



Modulo 3

Unidad 1 La luz artificial

3.1.1. Rendimiento de las luminarias.

Hasta aquí hemos desarrollado lo que ha sido nuestras fuentes de luz y lo que son en la actualidad fundamentalmente desde el avance de la tecnología led en el desarrollo de una fuente luz en sí misma como así también como parte funcional de las luminarias que los integran. También dijimos que los leds, en sí mismo y por sus procesos de producción se los puede considerar ya un objeto de luz. Pues bien, las cualidades de las fuentes de luz que nos convocan en esta unidad están basadas en las prestaciones que las mismas brindan y en ello dichas cualidades intrínsecamente están ligadas al funcionamiento de las fuentes led que contienen.

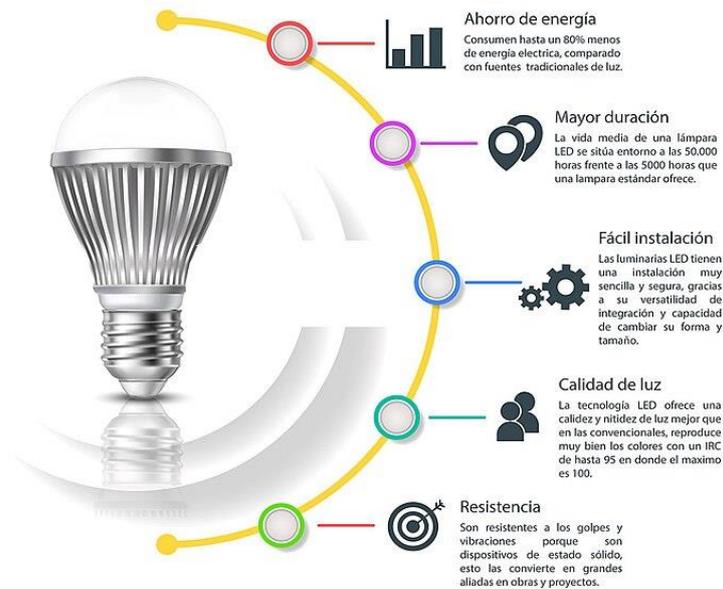
Estas cualidades se pueden definir según:

- Calidad de las fuentes led.
- Tipo de conexión eléctrica
- Temperatura de color.
- I.R.C.
- Grado de deslumbramiento.
- Valor del índice de protección.
- Factor de Mantenimiento.

Las nuevas tecnologías buscan cada vez más logros en función de una prestación sustentable y para ello el logro de mayores rendimientos en relación a flujo lumínico, consumo y duración de las fuentes led. Para ello es importante referir las diferencias entre la eficiencia y eficacia de las luminarias led.

- Eficiencia: Es realizar un trabajo con resultados positivos.
- Eficaz: Es realizar un trabajo con resultados positivos, con la utilización y optimización de la menor cantidad de recursos posibles.

Basados en esto definiremos que para que una luminaria sea eficaz deberá cumplir con eficiencia energética, visual y económica.



Lampara led eficaz

Fuente:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/43/Lampara_led_eficiente.jpg/682px-Lampara_led_eficiente.jpg?20230624162255

Eficiencia energética: Contemplada en el diseño de la luminaria con la tecnología aplicada. Considerar la utilización de luminarias con Mayor Grado de Protección, regulando su prestación y más seguras para su mantenimiento futuro con un correcto sistema de alimentación eléctrica.

Eficiencia Visual: La calidad de la luz y su aplicación. Se deben a cada proyecto, a las características del área a iluminar, evitando deslumbramientos y contaminación lumínica. Proveen la iluminación adecuada y acorde a cada espacio y función. Sobredimensionar el protagonismo de la luz genera proyectos con baja eficiencia visual.

Eficiencia económica: En la medida que se elijan luminarias de nuevas tecnologías, de muy bajo mantenimiento, con equipos auxiliares de alta confiabilidad, y menor trabajo en su mantenimiento, conseguiremos una iluminación eficaz, con un alto rendimiento y bajo costo operativo.

3.1.1.1. Calidad de las fuentes de luz.

Aquí hacemos relación a lo referido en el Módulo 2 acerca de la fabricación de las fuentes led. En ello radica la primer y más importante consideración acerca de su eficacia. Es importante considerar sus procesos de selección donde se discriminan sus cualidades de blancos y brillo para determinar sus flujos. También el poder acceder a la certificación de productos sometidos a selección por agrupamientos de Binning, con

determinación de pasos Mc Adam; nos garantiza con gran fidelidad la prestación de esa fuente led que estamos considerando.

3.1.1.2. Tipo de conexión eléctrica:

Sabemos que un led es una lámpara sólida en sí misma. Este tipo de iluminación funciona de manera diferente basado en características no solo de fabricación y montaje de los chips leds, sino también el motor externo de su funcionamiento que es el driver para comprender bien el papel que desempeña.

Un driver es un dispositivo que convierte la corriente alterna que llega desde la red eléctrica en una corriente continua con un voltaje adecuado para que las algunas lámparas o luminarias led funcionen de forma correcta. Este dispositivo regula la alimentación de uno o varios LED. Lo que hace especial a los drivers LED en relación a una fuente de alimentación convencional, es que son capaces de adaptarse a las necesidades cambiantes de estos mediante un suministro constante de energía.

Para ello es imprescindible considerar un flujo de corriente eléctrica estable desde el suministro de corriente por parte del distribuidor de este servicio en la ciudad o sitio donde se instale esta tecnología. Ello no siempre es así, sobre todo en ciudades o sitios donde se adolece de las denominadas subas y bajas de tensión en la red eléctrica. De no prever ello con instalaciones adicionales de equipos estabilizadores de tensión, la vida útil de los leds no solo baja considerablemente, sino que puede malograrse abruptamente sin posibilidad de recupero de la instalación o luminarias en particular.



Tipos de drivers para fuentes led

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/19/Drivers_led.jpg/746px-Drivers_led.jpg?20230702120146

3.1.1.3. Temperatura de color e I.R.C.

Estas dos cualidades las hemos desarrollado en el módulo 2. Solo reforzar el concepto de que hoy es importante tener en cuenta los sistemas de selección con respecto a las prestaciones de los chips led. En ello

la clasificación por rangos de pasos de la elipse de Mc Adam con agrupación por binning, nos aseguran un producto de calidad en relación a estos dos puntos.

3.1.1.4. Deslumbramiento

El Índice de deslumbramiento UGR (Unified Glare Rating), es un valor que expresa el deslumbramiento al que puede ser sometido al ojo humano y provocado por una fuente de luz. La C.I.E (Comisión Internacional de la Iluminación), estableció una tabulación con el propósito de unificar los diferentes métodos de evaluación del deslumbramiento que existían en las diferentes regiones. Define en una escala de 10 a 30. Donde el deslumbramiento puede ser nulo cuando su valor equivale a 10 y proporcionalmente mayor cuando este aumenta. De hecho, todo lo que se encuentre por encima de este valor comienza a generar incomodidad.

Criterio de deslumbramiento	
- 10	Imperceptible
13	Apenas perceptible
16	Perceptible (adecuado para la tarea precisa con los ojos)
19	Apenas aceptable (adecuado para tareas visuales promedio)
22	Inaceptable (adecuado para tareas visuales moderadas)
25	Apenas incómodo (adecuado para tareas visuales simples)
28 +	Incómodo

Tabla Índices de deslumbramiento UGR

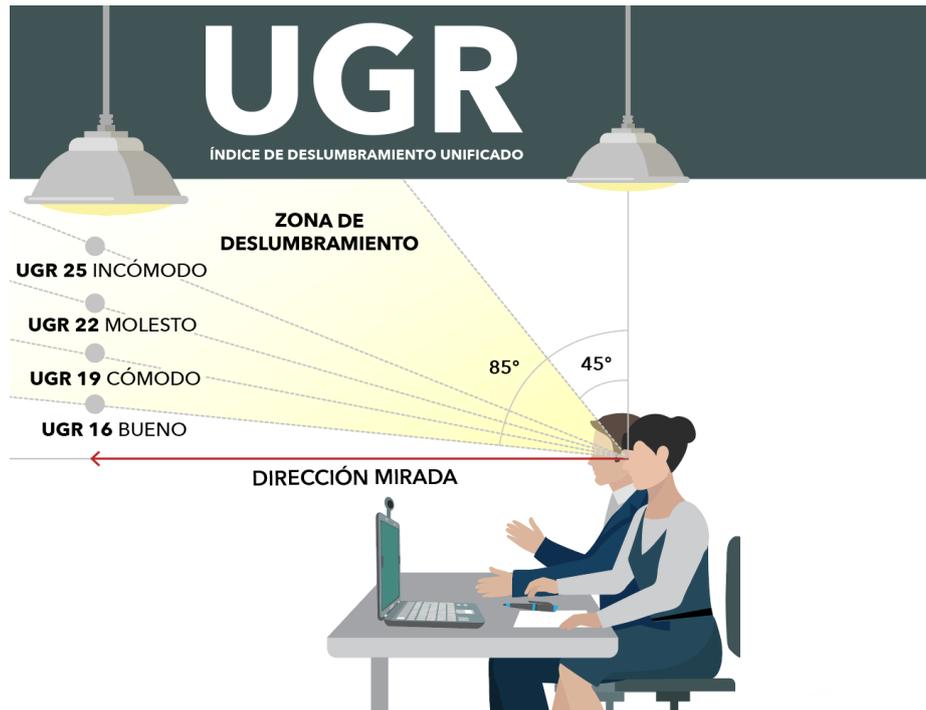
Los efectos que originan el deslumbramiento pueden ser de tipo perturbador, el cual es fácilmente cuantificable, mientras que el deslumbramiento molesto, suele ser más subjetivo y no necesariamente impide la visión de los objetos. Entre sus causas se encuentran:

- Las características técnicas y constructivas de las luminarias.
- El nivel de reflexión de ciertos materiales del espacio (piso, paredes, techo, etc.).
- La incorrecta ubicación de las luminarias al no considerar su altura y su posición respecto al observador. Cuanto más lejos se encuentre la fuente de la línea de visión, será menor el deslumbramiento.

- Un contraste excesivo entre la luminancia de la fuente de luz y la de sus alrededores dentro del espacio.

Cabe señalar que el valor UGR no es realmente una propiedad de las luminarias, aunque en ocasiones se puede encontrar la referencia UGR en las hojas de datos de algunos fabricantes que someten a sus productos a los estudios donde se corrobora esta propiedad de las luminarias

Fuente: <https://iluminet.com/newpress/wp-content/uploads/2018/11/ugr-01-250x300.jpg>



Definición de la zona de deslumbramiento según como se ubica la luminaria en relación a una tarea visual determinada.

Fuente: <https://www.barcelonaed.com/blog/wp-content/uploads/2019/01/Captura-de-pantalla-2019-01-14-a-las-12.54.28-1.png>

Respecto a la característica antideslumbrante en la tecnología led, se obtiene en varios casos anexando a los chips led las denominadas lentes u ópticas concentradoras o dispersoras de la luz. Estos accesorios ya pueden venir integrados a los chips desde su proceso de producción; en otros casos las luminarias resuelven en su diseño las características de antideslumbramiento.

Hay un sin número de lentes u ópticas. En el siguiente video veremos algo más respecto a esto. Video 1 <https://youtu.be/ldM9hMbWVW0>



Algunos tipos de lentes ópticas para fuentes led

Fuente: <https://img.interempresas.net/fotos/1765934.jpeg>

3.1.1.5. Índice de Protección.

Existen diversos tipos de iluminarias destinadas a diversos usos. El diseño de una iluminación conlleva entre otras cosas el considerar las condiciones desfavorables a las que pueda estar expuesta la instalación de luminarias. Desde su cualidad de hermeticidad para evitar el ingreso de materiales sólidos como el polvo o cualidad de estanqueidad para evitar ingreso de líquidos que la dañen, y hasta su resistencia ante altas vibraciones o golpes. En este caso también la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), fue la encargada de establecer la norma internacional IEC 60529, en la que se hace referencia al grado de protección IP. Es una forma de clasificar la resistencia de una luminaria ante la condición de instalaciones adversas que puedan generarle algún daño. Se puede saber hasta dónde se puede someter a ciertas condiciones un sistema lumínico sin afectarlo o representar un riesgo de seguridad.

El índice de Protección (IP) es el que clasifica el valor de protección asignado. Esta valoración es reconocida en casi todos los países. Se interpreta de la siguiente manera: se colocan primeramente las siglas IP, seguidas de dos dígitos, el primero menciona la resistencia ante sólidos y va de una escala del 0 al 6 y el segundo expresa la resistencia ante la entrada de líquidos y va del 0 al 8 y En ambos casos, el número más alto expresa una mayor protección.

IP- [] []

International Protection

Símbolo 1: Nivel de protección contra el ingreso de objetos sólidos.

Símbolo 2: Nivel de protección contra el ingreso de agua.



1ª Cifra	Protección de impurezas	2ª Cifra	Protección del agua
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protección contra la penetración de elementos de >50 mm. de diámetro.	1	Protección contra el goteo vertical del agua.
2	Protección contra la penetración de elementos de >12,5 mm. de diámetro.	2	Protección contra el goteo inclinado del agua, máximo 15°.
3	Protección contra la penetración de elementos de >2,5 mm. de diámetro.	3	Protección contra el agua proyectada de cualquier dirección, agua rociada, máximo 60°.
4	Protección contra la penetración de elementos de >1 mm. de diámetro.	4	Protección contra salpicaduras de agua en cualquier dirección.
5	La penetración de polvo no se impide por completo pero la cantidad que logra penetrar permite el correcto funcionamiento.	5	Protección contra chorros de agua.
6	Estanco al polvo	6	Protección contra fuertes chorros de agua.
		7	Protección contra la inmersión eventual.
		8	Protección contra la inmersión prolongada.

Valores de IP Índice de Protección de las luminarias

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/87/Indice_de_proteccion.png/800px-Indice_de_proteccion.png?20230702000046

3.1.1.7. Factor de Mantenimiento.

El factor de mantenimiento define la cantidad de flujo luminoso emitido por una luminaria o sistema de iluminación desde su instalación inicial y manteniendo las mismas condiciones de funcionamiento a través de un periodo de tiempo. Este valor se considera al diseñar y calcular un proyecto lumínico. Depende básicamente de su mantenimiento programado según el tiempo que esta luminaria este funcionando, dentro de que espacio y en qué condiciones. Este factor es muy importante y quizás el menos considerado. Hoy con lo estimado en rendimiento y duración de una fuente led, paralelamente el mantenerlas en optimo estado pareciera no se considera en la mayoría de las instalaciones lumínicas de ciertos espacios públicos y urbanos de ciertas ciudades. Una instalación de iluminación debe prever un factor de mantenimiento, el cual tendrá en cuenta la disminución del flujo luminoso de dicha instalación. El plan de mantenimiento indica la periodicidad de la limpieza de las luminarias, del local, y su reemplazo o recambio de lámparas. Por lo tanto, el valor de mantenimiento de la iluminancia optima necesaria depende de las luminarias, lámparas y de las condiciones del local.

Para los cálculos de iluminación una de las variables que se considera es el factor de mantenimiento donde su valor no puede ser más alto que 1,0. Normalmente se toma un valor promedio de 0,8 para iluminación interior con buen nivel de mantenimiento y de 0,6 para iluminación interior con nivel medio de

mantenimiento y también para zonas exteriores. Cuanto más alto el valor, menor es el mantenimiento necesario. Por ejemplo y solo a modo referencial al aplicar un factor de mantenimiento de 0,8, significa que la instalación de iluminación debe ser un 25 por ciento más grande para que el flujo luminoso necesario de las luminarias quede garantizado dentro de un período determinado. Para las instalaciones industriales se deben tener en cuenta otros criterios específicos debido a las exigencias y condiciones de funcionamiento que puedan afectar las luminarias.

CARACTERISTICAS DE LA LUMINARIA	POLUCION DEL AMBIENTE	COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO
Cerrada	Reducida	90%
	Moderada	80%
	Importante	70%
Abierta	Reducida	80%
	Moderada	70%
	Importante	60%

Factor de mantenimiento según el tipo y ubicación de la luminaria interior

Fuente: <https://www.artelum.com.ar/img/datosutiles-tabla1.jpg>

CARACTERISTICAS DE LA LUMINARIA	POLUCION DE LA ATMOSFERA	COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO
Hermética	Reducida	80%
	Moderada	70%
	Importante	60%
No hermética	Reducida	70%
	Moderada	60%
	Importante	50%

Factor de mantenimiento según el tipo y ubicación de la luminaria exterior

Fuente: <https://www.artelum.com.ar/img/datosutiles-tabla2.jpg>

3.1.2. Cálculos de Interiores.

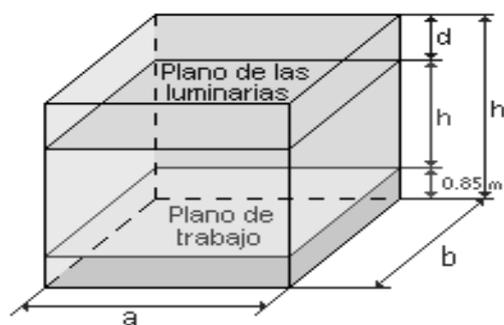
Una buena iluminación puede llegar a conseguir que los lugares en los que vivimos y trabajamos se conviertan en algo más que un simple lugar de trabajo u ocio. Gracias a un buen diseño lumínico se pueden crear ambientes más que agradables, sin por ello olvidar que las instalaciones lumínicas sean energéticamente sostenibles.

Los parámetros que definen la calidad de una iluminación dependen del destino del proyecto, pero en todo caso han de responder a lo referido en la unidad anterior en relación a:

- Norma vigente de iluminancias por actividad del país.
- iluminancias o niveles de flujo luminoso (lux) necesarios.
- distribución de luminancias.
- limitación del deslumbramiento.
- color de la luz y su reproducción cromática.
- estética: selección del tipo de luminarias y sus lámparas.

Si se siguen todos estos parámetros se conseguirá un buen diseño lumínico, sin olvidar nunca que la elección adecuada de cantidad y calidad de la iluminación va en función del espacio que se va a iluminar y de la actividad que se realizará en allí. Los cálculos de iluminación consideran estos parámetros y en sus resultados obtenemos según las luminarias que hayamos considerado; si las mismas nos resuelven o no la iluminación requerida.

Hasta hace ciertos años el más común de los cálculos que se realizaban para iluminación interior era el cálculo de los lúmenes. La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Era una herramienta para el cálculo de interiores y cuando la precisión necesaria no era muy alta y solo para calcular iluminación general. Hoy con los programas de calculo de software ya prácticamente no se utiliza.



- a:** ancho de local.
- b:** largo del local.
- h:** altura entre el plano de trabajo a las luminarias.
- h':** altura del local.
- d:** altura del plano de trabajo a techo.
- d':** altura entre el techo y las luminarias si son pendientes o suspendidas.

Datos para el cálculo de los lúmenes

Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS9Kdyp9qp-nJL0jyUcFm8CE42ma6jOHTI8CNAEu0rzck-hMxIJeTIQZPVCubXgYaoHchg&usqp=CAU>

En este artículo verán un ejemplo práctico del cálculo de los lúmenes para un espacio interior comercial:

https://www.researchgate.net/publication/371986125_Metodo_del_Lumen#fullTextFileContent

Como se ve en el artículo anterior, este cálculo se resuelve por partes y mediante fórmulas que permiten llegar al resultado final. Las luminarias eran elegidas sobre una base de datos fotométricos gráficos que entregaban las fábricas en sus catálogos de productos.

Hoy esas mismas fabricas poseen las fotometrías de sus luminarias en archivos digitalizados en formato IES. Están disponibles en algunas páginas web de bancos generales de archivos IES, o en las páginas web de cada fabricante. Se pueden bajar gratuitamente para incorporarlos en los distintos programas de cálculo.

- Ejemplo práctico:

En base a la lectura y conceptualización del artículo referido precedentemente; comparto aquí un enlace donde podrán ejercitar un cálculo de los lúmenes resuelto a traes de un programa del fabricante americano *Acuitybrands*. Este programa ofrece dentro del mismo la posibilidad de acceder a los archivos IES fotométricos propios.

<https://www.visual-3d.com/tools/interior/>

3.1.3. Programas de cálculo.

En la actualidad los cálculos de iluminación se resuelven generalmente a través de programas de cálculo con softwares específicos que resuelven la interacción de estos parámetros en base a datos que se incorporan al programa. Estos programas resuelven no solo cálculos de iluminación artificial sino también de iluminación natural. Estos ultimo requieren datos sobre la ubicación del terreno y orientación del mismo respecto al sol y latitud donde se ubica.

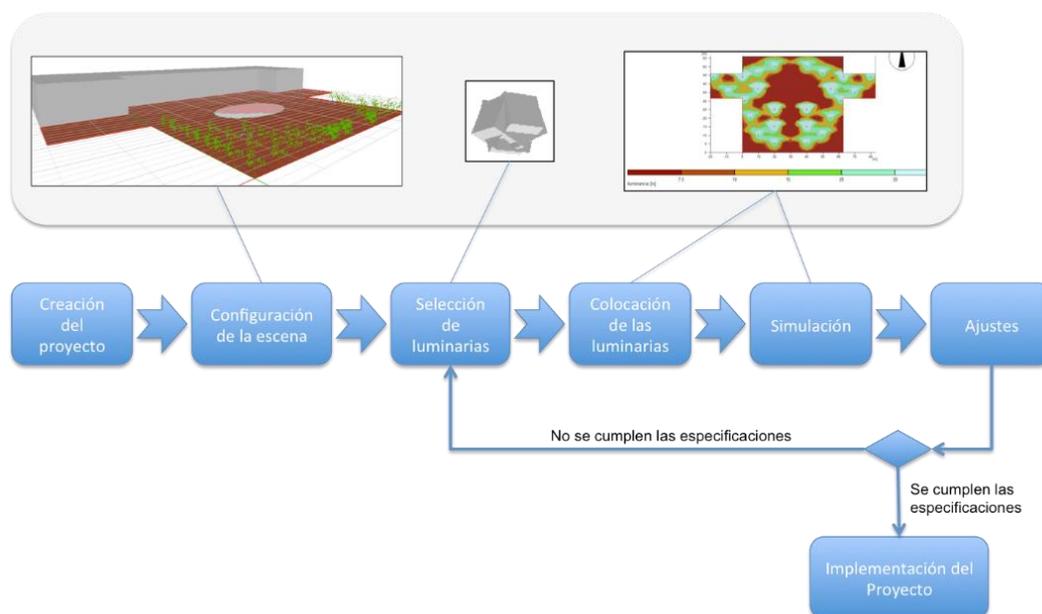
Podemos acceder a distintos programas de cálculo con licencias gratuitas o pagas. Los más desarrollados para diseño interior y exterior arquitectónico son Dialux, Relux y Litestar. Algunos de estos programas resuelven también cálculos de iluminación vial. Muchos fabricantes poseen sus programas de cálculo, pero solo reconocen para los cálculos el incorporar los archivos de sus propias luminarias. El software de diseño interior deberá poder efectuar los cálculos de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento y eficiencia energética.

Para poder utilizar los programas se deben tener datos concretos de la instalación; dimensiones del local, altura de trabajo, etc. y también los datos fotométricos de las luminarias que decidamos incorporar al proyecto que se está calculando. Por lo tanto debemos contar con acceso a los archivos fotométricos de dichas luminarias, los que normalmente proveen los fabricantes, o se podrán encontrar en un banco de fotometrías clasificados por fabricante y tipo de luminaria. El software empleado en el cálculo y diseño de iluminación debe posibilitar la interacción con estos parámetros dentro del proyecto:

- Altura de montaje e inclinación de la luminaria
- Distancia entre luminarias
- Posición relativa de las luminarias
- Armado del espacio a iluminar
- Posicionamiento de las luminarias y su relación con el plano de tarea visual
- Tipos de superficie con sus texturas, colores e índices de reflexión de los mismos

El software debe permitir al acceso de datos devenidos de las normas vigentes del país donde se está realizando el proyecto

3.2.1.2. Proceso de diseño mediante software



Proceso de diseño con programas de cálculo

Fuente: <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/imagenes/diagramaCalculoInformatico.png>

Para realizar el diseño de una instalación mediante cálculo informático, los pasos a seguir son:

- Definición del proyecto
- Selección del espacio (local, escena interior o exterior)
- Configuración de las características de cada uno de los elementos (paredes, suelo, etc.): Grado de reflexión, transparencia, texturas, etc.
- Configuración de la altura del plano útil o plano de tarea visual
- Selección de las Luminarias con sus fotometrías en formato IES.

En este punto y debido a la infinita posibilidad de luminarias y fotometrías. Los archivos en formato IES están prácticamente disponibles en las páginas web de los fabricantes. También algunos programas de cálculo brindan el acceso a fotometrías, como Dialux que tiene un complemento donde se puede acceder diversas

las fábricas de iluminación. En este enlace podrán acceder a LumSerch de Dialux:
<https://luminaires.dialux.com/es#0>

Enlace descarga productos Philips: <https://www.lighting.philips.com/support/tools/dialux-and-other-downloads>

Enlace descarga productos Megaman: <https://www.megaman.cc/resources/lighting-design/photometric-data>

- Inserción de las luminarias
- Simulación de los valores de luminancia, iluminación, etc.
- Ajuste de las luminarias (posición, potencia, etc.).
- Verificación del cumplimiento de niveles de iluminancia necesarios según normativa o decisión del diseñador. En el siguiente video podrán ver un tutorial simple para conocer la interfaz del programa Dialux Evo. Video 2 <https://youtu.be/broTvb-Bzq8>