APLICACIÓN DE MÓDULOS PLEGABLES COMO SISTEMA DE FACHADA INMÓTICA

Diana Isabel Echavarria
Sandra Carmona Restrepo
Ana Maria Villa Zapata

APLICACIÓN DE MÓDULOS PLEGABLES COMO SISTEMA DE FACHADA INMÓTICA

ANA MARÍA VILLA ZAPATA

SANDRA JULIANA CARMONA RESTREPO

DIANA ISABEL ECHAVARRÍA MONSALVE

Anteproyecto presentado para optar al título de Arquitecta

Asesor

Alejandro Naranjo Gaviria

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA SECCIONAL MEDELLÍN

FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS

PREGRADO ARQUITECTURA

BELLO

2014

CONTENIDO

1. JUSTIFICACIÓN 5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6
3. OBJETIVO GENERAL 7
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
5. MARCO REFERENCIAL 9
5.1. CONCEPTOS BÁSICOS 9
5.1.1 INMÓTICA 9
5.1.2 RADIACIÓN SOLAR 10
5.1.3 ILUMINACIÓN 11
5.1.4 LA LUZ 11
5.1.5 EL FLUJO LUMINOSO 11
5.1.6 LA INTENSIDAD LUMINOSA 12
5.1.7 EL RENDIMIENTO LUMINOSO 12
5.1.8 LA ILUMINANCIA 12
5.1.9 LA LUMINANCIA 14
5.1.10 DESLUMBRAMIENTO 14
5.1.11 LUMINARIAS 16
5.1.12 CARGA TÉRMICA 16
5.2 CARACTERISTICAS DEL ENTORNO E INFLUENCIA DE LA LUZ 18
5.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN 19
5.3 NORMATIVA DE ILUMINACIÓN 20
5.3.1 RETILAP (Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público) 20
5.4 OFICINAS 20
5.4.1 LA ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO 20
5.4.2 MEDIDAS PREVENTIVAS 21
5.5 SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO 29
5.5.1 CAUSAS 29

5.6 MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN FACHADAS 30
5.7 COMPONENTES DE PASO DE LA LUZ GLOBALES.....30
5.7.1 SISTEMA DE MÓDULOS PLEGABLES.....31
5.7.2 SISTEMA DE FACHADA HOMEOSTÁTICA - POLÍMERO FLEXIBLE ...32
5.7.3 MÓDULOS PLEGABLES 33
5.7.4 SISTEMA TESELAR - PANELES SUPERPUESTOS.....33
5.8 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN.....34
5.8.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO. 34
5.8.2 PLANIFICACIÓN BÁSICA.....35
5.8.3 DISEÑO DETALLADO. 36
5.9 RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL E INDUSTRIAL 36
6. DISEÑO METODÓLOGICO PRELIMINAR.....41
7. CRONOGRAMA 42
8. DISEÑO DE PROPUESTA DE FACHADA 43
8.1 ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO.....43
8.1.1 SIMULACIONES 51
8.2 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE FACHADA.....54
8.2.1 SIMULACIONES 60
8.3 ANÁLISIS COMPARATIVOS.....64
9. CONCLUSIONES 68
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....69
LISTA DE TABLAS 71
LISTA DE FIGURAS 72

1. JUSTIFICACIÓN

Debido a las alteraciones climáticas que se presentan en la actualidad, las cuales son generadas por las malas prácticas del hombre en su entorno se hace necesario desarrollar y proponer mecanismos que reduzcan el impacto directo de agentes naturales externos, en este caso el sol; sobre las personas que se encuentran desarrollando algún actividad en un espacio determinado, específicamente, en un edificio de oficinas. Aplicando el sistema propuesto de módulos plegables en fachadas de edificios de oficinas, se lograría reducir este impacto, ya que habría una disminución en el uso de sistemas artificiales como aire acondicionado y energía eléctrica logrando mitigar las emisiones de contaminantes al medio ambiente; y así mismo se mejorarían las condiciones de salud y bienestar de las personas que ocupan dicho espacio.

La evaluación del funcionamiento de este mecanismo aplicado en un edificio de oficinas localizado en Medellín arrojará ciertos resultados que en caso de ser positivos motiven a una búsqueda e implementación de nuevas alternativas tecnológicas que en conjunto optimizarán la calidad de vida y la calidad ambiental.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En algunos edificios no se cumplen los requerimientos de iluminación necesaria, lo cual expone a las personas que allí trabajan, pues estas no se encuentran en las condiciones adecuadas para ejercer sus labores. Esto se debe a la implementación de sistemas como aire acondicionado e iluminación artificial permanente que se utilizan para sustituir la iluminación y ventilación natural que nos puede brindar el medio ambiente sin costo alguno y que en ocasiones son necesarios ya que las condiciones naturales del lugar no son suficientes, pero que no siempre son utilizados adecuadamente, pues no son aptos o exceden las necesidades convirtiéndose en un problema y no en una solución. Como consecuencia de todo esto se generan gran variedad de enfermedades en los empleados como nauseas, mareos, resfriados, alergias, irritaciones en la piel y en las vías respiratorias, entre otras. Todos estos factores hacen que el rendimiento y la calidad de vida de las personas que habitan estos lugares sea cada vez más baja y por lo tanto el funcionamiento de la empresa en general.

Además de estas consecuencias encontramos otro problema que hoy en día tiene gran relevancia en la sociedad, la contaminación del medio ambiente. El empleo de estos sistemas provoca un mayor consumo energético y una mayor emisión de contaminantes a la atmosfera convirtiéndose en un problema ambiental.

Al aplicar el sistema de módulos plegables en un edificio de oficinas, se plantea un máximo aprovechamiento de las condiciones naturales del lugar, en este caso la iluminación, disminuyendo el uso de sistemas artificiales que pueden ser perjudiciales para los seres humanos y el medio ambiente.

3. OBJETIVO GENERAL

Mediante la aplicación de un sistema inmótico, analizar la eficiencia del sistema de módulos plegables como método de control lumínico en una zona de un edificio de oficinas en la ciudad de Medellín.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las necesidades lumínicas que son requeridas en edificios de oficinas.
- Determinar la localización y las condiciones del entorno.
- Analizar la influencia de las condiciones ambientales en el edificio y en el usuario.
- Aplicar el sistema de módulos plegables en el edificio mediante modelos tridimensionales.
- Realizar mediante programas computacionales diferentes simulaciones que nos permitan analizar el comportamiento lumínico y la incursión solar antes y después de la aplicación del sistema de módulos.
- Mediante estas simulaciones determinar ventajas y desventajas.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. CONCEPTOS BÁSICOS

5.1.1 INMÓTICA

La inmótica utiliza la alta tecnología para conseguir un ahorro energético considerable a través del uso responsable y eficiente de la energía.

La inmótica puede controlar la iluminación por presencia, con programación horaria o en función de la luz natural que exista en cada una de las diferentes zonas. La inmótica también puede controlar a través de un sistema inteligente la climatización del edificio teniendo en cuenta factores como la temperatura del exterior o la incidencia del sol y accionar los diferentes sistemas según el tipo de espacios.

Está claro que dotar a unas instalaciones de inmótica ayuda a hacerlas más sostenibles con el medio ambiente, además de ofrecer un atractiva idea de progreso y modernidad.

Los principales métodos para cambiar el estado de la iluminación mediante la inmótica son:

a. Control por Presencia: El control de presencia (mediante detectores de presencia) puede encender o apagar la iluminación de un espacio, si la detecta enciende la iluminación, y cuando no la detecta, la apaga.
b. Medir la Luz: Medir la luz en la estancia (incluyendo la luz natural aportada por el exterior y la luz que llega de otras estancias) puede regular la iluminación para garantizar una cantidad de luz establecida con el sistema de inmótica.
c. La Actividad/Escenas: Según la actividad de los usuarios la iluminación se puede adaptar de forma automática (activándose una Escena). La iluminación que forma parte de una Escena se programa para que tome un determinado nivel de iluminación, mientras que otras áreas toman otros valores

d. Programación Horaria: Con la programación horaria se puede programar el control del apagado, encendido y regulación de la iluminación con la domótica según la hora del día, y el día de la semana.

5.1.2 RADIACIÓN SOLAR

Se entiende por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas que emite el sol. La temperatura promedio del sol es de 6000 K y en su interior se producen constantemente ciertas fusiones nucleares que tienen como resultado pérdidas de masa que se transforman en energía y se trasmiten al exterior mediante la radiación solar. No toda la radiación llega hasta la superficie terrestre, cierta cantidad es absorbida por los gases de la atmósfera, como el ozono. La Irradiancia es el concepto utilizado para calcular la cantidad de radiación solar que llega a la tierra y su unidad de medida es w/m² (vatio por metro cuadrado). (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2010).

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

RADIACIÓN SOLAR DIRECTA: La radiación directa es la que proviene directamente del sol (sin filtros como las nubes)

RADIACIÓN SOLAR DIFUSA: La radiación difusa es aquella que al atravesar la atmósfera sufre dispersión (debido a filtros como las nubes) de parte de la radiación del sol en la misma. En los días nublados la radiación directa es muy baja y la radiación difusa mucho mayor. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

RADIACIÓN SOLAR REFLEJADA: La radiación reflejada es aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no "ven" superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

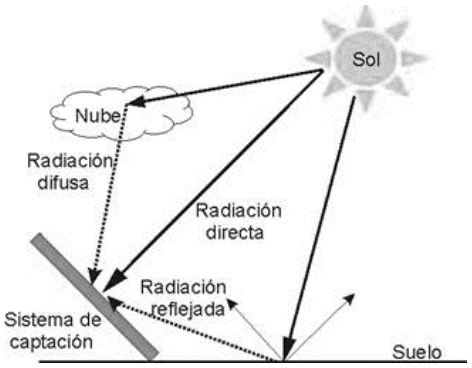


Ilustración 1. Tipos de radiación solar

5.1.3 ILUMINACIÓN

La iluminación es la acción o efecto de iluminar. Desde el punto de vista técnico se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos.

Con la iluminación se pretende conseguir un nivel de iluminancia adecuado al uso que tenga un espacio, sea este interior o exterior. Este nivel, medido en “lux” dependerá de la tarea que los usuarios de un espacio vayan a realizar.

5.1.4 LA LUZ

Se conoce como luz (*del latín lux, lucis*) a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. La luz como fenómeno es inapreciable. Sólo cobra existencia real cuando interacciona con un objeto en presencia de un “ojo” que la detecta. Por lo tanto, es un fenómeno compuesto por tres aspectos: La Luz en sí misma, el objeto sobre el cual incide y el órgano de la visión, el ojo, que recibe la radiación reflejada por los objetos.

Para el diseño y evaluación de los sistemas de iluminación es necesario el empleo de una serie de conceptos que nos ayuda a definir el Reglamento técnico de Alumbrado Público (RETILAP Colombia) y la NTP 211 (España) y que principalmente son:

5.1.5 EL FLUJO LUMINOSO

Es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa en todas las direcciones, su unidad es el lumen; y, por lo tanto, es un factor que depende únicamente de las propiedades intrínsecas de la fuente.

Su unidad es el *lumen (lm)* y equivale a la cantidad de luz que emite una fuente, bien sea, una lámpara, o la cantidad de luz que entra, por ejemplo por una ventana.

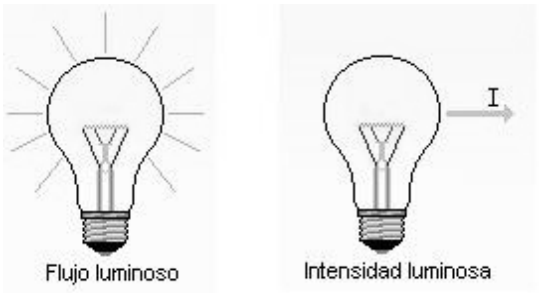


Ilustración 2. Flujo luminoso e Intensidad luminosa

5.1.6 LA INTENSIDAD LUMINOSA

Se define como la cantidad de flujo luminoso emitido por una fuente primaria o secundaria en una determinada dirección. La intensidad se mide en *candelas (cd).*

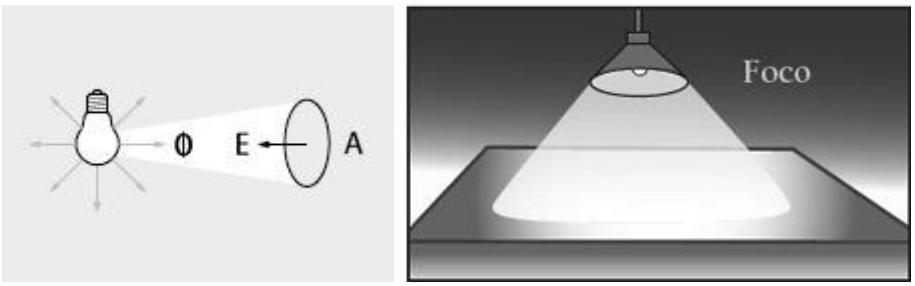


Ilustración 3. Intensidad luminosa

5.1.7 EL RENDIMIENTO LUMINOSO

Mide la cantidad de energía que se convierte en luz en relación con la energía total consumida. Es una medida de eficacia luminosa de una fuente, cuya unidad es el flujo luminoso por unidad de energía consumida *(lumen/vatio).*

5.1.8 LA ILUMINANCIA

Es la medida de la cantidad de luz incidente en un área dada. Su unidad en el Sistema Internacional es el Lumen/m2 = Lux

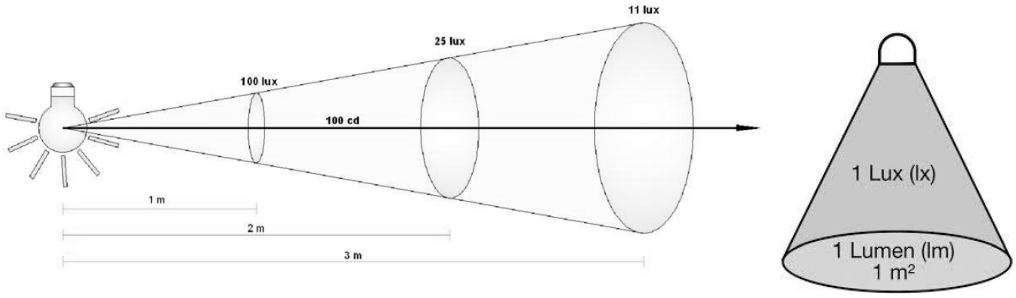


Ilustración 4. Lux y Lúmen

Fuente: NTP 211

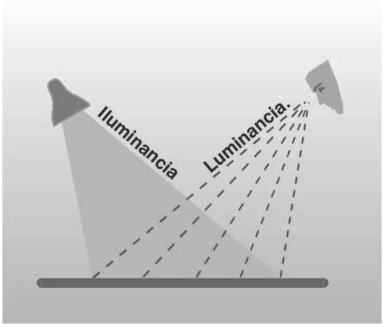


Ilustración 5. Luminancia e Iluminancia

Fuente: NTP 211

INTENSIDAD LUMÍNICA DE DIFERENTES FUENTES Y LUGARES DE ALIMENTACIÓN

Sol de verano	de 10.000 a 50.000 lux
Luz diurna en un día nublado	5000 lux
Luna llena	0,5 lux
Iluminación de trabajo	500 a 1000 lux
Iluminación del hogar (salón)	150 lux
Iluminación de las calles	1 a 20 lux
Umbral de los ojos para distinguir el color	3 lux

Tabla 1. Intensidad lumínica

Fuente: NTP 211

5.1.9 LA LUMINANCIA

Es el flujo reflejado por los objetos, o el flujo emitido si un objeto se considera fuente de luz. Hace referencia a la claridad o brillo con que vemos las distintas superficies.
Los distintos objetos son visibles debido a la luz que llega al ojo humano procedente de las transformaciones por absorción, reflexión o transmisión sobre los objetos. La unidad de luminancia es candelas por superficie (cd/m2).

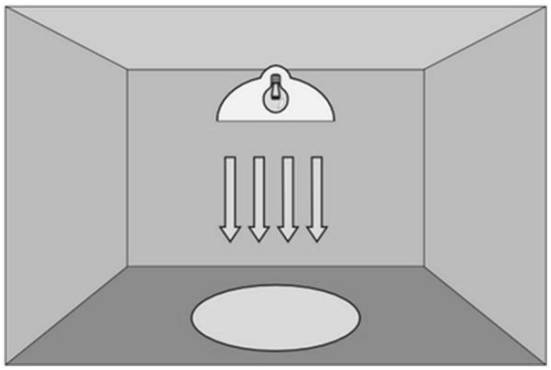


Ilustración 6. Luminancia

Fuente: NTP 211

5.1.10 DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento es la sensación de molestia que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando miramos directamente el sol.

Existen dos formas de deslumbramiento:

DESLUMBRAMIENTO DIRECTO: se produce por ejemplo al ver una fuente de luz directamente.

DESLUMBRAMIENTO INDIRECTO: se produce por la reflexión que produce la luminaria sobre una superficie con un alto nivel de reflectancia.

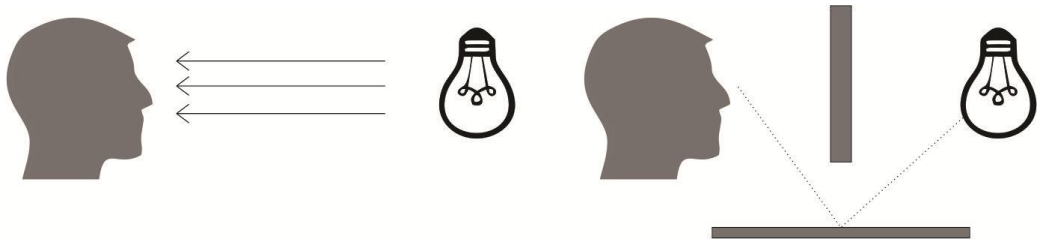


Ilustración 7. Deslumbramiento directo e indirecto

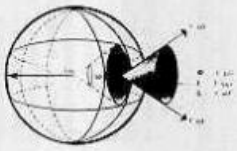
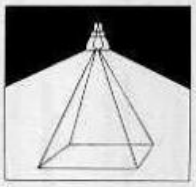
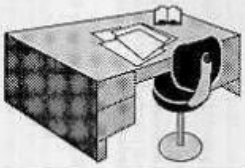
MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DEFINICION DE LA UNIDAD	REPRESENTACION GRAFICA	RELACIONES
FLUJO	Φ	LUMEN (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia 540 x 10^{12} Hertz y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.		$\Phi = I \times \omega$
INTENSIDAD LUMINOSA	I	CANDELA (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereoradian.		$I = \frac{\Phi}{\omega}$
NIVEL DE ILUMINACION (ILUMINANCIA)	E	LUX (lx)	Fujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m^2.		$E = \frac{\Phi}{S}$
LUMINANCIA	L	CANDELA por m^2 (cd/m^2) CANDELA por cm^2 (cd/cm^2)	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.		$L = \frac{I}{S}$

Ilustración 8. Magnitudes y su representación

Fuente: NTP 211

Nota: Estas unidades de medida son indispensables a la hora de realizar análisis lumínicos.

5.1.11 LUMINARIAS

Es el término que se aplica a cualquier objeto que soporte o sirva de alojamiento o revestimiento de una fuente de luz. En luminotecnia se define como lámpara, la fuente de luz, y como luminaria el envolvente o soporte de la lámpara.

5.1.12 CARGA TÉRMICA

Es la cantidad de energía térmica en la unidad de tiempo o potencia térmica que cualquier recinto, ya sea abierto o cerrado, intercambia con el exterior, se consideran casi siempre las cargas exteriores las más desfavorables

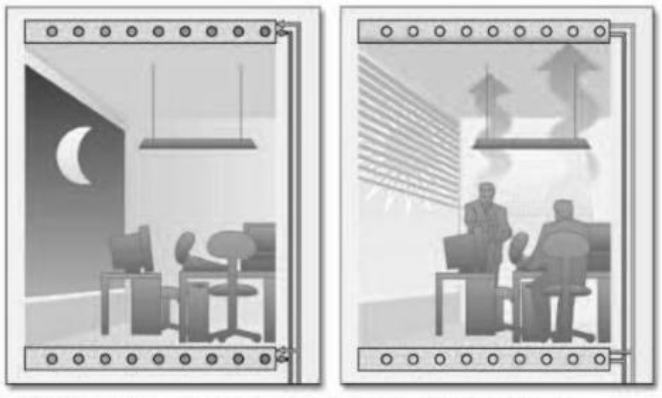


Ilustración 9. Carga térmica

Las cargas térmicas se deben a varios fenómenos de intercambio de calor y está ligada a sistemas de climatización (calefacción y refrigeración).

Estos son algunos factores que intervienen en la carga térmica:

-La transmisión por conducción, es la que se genera por medio de los materiales o elementos constructivos que posee una edificación, ya que estos están en medio del interior y el exterior, esta transmisión se debe a sus diferencias de temperatura o el salto térmico que existe entre ambos. Para esto podemos definir dos conceptos, uno se debe a la superficie que posee cada elemento y a sus características constructivas como los muros, los vidrios o los vanos y es llamado *transmitancia térmica* y el otro son los *puentes térmicos* que son las

discontinuidades en el aislamiento térmico de los elementos constructivos como las ventanas, las puertas, el encuentro de muros y forjados etc.

-El aire exterior que es necesario para la ventilación y renovación de los ambientes está ligado al salto térmico del interior y el exterior y de la cantidad de ventilación que es necesaria para dicha renovación, además hay q tener en cuenta las infiltraciones que se generan por medio de rendijas, juntas de cierre, ventanas puertas y vanos que están en medio del exterior y el interior

-Calor entrante debido al soleamiento y que logra acceder por medio de las ventanas o huecos acristalados, produciendo un efecto invernadero en el interior y calentando los objetos produciendo que el calor quede atrapado y aumente la temperatura ambiente, este efecto es beneficioso en climas fríos porque reduce la carga térmica y desfavorable en climas cálidos porque la aumenta

-El calor interno producido por diferentes fuentes como las personas, la iluminación eléctrica y los aparatos que hay en el interior, este puede ser favorable o desfavorable según el clima del lugar

-La humedad del aire es también otra carga térmica ya que lo adecuado es un ambiente con una humedad relativa indicada, esta puede proceder de fuentes internas llamadas evapotranspiración que es referido a las personas y algunos aparatos, y a externas como el contenido de humedad del aire exterior.

Calcularla adecuadamente permite generar sistemas adecuados para compensar la temperatura interior y la exterior.

La medición de dicha carga se puede realizar a partir del TGBH (Índice de Bulbo húmedo y temperatura de Globo). Para obtener este índice se deben medir en el ambiente tres temperaturas: temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo y de globo.

Para realizar estas mediciones se utilizan dos tipos de termómetro:

-Globotermómetro: con este termómetro se mide la temperatura del globo y consiste en una esfera hueca de cobre, pintada de color negro mate, con un termómetro o termoculpa inserto en ella, de manera que el elemento sensible esté

ubicado en el centro de la misma, con espesor de paredes de 0,6 mm y su diámetro de 150 mm aproximadamente. Se verificará la lectura del mismo cada 5 minutos, leyendo su graduación a partir de los primeros 20 minutos hasta obtener una lectura constante

-Termómetro de bulbo húmedo natural: con este otro termómetro se mide la temperatura de bulbo húmedo natural y consiste en un termómetro cuyo bulbo está recubierto por un tejido de algodón. Este debe mojarse con agua destilada.

Además de las temperaturas ambiente tomadas se tiene en cuenta el calor metabólico de la persona a la que se le realiza el estudio. El calor metabólico se determina teniendo en cuenta la posición del cuerpo y el tipo de trabajo efectuado.

A través de una fórmula, introduciendo las anteriores variables se determina el TGBH. Con este valor, se verifica en la siguiente tabla, si la persona se encuentra expuesta o no a carga térmica:

LIMITES PERMISIBLES PARA LA CARGA TERMICA Valores dados en ºC grados - TGBH			
Régimen de trabajo y descanso	Tipo de Trabajo		
	Liviano (menos de 230 W)	Moderado (230-400W)	Pesado (mas de 400W)
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

Tabla 2. Límites permitidos de carga térmica

En el caso de superar las temperaturas máximas según el tipo y régimen de trabajo se deben implementar las medidas correctivas correspondientes tales como:

- Rotación del personal.
- Entrega de ropa y equipos de protección personal especiales.
- Colocación de barreras protectoras que impidan la exposición a radiaciones.

5.2 CARACTERISTICAS DEL ENTORNO E INFLUENCIA DE LA LUZ

La luz natural que incide dentro de los espacios interiores es función de:

- Nivel de iluminación exterior

- Orientación en la que se encuentre la fachada

Las siguientes orientaciones y sus características aplican para el trópico.

ORIENTACIÓN ESTE Y OESTE: Tiene una mayor ganancia solar en cantidad y periodo de tiempo, produciendo ambientes más luminosos. Existe posibilidad de deslumbramiento aunque las montañas, las nubes y los edificios bloqueen por momentos el paso directo del sol por lo que se recomienda la inclusión de filtros solares.

ORIENTACIÓN SUR: Tienen una menor ganancia solar que la orientación este y oeste y el deslumbramiento puede ser bajo.

ORIENTACIÓN NORTE: No hay problemas de deslumbramientos; es la orientación más adecuada a efectos de tareas de alta calidad visual como bibliotecas y centros de trabajo.

- Tamaño de los huecos y espesor de los muros

- Tipos de acristalamiento y elementos de control solar

- Posición relativa de los huecos respecto al espacio a iluminar

- Forma y dimensiones del espacio a ser iluminado

- Color de las superficies del espacio interior, absorción y reflectividad. Los acabados claros, de alta reflectividad, resultan adecuados a efectos de iluminación, siempre que no se produzcan deslumbramientos.

5.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN

Medellín se encuentra ubicado en el centro geográfico del Valle de Aburrá, sobre la cordillera central de los Andes en las coordenadas 6°13′55″N 75°34′05″O. La latitud y altitud de la ciudad dan como resultado un clima tropical monzónico. El clima es templado y húmedo, con una temperatura promedio de 23° centígrados. En los días soleados a mediodía las temperaturas normalmente llegan hasta los 31° o 32° a la sombra. Sin embargo en Medellín los días completamente despejados son poco comunes, un día normal en Medellín es parcialmente nublado con intervalos de sol y de sombra, lo que genera que la tasa de insolación

en Medellín sea relativamente baja (unas 5 o 6 horas de sol al día en promedio) frente a la de ciudades como Barranquilla (que tiene entre 7 y 8 horas de sol al día en promedio). En un día parcialmente nublado las temperaturas suben a los 30° o 31° al mediodía. En los días nublados las temperaturas suben hasta los 29° o 30° y en los lluviosos alcanza apenas los 25°.

5.3 NORMATIVA DE ILUMINACIÓN

5.3.1 RETILAP (Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público)

Es el reglamento Colombiano que establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar los siguientes aspectos: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados, por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

Objetivos legítimos: La seguridad nacional en términos de garantizar el abastecimiento energético mediante uso de sistemas y productos que apliquen el Uso Racional de Energía

- La protección de la vida y la salud humana.
- La protección de la vida animal y vegetal.
- La prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario.
- La protección del Medio Ambiente

5.4 OFICINAS

5.4.1 LA ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO

La luz permite que las personas recibamos gran parte de la información que nos relaciona con el entorno exterior a través de la vista, por lo que el proceso de ver se convierte en fundamental para la actividad humana y queda unido a la necesidad de disponer de una buena iluminación. Por extensión, en el ámbito laboral es indispensable la existencia de una iluminación correcta que permita ver sin dificultades las tareas que se realizan en el propio puesto de trabajo o en otros lugares de la empresa (almacén, garaje, laboratorio, despachos, etcétera), así

como transitar sin peligro por las zonas de paso, las vías de circulación, las escaleras o los pasillos.

Es evidente que una iluminación deficiente puede aumentar la posibilidad de que las personas cometan errores trabajando y de que se produzcan accidentes. Del mismo modo, una mala iluminación puede provocar la aparición de fatiga visual, con los pertinentes perjuicios que esto representa para la salud de las personas: problemas en los ojos (sequedad, picor o escozor) dolor de cabeza, cansancio, irritabilidad, mal humor, etc. En consecuencia, un análisis ergonómico y de seguridad de un lugar de trabajo siempre debe tener en cuenta que el nivel de iluminación sea el idóneo: “la iluminación correcta es la que permite distinguir las formas, los colores, los objetos en movimientos y apreciar los relieves, y que todo ello, además, se haga fácilmente y sin fatiga, es decir, que asegure el confort visual permanentemente.” (NTP 211, Chavarría Cosar).

A continuación, presentamos un conjunto de medidas preventivas que pueden ayudar a que cualquier actividad laboral se desarrolle dentro de unos parámetros saludables, con respecto a la iluminación (*NTP 211*).

5.4.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

1. Considerar el nivel de iluminación en función de cada actividad y de la zona de trabajo en la que se realiza, así como las condiciones reales del puesto de trabajo. Hay que tener en cuenta: el tamaño de los detalles que se han de ver; la distancia entre el ojo y el objeto observado; el contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que destaca y también la edad del trabajador (por lo general, a partir de los cuarenta años, suelen producirse alteraciones en la capacidad de visión de las personas).

2. Tener en cuenta los niveles mínimos de iluminación establecidos por la legislación. Estos niveles se miden con un luxómetro y se expresan en lux; esta unidad representa la iluminación producida por un lumen (cantidad de luz que emite una fuente luminosa) en un metro cuadrado de superficie. Para zonas donde se ejecuten tareas de bajas exigencias visuales los mínimos establecidos son 100 lux (manipulación de mercancías, salas de máquinas…); para exigencias visuales moderadas, 200 lux (almacenes de oficinas, industrias conserveras…); para altas, 500 lux (máquinas de imprimir, trabajos con ordenador…); y para muy altas, 1.000 lux (inspección de colores, joyería…). Igualmente, para los locales de uso habitual la referencia es de 100 lux (vestuarios, salas de descanso…), mientras que en las vías de circulación es de 50 lux (*Normativa establecida para Barcelona, España*).

3. La luz natural ofrece muchas ventajas con respecto a la claridad, al ahorro energético y a la sensación de bienestar que otorga a las personas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que varía con el tiempo (hora del día, estación del año, etc.), por lo que siempre hay que contar con la iluminación artificial, aunque sea de forma complementaria, recurriendo al uso de bombillas, fluorescentes o lámparas de bajo consumo. Todos estos sistemas de iluminación deben ir acompañados de pantallas o luminarias que los oculten a la visión directa de las personas con el fin de evitar deslumbramientos (estos se producen cuando miramos una luz más fuerte de la que el ojo está preparado para recibir en ese momento) y que, al mismo tiempo, faciliten el que podamos canalizar la luz hacia el lugar que nos interesa.

4. Planificar la iluminación de un lugar de trabajo orientando la luz de forma correcta. La luz debe dirigirse de forma prioritaria hacia los materiales y objetos con los que trabajamos pero teniendo precaución de orientar la iluminación localizada evitando la formación de reflejos sobre el material. Es aconsejable que la parte superior de las paredes sea de color claro, lo cual contribuye a difundir convenientemente la luz.

5. Instalar iluminación localizada en aquellos puestos de trabajo que lo requieran, cuando la iluminación general sea moderada y pueda resultar insuficiente para la realización de determinadas tareas. En estos casos, la luz debe ubicarse oblicuamente por detrás del hombro izquierdo de la persona, en el caso de que utilice su mano derecha, y a la inversa, si se trata de un trabajador zurdo.

6. Considerar aspectos relacionados con el color ya que éste produce en el observador reacciones psíquicas emocionales que pueden ser positivas o negativas. Aunque no existe una fórmula válida que permita seleccionar los colores más adecuados para cada espacio de trabajo, sí hay criterios generales que pueden tomarse como referencia. Por ejemplo, los colores cálidos y oscuros producen en los techos sensación de seriedad; en los lados de limitación y en los suelos aparecen como seguros y resistentes. Hay que tener cuidado con el color blanco porque las paredes y suelos de ese color pueden convertirse en superficies deslumbrantes cuando la iluminación es demasiado intensa.

7. Colocar las superficies de trabajo entre los puntos de luz (luminarias) y no directamente debajo de ellos, con el fin de que la luz no incida directamente sobre el plano de trabajo, evitando reflejos y deslumbramientos. Del mismo modo, es aconsejable situar las mesas de forma perpendicular a las ventanas para que la luz solar incida de manera lateral sobre el área de trabajo. Este aspecto es

particularmente importante en el caso de trabajos con pantallas de visualización de datos (*GUASCH, La iluminación en el puesto de trabajo, s.f.*).

5.4.3 ERGONOMÍA PARA OFICINAS

PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

En lo que se refiere a los principales riesgos ergonómicos asociados al trabajo de oficina se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- Riesgos relacionados con la Carga Postural.
- Riesgos relacionados con las Condiciones Ambientales.
- Riesgos relacionados con Aspectos Psicosociales.

Tipo de Riesgo	Características del trabajo	Elementos de trabajo	Posibles daños para la salud
CARGA POSTURAL	*- Movilidad restringida* *- Posturas inadecuadas*	- Espacio del entorno - Silla de trabajo - Mesa de trabajo - Ubicación del ordenador	- Incomodidad - Molestias y lesiones musculares - Trastornos circulatorios
CONDICIONES AMBIENTALES	*Iluminación*	- Reflejos y deslumbramientos - Mala iluminación - Fuertes contrastes	- Alteraciones visuales - Fatiga visual
	Climatización	- Regulación temperatura - Excesiva velocidad del aire - Falta de limpieza	- Incomodidad y malestar - Trastornos respiratorios - Molestias oculares
	Ruido	- Existencia de fuentes de ruido - Acondicionamiento acústico	- Dificultades para concentrarse
ASPECTOS PSICOSOCIALES	*Tipo de tarea* *Organización de trabajo* *Política en RR.HH*	- Programas informáticos - Procedimientos de trabajo - Tipo de organización	- Insatisfacción - Alteraciones físicas - Trastornos del sueño - Nerviosismo, depresión, etc. - Disminución del rendimiento.

Tabla 3. Riesgos laborales

Fuente: Prevención de riesgos ergonómicos CROEM

Ilustración 10. Riesgos posturales en la oficina

Fuente: prevención de riesgos ergonómicos CROEM

ORDENACIÓN DEL ENTORNO

El orden de los elementos de trabajo, en función de las tareas o funciones aporta eficacia al trabajo.

Hay que analizar varios elementos:

-Se da prioridad a la tarea que se realiza más tiempo en la jornada
-La cantidad y calidad de las entradas
-El elemento más usado (teléfono, teclado, pantalla, documentación, etc.)
-Estudiar la posibilidad de alternar tareas
-Trabajo en ordenadores de pantalla

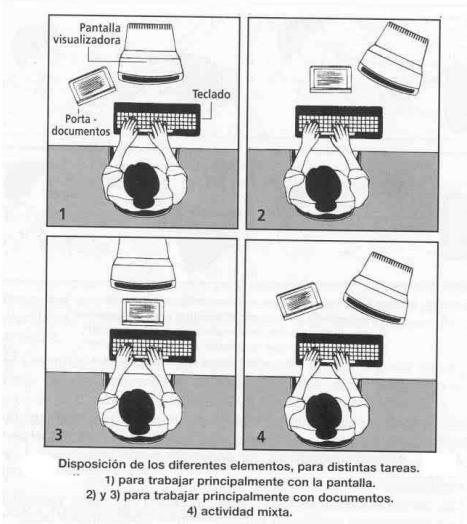


Ilustración 11. Disposición elementos de trabajo

Fuente: prevención de riesgos ergonómicos CROEM

CONFORT AMBIENTAL (ILUMINACIÓN, RUIDO Y TÉRMICO)

TÉRMICO

Conseguir un ambiente térmico adecuado en oficinas está condicionado por el estudio y adaptación de los siguientes factores:

- La temperatura del aire.
- La humedad del aire.
- La temperatura de paredes y objetos.
- La velocidad del aire.

Dado que el trabajo en oficinas es un trabajo sedentario, sin esfuerzo físico importante, las condiciones de confort térmico serán las indicadas en el siguiente cuadro:

FACTOR	***TODO EL AÑO***
TEMPERATURA	20-24
HUMEDAD RELATIVA	40-60
VELOCIDAD AIRE	0,25
DIFERENCIA TEMP. ENTRE 1,1 Y 0,1 M DEL SUELO	<3°

Tabla 4. Valores aconsejables de temperatura en trabajos de oficina

Fuente: UNE EN ISO 7730:06. Ergonomía del ambiente térmico.

ILUMINACIÓN

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud. (RETILAP 2010).

Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo están establecidos en las siguientes tablas:

ZONA DEL LUGAR DE TRABAJO	*NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (LX)*
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1° Bajas exigencias visuales	100
2° Exigencias visuales moderadas	200
3° Exigencias visuales altas	500
4° Exigencias visuales muy altas	1000

Tabla 5. Niveles de iluminancia en lugar de trabajo

Fuente: UNE EN ISO 7730:06. Ergonomía del ambiente térmico.

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	*NIVELES DE ILUMINANCIA (LX)*		
	Mínimo	Medio	Máximo
Oficinas de tipo general	300	500	750
Oficinas Abiertas	500	750	1000
Oficinas de dibujo	500	750	1000
Salas de conferencia	300	500	750

Tabla 6. Niveles de Iluminancia

Fuente: RETILAP, 2010

AMBIENTE LUMINOSO

Elegir un buen sistema de iluminación de los puestos de trabajo para conseguir un cierto confort visual y una buena percepción visual precisa del estudio de los siguientes puntos:

- Nivel de iluminación del punto de trabajo.
- Tipo de tarea a realizar (objetos a manipular).
- El contraste entre los objetos a manipular y el entorno.

● La edad del trabajador.
● Disposición de las luminarias.

La no consideración de estos factores puede provocar fatiga visual, ya sea por una solicitación excesiva de los músculos ciliares, o bien por efecto de contrastes demasiado fuertes sobre la retina.

PSICOLOGÍA DEL COLOR EN LAS OFICINAS

Los colores poseen unos coeficientes de reflexión determinados y provocan unos efectos psicológicos sobre el trabajador, por lo tanto es importante, antes de decidir el color de una sala, tener en cuenta el tipo de trabajo que se va a realizar. Si se trata de un trabajo monótono, es aconsejable la utilización de colores estimulantes, no en toda la superficie del local pero sí en superficies pequeñas como lámparas, puertas etc.
De esta manera es posible lograr unas condiciones para el usuario más confortantes logrando un equilibrio entre iluminación y color.

COLOR	SENSACIÓN DE DISTANCIA	TEMPERATURA	EFECTOS PSÍQUICOS
AZUL	LEJANIA	FRÍO	RELAJANTE -LENTITUD
VERDE	LEJANÍA	FRÍO – NEUTRO	MUY RELAJANTE – REPOSO
ROJO	PROXIMIDAD	CALIENTE	MUY ESTIMULANTE – EXCITACIÓN
NARANJA	GRAN PROXIMIDAD	MUY CALIENTE	EXCITANTE – INQUIETUD
AMARILLO	PROXIMIDAD	MUY CALIENTE	EXCITANTE – ACTIVIDAD
VIOLETA	PROXIMIDAD	FRIO	EXCITANTE - AGITACIÓN

Tabla 7. Influencia de los colores en los usuarios

Si la tarea a realizar requiere una gran concentración elegiremos colores claros y neutros.

DESLUMBRAMIENTO

El trabajo con pantallas de visualización (PVD) puesto de visualización de datos, requiere una iluminación no demasiado brillante para evitar deslumbramientos. Del mismo modo, con niveles muy superiores se acrecienta la fatiga visual.

El esquema siguiente recoge la metodología para controlar el deslumbramiento debido a los reflejos:

Control del deslumbramiento	Mediante localización adecuada	Girando la pantalla
		Inclinando la pantalla
		Ajustando la altura de la pantalla
		Reubicando la pantalla
	Mediante diseño del equipo	Pantallas de contraste positivo
		Protectores anti-reflejos
		Pantallas con viseras
		Pantallas planas
	Actuando sobre la iluminación	Rediseñando la iluminación
		Cambiando posición de luminarias
		Apantallando fuentes de luz

Tabla 8. Control del deslumbramiento

Fuente: Manual de normas técnicas para el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización

El operador de pantallas de visualización debe adaptar su visión a tres contrastes de iluminación diferentes: el de la pantalla, el de los textos y el del teclado.

Una errónea repartición de luminancias en el campo visual, puede provocar fenómenos de deslumbramiento, los cuáles, a su vez, son origen de fatiga visual.

Para evitar los deslumbramientos, las pantallas deben ser mates, con viseras laterales y superiores o filtros reticulados amovibles.

El operador debe poder regular la luminosidad y el contraste.

Otras medidas a tener en cuenta para evitar reflexiones son:

- Las paredes y superficies deben estar pintadas en colores no brillantes.

- El campo situado detrás del operador debe tener una luminancia lo más débil posible.
- La pantalla debe colocarse de forma perpendicular a las ventanas y es preferible que éstas queden a la izquierda del operador.
- La pantalla debe quedar alejada de las ventanas para que la sobre iluminación diurna no dificulte la adaptación de los ojos del operador a la relativa oscuridad de la pantalla.
- La línea de visión del operador a la pantalla debería ser paralela a las lámparas del techo.
- Las lámparas del techo no deben estar colocadas encima del operador y deben estar provistas de difusores para conseguir una distribución de la luz más uniforme.

5.5 SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

La Organización Mundial de la Salud lo ha definido como un conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios cerrados. Es un conjunto de molestias y enfermedades originadas en la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados.
El tipo de malestares que producen y estimulan estas situaciones es variado: jaquecas, náuseas, mareos, resfriados persistentes, irritaciones de las vías respiratorias, piel y ojos, etc. Entre estos malestares, las alergias ocupan un papel importante.

5.5.1 CAUSAS

Los factores que contribuyen al síndrome se relacionan al diseño del ambiente construido, y puede incluir combinaciones de algunos o a todas las siguientes causas:

- Interior contaminación del aire
- Perfumes artificiales
- Pobre o inapropiada e incluso excesiva iluminación (incluyendo ausencia de luz o solo limitados accesos a la luz natural).La excesiva iluminación genera reflejos en las pantallas de trabajo de los puestos administrativos.
- Pobre calentamiento o enfriamiento de las estancias y / o ventilación
- Mal posicionamiento de los sistemas de calefacción y aire acondicionado

- Mala acústica
- Pobres diseños de muebles y equipos (monitores de Pcs, fotocopiadoras, etc.).
- Pobre ergonomía.
- Contaminación química.
- Contaminación biológica.

Al dueño o al operador de un "edificio enfermo", los síntomas pueden incluir altos niveles de empleados enfermos o ausentismo, baja productividad, baja satisfacción laboral y alta rotación de empleados (*Tomado de Wikipedia,18 mayo 2013*).

5.6 MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EN FACHADAS

Al elegir materiales para espacios determinados como oficinas, es importante no sólo tener en cuenta el diseño sino también el material de los diferentes componentes del espacio, pues dependiendo de estos varía su capacidad de bloqueo, paso, reflexión o absorción de luz, logrando que un espacio con iluminación suficiente se minimice, que un espacio con iluminación media se maximice o que integrando adecuadamente textura, color y luz las condiciones de iluminación sean adecuadas.

Entre las medidas que podemos adoptar tenemos ocultar las fuentes de luz del campo de visión usando rejillas o pantallas, utilizar recubrimientos o acabados mates en paredes, techos, suelos y muebles para evitar los reflejos y no provocar deslumbramiento, evitar fuertes contrastes de luminancias entre la tarea visual y el fondo y/o cuidar la posición de las luminarias respecto a los usuarios para que no caigan dentro de su campo de visión.

5.7 COMPONENTES DE PASO DE LA LUZ GLOBALES

Los componentes de paso de luz globales son los formados por una parte del mismo cerramiento de un volumen edificado que, compuesto por una superficie de material transparente o translúcido, rodea total o parcialmente un ambiente y permite la entrada global de la luz natural.

Dichos componentes permiten la entrada general de la luz y crean un alto nivel de iluminación interior uniforme, parecida a las condiciones exteriores. Sin embargo, pueden provocar problemas de exceso de radiación en climas cálidos, especialmente en verano, por ello es aconsejable complementarlos con elementos de control de la radiación.

ELEMENTOS DE CONTROL DE LA LUZ

Dispositivos que controlan la dirección e intensidad del paso de la luz natural a través de los elementos de paso. Además de su comportamiento lumínico, estos elementos pueden actuar en otras funciones como pueden ser la ventilación, la posibilidad de visión controlada, la protección térmica de espacios interiores o la seguridad del edificio.

• Vidrios
• Carpinterías
• Pantallas flexibles
• Toldos
• Cortinas
• Pantallas rígidas
• Reflectores: pantallas situadas para reflejar los rayos solares
• Parteluces horizontales y verticales: dirigen la luz hacia un punto profundo del techo.
• Parasoles horizontales, verticales y paralelos
• Filtros solares
• Celosías
• Lamas: eliminan la zona luminosa próxima a la fachada.
• Tratamientos superficiales del vidrio
• Obstrucciones solares
• Persianas
• Contraventanas

Estos elementos pueden oscurecer mucho el espacio al tratar de controlar el ingreso de radiación directa.

5.7.1 SISTEMA DE MÓDULOS PLEGABLES

Referente: Sala de exposiciones Kiefer Technic

Dirección: 8344 Mala DC, Estiria

Cliente: Harald Kiefer metal Ltd.
Arquitecto: Ernst Giselbrecht
Inicio de la construcción: 2006
Finalización: 2007

Datos constructivos:
Superficie útil: 420 m²
Superficie construida: 545 m²
Espacio Interior: 4270 m

Descripción:
Sala de exposiciones para la presentación de los productos Shell.
Materiales: Paredes de ladrillo macizo, pisos de concreto, columnas de acero rellenos de hormigón a lo largo de la fachada. Cepillado fachada parteluz-travesaño de aluminio con bandas ascendentes Shine o EIFS.
Protección solar: Persianas metálicas en aluminio perforado (Sistema de control eléctrico).
Regula: Ventilación + Iluminación
Control: Digital

Ilustración 12. Fachada módulos plegables

5.7.2 SISTEMA DE FACHADA HOMEOSTÁTICA - POLÍMERO FLEXIBLE

Regula: Iluminación
Control: Digital

Ilustración 13. Fachada homeostática

5.7.3 MÓDULOS PLEGABLES

Referente: Torre al Bahar

Regula: Ventilación + Iluminación
Control: Digital

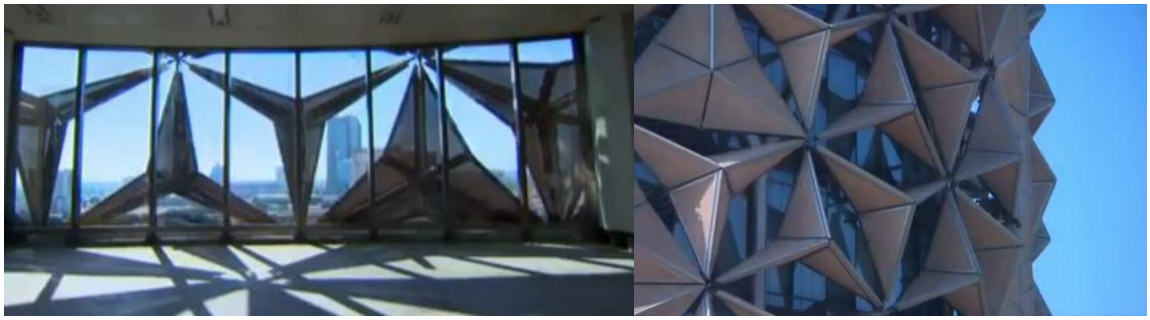


Ilustración 14. Fachada módulos plegables tridimensionales

5.7.4 SISTEMA TESELAR - PANELES SUPERPUESTOS

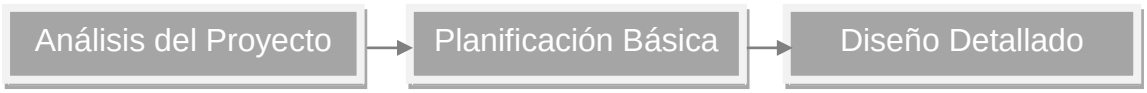
Regula: Ventilación + Iluminación
Control: Digital

Ilustración 15. Fachada paneles superpuestos

Finalmente, luego de analizar estos diferentes sistemas, observando tanto sus ventajas como desventajas, decidimos escoger el Sistema de Módulos Plegables como referencia, ya que ayuda a controlar tanto la ventilación como la iluminación natural al interior del edificio.

5.8 PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACIÓN

Según Retilap, un diseño de iluminación debe seguir el siguiente procedimiento:



5.8.1 ANÁLISIS DEL PROYECTO.

En esta etapa se debe recopilar y analizar la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances, intereses y limitaciones del trabajo o tareas a realizar.

a) Demandas visuales. Son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se debe evaluar la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de realización incluso en condiciones difíciles y tiempos prolongados.

b) Demandas emocionales. Surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y seguridad de las personas.

c) Demandas estéticas. Se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, obras de arte, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio, etc.

d) Demandas de seguridad. Se determina por una parte, en función de los dispositivos de iluminación para circulación de las personas en condiciones normales y de emergencia; y por otra como las características de las fuentes luminosas.

e) Condiciones del espacio, están relacionadas con las características físicas tanto de las áreas a iluminar como su entorno.

g) Variables económicas y energéticas, El análisis debe, no solo tener en cuenta los costos de instalación inicial sino también los de funcionamiento durante la vida útil del proyecto.

h) Restricciones. En el diseño se deben tener en cuenta las restricciones normativas o reglamentarias, por razones de seguridad, disposición de la infraestructura y ocupación del espacio.

5.8.2 PLANIFICACIÓN BÁSICA.

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, se debe establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar todavía aspectos específicos, por lo que en esta etapa se deberá contar con un documento de diseño básico. En este punto se debe definir el sistema de alumbrado, características de las fuentes luminosas recomendadas, uso de alumbrado natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial.

La mayoría de los datos necesarios para el análisis del proyecto se obtienen de la información planimétrica, no obstante en algunos proyectos puede ser necesario realizar un levantamiento visual y eventualmente fotométrico, eléctrico y

fotográfico en la obra, para verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos.

5.8.3 DISEÑO DETALLADO.

El diseño detallado es obligatorio para, alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios de mayores a 500 m2 y en general en los lugares donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, iluminación de salones donde se imparta enseñanza, o lugares con alta concentración de personas en una mismo salón (50 o más), durante periodos mayores a dos horas.

En función del perfil definido en la fase de diseño básico, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

a) La selección de las luminarias
b) El diseño geométrico y sistemas de montaje

En esta etapa el diseñador debe presentar mínimo la siguiente documentación técnica:

⇒ Planos de montaje y distribución de luminarias
⇒ Memorias descriptivas y de cálculos fotométricos
⇒ Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía

En lo posible el diseño debe considerar varias alternativas de iluminación

5.9 RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SECTOR COMERCIAL E INDUSTRIAL

a. Aprovechar al máximo la luz natural mediante la instalación de foto sensores que regulen la Iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.

b. Instalar detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).

c. Instalar controles de iluminación automáticos que apaguen o enciendan las luces en determinados horarios.

d. Elegir siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de las necesidades de iluminación.

ALGUNAS MEDIDAS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA PARA APLICACIÓN URE (USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA)

a. Usar materiales traslúcidos, difusos que dejen pasar poco calor radiante y aplíquelo en áreas grandes para incrementar la contribución de luz natural.

b. Usar iluminación localizada en puestos de trabajo, mayor que la general.

c. El diseño de la distribución de la iluminación debe ser flexible, de tal manera que pueda permitir una reacomodación en la organización del trabajo.

APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL

Para disminuir el consumo de energías comerciales asociadas al alumbrado, en toda construcción que requiera iluminación para desarrollar cualquier tipo de actividad, se debe utilizar hasta donde sea posible la luz natural proporcionada por la energía radiante del sol. Dicha luz está disponible a lo largo del día en forma directa o a través de la bóveda celeste.

La fuente de luz considerada para el cálculo del aprovechamiento de la luz natural es la bóveda celeste, y en su utilización deben aplicarse los siguientes criterios:

a. Para el aprovechamiento de la luz natural se debe disponer en lo posible de ventanales y claraboyas que además del acondicionamiento ambiental y la ventilación del local, permiten el contacto visual y físico con el exterior, lo cual contribuye al bienestar y satisfacción de los usuarios.

b. Se debe evitar la luz directa del sol sobre los planos de trabajo, debido a que su gran intensidad lumínica, puede generar contrastes excesivos y causar deslumbramiento.

c. Se debe aprovechar la luz natural mediante la difusión y reflexión de los rayos solares hacia el interior de un espacio, pues de lo contrario los ocupantes de los edificios tienden a eliminar totalmente el ingreso de luz solar y a reemplazarla por iluminación artificial.

d. Se debe tener conocimiento de la disponibilidad de luz exterior, tanto en sus niveles de radiación como en sus periodos de duración, de acuerdo a las horas de los días con cielos despejados, parcialmente despejados y cielos nublados. Para hacer esto es necesario consultar las bases de datos con los registros de luz natural en forma regular de las diferentes regiones del país que tienen diferentes entidades.

e. En el desarrollo preliminar del diseño de la edificación, cuando sea posible se debe procurar optimizar la orientación de las plantas de la edificación para permitir el acceso de la luz natural a la mayoría de los locales. Igualmente, en una etapa temprana de la construcción se debe considerar el diseño de los elementos que ayuden a captar, dirigir y distribuir la luz natural.

f. En el diseño de la iluminación de interiores, las ventanas deben cumplir los siguientes objetivos:

1. Maximizar la transmisión de luz por unidad de área de vidrio en la ventana.

2. Controlar la penetración de luz directa del sol sobre el plano de trabajo.

3. Controlar el contraste de claridad dentro del campo visual de los ocupantes, especialmente entre las ventanas y las paredes del local.

4. Minimizar el efecto de reducción del ingreso de la intensidad luminosa debido al ángulo de incidencia de la luz (efecto de reducción por coseno). Esto significa que ventanales ubicados en la parte alta de los muros producen más iluminancia que unos ventanales más bajos, aunque sean de la misma área.

5. Minimizar el calor diurno durante los días soleados, usando aleros o parasoles.

CONTROL DEL DESLUMBRAMIENTO.

En los lugares de trabajo el deslumbramiento perturbador, su principal efecto es reducir la visibilidad de la tarea, perturba la visión y dar lugar a errores y accidentes. El deslumbramiento molesto no reduce la visibilidad pero produce

fatiga visual, puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas.

Para evitar el deslumbramiento perturbador, los puestos y áreas de trabajo se deben diseñar de manera que no existan fuentes luminosas o ventanas situadas frente a los ojos del trabajador. Esto se puede lograr orientando adecuadamente los puestos o bien apantallando las fuentes de luz brillantes.

Para evitar el deslumbramiento molesto es necesario controlar todas las fuentes luminosas existentes dentro del campo visual. Esto conlleva la utilización de persianas o cortinas en las ventanas, así como el empleo de luminarias con difusores o pantallas que impidan la visión del cuerpo brillante de las bombillas o lámparas.

Para controlar el deslumbramiento se deben tomar las siguientes medidas:

a) Apantallamiento contra el deslumbramiento: Las fuentes luminosas pueden causar deslumbramiento en proporción a su brillo y con ello producir alteraciones en la visión de objetos.

Para evitar el deslumbramiento se deben tomar acciones como el oscurecimiento de ventanas mediante cortinas o el apantallamiento de las fuentes luminosas. Para las fuentes luminosas deben aplicarse los ángulos de apantallamiento mínimos indicados en la siguiente tabla.

Luminancia de lámpara kcd/m2	Anglo de apantallamiento mínimo
20 a menos de 50	15º
50 a menos de 500	20º
Igual o superior a 500	30º

Tabla 9. Ángulos de apantallamiento mínimos

b) Control de los reflejos. En lo que concierne al control del deslumbramiento provocado por los reflejos, se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

Uso de acabados de aspecto mate en las superficies de trabajo y del entorno.

Situar las luminarias respecto al puesto de trabajo de manera que la luz llegue al trabajador lateralmente. En general, es recomendable que la iluminación le llegue

al trabajador por ambos lados con el fin de evitar también las sombras molestas cuando se trabaja con ambas manos.

DIRECCIONALIDAD DE LA LUZ.

Para percibir la forma, el relieve y la textura de los objetos debe existir un equilibrio de luz difusa y direccional; lo anterior debido a que una iluminación demasiado difusa reduce los contrastes de luces y sombras, empeorando la percepción de los objetos en sus tres dimensiones, mientras que la iluminación excesivamente direccional produce sombras duras que dificultan la percepción.

Algunos efectos de la luz dirigida también pueden facilitar la percepción de los detalles de una tarea; por ejemplo, una luz dirigida sobre una superficie bajo un ángulo adecuado puede poner de manifiesto su textura. Esto puede ser importante en algunas tareas de control visual de defectos.

6. DISEÑO METODÓLOGICO

Identificando las características del entorno, las necesidades del usuario, el tipo de actividad, la permanencia, la orientación de la fachada, la altura, el número de pisos, la relación de altura con edificios vecinos; y a partir de esto, proponer un sistema de fachada que cumpla con todos los requerimientos técnicos y de confort, para que cumplido todo esto, se obtenga un mejor rendimiento y de las personas y del edificio como tal.

Con todos los aspectos mencionados anteriormente, se realizara un modelo digital con todas las características necesarias para ejecutar un estudio por medio del software Dialux; el cual nos arrojara los resultados necesarios del análisis de la eficiencia lumínica con la aplicación de la fachada de módulos plegables.

Posteriormente a partir de los análisis se concluiría la eficiencia obtenida con la aplicación de dicho sistema.

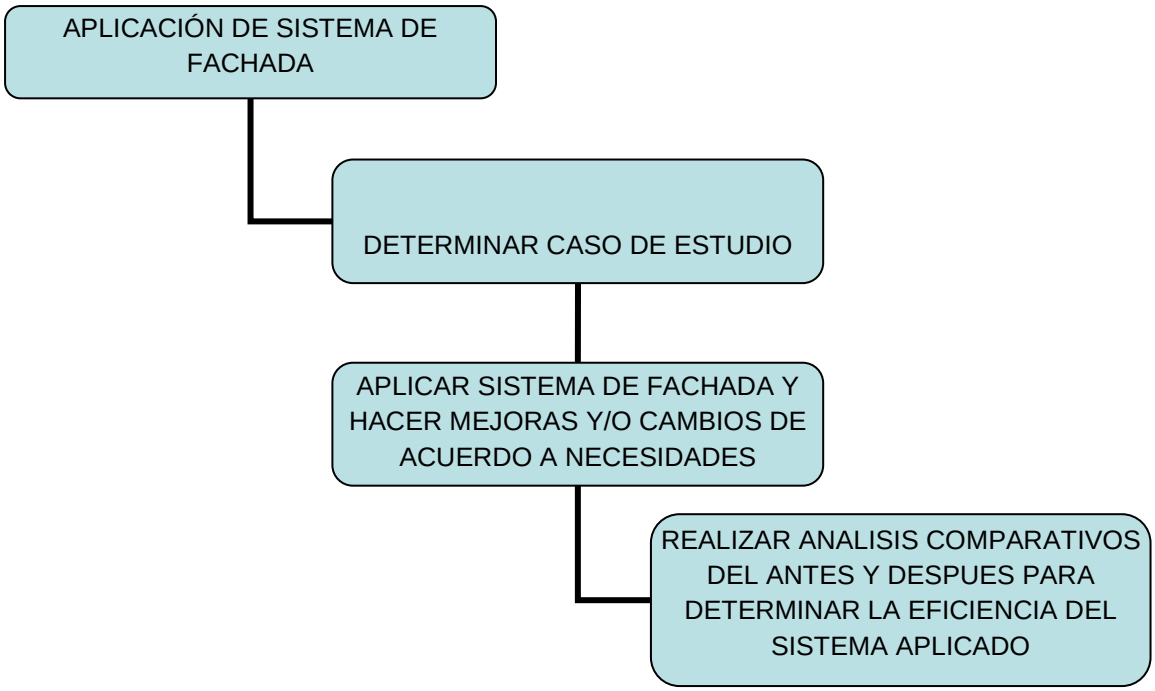


Ilustración 16. Diseño metodológico

7. CRONOGRAMA

FECHA	ACTIVIDAD
Febrero – Marzo 2014	Recopilación información
Abril – Agosto 2014	Simulaciones
Septiembre – Noviembre 2014	Análisis resultados y conclusiones

8. DISEÑO DE PROPUESTA DE FACHADA

Luego de analizar diferentes tipos de fachadas domóticas a nivel mundial, se elige la Fachada de Módulos plegables por sus características como referencia para ser aplicada como método de control lumínico en un edificio de oficinas en la ciudad de Medellín y analizar posteriormente su eficiencia.

Se elige un edificio de oficinas, por los requerimientos de iluminación que este necesita y la prolongada estancia de personas en estos elaborando diferentes actividades con unas exigencias visuales altas.

El edificio elegido se encuentra ubicado en el Barrio El Poblado y cuenta con 12 pisos; 3 de los cuales funcionan como parqueaderos, y los 9 restantes como oficinas independientes. Dentro de este edificio se encuentra ubicada una oficina de arquitectura y construcción para la cual se harán los análisis de estudio en una zona específica y la aplicación detallada del sistema de fachadas propuesto; para así determinar la posible eficiencia de dicho sistema en todo el edificio.

8.1 ANÁLISIS CASO DE ESTUDIO

TIPO EDIFICIO:

- Edificio de oficinas y consultorios
- Horario permanencias: 7:00 am – 8:00 pm

MATERIALES:

- Fachada: Piedra bogotana, perfilería en aluminio y vidrio.
- Interior: Piso vaciado en granito color beige, muros en ladrillo y drywall con pintura color blanco (variable) y paneles en vidrio.

SISTEMA FACHADA: Muros de .60 de espesor con ventana retrasada para brindar sombra al interior. Las ventanas son continuas.

SISTEMA ILUMINACIÓN: Natural/Artificial.

SISTEMA VENTILACIÓN: Artificial.

Ilustración 17. Planta localización caso de estudio

Este edificio, tiene una tipología de fachada particular, pues todas las ventanas son corridas, interrumpidas ocasionalmente por elementos estructurales, y la fachada misma tiene un espesor de 0.60 m lo que ayuda a brindar sombra y a su vez se convierte en nicho para almacenaje. Esta característica nos brinda ventajas a la hora de diseñar, ya que le brindaría protección y espacio a la fachada inmótica. A pesar de la ventanería corrida, la cantidad de luz natural que accede al edificio no es suficiente para iluminar el área central de las oficinas.

Ilustración 18. Esquema Iluminación natural caso de estudio

La ventilación natural que accede al edificio es muy escaza a pesar de las numerosas ventanas, ya que hay muy pocas que sean batientes o corredizas. Por este motivo la ventilación aplicada es artificial en toda el área, provocando un alto consumo energético, teniendo la posibilidad de aprovechar las condiciones ambientales del lugar para generar un ventilación natural apropiada.

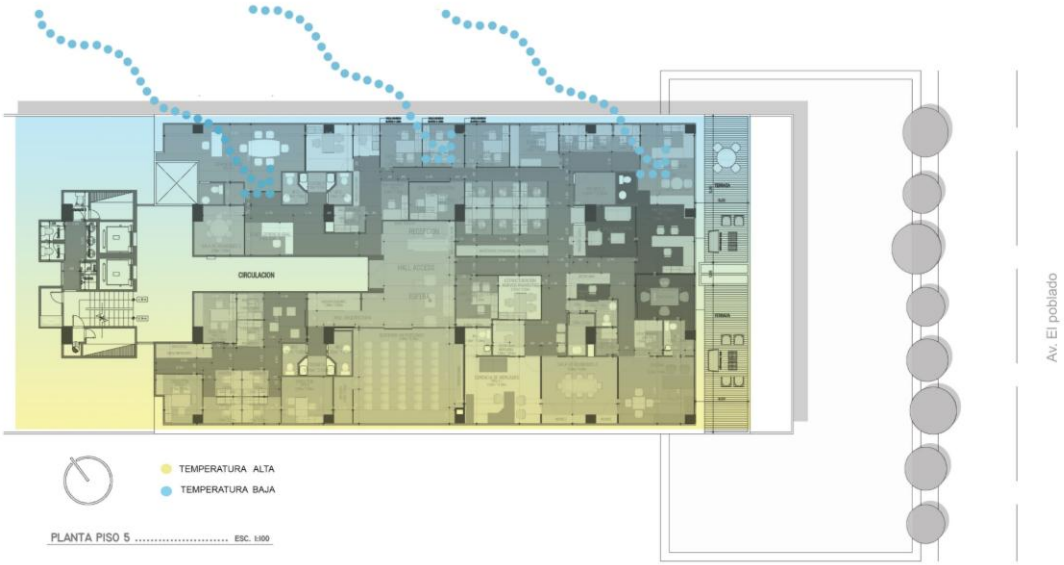


Ilustración 19. Esquema ventilación caso de estudio

Además de estos análisis esquemáticos, para evaluar las condiciones ambientales del caso de estudio, se requieren unos análisis más detallados y precisos para elaborar una propuesta coherente; para lo cual se utilizan los programas Dialux y Ecotect. Inicialmente desde el programa Ecotect realizamos unos Diagramas de sombras de las oficinas para saber la dirección y la inclinación del sol con respecto al edificio. Con estos pudimos observar que las fachadas más largas están expuestas al sol durante todo el día, siendo la fachada este la que recibe el sol en la mañana y la oeste en la tarde.

A partir de este análisis pudimos concluir que la fachada más afectada es la oeste ya que recibe el sol de la tarde y precisamente el área de arquitectura de la oficina es la que presenta las condiciones más desfavorables por su ubicación, por lo que escogimos esta dentro del caso de estudio como esa zona específica de aplicación del sistema.

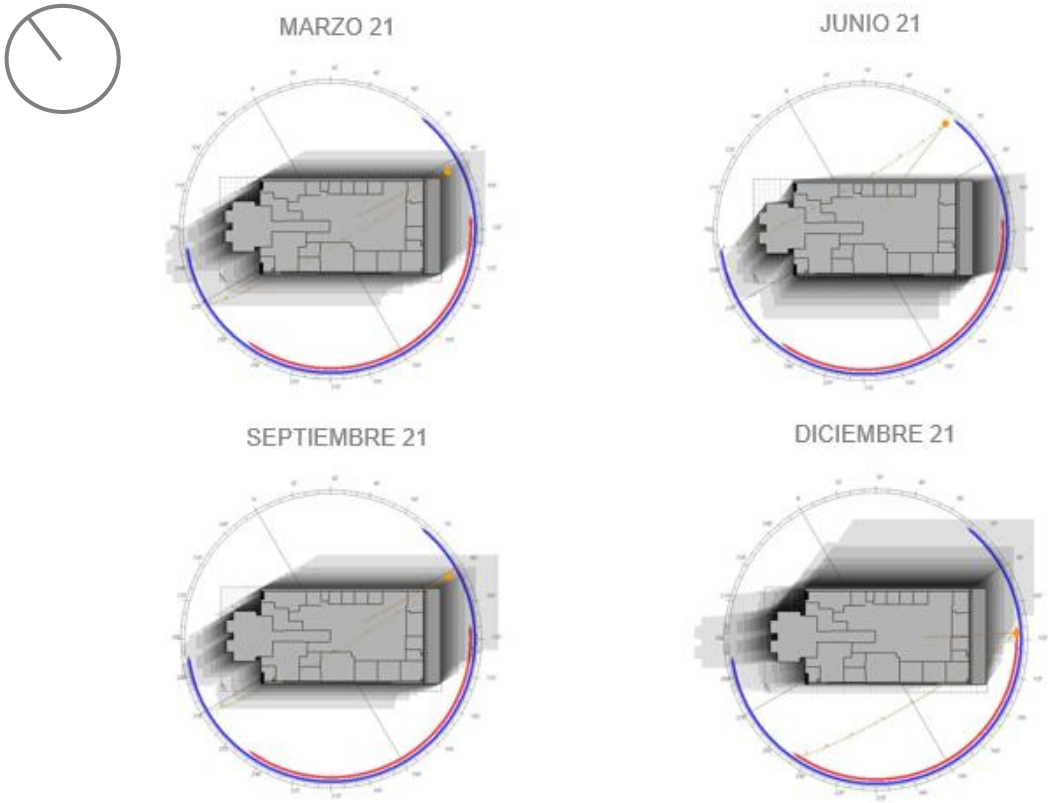


Ilustración 20. Diagrama de sombras durante el año

El área de arquitectura de esta oficina, está conformada por diferentes puestos de trabajo en su mayoría abiertos lo que contribuye a la eficiencia de la iluminación natural. Hay en total nueve puestos de trabajo, todos con exigencias visuales altas debido a las labores frecuentes allí realizadas como son elaboración de dibujos tanto manuales como digitales, lectura y elaboración de planos, etc., lo que implica también el uso frecuente de computadores y demás implementos electrónicos necesarios que contribuyen a la ganancia energética, y que, sumada a la ganancia obtenida del sol durante la tarde ocasionan molestias, poco confort y uso excesivo de aire acondicionado. El sistema utilizado como barrera de control del sol son cortinas oscuras que en el momento de ser utilizadas bloquean el paso de la mancha solar pero a su vez bloquean el paso de iluminación natural, tornando el espacio oscuro para lo que se vuelve absolutamente necesario el uso de iluminación artificial.

Ilustración 21. Área de intervención

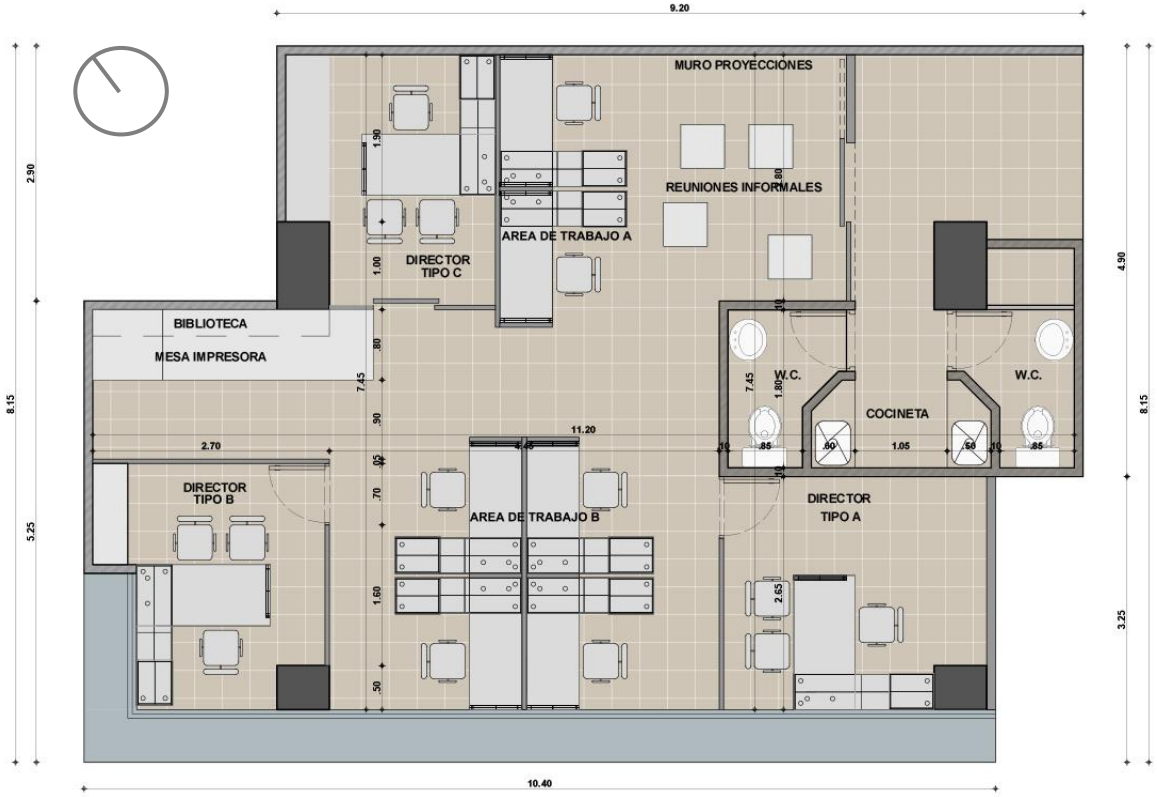


Ilustración 22. Planta arquitectónica área específica de intervención

Ilustración 23. Zonificación área específica de intervención

CUADRO DE ÁREAS	
COCINETA	1,93 m2
BAÑOS	4,08 m2
AREA DE REUNIONES	7,02 m2
DIRECTOR TIPO A	7,44 m2
DIRECTOR TIPO B	5,86 m2
DIRECTOR TIPO C	6,35 m2
AREA DE TRABAJO A	4,57 m2
AREA DE TRABAJO B	9,14 m2
TOTAL:	46,39 m2

Tabla 10. Cuadro áreas zona de intervención

Siendo las ventanas uno de los elementos principales en nuestra investigación, se hace necesario realizar un análisis detallado de estas, identificando características como el área que ocupan en fachada, la manera como el sol entra a través de ellas, y finalmente por medio de simulaciones determinar si las luz natural que accede por ellas es suficiente para iluminar el espacio de acuerdo a las necesidades que establece la norma RETILAP que son entre 750 lx y 100 lx.

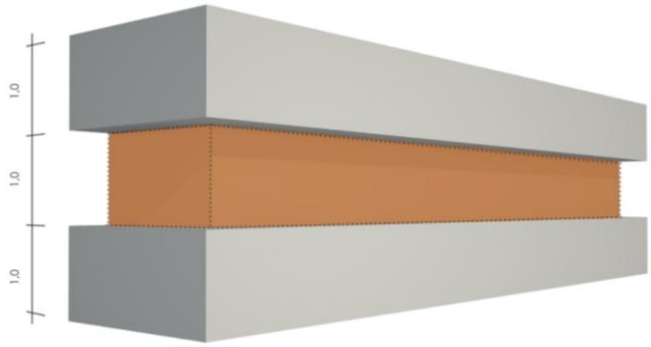


Ilustración 24. Esquema área de ventana en fachada existente

% de fachada por la que accede luz al interior del espacio: 33.3% (12.55m2)

Mediante el programa Ecotect determinamos los ángulos precisos de inclinación solar a diferentes horas y en diferentes fechas como podemos ver a continuación.

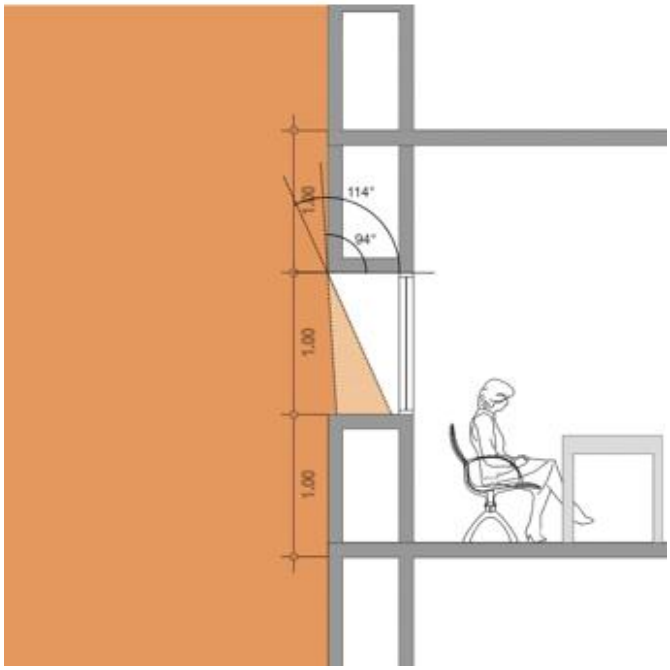


Ilustración 25. Ángulo inclinación rayos solares Junio fachada Oeste (Tarde: 3pm-5pm)

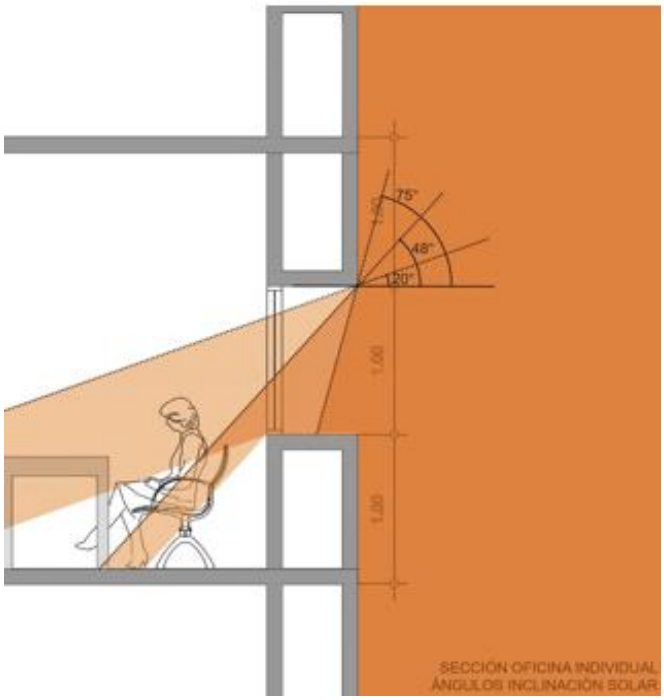


Ilustración 26. Ángulo inclinación rayos solares Junio fachada Este (Mañana 7am-9am-12m)

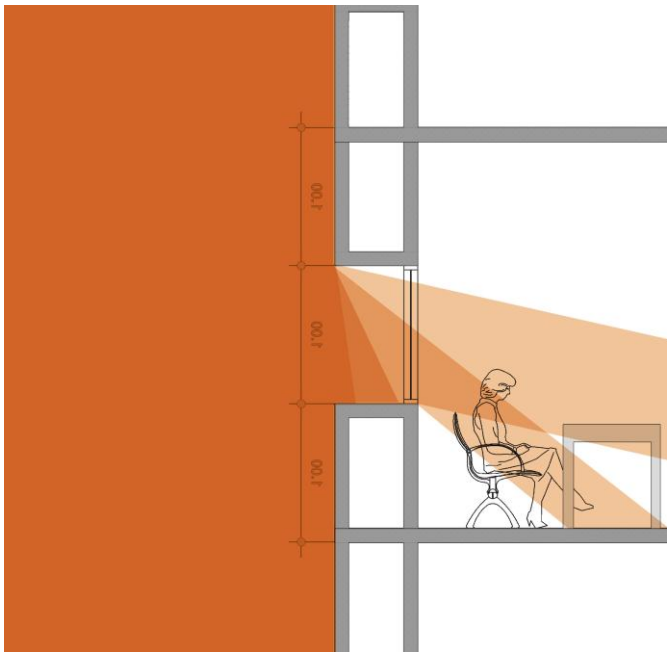


Ilustración 27. Ángulo inclinación rayos solares Diciembre fachada Oeste (9am-12m-3pm-5pm)

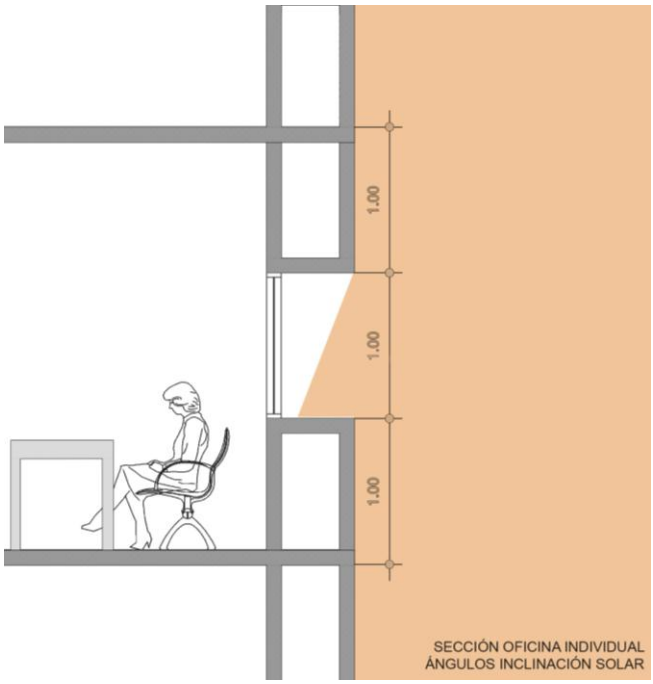


Ilustración 28. Ángulo inclinación solar rayos solares Diciembre fachada Este (Mañana 7am)

En estas imágenes podemos observar que las horas más problemáticas por las que accede mayor cantidad de mancha solar al edificio son las primeras y las últimas horas de sol; viéndose más afectada la fachada este que recibe el sol durante la mañana en Junio y la fachada oeste que recibe el sol durante la tarde en Diciembre. En las imágenes se puede observar que entre mayor es el tono naranja, mayor es la cantidad de rayos solares que llegan a ese lugar.

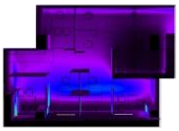
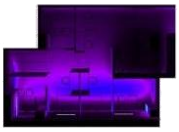
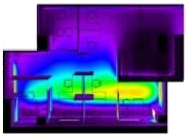
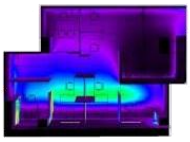
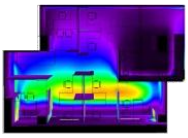
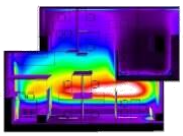
Con estos esquemas también podemos observar que la fachada más afectada sigue siendo la fachada Oeste.

8.1.1 SIMULACIONES

Para comprobar la información anteriormente dicha, realizamos las diferentes simulaciones necesarias que nos ayudan a sacar conclusiones definitivas acerca del estado y las condiciones lumínicas de este espacio y así determinar las características futuras de la fachada inmótica que si bien se toma como referencia de una aplicación en un edificio existente, requiere cualidades especiales que se adapten a las necesidades del lugar y del uso dados en este caso.

SIMULACIONES REALIZADAS EN EL PROGRAMA DIALUX

Esta simulación nos ayuda a calcular los niveles de Iluminancia (lx) presentes en el espacio, y que de acuerdo a la normativa deben ser entre 750-1000 lx. Altura plano de trabajo 0.0 m (Nivel de piso)

FECHA	SIMULACION DIALUX	RESULTADO
JUNIO 9:00 AM		Acceden máximo 300 lux que es insuficiente para las actividades desarrolladas en una oficina
JUNIO 12:00 M		Acceden máximo 300 lux que es insuficiente para las actividades desarrolladas en una oficina
JUNIO 3:00 PM		Acceden máximo 750 lux en muy poco espacio y en la mayor parte acceden entre 150 y 600 lux que es insuficiente para las actividades desarrolladas en una oficina
DICIEMBRE 9:00 AM		Acceden máximo 450 lux que es insuficiente para las actividades desarrolladas en una oficina
DICIEMBRE 12:00 M		Acceden máximo 750 lux en muy poco espacio y en la mayor parte acceden entre 150 y 450 lux que es insuficiente para las actividades desarrolladas en una oficina
DICIEMBRE 3:00 PM		Acceden máximo 1200 lux en muy poco espacio y en la mayor parte acceden entre 150 y 450 lux que es insuficiente para las actividades desarrolladas en una oficina

CONCLUSIONES: : En general al espacio accede menos cantidad de la necesaria para desarrollar actividades de oficina ya que la cantidad de luxes mínima es de 750, y es necesario mantener encendida la luz artificial la mayor pare del día y del año, solo existen dos excepciones en los resultados obtenidos entre las seis simulaciones de las diferentes fechas y horas y son: - En Diciembre durante el mediodía y las horas de la tarde, aunque en muy poca área de la oficina alcanzan a entrar aproximadamente entre 750-1200 lux. - En el mes de Junio solo en la tarde aunque en menos área que en el mes de Diciembre alcanzan a entrar 750 lux.

Tabla 11. Tabla Análisis simulaciones Dialux sin propuesta

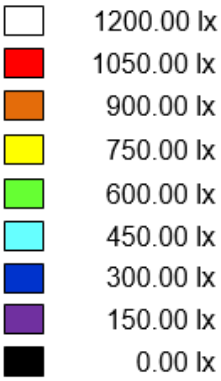
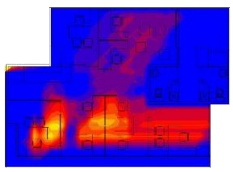


Ilustración 29. Rango colores Dialux

SIMULACIÓN REALIZADA EN EL PROGRAMA ECOTECT

Esta simulación nos ayuda a calcular las horas durante el día al año de insolación (Radiación solar) y se realiza sólo en las horas de la tarde ya que el sol no accede durante la mañana significativamente por esta fachada. Altura plano de trabajo 0.0 m (Nivel de piso)

FECHA	SIMULACION ECOTECT	RESULTADO
JUNIO – DICIEMBRE (12:00 – 5:00 PM)		El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 1/2 hora, ocupando un 35% de la superficie total ● Radiación solar predominante

CONCLUSIÓN: A diferencia de las diversas simulaciones en Dialux, en Ecotect realizamos una sola simulación que nos ayuda a concluir que el promedio de mancha solar durante el día en todo el año ocupa gran parte de la superficie y su duración es de 1 hora aproximadamente, lo que se convierte en un factor molesto para los usuarios por la ganancia energética que esta produce y por lo tanto poca sensación de confort.

Tabla 12. Tabla Análisis simulación Ecotect sin propuesta

8.2 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE FACHADA

Luego de realizar el análisis de nuestra zona de intervención y de realizar distintas simulaciones digitales, decidimos proponer una modificación en el sillar de la fachada, ya que la luz que entra actualmente en el espacio de trabajo no es suficiente de acuerdo a las cantidades requeridas para dicho espacio (800 lx aprox.). En esta modificación el sillar pasa de ser de 1.0 m de altura (*Ilustración 24*) a 0.50 m de altura (*Ilustración 28*), con el fin de que entre más luz natural y así se mejoren las condiciones de iluminación aplicada conjuntamente con el sistema de módulos plegables.

ÁREA DE VENTANAS EN FACHADA PROPUESTA

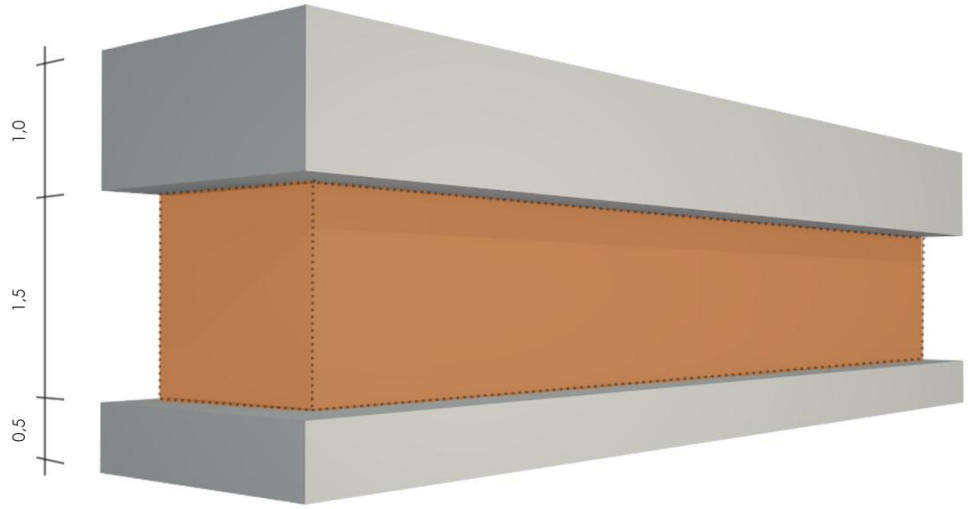


Ilustración 30. Esquema área de ventana en fachada propuesta

% de fachada por la que accede luz al interior del espacio: 49.98 %(18.88M2)

FACHADA	TOTAL VENTANA	%
Fachada actual	12.55 m2	33.3 %
Fachada propuesta	18.882 m2	49.98 %

Tabla 13. Tabla comparativa área de ventana en fachada existente y fachada propuesta

Con la propuesta de una fachada con un dintel 0.50 m más bajo tenemos un aumento del **16,72%** en la entrada de luz natural al interior del espacio, lo que mejora notablemente la iluminación como veremos a continuación en las simulaciones.

SISTEMA DE FACHADA DE MÓDULOS PLEGABLES

Este sistema se compone de un conjunto de elementos que ensamblados permiten el desplazamiento de unos paneles que funcionan como los elementos protectores.

PROPUESTA Nº1

Se proponen unos paneles completos para el control lumínico al interior de la oficina, los cuales se desplazan según la posición solar, evitando así la entrada de luz directa dentro del espacio.

Ilustración 31. Proceso propuesta fachada

Dentro de esta propuesta se planteaban materiales solidos como el policarbonato, el PVC y rieles en aluminio.

Ilustración 32. Proceso despiece sistema de fachada

Ilustración 33. Vista de distribución al interior de la oficina

Dadas las necesidades lumínicas altas del interior del espacio, se hace necesario proponer una tipología de fachada inmótica que proteja la zona del acceso excesivo de mancha solar que es la que ocasiona mayores molestias a los usuarios, minimizando la sensación de calor al interior y logrando reducir el uso de aire acondicionado. Por esa razón se propone una fachada en tramos que bloquee el paso de rayos solares pero no bloquee totalmente la iluminación natural para conseguir ambos beneficios. Estos tramos se hacen en franjas de madera sintética ecológica de 10 cm con separación entre ellos de otros 10 cm que le dan

uniformidad con el fin de que la sombra que penetre en ocasiones al espacio no sea muy molesta para el usuario.

Con este tipo de fachada se obtendría un beneficio doble, ya que al ser por tramos permite que incluso cuando esta esté cerrada totalmente pueda haber acceso de ventilación natural al edificio si se tienen las ventanas abiertas; en este caso sería ideal contar con una ventanería corrediza para el funcionamiento conjunto de la doble fachada.

Esta propuesta, se descarta y se decide utilizar la Propuesta N°2 debido a las características de los materiales.

PROPUESTA Nº2

Ilustración 34. Vista exterior de la oficina con propuesta

ANGULOS DE APERTURA

El sistema cuenta con diversos ángulos de apertura para garantizar el ingreso de iluminación natural pero a la vez bloquear la mancha solar. Aunque nuestro objetivo sea el control lumínico, con este sistema logramos aportar una cualidad adicional ya que se hace posible garantizar el ingreso del aire y así asegurar una ventilación constante y de mejor calidad que la existente dentro del espacio.

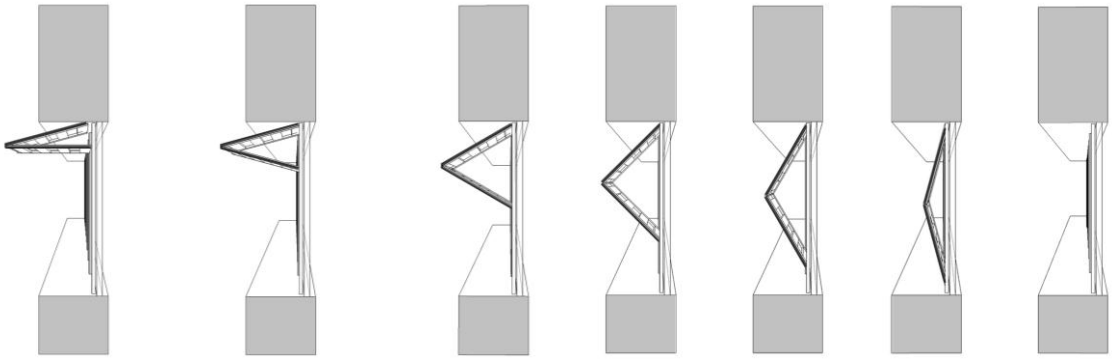


Ilustración 35. Ángulos de apertura de la fachada

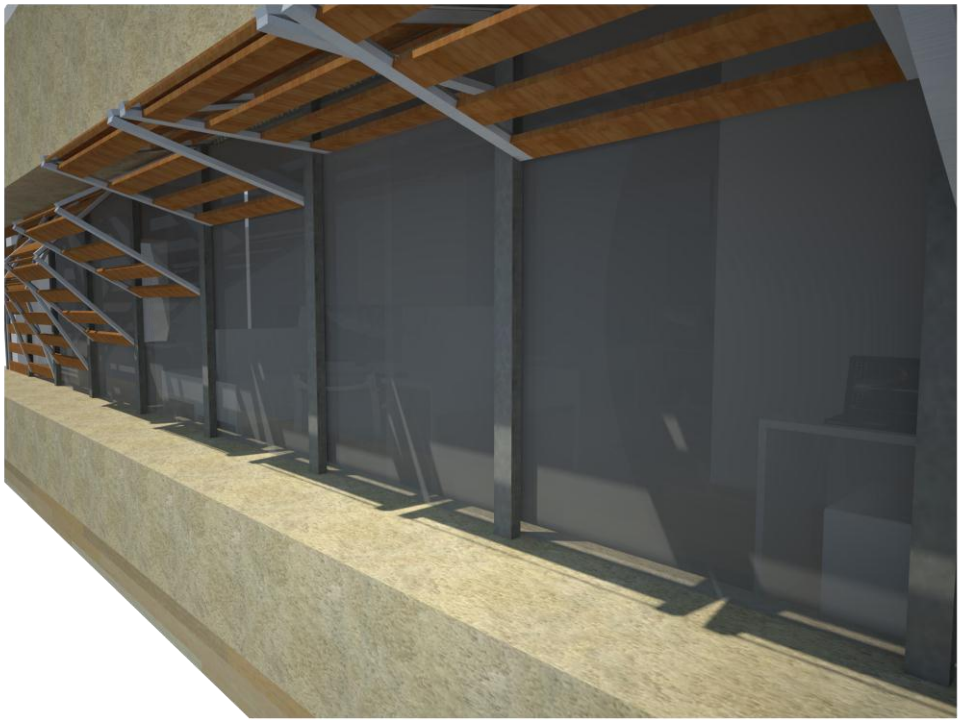


Ilustración 36. Vista del sistema de fachada propuesto con ventanas cerradas.

Ilustración 36. Vista del sistema de fachada propuesto con ventana abierta.

FUNCIONAMIENTO

El sistema cuenta con unos sensores que están ubicados en cada uno de los módulos, con el fin de que actúen de una manera independiente.

- Control general: elemento de control de todo el sistema.
- Sensores: los sensores captan el nivel de intensidad solar poniendo en funcionamiento el desplazamiento de los paneles de acuerdo a las necesidades lumínicas.
- Actuadores: en este caso serían cada uno de los paneles.

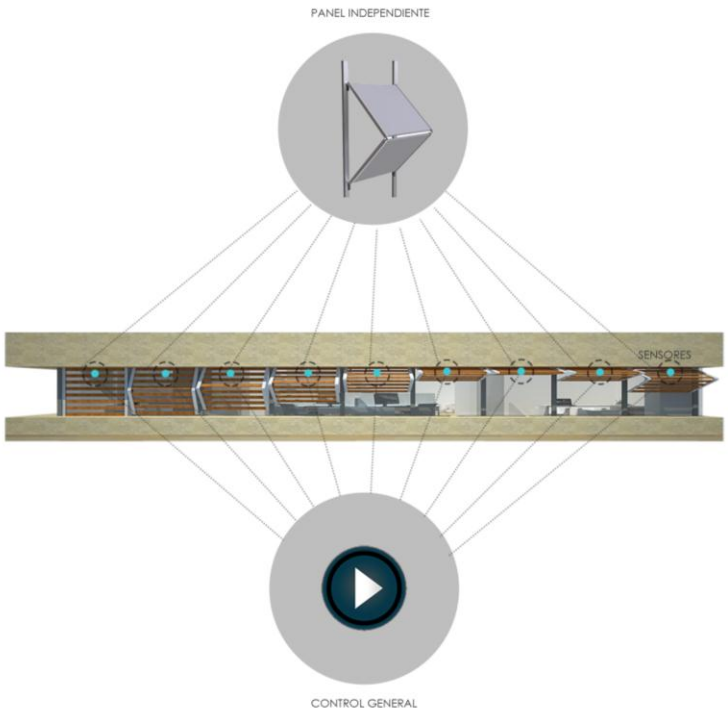


Ilustración 37. Funcionamiento de sistema de fachada inmótica

MATERIALES

- Acero: para el perfil de los módulos y rieles de desplazamiento.
- Madera sintética ecológica (Neoture) para los listones de cada uno de los módulos. La madera sintética para exterior es un material innovador compuesto por fibras naturales de madera recuperadas, polímeros reciclados de alta calidad y un porcentaje de agentes acoplantes y estabilizante.

8.2.1 SIMULACIONES

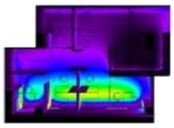
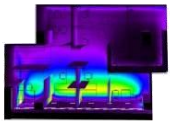
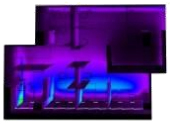
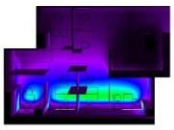
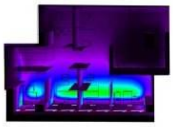
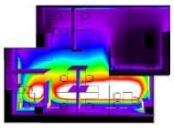
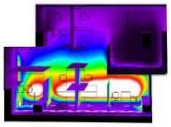
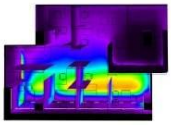
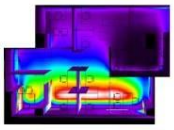
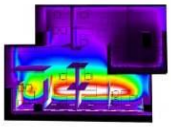
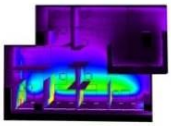
DIALUX

Teniendo una propuesta de fachada inmótica establecida, realizamos las mismas simulaciones realizadas anteriormente para determinar si este sistema mejora las condiciones lumínicas del espacio, las mantiene iguales o por el contrario las empeora. Dado que el sistema propuesto es dinámico y no siempre conserva la misma posición, se establecen tres posiciones posibles para realizar los cálculos:

POSICIÓN A (*ABIERTA TOTALMENTE*), POSICIÓN B (*SEMIABIERTA*) Y POSICIÓN C (*CERRADA TOTALMENTE*)

SIMULACIONES REALIZADAS EN EL PROGRAMA DIALUX

Altura plano de trabajo 0.0 m (Nivel de piso)

FECHA	SIMULACIONES DIALUX			RESULTADO
	POSICION A	POSICION B	POSICION C	
JUNIO 9:00 AM				Acceden máximo 800 lux en la posición A que es la más abierta y la necesaria para trabajar en un espacio de oficinas
JUNIO 12:00 M				Acceden máximo 750 lux en la posición A que es la más abierta
JUNIO 3:00 PM				Acceden máximo 1200 lux en la posición A que es la más abierta y en la cual aún no presenta deslumbramiento y 900 en la cerrada que está dentro del rango de los lux necesarios
DICIEMBRE 9:00 AM				Acceden máximo 1200 lux en la posición A que es la más abierta y en la cual aún no presenta deslumbramiento y 600 en la cerrada faltándole 200 lux para lo necesario

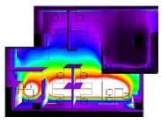
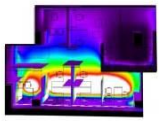
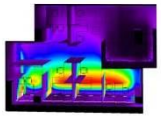
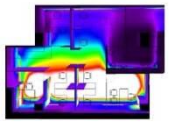
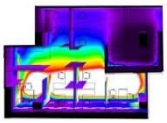
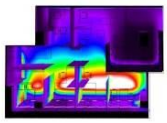
DICIEMBRE 12:00 M				Acceden máximo 1200 lux en la posición A que es la más abierta y en la cual aún no presenta deslumbramiento y 1050 en la cerrada que está dentro del rango de los lux necesarios
DICIEMBRE 3:00 PM				Acceden máximo 1200 lux desde la posición más abierta hasta la más cerrada, y la luz entrante es suficiente para iluminar casi todo el espacio de trabajo
CONCLUSIONES: En general al espacio accede la cantidad necesaria para desarrollar actividades de oficina ya que la cantidad de lux mínima es de 750, y es fácil graduarla dependiendo a cuantos lux más desee la persona al interior del espacio, hay algunas excepciones en los resultados obtenidos entre las seis simulaciones de las diferentes fechas y horas y son : -No se puede cerrar totalmente en las horas de la mañana en el mes de julio para permitir q accedan los 800 lux necesarios. -La cantidad de lux que acceden en el mes de junio alrededor del medio día está en el límite del nivel mínimo de lux que se necesita, por lo cual tal vez sea necesario el uso de luz artificial. -Cuando el acceso de luz natural llega a los 1200 lux excede un poco los límites requeridos para espacios de trabajo, pero no son suficientes para generar deslumbramiento.				

Tabla 14. Tabla Análisis simulaciones Dialux con propuesta

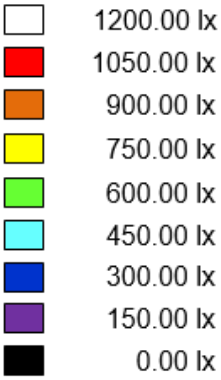


Ilustración 38. Rango colores Dialux

SIMULACIONES REALIZADAS EN EL PROGRAMA ECOTECT

Altura plano de trabajo 0.0 m (Nivel de piso)

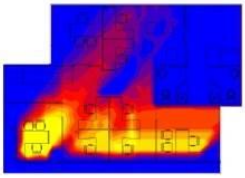
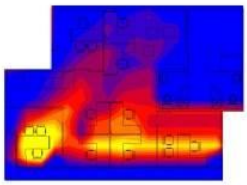
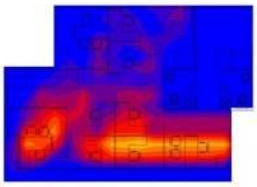
FECHA	SIMULACION ECOTEC	RESULTADO
JUNIO – DICIEMBRE (12:00 – 5:00 PM)	 POSICION A	El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 1 hora, ocupando un 13% y de 36 minutos , ocupando un 24% de la superficie total ● Radiación solar predominante ● Radiación solar secundaria
	 POSICION B	El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 1 hora, ocupando un 6.6% y de 36 minutos, ocupando un 28.5% de la superficie total ● Radiación solar predominante ● Radiación solar secundaria
	 POSICION C	El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 1 hora, ocupando un 3.3% y de 36 minutos, ocupando un 26% de la superficie total ● Radiación solar predominante ● Radiación solar secundaria
CONCLUSIÓN: Es notorio que la radiación solar sigue existiendo debido principalmente a la modificación del sillar en la fachada y en algunas posiciones aumenta en relación con la fachada actual. Se observa que la posición de la fachada más efectiva es la Posición C, donde está completamente cerrada y la insolación disminuye notablemente pero aún deja pasar algunos rayos, aunque disminuye de un 13% a un 3.3%.en el rango de 36 minutos promedios al año.		

Tabla 15. Tabla Análisis simulaciones Ecotect con propuesta

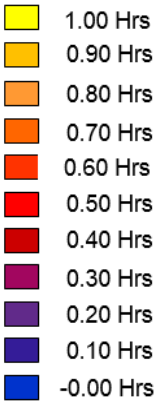


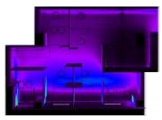
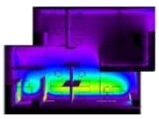
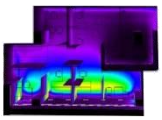
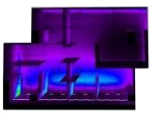
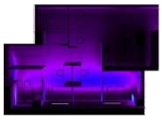
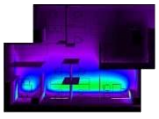
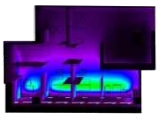
Ilustración 39. Rango Colores Ecotect

8.3 ANÁLISIS COMPARATIVOS

Después de obtener los resultados de las simulaciones realizadas, tanto con el sistema propuesto como con las condiciones actuales de la oficina, podemos realizar análisis comparativos para establecer finalmente la eficiencia del sistema aplicado en dicho espacio.

SIMULACIONES REALIZADAS EN EL PROGRAMA DIALUX

Altura plano de trabajo 0.0 m (Nivel de piso)

FECHA	SIMULACION DIALUX				RESULTADO
	ACTUAL	POSICION A	POSICION B	POSICION C	
JUNIO 9:00 AM					De la simulación actual a la posición A de la nueva propuesta de fachada, se logra iluminar mejor ya que pasa de acceder 300 A 750 LUX
JUNIO 12:00 M					De la simulación actual a la posición A de la nueva propuesta de fachada, se logra iluminar mejor ya que pasa de acceder 300 A 600 LUX

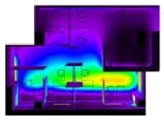
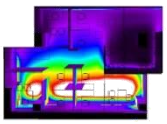
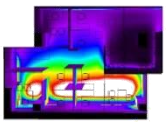
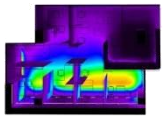
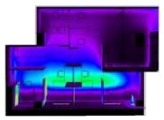
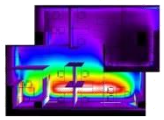
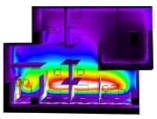
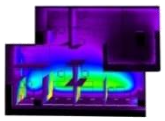
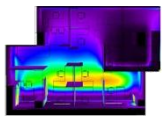
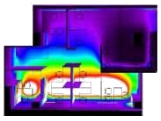
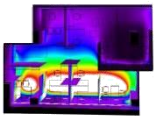
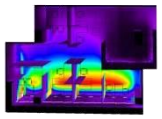
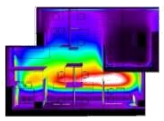
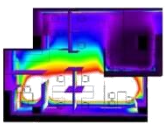
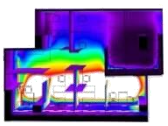
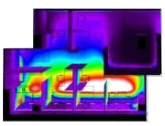
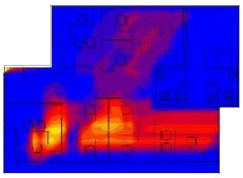
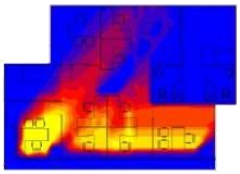
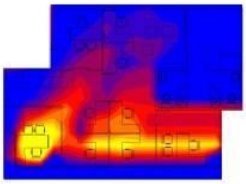
JUNIO 3:00 PM					De la simulación actual a la posición A de la nueva propuesta de fachada, se logra iluminar mejor ya que pasa de acceder 750 A 1200 LUX
DIC 9:00 AM					De la simulación actual a la posición A de la nueva propuesta de fachada, se logra iluminar mejor ya que pasa de acceder 450 A 1200 LUX
DIC 12:00 M					De la simulación actual a la posición A de la nueva propuesta de fachada, se logra iluminar mejor ya que pasa de acceder 750 A 1200 LUX
DIC 3:00 PM					De la simulación actual a la posición A de la nueva propuesta de fachada, se logra iluminar mejor ya que pasa de acceder 450 A 1200 LUX
CONCLUSION: Al implantar la nueva fachada en la cual se disminuyó el sillar a medio metro, la cantidad de lux que acceden al espacio, mejoro notablemente pasando de tener en sus meses más oscuros 300lux a 1200 en sus meses más iluminados. La cantidad de lux mínima que se requiere en un espacio de oficinas es de 500, la óptima es de 750 y la máxima es de 1000, además se debe tener en cuenta que el deslumbramiento se produce después de los 1200 lux aproximadamente, por lo cual se deduce que ninguno de los meses en ninguna de las posiciones se produce deslumbramiento y que la cantidad de lux que acceden al espacio pueden ser regulados por medio del mecanismo de fachada propuesto.					

Tabla 16. Tabla Análisis comparativo Dialux antes y después de propuesta

Ilustración 40. Rango Colores Dialux

SIMULACIONES REALIZADAS EN EL PROGRAMA ECOTECT

Altura plano de trabajo 0.0 m (Nivel de piso)

FECHA	SIMULACION ECOTEC		RESULTADO
	ACTUAL	IMPLEMENTACION FACHADA	
JUNIO – DICIEMBRE (12:00 – 5:00 PM)			El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 1 hora, ocupando un 28% de la superficie total Radiación solar predominante
		 POSICION A	El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 36 minutos ,ocupando un 24% de la superficie total, logrando así que predomine una radiación solar con menor rango en la escala de análisis Radiación solar predominante
		 POSICION B	El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 36 minutos, ocupando un 28.5% de la superficie total, logrando así que predomine una radiación solar con menor rango en la escala de análisis Radiación solar predominante

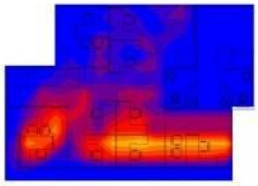
		 POSICION C	El promedio anual de radiación solar que accede al espacio durante el día es de 36 minutos, ocupando un 26% de la superficie total, logrando así que predomine una radiación solar con menor rango en la escala de análisis ● Radiación solar predominante
CONCLUSION: Con la implementación de la nueva fachada disminuye el tiempo de radiación solar dentro del espacio 24 minutos en comparación con el tiempo de radiación solar actual, esto se debe al diseño de la fachada por tramos, ya que se busca disminuir dicha radiación solar pero a su vez conservar el acceso de iluminación natural.			

Tabla 17. Tabla Análisis comparativo Ecotect antes y después de propuesta.

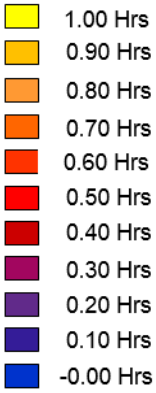


Ilustración 41. Rango Colores Ecotect

9. CONCLUSIONES

-La aplicación de este sistema de fachada es efectiva en este caso complementándola con la modificación propuesta del sillar, ya que esta por si sola ayudaría a bloquear el paso de rayos solares (Insolación) pero no lograría mejorar los niveles de iluminancia tan bajos que se alcanzaban a registrar en ciertas horas.

- Una de los resultados obtenidos con la propuesta de fachada es que hay épocas del año en las que accede al espacio un nivel alto de lux, y aunque la fachada este totalmente cerrada la iluminación sigue siendo optima pero no se disminuye la radiación solar; lo que hace que este sistema sea poco factible para su aplicación, ya que es posible que existan métodos más sencillos para lograr lo mismo y de una manera más efectiva.

- Al proponer un sistema de fachada como método de control lumínico, se vuelve complicado que a su vez, este funcione bien para controlar otros aspectos como son ventilación y visualización hacia el exterior, por lo que se debe priorizar el objetivo principal y tratar de darle solución parcial o total a los demás factores en la medida de lo posible. Una ventaja del este sistema de fachada fue lograr darle solución a los aspectos de visualización e iluminación; Para esto se tuvo en cuenta la disposición en forma horizontal de los listones que conforman cada módulo, facilitando así, que la visual del horizonte no se obstaculizara fuertemente y para el aspecto de la ventilación, se generó el sistema de doble fachada en la cual la fachada interna está compuesta de ventanas corredizas que permiten el flujo del aire a través de los listones, así estos estén totalmente cerrados.

-La propuesta de fachada presenta una ventaja y es su versatilidad en el manejo, este puede ser graduado por medio de sensores los cuales buscan la iluminación adecuada o puede ser graduada manualmente por el individuo que habita el espacio interior dependiendo sus preferencias.

- La modulación de los paneles permite satisfacer las necesidades particulares de un individuo o un pequeño grupo que habite el interior del espacio, ya que al diseñar la modulación relativamente pequeña, esta permite generar diferentes posiciones en cada tramo.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADAPTATIVE BUILDING INICIATIVE. (S.f). (En línea) Intelligent Surfaces. Obtenido de http://www.adaptivebuildings.com/systems.html

ASISTENTE TÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. (S.f). (En línea). Principios de diseño bioclimático: Iluminación natural. Obtenido de http://www.miliarium.com/ATECOS/Html/Soluciones/Fichas/Principios_de_diseno_bioclimatico_Iluminacion_natural.pdf

CHAVARRÍA COSAR, RICARDO. (S.f). (En línea). NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo. Barcelona. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_211.pdf

DOMÍNGUEZ, B. HERNÁNDEZ (2012). (En línea). Calidad de aire interior y eficiencia energética, 87, 74–80. Aire, C. D. E., Eficiencia, I. Y., Posibilidades, E., Técnico, C. Grupo Simon. (s.f.). Mayo 20, 2013, Obtenido de http://www.simon.es/es/empresa/grupo-simon

GONZALEZ CRUZ, EDUARDO MANUEL. (S.f). (En línea). Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática, Maracaibo, Venezuela. Obtenido de http://www.anes.org/anes/formularios/RedesConocimiento/2003-03.pdf

GUASCH, JUAN. (S.f). (En línea). La iluminación en el puesto de trabajo. INSHT-Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Dulcet, 2-10 08034-Barcelona. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/ErgaFP/2007/eragafp58.pdf

ICV. (S.f). (En línea). Recomendaciones básicas sobre Iluminación. Obtenido de http://www.icv.csic.es/prevencion/Documentos/breves/FREMAP/iluminacion.pdf

J.A. CAPOTE*, D. ALVEAR*, O.V. ABREU*, M. LÁZARO*, Y P. E. (2008). La Influencia de la Temperatura Exterior sobre los Sistemas de Ventilación natural en grandes Atrios.pdf, 49–57.

LUNA, A., VELÁZQUEZ, N., & GALLEGOS, R. (2008). Aire Acondicionado Solar, para Conjunto de Viviendas en Mexicali. México. 19(1), 45–56.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2010). (En línea) Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, RETILAP. Obtenido de http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/7853.pdf

RODRIGO, B. G., SANABRIA, J. C., MARCHAMALO, M., & UMANA, M. (2012). Análisis del confort y los comportamientos hidrotérmicos de sistemas constructivos tradicionales y actuales en viviendas de Santa Ana-Ciudad Colón. Costa Rica. Informes de la Construcción, 64(525), 75–84. doi:10.3989/ic.10.047

TIRAVANTI, EDUARDO. (S.f). (En línea) La Iluminación. Obtenido de http://www.luminova.es/descargas/iluminacion.pdf

UHU. (S.f). (En línea). Higiene Laboral. Carga Térmica. Obtenido de http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/higiene/carga_termica.pdf

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Intensidad lumínica 13

Tabla 2. Límites permitidos de carga térmica 18

Tabla 3. Riesgos laborales 23

Tabla 4. Valores aconsejables de temperatura en trabajos de oficina.....25

Tabla 5. Niveles de iluminancia en lugar de trabajo.....26

Tabla 6. Niveles de Iluminancia 26

Tabla 7. Influencia de los colores en los usuarios.....27

Tabla 8. Control del deslumbramiento 28

Tabla 9. Ángulos de apantallamiento mínimos 39

Tabla 10. Cuadro áreas zona de intervención 48

Tabla 11. Tabla Análisis simulaciones Dialux sin propuesta.....53

Tabla 12. Tabla Análisis simulación Ecotect sin propuesta 54

Tabla 13. Tabla comparativa área de ventana en fachada existente y fachada propuesta.....55

Tabla 14. Tabla Análisis simulaciones Dialux con propuesta 62

Tabla 15. Tabla Análisis simulaciones Ecotect con propuesta 63

Tabla 16. Tabla Análisis comparativo Dialux antes y después de propuesta 65

Tabla 17. Tabla Análisis comparativo Ecotect antes y después de propuesta. 67

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Tipos de radiación solar....11
Ilustración 2. Flujo luminoso e Intensidad luminosa....12
Ilustración 3. Intensidad luminosa....12
Ilustración 4. Lux y Lúmen....13
Ilustración 5. Luminancia e Iluminancia....13
Ilustración 6. Luminancia....14
Ilustración 7. Deslumbramiento directo e indirecto....15
Ilustración 8. Magnitudes y su representación....15
Ilustración 9. Carga térmica....16
Ilustración 10. Riesgos posturales en la oficina....24
Ilustración 11. Disposición elementos de trabajo....24
Ilustración 12. Fachada módulos plegables....32
Ilustración 13. Fachada homeostática....33
Ilustración 14. Fachada módulos plegables tridimensionales....33
Ilustración 15. Fachada paneles superpuestos....34
Ilustración 16. Diseño metodológico....41
Ilustración 17. Planta localización caso de estudio....44
Ilustración 18. Esquema Iluminación natural caso de estudio....44
Ilustración 19. Esquema ventilación caso de estudio....45
Ilustración 20. Diagrama de sombras durante el año....46
Ilustración 21. Área de intervención....47

Ilustración 22. Planta arquitectónica área específica de intervención.....47

Ilustración 23. Zonificación área específica de intervención.....48

Ilustración 24. Esquema área de ventana en fachada existente.....49

Ilustración 25. Ángulo inclinación rayos solares Junio fachada Oeste (Tarde: 3pm-5pm).....49

Ilustración 26. Ángulo inclinación rayos solares Junio fachada Este (Mañana 7am-9am-12m) 50

Ilustración 27. Ángulo inclinación rayos solares Diciembre fachada Oeste (9am-12m-3pm-5pm) 50

Ilustración 28. Ángulo inclinación solar rayos solares Diciembre fachada Este (Mañana 7am).....51

Ilustración 29. Rango colores Dialux.....53

Ilustración 30. Esquema área de ventana en fachada propuesta 54

Ilustración 31. Proceso propuesta fachada.....55

Ilustración 32. Proceso despiece sistema de fachada 56

Ilustración 33. Vista de distribución al interior de la oficina.....56

Ilustración 34. Vista exterior de la oficina con propuesta 57

Ilustración 35. Ángulos de apertura de la fachada.....58

Ilustración 36. Vista del sistema de fachada propuesto con ventanas cerradas. ...58

Ilustración 37. Funcionamiento de sistema de fachada inmótica.....60

Ilustración 38. Rango colores Dialux.....62

Ilustración 39. Rango Colores Ecotect.....64

Ilustración 40. Rango Colores Dialux.....65

Ilustración 41. Rango Colores Ecotect.....67