

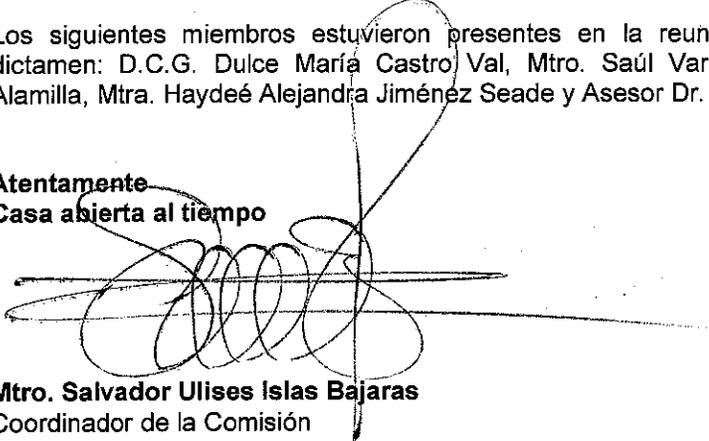
4 de junio de 2019

**H. Consejo Divisional
Ciencias y Artes para el Diseño
Presente**

La Comisión encargada de la revisión, registro y seguimiento de los proyectos, programas y grupos de investigación, así como de proponer la creación, modificación, seguimiento y supresión de áreas de investigación, para su trámite ante el órgano colegiado correspondiente, da por recibido el primer informe del Proyecto de Investigación N-422 titulado "La tecnología sustentable de los sistemas lumínicos de alta eficiencia en la iluminación natural aplicada al diseño de edificaciones deportivas y recreativas", la responsable es la Mtra. Rocio Elena Moyo Martínez, que presenta el Departamento del Medio Ambiente.

Los siguientes miembros estuvieron presentes en la reunión y se manifestaron a favor del dictamen: D.C.G. Dulce María Castro Val, Mtro. Saúl Vargas González, Mtra. Alda Zizumbo Alamilla, Mtra. Haydeé Alejandra Jiménez Seade y Asesor Dr. Isaac Acosta Fuentes.

**Atentamente
Casa abierta al tiempo**



Mtro. Salvador Ulises Islas Bajas
Coordinador de la Comisión

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

División de Ciencias y Artes para el Diseño
Departamento del Medio Ambiente

Quito
JUN 3 19 15:08

3/6/19
[Signature]

JDMA.064.2019
03 de junio de 2019

Dr. Marco Vinicio Ferruzca Navarro
Presidente del H. Consejo Divisional
Presente

Estimado Doctor Marco:

Por este medio me permito solicitarle atentamente que, por su amable conducto en su carácter de Presidente del órgano colegiado, sea presentado ante el Consejo Divisional, el primer reporte con los avances del Proyecto de Investigación **N-422**, denominado **“La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas”**, del cual es responsable la Mtra. Rocío Elena Moyo Martínez.

Agradezco de antemano su atención al particular y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
Casa abierta al tiempo

Mtro. Luis Yoshiaki Ando Ashijara
Encargado del Departamento del Medio Ambiente

Ccp. Archivo



Ciudad de México, a 28 mayo 2019

Mtro. Luis Yoshiaki Ando Ashijara
Encargado del Departamento del Medio Ambiente

Presente

Envié a usted el primer reporte con los avances del proyecto de investigación registrado ante Consejo Divisional con el numero N-422, cuyo responsable es la **Mtra. Rocio Elena Moyo Martinez** denominado "**La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas**", con el fin de que se presente ante el H. Consejo Divisional de Ciencias y Artes para el Diseño. Ruego a usted darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Casa abierta al tiempo"



Mtra. Ma. De Lourdes Sandoval Martiñon
Responsable del Grupo de Recreación y Medio Ambiente
Departamento de Medio Ambiente

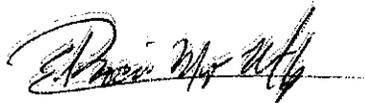
Ciudad de México a 28 de mayo 2018

Mtra. Ma. De Lourdes Sandoval Martiñon
Jefa del Grupo de Recreación y Medio Ambiente
Departamento de Medio Ambiente

PRESENTE

En relación al proyecto de investigación denominado "**La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas**", el cual soy responsable del proyecto con el número de registro ante Consejo Divisional N-422, informo a usted del primer avance de la investigación con el fin de que sea presentado ante el Encargado del departamento de Medio Ambiente para su aprobación y presentación ante el H. Consejo Divisional.

Agradeciendo de antemano la atención que sirva la presente, reciba un cordial saludo.



Mtra. Rocío Elena Moyo Martínez
Responsable del Proyecto de investigación
Departamento de Medio Ambiente

**DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE
CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO**

PROYECTO N-422

“La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas.”

AVANCES DEL REPORTE DE INVESTIGACION

Grupo de Recreación y Medio Ambiente

RESPONSABLE DEL PROYECTO

MTRA. ROCIO MOYO MARTINEZ

MAYO 2019

3.1.4.1.- Reporte de Investigacion

Proyecto N-422

La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas.

Planteamiento general del proyecto.

El proyecto tuvo como propósito desarrollar desde el punto de vista de la iluminación, como impacta en los edificios deportivos; en la actualidad deben ofrecer condiciones de confort lumínico para sus ocupantes, aprovechando al máximo la iluminación natural e integrando sistemas de energía eléctrica con alta eficiencia energética y obtener ahorro de energía. La aplicación de sistemas lumínicos de alta eficiencia se basa en el aprovechamiento de la componente directa de la radiación solar, particularmente en aquellas regiones climáticas donde predominantemente se presentan condiciones de cielo despejado durante la mayor parte del tiempo.

Estos sistemas de innovación basan su funcionamiento en la captación de la componente lumínica directa de la radiación solar y su re-direccionamiento por medio de múltiples inter-reflexiones en diversos elementos y partes de estos sistemas, hasta introducir la iluminación natural al interior de las edificaciones en condiciones favorables establecidas para que los ocupantes realicen sus múltiples actividades y tareas visuales en condiciones de confort lumínico, al mismo tiempo que se obtienen importantes ahorros de energía eléctrica. El confort visual se entiende a partir de los conceptos de deslumbramiento contraste y falta de uniformidad lumínica, fenómenos ligados a la forma en que se ilumina un espacio, al nivel de iluminación del mismo de la percepción visual del usuario que estará determinado por su edad y género.

El impacto de las estrategias de diseño en el proyecto de investigación, se experimentara mediante la incidencia solar a partir de los nuevos dispositivos de alta eficiencia de iluminación natural. Los dispositivos de control solar permiten la incidencia lumínica al interior del espacio de las edificaciones deportivas y recreativas, con los requerimientos mínimos de iluminación establecidos por la normatividad nacional e internacional. Se tomara en cuenta el análisis arquitectónico de los casos análogos, que permite la utilización del dispositivo de alta eficiencia energética correcto, que impacten con un mayor ahorro de energía a la edificación.

Es así como este proyecto también cumple con lo establecido en el objetivo general del grupo de Recreación y Medio Ambiente de esta universidad que plantea “Desarrollar investigaciones dentro del campo de la Recreación, cuyo motivo principal sea el de proporcionar a los seres humanos una mejor CALIDAD DE VIDA, a través de una nueva propuesta para el diseño del espacio recreativo”.

Objetivo General:

- Investigar el comportamiento de sistemas lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural y su nivel de aplicabilidad en las edificaciones deportivas y recreativas, para lograr confort lumínico y sustentabilidad energética.

Objetivo Específicos:

- Estudiar los sistemas lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural que permitan el confort lumínico de los ocupantes mejorando su calidad de vida y el ahorro de energía mediante el confort lumínico.
- Diseñar una Metodología de análisis para las variables y condiciones de confort lumínico en los sistemas lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural.
- Analizar edificaciones deportivas como casos análogos a nivel nacional e internacional para determinar variables y condiciones de los sistemas de lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural como dispositivos de control Solar pasivo.
- Establecer marcos de referenciales de normatividad tanto nacionales como internacionales que nos permitan analizar ventajas y desventajas de los distintos sistemas de iluminación natural.
- Proponer alternativas de funcionamiento de los sistemas de iluminación natural aplicados a los casos análogos mediante la realización de modelos tridimensionales calibrados.

Avance de la investigación con base en el plan de trabajo original.

El proyecto tiene un avance del 60% de la investigación en donde se han desarrollado a partir de las actividades propuestas dentro del plan de trabajo.

- Se investigaron las fuentes bibliográficas que permitieron construir un **Marco Teórico** sobre el estado del arte de los sistemas lumínico de alta eficiencia energética donde se define el uso de la iluminación natural en los edificios deportivos desde el punto de vista del confort lumínico mediante el estudio de los parámetros lumínicos, a través de la relación de la iluminación, con el uso de los espacios.
- Se investigaron los niveles de iluminación recomendados por estándares Nacionales e Internacionales para el estudio del comportamiento lumínico, así

como la aplicación del factor de día, que determina la relación entre la iluminancia interior en un punto específico con respecto a la exterior simultáneamente considerando reflexiones del sol con respecto al cielo concepto que se aplicara en el análisis de los casos análogo.

- Se refiere al Estado del Arte, de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia Energética, donde se hace referencia a los sistemas para el control de la luz natural por múltiples inter-reflexiones, se refiere a sistemas innovadores para el aprovechamiento de la componente lumínica directa de la radiación solar, mediante la captación y distribución a partir de diferentes sistemas, conformados con materiales de alta reflectancia, permitiendo la distribución lumínica al interior de un espacio adecuada durante el día, con un impacto en el ahorro de energía significativo. Los sistemas son Ductos lumínicos, repisas de luz, sistemas de seguimiento solar, Paneles prismáticos Fibra óptica entre otros.
- Se diseño una Metodología de análisis mediante una matriz de variables que determinen las condiciones de confort lumínico de los sistemas lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural, permitió realizar un llenado optimo de los casos análogos de edificios deportivos y recreativos a estudiar en donde se determinaron las variables de diseño a partir de la visualización de las imágenes mediante su geolocalización por ser casos análogos internacionales de fachadas, cortes e imágenes del interior de los edificios deportivos. Se anexa archivo.
- Se investigaron casos análogos internacionales de edificios deportivos y recreativos llenando la matriz de variables esto permitió tener un orden en la metodología aplicada al estudio de casos análogos, para definir para determinar los sistemas lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural analizados.
- Se eligió un caso análogo para la realización de un modelo tridimensional a escala calibrado para experimentación. **Edificio polideportivo Batlle I roig Arquitectes**, se encuentra ubicado en Carrer de Manuel Florentín Pérez, 15, 08950 Esplugues de Llobregat. Barcelona, España.
- La experimentación en el modelo a escala se hicieron visualizaciones lumínicas al interior del modelo en determinadas condiciones lumínicas que permitieron calibrar el modelo para ser monitoreado, permitiendo comprobar la incidencia lumínica de los sistemas de control solar pasivo, optimiza la utilización de la iluminación natural combinada con la iluminación artificial proporcionando un confort luminico al usuario. La construcción de los modelos tridimensionales a escala permite conocer ventajas y desventajas de los sistemas lumínicos de alta eficiencia en iluminación natural.

El 40 % faltante del avance de la presente investigación se desarrollando dentro del periodo sabático comprendido a partir del 3 de septiembre 2018 al 2 de mayo del 2019.

Como **producto de la investigación** se tiene la publicación de un artículo especializado en memorias y la presentación de una conferencia.

- Artículo especializado internacional:
La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural y Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas.
XLII ANES- ISES Memorias de la Semana Nacional de Energía Solar, año 4, no. 4 noviembre 2018 ISSN 24485543 publicada www.snes42anes.org
- **Conferencia:** La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural y Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas; presentada en XLII ANES- ISES Semana Nacional de Energía Solar, el día 9 noviembre 2018

Conclusiones Parciales

Se cumple con los objetivos y metas planteadas al generar nuevo conocimiento respecto a la implementación de sistemas lumínico de alta eficiencia natural, que impactan en ahorros de energía significativos en las modernas construcciones que se analizan como casos análogos de edificios deportivos y recreativos mejorando la calidad de vida de los usuarios al optimizar el confort lumínico donde se realizan actividades deportivas en instalaciones modernas preocupadas por el impacto social que tiene, el hacer uso eficiente de la iluminación natural como una alternativa de diseño, implementada para bajar costos de energía eléctrica utilizada en las instalaciones de los edificios deportivos.

Referencias Bibliográficas y electrónicas.

- ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2001, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings – ANSI Approved, NY, 2002.
- Cantarell, Jorge. Geometría, Energía Solar y Arquitectura. Mexico, D.F. 1990. Editorial Trillas.
- Crowther, Richard L. Ecologic Architecture. Butterworth Architecture. 1992.
- Diaz, Ernest. La Arquitectura y el Sol. Protección Solar de los edificios. 1967. Gustavo Gili.
- DMP, Internacional Daylighting Measurement Program, forma parte de CIE, Comision Internacional de Eclairge, 1991
- Evans, Martin. Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. 1985. EUDEBA. Buenos Aires.
- Garcia Chavez, J. R. Estrategias para el Aprovechamiento de la Luz Natural e Integración con Iluminación Eléctrica en Edificaciones en Climas Cálidos para Ahorro de Energía y Confort Lumínico. Memorias de ANES, Mexico, 2002. pp207-212.
- InGonzalez, Eduardo/ Hinz, Elke. Proyecto, Clima y Arquitectura. Gustavo Gili, Barcelona. 1986.
- Moyo, R. E., 2009. Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia Energética para el Aprovechamiento de la Iluminación Natural. UAM Azcapotzalco Tesis de Maestria. Mexico DF.
- Moore, Fuller. Concepts and Practice of Architectural Daylighting. Van Nostrand Reinhold. 1993.
- Watson, D.: La Casa Solar. Madrid. H. Blume, 1985
- Wright, David. Arquitectura Solar Natural. Gustavo Gili, 1983.
- Yeang, K.: Proyectar con la Naturaleza. Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico. Barcelona. Gustavo Gili, 1999 Zabalbeascoa, A. y Rodríguez, J.: Renzo Piano, Arquitecturas Sostenibles. Barcelona
- Gustavo Gili, 1999.

Referencias electrónicas

- <http://www.munideporte.com/imagenes/documentacion/ficheros/02878818.pdf>
- <https://www.iakslac.com/>
- <http://www.vefortu.com.ve/>
- <http://españasemueve.es/comunidades/154-ponencias-del-5%C2%BA-cidyr-sobre-la-gesti%C3%B3n-y-dise%C3%B1o-de-instalaciones.html/ecocreto/descripcion.htm>

2019

**DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE
CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO**

PROYECTO N-422

“La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas.”

AVANCE DEL REPORTE DE INVESTIGACION

**MTRA. ROCIO MOYO MARTINEZ
RESPONSABLE DEL PROYECTO**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL 1

Marco Teórico 3

| | | |
|--------|--|----|
| 1.1. | Uso de la Energía en los Edificios..... | 3 |
| 1.3. | Deslumbramiento y Contraste | 7 |
| 1.3.1. | Deslumbramiento | 7 |
| 1.3.2. | Contraste | 10 |
| 1.3.3. | Parámetros Lumínicos..... | 11 |
| 1.4.1. | Flujo Luminoso | 13 |
| 1.4.2. | Intensidad Luminosa (I)..... | 14 |
| 1.4.3. | La Iluminancia (E)..... | 14 |
| 1.4.4. | Luminancia (L)..... | 18 |
| 1.4.5. | Luminosidad | 19 |
| 1.4. | Niveles de Iluminación Recomendados por Estándares Internacionales y Nacionales..... | 20 |
| 1.4.3. | Estándares Internacionales | 20 |
| 1.4.4. | Estándares Nacionales..... | 23 |
| 1.6. | El Color en la Iluminación..... | 28 |
| 1.6.1. | Temperatura de Color | 29 |
| 1.6.2. | El Índice de Rendimiento de Color (IRC)..... | 34 |
| 1.6.4. | Factor de Uniformidad sobre el Plano de Trabajo | 40 |
| 1.6.5. | Valores de reflectancia | 40 |

| | |
|--|-----|
| 1.6.6. Valores de Transmitancia..... | 42 |
| .7. Estrategias de Diseño Lumínico..... | 43 |
| 3.8. Métodos de Predicción de Iluminación..... | 45 |
| 1.8.1. Métodos Matemáticos | 46 |
| 1.8.2. Método de Modelos Físicos para Predicción del Comportamiento de la Luz Natural..... | 48 |
| 1.8.3. Métodos Computacionales | 50 |
| 2.1. Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia Energética..... | 54 |
| 2.1.1. Ductos Lumínicos..... | 57 |
| 2.1.2. Refletores de Luz (<i>Light Shelves</i>). | 75 |
| 2.1.3. Sistemas de Seguimiento Solar. | 78 |
| 2.1.4. Paneles Prismáticos para el Control de la Transmisión de la Luz por Refracción. | 80 |
| 2.1.5. Fibra Óptica | 81 |
| 2.1.6. Lentes Cóncavos y Convexos..... | 82 |
| 2.2. Utilización de los Sistemas de Control de Iluminación Cenital Natural Aplicados en Proyectos Arquitectónicos. | 83 |
| 2.3. Sistemas de iluminación cenital de alta eficiencia..... | 89 |
| 2.3.1. Ductos Lumínicos..... | 90 |
| 2.3.2. Ejemplos Representativos de Obras Construidas con Ductos Lumínicos..... | 92 |
| 3.1 Ejemplos Diseño de la metodología de análisis para las variables y condiciones de Confort Lumínico en los sistemas Lumínicos de alta eficiencia..... | 107 |

Marco Teórico

1.1. Uso de la Energía en los Edificios.

Desde mediados del siglo XX existía un interés creciente en temas que relacionaban la arquitectura con la energía. La crisis del petróleo en 1973 impulsó el inicio sistemático de políticas de ahorro de energía en algunos países. En un principio, se buscó reducir el consumo de energía en los edificios (iluminación interior) aún sin valorar los efectos de confort y salud de los ocupantes. Se buscó el incremento de niveles de aislamiento de la envolvente del edificio y el control lumínico a partir de la utilización de la iluminación natural.

A partir de los años '80, se comenzó a identificar y estudiar las consecuencias negativas en la salud de los ocupantes debido a muchas de las regulaciones que se dieron. Nació el concepto de *Sick Building Syndrome*¹: se encontraron ciertas relaciones entre el edificio y las enfermedades, así como los estados de ánimo de los ocupantes. Se volvió a tomar conciencia de la importancia de la arquitectura en la protección de los usuarios, buscando proveer de ambientes confortables y sanos. En la década de los '90 se llegó a la conclusión de que en la búsqueda del confort no se puede desasociar la conservación de la energía en el control del ambiente al interior y exterior. A partir de esta evidencia y debido a la presión posterior que significó la necesidad de cumplir con protocolos internacionales como el de Kyoto (1997), que obliga a los países industrializados a reducir sus emisiones de CO₂, se incrementó el interés por la búsqueda de la integración de los conceptos en la arquitectura tales como "Sistemas Pasivos" de calentamiento, de enfriamiento e iluminación, entre otros. La presente investigación está enfocada al ahorro de energía, a partir de la utilización de sistemas

¹ *Sick Building Syndrome*, SBS, en español Síndrome del Edificio Enfermo, es un tecnicismo utilizado durante los años '80 para la denominación de los edificios que no contaban con requerimientos mínimos de confort y los efectos en la salud de los ocupantes.

de alta eficiencia en iluminación natural para obtener además condiciones de confort lumínico para los ocupantes de en sus edificios.

El nivel de confort visual se ha alcanzado cuando se tiene la capacidad de distinguir de manera cómoda y sin esfuerzo los objetivos que se desean observar en un espacio arquitectónico. La iluminación asociada al confort visual se entiende a partir de los conceptos de deslumbramiento y contraste, fenómenos ligados estrechamente a la forma en que se ilumina un espacio y al nivel de iluminación del mismo. Se resalta una vez más la subjetividad del concepto según las capacidades de percepción de cada individuo y la importancia de apreciar el fenómeno en su distribución espacial y temporal (Evans, 1980). En primer lugar, se identifican las variables ambientales relacionadas a la cantidad, distribución y características de la luz. Es común la asociación que se hace de la iluminación de manera exclusiva a la iluminancia². De hecho, esta variable de cantidad es fundamental para tener una primera caracterización del espacio visual, pero variables como su propia distribución, el contraste y el color de la luz, asociadas a la calidad visual, terminan estando tan ligadas o más al concepto de confort que el de la propia iluminancia. La calidad visual se basa en una buena iluminación, garantizando al usuario la realización de sus actividades de la manera más eficaz y cómoda posible. El resultado visual deseado está determinado por el trabajo a desarrollar y depende de los niveles de claridad de la superficie en que se trabaja, así como del contraste de luminancia³ entre el objeto observado y el área de trabajo.

Las diferentes recomendaciones de valores mínimos de iluminancia (*lux*) se presentan en función de la actividad a desarrollar. Estos valores han variado con el tiempo. Algunos estudios consideraban en 1910 diez *lux* suficientes para la actividad de la lectura, bajo ciertas características. En 1930, se consideraban 180 *lux* como mínimo;

² Iluminancia: es un índice representativo de la densidad del flujo luminoso sobre una superficie, se define en el apartado 3.4.3.

³ Luminancia: es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie proyectada sobre el plano perpendicularmente a la dirección de radiación. Se define en el apartado 3.4.4

en 1950 se consideraban 300 *lux* los indispensables; para 1972 se había llegado a 1500 *lux*⁴. En los años '80 se recomendó que la iluminancia en oficinas fuese entre 500 y 2000 *lux*. A diferencia de EE.UU. los estándares en Europa han exigido generalmente una menor iluminancia. En el 2000 existen fuentes que recomiendan, según sea su función, diversos rangos de iluminación a partir de las actividades a realizarse en los espacios a iluminar. Sobresalen por sus especificaciones, las tablas de la **British Standards Institution** (BSI)⁵ y las de la **Comisión Internacionale de l'Eclairage** (CIE).⁶

Así, como valores generales recomendados en el 2005, que consideran el esfuerzo visual (Tabla 1) de las actividades de los ocupantes.

| Esfuerzo Visual | Lux recomendados |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Muy alto | 1000 |
| Alto o muy alto de corta duración | 750 |
| Medio o alto de poca duración | 500 |
| Bajo o medio de poca duración | 250 |

Tabla 1 Nivel de Iluminación (*lux*) recomendado según esfuerzo visual.

Se considera tanto a la iluminación como a las características del material (color, textura) y la incidencia de la luz, que determinan en principio las luminancias de los objetos. Lo que percibimos está limitado principalmente por el tamaño del detalle y por el contraste, como son las diferencias de luminancias que existen con el área de trabajo (Serra, 1995).

⁴ Lux: es el flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie

⁵ **British Standards Institution** (BSI), organización Inglesa que determina estándares de iluminación internacionales se describen los lineamiento en el apartado

⁶ **Comisión Internacionale de l'Eclairage** (CIE), organización internacional que determina estándares de iluminación se describen los lineamientos en el apartado, tiene su sede en Francia, España entre otros.

1.2. Diferencias de Luminancias

Cuando las diferentes superficies del campo de visión son generalmente entre el área de trabajo y el segundo plano presentan excesivas diferencias en su luminancia (Cd/m^2), el ojo humano, al procurar adaptarse a ellas, termina agotándose. A pesar de que resulta complicado valorar los límites del contraste, existen aproximaciones que suelen girar sobre parámetros similares como el que se presenta (Tabla 2) la Comisión Europea (James, 1995).

| Variables | Proporción |
|---|------------|
| Área de trabajo / alrededores oscuros | 3:1 |
| Área de trabajo / superficie oscuras alejadas | 10:1 |
| Fuentes de luz / alrededores | 20:1 |
| Contraste máximo (salvo en casos decorativos) | 40:1 |
| Sobre iluminar objetos para darles énfasis | 50:1 |

Tabla 2 Relación máxima recomendable de contraste de luminancias de superficies según variables

Se considera como **estado óptimo** una misma luminancia entre la superficie de trabajo y el segundo plano, aunque esto en principio podría generar problemas en cuanto a la identificación de las formas y la lejanía de los objetos, según el tipo de iluminación o la existencia de sombras. La textura y colores de las superficies así como la distribución de la luz con respecto al campo de visión se relacionan con este punto.

Se identifican tanto el diseño de las fuentes de luz, como son ventanas, ductos lumínico y luminarias, y el de las formas y superficies de los objetos, como los elementos claves a considerar en el manejo del fenómeno del contraste (Coch, 1998). Cuando se termina generando un contraste excesivo se toman en cuenta factores como el tiempo de exposición y la actividad, dando como resultado un efecto al que se le considera también un parámetro de control visual.

1.3. Deslumbramiento y Contraste

1.3.1. Deslumbramiento

El deslumbramiento este definido por la CIE:

“Como la condición de la visión en la que existe discomfort o una reducción en la capacidad de ver objetos o detalles, causados por una incomoda distribución o rango de luminancia o de contrastes externos”. (Comisión Internacional d’Eclairage, 2006)

El deslumbramiento es un fenómeno complejo en donde toman parte varios factores distribuidos espacial y temporalmente. Como valor referencial se identifica que, por encima de 500 cd/m^2 , en condiciones de iluminancia natural, un objeto deslumbra al observador.

Se advierte que la relación de luminancia⁷ a partir de valores de entre 100/1 a 1000/1 genera deslumbramiento. El fenómeno es aún más complejo: tiene que ver además con el campo de visión, la posición de las fuentes de luz y si tiene relación frente a la luminancia del resto de los objetos. En este punto, destaca la importancia del campo de visión de las personas en su relación con la posición de la fuente de luz, sabiendo que el primero está limitado en el plano vertical con un ángulo de 60° , con respecto a la lineal visual o eje de visión. Se resalta en este sentido el valor de la iluminación cenital, dependiendo de la activada que se desarrolle al interior del ambiente. Se valora igualmente la posición de la fuente de luz, considerando que difícilmente existirá deslumbramiento cuando el ángulo entre el eje de visión y el centro de la fuente de luz resulte mayor a 50° , en el plano vertical. Un aspecto importante para tomar en cuenta la posibilidad de que ocurra una situación de deslumbramiento es considerar, a partir de la ubicación de la fuente de luz, el posible ingreso de radiación directa sobre ciertos objetos interiores que puedan deslumbrar por si mismos. Es posible prescindir de la existencia de los posibles reflejos no deseados en otras superficies; esto estaría

⁷ La relación de luminancia se determina a partir de la medición de la luminancia del origen o fuente luminosa/ Luminancia del fondo o campo visual

propiciado tanto por la ubicación e inclinación, como por la capacidad de reflexión de dichas superficies.

Cuando se habla de **deslumbramiento** se hace referencia a uno de los factores que afectan el sentido de visión, al dificultar o impedir la adecuada percepción dentro del campo visual, debido a un elevado contraste entre la luminosidad de una superficie y su contorno (Muñoz, Gregorio y Barrau, 1998). Un problema que la mayor parte de las veces es generado por una incorrecta iluminación, y puede ser de dos tipos:

- El primero tiene que ver con reflejos luminosos o luz directa, que llega los ojos provocando ciertas limitaciones visuales.
- El segundo puede ser fácilmente corregido o controlado con el diseño.

En ciertos casos, da una falsa sensación de normalidad, ya que se produce debido a un exceso de contraste entre los diferentes objetos o bien por niveles lumínicos muy bajos. En este caso, los problemas generados están relacionados con una relación de la agudeza visual y con el cansancio de la vista como se observa en la (Fig. 6).



Fig.6. Galería de Arte, en Buenos Aires.

Los tipos de deslumbramiento son:

- **Deslumbramiento directo:** causado por las luces situadas dentro del campo de visión. Las lámparas que quedan dentro del campo de visión, deberán tener pantallas difusoras.
- **Deslumbramiento reflejado:** Proveniente del reflejo de las fuentes de luz sobre superficies especulares en dirección al ojo, por la coloración y el acabado de las distintas superficies reflectantes y en la distribución de las fuentes de luz directas.
- **Deslumbramiento de velo:** Producto de la dispersión de la luz en las pequeñas partículas que pueden estar en el medio ambiente. Para evitarlo, se atenderá la coloración de la luz, prefiriendo tonalidades de onda larga.

El tipo más común de deslumbramiento es el reflejado, porque se trata de los reflejos de las lámparas, ventanas —por la incidencia solar— u otras superficies brillantes.

Existen cinco factores específicos y determinantes del deslumbramiento:

- **El brillo de la fuente:** Cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia y la interferencia con la visión.
- **El tamaño de la fuente:** Un área muy extensa de luz de bajo brillo, puede deslumbrar como un área pequeña de alto brillo.
- **Posición de la fuente de luz:** El deslumbramiento disminuye rápidamente a medida que la fuente de luz se aparta de la línea del campo de visión.
- **Contraste de brillo:** Cuanto mayor es el contraste de brillo entre la fuente de luz que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto del deslumbramiento.
- **Tiempo:** Una exposición a la luz puede no ser molesta durante un período corto de tiempo, pero sí serlo si éste es prolongado.

La calidad del color de la luz revelará el contraste y el deslumbramiento aún más en la iluminación natural, debido a sus características de composición espectral. El ojo humano se ha acostumbrado desde siempre a la distribución del espectro completo que brinda la luz natural y de las variaciones de luz solar y del cielo, además de la identificación de las variables del momento del día en relación al color de dicha luz.

1.3.2. Contraste

Este parámetro está muy interrelacionado con el deslumbramiento, ya que los dos tienen que ver con el brillo del objeto y el del fondo.

El contraste es necesario para poder distinguir los objetos del entorno, siendo una relación entre el brillo del objeto y el brillo de su fondo. Se puede afirmar que a mayor contraste, menor será el tiempo necesario para poder distinguir el objeto, al tiempo que la percepción será la mejor. Esta afirmación tiene su base en el diseño, ya que si se generan contrastes demasiados elevados entre las diferentes superficies se puede caer en el deslumbramiento. Se compara la misma habitación, pero con diseño de ventana diferente, donde se identifican tanto el diseño de las fuentes de luz de las aberturas, como el de las formas y superficies de los objetos, elementos claves a considerar en el manejo del fenómeno del contraste. (Coch, 1998).



Fig. 7. El contraste es mayor y la ventana es de mayores dimensiones.



Fig. 8. El contraste es menor, la ventana es de menores dimensiones.

El diseño de la ventana en cuanto a forma determina la cantidad de contraste que una habitación tiene con respecto a su entrada de luz. Es decir, la cantidad de luz incidente es determinada a partir del brillo producido por la reflectancia de los materiales utilizados en la habitación; esto permite reflejar óptimamente la luz natural al interior de la habitación. A mayor abertura en el diseño de ventana se produce un mayor contraste, produciendo un deslumbramiento al usuario (**Fig.7**). A menor abertura en el diseño de ventana se produce un menor contraste, sin producir el efecto de deslumbramiento en la habitación (**Fig. 8**).

Para disminuir el contraste en la pared de enfrente, junto con las partes de las paredes laterales, el techo y fachada del edificio de enfrente, hacen un fondo excesivamente oscuro dando un contraste mayor en la parte de las ventanas.

1.3.3. Parámetros Lumínicos

En el estudio de la iluminación es importante determinar los conceptos básicos a partir de parámetros lumínicos que nos permiten conocer el comportamiento lumínico tomando como base las unidades y fórmulas empleadas en la realización de cálculos lumínicos ya sean en iluminación natural o artificial (**Tabla 3**).

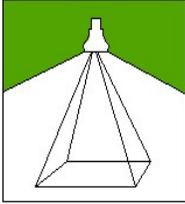
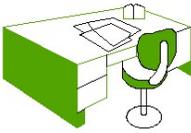
| Parámetros Lumínicos | | | | |
|---|---------|---|--|---|
| Magnitud | Símbolo | Unidad | Definición de la unidad | Representación Grafica |
| Flujo Luminoso | F | LUMEN (<i>lm</i>) | Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hertz y un flujo de energía radiante de $1/583$ Watts Cantidad de flujo emitido por una fuente en todas direcciones |  |
| Intensidad Luminosa | I | CANDELA (<i>cd</i>) | Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo solido de un estereoradian. |  |
| Niveles de Iluminación o Iluminancia | E | Lux (<i>lx</i>) | Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie |  |
| Luminancia | L | CANDELA POR m ² CANDELA POR cm ² | Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie |  |

Tabla 3. Parámetros Lumínicos

1.4.1. Flujo Luminoso

Da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una bombilla, en todas las direcciones del espacio. Sin embargo, objetos tales como un proyector iluminan en una dirección. Parece clara la necesidad de conocer cómo se distribuye el flujo (**Fig. 9**) en cada dirección del espacio y para eso definimos la intensidad luminosa.

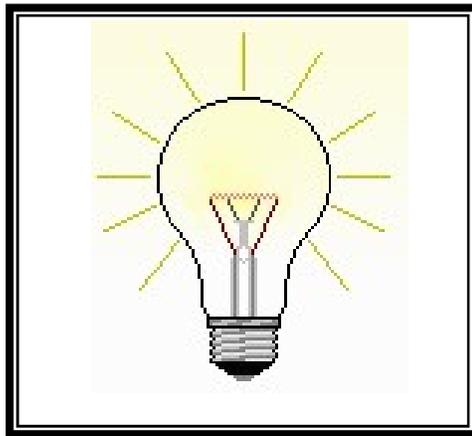


Fig.9 Flujo Luminoso

La intensidad luminosa se define como:

“La cantidad de luz por unidad de tiempo. Es designado por F , y tiene como unidad el lumen (lm).” (Pupoo, 1971)

El flujo luminoso describe la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz. Básicamente se podría expresar esta potencia de radiación, por ser energía, en la unidad llamada vatio. Sin embargo, el efecto óptico de una fuente de luz no es descrito adecuadamente de esta manera, ya que la radiación es captada sin diferenciación alguna en toda la banda de frecuencias, y porque no tiene en cuenta la sensibilidad espectral variable del ojo. Mediante la consideración de la sensibilidad espectral del ojo se obtiene la magnitud llamada lumen. Un flujo de radiación de $1W$, entregado en la sensibilidad espectral máxima del ojo es de 555 nm , y genera un flujo luminoso de 683 lm .

1.4.2. Intensidad Luminosa (I)

Se entiende como la cantidad de luz que puede emitir una fuente en una determinada dirección. Suele ser medida a razón de 1 lumen y su unidad de medida es la candela (Cd). (Fig. 10)

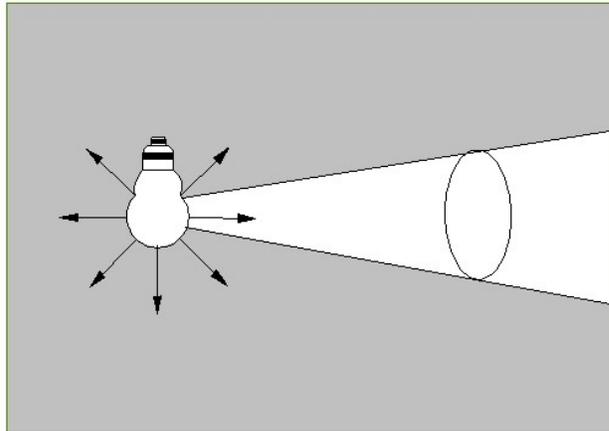


Fig. 10. Intensidad Luminosa

y se calcula de la siguiente manera:

$$Cd = lm/sr. \dots\dots\dots(F\acute{o}rmula 1)$$

Se registra en la unidad de ángulo sólido en el que la superficie abarcada en una esfera es igual al cuadrado del radio.

1.4.3. La Iluminancia (E)

La iluminancia se interpreta como el nivel de iluminación de un espacio aunque en realidad se trata de la cantidad de luz o flujo luminoso (lm) que incide sobre un cuerpo. Expresa la cantidad conocida como **lux**, según el sistema internacional de unidades. Como parámetro de confort sirve para determinar o indicar el nivel lumínico adecuado para un espacio según el tipo de actividad que allí se desarrolla.

Se define como :

“El flujo luminoso que llega a una superficie determinada, se designa por E y tiene como unidad el lux ($lx = lm/m^2$).” (Jiminez,1998)

La iluminancia es un índice representativo de la densidad del flujo luminoso sobre una superficie, es decir, la relación entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y el tamaño de esta superficie. A su vez la iluminancia no se encuentra vinculada a una superficie real, puede ser determinada en cualquier lugar del espacio. La iluminancia se puede deducir de la intensidad luminosa. Al mismo tiempo disminuye la iluminancia con el cuadrado de la distancia de la fuente de luz; representada con la Ley del Inverso al Cuadrado de la Distancia:

Donde:

$$E = 4.7I / 4.7 r^2 = I / r^2 \dots \dots \dots \text{(Fórmula 2)}$$

E=iluminancia

I= candela

r^2 =radio al cuadrado

Se define como una fuente de I candelas que emite un flujo total de 4.7I lumen. A una distancia (d) este flujo se distribuirá sobre una esfera de radio r, es decir en una superficie de $4.7r^2$ (Fig.11).

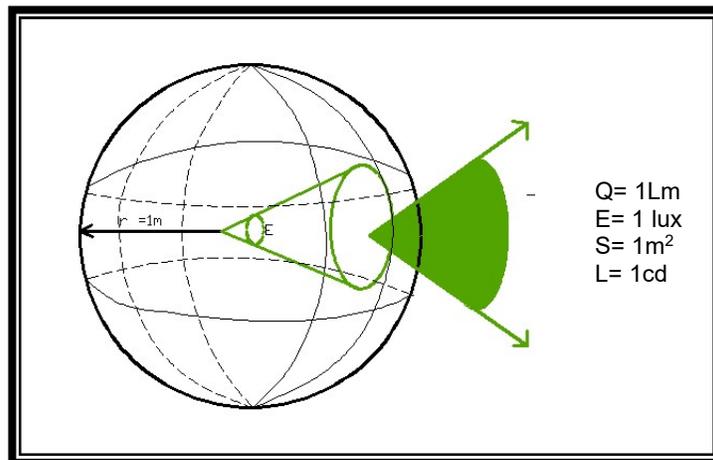


Fig. 11. Esquema de la Ley de la Inversa al Cuadrado

Se aplica cuando el plano iluminado es normal (perpendicular) a la dirección de la luz. Es decir, cuando el ángulo de incidencia $\beta = 0^\circ$. Cuando el plano está inclinado, el mismo flujo se distribuye en una superficie mayor, por lo que la iluminancia se reduce. La reducción es proporcional al coseno del ángulo de incidencia:

$$E_\beta = E_n \times \cos \beta \dots\dots\dots \text{(Fórmula 3)}$$

donde:

E_n = iluminancia sobre el plano normal

E_β = iluminancia sobre el plano inclinado β grados

β = ángulo de incidencia

La iluminancia total de una superficie proviene de la suma de iluminancias de varias fuentes (Fig.12):

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_n \dots\dots\dots \text{(Fórmula 4)}$$

donde:

E = Iluminancia total

E_1 = Iluminancia 1

E_2 = iluminancia 2

E_3 = Iluminancia 3

E_n = Iluminancias sucesivas

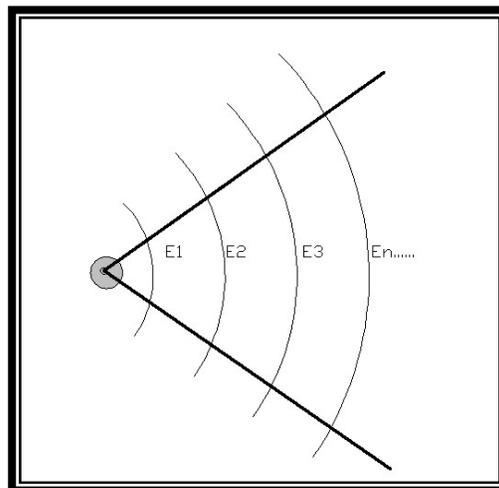


Fig. 12 Suma de las Iluminancias de una superficie

Si la iluminancia producida de la fuente lineal infinita se reduce en proporción directa a la distancia y no al cuadrado de la distancia, de cómo resultado una superficie luminosa infinitamente grande la iluminación sin variación con respecto a la distancia.

Conocer los niveles de iluminancia en un espacio resulta vital si se quiere evaluar las condiciones actuales del mismo, así como establecer los requerimientos para poder ejecutar acciones que permitan mejorar las condiciones de trabajo o desarrollo de ciertas actividades (Tabla 4).

| Iluminación en Función del Uso | Niveles |
|--|----------------|
| Vestíbulos de viviendas, pasillos, cuarto de baño, garajes y almacenes. | 100 lux |
| Escaleras, cocinas, dormitorios, cuarto de estar, biblioteca, vestíbulos de locales públicos, archivos, museos y áreas de trabajo de poca precisión. | 200 lux |
| Comedores, salones de hoteles, restaurantes, cafeterías, bares, gimnasios y áreas de precisión media. | 300 lux |
| Establecimientos comerciales, salas de conferencias, aulas laboratorios y áreas de lectura. | 500 lux |
| Sala de dibujo, escaparates y zonas de trabajo de precisión. | 750 lux |

Tabla 4 Niveles de Iluminación en función del uso al que este destinado

Fuente: Norma Técnica de las Edificaciones NTE-QLC/ 1973, España

Para la evaluación de las condiciones actuales se han desarrollado una serie de estándares y especificaciones internacionales con los niveles de iluminación aconsejables y las condiciones óptimas subjetivas y cualitativas para el usuario según la actividad a desarrollar y el espacio donde se ejecutan las tareas.

1.4.4.. Luminancia (L)

Se refiere a la intensidad de luz emitida por una superficie en una dirección determinada. Esta la percibe el ojo humano a diferencia de la iluminancia y la intensidad de luz.

Se define como :

“Indicador de la claridad de una superficie emisora para un observador, designado por L tiene como unidad la candela/m² (cd/m²).”

(Strgman, 1986)

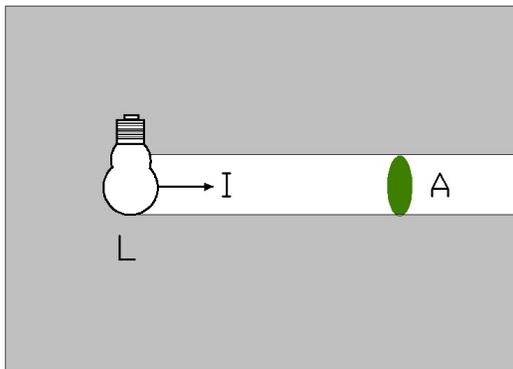


Fig.13 Emisión de la luminancia

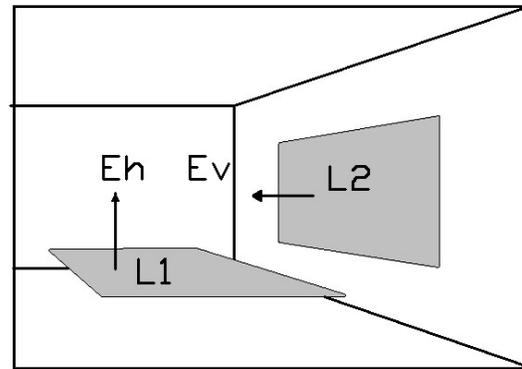


Fig.14 Esquema de luminancia incidente en una superficie

La luminancia de una superficie resulta de la relación entre la intensidad luminosa y su superficie proyectada. (Figs. 13 y 14)

La luminancia puede ser directa, es decir, la cantidad de luz recibida desde la fuente de luz (lámparas, o bien el sol), e indirecta, es decir la cantidad de luz reflejada por una superficie (muros, techos, pisos) u objeto que es recibida.

La luminancia caracteriza el flujo lumínico que abarca una superficie de intensidad luminosa por el área aparente de esta superficie. Se expresa en candelas por m²

(cd/m^2). La luminancia de una superficie es tan importante como la claridad que recibe con respecto a su coeficiente de reflexión, que es cercano a uno (Tabla 5).

| Relación de luminancia en el campo de Visión | |
|--|----------------------------------|
| Objetos y entorno inmediato. | No mayor a 3:1 Ni menor a 1:3 |
| Objetos y la superficie apoyo al trabajo. | 1:5 |
| Objetos y las otras superficies del área visualizada objeto y entorno. | 1:10 |
| Objeto y entorno lejano claro. | 0.1:1 |
| Objeto a cualquier objeto dentro del campo visual. | 40:1 |
| Objeto y entorno lejano oscuro. | No mayor 10:1 No menor 1:10 |

Tabla 5. Recomendaciones de relaciones de luminancias entre un objeto y su entorno

El factor dominante en la observación de un objeto es el contraste de luminancia o de colores entre este objeto y su entorno inmediato. En la iluminación natural, el deslumbramiento puede ser provocado por la vista directa al Sol, por una luminancia excesiva del cielo observado desde la ventana o por paredes que reflejan muy fuertemente la radiación solar y que provocan contrastes muy exagerados.

1.4.5. Luminosidad

La luz natural se compone de la suma de iluminancia proveniente del sol directo y la proveniente del cielo de forma difusa. (Fig. 15)



Fig. 15 Luminosidad

La cantidad de luz disponible en un lugar varia a lo largo del día en función de la posición del Sol en la bóveda celeste, es decir en función del día del año y la hora del día. Los niveles de iluminación al interior de un espacio dependen fundamentalmente de la cantidad de luz disponible en el exterior.

1.4. Niveles de Iluminación Recomendados por Estándares Internacionales y Nacionales

En el caso de estudio abordado en la presente investigación, se toman en cuenta los niveles de iluminación recomendados por los estándares nacionales e internacionales. (Tabla 6)

| Estándares Internacionales | Niveles de Iluminación Gimnasio | Estándares Nacionales | Niveles de Iluminación Gimnasio |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| CIE | 200 lux | El Reglamento de Construcción | 200 lux |
| IESNA | 300 lux | IESNA México, | 300 lux |
| CIBSE | 300 lux | NOM- 007, NOM-025-STPS-1999 | 200 lux |

Tabla 6 Niveles de iluminación recomendados por estándares nacionales e internacionales para un gimnasio

1.4.3. Estándares Internacionales

Los organismos **Internacionales** involucrados en temas de Iluminación son:

La **CIE: Comisión Internacional de l'Eclairge**⁸, rige la normatividad para cielo claro y despejado; se encarga del estudio de las nubes. Declaró el año de 1991 como el año internacional de la medición de la luz natural, estableciendo tres categorías de estaciones de medición de: iluminancia, radiación y recolección continúa de la

⁸ CIE.<http://www.cie.co.at>

distribución de luminancia del cielo. La CIE es una organización dedicada a la cooperación internacional y al intercambio de información entre sus países miembros sobre todas las materias relacionadas con el arte y la ciencia de la iluminación. Sus miembros son los Comités Nacionales de unos 40 países.

Sus objetivos son:

1. Proveer un foro internacional para la discusión de todas las materias relacionadas con la ciencia, la tecnología y el arte en los campos de la luz y la iluminación, y para el intercambio de información entre los países en esas materias.
2. Desarrollar patrones básicos y procedimientos de predicción en el campo de la luz y la iluminación.
3. Proveer directivas en la aplicación de principios y procedimientos en el desarrollo de normas nacionales e internacionales en el campo de la iluminación.
4. Preparar y publicar normas, informes y otros textos relativos a las materias propias de la luz y la iluminación.
5. Mantener una conexión y una interacción técnica con otras organizaciones internacionales relacionadas con las materias propias de la ciencia, la tecnología, la normalización y el arte en los campos de la luz y la iluminación.

- La **IESNA**: *Illuminating Engineering Society of North America*⁹, es una sociedad internacional reconocida en Norteamérica como la autoridad técnica en materia de iluminación.

Es un foro para el intercambio de ideas e información así como un medio para el reconocimiento y desarrollo profesional de sus miembros. A través de comités técnicos

⁹ IESNA. www.esna.org

integrados por cientos de profesionales calificados provenientes del medio de la iluminación y de los usuarios de la misma, coordina investigación, desarrollo y discusiones que guíen las prácticas profesionales utilizando recomendaciones lumínicas consensadas.

Es la autoridad técnica reconocida en iluminación. Durante más de 100 años su objetivo ha sido comunicar información sobre todos los aspectos prácticos de la iluminación a sus miembros, a la comunidad de la iluminación, y a los consumidores a través de una variedad de programas, publicaciones, y servicios. La Sociedad, además, trabaja cooperativamente con organizaciones relacionadas en una variedad de programas y en la producción de documentos publicados y normas técnicas.

- La **CIBSE**: *Chartered Institution of Building Services Engineers*¹⁰. Estandarización Británica. Es la institución que representa a los ingenieros que dan servicio técnico a los edificios formada en 1976.

Promueve la carrera de los “ingenieros técnicos del edificio” acreditando cursos de educación de alto nivel, programas de entrenamiento y el abastecimiento de rutas al registro profesional completo. Incorpora a ingenieros y técnicos. Una vez que califican el curso, CIBSE ofrece una gama de servicios, centrada en mantener y realzar la excelencia profesional a través de su carrera.

Por tanto, es el acreditador y la autoridad de estándares respecto a los servicios del edificio. Publica la dirección y los códigos que internacionalmente se reconocen como autoridad, y fija los criterios para la mejor práctica en la profesión. La institución habla para la profesión y así que es consultada por el gobierno en materias referentes la construcción, la ingeniería y sustentabilidad. Representa las organizaciones más importantes de la construcción y de la ingeniería en el Reino Unido, Europa y Estados Unidos.

¹⁰ CIBSE: [http// www.cibse.org](http://www.cibse.org)

Como instituto, es uno de los pioneros en responder a la amenaza del cambio climático en los edificios; explican cómo casi el 50% de emisiones perjudiciales del carbón, y el diseño innovador de los servicios puede traer mejoras dramáticas en rendimiento energético. La Sociedad de la Luz y de la iluminación actúa como el cuerpo profesional de acreditación en el Reino Unido, si bien ya se mencionó influye en todo el mundo. Tiene más de 2000 miembros en el Reino Unido y por todo el mundo, en donde establecen estándares y parámetros lumínicos.

1.4.4. Estándares Nacionales

- **El Reglamento de Construcción¹¹:** Determina los lineamientos de construcción para cada Estado de la República Mexicana en donde se encuentran los requerimientos mínimos para las áreas a diseñar divididas por actividad.
- **IESNA México¹²:** miembro del IESNA internacional, colabora en la difusión de la cultura de la iluminación en nuestro país y apoya los foros en los cuales el tema de la iluminación tiene un papel relevante; en la Jornada Internacional de Iluminación, celebrada cada año con la participación de especialistas internacionales y la asistencia de la mayor parte de los profesionales mexicanos dedicados al diseño de Iluminación.

Existen también normas especializadas.

- **Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004¹³:** Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. (CONAE)

Tiene como finalidad establecer los niveles de eficiencia energética en términos de *densidad de potencia eléctrica para alumbrado* con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y

¹¹ Cf. reglamento de construcciones para el D.F. <http://cgservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/385.htm>

¹² <http://www.esnamexico.org>

¹³ <http://www.conae.gob.mx/wrote/site/CONAE>

modificaciones de los ya existentes, con el objetivo de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y ecológicos, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.

- **NOM-025-STPS-1999¹⁴: condiciones de iluminación de los centros de trabajo.** Determina los niveles mínimos de iluminación que deben presentarse en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo al interior y exterior.

También tiene por objetivo establecer las características de iluminación en los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades, mediante reconocimientos físicos de las instalaciones. El propósito del reconocimiento, es determinar las áreas y puestos de trabajo que cuenten con una deficiente iluminación o excesivo deslumbramiento, en todas las áreas del centro de trabajo.

¹⁴ <http://stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/NOM-025.pdf>

1.5. Factor de Día.

La relación entre la iluminancia interior en un punto específico y la iluminancia exterior simultánea sin considerar la contribución del sol directo. El IESNA¹⁵ la define como **Factor de Día**:

“Se describe a partir de la toma de la muestra al exterior de la iluminancia, sin considerar el sol directo en el sensor, sobre la muestra al interior de la iluminancia; se miden en porcentaje para dar la cantidad de luz natural existente en una habitación” (IES, 2005).

Para expresar la cantidad de luz que llega al plano de trabajo interior de un espacio (E_i), debido a que esta depende directamente de la iluminación exterior (E_e), se suele utilizar esta medida **relativa** que se le denomina Factor de Día (*Daylighting Factor*, DL), según la siguiente ecuación:

$$FIN= DL = (E_i/E_e) \times 100 \dots \dots \dots \quad (\text{Fórmula 5})$$

en donde:

FIN = Factores de Iluminación Natural

DL = Determina el factor de luz natural

E_i = Iluminación interior

E_e = Iluminación exterior

En el modelo físico de un espacio se debe de realizar la medición de la iluminación interior (E_i) para poder dividirse entre la iluminancia externa (E_e) simultáneamente; para la aplicación de la fórmula que determina el valor del *factor de día*. (Fig.16)

¹⁵ IESNA, The illuminating Engineering Society of North America.

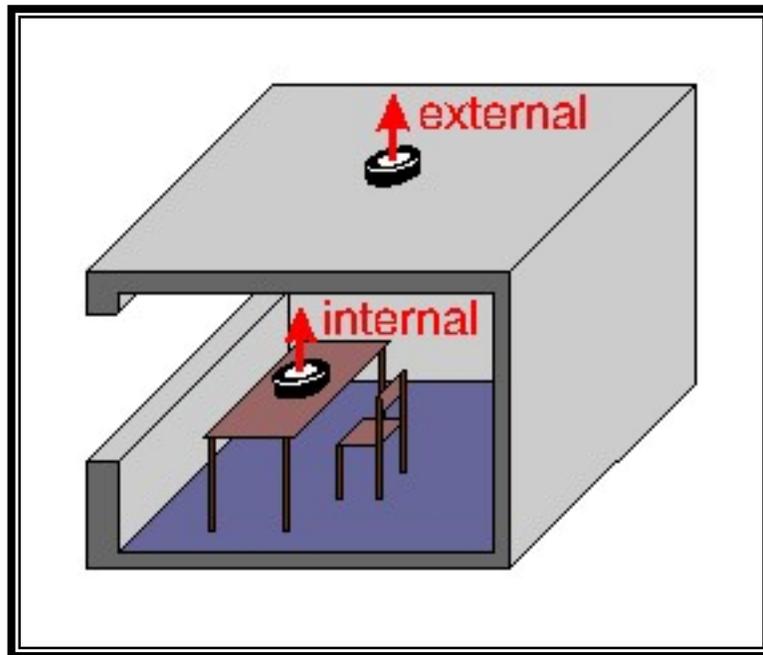


Fig.16 Diagrama de la definición del Factor de Día.

Se ha propuesto un predimensionamiento de forma separada, considerando los tres componentes de la formula según la regularización Italiana:¹⁶

$$DF= SC + ERC + IRC \dots\dots\dots (Fórmula 6)$$

en donde:

- DF** = Determinan el factor de luz en un punto determinado al interior del espacio
- SC** = El componente de cielo o la porción de cielo vista
- ERC** = Reflectancia externa
- IRC** = Reflectancia interna

Se adicionan factores de mantenimiento de reflectancia interna (IRC), así como de transmisión, mantenimiento y obstrucciones de la abertura, de componentes, y de factores adicionales, para tener con mayor exactitud el nivel de iluminación natural.

¹⁶ La Normalización italiana se encuentra registrada en la pagina del CIE.

En condiciones de cielo cubierto sus valores son independientes de la orientación de las ventanas dan un valor de intensidad lumínica la interior del edificio para captar la luz natural. La luz se determina en tres componentes:

- El **cielo**; depende de la hora del día y estación del año.
- La **reflexión externa**; proviene de los rayos solares reflejados, por el suelo, y otros edificios
- La **reflexión interna**; es aquella referida por materiales, como son las paredes, techos u otras superficies interiores.

La luz es emitida por fuentes naturales como el Sol y el fuego, que se consideran fuentes de luz directas. La luz proviene de las aberturas y por reflexión de las paredes. El tamaño de las mismas determina la cantidad de luz recibida. Su posición alta o baja y su forma vertical o horizontal tiene una influencia en la difusión y la distribución de la luz; igualmente influyen la calidad de la superficie de las paredes, el color de las mismas y la reflectancia de los materiales.

Los elementos de paso de luz natural busca mejorar el proyecto arquitectónico mediante sistemas de aprovechamiento de luz natural en la aportación del diseño de dicha luz, considerando el comportamiento del color de la misma a partir del estudio del índice del rendimiento de color y la temperatura de color; éstos son determinantes el diseño de un espacio para obtener el confort lumínico idóneo para el usuario.

1.6. El Color en la Iluminación

El color es un fenómeno de la percepción del hombre. El color en el aspecto de la visión es una respuesta psicológica que consiste en la reacción física del ojo y la respuesta interpretativa automática del cerebro a las características de la longitud de onda de la luz sobre cierto nivel del brillo produciendo en los niveles inferiores las diferencias del brillo. Tiene una estrecha relación con los sentidos del ojo.

Una variable ambiental adicional, relacionada principalmente con la calidad de luz, es la que se conoce como el color de la luz. Se define como la consecuencia del reparto de energía en las distintas longitudes de onda del espectro (Fig. 17).



Fig. 17. Área de estudio, sensación de calidez y frialdad en el espacio.

El color de la luz se utiliza como un parámetro de confort visual, tomando en cuenta dos factores: la Temperatura de Color y el Índice de Rendimiento Cromático (IRC). Estas variables se miden en unidades Kelvin (K) y en porcentaje respectivamente. Son útiles para el diseño de un ambiente en condiciones de confort lumínico, permitiendo tener una compatibilidad con los requerimientos lumínicos de un espacio.

.6.1. Temperatura de Color

Es la tonalidad aparente, ya sea cálida, neutra o fría, de una fuente luminosa artificial o eléctrica. Se mide en unidades Kelvin (K).

Se define como:

“Indica el color de una fuente de luz por comparación de esta con el color del cuerpo negro a una determinada temperatura en grados kelvin”

(V. Olgay, 2002)

Considerado el cuerpo negro como radiante teóricamente perfecto, este va cambiando de color a medida que vamos aumentando su temperatura, adquiriendo al principio el tono de un rojo sin brillo, para luego alcanzar el rojo claro, el naranja, el amarillo, el blanco, el blanco azulado, y finalmente el azul.

El espectro se modifica según la temperatura. Hacia los $3000K$ la luz es rojiza; hacia los 5.000 se compensa la distribución y a mayor temperatura es azulada. En el caso de la luz natural vemos que sus temperaturas de color son del orden de $6000 - 6500K$, en relación con las reales de la superficie que emite la luz solar (Fig.18).

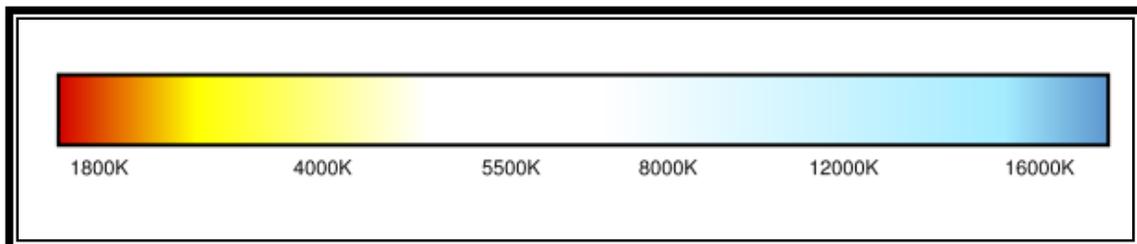


Fig. 18 Temperatura del color

El someter un espacio a diferentes condiciones lumínicas, mediante la combinación de estas variables, permite observar los cambios de la temperatura de color en un mismo espacio, observar las figuras de la 19 a la 22.

Aplicando iluminación natural a partir de ventanas completamente abiertas, abiertas a la mitad, y cerradas, combinadas con la iluminación eléctrica al 50% y 100% de iluminación artificial en un espacio dado, permite enriquecer el comportamiento lumínico a partir de la temperatura de color de la misma habitación. Por eso es determinante saber el uso que va tener el espacio que se va a diseñar para que la **TC** sea la adecuada y se encuentre dentro de los requerimientos mínimos de confort lumínico.

Las imágenes de las figuras 19-28 muestran dicha aplicación en una sala de juntas, aplicación realizada en la pagina del CIE¹⁷, según las condiciones descritas en cada caso:

- **Condición 1:** Iluminación eléctrica con lámparas encendidas al 100% con **TC** de 4000K (amarilla) con ventanas cerradas (**Fig. 19**).
- **Condición 2:** Iluminación eléctrica apagada, con temperatura de color de 12000K (azules), ventanas totalmente abiertas que permiten la iluminación natural, la iluminación eléctrica apagada (**Fig.20**).
- **Condición 3.** Iluminación eléctrica con lámparas prendida al 100% con temperatura de color de 8000K, ventanas totalmente abiertas (**Fig.21**).
- **Condición 4.** Iluminación eléctrica con lámparas prendida al 50% con temperatura de color de 9000K, ventanas totalmente abiertas (**Fig.22**).
- **Condición 5** Iluminación eléctrica con lámparas prendida al 100% con temperatura de color de 4000K, ventanas abiertas a la mitad (**Fig.23**).
- **Condición 6.** Iluminación eléctrica con lámparas prendida al 50% con temperatura de color de 3500K, ventanas abiertas a la mitad (**Fig.24**).

¹⁷ www.colour/daylighting/artificial/uk.

- **Condición 7:** Iluminación natural ventas izquierda totalmente abierta con temperatura de color de 11000K la iluminación eléctrica apagada (Fig.25).
- **Condición 8:** Iluminación natural ventas derecha totalmente abierta con temperatura de color de 11000K, la iluminación eléctrica apagada (Fig.26).
- **Condición 9:** Iluminación natural ventas abiertas a la mitad con temperatura de color de 14000K, la iluminación eléctrica apagada (Fig.27).
- **Condición 10:** Iluminación natural ventas abiertas a la mitad de lado derecho con temperatura de color de 16000K, la iluminación eléctrica apagada. (Fig.28)

Comportamiento lumínico de la sala de juntas con diferentes condiciones de TC:



Fig.19 Sala de Juntas con temperatura de color TC 4000K (amarilla).
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.20 Sala de Juntas con temperatura de color azul TC 12,000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.21 Sala de juntas con temperatura de color TC 8000K **Fuente:**
www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.22 Sala de Juntas con temperatura de color TC 9000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.23 Sala de juntas temperatura de color TC 4000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig. 24 Sala de juntas con temperaturas de color TC 3500K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.26 Sala de juntas con temperatura de color TC 11000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.25 Sala de juntas con temperatura de color TC 11000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.27 Sala de juntas con temperatura de color TC 14000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.



Fig.28 Sala de juntas con temperatura de color TC 16000K
Fuente: www.colour/daylighting/artificial/uk.

Los valores de algunas de las temperaturas de color percibidas en un entorno habitual se pueden observar en la tabla como parámetros generales (Tabla 7).

| Color de la luz | Temperatura de color | Ambiente Producido |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Blanco rojizo | Menos de 3300 K | Cálido |
| Blanco | 3300 K A 5000 K | Neutro |
| Blanco azulado | Mas de 5000 K | Frío |

Tabla 7 Relación entre la Temperatura de color y el ambiente producido.

Fuente: www.voltimum.es

La temperatura de color puede tener efectos positivos o negativos sobre las personas, de acuerdo al tipo de actividad que desarrollan ya que ésta define la

aparición del color, tanto de la luz natural y la que es emitida por la lámpara como del ambiente mismo. Sin embargo la elección final del color de la iluminación que se va utilizar depende entre otras razones de la presencia o ausencia de la luz natural, de las condiciones climáticas y de las preferencias personales.

.6.2. El Índice de Rendimiento de Color (IRC)

Es la capacidad de una fuente luminosa de reproducir los colores tal y como son en la realidad; se mide en porcentaje, con valores de 0 a 100. Para tener una buena reproducción cromática la luz ha de tener energía en todas las longitudes de onda, como es el caso de la luz solar, que es también a la que más acostumbrado está el ojo humano promedio. Por tanto, en la práctica el IRC de la luz natural es del 100% (Fig. 29).

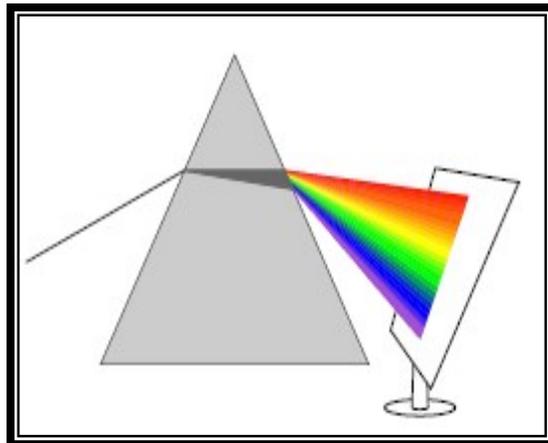


Fig.29 Reproducción de la luz natural al 100%

El IRC expresa las características de composición espectral de la luz emitida por una fuente en relación al color de los objetos iluminados. Se debe tener presente que para tener una reproducción del color de la luz fidedigna la fuente de luz debe tener energía suficiente en todas las longitudes de onda. Como ya se dijo, esto lo determina el IRC por su unidad en porcentaje.

En la tabla 9 se hace una breve descripción de las fuentes luminosas a partir del índice de rendimiento de color expresada como **TC** en grados Kelvin (*K*) (Tabla 8), que permite hacer una referencia a las tonalidades de diferentes fuentes lumínicas (Fig. 30).

| Índice de Rendimiento de Color | | |
|---------------------------------------|------------------|--|
| Color | TC (K) | Descripción |
| Azul | 100,000 a 30,000 | Cielo azul con sol. |
| | 10,000 | Cielo despejado. |
| | 6,000 | Cielo nublado. |
| | 6,500 | Lámparas fluorescente Blanco luz de día. |
| | 5,500 | Lámpara de flash. |
| | 5,200 | Luz solar directa. |
| Blanco | 4,500 | Lámparas fluorescente Blanco Frío. |
| | 4,000 | 1hr antes/después de la puesta / salida del sol. |
| | 3,500 | Lámparas fluorescentes Blancas. |
| | 3,100 | Lámparas fluorescentes Blanco Cálido. |
| | 2,700 | Lámparas incandescentes. |
| Amarillo | 2,500 | 30 minutos después / antes de la salida/ puesta de sol. |
| | 2,000 | Salida o puesta de sol. |
| Rojo | 1,850 | Luz de la llama de una vela. |

Tabla 8 Índice de rendimiento de color por fuente lumínica

| Vela | Incandescente | Fluorescente Neutral | Fluorescente Blanco Frío | Sol | Cielo Nublado |
|---|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| 1850K | 2700K | 3500K | 4100K | 5800K | 6000K |

Fig. 30. Representación grafica de las fuentes lumínicas con su respectiva temperatura de color

Un objeto es rojo porque refleja las radiaciones luminosas rojas y absorbe todos los demás colores del espectro. Esto es válido si la fuente luminosa produce la suficiente cantidad de radiaciones en la zona roja del espectro visible. Por lo tanto, para que una fuente de luz sea considerada como de un buen rendimiento de color, debe emitir todos los colores del espectro visible (Fig. 31). Si falta alguno de ellos, los faltantes

no podrán ser reflejados. Aquí encuentra aplicación la teoría de Lambert Laws¹⁸ dice que la superficie de espejo perfecto es igual al ángulo de la luz que incide siendo este igual al ángulo de la luz que se refleja (**Fig. 31**).

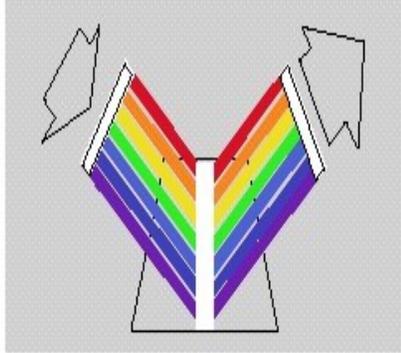


Fig. 31 Reflexión total de la luz blanca

El IRC se pierde si se coloca cerca de un área negra provocando el efecto de absorción de la luz blanca (**Fig. 32**).

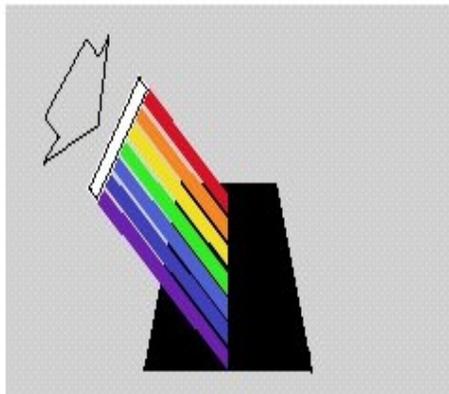


Fig. 32. Absorción de la luz blanca

En la aplicación de obtener ventajas del IRC se debe prever la reproducción de los colores no necesariamente es la misma en todas las fuentes, por lo que la selección de la iluminación a utilizar también deberá considerar la calidad de la luz que emite en función de la capacidad de facilitar al ojo humano la diferenciación y el reconocimiento de los diferentes objetos que se están iluminando.

¹⁸ Lambert, autor de la teoría de la superficie de espejo perfecto.

3.6.4. Componentes de la Luz

La luz se compone de tres coeficientes: De reflexión (r), de absorción (a) y de transmisión (t). Nos indican respectivamente, el comportamiento de la luz incidente que es reflejada, absorbida y transmitida por una superficie dada. La suma de los tres coeficientes siempre valdrá la unidad:

$$r + a + t = 1 \quad \text{.....} \quad \text{(Fórmula 7)}$$

donde:

r= Reflexión

a= Absorción

t= Trasmisión

- **Reflexión:** Como la energía puede reflejarse cualitativamente de forma distinta según el tipo de superficie, se considera desde el punto de vista espectral y desde el punto geométrico. Las diferentes posibilidades de comportamiento desde el punto de vista espectral de las superficies pueden tener comportamientos distintos para las distintas longitudes de onda dentro del espacio visible. Las cuales se dividen según el material de la superficie: reflexión regular o espectral, reflexión difusa y reflexión dispersa. Tal es el comportamiento de los rayos solares determinado por el material o color a reflejar en una superficie.



Fig. 33 Reflexión de los rayos solares según sea el material de la superficie.

La reflexión es, entonces, la capacidad de un cuerpo de reflejar la luz, se expresa por el coeficiente de reflexión (ρ) que equivale a la relación entre el flujo luminoso reflejado por el cuerpo o material (F_r) y el flujo luminoso incidente sobre su superficie (F_i)

$$\rho = F_r / F_i \dots\dots\dots \text{(Fórmula 8)}$$

donde:

ρ = Coeficiente de reflexión

F_r = Flujo reflejado

F_i = Flujo incidente

La luz se propaga por el espacio a una velocidad que aplicada a lo arquitectónico, se puede considerar instantánea. Sin embargo, al encontrar un obstáculo material se refleja en parte, otra parte es absorbida por la superficie y puede ocurrir que una parte se transmita al otro lado del obstáculo, dependiendo de si éste es opaco, translúcido, o transparente.

- **Transmisión** : Siempre que las irregularidades de los materiales sean de un orden de magnitudes similar a la longitud de onda de la luz se producirá una difusión de la luz; si estas irregularidades son mucho menores se producirá una reflexión o transmisión regular, sin modificación de la geometría de la luz incidente.

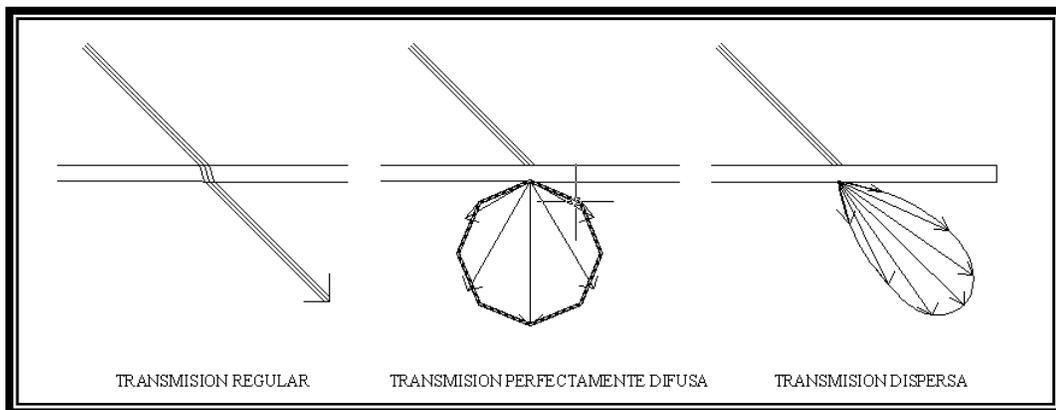


Fig.34 Transmisión de los rayos solares según el material de la superficie.

Como la longitud de onda de las radiaciones lumínicas es muy pequeña, la mayor parte de las superficies con las que trabajamos en arquitectura presentan reflexiones de tipo difuso y no son atravesadas por la luz. Únicamente las superficies muy pulidas y los cristales o vidrios tienen un comportamiento regular a la reflexión y transmisión. En el caso de la reflexión o transmisión difusas, la distribución resultante de la luz es tal que la luminancia L de la superficie, observada desde cualquier dirección, es constante y tiene un valor.

La mayor parte de las superficies tienen reflexión difusa, este comportamiento tiende a que la luz natural se reparta más uniformemente por los espacios interiores.

Las superficies con reflexión regular (o especular) pueden ser útiles para reflejar la luz y especialmente la radiación directa del sol, hacia direcciones específicas que resulten más convenientes. Igualmente, las superficies transmisoras son normalmente regulares o transparentes, por lo que permiten la entrada de los rayos directos del sol sin variar su geometría.

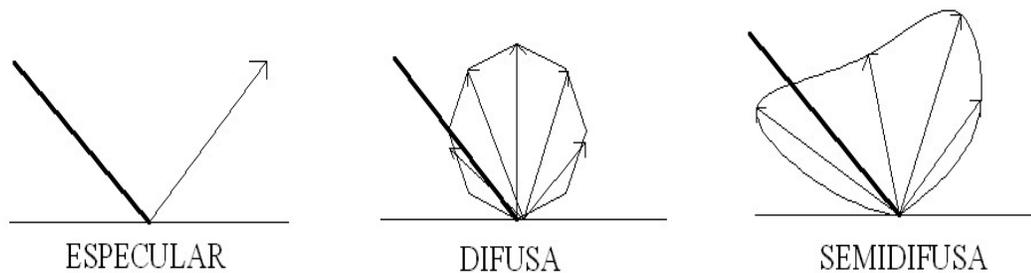


Fig. 35. Incidencia de un rayo en superficies: especular, difusa y semidifusa

1.6.4. Factor de Uniformidad sobre el Plano de Trabajo

La distribución de la iluminación dentro del espacio deberá determinar el factor de uniformidad sobre el plano de trabajo, expresado en la siguiente ecuación:

$$Fu = I_{\min} / I_{\max} \dots\dots\dots (F\acute{o}rmula 9)$$

donde:

Fu= Factor de uniformidad.

I_{mín}= Nivel de iluminación mínimo.

I_{máx}= Nivel de iluminación máximo.

La reflectancia de superficies puede ocuparse para lograr las relaciones de confort en el espacio, un estudio de todos los factores y superficies ambientales, como techo, piso, paredes, etcétera (Fontoynt, 1999), considerando así mismo la actividad que en un espacio dado se realice, con base en los parámetros mínimos de iluminación establecidos por la CIE o autoridad competente para determinar el comportamiento correcto del área a iluminar.

1.6.5. Valores de reflectancia

Consiste en obtener el factor de reflexión de las superficies seleccionadas. Existen al menos dos métodos.

El primero es **el método de iluminación-luminancia**, que consiste en la medición de dos parámetros: la medición de la luminancia de las superficies (**L₁**) la cual se obtiene colocando la fotocelda del luxómetro de cara a la superficie, a una distancia de 10 cm, hasta lograr que la lectura sea estable; después, la medición de la iluminación que reciben las superficies (**E₂**), la cual se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie con el fin de medir la luz incidente;

obtenidas las dos mediciones se determina el factor de reflexión de la superficie (K_f) (Artif, 1998).formando la siguiente ecuación:

$$K_f = L_1/E_2 \text{ (100) (Fórmula 10)}$$

en donde:

K_f = Reflexión de la superficie

L_1 = Medición de la luminancia de las superficies

E_2 = Medición la luz incidente

El segundo método es el de **luminancia- luminancia**, que consiste en medir la luminancia de dos superficies: una corresponde a un material de referencia de reflectancia conocida y otra correspondiente al material a examinar (González, 2000). Se obtiene la siguiente ecuación:

$$K_{fd} = E_{ld} / E_{lc} * K_{fc} \text{ (Fórmula 11)}$$

en donde:

K_{fd} = Es el valor de reflexión de la superficie examinada.

E_{ld} = Es la luminancia de la superficie examinada (cd/m^2).

E_{lc} = Es la luminancia de la superficie de referencia conocida (cd/m^2).

K_{fc} = Es el valor de reflexión de la superficie conocida.

La capacidad de reflejar la luz que tienen los diversos colores y materiales es de gran utilidad para realizar el cálculo de iluminación en un diseño. Por ejemplo: un

ambiente pintado con colores claros permitirá un mayor aprovechamiento de la luz que con oscuros, ya que los colores claros reflejan más la luz; también, una superficie brillante reflejará la luz en forma especular, mientras que una mate lo hará en forma difusa.

1.6.6. Valores de Transmitancia

Este procedimiento consiste en obtener el factor de transmitancia de las superficies vidriadas del edificio (Fontoynt, 1999). Existen al menos dos métodos para medir la transmitancia.

El **método de la normal-normal** (transmitancia vidrio claro (**tnn**)): se determina estableciendo una relación entre la luminancia de un objeto visto detrás del vidrio (**Lin**) en una dirección perpendicular al plano vidriado y la luminancia del mismo objeto, en la misma dirección del vidrio (**Lout**), generalmente las medidas se toman primero con las ventanas cerradas y luego con las ventanas abiertas. Se obtiene la siguiente ecuación:

$$Tnn = Lin/Lout \dots\dots\dots (Fórmula 12)$$

en donde:

Tnn = Transmitancia vidrio claro.

Lin = Objeto detrás del vidrio.

Lout= Objeto en la misma dirección del vidrio.

El **método de la hemisférica-hemisférica** (**thh**): se determina relacionando la iluminancia (E) de un objeto visto detrás del vidrio difuso (**lin**) en una dirección perpendicular al plano vidriado y la iluminancia del mismo objeto, en la misma dirección del vidrio (**lout**). Se obtiene la siguiente ecuación:

$$thh = \frac{lin}{lout} \dots\dots\dots(F\acute{o}rmula 13)$$

en donde:

thh = Objeto visto detrás del vidrio difuso.

lin = Objeto visto detrás del vidrio difuso.

lout = Mismo objeto en la misma direcci3n.

En el caso de que los m3todos para medir la transmitancia del vidrio no resulten pr3cticos debido a la dificultades para abrir las ventanas o llegar a ellas por la altura, ser3 necesario recurrir a las especificaciones de fabricaci3n de las superficies vidriadas. Se considerara un 10% de margen como factor de uso en el vidrio de las ventanas.

.7. Estrategias de Dise3n Lum3nico

En el dise3n de iluminaci3n ambiental se debe controlar el exceso de luz para estar dentro de los par3metros recomendados seg3n la actividad a realizar. Las estrategias de iluminaci3n natural se enfocan en las siguientes estrategias:

- 3. Captaci3n solar.
- 3. M3ltiples reflexiones de los rayos solares
- 3. Distribuci3n de la luz natural.
- 3. Focalizaci3n de la luz.
- 3. An3lisis arquitect3nico.

Captaci3n solar: es la proporci3n de luz solar que se transmite a trav3s de los vidrios hacia el interior del espacio arquitect3nico. La calidad de la luz depender3 de la naturaleza o del tipo de pared vidriada, de su rugosidad, espesor y limpieza. Las obstrucciones naturales pueden construir una barrera para la radiaci3n.

Las **múltiples reflexiones de los rayos solares** al edificio produce un efecto variado dependiendo de las condiciones externas (tipo de cielo, fenómenos atmosféricos, estación, hora del día y lo despejado del sitio específico (es decir, ausencia de otras obstrucciones físicas en la trayectoria de la luz solar.) Pero también en función del emplazamiento, la orientación, la inclinación, el tamaño y el tipo de vidrio.

Distribución de la luz natural: la luz natural se refleja en el conjunto de superficies internas en mayor medida mientras menos obstrucciones físicas o vegetales se tengan y se considere la geometría local o al mobiliario. También la condiciona el tipo de recubrimientos de la superficie (mates o claros). Incluso el empleo de vidrios o sistemas reflectantes que permiten a la luz alcanzar el fondo del local.

La Focalización de la Luz: se utiliza cuando se requiere que la luz enfatice bien un espacio o bien un objeto particular. La iluminación cenital o lateral alta crea un contraste luminoso importante a partir de la iluminación ambiental.

En el **Análisis Arquitectónico** se distinguen los espacios iluminados, los elementos que permiten la penetración de luz y los sistemas de control de iluminación natural. Dentro de las estrategias de diseño de los espacios arquitectónicos se consideran los elementos que permiten el paso de luz, como lo son los de tipo lateral (ventanas, repisas de luz, muros transparentes), cenital (claraboya o tragaluz, ductos lumínicos, domos) o la combinación de ambos. Los sistemas de control de luz dependen de la calidad y acabados de los materiales (vitrales, vidrios translucidos o bien opacos, protecciones solares, obstrucciones naturales del entorno, etcétera).

El Impacto de las estrategias de diseño en el proyecto de investigación, se dio mediante la captación solar a partir de los nuevos dispositivos de alta eficiencia de iluminación natural, los cuales se mencionaran con más detalle en el capítulo IV, mediante la utilización de las múltiples reflexiones de los rayos solares dirigidos al interior o exterior de los diferentes dispositivos con materiales diversos de alta reflectancia.

Los diferentes dispositivos reparten la luz natural al interior del espacio, con los requerimientos mínimos de iluminación establecidos por la normatividad. Se toma en cuenta el análisis arquitectónico previo, que permite la utilización del dispositivo de alta eficiencia energética correcto, que impacten con un mayor ahorro de energía a la edificación.

En la aplicación del caso de estudio es importante considerar las estrategias de diseño para poder evaluar el proyecto. Esto permite proponer el dispositivo de alta eficiencia energética de iluminación natural, que permita obtener los niveles de confort lumínico más adecuados, al proyecto.

3.8. Métodos de Predicción de Iluminación.

A partir de la identificación de los principios físicos que envuelven el fenómeno lumínico, así como de la definición de las unidades y ecuaciones básicas se han planteado diferentes métodos para predecir y calcular la cantidad y distribución de dichos fenómenos en los espacios a estudiar.

Estos métodos de predicción, contemplan generalmente el desarrollo de cálculos matemáticos, procedimientos gráficos, o evaluaciones a escala o *in situ*.

En cuanto a las diferentes herramientas para la evaluación de la iluminancia se mencionan las más comunes. Los métodos de predicción son fundamentalmente tres:

- **Métodos Matemáticos**
- **Métodos de Modelos Físicos**
- **Métodos Computacionales**

Estos métodos de predicción de iluminación permiten realizar un análisis cuantitativo mediante el estudio del comportamiento lumínico dentro de una edificación, a partir de la observación en el proceso de experimentación para determinar los niveles de iluminación en el área a estudiar.

1.8.1. Métodos Matemáticos

Es preciso destacar que cualquier predicción matemática describe una situación únicamente aproximada, ya que en la realidad los factores que intervienen son innumerables y cambiantes, además de que los propios modelos suelen concebirse a partir de situaciones específicas que difícilmente se repiten en la práctica.

Modelos de Predimensionamiento Matemático:

- **Método de cálculo de Factor de Día**
- **Método del Lumen**

Como se dijo anteriormente, el **Método del Factor de Día** se le conoce comúnmente como el "*Daylight Factor Method*". El objetivo es conocer la cantidad de luz existente en el ambiente interior; así como su distribución. El cálculo permite conocer las condiciones interiores en relación con unas exteriores que son combinables. Los resultados se presentan en porcentajes respecto al nivel exterior: "Factores de Iluminación Natural" (FIN) o *Daylighting Factors* (DL).

Este método permite conocer aproximadamente la cantidad de luz que penetra en el espacio y deduce a partir de ello la iluminancia media resultante en el plano de trabajo. La distribución de la luz en el interior es irregular, sólo en el caso de sistemas cenitales difusores o de evaluaciones generales comparativas, puede considerarse útil.

En la presente investigación se utilizó el método de cálculo de Factor de Día, aplicado en el proceso metodológico en la fase del proceso del análisis del monitoreo, determinando el factor de confort lumínico dentro del espacio arquitectónico. Se observa su aplicación en las tablas de los capítulos VI y IX.

El segundo modelo de predimensionamiento aquí presentado es el **Método del Flujo Total**, también llamado **Método del Lumen**¹⁹. Éste llega a ser bastante útil por la rapidez en el cálculo y su aproximación a la realidad. Se basa en el principio de identificar la cantidad de luz que penetra por la abertura y a partir de las características internas del espacio, deduce la que llegara al plano de trabajo. (Fig. 36).

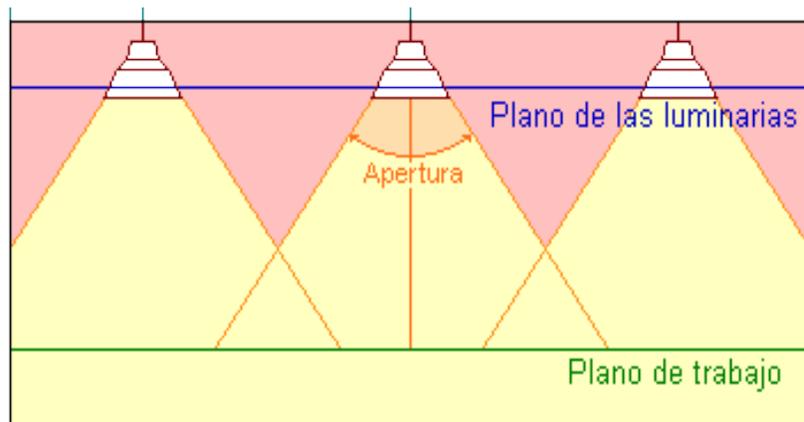


Fig. 36 Esquema del Método del Lumen.

Se obtiene un promedio aproximado de la iluminancia del ambiente, no la distribución de la luz sobre el plano de trabajo. Debido a las condiciones lumínicas particulares y representativas, con dicha distribución se puede llegar a deducir la correspondiente al plano de trabajo de manera muy aproximada.

El método de lumen en la presente investigación no fue utilizado ya que este, se aplica como método de cálculo de iluminación artificial.

¹⁹ Método del Lumen total o bien conocido como el Flux Method, este método se utiliza para la distribución de la energía eléctrica.

1.8.2. Método de Modelos Físicos para Predicción del Comportamiento de la Luz Natural

Es una herramienta de análisis y proyección arquitectónica que determina niveles de luz de día aproximados en un espacio, permitiendo hacer una valoración a escala de un edificio semejante a la realidad. Son útiles para tomar decisiones de afinación de diseño de los sistemas de control lumínico. En los modelos físicos la reproducción de la luz es semejante a la realidad por las múltiples reflexiones que ésta tiene al interior de un espacio.

El **Modelo a Escala** está correctamente construido: considerando que los porcentajes de transmitancia sean semejantes a la realidad, una distribución exacta e igual del espacio, que hace escala de la transmitancia del modelo tridimensional del espacio en proporción 1:1, hace posible la reproducción de iluminación natural en el interior del espacio, no solo por el aporte de la luz directa que ingresa, sino además por la reflexión en las superficies internas del mismo. (Fig. 37)



Fig. 37 Modelo tridimensional a escala.

La elaboración de modelos a escala para estudios de iluminación constituye en uno de los procedimientos experimentales para análisis y simulación de luz natural de mayor efectividad frente a procedimientos analíticos y gráficos, ya que permite hacer

evaluaciones de este recurso bajo condiciones de cielo exterior y cielo artificial. Para poder establecer los valores de Factor de luz natural pueden realizarse mediciones de iluminancia exterior e interior simultáneamente. (Fig. 37) En otras palabras,

“La realización de maquetas de estudio permiten evaluar la calidad del espacio iluminado”(Olgay,2003).

Modelos Reales. Esta técnica de medición y predicción se caracteriza por el amplio rango de tiempo en que se realizan mediciones de los valores de iluminancia en un espacio construido o existente. Esta variación, apenas perceptible a simple vista, puede desviarse del valor medio medido en un 30%, en un período de 15 minutos. Es muy importante tomar en cuenta para la realización de mediciones tanto el factor del mismo cielo, como el del interior del espacio existente. (Fig. 38)



Fig. 38 Espacio Real del modelo tridimensional

En la presente investigación se utilizó el modelo físico real, y el modelo a escala calibrado, permitiendo realizar las mediciones en diversas condiciones lumínicas con diferentes tipos de cielo, para ser monitoreada, evaluada y analizada en el proyecto de caso de estudio.

1.8.3. Métodos Computacionales

En la actualidad existen programas de cómputo que incluyen herramientas para el cálculo de la luz de día, que está estrechamente ligada con las condiciones del cielo en cuanto a nubosidad y radiación solar (las dos variables más importantes para determinar la incidencia solar dentro de un edificio).

Los programas computacionales son una herramienta que permite optimizar el tiempo de ejecución ocupado en realizar un análisis cualitativo, pero aún no existen un programa que sea igual al entorno en forma óptima, es decir, que permita simular las múltiples reflexiones de la luz tal y como éstas ocurren en la realidad.

Algunos de los métodos computacionales existentes permiten realizar cálculos preliminares para ser comprobados en los modelos a escala. Los programas conocidos para simulación de iluminación natural son escasos ya que la mayoría de los programas se concentran en el diseño de iluminación artificial.

Entre los programas disponibles actualmente se encuentran:

- SKyVision
- Lumen Designer
- Dial Lux
- Autocad Revit
- Lightscape
- Radiance

El programa se llama SkyVision³³, esta avalado por estándares de normatividad internacionales como es el CIE y el IESNA, y donde permite calcular la luz de día con factores de día nublado, día seminublado y día despejado, a partir de la latitud y ángulo de azimut donde se encuentre la ciudad. Algunas de las características del programa como herramienta del diseño son:

- Calcular las características ópticas de iluminación al interior.
- Al exterior calcular las reflectancia de los vidrios a partir de una base de datos preestablecida.
- La simulación de cielos reales y dinámicos.
- Permite hacer uso de diferentes dispositivos pasivos de iluminación natural.(Fig. 39 y 40)

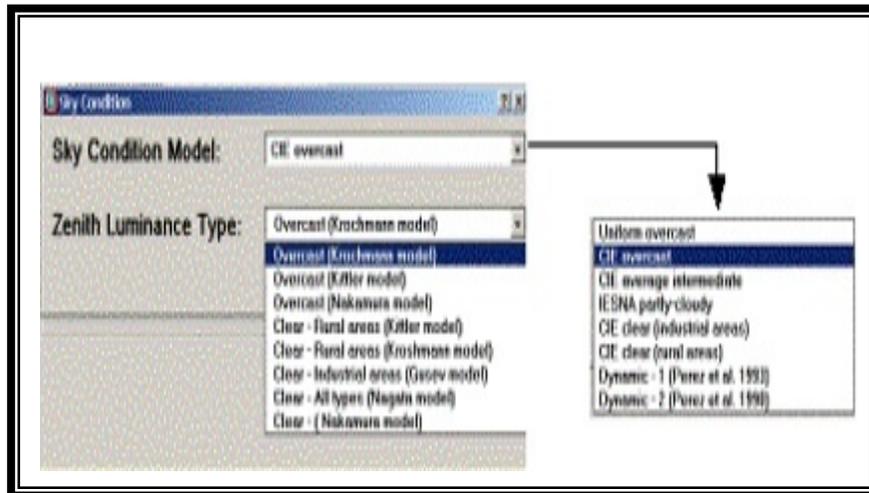


Fig. 39 Programa Sky Vision. National Research Council- Canada

²⁰ Programa de computadora para el cálculo de luz de día
http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ic/lighting/daylight/skyvision_e.html

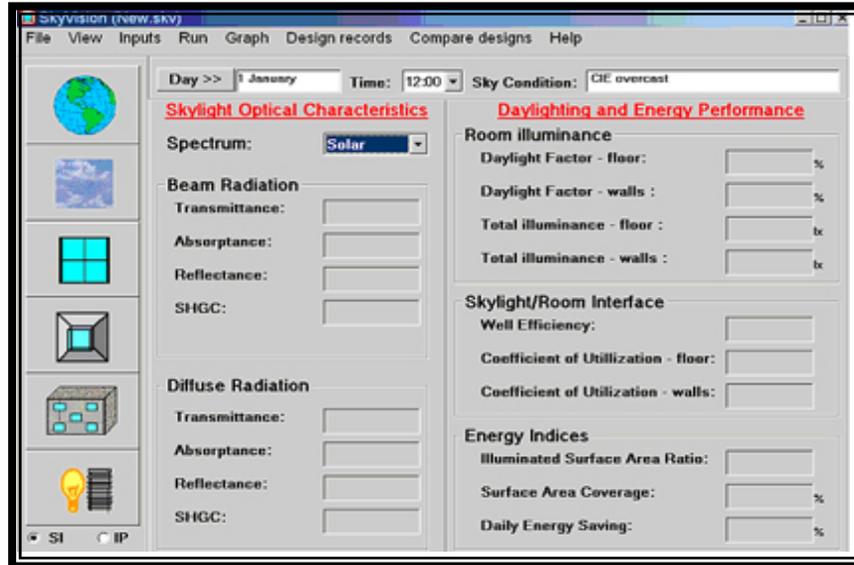


Fig. 40 Pantalla principal del programa Sky Vision

En la presente investigación el empleo de los métodos computacionales no son aplicados. Los métodos de predicción de modelos físicos tienen un papel fundamental en la aplicación del caso de estudio para determinar el número de pruebas en base de las variables de diseño que se consideran para el dispositivo de alta eficiencia energética.

Es importante resaltar que con base en los métodos de predicción de modelos físicos se realizó el diseño de las hojas de cálculo por métodos matemáticos, que contienen los valores de las mediciones con los datos del monitoreo, aplicando las fórmulas de factor de día y transmitancia de materiales para la obtención de un proceso de evaluación y análisis lumínico del caso de estudio que se detallará en los Capítulos VII y VIII.

SISTEMAS LUMÍNICOS DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

2.1. Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia Energética

El fenómeno lumínico en la arquitectura actual ha sido relegado generalmente a un segundo plano. Esto, resultante de que al concluir el día la mayor parte de las actividades terminaban tanto dentro como fuera de las edificaciones, además de que la asociación de la arquitectura en función de la salud y el confort en general de los usuarios es reciente.

Entre los ejemplos de uso de estos recursos sobresalen los componentes que permitían la penetración de luz cenital en alguno de los templos egipcios. Desde claraboyas o tragaluces en templos grandes, hasta pequeñas aberturas en los techos de templos más pequeños. Elementos similares fueron considerados en muchos edificios romanos, en los que el vidrio se empezaba a utilizar.

Sin embargo, algunos recursos que ocupan dicha asociación, tales como:

- Reflectores horizontales.
- Ductos lumínicos.
- Sistemas de seguimiento solar.

Los primeros en utilizar la iluminación natural fueron los egipcios por medio de la captación de la luz del Sol dirigida por medio de espejos al interior de las pirámides.

La utilización de la luz natural fue utilizada como un recurso en la arquitectura religiosa a partir de la época Bizantina. La solución del apoyo de la cúpula principal sobre las medias cúpulas permitió la penetración de la luz cenital entre ambas a través de cristales.

En la época románica, y posteriormente en la gótica, se utilizó eventualmente la iluminación cenital. Fue en el renacimiento cuando dicho elemento fue utilizado con aplicaciones sobre las cúpulas. En los siglos XV y XVI comenzó la utilización del cristal

para las edificaciones en forma más general, combinado con el uso de la iluminación natural al interior de las edificaciones. Sin embargo, sólo una minoría de la población europea —y del mundo— tenía acceso al cristal, debido a los elevados costos de producción. En la primera mitad del siglo XIX, con el uso ya extendido del acero y del cristal se dio la oportunidad de utilizar de forma más amplia estos materiales en los diseños arquitectónicos. Las soluciones de iluminación cenital en este ámbito comenzaron a surgir. El ejemplo más relevante quizá sea la obra del arquitecto Inglés Sir John Soane, la casa-museo Soane, en Londres, en 1827. Considerado como edificio experimental, cuenta con innumerables entradas de luz cenital de diferentes formas y tamaños, algo que fue innovador para su tiempo (finales del siglo XVIII); (Fig. 41)

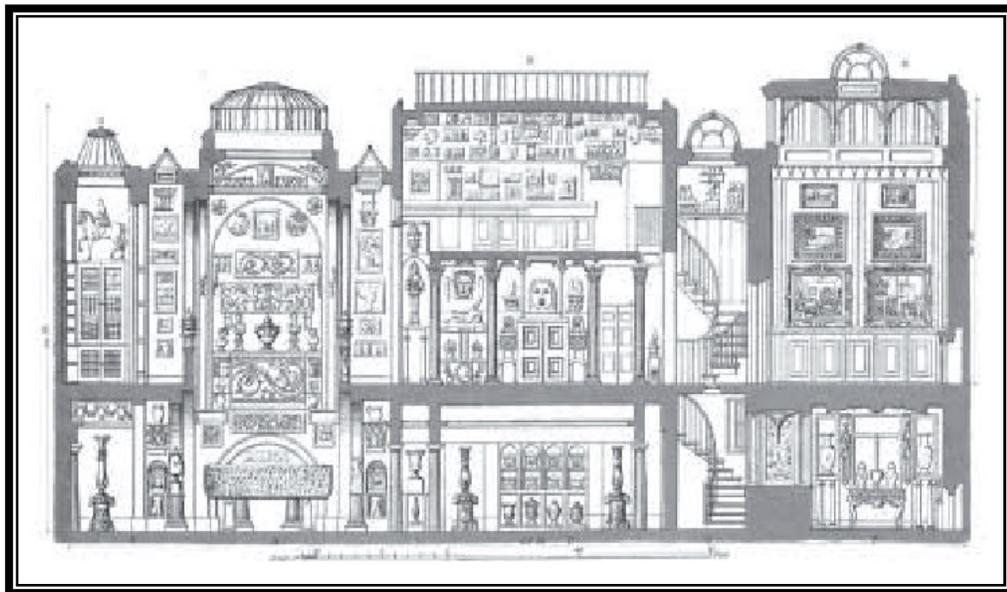


Fig. 41 Museum, London. Emst Wasmuth La casa museo Soane (Londres 1827)

Fuente: : BUZAR, STEFAN, *Sir John Siane´s Museum, London*.

A partir de la obra de Sir Soane, se hace evidente, en su época, la creciente utilización de la iluminación cenital aplicada como solución para museos, bibliotecas e industrias. En los inicios del siglo XX, muchas de las actividades que requerían luz seguían desarrollándose durante las horas del día, dentro de los edificios: la arquitectura había tenido que tomar en cuenta esta condicionante para el diseño de iluminación en interiores.

En la actualidad existen diversos sistemas de iluminación cenital, inspirados en soluciones tradicionales o con base en ideas originales, dependientes de las posibilidades tecnológicas, para diseñar, evaluar y proponer diversos componentes.

Algunos de los sistemas innovadores para el aprovechamiento de la componente lumínica directa de la radiación solar que se han analizado son, entre otros:

- **Ductos lumínicos (*Light pipes*).**
- **Repisas de luz (*Light shelves*).**
- **Sistemas de seguimiento solar (*tracking systems*).**
- **Paneles prismáticos (*Prismatic panels*).**
- **Fibra óptica (*Optical fibers*).**
- **Lentes cóncavos y convexos (*Concave lens*).**

Estos sistemas se basan en el aprovechamiento de la componente directa de la radiación solar, particularmente en aquellas regiones climáticas donde predominantemente se presentan condiciones de cielo despejado durante la mayor parte del tiempo. Estos sistemas basan su funcionamiento en la captación de la componente lumínica directa de la radiación solar y su re-direccionamiento por medio de múltiples inter-reflexiones en diversos elementos y partes de estos sistemas, hasta introducir la luz natural al interior de las edificaciones en condiciones favorables para que los ocupantes realicen sus múltiples actividades y tareas visuales con condiciones de confort lumínico, al mismo tiempo que se obtienen importantes ahorros de energía eléctrica.

2.1.1. Ductos Lumínicos.

Es un sistema de iluminación natural que capta la luz del sol mediante cúpulas situadas en las cubiertas de los edificios y la transporta varios metros hacia el interior utilizando un conducto altamente reflectante.

Los ductos lumínicos son, pues, sistemas que captan los componentes directos de la radiación solar en la parte superior de un edificio, principalmente en la cubierta y la conducen verticalmente hacia el interior de las edificaciones por medio de múltiples inter-reflexiones para enviarla al interior de los espacios, utilizando diversos sistemas ópticos. En estos sistemas, es indispensable que la superficie interior sea especular. (Figs. 42-44).



Fig. 42 Espaciamiento de ducto lumínico.
[http. www. everlux.](http://www.everlux.com)



Fig. 43 Geometría del ducto lumínico.
[http. www. everlux.](http://www.everlux.com)

La eficiencia de estos sistemas depende de varios factores: área del ducto, geometría, espaciamiento, posición con respecto al seguimiento solar durante el día, entre otros.



Fig. 44 Iluminación con ductos lumínicos
[http. www. everlux.](http://www.everlux.com)

Este sistema transporta la luz por múltiples reflexiones especulares. La eficiencia depende del área y geometría del ducto, reflectividad del material (85% a 98%) y capacidad de direccionamiento de la fuente de luz, alcanzando un índice de 50% de eficiencia del sistema. Deben diseñarse de tal manera que no provoquen deslumbramientos indeseables dentro del campo visual de los ocupantes de los edificios.

2.1.2. Refletores de Luz (*Light Shelves*).

Estos dispositivos son **conductores horizontales** de la luz natural, que buscan reflejar la luz incidente hacia el plafón usándolo para distribuirla de manera uniforme, y así reflejarla en las partes posteriores del espacio.

Los niveles de energía al interior de la habitación dependen de los valores de reflectancia, considerando también la latitud, y tienen como beneficio el sombreado que proporciona como un sistema de iluminación natural pasivo.

Se debe de considerar el diseño arquitectónico del techo en dónde se integrarán al diseño del edificio, así como la optimización que representan en la reducción de los costos del consumo de energía.

La distribución normal de la luz del día en un cuarto es muy desigual, con el nivel muy alto de luz natural en las zonas cercanas a la ventana y un nivel muy bajo en las zonas alejadas de la misma. Esto también va a depender del tipo de cielo: con cielo despejado permite mayor incidencia lumínica (Fig. 45) con cielo nublado permite menor incidencia lumínica (Fig. 46).

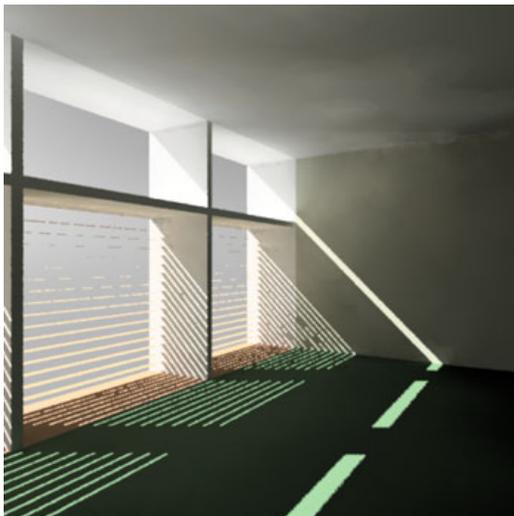


Fig. 45 *Lightshelf* con cielo despejado
Fuente: www.london.uk.lightshelves/main.htm



Fig. 46 *Lightshelf* con cielo nublado
Fuente: www.london.uk.lightshelves/main.html

Un *lightshelf* puede usarse para igualar la luz natural. Normalmente se pone en una posición casi horizontal entre la parte superior de la ventana o bien se pone en el tercio superior de ésta.

Funciona como un reflector de los rayos solares para la parte más baja de la ventana y reduce la incidencia de la luz de día en la zona de la ventana. Permite que la luz sea reflejada en aumento por medio del techo a la parte posterior del cuarto mediante película especular de alta reflectancia, que se coloca en la parte superior de la repisa horizontal, esto permite que la reflexión lumínica sea mayor dependiendo si el cielo es claro (Fig. 47) y si el cielo está nublado (Fig. 48).

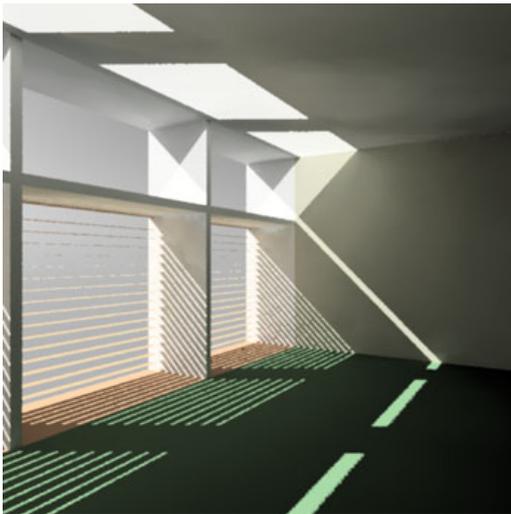


Fig. 47 *Light shelf* con cielo despejado con película especular de alta reflectancia
Fuente: www.london.uk.lightshelves/main.html



Fig. 48 *Light shelf* con cielo nublado con película especular de alta reflectancia
Fuente: www.london.uk.lightshelves/main.html

La forma óptima del funcionamiento de los *light shelves* es la combinación de un cielo que este la mayor parte del año despejado o claro, y que las repisas horizontales funcionen con las películas especulares de alta reflectancia, utilizando éstas mismas en la parte superior de la ventana. El uso de *light shelves* permite tener un mayor número de reflexiones de los rayos solares hacia el interior de la habitación (Fig. 49).

En cambio si tienen las mismas condiciones en cielo nublado el *lightshef* se coloca con inclinación de 60° para provocar mayor incidencia lumínica (Fig. 50).

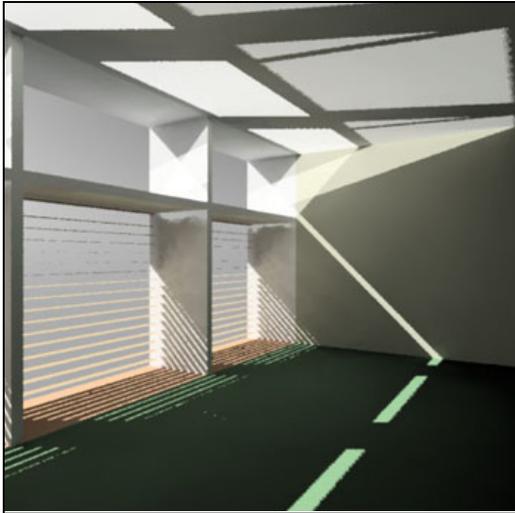


Fig. 49 *Light shelf* con cielo claro con película especular de alta reflectancia en ambos lados
Fuente: www.londonmet.ac.uk/lightshelves/main.html



Fig. 50 *Light shelf* con cielo nublado con película especular de alta reflectancia a 60 grados.
Fuente: www.londonmet.ac.uk/lightshelves/main.html

Aplicados a un proyecto de oficinas en Inglaterra, se ve en el exterior, en la fachada, la utilización de los dispositivos de control solar (Fig. 51) La utilización de los *light shelves* al interior de las oficinas permiten tener mayor iluminación en una área de trabajo de alta precisión como es un espacio para dibujo. (Fig. 52)



Fig. 51 Utilización en la fachada del *light shelf* en oficinas.



Fig. 52 Vista del interior de la oficina con el uso del *light shelf*
www.londonmet.ac.uk/lightshelves/main.html

2.1.3. Sistemas de Seguimiento Solar.

Los colectores de seguimiento solar son poco conocidos, como los anidólicos o paneles cortados a láser. Los cielorrasos anidólicos integran colectores parabólicos con un contenedor altamente reflectivo y su uso está recomendado para regiones de cielos predominantemente cubiertos. Son elementos de reflexión que atrapan y redirigen o conducen la luz a partir de reflectores solares que incrementan la iluminación natural.

Debido a la orientación del edificio, el funcionamiento de los reflectores se limita a algunas horas del día en cada sitio. Predominantemente las horas de la mañana para sitios ubicados al Este, y las horas de la tarde para el sitios ubicados al Oeste.

Los reflectores se sitúan a media fachada, a una altura en la que se asegura su “soleamiento” durante todo el año, pero lo más cerca del fondo posible. Los reflectores se instalan sobre la fachada del edificio en diversas orientaciones para adaptarse al movimiento del sol. (Fig. 53). Desde, esta posición, los reflectores dirigen los rayos del sol sobre las paredes y el fondo del patio. (Fig. 54)



Fig. 53 Detalles de los reflectores.



Fig.54 Posición del los reflectores

El resultado es un importante aumento del nivel de iluminación natural del patio especialmente durante los meses de invierno, cuando el sol es bajo y más se necesita. Los rayos del sol “barren” el fondo a lo largo del día, proporcionando una conexión con el exterior a los usuarios de las oficinas situadas en las plantas inferiores. Los rayos del sol “crean” diseños visuales sobre las fachadas que varían a lo largo del día (Fig. 55). La luz natural llega hasta el fondo del patio aumentando la conexión con el exterior en las plantas inferiores. (Figs. 55 y 56).



Fig. 55 Diseño en las fachadas con la luz de los reflectores.



Fig. 56 Cómo llega la luz al patio.

Por lo que respecta a los sistemas de seguimiento solar, éstos basan su funcionamiento en la captación de los componentes directos de la radiación solar y en la conducción hacia el interior de las edificaciones y se caracterizan por presentar una eficiencia óptima.

2.1.4. Paneles Prismáticos para el Control de la Transmisión de la Luz por Refracción.

Son estructuras huecas con paredes de acrílico que contiene ángulo rectos precisos que transportan la luz por reflexión interna total. El problema que presenta este dispositivo es el sistema de recolección de luz natural debido al ángulo de entrada requerido (28/30) La eficiencia media ha sido del orden del 30% para un razón de 1:30. (Fig. 57)



Fig. 57 El interior de Mc Airport en Inglaterra con la utilización de *solar chandeliers*

La utilización de paneles prismáticos al interior de los espacios permite tener iluminación natural a partir de las múltiples reflexiones de los paneles; además éstos se convierten en una decoración funcional, que permite tener ahorros significativos de energía.

2.1.5. Fibra Óptica

Funciona por reflexión interna total pero su elevado costo restringe su uso a aplicaciones decorativas de luz artificial. El mayor inconveniente surge de la alta concentración requerida dada la escasa apertura de la fibra: se requieren complicados helióstatos que concentren la luz natural. Recientemente se encuentran en estudio concentradores luminiscentes de luz natural emitida como luz fluorescente transportada por guías de material flexible, de un costo menor a la fibra óptica. (Fig. 58).



Fig. 58 Fibra óptica

El uso extensivo de la iluminación artificial (incandescente y fluorescente) cambio drásticamente las condiciones de un inmueble, equilibrando el edificio con el medio lumínico natural, situación que se da hasta el día de hoy. No es muy común el uso de la fibra óptica en las edificaciones, pero tiene un alto nivel de ahorro energético.

2.1.6. Lentes Cóncavos y Convexos

Los lentes tienen buenas características transmisoras y mantienen el rayo de luz concentrado. Este sistema no necesita un contenedor. Los inconvenientes que presentan son el alto costo de las lentes y el montaje preciso que requieren. La transmitancia es del 92% y el espacio entre lentes dependerá de la longitud focal de las mismas. Se ha comprobado una eficiencia del 28% para un dispositivo de 14 lentes.

(Fig. 59)



Fig. 59 Utilización de lentes cóncavos y convexos en la azotea del edificio London.

El sistema de lentes cóncavos requiere además de un estudio profundo y sistematizado de las reflexiones de los rayos solares para poder controlarlos y dirigirlos al interior del edificio por medio de áreas de captación.

2.2. Utilización de los Sistemas de Control de Iluminación Cenital Natural Aplicados en Proyectos Arquitectónicos.

Biblioteca de Mount Angel Abbey Pórtland Oregon. (1967-1970)

Resalta el caso de las obra del arquitecto Alvar Aalto, que consideró de manera sistemática la iluminación natural, proyectando edificios representativos en donde utiliza con frecuencia elementos de iluminación cenital (Figs. 60-63).



Fig. 60 Vista del interior de la biblioteca de Mount Angel Abbey

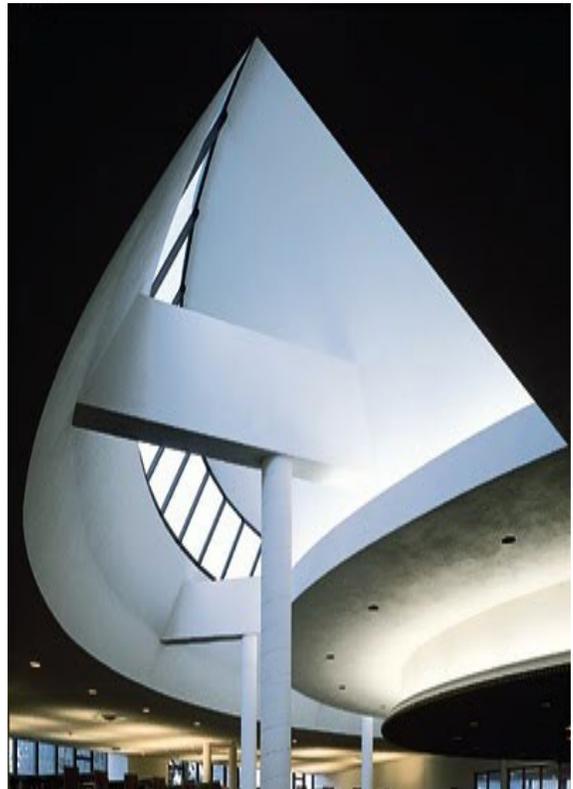


Fig. 61 Vista del interior del lucernario de la biblioteca de Mount Angel Abbey.

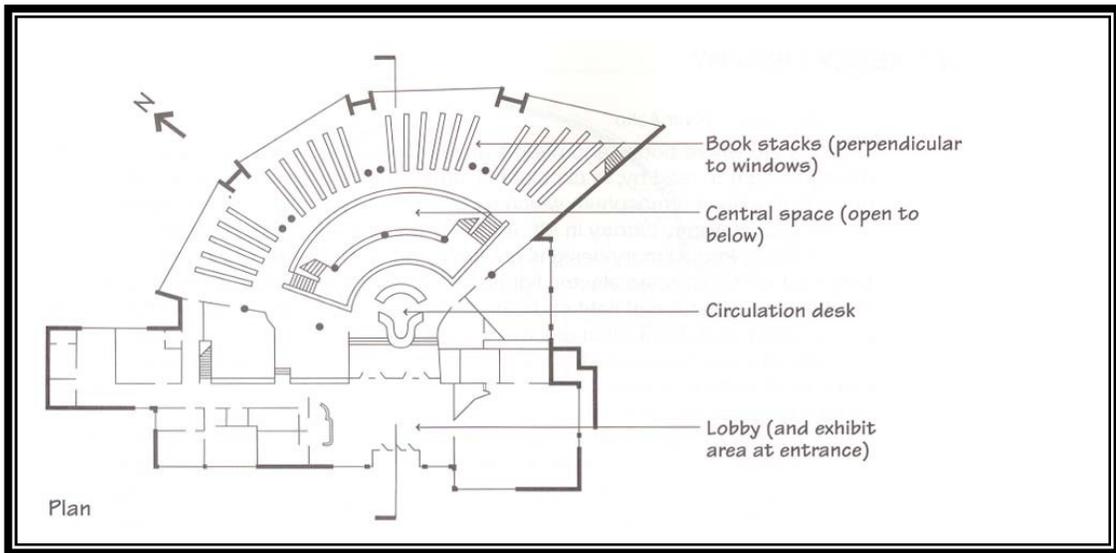


Fig. 62 Planta baja del lucernario de la biblioteca de Mount Angel Abbey,
Fuente. *Architectural Lighting* , 2002, pag 376

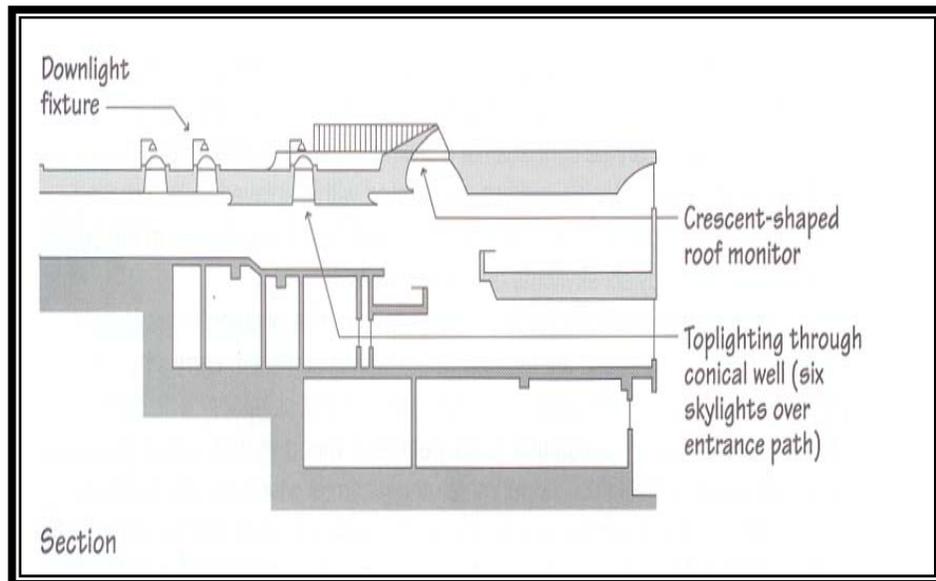


Fig. 63 Corte longitudinal del lucernario de la biblioteca de Mount Angel Abbey.
Fuente: *Olgay V. Architectural Lighting* , 2002, pag 376

Edificio:

Aeropuerto de Stansted, Londres
Norman Foster 1990.



Fig. 64 Sistemas de iluminación cenital. Aeropuerto de Stansted, Londres. Norman Foster 1990.
Fuente: www.geocities.com

Edificio:

Reichstag Berlin, Norman Foster



Fig. 65 Fachada Principal Reichstag Berlin, Norman Foster



Fig. 66 El interior del Reichstag Berlín, Norman Foster, permite ver la implementación de la luz natural al interior del edificio
Fuente: www.geocities.com



Fig. 67 El interior de la estructura de techo que contiene elementos de iluminación cenital del edificio Reichstag Berlín, Norman Foster
Fuente: www.geocities.com

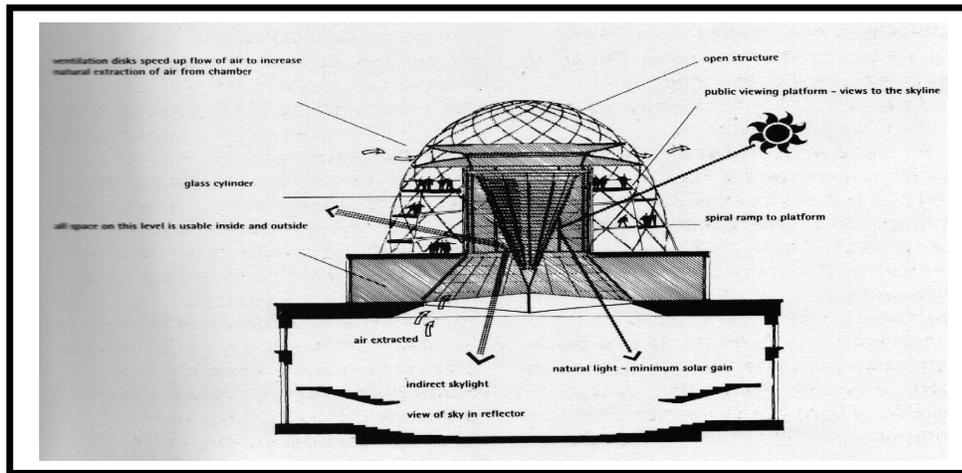


Fig. 68 Detalles de iluminación cenital del Reichstag Berlín, Norman Foster.

Edificio:

Menil Collection de Renzo Piano

Renzo Piano han llegado a considerar las variables climáticas y lumínicas como factores prioritarios en la concepción de sus proyectos (Figs 69-72).

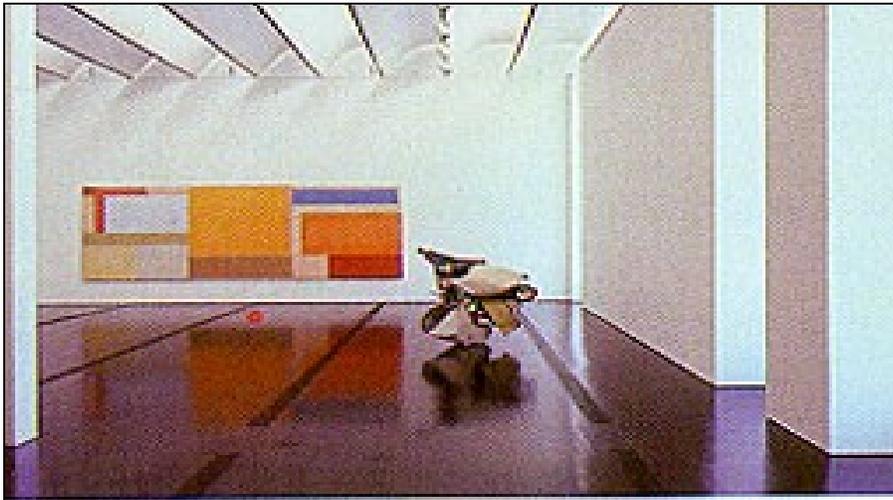


Fig. 69 Iluminación cenital vista al interior del Menil Collection de Renzo Piano.

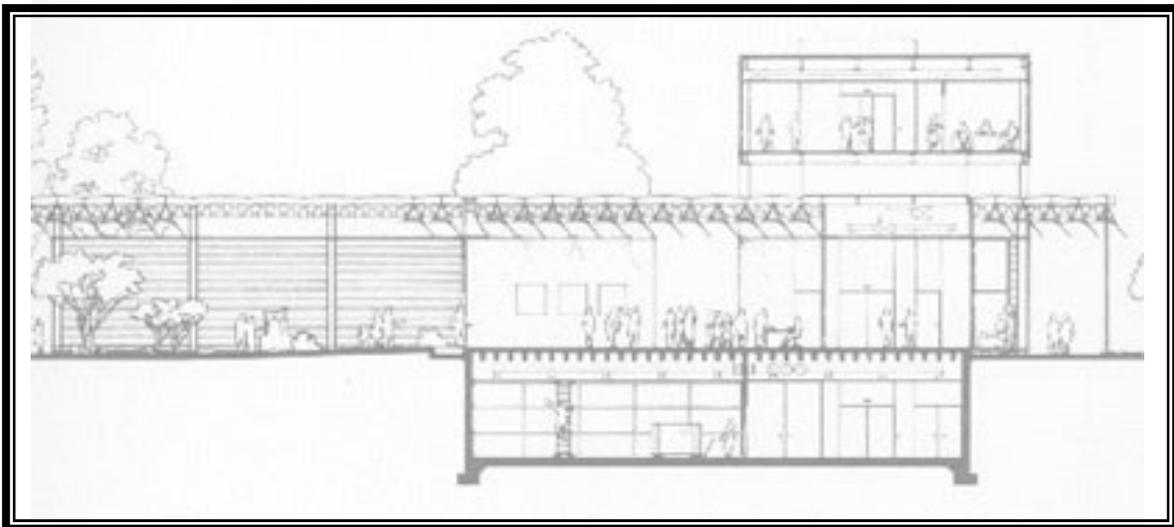


Fig. 70 Iluminación cenital vista en corte longitudinal Museo Menil Collection de Renzo Piano.



Fig. 71 Iluminación cenital cortes longitudinales del museo Menil Collection de Renzo Piano

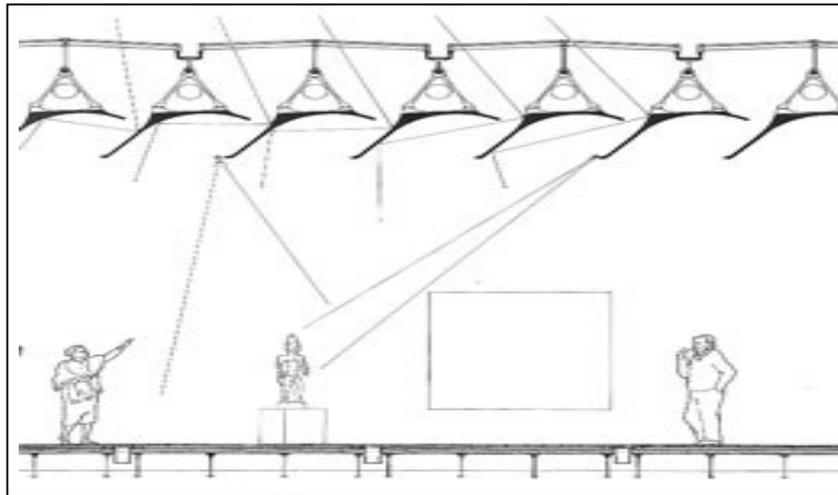


Fig. 72 Proyecciones de la iluminación cenital en el museo Menil Collection de Renzo Piano.

Muchos de los elementos tradicionales mencionados de iluminación natural, siguen siendo utilizados hasta la actualidad, generalmente se debe a los factores económicos de los usuarios, quienes no pueden adquirir un sistema innovador. Los aspectos culturales, acompañados de los avances tecnológicos asociados a los Intereses económicos, terminan por imponerse con opciones que presentan efectividad, frente a la lógica de la eficiencia.

2.3. Sistemas de iluminación cenital de alta eficiencia

La presente investigación tiene como fin la búsqueda de nuevas alternativas de sustentabilidad dentro de la arquitectura en la línea de confort lumínico, a partir del estudio de “Alternativas de Eficiencia Energética”, como son los sistemas lumínicos de alta eficiencia aprovechando la luz natural. Es decir que se busca el ahorro energético reduciendo el empleo de luz artificial mediante la utilización diurna de la luz natural, en un espacio, que beneficia al usuario a partir del confort visual y lumínico. (Fig. 73)



Fig.73 Confort Visual por medio de ductos

Dentro de las estrategias de ahorros energéticos, la luz natural, fuente de energía renovable para la iluminación de espacios interiores, es representativa de un elemento único como es el sol para crear las condiciones visuales adecuadas o bien en combinación con iluminación artificial, cuando los horarios de uso o las instalaciones del edificio lo hacen necesario. El uso de la luz natural cenital guiada hacia el interior de la edificación mediante ductos lumínicos, colocados en la techumbre; permitirá el estudio de los diferentes dispositivos exteriores e interiores de iluminación cenital que se explorarán en cuanto a su eficiencia energética, para dar un confort lumínico a los usuarios obteniendo un mayor desempeño dentro de sus actividades en el interior de la edificación. (Fig. 74 y 75)



Fig.74 Distribución espacial de los ductos lumínicos



Fig.75 Iluminación con ductos lumínicos en una bodega

Las características que se deberán considerar son la orientación del edificio con respecto a la incidencia de luz natural directa, considerando la normatividad existente, así como la unificación de los niveles lumínicos, es decir, el control del deslumbramiento para obtener el confort lumínico.

2.3.1. Ductos Lumínicos

En cuanto a los términos de los componentes que giran en torno a la iluminación cenital, algunos de ellos pueden no ser utilizados o incluso llegar a tener un significado distinto. Por ello la importancia de identificarlos a partir de su definición: Es un sistema de iluminación natural que capta la luz del sol mediante cúpulas situadas en la cubierta de los edificios y la transportan varios metros hacia el interior utilizando un conducto altamente reflectante. El sistema utilizado para este aprovechamiento de la luz natural es un elemento captador de luz, situado en la azotea del edificio, que la transmiten por reflexión la luz solar hasta el interior. En horas o días de insolación aumenta la captación; la iluminación se completa con la aportación de luz artificial (en periodos de uso nocturno), pero solamente en la proporción necesaria para cubrir el déficit de luz natural. El sistema se autorregula automáticamente a niveles de iluminación natural.

(Serra R. 2000) Esto permite iluminar espacios oscuros incluso cuando no estén directamente bajo la cubierta, pues también son utilizados para la transportación o distribución de la luz natural, para minimizar las pérdidas de la misma, ya captada. Existen también otros términos para nombrarlos, como tubos solares, *Light tubes*, *solar pipes*, *daylightin pipes*, *solar Light piper*, *tubular skylight* y conducto de luz. (Fig. 76)

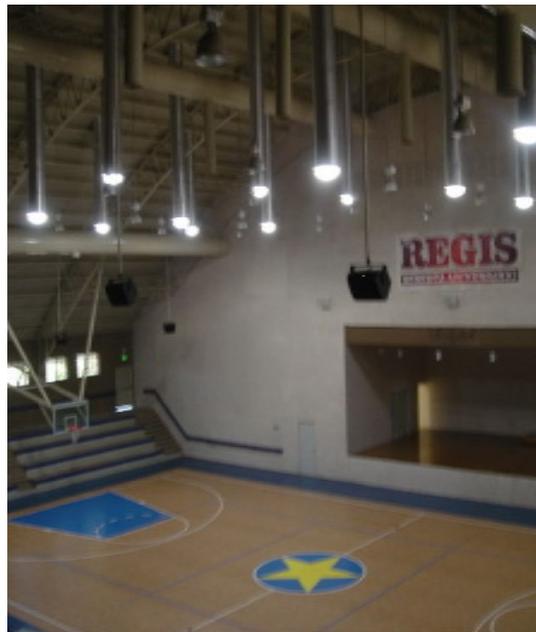


Fig. 76 Utilización de ductos lumínicos en un gimnasio de duela, Monterrey.

En la actualidad existen especialistas alrededor del mundo, pues en todo el orbe se están desarrollando proyectos arquitectónicos que incorporan el uso de los ductos lumínicos, ya que con ellos se mejora el confort lumínico y se realiza un considerable ahorro energético gracias al aprovechamiento de la luz solar.

2.3.2. Ejemplos Representativos de Obras Construidas con Ductos Lumínicos

Biblioteca Municipal de El Masnow Barcelona.1999

Realizado por Serra y Sanmartin, 1999

Descripción del Proyecto:

El objetivo del proyecto era demostrar la viabilidad técnica de utilización de ductos lumínicos como sistemas eficientes para disponer de iluminación natural en espacios interiores. El proyecto se desarrollo para satisfacer condiciones lumínicas óptimas, combinando la iluminación natural y la iluminación artificial para uso nocturno. (Fig. 77-79)



Fig. 77 Se muestra la iluminación natural al interior a partir de los ductos lumínicos.



Fig. 78 Los ductos solares captan y transportan la luz del sol hasta el aula sin ventanas situada bajo la cubierta del edificio.



Fig. 79 Las cúpulas optimizan la captación del sol evitando un exceso de insolación.

**Aula de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona,
Universidad de Cataluña. 2004**

Realizado por Cayuela Soria, 2004

Descripción del Proyecto:

Tiene una abertura perimetral de falso techo a través del que penetra luz por las paredes (Fig. 80). Consta de dos ductos lumínicos para optimizar el transporte de la luz hasta el interior del aula iluminando las paredes laterales, sin producir deslumbramiento excesivo ni contraste lumínico, respetando su concepción original.



Fig. 80 Espaciamiento de ductos en el techo



Fig. 81 Interior del aula

La luz de los conductos baña las paredes laterales del aula limpiando todo el espacio, consiguiendo una conexión con el exterior a través de la luz natural. (Fig. 81)
La luz natural se capta a través de los ductos lumínicos que aprovechan las aberturas en la cubierta. Los ductos orientados al sur permiten una captación óptima de los rayos, evitando la insolación durante los meses de verano. (Fig. 82).

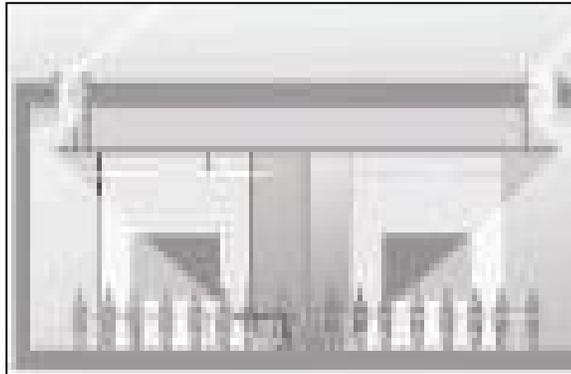


Fig. 82 Corte longitudinal

El conducto del ducto lumínico por la parte interna permite la reflectividad de los rayos de la luz natural con una reflectividad del 99%. Esto permite que los rayos solares puedan bajar hasta el área a iluminar sin que se pierdan la luminancia, por las múltiples inter-reflexiones que esta tiene en su interior. (Fig. 83)

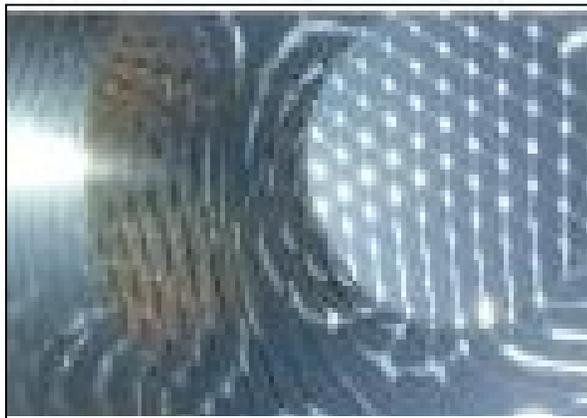


Fig. 83 Parte interior del ducto reflector en la parte inferior

Hospital San Juan de Dios en Esplugues de Llobregat,

Realizado por Llongueras y Clotet, 2005

Descripción del proyecto:

La plaza sirve como entrada principal al Hospital San Juan de Dios, en donde se encuentran subterráneas las instalaciones y las salas de radiología. Se tomó en cuenta para la colocación de ductos lumínicos en el piso, que el diseño de las cápsulas fuera de uso rudo, por el movimiento que se lleva a cabo en la plaza. (Fig. 84).



Fig. 84 Plaza Principal, ducto colocado a ras de piso

El paso de personas por la plaza genera un juego de luces y sombras al interior, lo que contribuye a establecer una conexión de este espacio con el exterior a través de la luz natural. (Fig. 85)

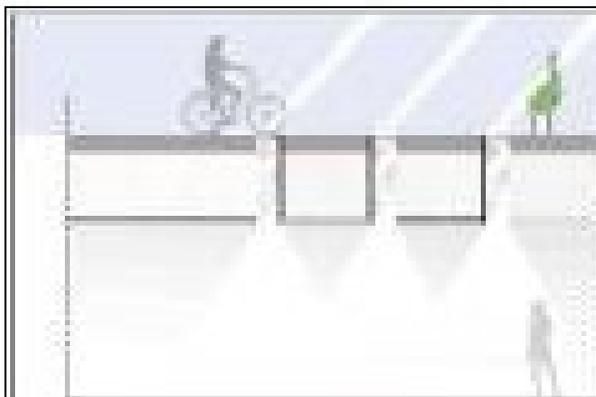


Fig. 85 Corte longitudinal del funcionamiento de ductos en un estacionamiento publico

Las cúpulas tienen un diseño que soporta el peso de peatones y vehículos. Se considero un cristal templado y laminado de 13.5 mm., el cual puede resistir el paso de las personas, dada su localización en la plaza central (**Fig. 86**).



Fig. 86 Detalle de la cúpula

El ducto ilumina con luz natural el pasillo situado bajo la plaza. A partir de la iluminación natural dirigida se pueden tener espacios que antes se consideraban oscuros con confort lumínico adecuado; esto permite al usuario con luz de día. El pasillo con iluminación natural (**Fig. 87**) se complementa con luz artificial, utilizada sobre todo en condiciones nocturnas.



Fig. 87 Iluminación en el pasillo.

Lucernario de alta eficiencia con sistema de control solar para iluminar el edificio municipal del ayuntamiento de Castellolí, Barcelona.

Realizado por Agbar ,2006

Descripción del Proyecto:

Responde a las necesidades de disponer un conjunto de lucernarios capaces de reproducir la luz natural al interior de una sala de usos múltiples, en el que era necesario un control de la iluminación natural de forma continua y sencilla para el usuario. (Fig. 88)



Fig. 88 Fachada principal y corte transversal al interior

Las instalaciones tienen iluminación cenital óptima controlada por un mecanismo eléctrico, que permite tener la iluminación artificial como sistema de iluminación nocturna o cuando las condiciones de cielo no permiten la adecuada iluminación; esto comporta un costo-beneficio en cuanto al ahorro del consumo de energía, según puede verse en el corte del funcionamiento del sistema (Fig. 89)

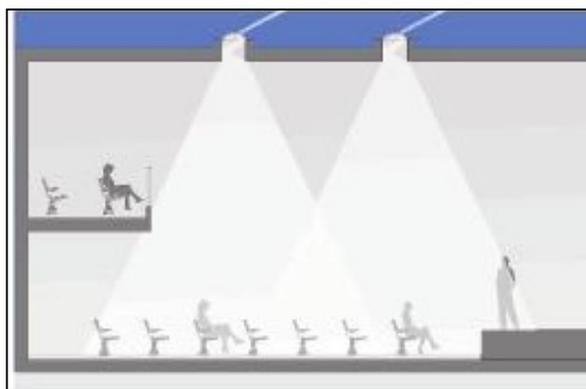


Fig. 89 Corte longitudinal.

El diseño de los lucernarios de la cubierta no es solo funcional sino también cubre las necesidades de interacción arquitectónica, pues se colocó una cúpula parabólica, bajo la cual se instaló un sistema de hojas horizontales motorizadas. (Fig. 90)



Fig. 90 Detalle de la cubierta del lucernario

Iluminación del Parque y el sótano sede de la empresa Montblanco en el Poblenu, Barcelona

Realizado por Riera V 2005.

Descripción del Proyecto:

Bajo esta plaza reencuentran una serie de espacios en el sótano con diversos usos como son: oficinas, almacenes y cajones de estacionamiento, en los que la iluminación natural se cubre mediante 11 ductos lumínicos.



Fig. 91 Detalle de la cubierta del lucernario

Se agrupan en dos áreas. Cinco de ellos se colocaron sobre el paso de dos oficinas, elevando la cúpula de captación de luz hasta una altura de 2.00 m, sobre el pavimento, quedando la cúpula de cristal protegida de golpes. El otro grupo de seis conductos se situó en el interior del lago artificial a través de los cuales entra la luz del sol a los espacios subterráneos. Como resultado se tienen espacios de trabajo con confort lumínico mediante la luz natural.



Fig. 92 Detalle de la cubierta del lucernario.

La cúpula de cristal templado se integra en el interior con la cámara aislante, para optimizar la captación de luz durante los meses de invierno, evitando las condensaciones. (Fig. 93)

El conducto reflejante transporta la luz captada por la cúpula gracias a su coeficiente reflectante del 98%, permitiendo una gran entrada de luz. La forma del ducto lumínico es un cilindro alargado de aluminio, al interior por una película de alta reflectancia. (Fig. 94)



Fig. 93 Detalle de la cubierta del ducto lumínico en techos.



Fig. 94 Detalle de la cubierta del ducto lumínico.

En el interior la luz es transportada varios metros por debajo de la cúpula a través de los difusores proporcionando una agradable iluminación natural a varios de los espacios subterráneos situados bajo la plaza. (Fig. 95)



Fig. 95 Detalle del ducto lumínico al interior del edificio.

Las cúpulas del Fugee Harbour, Taiwan.

Realizado por el Arq. Vicente Gualart, 2005.

Descripción del Proyecto:

Es un conjunto de elementos que forman una gran estructura celular, generando espacios autónomos a la vez que integrados en una misma unidad. Cada célula se ilumina cenitalmente mediante el sistema de cúpulas de alto rendimiento y conductos reflectantes para transportar la luz natural. (Fig. 96)



Fig. 96 Vista del interior de la cúpula del museo

Las cúpulas, además, sirven de regulador térmico al permitir la ventilación natural mediante un sistema motorizado programable que las eleva permitiendo la circulación de aire. (Figs. 87 y 98)

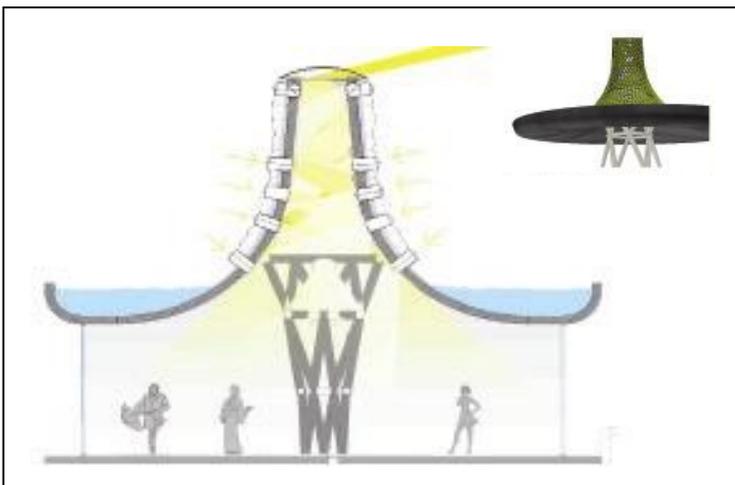


Fig. 97 Corte de la cúpula de iluminación

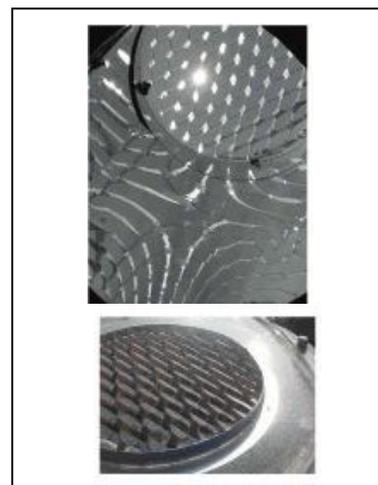


Fig. 98 Difusor con reflectancia 99%

Solar Light Pipe, Washington DC

Realizado por Morgan, Lewis, Brockius 2006.

Descripción del Proyecto:

Se utilizó un ducto lumínico para un edificio en la parte central del mismo. Este dispositivo lleva iluminación natural al patio central con distribuciones laterales a oficinas durante el día. Es un mecanismo que permite que la penetración de la luz sea constante por múltiples reflexiones a lo largo de la trayectoria del *light pipe*; este diseño es innovador ya que permite el ahorro de energía durante el día para el área central.

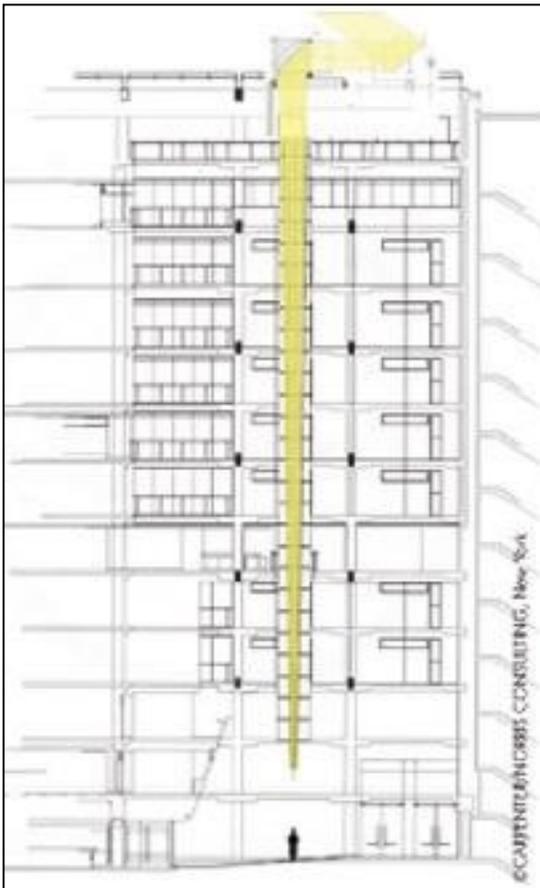


Fig.99 Corte del Edificio a nivel de ductos



Fig.100 Vista del ducto lumínico desde el Patio

Bodega en Inglaterra

Realizado por Dr. Carter 2003

Descripción del Proyecto:

La utilización de ductos lumínicos en grandes áreas es recomendable. En cuanto a su funcionamiento está delimitado por un análisis previo del área a iluminar, como es el caso de una bodega localizada en Gran Bretaña. El proyecto consta de 80 ductos lumínicos para iluminar una bodega de 10 metros de alto. (Figs.101 y 102).



Fig. 101 Ejemplo de ductos lumínicos al interior de una bodega



Fig. 102 Ejemplo de la distribución de ductos lumínicos en el techo

Escuela de Kingsdale en Londres

Realizado por Rijke Marsh Morgan Architects

Se realizó la remodelación de un atrio de los años 50's a partir de las nuevas consideraciones de diseño que permiten tener espacios con mayor confort, considerando la ventilación para el verano y al mismo tiempo con facilidad de calefacción en invierno.

El resultado es un nuevo espacio a partir de un gigante octaedro que permite que la iluminación natural penetre al interior gimnasio; así, el espacio sobrio se convierte en un área de recreación para jóvenes con condiciones de iluminación adecuadas para la realización de actividades deportivas.

Como se puede observar al interior del mismo, se pretende que las inclinaciones de estructura y las ventanas colocadas en la parte alta del edificio permitan la entrada de la iluminación natural a través del día por la parte lateral del edificio. Dependiendo de la hora del día y la posición del sol, los rayos solares que penetran se desplazan, dando un sensación de movimiento de luz; también resulta en la ausencia de iluminación artificial durante el día. (Fig.103 y 104)



Fig. 103 Interior del gimnasio por la mañana
Fuente: www.the-coolhunter.net



Fig. 104 Interior del gimnasio por la tarde
Fuente: www.the-coolhunter.net

Durante la horas nocturnas se hace uso de la iluminacion artificial, para permitir el desarrollo de las actividades deportivas. Esto significa un importante ahorro de energia eléctrica debido al buen aprovechamiento de iluminacion natural que se tiene durante el día (Fig. 105).



Fig. 105 El interior del gimnasio con iluminación eléctrica

Fuente: *www.the coolhunter.net*

Desde el punto de vista de la iluminación, los edificios en la actualidad deben ofrecer condiciones de confort lumínico, para sus ocupantes, aprovechando al máximo la luz natural e integrando sistemas de energía eléctrica con alta eficiencia energética, y obtener un ahorro de energía significativo.

3.1 Ejemplos Diseño de la metodología de análisis para las variables y condiciones de Confort Lumínico en los sistemas Lumínicos de alta eficiencia.

Se diseñó una Metodología de análisis mediante una matriz de variables que determinen las condiciones de confort lumínico de los sistemas lumínicos de alta eficiencia de iluminación natural, permitió realizar un llenado óptimo de los casos análogos de edificios deportivos y recreativos a estudiar en donde se determinaron las variables de diseño a partir de la visualización de las imágenes mediante su geolocalización por ser casos análogos internacionales de fachadas, cortes e imágenes del interior de los edificios deportivo que permiten visualizar la condiciones lumínicas a estudiar de los casos análogos.

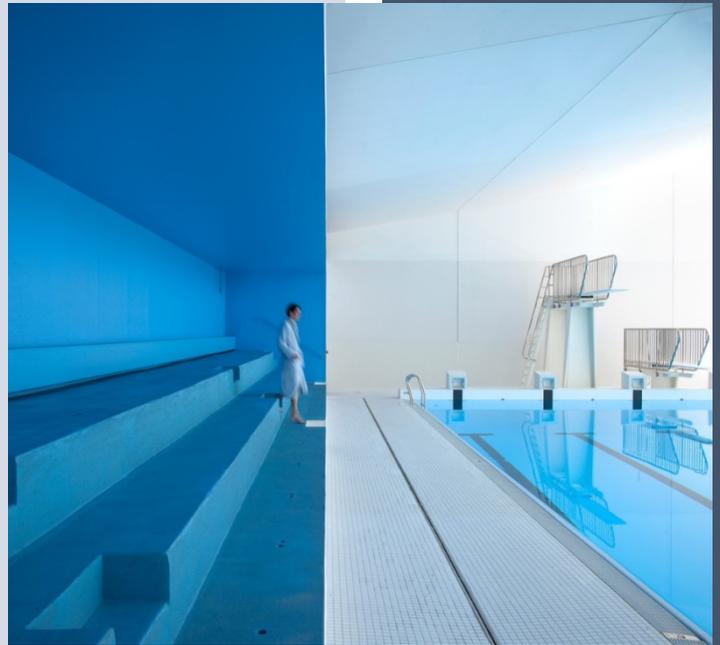
El estudio de los casos análogos internacionales se hará una relación de proyecto, país y sistema lumínico de alta eficiencia que muestre el diseño que se utilizó para mejorar la iluminación al interior del espacio.

Formato

Nombre del Caso Análogo

País

Diseño de la metodología de análisis para las variables y condiciones de Confort Lumínico en los sistemas Lumínicos de alta eficiencia.



1 CONCEPTOS GENERALES DEL CASO ANÁLOGO

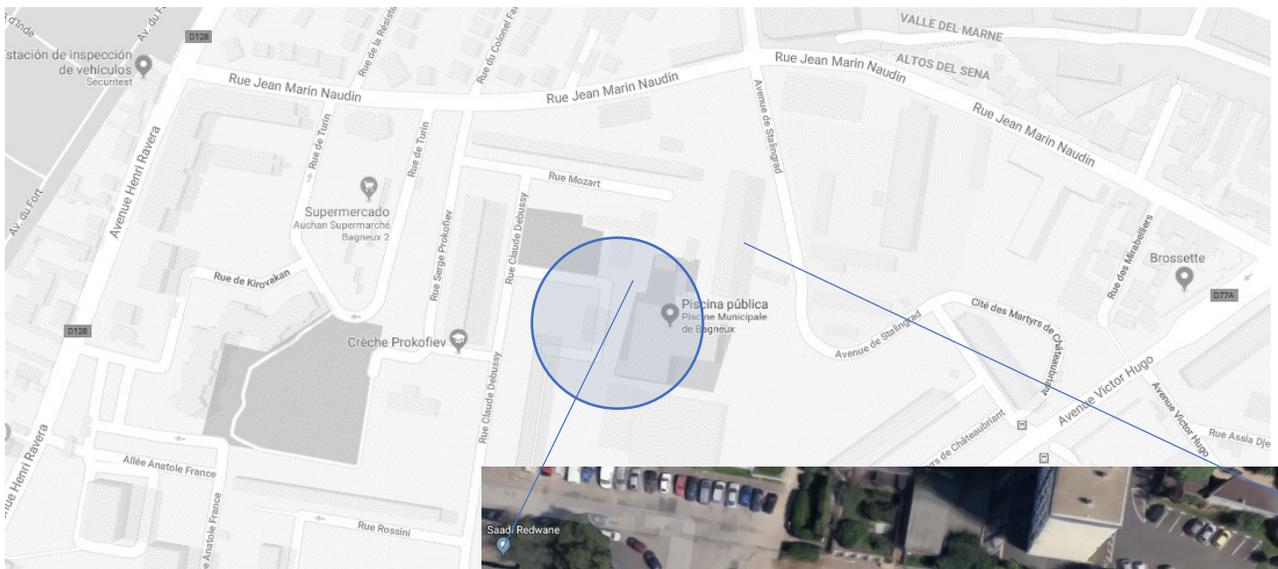
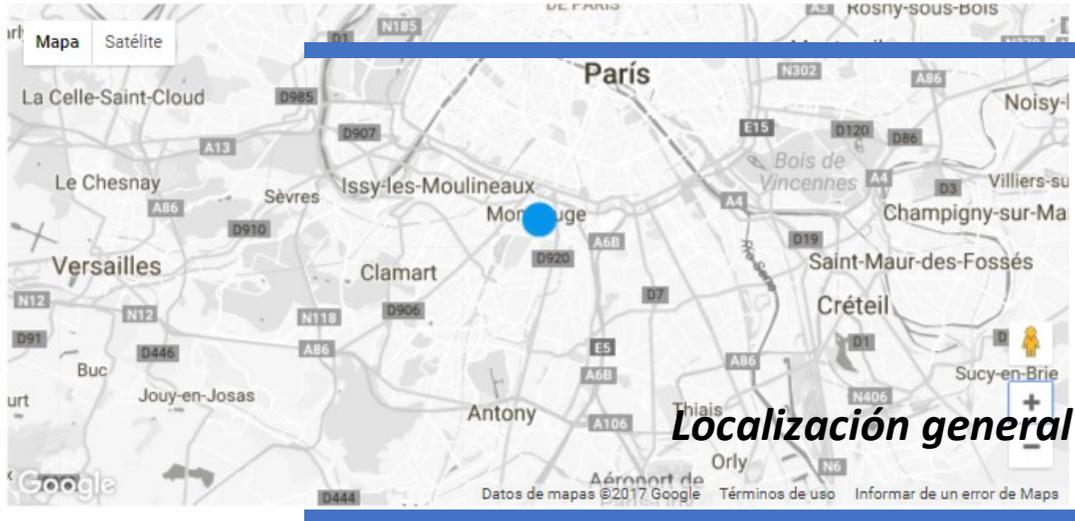
- País de origen
- Arquitectos
- Ubicación:
- Arquitecto a Cargo:

- Área:
- Año Proyecto:
- Supervisión de Construcción en Sitio:
- Ingeniero Estructural:
- Ingeniero Mecánico Eléctrico Plomería:
- Estimador de Costos:
- Acústica:
- Cliente:
- Costo:



2 INTRODUCCIÓN ASPECTOS ESPECÍFICOS

Localización del proyecto poner un acercamiento en google mapa para saber la ubicación del Norte es lo primero a identificar. Adaptar a cada proyecto .



Localización de la Piscina, en el momento en que se encontraba en plena remodelación,

Imagen Google Maps, 7 de Diciembre de 2017

3 CONTENIDO

En la investigación del centro deportivo se explicara el concepto lumínico del proyecto. Cuáles son las características específicas de las áreas lumínicas analizadas. Se describirá lo que se observa mediante las fotos que se encuentre de los interiores tanto de los exteriores, se complementará con la búsqueda de artículos especializados que se encuentran en la red de la biblioteca virtual de la UAM-azc.

Análisis todas las imágenes del centro deportivo que se encuentren en las que puedan describir el sistema de control solar pasivo utilizado para el control lumínico.

Describir el sistema de control solar pasivo utilizado en el siguiente Orden:

- Planta (si son varias subir imagen de todas)
- Cortes (transversal y longitudinal)
- Fachadas (principal y Posterior)
- Imágenes del interior del proyecto para el análisis lumínico interior.

Se puede repetir el formato las veces que se requiera para tener lo más completo la explicación del proyecto de centro deportivo en los aspectos de sistemas lumínicos de alta eficiencia natural.

Planta

| |
|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Espacio para imágenes de plantas se pueden repetir las veces que necesiten.</div> |
|--|

Comparativo (EJEMPLO)

| Sistema de Control solar utilizado | imagen el sistema utilizado |
|---|------------------------------------|
| | |
| | |
| | |

Nota: Dibujar el sistema utilizado puede ser a mano, le sacan una foto

Cortes

Colocar imagen de Planta

| |
|---|
| <p>Espacio para imágenes de plantas las pueden repetir las veces que necesiten. Borrar el fondo</p> |
|---|

Formato de comparación de ventajas y desventajas . CUADRO COMPARATIVO

| Sistema de luminico utilizado | Imagen de sistema luminico utilizado |
|--------------------------------------|---|
| Nombre | Imagen |
| Descripción | Imagen |

Fachadas

1. Fachada principal
2. Fachada Posterior
3. Fachadas laterales.

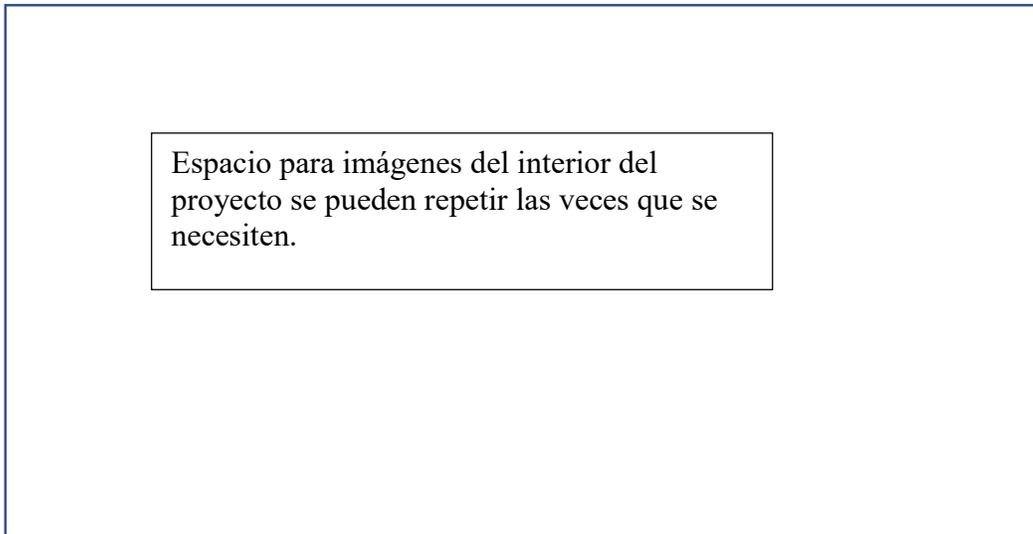
Favor de indicar siempre su norte y marcar fachada norte y sur.

| |
|---|
| <p>Espacio para imágenes de plantas se pueden repetir las veces que se necesiten.</p> |
|---|

Formato de comparación de ventajas y desventajas vistas en fachadas

| Sistema de Control lumínico utilizado | Imágenes del sistema lumínico utilizado |
|--|--|
| Nombre | Imagen |
| Descripción | Imagen |

Imágenes del interior del proyecto para: el análisis lumínico interior mediante visualización de las imágenes.



| Sistema de Control lumínico utilizado | Imágenes del sistema lumínico utilizado al interior |
|--|--|
| Nombre | Imagen |
| Descripción | Imagen |

4 INVESTIGACIÓN DEL DISPOSITIVO DE CONTROL SOLAR PASIVO UTILIZADO.

Imágenes relacionadas al sistema de control solar pasivo que permitan denominar si es un sistema cenital, lateral, horizontal, o bilateral. Qué relación tiene con el proyecto analizado en el aspecto de control lumínico. En el gráfico siguiente podemos comprender mejor los tipos de iluminación natural con referencia a los tipos de luz sobre una superficie.

Ejemplo de aplicación de sistema de control solar.

5 CONCLUSIONES

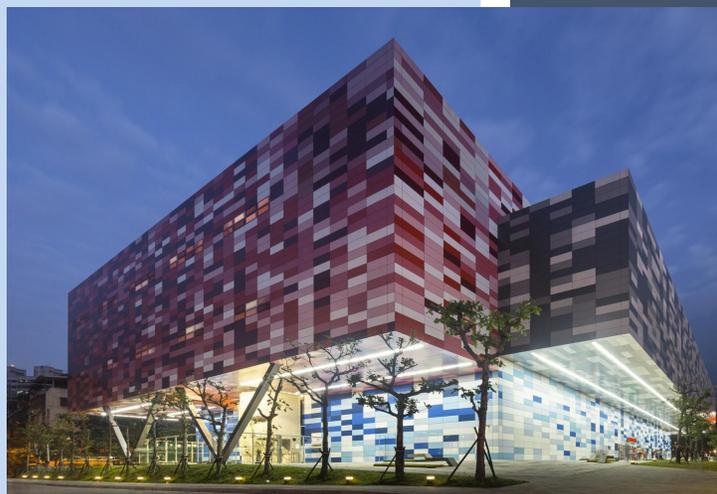
Que aportaciones se observan en el proyecto en relación con el uso de sistemas de control solar pasivo con respecto al ahorro energético. Es decir como impactan en el diseño estos elementos novedosos.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS



Centro Deportivo Tucheng / Q-Lab

Tucheng District, New Taipei City, Taiwan 236



3.2.1 Centro Deportivo Tucheng / Q-Lab, Tucheng District, New Taipei City, Taiwan 236

ÍNDICE

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | 1212 | |
| 2 | Introducción aspectos específicos | 3 |
| 3 | Contenido | 4 |
| 3.1 | Planta | 5 |
| 3.2 | Cortes | 12 |
| 3.3 | Fachadas | 14 |
| 4 | Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado. | 16 |
| 5 | Conclusiones | 18 |
| 6 | Referencias | 19 |

1 Conceptos generales

- **Nombre del proyecto: Centro Deportivo Tucheng Q-Lab**
- **Arquitectos: Q-Lab**
- **Ubicación: Tucheng District, New Taipei City, Taiwan 236**
- **Arquitectos a Cargo: Sense Tseng, Borden Tseng**
- **Área: 13791.0 m²**
- **Año Proyecto: 2014**
- **Director de Diseño: Borden Tseng**
- **Gerente de Proyecto: Tunghan Wu**
- **Diseñadores: Zizi Huang, Foli Yeh, Albert Chiu, Kunghuei Wang**
- **Constructora: Best Giving**
- **Presupuesto: US \$ 14 millones**



2 Introducción aspectos específicos

Se ubica en Tucheng District, New Taipei City, Taiwan



3 Contenido

CONCEPTO LUMÍNICO

El exterior del edificio está revestido con un sistema compuesto ventana/muro, que incorpora aluminio perforado en su frente y aislamiento/vidrio en la parte posterior, permite que la luz del sol se filtre suavemente en el espacio interior. Con este sistema de revestimiento, uno es capaz de mirar hacia afuera desde el interior con la máxima transparencia posible, pero al mismo tiempo ofrece privacidad cuando se mira desde el exterior hacia el interior con una máxima opacidad.



El Centro Deportivo Tucheng se compone de tres volúmenes entrelazados que se apilan uno encima del otro. Los enormes voladizos, de los volúmenes rojo (canchas de baloncesto) y gris (pista de hockey sobre hielo), se expanden 9 metros sobre la masa azul (piscina) y crean una pasarela continua por debajo de las actividades semi-al aire libre, como por ejemplo paseos, escalada y bailes callejeros.



Además, el diseño del exterior se componen de una gran variedad de colores en degradé que

reflejan el análisis de la pérdida o ganancia de calor (se utilizaron paneles de colores más claros para las zonas de ganancia de calor mientras que paneles de colores más oscuros para las zonas de pérdida de calor).



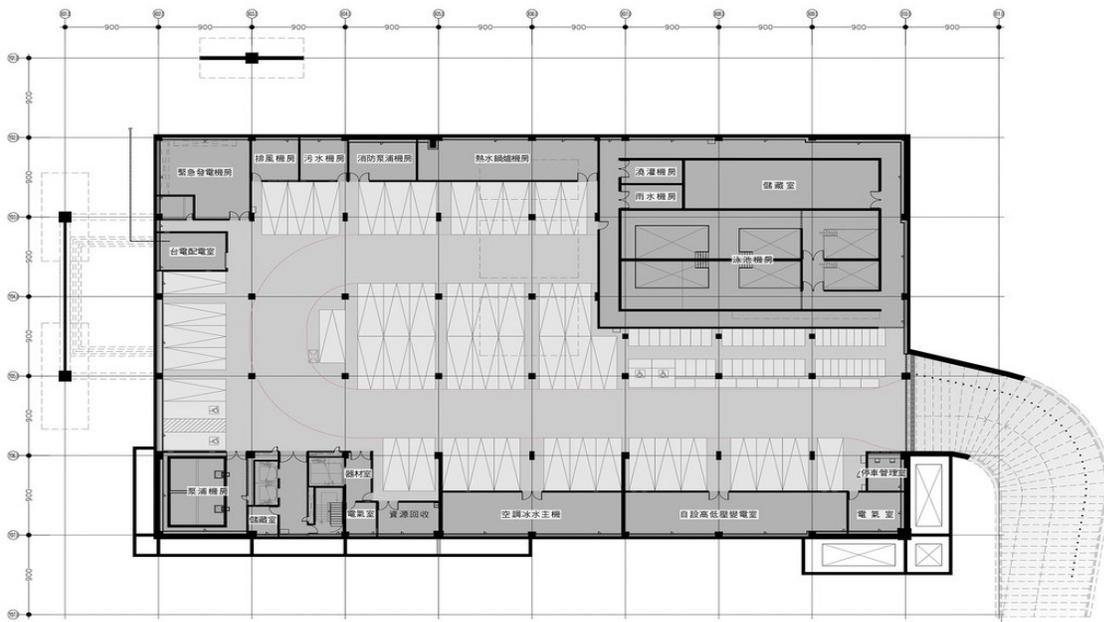
Los tres volúmenes que se cruzan entre sí crean un interior con una máxima conectividad visual que permite a los visitantes ver más allá de su propio espacio deportivo. Por ejemplo, cuando uno se encuentra en el interior de la piscina, uno es capaz de ver otros espacios, como por ejemplo, el gimnasio, la sala de billar, sala de yoga, y salas de spinning ubicadas en el segundo piso, y viceversa.



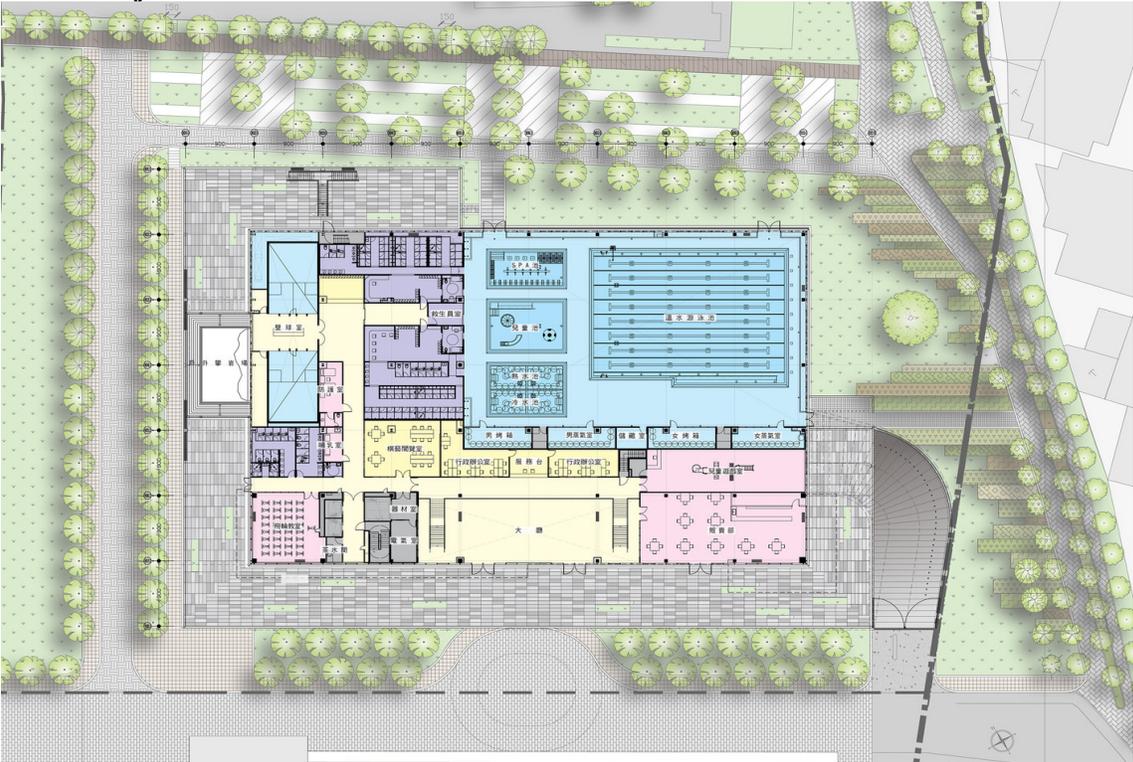
El Centro Deportivo Tucheng abarca tanto la horizontalidad como la verticalidad en su diseño. Se explora la posibilidad de involucrar a los visitantes en distintas alturas pero al mismo tiempo une a las personas de forma horizontal con un diseño de planta libre. Es un edificio con agradables sorpresas en todas las esquinas, así como en cada cambio de nivel.



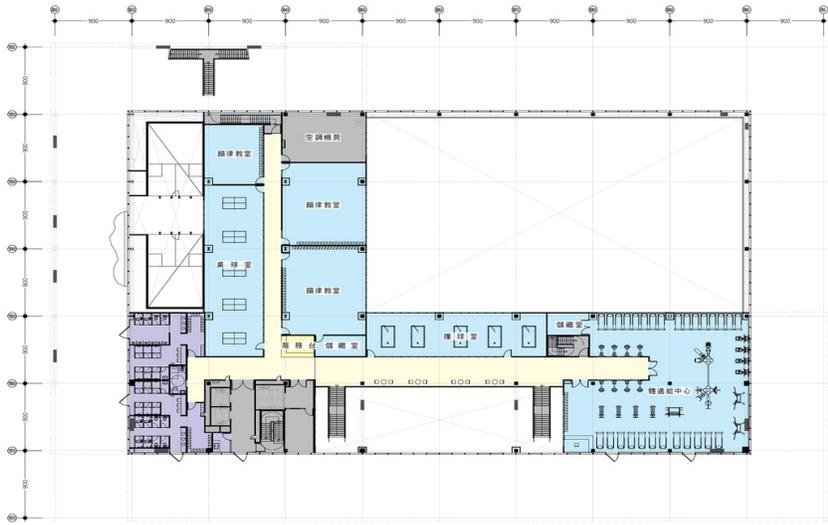
**Planta
subterránea**



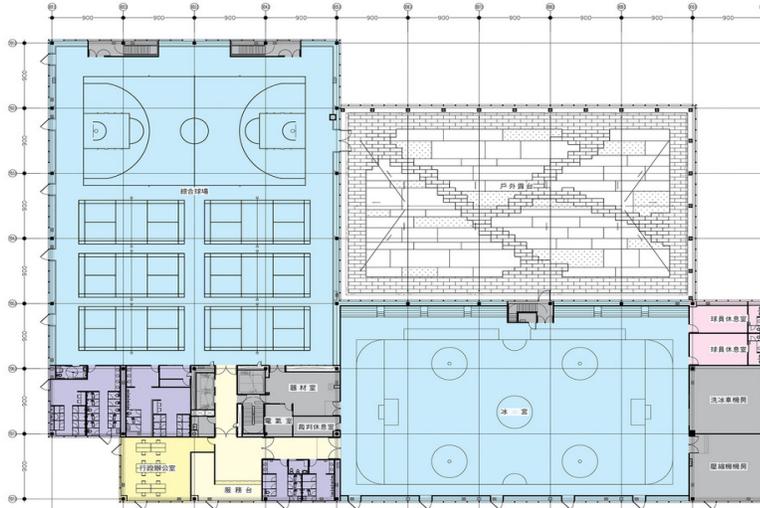
Planta Baja



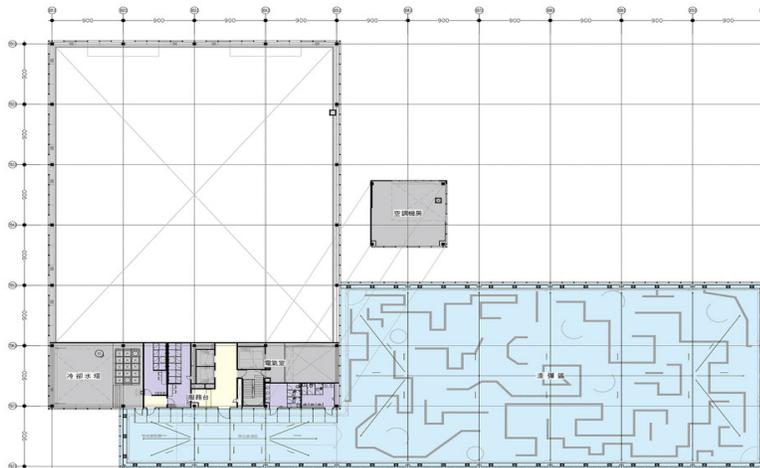
Primer Nivel Planta



Segundo Nivel Planta



Planta de Techos



parativo

Com

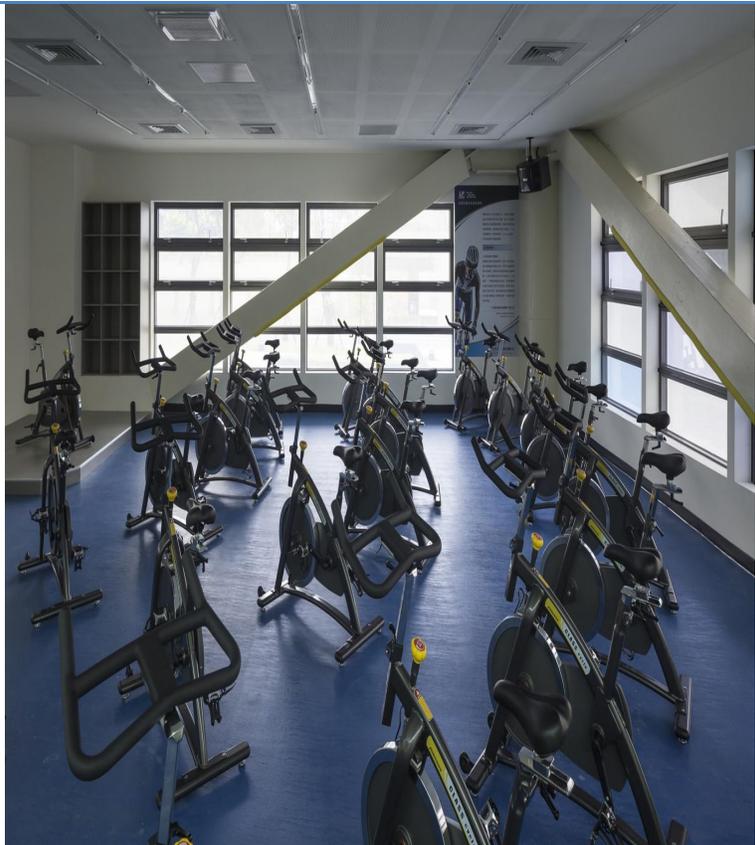
Sistema de Control solar
utilizado

Dibujar el sistema utilizado

La edificación, cuenta con
iluminación natural,
directa en la planta alta,



Iluminación Directa en
algunos locales por medio
de las ventanas



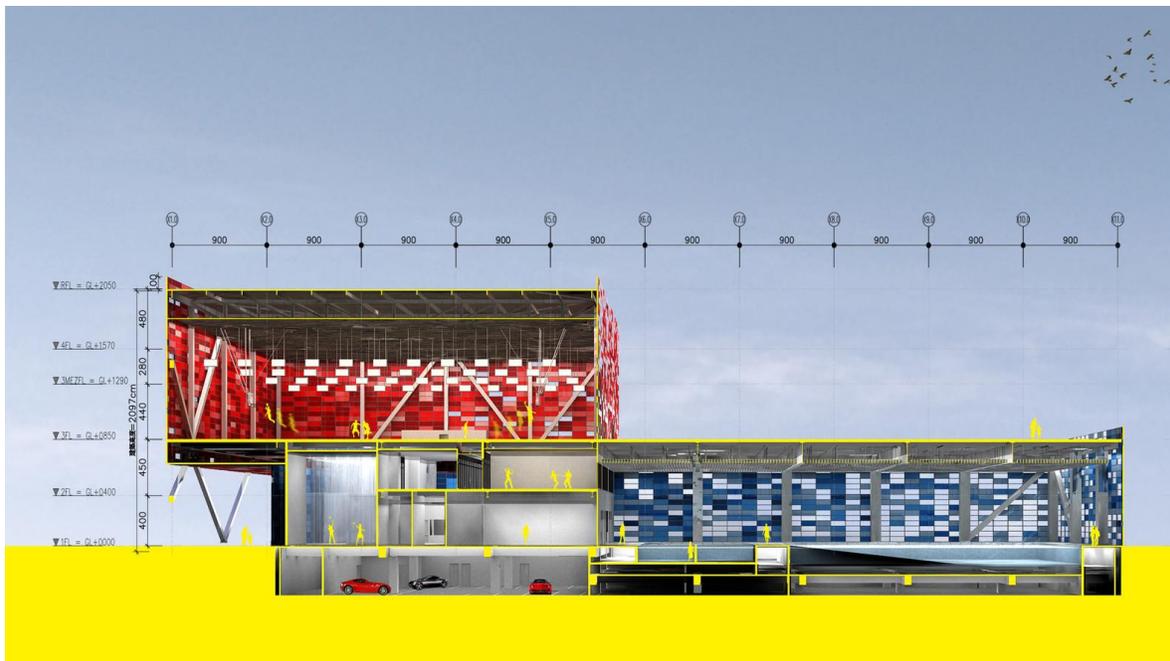
El volado permite que
entre luz al interior, pero
no directamente.



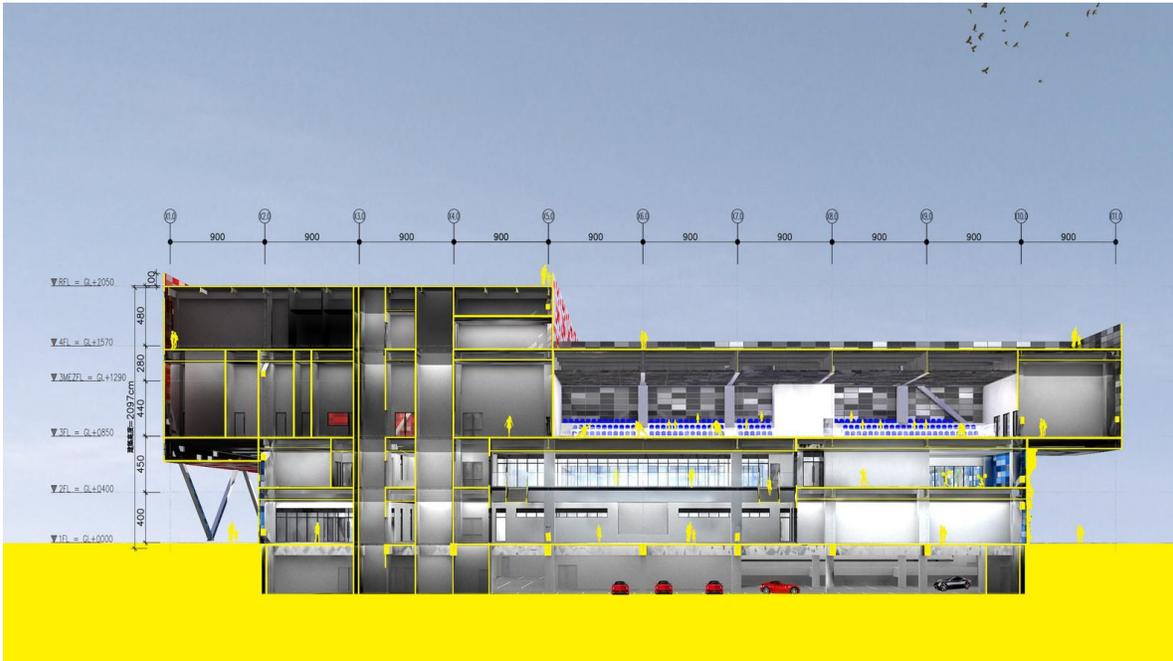
Nota: Dibujar el sistema utilizado puede ser a mano, le sacan una foto y la anexan o dibujo en autocad.



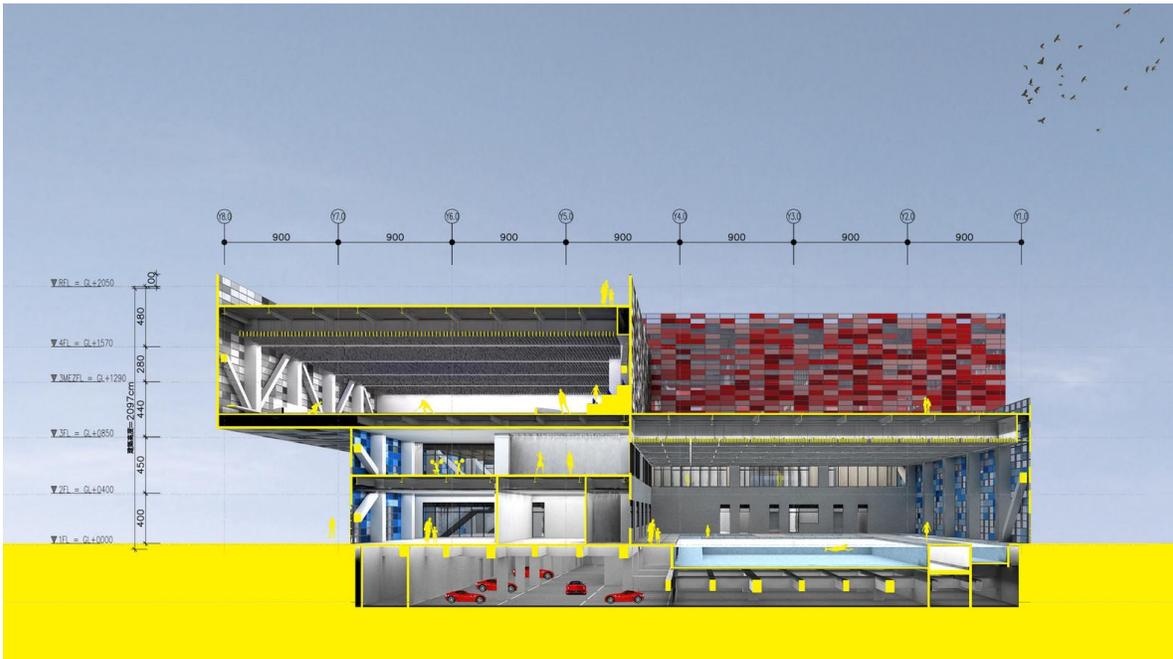
3.1 Cortes



Las fachadas permiten el ingreso de la luz solar y una difusión de esta mediante la degradación de colores ambientando el lugar.



De la misma forma que se usa la iluminación artificial en los espacios menos iluminados por la luz natural.



Se aprovechan las dobles alturas para la iluminación y la observación visual de las diversas actividades dentro del edificio.



Sistema de Control solar utilizado



Dibujar el sistema utilizado

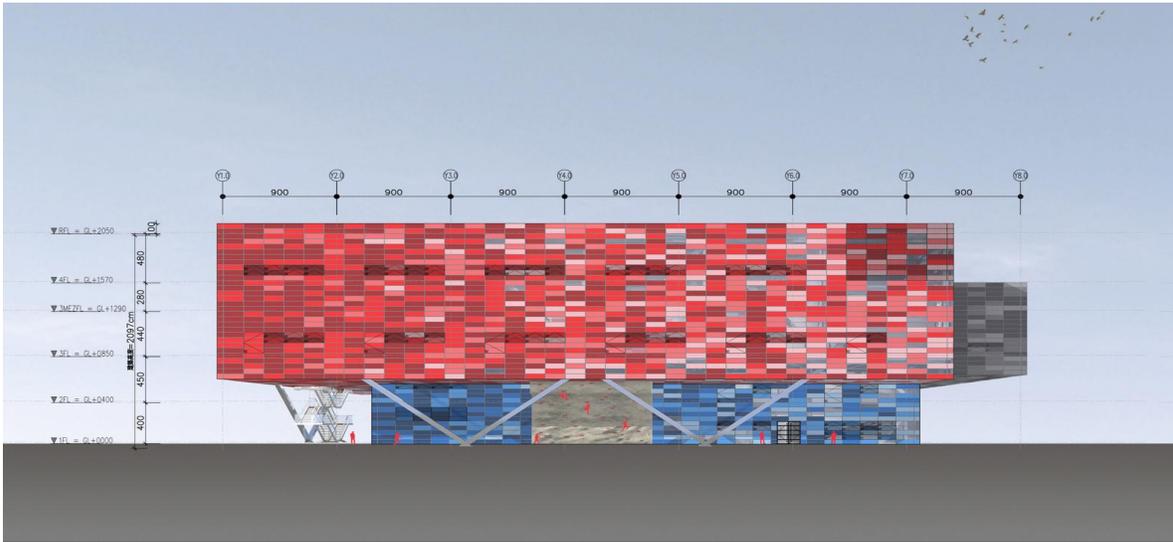


Fachada tipo Celosía

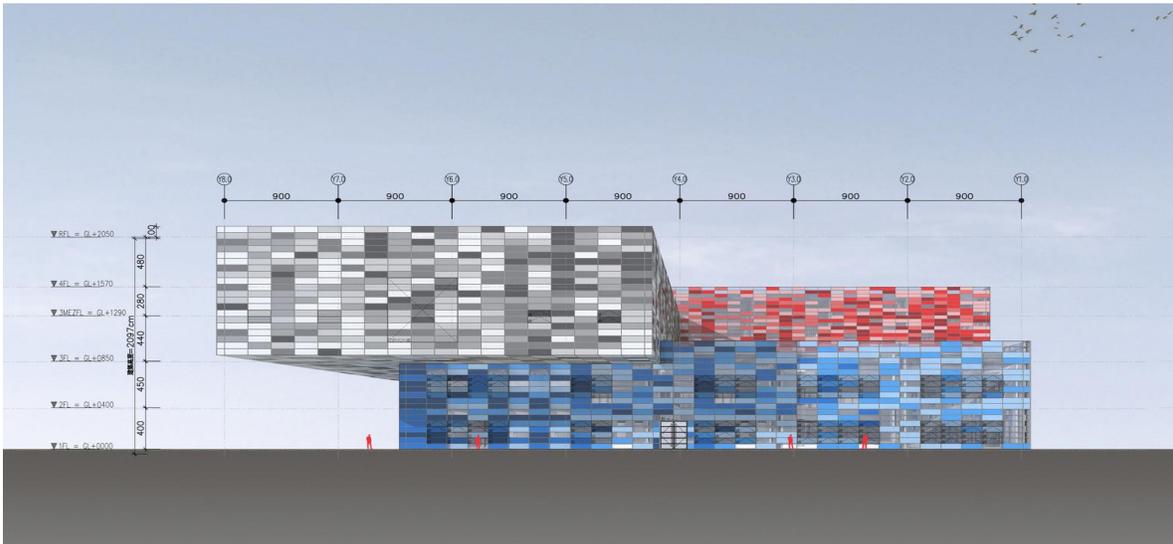
Una celosía es un "tablero calado para cerrar vanos", como ventanas y balcones, que impide ser visto pero permite ver y deja penetrar la luz y el aire. Su aspecto habitual es el de un enrejado de finos listones de madera, pero puede ser de otros materiales como piedra, madera sintética, plástico o metal. También se consideran celosías los dibujos en piedra u otros materiales de obra que cierran parcialmente una ventana o hueco similar.

3.2 Fachadas

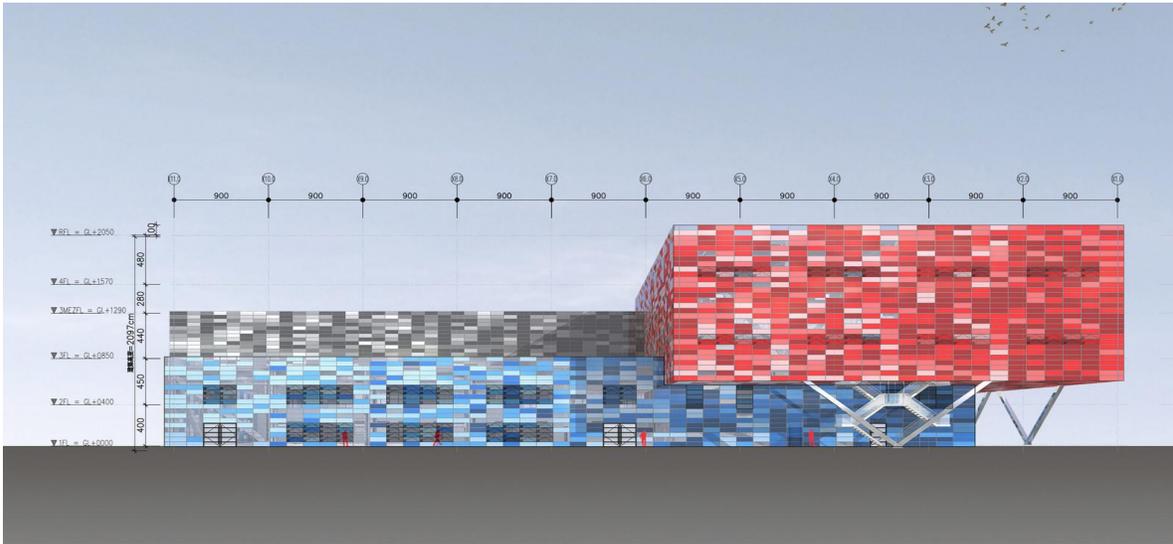
1. Fachada principal NOR-PONIENTE



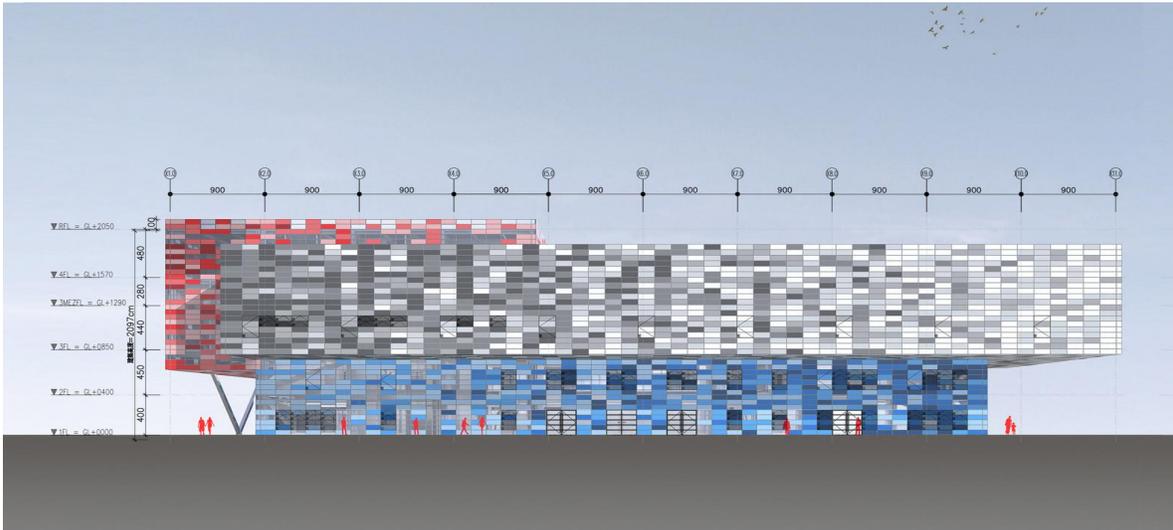
2. Fachada Posterior. SUR-ORIENTE



3. Fachadas laterales. NOR-ORIENTE



FACHADA SUR-PONIENTE



4 Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado.

CELOSÍA

Celosía es el “enrejado de listoncillos de madera o de hierro, que se pone en las ventanas de los edificios y otros huecos análogos, para que las personas que están en el interior vean sin ser vistas”.

Según una definición de la ingeniería industrial es un patrón formado por diagonales o rectas en forma de malla o en líneas horizontales o verticales.

La celosía como vimos en la definición es parte entonces de un conjunto, es al modo de la reja, una funcionalidad colectiva, dado que una tablancillo solo no hace a función alguna, sino está inserto y agrupado al resto. Será en cuestión de su uso, y el conjunto en que se aplique, aquello que determine el modo de fabricación y los materiales que se utilicen. A lo largo del tiempo, la

celosía y su aplicación en la decoración y la construcción ha permitido desarrollar su construcción en los más diversos materiales, que van desde el clásico uso de madera –de diferentes calidades y calibres- hasta el acero, pasando por aluminio, hierro, yeso u hormigón.

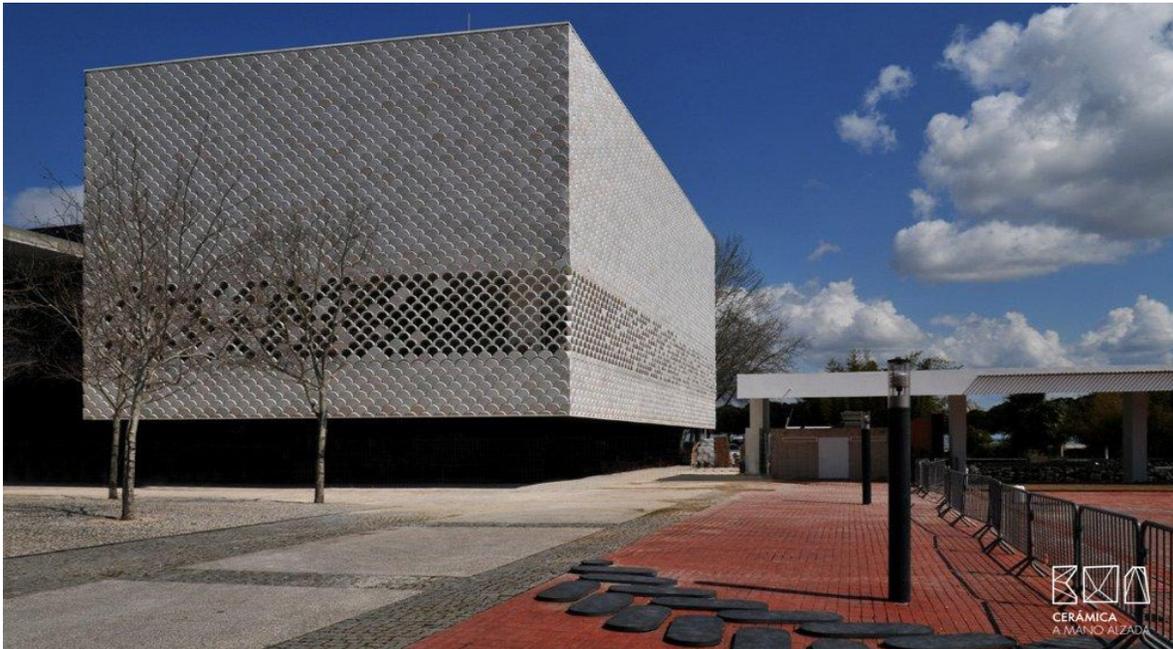


Las celosías son fijas, móviles o extensibles, según cada necesidad. Si el objetivo es dar intimidad a un espacio, la elección más acertada es colocar una celosía de cuadro pequeño, mientras que para separar ambientes o para usarlas como soporte de plantas trepadoras, la opción idónea son las celosías de cuadro grande.

Si el objetivo es dar intimidad a un espacio, la elección más acertada es colocar una celosía de cuadro pequeño. Si la función que se quiere dar a la celosía es la de jardinera, es necesario asegurarse de que se ha tratado con un producto no agresivo para las plantas.

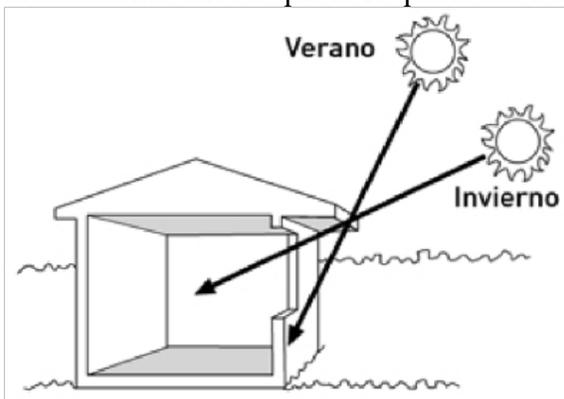
Su instalación en exteriores se realiza a través de unos listones con canal, que sirven como marco y facilitan su anclaje a la superficie elegida. A ellos se fijan con tacos y tornillos. Las celosías se anclan también a una pared, entre dos postes, entre una pared y un poste o sobre un muro.

No obstante, en otros casos se utilizan en ventanas, puertas y muebles o para realizar biombos o cubreradiadores. En estos casos, a menudo, disponen de un marco practicable. Otra posibilidad es montarlos en travesaños o de forma directa sobre el objeto elegido.



VOLADIZOS

El volado o voladizo se refiere a cualquier elemento que sobresale del parámetro vertical o de la fachada, mientras que el alero normalmente se forma por la extensión del techo (alero continuo) que rebasa los muros. Los aleros se construyen con fines de protección del sol o de la lluvia. Su longitud tiende a variar dependiendo del lugar, la orientación del edificio y de la cantidad de asoleamiento directo que se le quiera dar a la habitación



5 Conclusiones

Podemos concluir a cerca del centro deportivo que a pesar de tener una gran distribución y ser tan atractivo, no saca buen provecho de la iluminación natural, es una gran idea tener esos paneles de colores pero las ventanas son pequeñas y su halo de iluminación no abarca todo el espacio y por lo tanto tienen que usar iluminación artificial incluso en el día.

6 Referencias

<https://www.archdaily.mx/mx/763470/centro-deportivo-tucheng-q-lab/54ed38fde58ece5dcd000086-interior-003-lobby-jpg>

<https://www.archdaily.mx/mx/763470/centro-deportivo-tucheng-q-lab>



Multideportivo Luanda

PAIS: Luanda, Angola



001



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA**

3.2.2 Multideportivo Luanda, PAIS: Luanda, Angola

Índice

| | | |
|------------|--|------------|
| 1 | Conceptos generales..... | 142 |
| 2 | Introducción aspectos específicos | 143 |
| 3 | Contenido | 144 |
| 3.1 | Planta | 144 |
| 3.2 | Cortes..... | 146 |
| 3.3 | Fachadas..... | 147 |
| 4 | Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado. | 148 |
| 5 | Conclusiones | 151 |
| 6 | Referencias | 151 |

Conceptos generales

- **Multideportivo Luanda**
- **Angola**
- **Berger Arquitectos**
- **Ubicación:** Luanda
- **Arquitecto a Cargo:** Francisco Berger

- **Área:** 30000.0 m²
- **Año Proyecto:** 2013
- **Supervisión de Construcción en Sitio:** Gabepa
- **Ingeniero Estructural:**
- **Ingeniero Mecánico Eléctrico Plomería:**
CIVI4 – Proyectistas y consultores de ingeniería civil
- **Estimador de Costos:**
- **Acústica:**
- **Cliente:**
- **Costo:**



Introducción aspectos específicos

Localización del Proyecto.



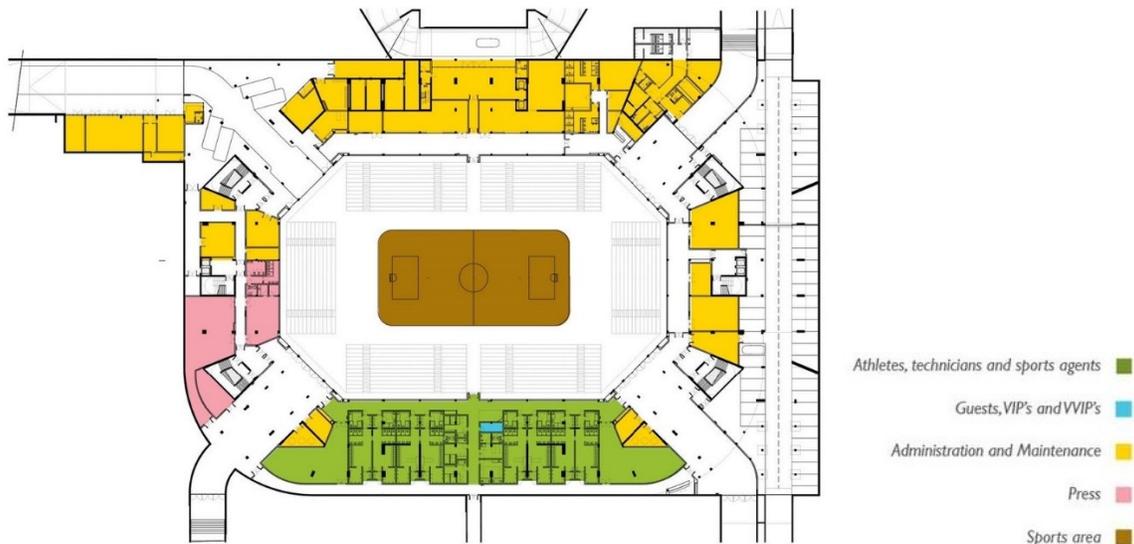
Contenido

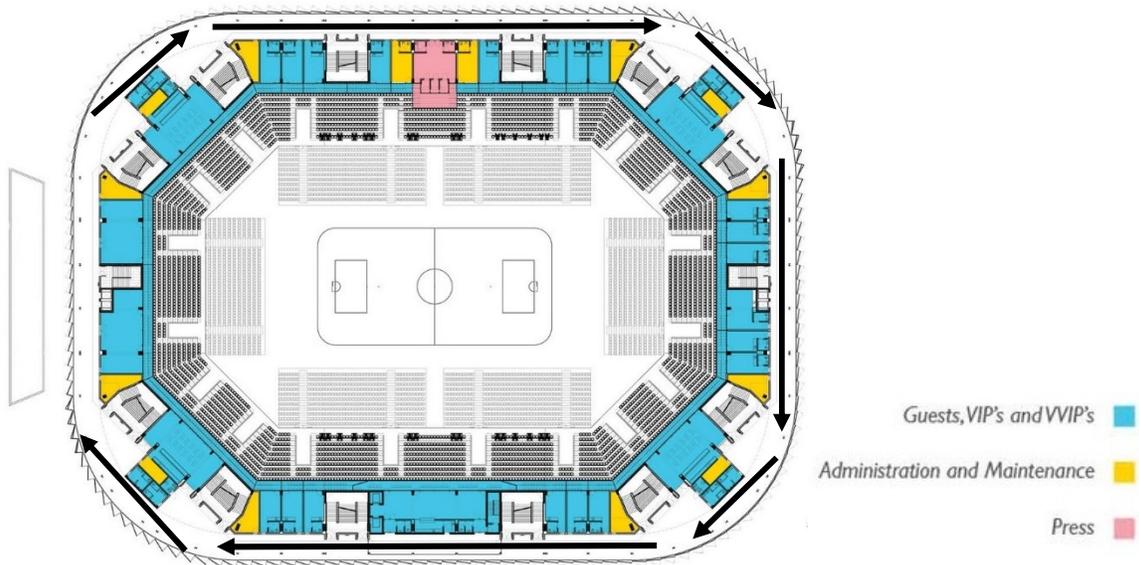
El concepto para la iluminación en el proyecto fue la luz natural aprovechando las características climáticas de Luanda, los pasillos son abiertos para permitir la mayor iluminación posible en los mismo, además de contar con lonas perforadas llamadas “velas” desarrolladas por SOLTIS FT, esto permite un mayor ahorro de energía lo que no sería posible con una solución cerrada en pasillos.



Planta

El edificio se organiza en cuatro niveles, el más bajo es un subterráneo y contiene las áreas técnicas y espacios auxiliares para los eventos deportivos, tales como vestuarios y áreas de entrenamiento para los atletas, zonas de almacenamiento, de estacionamiento y salidas de emergencia de la arena. Este nivel tiene la forma de un podio escalonado en el exterior, lo que permite un fácil acceso a todo el perímetro del edificio desde la cota cero.



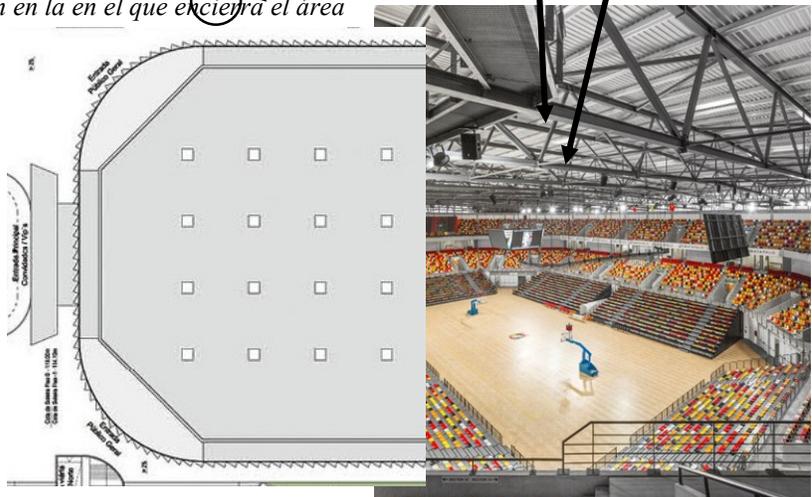


Todas las circulaciones horizontales de los niveles superiores del pabellón están organizadas como galerías periféricas externas. **Las características climáticas de Luanda hacen posible esta solución, reduciendo el consumo de energía que implicaría una solución cerrada, y utilizando las galerías como un elemento activo en la ventilación natural de los espacios interiores y como una primera línea de protección contra los elementos.**

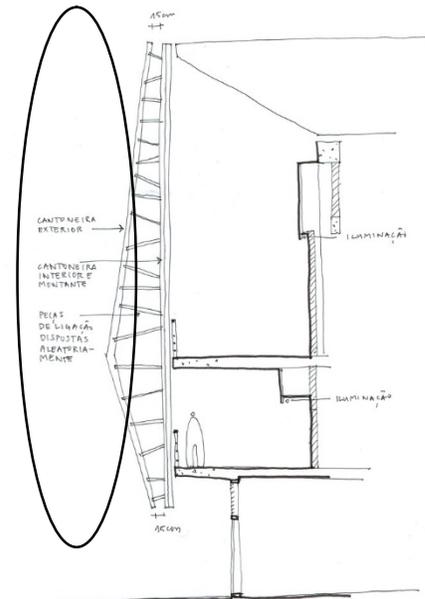
Su iluminación natural del área de eventos deportivos es ofrecida a partir de iluminación bilateral, por medio de ventanas que rodean toda el ovalo de eventos.



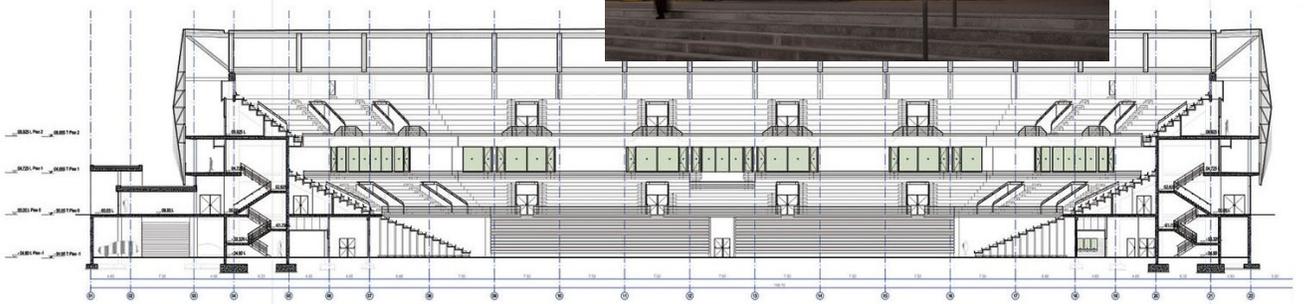
Su iluminación de manera cenital es aportada por pequeños domos ubicados de manera modular que es encuentran en la en el que encierra el área de eventos deportivos



La iluminación de las periferias externas, se ilumina de manera lateral con ventanales que rodean toda la fachada



Cortes



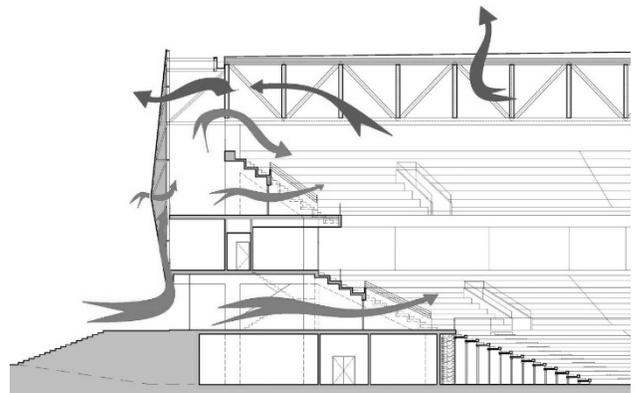
Longitudinal Section

Sistema de ventilación

Gracias a la novedosa tecnología bioclimática que más adelante será mencionada, puede haber aberturas que permitan la ventilación de manera similar en toda la fachada.

Desde el corte por fachada se puede apreciar la manera de solventar la necesidad sombreado de las galerías y reducir su exposición al viento y la lluvia.

Para se desarrollaron elementos modulares, que comprenden una estructura metálica que da

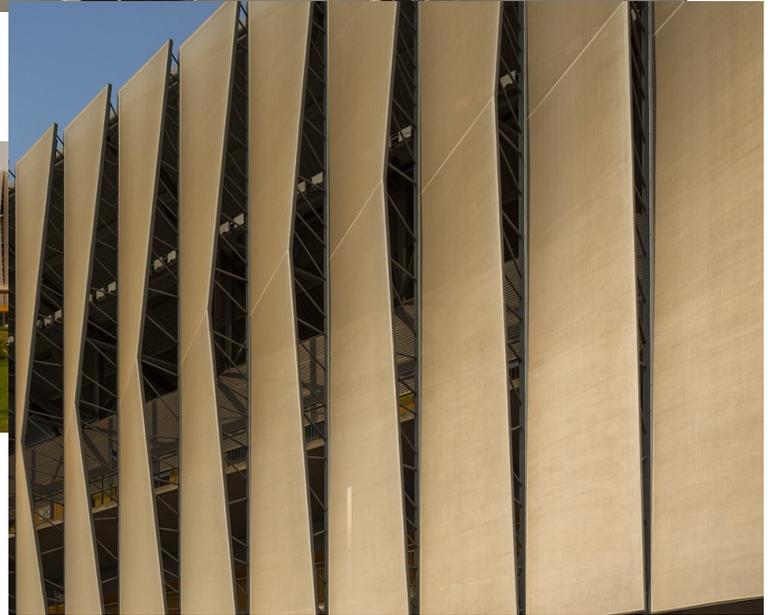


soporte a una lona tensada perforada, llamada "velas".



Fachadas

Fachada principal

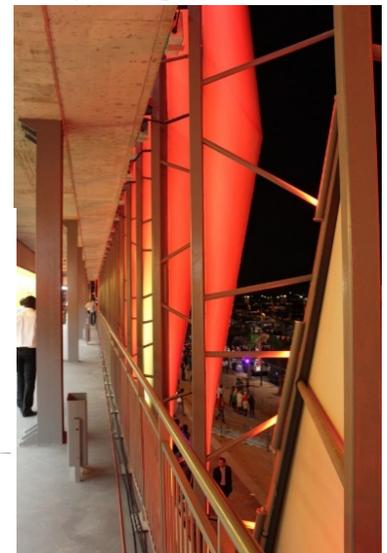
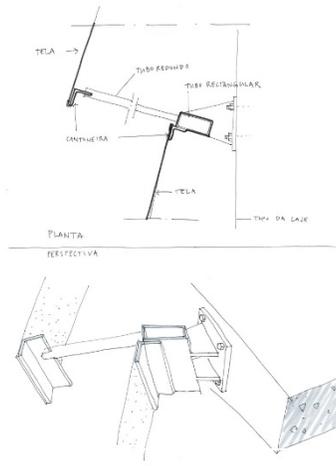


Estructura metálica que da soporte a una lona tensada perforada, modular "modular"

La Colección Soltis ST para Fachadas Bioclimáticas, de Serge Ferrari, se compone de membranas compuestas para fachada, membranas impermeables y transpirables.

Lo que caracteriza esta colección es la solución técnica completa destinada a las fachadas. Consta de un sistema creado por el revestimiento de fachada textil Soltis FT y la membrana coloreada Stamisol Color.

Las opciones de aplicación son amplias debido las posibilidades de efectos de luz y diseños 3D, asimismo, cuenta con atractivas prestaciones técnicas y durabilidad.

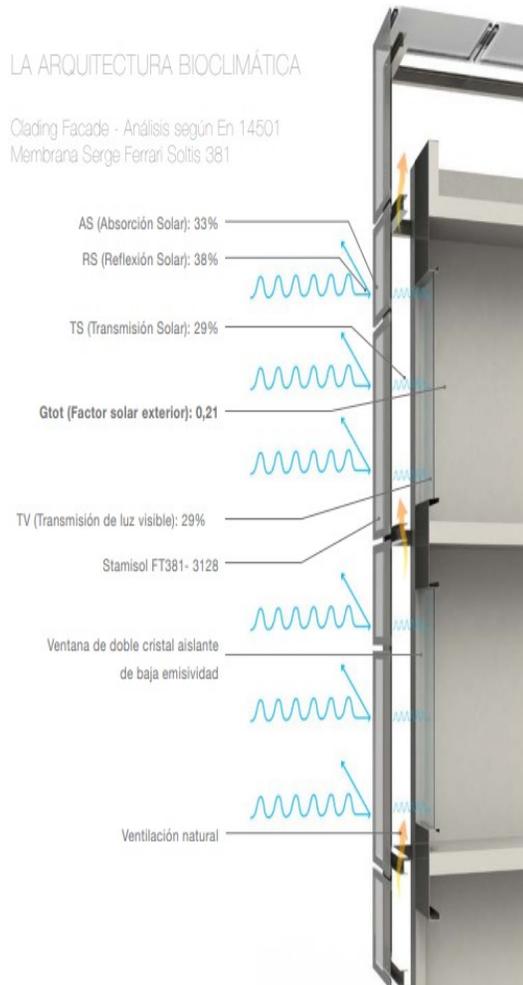


Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado.

Fachadas Bioclimáticas SOLTIS FT | Serge Ferrari

Uso: Membranas para fachadas ventiladas.

Aplicaciones: Residencia, Edificios de gran altura, Corporativos, Hotelera, Hospitales, Instituciones, Laboral, Comercial.



eslumbramiento.

- Resistencia mecánica
- Estabilidad dimensional
- Durabilidad
- Facilidad y rapidez de instalación
- Clasificación al fuego M1
- 100% reciclable.
- Máxima seguridad contra incendios.

Características: Efectos 3D, ventilación natural, protección térmica, impermeables, transpirables, protección visual, fachadas ventiladas, regulación de humedad, protección a la intemperie.

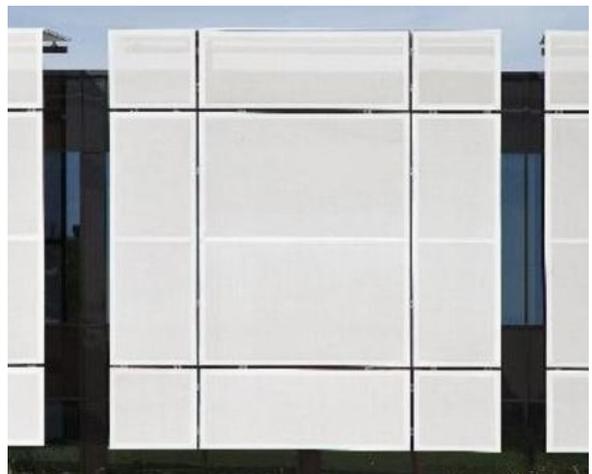
Certificación: Clasificación al fuego M1

Garantía: 10 años

La Colección Soltis ST para Fachadas Bioclimáticas, de Serge Ferrari, se compone de membranas compuestas para fachada, membranas impermeables y transpirables.

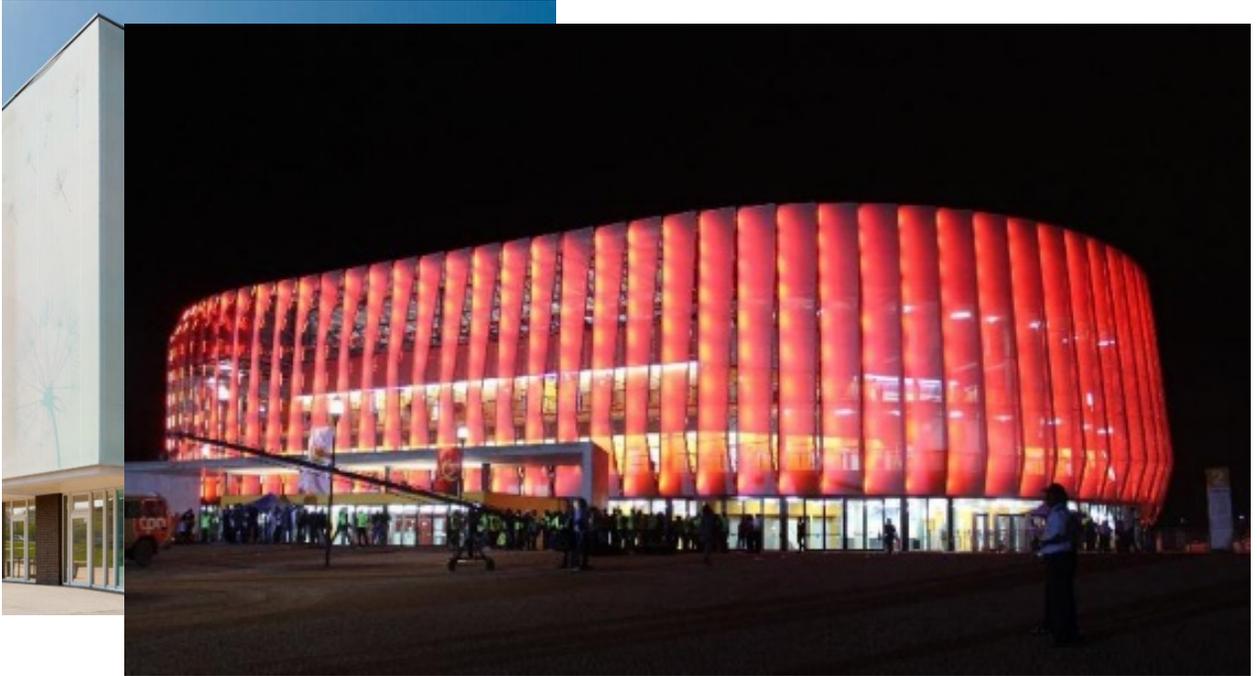
Lo que caracteriza esta colección es la **solución técnica completa destinada a las fachadas**. Consta de un sistema creado por el revestimiento de fachada textil Soltis FT y la membrana coloreada Stamisol Color.

- Aporta a la identidad del edificio.
- Gama de 15 colores.
- Flexibilidad para la creación de efectos en 3D y juegos de luz.
- Posibilidad para personalización gráfica (impresión digital o serigrafía).
- 28% de apertura, transparencia hacia fuera.
- Protección térmica eficiente, bloqueando hasta un 81% de los rayos solares en función de los colores.
- Permite la entrada de luz natural, limitando el d



- Clasificada con la Euroclase A: no se funde y no forma gotas cuando está sometida a altas temperaturas.
- Para los proyectos de establecimientos públicos y alta concurrencia.
- Para fachadas bioclimáticas fijas como para pantallas modulares de protección solar.
- Insensible a los rayos UV.
- Instalación detrás de una fachada ventilada transparente, abierta o creativa.
- Amplia gama de colores.
- Para fachadas ventiladas en construcciones de madera o de metal.
- Impermeabilidad a la lluvia y resistencia al viento.
- Puede estar expuesta detrás de las fachadas abiertas.
- Transpirable, impermeable a la lluvia y al viento.
- Buena seguridad y una protección térmica.
- Para fachadas cerradas o ligeramente abiertas (< 15 mm).
- Instalación sencilla y adaptable a todo tipo de estructuras.





Conclusiones

El propósito de este trabajo de investigación fue que, a partir de un ejemplo análogo, es decir, de una edificación realizada y de gran calidad, nosotros podamos observar y analizar todos los componentes de diseño del proyecto, en relación con el confort lumínico y acústico, para poder darle una semejanza y transmitir a la realidad las definiciones y temas de investigación estudiados durante el transcurso trimestre.

Por supuesto, sería complicado no mencionar otros aspectos del diseño relacionados con el confort térmico como la refrigeración y ventilación. Sin embargo, es interesante poder observar cómo estos componentes del diseño que a partir de estrategia buscan generar una estabilidad en la confortabilidad basándose desde diversos aspectos de necesidades, expectativas y adaptación al ambiente determinado en el que se encontrará, que al final termina siendo una edificación única digna para su función específica.

En relación con este multideportivo en específico, fue interesante observar la solución para satisfacer los requerimientos, ya que fue de un presupuesto apretado y tiempo reducido y con unas condiciones climáticas con aspectos favorables en cuestión de iluminación natural, pero con otros aspectos naturales era necesario regular. Se puede apreciar desde su diseño la simpleza y ligereza del edificio, que a partir de elementos modulares facilitan su construcción con materiales prefabricados incluyendo la estrategia de diseño bioclimática que aporta demasiado tanto a la estética, como al confort en diversos aspectos. La estructura corresponde tanto a la estrategia de “velas” como a la función del multideportivo. Por lo tanto, es un gran ejemplo de solución de un multideportivo con características específicas por satisfacer.

Referencias

- *Cita: "Multideportivo Luanda / Berger Arquitectos" [Luanda Multisports Pavilion / Berger Arquitectos] 21 nov 2014. ArchDaily México. (Trad. Vega, Valeria) Accedido el 2 Mar 2018. <<https://www.archdaily.mx/mx/757765/multideportivo-luanda-berger-arquitectos>> ISSN 0719-8914*
- *Cita: https://www.archdaily.mx/catalog/mx/products/10207/fachadas-bioclimaticas-soltis-ft-serge-ferrari?ad_source=nimrod&ad_medium=article-widget&ad_content=757765*

<http://www.facade-textile.com/assets/brochurespweb>

Centro acuático Olímpico

PAIS: Londres



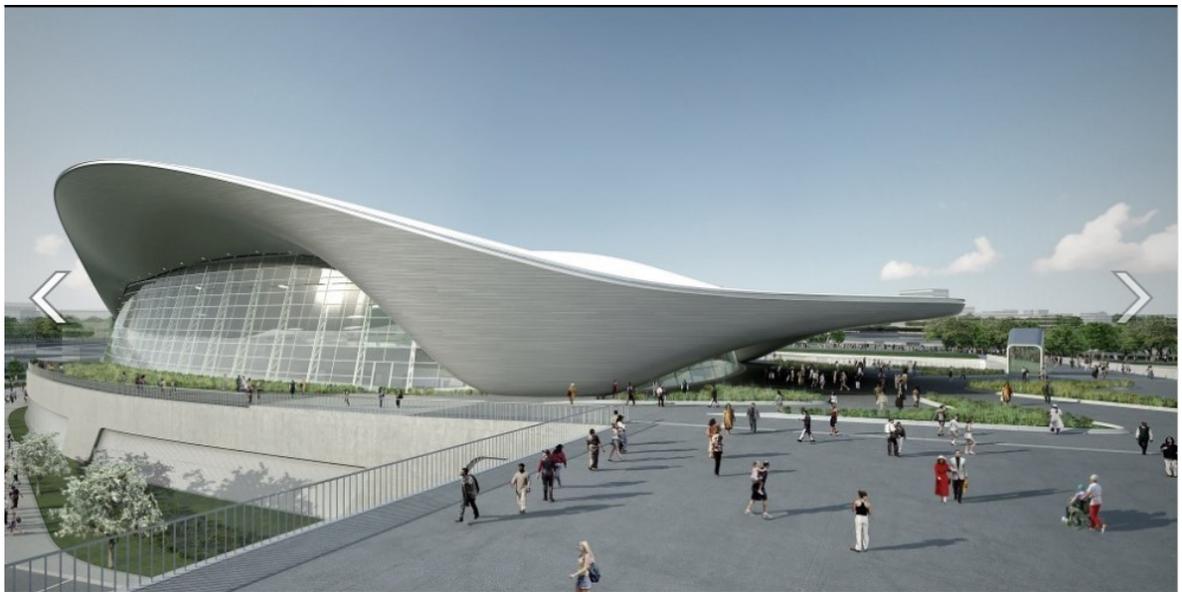
3.2.3.Centro acuático Olímpico, PAIS: Londres

Índice

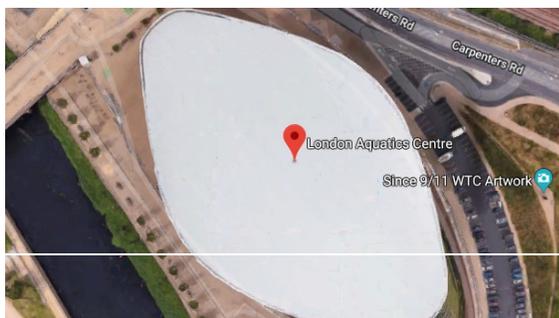
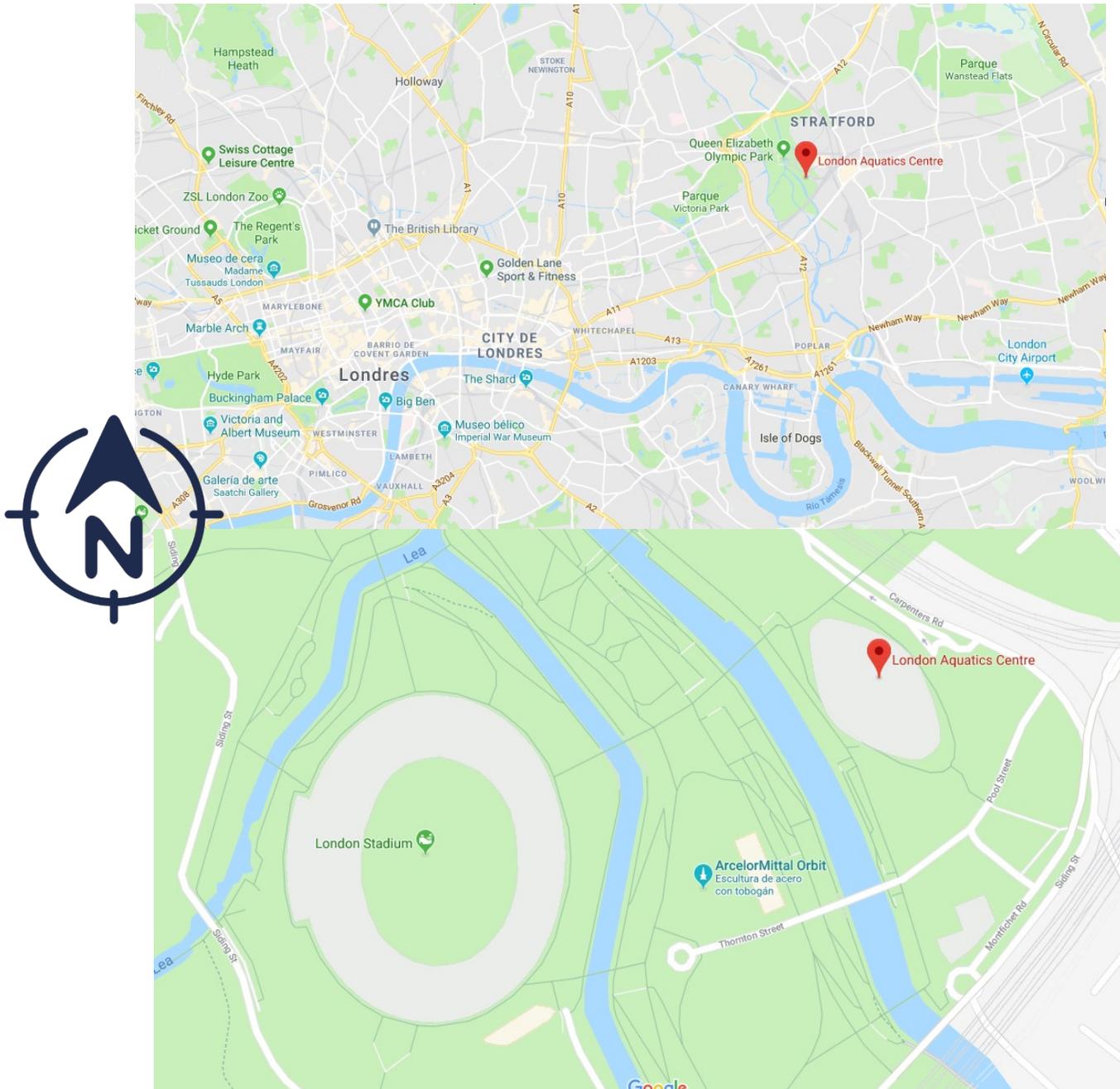
| | | |
|-----|--|------------|
| 1 | Conceptos generales | 142 |
| 2 | Introducción aspectos específicos | 143 |
| 3 | Contenido | 144 |
| | 3.1 Planta | 144 |
| 3.2 | Cortes | 146 |
| | 3.3 Fachadas..... | 147 |
| 4 | Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado..... | 148 |
| 5 | Conclusiones | 151 |
| 6 | Referencias | 151 |

Conceptos generales

- Centro acuático olímpico de Londres
 - País de origen: **Inglaterra**
 - Arquitectos: **Zaha Hadid architects**
 - Ubicación: **Olympic Park, London E20 2ZQ, Reino Unido**
 - Arquitecto a Cargo: **Zaha Hadid**
-
- Área: 15950.0 m²
 - Año Proyecto: **2011**
 - Supervisión de Construcción en Sitio: **Zaha Hadid Architects**
 - Ingeniero Estructural: **Thomas Soo, Tom Locke, Torsten Broeder**
 - Ingeniero Mecánico Eléctrico Plomería: **Nicolas Gdalewitch, Seth Handley**
 - Estimador de Costos:
 - Acústica: **Alex Marcoulides**
 - Cliente: **Autoridad del Comité de los Juegos Olímpicos**
 - Costo: **£251 millones**



Introducción aspectos específicos

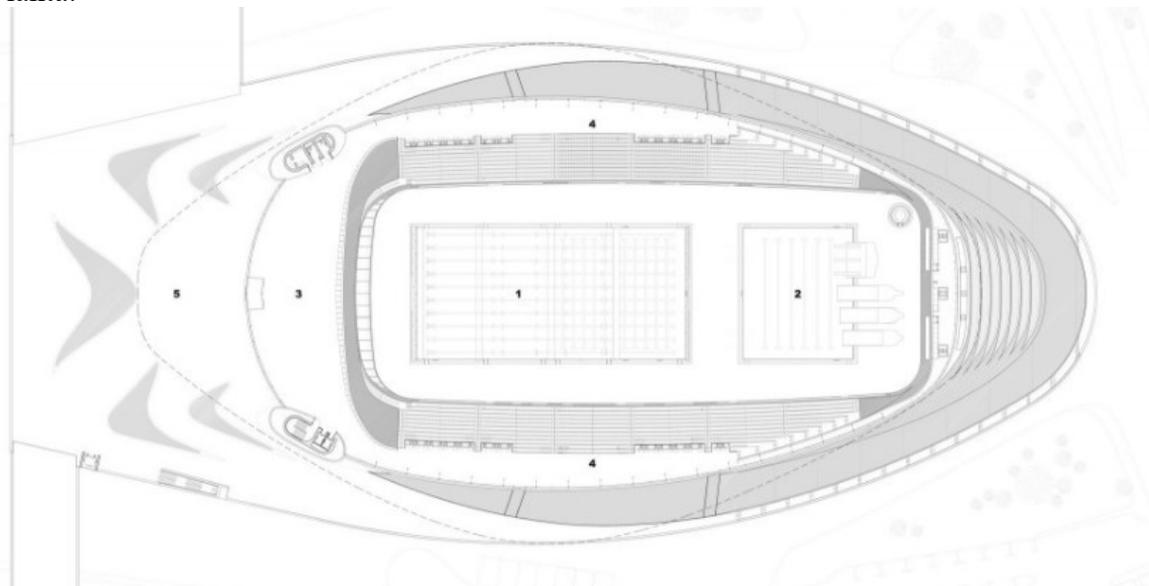


Contenido

La fluidez del agua, la geometría oblicua y en constante cambio de las olas le dan a este recinto la característica forma, pero no solo se trata de una gran masa de acero y concreto, es un pasaje lleno de luces y armonías entre la humedad y la luz, esos dos elementos que son fundamentales para la vida

Estar dentro de este recinto te hace imaginar el estar en medio de una gran ola gigante llena de dimensiones gracias al color del concreto de los trampolines, de los pisos y techos que crean una armonía perfecta de espacio y pureza, la misma con la que cuenta un océano

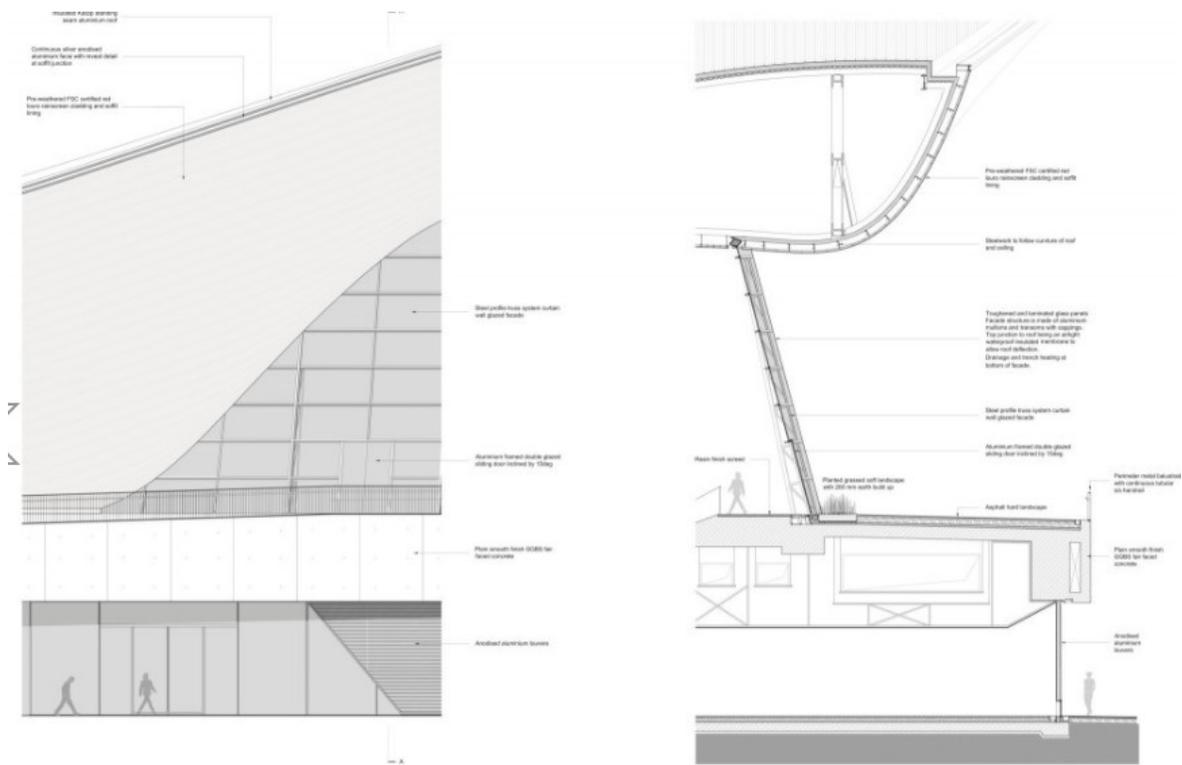
Planta:



Como tal el único dispositivo de control solar en la planta del recinto es una gran cubierta hecha de acero y aluminio la cual le da una característica forma debido a la maleabilidad del material y del sistema modular con el que se creó, y por qué no utilizar la luz natural en este sentido?

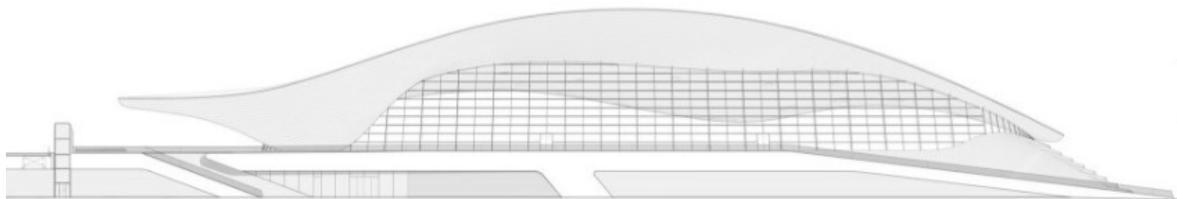
La respuesta es simple, al ser luz natural la que debía controlarse y a la gran cantidad de la misma si se hacía un sistema de control solar en un aspecto cenital estos reflejos de la luz con el agua crearían destellos los cuales pueden ser incómodos para la vista de los atletas y de los espectadores, afectando la comodidad tanto para los practicantes de la actividad como para los espectadores de la misma.

CORTES



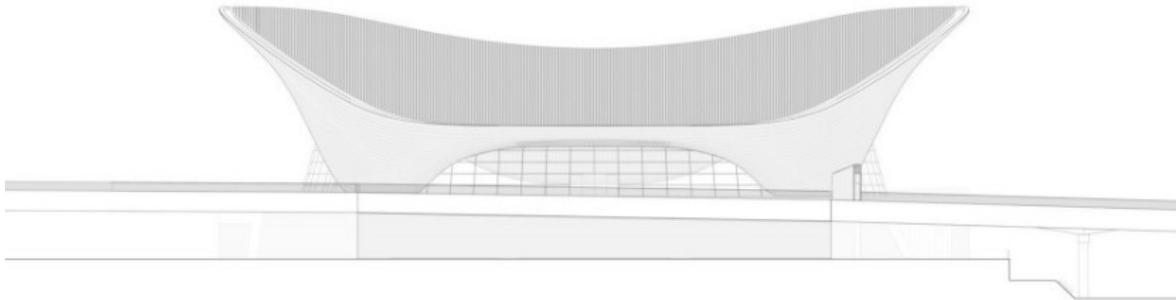
En estos cortes se puede observar que el Sistema de control solar utilizado es uno de los más básicos como el ALERO: este sistema de control solar puede verse dinámico gracias a las características formas utilizadas y diseñadas por Zaha Hadid

FACHADA LATERAL



En esta fachada lateral se puede observar que existe una gran y enorme ventana que prácticamente cubre de la intemperie el interior del recinto, esta ventana se ve en casi toda la edificación y como tal no contiene algún sistema de control solar debido a que de su lado similar en la parte trasera de esta fachada existe otro ventanal igual de enorme los cuales unidos crean una iluminación bilateral al interior del recinto evitando el deslumbramiento de la vista por el reflejo del agua.

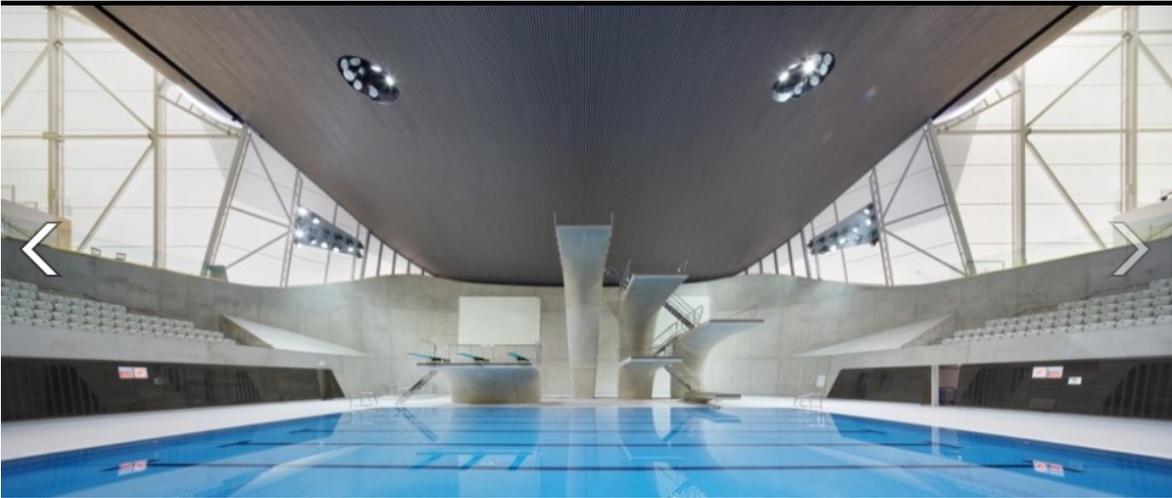
FACHADA FRONTAL O PRINCIPAL



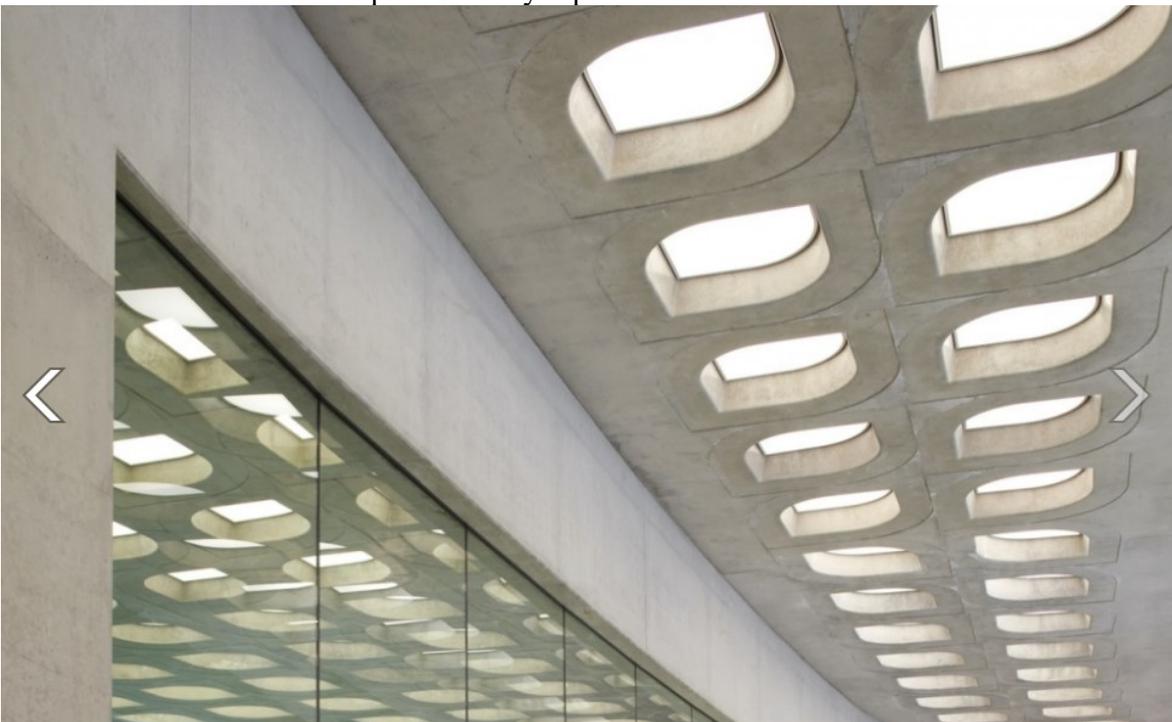
En esta fachada se observa lo anterior mencionado, un sistema de control solar denominado como ALERO el cual hace que la luz entre de una manera diagonal dependiendo la posición o el transcurso del sol o la fuente de iluminación

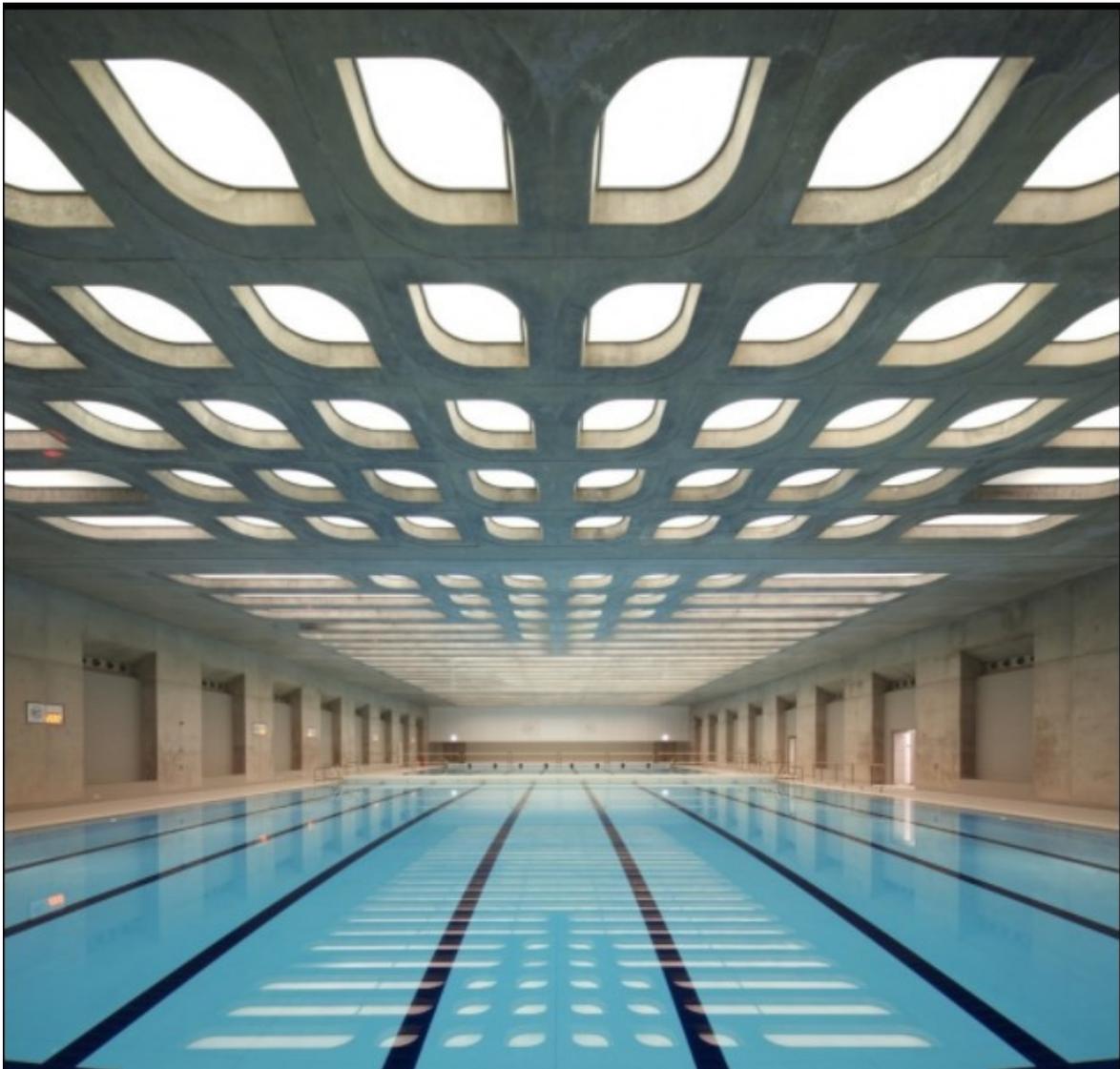


En esta imagen se puede observar la iluminación bilateral que proviene de las fachadas laterales



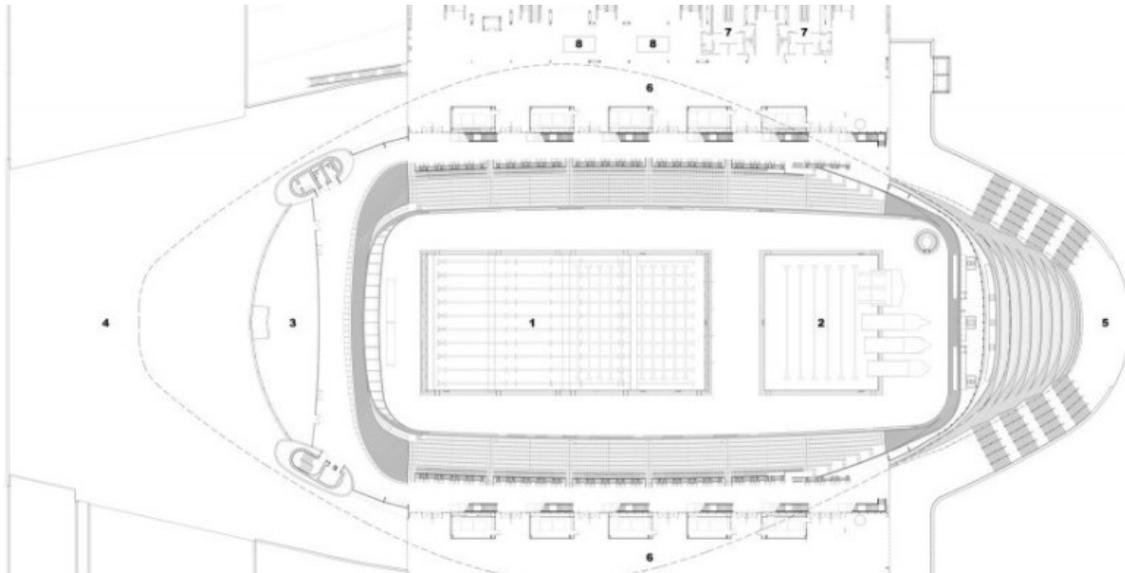
En esta vista se puede ver lo anteriormente señalado ahora enfocándonos en la iluminación artificial hecha por reflectores los cuales no son dirigidos directamente hacia abajo esto para evitar la incomodidad visual para atletas y espectadores



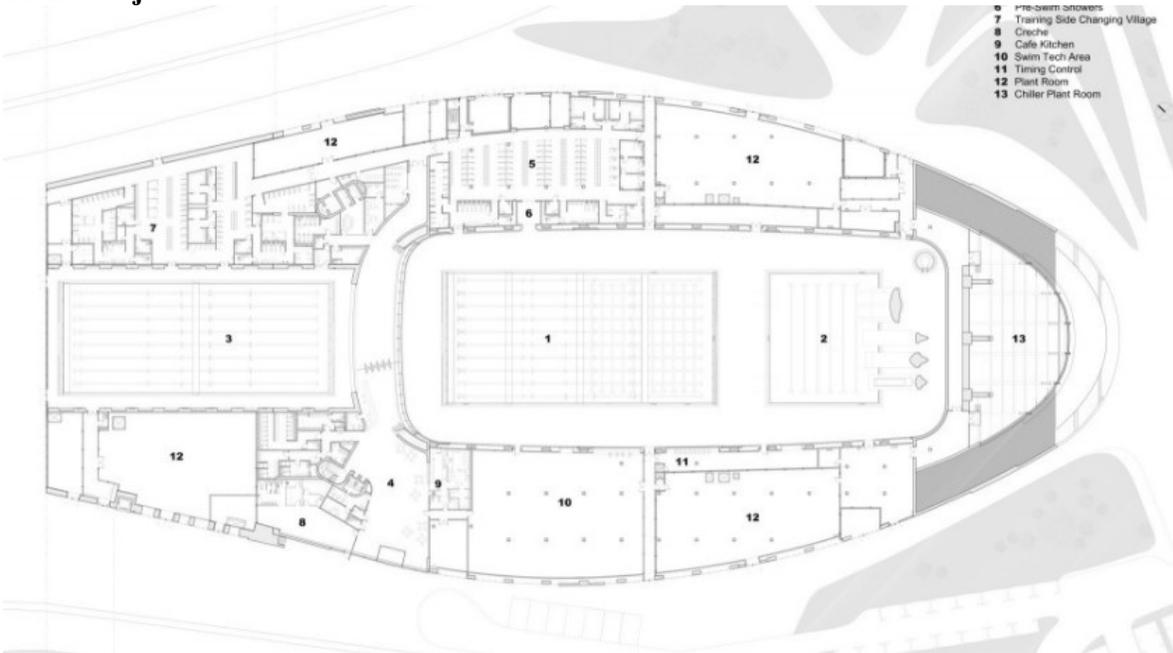


Los pasillos así como las albercas de entrenamiento son iluminadas por ventanas o pantallas de luz las cuales durante el día son naturales y durante la noche son artificiales las cuales esparcen la luminosidad de una manera cenital

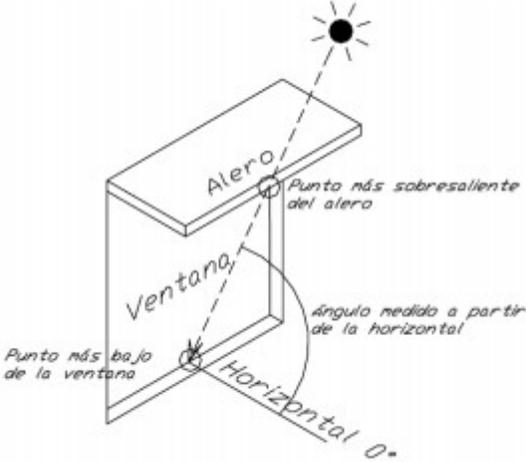
Planta



Planta baja



p-1

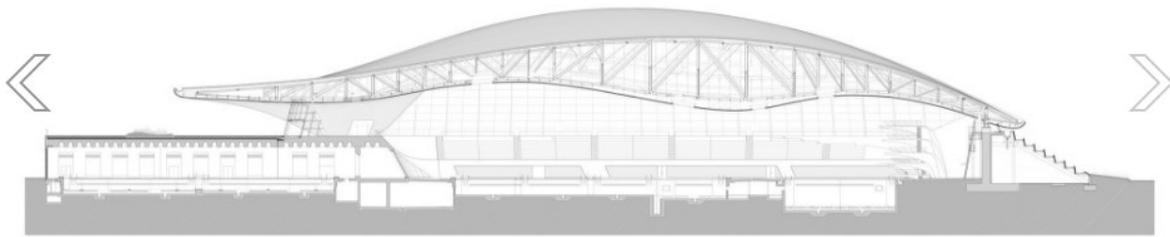
| <p>Sistema de Control solar utilizado</p> | <p>Dibujar el sistema utilizado</p> |
|--|--|
| <p>La edificación, cuenta con iluminación natural, directa la cual es controlada por aleros</p> |  <p>Diagrama que ilustra un sistema de control solar. Muestra un sol en la parte superior derecha. Una línea horizontal se extiende desde el punto más bajo de la ventana hacia la izquierda, etiquetada como "Horizontal 0°". El alero sobresaliente de la ventana proyecta una sombra hacia la izquierda, controlando la luz que entra por la "Ventana". El punto más sobresaliente del alero está etiquetado como "Punto más sobresaliente del alero". El punto más bajo de la ventana está etiquetado como "Punto más bajo de la ventana". El ángulo entre la horizontal y la línea que conecta el punto más bajo de la ventana con el punto más sobresaliente del alero está etiquetado como "Ángulo medido a partir de la horizontal".</p> |
| <p>Iluminación bilateral Provocada por grandes ventanales laterales</p> |  <p>Fotografía de un edificio moderno con una gran fachada curva y lateralmente orientada, mostrando la iluminación bilateral provocada por grandes ventanales laterales. El edificio tiene una fachada curva y lateralmente orientada, con una gran ventana lateral que permite la iluminación bilateral. Se ven personas caminando en un espacio exterior adyacente al edificio.</p> |

El interior es armonico por el uso del concreto natural y el juego tan puro de luces .

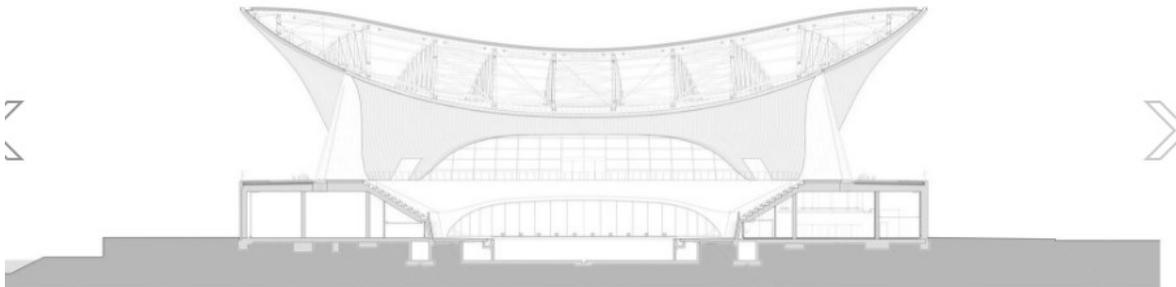


Cortes

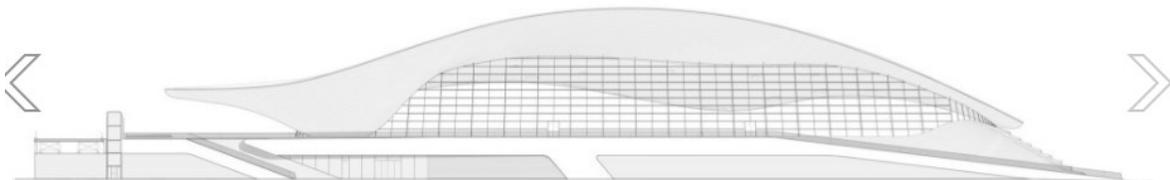
Corte suroeste

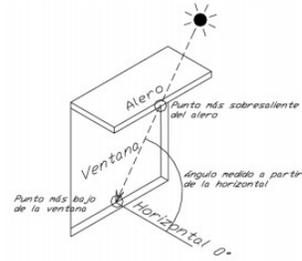
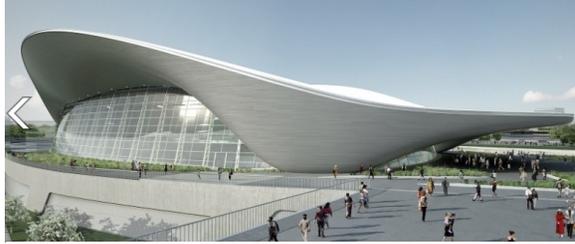


corte noroeste



Corte suroeste





ALERO

Un ángulo de 0° describe a un alero con magnitudes infinitas que se extiende prácticamente hasta el horizonte, el cual es un caso irreal. Y un ángulo de 90° describe la inexistencia de protección solar, como si el alero no estuviese. Así pues, los ángulos de protección de los aleros deben encontrarse en un intervalo de 0° a 90° . A continuación algunos gráficos que ilustran estas definiciones.

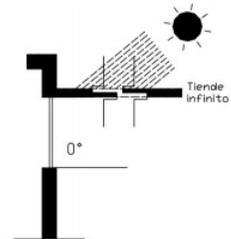


Fig. 2.2 Alero de 0° ⁰⁴

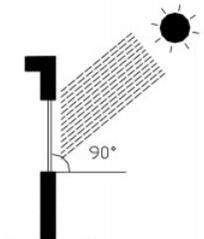


Fig. 2.3 Alero de 90° ⁰⁵

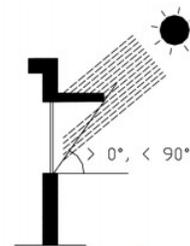
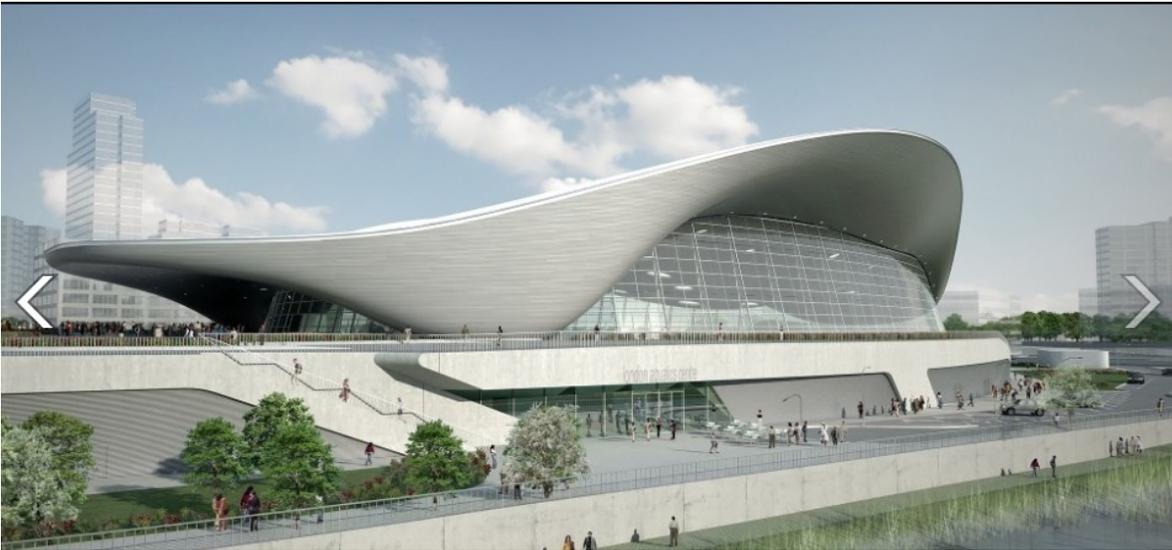
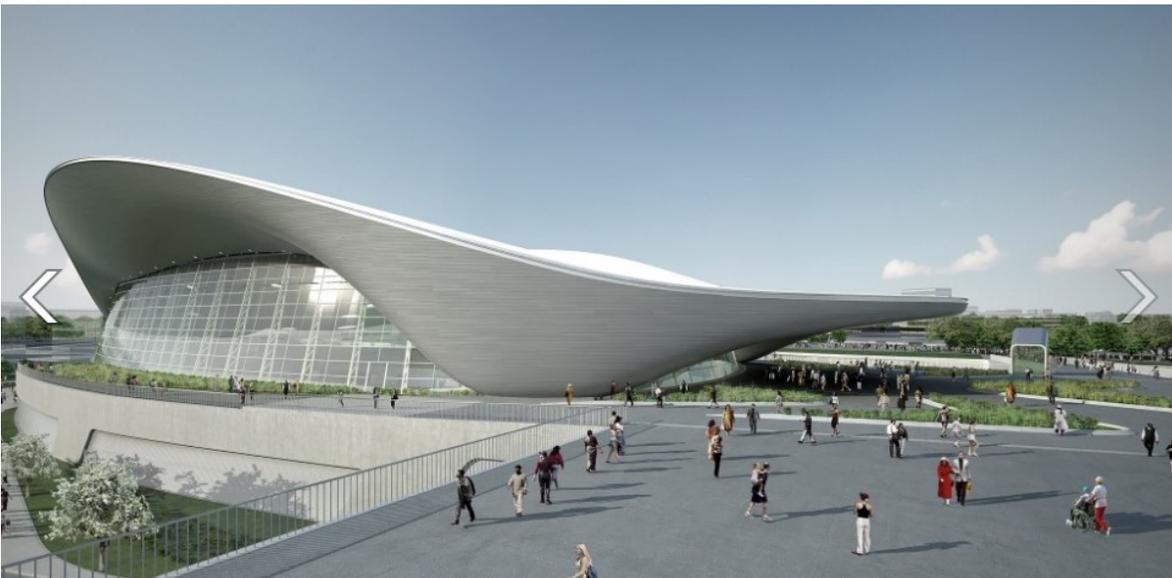


Fig. 2.4 Alero mayor de 0° y menor de 90° ⁰⁶

Fachadas



Fachada noroeste

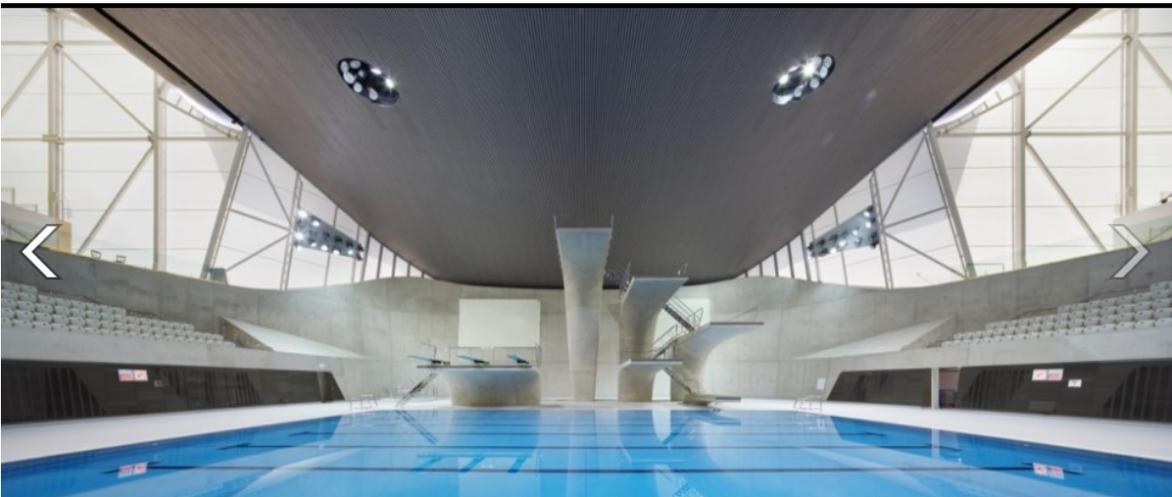


Fachada norte



Fachada oeste

Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado.



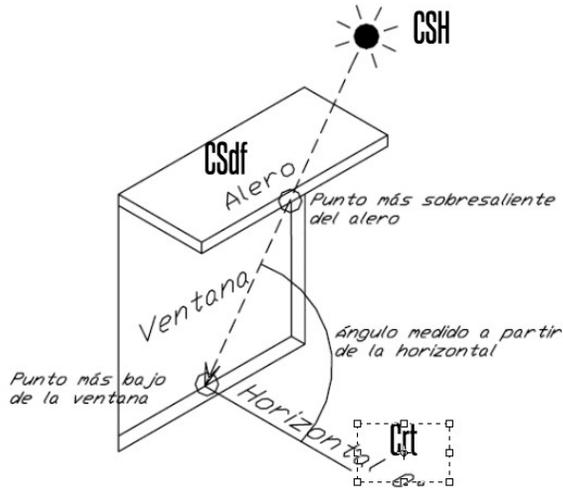
Como anteriormente se mencionó este recinto cuenta con un sistema bilateral de iluminación el cual provee confort interior, dinamismo formal innovación estructural y aprovechamiento energético

Ejemplo de aplicación de sistema de control solar

En concreto, los tipos de luz en arquitectura que nos podemos encontrar ante un edificio o cualquier construcción son los enumerados a continuación, independientemente de los sistemas de iluminación natural artificiales:

- Luz solar directa (CSH)

- Luz solar difusa (CSdf)
- Luz reflejada del terreno (CRT)



Conclusiones

En conclusión el Alero aunque parezca primitivo es una gran solución para construcciones que son a desnivel esto porque el hundimiento de la edificación sumador a los aleros generan mayor sombra y si la forma del mismo es más dinámica que una simple barra de concreto puede reflejar y dar dinamismo a la misma luz interior y exterior.

Referencias

<https://www.archdaily.mx/mx/02-143493/centro-acuatico-de-los-juegos-olimpicos-de-londres-2012-zaha-hadid-architects>

<http://nuevo-estilo.micasarevista.com/decoradores-arquitectos/zaha-hadid/centro-acuatico-de-londres>

<http://negrowhite.net/el-centro-acuatico-de-londres-2012-por-zaha-hadid-en-fotos-de-hufton-y-crow/>

<http://is-arquitectura.es/2012/07/12/centro-acuatico-londres-2012-zaha-hadid/>

Asociación fórum



Índice

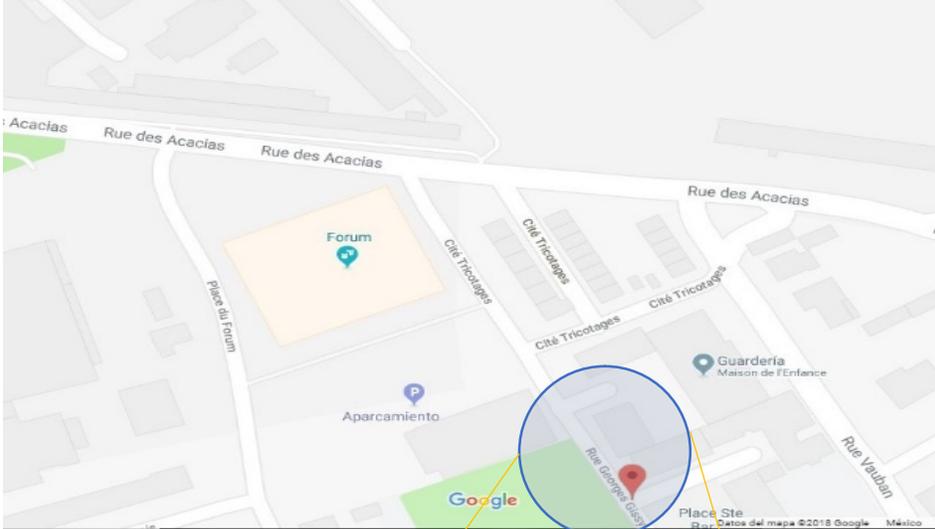
| | | |
|---|--|------------|
| 1 | Conceptos generales | 142 |
| 2 | Introducción aspectos específicos | 143 |
| 3 | Contenido | 144 |
| | 3.1 Planta | 144 |
| | 3.2 Cortes | 146 |
| | 3.3 Fachadas..... | 147 |
| 4 | Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado..... | 148 |
| 5 | Conclusiones | 151 |
| 6 | Referencias | 151 |

Conceptos generales

- **Nombre del proyecto:** Asociativa Fórum
- **País de origen:** Francia
- **Arquitectos:** Manuelle Gautrand Architecture
- **Ubicación:** lace Georges Gissy, 68300 Saint-Louis, Francia
- **Arquitecto a Cargo:** Cécile Ortolo
- **Área:** 5,713.00 m²
- **Año Proyecto:** 2015
- **Supervisión de Construcción en Sitio:**
- **Ingeniero Estructural:** AIC
- **Ingeniero Mecánico Eléctrico Plomería:**
- **Estimador de Costos:** CHOLLEY
- **Acústica:** JP LAMOUREUX
- **Cliente:** Ctiy of Saint Louis
- **Costo:** 9.7 m€



ubicación



111

Contenido del caso Anologo

Es un proyecto construido en Saint Louis en Francia por el despacho del arquitecto Manuelle Gautrand Architecture, el cual es una combinación de diferentes alturas y espacios que se conectan creando una uniformidad en el diseño, y que su cubierta es mediante una estructura metálica roja, misma que hace referencia a la arquitectura del lugar puesto que construcciones cercanas tienen colores y alturas similares.

El edificio, compuesto de 13 volúmenes distintos reunidos en un gran rompecabezas en el centro del sitio, es una respuesta armónica a las casas individuales de los alrededores.

Planta

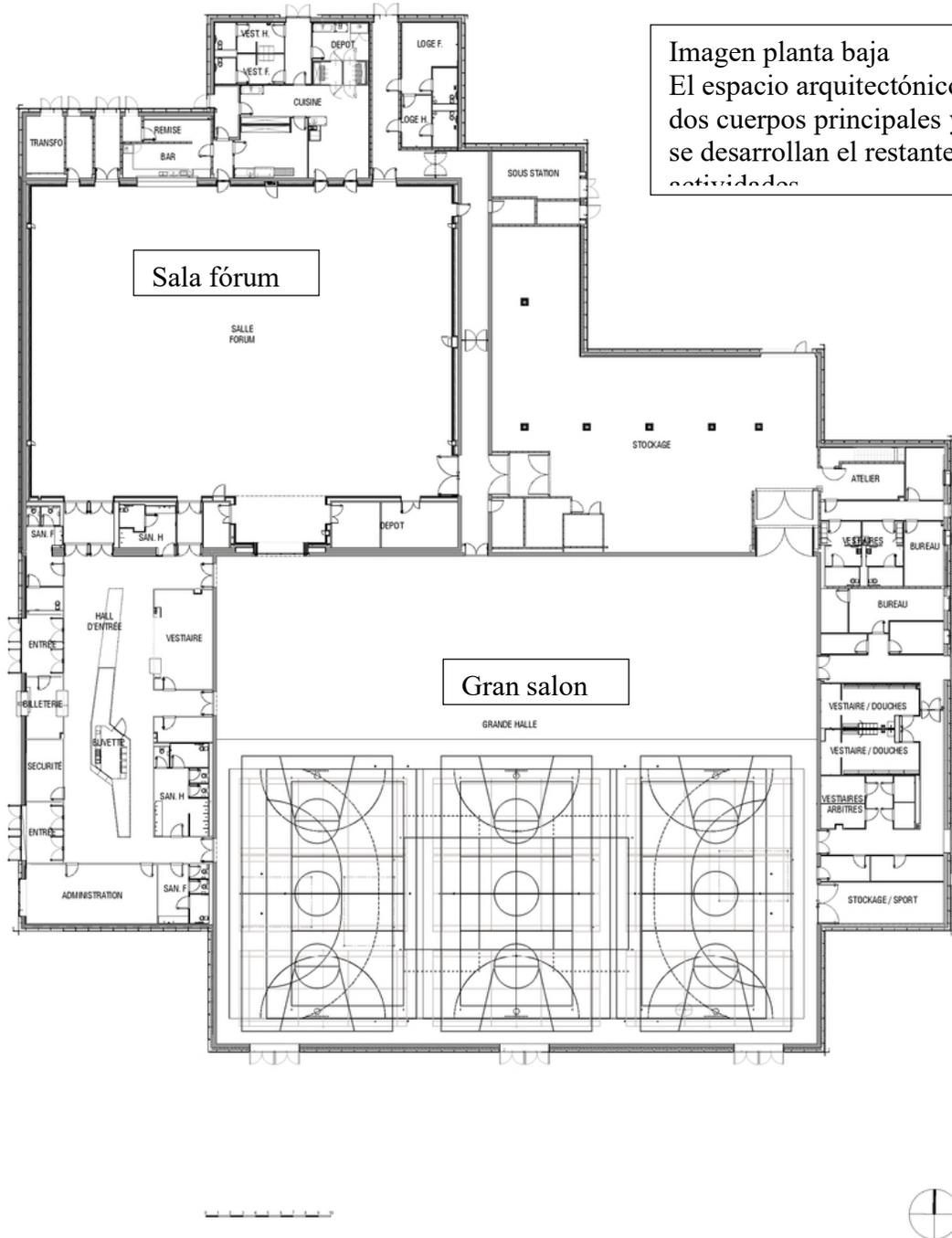
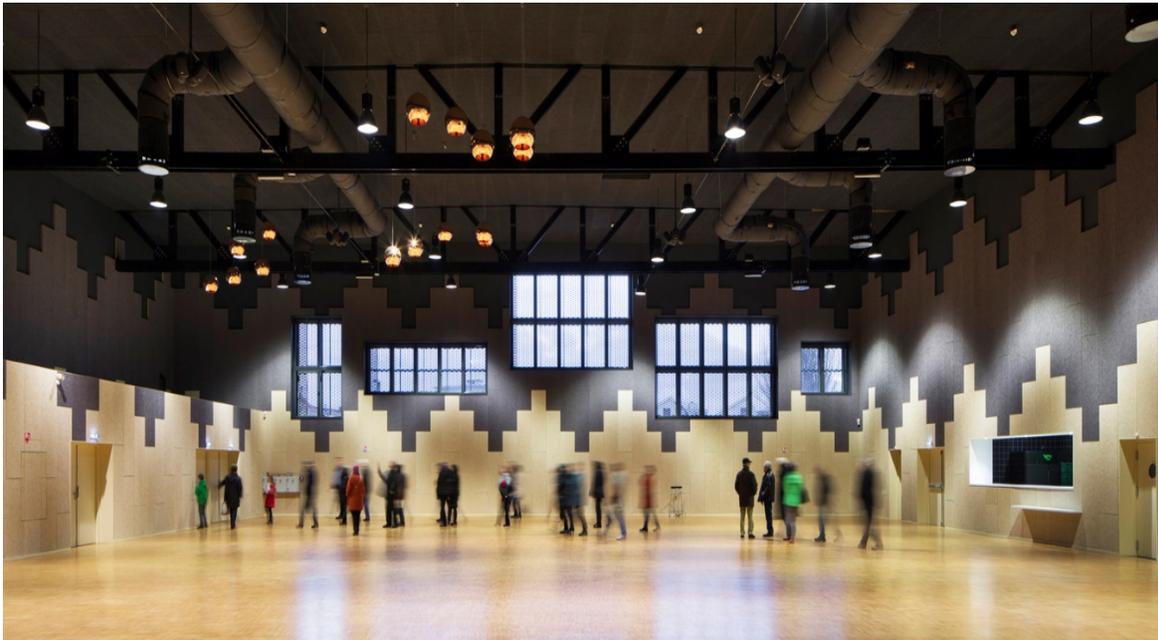


Imagen planta baja
El espacio arquitectónico se compone de dos cuerpos principales y sobre los cuales se desarrollan el restante de las actividades



La sala fórum es un espacio de grandes dimensiones que está iluminado en gran parte de forma lateral mediante ventanas de enorme dimensión, que dan hacia la calle, la iluminación artificial consta de lámparas ubicadas a gran altura permitiendo que la luz que incide en el suelo no obstaculiza o incomoda a los usuarios, así mismo estas están colocadas mediante una distribución uniforme del área, pero además donde son auxiliadas por otras lámparas de diferente tonalidad y menor potencia, mismas que no están situadas de forma reticular, sino que, están sobrepuestas solo en ciertas áreas.



Estas ventanas se encuentran ubicadas en la fachada oeste del inmueble permitiendo mayor incidencia solar al interior, durante la tarde.

De la misma manera el salón de mayor proporción que se encuentra en el lado sur de la construcción está iluminado mediante ventanas ubicadas a gran altura para evitar que la iluminación que se introduce dentro del inmueble perjudique las actividades.

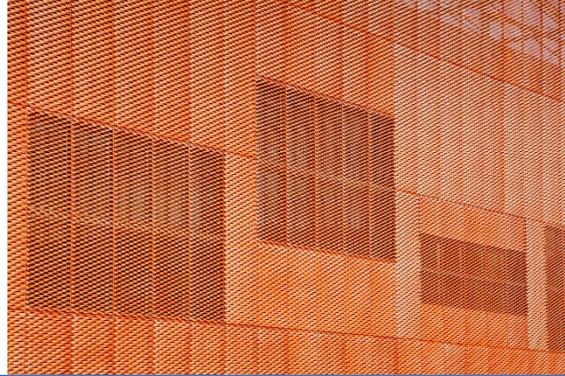
Se puede observar que dentro de este espacio es posible desarrollar cualquier actividad utilizando poca cantidad de energía eléctrica ya que gran parte de la luminosidad que se recibe proviene de los rayos solares que tocan la superficie del suelo sin ser un causante de incomodidad para los usuarios.

Gran salón

En este espacio se desarrollan la mayoría de las actividades deportivas.



*La edificación, cuenta
con iluminación
natural directa
horizontal, estas
ventanas están
cubiertas mediante
pequeñas celosías
metálicas que
envuelven el contorno
del inmueble*

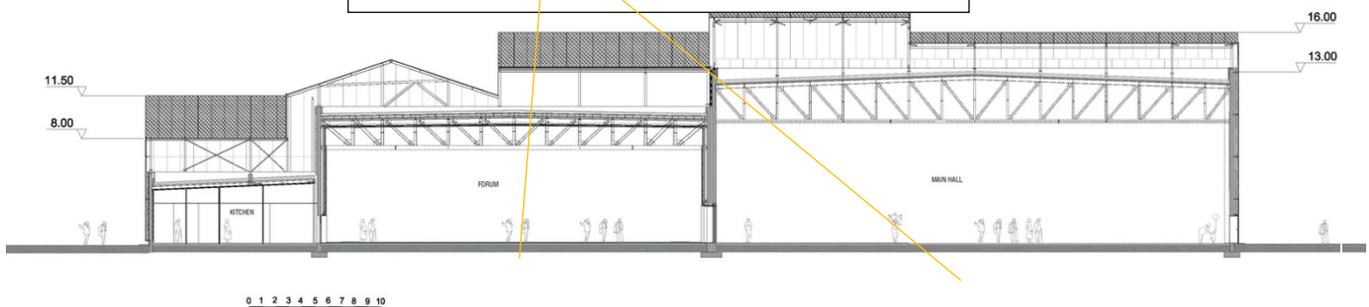


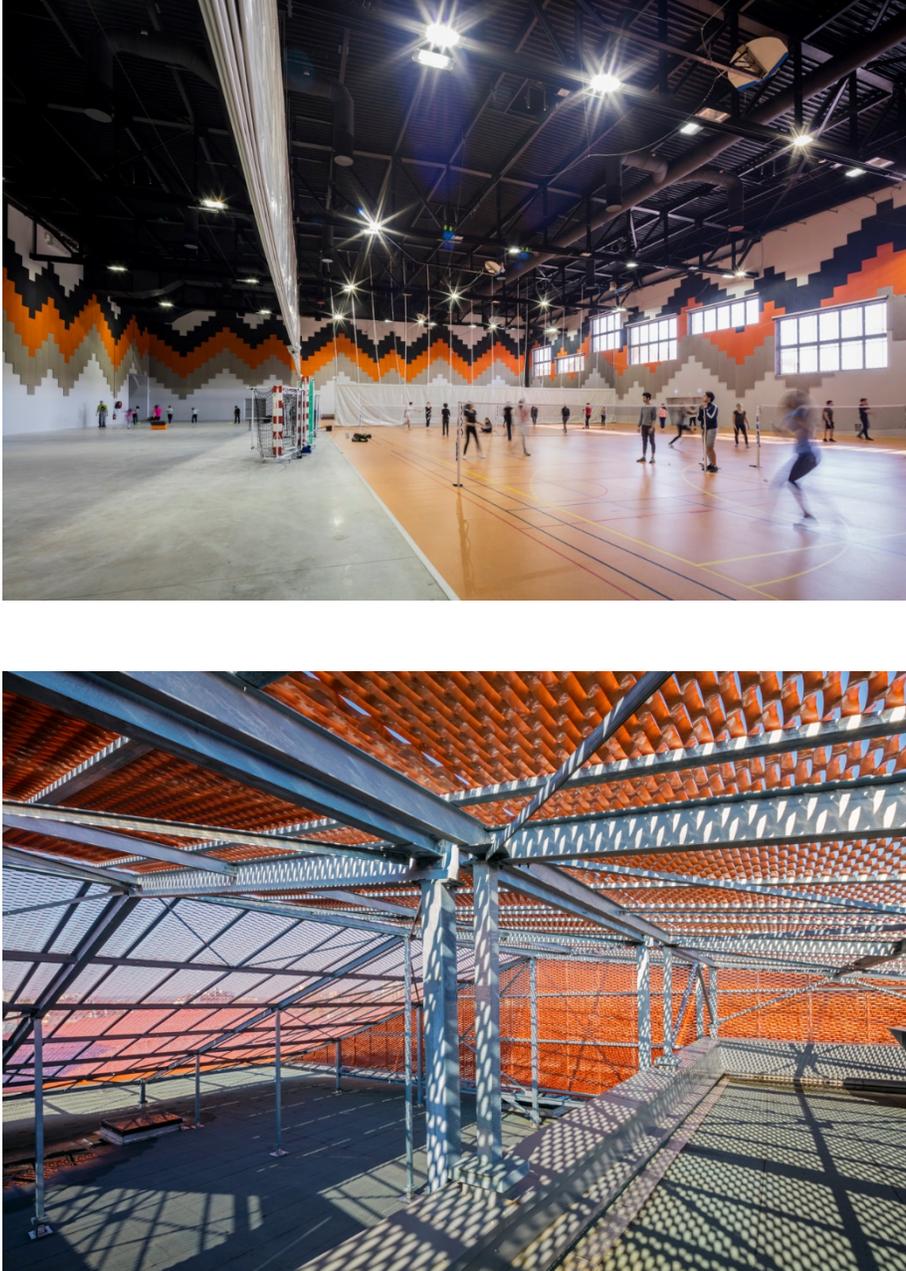
*La Iluminación
multilateral, esta
proporcionada
mediante ventanas
que se ubican sobre
toda la parte norte
de la construcción,
las cuales son en menor
proporción y tamaño
a la de los accesos.*



Cortes

En este corte se puede apreciar que la luz natural solo se puede recibir mediante la parte sur del inmueble

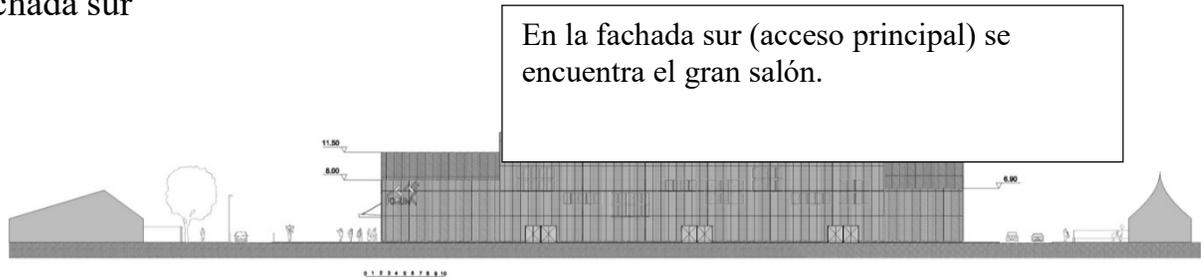


| <i>Sistema de Control solar utilizado</i> | Dibujar el sistema utilizado |
|---|---|
| <p><i>Sistema de iluminación directa y difusa, ya que, aunque esta puede ingresar al interior, toda la superficie del inmueble está cubierta por una celosía.</i></p> |  |

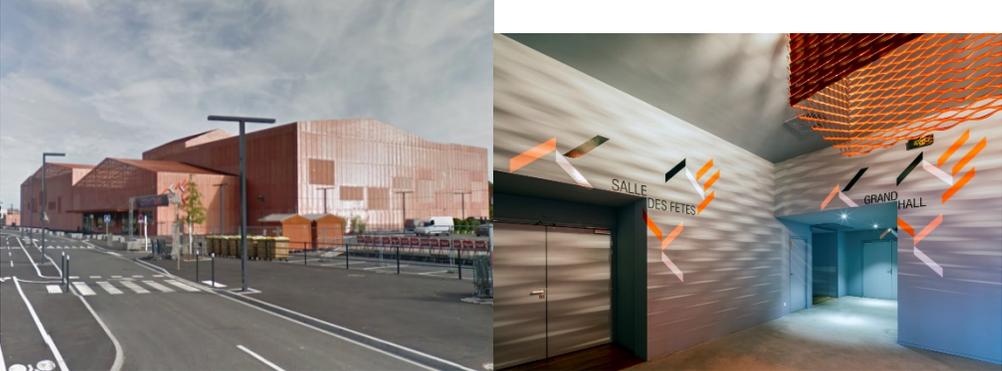
Fachadas

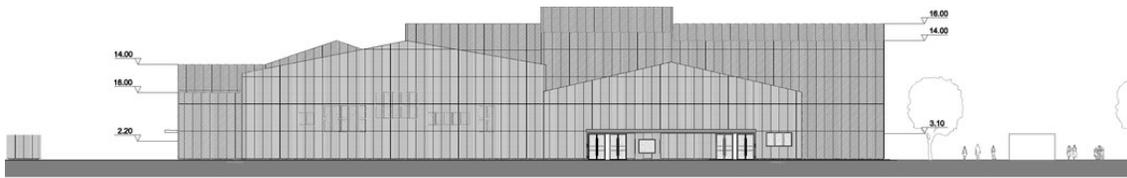
4. Fachada principal (fachada sur)
5. Fachada Posterior (fachada este)

Fachada sur



Élévation Sud - Place Gissy

| Sistema de Control solar utilizado | Dibujar el sistema utilizado |
|---|---|
| <p>La iluminación se transmite de forma directa en distintas proporciones ya que los tamaños de las ventanas son diversas además están ubicados a diferentes alturas para no sobre iluminar los espacios interiores.</p> |  |



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

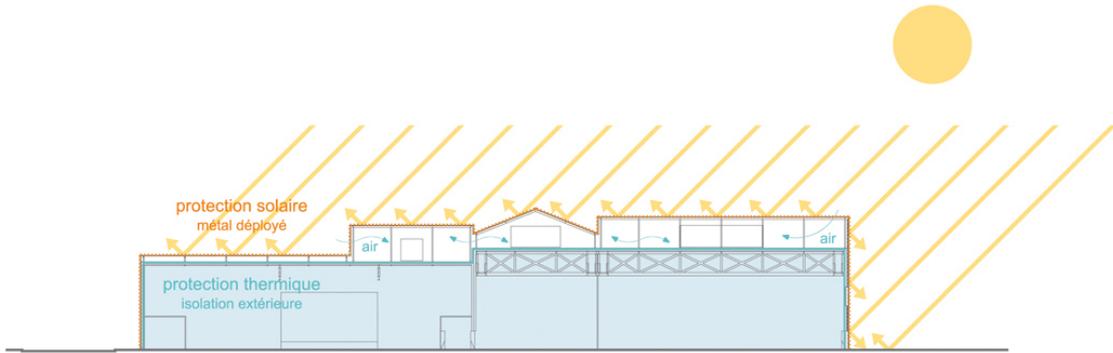
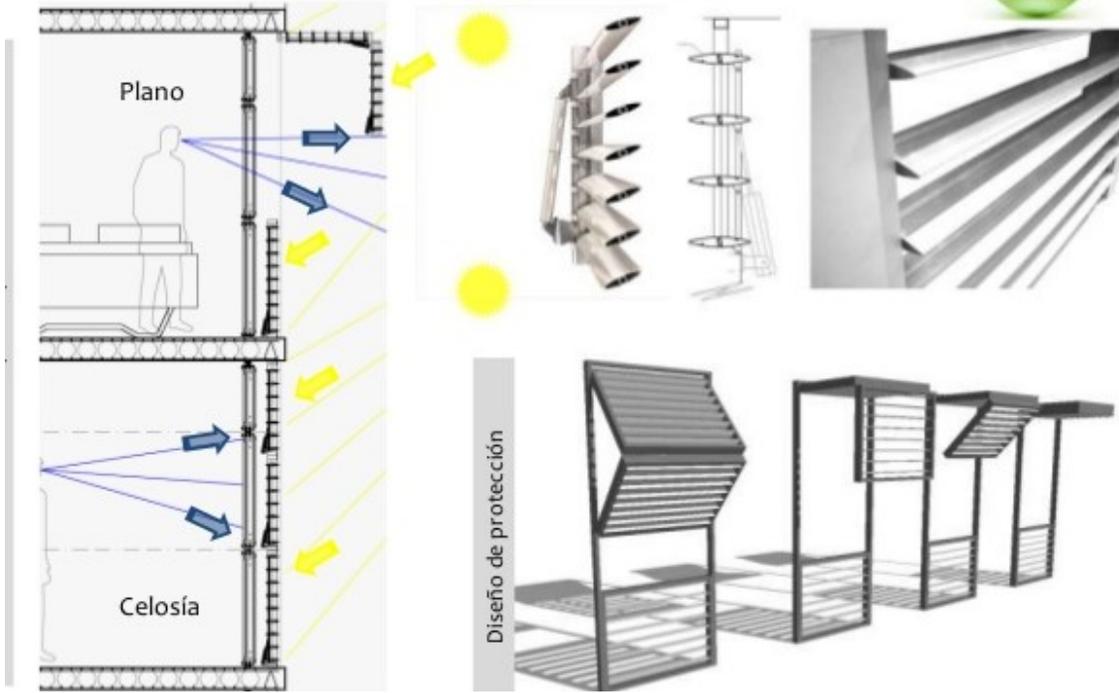
1 Est - Rue Lauly

| <i>Sistema de Control solar utilizado</i> | Dibujar el sistema utilizado |
|--|---|
| <p><i>Los grandes accesos mediante cristales permiten que gran parte de esta zona iluminada</i></p> |  |

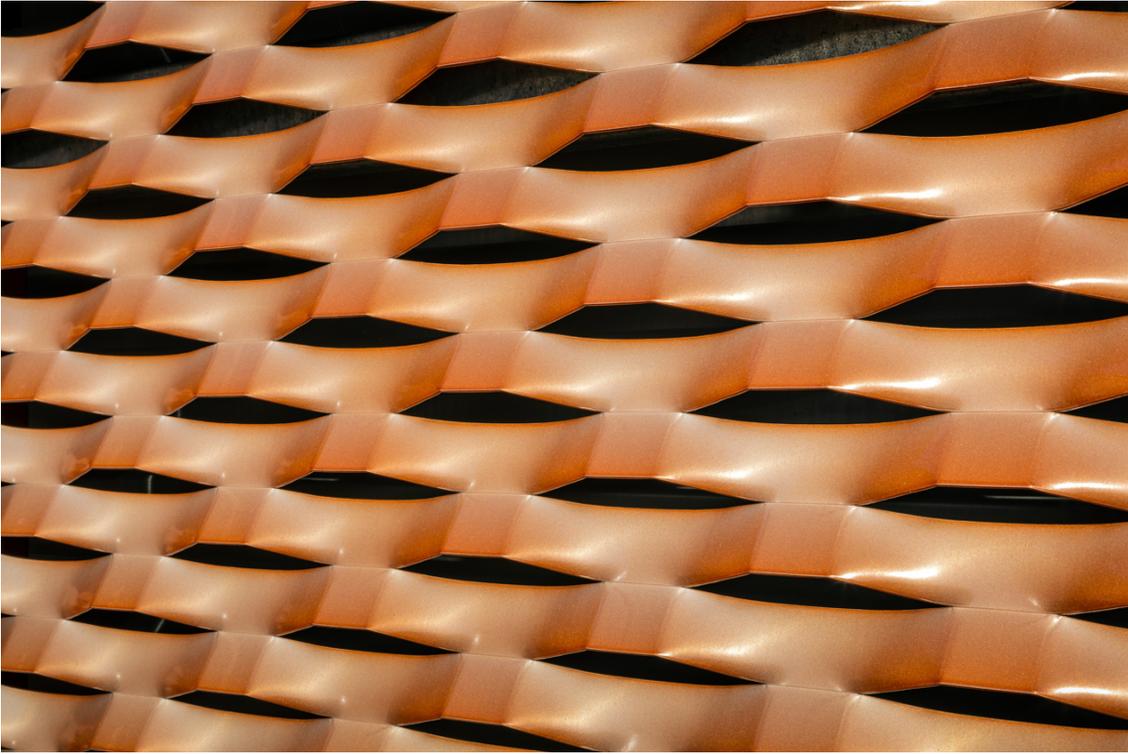
Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado.

Las celosías son dispositivos de protección pasivo ubicados sobre la estructura de las construcciones que nos permiten minimizar la incidencia solar dentro de un espacio al bloquear gran parte del calor que estos reciben, no así la iluminación, proporcionando de esta manera que los un ahorro energético y mayor confort visual para el desarrollo de actividades.

Tratamiento de fachada : Control solar







Conclusiones

El buen aprovechamiento de estos dispositivos trae consigo ventajas económicas, ecológicas además que pueden proveer un mayor confort para los usuarios. La cantidad de iluminación, así como su calidad, en comparación con los dispositivos electrónicos es algo que se debe de explotar en la mayor medida posible.

Referencias

Bibliográficas y electrónicas

<https://www.archdaily.mx/mx/785601/la-asociativa-forum-manuelle-gautrand-architecture>

Centro Deportivo y de Ocio “Juan Carlos Beiro”

PAIS: España



005

3.2.5. Centro Deportivo y de Ocio “Juan Carlos Beiro, PAIS: España

Índice

| | | |
|---|--|------------|
| 1 | Conceptos generales | 142 |
| 2 | Introducción aspectos específicos | 143 |
| 3 | Contenido | 144 |
| | 3.1 Planta | 144 |
| | 3.2 Cortes | 146 |
| | 3.3 Fachadas | 147 |
| 4 | Investigación del dispositivo de control solar pasivo utilizado..... | 148 |
| 5 | Conclusiones | 151 |
| 6 | Referencias | 151 |

Conceptos generales

- **Nombre del proyecto:** Centro deportivo y de Ocio Juan Carlos Beiro
 - **País de origen:** España
 - **Arquitectos:** IDOM
 - **Ubicación:** Langreo, Asturias, España
 - **Arquitecto a Cargo:** Javier Pérez Uribarri
 - **Proveedores:** Gradhermetic
-
- **Área:** 8,082 m²
 - **Año Proyecto:** 2006
 - **Supervisión de Construcción en Sitio:** Obra Civil Asturiana, S.A.
 - **Cliente:** Ayuntamiento de Asturia

Juan Carlos Beiro





XLII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA SOLAR PARA UNA SOCIEDAD SUSTENTABLE

CDMX DEL 5 AL 9 DE NOVIEMBRE

LA TECNOLOGIA SUSTENTABLE DE LOS SISTEMAS LUMINICOS DE ALTA EFICIENCIA EN LA ILUMINACION NATURAL APLICADA AL DISEÑO DE EDIFICACIONES DEPORTIVAS Y RECREATIVA

Mtra. Rocío E. Moyo Martínez y Mtro. Roberto G. Barnard Amosorrutia, Mtra. Evelyn Moreno Juanche
Departamento de Medio Ambiente, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana,
Azcapotzalco Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200, Delegación Azcapotzalco,
Ciudad de México, CDMX, Mexico.

Tel.53189189, rociomoyo@yahoo.com.mx, rbarnard@gmail.com, abioclimaticaposgcyad@correo.azc.uam.mx.

RESUMEN

Los edificios deportivos en la actualidad deben ofrecer condiciones de confort lumínico para sus ocupantes, aprovechando al máximo la iluminación natural e integrando sistemas de energía eléctrica con alta eficiencia energética. La aplicación de sistemas lumínicos de alta eficiencia se basa en el aprovechamiento de la componente directa de la radiación solar, particularmente en aquellas regiones climáticas donde predominantemente se presentan condiciones de cielo despejado durante la mayor parte del tiempo.

Estos sistemas de innovación basan su funcionamiento en la captación de la componente lumínica directa de la radiación solar y su re-direccionamiento por medio de múltiples inter-reflexiones en diversos elementos y partes de estos sistemas, hasta introducir la iluminación natural al interior de las edificaciones en condiciones favorables establecidas para que los ocupantes realicen múltiples actividades y tareas visuales en condiciones de confort lumínico, al mismo tiempo que se obtienen importantes ahorros de energía eléctrica. El confort lumínico se entiende a partir de los conceptos de deslumbramiento contraste así como la falta de uniformidad lumínica, fenómenos ligados a la forma en que se ilumina un espacio, al nivel de iluminación del mismo, la percepción visual del usuario que estará determinado por su edad y género.

El impacto de las estrategias de diseño lumínico en el proyecto de investigación se experimentará mediante la incidencia solar a partir de los nuevos dispositivos de alta eficiencia de iluminación natural. Los dispositivos de control solar permiten la incidencia lumínica al interior del espacio de las edificaciones deportivas y recreativas, con los requerimientos mínimos de iluminación establecidos por la normatividad nacional e internacional. Se tomará en cuenta el análisis arquitectónico previo, que permite la utilización del dispositivo de alta eficiencia energética correcto, que impacten con un mayor ahorro de energía a la edificación.

ABSTRACT

The sports buildings today must offer conditions of light comfort for their occupants, taking full advantage of natural lighting and integrating electrical energy systems with high energy efficiency. The application of light systems of high efficiency is based on the use of the direct component of the solar radiation, particularly in those climatic regions where predominantly they present conditions of clear sky during the greater Part of the time.

These systems of innovation base their operation in the capture of the direct light component of the solar radiation and its re-addressing by means of multiple inter-reflections in various elements and parts of these systems, until introducing the Natural lighting to the interior of the buildings under favorable conditions established so that the occupants carry out multiple activities and visual tasks in conditions of luminous comfort, while obtaining important energy savings Electric. The Comfort Light It is understood from the concepts of dazzling contrast As well as the lack of light uniformity, phenomena linked to the way in which a space is illuminated, to the level of lighting of the same, The visual perception of the user that will be determined by age and gender.

The impact of design strategies Light In the research project will be experimented by the solar incidence from the new devices of high efficiency of natural illumination. The solar control devices allow the light incidence within the space of the sports and recreational buildings, with the minimum lighting requirements established by national and international regulations. It will take into account the previous architectural analysis, which allows the use of the correct high energy efficiency device, which impact with a greater energy saving to the building.

Palabras claves: iluminación natural, ahorro de energía, edificios deportivos, confort lumínico, incidencia lumínica, modelos tridimensionales.



XLII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA SOLAR PARA UNA SOCIEDAD SUSTENTABLE

CDMX DEL 5 AL 9 DE NOVIEMBRE

INTRODUCCION

La iluminación natural constituye una alternativa válida para la iluminación de interiores y su aporte es valioso no sólo en relación con la cantidad sino también con la calidad de la iluminación, esto permite que un proyecto arquitectónico pueda ser sustentable en el rubro de iluminación. En relación a la iluminación artificial, la iluminación natural presenta diversas ventajas que tienen que ser consideradas dentro del diseño de iluminación; la principal ventaja es provista por una fuente de energía renovable proveniente del sol, promoviendo el ahorro de energía. Una iluminación natural bien diseñada puede cumplir con los requerimientos de iluminancia de entre un 60-90% del total con horas de luz natural, lo que tiene un potencial de ahorro en energía eléctrica de hasta el 90% en edificios de uso diurno, como es en el caso de aplicación de edificios deportivos. Puede proporcionar niveles de iluminancia homogénea interior de alrededor de 1000 luxes, siendo controlados con dispositivos de control solar de alta eficiencia. La luz solar directa introduce menos calor por lumen que la mayoría de las fuentes de iluminación eléctrica. Tiene la particularidad de ser dinámica, la visión humana está desarrollada de manera que evidencia cierta adaptación a las características de la luz natural y de sus cambios. Además, sus continuos cambios son favorables como efecto estimulante. Integra otros elementos que favorecen la satisfacción de las necesidades biológicas y psicológicas de ritmos naturales hace visible el entorno asegura una conexión con el ambiente exterior.

OBJETIVO GENERAL

El Diseño Lumínico de espacios es un paradigma indispensable para el diseño de espacios arquitectónicos sustentables que buscan una forma eficiente en su utilización, en el ahorro de la energía de las edificaciones. Una parte importante en las construcciones es el confort lumínico; que aunque existen normas y reglamentos que especifican los valores y recomendaciones de lux para cada uso, son prácticamente no supervisados, ni verificados durante la entrega del proyecto o el desarrollo de la obra. Pero aun así, son estrategias de diseño indispensables para lograr un confort lumínico para sus usuarios y más aún una importante medida de ahorro de energía en los proyectos arquitectónicos. Describiremos herramientas y lineamientos fácil de utilizar para lograr estas importantes estrategias sustentables del diseño bioclimático.

OBJETIVO ESPECÍFICO

La investigación se realiza sobre el diseño lumínico de proyectos arquitectónicos de espacios dedicados a la recreación y a los deportes, se desarrollan modelos físicos a escalas que representan con mucha fidelidad la configuración de los espacios, las dimensiones a escala, los colores y las texturas del proyecto; igualmente se aplican propuestas de diseño de iluminación natural aplicables a estos espacios. Se demuestra que las estrategias de iluminación natural puedan aportar un beneficio en el confort lumínico y un ahorro en la energía utilizada para la iluminación artificial. Esto se logra con mediciones lumínicas de los modelos y con comparativas del gasto energético de la iluminación artificial que se hubiera requerido si los proyectos no contaran con estrategias y dispositivos sustentables de iluminación natural.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO LUMÍNICO

En el diseño de iluminación ambiental se debe controlar el exceso de luz para estar dentro de los parámetros recomendados según la actividad a realizar. Las estrategias de iluminación natural se enfocan en las siguientes estrategias:

Captación solar: es la proporción de luz solar que se transmite a través de los vidrios hacia el interior del espacio arquitectónico. La calidad de la luz dependerá de la naturaleza o del tipo de pared vidriada, de su rugosidad, espesor y limpieza. Las obstrucciones naturales pueden construir una barrera para la radiación.

Las **múltiples reflexiones de los rayos solares** al edificio producen un efecto variado dependiendo de las condiciones externas (tipo de cielo, fenómenos atmosféricos, estación, hora del día y lo despejado del sitio específico (es decir, ausencia de otras obstrucciones físicas en la trayectoria de la luz solar.) Pero también en función del emplazamiento, la orientación, la inclinación, el tamaño y el tipo de vidrio.

Distribución de la luz natural: la luz natural se refleja en el conjunto de superficies internas en mayor medida mientras menos obstrucciones físicas o vegetales se tengan y se considere la geometría local o al mobiliario. También la condiciona el tipo de recubrimientos de la superficie (mates o claros). Incluso el empleo de vidrios o sistemas reflectantes que permiten a la luz alcanzar el fondo del local.

La Focalización de la Luz: se utiliza cuando se requiere que la luz enfatice bien un espacio o bien un objeto particular. La iluminación cenital o lateral alta crea un contraste luminoso importante a partir de la iluminación ambiental.

En el **Análisis Arquitectónico** se distinguen los espacios iluminados, los elementos que permiten la penetración de luz y los sistemas de control de iluminación natural. Dentro de las estrategias de diseño de los espacios arquitectónicos se consideran los elementos que permiten el paso de luz, como lo son los de tipo lateral (ventanas, repisas de luz, muros transparentes), cenital (claraboya o tragaluz, ductos lumínicos, domos) o la combinación de ambos. Los sistemas de control de luz dependen de la calidad y acabados de los materiales (vitrales, vidrios translucidos o bien opacos, protecciones solares, obstrucciones naturales del entorno, etcétera).

El impacto de las estrategias de diseño en el proyecto de investigación, se dio mediante la captación solar a partir de los nuevos dispositivos de alta eficiencia de iluminación natural, mediante la utilización de las múltiples reflexiones de los rayos solares dirigidos al interior o exterior de los diferentes dispositivos con materiales diversos de alta reflectancia. Los diferentes dispositivos reparten la luz natural al interior del espacio, con los requerimientos mínimos de iluminación establecidos por la normatividad nacional e internacional. Se tomó en cuenta el análisis arquitectónico previo, que permite la utilización del dispositivo de alta eficiencia energética correcto, que impacten con un mayor ahorro de energía a la edificación. En la aplicación del caso de estudio es importante considerar las estrategias de diseño para poder evaluar el proyecto. Esto permite proponer el dispositivo de alta eficiencia energética de iluminación natural, con óptimos niveles de confort lumínico, que permitan que el proyecto sea sustentable.



XLII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA SOLAR PARA UNA SOCIEDAD SUSTENTABLE

CDMX DEL 5 AL 9 DE NOVIEMBRE

MÉTODOS DE PREDICCIÓN DE ILUMINACIÓN.

A partir de la identificación de los principios físicos que envuelven el fenómeno lumínico, así como de la definición de las unidades y ecuaciones básicas se han planteado diferentes métodos para predecir y calcular la cantidad y distribución de dichos fenómenos en los espacios a estudiar. Estos métodos de predicción contemplan generalmente el desarrollo de cálculos matemáticos, procedimientos gráficos, o evaluaciones a escala o *in situ*. En cuanto a las diferentes herramientas para la evaluación de la iluminancia se mencionan las más comunes. Los métodos de predicción son fundamentalmente: Métodos Matemáticos, Método de Modelos Físicos tridimensionales, Métodos Computacionales. Estos métodos de predicción de iluminación permiten realizar un análisis cuantitativo mediante el estudio del comportamiento lumínico dentro de una edificación, a partir de la observación en el proceso de experimentación para determinar los niveles de iluminación en el área a estudiar.

Métodos Matemáticos, es preciso destacar que cualquier predicción matemática describe una situación únicamente aproximada, ya que en la realidad los factores que intervienen son innumerables y cambiantes, además de que los propios modelos suelen concebirse a partir de situaciones específicas que difícilmente se repiten en la práctica. Modelos de Pre-dimensionamiento Matemático como es el Método de Cálculo del Factor de Día y el Método del Lumen o Método del Flujo Total. Como se mencionó anteriormente, el Método del Factor de Día se le conoce comúnmente como el “*Daylight Factor Method*”. El objetivo es conocer la cantidad de luz existente en el ambiente interior; así como su distribución. El cálculo permite conocer las condiciones interiores en relación con unas exteriores que son combinables. Los resultados se presentan en porcentajes respecto al nivel exterior: “Factores de Iluminación Natural” (FIN) o *Daylighting Factors* (DF). Este método permite conocer aproximadamente la cantidad de luz que penetra en el espacio y deduce a partir de ello la iluminancia media resultante en el plano de trabajo. La distribución de la luz en el interior es irregular, sólo en el caso de sistemas cenitales difusores o de evaluaciones generales comparativas, puede considerarse útil. El método de cálculo de Factor de Día, aplicado en el proceso metodológico en la fase del proceso del análisis del monitoreo, determina el factor de confort lumínico dentro del espacio arquitectónico. El segundo modelo de predimensionamiento aquí presentado es el Método del Flujo Total, también llamado Método del Lumen¹. Éste llega a ser bastante útil por la rapidez en el cálculo y su aproximación a la realidad. Se basa en el principio de identificar la cantidad de luz que penetra por la abertura y a partir de las características internas del espacio, deduce la que llegara al plano de trabajo. Se obtiene un promedio aproximado de la iluminancia del ambiente, no la distribución de la luz sobre el plano de trabajo. Debido a las condiciones lumínicas particulares y representativas, con dicha distribución se puede llegar a deducir la correspondiente al plano de trabajo de manera muy aproximada. El método de lumen en la presente investigación no fue utilizado ya que este, se aplica como método de cálculo de iluminación artificial.

MÉTODO DE MODELOS FÍSICOS TRIDIMENSIONALES. PARA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ NATURAL

El **Método del Modelo Físico Tridimensional** o **Modelo a Escala** está correctamente construido: considerando que los porcentajes de transmitancia sean semejantes a la realidad, una distribución exacta e igual del espacio, que hace escala de la transmitancia del modelo tridimensional del espacio en proporción 1:1, hace posible la reproducción de iluminación natural en el interior del espacio, no solo por el aporte de la luz directa que ingresa, sino además por la reflexión en las superficies internas del mismo. En los modelos escala la reproducción de la luz es semejante a la realidad por las múltiples reflexiones que ésta tiene al interior de un espacio. (Figura 1 y 2)



Figura 1. Comparativo del Modelo Físico tridimensional.



Figura 2. Persepectiva de la fachada del Edificio Real.

¹ Método del Lumen total o bien conocido como el Flux Method, este método se utiliza para la distribución de la energía eléctrica.



Se define como una herramienta de análisis de proyección arquitectónica que determina niveles de luz de día aproximados en un espacio real, permitiendo hacer una valoración a escala de un edificio semejante a la realidad. Son útiles para tomar decisiones de afinación de diseño de los sistemas de control lumínico a esto se le llama un modelo a escala calibrado. A continuación se observa el modelo tridimensional calibrado en donde se realizó una simulación de la transmitancia de materiales y colores semejando la realidad del edificio a estudiar. (Figura 3 y 4).



Figura 3. Modelo Tridimensional Calibrado vista al interior.



Figura 4. Vista interior del edificio real.

La realización de maquetas de estudio permite evaluar la calidad del espacio iluminado. La elaboración de modelos a escala para estudios de iluminación constituye en uno de los procedimientos experimentales para análisis y simulación de luz natural de mayor efectividad frente a procedimientos analíticos y gráficos, permitiendo hacer evaluaciones de este recurso bajo condiciones de cielo exterior y cielo artificial. Para poder establecer los valores de Factor de luz natural pueden realizarse mediciones de iluminancia exterior e interior simultáneamente. Los métodos de predicción de modelos físicos tienen un papel fundamental en la aplicación del caso de estudio para determinar el número de pruebas en base de las variables de diseño que se consideran para el dispositivo de alta eficiencia energética. Es importante resaltar que con base en los métodos de predicción de modelos físicos se realizó el diseño de las hojas de cálculo por métodos matemáticos, que contienen los valores de las mediciones con los datos del monitoreo, aplicando las fórmulas de factor de día y transmitancia de materiales para la obtención de un proceso de evaluación y análisis lumínico. En la presente investigación se utilizó el modelo a escala calibrado, permitiendo realizar las mediciones en diversas condiciones lumínicas con diferentes tipos de cielo, para ser monitoreado, evaluado y analizado en el proyecto de caso de estudio

DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO EDIFICIO POLIDEPORTIVO BATLLE I ROIG ARQUITECTES

Se encuentra ubicado en Carrer de Manuel Florentín Pérez, 15, 08950 Esplugues de Llobregat. Barcelona, España
El edificio cuenta con sistemas de control solar y sistemas de sombreado es un aspecto importante para determinar las estrategias de diseño para la eficiencia energética. El confort lumínico dentro del edificio se realiza mediante el control de deslumbramiento y la reducción de los índices de contraste. Esto tiende la mayoría de las veces a incrementar la satisfacción y productividad del usuario al realizar actividades deportivas. También hay que mencionar que los sistemas de sombreado ofrecen la oportunidad de diferenciar la fachada de un edificio con el de otro. El sombreado se realiza por medio de sistemas de control solar pasivo proporcionado por el paisaje natural o utilizando elementos de construcción tales como; toldos, voladizos y enrejados. Los sistemas de control pueden también funcionar como reflectores, que rebotan la luz natural del exterior hasta el interior del edificio. Los sistemas de control solar están diseñados y fabricados para aplicaciones verticales, horizontales en ángulo para satisfacer los requerimientos del diseño. Los sistemas por utilizar serán fijos, motorizados, de deslizamiento, de rodadura, las propuestas permiten la elaborados en diferentes materiales

EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS CON SISTEMAS PARA CONTROL DE LUZ NATURAL CON DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

En la actualidad los edificios deben buscar una sustentabilidad energética, que permita disminuir consumos de gasto de energía mediante nuevas alternativas de iluminación natural como son los sistemas pasivos de control solar cenital combinado con dispositivos de iluminación lateral con control de iluminación indirecta. En el Caso de Estudio se propuso un sistema de iluminación horizontal que permitiera iluminar el área de las actividades deportivas sin afectar su funcionamiento, a partir de la mayor utilización diurna, sin consumir energía eléctrica a partir de un sistema de innovación tecnológica, como es el control de la iluminación natural horizontal indirecta.



XLII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA SOLAR PARA UNA SOCIEDAD SUSTENTABLE

CDMX DEL 5 AL 9 DE NOVIEMBRE

Deben diseñarse de tal manera que no provoquen deslumbramientos indeseables dentro del campo visual de los ocupantes de los edificios. El uso de la luz natural horizontal guiada hacia el interior de la edificación mediante dispositivos de captación características que se deberán considerar son la orientación del edificio con respecto a la incidencia de luz natural directa e indirecta, apegándose a la normatividad existente, así como la unificación de los niveles lumínicos, es decir, el control del deslumbramiento para obtener el confort lumínico del usuario adecuado para la realización de actividades deportivas.

La Iluminación de horizontal: Es la relación entre la luz del sol y la latitud donde se encuentre el edificio esto permite realizar cálculos de incidencia lumínica que dan como resultado una propuesta de diseño. El uso de colores claros en los pisos así como de madera en la estructura y cubierta logran que la luz sea más intensa y que se refleje de una mejor manera. Iluminación lateral: La luz llega desde una abertura ubicada en los ventanales acristalados laterales intercalados con su transparencia para generar ambientes distintos en el espacio interior forma parte importante de la iluminación general. Si nos movemos, alejándonos de la ventana, el valor de la iluminación directa decrece rápidamente y la proporción relativa de la componente indirecta (reflejada y difusa) se incrementa. En la Figura 5 se observa como los dispositivos de control solar bilateral permiten un ahorro energético, por tal motivo se puede considerar que el diseño del edificio es sustentable, esto disminuye los consumos de energía durante el uso del espacio, por lo que se consideran ventajas económicas importantes y de ayuda al medio ambiente.



Figura 5 Modelo a Escala Vista del Interior como la iluminación natural.

En el proceso de búsqueda de la mejor solución en las ventanas de cristal, se manejó el intercambio de diferentes tipos de material, como fue la utilización de vidrio templado opaco y para futuras propuestas se plantea utilizar el uso de color en los vidrios para visualizar los reflejos de la luz indirecta lateral con diversos colores generando diferentes atmósferas y al mismo tiempo proporcionar la cantidad de iluminación natural al edificio correspondiente a un diseño sustentable. (Figura 6 y 7)



Figura 6 y 7. Modelo a escala interior. Distribución espacial de los dispositivos de control horizontal bilateral.



XLII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA SOLAR PARA UNA SOCIEDAD SUSTENTABLE

CDMX DEL 5 AL 9 DE NOVIEMBRE

La distribución espacial se determinó de acuerdo al flujo luminoso que emiten para lograr condiciones de uniformidad en el espacio analizado para que su relación de uniformidad resulte de acuerdo a los estándares internacionales respectivos tomando en cuenta el nivel de iluminancia que se requiere para este tipo de espacios.

CONCLUSIONES

Los modelos físicos tridimensionales a escala o calibrados proporcionan cuantitativamente datos para el estudio de iluminación natural de los proyectos arquitectónicos; mediante la evaluación en modelos a escala se pueden realizarse bajo una bóveda celeste natural o en un cielo artificial. Son ensayos tridimensionales que representan diferentes condiciones de iluminación, comprobando así su funcionamiento para efectuar mediciones comparativas que permitan establecer soluciones de adecuación, que se convierten en diseños de alternativas específicos de cada caso; de tal forma que en el modelo se puedan simular las diferentes condiciones de inclinación y difusión de luz solar, permitiendo una medición luxométrica representativa de la transmisión total y distribución de la iluminación. Son ideales para un estudio paramétrico, a partir de modelos con techos y paredes móviles para comprobar diferentes opciones de diseño. Muestran la interacción de la luz con las superficies, permitiendo la toma de secuencias foto gráficas para determinar el comportamiento de la entrada de luz natural, de una manera gráfica para su estudio y documentación. La determinación del uso de las instalaciones para la realización de las actividades deportivas durante el día se realizarán con el mínimo de utilización de iluminación artificial siendo una estrategia sustentable que aseguren el ahorro energético por concepto de iluminación natural, es decir que pueda representar una buena factibilidad en un análisis costo-beneficio.

El diseño lumínico se complementará con luminarias de alta eficiencia energética hacia la sustentabilidad que se encuentren dentro de los estándares de bajo consumo energético siendo estas de nueva generación que consuman la mínima cantidad de watts para que el mantenimiento en cuanto al costo de energía se vea reducido significativamente por lo menos en un 40%. La investigación demuestra un amplio grado de confiabilidad en los modelos físicos.

REFERENCIAS

- ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2001, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings - ANSI Approved, NY, 2002.
- Cantarell, Jorge. Geometría, Energía Solar y Arquitectura. México, D.F. 1990. Editorial Trillas .
- Crowther, Richard L. Ecologic Architecture. Butterworth Architecture. 1992.
- Diaz, Ernest. La Arquitectura y el Sol. Protección Solar de los edificios. 1967. Gustavo Gili.
- DMP, Internacional Daylighting Measurement Program, forma parte de CIE, Comisión Internacional de Eclairge , 1991
- Evans, Martin. Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. 1985. EUDEBA. Buenos Aires.
- García Chávez, J. R. Estrategias para el Aprovechamiento de la Luz Natural e Integración con Iluminación Eléctrica en Edificaciones en Climas Cálidos para Ahorro de Energía y Confort Lumínico. Memorias de ANES, México, 2002. pp207-212.
- InGonzález, Eduardo/ Hinz, Elke. Proyecto, Clima y Arquitectura. Gustavo Gili, Barcelona.1986.
- Moyo, R. E., 2009. *Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia Energética para el Aprovechamiento de la Iluminación Natural*. UAM Azcapotzalco Tesis de Maestría. México DF.
- Moore, Fuller. Concepts and Practice of Architectural Daylighting. Van Nostrand Reinhold. 1993.



XLII SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR

ENERGÍA SOLAR PARA UNA
SOCIEDAD SUSTENTABLE

CDMX DEL 12 al 16 DE NOVIEMBRE



Invitation XLII SNES ANES

To Whom It May Concern

ANES (Mexican National Solar Energy Association) is organizing the XLII SNES ANES , which will take place in Palacio de Minería, del 12 al 16 de Noviembre 2018. The objectives of this congress are to promote scientific research of environmental technologies and encourage the use of renewable energy worldwide.

The Congress' Scientific Committee certifies that "Mr Rocio Elena Moyo Martinez" has the following abstracts accepted for participation at the XLII SNES ANES :

Abstract: 122

Title: La Tecnología Sustentable De Los Sistemas Luminicos De Alta Eficiencia Enla Iluminacion Natural Aplicada Al DiseNo De Edificaciones Deportivas Y Recreativas

Coauthors:

ROBERTO BARNARD AMOZURRUTIA (UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA, AZCAPOTZALCO)

Looking forward to have "Mr Rocio Elena Moyo Martinez" and "coauthors" participation at the XLII SNES ANES .

Sincerely yours,

Lic Sergio Arnaud Galguera
XLII SNES ANES Scientific Committee Chair

Primer Avance del Proyecto de investigación

PROYECTO N-422

“La Tecnología Sustentable de los Sistemas Lumínicos de Alta Eficiencia en la Iluminación Natural Aplicada al Diseño de Edificaciones Deportivas y Recreativas”



- **Investigación del caso Análogo para la realización del modelo tridimensional a escala calibrado.**
- **Experimentación: Realización de monitoreo de Iluminación natural**

**Mtra. Roci Elena Moyo Martinez
Responsable del Proyecto de Investigación.**

Mayo 2019



Edificio Polideportivo
Batlle i Roig Arquitectes.



BATLLE I ROIG ARQUITECTES

UBICACIÓN: DIRECCIÓN: CARRER DE MANUEL FLORENTÍN PÉREZ, 15, 08950 ESPLUGUES DE LLOBREGAT, BARCELONA, ESPAÑA

AUTORES: ENRIC BATLLE, JOAN ROIG

COLABORADORES: FRANCESC PUIG, ORIOL MARIN, GERARDO RODRÍGUEZ

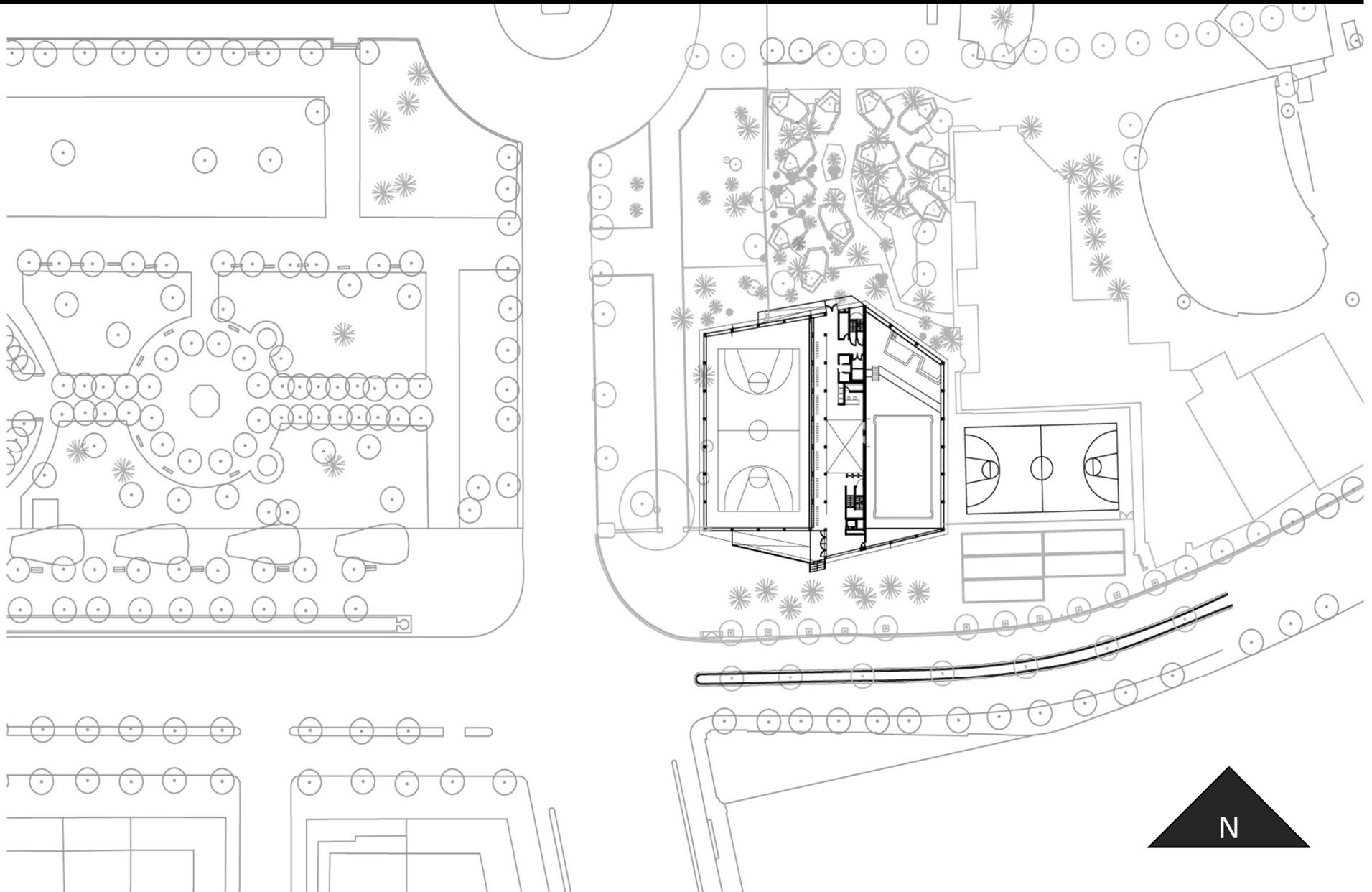
ÁREA: 4300.0 M²

AÑO PROYECTO: 2005

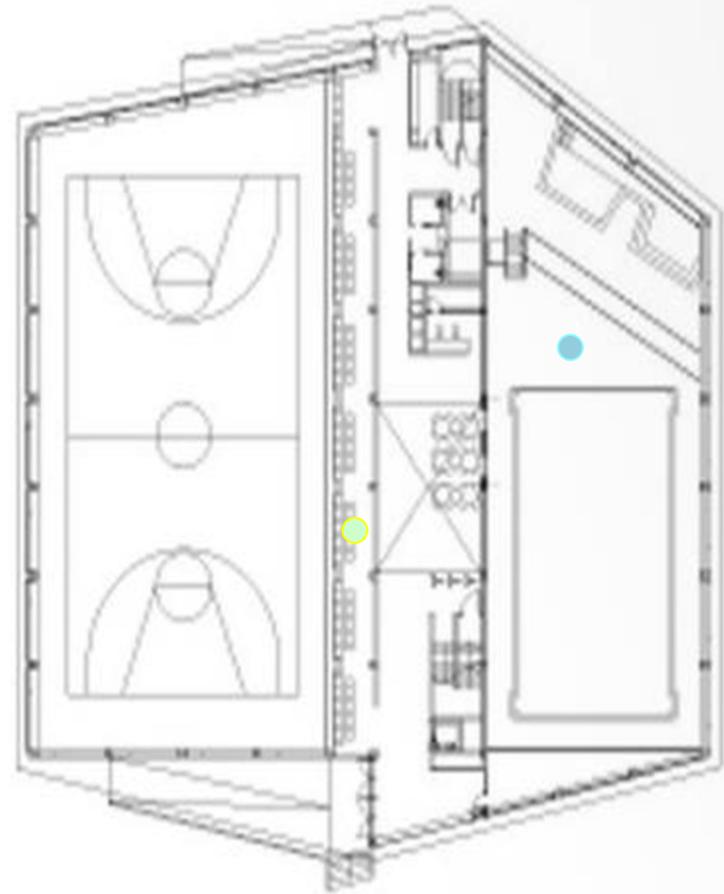
FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

PLANTAS
ARQUITECTONICAS
(RESUMEN FOTOGRAFICO)

PLANTA DE CONJUNTO



Sótano 1



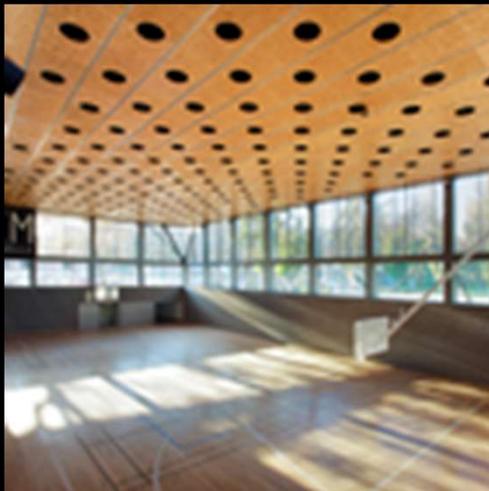
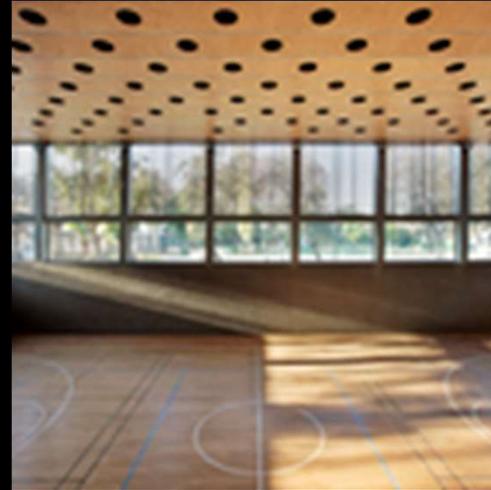
Planta Baja

● ● ● Fotografía de ese punto.

CANCHA DE DUELA



FOTOGRAFÍAS JOSÉ HEVIA

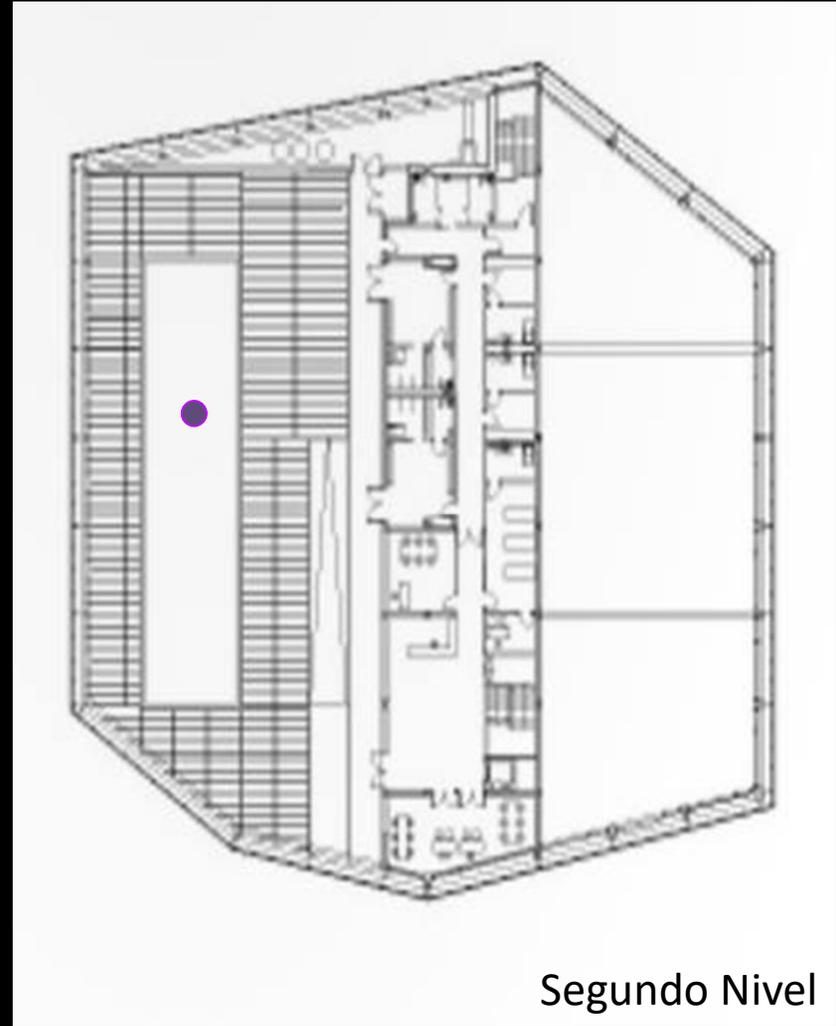
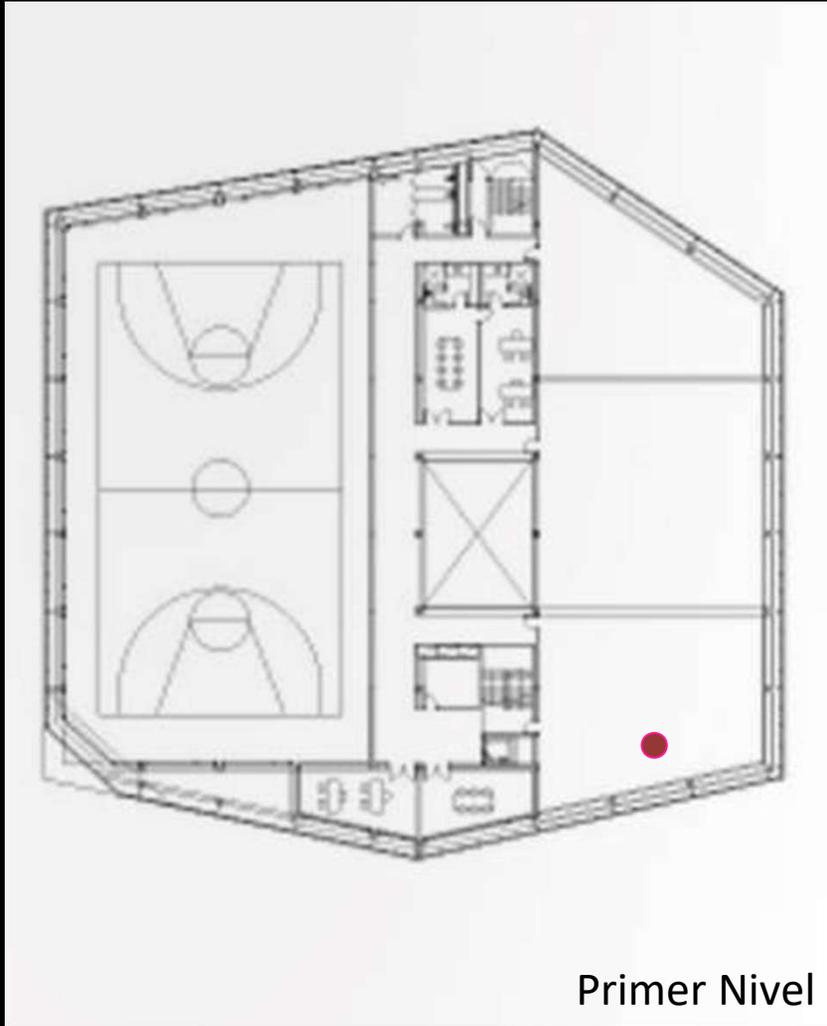


PISCINA TECHADA



PASILLO DE ENTRADA/CONEXIÓN





● ● Fotografía de ese punto.

PISCINA TECHADA



FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

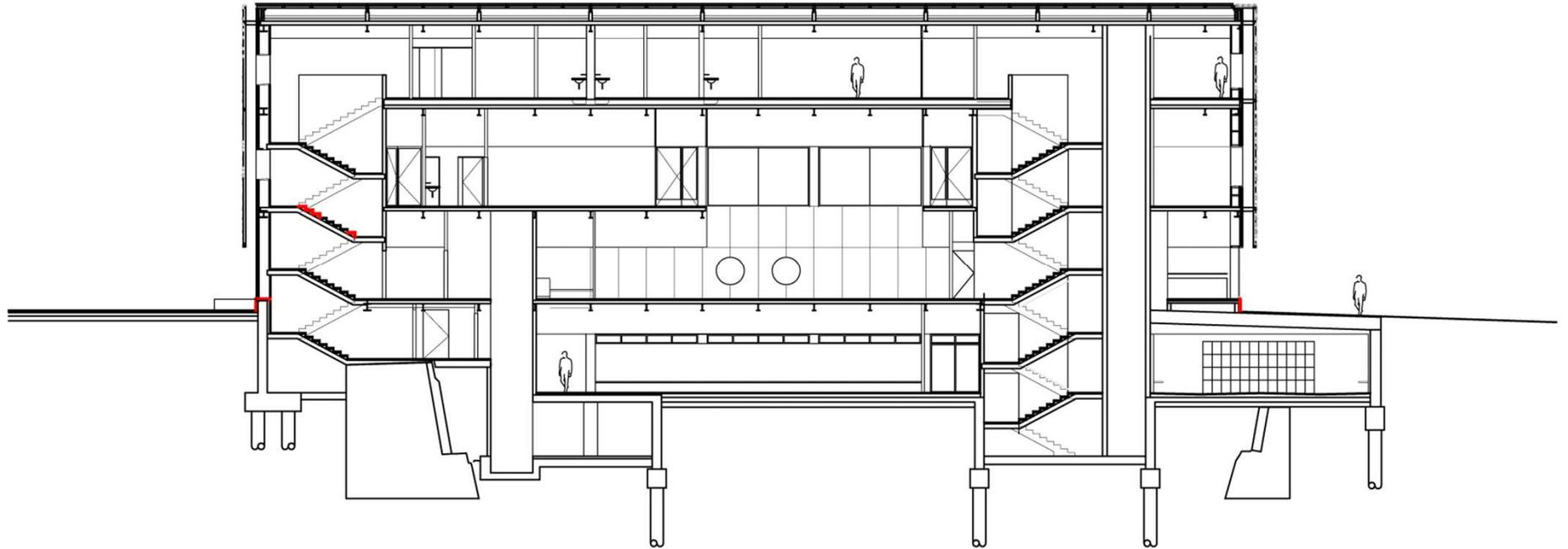
PISCINA TECHADA



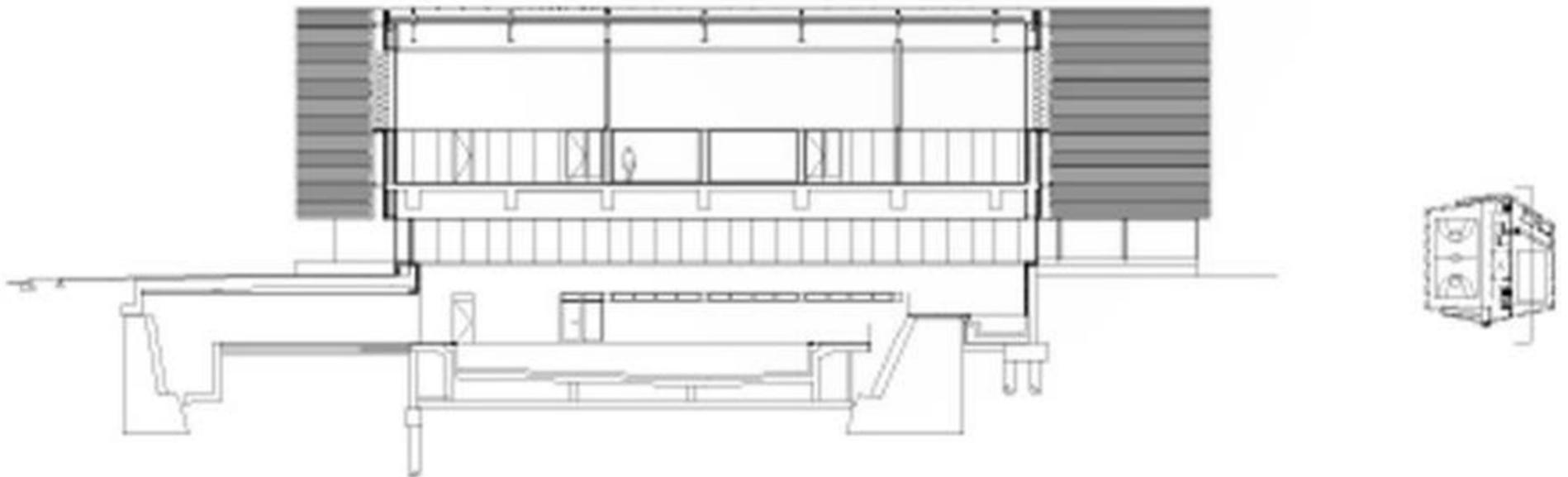
FOTOGRAFÍAS JOSÉ HEVIA

CORTES

CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL



FACHADAS

(RESUMEN FOTOGRAFICO)

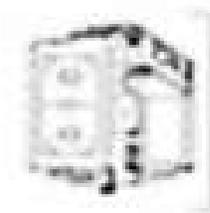
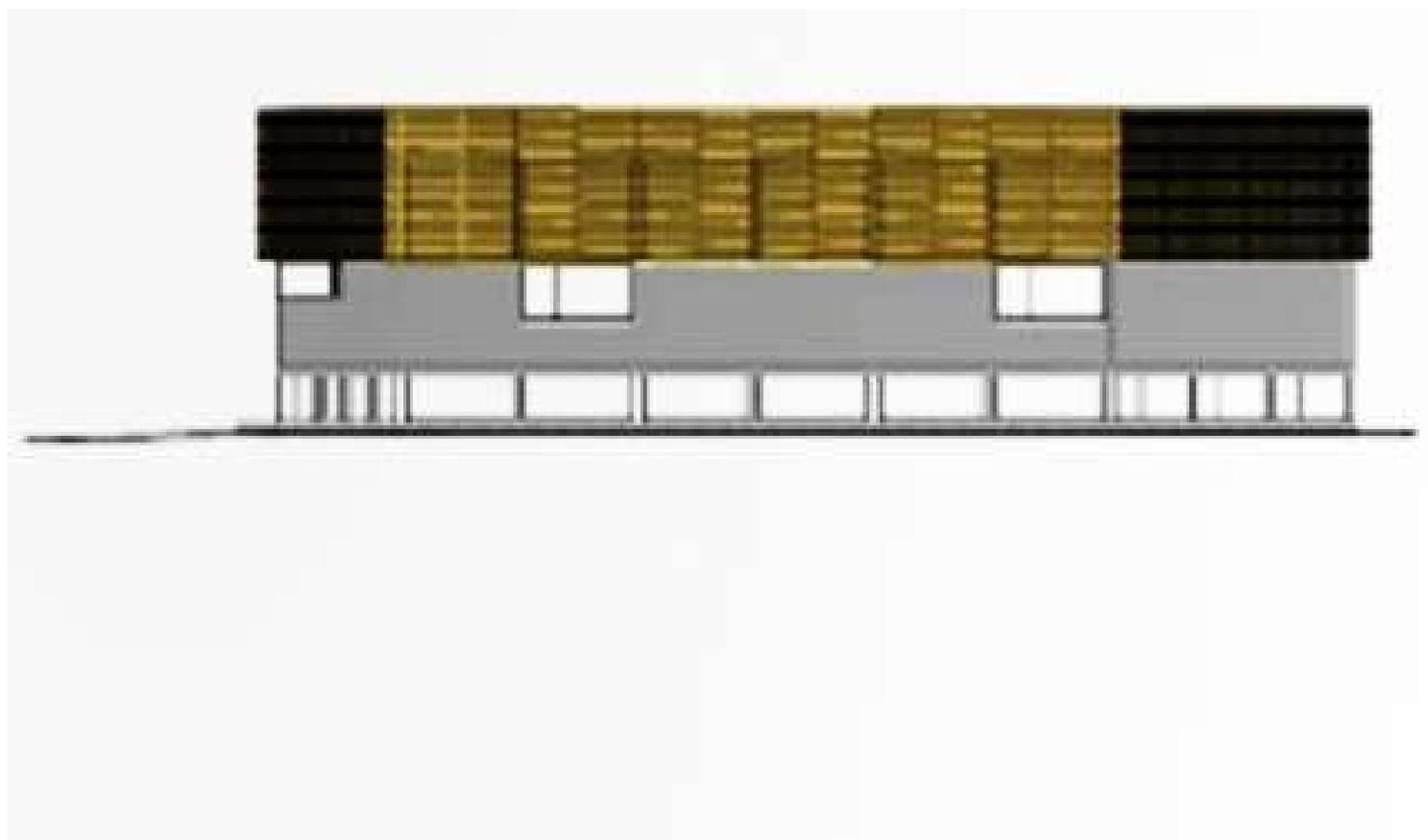
FACHADA CARRER DE MANUEL FLORENTÍN PÉREZ





FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

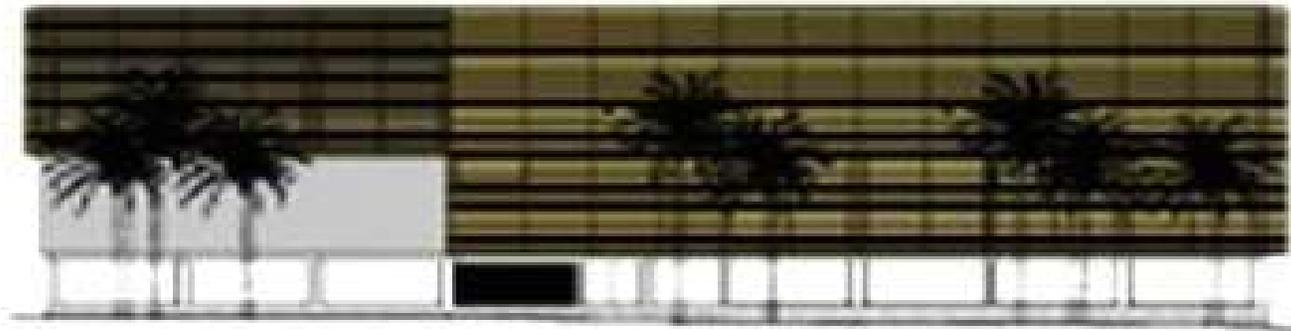
FACHADA A CHANCHAS





FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

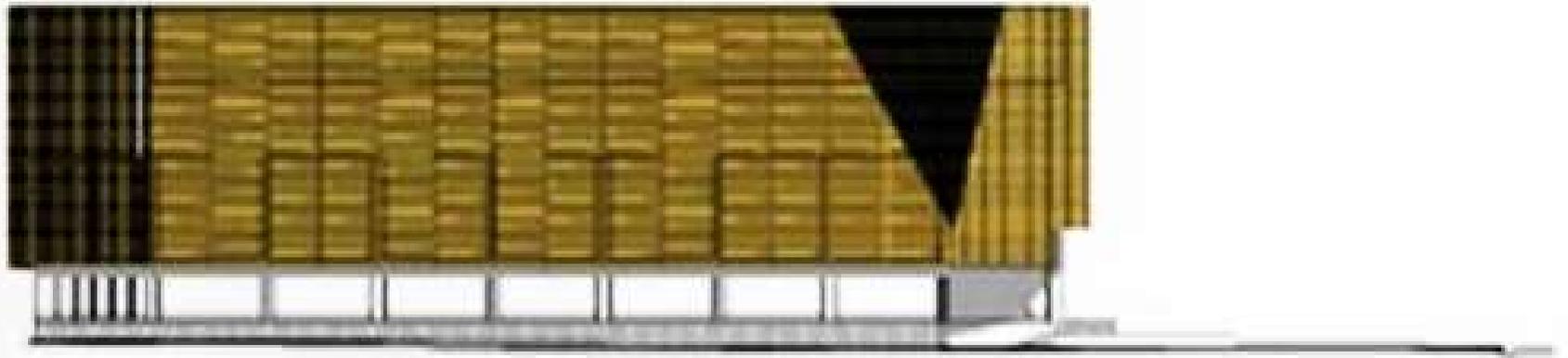
FACHADA CARRER APEL·LES MESTRES





FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

FACHADA CARRER LEONS





FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

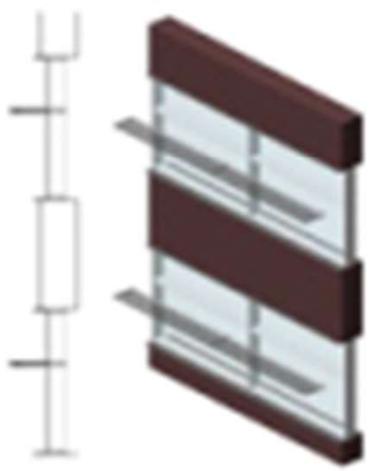
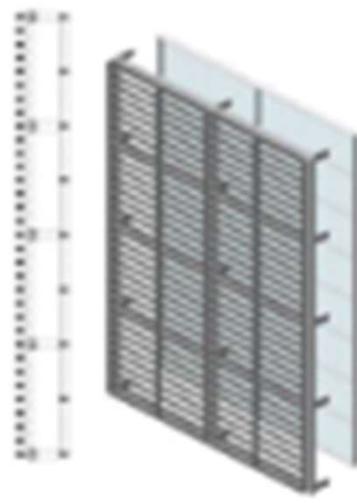
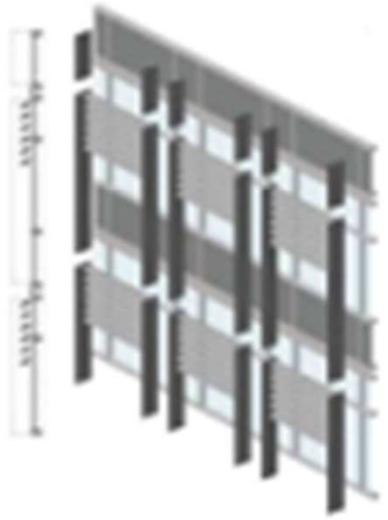
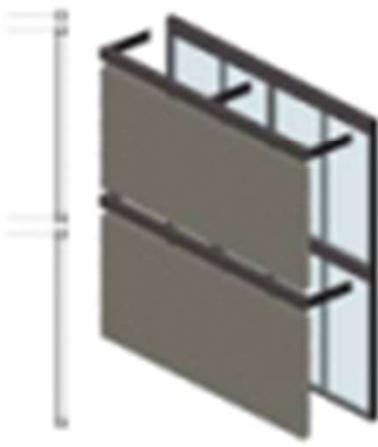
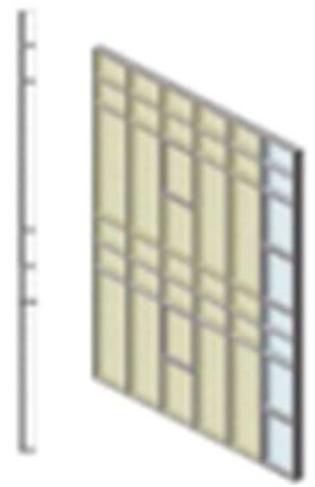
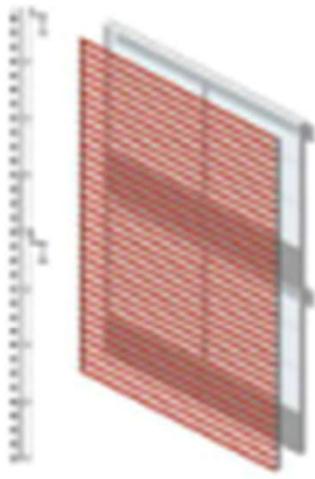
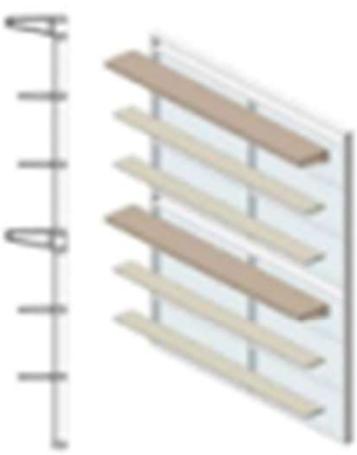
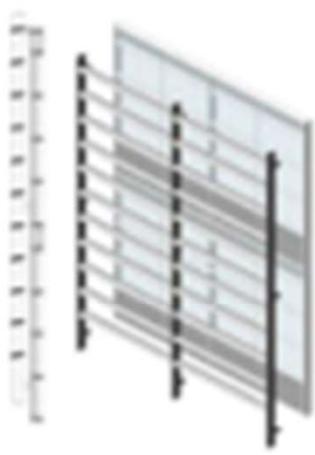
ANALISIS SOLAR

El uso de sistemas de control solar y sistemas de sombreado es un aspecto importante en estrategias de diseño para la eficiencia energética en el edificio.

Pueden mejorar el confort visual dentro del edificio mediante el control de deslumbramiento y la reducción de los índices de contraste, Esto tiende la mayoría de las veces a incrementar la satisfacción y productividad del empleado. También hay que mencionar que los sistemas de sombreado ofrecen la oportunidad de diferenciar la fachada de un edificio con el de otro.

El sombreado puede ser proporcionado por el paisaje natural o utilizando elementos de construcción tales como; toldos, voladizos y enrejados, Algunos sistemas de sombreados pueden también funcionar como reflectores, que rebotan la luz natural del exterior hasta el interior del edificio.

Los sistemas de control solar están diseñados y fabricados para aplicaciones verticales, horizontales y en ángulo para satisfacer los requerimientos de cualquier diseño. Existe una amplia gama de sistemas que se pueden utilizar como; fijos, motorizados, de deslizamiento, de rodadura, y están elaborados de diferentes materiales. El arquitecto tiene la capacidad de juntar el estilo y la funcionalidad, con lo que un aspecto distinto al exterior de un edificio, mientras que proporciona sombra y comodidad a los ocupantes.



Cuando planeamos sistemas externos de control solar es muy importante considerar:

- La variación de las estaciones.
- El grado deseable del sol por la mañana.
- Como lograr la máxima protección cuando el sol se encuentra en su máxima intensidad en mediodía.
- El grado de protección requerido para el bajo sol de la tarde.
- Como esto va afectar la vista.
- Como va afectar esto a la ventilación natural.
- Considerar si genera privacidad, durante la noche o el día.
- Combina y mejora todo el diseño arquitectónico del edificio.

Puntos a considerar:

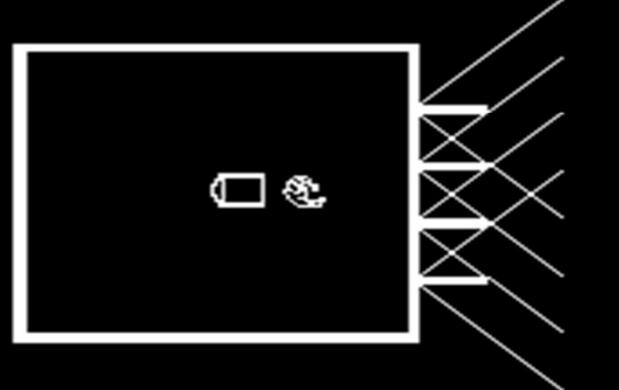
Sistemas de controles solares ajustables:

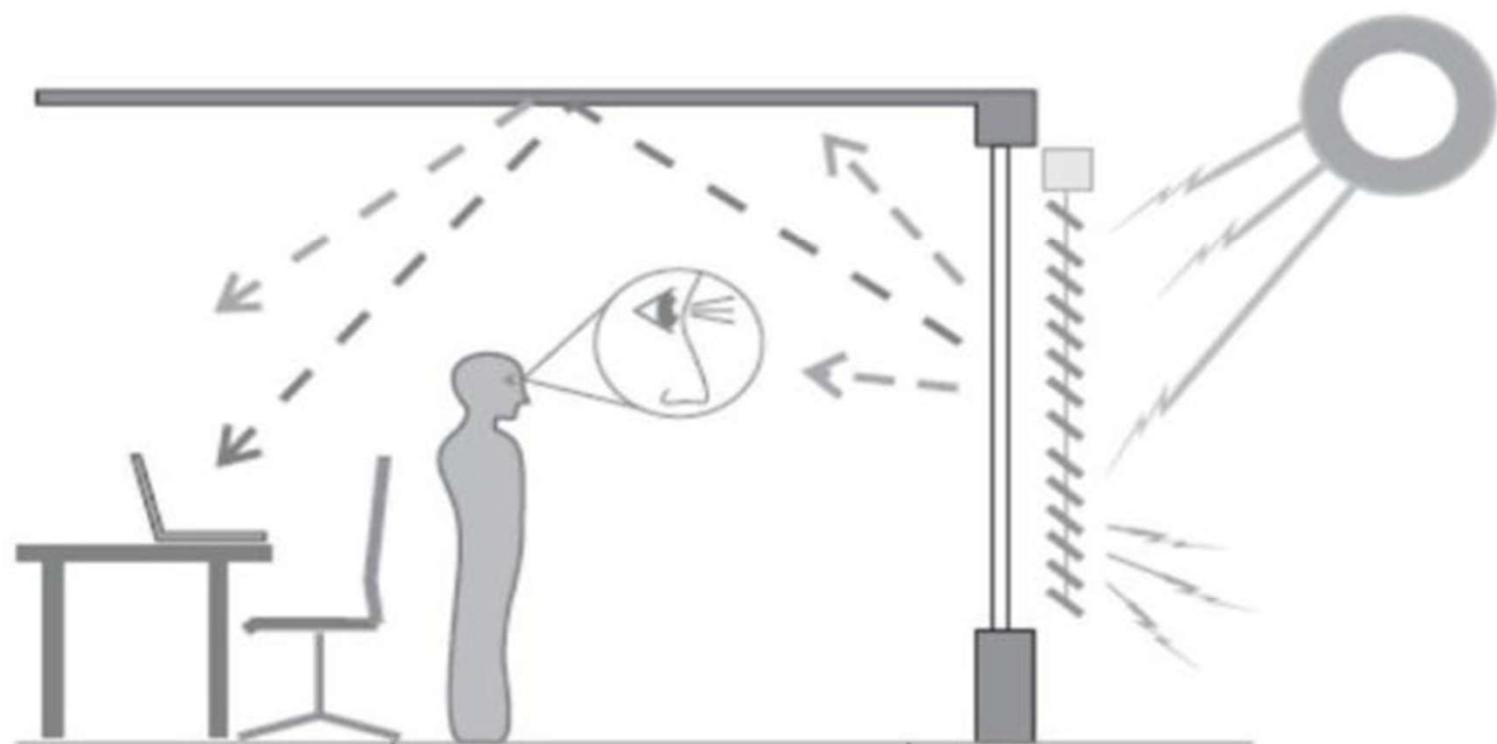
Es recomendable para latitudes que reciben ángulos elevados y bajos de sol durante todo el día, El objetivo es bloquear el sol del verano, que facilitar la entrada del sol en invierno, y manipular la entrada del sol en las otras ocasiones.

Los sistemas de controles solares ajustable también son recomendables en primavera y otoño cuando las necesidades de refrigeración y calefacción pueden variar mucho.

Sistemas de controles solares fijos:

Un sistema de control solar fijo bien diseñado puede ofrecer una económica y excelente protección. Las cuchillas se pueden espaciar de tal manera de dejar el paso del sol en los días de invierno y evitar la entrada del sol en los días de verano para evitar las ganancias de calor.





**Reducción de reflejo
en monitores de PC**

Reducción de fatiga
ocular y mal
performance por
la reducción
de los reflejos.

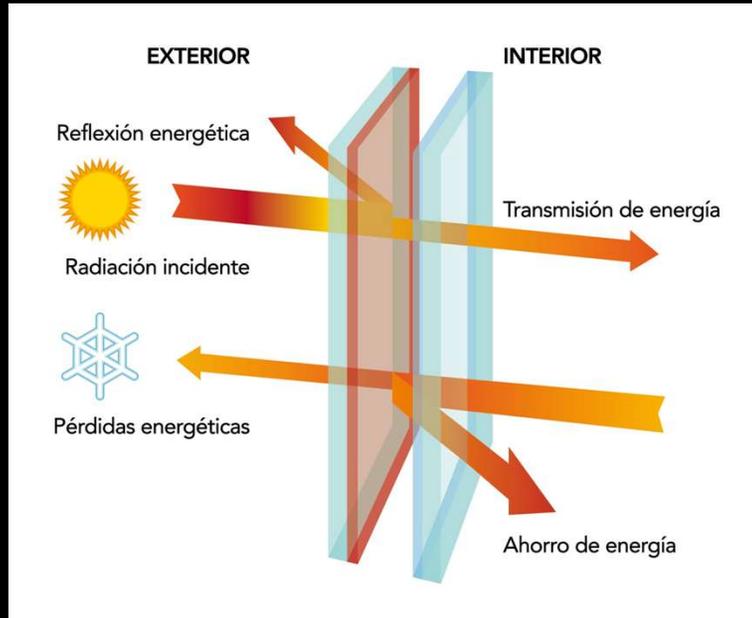
Distribución de luz

Ajuste en el ángulo de
las láminas permite el
reflejo de la luz a la
parte superior de
la habitación.

Entrada de luz

Preciso ajuste
satisfaciendo los
requerimientos de
cada uno.

Doble Acristalamiento.



El doble acristalamiento se usa en ventanas y puertas, normalmente con marcos o perfiles de aluminio o pvc. Estan formados por dos o más vidrios separados entre sí por perfiles separadores, en cuyo interior llevan introducida una sustancia que absorbe la posible humedad del aire contenido en la cámara.

Son muchos los beneficios y utilidades de su uso en ventanas, vidrieras, puertas correderas y demás elementos separadores basados en cristal.

- Mejoras en la estanquidad al agua y permeabilidad
- Ahorro energético o térmico
- Aislamiento acústico
- Privacidad

Vidrios reflecta y Low-e.



El vidrio es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente compuesto principalmente de silicatos y alcalis fusionados a alta temperatura.

Verano
Rechaza hasta el 80% de la Energía Solar y el Deslumbramiento



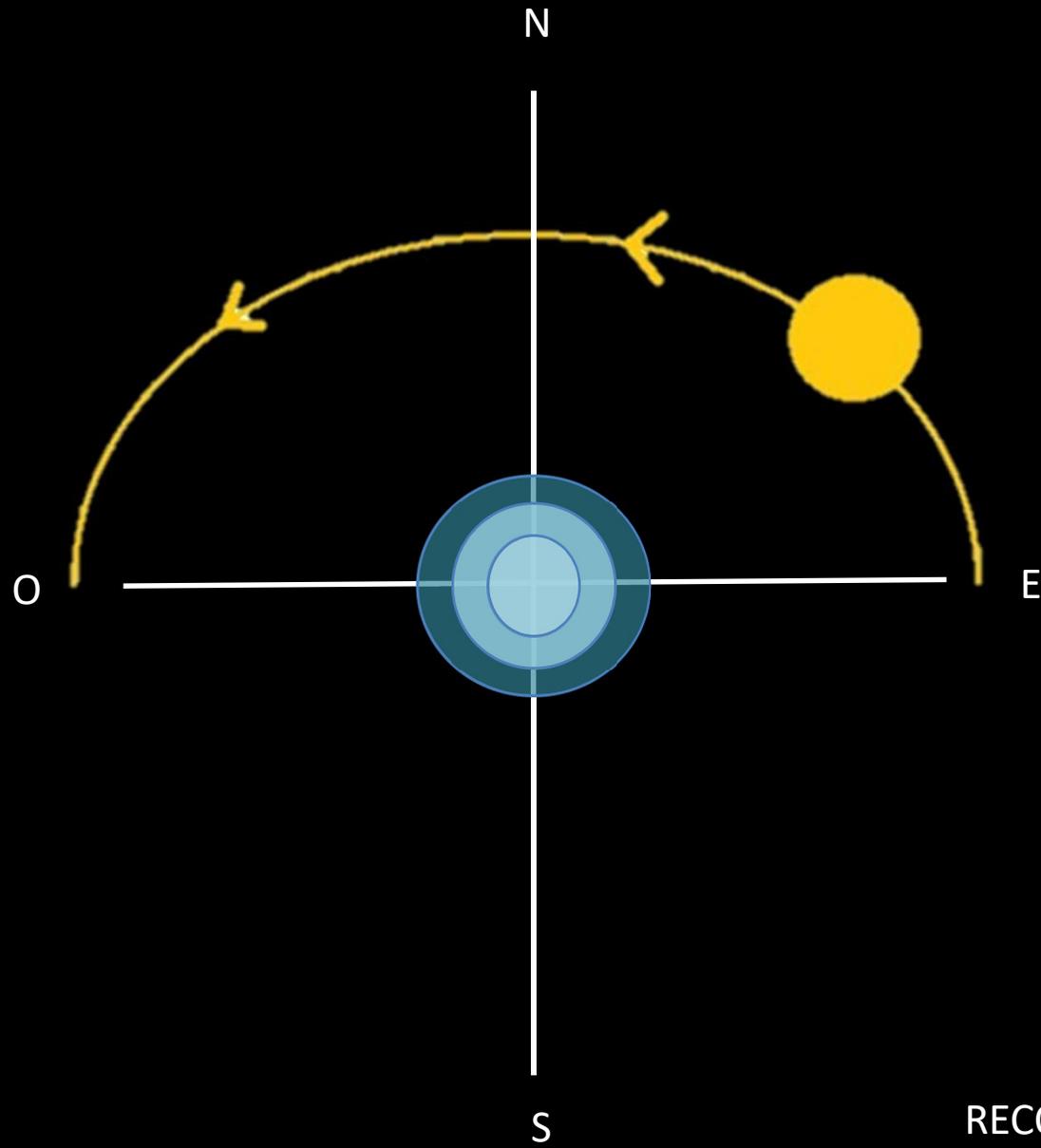
Invierno
Evita que se escape hasta el 20% del Calor Interior

Reflecta.

- Es un cristal cuya función principal es reflejar los rayos solares hacia el exterior reduciendo considerablemente la absorción del calor hacia el interior minimizando el consumo energético en aire acondicionado. Su apariencia es de un cristal reflejante.

Low-e.

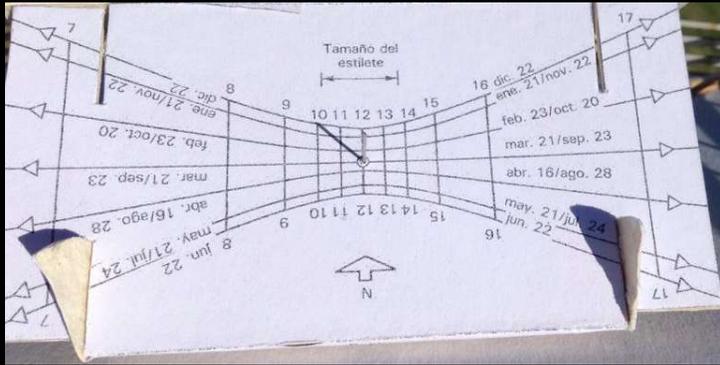
- Es un cristal con propiedades térmicas controlando el ingreso de calor sin sacrificar su transparencia.



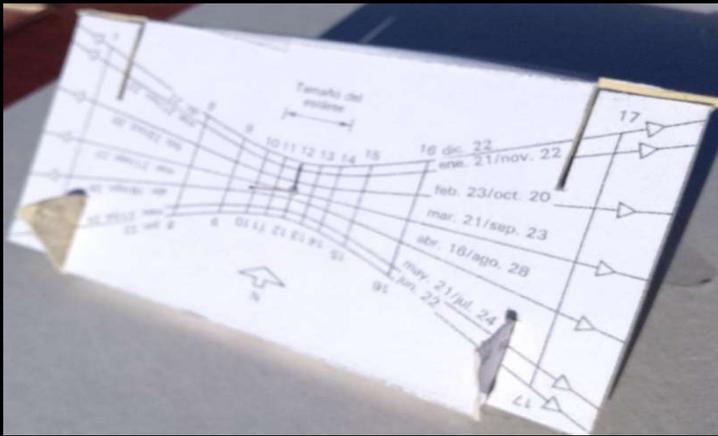
RECORRIDO SOLAR

ANALISIS FOTOGRAFICO

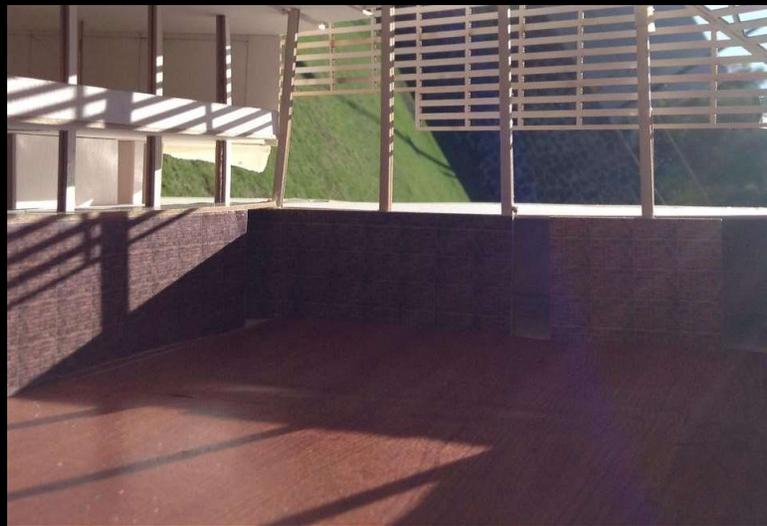
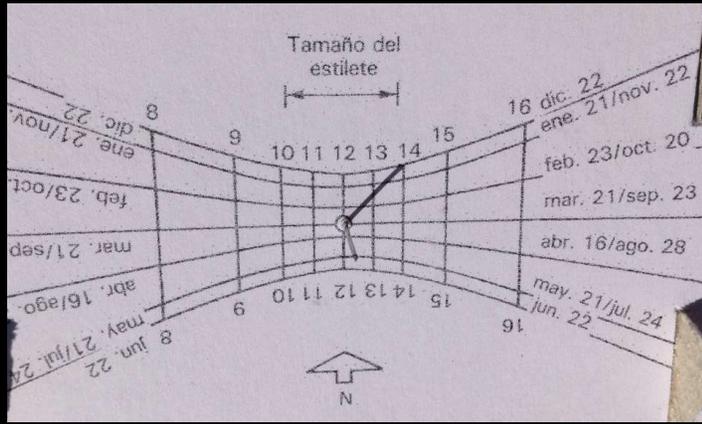
22 DICIEMBRE 10 AM



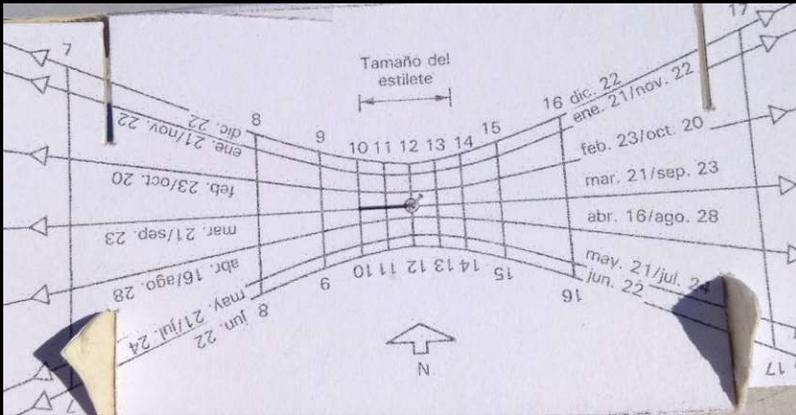
22 DICIEMBRE 12 PM



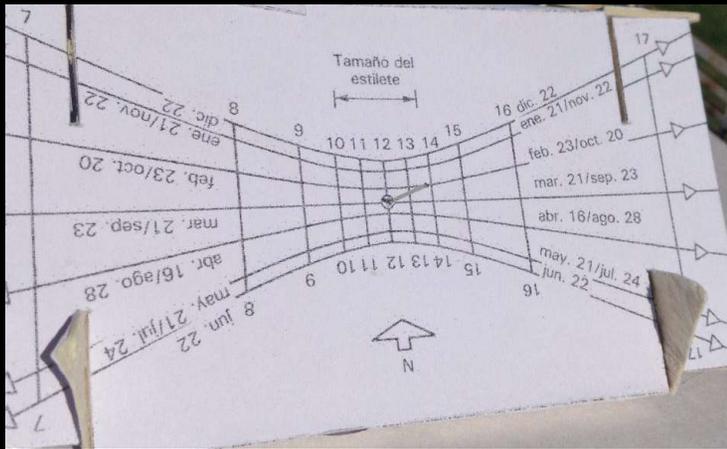
22 DICIEMBRE 14 PM



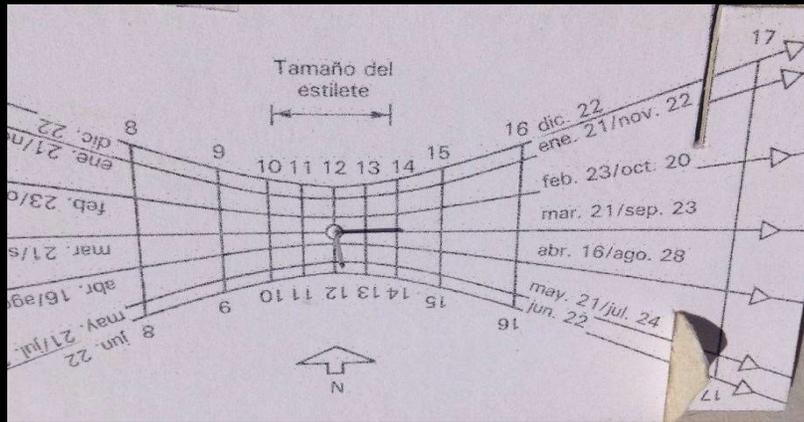
21 MARZO/23 SEP. 10 AM



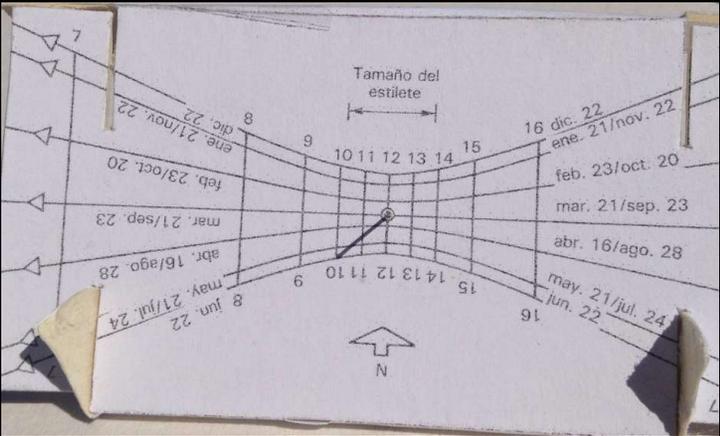
21 MARZO/23 SEP. 12 PM



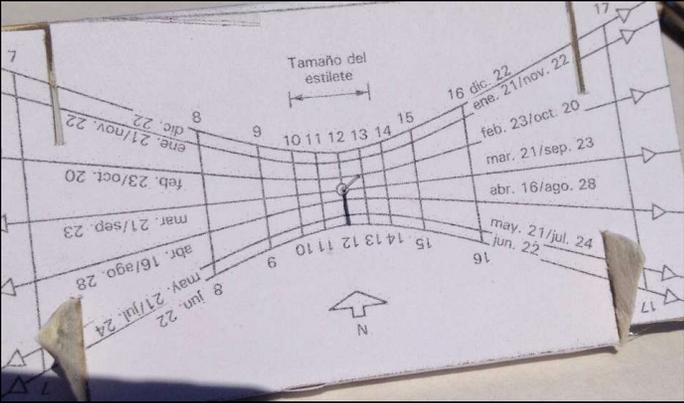
21 MARZO/23 SEP. 14 PM



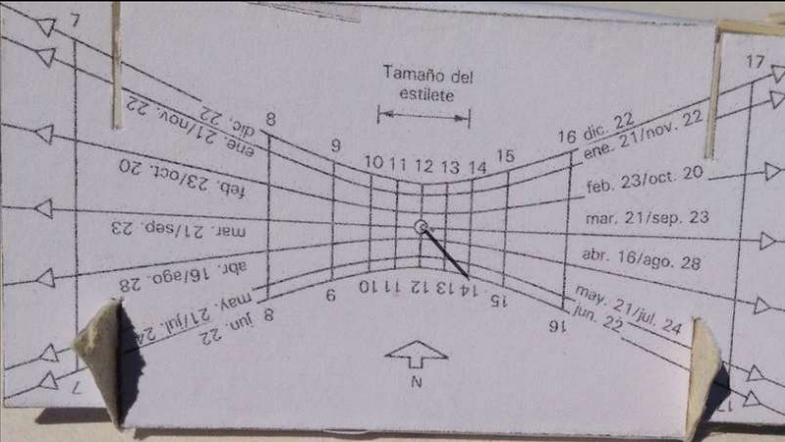
22 JUNIO 10 AM



22 JUNIO 12 PM



22 JUNIO 14 PM

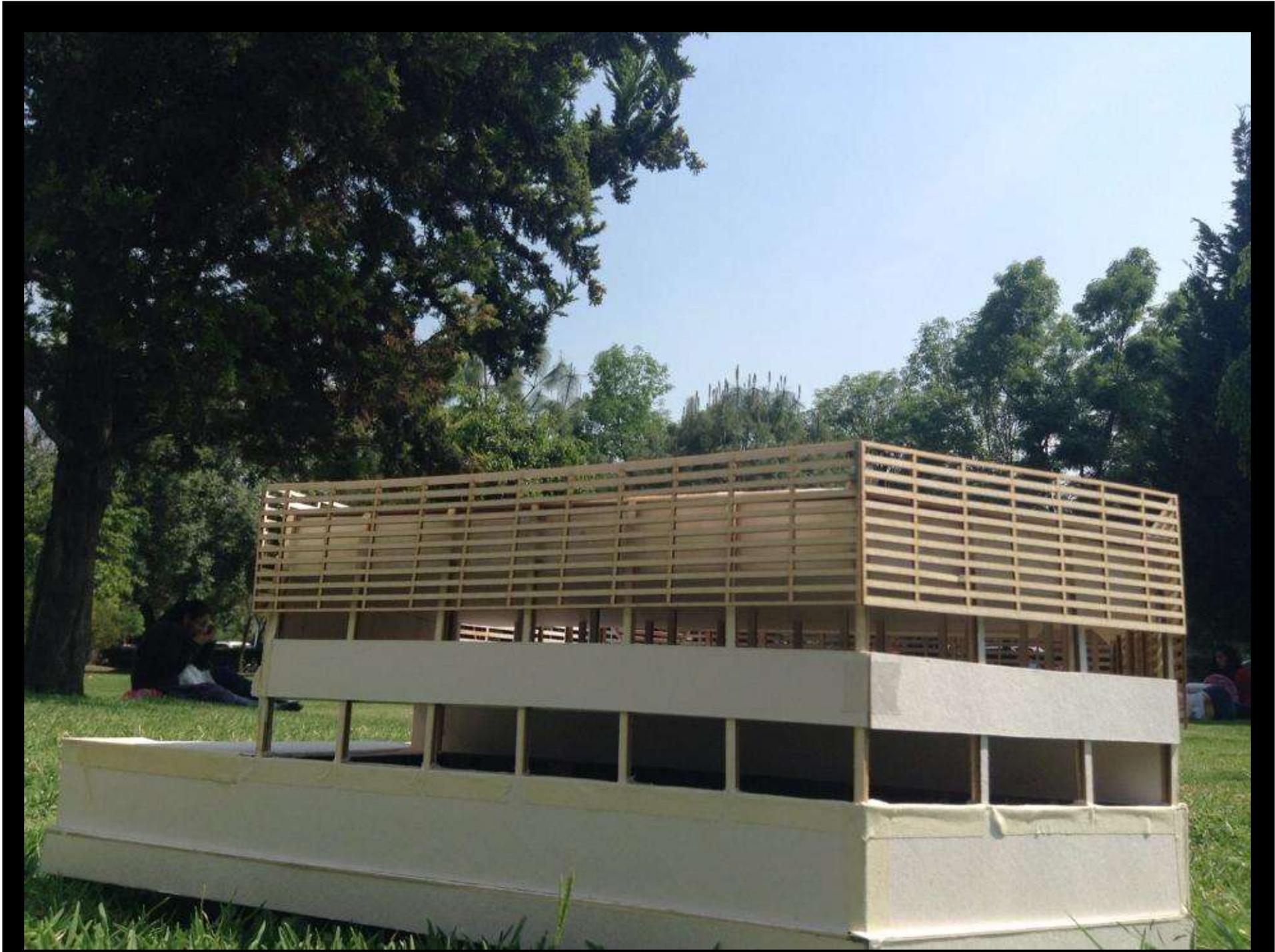












FUENTE BIBLIOGRAFICA.

<http://www.archdaily.mx/mx/02-224157/edificio-polideportivo-batlle-i-roig-arquitectes>

<http://www.batlleiroig.com/es/>

**LA TECNOLOGIA SUSTENTABLE DE LOS
SISTEMAS LUMINICOS DE ALTA EFICIENCIA
EN LA ILUMINACION NATURAL APLICADA AL
DISEÑO DE EDIFICACIONES DEPORTIVAS Y
RECREATIVA**

Autores: Mtro. Roberto G. Barnard Amosorrutia
Mtra. Rocio E. Moyo Martinez
Mtra. Evelyn Moreno Juanche



Introducción

- El uso de sistemas de control solar y sistemas de sombreado es un aspecto importante en estrategias de diseño para la eficiencia energética en el edificio.
- Mejorar el confort visual dentro del edificio mediante el control de deslumbramiento y la reducción de los índices de contraste.
- incrementar la satisfacción y productividad del empleado.
- El sombreado puede ser proporcionado por el paisaje natural o utilizando elementos de construcción tales como; toldos, voladizos y enrejados, algunos sistemas de sombreados.
- Funcionar como reflectores, que rebotan la luz natural del exterior hasta el interior del edificio.
- Los sistemas de control solar están diseñados y fabricados para aplicaciones verticales, horizontales y en ángulo para satisfacer los requerimientos de cualquier diseño.

Objetivo General

- El Diseño Lumínico de espacios es un paradigma indispensable para el diseño de espacios arquitectónicos sustentables que buscan una forma eficiente en su utilización, en el ahorro de la energía de las edificaciones.
- Una parte importante en las construcciones es el confort lumínico; que aunque existen normas y reglamentos que especifican los valores y recomendaciones de lux para cada uso, son prácticamente no supervisados, ni verificados durante la entrega del proyecto o el desarrollo de la obra.
- Son estrategias de diseño indispensables para lograr un confort lumínico para sus usuarios y más aún una importante medida de ahorro de energía en los proyectos arquitectónicos.
- Describiremos herramientas y lineamientos fácil de utilizar para lograr estas importantes estrategias sustentables del diseño bioclimático.

Objetivo Especifico

- La investigación se realiza sobre el diseño lumínico de proyectos arquitectónicos de espacios dedicados a la recreación y a los deportes, se desarrollan modelos físicos a escalas que representan con mucha fidelidad la configuración de los espacios, las dimensiones a escala, los colores y las texturas del proyecto.
- Se demuestra que las estrategias de iluminación natural puedan aportar un beneficio en el confort lumínico y un ahorro en la energía utilizada para la iluminación artificial.
- Esto se logra con mediciones lumínicas de los modelos y con comparativas del gasto energético de la iluminación artificial que se hubiera requerido si los proyectos no contaran con estrategias y dispositivos sustentables de iluminación natural

Estrategias Lumínicas

- En el diseño de iluminación ambiental se debe controlar el exceso de luz para estar dentro de los parámetros recomendados según la
- actividad a realizar. Las estrategias de iluminación natural se enfocan en las siguientes estrategias:
- Captación solar
- Las múltiples reflexiones de los rayos solares
- Distribución de la luz natural
- La Focalización de la Luz
- Análisis Arquitectónico

MÉTODOS DE PREDICCIÓN DE ILUMINACIÓN.

MÉTODO DE MODELOS FÍSICOS TRIDIMENSIONALES

PARA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA LUZ NATURAL

- Tridimensional o Modelo a Escala está correctamente construido: considerando que los porcentajes de transmitancia sean semejantes a la realidad, una distribución exacta e igual del espacio, que hace escala de la transmitancia del modelo tridimensional del espacio en proporción 1:1, hace posible la reproducción de iluminación natural en el interior del espacio, no solo por el aporte de la luz directa que ingresa, sino además por la reflexión en las superficies internas del mismo.
- En los modelos escala la reproducción de la luz es semejante a la realidad por las múltiples reflexiones que ésta tiene al interior de un espacio.



El Método del Modelo Físico TRIDIMENSIONALES

- Ventajas
- Se define como una herramienta de análisis de proyección arquitectónica que determina niveles de luz de día aproximados en un espacio real.
- Permitiendo hacer una valoración a escala de un edificio semejante a la realidad.
- Son útiles para tomar decisiones de afinación de diseño de los sistemas de control lumínico a esto se le llama un modelo a escala calibrado.
- se observa el modelo tridimensional calibrado en donde se realizó una simulación de la transmitancia de materiales y colores semejando la realidad del edificio a estudiar.



EDIFICIO POLIDEPORTIVO BATLLE I ROIG AR

Se encuentra ubicado en Carrer de Manuel
Pérez, 15, 08950 Esplugues de Llobregat, Ba

DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO



BATLLE I ROIG ARQUITECTES

UBICACIÓN: DIRECCIÓN: CARRER DE MANUEL FLORENTÍN FÉREZ, 15, 08950 ESPLUGUES DE LLOBREGAT, BARCELONA, ESPAÑA

AUTORES: ENRIC BATLLE, JOAN ROIG
COLABORADORES: FRANCESC PUIG, ORIOL MARIN, GERARDO RODRÍGUEZ
ÀREA: 4300,0 M²
AÑO PROYECTO: 2005
FOTOGRAFÍAS: JOSÉ HEVIA

DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO

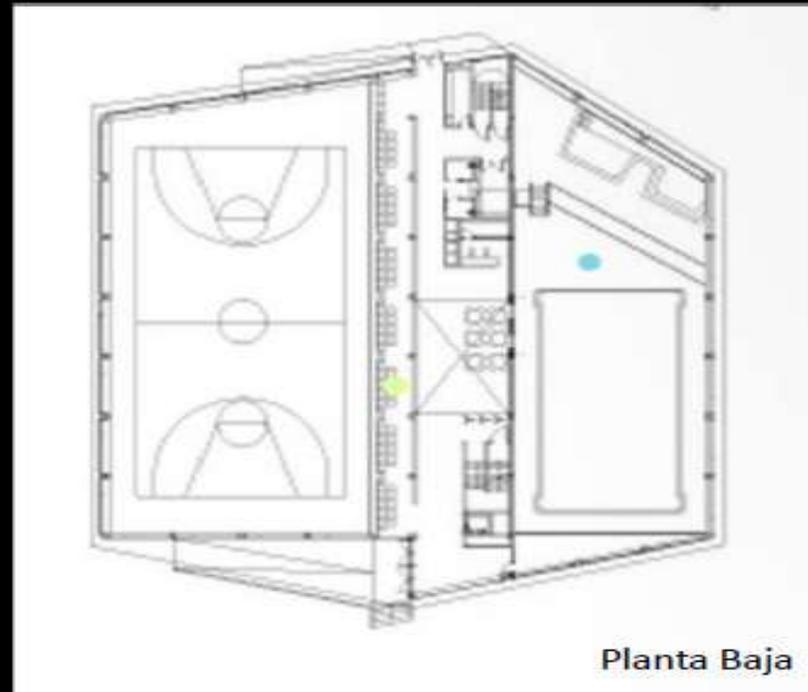


DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO

Sótano 1



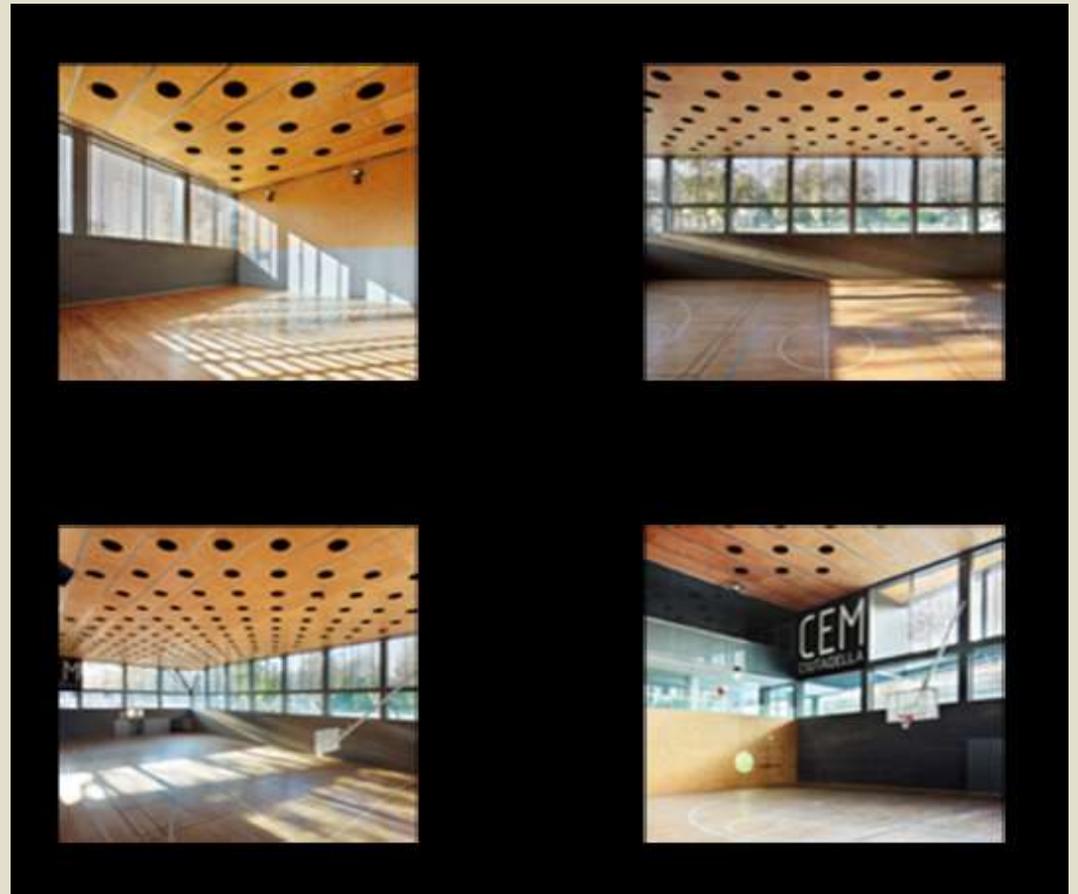
Planta Baja



● ● ● Fotografía de ese punto.

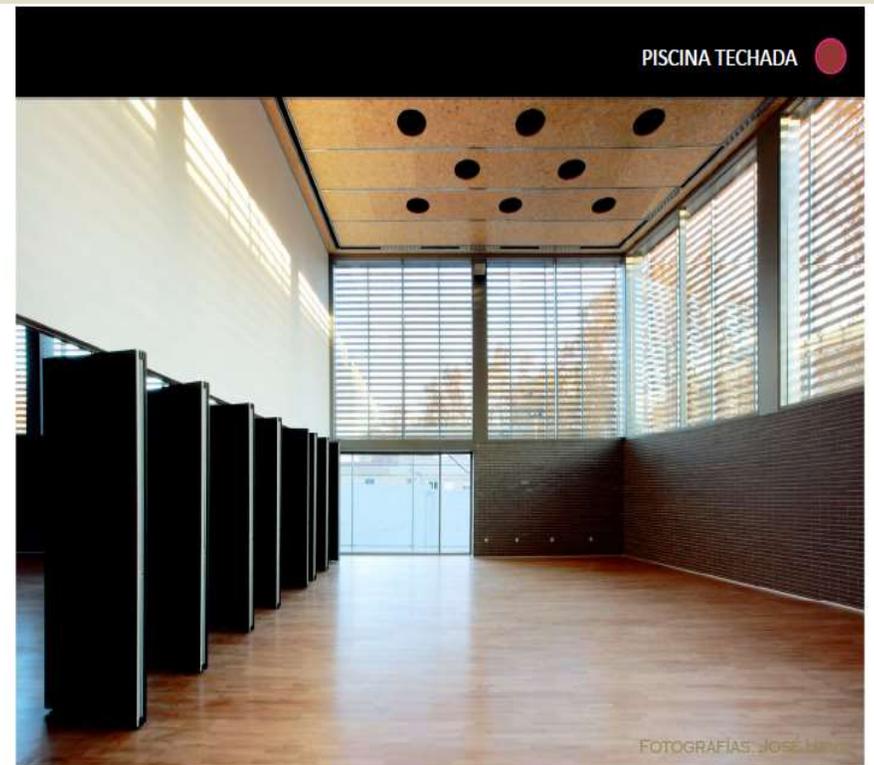
DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO

- El edificio cuenta con sistemas de control solar y sistemas de sombreado es un aspecto importante para determinar las estrategias de diseño para la eficiencia energética.
- El confort lumínico dentro del edificio se realiza mediante el control de deslumbramiento y la reducción de los índices de contraste.
- Esto tiende la mayoría de las veces a incrementar la satisfacción y productividad del usuario al realizar actividades deportivas.



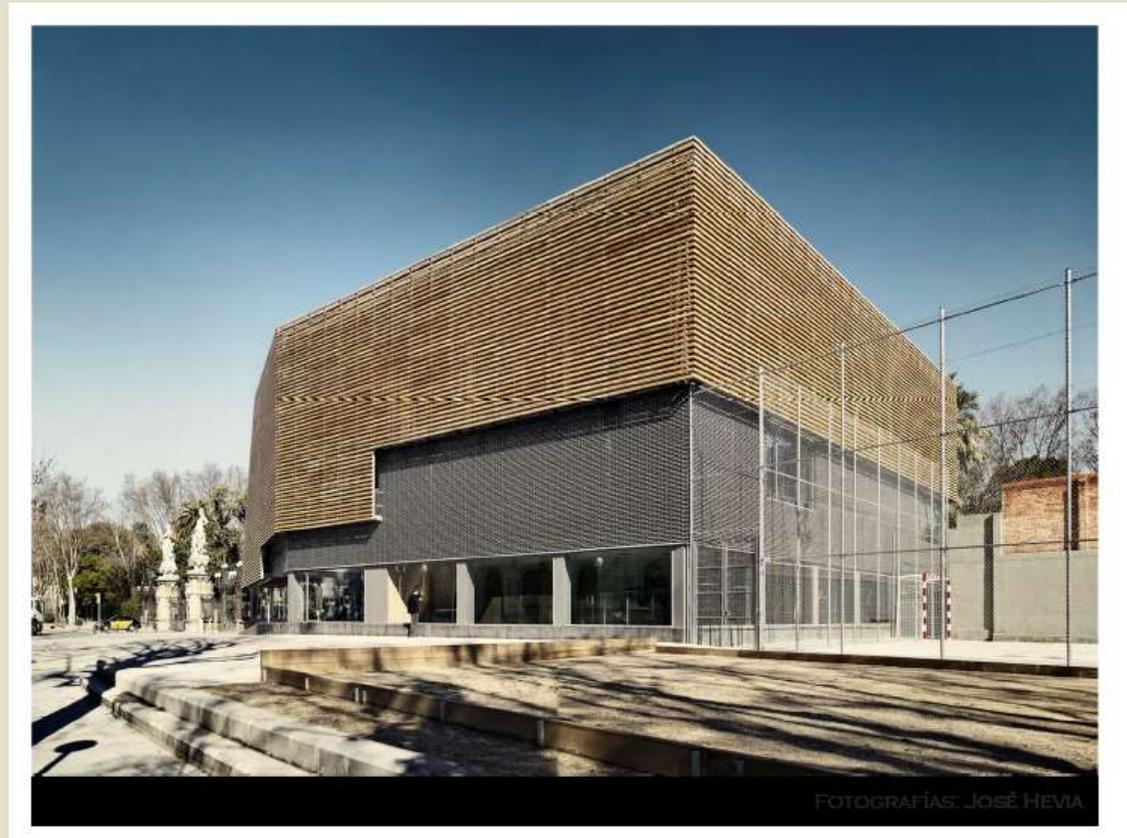
DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO

- Los sistemas de control pueden también funcionar como reflectores, que rebotan la luz natural del exterior hasta el interior del edificio.



DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO

- EDIFICIO POLIDEPORTIVO BATLLE I ROIG ARQUITECTES
- Los sistemas de sombreado ofrecen la oportunidad de diferenciar la fachada de un edificio con el de otro.
- El sombreado se realiza por medio de sistemas de control solar pasivo proporcionado por el paisaje natural o utilizando elementos de construcción tales como; toldos, voladizos y enrejados.
- Los sistemas por utilizar serán fijos, motorizados, de deslizamiento, de rodadura, las propuesta permiten la elaborados en diferentes materiales



DESCRIPCION DEL PROYECTO DEL CASO ESTUDIO

EDIFICIO POLIDEPORTIVO BATLLE I ROIG ARQUITECTES

- Los sistemas de control solar están diseñados y fabricados para aplicaciones verticales, horizontales en ángulo para satisfacer los requerimientos del diseño

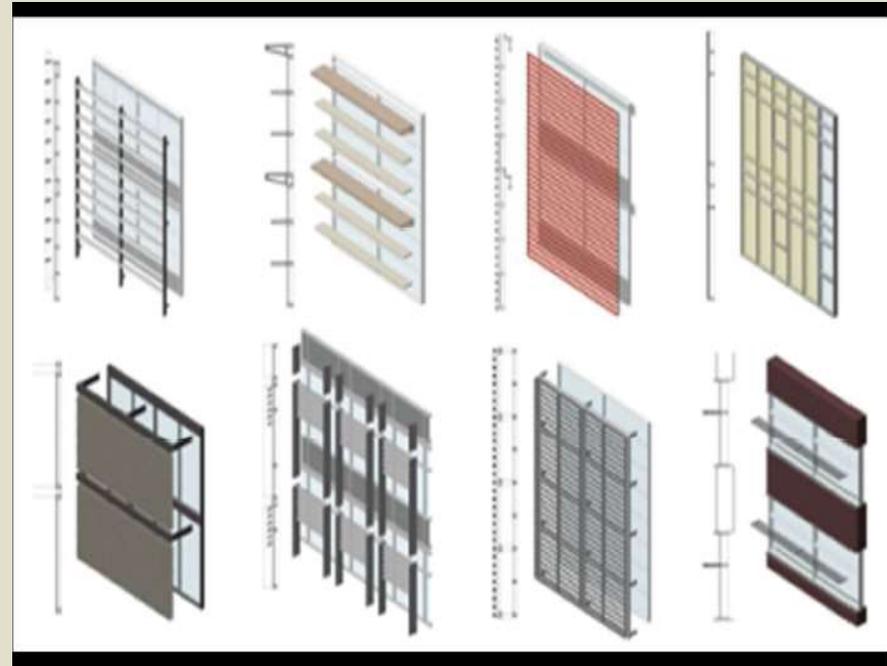


Análisis Luminico

SISTEMAS PARA CONTROL DE LUZ NATURAL CON DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR PASIVOS

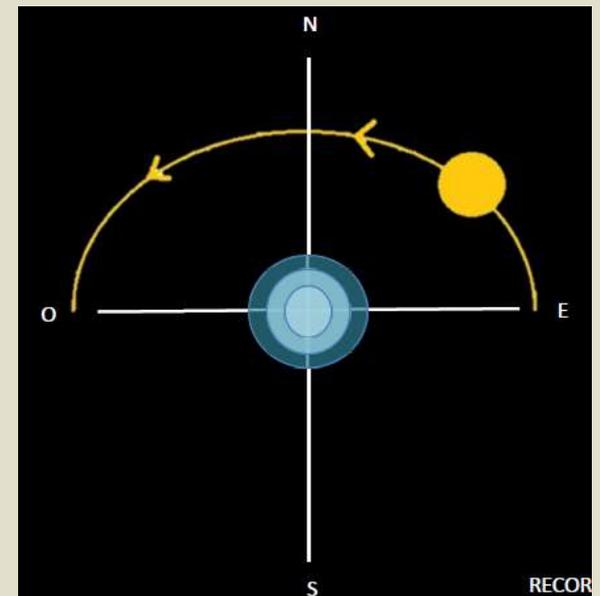
Cuando planeamos sistemas externos de control solar es muy importante considerar:

- La variación del equinoxios y solsticios.
- El grado deseable del sol por la mañana.
- Como lograr la máxima protección cuando el sol se encuentra en su máxima intensidad en mediodía.
- El grado de protección requerido para el bajo sol de la tarde.
- Como esto va afectar la vista.
- Como va afectar esto a la ventilación natural.
- Considerar si genera privacidad, durante la noche o el día.



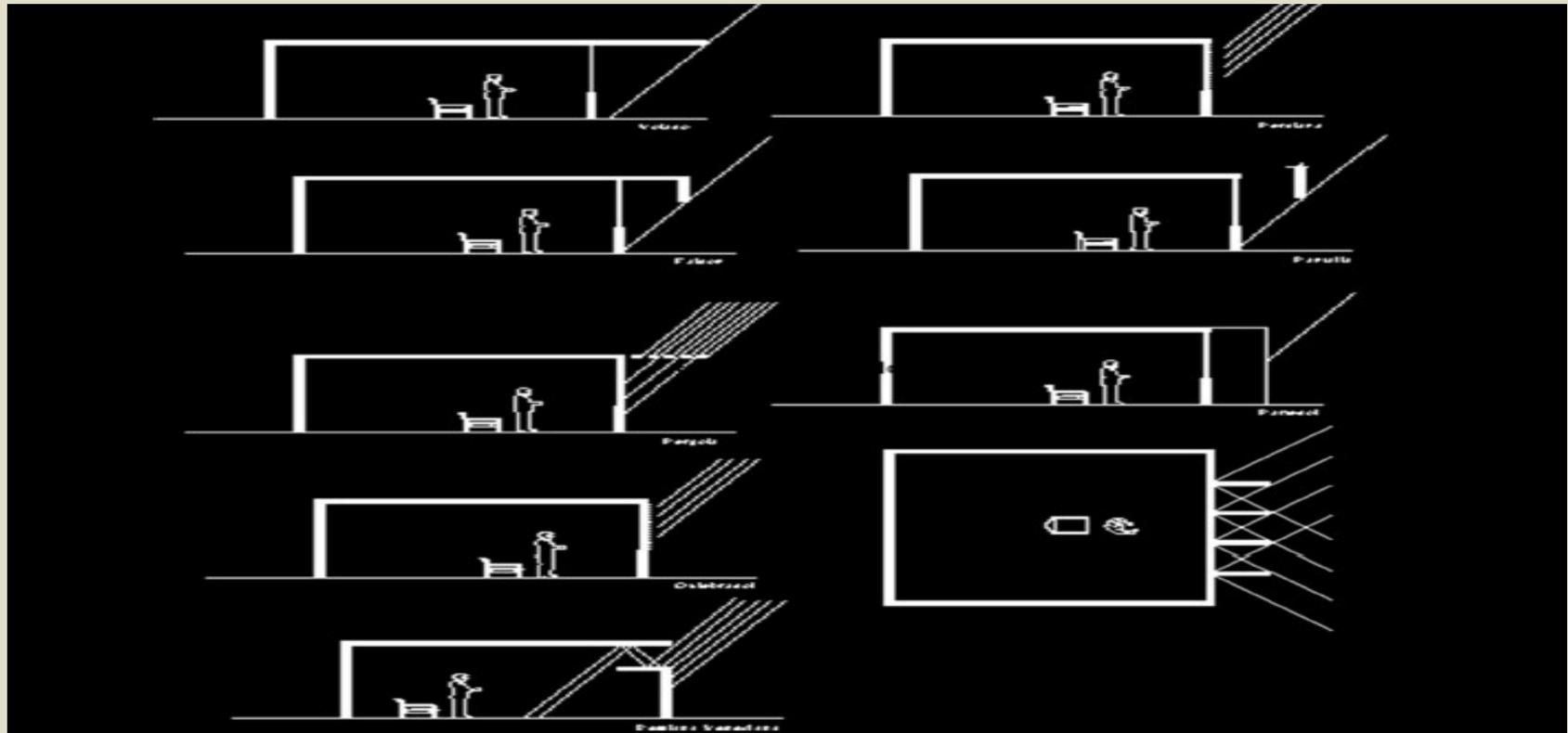
Análisis Luminico

- Sistemas de controles solares ajustables:
 - Es recomendable para latitudes que reciben ángulos elevados y bajos de sol durante todo el día
 - El objetivo es bloquear el sol del verano, que facilitar la entrada del sol en invierno, y manipular la entrada del sol en las otras ocasiones.
 - Los sistemas de controles solares ajustable también son recomendables en primavera y otoño cuando las necesidades de refrigeración y calefacción pueden variar mucho.
- Sistemas de controles solares fijos:
 - Un sistema de control solar fijo bien diseñado puede ofrecer una económica y excelente protección. Las cuchillas se pueden espaciar de tal manera de dejar el paso del sol en los días de invierno y evitar la entrada del sol en los días de verano para evitar las ganancias de calor.



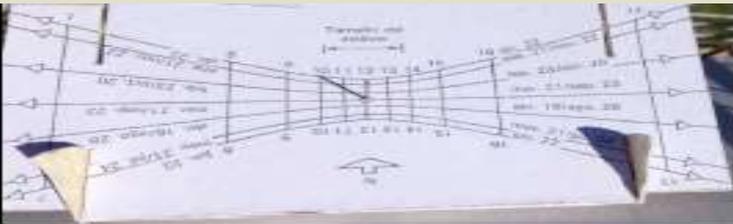
Análisis Luminico

- Incidencia lumínica del Sistema del control solar de la fachada



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



22 DICIEMBRE 10 AM



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANÁLISIS FOTOGRÁFICO con uso de NOMON



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



EXPERIMENTACIÓN EN EL MODELO FÍSICOS

ANALISIS FOTOGRAFICO con uso de NOMON



Conclusiones

- Los modelos físicos tridimensionales a escala o calibrados proporcionan cuantitativamente datos para el estudio de iluminación natural de los proyectos arquitectónicos; mediante la evaluación en modelos a escala se pueden realizarse bajo una bóveda celeste natural o en un cielo artificial.
- Son ensayos tridimensionales que representan diferentes condiciones de iluminación, comprobando así su funcionamiento para efectuar mediciones comparativas que permitan establecer soluciones de adecuación, que se convierten en diseños de alternativas específicos de cada caso; de tal forma que en el modelo se puedan simular las diferentes condiciones de inclinación y difusión de luz solar, permitiendo una medición luxométrica representativa de la transmisión total y distribución de la iluminación.
- Son ideales para un estudio paramétrico, a partir de modelos con techos y paredes móviles para comprobar diferentes opciones de diseño. Muestran la interacción de la luz con las superficies, permitiendo la toma de secuencias fotográficas para determinar el comportamiento de la entrada de luz natural, de una manera gráfica para su estudio y documentación.
- La determinación del uso de las instalaciones para la realización de las actividades deportivas durante el día se realizarán con el mínimo de utilización de iluminación artificial siendo una estrategia sustentable que aseguren el ahorro energético por concepto de iluminación natural, es decir que pueda representar una buena factibilidad en un análisis costo-beneficio.
- El diseño lumínico se complementará con luminarias de alta eficiencia energética hacia la sustentabilidad que se encuentren dentro de los estándares de bajo consumo energético siendo estas de nueva generación que consuman la mínima cantidad de watts para que el mantenimiento en cuanto al costo de energía se vea reducido significativamente por lo menos en un 40%. La investigación demuestra un amplio grado de confiabilidad en los modelos físicos.

Mtro. Roberto Barnard Amosorrutia
rbarnada@Gmail.com

Mtra. Rocio Moyo Martinez
rociomoyo@yahoo.com.mx

Mtra .Evelyn Moreno Juanche



GRACIAS POR SU ATENCIÓN