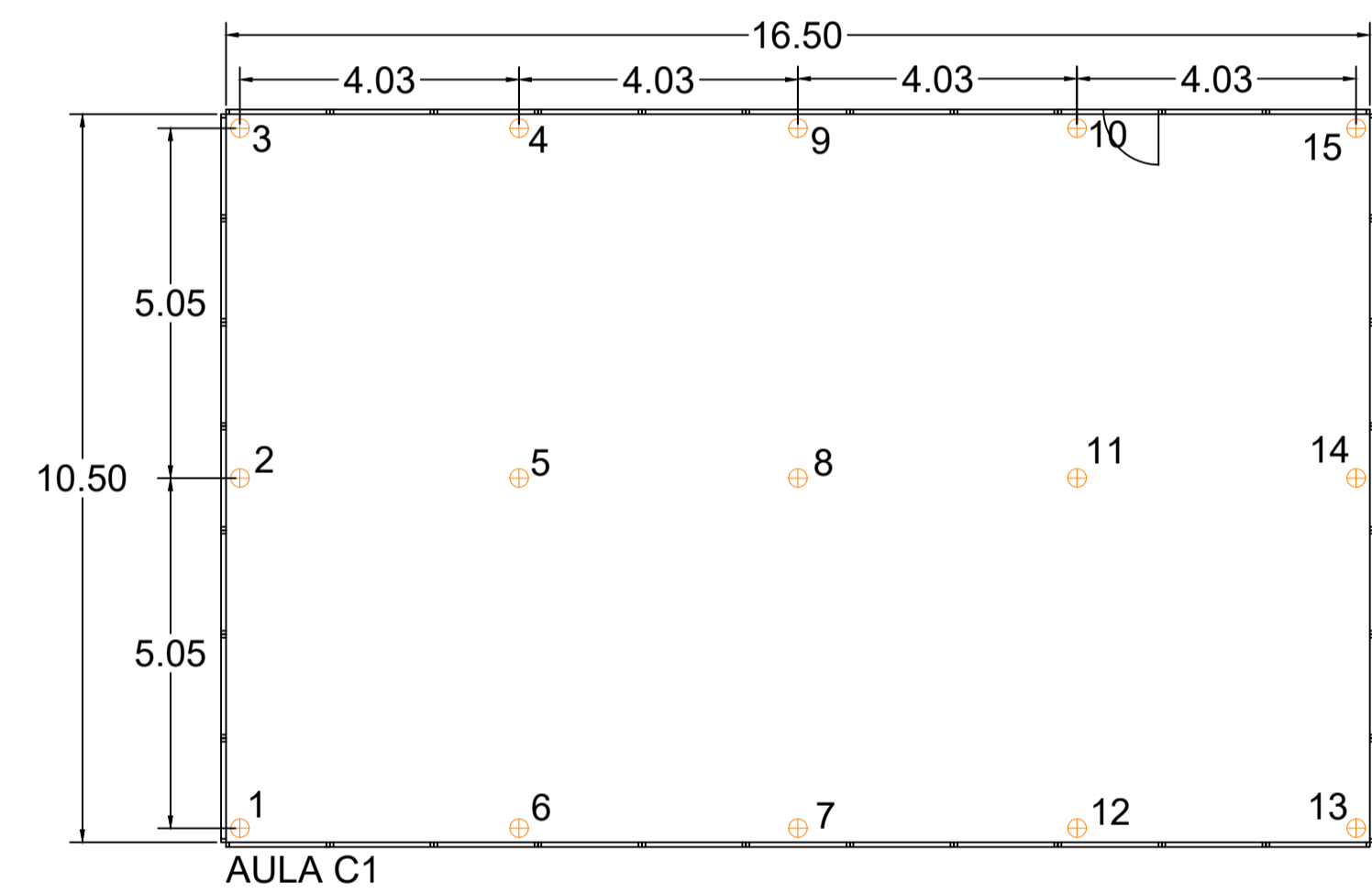
Punto	Lux
1	265
2	341
3	363
4	276
5	140
6	176
7	403

Punto	Lux
8	558
9	633
10	515
11	489
12	527
13	495
14	492

Punto	Lux
15	174
16	207
17	520
18	503
19	458
20	395
21	343

Punto	Lux
22	467
23	525
24	506
25	305
26	306
27	524
28	567

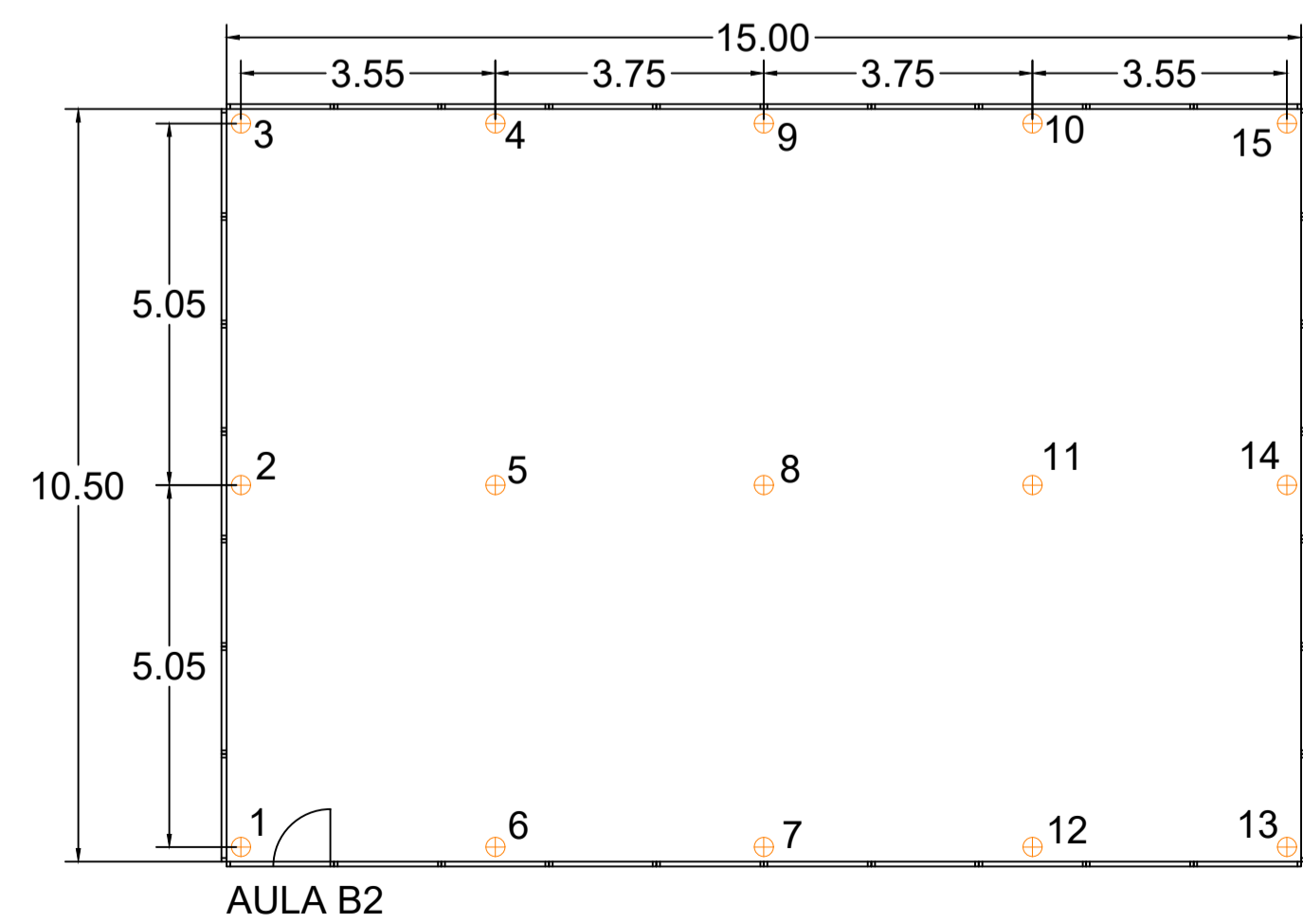
Punto	Lux
29	560
30	623
31	295
32	250
33	418
34	370
35	355



Punto	Lux
1	123
2	180
3	430
4	332
5	304

Punto	Lux
6	258
7	318
8	333
9	358
10	370

Punto	Lux
11	393
12	387
13	446
14	391
15	372



Punto	Lux
1	170
2	240
3	238
4	248
5	229

Punto	Lux
6	219
7	310
8	299
9	338
10	363

Punto	Lux
11	303
12	350
13	393
14	320
15	357



Luxómetro HT307

Las coordenadas de los puntos están medidas desde el punto referencia 0,0 de cada aula, situado en la esquina más baja de la izquierda; al centro de esta

## ANEXO F. GLOSARIO DE FÓRMULAS



### Ecuación 1. Cálculo del valor k

k: Índice del local

b: largo

a: ancho

h': altura del plano de trabajo a la luminaria

$$K = \frac{b \cdot a}{h' \cdot (b + a)}$$

### Ecuación 2. Cálculo de la uniformidad media

U<sub>m</sub>: Uniformidad media de las iluminancias

E<sub>m</sub>: Iluminancia media horizontal mantenida

E<sub>min</sub>: Iluminancia mínima sobre la superficie

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m}$$

### Ecuación 3. UGR mediante el método de tabulación del índice de deslumbramiento unificado

L<sub>B</sub>: luminancia ambiente, calculada como E<sub>ind</sub>/p

E<sub>ind</sub>: iluminancia vertical indirecta en el ojo del observador.

L: luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador.

ω: ángulo sólido de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador.

p: índice de posición de Guth para cada luminaria individual que se refiere a su desplazamiento desde la línea de visión.

$$UGR = 8 \log_{10} \left( \frac{0.25}{L_B} \sum_I \frac{L_{lum}^2 \omega}{P^2} \right)$$

### Ecuación 4. Corrección el valor de UGR

R<sub>UG</sub> (Φ<sub>0</sub>): valor UGR procedente de la tabla 2 UGR no corregido

Φ: flujo total actual de la lámpara (lm)

Φ<sub>0</sub>: 1000 lm

$$R_{UG}(\Phi) = R_{UG}(\Phi_0) + 8 \log_{10} \left( \frac{\Phi}{\Phi_0} \right)$$

### Ecuación 5. Cálculo del IEE

P<sub>cor</sub>: potencia asignada (P<sub>rated</sub>) en el caso de los modelos sin mecanismo de control externo y la potencia asignada. La potencia asignada de las lámparas se mide a la tensión de entrada nominal.

P<sub>ref</sub>: potencia de referencia obtenida del flujo luminoso útil del modelo (Φ use ) mediante las siguientes fórmulas:

$$IEE = \frac{P_{cor}}{P_{ref}}$$

para modelos con Φ use < 1 300 lúmenes: P<sub>ref</sub> = 0,88√Φ use + 0,049Φ use

para modelos con  $\Phi$  use  $\geq 1\ 300$  lúmenes:  $P_{ref} = 0,07341\Phi$  use

### Ecuación 6. Cálculo del VEEI

VEEI: Valor de Eficiencia Energética de la instalación

P: Potencia

S: Superficie

$E_m$ : Iluminancia media horizontal mantenida

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

### Ecuación 7. Potencia instalada según CTE DB-HE3 de 2019

$P_{TOT}$ : Potencia Total

$S_{TOT}$ : Superficie Total

$$\text{Potencia por superficie iluminada} = \frac{P_{TOT}}{S_{TOT}}$$

### Ecuación 8. Energía ponderada

$E_c$ : Energía Ponderada

$P_{cor}$ : potencia corregida en función de las posibles pérdidas de los mecanismos de control

$$E_c = \frac{P_{cor} \cdot 1.000\ h}{1.000}$$

### Ecuación 9. Relación entre el área de las ventanas y la de la fachada

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

A: el área de acristalamiento de la ventana de la zona en  $m^2$

$A_w$ : el área total de las fachadas de la zona, con ventanas al exterior o al patio interior o al atrio [ $m^2$ ], cuando se trate de zonas con cerramientos acristalados al exterior, o bien el área total de las superficies interiores del local (suelo + techo + paredes + ventanas) en  $m^2$ , cuando se trate de zonas con cerramientos acristalados a patios o atrios

$$T \left( \frac{A_w}{A} \right) > 11$$

### Ecuación 10. Cálculo del VAN y Ecuación 11. Cálculo del TIR

$I_0$ : Inversión inicial

n: vida útil

FC: Flujo de caja para el periodo i

r: tasa de descuento

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

$$0 = -I_0 + \sum_{i=0}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i}$$

## ANEXO G. JUSTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)



En septiembre de 2015, la Asamblea General de Naciones Unidas aprueba la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**, un extenso plan de acción basado en tres ejes: las personas, el planeta y la prosperidad, el cual debe guiar las estrategias de desarrollo a nivel mundial durante los próximos años. La Agenda plantea 17 grandes Objetivos, son los denominados **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, todos ellos interconectados e interdependientes, referidos a los grandes desafíos que enfrenta el mundo en la actualidad. Establece una hoja de ruta hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental, y subraya la necesidad de llevar a cabo un importante esfuerzo de alineación y coordinación por parte de todos los agentes implicados. (Àrea de Cooperació al Desenvolupament de la Universitat Politècnica de València, 2019)



Figura H1. ODS. 2019. UPV

Los ODS que está alineando este TFG son los siguientes:

**ODS 7. GARANTIZAR EL ACCESO A UNA ENERGÍA ASEQUIBLE, SEGURA, SOSTENIBLE Y MODERNA PARA TODOS**

Este ODS, se basa en utilizar energía sostenible y liberarse de los combustibles fósiles. En este trabajo concretamente lo que se ha buscado es disponer de una instalación energéticamente más eficiente y la reducción del consumo de energía utilizado.

**ODS 11. LOGRAR QUE LAS CIUDADES Y LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS SEAN INCLUSIVOS, SEGUROS, RESILIENTES Y SOSTENIBLES**

Como se explica en este punto, las universidades se asemejan en gran medida a las ciudades, ya que necesitan su administración política, social y económica. Por esta razón desde este trabajo se plantea una inversión económica para la mejora de la instalación de iluminación, para garantizar una calidad de la luz interior igual para todos los usuarios a la vez que la convierte en un poco más sostenible.

**ODS 13. ADOPTAR MEDIDAS URGENTES PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS**

Como bien se a explicado antes, uno de los objetivos de este trabajo es disminuir el gasto energético de la instalación y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, es decir, adoptar medidas que combaten el cambio climático proyectando una instalación más eficiente.