

ESTUDIO DE ILUMINACIÓN Y DEGRADACIÓN EN OBRAS PICTÓRICAS EN CENTROS CULTURALES

Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad de Sevilla
Curso 2022-2023

Grupo: TFG K
Alumno: María Díaz Suso
Tutor: Pedro Bustamante Rojas

RESUMEN/ABSTRACT

Actualmente no solo encontramos exposiciones de obras pictóricas en museos y galerías, sino también espacios cuyo fin principal no es el de exposición; uno de estos lugares son los Centros Culturales, objeto de nuestro estudio, y que por sus características no se encuentran lo suficientemente preparadas y acondicionadas para la exposición y conservación de las obras pictóricas.

Por ello, el propósito de este trabajo es el estudio del método de iluminación utilizado en un centro cultural, en el cual se identifiquen aquellos factores más determinantes de la degradación de la obra pictórica.

Tras un estudio más detallado de las tipologías lumínicas, las técnicas pictóricas, los factores deteriorantes y los espectros cuyos componentes sean absorbidos o relevantes a la degradación de la obra; se realizará un ensayo práctico de la exposición diaria y continua de la iluminancia y radiación UV e IR en el caso de estudio

Además, se realizarán unas hipótesis de iluminación, tanto natural como eléctrica, donde se proponga un método más efectivo a la degradación y duración de la obra por tipologías lumínicas actuales; con el fin de mejorar la conservación de las obras pictóricas.

ÍNDICE

1. Antecedentes
2. Iluminación Museística
 - 2.1. Sistemas de iluminación
 - 2.1.1. Natural
 - 2.1.2. Eléctrica
 - 2.2. Temperatura del color
 - 2.3. Factores deteriorantes
 - 2.3.1. Exposición a la radiación
 - 2.3.2. Tiempo de exposición
 - 2.3.3. Cambios de temperatura y humedad
 - 2.3.4. Agentes biológicos
 - 2.3.5. Contaminación ambiental
 - 2.4. Características de la iluminación según la técnica
 - 2.4.1. Acuarela
 - 2.4.2. Oleo
 - 2.4.3. Acrílico
 - 2.4.4. Fotografía
3. Justificación de la hipótesis
4. Objetivos
 - 4.1. General
 - 4.2. Específicos
5. Metodología y materiales
 - 5.1. Materiales
 - 5.2. Metodología
 - 5.2.1. Medición iluminancia y radiación ultravioleta
 - 5.2.2. Medición transmitancia vidrios
 - 5.2.3. Medición espectro de color de las superficies de las salas
 - 5.2.4. Estimador de degradación
 - 5.2.5. Introducción de hipótesis en herramienta informática (Velux)
6. Resultados
 - 6.1. Mediciones
 - 6.1.1. 1º exposición Acuarela
 - 6.1.2. 2º exposición Fotografía
 - 6.1.3. 3º exposición Acrílico y Óleo
 - 6.2. Comparación resultados
 - 6.3. Hipótesis
 - 6.3.1. Irradiancia efectiva
 - 6.3.2. Duración crítica
7. Conclusiones
8. Bibliografía
9. Anexos y figuras

1. ANTECEDENTES

La luz siempre ha estado muy presente en el ámbito del arte, desde formar parte de su composición pictórica como elemento influyente en su exposición. En ambos casos han aparecido tanto de forma natural como artificial.

Ya en la Antigua Grecia era conocido el impacto que produce la luz en las pinturas. Vitrubio en "Los 10 libros de la arquitectura", nos comenta como tras pintar todas las paredes del peristilo de la casa del escribano Faberio con pigmento cinabrio, pasado un mes y debido a la continua exposición de la luz natural, el color de las paredes se volvió un tono más oscuro y desigual. Dando a conocer la influencia de la exposición a la luz [1].

Aunque no es hasta el siglo XVII y el siglo XVIII cuando se comienza a realizar estudios sobre la luz.

A su vez a mediados del siglo XVII, surge una gran onda museológica en donde aparecieron nuevos museos por toda Europa y América del Norte. Las cuales pasan de las galerías (aparecen en el Renacimiento) y cuyo fin era el de prestigiar a sus fundadores, a lo que hoy en día conocemos como museos cuyo fin es la creación de espacios de colección, creación y desarrollo del saber.

En 1817 los científicos Theodor Grotthuss y Jonh William Draper durante un estudio observaron como la luz absorbida por una molécula pudo producir un cambio químico.

En el siglo XIX con la revolución industrial unidos a los muchos avances tecnológicos se inventó la luz artificial, permitiendo que los museos pudieran abrir sus puertas de noche. Esto provocó una preocupación por los efectos deteriorantes que surgen de la utilización de la luz artificial.

En Londres en 1886, se publicaron en los periodicos varias peticiones para la apertura nocturna del museo National Gallery, pese a la gran oposición del director del museo y de Sir J.C Robinson, se decidió abrir 3 tardes por semana. En su escrito de protesta Sir J.C Robinson expuso lo sucedido en el Kensington, el cual se puso de ejemplo en las peticiones, por haber expuesto de forma continuada de 20 a 30 años una importante colección de acuarelas inglesas, las cuales tuvieron daños irreparables.



Fig 1: The National Gallery 1886, Interior of Room 32. Óleo sobre lienzo. Giuseppe Gabrielli (1886). Londres, RU. (<https://artuk.org/discover/artworks/room-32-in-the-national-gallery-london-28225>)

Debido a esto se encargó a los científicos Abney y Russel estudiar el efecto de la luz en las obras. Dos años más tarde publicaron el informe "Efecto fotoquímico, la ley de la reciprocidad y el efecto térmico" [2, 3].

A partir de entonces se han realizado diversos estudios sobre los efectos de la luz en las obras. Permitiendo que hoy en día se tenga un mayor control de la luz tanto la natural [Fig 2] como la eléctrica [Fig 1] para garantizar la correcta conservación de las obras.

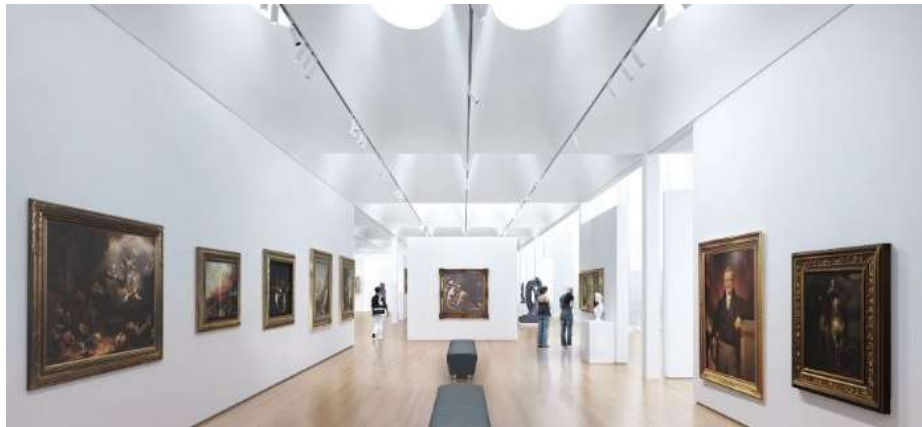


Fig 2: Sala del Museum of Modern Art. Raleigh, Carolina del Norte, EEUU. (<https://www.linkedin.com/pulse/mejorar-la-iluminaci%C3%B3n-en-museos-jos%C3%A9-tobajas-povar>) Autor: José Tobajas Povar.



Fig 3: Sala del Museo Bellas Artes. Sevilla. (http://www.xn--espaescultura-tnb.es/es/museos/sevilla/museo_de_bellas_artes_de_sevilla.html) Autor: Sin Referencia.

2. ILUMINACIÓN MUSEÍSTICA

La luz es una de las herramientas principales en la arquitectura y en el diseño de espacios, ya que posee la capacidad de generar y transformar la percepción de un entorno.

Gracias a ella, podemos jugar con diferentes configuraciones, creando efectos visuales específicos que resalten determinadas características y configuran los espacios de forma intencionada [4], dotando a los espacios expositivos de la calidad necesaria para potenciar los valores de los matices cromáticos y de las texturas y geometrías de las obras expuestas. En la exposición temporal "Besuch der feuerle collection" del museo The Feuerle Collection, vemos como se acentúa el relieve de los objetos, en contraste con la oscuridad del entorno, dándole un efecto más dramático y misterioso.



Fig 4: Exposición Besuch der feuerle collection en el museo The Feuerle Collection (2016), Berlín, Alemania. (<https://www.erco.com/es/proyectos/foco/luminotecnica-y-practica/interpretar-el-arte-mediante-la-luz-7107/>) Fotografía: Sebastian Mayer. Arquitectura: John Pawson

Además, nos permite dirigir la mirada del visitante, mediante el uso estratégico de la iluminación, guiando la mirada del observador a áreas u obras específicas de la exposición, influyendo a la experiencia y percepción del entorno en el visitante.

Otro aspecto relevante es el poder evocador de la luz. Gracias a una adecuada iluminación podemos despertar e incluso revivir recuerdos, transportándonos a esos momentos del pasado, y creando una conexión con el entorno. Además, la luz tiene la capacidad de crear nuevos recuerdos, mediante las diferentes estrategias y efectos visuales, generando ambientes únicos e innovadores. Por ejemplo, el uso de luces de colores, proyecciones o los efectos de sombras y reflexiones de la luz. Como sucede en el caso de las obras de Kumi Yamashita, donde la sombra creada por la proyección de la luz sobre la escultura crea la obra final [Fig 5] o como la exposición "The Lightpaintings" de Stephen Knapp donde la reflexión de la luz de los diferentes vidrios sobre una superficie plana crea una tercera dimensión [Fig 6].



Fig 5: Esculturas de sombras. Kumi Yamashita (2012). Nueva York, EEUU. (<https://mitsukeru.wordpress.com/tag/esculturas-de-sombras/>)



Fig 6: The Lightpaintings. Stephen Knapp (2007). Nueva York, EEUU. (<https://mott.pe/noticias/lightpaintings-la-innovadora-forma-de-arte-del-siglo-xxi/>)

Además de dirigir la mirada, la luz también tiene la capacidad de estimular sensaciones en las personas. Desde generar emociones, estados de ánimo o sensaciones, como frío, calidez, angustia, misterio o emoción. Dependiendo de la intensidad, temperatura de color y dirección de la luz podemos crear los distintos ambientes para cada una de las experiencias sensoriales, de los visitantes, deseadas en las exposiciones [5].

En resumen, la luz es una herramienta esencial en la arquitectura museística, diseños de salas expositivas y en la representación e interpretación de la obra. Su versatilidad nos permite tanto jugar con sus diferentes configuraciones, ordenación del espacio, distinción de características de las obras, como evocación de sensaciones y emociones.

2.1. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

De manera general, los museos juegan con dos tipos de luz, la natural y la artificial. Con estas lo que se intenta es mantener un equilibrio entre ellas, con el fin de preservar las obras y a su vez generar experiencias con las que se descubra, explore y aprenda mediante las exposiciones.

2.1.1. NATURAL

Esta ha sido la más utilizada para la iluminación de museos, puesto que brinda un amplio espectro cromático y un agradable confort visual. Aunque se ha utilizado de manera errónea, llegando a una sobreexposición de las obras, sin ningún tipo de protección. Causando daños irreparables a la obra debido a su radiación UV e IR.

Existen muchas formas de introducir la luz natural, pero la más habituales son [6]:

- **Luz lateral**

Se realiza a través huecos en fachadas y muros. Esta no es de las mejores intervenciones, puesto que al permitir una radiación directa a la obra, empeora su deterioro y puede llegar a producir efectos de deslumbramientos.

- **Luz cenital**

Se realiza a través de lucernarios y tragaluces, los cuales nos permite una mayor homogeneización de la luz y un mayor control de la radiación directa en la obra

- **Luz indirecta**

Se suele producir mediante la reflexión de la luz, permitiendo una homogeneización de la luz y evita la radiación directa sobre la obra, evitando la rápida degradación de la obra.

Las soluciones utilizadas más habituales para la protección de la luz natural han sido desde el uso de voladizos, como podemos ver en el Museo Voorlinden de Wassenaar donde se genera un voladizo que permite la entrada de luz indirecta; colocación de muros ciegos en las orientaciones más desfavorables, como nos encontramos en el Centro Gallego de Arte Contemporáneo donde sus fachadas son completamente ciegas; vegetación, lamas-celosías, telas, o con una mezcla de todas ellas como sucede en el Museo de arte Moderno y Arquitectura de Estocolmo donde su luz lateral se regula mediante telas y su luz cenital es tamizada mediante lamas. [7].



Fig 7: Museo Voorlinden (Kraaijvanger Architects, 2016). Wassenaar, Países Bajos. (<https://www.voorlinden.nl/museum/architectuur/>) Fotografía: Sin Referencia del autor.



Fig 8: Centro Gallego de Arte Contemporáneo (Álvaro Siza, 1993), Santiago de Compostela. (<https://www.galicia.info/centro-gallego-de-arte-contemporanea.html>) Fotografía: Sin Referencia del autor.



Fig 9: Museo de arte Moderno y Arquitectura (Rafael Moneo, 1991). Estocolmo, Suecia. (<https://elarquitectoviajero.com/moderna-museet-museo-de-arte-estocolmo/>) Fotografía: Sin Referencia del autor.

2.1.2. ELÉCTRICA

Desde su aparición, ha sido un elemento continuo y fundamental en las exposiciones.

Encontramos muchas tipologías, pero las habituales en las exposiciones son las siguientes [8, 9, 10]:

- Lámparas incandescentes

Hasta la aparición de las lámparas LED y la implantación de la Directiva Europea EuP/ErP 2009/125/CE (Energy Using Products/ Energy-related Products) sobre ahorro energético, la tecnología de iluminación más utilizada en espacios museísticos era la de las lámparas incandescentes, estando actualmente prohibido tanto su uso como su comercialización [11].

Estas lámparas eran ampliamente utilizadas debido a su bajo costo y facilidad de producción, pero presentaban importantes inconvenientes, como un alto consumo de energía, una vida útil relativamente corta y una distribución espectral con una importante componente de radiación IR.

Al tratarse de la primera tipología de lámparas, con el paso de los años han producido diversas evoluciones. Las más presentes son:

Lámparas de tungsteno estándar, estas son las más comunes y las podemos encontrar tanto en museos, exposiciones como en viviendas; utilizándose como iluminación general del espacio.

Lámparas PAR, estas al incorporar una parábola en la propia lámpara, permite concentrar el haz de luz en una dirección y con un grado de cobertura concreto; se suele utilizar para iluminación focal.



Fig 10: Lámpara incandescente
(<https://www.lamparadirecta.es/estandar-incandescente-clara-e27-40w-230v-8719157998833>) (<https://lightroom.lighting/irc-jitomates/>)

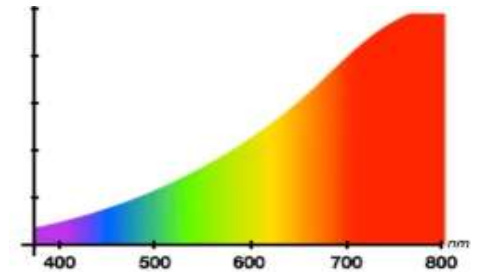


Fig 11: Espectro l. incandescente

- Lámparas halógenas

Estas son similares a las lámparas incandescentes, pero debido a que incorporan un gas halógeno en su interior, mejoran su rendimiento, eliminando el amarillamiento del cristal envolvente.

Esta tipología ha evolucionado mucho con los años, llegando a dar una calidad de luz similar a la del espectro solar.

Debido a que son poco eficientes energéticamente, se han ido dejando de utilizar en la Unión Europea a partir del 2018, aun así, aun podemos encontrarlas en el mercado o instaladas en museos.



Fig 12: Lámpara halógenas
(<https://argoselectrica.com/product/lampara-halogena-dicroica-mr-16-gu5-3/>) (<https://www.xataka.com/otros/hacer-crecer-planta-luz-artificial-possible-sabes-como-mega-guia-iluminacion-led-para-plantas-interior>)

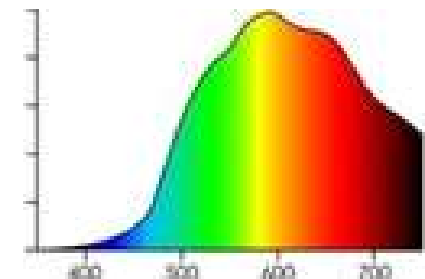


Fig 13: Espectro l. halógenas

- Lámparas de descarga

De esta tipología encontramos muchos tipos, pero las utilizadas en espacios museísticos y de exposiciones son las lámparas HID y las lámparas fluorescentes.

Lámpara HID, junto con la lámpara incandescente, esta tipología ha sido una de las utilizadas con mayor frecuencia en museos y exposiciones hasta la aparición de la lámpara LED. Estas suelen colocarse para iluminaciones generales.



Fig 14: Lámpara de descarga HID
(<https://www.grainger.com.mx/producto/LUMAPRO-L%C3%A1mpara-Descarga-Alta-Intensid,BT28,175W/p/2YGD1>) (<https://lightroom.lighting/irc-jitomates/>)

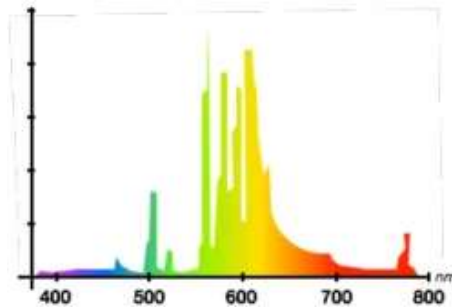


Fig 15: Espectro I. de descarga HID

Lámpara fluorescente, esta tipología es bastante eficiente energéticamente y duradera. A lo largo de los años su rendimiento cromático ha aumentado, esto es debido a la incorporación de varias capas de fósforo, que ha mejorado bastante la calidad de luz. Esta se suele utilizar de forma indirecta, para difuminar la potencia de la iluminación.



Fig 16: Lámpara fluorescentes
(<https://edalux.com/lampara-fluorescente-pl/4610-lampara-fluorescente-plc-18w84-luz-neutra-2-patas-radium-4008597169205.html>) (<https://lightroom.lighting/irc-jitomates/>)

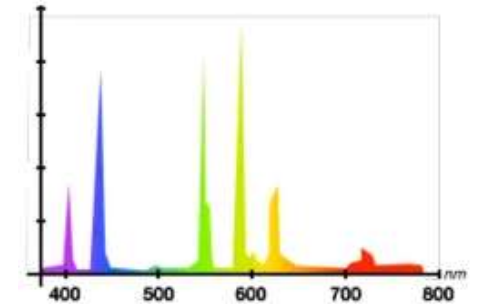


Fig 17: Espectro I. fluorescentes

- Lámparas LED

Actualmente son las más utilizadas, gracias a que ofrecen una larga vida útil y un excelente rendimiento energético y cromático. Estas tienen una amplia gama de temperaturas de color y un escaso mantenimiento.

Se pueden utilizar para cualquier tipo de iluminación, desde indirecta, general o focal.



Fig 18: Lámpara LED
(<https://jrlled.com/inicio/16-bombilla-led-3-tubos-de-led-15w-rosca-e27.html>) (<https://lightroom.lighting/irc-jitomates/>)

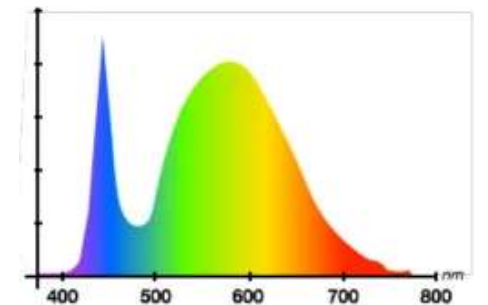


Fig 19: Espectro I. LED 5000K

- **Fibra óptica**

Esta tipología con frecuencia se ha utilizado para la iluminación de salas o de vitrinas, puesto que no generan radiaciones térmicas ni producen transmisiones de UV. Con la aparición de las lámparas LED y las ventajas que ofrecen, la fibra se encuentra en desuso.



Fig 20: Terminales de iluminación de fibra óptica (https://www.keisu-shop.com/blog/keisu_blog/iluminacion-con-fibra-optica)

2.2. TEMPERATURA DE COLOR

En las exposiciones, otro factor a tener en cuenta es la temperatura de color de la iluminación, puesto que afectará en la interpretación del cuadro como del estado de ánimo del visitante. Por ello, es importante que cuando iluminamos una obra pictórica, la temperatura de color sea la idónea para ella [12].

Respecto a la temperatura de color podemos diferenciar 3 tipos, las cuales se clasifican según los grados Kelvin, su unidad de medida [13].

Luz cálida: Estas se encuentran por debajo de los 3000°K. Son aquellas que poseen un tono anaranjado y amarillento. Esta tipología suele utilizarse para espacios que resulten más acogedores y sugerentes.

Luz neutra: Esta se encuentra entre los 4000°K y los 6000°K. Son aquellas que poseen un tono blanquecino, asociadas a la luz natural del medio día (5500°K y en días nublados 6500°K). Esta tipología se suele utilizar en espacios donde sea necesario mayor definición y nitidez.

Luz fría: Esta se encuentra por encima de los 6000°K. Son aquellas que poseen un tono azulado. Al igual que la luz neutra, esta tipología se utiliza en espacios donde sea necesario mayor definición y nitidez.



Fig 21: Temperatura del color (<https://faro.es/es/blog/iluminacion-de-un-museo/#:~:text=A%20la%20hora%20de%20iluminar,de%20entre%2095%20y%2097>)

La temperatura habitualmente utilizada es la neutra o de tonos fríos, puesto que estas tipologías son más óptimas para interpretar la obra, tanto en su composición como en su color [4].

2.3. FACTORES DETERIORANTES

Por naturaleza, las sustancias tienden a ir cambiando a lo largo del tiempo, las orgánicas son las más afectadas de todas ellas, aunque las inorgánicas también producen ese cambio, pero mucho más lentamente.

Para la conservación de muchos materiales lo ideal sería un ambiente en total oscuridad, aunque en el caso de la museología no sería factible. Por ello al realizar cualquier

instalación lumínica en centros museísticos o de exposiciones se estudia con gran detalle cuales son los daños producidos en la obra por la iluminación.

2.3.1. EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN

Aunque cualquier tipo de iluminación pueda dañar una obra pictórica, su radiación tanto la visible como la no visible son el primer factor deteriorantes, debido a su efecto calorífico radiante y su acción fotoquímica.

La radiación visible es aquella correspondiente a los colores fundamentales de la luz blanca, es decir, aquella que nuestra vista puede percibir. Esta corresponde a las longitudes de onda entre 380 nm y 780 nm [8]. Dentro de este rango se encontrarán cada una de las distribuciones espectrales de energía (SPD) de las distintas fuentes de luz; la cual nos indica la potencia de cada longitud de onda que produce una fuente [14].

La radiación no visible, esta corresponde a 2 zonas diferentes. La banda ultravioleta, teniendo radiación de longitudes de onda inferiores a 380. La banda infrarroja, con longitudes de onda superior a los 780 nm [8, 15].

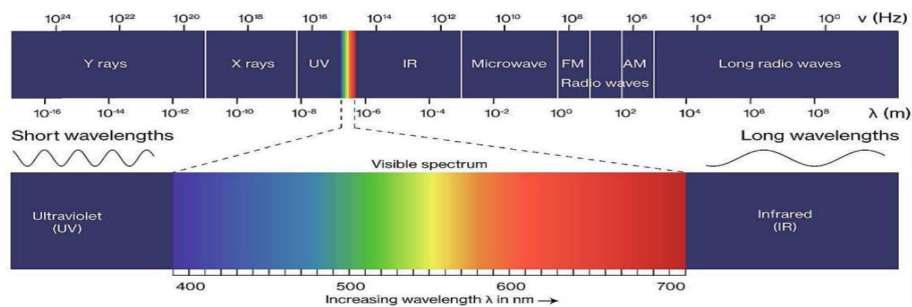


Fig 22: Espectro visible y no visible (http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/ppts/talleres/T5_es.pdf)

Según la CIE, aquellos espectros cuyas longitudes de onda sean inferiores a 400 nm, las cuales están asociadas a la radiación ultravioleta, son las más dañinas y las menos deseadas a la hora de conservar una obra pictórica. Esto se debe a que los fotones emitidos son muy energéticos y pueden así iniciar una reacción química que produzca la degradación de la obra.

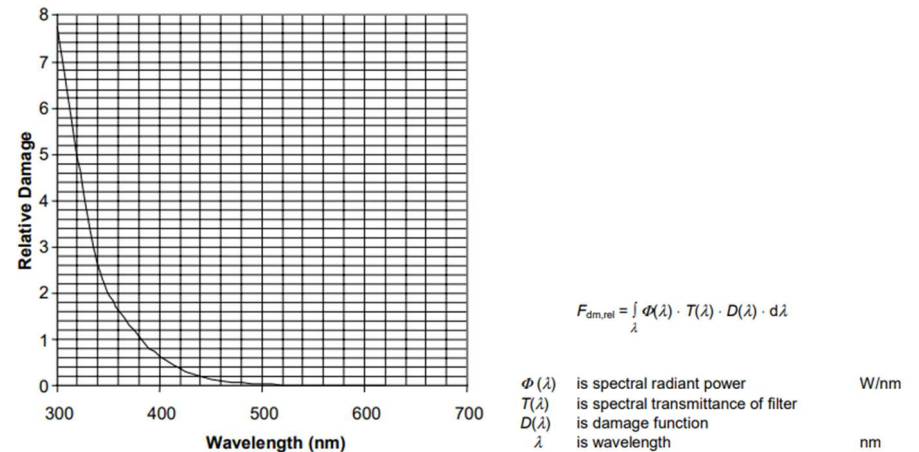


Fig 23: Harrison's Damage function (CIE. (2003). Control of Damage to museum objects by optical radiation)

Cuando la luz incide sobre una materia, una parte del espectro de radiación es absorbida por la superficie, mientras que el resto se refleja en ella; esto promueve el efecto fotoquímico [16, 17].

Esta reacción química, asociada a la radiación infrarroja, provoca un aumento de la temperatura, generando de esta manera daños irreparables, como son [16]:

- Cambio dimensional y deformaciones tanto de la obra pictórica.
- Subida de temperatura (efecto de calor radiante) de la superficie, llegando incluso a deshidratarla.

- Provocar migraciones de humedad en los objetos higroscópicos y en los espacios circundantes. En esta también cuenta como factor la humedad relativa.
- Endurecer la superficie, decolorarla o agrietarla.
- Favorecer el biodeterioro en ambientes con alta humedad relativa y escasa ventilación.

2.3.2. TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Cuando una obra es expuesta por primera vez a la radiación, esta comienza a reaccionar rápidamente, produciendo los primeros pequeños daños. Con el paso del tiempo la reacción se sigue produciendo, pero para causar el mismo daño que al principio, debido a que las moléculas susceptibles a este efecto se reducen, se necesitará una mayor cantidad de tiempo.

En algún momento el material se estabilizará y no permitirá más cambios y daños en el color, llegando incluso al desvanecimiento del pigmento [16].

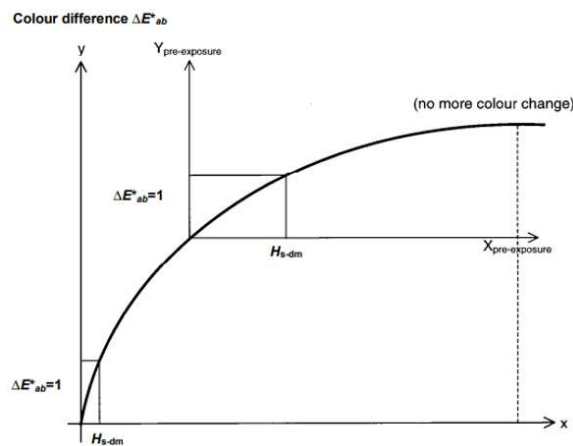


Fig 24: Efecto exposición de la radiación H_{s-dm} (CIE. (2003). Control of Damage to museum objects by optical radiation)

Además, la constante discontinuidad de exposición lumínica, es decir, estar constantemente apagando y encendiendo las luminarias, puede provocar expansiones y contracciones, además de fomentar las migraciones de humedad. Lo cual puede producir agrietamientos, pérdida de fuerza en la superficie y deshidratación [16].

2.3.3. CAMBIOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

La constancia tanto de los valores de temperatura como los de humedad son esenciales para la preservación de la obra.

- Temperatura

La exposición directa a la luz puede provocar una subida de la temperatura, llegando hasta los 40-50°C, llegando incluso a crear cambios de humedad relativa. Si la obra se encuentra enmarcada tras un cristal, esta fomentará la subida de temperatura.

El aumento de la temperatura de unos 10°C puede llegar a duplicar la velocidad de degradación de la obra. En cambio, cuanto menor sea la temperatura del entorno, el proceso de deterioro se ralentizará, por ello se suele recomendar una temperatura de sobre unos 20°C con una oscilación de 2°C [18].

Los principales daños que puede sufrir la obra son desde contracciones y dilataciones que producen agrietamientos, pérdida de fuerza del soporte, como aceleración de la oxidación de la pintura y/o del barniz.

- Humedad

La humedad relativa es de los factores más determinantes en el deterioro de la obra.

Cuanto más seco es el ambiente, más tensiones habrá en la pintura y en su soporte. Este problema lo solemos encontrar en invierno, cuando el aire del exterior, mediante los sistemas de calefacción, la transforma en aire seco caliente, al pasar al interior, reduciendo hasta un 30% la humedad.

Las zonas con climas húmedos, pueden llegar a ser un problema, por ello, se suele simular ambientes con climas templados.

Para solucionar este problema, los museos procuran mantener una humedad constante de un 55%, aunque se llega a permitir un 45% como mínimo y un 65% de máximo [18].

Si la humedad relativa llegara a ser superior a 75% se podrían producir debilitación de adhesivos, pudrición de colas, aumento del tamaño de los materiales, corrimiento de tintas, enmohecimiento, ablandamiento de materiales, tensión de los soportes, entre otros.

O si llegara a ser inferior a 35%, se podrían producir fragilidad y desecación, tensiones de los soportes, reducción dimensional, etc [19].

2.3.4. AGENTES BIOLÓGICOS

Hoy en día se conocen muchos microorganismos que afectan a obras pictóricas, desde microorganismos, insectos, animales vertebrados, moluscos, líquenes y hongos.

Estos aparecen y se desarrollan gracias a las altas temperaturas, los elevados niveles de humedad y la constante presencia de oxígeno, por lo que habitualmente se desarrollan en lugares poco ventilados y oscuros.

Los efectos que producen son desde manchas blanquecinas, degradación de los soportes pictóricos y descomposición de los materiales.

Para reducir su aparición y daños que puedan producir, se debe mantener controlado tanto la humedad como la temperatura, además de utilizar fungicidas o exposición a gases nobles los cuales eliminan al agente biológico [19, 20].

2.3.5. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

El aire de la atmósfera debido a la polución, principalmente en ciudades, contiene agentes químicos generado por diversos tipos de gases e impurezas, los cuales son perjudiciales en la conservación de la obra pictórica [19].

Los agentes de deterioro más destacados son:

- Dióxido de azufre, este abunda en atmosferas urbanas. Causando daños a todo tipo de obras
- Sulfato de hidrógeno, ataca a los materiales orgánicos y a los metales, ennegreciendo y produciendo manchas en los materiales metálicos.
- Dióxido de carbono, al combinarse con el agua produce ácido carbónico, el cual afecta a materiales orgánicos, produciendo corrosión en los materiales pétreos y vidrios.
- Cloruro de sodio, esta se encuentra en zonas marítimas. Facilita la corrosión de los metales.
- Ozono, ataca a papeles y textiles, palideciendo las capas pictóricas y dando lugar en los vidrios a eflorescencias

Para reducir la degeneración de las obras se debe tener un mayor control de la ventilación de las salas expositivas.

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA ILUMINACIÓN SEGÚN LA TÉCNICA

La estabilidad de la obra depende mucho de la técnica con la que se ha ejecutado, puesto que depende mucho desde el tipo de soporte en el cual se ejecuta, como de los pigmentos utilizados.

Los pigmentos utilizados son los pigmentos inorgánicos, pigmentos orgánicos sintéticos y pigmentos orgánicos naturales, siendo estos últimos los menos resistentes a la luz y radiación UV [21, 22].

Siendo los pigmentos amarillos (A. de arilamida, A. de bencidina y A. de tartrazina), naranja (N. de dinitranilina y N. de benzidina) y rojo (R. de litol, Rubina de litol y laca de magenta) los inestables frente a la luz. Aunque también encontramos algunos tonos de violetas (V. básico I, V. básico II, V. básico III) y verdes (pigmento verde B) propensos al desgaste de la obra [21, 23].

Un claro ejemplo del desgaste de los pigmentos lo podemos ver en la pintura de "Lirios" de Van Gogh. En una carta que le escribió el artista a su hermano describe el fondo como rosado [34], como se ve en la segunda imagen, mientras que, en la actualidad, debido a su exposición podemos ver como los pigmentos rojizos y violáceos se han ido decolorando, dejando solo los tonos azulados y verdosos en la obra, como vemos en la primera imagen.



Fig 25: Efecto exposición del cuadro "Lirios". Óleo sobre lienzo. Vincent Van Gogh (1890). Met Museum. New York, EEUU. (<https://culturacientifica.com/2016/04/05/desmontando-mitos-dana-flash-arte/>)

2.4.1. ACUARELA

Debido a la concentración del pigmento, inferior a otras técnicas, la película que forma la pintura es mucho más fina que en otras técnicas, además de que en el medio en el que se ejecuta, acuoso, ofrece una mínima protección al pigmento [21, 25].

Debido a ello, esta técnica es de las menos permanentes y de las que más deben protegerse de la exposición directa de la luz. Por ello los expertos aconsejan que la obra no tenga una iluminancia superior a los 50 lux [6, 26, 27, 28].

2.4.2. ÓLEO

Puesto que esta técnica forma una pintura más gruesa en un medio aceitoso, esta ofrece una resistencia mayor a la degeneración por luz [21].

Aun así, se aconseja que la obra no tenga una iluminancia superior a los 150 lux [6, 26, 27, 28].

2.4.3. ACRÍLICO

Al igual que el óleo, esta técnica es más resistente a los daños producidos por la luz. Aunque esta técnica se realiza en base acuosa, los pigmentos utilizados, los cuales se ligan con un polímero [29], suelen ser más resistentes a la luz, en especial a la ultravioleta [25].

Por ello los expertos aconsejan que la obra no tenga una iluminancia superior a los 150 lux [6, 26, 27, 28].

2.4.4. FOTOGRAFÍA

Al igual que la acuarela, esta técnica es una de las más sensibles frente a la luz.

Por ello los expertos aconsejan que la obra no tenga una iluminancia superior a los 50 lux. Además, a diferencia de las otras técnicas, se aconseja que su temperatura ronde entre los 16°C a los 18°C y una humedad relativa entre 30% y 50% [6, 25, 26, 27, 28, 30].

En el caso de la radiación todas las técnicas delimitan su nivel máximo de exposición a 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$. Aunque en todo momento se intentará evitar su exposición en las técnicas más sensibles [31].

Todos aquellos valores higrotérmicos (temperatura y humedad) aconsejados y nombrados anteriormente en las distintas técnicas pictóricas, se encuentra en el RITE como de obligatorio cumplimiento [32].

3. JUSTIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Desde el siglo XIX surge una preocupación sobre la conservación de las obras pictóricas, la cual ha ido aumentando hasta la actualidad, debido a las apariciones de nuevas tipologías lumínicas y por la constante preocupación del patrimonio.

Para ello se deberá controlar muy bien desde los aspectos más ambientales como es la humedad y la temperatura, su protección respecto a la luz directa del sol, como a las tipologías de lámparas elegidas.

Si bien, actualmente la iluminación más utilizada en museos, galerías y exposiciones es la procedente de las lámparas LED, se siguen utilizando otras tipologías de lámparas que son más perjudiciales con las obras.

Teniendo se en cuenta, sobre todo el espectro de cada una de las lámparas, debido a su radiación y su colorimetría, la cual no afecta en sí a la degeneración de la obra, pero sí a su comprensión cromática.



Fig 26: Iluminación LED y halógena, Museo Guggenheim Bilbao (<https://www.20minutos.es/noticia/4093016/0/las-salas-de-exposicion-del-museo-guggenheim-bilbao-cuentan-ya-con-la-tecnologia-led-para-iluminar-las-obras-de-arte/>)

4. OBJETIVOS

4.1. GENERALES

El objetivo general de este estudio es profundizar en el conocimiento de los distintos factores que afectan a la obra y de las diferentes tipologías de lámparas que puedan ayudar a prevenir y reducir la degeneración generada por la exposición diaria a las radiaciones en este tipo de obras.

4.2. ESPECÍFICOS

Con un aspecto más específico, los objetivos a resolver son:

- Identificar las luminarias utilizadas.
- Identificar el nivel de exposición de las obras.
- Determinar los espectros dañinos de las luminarias.
- Determinar daños producidos a lo largo del tiempo.
- Tener un panorama más completo y actualizado sobre las tipologías más efectivas para reducir riesgos de exposición.
- Los resultados obtenidos serán de utilidad para la conservación del patrimonio tanto para profesionales como para el público en general.

5. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Para la realización del ensayo de este estudio se dispondrán de diversos sensores y herramientas digitales, los cuales se utilizarán de forma puntual o de duración prolongada.

El ensayo lo realizamos en la Biblioteca y Centro cultural Miguel Delibes en el barrio de Montequinto (Dos Hermanas), este ensayo se debe al deseo de mejora de los espacios expositivos por parte de la directora del centro, contando con la inmediata autorización para su realización.

El centro cuenta actualmente con 3 zonas expositivas, situadas en los distintos espacios de recepción y circulación del edificio, los cuales se desean mejorar y habilitar para evitar la degradación de las obras pictóricas de las futuras exposiciones temporales.



Fig 27: Fachada Principal Biblioteca y Centro cultural Miguel Delibes (Joaquín Pino Millán y Magdalena Burgos Marqués, 2010). Montequinto, Dos Hermanas. (<https://www.bibliotecaspublicas.es/montequinto/CONOCENOS/Tu-Biblioteca.html>)

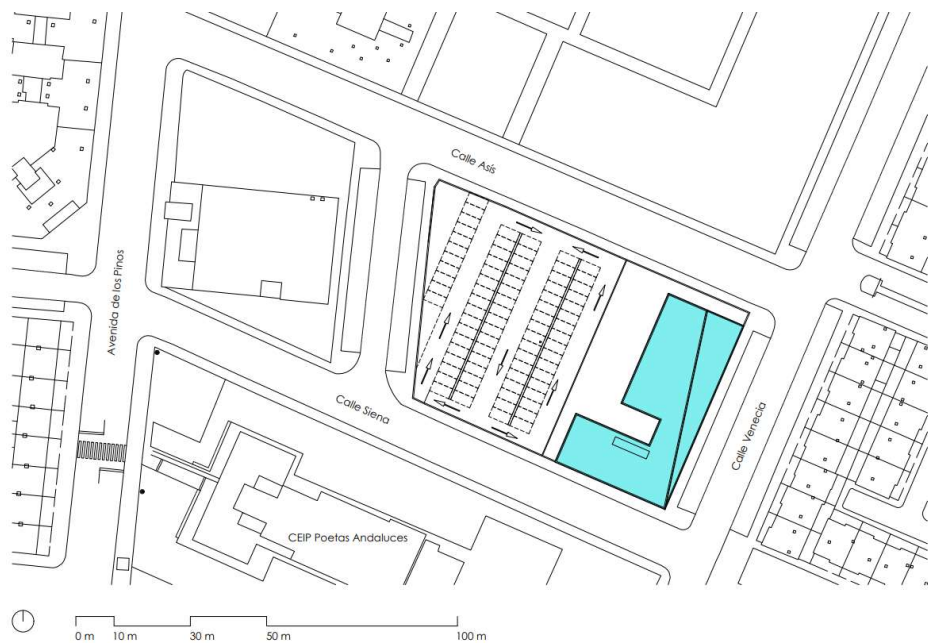
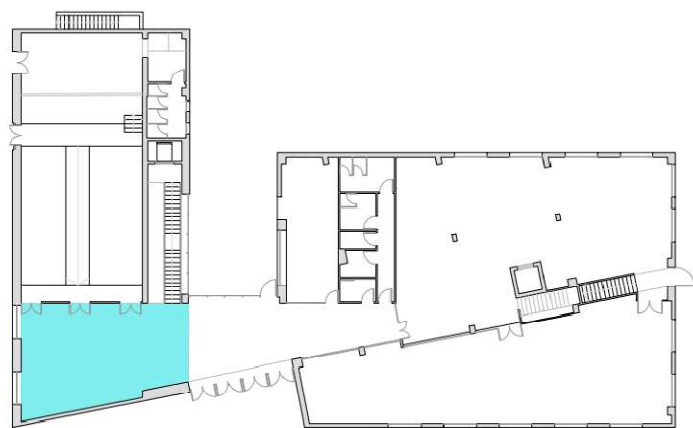


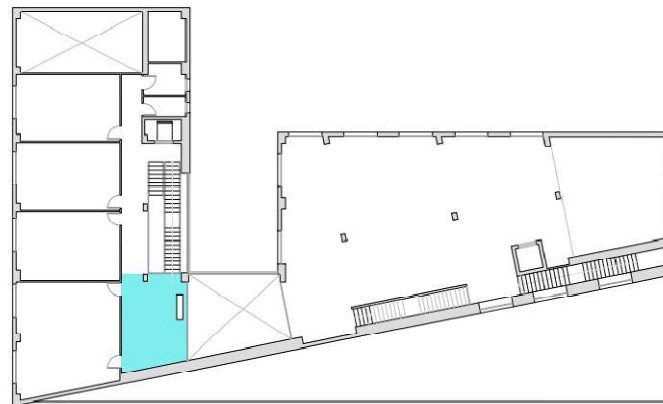
Fig 28: Plano de Situación [Plano 1]



Planta Baja (+0,00m)



Fig 29: Planta Baja y Espacios de Exposición Vestíbulo [Plano 2]



Planta Primera (+6,03m)

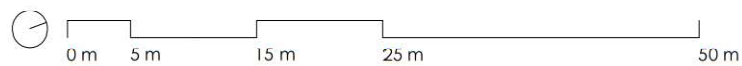
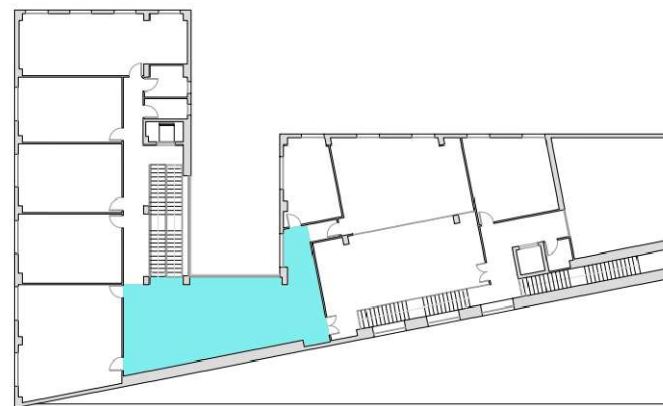


Fig 30: Planta Primera y Espacios de Exposición Pasillo [Plano 2]



Planta Segunda (+15,00m)

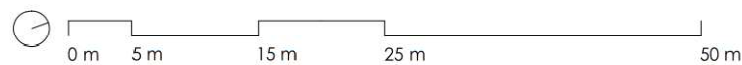


Fig 31: Planta Segunda y Espacios de Exposición Pasillo [Plano 2]

5.1. MATERIALES

Para este estudio se han utilizado:

- Sensor Testo 160
Combinación de sensores y sondas integradas, con la que se mide la iluminancia, radiación UV, temperatura y humedad relativa.



Fig 32: Sensor Testo 160 (<https://www.testo.com/es-ES/data-logger-wi-fi-testo-160-thl/p/0572-2024>)

- Luxómetro de precisión de intensidad y densidad luminosa PCE-L 100
Es un medidor de ondas luminosas muy precisa, con la que se mide la intensidad luminosa, los rayos de luz natural y eléctrica, como la densidad luminosa sobrepuestas y a distancia.



Fig 33: - Luxómetro de precisión de intensidad y densidad luminosa PCE-L 100 (<https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/luxometro-pce-l-100.htm>)

- Espectrofotómetro de color Portátil YR05497
Se utiliza para la realización de estudios de gestión y coincidencia del color. Este cuenta con un software de gestión de color que puede conectarse al PC.



Fig 34: - Espectrofotómetro de color Portátil YR05497 (<https://kalstein.net/es/producto/espectrofotometro-de-color-portatil-yr05497/>)

- Hoja de cálculo Office Excel 2016: Estimador de degradación en obra expositiva por luz visible.
Estima la degradación de obras pictóricas por acción de la radiación visible, calculando el daño recibido por la exposición a las fuentes lumínicas.

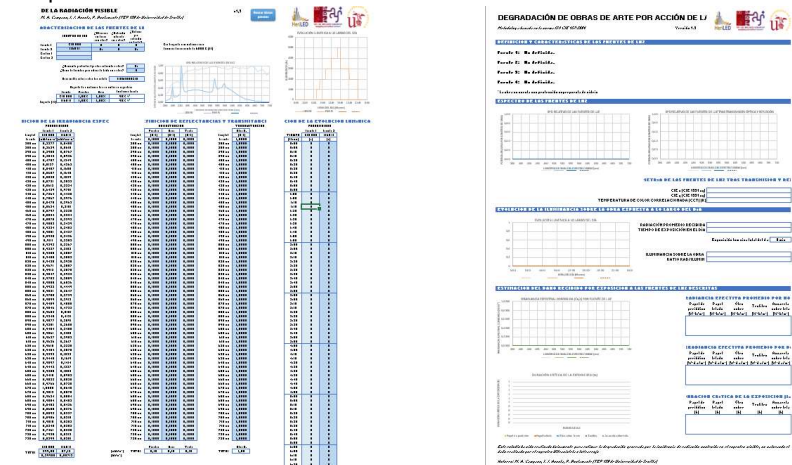


Fig 35: Estimador de degradación en obra expositiva por luz visible. Fuentes: Propias.

- Velux Daylight Visualizer 3
Software de simulación de iluminación natural en el interior de los edificios.

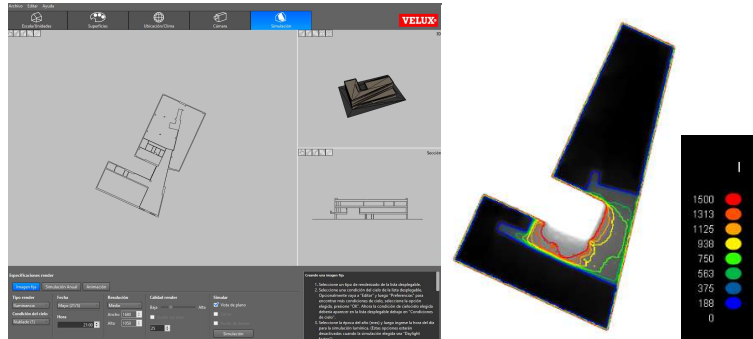


Fig 36: - Velux Daylight Visualizer 3. Fuentes: Propias.

ubicará de espaldas a las ventanas situadas al sur. Ambas tendrán una iluminación directa mediante focos LED.

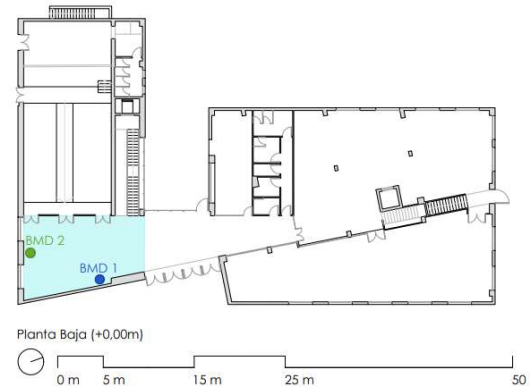


Fig 37: Planta baja y fotografía sensor BMD2. Fuentes: Propias.

5.2. METODOLOGÍA

5.2.1. MEDICIÓN ILUMINANCIA Y RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

En este caso de estudio se colocarán 5 sensores Testo 160, repartidos entre las zonas destinadas a las exposiciones a lo largo de las 3 plantas del edificio. Todos los sensores se colocarán junto a una obra pictórica, midiendo los valores de iluminación, radiación ultravioleta, temperatura y humedad cada 15 minutos. De esta manera tendremos un conocimiento amplio de los aspectos lumínicos y condiciones ambientales que rodean a la obra.

Los sensores se dispondrán:

- **2 en la planta baja.** Uno de ellos, BMD1, se encontrará junto a la recepción, teniendo de esta forma luz natural tanto de las ventanas ubicadas al sur como del muro cortina del patio central. El segundo sensor, BMD2, se

- **1 en planta primera.** Este, BMD3, se colocará en la única zona de todos los espacios de exposición que no cuentan con luz artificial directa. Además, se ubicará de espaldas al muro cortina, por lo que la luz natural no incidirá de forma directa.

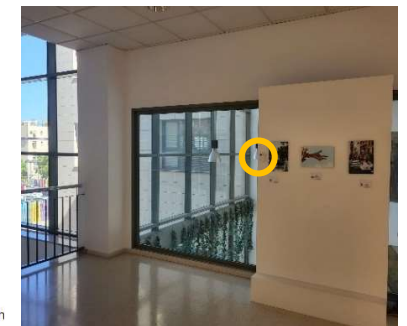
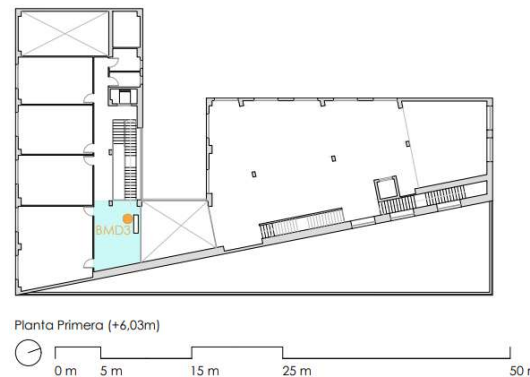


Fig 38: Planta primera y fotografía sensor BMD3. Fuentes: Propias.

- **2 en planta segunda.** El primero de ellos, BMD5, se ubicará frente al muro cortina del patio interior. Mientras que el segundo, BMD4, se colocará frente a una ventana ubicada al sur, siendo este el único sensor que recibirá de forma directa los rayos del sol. Ambos tendrán al igual que en planta primera, una iluminación directa de los focos LED.

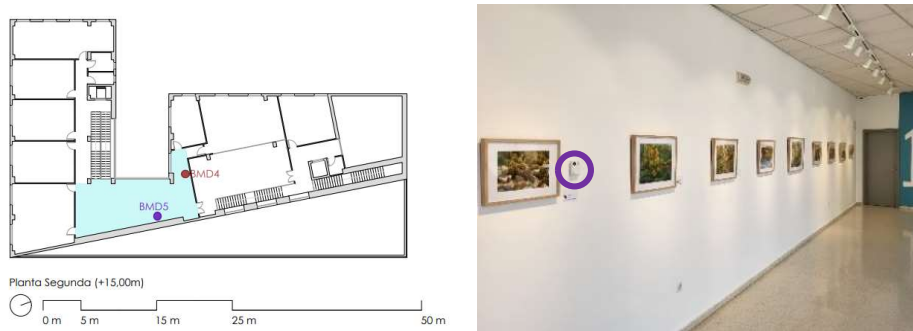


Fig 39: Planta segunda y fotografía sensor BMD5. Fuentes: Propias.

5.2.2. MEDICIÓN TRANSMITANCIA VIDRIOS

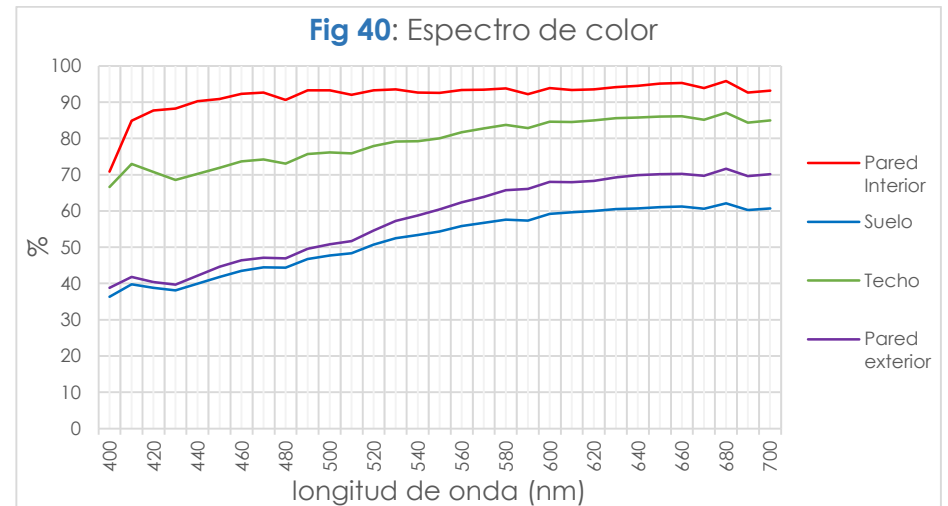
Debido a que la entrada de luz natural es muy relevante para el caso de estudio, se medirá con el luxómetro de precisión de intensidad y densidad luminosa PCE-L 100 la transmitancia de aquellos vidrios influyentes.

Para ello, mediremos tanto en la cara interior, como la exterior la luminancia. A continuación, para calcular la transmitancia dividiremos el valor de iluminancia del interior entre el valor de iluminancia obtenido en el exterior.

Los valores obtenidos de todos los vidrios rondan entre 0,629 y 0,738; por ello tomaremos como valor medio para todos los vidrios 0,7.

5.2.3. MEDICIÓN ESPECTRO DE COLOR DE LAS SUPERFICIES DE LAS SALAS

Como otro valor a tener en cuenta es la reflectancia de las superficies, se procede a medir con el espectrofotómetro de color Portátil YR05497 el espectro visible en cada longitud de onda (entre 400 nm y 700nm; cada 10 nm) de las superficies del suelo, techo y paredes.



5.2.4. ESTIMADOR DE DEGRADACIÓN

Finalmente, una vez obtenidos todos los datos de las mediciones in situ, se introducirán en la tabla Excel proporcionada por el profesorado del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, del campo de las Instalaciones y el Acondicionamiento de la Escuela Técnica de Arquitectura de Sevilla. Obteniendo una estimación del daño producido por exposición de las fuentes de luz utilizadas y la duración crítica de la exposición.

5.2.5. INTRODUCCIÓN DE HIPÓTESIS EN VELUX

En búsqueda de una solución a la iluminación natural, se introducirán unas hipótesis de modificación arquitectónica en el Programa Velux Daylight Visualizer 3, las cuales sean beneficiosas a la conservación de las obras. Una vez obtenido los valores se introducirán en la tabla Excel para comprobar su eficacia.

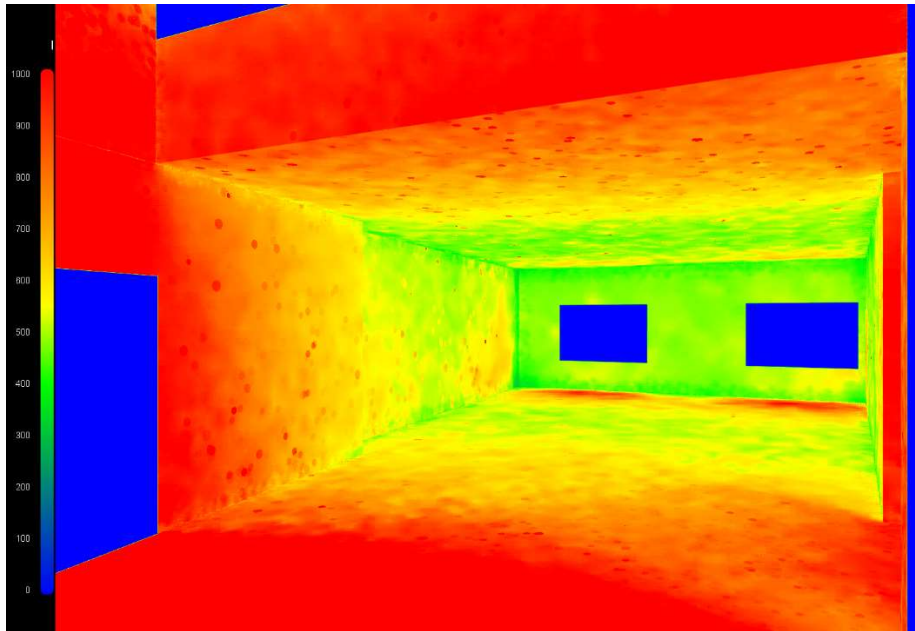


Fig 41: Iluminancia planta baja. Hipótesis con textil. Fuentes: Propias.

6. RESULTADOS

Para poder comprobar la eficacia de la iluminación actual utilizada en las zonas expositivas, estudiaremos los resultados obtenidos en cada tipo de exposición.

En cada exposición analizaremos los valores obtenidos mediante las mediciones y en segundo lugar las hipótesis estudiadas.

6.1. MEDICIONES

6.1.1. 1º EXPOSICIÓN ACUARELA

Esta exposición estuvo en vigor durante el mes de marzo, siendo las obras expuestas del artista local Alfonso Piñero Alcon. En esta primera exposición solo contamos con uno de los sensores, el Testo 67, ubicado en la segunda planta.

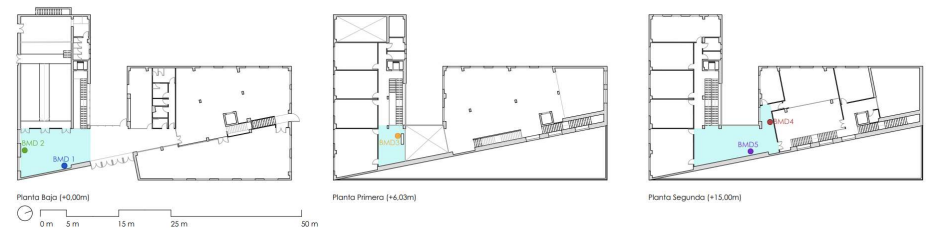
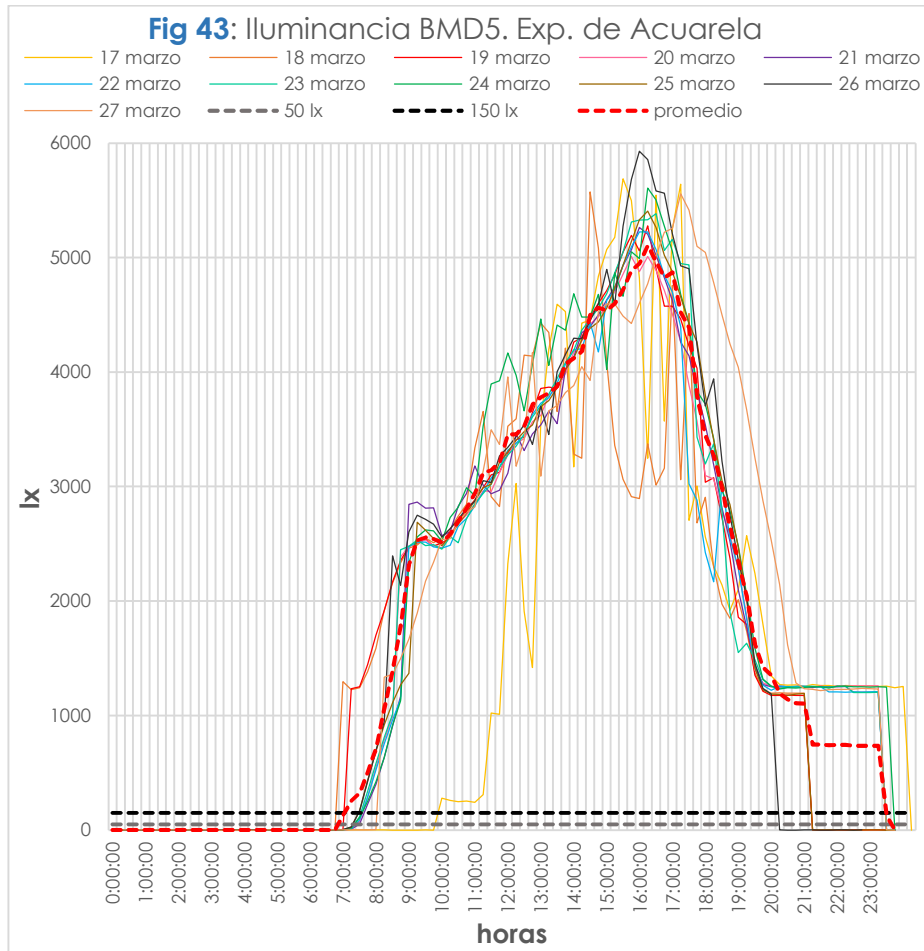


Fig 42: Plantas. Fuentes: Propias.

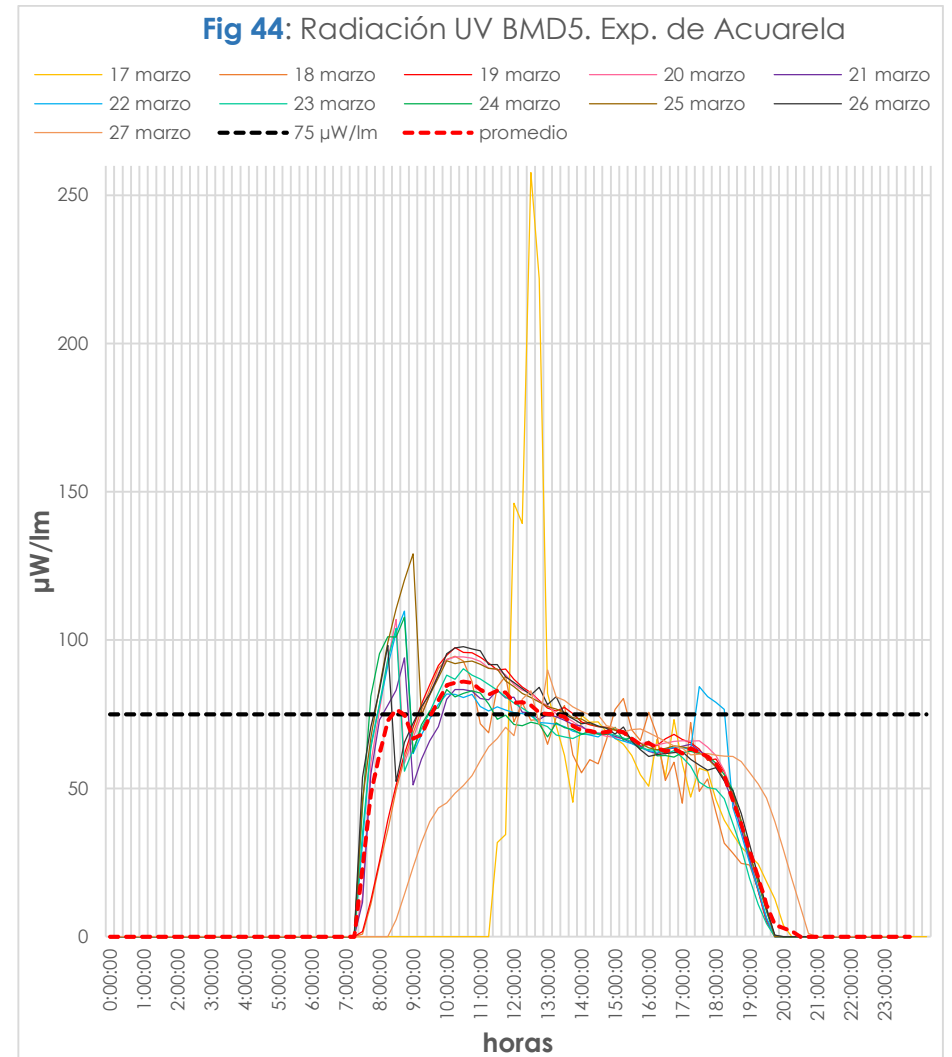
- **BMD5**

Debido a la técnica pictórica utilizada en la exposición, siendo una de las más sensible a la luz, vemos unos valores muy altos de iluminancia.

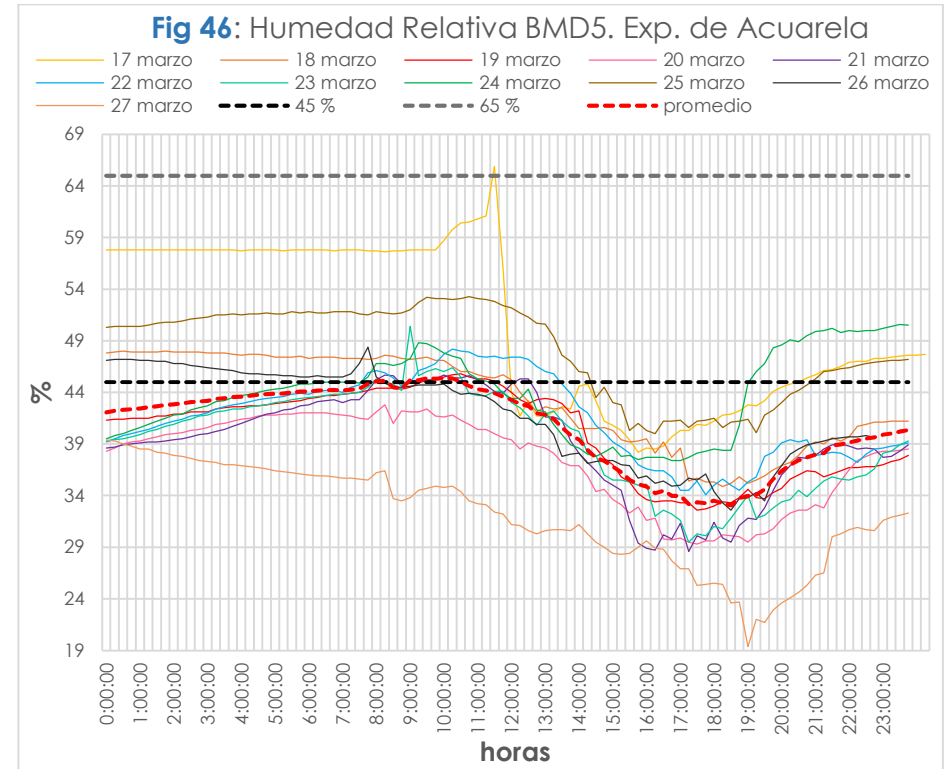
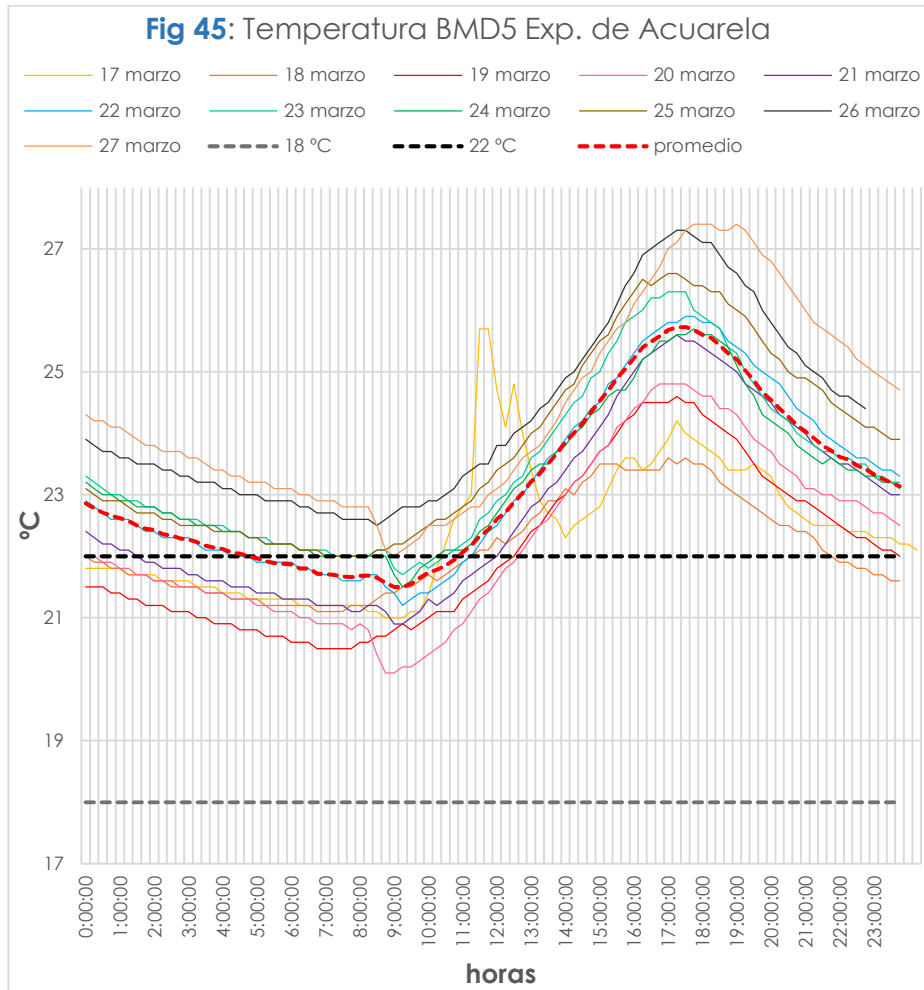
Este valor de 5928 lux, supera hasta un 1185,60% su valor máximo recomendado. En los únicos momentos que encontramos que la iluminancia cumpliría los 50 lux estipulado para esta técnica se encuentra fuera del horario de uso del caso de estudio. Además, vemos, como la luz artificial se enciende antes de que se abra el centro y pertenece así hasta la hora del cierre, la cual varía dependiendo del día de la semana.



Respecto a la radiación UV, podemos ver como los niveles obtenidos se mantienen por debajo del valor máximo de exposición recomendado, a excepción del tramo horario desde las 9:00 hasta las 14:00. En este tramo puede llegar a producirse daños irreparables en la obra.



Al igual que los valores lumínicos, las condiciones ambientales, los cuales son la temperatura y humedad, se encuentran fuera del rango aconsejado, a excepción de algunas horas por la mañana. Aunque el caso de estudio se encuentra climatizado, vemos como las temperaturas no se mantienen estables a lo largo del día, al igual que este sistema no regula los valores de humedad.



6.1.2. 2º EXPOSICIÓN FOTOGRAFÍA

Esta exposición estuvo en vigor durante el mes de abril, las fotografías expuestas fueron tomadas por los alumnos del curso de fotografía realizada en el caso de estudio.

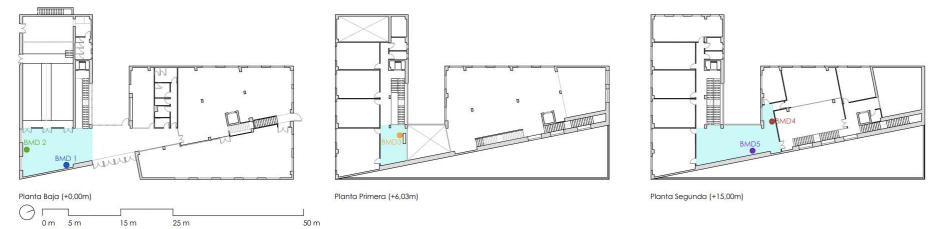
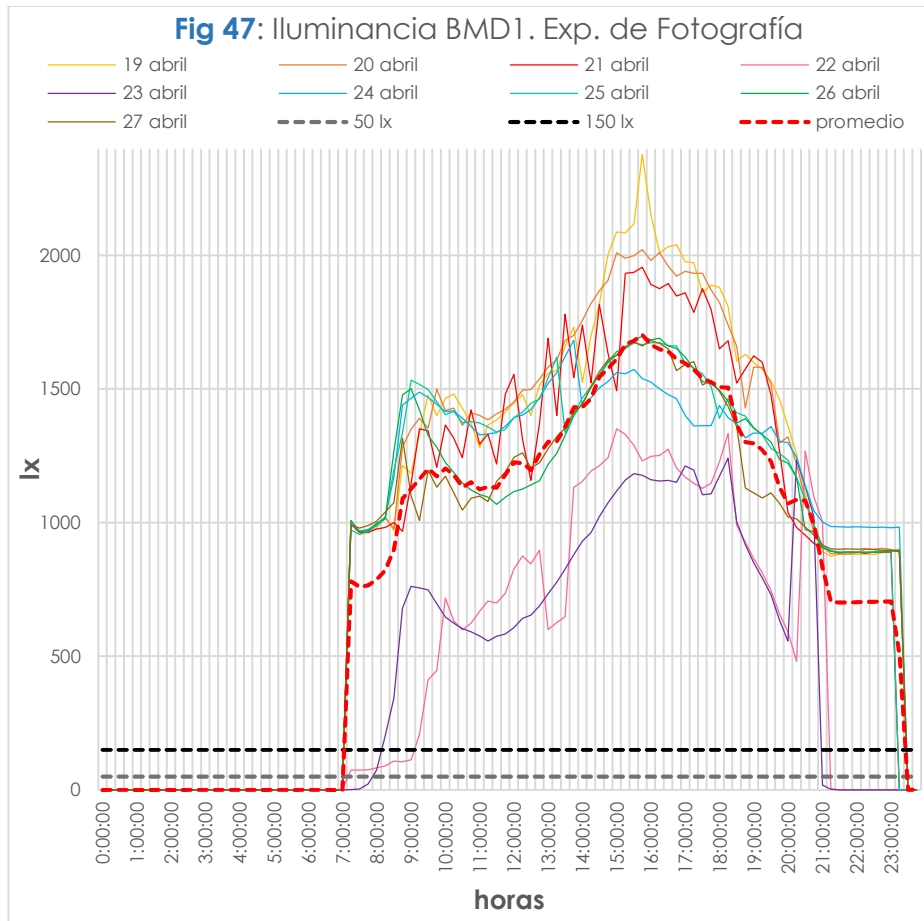


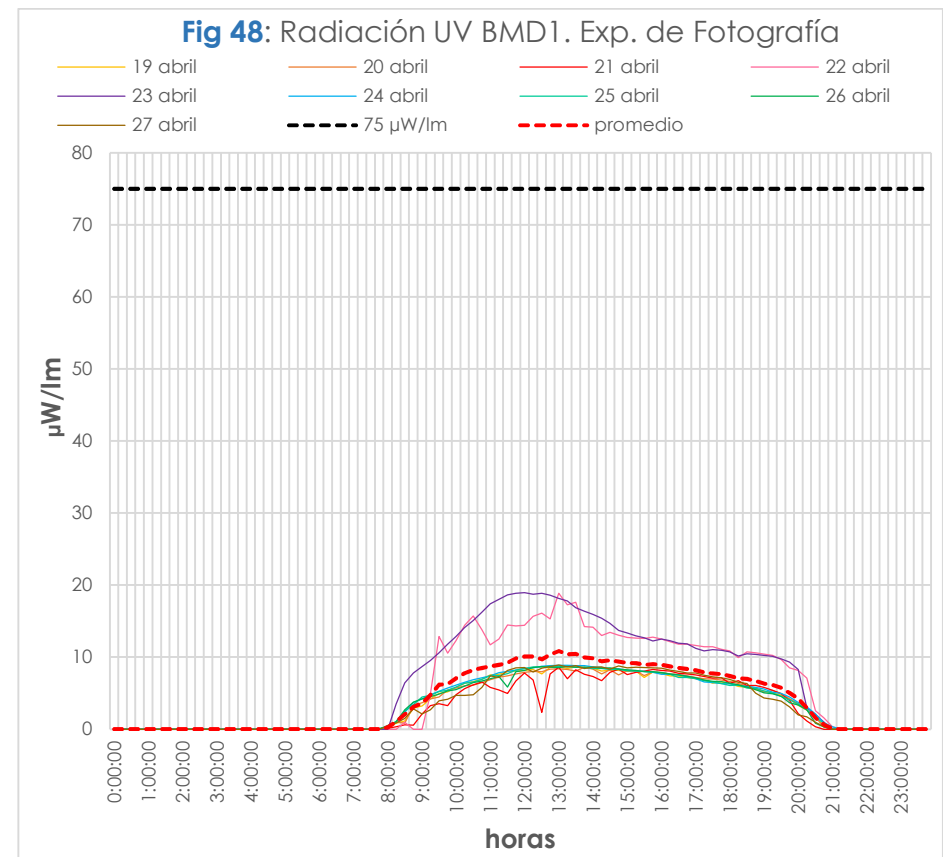
Fig 42: Plantas. Fuentes: Propias.

- **BMD1**

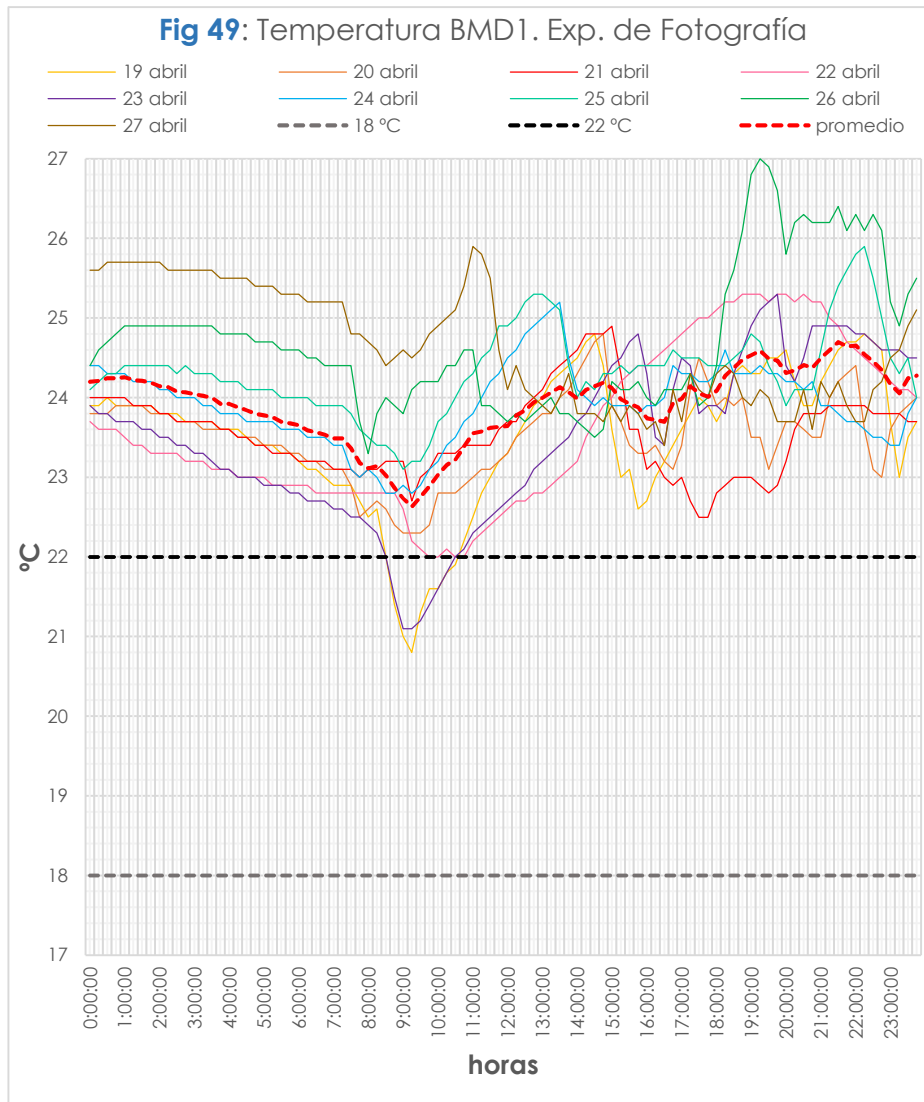
En este caso seguimos viendo valores muy altos de iluminancia, llegando incluso a superar un 5000% del valor aconsejado. Además, vemos, como la luz artificial se enciende antes de que se abra el centro y pertenece así hasta la hora del cierre, la cual varía dependiendo del día de la semana.



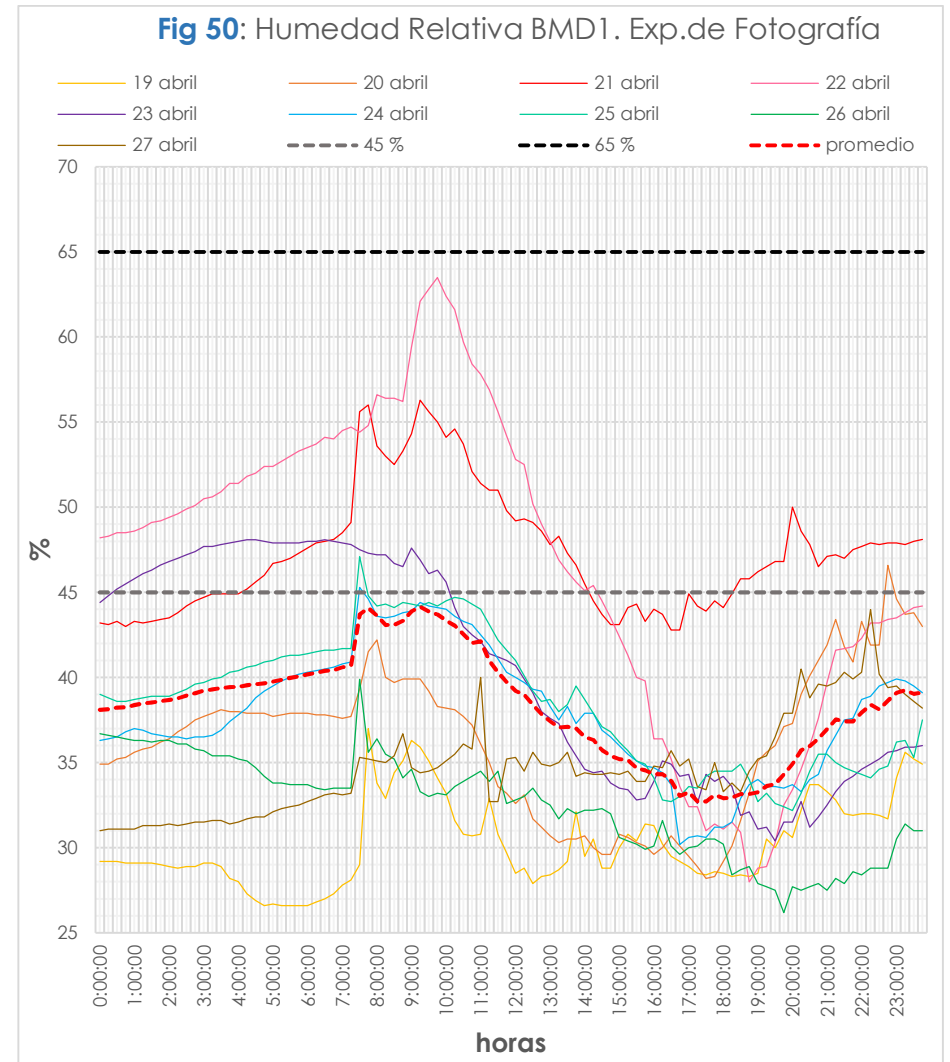
Respecto a los valores de radiación UV podemos ver que los valores se encuentran muy por debajo del valor límite. Esto favorecerá al mantenimiento de la obra. Esto se debe a que la entrada de luz natural es mínima, puesto que las ventanas cuentan con unas persianas venecianas. Además, tenemos que tener en cuenta que las lámparas utilizadas son de LED cálida, la cual no emite tanta radiación UV como la neutra o fría.



En cambio, con las condiciones ambientales, vemos que los resultados se encuentran fuera de los parámetros aconsejados. Aunque si podemos encontrar un par de días que la humedad se encontraba en estos límites.

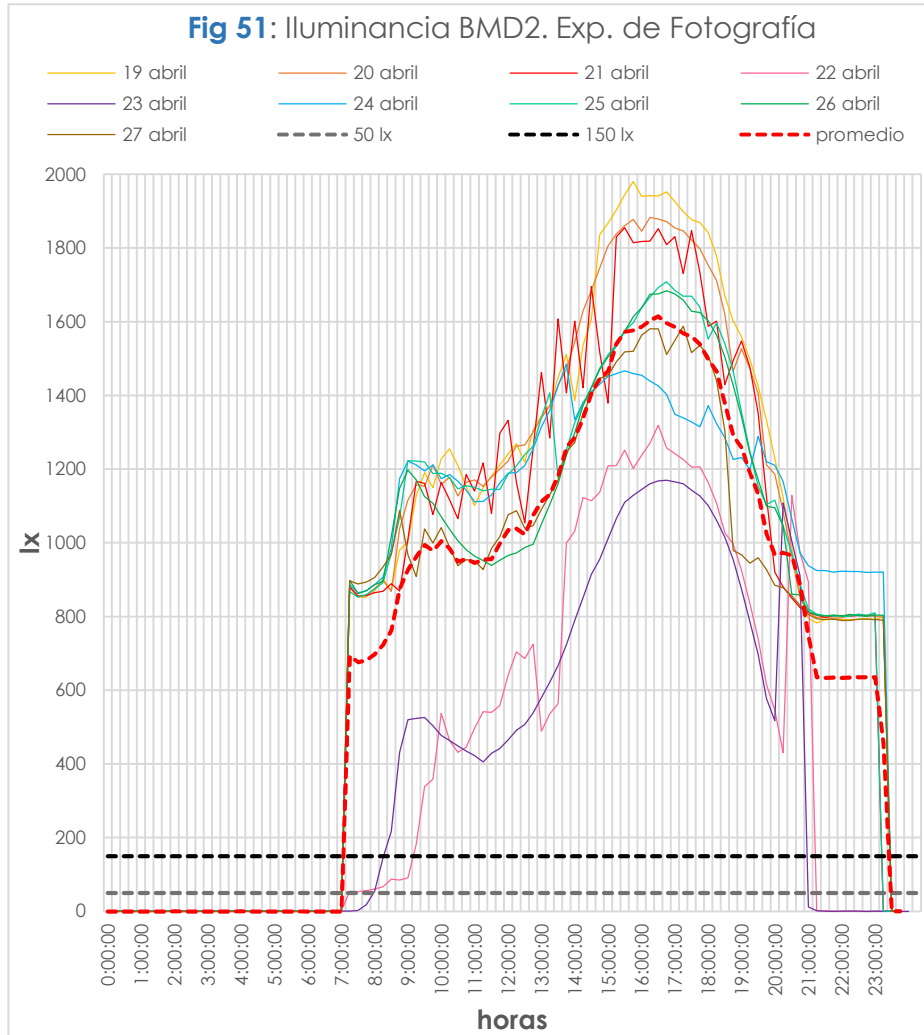


Aunque el caso de estudio se encuentra climatizado, vemos como las temperaturas no se mantienen estables a lo largo del día, al igual que este sistema no regula los valores de humedad. Esta zona de exposición también cuenta con dos ventanas, estas son fijas, por lo que no facilitan la ventilación natural.

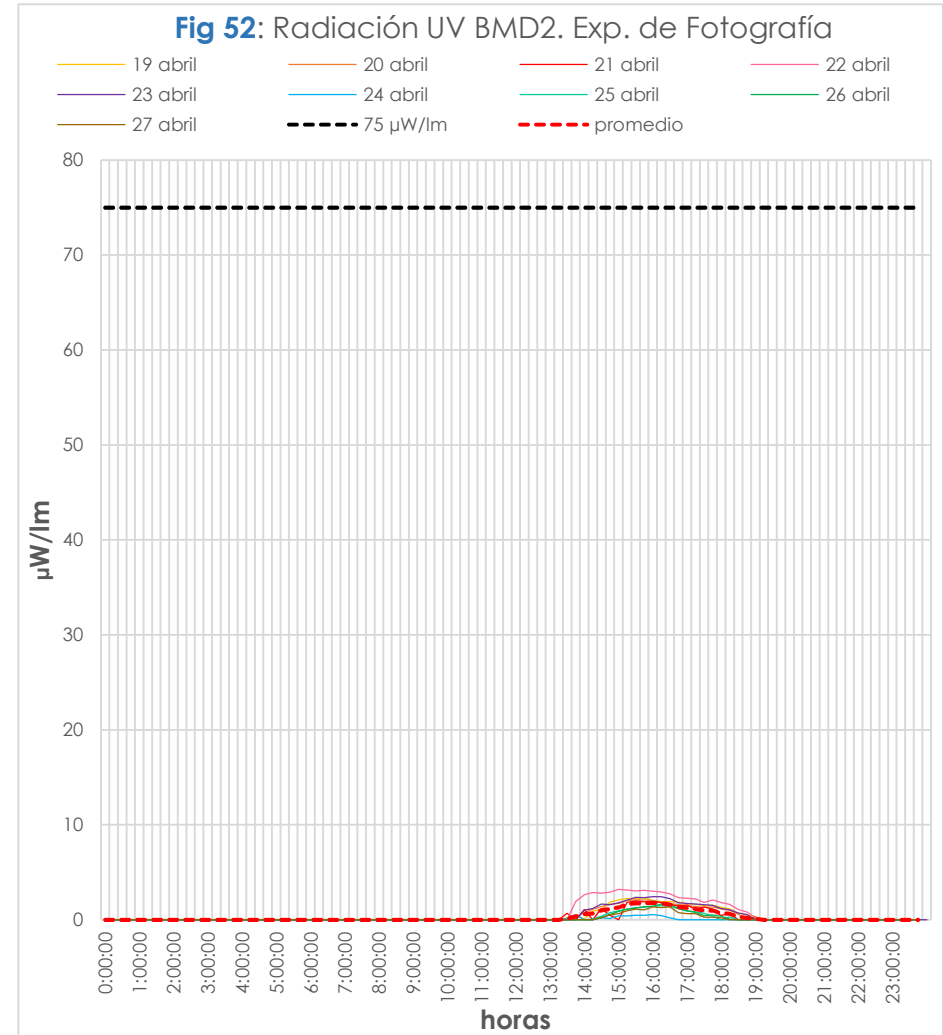


- **BMD2**

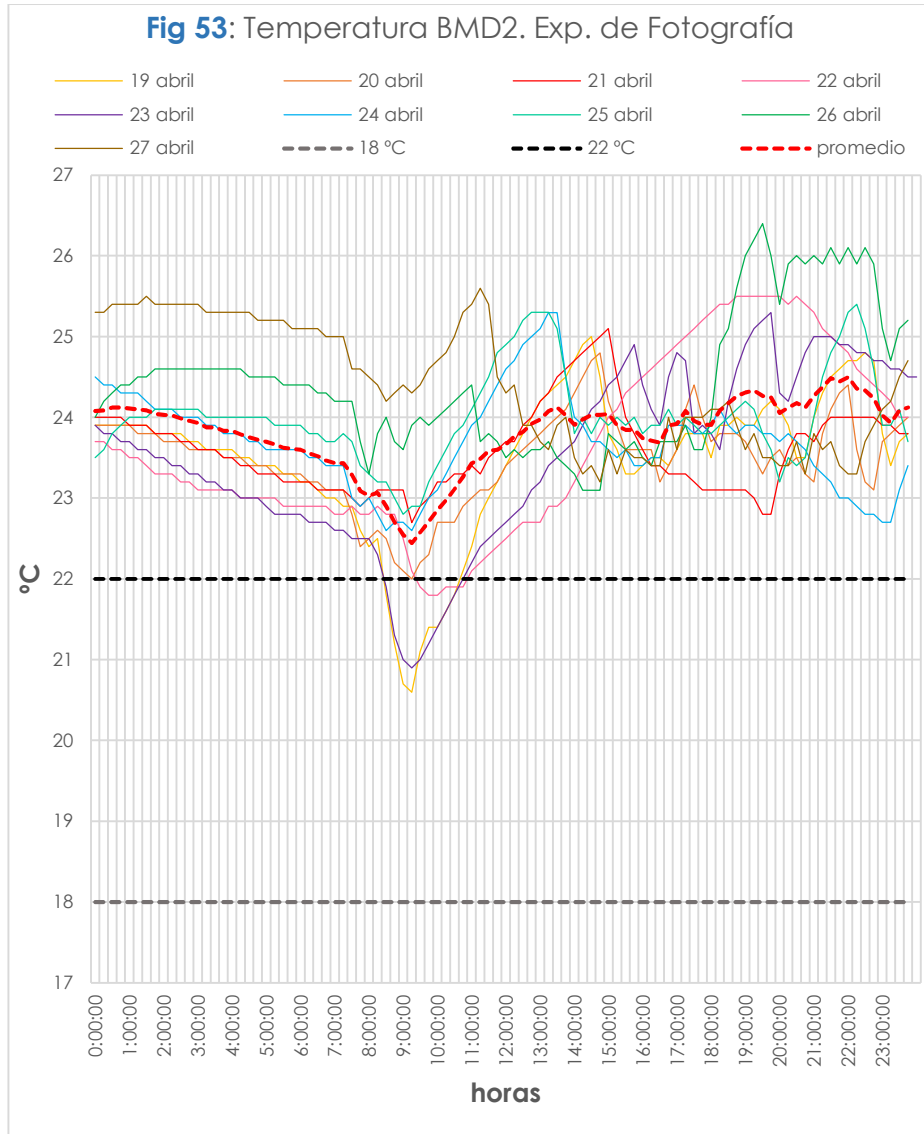
Al igual que las mediciones realizadas con BMD1, los valores obtenidos son muy similares. En el caso de la iluminancia, los valores siguen superando a grandes niveles los valores aconsejados.



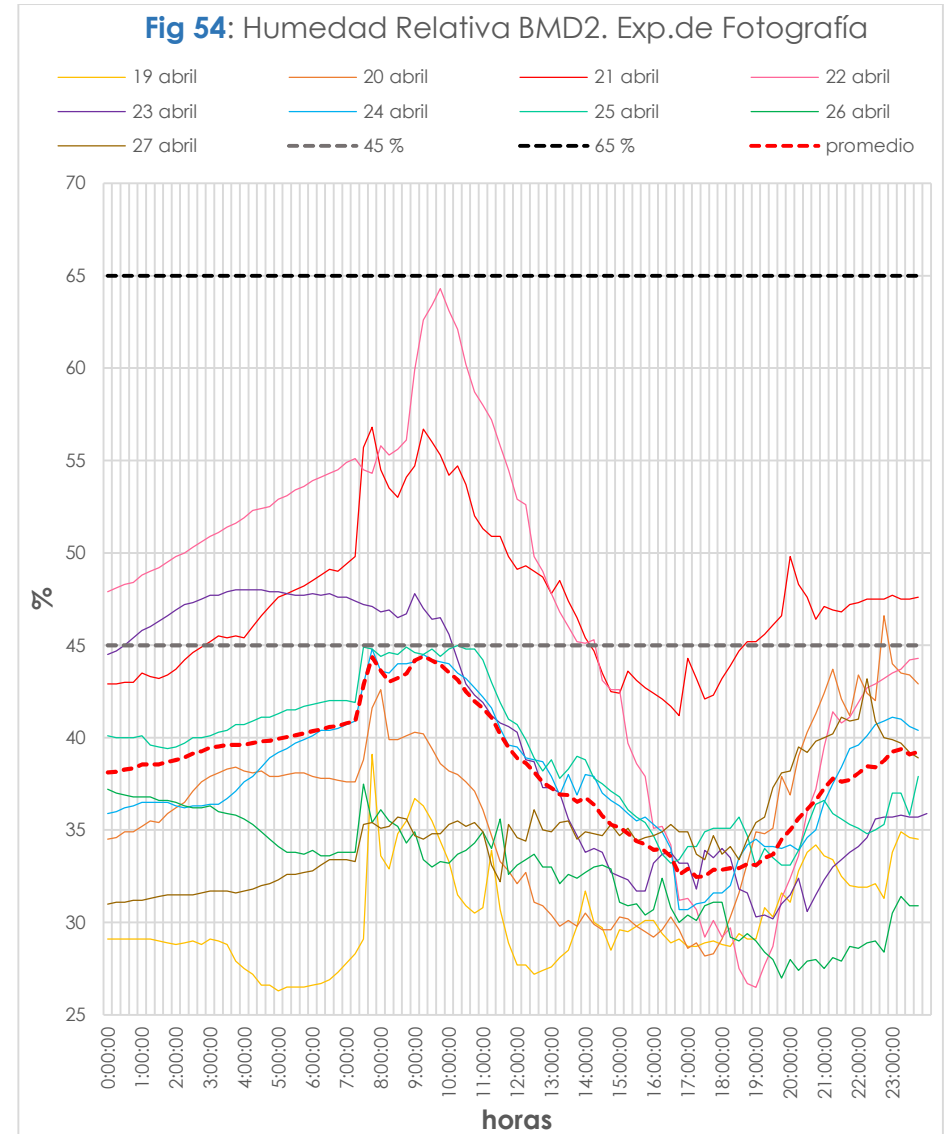
En cambio, los valores de radiación UV son muchísimo inferiores que los obtenidos en BMD1. Esto se deberá a que la obra se ubica a espaldas de la entrada de luz natural, por lo que la luz natural no incide de forma directa.



En cambio, con las condiciones ambientales, vemos como los valores son prácticamente iguales, a variación de un par de grados ó %.

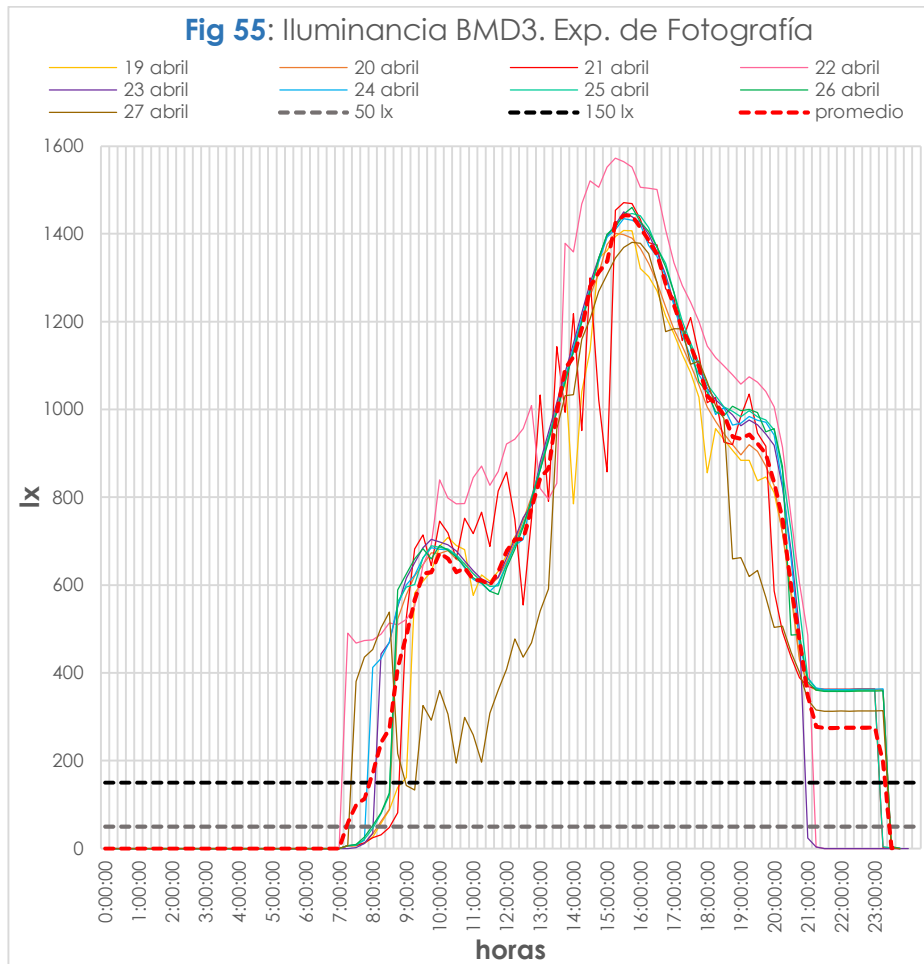


Estos valores siguen encontrándose fuera de los parámetros aconsejados, a diferencia de la humedad, la cual encontramos un par de días dentro de estos límites.



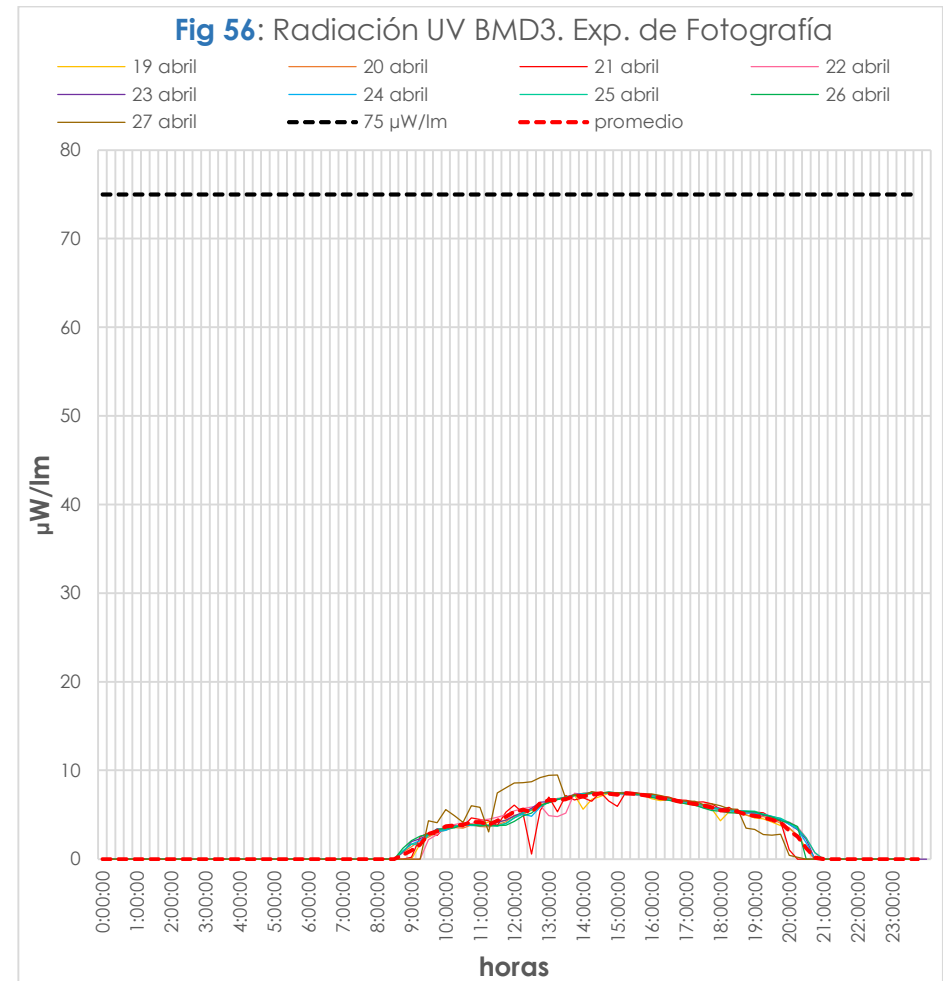
- **BMD3**

Respecto a las mediciones de los otros sensores, los valores de iluminancia obtenidos con este sensor no son tan altos, aun así, siguen sobrepasándose de los valores recomendados. En este caso la reflectancia y la luz indirecta son los valores influyentes, puesto que en esta ubicación no se dispone de luz directa ni natural, ni artificial.

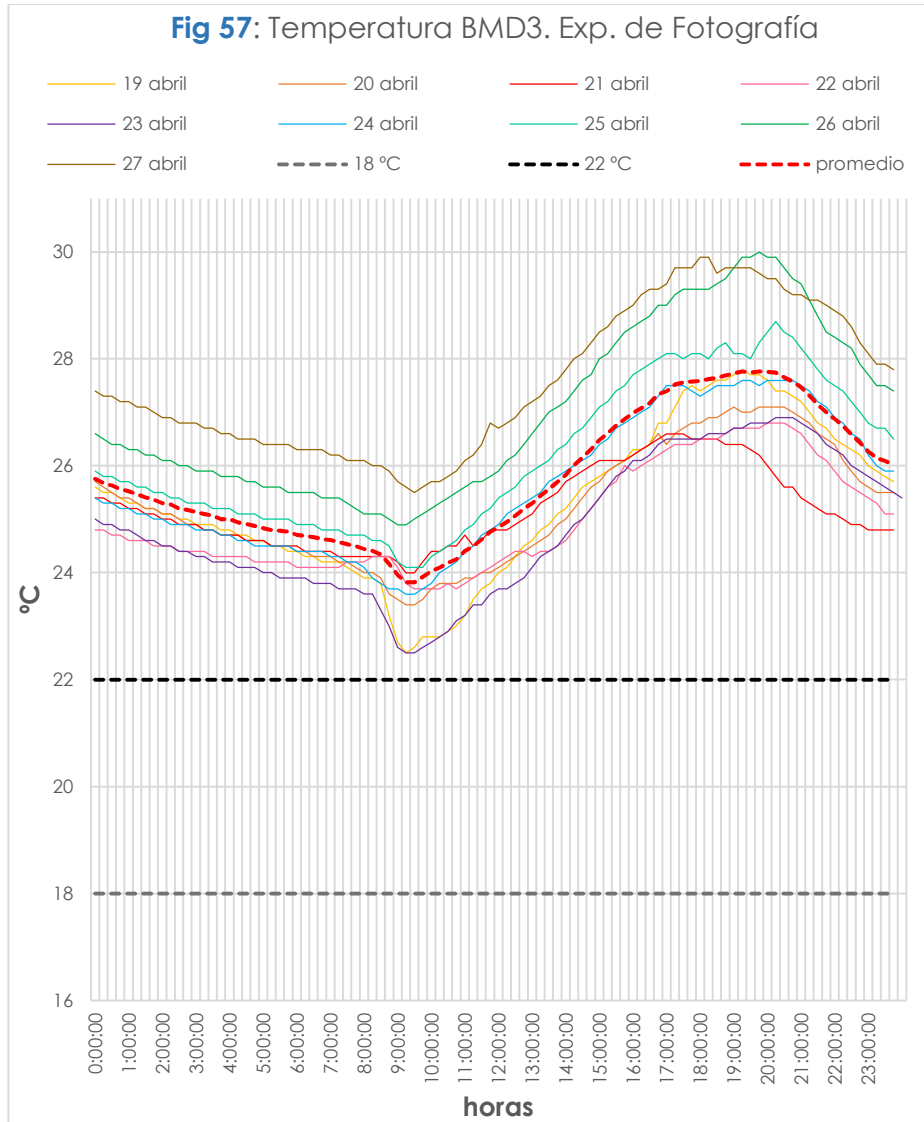


Respecto a la radiación UV al igual que con la iluminancia, vemos que los valores son inferiores a los obtenidos por los otros sensores, encontrándose por debajo del valor recomendado.

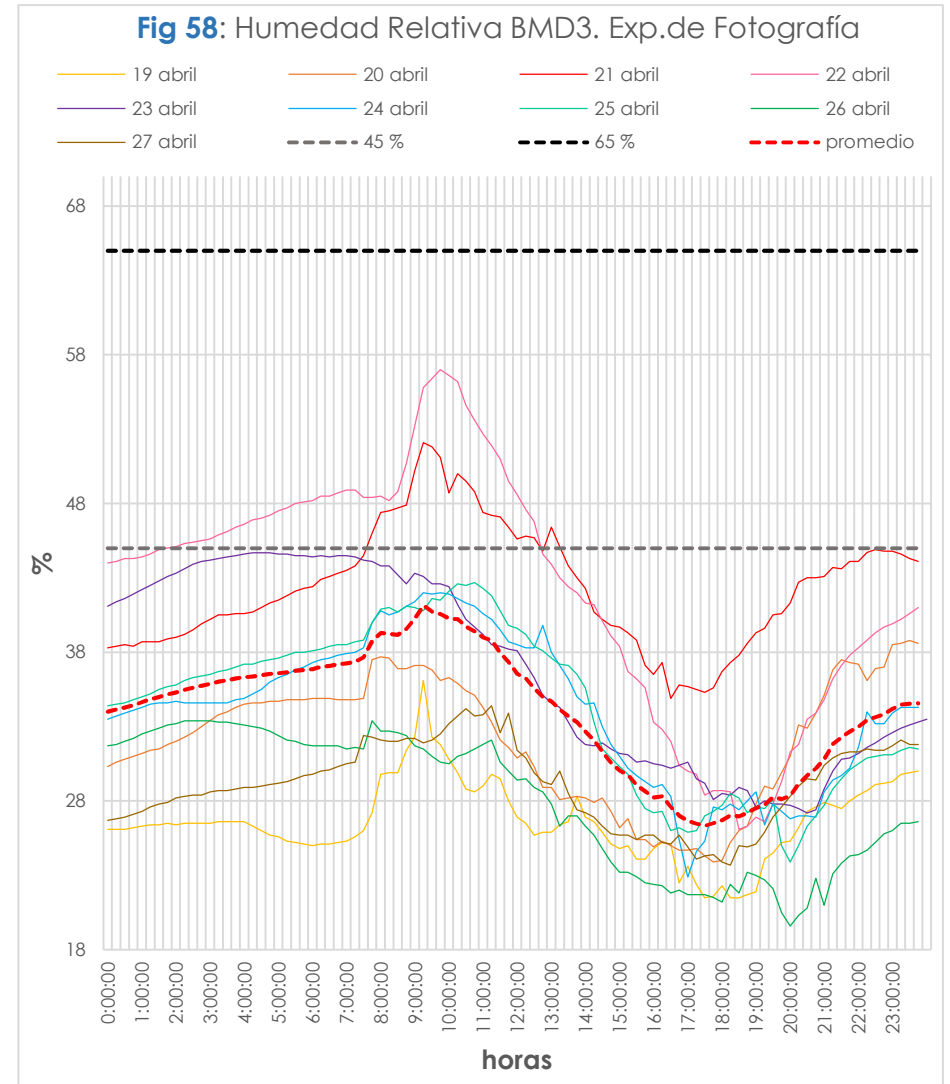
En este caso la radiación UV será el factor con menor influencia para la degradación de la obra.



En cambio, las condiciones ambientales se quedan fuera del rango recomendado. Solo la humedad tiene un par de horas dentro de esa recomendación.

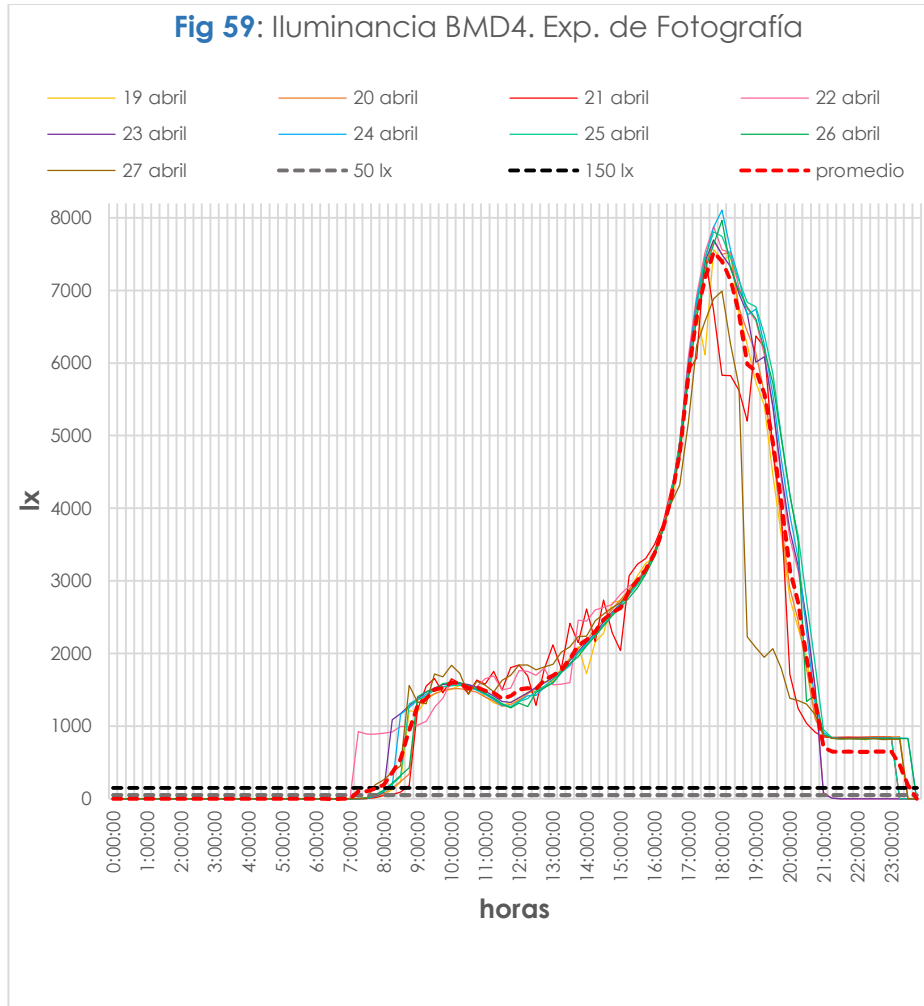


Aunque al igual que en las mediciones anteriores vemos como la temperatura y la humedad no se mantiene constante a lo largo del día, si podemos ver que entre los diferentes días se mantiene la misma variación.

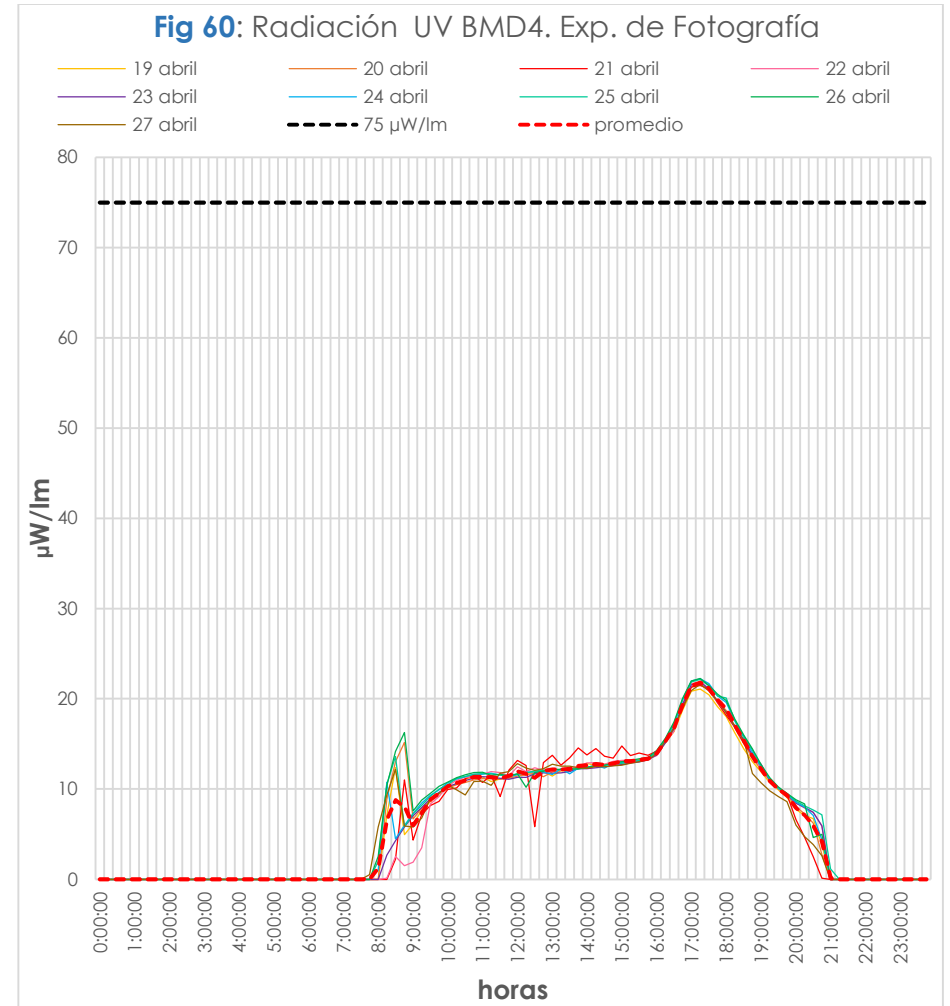


- **BMD4**

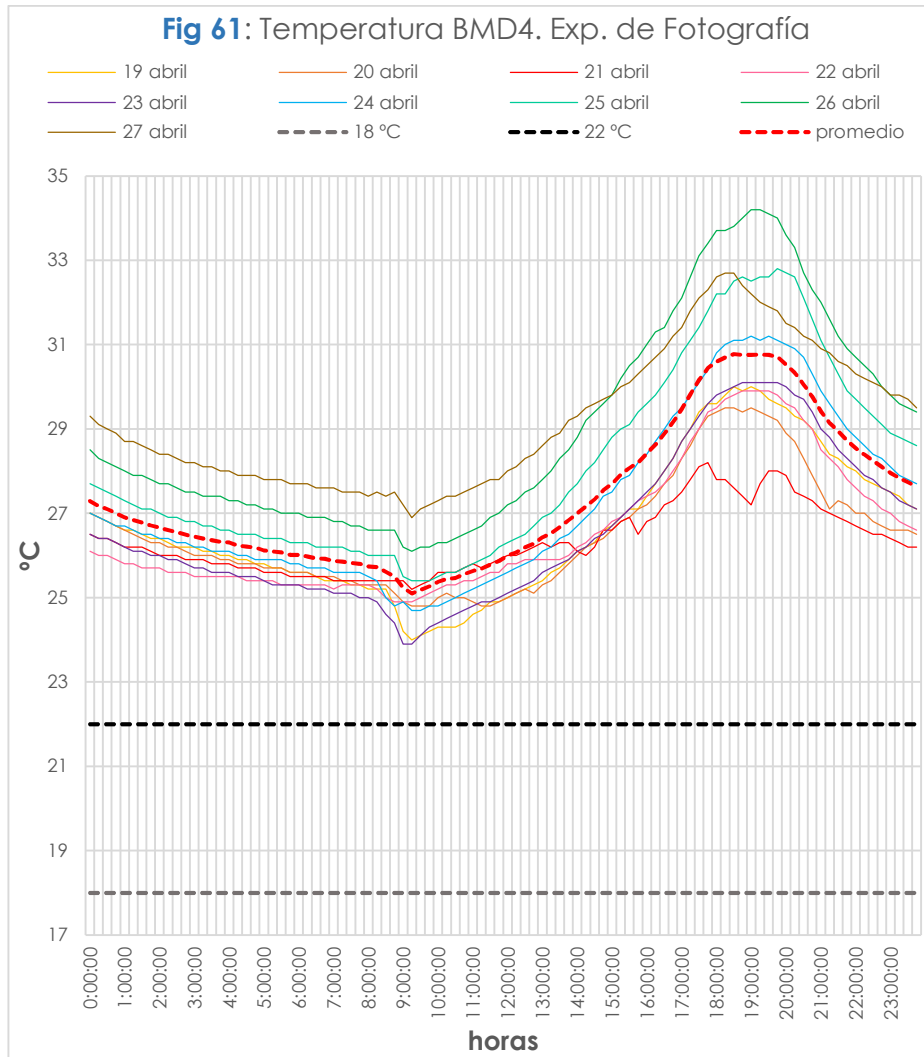
En este caso, seguimos viendo valores muy altos de iluminancia, llegando incluso a cuatriplicar los valores obtenidos en BMD1, BMD2 y BMD4. Esto se debe, que al igual que en BMD5 se encuentra frente a una ventana, en este caso dando al sur, por lo que la entrada de luz natural se realiza de forma más directa.



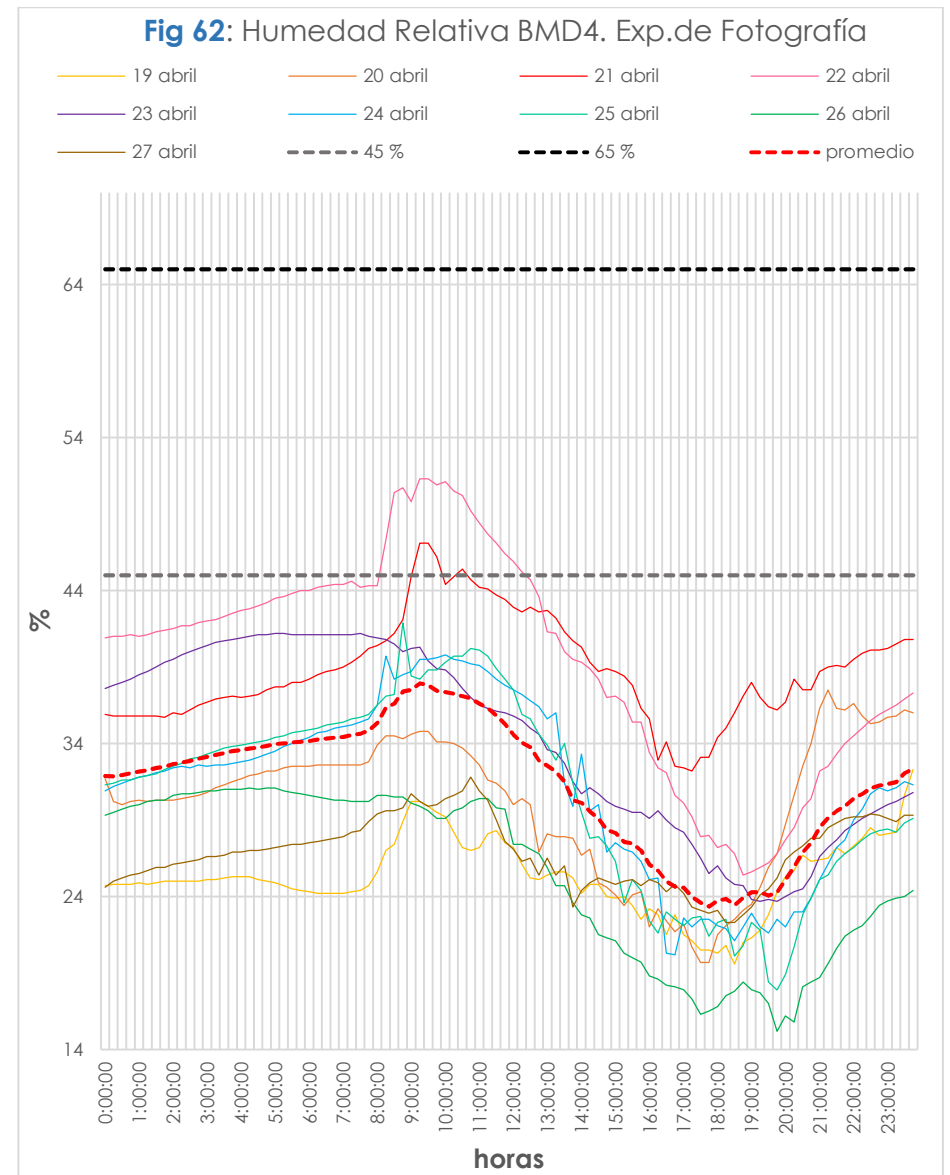
Respecto a la radiación UV podemos ver que se encuentra por debajo del valor límite. A diferencia de BMD5, al tratarse de una ventana más pequeña y contar con menos lámparas que inciden en el sensor, vemos que la radiación UV es inferior al valor límite.



En cambio, las condiciones ambientales se quedan fuera del rango recomendado. A diferencia con los demás sensores, este cuenta con una ventana accesible, cuya mayor parte del tiempo se encuentra abierta, por ello la entrada de calor es inevitable, sobre todo a partir del mes de abril en Sevilla.

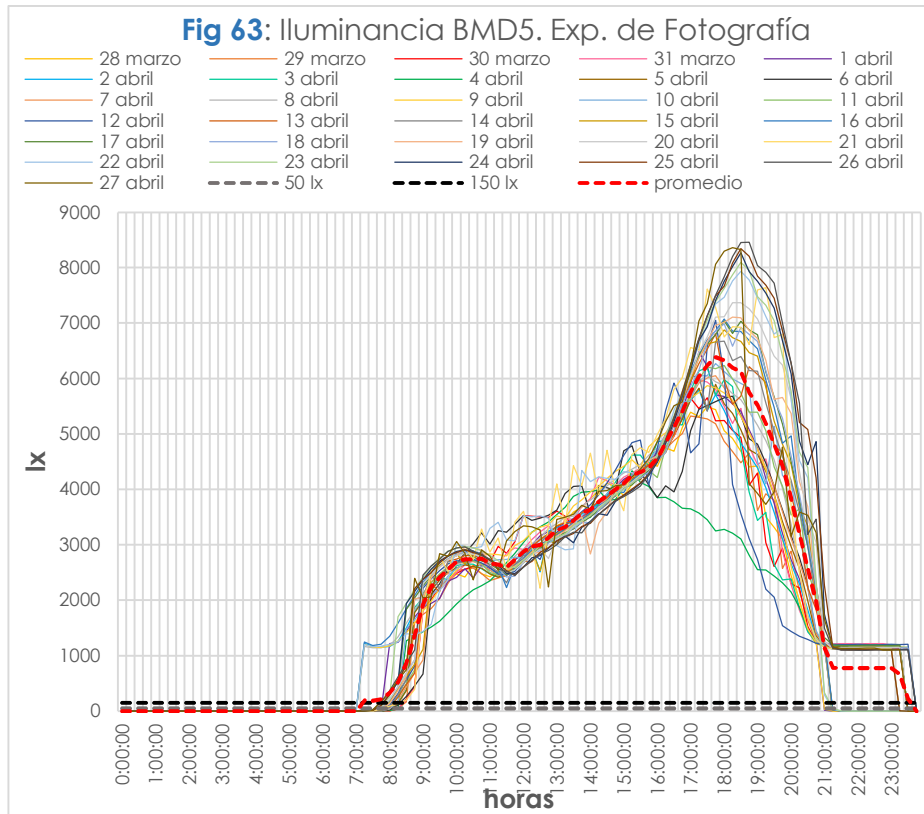


La humedad en cambio se ha mantenido muy similar al resto de las mediciones tomadas en esta exposición.

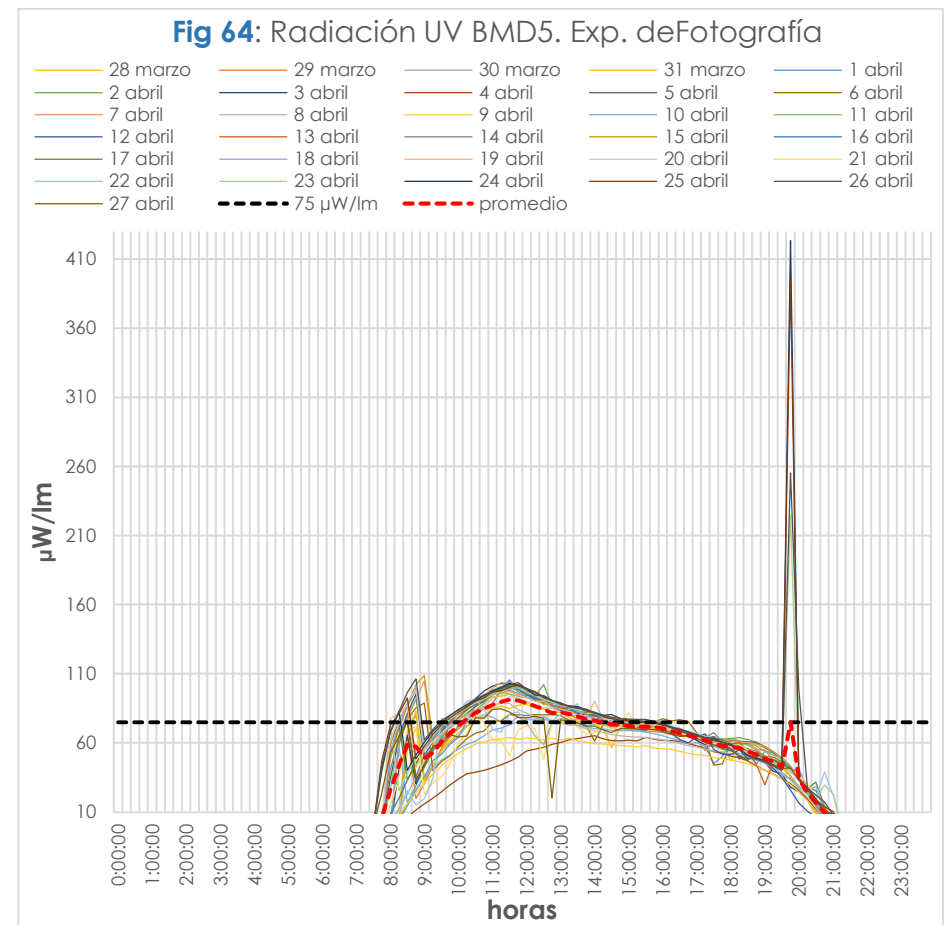


- **BMD5**

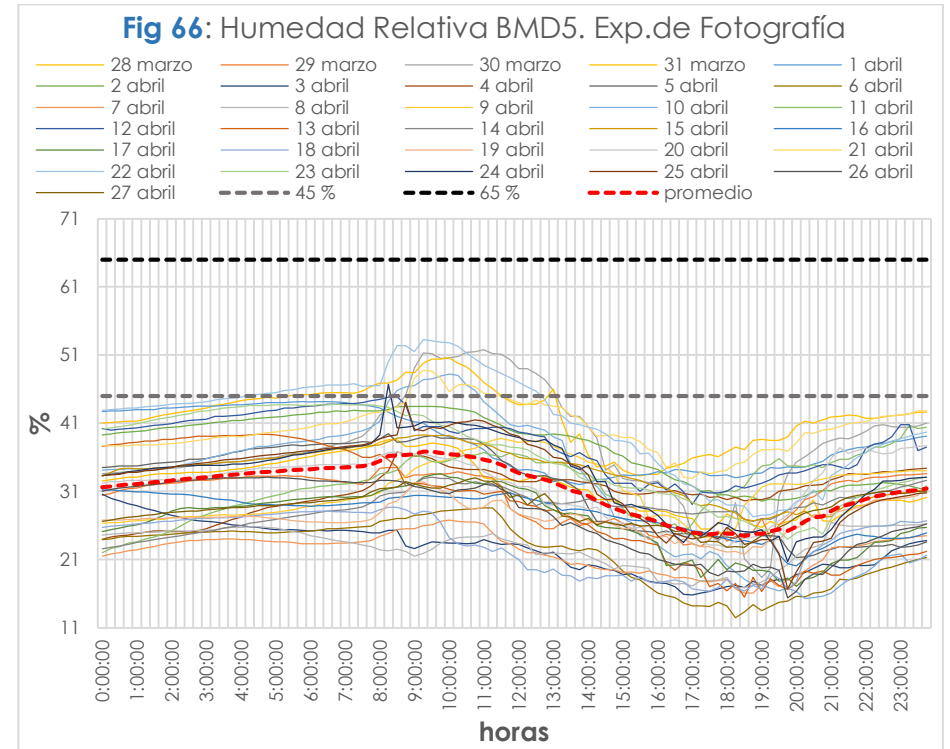
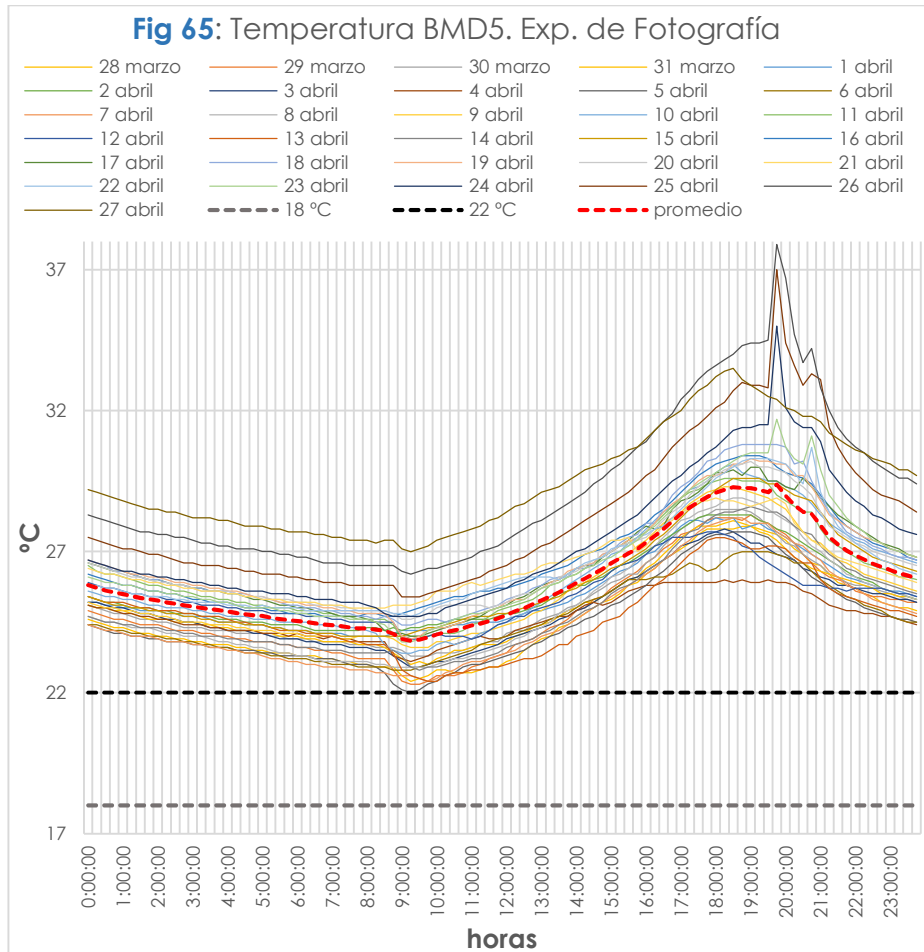
Al igual que la técnica de la acuarela, vemos unos valores muy altos de iluminancia. Este valor de 8453 lux, supera hasta un 16906% su valor límite máximo. En los únicos momentos que encontramos que la iluminancia cumpliría los 50 lux estipulados para esta técnica se encuentra fuera del horario de uso del caso de estudio. A diferencia con la exposición anterior, vemos como los valores de iluminancia son más altos en el tramo horario de 17:15 a las 20:15; esto es debido al mayor número de horas de luz en el día y a la incidencia de luz directa que comienza a tener al final de la tarde.



Respecto a la radiación UV podemos ver como por la mañana, hasta las 14:00, el índice de radiación ultravioleta es superior al valor máximo de exposición recomendado. Debido a la incidencia directa de la luz natural en las últimas horas de la tarde, podemos ver un pico de aumento de la radiación UV durante estas horas, siendo estas la más críticas en la conservación de la obra, respecto a la radiación UV.



Al igual que los valores lumínicos, las condiciones ambientales, los cuales son la temperatura y humedad, se encuentran fuera del rango aconsejado, en este caso vemos como solo la humedad en unos días concretos por la mañana, si se encuentra dentro de estas recomendaciones. Los picos de aumento de la temperatura al igual que en la iluminancia y la radiación, se deben al aumento de horas de luz en el día y de la temperatura exterior.



6.1.3. 3º EXPOSICIÓN ACRÍLICO Y ÓLEO

Esta exposición estuvo en vigor durante el mes de mayo, las obras expuestas fueron de los artistas locales José María Castro Maqueda y los alumnos del curso de pintura realizado en el mismo caso de estudio.

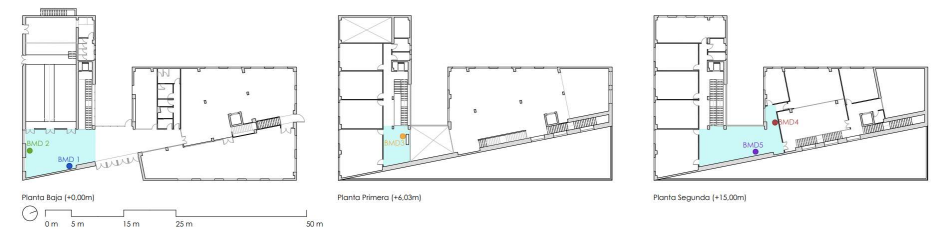
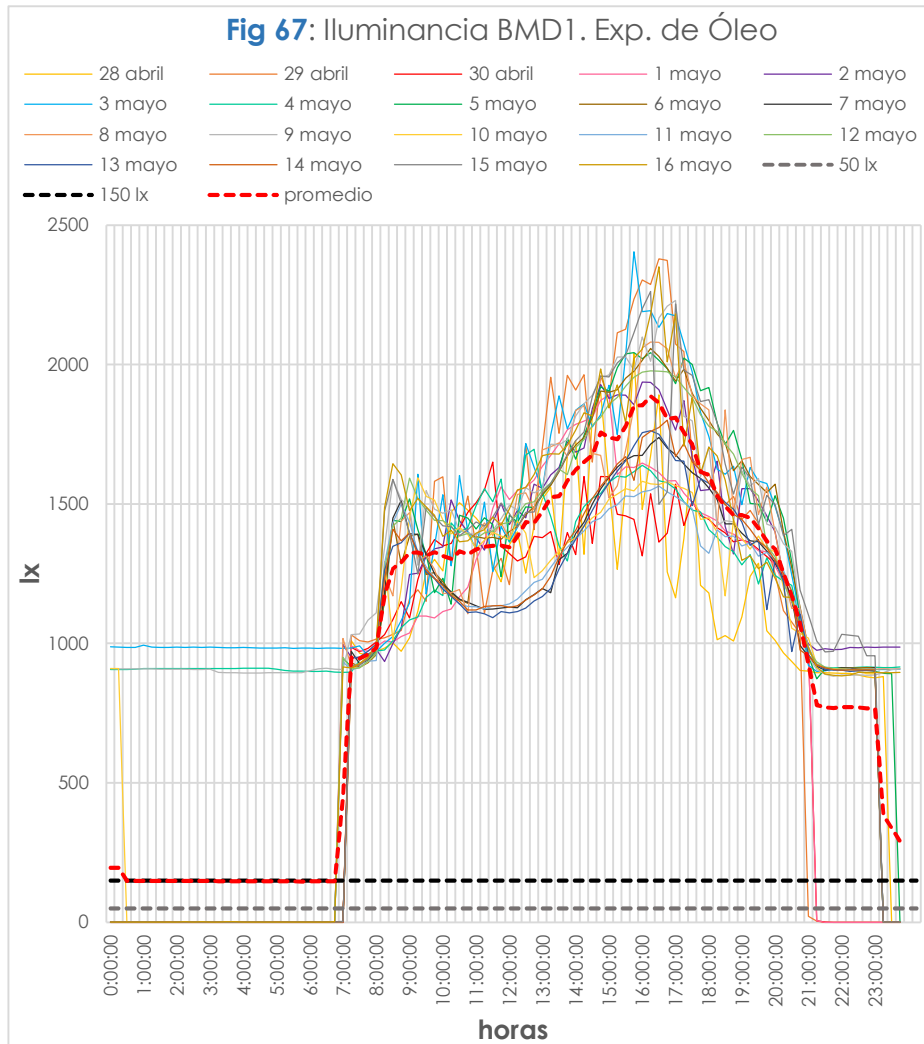


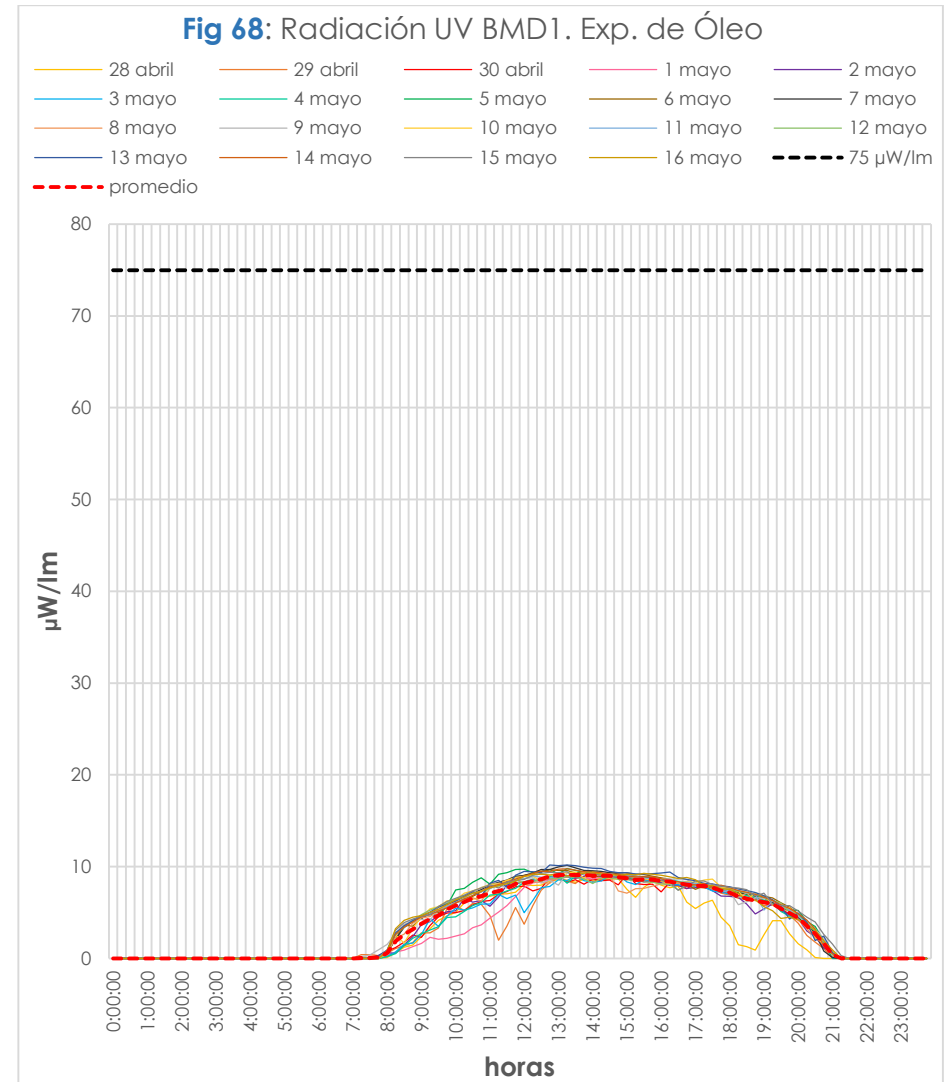
Fig 42: Plantas. Fuentes: Propias.

- **BMD1**

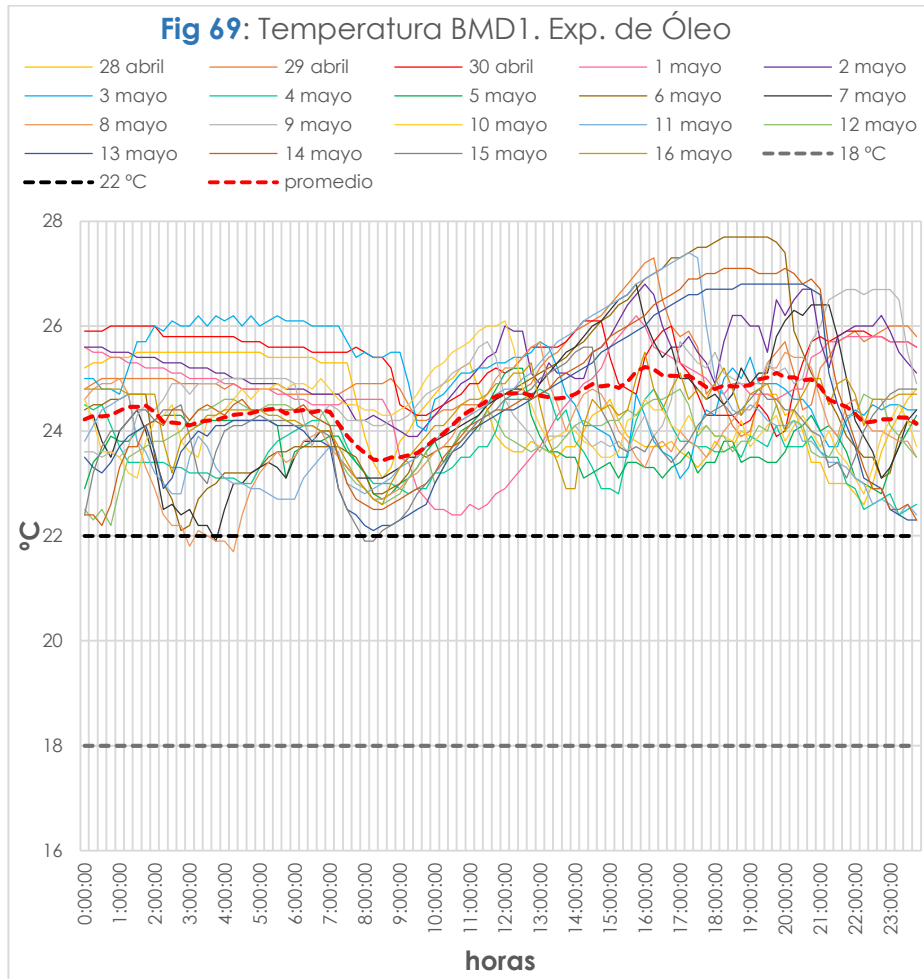
En este caso seguimos viendo valores muy altos de iluminancia. Además, debido a la constante iluminación que ha tenido durante la noche, vemos que ni siquiera cumple con los requisitos en su horario de cierre.



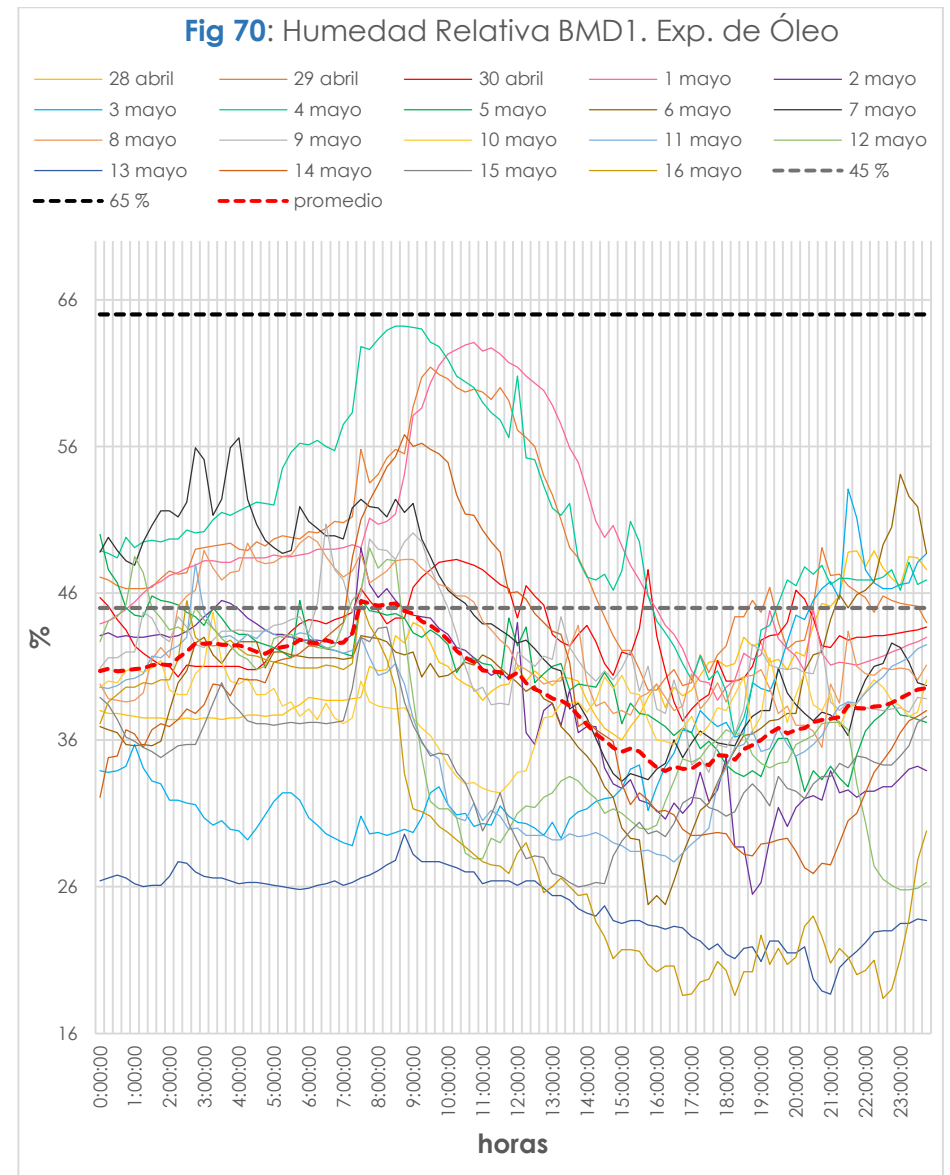
Al igual que en la exposición anterior los valores de radiación UV siguen muy por debajo del valor límite. Esto favorecerá al mantenimiento de la obra.



En cambio, con las condiciones ambientales, vemos como la temperatura va aumentando y alejándose de esos valores aconsejados. Respecto a las mediciones obtenidas en la segunda exposición, vemos como la diferencia de temperatura a lo largo del día comienza a acercarse a los 10°C, por lo que, al no controlar climáticamente el entorno, este podrá llegar a duplicar la velocidad de degradación de la obra.

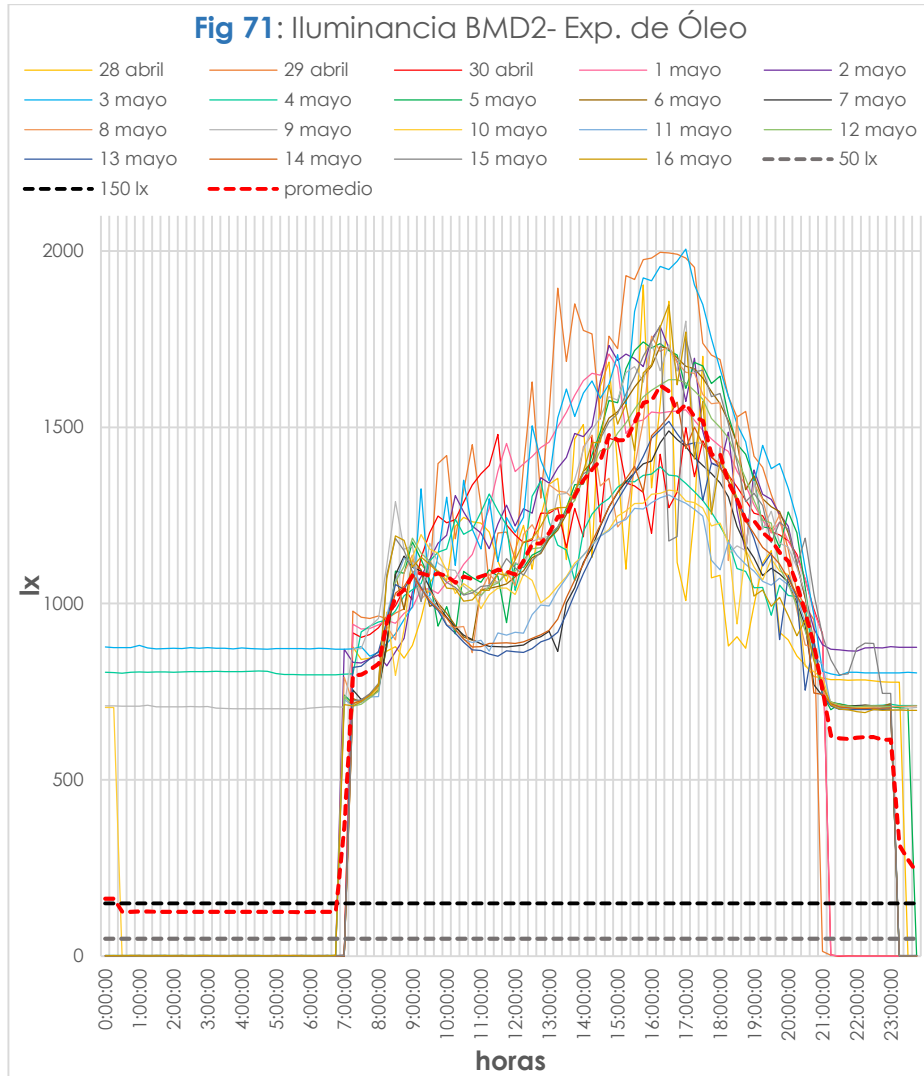


En cambio, la humedad se va introduciendo cada vez más entre los valores aconsejados.

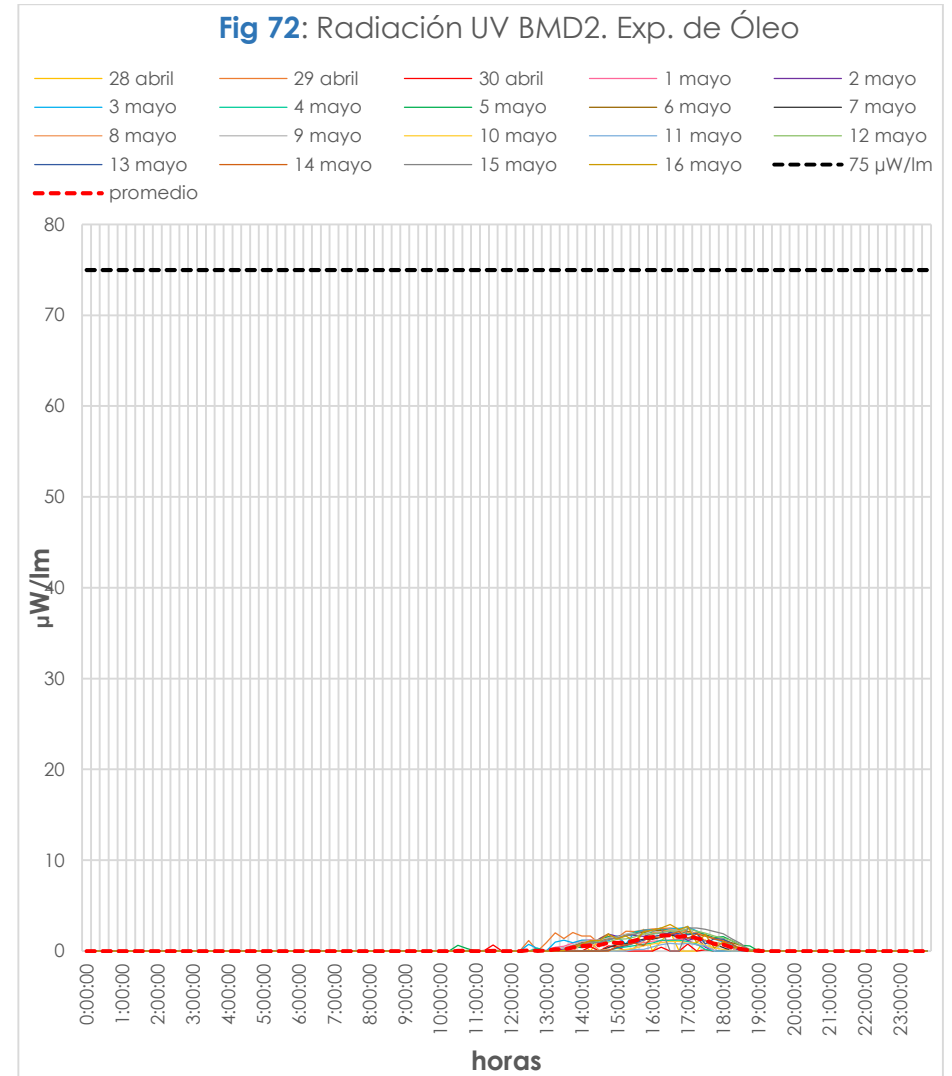


- **BMD2**

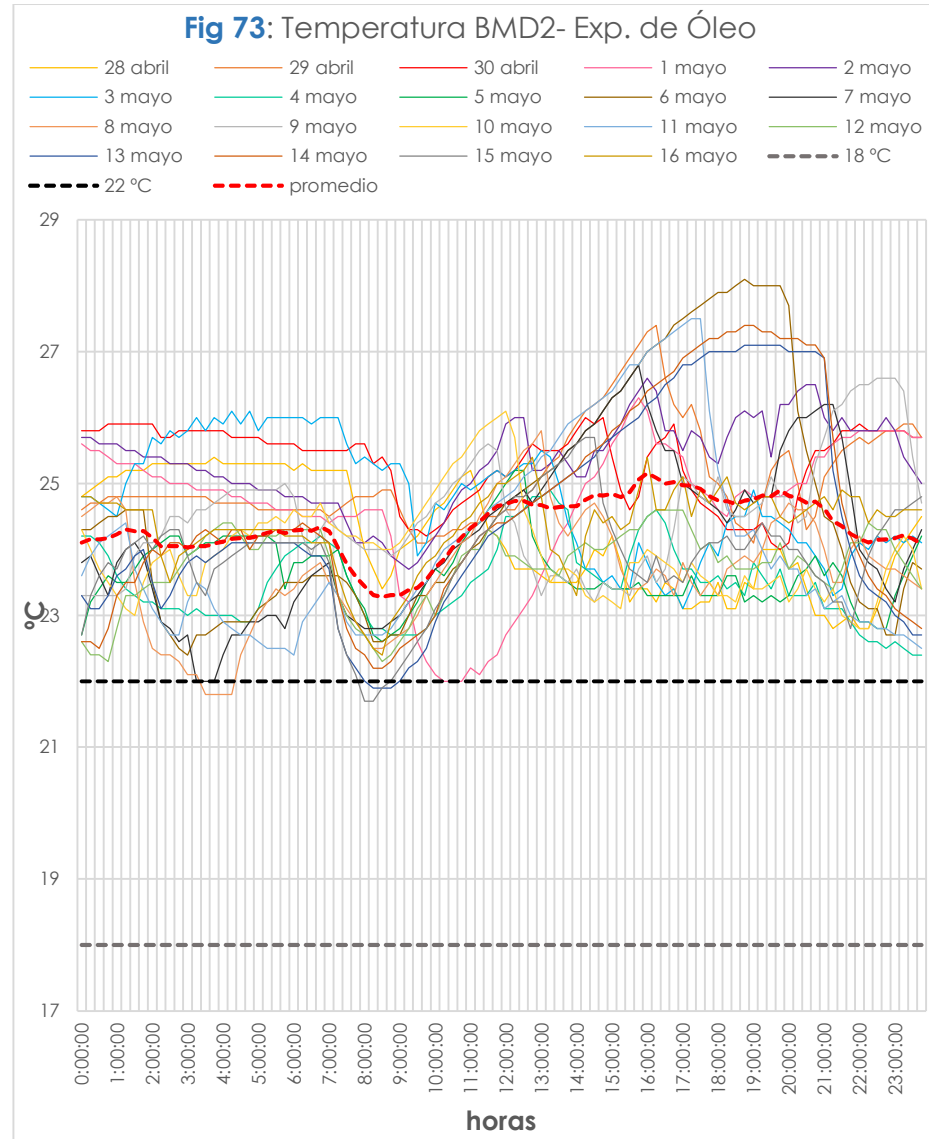
Al igual que las mediciones realizadas con BMD1, los valores obtenidos son muy similares. En el caso de la iluminancia, los valores siguen superando los valores aconsejados.



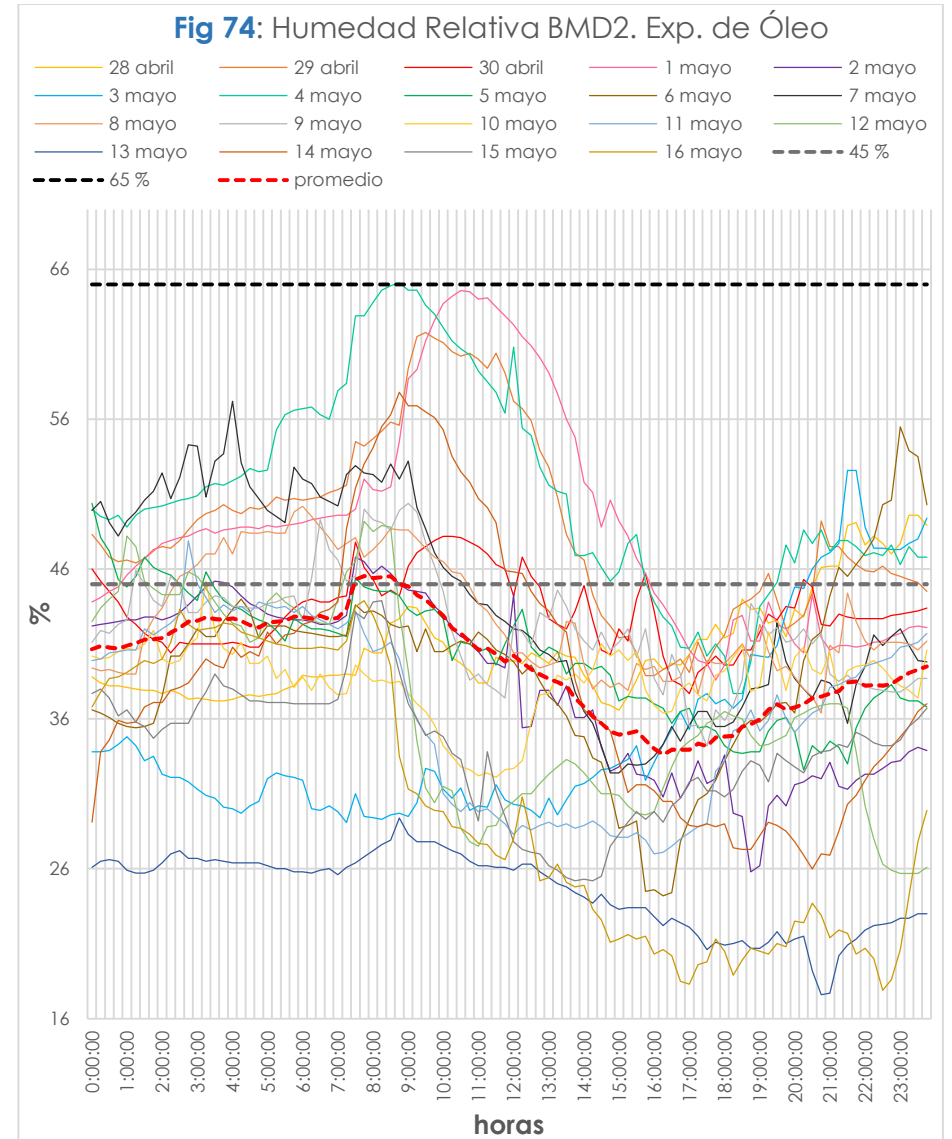
Como en la segunda exposición, los valores obtenidos siguen siendo inferiores al valor límite aconsejado y a los obtenidos por el sensor BMD1.



En cambio, con las condiciones ambientales, vemos como los valores son prácticamente iguales, a variación de un par de grados o %.

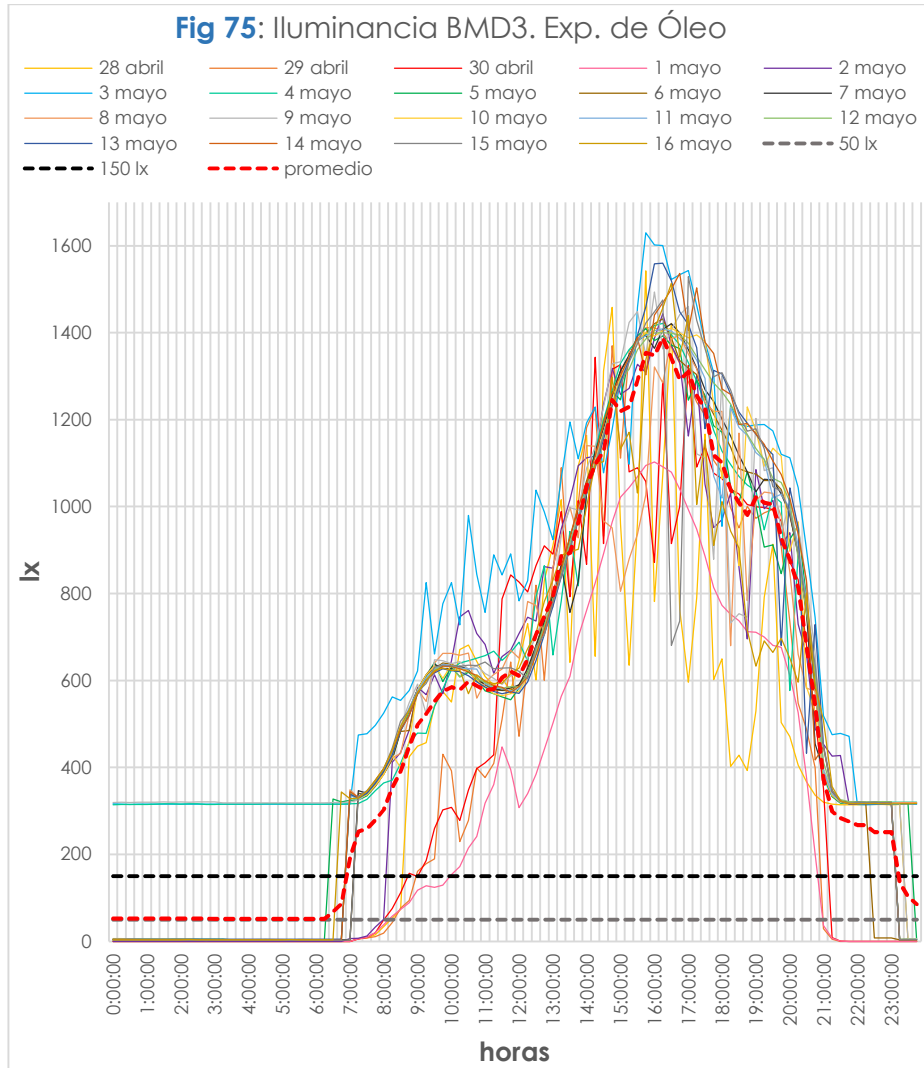


Estos siguen encontrándose fuera de los parámetros aconsejados a diferencia de la humedad, la cual encontramos un par de días dentro de estos límites.



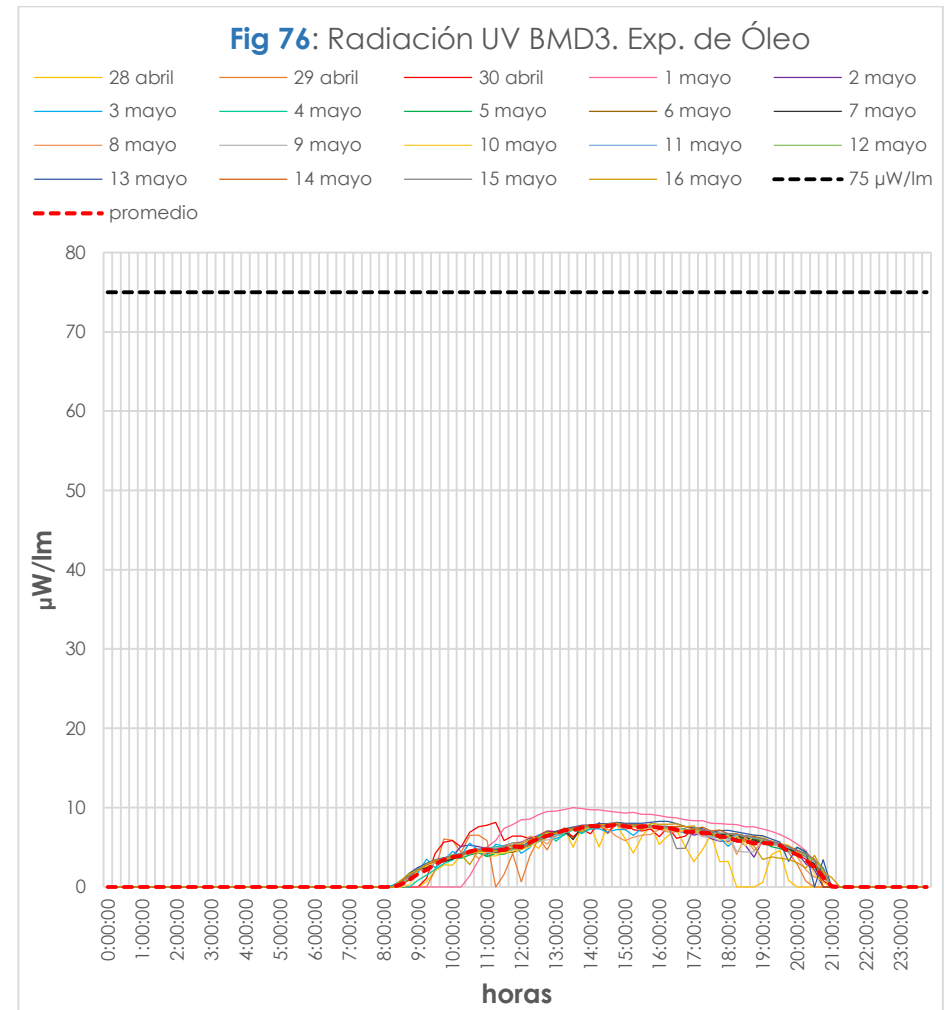
- **BMD3**

Al igual que en la segunda exposición, los valores no son tan altos como la obtenida en el resto de sensores, aun así, sigue sobrepasándose de los valores recomendados.

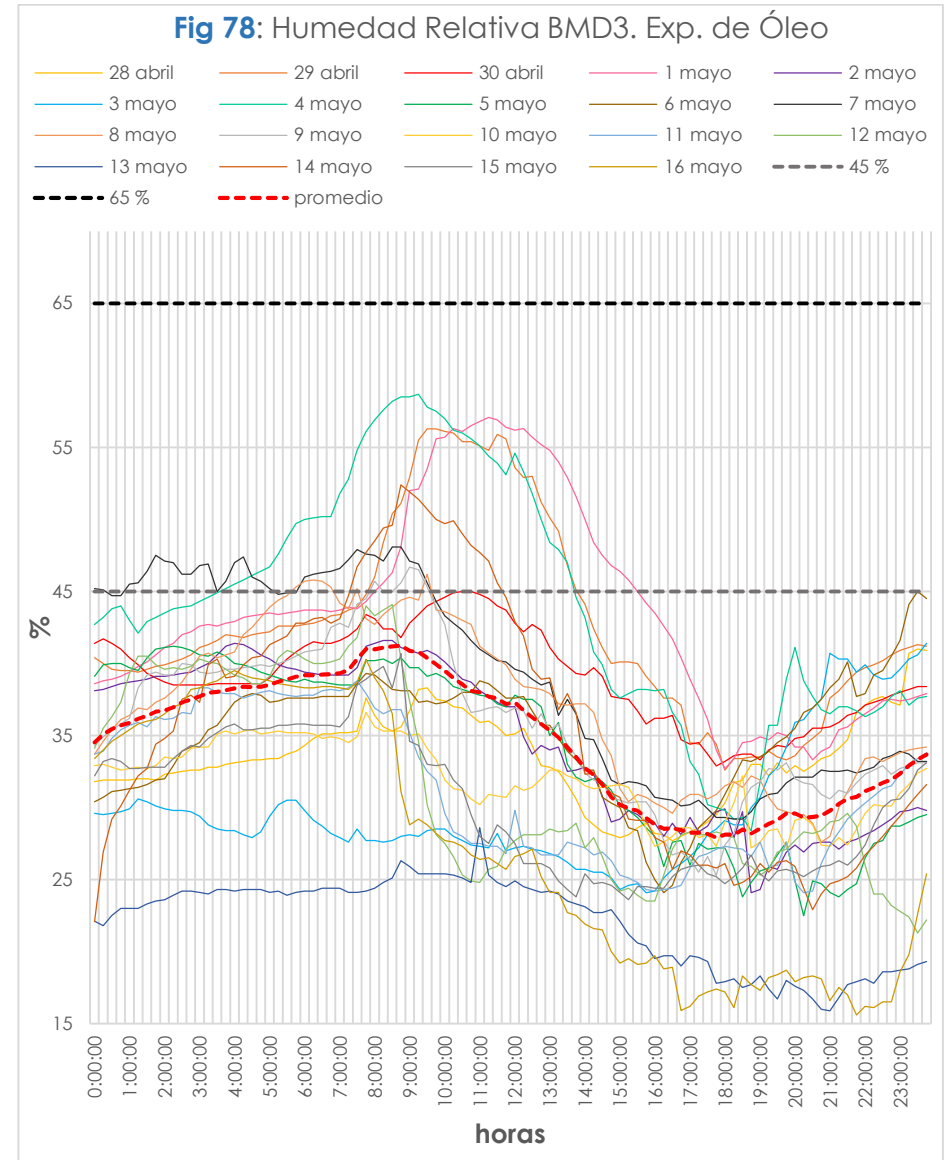
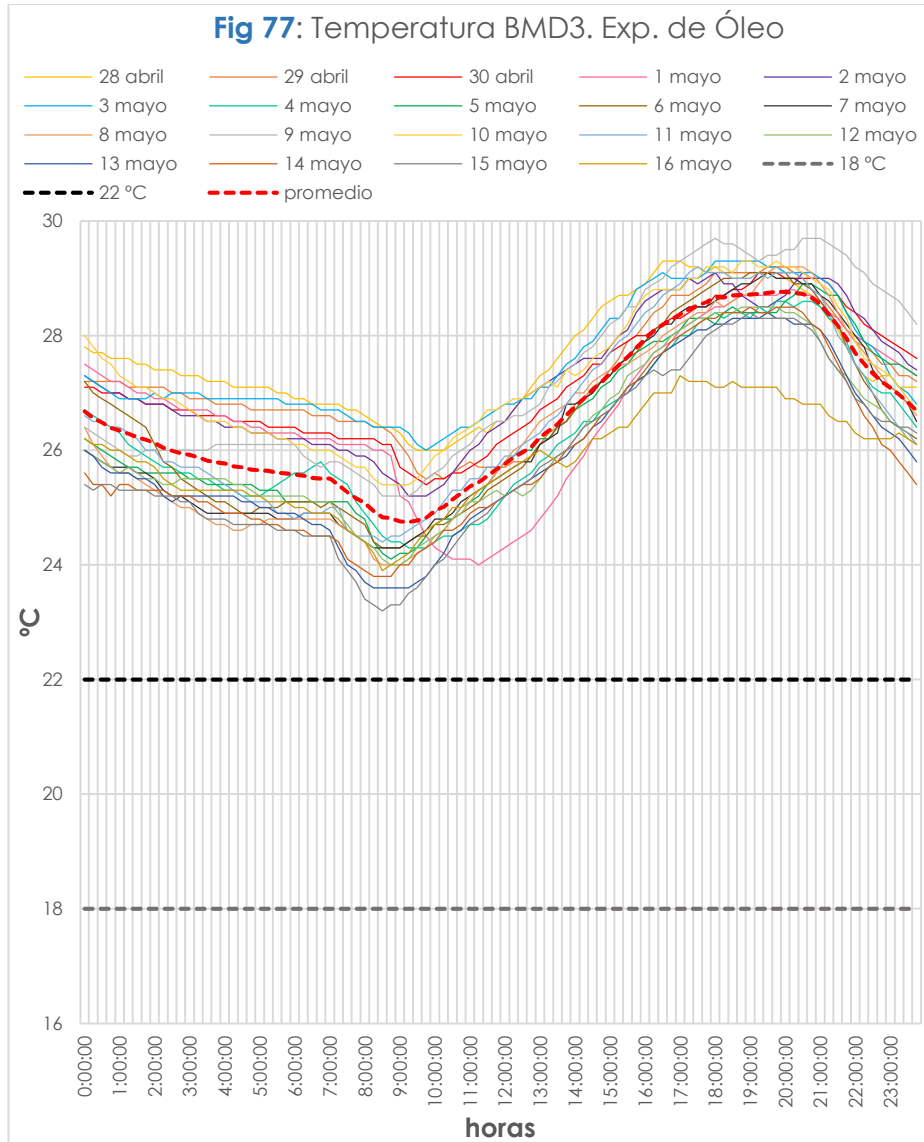


Respecto a la radiación UV obtenemos unos valores muy bajos, encontrándose por debajo del valor recomendado.

Como en la exposición anterior, la radiación UV será el factor con menor influencia para la degradación de la obra.

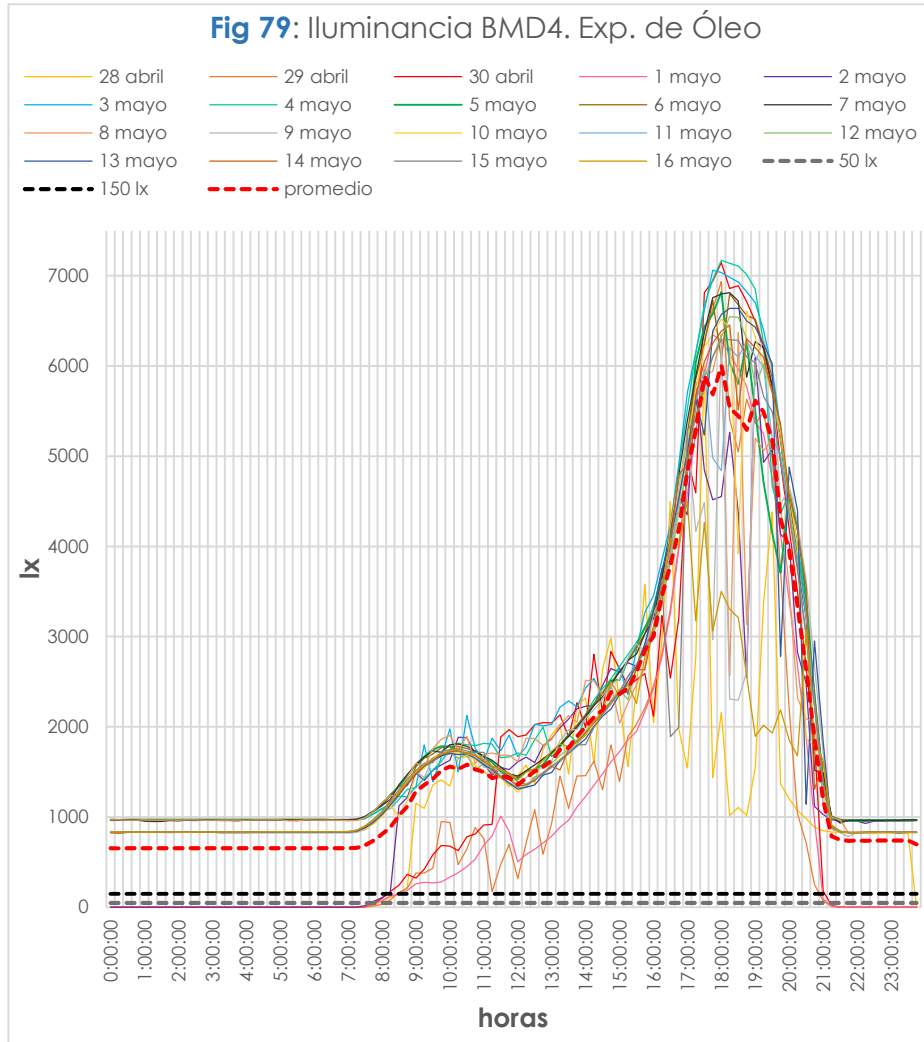


En cambio, las condiciones ambientales se quedan fuera del rango recomendado. Solo la humedad tiene un par de horas dentro de esa recomendación.

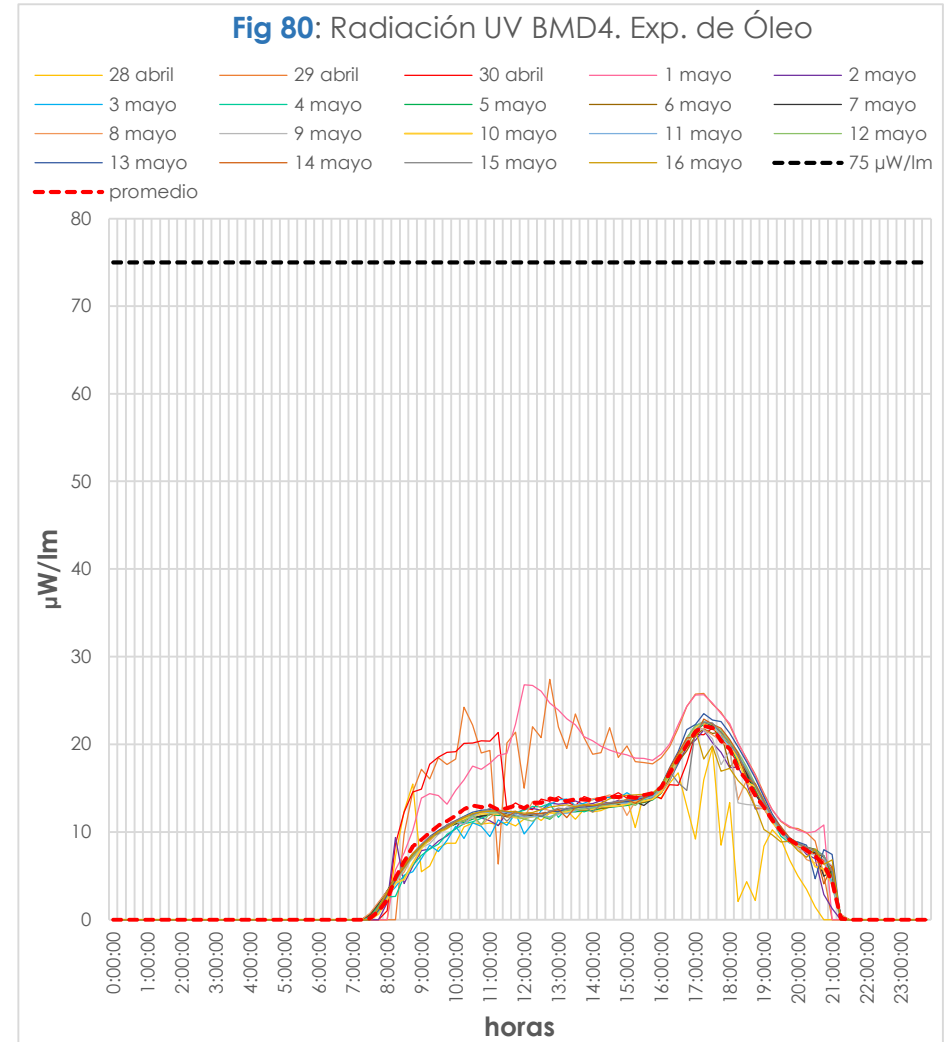


- **BMD4**

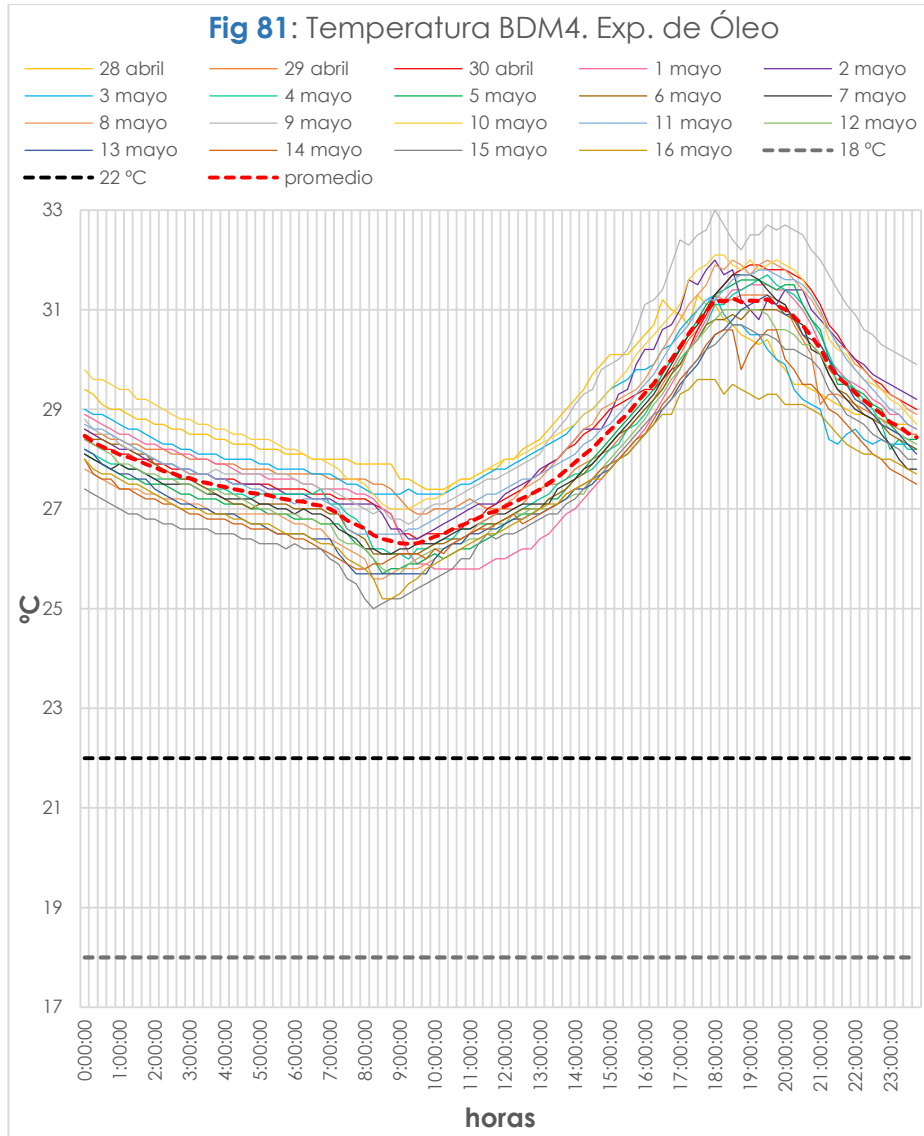
En este caso, seguimos viendo valores muy altos de iluminancia, aunque estos son inferiores a los de la segunda exposición. A diferencia de las demás mediciones vemos unos valores muy desiguales entre los días.



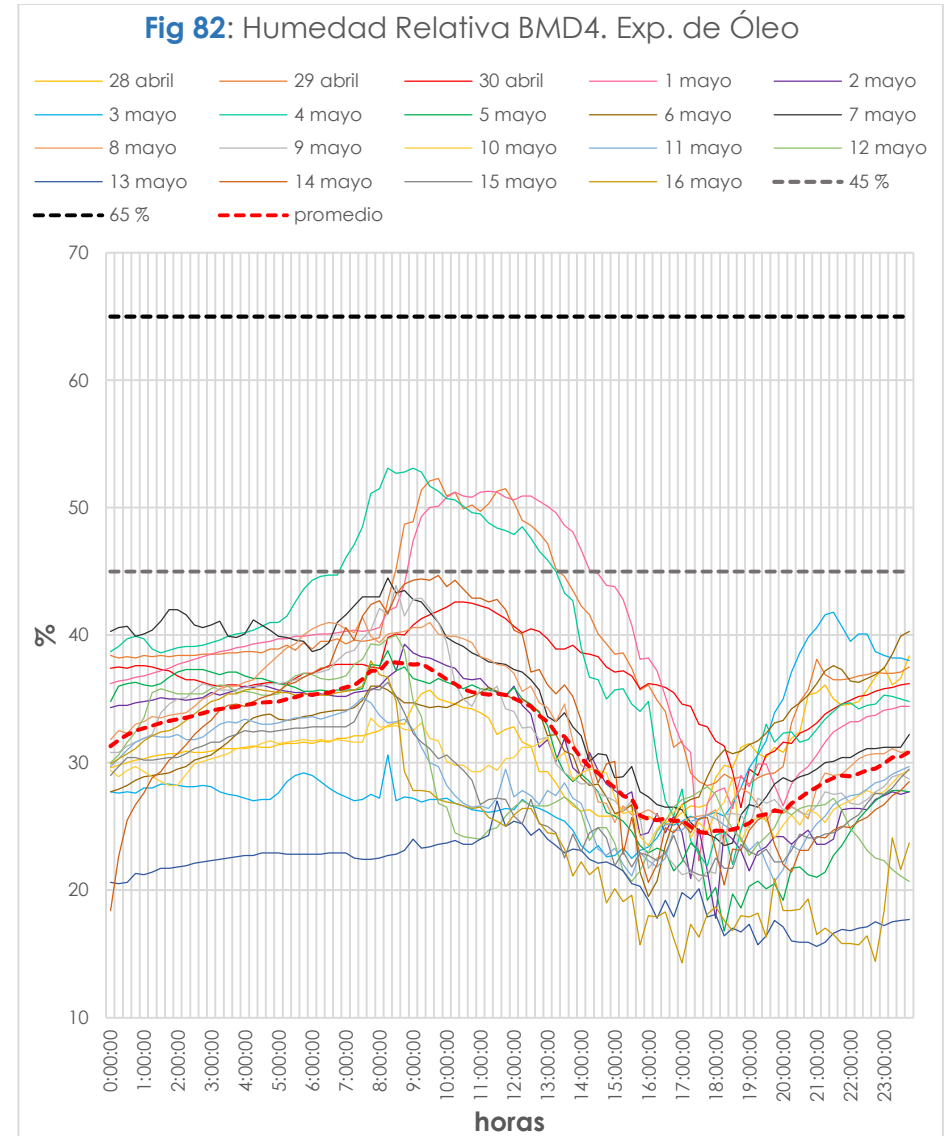
Respecto a la radiación UV podemos ver que se encuentra por debajo del valor límite. En comparación con los datos obtenidos de la segunda exposición, vemos como los últimos días del mes de abril, se tuvo una mayor radiación UV.



En cambio, las condiciones ambientales se quedan fuera del rango recomendado. Llegando a alejarse peligrosamente los niveles de temperatura.



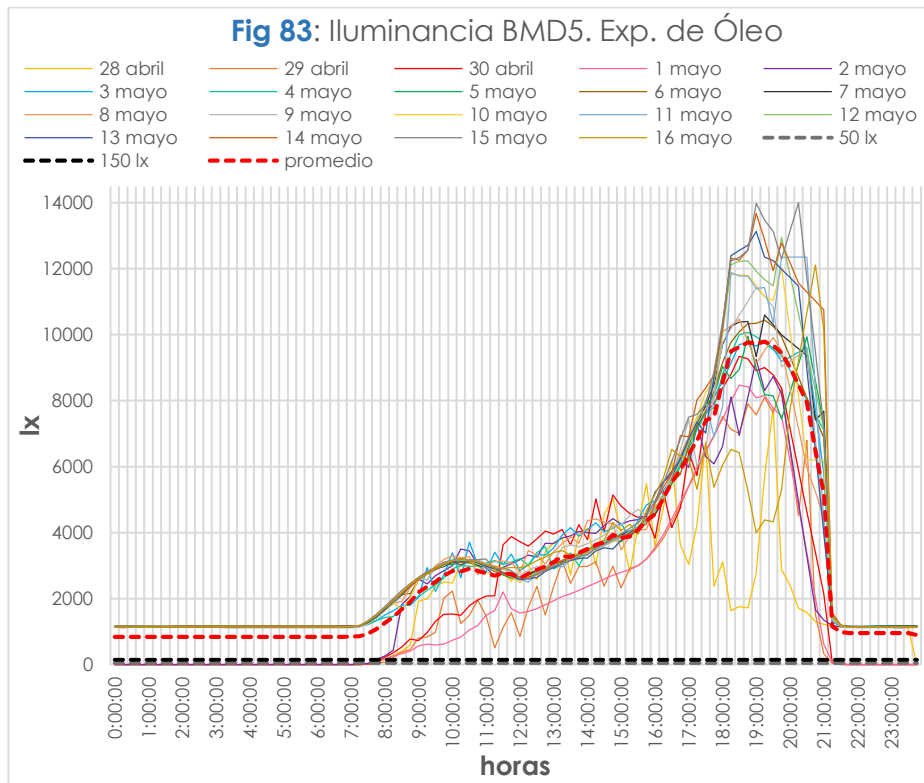
La humedad se ha mantenido en valores similares al resto de las mediciones, aunque siguen encontrándose por debajo de los valores recomendados.



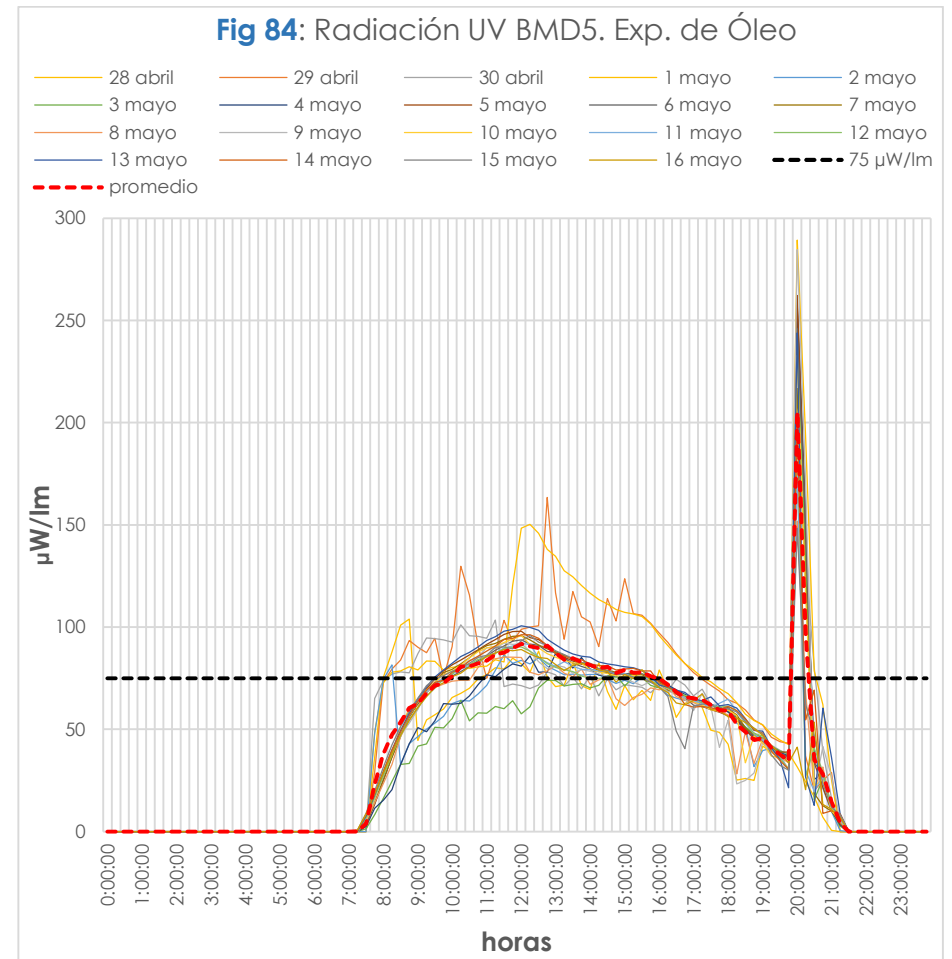
- **BMD5**

Al igual que en las exposiciones anteriores, vemos como los valores de iluminancia continúan siendo muy altos.

Este valor de 13978,1 lux, supera hasta un 27956,2% en su valor límite máximo. En los únicos momentos que encontramos que la iluminancia cumpliría los 150 lux estipulados para esta técnica, se encuentra fuera del horario de uso del caso de estudio y solo en un par de días. Debido al mayor número de horas de luz en el día y una incidencia de luz directa a finales de la tarde, vemos como los valores han aumentado más que en las exposiciones anteriores.

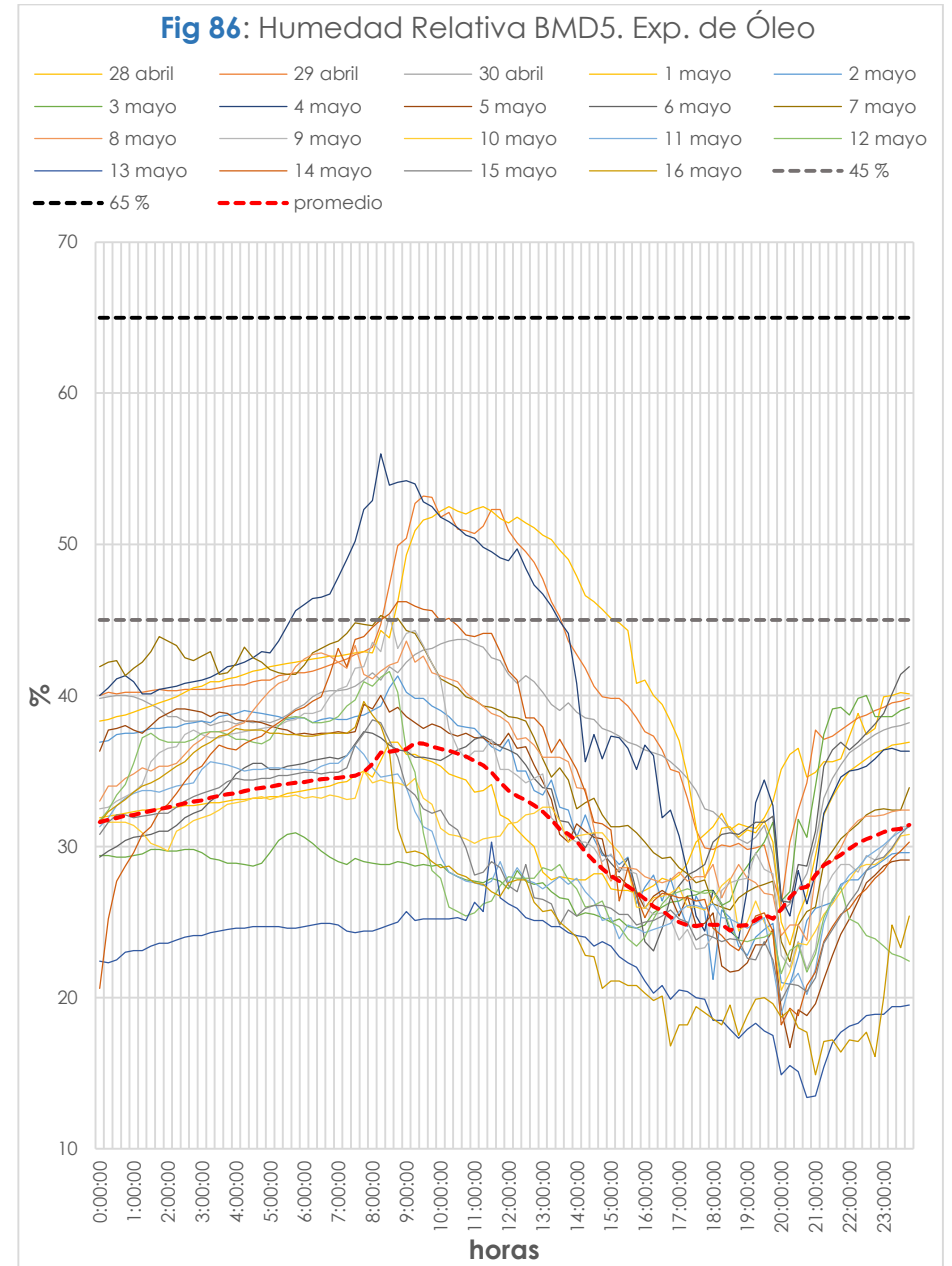
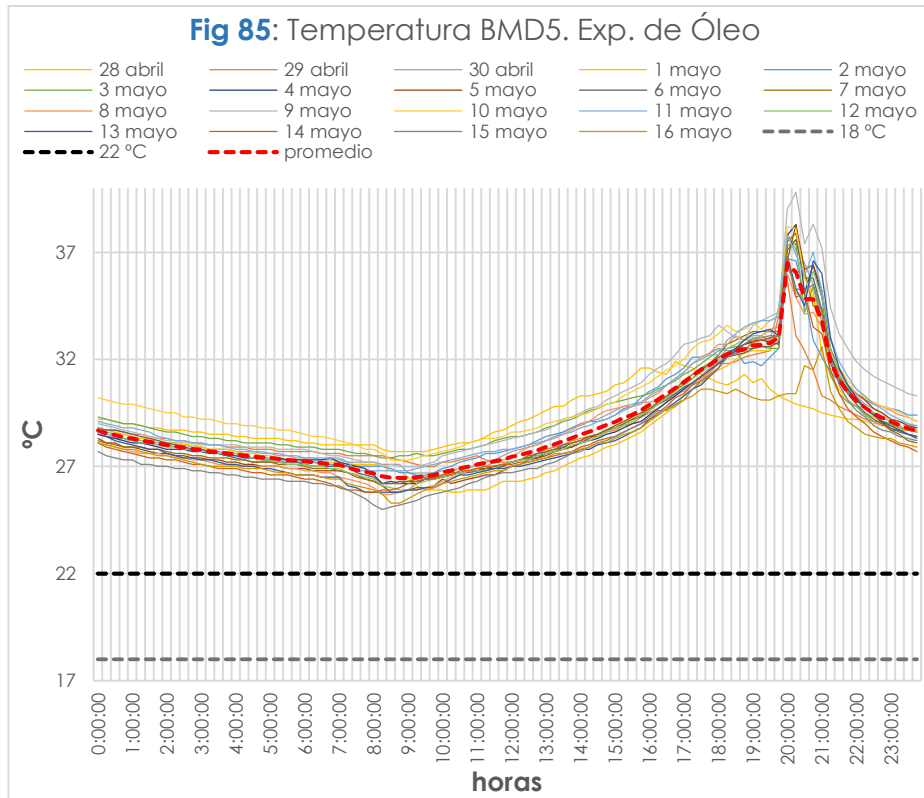


Respecto a la radiación podemos ver como por la mañana, hasta las 14:00, el índice de radiación ultravioleta es superior al valor máximo de exposición recomendado. Además, encontramos un pico de radiación entre las 20:00 y las 21:00, hora en la que comienza a incidir la luz de forma directa en la obra. Este pico será crítico para la conservación de la obra pictórica.



Al igual que los valores lumínicos, las condiciones ambientales, se encuentran fuera del rango aconsejado, en este caso vemos como solo la humedad en unos días concretos por la mañana si se encuentra dentro de estas recomendaciones.

La subida de temperatura que tenemos por la tarde es preocupante, puesto que nos genera un aumento de 10°C respecto a la mínima obtenida. Este duplicará la velocidad de degradación de la obra. Como vimos en la segunda exposición, los picos de temperatura se deben al aumento de horas de luz en el día y de la incidencia de esta en las últimas horas de la tarde.



6.2. ESTUDIO RESULTADOS

Como hemos podido observar en los resultados, en ningún caso las zonas de exposición están preparadas para la exposición de obras pictóricas.

La iluminancia es muy elevada en todos los casos, pero especialmente en BMD4 y BMD5, ubicadas en la segunda planta, esto se debe a que son los únicos donde la luz natural incide de forma directa en la obra y donde no encontramos ningún tipo de estrategia para tamizar o reducir esta incidencia.

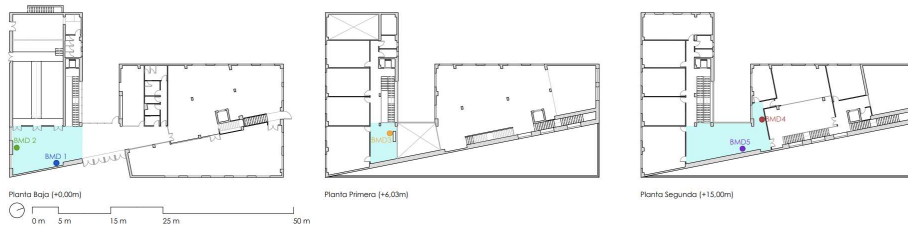
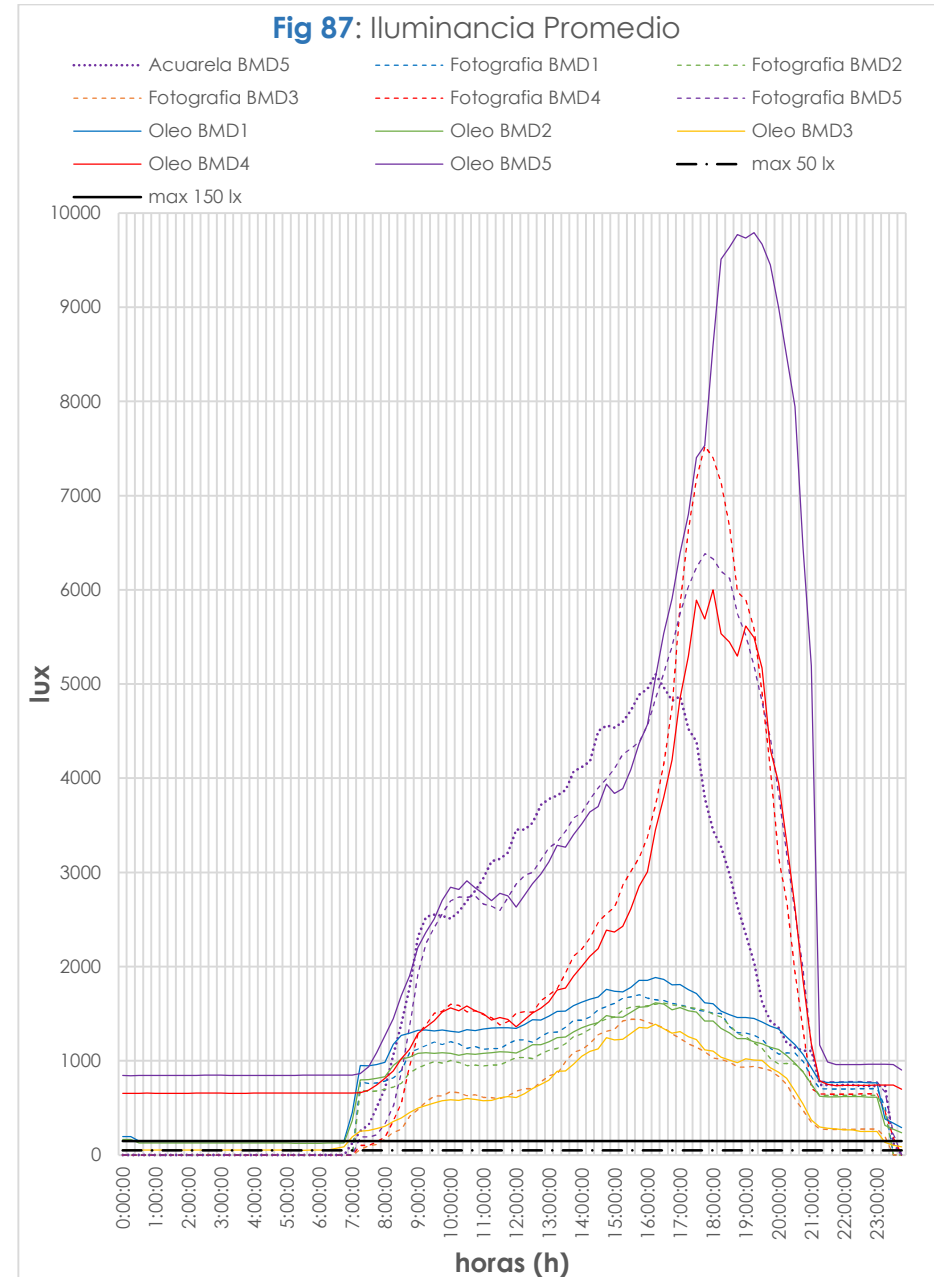


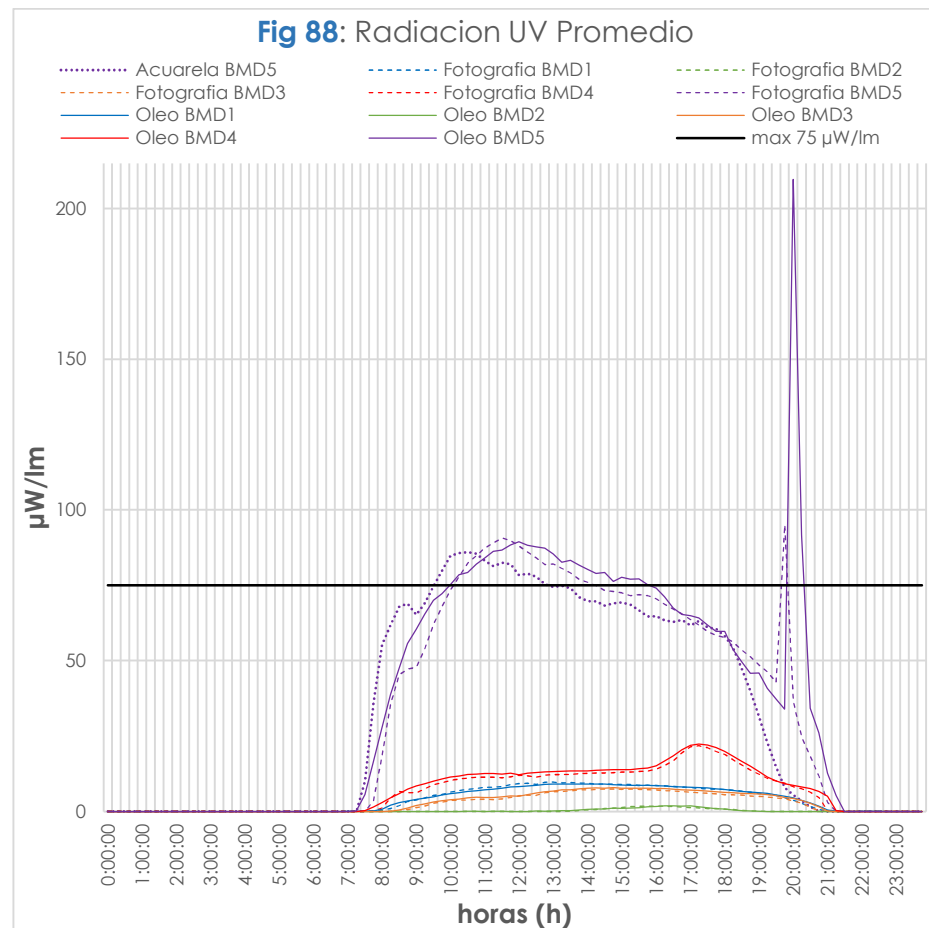
Fig 42: Plantas. Fuentes: Propias.

Aunque la luz natural es el principal problema en este caso de estudio, podemos ver como los niveles de iluminación artificial son también muy elevados; puesto que la medición de la iluminancia obtenida por los sensores es tanto de la luz natural y de la luz eléctrica, para poder saber cuáles son los valores de la eléctrica nos fijamos en los valores desde las 22:00 a las 00:00, nos fijamos que estos valores rondan los 800 lux. Esto se podría resolver cambiando el flujo de la lámpara a uno menor o modificando su orientación para crear una luz indirecta.



Respecto a la radiación UV, los únicos valores que superan el valor recomendado es el del sensor BMD5.

Sin embargo, los valores obtenidos en BMD4 no son los esperados, puesto que debido a su localización y ser el sensor con más incidencia directa de luz natural se esperaban valores superiores. Además, que la entrada de esta luz se realiza por una ventana la cual se encuentra el 80% del tiempo abierta, por lo que el primer filtro que es el vidrio de esta no la tendría.



Respecto a las condiciones ambientales higrotérmicas, vemos que el caso de estudio no está preparado para las exposiciones de las obras. Estas condiciones se tendrán que regular y monitorizar para controlar que los niveles se encuentren en el rango aconsejado, mejorando así la conservación de las obras.

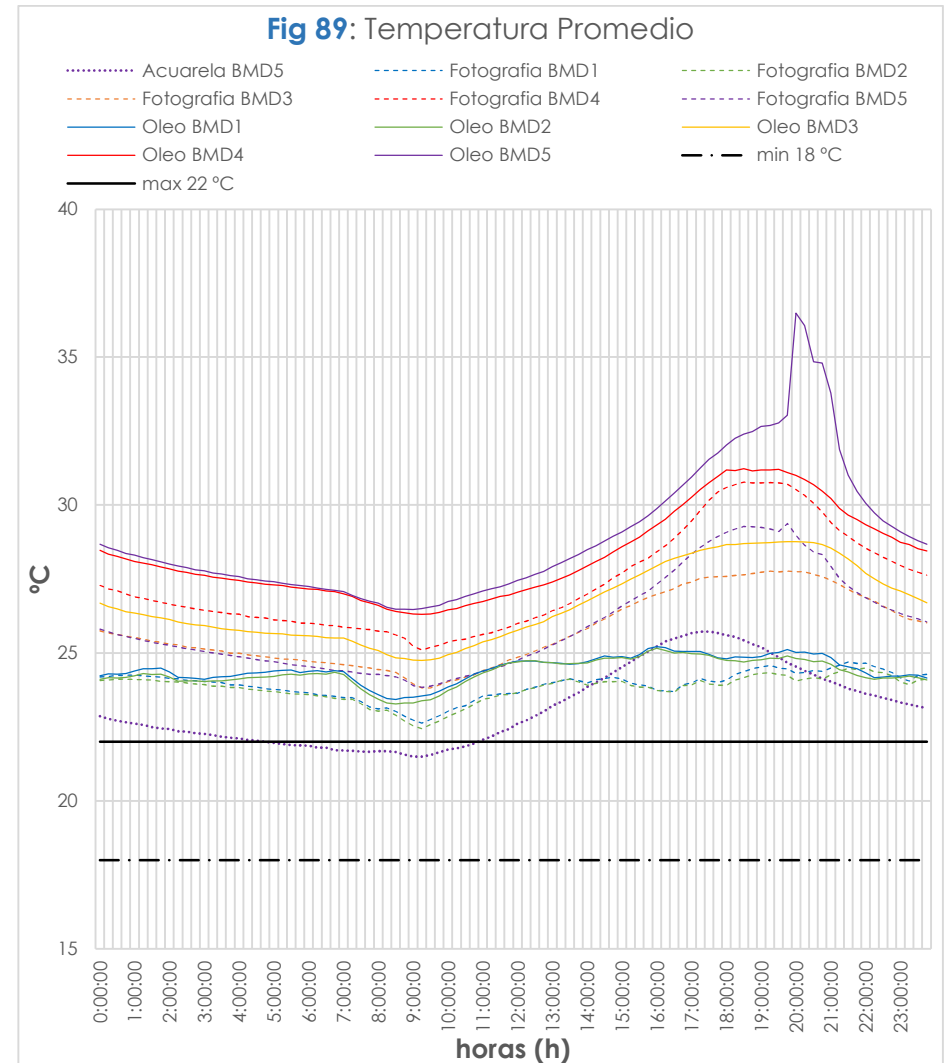
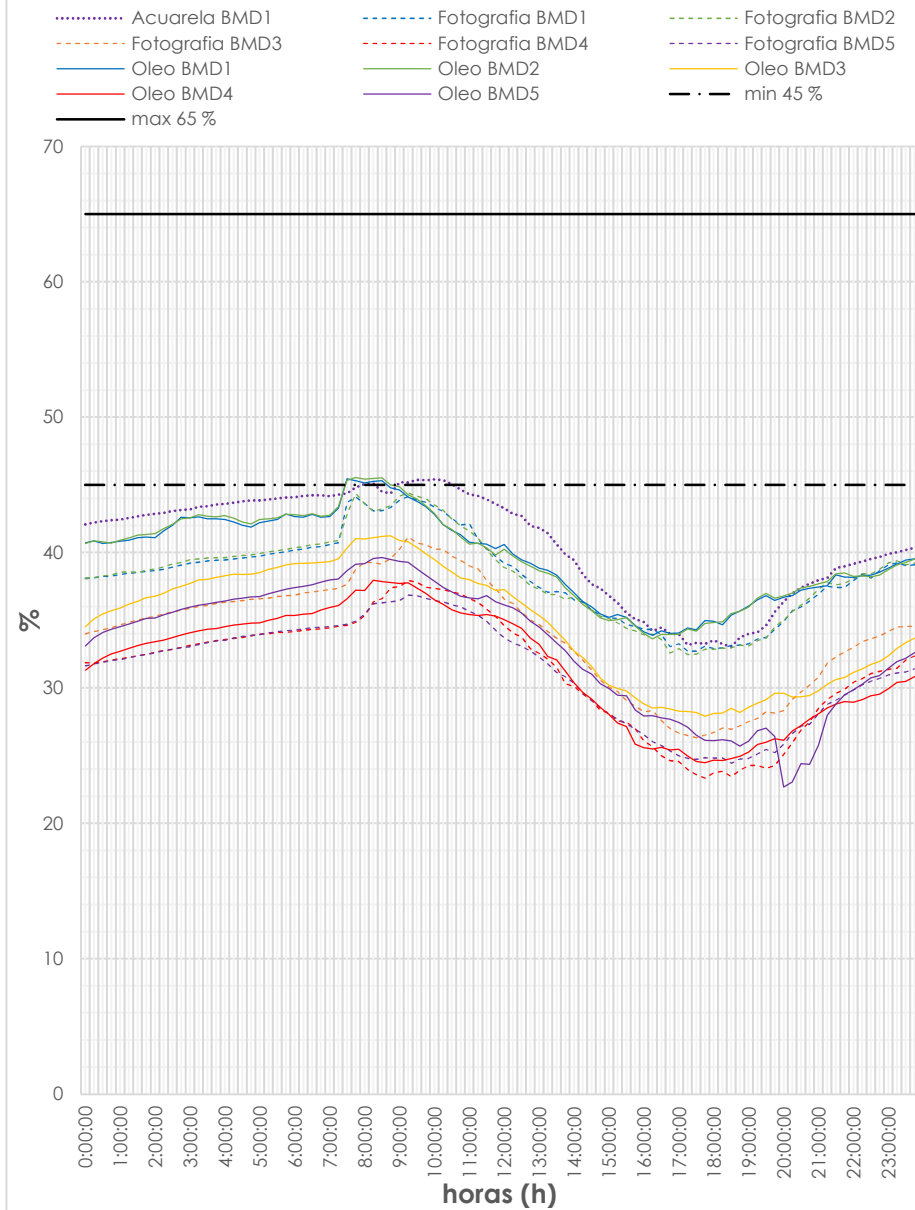


Fig 90: Humedad Relativa Promedio



6.3. HIPÓTESIS

A continuación, realizaremos 10 hipótesis en la tabla Excel proporcionada por el profesorado. Donde estimaremos el daño recibido.

Estas 10 hipótesis se realizarán para cada BMD [Anexo]. Los datos base introducidos para las hipótesis de estado actual serán los obtenidos de las mediciones de la 3ª exposición (acrílico y óleo), en cambio en el resto de las hipótesis se introducirá los valores de iluminancia de luz natural, estático, obtenidos a lo largo un día completo del software Velux. Estas hipótesis serán:

- **Estado actual**

En este se introducirán los datos de las mediciones tomadas en el caso de estudio. Se utiliza una fuente de LED cálida, LED P27 B1. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

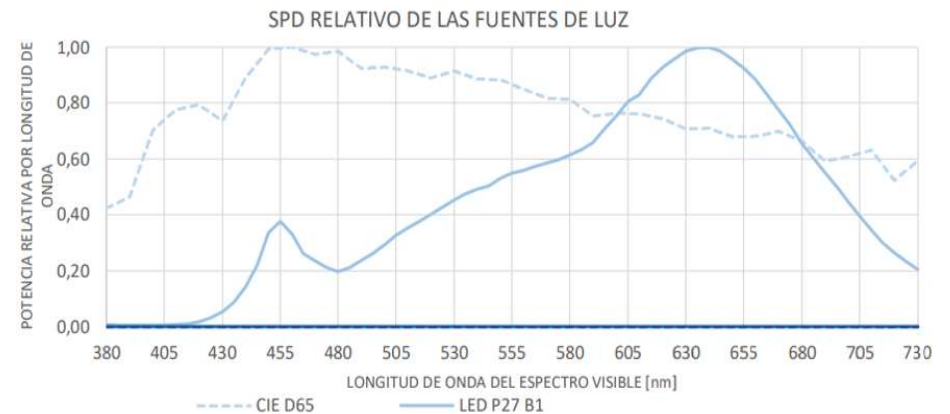


Fig 91: SPD Fuente CIE D65 y LED P27 B1. Fuentes: Propias.

- **Con textil**

En esta se introducirán los datos resultantes del programa Velux, en donde se coloca un textil que permite una transmitancia del 45% junto a las ventanas. Se mantendrán los datos de iluminancia y SPD (LED P27 B1) de la luz artificial del estado actual. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

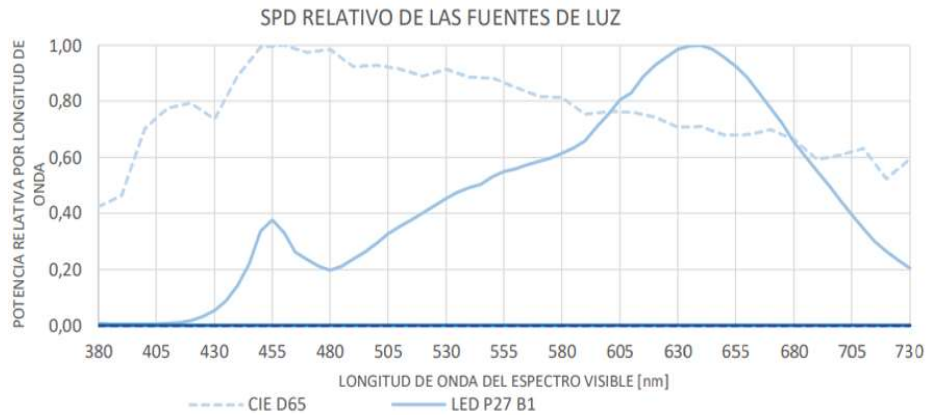


Fig 91: SPD Fuente CIE D65 y LED P27 B1. Fuentes: Propias.

- **Con lamas**

En esta se introducirán los datos resultantes del programa Velux, en donde se colocan unas lamas de maderas horizontales en las ventanas orientadas al sur y verticales en las orientadas al oeste. Las lamas serán de madera y tendrán una sección de 5cm x 15 cm y una separación entre ellas de 10 cm. Se mantendrán los datos de iluminancia y SPD (LED P27 B1) de la luz artificial del estado actual. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

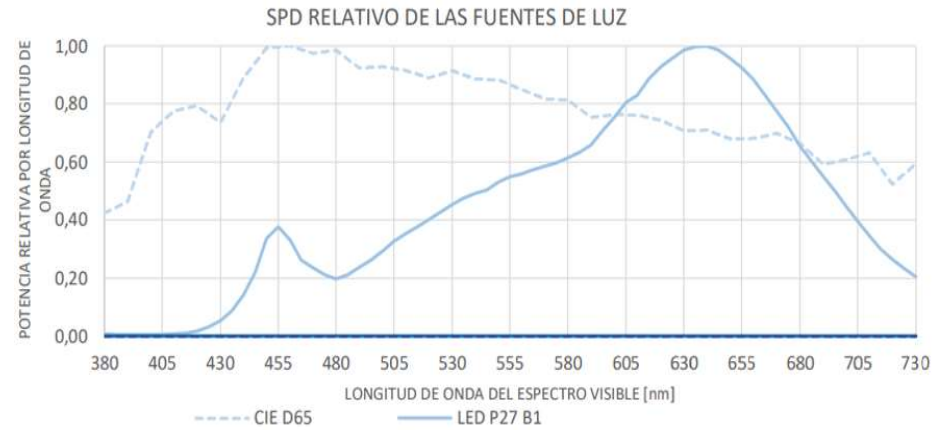


Fig 91: SPD Fuente CIE D65 y LED P27 B1. Fuentes: Propias.

- **Con textil y luz artificial regulada**

En este caso se utilizarán los datos de la hipótesis "con textil" y se colocará una luz artificial con una iluminancia de 100 lx, manteniéndose el SPD (LED P27 B1). Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

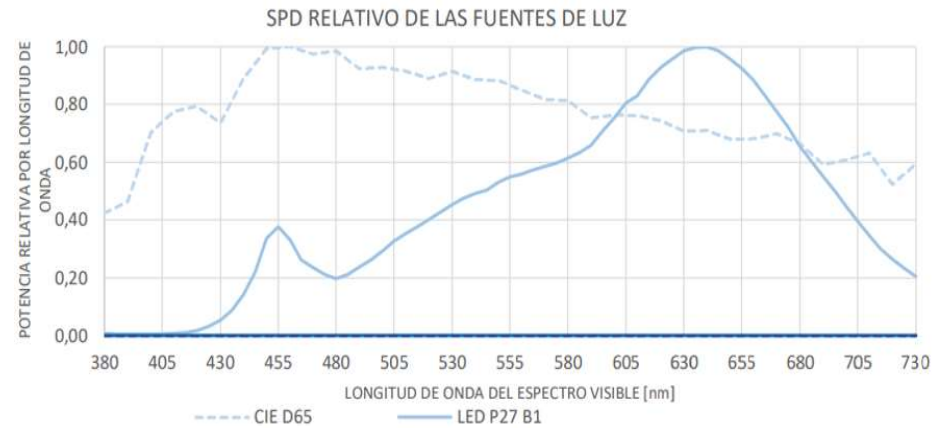


Fig 91: SPD Fuente CIE D65 y LED P27 B1. Fuentes: Propias.

- **Con lamas y luz artificial regulada**

En este caso se utilizarán los datos de la hipótesis "Con lamas" y se colocará una luz artificial de 100 lx, manteniéndose el SPD (LED P27 B1). Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

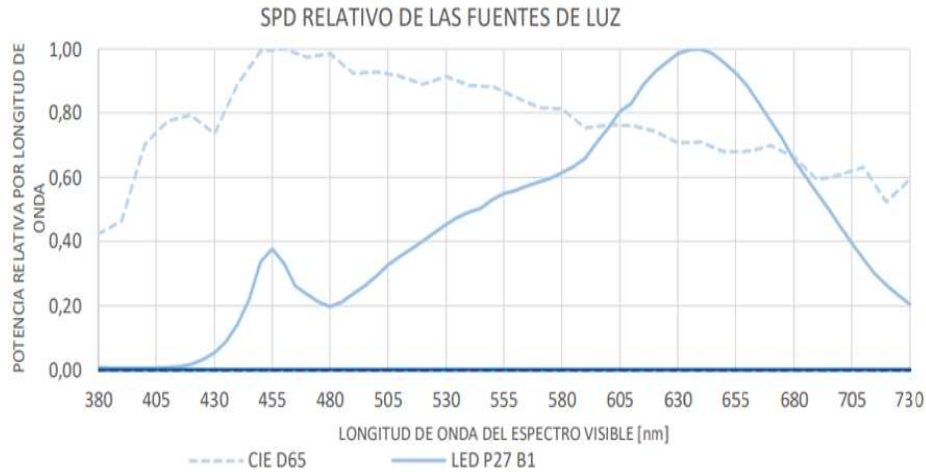


Fig 91: SPD Fuente CIE D65 y LED P27 B1. Fuentes: Propias.

- **Con textil, lamas y luz artificial regulada**

En esta se realizará una mezcla de las dos hipótesis anteriores. Se colocará una luz artificial de 100 lx, manteniéndose el SPD (LED P27 B1); y se introducirán los datos resultantes del programa Velux en la iluminancia de la luz natural (CIE D65).

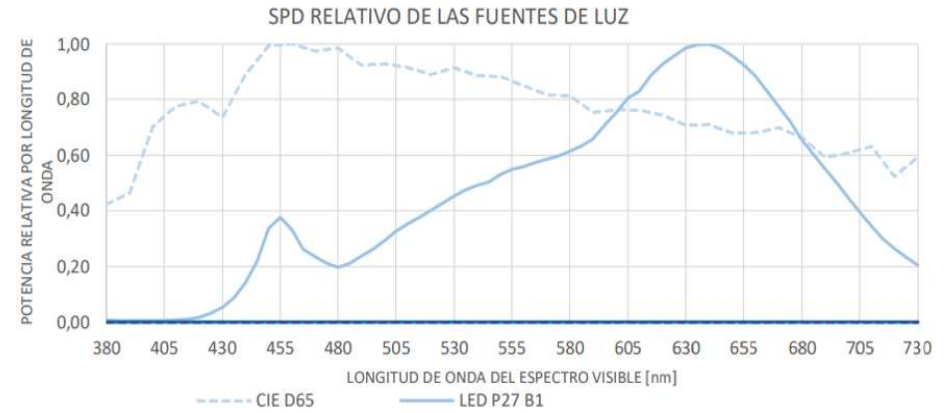


Fig 91: SPD Fuente CIE D65 y LED P27 B1. Fuentes: Propias.

- **Lampara LED fría**

Se modificará la fuente de luz artificial por la lámpara LED P55 ST12. Los datos de iluminancia que se introducirán son los de la hipótesis "Con textil, lamas y luz artificial regulada", puesto que es la más conservadora. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

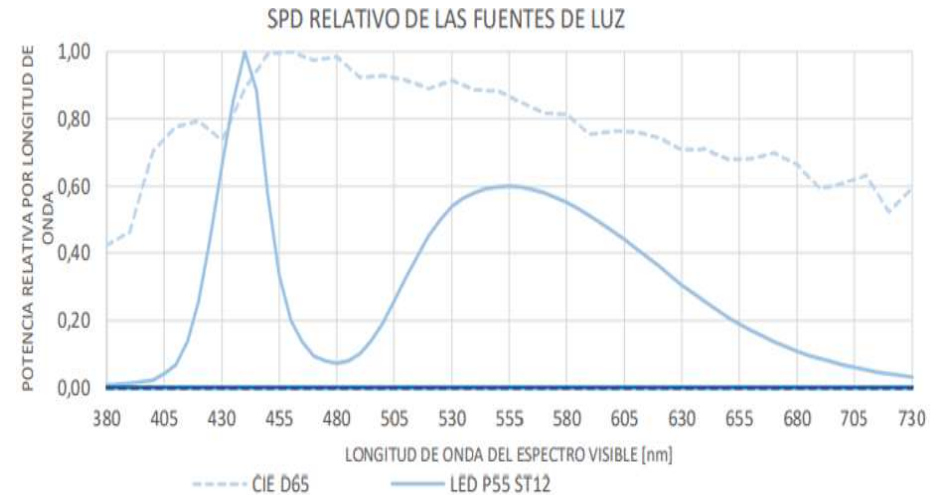


Fig 92: SPD Fuente CIE D65 y LED P55 ST12. Fuentes: Propias.

- **Lampara Incandescente (INC 27)**

Se modificará la fuente de luz artificial por la lámpara INC 27. Los datos de iluminancia que se introducirán son los de la hipótesis “Con textil, lamas y luz artificial regulada”, puesto que es la más conservadora. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

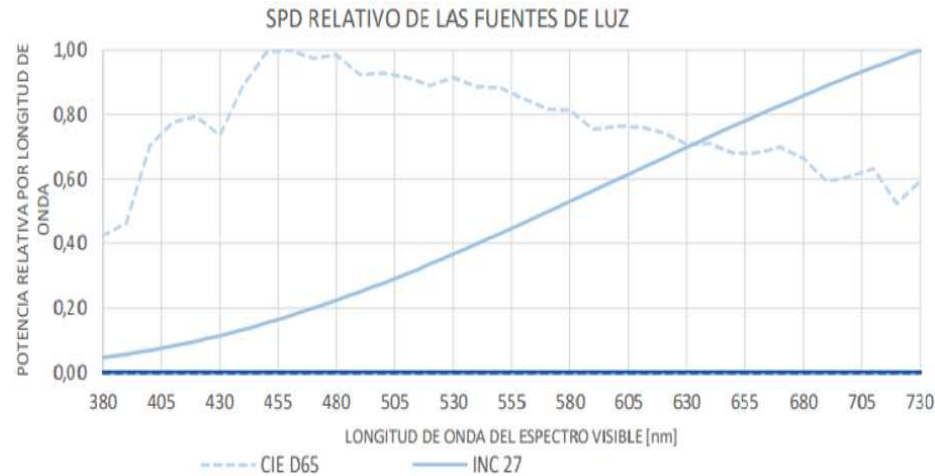


Fig 93: SPD Fuente CIE D65 y INC27. Fuentes: Propias.

- **Lampara fluorescente (FL65 F1)**

Se modificará la fuente de luz artificial por la lámpara FL65 F1. Los datos de iluminancia que se introducirán son los de la hipótesis “Con textil, lamas y luz artificial regulada”, puesto que es la más conservadora. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

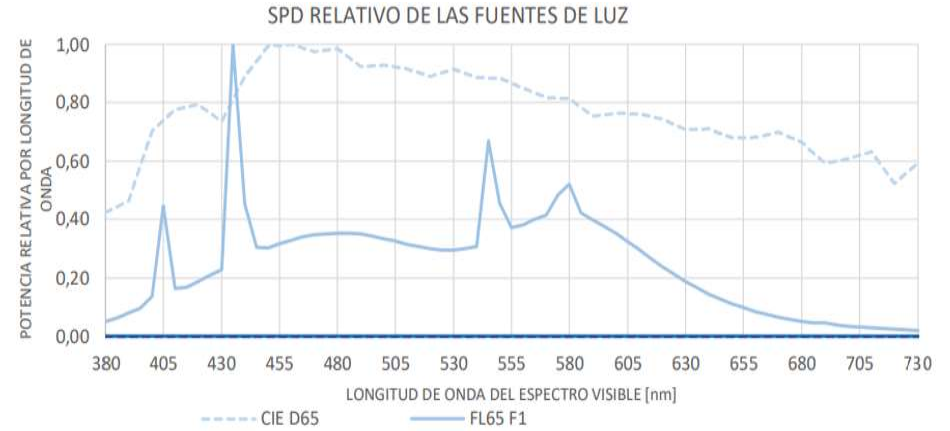


Fig 94: SPD Fuente CIE D65 y FL65 F1. Fuentes: Propias.

- **Lampara halógena (H36 CH 91-100)**

Se modificará la fuente de luz artificial por la lámpara H36 CH 91-100. Los datos de iluminancia que se introducirán son los de la hipótesis “Con textil, lamas y luz artificial regulada”, puesto que es la más conservadora. Esta hipótesis se realizará con luz natural diurna con cielo parcialmente nublado, CIE D65.

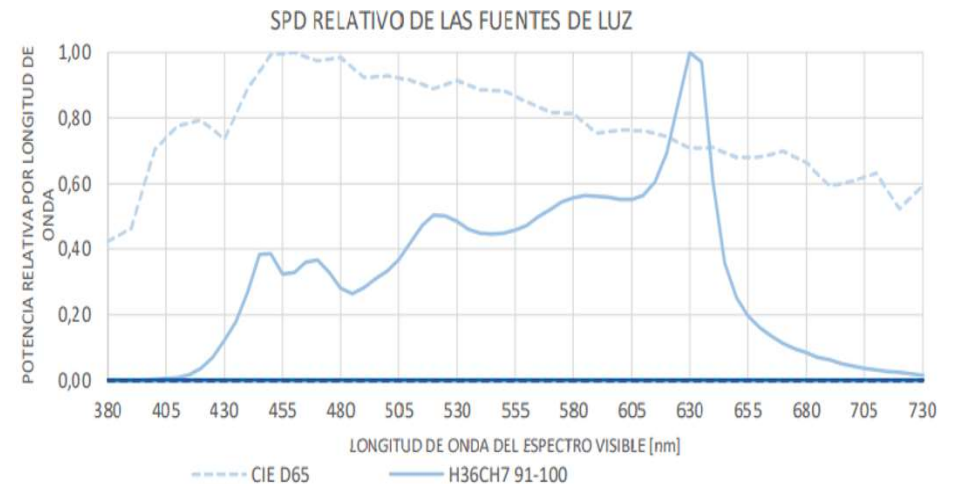


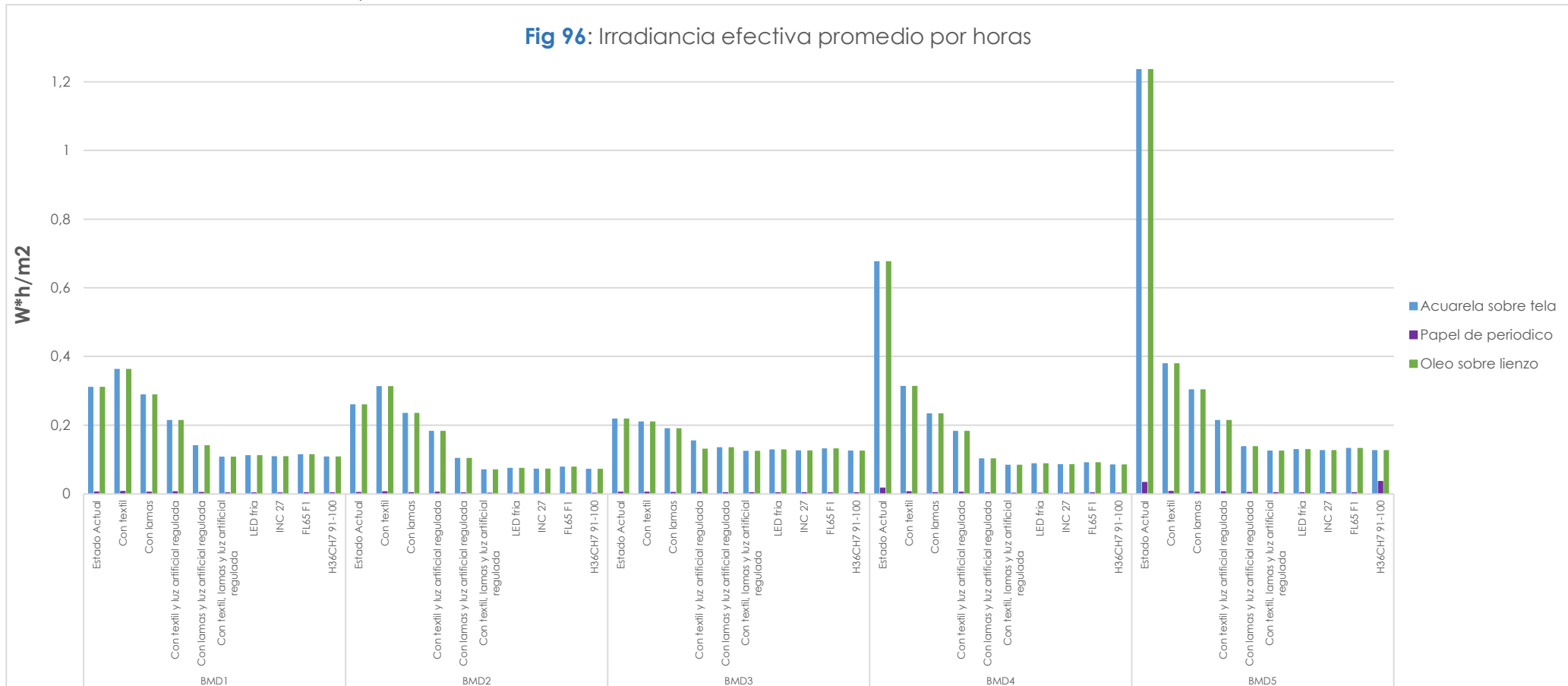
Fig 95: SPD Fuente CIE D65 y H36CH7 91-100. Fuentes: Propias.

6.3.1. IRRADIANCIA EFECTIVA

La irradiación efectiva es la potencia radiante incidente en una superficie en un tiempo determinado. El daño producido por esta, tendrá en cuenta el espectro incidente de cada fuente luminica y la respuesta espectral de cada material [16].

Podemos ver como la incorporación de lamas y de textiles nos reducen hasta la mitad de los valores obtenidos en las mediciones, evitando la sobreexposición de radiación en la obra.

En este cambio de valores se destacan los de la segunda planta (BMD4 y BMD5), los cuales son los más problemáticos, sobre todo en BMD5, donde se reduce los valores hasta un tercio de lo medido.



6.3.2. DURACIÓN CRÍTICA

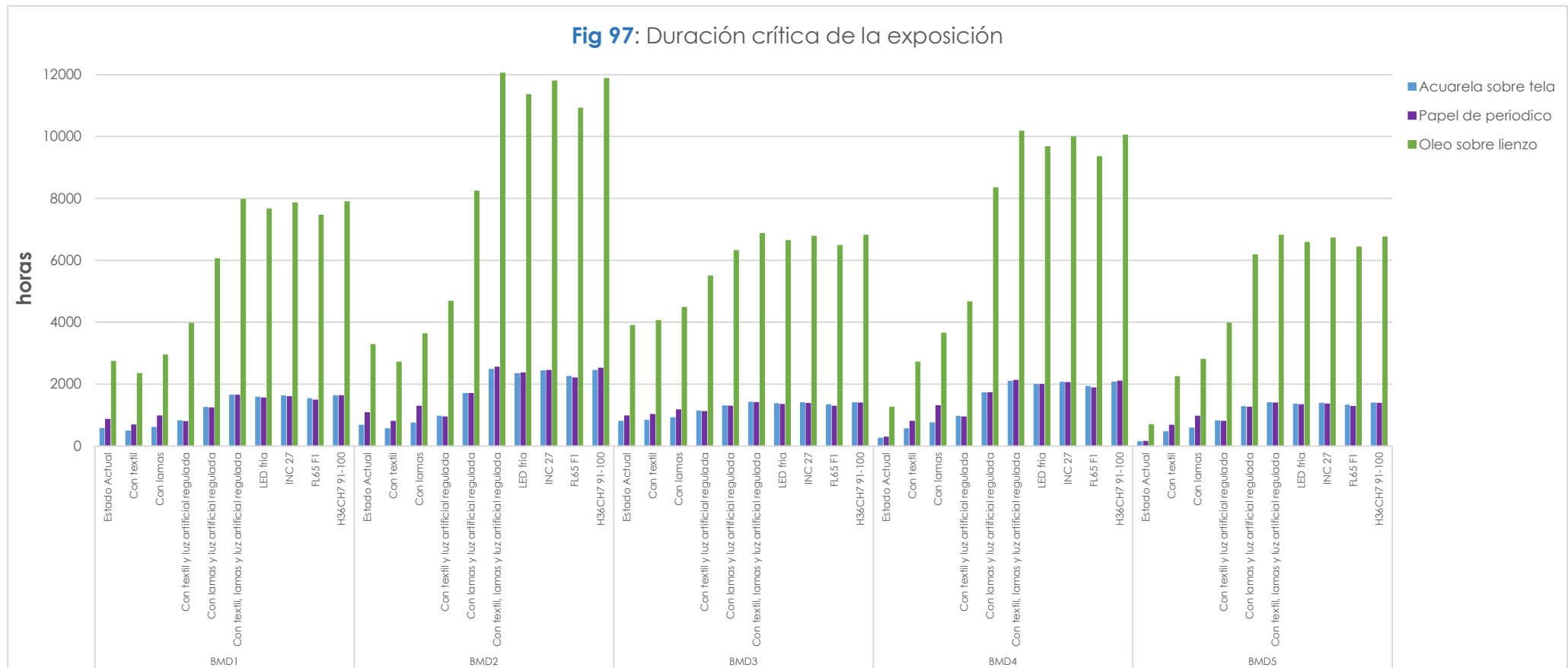
La duración crítica es el número de horas que una obra puede exhibirse antes de que los materiales utilizados sufran un cambio de color perceptible [16].

Respecto a la duración de la obra, vemos como en cada hipótesis se ha llegado a doblar la duración de la obra.

En el caso de BMD5, siendo el más desfavorable de todos, pasamos de una duración de 7 meses en la exposición de óleo,

mes y medio tanto en la exposición de acuarela y fotografía; a tener una durabilidad, en el caso más favorable, de casi 6 años en la exposición de óleo y poco más de un año en el caso de acuarela y fotografía.

Respecto a las diferentes tipologías de lámparas, vemos que aquellas que poseen una menor longitud, como es el caso de LED P55 ST12 y FL65 F1, asociadas a la luz neutra y fría, son más dañinas y acortan la duración de conservación de la obra.



7. CONCLUSIONES

Tras la realización del estudio, hemos visto que nuestro caso de estudio no se encuentra bien preparado para la exposición de obras, puesto que cuenta con un desconocimiento de aquellos factores influyentes en la conservación de la obra.

Respecto a la iluminación, hemos podido ver como el control de la exposición a la luz, principalmente la natural, es primordial para la conservación de la obra.

En el caso de estudio vemos que aquellas ubicaciones donde la entrada de luz es indirecta los valores son más cercanos a los aconsejados, mientras que aquellos que se encuentran frente a una entrada de luz se exponen a unos valores muy altos. Por ello, será aconsejable la regulación y filtración de la luz natural.

Gracias a las hipótesis, vemos como el simple hecho de introducir un elemento filtrador de luz natural, como puede ser un textil o unas lamas, favorece la duración de la obra. Si a esto añadimos un control de iluminación en las fuentes de luz eléctricas, donde se regula tanto su flujo luminoso, su SPD y su orientación, conseguiremos duplicar la duración de la obra.

Respecto a los distintos tipos de lámparas, vemos como aquellas que poseen un espectro con mayor longitud de onda, la cual es asociadas a luces más cálidas, mejoran la conservación de la obra. Como podemos ver en el estudio, con las fuentes INC 27, H36 CH 91-100 y la utilizada en las mediciones in situ del caso de estudio. Siendo la luz LED cálida, utilizada en las mediciones in situ, la más óptima para la conservación.

Para futuras líneas de investigación, sería de gran interés comprobar estas cuestiones en otros centros culturales y en otros espacios expositivos con otras posibles soluciones. Así como estudiar cuál de las hipótesis propuestas tienen la capacidad de reproducir los distintos espectros lumínicos y cuáles serán los más óptimos para la percepción visual del usuario. Teniendo de esta forma un conocimiento amplio y detallado, para la valoración de la iluminación a utilizar.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Ortiz y Sanz, J. (1787). Los diez libros De Arquitectura de M. Vitruvio Polión. In La imprenta Real. Imprenta Real.
- 2) Rivière, & Rodríguez Casal, A. A. (1993). La Museología: curso de Museología: textos y testimonios. Akal.
- 3) Casal Lopez-Valeiras, J. (1988). En el centenario del informe Russell-Abney. B Anabad, nº 4.
- 4) Mohamed Mohamed, S. (2022). Estudio del rendimiento cromático en espacios museísticos mediante un sistema de iluminación multiespectral. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla.
- 5) Directorio web: Interempresas; E. Rubido Suárez; "Iluminación emocional. La medición de las emociones y su impacto en la iluminación artificial"; <https://www.interempresas.net/Iluminacion/Articulos/3454-50-Iluminacion-emocional-medicion-de-emociones-y-su-impacto-en-iluminacion-artificial.html>
- 6) Directorio web: Iluminet; "Iluminación en museos y galerías de arte"; 10 julio de 2008; <https://iluminet.com/iluminacion-en-museos-y-galerias-de-arte/>
- 7) Moya, L. (1934). Notas sobre Iluminación natural en museos de pintura. Revista Española de Arte, nº3.
- 8) El libro blanco de la iluminación. (2011). Comité Español de Iluminación.
- 9) Moya, J. (2015). La iluminación de las exposiciones temporales. Trea.
- 10) Directorio web: EVE Museos e Innovación; "Museos y Diseño de Iluminación"; 16 de junio de 2022; <https://evemuseografia.com/2018/02/22/museos-y-diseno-de-iluminacion/>
- 11) Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009 (DOUE núm. 285, de 31 de octubre de 2009).
- 12) Directorio web: Iluminet; "Iluminacion de museos: Luz para contar historias"; 16 de enero de 2018; <https://iluminet.com/iluminacion-museos-led-lumiance/>
- 13) Directorio web: Faro; "Iluminacion de un museo:que tener en cuenta"; 23 de agosto de 2021; <https://faro.es/es/blog/iluminacion-de-un-museo/#:~:text=A%20la%20hora%20de%20iluminar,de%20entre%2095%20y%2097>
- 14) Directorio web: Philips; "¿Cuál es el SPD de una fuente de luz?"; <https://www.lighting.philips.com.co/soporte/soporte-de-productos/preguntas-frecuentes/white-light-and-colour/what-is-the-spd-of-a-light-source>
- 15) Tornquist, J. (2008). Color y luz: teoría y práctica. Gustavo Gili.
- 16) CIE. (2003). Control of Damage to museum objects by optical radiation.
- 17) A. Conesa, J. (2021). Reactores Fotoquímicos. Universidad de Alicante.
- 18) A. Herráez, J y A. Rodríguez, M. (1999). La Conservación Preventiva de las Obras de Arte, nº 645. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- 19) Bellido Márquez, M. (2016). Agentes de deterioro medioambientales: planificar la conservación de las obras de arte. (Trabajo Fin de Grado Inédito) Universidad de Granada.
- 20) Poyatos Jiménez, F. (2018). Procesos de biodeterioro en pinturas sobre lienzo del Museo de Bellas Artes de

- Granada: examen visual y gráfico. (Tesis Doctoral Inédito) Universidad de Granada.
- 21)** Smith, R. (2003). El manual del artista. Dorling Kindersley Limited.
- 22)** Directorio web: Paez Doctora; "Los pigmentos" 22 de noviembre de 2019; <https://doctorapaez.com/2021/11/los-pigmentos/>
- 23)** Heller, E. Psicología del color. (2004). Editorial Gustavo Gili, SL.
- 24)** Directorio web: KlmikArte; Desmontando mitos: ¿daña el flash el arte?; 2016; <https://culturacientifica.com/2016/04/05/desmontando-mitos-dana-flash-arte/>
- 25)** Directorio web: Jorge González; "Los problemas de la pintura acrílica y su alta fragilidad"; 14 de octubre de 2019; <https://www.ttamayo.com/2019/10/problemas-de-la-pintura-acrilica/>
- 26)** Martín Sánchez, F. (2007). Instalaciones de iluminación (1a ed). Fundación Escuela de la Edificación.
- 27)** Rico Nieto, J.C. (2009). Los conocimientos técnicos: museos, arquitectura, arte (2a reimpr.). Sílex.
- 28)** Gutiérrez Usillos, A. (2012). Manual práctico de museos. Trea.
- 29)** Directorio web: Lauraine Velez; "Pintura gouache, pintura de acuarela y pintura acrílica: ¿cuál es la diferencia?"; 2003; <https://www.artlex.com/es/consejos/pintura-gouache-vs-pintura-acuarela-vs-pintura-acrilica/>
- 30)** Directorio web: Junta de Castilla y León; "Reglas básicas para la conservación de fotografías"; <https://archivoscastillayleon.jcyl.es/web/es/actividades-recursos/reglas-basicas-conservacion-fotografias.html>
- 31)** Tétrault, J. (2015). Measurement of Ultraviolet Radiation. Canadian Conservation Institute (CCI)
- 32)** Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, del Ministerio de la Presidencia (BOE núm. 207, 29/08/2007) Y posteriores modificaciones de sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

9. Anexos y figuras

Fig.1) Directorio web: ART UK; Room 32 in the National Gallery, London; <https://artuk.org/discover/artworks/room-32-in-the-national-gallery-london-28225>

Fig.2) Directorio web: J. Tobajas Povar; Mejorar la iluminación en museos; 17/02/2016; <https://www.linkedin.com/pulse/mejorar-la-iluminaci%C3%B3n-en-museos-jos%C3%A9-tobajas-povar>

Fig.3) Directorio web: España es cultura; Museo de Bellas Artes de Sevilla; <http://www.xn--espaescultura-tnb.es/es/museos/sevilla/museo-de-bellas-artistas-de-sevilla.html>

Fig.4) Directorio web: ERCO; Interpretar el arte mediante la luz: iluminación de museos entre la objetividad; <https://www.erco.com/es/proyectos/foco/luminotecnica-y-practica/interpretar-el-arte-mediante-la-luz-7107/>

Fig.5) Directorio web: K. Yamashita; Archivo de la etiqueta: esculturas de sombras; 29/08/2012; <https://mitsukeru.wordpress.com/tag/esculturas-de-sombras/>

Fig.6) Directorio web: C. Bautista; Lightpaintings: La innovadora forma de arte del siglo XXI: 18/01/2023; <https://mott.pe/noticias/lightpaintings-la-innovadora-forma-de-arte-del-siglo-xxi/>

Fig.7) Directorio web: Museo Voorlinden; 2016 ; <https://www.voorlinden.nl/museum/architectuur/>

Fig.8) Directorio web: Galicia.info; CGAC: Centro Gallego de Arte Contemporáneo; 2016; <https://www.galicia.info/centro-gallego-de-arte-contemporaneo.html>

Fig.9) Directorio web: El arquitecto viajero; Moderna Museet, El Museo de Arte de Estocolmo; 19/01/2015; <https://elarquitectoviajero.com/moderna-museet-museo-de-arte-estocolmo/>

Fig.10) Directorio web: Lampara directa; Estándar Incandescente Clara E27 40W 230V; <https://www.lamparadirecta.es/estandar-incandescente-clara-e27-40w-230v-8719157998833>

Fig.11, 15, 17, 19) Directorio web: Lightroom.lighting; ICR; <https://lightroom.lighting/irc-jitomates/>

Fig.12) Directorio web: Argos; Lámpara halógena dicroica MR-16; <https://argoselectrica.com/product/lampara-halogena-dicroica-mr-16-gu5-3/>

Fig.13) Directorio web: Biomara; Hacer crecer una planta con luz artificial es posible si sabes cómo: la mega-guía de iluminación LED para plantas de interior; 28/08/2021; <https://www.xataka.com/otros/hacer-crecer-planta-luz-artificial-posible-sabes-como-mega-guia-iluminacion-led-para-plantas-interior>

Fig.14) Directorio web: Grainger; Lámpara de Descarga de Alta Intensidad Vapor de Mercurio 175 Watts, BT28, Base Atornillable Mogul (E39), 4000K; <https://www.grainger.com.mx/producto/LUMAPRO-L%C3%A1mpara-Descarga-Alta-Intensid,BT28,175W/p/2YGD1>

Fig.16) Directorio web: Edalux; lampara fluorescente plc 18w/84 luz neutra 2 patas radium; <https://edalux.com/lampara-fluorescente-pl/4610-lampara-fluorescente-plc-18w84-luz-neutra-2-patas-radium--4008597169205.html>

Fig.18) Directorio web: JRL LED; Lampara LED 3 tubos de LED 15W Rosca E27; <https://jrlled.com/inicio/16-bombilla-led-3-tubos-de-led-15w-rosca-e27.html>

Fig.20) Directorio web: Keisu blog; Iluminación con Fibra Óptica; https://www.keisu-shop.com/blog/keisu_blog/iluminacion-con-fibra-optica

Fig.21) Directorio web: Faro; "Iluminacion de un museo:que tener en cuenta"; 23 de agosto de 2021; <https://faro.es/es/blog/iluminacion-de-un-museo/#:~:text=A%20la%20hora%20de%20iluminar,de%20entre%2095%20y%2097>

Fig.22) Directorio web: A. Costa, B. Garcia, R. Moreno; Espectro Solar y Manchas Solares; 2015; http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/ppts/talleres/T5_es.pdf

Fig.23-24) CIE. (2003). Control of Damage to museum objects by optical radiation

Fig.25) Directorio web: KlmikArte; Desmontando mitos: ¿daña el flash el arte?; 2016; <https://culturacientifica.com/2016/04/05/desmontando-mitos-dana-flash-arte/>

Fig.26) Directorio web: 20 Minutos; Las salas de exposición del Museo Guggenheim Bilbao cuentan ya con la tecnología LED para iluminar las obras de arte; 18/12/2019; <https://www.20minutos.es/noticia/4093016/0/las-salas-de-exposicion-del-museo-guggenheim-bilbao-cuentan-ya-con-la-tecnologia-led-para-iluminar-las-obras-de-arte/>

Fig.27) Directorio web: Centro Cultural Biblioteca de Montequinto (Dos Hermanas);

<https://www.bibliotecaspublicas.es/montequinto/CONOCENOS/Tu-Biblioteca.html>

Fig.28-31) Planos y fotografías de elaboración propia

Fig.32) Directorio web: Testo; Data logger Wi-Fi Testo 160 THL; 2024; <https://www.testo.com/es-ES/data-logger-wi-fi-testo-160-thl/p/0572-2024>

Fig.33) Directorio web: PCE Instruments; Luxómetro de precisión de intensidad y densidad luminosa PCE-L 100; <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/luxometro-pce-l-100.htm>

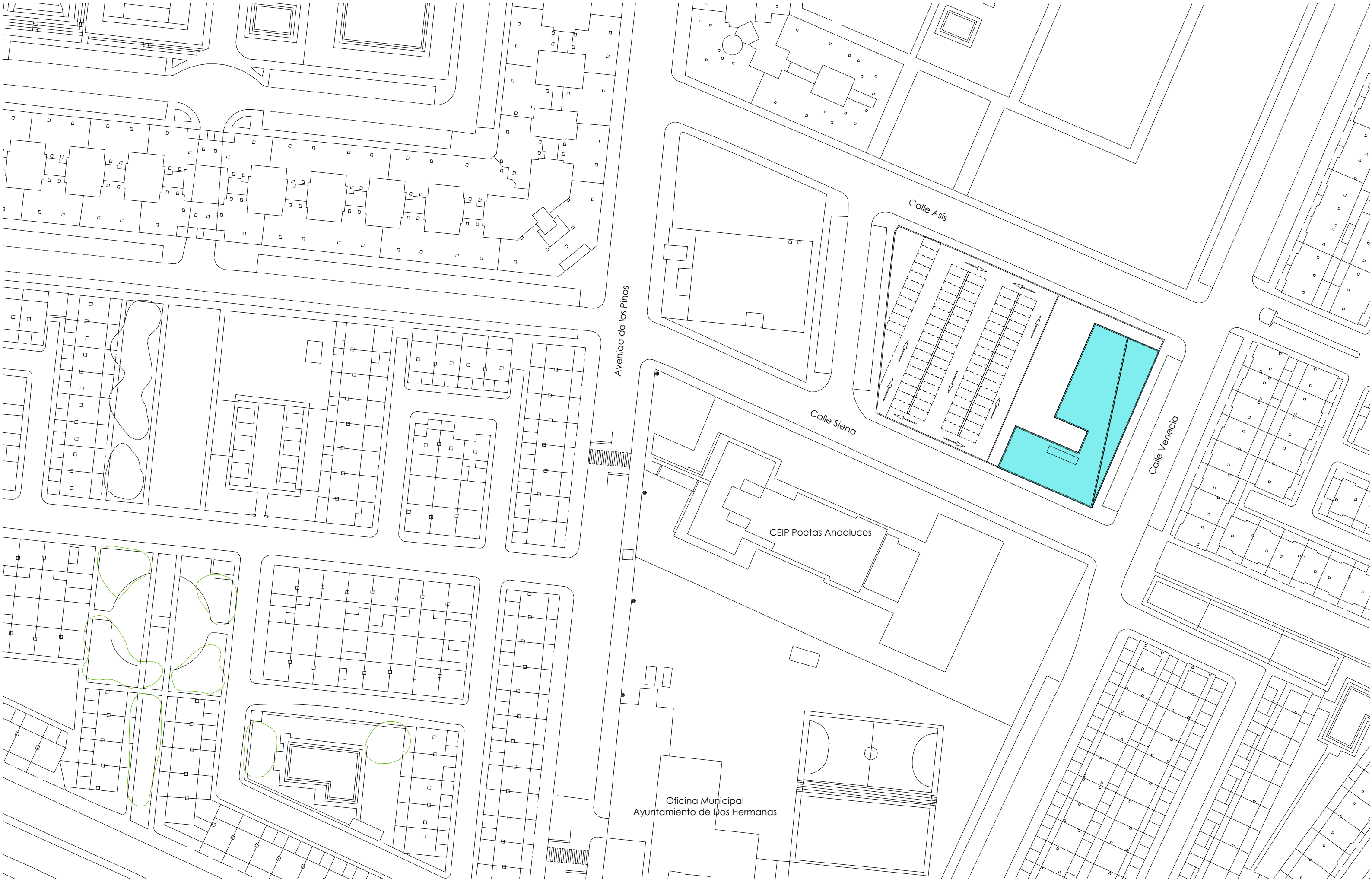
Fig.34) Directorio web: Kalstein; Espectrofotómetro de Color Portátil YR05497; <https://kalstein.net/es/producto/espectrofotometro-de-color-portatil-yr05497/>

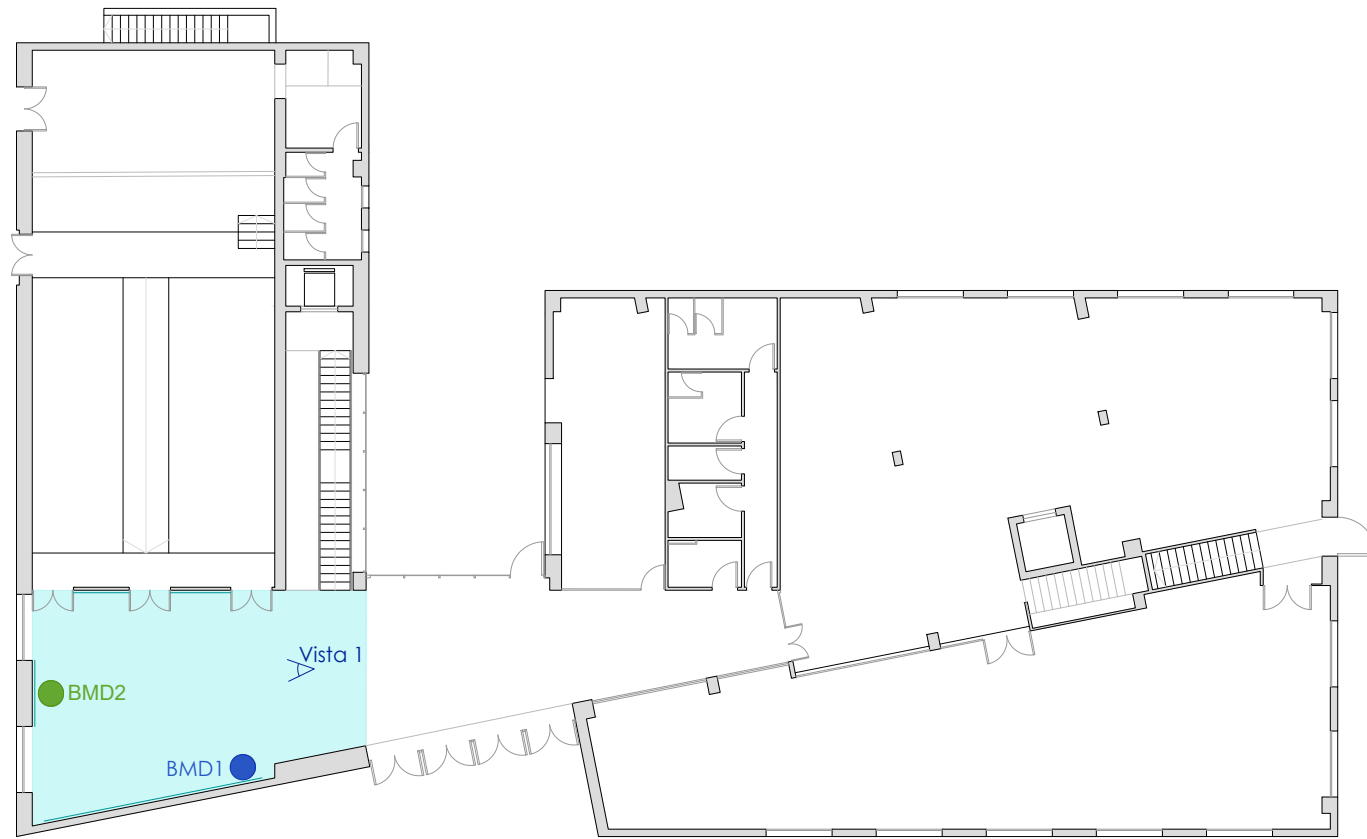
Fig.35-90, 96-97) Imágenes de elaboración propia

Fig.91-95) Imágenes de elaboración propia, sacadas de "Estimador de degradación en obra expositiva por luz visible"

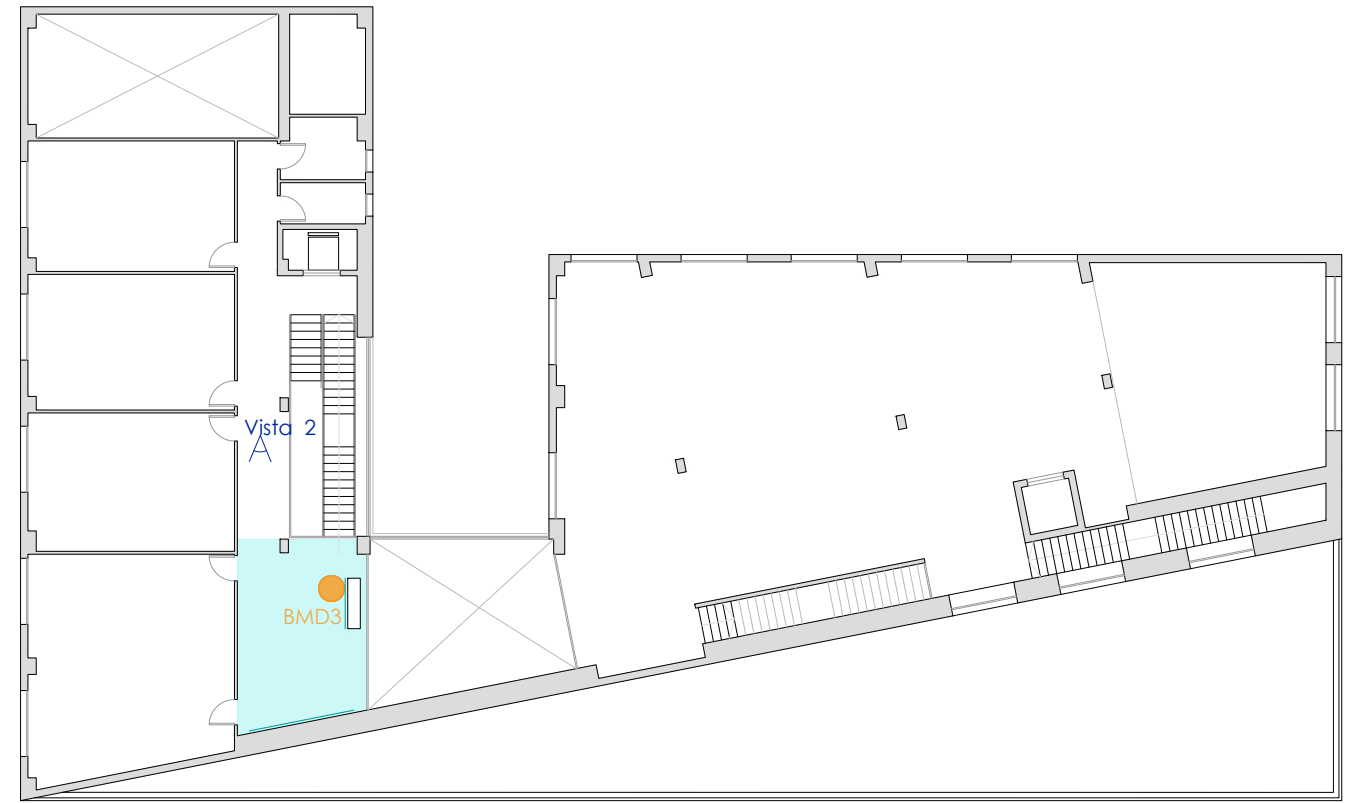
Anexos) https://drive.google.com/drive/folders/1xISEa_K24ruPSwRaxpzEBI9kX8h_vENB?usp=drive_link



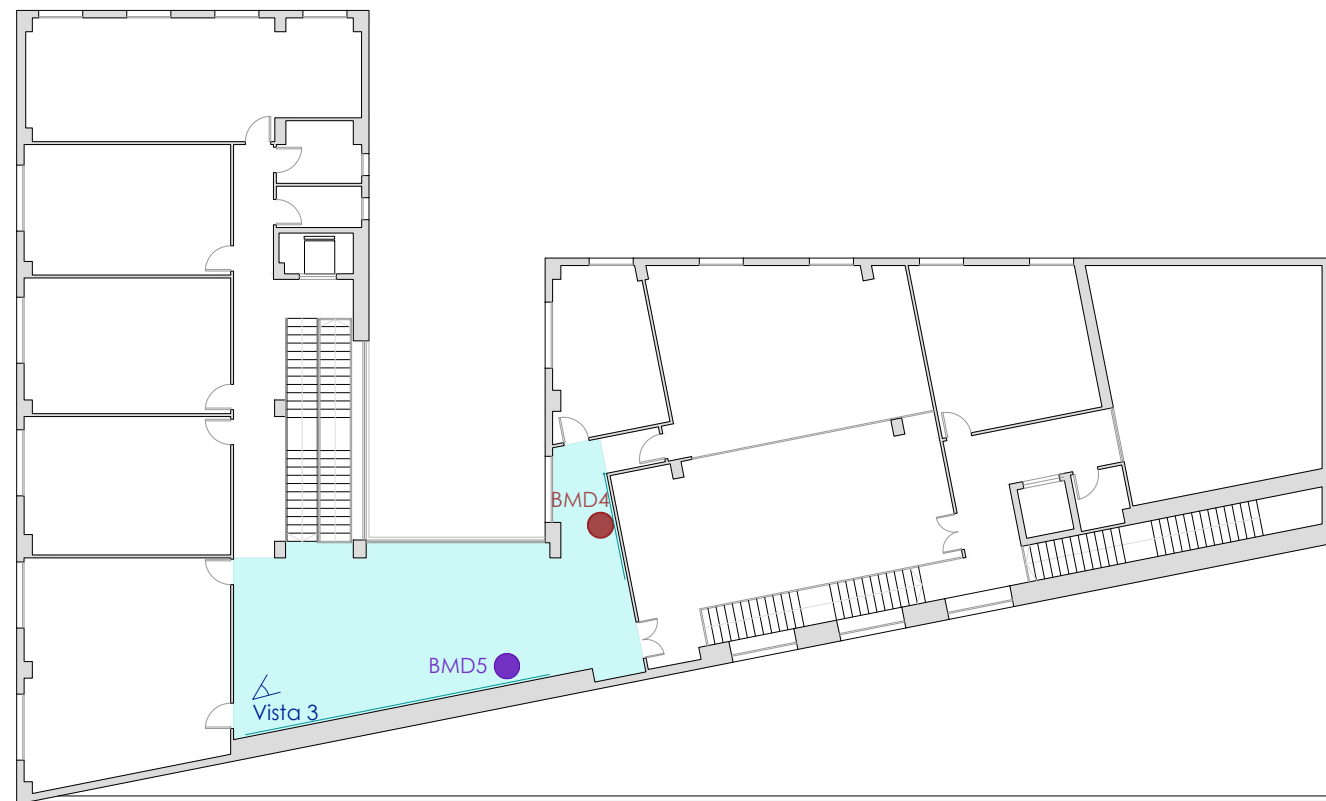




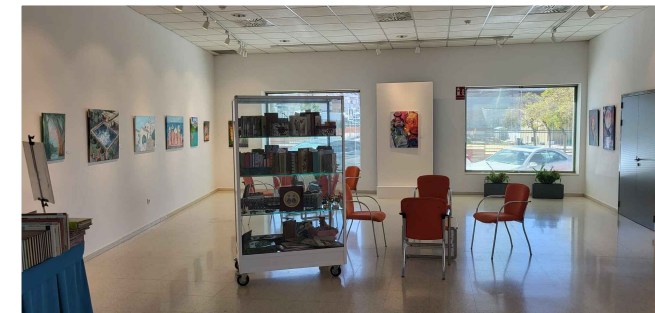
Planta Baja (+0,00m)



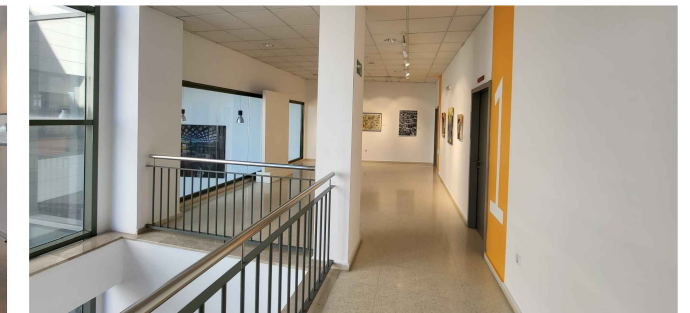
Planta Primera (+6,03m)



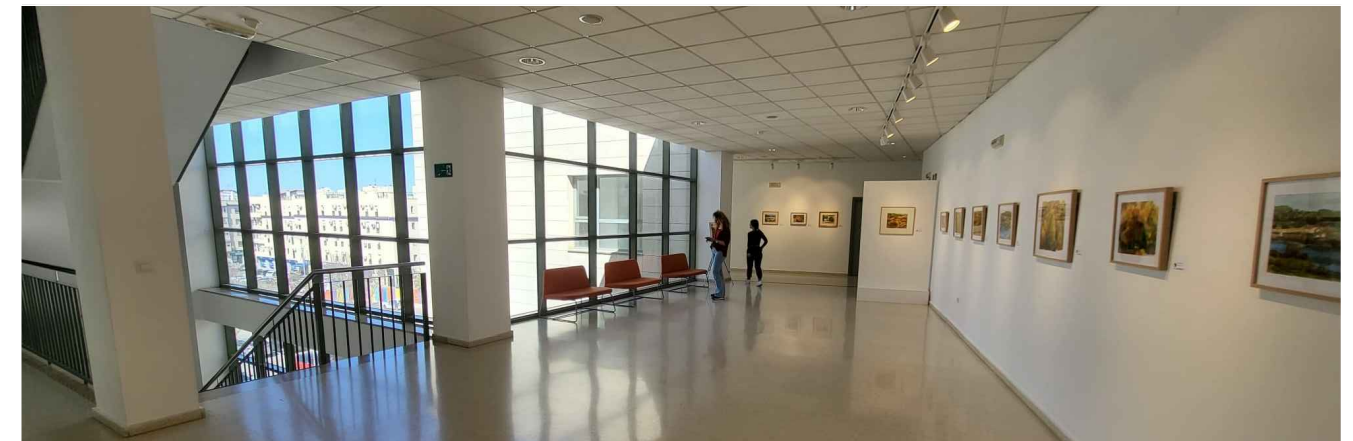
Planta Segunda (+15,00m)



VISTA 1



VISTA 2



VISTA 3