



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

**Esteban Andrés Beltrán Ramírez
Rubén Dario Ortiz Anaya**

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Bogotá, Colombia
2023

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

**Esteban Andrés Beltrán Ramírez
Rubén Darío Ortiz Anaya**

Trabajo final de Especialización presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Iluminación Pública y privada

Director (a):

Ing. Jesús María Quintero Quintero

Asesor (a):

Ing. Balmes Mauricio Polanco González

Línea de Investigación:

Iluminación Hospitalaria

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Bogotá, Colombia

2023

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

A nuestras familias, porque son el motor que mueve, y la luz que alumbra nuestras vidas.

“La luz puede ser suave, peligrosa, onírica, viva, muerta, clara, brumosa, cálida, violenta, fría, repentina, oscura, primaveral, vertical, lineal, oblicua, sensual, domeñada, limitadora, serena, venenosa, luminosa.

(Sven Nykvist)”

Declaración de obra original

Nosotros declaramos lo siguiente:

He(mos) leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi(nuestro) trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he(mos) realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He(mos) obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Nombre: Esteban Andrés Beltrán Ramírez



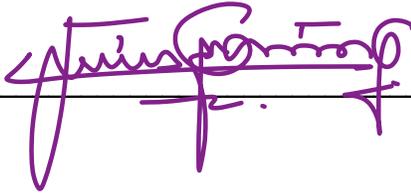
Nombre: Rubén Darío Ortiz Anaya

Fecha 23/05/2023

Firma de aval del Director

Nombre Director: Jasís M. Quintero

Firma



Fecha: Julio 11 2023

Resumen

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

El ciclo circadiano se ha tomado como un tema muy importante para el ser humano sobre todo en el tema de la salud y trabajo. La correcta iluminación de un espacio determinado ayuda a regular el ciclo circadiano de las personas y así mismo regular sus niveles de melatonina, la hormona que produce el cuerpo encargada de regular los ciclos de día y noche / ciclos de vigilia y sueño.

Para este caso de estudio, el diseño de iluminación del piso del hospital se enfoca principalmente en dos espacios: las habitaciones de hospitalización, donde los pacientes en recuperación requieren de niveles de iluminación específicos y la zona de trabajo de enfermeras para evitar que el ciclo circadiano de los trabajadores de la salud se vea alterado o afectado debido a sus largas jornadas de trabajo. Se realizará la comparación de 2 diseños de iluminación para el piso del hospital: el primer diseño básico cumpliendo únicamente con los requisitos de niveles de iluminación mínimos según una norma internacional o nacional avalada (como se realizan actualmente en Colombia) y un segundo diseño no solo teniendo en cuenta los requisitos de niveles de iluminación visual, sino el confort visual, ciclo circadiano y requerimientos de iluminación del estándar Well en 2 áreas (Hospitalización y Zona de trabajo enfermeras)

Palabras clave: Ciclo circadiano, Estandar Well, Hospitalización

Abstract

Lighting design of a hospital floor applying the WELL standard

The circadian cycle has been taken as a very important issue for the human being, especially in the field of health and work. The correct lighting of a certain space helps to regulate the circadian cycle of people and also regulate their levels of melatonin, the hormone produced by the body responsible for regulating the cycles of day and night / cycles of wakefulness and sleep.

For this case study, the lighting design of the hospital floor focuses mainly on two spaces: the hospitalization rooms, where recovering patients require specific lighting levels and the nurses' work area to prevent the circadian cycle of health workers from being altered or affected due to their long working hours.

The comparison of 2 lighting designs for the hospital floor will be made: the first basic design complying only with the requirements of minimum lighting levels according to an international or national standard endorsed (as currently done in Colombia) and a second design not only taking into account the requirements of visual lighting levels, but the visual comfort, circadian cycle and lighting requirements of the Well standard in 2 areas (Hospitalization and Nurses Work Area)

Keywords: Circadian cycle, Standard Well, Hospitalization.

Contenido

	Pág.
Resumen	6
Introducción	10
Objetivos	11
1. Capítulo 1: Justificación del problema	12
2. Capítulo 2: Marco de referencia	17
2.1 Ciclos Circadianos y Melatonina	17
2.2 Estímulos de luz: Supresión de Melatonina y Ciclo Circadiano	19
3. Capítulo 3: Estandar WELL – Instalaciones hospitalarias	21
3.1 DISEÑO DE ILUMINACIÓN VISUAL.....	22
3.1.1 Agudeza Visual para enfoque	22
3.1.2 Estrategias para el manejo del brillo.	22
3.2 DISEÑO DE LUZ CIRCADIANA.....	23
3.2.1 Intensidad de luz melanópica para áreas de trabajo.	24
3.3 CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ ELÉCTRICA.....	25
3.3.1 Protección de luminarias.....	25
3.3.2 Minimización de deslumbramiento.	26
3.4 CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO SOLAR.....	26
3.4.1 Sombreado por ventanas.....	26
3.4.2 Manejo de luz día.	27
3.5 DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO CON BAJO DESLUMBRAMIENTO.	27
3.5.1 Evitar el deslumbramiento.	27
3.6 CALIDAD DE COLOR.....	28
3.6.1 Índice de reproducción cromática (Color Rendering Index - CRI).	28
3.7 DISEÑO DE LAS SUPERFICIES.....	29
3.7.1 Reflectividad de la superficie del área de trabajo y aprendizaje.	29
3.8 SOMBREADO AUTOMATIZADO Y CONTROLES DE DIMERIZACIÓN.....	30
3.8.1 Control automatizado de la luz solar.....	30
3.8.2 Control automatizado de la luz solar.....	30
3.9 DERECHO A LA LUZ DIA.....	31
3.9.1 Ocupación del espacio.....	31
3.9.2 Acceso a las ventanas.....	31
3.10 MODELAMIENTO DE LA LUZ DIA.....	32
3.10.1 Exposición saludable a la luz solar.	32
3.11 VENTANAS Y LUZ DIA.....	33
3.11.1 Tamaños de ventanas para espacios de trabajo y aprendizaje.....	33
3.11.2 Transmitancia de ventanas para espacios de trabajo y aprendizaje.	33
3.11.3 Transmitancia de color uniforme.....	34
4. Capítulo 4. Diseño Básico de Iluminación	34
4.1 Requisitos de iluminación y selección de luminarias.	34
4.2 Cálculo del factor de mantenimiento.	39
4.3 Resultados obtenidos.....	45

5. Diseño complejo con estándar WELL en 2 áreas (estación enfermería y habitación bipersonal)	46
5.1 Requisitos de iluminación y selección de luminarias.	46
5.2 Cálculo del factor de mantenimiento	54
5.3 Resultados Obtenidos	54
5.3.1 Requisitos de iluminación general.	54
5.3.2 Requisitos de iluminación con estándar WELL.	55
6. Evaluación económica proyecto básico y proyecto complejo.	60
6.1 Evaluación económica proyecto básico.....	61
6.2 Evaluación económica proyecto complejo.....	62
7. Análisis y conclusiones.....	66
A. Anexo A: Cálculo de vida útil del proyecto básico y complejo.....	67
Bibliografía	69

Introducción

El ciclo circadiano es un ritmo biológico que tiene una duración de 24 horas y que regula muchos procesos fisiológicos en el cuerpo humano, como la temperatura corporal, la liberación de hormonas y el sueño. La luz es un factor clave en la regulación del ciclo circadiano y afecta directamente el estado de ánimo, energía y alerta.

La iluminación eléctrica de un espacio puede tener un impacto significativo en el ciclo circadiano, especialmente si no se utiliza adecuadamente. La exposición a la luz eléctrica durante la noche, por ejemplo, puede interrumpir el sueño y afectar negativamente la salud y bienestar de la persona, mientras que la exposición a la luz natural durante el día puede ayudar a regular el ciclo circadiano y mejorar la calidad de sueño.

Una forma de mejorar la iluminación en el lugar de trabajo es a través de la tecnología de iluminación circadiana, que imita los cambios de luz natural durante todo el día por medio de luminarias especializadas. La iluminación por medio de tecnología circadiana se puede programar para simular diferentes tipos de luz durante todo el día, desde temperaturas de color cálida al inicio de la mañana y horas de la tarde / noche, hasta temperaturas de color fría en lapsos donde la persona se encuentra en su ciclo de vigilia y requiere mayor atención o concentración para realizar sus actividades. Este tipo de tecnología es de una valiosa aplicación en entornos de atención médica, como hospitales y clínicas, no solo para mejorar el confort visual y garantizar los niveles de iluminación para trabajadores de la salud, sino también para mejorar la calidad del sueño y reducir el estrés en los pacientes en recuperación.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el diseño de iluminación de las áreas del piso de hospitalización del hospital ubicado en la ciudad de Bogotá

Objetivos Específicos

1. Desarrollar el diseño de iluminación en 2 áreas o zonas específicas del proyecto hospitalario: habitaciones de hospitalización cumpliendo con los requisitos propuestos por el WELL BUILDING ESTÁNDAR y RETILAP.
2. Evaluar técnica y económicamente las propuestas de diseño de iluminación de acuerdo con los requerimientos WELL BUILDING ESTANDAR y RETILAP.

1. Justificación del problema

Con base en la experiencia profesional y laboral como inspector de iluminación RETILAP (Esteban Beltrán) y diseñador de iluminación (Rubén Ortiz), se ha evidenciado que los diseños de iluminación para las instalaciones hospitalarias se realizan únicamente bajo la premisa de cumplir unos niveles de iluminación establecidos en reglamentos o normativas vigentes; esto conlleva a obtener diseños y construcción de sistemas de iluminación poco creativos, básicos, planos y convencionales.

Para dar solidez al argumento previamente planteado, se procede a clasificar todos los proyectos de inspección o diseño asociados a instalaciones hospitalarias o médicas que hemos realizado en 2 categorías: Diseño de iluminación básico y diseño de iluminación Complejo. El diseño de iluminación básico está compuesto por luminarias sencillas, tipo paneles LED (sin dimerización) y donde el control de iluminación se realiza mediante interruptores manuales y/o sensores de movimiento.

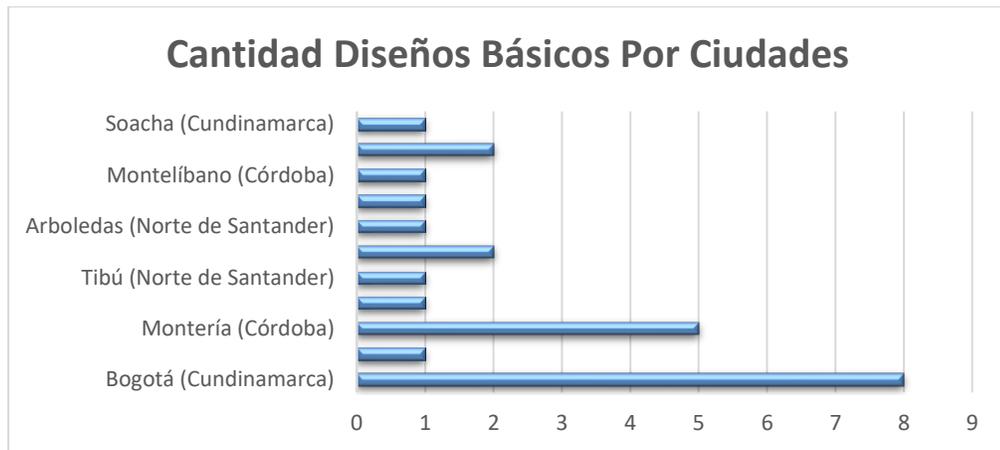
El diseño de iluminación complejo está compuesto por luminarias de alta gama, luminarias que pueden cambiar su temperatura de color, luminarias dimerizables, controles de iluminación avanzados y donde se tiene en cuenta la luz natural que ingresa a la instalación.

Luego de haber realizado la recolección de datos, se muestran los resultados generales en la tabla 1. En la figura 1-1 se reagrupan los datos de la tabla 1 por ciudad en específico.

Tabla 1: Proyectos de instalaciones hospitalarias a nivel nacional.

Ítem	Nombre del proyecto	Ubicación	Fecha Inspección / Diseño	Tipo de Iluminación (Básico / Complejo)
1	Hospital Materno Infantil	Floridablanca (Santander)	27-abr-20	Básico
2	Clínica Ortopédica	Montería (Córdoba)	10-ago-20	Básico
3	IPS Valle del Sol	Montelíbano (Córdoba)	13-may-21	Básico
4	CAMU La Apartada	La Apartada (Córdoba)	24-jun-21	Básico
5	IPS LA Gabarra	Tibú (Norte de Santander)	13-jul-21	Básico
6	Centro de imágenes diagnosticas IMEXHS	Bogotá (Cundinamarca)	14-ago-21	Básico
7	CAPS Libertadores	Bogotá (Cundinamarca)	16-sep-21	Básico
8	Centro Médico Sanitas Girardot	Girardot (Cundinamarca)	30-nov-21	Básico
9	Clínica Zayma	Montería (Córdoba)	21-dic-21	Básico
10	IPS Arboledas	Arboledas (Norte de Santander)	13-ene-22	Básico
11	CAPS Antonio Nariño	Bogotá (Cundinamarca)	16-sep-22	Básico
12	Clínica trauma y Fracturas	Montería (Córdoba)	28-oct-22	Básico
13	Clinica del sur	Bogotá (Cundinamarca)	10-nov-22	Básico
14	Centro de salud Gama	Gama (Cundinamarca)	11-nov-22	Básico
15	Clinica de ojos	Bogotá (Cundinamarca)	13-dic-22	Básico
16	Hospital CAMU Comuna 6	Montería (Córdoba)	17-ene-23	Básico
17	Vida en Plenitud	Montería (Córdoba)	6-feb-23	Básico
18	CAPS Candelaria	Bogotá (Cundinamarca)	13-abr-23	Básico
19	Clinica Colsubsidio	Ibagué (Tolima)	En curso	Básico
20	IPS Medilaboral	Bogotá (Cundinamarca)	10-abr-22	Básico
21	Clinica Colsubsidio	Girardot (Cundinamarca)	15-jun-22	Básico
22	Hospital Ciudad Verde	Soacha (Cundinamarca)	18-jun-22	Básico
23	Clinica CAIB	Ibagué (Tolima)	24-abr-20	Básico
24	Clinica Cafam	Bogotá (Cundinamarca)	10-mar-19	Básico

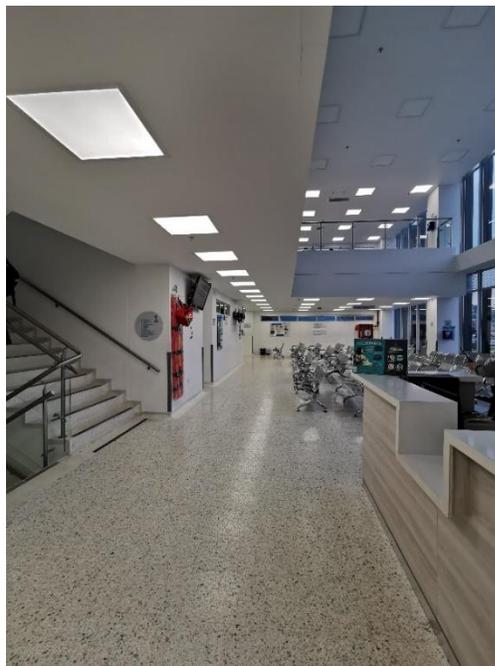
Figura 1-1: Cantidad de diseños básicos por ciudades.



Fuente: Propia

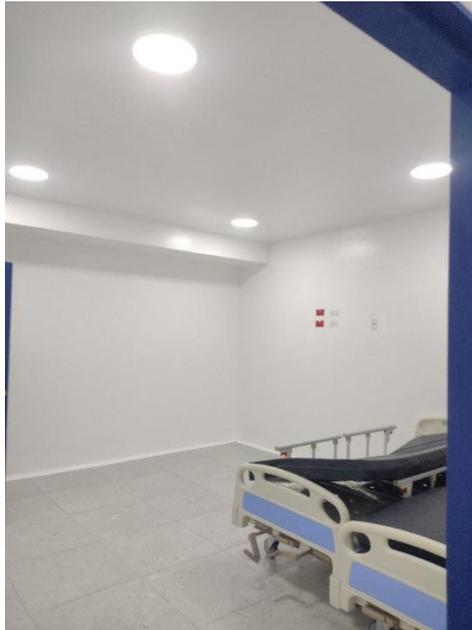
La evidencia fotográfica recolectada en esta fase se muestra a continuación. Las fotografías fueron tomadas por el ingeniero Esteban Beltrán mientras realizaba sus procesos de inspección RETILAP.

Figura 1-2: CAPS Candelaria - Bogotá D.C. (2023)



Fuente: Propia

Figura 1-3: Vida en plenitud – Montería (2023).



Fuente: Propia

Figura 1-4: IPS Valle del Sol – Montelíbano (2021).



Fuente: Propia

Figura 1-5: Centro de Salud Gama – Gama (2022).



Fuente: Propia

De los 24 proyectos evaluados se encuentra que NINGUNO posee un sistema de iluminación complejo. Adicionalmente, las ciudades donde se tienen mayor cantidad de proyectos con iluminación básica es Bogotá con 8, y Montería con 5.

Luego de haber realizado la recolección de los datos se puede inferir que los hospitales son espacios donde se requiere ir más allá de lo básico, y aparte de garantizar los niveles de iluminación por norma, se debe garantizar que las personas que se encuentran dentro de las instalaciones puedan realizar sus labores de manera adecuada y se sientan a gusto en el espacio. La iluminación debe ser controlada desde su diseño, hasta su instalación ya que ayuda a mejorar el bienestar y rendimiento médico, así como la salud del enfermo. Los 2 actores principales en este estudio será el personal médico y los pacientes que se encuentran en recuperación, es por ello que el diseño de iluminación complejo será realizado en la habitación del paciente y la zona de trabajo de las enfermeras.

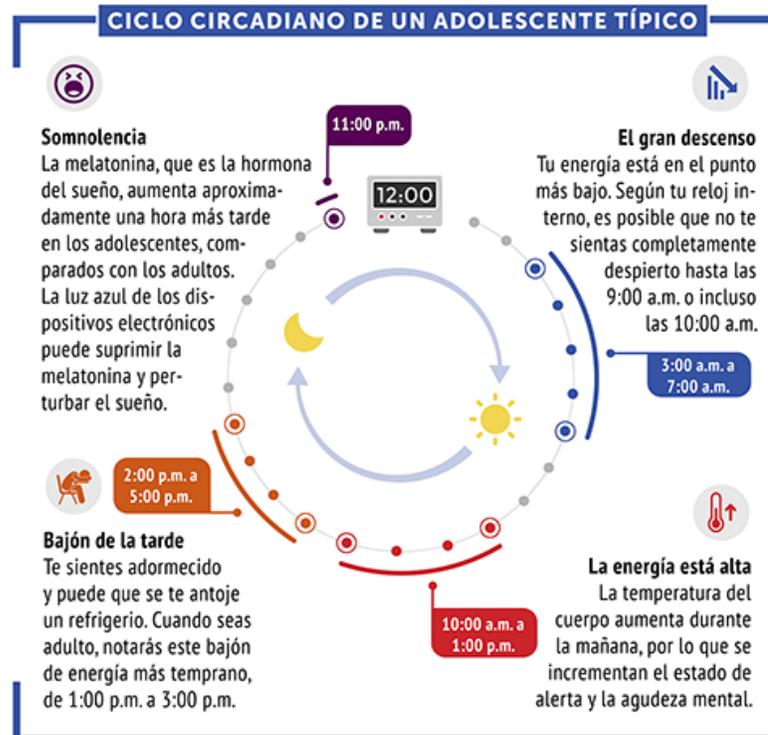
2. Marco de referencia

2.1 Ciclos Circadianos y Melatonina

El desarrollo de la industria y el comercio en el país ha ido en aumento con el paso del tiempo, en muchas industrias el horario laboral es de 24 horas al día durante todos los días del año, como lo es el caso de las instituciones médicas y hospitales. La iluminación eléctrica ha permitido desarrollar estas actividades en ausencia de luz natural diurna, sin embargo, esta exposición durante largos periodos de tiempo conlleva a tener problemas de salud, como por ejemplo el trastorno o cambio del ciclo o ritmo circadiano.

Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo de 24 horas. Estos procesos naturales responden, principalmente, a la luz y la oscuridad, y afectan a la mayoría de seres vivos, incluidos los animales, las plantas y los microbios. La cronobiología es el estudio de los ritmos circadianos. Un ejemplo de ritmo circadiano relacionado con la luz es dormir en la noche y estar despierto en el día. La Figura 2-1 muestra el ciclo de ritmo circadiano de un adolescente típico. [1]

Figura 2-1: Ciclo circadiano de un adolescente típico.



Fuente: National Institute of General Medical Sciences

Los ritmos circadianos se generan endógenamente y están alineados con el medio ambiente por factores exógenos. Es ampliamente conocido que, en los mamíferos, los ritmos circadianos están regulados por un reloj biológico interno ubicado en los núcleos supraquiasmáticos (SCN) contenidos dentro de la región del hipotálamo del cerebro. Las señales ambientales pueden restablecer y sincronizar el SCN diariamente, asegurando así que los ritmos fisiológicos y de comportamiento del organismo estén sincronizados con los ritmos diarios en su entorno. [3]

En las instituciones médicas los trabajadores de la salud y los pacientes en recuperación están expuestos a la luz eléctrica artificial por largos periodos de tiempo. Los cambios en el cuerpo y los factores ambientales pueden hacer que los ritmos circadianos y el ciclo natural luz-oscuridad no estén sincronizados; por ejemplo: el desajuste horario o el trabajo por turnos cambia el ciclo luz-oscuridad y la luz de los dispositivos electrónicos en la noche puede confundir los relojes biológicos. Estos cambios pueden causar trastornos del sueño y producir otras afecciones médicas crónicas, como obesidad, diabetes, depresión, trastorno bipolar y trastorno afectivo estacional [1]

Este tipo de trastorno es causado por individuos que cambian de forma repetida y rápida su horario de trabajo, donde el sistema circadiano no puede adaptarse con éxito a estos horarios invertidos. Este desorden se ha vuelto frecuente en los últimos años debido a la flexibilidad de horarios en el mercado laboral. Los turnos de trabajo rotativos y los turnos de noche son los más críticos porque fuerzan el sueño y la vigilia a posiciones extremas e impiden cualquier ajuste del ciclo biológico. El síntoma más frecuente es un periodo mixto de insomnio y somnolencia, disminuyendo el estado de alerta y el rendimiento, lo que conlleva mayores peligros, llevando incluso a duplicar el riesgo de accidentes mortales en el trabajo [2]

La melatonina es una hormona del cuerpo producida por la glándula pineal durante la noche y en condiciones de oscuridad, de ahí su apodo de “la hormona de la oscuridad”. Esta hormona del cuerpo juega un papel importante en el sueño. La producción y liberación de melatonina en el cerebro está relacionada con la hora del día, es decir que aumenta cuando está oscuro y disminuye cuando hay luz. Por lo tanto, la melatonina actúa como el principal sincronizador de información del reloj maestro entre los relojes periféricos; la

supresión de la hormona melatonina o un cambio en el momento de la secreción de melatonina puede provocar a la interrupción circadiana. [3]

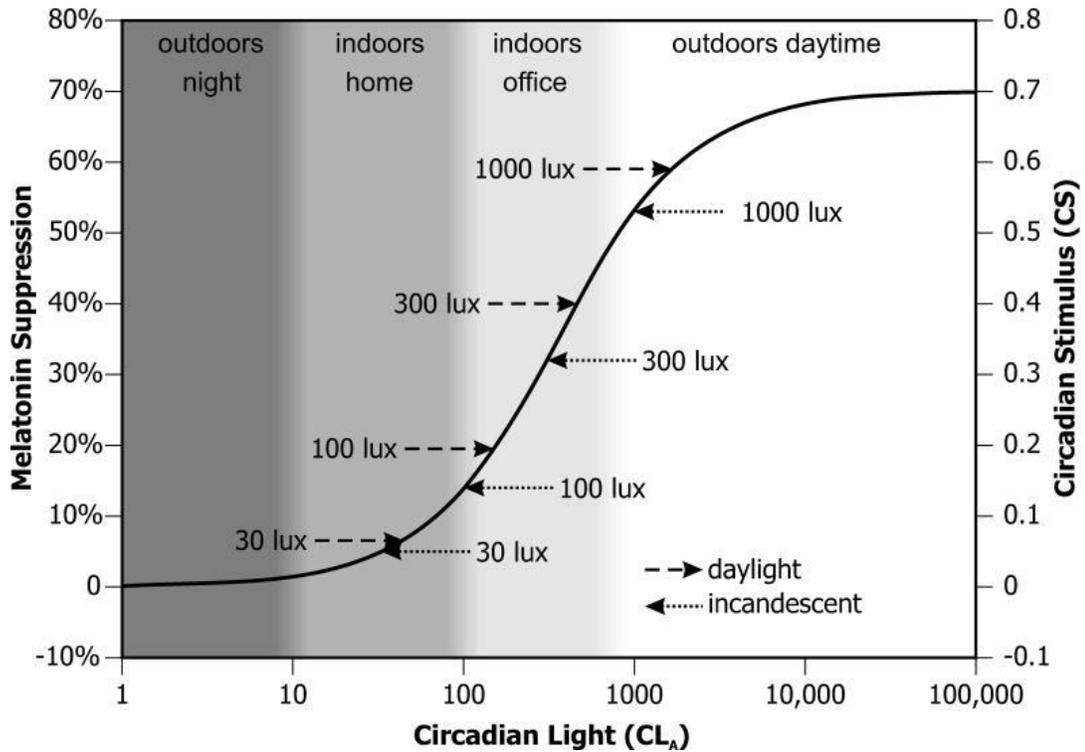
2.2 Estímulos de luz: Supresión de Melatonina y Ciclo Circadiano

Hay cinco características importantes de la luz tanto para el sistema visual humano como para el circadiano: cantidad, espectro, tiempo, duración y distribución. La sensibilidad espectral del sistema circadiano, nuevamente medida como supresión aguda de melatonina, alcanza su punto máximo en longitudes de onda cortas (es decir, cerca de 460 nm), mientras que el sistema visual es más sensible a la porción de longitud de onda media del espectro visible.

En el año 2005 Rea et al. propuso un modelo matemático de la foto transducción circadiana humana basado en el conocimiento fundamental de la neurofisiología y la neuroanatomía de la retina y en los datos del espectro de acción publicados para la supresión aguda de la melatonina. Usando este modelo, la densidad de la luz medida en la córnea se convierte en luz circadiana (CLA), que es comparable a la iluminancia fotópica convencional (es decir, la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie dada) pero ponderada por la sensibilidad espectral del sistema circadiano humano medida por la supresión aguda de melatonina después de una 1 hora de exposición.

El valor CLA se puede utilizar para determinar el estímulo circadiano (CS), que refleja la eficacia de la densidad ponderada espectralmente de la luz que incide en el ojo desde la ausencia de supresión o el umbral ($CS = 0,1$) hasta la saturación ($CS = 0,7$). En la figura 2-2 muestra la sensibilidad absoluta del sistema circadiano humano representada en función de CLA. Como referencia, los valores correspondientes para la iluminancia fotópica, CLA y CS para dos fuentes de luz comunes (incandescente y luz diurna)

Figura 2-2: Sensibilidad absoluta modelada del sistema circadiano humano basada en la supresión nocturna de melatonina.



Fuente: National Institute of General Medical Sciences

3. Capítulo 3: Estándar WELL – Instalaciones hospitalarias.

El campo de la construcción ha generado gran preocupación por el impacto que tiene sobre el medio ambiente, por este motivo el interés por los mejorar los estándares de construcción destinados a certificar la sostenibilidad de los edificios ha ido en aumento. Dado que estos edificios son usados por personas (recurso más importante y valorado dentro de las organizaciones) es necesario centrarse en el efecto que el entorno construido tiene sobre ellas. De esta manera se crea el estándar WELL, un sistema orientado a medir, certificar y monitorear el desempeño y las características de los edificios donde interactúan las personas, y que influyen sobre nuestra salud y bienestar. Combina las mejores prácticas de diseño y construcción junto con el aval de investigaciones médicas y científicas basadas en evidencias, y aprovecha el entorno construido como un medio para apoyar la salud y el bienestar de los ocupantes

WELL otorga certificaciones en distintos niveles (Núcleo y Envolverte, Plata, Oro y Platino), y está organizado en siete categorías de bienestar llamadas “conceptos básicos”. Estos son: Aire, Agua, Alimentación, Iluminación, Estado Físico, Confort y Mente. Cada concepto contine múltiples características destinadas a abordar aspectos específicos de la salud, el confort y el desempeño de los ocupantes. Para este caso, se evaluará únicamente la categoría de iluminación, donde se ofrecen pautas de iluminación para mantener los ciclos circadianos sincronizados teniendo en cuenta tanto la temperatura de color de las luminarias, los deslumbramientos molestos, y asegurando al máximo el aprovechamiento de la luz natural, generando así un aumento en la productividad, mejora la calidad del sueño y el confort visual.

En el capítulo de iluminación del libro oficial “The WELL Building Estándar – 2015” se tienen en cuenta 11 aspectos clave donde se establecen los requerimientos para poder obtener la certificación. A continuación se mencionan los 11 aspectos y que consideraciones se tienen en cuenta en cada uno de ellos.

3.1 DISEÑO DE ILUMINACIÓN VISUAL

En este apartado se establecen los niveles de luz para un rendimiento visual básico. Se propone como estrategia que la iluminación sea lo más uniforme posible, y que se implementen diversos tipos de iluminación como iluminación directa e iluminación focalizada cuando se requiera aumentar el nivel de iluminación en una superficie puntual. La intensidad se debe medir en lux, esta medida permite identificar la respuesta del ojo ante la luz ponderada de las células ubicadas en los conos de los ojos. Se debe tener en cuenta el nivel de luz adecuado dependiendo del tipo de actividad a realizar, reducir al mínimo el deslumbramiento molesto ocasionado por la fuente de luz o por reflexiones, así como un atractivo visual para el usuario. El nivel de iluminación ambiental es de 300 lux, los cuales son suficientes para la mayoría de tareas.

3.1.1 Agudeza Visual para enfoque

En los puestos de trabajo y escritorios se deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. El sistema de iluminación en el ambiente es capaz de mantener una intensidad de luz promedio de 215 lux o más, medido en el plano horizontal, 0.76 m por encima del piso terminado. Las luminarias pueden atenuarse en presencia de la luz del día, pero deberán proporcionar estos niveles de forma independiente.
- b. El sistema de iluminación ambiental está dividido en zonas independientes de no más de 46,5 m² o 20% de área de piso abierto de la habitación (lo que sea más grande).
- c. Si el nivel de iluminación en el ambiente es inferior a 300 lux, las luminarias de trabajo que proporcionan un rango de 300 a 500 lux en la superficie de trabajo deben estar disponibles bajo petición del usuario.

3.1.2 Estrategias para el manejo del brillo.

Se deben proporcionar estrategias para mantener el equilibrio de luminancia en los espacios, que tenga en cuenta al menos dos de los siguientes ítems:

- a. El brillo hace contraste entre las habitaciones principales y los espacios auxiliares, como pasillos y escaleras, si están presentes.

- b. El brillo contrasta entre las superficies de tareas y las superficies inmediatamente adyacentes, incluida la visualización adyacente pantallas de computadores.
- c. El brillo contrasta entre las superficies de tareas y las superficies remotas no adyacentes de la misma sala.
- d. El brillo se distribuye a través de los techos en una habitación determinada.

3.2 DISEÑO DE LUZ CIRCADIANA

La luz es uno de los principales impulsores del sistema circadiano, que comienza en el cerebro y regula los ritmos fisiológicos a lo largo de los tejidos y órganos del cuerpo, afectando los niveles hormonales y el ciclo sueño-vigilia. Los ritmos circadianos se mantienen en sincronización por varias señales, incluida la luz a la que el cuerpo responde de una manera facilitada por el ganglio retiniano intrínsecamente fotosensible células (ipRGC): fotorreceptores no formadores de imágenes de los ojos.

A través de las ipRGC, las luces de alta frecuencia e intensidad promueven el estado de alerta, mientras que la falta de este estímulo indica al cuerpo que reduzca el gasto de energía y se prepare para el descanso.

Los efectos biológicos de la luz en los seres humanos se pueden medir en Lux Melanópico Equivalente (EML), una métrica alternativa propuesta que se pondera a los ipRGC, en lugar de a los conos que es el caso del lux tradicional.

Esta unidad de Lux Melanópico Equivalente (EML) fue propuesta por Lucas y otros (Lucas et al., "Medición y uso de la luz en la era de la melanopsina". Trends in Neuroscience, enero de 2014). Los autores proporcionaron una caja de herramientas que para un espectro determinado deriva un lux " α -ópico" equivalente para cada uno de los cinco fotorreceptores en el ojo (tres conos, bastones y el ipRGCs). Los autores seleccionaron constantes de escala tales que cada uno de los valores serían idénticos entre sí y la definición estándar de lux para un espectro de luz de energía perfectamente uniforme (iluminante estándar CIE E).

Dado un espectro de luz, cada lux α -opic equivalente está relacionado entre sí por una constante. La siguiente tabla muestra las relaciones de ejemplo entre el lux melanópico equivalente y el lux visual estándar para varias fuentes.

Para calcular el lux melanópico equivalente (EML), se multiplica el lux visual (L) diseñado o medido en un edificio por esta relación (R): $EML = L \times R$. Por ejemplo, si las luces incandescentes proporcionan 200 lux en un espacio, también producirán 108 lux melanópicos equivalentes. Si la luz del día se modela para proporcionar el mismo brillo visual (200 lux), también proporcionará 220 lux melanópicos equivalentes. La tabla L1 muestra un factor que permite calcular el EML a partir del Lux fotópico tradicional. Para calcular el EML se debe obtener en lux fotópico tradicional y multiplicar por el factor mostrado en la tabla L1, de acuerdo al tipo de fuente de luz utilizada y su temperatura de color respectivo.

Tabla L1

CCT (K) Light Source	Ratio
2700 LED	0.45
3000 Fluorescent	0.45
2800 Incandescent	0.54
4000 Fluorescent	0.58
4000 LED	0.76
5450 CIE E (Equal Energy)	1.00
6500 Fluorescent	1.02
6500 Daylight	1.10
7500 Fluorescent	1.11

Fuente: Estandar WELL. 2015.

3.2.1 Intensidad de luz melanópica para áreas de trabajo.

Se debe cumplir al menos uno de los siguientes requisitos:

- Los modelos de luz o los cálculos de luz (que pueden incorporar luz diurna) muestran que al menos 250 lux melanópicos equivalentes están presentes en el 75% o más de las estaciones de trabajo, medidos en el plano vertical mirando hacia adelante, a 1,2 m sobre

el piso terminado (para simular la vista del ocupante cuando esta sentado). Este nivel de luz está presente durante al menos 4 horas al día durante todos los días del año.

b. Las luminarias proporcionan una iluminancia mantenida en el plano vertical de lux melanópico equivalente, mayor o igual a las recomendaciones de iluminancia vertical objetivo (Ev) para la categoría 25-65 en la Tabla B1 de IES-ANSI RP-1-12. Por ejemplo, los mostradores de recepción están provistos de 150 lux melanópicos equivalentes de las luminarias.

3.3 CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ ELÉCTRICA.

Las luminarias interiores brillantes y no difusas crean niveles de brillo desiguales en el campo visual. El deslumbramiento resultante, definido como "brillo excesivo de la fuente de luz, brillo excesivo contrastes y cantidad excesiva de luz", puede causar incomodidad visual (deslumbramiento incómodo), fatiga, discapacidad visual e incluso lesiones (deslumbramiento por discapacidad), y puede atribuirse al deslumbramiento directo o reflejado. En el caso de deslumbramiento causado por fuentes de luz eléctricas, las lámparas deben estar protegidas en función de su luminancia.

Esta característica establece límites al deslumbramiento en función de las medidas de luminosidad. Intensidad luminosa (lux), o luminancia por área de fuente de luz (cd/m^2). Las luminarias con mayor flujo luminoso requieren un mayor ángulo de blindaje o protección para reducir la probabilidad de crear un deslumbramiento directo para los ocupantes.

3.3.1 Protección de luminarias.

Las luminarias con los siguientes niveles de luminancia en espacios con regularidad de ocupación son protegidas o blindadas por los ángulos mostrados a continuación:

- a. Menos de $20.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ incluyendo fuentes reflejadas: no requieren protección.
- b. 20.000 a $50.000 \text{ cd}/\text{m}^2$: 15 grados
- c. 50.000 a $500.000 \text{ cd}/\text{m}^2$: 20 grados
- d. $500.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ o más: 30 grados.

3.3.2 Minimización de deslumbramiento.

En estaciones de trabajo y escritorios, se cumple el siguiente requisito:

- a. Las lámparas sin difusor y las superficies de luminarias a más de 53 grados por encima del centro de visión (grados por encima de la horizontal) deben tener luminancias inferiores a 8.000 cd/m²

3.4 CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO SOLAR

Aunque la luz brillante durante el día es adecuada para mantener una buena salud, los niveles no uniformes de brillo en el campo visual pueden causar fatiga visual e incomodidad. El deslumbramiento, o brillo excesivo, es causado por la dispersión de la luz dentro del ojo (dispersión intraocular), creando así un "velo" de luminancia que reduce el contraste de luminancia recibido por la retina. En los edificios, las fuentes de deslumbramiento a menudo son las luminarias sin difusores, o la luz solar que golpea directamente el ojo o las superficies reflectantes.

En esta sección se prescriben una variedad de soluciones para gestionar eficazmente el deslumbramiento perturbador que proviene de las ventanas, incluidos diseños de blindaje, deflectores, controles y vidrio regulable.

3.4.1 Sombreado por ventanas.

Al menos uno de las siguientes condiciones debe estar presente para todos los cristales o ventanas a menos de 2,1 m [7 pies] sobre el piso:

- a. El Sombreado interior de ventanas o persianas son controlables por los ocupantes o configuradas con un temporizador.
- b. Sistemas de sombreado externos son controlables por los ocupantes o configurados con un temporizador.
- c. Opacidad variable en los cristales, como el vidrio electrocrómico, que puede reducir la transmisividad en un 90% o más.

3.4.2 Manejo de luz día.

Al menos uno de las siguientes condiciones debe estar presente para todos los cristales o ventanas a menos de 2,1 m [7 pies] sobre el piso:

- a. El Sombreado interior de ventanas o persianas son controlables por los ocupantes o configuradas con un temporizador.
- b. Sistemas de sombreado externos son controlables por los ocupantes o configurados con un temporizador.
- c. Objetos o estantes que reflejan la luz solar hacía el techo
- d. Una película de micro-espejos en la ventana que refleja la luz solar había el techo.
- e. Opacidad variable en los cristales, como el vidrio electrocrómico, que puede reducir la transmisividad en un 90% o más.

3.5 DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO CON BAJO DESLUMBRAMIENTO.

El deslumbramiento se genera comúnmente cuando se produce una alta intensidad eléctrica o la luz natural se refleja en las superficies brillantes que pueden colocarse en ángulos subóptimos dentro y alrededor de los espacios de los ocupantes, en relación con a las ventanas. La incomodidad resultante puede ser un obstáculo para un ambiente de trabajo cómodo y efectivo. Ajustar el ángulo en el que la luz golpea una superficie puede ayudar a guiar la luz que puede reflejarse directamente en el ojo, por lo tanto evitan el deslumbramiento.

Esta sección busca minimizar el deslumbramiento y el contraste de alta luminancia entre las pantallas del computador y el fondo circundante a través de la consideración de la orientación espacial y los espacios de los ocupantes.

3.5.1 Evitar el deslumbramiento.

- a. Para minimizar el deslumbramiento causado por la luz solar entrante, todas las pantallas de computadora de escritorio ubicados dentro de 4.5 m [15 pies] de las ventanas se pueden orientar dentro de un ángulo de 20° perpendicular al plano de la ventana más cercana.

- b. Las luminarias ubicadas en la parte superior no están orientadas directamente a las pantallas de computadores.

3.6 CALIDAD DE COLOR.

La calidad del color es una función de la salida espectral de una fuente de luz, la absorbancia / reflectancia espectral de un objeto, y la sensibilidad de los fotorreceptores de cono del ojo a diferentes longitudes de onda de luz, que percibimos como color.

La calidad del color afecta el atractivo visual y puede contribuir o restar valor a la comodidad de los ocupantes. La mala calidad del color puede reducir la agudeza visual y la representación precisa de los objetos iluminados. Por ejemplo, los alimentos, los tonos de piel humana y las plantas pueden parecer opacos o insaturados bajo luces que tienen métricas de baja calidad de color.

Esta sección se basa en el uso del índice de reproducción cromática (CRI): una forma común de medir la calidad del color, capturando muestras métricas R1-R8. Aunque la muestra R9 no siempre se informa, también se incluye como parte de esta característica, ya que los valores de la muestra R9 tienen en cuenta cómo percibimos la saturación de tonos más cálidos.

3.6.1 Índice de reproducción cromática (Color Rendering Index - CRI).

Para representar con precisión los colores en el espacio y mejorar la comodidad de los ocupantes, todas las luces eléctricas (excepto los accesorios decorativos, luces de emergencia y otras luces especiales) cumplen las siguientes condiciones:

- a. Índice de reproducción cromática Ra (CRI, promedio de R1 a R8) de 80 o superior.
- b. Índice de reproducción cromática R9 de 50 o superior.

3.7 DISEÑO DE LAS SUPERFICIES.

La exposición a la luz no solo facilita la formación de imágenes y la percepción del color, sino que también puede desencadenar una serie de efectos no visuales que implican la regulación del ciclo circadiano. La exposición a la luz ocurre principalmente a través de dos formas: (1) directamente de fuentes luminosas, y (2) indirectamente de superficies reflejadas. Dado que la mayor parte de la luz que se encuentra dentro de los edificios es reflectante, la calidad y tipo de superficies afecta negativamente la cantidad de luz que finalmente llega al ojo.

Esta sección establece parámetros para la calidad reflectante de las superficies para controlar la intensidad general de la luz dentro de un espacio. Las superficies con valores de reflectancia de luz (Light Reflectance Values - LRV) más bajos absorben la luz de la fuente y dan como resultado una menor intensidad general de la luz. Los LRV más altos hacen que la superficie refleje más luz de la fuente, lo que resulta en una mayor intensidad de luz y promueve el estado de alerta y la actividad. La elección de superficies con valores LRV más altos representa una buena estrategia para asegurar que una cantidad suficiente de luz llegue al ojo sin aumentar el consumo de energía o el deslumbramiento

3.7.1 Reflectividad de la superficie del área de trabajo y aprendizaje.

Se cumplen los siguientes valores de reflectancia lumínica (LRV):

- a. Los techos tienen un LRV promedio de 0.8 (80%) o más para al menos el 80% de la superficie en espacios ocupados regularmente.
- b. Las paredes tienen un LRV promedio de 0.7 (70%) o más para al menos el 50% de la superficie directamente visible desde espacios ocupados regularmente.
- c. El mobiliario del espacio de trabajo tiene un LRV promedio de 0.5 (50%) o más para el 50% de área de la superficie directamente visible desde espacios ocupados regularmente.

3.8 SOMBREADO AUTOMATIZADO Y CONTROLES DE DIMERIZACIÓN.

Las características de diseño, como las persianas ajustables y las luces con atenuadores, deben gestionarse activamente para que sean efectivos. Los controles automatizados pueden ayudar a garantizar que estos sistemas operen según lo previsto y cumplan con los beneficios previstos, como la prevención del deslumbramiento y la reducción de energía. Además, configurar estas características para que se ajusten automáticamente puede contribuir en gran medida a la comodidad sin interrumpir a los ocupantes de otras áreas.

Esta característica requiere sistemas de control automatizados para garantizar que las persianas de las ventanas se utilicen de manera efectiva para bloquear el resplandor de la luz solar y que los controles de iluminación se empleen para limitar el flujo luminoso emitido de la luz eléctrica cuando la luz solar cumple con los niveles de iluminación requeridos, representando así una estrategia tanto para el ahorro de energía como para una mejor experiencia de los ocupantes.

3.8.1 Control automatizado de la luz solar.

Todas las ventanas de más de 0,55 m² [6 ft²] deben tener lo siguiente:

a. Dispositivos de sombreado que se activan automáticamente cuando los sensores de luz indican que la luz solar podría contribuir al deslumbramiento en las estaciones de trabajo.

3.8.2 Control automatizado de la luz solar.

Se cumplen los siguientes requisitos en todas las áreas principales del espacio de trabajo:

a. Toda la iluminación, excepto las luminarias decorativas, se programa utilizando sensores de ocupación para atenuarse automáticamente al 20% o menos (o apagarse) cuando la zona está desocupada.

b. Toda la iluminación, excepto las luminarias decorativas, tiene la capacidad y están programadas para atenuarse continuamente en respuesta a la luz del día.

3.9 DERECHO A LA LUZ DIA.

La exposición a niveles adecuados de luz solar es fundamental para la salud y el bienestar, aportando a la comodidad visual y posibles ganancias psicológicas y neurológicas: hay beneficios fisiológicos medibles al recibir la calidad de la luz proporcionada por el sol, así como informes subjetivos positivos de los ocupantes capaces de disfrutar del acceso a la luz solar. La proximidad a las ventanas, las vistas al exterior y la luz del día en los espacios interiores son algunos de los elementos de diseño más buscados. Como tal, los edificios deben utilizar la luz del día como fuente primaria de iluminación en la mayor medida.

Para garantizar que la luz del día se maximice dentro de los edificios, esta función establece distancias mínimas desde las ventanas hasta los espacios ocupados regularmente.

3.9.1 Ocupación del espacio.

Se cumple el siguiente requisito:

- a. El 75% del área de todos los espacios ocupados regularmente se encuentra dentro de los 7,5 m [25 pies] de distancia de las ventanas.

3.9.2 Acceso a las ventanas.

Se cumplen las siguientes condiciones:

- a. El 75% de todos los escritorios o asientos ocupados regularmente están a menos de 7,5 m [25 pies] de un atrio o una ventana con vista al exterior.
- b. El 95% de todos los escritorios o asientos ocupados regularmente se encuentran a menos de 12,5 m [41 pies] de un atrio o una ventana con vista al exterior.

3.10 MODELAMIENTO DE LA LUZ DIA.

La exposición a cantidades apropiadas de luz natural refuerza la alineación de nuestros ritmos circadianos y reduce la dependencia de la iluminación eléctrica. Sin embargo, la luz solar excesiva puede causar deslumbramiento y contraste visual no deseado. Esto no solo es importante tenerlo en cuenta a lo largo del día, sino también a lo largo del año, de modo que los ocupantes puedan disfrutar de los beneficios de la exposición a la luz del día en todas las estaciones.

Esta característica requiere que las personas dentro de un edificio reciban una amplia exposición a la luz solar natural y permite a los diseñadores versatilidad para una variedad de escenarios y diseños de iluminación natural. La autonomía espacial de la luz diurna describe los niveles mínimos de iluminación natural en los espacios, mientras que la exposición anual a la luz solar coloca un tope en niveles inapropiadamente altos de luz solar.

3.10.1 Exposición saludable a la luz solar.

Las simulaciones de iluminación de luz día demuestran las siguientes condiciones:

1. La autonomía espacial de la luz del día (sDA300,50%) se logra para al menos el 55% del espacio regularmente ocupado. En otras palabras, al menos el 55% del espacio recibe al menos 300 lux de luz solar durante al menos el 50% de las horas de funcionamiento por año.
- b. La exposición anual a la luz solar (ASE1000,250) se logra para no más del 10% del espacio ocupado regularmente. En otras palabras, no más del 10% del área puede recibir más de 1000 lux durante 250 horas por año.

3.11 VENTANAS Y LUZ DIA

La exposición a la luz natural puede mejorar el estado de ánimo de los ocupantes, el estado de alerta y la salud en general. La iluminación ideal implica una exposición adecuada a la luz diurna difusa, así como un diseño cuidadoso de las ventanas y el acristalamiento para evitar el deslumbramiento excesivo y la ganancia de calor. Por lo tanto, las ventanas son una variable clave para garantizar que los ocupantes reciban suficiente luz para efectos fisiológicos y subjetivos positivos y también para que el exceso de luz no cause incomodidad o se convierta en una fuente de distracción. El equilibrio entre el rendimiento energético, el confort de temperatura y el acceso a la luz natural de calidad son esenciales para el diseño adecuado del edificio.

Esta característica describe los parámetros de diseño para que las ventanas optimicen la cantidad y calidad de la luz del día al igual que minimizan el deslumbramiento no deseado y la ganancia de calor térmico.

3.11.1 Tamaños de ventanas para espacios de trabajo y aprendizaje.

Se cumplen las siguientes condiciones:

- a. La relación ventana-pared medida en elevaciones externas está entre 20% y 60%. Los porcentajes superiores al 40% requieren sombreado externo o acristalamiento de opacidad ajustable para controlar la ganancia de calor no deseada y el deslumbramiento.
- b. Entre el 40% y el 60% del área de la ventana está al menos a 2,1 m [7 pies] por encima del suelo (vidrio de luz diurna).

3.11.2 Transmitancia de ventanas para espacios de trabajo y aprendizaje.

Se cumplen las siguientes condiciones de transmitancia visible (Visible Transmittance - VT) para todos los vidrios no decorativos:

- a. Todo vidrio ubicado a más de 2.1 m [7 pies] del piso (Daylight Glass) tiene una transmitancia visible VT del 60% o más.

b. Todo vidrio ubicado a 2,1 m [7 pies] o menos del piso (Vision Glass) tiene una transmitancia visible VT del 50% o más

3.11.3 Transmitancia de color uniforme

Todas las ventanas utilizadas para la iluminación natural cumplen con los siguientes requisitos:

a. La transmitancia de luz visible de longitudes de onda entre 400 y 650 nm no varía en más de un factor de 2.

4. Capítulo 4. Diseño Básico de Iluminación.

Actualmente en Colombia, el diseño de iluminación de hospitales se realiza basado únicamente para cumplir con los requisitos de niveles de iluminación mínimos según una norma internacional o nacional avalada. La norma más común utilizada es la resolución 180540 de 2010 Reglamento Técnico de instalaciones Eléctricas – RETILAP.

A continuación se muestra el proceso de diseño básico para el piso del hospital y se muestran los resultados obtenidos.

4.1 Requisitos de iluminación y selección de luminarias.

Para establecer los requisitos normativos de niveles de iluminación, valor de deslumbramiento UGR, valor de uniformidad y valor de eficiencia energética VEEI se toma como referente la resolución 180540 de 2010 – Reglamento Técnico De Iluminación y Alumbrado Público RETILAP.

A continuación se muestra en la tabla 4-1 las áreas del piso del hospital y sus respectivos requisitos de iluminación:

Tabla 4-1: Requisitos de iluminación por áreas.

Área	Norma clasificación	Iluminancia media (lx)	UGR	Norma clasificación	Uniformidad	Norma clasificación	VEEI
Habitación Bipersonal	RETILAP Tabla 410.1	300 - 750	19	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	4,5
Baños	RETILAP Tabla 410.1	200 - 400 *	25	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	4,5
Pasillo circulación	RETILAP Tabla 410.1	50 - 150	28	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	4,5
Estación de enfermería	RETILAP Tabla 410.1	500 - 1000	19	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	3,5
Depósito de medicamentos	RETILAP Tabla 410.1	100 - 200	25	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	5
Trabajo Limpio	RETILAP Tabla 410.1	100 - 200	25	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	5
Descanso enfermeras	RETILAP Tabla 410.1	200 - 500	19	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	3,5
Depósito de equipos	RETILAP Tabla 410.1	100 - 200	25	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	5
Sala de espera	RETILAP Tabla 410.1	50 - 150	22	RETILAP Tabla 410.4	0,4	RETILAP Tabla 440.1	4,5

Fuente: Propia

* Para los baños el RETILAP establece una iluminancia media entre 100 – 200 luxes. Sin embargo, este requisito lumínico no tiene en cuenta la edad de personas mayores (60 años en adelante). Debido a esto se aumentan los niveles a un rango de 200 – 400 lux.

Para la selección de luminarias se utilizarán 3 luminarias distintas de la marca STAND ILUMINACIONES para realizar el diseño básico. Se muestran los nombres, imágenes de referencia y fichas técnicas de las respectivas luminarias.

Figura 4-1: Ficha técnica Bala Stil Led Flat 10W Redonda

 Vida Útil
100.000 Horas
L70 B10 @ 65°C

 Garantía
7 Años

 Chip 2835
Samsung

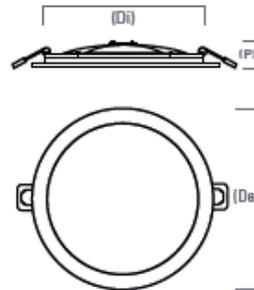
BALA STIL LED FLAT 10W DIMERIZABLE*

*Todos nuestros productos cumplen RETILAP



Información Técnica

Familia	Platino Elite
Tipo de Fuente	Mid Power
Certificado RETILAP	SLFLAT-SAMSUNG-PLATINO-10WMV
Hermeticidad Luminaria	IP40
Driver	Stil Led 240mA
Hermeticidad Driver	Indoor
Atenuación	Fase
Voltaje de operación	85 - 220VAc
Frecuencia	50/60HZ
Potencia Nominal	10W
Potencia Real	8.65W
Flujo Luminoso(Lm)	420Lm
Eficacia luminica	48Lm/W
Temperatura de Operación	0°C hasta 40°C
Reproducción de Color IRC	≥80%
Ángulo de Apertura	112°
Temperatura del Color	3500K - 4000K - 6500K
UGR	≤19 (Depende de diseño)
Sistema de Fijación	Incrustar
Factor de Potencia	0.55
Distorsión Armónica	≤20%
Protección eléctrica	Clase I
Pasos McAdams	3 SDCM
Accesorios	N/A

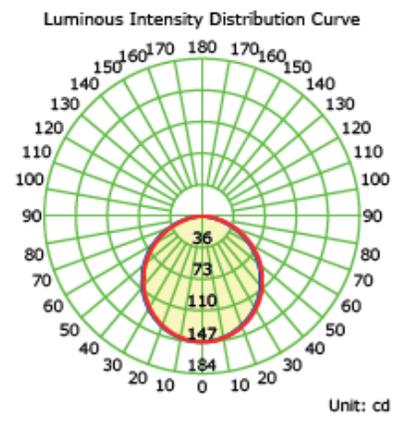


Medidas

Profundidad (P)	2.30cm
Diametro Int. (Di)	10.7cm (4.21")
Diametro Ext. (De)	12.2cm (4.80")
Peso	0.30Kg

Carcasa o cuerpo

- Aluminio Inyectado
- Pintura Electrostatica
- Policarbonato



Fuente: STAND Iluminaciones

Figura 4-2: Ficha técnica Bala Stil Led Flat 13W Redonda.

 Vida Útil
100.000 Horas
L70 B10 @ 55°C

 Garantía
7 Años

 Chip 2835
Samsung

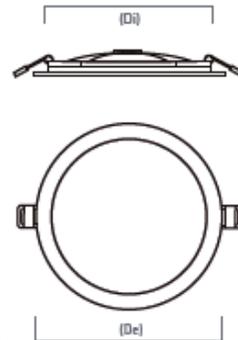
BALA STIL LED FLAT 13W*

*Todos nuestros productos cumplen RETILAP



Información Técnica

Familia	Platino Elite
Tipo de Fuente	Mid Power
Certificado RETILAP	SLFLAT-SAMSUNG-PLATINO-13WMV
Hermeticidad Luminaria	IP40
Driver	WeledPower WP-UL-12-36-0.35A
Hermeticidad Driver	IP66
Atenuación	No
Voltaje de operación	100 - 277Vac
Frecuencia	50/60HZ
Potencia Nominal	13W
Potencia Real	13.02W
Flujo Luminoso(Lm)	1250Lm
Eficacia luminica	96Lm/W
Temperatura de Operación	-25°C hasta 40°C
Reproducción de Color IRC	≥80%
Ángulo de Apertura	109°
Temperatura del Color	3000K - 3500K - 4000K - 6500K
UGR	≤19 (Depende de diseño)
Sistema de Fijación	Incrustar
Factor de Potencia	0.99
Distorsión Armónica	≤20%
Protección eléctrica	Clase I
Pasos McAdams	3 SDCM
Accesorios	N/A

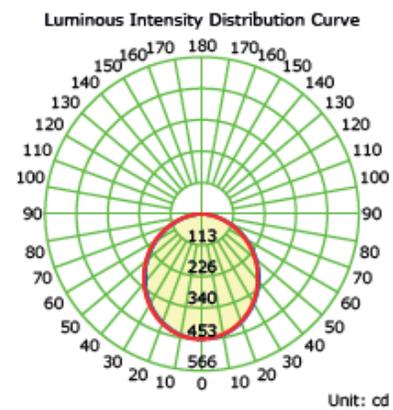


Medidas

Profundidad (P)	2.2cm
Diametro Int. (Di)	14.4cm (5.67")
Diametro Ext. (De)	16cm (6.30")
Peso	0.40Kg

Carcaza o cuerpo

Aluminio Inyectado
Pintura Electrostática
Policarbonato



Fuente: STAND Iluminaciones

Figura 4-3: Ficha Técnica Panel Stil LED Backlight 603x603 36W



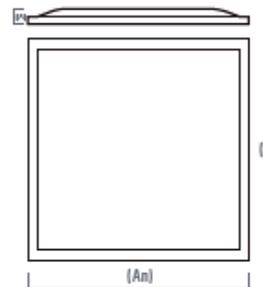
PANEL STIL LED BACKLIGHT 603X603 36W*

*Todos nuestros productos cumplen RETILAP



Información Técnica

Familia	Platino Elite
Tipo de Fuente	Mid Power
Certificado RETILAP	LST1093
Hermeticidad Luminaria	IP40
Driver	Stil Led 900mA
Hermeticidad Driver	Indoor
Atenuación	No
Voltaje de operación	100 - 277VAc
Frecuencia	50/60HZ
Potencia Nominal	36W
Potencia Real	34.77W
Flujo Luminoso(Lm)	3695Lm
Eficacia luminica	106Lm/W
Temperatura de Operación	0°C hasta 40°C
Reproducción de Color IRC	≥80%
Ángulo de Apertura	114°
Temperatura del Color	6500K
UGR	≤19 (Depende de diseño)
Sistema de Fijación	Incrustar / Descolgar
Factor de Potencia	0.99
Distorsión Armónica	≤20% (2.5% @ 119.9VAc)
Protección eléctrica	Clase I
Pasos McAdams	3 SDCM
Accesorios	N/A

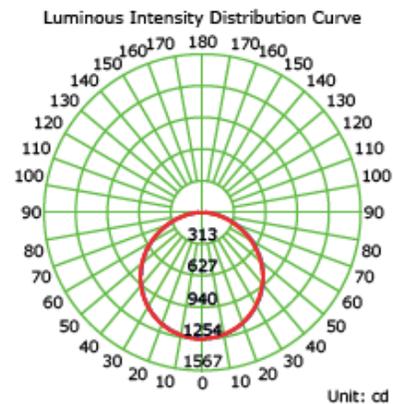


Medidas

Largo (L)	60.3cm
Ancho (An)	60.3cm
Alto (A)	3.5cm
Peso	1.50Kg

Carcaza o cuerpo

Aluminio Blanco
Polipropileno Microlenticular



Fuente: STAND Iluminaciones

4.2 Cálculo del factor de mantenimiento.

Para realizar el cálculo del factor de mantenimiento de la instalación interior se usa el método establecido en la norma CIE 97 2005 “Guía sobre el mantenimiento de sistemas de iluminación interior”. De acuerdo al numeral 4.1 de la norma mencionada se tienen que seguir los siguientes pasos para determinar el valor del factor de mantenimiento FM:

Paso 1 Selección de luminarias para la aplicación interior (Tablas 2.1 y 2.2)

La tabla 2.1 clasifica distintos espacios y su intervalo de inspección de acuerdo a la actividad o tarea en el local. Para el caso de los hospitales el intervalo de inspección es de 3 años, con un ambiente muy limpio (Very Clean -VC).

Table 2.1. Recommended inspection intervals of lighting systems in different working environments.

Inspection interval	Environment	Activity or task area
3 years	Very Clean (VC)	Clean rooms, semi conductor plants, hospital clinical areas*, computer centres
	Clean (C)	Offices, schools, hospital wards
2 years	Normal (N)	Shops, laboratories, restaurants, warehouses, assembly areas, workshops
1 year	Dirty (D)	Steelworks, chemical works, foundries, welding, polishing, woodwork

* For reason of hygiene control, more frequent inspection may be required.

Fuente: CIE 97: 2005

En la tabla 2.2 se evidencian los intervalos de limpieza de acuerdo al tipo de luminaria instalada en el proyecto. Para el caso del hospital, se instalarán luminarias con carcasa cerrada y un grado de protección IP de 2X como mínimo.

Table 2.2. Approximate cleaning intervals (marked by X) for luminaires used in various environments.

Cleaning Intervals Environment Luminaire type	3 years			2 years			1 year		
	VC C	N	D	VC C	N	D	VC C	N	D
A, Bare batten 	X				X				X
B, Open top housing (natural ventilated) 	X				X				X
C, Closed top housing (unventilated) 	X			(X)				X	
D, Enclosed IP2X 	X			(X)				X	
E, Dust proof IP5X 	X	X				X			
F, Enclosed indirect (uplight) 				X			(X)	X	
G, Airhandling, forced ventilated 	X	X				X			

where VC is very clean, C is clean, N is normal and D is dirty atmosphere in the environment (see Table 2.1).

Fuente: CIE 97: 2005

Paso 2 Determinación del intervalo de reemplazo de lámparas por grupo

Para determinar el intervalo de reemplazo de lámparas, se tomará en cuenta la vida útil que menciona el fabricante en la ficha técnica de la luminaria: 100.000 horas L70 B10.

Asumiendo que las luminarias están encendidas las 24 horas al día, el reemplazo de las luminarias tendrá que hacerse a los 136 meses. Sin embargo, dadas las condiciones del local (hospital) las luminarias deberán ser reemplazadas en un periodo máximo de 5 años (la mitad de la vida útil mostrada en las fichas técnicas).

Paso 3. Determinación de valores LLMF y LSF según tabla 3.2

Los valores de LLMF (lamp lumen maintenance factor) factor de depreciación por flujo luminoso de la luminaria y LSF (lamp survival factor) factor de supervivencia, se encuentran detallados en la tabla 3.2, mostrada a continuación

		differences ¹	Burning hours in thousand hours												
			0,1	0,5	1	2	4	6	8	10	12	15	20	30	
Incandescent	LLMF	moderate	1,00	0,97	0,93										
	LSF	big	1,00	0,98	0,50										
Halogen	LLMF	big	1,00	0,99	0,97	0,95									
	LSF	big	1,00	1,00	0,78	0,50									
Fluorescent tri-phosphor	LLMF	moderate	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
	LSF	moderate	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,94	0,50		
Flourescent tri-phosphor	LLMF	moderate	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,92	0,90	0,90	0,90	0,90			
	LSF	moderate	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50			
Flourescent halophosphate	LLMF	moderate	1,00	0,98	0,96	0,95	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75			
	LSF	moderate	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,92	0,50			
Compact fluorescent	LLMF	big	1,00	0,98	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85					
	LSF	big	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	0,86	0,50					
Mercury	LLMF	moderate	1,00	0,99	0,97	0,93	0,85	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76		
	LSF	moderate	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,90	0,86	0,79	0,69	0,50		
Metal halide (250/400 W) ²	LLMF	big	1,00	0,98	0,95	0,90	0,87	0,83	0,79	0,65	0,63	0,58	0,50		
	LSF	big	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,92	0,86	0,80	0,73	0,66	0,50		
Ceramic metal halide (50/150 W)	LLMF	big	1,00	0,95	0,87	0,75	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56				
	LSF	big	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,95	0,80	0,50				
High pressure sodium (250/400 W)	LLMF	moderate	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,94	0,90	
	LSF	moderate	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	0,95	0,92	0,50	
LED ³	LLMF	big	Data is changing too rapidly.												
	LSF	big	Data is changing too rapidly.												

Fuente: CIE 97:2005

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

La norma no establece valores dado que en ese tiempo la tecnología LED estaba en auge y los hallazgos de las investigaciones sobre esta tecnología cambiaban muy rápidamente. Para el valor de LLMF se toma 0,95 que es un valor usual en la tecnología LED. Para el factor LSF se tomará como 1, es decir que justo cuando una luminaria se dañe, deberá ser reemplaza inmediatamente. Por lo tanto, se sugiere al propietario o responsable de la instalación, tener luminarias de reemplazo almacenadas.

Paso 4. Evaluación de la categoría de limpieza del interior (Tabla 2.1)

La tabla 2.1 clasifica distintos espacios y su intervalo de inspección de acuerdo a la actividad o tarea en el local. Para el caso de los hospitales el intervalo de inspección es de 3 años, con un ambiente muy limpio (Very Clean -VC), tal como se había determinado en el paso 1.

Paso 5. Determinar el período de limpieza de las luminarias y las superficies de la habitación

Se sugiere un periodo de limpieza de superficies (paredes, pisos, techos y ventanas) de 6 meses. Con este periodo se logra mantener la reflectancia de las superficies blancas, y adicionalmente se logra mitigar la reducción de flujo luminoso de las luminarias por ensuciamiento.

Paso 6. Determinar valor de LMF (Tabla 3.4)

Para determinar el valor de LMF (luminaire maintenance factor) se toma como referencia la tabla 3.4 de acuerdo al periodo de limpieza escogido en el paso 4 y el tipo de luminaria instalada según tabla 2.2. Para este caso: el periodo de limpieza es de 0,5 años, con un espacio muy limpio (Very Clean) y una luminaria tipo D (Cerrada IP 2X) o superior. De acuerdo a la tabla el valor de LMF es 0,94.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

Table 3.4. Examples of luminaire maintenance factors (LMF).

Elapsed time between cleanings in years	0	0,5				1,0				1,5				2,0				2,5				3,0									
	Environment																														
Luminaire type (see Table 2.2)	Any	VC	C	N	D	VC	C	N	D																						
A	1	0,98	0,95	0,92	0,88	0,96	0,93	0,89	0,83	0,95	0,91	0,87	0,80	0,94	0,89	0,84	0,78	0,93	0,87	0,82	0,75	0,92	0,85	0,79	0,73						
B	1	0,96	0,95	0,91	0,88	0,95	0,90	0,86	0,83	0,94	0,87	0,83	0,79	0,92	0,84	0,80	0,75	0,91	0,82	0,76	0,71	0,89	0,79	0,74	0,68						
C	1	0,95	0,93	0,89	0,85	0,94	0,89	0,81	0,75	0,93	0,84	0,74	0,66	0,91	0,80	0,69	0,59	0,89	0,77	0,64	0,54	0,87	0,74	0,61	0,52						
D	1	0,94	0,92	0,87	0,83	0,94	0,88	0,82	0,77	0,93	0,85	0,79	0,73	0,91	0,83	0,77	0,71	0,90	0,81	0,75	0,68	0,89	0,79	0,73	0,65						
E	1	0,94	0,96	0,93	0,91	0,96	0,94	0,90	0,86	0,92	0,92	0,88	0,83	0,93	0,91	0,86	0,81	0,92	0,90	0,85	0,80	0,92	0,90	0,84	0,79						
F	1	0,94	0,92	0,89	0,85	0,93	0,86	0,81	0,74	0,91	0,81	0,73	0,65	0,88	0,77	0,66	0,57	0,86	0,73	0,60	0,51	0,85	0,70	0,55	0,45						
G	1	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,93	0,99	0,97	0,94	0,89	0,99	0,96	0,92	0,87	0,98	0,95	0,91	0,86	0,98	0,95	0,90	0,85						

Fuente: CIE 97:2005

Paso 7. Determinar valor de RSMF (Tabla 3.6)

Para determinar el valor de RSMF (Room surface maintenance factor) factor de mantenimiento de las superficies del local, se toma como referencia las tablas 3.6, de acuerdo a las reflectancias de las superficies (techo/paredes/piso), el ambiente del local Muy Limpio (Very Clean) y el intervalo de limpieza de las superficies (0,5 años). La reflectancia de las superficies es alta debido al tipo de material y color del local (blanco). Por lo tanto, el valor de RSMF es de 0,97.

Table 3.6. Table of Room Surface Maintenance Factor (*RSMF*) for direct flux distribution (*DFD* = 0,0).

Reflectances ceiling/walls/floor	time/yrs	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
	environment	room surface maintenance factors – utilisation plane												
0,80/0,70/0,20	very clean	1,00	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
	clean	1,00	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
	normal	1,00	0,88	0,86	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	dirty	1,00	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
0,80/0,50/0,20	very clean	1,00	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
	clean	1,00	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
	normal	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
	dirty	1,00	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
0,80/0,30/0,20	very clean	1,00	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	clean	1,00	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	normal	1,00	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	dirty	1,00	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

Fuente: CIE 97:2005

Paso 8. Cálculo del factor de mantenimiento *FM*

Luego de haber obtenido los valores de *LLMF*, *LSF*, *LMF* y *RSMF* se procede a calcular el valor del factor de mantenimiento de la instalación con la siguiente ecuación:

$$FM = LLMF * LSF * LMF * RSMF = 0,95 * 1 * 0,94 * 0,97 = 0,86$$

4.3 Resultados obtenidos.

Luego de haber realizado la simulación en el software Dialux con las luminarias elegidas y el factor de mantenimiento calculado, se procede a mostrar en la tabla 4-3 los resultados para cada una de las zonas propuestas.

Tabla 4-3: Resultados de iluminación obtenidos – diseño Básico

Área	Iluminancia media (lx)	Uniformidad	UGR	VEEI
Habitación 4 Bipersonal	646	0,73	18,3	0,61
Habitación 5 Bipersonal	637	0,58	18,3	0,69
Habitación 6 Bipersonal	502	0,61	14,2	0,64
Habitación 7 Bipersonal	507	0,68	17	0,64
Baño habitación 4	390	0,83	10	0,98
Baño habitación 5	288	0,5	10	0,94
Baño habitación 6	324	0,77	10	0,9
Baño habitación 7	292	0,73	10	0,83
Pasillo circulación	130	0,58	19,9	1,04
Estación de enfermería	896	0,68	16,1	0,8
Depósito de medicamentos	128	0,87	10	1,88
Trabajo Limpio	121	0,84	10	1,85
Descanso enfermeras	320	0,64	18,9	0,67
Depósito de equipos	152	0,83	0,83	1,6
Sala de espera	130	0,58	19,9	1,04
WC Personal Hombre	179	0,88	10	2,5
WC Personal Mujer	179	0,9	10	2,5

Se concluye que en todos los espacios se cumplen con los requisitos lumínicos de iluminancia media, uniformidad, índice de deslumbramiento UGR y valor de eficiencia energética VEEI establecidos en la tabla 4-1.

5. Diseño complejo con estándar WELL en 2 áreas (estación enfermería y habitación bipersonal)

Para el diseño complejo no solo se buscará cumplir con los requisitos de iluminación establecidos en la tabla 4-1. Se busca que en este diseño la estética, el confort visual y el ciclo circadiano de las personas que están presentes sean los pilares para implementar una iluminación novedosa. Para cumplir con este propósito se implementarán luminarias con diseños novedosos, modernos y originales. De igual manera, estas luminarias tienen una tecnología “tuneable White” que permite cambiar la temperatura de color a medida que transcurre el día. Adicionalmente, estas luminarias tienen la característica de ser dimerizables, lo que permite un control total a las personas que interactúan en los diferentes espacios. Adicionalmente, se implementarán los requisitos del estándar WELL en una habitación bipersonal (paciente) y en los puestos de trabajo de enfermería. Actualmente en Colombia, el diseño de iluminación de hospitales se realiza basado únicamente para cumplir con los requisitos de niveles de iluminación mínimos según una norma internacional o nacional avalada.

5.1 Requisitos de iluminación y selección de luminarias.

Las conclusiones constituyen un capítulo independiente y presentan, en forma lógica, los resultados del trabajo. Las conclusiones deben ser la respuesta a los objetivos o propósitos planteados. Se deben titular con la palabra conclusiones en el mismo formato de los títulos de los capítulos anteriores (Títulos primer nivel), precedida por el numeral correspondiente (según la presente plantilla).

Las conclusiones deben contemplar las perspectivas de la investigación, las cuales son sugerencias, proyecciones o alternativas que se presentan para modificar, cambiar o incidir sobre una situación específica o una problemática encontrada. Pueden presentarse como un texto con características argumentativas, resultado de una reflexión acerca del trabajo de investigación.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

Para establecer los requisitos normativos de niveles de iluminación, valor de deslumbramiento UGR, valor de uniformidad y valor de eficiencia energética VEEI se toma como referente la resolución 180540 de 2010 – Reglamento Técnico De Iluminación y Alumbrado Público RETILAP. Estos requisitos ya fueron establecidos en la tabla 4-1.

Para la selección de luminarias se utilizarán 5 luminarias de distintas marcas: DELTALIGHT, IGuzzini, LAMP, High lights y Cooper Ligthing para realizar el diseño complejo. Se muestran los nombres, imágenes de referencia y fichas técnicas de las respectivas luminarias.

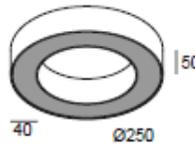
Figura 5-1: Ficha Técnica Luminaria Super OH! XS 25 DIM8 B

DELTA LIGHT*

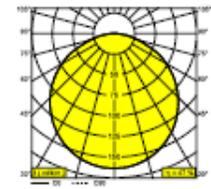


SUPER-OH! XS 25 DIM8 B
308 21 02 83 ED8 B

DISPONIBLE EN
NEGRO 308 21 02 83 ED8 B
BLANCO 308 21 02 83 ED8 W



40 | 50
Ø250





 [Ver en el sitio web](#)

Información general	
UBICACIÓN	interior
INSTALACIÓN	Techo Al superficie, Pared Al superficie
PROTECCIÓN DE INGRESO	IP40
PESO (KG)	0.6
CAPACIDAD DE AJUSTE	no ajustable
INFORMACIÓN	INCL.PC.SBL
Información eléctrica	
ELÉCTRICO	220-240V / 50-60Hz
CLASE	II
FUENTE DE ALIMENTACIÓN INCLUIDA	YES
TIPO DE ATENUACIÓN	con corte de fase
CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA	F
Información de la fuente de luz	
Lightsource Name	LED
Fuente de luz	LED cluster 13,5W / CRI>80 / 3000K / 1470lm
Información técnica LED (fuente de luz)	1470lm // 13,5W // 109lm/W
Información técnica LED (luminaria)	691lm // 16W // 45lm/W

Fuente: DELTA LIGHT

Figura 5-2: Ficha técnica iGuzzini Linealuce EX85 Empotrable Lineal

Linealuce

Design Jean-Michel
Wilmette

iGuzzini

Última actualización de la información: Febrero 2023

Configuraciones productos: EX85
EX85: Empotrable lineal – Warm White – 48 Vcc DALI – L=610mm – Óptica Wide Flood – cristal antideslizamiento



Código producto
EX85: Empotrable lineal – Warm White – 48 Vcc DALI – L=610mm – Óptica Wide Flood – cristal antideslizamiento

Descripción
Luminaria de iluminación directa para lámparas de leds monocromáticos, 48 Vcc regulable DALI con función de búsqueda y direccionamiento y cristal antideslizamiento. Instalación empotrable en pavimento, pared y techo. Posibilidad de instalación en fila continua hasta una longitud máxima de 10,5 m solo para instalación empotrable en pavimento. Compuesto por cuerpo, tapas de cierre, cuerpo de empotramiento y tapones a pedir por separado. Cuerpo de aluminio extruido con extremos de aluminio fundido a presión que incluyen juntas silicónicas. Proceso de pintado con pretratamiento multi fase de desengrasado, flúor-zirconio (capa de protección superficial) y sellado (capa nanoestructurada de silanos). Pintura acrílica líquida y cocción a 150 °C para proporcionar alta resistencia a los agentes atmosféricos y a los rayos UV. Caja inferior de cableado de PPS (sulfuro de polifenileno). Cuerpo óptico cerrado por la parte superior con apantallamiento de cristal antideslizamiento (conforme con la clase R13 según la norma DIN 51130), de 8 mm de espesor sellado con silicona. Con placa multilíed de potencia monocromáticos y controlador electrónico DALI de 48 Vcc (alimentador a pedir por separado). Incluye ópticas con lente de material plástico (metacrilato). En la parte inferior del cuerpo óptico está colocada una caja de PPS (sulfuro de polifenileno) con dos prensacables PG11 de latón niquelado para cableado pasante, adecuados para cables de 8,5 a 12,5 mm de diámetro. Para fijar el cuerpo óptico al cuerpo de empotramiento o al falso techo, el producto incorpora un sistema de enganche rápido mediante llaves de cabeza hexagonal. Todos los tornillos externos son de acero inoxidable A2.

Colores
Blanco (01) | Negro (04) | Gris (15) | Marrón óxido (F5)

Peso (Kg)
2.55

Montaje
empotrable en la pared|Empotrable de pavimento|empotrable en el techo|empotrable en el suelo

Equipo
Incluye tarjeta de control DALI 44 - 52 Vcc. El producto dispone para la conexión eléctrica de una caja inferior que contiene la clemata de conexión (5+5 polos, máx. 2,5 mm²) y dos prensacables PG11 de latón niquelado para cableado pasante, adecuados para cables de 8,5 a 12,5 mm de diámetro.

Notas
Producto con tecnología led.

Se conforma con EN60598-1 y regulaciones pertinentes









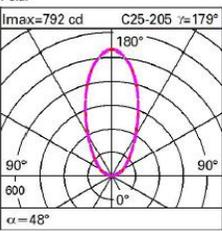


Datos técnicos

Im de sistema:	878
W de sistema:	21.5
Im de la fuente:	2250
W de la fuente:	17
Eficiencia luminosa (lm/W, valor del sistema):	40.8
Im en modo emergencia:	-
Flujo total de emisión en un ángulo de 90° o superior [Lm]:	878
Light Output Ratio (L.O.R.) [%]:	39
Ángulo de apertura del haz de luz [°]:	48°
CRI (mínimo):	80
Temperatura de color [K]:	2700

MacAdam Step:	3
Life time (vida útil) LED 1:	100,000h - L80 - B10 (Ta 25°C)
Life time (vida útil) LED 2:	100,000h - L80 - B10 (Ta 40°C)
Pérdidas del transformador [W]:	4.5
Voltaje [Vin]:	48
Código de lámpara:	LED
Número de lámparas por grupo óptico:	1
Código ZVEI:	LED
Número de grupos ópticos:	1
Rango de temperatura ambiente operativa:	de -30°C a 50°C.
Control:	DALI

Polar



	h	d1	d2	Em	Emax
2	1.8	1.8	147	198	
4	3.6	3.6	37	49	
6	5.3	5.3	16	22	
8	7.1	7.1	9	12	

Fuente: iGuzzini

Figura 5-3: Ficha técnica LAMP FIL 50 G2 OPAL REC 3000 NW DALI WH Perfil LED lineal

Ficha técnica de producto

FIL 50



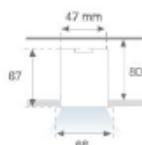
F52RC120MOOP840DW



FIL 50 G2 OPAL REC 3000 NW DALI WH.

Descripción:

Estructura para empotrar modelo FIL 50 REC 1137 de la marca LAMP. Fabricada en extrusión de aluminio reciclado con una tasa del 80%, con difusor de policarbonato opal. Modelo para LED MID-POWER, con temperatura de 4000K con CRI80 y equipo electrónico Dali incorporado. Con un grado de protección IP42, IK07. Clase de aislamiento I. Seguridad fotobiológica grupo 0. Horas de vida: 70.000 L80 B10. Acabados disponibles: Blanco y gris.



Acabado: Blanco mate RAL 9010

Dimensiones: 1.137 x 66 x 67 mm

Peso: 2.166 g

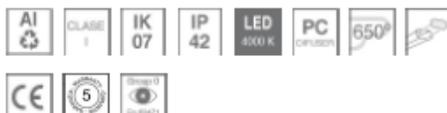
Instalación: Empotrado

Medidas empotramiento: 1.147 x 52 x 80 mm

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Flujo de salida:	2.004 lm	K:	4000
Plum:	21,3W	IRC:	80
Eficacia:	94,1 lm/W	MacAdam:	3
Fuente de Luz:	MID POWER TRIDONIC	Alimentación:	220-240V 50/60Hz
Horas de vida led:	70.000 L80 B10 (Ta=25°C)	Equipo:	Regulable DALI
Pied:	19W		

Tolerancia del flujo de salida +/- 10%



Ficha técnica de producto

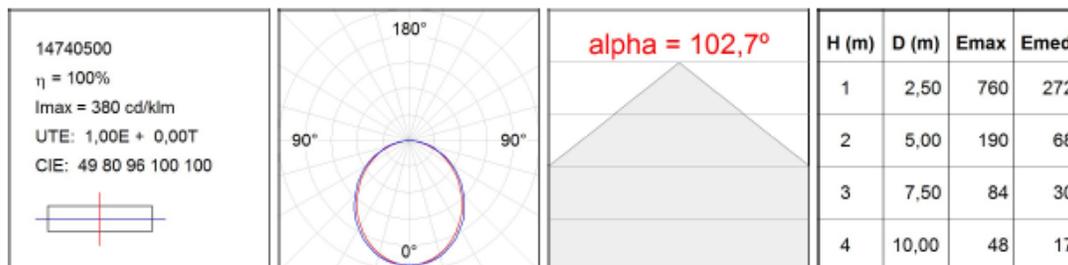
FIL 50



F52RC120MOOP840DW

FIL 50 G2 OPAL REC 3000 NW DALI WH.

DATOS FOTOMÉTRICOS :



Fuente: LAMP

Figura 5-4: Ficha Técnica High Lights Panel LED Downlight 15W



LED DOWNLIGHT 15W

<https://highlights.com.co/led-downlight-15w.html>



Características

Luminaria para empotrar en Dry Wall o en techo falso para nueva obra o preexistentes. Estas luminarias están equipadas con Leds de alto rendimiento con excelente balance energético, larga duración. Diseño elegante con difusor opaco, con un ángulo de radiación de 60°

Tipos de Montaje

Empotrar Techo

Espacios Recomendados

Interior

Marca



Acabados



blanco

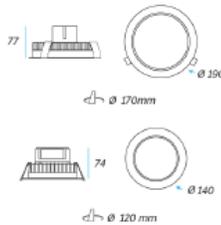
Características eléctricas y fotométricas

IP:	44
Voltaje de operación:	120 - 240 / 120 - 277

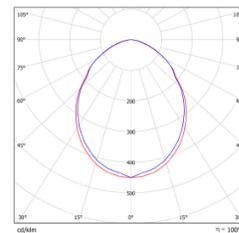
Beneficios

Familia:	Downlights
Vida útil:	50000 hr
McAdam:	3 Step Inicial 4 Step Final
IRC:	80
Garantía:	2 años
Certificación:	RETILAP

Dimensiones

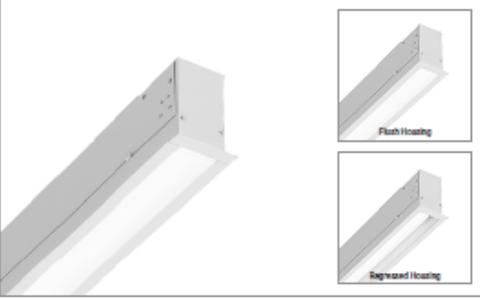


Potencia(W)	15
Grados	60
Flujo Módulo(lm)	1400
Flujo real(lm)	1394
Temperatura de Color(K)	4000
Corriente(A)	-
Eficiencia(lm/W)	93
Eficiencia	100
Difusor	OPAL



Fuente: Highlights

Figura 5-5: Ficha técnica Luminaria Cooper Lighting Neo Ray Define 2 (tuneable White).



Neo-Ray

Define 2

LED
Recessed
Direct

Typical Applications

Office • Education • Healthcare • Hospitality • Retail

Product Certification





Product Features

VividTune

Interactive Menu

- Order Information page 2
- Shielding Options page 3
- Photometric Data page 4
- Integrated Sensor Details page 6
- VividTune page 7

Top Product Features

- Specifiable to the nearest 1" in length
- Satin Lens, Asymmetric Lens and Drop Lens available
- Flush and Regressed Housing
- Customizable lumen packages
- Precision extended trims fit a variety of different architectural ceiling types
- Industry leading performance and efficacy
- [Standard and custom corners / transitions available](#)
- Options to meet Buy American Act requirements

Neo-Ray

Define 2 LED Recessed

Product Specifications

Construction

- Available in Flush and Regressed Housing
- Precision cut housing trim extruded from 6063 aluminum with aluminum frame
- Extruded end-caps ensure a precise and uniform ceiling interface
- Nominal 2" - 12" illuminated sections used in run configuration and/or individual fixtures

Finish

- Electrostatically applied polyester powder coat paint

LED Module

- Modular LED tray assembly comprising reflector, light engine, led driver and quick disconnect wire-harness for ease of installation and maintenance over the life of the luminaire

Light Engine

- Offered with three next generation Neo-Ray light engines delivering industry leading efficacy and long-life
- LED's are available in 2700K, 3000K, 3500K, 4000K or VividTune ranges of 2700K-6500K and 3000K-5000K
- CRI options of either ≥80CRI or ≥90CRI (Lumen output will be affected - please refer to the lumen adjustment factor table)

LED Drivers

- LED system coupled with electrical driver
- Traditional electronic drivers are available for 120-277V and 347V applications
- Cooper Lighting Solutions's DLVP Low voltage drivers are available for 48VDC applications

Controls and Integrated Sensors

- Equipped standard with a 0-10V continuous dimming driver. Compatible with most standard dimming devices
- Additional control types are available (DALI, Lutron, DLVP) at an additional cost
- WaveLinx and Enlighted wireless sensors as well as stand-alone sensors available

Mounting

- Recessed

Lengths

- Available in any length (23" min) with a resolution of 1 inch. Max section length of 12ft (8ft max option available)
- Additional fixture lengths are available please consult factory. All lengths are nominal
- VividTune available as standard product in 1ft resolution
- Actual sizes are one inch shorter than nominal to allow easy in-grid installation
- For Gypsum or Flangeless installations add 1 inch to overall fixture length (e.g. 4F1 for 48" length)
- Refer to ceiling type section of specification sheet and submittal drawings for actual sizes

Corners and Transition Pieces

- Corners and other transition pieces are fully luminous
- Constructed using precision mitered frame and lens components
- The frame is welded to ensure a precise and robust assembly
- Standard 90° horizontal and vertical corners as well as custom corners are available
- [Consult corner and pattern addendum for additional information](#)
- Alternative transition pieces such as T's, Y's, X's, etc. are also available ☺

Snap-In Lensing Options

- Satin Flush - Flush, high diffusion glare-free lens
- Satin Drop - 1" Drop, high diffusion glare-free lens
- Asymmetric - Flush, low-glare Asymmetric lens
- Flush options ship with our patent-pending underlens solution, the proud lens ships with an injection molded end cap to eliminate light leak

Reflectors

- Precision formed cold-rolled steel reflectors with high reflectivity
- Ultra high reflectivity used with High Performance light engine

Lumen Maintenance

- 90% (L90) of initial light output at 100,000+ hrs
- 70% (L70) of initial light output at 400,000+ hrs
- Derived from TM-21 standard @25°C ambient and typical operating conditions

Custom Lumen Output

- Custom lumen output expressed option in Lumens per foot (e.g. -7250 for 72.5 Lms/ft down). Refer to additional detail on page 4.

Electrical

- Dimming provided as standard
- Dimming wires capped with wire-nuts for non-dimming applications
- Optional battery backup options provided
- Default battery location is internal to fixture
- Default emergency section is 4ft in length and located at the beginning of the fixture unless designated elsewhere
- Estimated lumen output = battery wattage * min efficacy (see performance table)
- The EPC option will bypass local controls and dimming upon loss of normal power. This option is required when the fixture has both integrated sensors and emergency circuiting

Integrated Sensors

- Please reference page 6 for details

Weight

- 2.65 lbs per foot

Approvals

- cULus - listed for damp locations
- RoHS compliant
- Meets NYC requirements
- Meets CCEC requirements
- IC Rated for insulation contact (except where noted)
- Tested to IESNA LM-79 and LM-80
- Can be used for State of California Title 24 high efficacy luminaire
- DesignLights Consortium® Qualified and classified for both DLC Standard and DLC Premium, refer to www.designlights.org for details

Warranty

- Five year warranty standard.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

Photometric Overview and Performance Data

Performance Per Linear Foot at 3500K/80CRI

Nominal Output	Standard and VividTune Light Engine		High Performance Light Engine	
	lms/ft	W/ft	lm/W	lm/W
290	3.0	99	2.9	102
485	4.8	101	4.4	108
675	6.8	100	6.1	108
865	8.9	97	8.1	106
1005	10.6	95	9.7	103

Lumen Adjustment Factors

CCT	80CRI	90CRI
2700K	N/A	0.801
3000K	0.943	0.815
3500K	1.000	0.861
4000K	1.010	0.892

LUMEN ADJUSTMENT CALCULATIONS

Example 1 - Adjusted Lumen Output

Nominal Lumen Output selected = 1025 lms/ft (based on standard of 3500K/80CRI)
Lumen Adjustment Factor = 0.801 (2700K/90CRI desired)

Adjusted Lumen Output = Nominal Lumen Output x Lumen Adjustment Factor
Adjusted Lumen Output = 1025 lms/ft x 0.801 = 821 lms/ft

Example 2 - Custom Lumen Output based on Required Lumens Per Foot

Total light output (4ft) requirement of 2800 lms, desired CCT and CRI of 4000K/80CRI

Total required lumens per foot @ 4000K = 2800 lms / 4 ft = 700 lms/ft
Lumen Adjustment Factor = 1.018 (Requirement based on 4000K / 80CRI)

Total required lumens per foot @ 3500K / 80CRI = 700 lms/ft + 1.018 = 688 lms/ft

Estimated efficacy = 121 lm/W (find nearest value using table above)

Estimated power consumption = 688 lms/ft + 121 lm/W = 5.69 W/ft

Custom Lumen Output

Total Light Output Range (lms/ft)

CCT	80CRI	90CRI
2700K	N/A	158-886
3000K	186-1043	161-901
3500K	197-1106	170-952
4000K	199-1117	176-987

If your requirement is expressed in power consumption (W/ft) rather than light output, you can use the power to lumen output curves to convert power consumption to light output for specification.

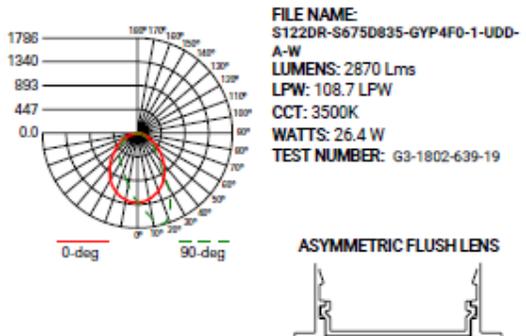
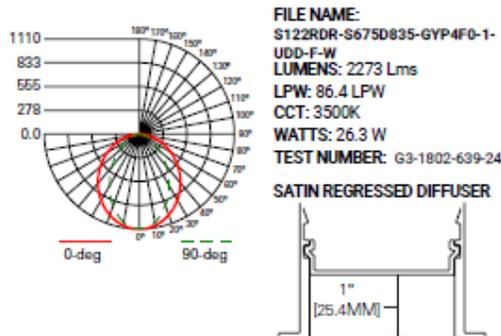
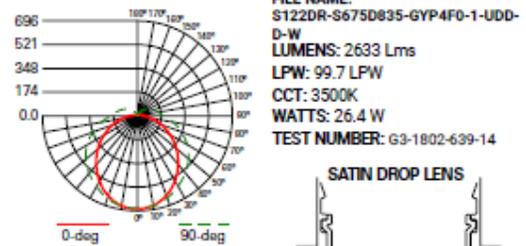
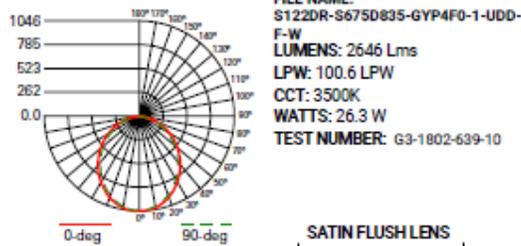
Efficacy for custom lumen outputs can be estimated using lumen output curves or with the use of our online custom lumen output tool.

Neo-Ray

Define 2 LED Recessed

Photometric Data

[View IES files](#)



5.2 Cálculo del factor de mantenimiento

Para realizar el cálculo del factor de mantenimiento de la instalación interior se usa el método establecido en la norma CIE 97 2005 “Guía sobre el mantenimiento de sistemas de iluminación interior”. El valor del factor de mantenimiento corresponde al mismo calculado en el numeral 4.1.3 ya que el espacio físico, los periodos de limpieza y los gados de protección IP de las luminarias son iguales. Por lo tanto el valor del factor de mantenimiento es de 0,86.

5.3 Resultados Obtenidos

Luego de haber realizado la simulación en el software Dialux con las luminarias elegidas y el factor de mantenimiento calculado, se procede a mostrar la tabla de resultados de requisitos lumínicos para cada una de las zonas propuestas.

5.3.1 Requisitos de iluminación general.

Tabla 5-3: Resultados de iluminación obtenidos – diseño Complejo

Área	Iluminancia media (lx)	Uniformidad	UGR	VEEI
Habitación 4 Bipersonal	519	0,66	17,4	1
Habitación 5 Bipersonal	395	0,46	10,3	1,31
Habitación 6 Bipersonal	428	0,66	13,8	1,06
Habitación 7 Bipersonal	429	0,69	17,6	1,06
Baño habitación 4	314	0,66	10	2,01
Baño habitación 5	226	0,56	10	1,98
Baño habitación 6	257	0,58	10	1,88
Baño habitación 7	230	0,59	10	1,74
Pasillo circulación	367	0,53	19,7	2,65
Estación de enfermería	951	0,78	16,6	0,82
Depósito de medicamentos	112	0,65	10	1,75
Trabajo Limpio	115	0,70	10	4,79
Descanso enfermeras	215	0,81	17,1	1,05
Depósito de equipos	114	0,72	18	1,74
Sala de espera	367	0,53	19,7	0,72
WC Personal Hombre	164	0,78	10	2,22
WC Personal Mujer	164	0,74	10	2,22

Fuente: Propia

Se concluye que en todos los espacios se cumplen con los requisitos lumínicos de iluminancia media, uniformidad, índice de deslumbramiento UGR y valor de eficiencia energética VEEI establecidos en la tabla 4-1.

5.3.2 Requisitos de iluminación con estándar WELL.

Con base en los requisitos establecidos en el capítulo 3, se procede a mostrar las acciones implementadas en la instalación y los resultados obtenidos para cada ítem en específico para las 2 áreas seleccionadas: estación de enfermería y habitación bipersonal. Los resultados se muestran en la tabla 5-3-2.

Tabla 5-3-2: Resultados de iluminación según requisitos del estándar WELL.

DISEÑO DE ILUMINACIÓN VISUAL	
Agudeza Visual para el enfoque	Se mantiene Em 215 lux a 0,76 y las luminarias pueden atenuarse (Dimerizables).
	El área de la habitación bipersonal 4 está dividida en dos zonas independientes de 8,09 m ² y 11, 33 m ² respectivamente.
	Ningún nivel de iluminación en los espacios es inferior a 300 luxes. De igual manera por petición del usuario el valor de Em puede reducirse. (Luminarias dimerizables)
Estrategias para manejo de Brillo	El brillo hace contraste entre las habitaciones principales y los espacios auxiliares (Cambio mínimo de Uniformidades). Así mismo con las pantallas de la estación de enfermería y superficies adyacentes.

DISEÑO DE LUZ CIRCADIANA																																										
Intensidad de luz melanópica para área de trabajo	1. Se garantizan mínimo 250 luxes melanópicos en el área de trabajo medidos E_v a 1,2 m al menos por 4 horas diarias.																																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Escenario</th> <th>Espacio</th> <th>E_v (Lux)</th> <th>Factor</th> <th>EML</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Solo luminarias 2700 K</td> <td>Habitación Bipersonal</td> <td>560</td> <td>0,45</td> <td>252</td> </tr> <tr> <td>Estación enfermería</td> <td>803</td> <td>0,45</td> <td>361</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Luz día + luminarias 2700 K</td> <td>Habitación Bipersonal</td> <td>770</td> <td>0,45</td> <td>347</td> </tr> <tr> <td>Estación enfermería</td> <td>2129</td> <td>0,45</td> <td>958</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Solo luminarias 4000 K</td> <td>Habitación Bipersonal</td> <td>813</td> <td>0,76</td> <td>618</td> </tr> <tr> <td>Estación enfermería</td> <td>802</td> <td>0,76</td> <td>610</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Luz día + luminarias 4000 K</td> <td>Habitación Bipersonal</td> <td>1121</td> <td>0,76</td> <td>852</td> </tr> <tr> <td>Estación enfermería</td> <td>2128</td> <td>0,76</td> <td>1617</td> </tr> </tbody> </table>	Escenario	Espacio	E_v (Lux)	Factor	EML	Solo luminarias 2700 K	Habitación Bipersonal	560	0,45	252	Estación enfermería	803	0,45	361	Luz día + luminarias 2700 K	Habitación Bipersonal	770	0,45	347	Estación enfermería	2129	0,45	958	Solo luminarias 4000 K	Habitación Bipersonal	813	0,76	618	Estación enfermería	802	0,76	610	Luz día + luminarias 4000 K	Habitación Bipersonal	1121	0,76	852	Estación enfermería	2128	0,76	1617
	Escenario	Espacio	E_v (Lux)	Factor	EML																																					
	Solo luminarias 2700 K	Habitación Bipersonal	560	0,45	252																																					
		Estación enfermería	803	0,45	361																																					
	Luz día + luminarias 2700 K	Habitación Bipersonal	770	0,45	347																																					
		Estación enfermería	2129	0,45	958																																					
	Solo luminarias 4000 K	Habitación Bipersonal	813	0,76	618																																					
		Estación enfermería	802	0,76	610																																					
Luz día + luminarias 4000 K	Habitación Bipersonal	1121	0,76	852																																						
	Estación enfermería	2128	0,76	1617																																						
CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO POR LUZ ELÉCTRICA																																										
Protección de luminarias	Todas las luminarias utilizadas tienen un valor de luminancia menor a 20.000 cd/m ² . Adicionalmente, no se requiere inclinación de luminarias dado que se cumple con el valor máximo de deslumbramiento UGR para cada espacio.																																									
Minimización de deslumbramiento	Las lámparas poseen difusor, y cumplen con los valores de deslumbramiento UGR según clasificación realizada para cada espacio en particular.																																									
CONTROL DE DESLUMBRAMIENTO SOLAR																																										
Sombreado por ventanas	La ventana de la habitación bipersonal 4 está a menos de 2,1 sobre el piso. El Sombreado interior producido por las ventanas son controlables por el ocupante mediante la apertura o cierre de persianas.																																									

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

Manejo de la luz día	La ventana de la habitación bipersonal 4 está a menos de 2,1 sobre el piso. Se implementa un sistema de persianas con doble filtro para manejar el sombreado interior el cuál es controlable por los ocupantes de manera manual.
DISEÑO DEL PUESTO DE TRABAJO CON BAJO DESLUMBRAMIENTO	
Evitar el deslumbramiento	En la habitación bipersonal no se cuenta con equipos de cómputo. En la estación de enfermería se tienen 7 puestos de trabajo. No se tiene deslumbramiento por ventanas dado que la luz natural ingresa por 2 cielos razón independientes. De igual manera, los cielorrasos poseen persianas que pueden ser operadas por control remoto por el personal médico para reducir el ingreso de luz natural. Adicionalmente las luminarias ubicadas en la parte superior no están orientadas directamente a las pantallas de computadores.
CALIDAD DE COLOR	
Color Rendering Index - CRI	Todas las luminarias utilizadas tienen un CRI de 80 o superior
DISEÑO DE LAS SUPERFICIES	
Reflectividad de la superficie del área de trabajo y aprendizaje	a. Reflectancia en techos es de 86 %, superior a 80%. b. Reflectancia de paredes es de 86% superior a 70%. c. Los mobiliarios de la estación de enfermería deberán ser de madera clara con reflectancia de 50 %, según el Dr Adrian Muros [5]
SOMBREADO AUTOMATIZADO Y CONTROLES DE DIMERIZACIÓN.	
Control automatizado de la luz solar	Las ventanas de la habitación principal tienen un área mayor a 0,55 m ² y se implementaran lo siguiente: a. Se implementa un sistema de sensor de luz de lazo cerrado que se activa de manera automática cuando se contribuya con deslumbramiento en las estaciones de trabajo para la estación de enfermería y en la habitación principal cuando el ingreso de luz natural con radiación solar afecte directamente el cuerpo del paciente en recuperación [6]. De igual manera el ocupante de la habitación bipersonal tiene control total del ingreso de luz natural solar dado que tiene un control manual de las persianas instaladas en el área.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

Control de la luz	<p>En el área de trabajo de la estación de enfermería y en la habitación del paciente se implementan lo siguiente:</p> <p>a. Toda la iluminación se debe programar utilizando sensores de ocupación para atenuarse automáticamente al 20% o menos (o apagarse) cuando la zona está desocupada. Las luminarias cuentan con sistema de dimerización que permite llegar a valores de 20% de flujo luminoso o con el apagado total de las mismas. Adicionalmente, los sensores permiten que las luminarias mantengan un flujo que garantice la iluminancia en un rango determinado según normativa RETILAP para que la agudeza visual del área de trabajo se mantenga y de esta manera se cuida la salud visual del personal.</p>
DERECHO A LA LUZ DÍA	
Ocupación del espacio	<p>El 100% del área de los espacios ocupados en el puesto de enfermeras y la habitación bipersonal se encuentran dentro de los 7,5 m [25 pies] de distancia de las ventanas o claraboyas.</p>
Acceso a las ventanas	<p>Con respecto al acceso a ventanas se cumplen las siguientes condiciones:</p> <p>a. La distancia más larga entre el muro y la ventana en la habitación bipersonal está a 5,8 mts, por lo tanto el 100 % de toda el área cumple con estar a menos de 7,5 mts de distancia.</p> <p>b. El 100% del área de los escritorios o asientos ocupados regularmente se encuentran a menos de 12,5 m de la claraboya instalada en este espacio.</p>
MODELAMIENTO DE LA LUZ DIA	
<p>Exposición saludable a la luz solar</p> <p>a. 55 % del espacio ocupado recibe mínimo 300 lux durante al menos 50 % de las horas de funcionamiento de cada año. (SIMULACIÓN DE LUZ DÍA)</p> <p>B. Máximo el 10 % del área puede recibir 1000 lux durante 250 horas cada año.</p>	<p>Las simulaciones de iluminación demuestran las siguientes condiciones:</p> <p>a. Se cumple con la autonomía espacial de la luz diurna (Spatial daylight autonomy - sDA300,50%) para ambas zonas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Habitación Bipersonal: se logra en el 97 % del espacio ocupado regularmente un valor de iluminancia mayor a 300 lux durante al menos del 50% de las horas de funcionamiento. - Estación de enfermería: se logra en el 100 % del espacio ocupado regularmente un valor de iluminancia mayor a 300 lux durante al menos del 50% de las horas de funcionamiento.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

<p>Área habitación Bipersonal: 24 m² Área Estación Enfermería: 22,7 m²</p>	<p>b. Se mitiga la exposición anual a la luz solar (Annual sunlight exposure - ASE1000,250 para ambas zonas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Habitación bipersonal: se logra tener una iluminancia mayor a 1000 lux en un 2,08 % del espacio, el cuál es menor a 10 % que exige el estándar. - Estación de enfermería: se logra tener una iluminancia mayor a 1000 lux en un 5,2 % del espacio, el cuál es menor a 10 % que exige el estándar
<p>VENTANAS Y LUZ DÍA</p>	
<p>Tamaños de ventanas para espacios de trabajo y aprendizaje</p>	<p>Se cumplen las siguientes condiciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. La relación ventana-pared medida en elevaciones externas es de 38,5 % (área total pared de 6,96 metros cuadrados y área total ventana 2,68 metros cuadrados). Ya que la relación no supera el 40% no se requiere sombreado externo o acristalamiento de opacidad ajustable para controlar la ganancia de calor no deseada y el deslumbramiento. b El 70 % de área de la ventana (1,87 metros cuadrados) está al menos a 2,1 m por encima del suelo (vidrio de luz diurna).
<p>Transmitancia de ventanas para espacios de trabajo y aprendizaje</p>	<p>Se cumplen las siguientes condiciones de transmitancia visible (Visible Transmittance - VT) para todos los vidrios no decorativos:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Para la zona de estación de enfermería el valor de transmitancia visible VT de la claraboya deberá ser de 60% o más ya que la claraboya se encuentra ubicada a más de 2,1 metros de altura. b. Para la habitación bipersonal el valor de transmitancia visible VT del vidrio deberá ser del 50% o más ya que la ventana se encuentra a ubicada a menos de 2,1 metros de altura.
<p>Transmitancia de color uniforme</p>	<p>Las ventanas que se implementan en el proyecto no varía la transmitancia de luz visible en longitudes de onda entre 400 y 650 nm dado que no es un vidrio especial, y el color que pasa a través de él es uniforme.</p>

Fuente: Propia

6. Evaluación económica proyecto básico y proyecto complejo.

Para realizar la evaluación financiera del proyecto se realizará el análisis de costos iniciales y futuros por un periodo de 46 años. Dado que el proyecto no cuenta con una información precisa sobre los ingresos no es posible aplicar un método de evaluación financiera como lo son el valor presente neto (VPN), Tasa interna de retorno (TIR) o relación beneficio costo (B/C).

Supuestos para la evaluación económica.

- Para el valor de inversión inicial se tendrá en cuenta el costo total de todas las luminarias que se requieren, de acuerdo al diseño realizado.
- Los valores de egresos se tomarán como el mantenimiento de luminarias con un periodo de tiempo fijo cada 6 meses y el reemplazo de luminarias total de 11 años (caso crítico con luminarias encendidas 24 horas utilizando una vida útil de 100.000 horas).
- El periodo de evaluación del proyecto será de 46 años aplicando la norma ISO 15686 para estimar la vida útil del edificio [7]. Para ver como se calculó la vida útil del edificio remitirse al anexo A.
- La moneda utilizada para la evaluación económica es el peso colombiano COP.

6.1 Evaluación económica proyecto básico.

En la tabla 6-1-1 se relaciona la cantidad de luminarias por tipo, precio unitario por tipo, precio total por tipo y total general.

Tabla 6-1-1. Costo luminarias proyecto básico.

PROYECTO BASICO			
LUMINARIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Panel de 60X60	10	\$ 239.000	\$ 2.390.000
Bala de 13W	12	\$ 95.000	\$ 1.140.000
Bala de 10W	31	\$ 88.417	\$ 2.740.927
TOTAL	53		\$ 6.270.927

En la tabla 6-1-2 se relaciona la cantidad de luminarias por tipo, precio unitario por tipo, precio total por tipo y total general asociado al mantenimiento de luminarias.

Tabla 6-1-2: Costo mantenimiento de luminarias

PROYECTO BASICO			
LUMINARIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO MANTENIMIENTO	PRECIO TOTAL
Panel de 60X60	10	\$ 5.000	\$ 50.000
Bala de 13W	12	\$ 5.000	\$ 60.000
Bala de 10W	31	\$ 5.000	\$ 155.000
TOTAL	53		\$ 265.000

Fuente: Propia

El mantenimiento de luminarias se realizará en un periodo de 6 meses.

En la tabla 6-1-3 se relaciona el flujo de costos anuales teniendo en cuenta los costos de la tabla 6-1-1 y tabla 6-1-2. Cabe recordar que la compra de luminarias se hace en el periodo 0 y se repite la comprar con un ciclo de 11 años.

Tabla 6-1-3 Flujo de costos anuales.

PROYECTO BASICO			
Periodo (Año)	Costo	Periodo (Año)	Costo
0	\$ 6.270.927	24	\$ 530.000
1	\$ 530.000	25	\$ 530.000
2	\$ 530.000	26	\$ 530.000
3	\$ 530.000	27	\$ 530.000
4	\$ 530.000	28	\$ 530.000
5	\$ 530.000	29	\$ 530.000
6	\$ 530.000	30	\$ 530.000
7	\$ 530.000	31	\$ 530.000
8	\$ 530.000	32	\$ 530.000
9	\$ 530.000	33	\$ 6.800.927
10	\$ 530.000	34	\$ 530.000
11	\$ 6.800.927	35	\$ 530.000
12	\$ 530.000	36	\$ 530.000
13	\$ 530.000	37	\$ 530.000
14	\$ 530.000	38	\$ 530.000
15	\$ 530.000	39	\$ 530.000
16	\$ 530.000	40	\$ 530.000
17	\$ 530.000	41	\$ 530.000
18	\$ 530.000	42	\$ 530.000
19	\$ 530.000	43	\$ 530.000
20	\$ 530.000	44	\$ 6.800.927
21	\$ 530.000	45	\$ 530.000
22	\$ 6.800.927	46	\$ 530.000
23	\$ 530.000	TOTAL	\$ 55.734.635

Fuente: Propia

6.2 Evaluación económica proyecto complejo.

En la tabla 6-2-1 se relaciona la cantidad de luminarias por tipo, precio unitario por tipo, precio total por tipo y total general.

Tabla 6-2-1: Costo luminarias proyecto complejo

PROYECTO COMPLEJO			
LUMINARIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Super-Oh XS 25 Black	2	\$ 1.560.150	\$ 3.120.300
FIL LED G2 OPAL REC 6000 WW GR.	6	\$ 780.000	\$ 4.680.000
LOGIC 190 R OK 94047 INOX	1	\$ 215.000	\$ 215.000
Entero RD- Entero Round L Wallwash 927 Black L Wallwash	4	\$ 170.000	\$ 680.000
LEDFLEX IN 927 5m	7	\$ 120.000	\$ 840.000
BALA DOWNLIGHT 15W-4000K	1	\$ 190.000	\$ 190.000
DEFINE 2 DIRECT RECESSED WITH SATIN DROP DIFFUSER. HIGH PERFORMANCE LIGHT ENGINE	12	\$ 1.700.000	\$ 20.400.000
Linealuce Mini: Mini Linear Recessed Luminaire - Neutral White LEDs - 24V dc - L=552mm - Flood Optic and non-slip glass - 5.9W 890lm - 4000K	32	\$ 220.000	\$ 7.040.000,00
Linealuce Mini 47: Recessed Linear Luminaire - Warm White – 48 Vdc DALI – L=610mm – Wide Flood optic - Non-slip glass cover - 17W 2250lm - 2700K	4	\$ 360.000	\$ 1.440.000,00
TOTAL	69		\$ 38.605.300,00

Fuente: Propia

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

En la tabla 6-2-2 se relaciona la cantidad de luminarias por tipo, precio unitario por tipo, precio total por tipo y total general asociado al mantenimiento de luminarias.

Tabla 6-2-2: Costo mantenimiento de luminarias.

PROYECTO AVANZADO			
LUMINARIA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO MATENIMIENTO	PRECIO TOTAL
Super-Oh XS 25 Black	2	\$ 12.000	\$ 24.000
FIL LED G2 OPAL REC 6000 WW GR.	6	\$ 10.000	\$ 60.000
LOGIC 190 R OK 94047 INOX	1	\$ 12.000	\$ 12.000
Entero RD- Entero Round L Wallwash 927 Black L Wallwash	4	\$ 13.000	\$ 52.000
LEDFLEX IN 927 5m	7	\$ 5.000	\$ 35.000
BALA DOWNLIGHT 15W-4000K	1	\$ 5.000	\$ 5.000
DEFINE 2 DIRECT RECESSED WITH SATIN DROP DIFFUSER. HIGH PERFORMANCE LIGHT ENGINE	12	\$ 12.000	\$ 144.000
Linealuce Mini: Mini Linear Recessed Luminaire - Neutral White LEDs - 24V dc - L=552mm - Flood Optic and non-slip glass - 5.9W 890lm - 4000K	32	\$ 5.000	\$ 160.000,00
Linealuce Mini 47: Recessed Linear Luminaire – Warm White – 48 Vdc DALI – L=610mm – Wide Flood optic - Non-slip glass cover - 17W 2250lm - 2700K	4	\$ 5.000	\$ 20.000,00
TOTAL			\$ 512.000,00

Fuente: Propia

El mantenimiento de las luminarias se realizará cada 6 meses

En la tabla 6-2-3 se relaciona el flujo de costos anuales teniendo en cuenta los costos de la tabla 6-1-1 y tabla 6-1-2. Cabe recordar que la compra de luminarias se hace en el periodo 0 y se repite la comprar con un ciclo de 11 años.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

Tabla 6-2-3 Flujo de costos anuales proyecto complejo.

PROYECTO COMPLEJO			
Periodo (mes)	Costo	Periodo (Año)	Costo
0	\$ 38.605.300	24	\$ 1.024.000
1	\$ 1.024.000	25	\$ 1.024.000
2	\$ 1.024.000	26	\$ 1.024.000
3	\$ 1.024.000	27	\$ 1.024.000
4	\$ 1.024.000	28	\$ 1.024.000
5	\$ 1.024.000	29	\$ 1.024.000
6	\$ 1.024.000	30	\$ 1.024.000
7	\$ 1.024.000	31	\$ 1.024.000
8	\$ 1.024.000	32	\$ 1.024.000
9	\$ 1.024.000	33	\$ 39.629.300
10	\$ 1.024.000	34	\$ 1.024.000
11	\$ 39.629.300	35	\$ 1.024.000
12	\$ 1.024.000	36	\$ 1.024.000
13	\$ 1.024.000	37	\$ 1.024.000
14	\$ 1.024.000	38	\$ 1.024.000
15	\$ 1.024.000	39	\$ 1.024.000
16	\$ 1.024.000	40	\$ 1.024.000
17	\$ 1.024.000	41	\$ 1.024.000
18	\$ 1.024.000	42	\$ 1.024.000
19	\$ 1.024.000	43	\$ 1.024.000
20	\$ 1.024.000	44	\$ 39.629.300
21	\$ 1.024.000	45	\$ 1.024.000
22	\$ 39.629.300	46	\$ 1.024.000
23	\$ 1.024.000	TOTAL	\$ 240.130.500

7. Análisis y conclusiones.

- La mayoría de los proyectos hospitalarios en el país se realizan con diseños de iluminación monótonos, sin estética y bajo parámetros normativos únicamente. La iluminación puede influir en el comportamiento de las personas que habitan los recintos cerrados, y más si es por un día completo como lo es en el caso de los hospitales. Por lo tanto, es necesario crear conciencia y empezar a realizar diseños de iluminación orientados al bienestar del ser humano.
- En el presente año, es arriesgado y poco factible implementar un proyecto de iluminación complejo que cumpla con todos los requisitos que exige el estándar WELL. El proyecto complejo contempló únicamente 2 áreas de todo el piso del hospital y tan solo con estas 2 áreas, los costos del proyecto se aumentaron de manera significativa, haciendo el paralelo con el proyecto básico.
- Luego de haber realizado el flujo de costos del proyecto básico y el proyecto complejo se concluye que implementar el proyecto complejo es 4,3 veces más costoso que implementar el proyecto básico.
- Debido a que no se conocen los ingresos que puedan generar la implementación del proyecto de iluminación, no es posible realizar una evaluación financiera en cuanto a la viabilidad del proyecto, usando herramientas de análisis financiero como valor presente neto (VPN), tasa de interés de retorno (TIR), análisis de costo/beneficio.
- Para realizar un análisis de costo / beneficio en los proyectos de iluminación complejos es necesario realizar entrevistas y evaluaciones subjetivas a las personas que se encuentran en los espacios que tienen implementados sistemas de iluminación complejos. Se requiere de bastante tiempo de investigación, contar con equipos que puedan medir la cantidad de melatonina, sensaciones y estímulos del cuerpo.

A. Anexo A: Cálculo de vida útil del proyecto básico y complejo.

La norma ISO 15686 establece los valores de vida útil de las edificaciones mediante una tabla estándar por categoría de edificios. EL valor en años de la tabla 1. debe ser multiplicado por factores de estimación de vida útil de la tabla 2. dependiendo de las condiciones de la edificación. A continuación se describe el método por factores ISO 15686 para calcula la vida útil de la edificación:

1. Primero se determina qué tipo de edificio es y su ubicación, para que con base en la Tabla A1 se determine la vida útil de diseño por categoría de edificio. Para el caso del hospital local en Bogotá, pertenece a la categoría de la salud, y por lo tanto debe tener una vida larga, de entre 50 y 99 años; al ser un hospital local, se considera el valor mínimo dentro del rango establecido, es decir, 50 años.

Tabla A1. Vida útil de diseño (VUD) por categoría o tipos de edificios

<u>Categoría de los edificios</u>	Vida útil de diseño por categoría (Años)	Ejemplos
Temporales	Hasta 10	Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales.
Vida Media	25 - 49	La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos.
Vida Larga	50 - 99	La mayoría de los edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación
Permanentes	Más de 100	Edificios monumentales, de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etcétera).

Fuente: Canadian Standards Association, 2001; Australian Building Codes Board, 2006; International Standards Organization, 2000.

Diseño de iluminación de un piso de un hospital aplicando el estándar WELL

2. En segundo lugar, se designan los factores más relevantes para la durabilidad del proyecto y se asigna un valor para cada uno de la siguiente manera: 0.8 = bajo; 1 = medio y 1.2 = alto (véase la Tabla A2). Con esto se ajusta la vida útil de diseño (50 años) y se estima de acuerdo con el siguiente paso.

Tabla A2. Factores para la estimación de la vida útil del edificio.

Factores	Valor Asignado [0,8 a 1,2]	Justificación
A. Nivel o grado del diseño arquitectónico, constructivo y de sus instalaciones.	0,8	El grado arquitectónico del edificio no es de relevancia.
B. Calidad de los materiales y componentes de construcción.	1	Los materiales y componentes empleados deberán ser acordes a la normativa.
C. El medio ambiente del interior del edificio.	1	El medio ambiente debe ser agradable para todos los ocupantes
D. El medio ambiente externo al edificio, como el clima y la contaminación urbana.	0,8	El clima y la contaminación urbana alrededor del edificio es alta
E. Calidad y nivel de la mano de obra.	1	La calidad y nivel de mano de obra debe ir asociada a la calidad de materiales y medio ambiente de la edificación
F. Uso del edificio con base en manuales y especificaciones realizadas por los diseñadores y constructores para una mejor operabilidad del inmueble.	1,2	Las especificaciones para el hospital son precisas de acuerdo a norma RETILAP y estándar WELL
G. Grado o nivel de mantenimiento de acuerdo con las especificaciones asentadas en el manual de mantenimiento.	1,2	El nivel de mantenimiento es alto para que se garanticen los requisitos de cumplimiento RETILAP y estándar WELL

Fuente: elaboración del autor con base en el método por factores de ISO 15686 y criterios estimados por los diseñadores de iluminación

3. Se procede con la determinación y estimación de la vida útil de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VUE = VUD (A)(B)(C)(D)(E)(F)(G) = 50(0,8)(1)(1)(0,8)(1)(1,2)(1,2) = 46 \text{ años}$$

donde VUE es la vida útil estimada, VUD es la vida útil de diseño, y de A a G son los factores que inciden en la vida útil del componente constructivo según Tabla A2 Anexo A.

Bibliografía

- [1] Ritmos circadianos. National Institute of General Medical Sciences
- [2] The Well Building Standard. INTERNATIONAL WELL BUILDING INSTITUTE. 2015
- [3] Resolución 18540 de 2010. Reglamento Técnico de iluminación y alumbrado público. RETILAP. Ministerio de minas y energía. 2010
- [4] CIE 97 2005 GUIDE ON THE MAINTENANCE OF INDOOR ELECTRIC LIGHTING SYSTEMS. Commission Internationale de L'éclairage. 2005
- [5] La madera y la iluminación del espacio. Dr. Adrián Muros Alcojor Professor ETSAB-UPC Director del Taller d'Estudis Luminics de la ETSAB
- [6] Uso de sensores de luz día. Electroaplicada. Disponible en <https://www.electroaplicada.com/sensores-luz-natural/>
- [7] Vida útil en edificios. Silverio Hernandez Moreno.