



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA – DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**INNOVACIÓN EN LA ILUMINACIÓN MEDIANTE USO DE LUZ SOLAR
Y EL ANÁLISIS PROSPECTIVO DE SU TECNOLOGÍA**

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRIA EN INGENIERIA

PRESENTA:

CARLOS EDWIN RAMIREZ VILLA

TUTOR:

DR. ADRIAN ESPINOSA BAUTISTA FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D.F. (AGOSTO) 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: DR. ALEJANDRO C. RAMIREZ REIVICH
SECRETARIO: DR. JESÚS MANUEL DORADOR GONZÁLEZ
1er VOCAL: DR. ADRIÁN ESPINOSA BAUTISTA
2do VOCAL: DR. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ
3er VOCAL: M. I. ANTONIO ZEPEDA SÁNCHEZ

Lugar donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, UNAM. Anexo de Posgrados.

TUTOR DE TESIS:

DR. ADRIAN ESPINOSA BAUTISTA

Agradecimientos:

Me gustaría agradecer a una buena cantidad de personas. Pero creo que no existiría suficiente papel para ello.

Sin embargo creo que si es importante mencionar a quienes tuvieron una importancia mayor en la realización de este trabajo:

Primeramente, y por supuesto, a quien me dirigió en este trabajo, mi asesor de tesis el Dr. Adrián Espinosa Bautista. Uno de los mejores doctores que labora dentro de la UNAM y cuya calidad humana me impulso a continuar y superar mis dudas.

En segundo lugar y de manera compartida, a toda mi familia. Quien pese a todas mis lentitudes y barreras, siguió pacientemente apoyándome. Particularmente mi madre que aunque difícilmente entendía mis explicaciones, igual seguía diciéndome que siguiera adelante.

Y por último en esta página a la Mtra. Virginia Corral, secretaria técnica del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, quien gracias a su esfuerzo logro que pudiera continuar con los trámites que me llevaron a la titulación. Que paciencia de santa...

A todos quiero decirles Gracias.

Ing. Carlos Edwin Ramírez Villa

Contenido

Innovación en la iluminación solar mediante el análisis prospectivo de su tecnología	7
-Prólogo.....	7
-Definición del problema.....	9
-Requerimientos.....	10
-Justificación.....	10
-Hipótesis	12
-Metodología.....	12
-Herramientas de trabajo. Metodologías base.....	14
Metodología TRIZ	14
Niveles de innovación.....	14
Diseño comparativo.	15
Diseño con enfoque apodóctico.	15
Capítulo 1. Contexto, definición y necesidad de iluminación solar.	17
La industria de iluminación en México	17
Problemas de contaminación relacionadas con la electricidad y la iluminación actual. Bombillo incandescente, lámpara fluorescente y LED.....	18
Iluminación mediante fuentes de energía limpias o energías renovables.....	20
Tipos de lámparas ahorradoras.....	22
-LFC (lámparas fluorescentes compactas).....	22
-LED's (lámparas de diodos emisores de luz).....	24
Tipos de lámparas o dispositivos de iluminación solar.....	26
Soluciones de diseño. Iluminación de un piso interior.....	26
Cambiar el color de la pintura del patio.....	27
Diseños actuales de solución.....	27
Iluminación mediante tubos solares.....	27
Iluminación mediante reflectores solares.....	29
Iluminación mediante el uso de fibra óptica.....	30
Iluminación mediante sistemas de helióstato	31
Potencial económico del ahorro de energía.....	32
Presencia en otros países.....	33
Conclusiones.....	34
Capítulo 2. Los helióstatos y su utilidad en iluminación solar.....	35

Evolución helióstatos	35
Dispositivos, patentes e inventos surgidos en los helióstatos	36
El nivel de inventiva en los sistemas de helióstatos según herramientas de TRIZ.	40
Comparación con el diagrama de evolución potencial.	44
Conclusiones.	45
Capítulo 3. Iluminación solar	47
Características del área a iluminar.	47
Geometría del local.	47
Niveles de iluminación recomendadas	48
Color	50
Particularidades de construcciones con escasez de iluminación natural.	51
Requisitos de construcciones para ser iluminadas con luz solar.	52
Costos de los actuales sistemas de iluminación solar.....	53
Alcances de los actuales sistemas de iluminación solar en México.	55
Conclusiones.	56
Capítulo 4. Aplicación de las metodologías para generar una solución.....	57
Descripción del problema.....	57
Métodos para generar el concepto	57
Niveles de innovación.....	57
Modelado del problema	58
Diseño comparativo.	58
Proceso creativo rumbo a una idea	62
Modelado de la solución	64
TRIZ. Contradicciones a resolver.	64
Contradicciones físicas.	65
40 principios de inventiva.	67
Propuesta a partir de las contradicciones.	71
Retomando las propuestas de TRIZ. La división de funciones, el siguiente paso para proponer una solución.	72
Diseño funcional. Aplicación sobre el diseño.	74
Solución del problema.....	77
Diseño apodíctico. Base para mejorar diseño.	77
Conclusiones.	79

Conclusiones y comentarios.....	80
Conclusiones.	80
Trabajo a futuro.	81
Comentario final.....	82
Anexo 1. Norma oficial mexicana nom-025-stps.....	83
Anexo 2. Matriz de contradicciones TRIZ	96
Anexo 3. Efecto Mosser.....	106
Anexo 4. Polarizado de cristales.....	109
Bibliografía	110

Innovación en la iluminación solar mediante el análisis prospectivo de su tecnología

-Prólogo.

El sol es una fuente de energía necesaria para todas las formas de vida de nuestro planeta. A nosotros los seres humanos como sociedad tecnológica también nos representa una fuente de energía aprovechable dirigida a nuestra vida moderna.

La evolución tecnológica tuvo un gran avance en materia de energía cuando a partir de fechas posteriores a la segunda guerra mundial, el interés científico que hasta entonces se había dirigido a la industria bélica tuvo la oportunidad de buscar nuevos campos de aplicación de los conocimientos obtenidos. Las propuestas surgidas de mayor importancia fueron aquellas dirigidas a las formas de auto abastecerse de energía en tiempos cuando el petróleo y carbón eran escasos y costosos. Es decir, la tecnología dirigida a aprovechar fuentes de energía provenientes de la naturaleza sin necesidad de un proceso de transformación muy costoso o de mucho tiempo.

Impulsado por intereses económicos se planteó la idea de proporcionar energía a las naciones emergentes de las colonias recientemente liberadas. Estas naciones carecían de dinero y capital, el problema se resumía en suministrar energía de manera barata y que no representase escasez en futuros cercanos. Las naciones más avanzadas que dependían de los combustibles fósiles no prestaron interés en este tipo de proyectos, pero para quienes no podían costear las fuentes de energía tradicionales, fue necesario buscaron fuentes de energía más accesibles.

Desde aquel entonces se tomaron en consideración varias fuentes de energía en la naturaleza, fue principalmente la energía proveniente del sol la que demostró tener mayores posibilidades de aprovechamiento. A partir de entonces se generó un área de estudio dirigido específicamente a este tipo de energía.

Desde entonces ha habido una gran cantidad de inversiones de capital enfocado a aprovechar los rayos solares en plantas de bombeo de agua, en generadores eléctricos y en algunos pocos casos para la incineración de sustancias peligrosas. Para estas aplicaciones se requerían espacios muy amplios de terrenos de construcción y de áreas con condiciones atmosféricas muy particulares que permitieran una iluminación constante de sol.

Algunos países como son Alemania, España, China, Israel y Estados Unidos son líderes en el uso y desarrollo de tecnologías para este tipo de energías, pese a solo uno de ellos es considerado como país con alto grado de radiación solar promedio anual. En estos lugares el aprovechamiento proviene de la cultura de ahorro y uso eficiente de energías, explotando los modelos económicos y sociales en pro de ventajas tecnológicas.

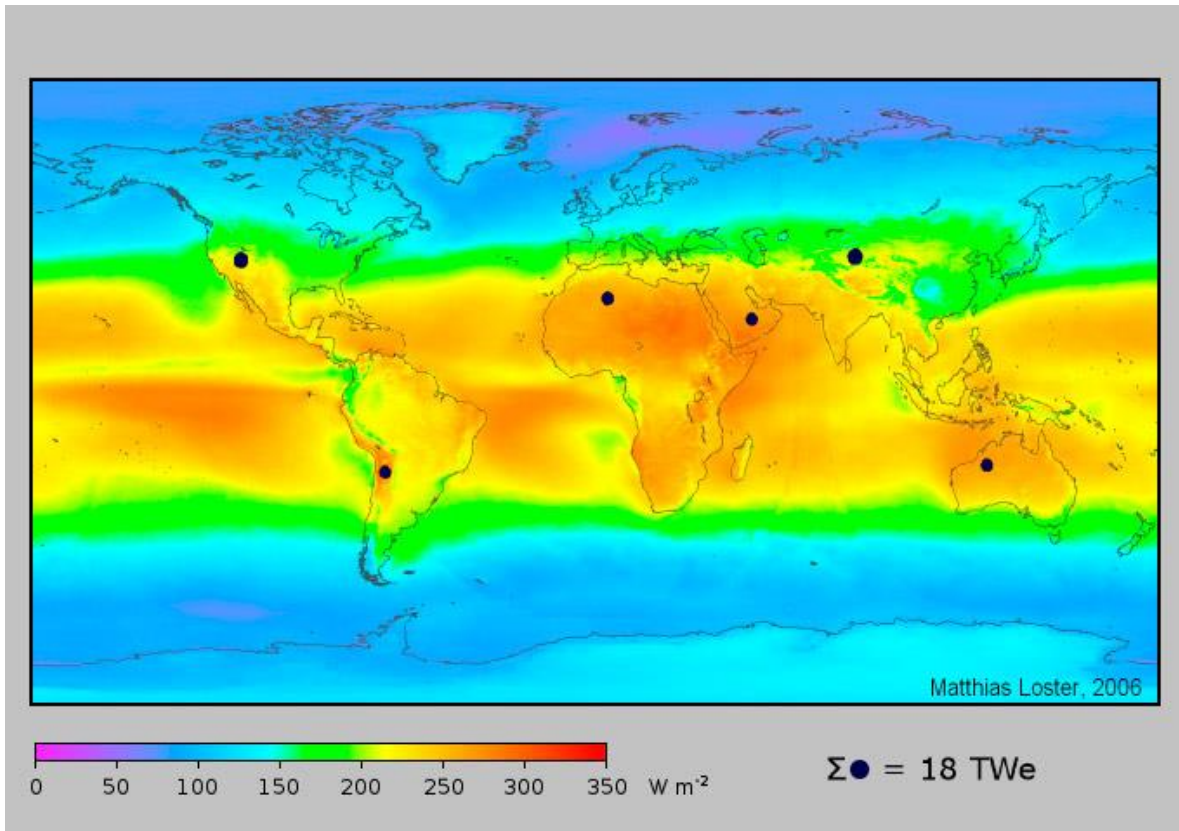


Ilustración 0-1 en nuestro país, el aprovechamiento solar es mínimo comparado con Alemania donde se tiene 3.2 kwh/m² mientras que México cuenta con más de 5 kwh/m². Fuente: http://www.ez2c.de/ml/solar_land_1

Durante el “Seminario de Geopolítica de la Energía, Calentamiento Global y Transición energética” del año 2012 se detalló que la energía solar puede ser aprovechada en dos modalidades (Energía O. d., s.f.):

- Fuentes lumínicas con celdas fotovoltaicas.
- Potencial calorífico a través de celdas térmicas.

Sin embargo, existe una forma de aprovechamiento de la energía solar que proviene desde la antigüedad y que aun siendo utilizada día con día en cada hogar del mundo, las tecnologías dirigidas a su aprovechamiento suelen ser escasas en comparación con el aprovechamiento para la obtención de energía térmica y eléctrica, en este caso la iluminación de un lugar directamente con los rayos solares.

La luz solar iluminando el interior de las casas es una forma de aprovechamiento directo que comúnmente no requiere mayores inversiones que el planeamiento y orientación correcta de la construcción. Algo para lo que se acostumbra la construcción de ventanas, solares y domos en los techos y balcones de los edificios.

Con el correcto diseño del edificio es posible aprovechar los reflejos de luz para iluminar áreas oscuras, Sin embargo, requiere además del diseño la utilización de pinturas claras y materiales reflejantes. Esto por supuesto es una solución que resulta poco eficiente a través del tiempo, pues

la urbanización suele superar las primeras etapas de construcción cuando las áreas urbanas están en constante crecimiento

Las tecnologías actuales que solucionan este cometido son principalmente 5:

- Tubos solares
- Reflectores solares
- Fibra óptica
- Reflectores solares
- Helióstatos.

Cada uno de estos dispositivos tiene ventajas y desventajas. Dividiéndose en sistemas activos y pasivos. Los activos son los dispositivos de diseño en movimiento, son capaces de seguir o moverse en la mejor posición que el sol lo requiera. Los sistemas pasivos son aquellos que se mantienen estáticos y requieren que la luz alimente el sistema desde todos los ángulos posibles. El primer grupo está diseñado para iluminar estancias interiores, mientras el segundo es diseñado para iluminar patios y galerías (CEMAER, s.f.).

Así en este proyecto, se tomó como base una de estas soluciones actuales, buscando aplicar los conocimientos adquiridos al profundizar en el tema de la iluminación por medios solares durante la maestría en Diseño Mecánico para generar un mejoramiento o modificación innovadora sobre el dispositivo existente que aumente su utilidad y eficiencia energética para las personas en determinadas circunstancias, como en la carencia de luz natural.

-Definición del problema.

Desde 1980, México es un país donde la mayor parte de la población reside en centros urbanos. El 70% de la población mexicana vive en ciudades y grandes zonas metropolitanas del altiplano central, el bajío, los llanos occidentales, zonas costeras y principalmente al norte del país. El 30% de los mexicanos que viven en zonas rurales que están concentradas principalmente al sur y sureste del país (Guzman).

La creciente densidad de la población requiere que se cubran necesidades en servicios y espacios de vivienda, donde lo último se centra en mejores construcciones que puedan aprovechar al máximo los recursos disponibles acuerdo a su zona y orientación.

El calor y la luz son dos de los aspectos energéticos que buscan ser aprovechados dentro del mismo diseño en construcción debido a la incapacidad de grandes modificaciones posteriores a la construcción.

Sin embargo, debido al crecimiento urbano constante suele superar el planeamiento original, provocando que edificios, casa o bodegas tengan por nuevos vecinos edificios cada vez más altos en busca de su propio beneficio de aprovechamiento de espacio. Esto genera un problema a quienes originalmente tenían libre entrada de luz y calor natural del sol y que por razones económicas o de construcción no puede crecer al mismo tiempo que las construcciones vecinas, pudiendo así generarse obstrucciones de luz y calor natural de sol.

En edificios cuyo ensombrecimiento es parcial y aun cuentan con por lo menos una de sus caras con iluminación solar y el resto en dirección a paredes contiguas, la luz es esencialmente luz reflejada, lo que significa en la práctica que en ningún momento del día, ni en ninguna época del año entra luz natural directa a estas habitaciones, convirtiendo el piso en oscuro o poco iluminado.

Nuestro problema es entonces la generación de un diseño para aprovechar la luz solar para un aprovechamiento en iluminación útil a los usuarios de edificios (casas habitacionales) en condiciones de escasez, sin que esto requiera modificaciones a la estructura actual del edificio, así aprovechando la posición de la misma.

-Requerimientos.

Los requerimientos son aquellas necesidades propias del sistema, forman parte del ambiente en el cual nos desenvolvemos, afectando el desarrollo del proyecto y la solución que se obtendrá. Para cada proyecto se tiene un grupo particular de requerimientos. Para el proyecto actual se toman como requerimientos las siguientes:

- Regular la cantidad y tipo de luz solar que entre a la habitación.
- Mantener la estructura sin modificaciones mayores de la habitación a iluminar.
- No obstruir la vista desde el interior de la habitación a los exteriores si cuenta con alguna ventana o tragaluz.
- Aprovechar el espacio útil sin la necesidad de incluir en el diseño construcciones de apoyo como serían astas, torres o divisiones en la misma habitación.

Los requerimientos tienen gran importancia debido a que son limitantes que moldean el proyecto y dirigen su dirección de acuerdo con las necesidades encontradas.

-Justificación

En la actualidad, se han desarrollado una gran cantidad de proyectos que buscan aprovechar de manera más eficiente los recursos energéticos de los que la humanidad dispone. Particularmente a nivel industrial donde se relaciona la cantidad de energía invertida con el desarrollo del producto generado.

Uno de los recursos energéticos que han tenido más prosperidad en avances tecnológicos es por supuesto todo lo que se ha enfocado a la iluminación artificial, la cual es necesaria en áreas de trabajo que deba estar aisladas del ambiente exterior. Para estos proyectos normalmente se han dirigido al aprovechamiento eficiente de la energía eléctrica, o en otros casos a la generación de electricidad por medios más limpios y eficientes.

Sin embargo, muy poco se ha invertido en el aprovechamiento de la energía solar de manera **pasiva**, es decir para su uso inmediato, sin que esto signifique una transformación de un medio a otro. Solo algunos dispositivos conocidos como **helióstatos** se han usado para concentrar la energía térmica del sol para su aprovechamiento en calefacción, generadores eléctricos e incineración. Por supuesto los avances en el aprovechamiento de la radiación solar directa, como son heliostatos, concentradores solares y huertos solares son bastante apreciables, pero son muchos menores

comparados con otros medios de aprovechamiento de energía solar, como lo serían los paneles fotovoltaicos.

Algunas empresas, principalmente europeas, han estado experimentando con el uso del sol en medios de **arquitectura bioclimática**. Con los nuevos diseños arquitectónicos e ingenieriles que buscan el mayor aprovechamiento de los recursos ambientales para mantener conjuntos departamental, edificios de oficinas o sistemas en bodegas a temperaturas cómodas y bien iluminadas, con menor resistencia a vientos y a efectos de sismos.



Ilustración 0-2 algunas estaciones de trabajo cuentan con diseños dirigidas a darles a los usuarios un adecuado nivel de confort con respecto a iluminación, clima y flujo de aire.

El objetivo de estas empresas no se limitaba a únicamente tener luz cálida a lo largo del día, sino que a través de este medio se pudiera mantener confortable todas y cada una de las áreas de trabajo. Es decir, hasta la habitación ubicada en la planta baja y rodeada de otras pudiera estar iluminada por luz natural. Tomando en cuenta que la iluminación artificial representa un gasto constante para casi todas las personas en la vida diaria, este tipo de proyectos representa un avance importante en ahorro económico.

Sin embargo, la idea de iluminar totalmente una construcción, también abarca a la reformación de áreas oscuras o ensombrecidas, lugares que originalmente en su diseño no tuvieron la planificación necesaria para ello o que por circunstancias ajenas tuviesen que padecer escasez de energía eléctrica.

Para esto, el uso espejos, materiales traslucidos, helióstatos, fibras ópticas y tubos reflejantes, son los medios por los cuales se resuelve la problemática. Sin embargo,, todos tienen por principal inconveniente la necesidad de hacer modificaciones estructurales a los edificios donde serán instalados, o bien que cuenten con una estructura aprovechable. Para lugares donde esto no es posible, como edificios históricos o departamentos bajos, resulta una tecnología ineficiente.

Así lo que el proyecto buscó es basarse en una tecnología previamente estudiada por el diseñador. Utilizar los helióstatos como base de diseño para iluminar estas áreas de manera eficiente y regulada, propia para el aprovechamiento humano.

Por supuesto en el camino de diseño se planteó la posibilidad de hacer modificaciones a los elementos para hacerlos más simples y alcanzables a posibles usuarios. De manera que su simplicidad y aplicación cumpliera con las principales normas regulatorias de iluminación y

construcción [anexo 1°]. Además que no requiera un control excesivo ni un mantenimiento complicado.

Se sabe que la Ciudad de México es la ciudad más contaminada dentro de nuestro país y una de las 15 ciudades más contaminadas del mundo. De allí la necesidad de generar proyectos que aporten a la disminución de liberación de contaminantes en el aire. El logro de la iluminación que no signifique el uso de electricidad sino directamente de la luz del sol reduciría el gasto económico de los usuarios, y también aumentaría el proceso de disminución de la cantidad de contaminantes liberados a la atmósfera por la generación de electricidad.

El proyecto tomado desde el principio del estudio de la maestría ayudará al diseñador a aplicar sus conocimientos con todas las herramientas proporcionadas, y al final, desarrollar un cambio eficiente en el dispositivo base.

-Hipótesis

Mediante la profundización en el conocimiento de la evolución de un heliostato y la aplicación de herramientas TRIZ, es posible llegar a generar una innovación tecnológica en el sistema de los heliostatos permitiendo un mejor manejo de energía lumínica del sol al efectuar los movimientos de los espejos necesarios para llevarlos a áreas que necesitan ser iluminadas.

Posteriormente con las herramientas aprendidas durante el estudio maestría se logrará generar todo el desarrollo necesario para lograr la innovación tecnológica en materia de iluminación solar y con la posibilidad de llevarlo al mercado en un modelo viable de negocios.

-Metodología

A partir del estudio de hecho durante la maestría se tuvieron contacto con varias metodologías de diseño y solución de problemas. De ellos se tomaron las mejores partes con tal de formar una cartera de herramientas útiles en este diseño.

La razón de las metodologías de diseño surge de las necesidades de creación de nuevos productos con el mejor desarrollo en el menor tiempo posible.

Desde un punto de vista positivista, toda solución a cualquier problemática surge a partir de un estudio de las afirmaciones propuestas después de un estudio de teorías puesta en práctica con pruebas que avalen sus resultados. De esta manera, todo estudio desde cualquier marco de diseño debe ser aplicable al mismo problema, obteniendo soluciones al mismo nivel de desarrollo.

Generados como metodologías independientes, surgen técnicas por las cuales se puede desarrollar la creatividad y el análisis para la generación de soluciones a problemas planteados.

Los mercados mundiales han invertido en la construcción y desarrollo de nuevas ciencias y tecnologías en busca de hacer avances en la industria, beneficiando enormemente la sociedad humana, generando garantías para la calidad de vida de las personas.

Sin embargo, los desarrollos tecnológicos requieren grandes inversiones, tanto de tiempo, investigación y por supuesto en dinero. Tomando en cuenta que pocas veces existe garantía de éxito, es necesaria la aplicación de metodologías dirigidas a la **innovación**.

En términos de innovación tecnológica es necesario, es necesario tomar el éxito a nivel funcionamiento en dos puntos de vista, así podemos entender este éxito como:

1. Éxito comercial
2. Éxito tecnológico

El primero se refiere a un producto que se lleva a la venta en el mercado, llegando al segmento al cual está dirigido, cumpliendo sus metas de producción y distribución. El segundo busca principalmente el avance tecnológico, las ganancias económicas pasan a segundo plano pues tienen un propósito mayor, es decir, formar parte de una tecnología más avanzada como plataforma para su generación.

Para el caso actual, un proyecto surgido de una idea sin patrocinio de alguna empresa, se utilizó herramientas de diseño de productos y su ingreso en el mercado, buscando su éxito comercial como primer punto, dejando el éxito tecnológico a un posterior paso de evolución después del desarrollo.

Como parte de las herramientas obtenidas en el estudio de posgrado, es posible utilizar herramientas de estudio de varias metodologías [(Esponda, Un Enfoque Apodíctico del Diseño, 2011) (Lopera, s.f.)]. Dividiendo estas herramientas en tres etapas:

- Análisis
- Desarrollo
- Iteración.

Cada una de estas etapas busca potenciar las habilidades creativas dirigidas. Así en la etapa de **análisis** nos enfocamos en hacer un estudio exhaustivo de todo lo que rodea el proyecto, el efecto de las restricciones y su complicidad en la evolución de los resultados; también toma en cuenta aquellos avances hechos por otros diseñadores para situaciones similares.

La segunda etapa, el **desarrollo**, se enfoca a utilizar los resultados obtenidos por el análisis para unir ideas, propuestas y posteriormente formar una solución posible que involucre todo lo investigado; que cubra con todas las necesidades del proyecto y que además cumpla con las restricciones planteadas previamente.

En la tercera y última etapa, la **iteración**, se busca utilizar otra serie de herramientas con tal de mejorar la solución previamente propuesta. Tomando pruebas sobre el prototipo, datos o información arrojada por otros diseños similares. Dando con esto una conclusión al proyecto que cumpla con todos los requisitos para ser funcional y aplicable, disponible para su implementación, pero dejando un estudio para posteriores mejoras que, ya sea por el tiempo establecido o por los límites tecnológicos, no se pudieran implementar.

-Herramientas de trabajo. Metodologías base.

Metodología TRIZ

(Lapera, s.f.)

TRIZ es un acrónimo ruso para teoría para resolver problemas de inventiva ("teoriya riesheniya izobrietatskij zadach"), la teoría de resolución de problemas y de invención, desarrollada por genrich altshuller desde 1946.

Esta teoría intenta desarrollar una metodología en un conjunto de herramientas basadas en modelos para la generación de ideas y soluciones innovadoras para resolver problemas. TRIZ provee de herramientas y métodos para usarse en formulación de problemas, análisis de sistemas, análisis de fallas y patrones de evolución de sistemas. Nace del análisis de miles de documentos de patentes, de los cuales se extraía la esencia del problema y la estrategia de solución aportada. La presencia de ciertas pautas inventivas repetidas en distintos sectores, el acceso al conocimiento externo al problema y la evolución de las tecnologías, sentaron las bases para la metodología. Complementando lo anterior con la evolución constante de los sistemas y la presencia y resolución de contradicciones técnicas. A diferencia de técnicas como lluvia de ideas, basada en la generación de ideas aleatorias, esta teoría anima a crear un enfoque algorítmico y acceder al conocimiento para la invención de nuevos sistemas y el refinamiento de los viejos.

Dicho algoritmo se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Ante un problema determinado, se reconocen elementos y su evolución a partir del surgimiento de la idea, entrando en un concepto "problema modelo".
2. Usando múltiples herramientas y organizando el modelo de problema, es posible identificar un "modelo de solución".
3. A partir del estudio de los resultados propuestos por las herramientas y basándose en el juicio del usuario es posible determinar una solución concreta "solución de problema".

Niveles de innovación.

El análisis de un gran número de patentes revela que cada invención no es igual en su valor inventivo. G. Altshuller propuso cinco niveles de innovación:

- Nivel 1. Una mejora sencilla de un sistema técnico. Requiere el conocimiento disponible dentro de un área de producción/aplicación relevante del sistema.
- Nivel 2. Una invención que incluye la resolución de una contradicción técnica. Requiere el conocimiento de áreas diferentes dentro de un área relevante del sistema.
- Nivel 3. Una invención que contiene una resolución de una contradicción física. Requiere el conocimiento de otras áreas de producción/aplicación.
- Nivel 4. Una nueva tecnología desarrollada que contiene una solución de "ruptura" que requiere el conocimiento de diferentes campos de la ciencia.
- Nivel 5. Descubrimiento de nuevos fenómenos y sustancias.

En problemas del primer nivel no se cambia el producto (dispositivo o método). En el segundo nivel se cambia el producto, pero no considerablemente. En el tercer nivel, el producto es modificado esencialmente y en el cuarto es totalmente; en el quinto el sistema técnico entero en el que se utiliza este producto se modificará.

Nosotros nos enfocaremos únicamente a alcanzar los niveles 2 a 4 para desarrollo tecnológico del sistema, dejando el nivel 5 como una posibilidad futura.

Como ejemplo utilizaremos la aplicación de la metodología TRIZ en el proyecto de generar un avance tecnológico en el sistema de heliostatos.

Diseño comparativo.
(Perez, s.f.)

El diseño mediante la comparación de objetos consiste en hacer una colección de objetos para analizarlos en sus funciones y la manera en cómo fueron diseñados. Es posible tomar el método de diseño como una serie de decisiones de carácter técnico, estético y económico que se manifiesta en un producto terminado y funcional.

Entonces al hacer un diseño comparativo se puede llegar a comprender como los productos existentes han sido pensados, como han sido fabricados y así poder formarse una nueva idea de las funcionalidades que podrían ser aumentadas.

Para poder aplicar la metodología de comparación es necesario tomar objetos similares, es decir, deben tener la misma función. Después debe hacerse un análisis de los puntos importantes del producto que son:

- **La forma.** Las formas de un objeto dependen de la función o el trabajo que debe de poder ejecutar. Sin embargo, debido a las diferencias entre la forma de plasmar ideas y la manera de interpretarlas, la forma de un objeto también depende del proceso de manufactura elegido.
- **Los materiales.** Los materiales descubren la manera en que una pieza puede obtener su forma. Los nuevos diseños requieren materiales que puedan soportar sus necesidades.
- **La estética.** Algunos objetos cotidianos no están sobrecargados de requisitos estéticos. Su belleza deriva de su utilidad y de su ergonomía.
- **La fabricación.** El material elegido impone los métodos de fabricación posibles. Los materiales van unidos a sus técnicas y herramientas específicas.
Las mejoras en el procedimiento de fabricación irán orientadas a reducir el coste, procurando dar la forma a las piezas con el menor número posible de operaciones.
- **El mecanismo que utiliza para su funcionamiento.** Casi todos los productos requieren un mecanismo para funcionar en un sistema o bien son parte de un sistema. Para su funcionamiento correcto el mecanismo diseñado debe cumplir el propósito del producto.

Después de esto es necesario replantear las funciones del producto y realizar un análisis profundo de aquellas cualidades que debe tener el diseño que desarrollemos.

Diseño con enfoque apodíctico.
(Esponda, Un Enfoque Apodíctico del Diseño, s.f.)

Este enfoque busca dar carácter científico a los conocimientos relacionados con el diseño, ofreciendo elementos para proponer la existencia de elementos inherentes de calidad en el diseño, es decir, obtener una solución con la mínima complejidad.

Existe poca información acerca de esta metodología por ser una metodología propia del Dr. Guillermo Aguirre responde quien lo mantiene como propio en su trabajo. Sin embargo, si tenemos el conocimiento de los principios con los cuales opera. Estos principios son los siguientes:

- **Simplicidad:** se refiere a eliminar de un diseño todo aquello que no es estrictamente necesario. Es decir, encontrar una solución más directa con el menor número de partes involucradas, sin que esto provoque deficiencias en la calidad del producto.
- **Claridad:** este principio indica que es necesario generar una interacción del producto con el usuario y el medio en que se desenvuelve de manera clara e intuitiva, tanto en funcionamiento como en la utilidad de los componentes que utiliza. Sin por esto afectar la estructura del diseño.
- **Unidad:** aquí observamos la necesidad de uniformidad dentro del diseño. Existe cierta sensibilidad de todo sistema a fallar en su eslabón más débil, es decir, si en un mismo sistema funcional existen elementos que generen des balance, es probable que el diseño presente fallas. Es necesario que la participación de cada elemento del sistema sea de manera uniforme.

Estos principios nos dicen que el objetivo de la metodología es mantener la calidad contenida en un producto en las distintas soluciones que tiene para el mismo problema. En otras palabras, el método se enfoca en el desarrollo de productos **existentes**, no para nuevos productos, tomando en cuenta el enfoque filosófico de Ana Karenina:

“Todos los diseños exitosos se parecen entre sí; los fallidos son fracasados en su propia manera.”

Dentro del sistema tecnológico es necesario distinguir dos características que lo conforman a fin de hacer más evidente donde puede ser aplicado el estudio:

- **Estructura:** la manera en que el conjunto de elementos que constituyen el sistema está relacionado entre si para formar un todo coherente y auto sostenible.
- **Apariencia:** el conjunto de atributos perceptible que le dan su forma o aspecto formal, entre los que son su color, textura, geometría, forma, topología

Capítulo 1. Contexto, definición y necesidad de iluminación solar.

La industria de iluminación en México

Sin lugar a dudas, el fuego desapareció como sistema de iluminación cuando Joseph Wilson Swan construyó el primer foco eléctrico en 1879 que estuvo brillando durante más de 48 horas seguidas. Desde su origen como uno de los primeros bombillos de iluminación funcional y la creación de una de las empresas más conocidas a nivel mundial en 1892, la General Electric Company (GE), la producción industrial de luminarias se convirtió en una de las industrias de mayor demanda y más rentables por la gran cantidad de uso específicos que surgen.

Muy pocos procesos de producción industrial no requerían iluminación característica para sus operadores, quienes por supuesto podían ejercer sus funciones de manera más eficiente cuando la iluminación les permitía concentrarse y no perder de vista ninguna parte del proceso. Paralelamente la iluminación doméstica sustituyó a la que entonces era la única fuente de iluminación interior. Lámparas de gas o aceite que mantenían un desgaste constante pasaron a ser artículos ornamentales cuando era posible que un solo bombillo pudiera ofrecer la misma cantidad de iluminación que representaba una veintena de lámparas esparcidas por toda una habitación.

Desde entonces, a principios del siglo XX, la iluminación artificial fue una revolución en todo mundial, atrayendo al crecimiento de la industria y mejoras en la calidad de vida de los ciudadanos, se extendió a través de los países desarrollados hasta aquellos en vías de desarrollo.

En 1881 se inició el servicio público de electricidad en la Ciudad de México, cuando la compañía Knight instaló 40 lámparas eléctricas incandescentes, lo que en 1890 desplazó el alumbrado público a base de aceite de nabo que estuvo en servicio justamente un siglo. Desde esta fecha el gobierno mexicano comenzó a suministrar iluminación pública a la ciudadanía y hacer concesiones en orden para poner esta nueva tecnología al alcance de los ciudadanos.

A partir de la década de los 30, cuando se creó el código eléctrico nacional y la comisión federal de electricidad (CFE), la electricidad en México se utilizó principalmente para la iluminación de viviendas y de áreas públicas. Con ese objetivo se ha mantenido como una de las principales inversiones para el bienestar social.

Nuestro país es uno de los mayores consumidores de energía en América latina y el décimo segundo país en el mundo que genera mayor cantidad de gases de efecto invernadero. Lo anterior es atribuible, en gran parte, a la generación de energía, ya que está proviene en su mayoría de fuentes de energía fósiles. (Irastorza, 2012)

Con el objetivo de reducir el consumo energético en nuestro país, sin arriesgar su desarrollo económico y buscando mejorar la calidad de vida de sus habitantes, la administración federal en año 2012, marcó como uno de sus objetivos principales un importante proyecto de eficiencia energética, el cual está totalmente ligado a la agenda de cambio climático nacional.

En nuestro país actualmente existen cientos de empresas dedicadas al campo de la iluminación. Desde la comercialización de dispositivos de iluminación de alta eficiencia, hasta la fabricación e instalación de dispositivos de acuerdo a las necesidades de iluminación.

Empresas como:

- Forlighting de México
- Alumbrado público industrial y comercial jc
- Argos eléctrica
- Balastos y luminarias de occidente
- Cooper Lighting de México
- Corporativo eléctrico tapatío.

De producción en alumbrado público, industrial y casero, cada una de estas empresas ofrecen un extenso catálogo de lámparas y focos, incandescentes, de alógeno, de arco eléctrico, fluorescente e incluso iluminación LED. La mayoría de estas empresas buscan innovar en el aprovechamiento de la energía eléctrica con una mejor iluminación.

De esta manera surgió el proyecto denominado “programa luz sustentable”, el cual se encuentra a cargo del fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE) y cuenta con el apoyo financiero del gobierno federal a través del fondo para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía.

Actualmente los fondos dirigidos a los programas de iluminación se enfocan en las nuevas tecnologías desarrolladas sobre las existentes. En su mayoría en desarrollo extranjero.

Problemas de contaminación relacionadas con la electricidad y la iluminación actual. Bombillo incandescente, lámpara fluorescente y LED.

La energía eléctrica en México es una de las necesidades básicas de los ciudadanos. Existen limitaciones para la participación privada y se permite a las empresas extranjeras operar en el país sólo a través de contratos de servicio específicos. Según establece la constitución, el sector eléctrico es de propiedad federal y es la comisión federal de electricidad (CFE) quien controla esencialmente todo el sector. La capacidad eléctrica instalada en 2006 fue de 49 GW. De la capacidad instalada, la generación total ese año fue de 223,6 TWh, con 78,6% provenientes de fuentes térmicas convencionales como petróleo, gas natural y carbón, 13,6% de fuentes hidroeléctricas, 4,9% de energía nuclear y 3% de fuentes geotérmicas.

El auto suministro y la cogeneración también sumaría otros 619 MW de capacidad nueva. La capacidad instalada en 2015 se estima que será de 66.599 MW. El 51,4% de la capacidad adicional serán ciclos combinados y un 9,6% será producción termoeléctrica. También es importante observar que el gas natural proporcionará el 61,1% del combustible necesario.

La demanda de electricidad ha crecido de forma constante durante la última década y la secretaría de energía (SENER) prevé que el consumo crecerá un 4,8% al año durante los próximos 10 años, llegando a 304,7 twh en 2015. Para el año 2030, se estima que la generación alcanzará los 505 twh, con un 59% de electricidad generada con gas, 19% con carbón, 10% con petróleo, 7% hidroeléctrica y 3% a partir de energías nuevas y renovables. El porcentaje de energía nuclear bajará del 5% en 2002 al 2% en 2030. (México, 2014)

Una parte muy importante de esta energía eléctrica es usada para la iluminación de las viviendas, industrias y todo tipo de establecimientos. Tomando en cuenta que por 1 KWH generado con

combustibles fósiles puede liberar aproximadamente 0.21 Kg de CO₂, además de otras sustancias nocivas como mercurio, azufre y arsénico, son una fuente muy importante de contaminación. Aproximadamente en México se emiten 1000 toneladas de CO₂ cada 1.2 minutos y cada año se emiten 3.8 toneladas de CO₂ por persona. (Earth, 2006-2014)

De acuerdo con el más reciente informe del registro de emisiones y transferencia de contaminantes (RETC) de la secretaría de medio ambiente, en 2012 se produjeron en el país casi 260 millones de toneladas de esas sustancias, de los cuales 114 millones correspondieron al sector de generación de electricidad.

El principal contaminante emitido por las plantas generadoras fue el bióxido de carbono, con 99.3%, seguido en una cantidad insignificante por el bióxido de nitrógeno con 0.6%. Ambas sustancias están clasificadas como gases de efecto invernadero.

La implementación de sistemas de iluminación eficiente con focos ahorradores llamados técnicamente lámparas compactas fluorescentes (CFL, por sus siglas en inglés), es la versión reducida del clásico tubo que todos conocemos. Fueron creados en 1976, cuando el ingeniero estadounidense Edward Hammer (1931-2012) diseñó un modelo en espiral que ahora se propone para sustituir los focos incandescentes que funcionan con unos filamentos de wolframio que se encienden a una temperatura de 2 mil grados Celsius.

Este tipo de lámparas ahorradoras a diferencia de los focos incandescentes que convierten únicamente el 5% de la energía en luz, hacen justo lo contrario al convertir cerca de 95% de la energía en luz visible.

Sin embargo, este tipo de tecnologías pueden ser dañinas por las sustancias que utilizan para la generación de luz, los focos ahorradores contienen entre 5 y 20 miligramos de mercurio, cuyo vapor, al ser liberado cuando se rompen en una habitación o en el traslado a los basureros, representa una amenaza a la salud del ser humano y contaminan el ambiente.

Aunque una pieza no contiene grandes cantidades de este metal, basta que se quiebre uno para contaminar un cuarto de pequeñas dimensiones; en ese caso es necesario desalojar la habitación durante por lo menos cuatro horas.

Las actuales tecnologías de iluminación tienen una tendencia a disminuir el consumo de energía eléctrica, Sin embargo, por materiales y sustancias, la contaminación que podría generar en el desecho del producto puede ser bastante dañina para la salud humana y para el medio ambiente.

No solo el problema de la contaminación se centra en sustancias dispersadas al medio ambiente. En investigaciones efectuadas por asociaciones europeas (como "cielo oscuro, asociación contra la contaminación lumínica" en España) e investigaciones de universidades alemanas, la iluminación LED puede provocar serios problemas de salud debido a la contaminación lumínica que genera y la cual no es fácilmente regulada por los dispositivos de control electrónicos actuales. Debido a que este tipo de dispositivo es capaz de convertir hasta el 100% de la energía administrada en iluminación, puede llegar a producir una intensidad sobre dimensionada para las ondas de frecuencia en el espectro luminoso perceptible para el ojo humano.

En áreas interiores la exposición de luz LED puede requerir que los usuarios utilicen filtros oculares. Y en áreas exteriores, iluminación en calles y avenidas, puede significar por su posición un deslumbramiento a los automovilistas, además de generar halos lumínicos que pueden empeorar el problema fotoquímico en reacciones provocadas por los contaminantes dispersos en el aire de las ciudades, reduciendo su velocidad de dispersión y adsorción.

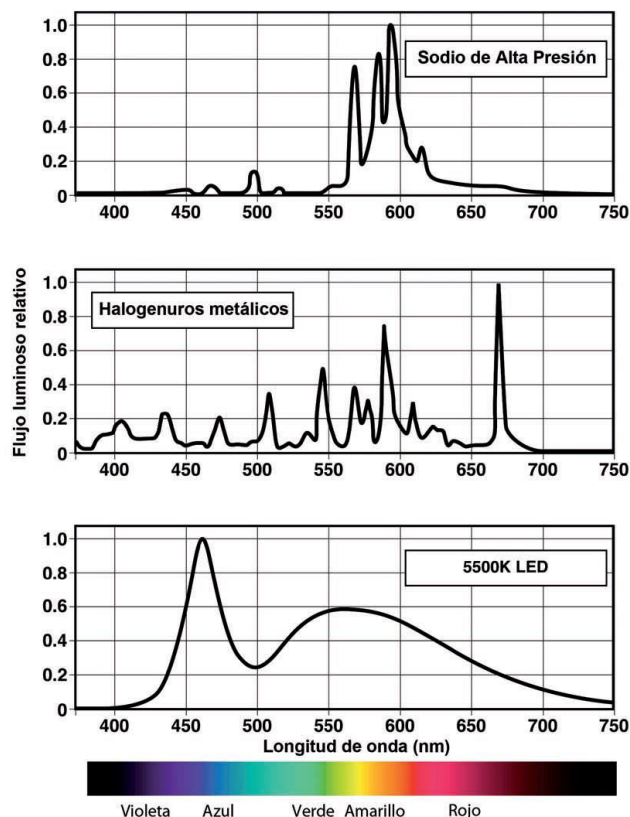


Ilustración 1-1. Distribución de energía típico de las lámparas de vapor de sodio de HPS (luz naranja); halogenuros metálicos, lámparas de mercurio (cian claro) y lámparas de LED blanco (azul). Fuente: asociación internacional Dark Sky .

Iluminación mediante fuentes de energía limpias o energías renovables.

Podemos definir a las fuentes de energía como elaboraciones fijas más o menos complejas de las que el ser humano puede extraer energía para realizar un trabajo determinado u obtener alguna utilidad.

Desde la prehistoria, cuando la humanidad descubrió el fuego para calentarse y asar los alimentos, pasando por la edad media en la que se construían molinos de viento para moler el trigo, hasta la época moderna en la que se puede obtener energía eléctrica fisionando el átomo, el hombre ha buscado incesantemente fuentes de energía de las que sacar algún provecho para subsistir el día a día. Los combustibles fósiles fueron una solución bastante útil desde su descubrimiento; por un lado el carbón para alimentar las máquinas de vapor industriales y de tracción ferrocarril así como los hogares, y por el otro, el petróleo y sus derivados en la industria y el transporte (principalmente el automóvil). Sin embargo, desde mediados del siglo XX también ha existido el aprovechamiento de otras fuentes de energía a nivel industrial como la energía eólica, hidráulica y la biomasa, pese a que

en comparación tienen un nivel de consumo mucho menor que las fuentes fósiles. Dicho modelo de desarrollo está provocando el agotamiento de los recursos fósiles, sin posible reposición, pues serían necesarios períodos de millones de años para su formación.

“por definición se denomina energía limpia o renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la cantidad inmensa de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.”

Las energías limpias son aquellas que son renovables y reducen drásticamente los impactos ambientales producidos, entre las que cabe citar el aprovechamiento de (Casas, Gea, & Javaloyes):

- La energía solar: todos los seres vivos necesitan luz solar para vivir. Y en la actualidad se utiliza la luz y el calor del sol para producir energía eléctrica, sobre todo en las viviendas.
- La energía eólica, antiguamente se usaba para mover los objetos, por ejemplo, los barcos de vela. Actualmente lo utilizamos para producir electricidad. En centrales eólicas el viento mueve las aspas de los molinos y este movimiento se transforma en electricidad.
- Los ríos y lagos: energía hidráulica por el aprovechamiento de la energía potencial en cascadas.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz producto del movimiento de los mares por la acción de la gravedad y los vientos.
- El calor de la tierra: energía geotérmica aprovechada por turbinas sobre el escape de vapores del subsuelo.
- La materia orgánica: la biomasa en descomposición libera una gran cantidad de gases combustibles, además de calor por la descomposición de materiales.

Con respecto a estas energías cabe señalar que su explotación a escala industrial, es fuertemente cuestionada incluso por grupos ecologistas, dado que los impactos medioambientales de estas instalaciones y las líneas de distribución de energía eléctrica que requieren, pueden llegar a ser importantes especialmente, si como ocurre con frecuencia (caso de la energía eólica) se ocupan espacios naturales que habían permanecido ajenos al hombre.

Para el aprovechamiento de la iluminación mediante algunas de estas fuentes de energía los sistemas de iluminación actual utilizan como estrategias aumentar la eficiencia con la implementación de reflectores en las luminarias, la utilización de materiales de mayor radiación luminosa y como en los últimos años la tecnología lo ha permitido, la utilización del LED. Es decir, se enfoca en hacer más eficiente a la iluminación en el consumo de energía eléctrica, a la par de la generación más limpia de la misma energía.

Para las estrategias mencionadas por supuesto es necesaria hacer una conversión de energía desde su fuente de origen a energía eléctrica para su traslado, almacenamiento y regulación. Es básicamente la misma manera de iluminar sólo que aprovechando los recursos de una mejor manera. Lo que, aun en menor medida, sigue generando un constante desgaste en el aprovechamiento de espacios y materiales para su uso. La transformación de energía hacia electricidad requiere varios procesos químicos en baterías o celdas que terminan generando desechos ácidos muy difíciles de reutilizar; el traslado desde su almacenamiento hasta el lugar de uso requiere de medios especiales de transmisión como son cableados, además de elementos eléctrico-electrónicos especiales de control para regular el flujo y paso de la energía, siendo esto la

principal inversión tomando en cuenta que los elementos útiles de iluminación suelen tener periodos de vida más largos que los de control, requiriendo un mantenimiento constante y en ocasiones costosos.

Es necesario en este punto tomar en cuenta que las llamadas “fuentes de energía limpias” se asemejan más a “sistemas de producción de energía con exclusión de contaminantes” o “modelos dirigidos a aprovechar los desechos ya existentes sin liberar residuos peligrosos para el ambiente”.

En sistemas alternativos se intenta hacer la iluminación de mediante el uso de mecanismo que alimentan directamente a las luminarias. Sin embargo, esto requiere circunstancias específicas de trabajo como son los generadores manuales, las torres eólicas domesticas o las celdas foto eléctricas.

Aquí radica la importancia de reducir el número de pasos en la generación de iluminación desde su fuente de energía base (solar, hidráulica, eólica, geotérmica, etc.) Hacia el tipo de energía aprovechable (electricidad)

Tipos de lámparas ahorradoras.



Ilustración 1-2. Variaciones entre distintos tipos de tecnologías en iluminación.

-LFC (lámparas fluorescentes compactas).
(Voltech®, s.f.)

Los focos ahorradores de tipo lámparas fluorescentes compactas, son piezas de auto-balastras que proporcionan un flujo luminoso igual al de los focos tradicionales pero con un menor consumo de energía.

A diferencia que los focos incandescentes, los focos ahorradores funcionan por medio de un gas que ioniza y provoca la iluminación en conjunto con la pintura blanca especial que tienen las paredes interiores del tubo.

Estos focos consumen desde un 70% hasta 90% menos energía que un foco racional, producen más luminosidad por watt y duran hasta 8 veces más que los focos tradicionales.

No existe un estándar en la relación entre consumo de iluminación entre los diferentes fabricantes de este tipo, sin embargo, se encuentran de manera muy general la siguiente relación

Foco ahorrador	Foco tradicional
9w	40 w
13w	40 w
15w	60 w
20w	75 w
24w	100 w
28w	100 w
55w	200 w
65w	250 w

Tabla 1-1 en la tabla se muestra la equivalencia en el consumo de watts entre un foco ahorrador de la marca voltech y uno tradicional con la misma luminosidad.

En la tabla se muestra la equivalencia en el consumo de watts entre un foco ahorrador de la marca Voltech y uno tradicional con la misma luminosidad.

Su tipo de iluminación se puede clasificar en dos tipos:

- Luz cálida: crea ambientes de descanso y relajamiento, se usa en salas, recámaras, comedores, etcétera. La temperatura de color es de 2,700°k a 3,500°k.
- Luz fría: crea ambientes más dinámicos se utiliza principalmente en oficinas, cocinas y baños. La temperatura de color es de 4,100°k en adelante.

Además se puede clasificar en la forma física que presenta. Sin que esto represente una variación útil al tipo de iluminación, sino a las necesidades específicas del sitio al cual serán colocados.



Ilustración 1-3 distintas formas de uso comercial par focos ahorradores.

El objetivo principal de este tipo de focos es la de disminuir considerablemente el pago en el servicio de luz, además de obtener máxima luminosidad con un mayor periodo de vida en un tono de luz que sea más agradable al ambiente en el que será aplicado.

-LED's (lámparas de diodos emisores de luz).
(NERGIZA, s.f.)

En la actualidad se desarrollan infinitos tipos, siendo Asia y los Estados Unidos las zonas con mayores centros de producción de este tipo de iluminación.



Ilustración 1-4 tipos comunes de lámpara LED

Existe una diferencia muy notable en un tipo de lámpara de LED y otra de la misma tecnología pero distinto precio. Esto principalmente por la cantidad de elementos que lo conforman y por supuesto su costo en el mercado. La razón por la que existe esta diferencia es por el uso de dos tipos principales de LED's:

- LED's en baja densidad.
- LED's en alta densidad.

Su principal diferencia radica en la cantidad de luz que puede emitir y depende directamente a la cantidad de material activo (material que convierte la electricidad en fotones) que se haya utilizado. De esta manera un dispositivo con mayor número de piezas, suele estar conformado por LED's en baja densidad. Sin alterar esto con su cantidad de iluminación, si puede hacerlo con la calidad de brillo y periodo de vida que tendrá.

Existen por clasificación electrónica según su estado, teniendo en cuenta el montaje y la cubierta en relación con el circuito electrónico con el cual operan:

- **LEDs dip estándar:** usado originalmente como señalización en distintos aparatos electrónicos, este LED dio el salto a la iluminación doméstica, se empezaron a ver bombillas tipo racimo llenas de LED's dip.



Ilustración 1-5

- **LED's SMD:** diodo emisor de luz de montaje en superficie, este tipo de LED está encapsulado en una resina semirrígida y dispuesta sobre un circuito impreso. Tiene una eficiencia

lumínica relativamente alta, en torno a los 60 lm/w, en comparación con una bombilla incandescente 13 lm/w.



Ilustración 1-6

- **Tipos de LED SMAD:** incorporados en bombillas y focos más comunes que podemos encontrar son los siguientes:
 - 3528: pequeños y de poca potencia. Puedes encontrarlos en tiras de LEDs o en diroicas agrupadas en gran cantidad. Suelen dar buen resultado.
 - 5050: encapsulan tres LEDs equivalentes al 3528. Es el más comúnmente usado y se encuentra en muchas bombillas LED. Aunque hay LEDs más modernos, el 5050 está bastante probado con resultados satisfactorios
 - 5630: más actual y más potente que el 5050, además tiene un tamaño inferior. Estas características podrían darnos a entender que es la mejor elección, pero carecen de una larga vida útil.
- **LED's COB:** las siglas COB corresponden a "chip on board" ("chip en placa"), y no es más que un conjunto de LED's agrupados en serie y/o paralelo dentro del mismo encapsulado. Proporciona mayor rendimiento lumínico que el SMD, alrededor de 110lm/w, este es el motivo por el cual se está imponiendo poco a poco. Ya que con el mismo tamaño aporta más potencia lumínica que el SMD, a día de hoy ya podemos encontrarlo en bastantes focos LED.



Ilustración 1-7

- **LEDs de potencia:** son LED's que tienen mayor consumo (a partir de 1W por LED) y por lo tanto dan mayor potencia lumínica. Su eficiencia es similar o mayor que la de LED's SMD aunque requieren de una disipación térmica muy buena. Son utilizados para las linternas de alta luminosidad que existen en el mercado.



Ilustración 1-8

Tipos de lámparas o dispositivos de iluminación solar.
(EdificaeVilssa)

En el mercado actual se encuentran realmente muy pocos sistemas de iluminación que utilicen la luz natural de sol como fuente de iluminación para áreas construidas. Es decir, el sector comercial dirige su producción a productos que utilicen energía eléctrica o transformen energía solar para generar energía eléctrica para iluminación.

Actualmente la arquitectura llamada sustentable tiene como puntos principales de desarrollo el empleo de recursos naturales para la construcción de edificaciones sustentables en el ambiente. Es decir, la reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipamientos por medios ambientales, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables. (ProMéxico, s.f.)

Este tipo de arquitectura se enfoca en el aprovechamiento de la luz natural del sol de manera que los habitantes o usuarios de los edificios sientan el confort de un espacio abierto aún dentro de sus áreas laborales. Sin embargo, este método de construcción suele ser viable para construcciones nuevas o lugares con reacondicionamiento mayor. Para el resto de los edificios que busquen algún tipo de iluminación por fuente solar, las opciones se reducen a las siguientes.

Soluciones de diseño. Iluminación de un piso interior.

Modificación del diseño interior:

- Elegir muebles blancos: el blanco refleja hasta un 80% de la luz, así conseguirás que sea reflejada por toda la estancia y se multiplique su efecto dispersor.
- Distribuir a favor de la luz: es decir, coloca los muebles de forma que ninguno de ellos entorpezca el paso de los rayos de sol, o de la luz artificial, lo mejor es optar por muebles bajos evitar, poner cortinas o situar los muebles pegados a las paredes.
- Utilizar revestimientos claros: en las cocinas optar por revestimientos blancos y brillantes es la forma perfecta de hacer que la luz se refleje y de brillo, así aumentarás la sensación de claridad.
- Eliminar puertas: así conseguirás que la luz pase perfectamente de una habitación a otra. Aunque no puedas permitirte en habitaciones tales como dormitorios o aseos, sí podrás hacerlo en el salón o el comedor.
- Poner espejos en lugares estratégicos: también te ayudarán a hacer que la luz se refleje y viaje por toda la casa.

- Utilizar paneles móviles para separar: así podrás moverlos cuando quieras para permitir que la luz pase de un lado a otro y no sólo eso, sino que ganarás algo de espacio al quitar las puertas.
- Agrandar las ventanas: es una posibilidad, aunque no siempre factible, si muy efectiva.
- Abrir ventanas en paredes aunque no sean exteriores, esta especie de “ventanas interiores” conseguirán que la luz se traslade libremente entre las habitaciones.
- Colocar pavés en los baños: esa especie de cristales translúcidos son una solución ideal para iluminar el baño sin perder intimidad si se trata de un baño interior.

Sin embargo, estas soluciones funcionan cuando el edificio está expuesto buenas condiciones exteriores de iluminación y es posible hacer entrar una buena cantidad de luz a través de algunos espacios.

Cambiar el color de la pintura del patio.

El ojo humano no tiene la misma sensibilidad frente a todos los colores. Por ello, el nivel de iluminación que percibimos depende de forma importante de los tonos utilizados para pintar un espacio

Sin embargo, en esta solución es necesario que el espacio este abierto, la luz solar debe poder tener entrada directa a las paredes con los colores reflectantes. De otra manera la reflexión no funcionaría eficientemente.

Diseños actuales de solución.

(edificae, s.f.)

Iluminación mediante tubos solares.

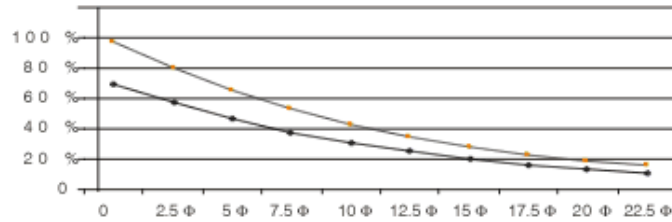
(Solar, Espacio Solar Tecnologia Bioclimatica, s.f.)

Estos dispositivos consisten en conductos de sol en un sistema de iluminación natural que capta la luz del sol mediante cúpulas situadas en la cubierta de los edificios y la transporta varios metros hacia el interior utilizando un conducto altamente reflectante. Esto permite iluminar espacios oscuros o sin ventanas, incluso sin estar directamente bajo la cubierta.

Busca como resultado espacios luminosos y llenos de vida gracias a la luz natural, consiguiéndose importantes aumentos de productividad en los puestos de trabajo, menor absentismo laboral, mayor rendimiento de los alumnos en las escuelas, mayor nivel de ventas en locales comerciales, etc. Todo ello utilizando una fuente de energía gratuita y sostenible que no necesita mantenimiento.

Flujo luminoso (lúmen)

medio y máximo en función de la longitud del conducto



Nivel de iluminación en función de la hora del día y de la época del año

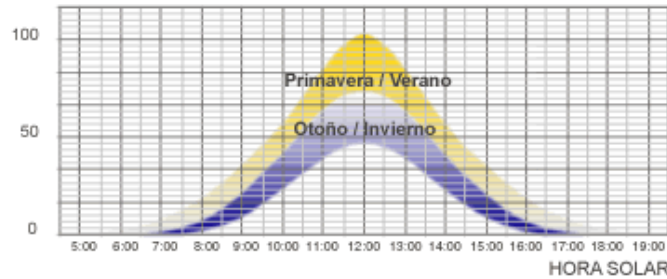


Ilustración 1-9 gráfico de cantidad de luz solar para para hemisferio norte.

La longitud del conducto tiene efecto directo sobre la cantidad de luz aprovechada, tal y como se aprecia en la tabla y en el gráfico, la cantidad de luz disponible disminuirá cuanto más largo sea el conducto. Esto es así debido a que se acumulan las pequeñas pérdidas de cada reflexión.

La máxima cantidad de luz se obtiene en los meses de primavera y verano, cuando el sol es alto y entra en forma vertical al conducto. En el otoño e invierno la altura del sol es menor, lo que implica un mayor número de reflexiones dentro del conducto

Durante el día, el máximo nivel luminoso se obtiene en las horas próximas al mediodía solar. En las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, en cambio, el sol es bajo y menos intenso.



Ilustración 1-10 elementos de un tubo solar común.

Las desventajas que presenta este tipo de dispositivos son:

- Requiere que el área a iluminar se encuentre cercana al exterior.
- Para construcciones de cemento y tabique, su instalación resulta costosa y con un amplio margen de cambio en la construcción original.
- Para un mantenimiento adecuado, es importante que el usuario tenga acceso a la terraza o azotea donde esté instalado el domo.

Iluminación mediante reflectores solares.

(Solar, ESPACIO SOLAR, TECNOLOGIA BIOCLIMATICA, s.f.)

Un reflector es una superficie que refleja la luz o cualquier otro tipo de onda. En muchos casos, como la de la antena parabólica o algunos espejos concentradores de luz, las superficies reflectoras tienen la forma de una parábola, o más precisamente de un paraboloide de revolución; y por ello cumplen con su principal propiedad: que todos los rayos que chocan en ellas se reflejan en un punto en común, llamado foco.

El sistema de reflectores está formado por un conjunto de paneles reflectantes (puede tratarse de espejos) cuya particular geometría y sus diversas orientaciones consiguen captar y reflejar el sol durante todo el día y a lo largo de todo el año, con elementos fijos, sin movimientos ni mantenimiento, convirtiendo el patio en una verdadera caja de luz dentro del edificio.

Se instala principalmente en patios interiores en los que su extremo superior quede bien soleado durante varias horas al día. Cuanto más oscuro sea el patio debido a su altura, tanto mayor será el efecto de los reflectores. En cambio, en patios amplios y de pocas plantas, el efecto adicional de los reflectores es menos notable. Si el patio es cubierto por un lucernario, se recomendará la instalación de los reflectores sólo si el lucernario es lo suficientemente transparente y se encuentra en buen estado.

El resultado puede llegar a ser un aumento del nivel de iluminación del patio de hasta 7 veces el nivel original, con múltiples rayos de luz sobre las paredes y el fondo que se van moviendo a lo largo del día iluminando a su vez los espacios adyacentes. Gracias a la implantación de este sistema se puede iluminar viviendas en plantas bajas que de otra forma estarían condenadas a ser espacios oscuros.



Ilustración 1-11 los rayos que entran generan un ambiente de calidez. Además de un dinamismo de cambio de luz a lo largo del día, pues los rayos reflejados también se mueven con el tiempo

Las desventajas que presenta este dispositivo son:

- Es necesario construcciones o postes de altura elevada con tal de dar el ángulo necesario de reflexión.
- Debido a que el dispositivo de espejos, suele concentrar el calor del sol en puntos específicos.
- Su costo se eleva dependiendo del área de reflexión buscada.
- Debido a que no es un dispositivo de movimiento, está expuesto a la carga por viento.

Iluminación mediante el uso de fibra óptica.

(Solar, Espacio Solar Tecnología Bioclimática)

La fibra óptica es un medio de transmisión empleado habitualmente en redes de datos; un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envía pulsos de luz que representan los datos a transmitir. El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED.

El sistema de fibra óptica para iluminación es un sistema que capta la luz del sol mediante paneles situados en la cubierta de los edificios y la transporta hasta 150 metros de distancia utilizando cables de fibra óptica. Una vez dentro del edificio, los cables de fibra óptica pueden ramificarse consiguiendo múltiples “puntos de sol” dentro del espacio a iluminar.

La luz no se acumula, de manera que el sol que vemos salir por el extremo del cable es el mismo sol que está entrando por el extremo superior, pudiéndose percibir así el paso de una nube o si ya está oscureciendo en el exterior.

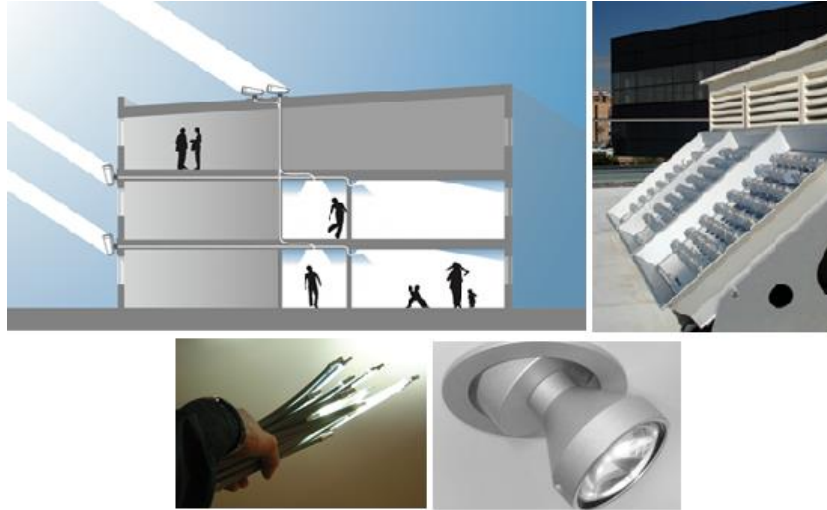


Ilustración 1-12 sistema dinámico de fibra óptica con capacidad para dirigirse a cualquier lugar dentro de os edificios.

Iluminación mediante sistemas de helióstato

Un sistema formado por un gran espejo plano motorizado con un sistema de control electrónico que se mueve a lo largo del día siguiendo el sol para reflejar un haz de luz hacia un punto fijo.

Un helióstato es un eje montado en espejo movido por un reloj o una computadora para reflejar un rayo de sol de manera constante en una dirección. Se puede considerar como un girasol electrónico. Al rastrear el movimiento del sol a través de espejos, la luz del sol se redirige a lo largo de un eje fijo hacia un receptor solar.

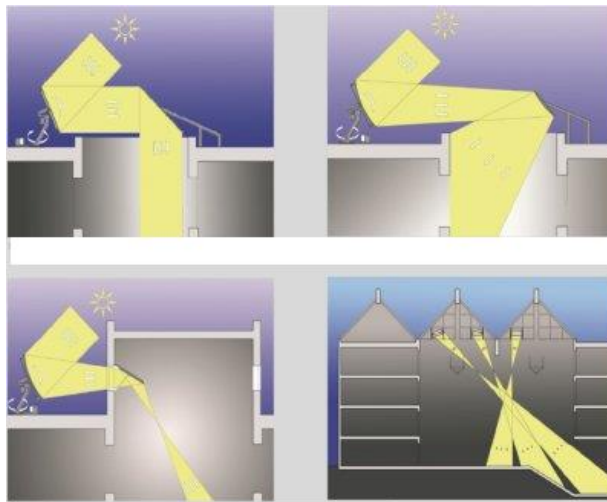


Ilustración 1-13 diferentes usos y posiciones del helióstato. 1. Iluminación con helióstato y espejo fijo. 2. Iluminación con helióstato y espejo convexo/cóncavo. 3. Iluminación con helióstato cóncavo y espejo fijo.

El tratamiento posterior de este haz de luz variará en función de la aplicación final: reflectores secundarios para re direccionamiento, materiales difusores para crear una mejor distribución, o conductos de sol para transportar la luz por dentro del edificio. Su potencia lumínica puede alcanzar

lugares como galerías subterráneas, estaciones de metro, plantas bajas, iluminar grandes espacios como patios de luces o vestíbulos.

Añadiendo un segundo espejo, se puede iluminar también patios que normalmente reciben muy poca luz solar o sólo la reciben a ciertas horas, aumentando así la iluminación efectiva de estos espacios, proporcionando luz y calor en el interior del patio y dentro del edificio.

El uso de heliostatos de forma cóncava y convexa permite la concentración y extensión de luz. La forma cóncava del heliostato permite la concentración de la luz solar y su reflexión mediante un espejo relativamente pequeño. De esta manera se puede llevar luz del heliostato al interior, por un pequeño hueco en la fachada. Dentro del edificio el haz de rayos es expandido de nuevo e ilumina la zona deseada.

Las desventajas que presentan estos dispositivos son:

- Requiere de espacios amplios para ser instalados, debido a su movimiento seguidor del sol.
- Requiere también una alimentación de energía extra para poder funcionar

Potencial económico del ahorro de energía.

En México cerca de la quinta parte de toda la electricidad que se genera se emplea en las casas para la iluminación. Tal consumo se incrementó aproximadamente 4% cada año en la última década y, a nivel mundial, esta acción genera 6% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, según la secretaría de energía (SENER). (Energía S. S., s.f.)

Económicamente hablando la principal manera de reducir el gasto por iluminación es el uso de focos cuyas tecnologías utilicen de manera más eficiente la energía eléctrica.

La implementación de estas tecnologías en la medida que el cambio se realiza en programas patrocinados por el gobierno que busca sustituir focos incandescentes por focos ahorradores. Podemos ver lo que se pretende lograr con este cambio en ahorro económico (AC, s.f.):

ILUMINANDO SUS FINANZAS

Aunque parecen más costosos, los focos ahorradores sí ayudan a sus finanzas. La tabla ilustra el costo de uno solo:

¿CUÁNTO ME CUESTA UN FOCO?

	FOCO TRADICIONAL	FOCO AHORRADOR
Potencia (watts)	100	25
Costo del foco (pesos)	4	60
Tiempo de vida (horas)	1,000	5,000
Tiempo de uso promedio (horas)	3.5	3.5
Costo del kWh (pesos)	2	2
Costo de la energía (pesos)	\$21.42 mensual \$25704 anual	\$6.51 \$78.12

LISTA DE PRECIOS

INTENSIDAD (WATTS)	ILUMINA COMO UNO DE	PRECIO (PESOS)
10 watts	40 watts	36
13 watts	60 watts	42
20 watts	75 watts	67
23 watts	100 watts	76
30 watts	115 watts	85
26 watts	110 watts	100



FUENTE: El Economista con información de tiendas minoristas / conuee

Ilustración 1-14 fuente: el economista con información de tiendas minoristas/conuee

Sin embargo, pese a que estas medidas apoyan el gasto familiar, aún puede ser disminuido con la implementación de fuentes de iluminación que no requieran energía eléctrica. Particularmente en lugares donde la necesidad de iluminación no puede ser intermitente y requiera de iluminación cálida. Como son salas, comedores o patios con áreas oscuras. Es decir, áreas que a lo largo del día requieren una iluminación constante y confortable para los habitantes del espacio.

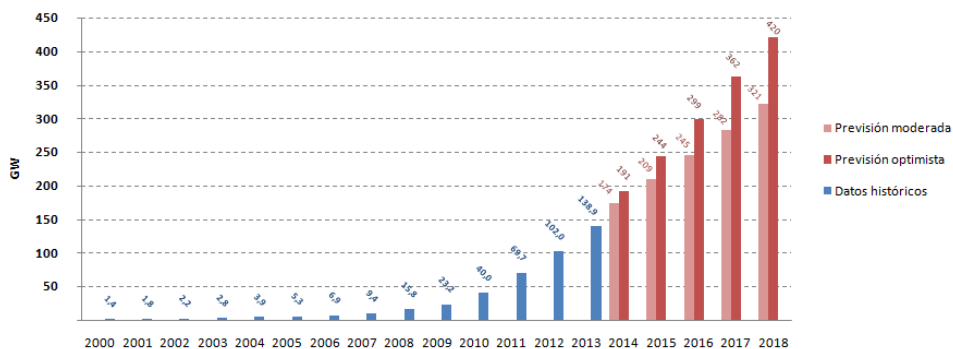
La generación de iluminación confortable no genera un gasto extra para los usuarios, sin embargo, si representa necesidades de consumo que deben estar cubiertas no solo con la tecnología con la que cuenta la luminaria, sino también con la estética y posicionamiento dentro del área. Lo que acarrea costos por accesorios como son pantallas, filtros y dispersores. Se estima que en el mercado el precio de este tipo de accesorios oscilan desde los \$600.00 m.n. hasta los \$5000.00 m.n. todos con la función de hacer más cómoda la estadía en una habitación iluminada por una luminaria

Presencia en otros países.

La energía solar en todas las formas de aprovechamiento como térmica y fotovoltaica, se encuentran en producción como fuente de energía para el ser humano, principalmente en aquellos países donde se busca la sustitución de fuentes de energía fósil por medios más limpios.

Debido a la demanda creciente de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Alemania es, junto a Japón, China y Estados Unidos, uno de los países donde la fotovoltaica está experimentando un crecimiento más vertiginoso. A finales de 2013, se habían instalado en todo el mundo cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica, convirtiendo a la fotovoltaica en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalado a nivel global, después de la energía hidroeléctrica y eólica.

La potencia instalada en Alemania (35 GW en 2014) ha protagonizado varios récords durante los últimos años. Durante dos días consecutivos de mayo de 2012, por ejemplo, las plantas fotovoltaicas instaladas en este país produjeron 22 000 MWh en la hora del mediodía, lo que equivale a la potencia de generación de veinte centrales nucleares trabajando a plena capacidad.



Grafica 1-2 potencial fotovoltaica con datos históricos desde 2013 y hasta 2018 fuente: (Energía S. S., s.f.)

La energía solar fotovoltaica se usaba tradicionalmente desde su popularización a finales de los años 1970 para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas de la red eléctrica, pero sobre todo, de forma creciente durante los últimos años, para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, bien mediante inyección a la red o para auto consumo doméstico.

Conclusiones.

Después de analizar estos sistemas y la situación de algunas casas y departamentos en la Ciudad de México, como caso de estudio, se puede concluir que hace falta mayor desarrollo de en sistemas para lograr iluminar las habitaciones. Se tomará el caso de los helióstatos por ser un sistema actualmente utilizado por su potencial de concentración a nivel industrial. Tiene por principal ventaja su movimiento de seguidor de luz, con ella se podría mantener una casa-habitación iluminada a lo largo del día sin que se pierda su concentración por el paso del tiempo.

En los siguientes capítulos se describirá el proceso seguido para encontrar una solución a este problema

Capítulo 2. Los helióstatos y su utilidad en iluminación solar.

Evolución helióstatos

La primera referencia del aprovechamiento del sol viene de la antigua Grecia, donde los constructores orientaban las casas de manera que aprovecharan mejor el calor del día. Pero fue en roma donde por primera vez se empezaron a utilizar ventanas cubiertas con cristal con el objetivo de permitir que la luz solar entrara en las casas y el calor se mantuviera dentro por más tiempo. Poco después, cerca del año 400 A.C. empezaron a construirse los primeros invernaderos creando las condiciones adecuadas para el crecimiento de plantas exóticas y semillas que traían de las zonas más alejadas del impero.

Pero su primera aplicación como forma de radiación concentrada, proveniente del siglo III A.C. cuando el filósofo Arquímedes en la batalla de Siracusa fabrico espejos cóncavos en bronce pulido, y con ellos concentró la luz solar en la flota enemiga, incendiándolos después de algunos momentos y ganando la batalla.

Fue hasta el siglo 1515 cuando Leonardo da Vinci desarrollo una idea a la que no tuvo tiempo de darle un nombre, pensaba en construir un concentrador solar de 6 kilómetros de largo que generaría vapor y calor para uso industrial, Sin embargo, fue uno de los tantos proyectos que nunca pudieron llegar a la realidad y se quedaron en papel.

En el siglo XVII Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, siguiendo los pasos de Arquímedes, utilizo 24 cristales de anteojos de los que comúnmente se utilizaban en aquella época, esto con el objeto de hacer un concentrador solar que funcionaba de la misma manera que el anterior, incendiando materiales a 20 metros de distancia. Más tarde sus experimentos lo llevaron a la fabricación del primer horno solar, el cual era capaz de derretir metales blandos como la viruta de plata.

En 1867 el científico suizo Horace de Saussure desarrolló el primer colector solar. Edmond Becquerel, un físico francés, observó el efecto fotoeléctrico en 1839. Más recientemente, hace un poco más de 100 años, el científico francés Auguste Mouchout usó calor de un colector solar para producir vapor y mover un motor. Desgraciadamente en todos los casos, los altos costos tecnológicos impedían que estos inventos llegaran a su producción.

Alrededor de 1880 se fabricaron las primeras celdas fotovoltaicas de luz visible, hechas de selenio, con una eficiencia de conversión de 1 a 2%. Mientras que el primer calentador de agua solar fue patentado en 1891 por Clarence Kemp.

Para 1950 se produjo un proceso de producción de cristales de silicio de alta pureza, lo que aceleró el desarrollo de la energía solar. Ya en 1954 los laboratorios Bell Telephone desarrollaron celdas fotovoltaicas de silicón con una eficiencia del 4% que después se elevó al 11%, lo que fue todo desafío en aquel entonces.

Sin embargo, debido a los grandes desarrollos tecnológicos dentro del petróleo y gas, las tecnologías solares fueron desplazadas y olvidadas, hasta que a finales de la década de 1970 el aumento en el precio del petróleo permitió que nuevamente resurgieran las patentes en energía solar.

Para el tiempo de la guerra del golfo de 1990, aumentó aun más el interés en la energía solar como una alternativa viable del petróleo.

En la actualidad, la energía solar se usa de dos formas principales. La primera es la potencia térmica solar, en la que el sol se usa para calentar fluidos, los cuales impulsan turbinas y otras máquinas. La segunda es la conversión fotovoltaica (paneles solares) en los que la electricidad es producida directamente del sol.

Desde la construcción de casas en la antigüedad con la orientación adecuada para captar la luz solar, hasta las modernas celdas fotovoltaicas delgadas, los humanos han aprovechado la luz solar para cubrir sus necesidades de energía. Lo que resulta perfectamente lógico, ya que, después de todo, el sol proporciona suficiente energía cada hora para cubrir las demandas mundiales por un año.

Actualmente los helióstatos son una tecnología muy utilizada en la industria termo solar, además de estable en su progreso evolutivo. Sin embargo su etapa de crecimiento no ha alcanzado su máximo potencial de desarrollo.

Dispositivos, patentes e inventos surgidos en los helióstatos

Como se describió en el capítulo anterior, un helióstato es un dispositivo que incluye un espejo, por lo general un espejo plano, lo que convierte a fin de mantener lo que refleja la luz solar hacia un objetivo predeterminado, compensación de movimiento aparente del sol en el cielo. El objetivo puede ser un objeto físico, alejado del helióstato, o una dirección en el espacio. Para ello, la superficie reflectante del espejo se mantiene perpendicular a la bisectriz del ángulo entre la dirección del sol y el objetivo, como se ve en el espejo. En casi todos los casos, el objetivo es estacionario con respecto a la de helióstatos, para que la luz se refleje en una dirección fija.

Hoy en día, la mayoría de los helióstatos se utilizan para la iluminación natural o para la producción de energía solar concentrada, por lo general para generar electricidad. Algunos se utilizan experimentalmente, o para reflejar rayos inmóviles de la luz solar en los telescopios solares. Antes de la disponibilidad de los láseres y otras luces eléctricas, helióstatos se utilizan ampliamente para producir intensos, vigas estacionarias de luz para fines científicos y de otro tipo. (EdificaeVilssa)

Helióstatos más modernos están controlados por computadoras. El equipo se da la latitud y longitud de la posición del helióstato en la tierra y la hora y la fecha. A partir de éstos, utilizando la teoría astronómica, se calcula la dirección del sol como se ve desde el espejo, por ejemplo, su situación geográfica y el ángulo de elevación. Entonces, dada la dirección del objetivo, el ordenador calcula la dirección de la bisectriz del ángulo requerido, y envía señales de control a los motores, a menudo motores paso a paso, por lo que a su vez el espejo a la alineación correcta.

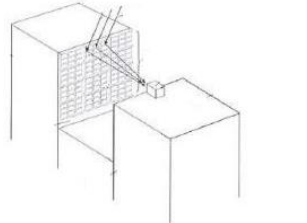
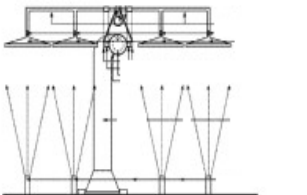
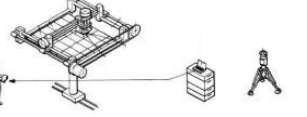
Hay tipos más antiguos de helióstatos que no utilizan computadoras, incluyendo los que están parcial o totalmente operados a mano o con un reloj o son controladas por sensores de luz. Estos helióstatos son ahora muy raros.

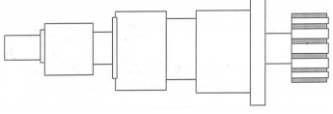
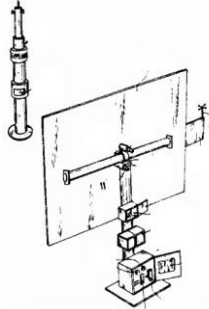
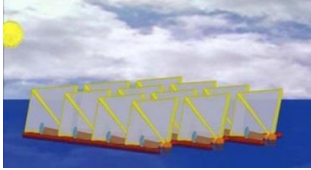
Los helióstatos deben distinguirse de los seguidores solares que apuntan directamente hacia el sol en el cielo. Sin embargo, algunos tipos más antiguos de helióstatos incorporan seguidores solares, junto con componentes adicionales para dividir en dos el ángulo del sol-espejo-objetivo.

Alrededor de los dispositivos helióstatos existen también un gran número de dispositivos y patentes dirigidas a la forma de controlar el movimiento de los espejos con respecto al sol, mantener limpios los cristales reflectores, hacer más seguros su movimiento con respecto a los factores ambientales o las geometrías usadas para aumentar la eficiencia en la concentración de sol.

Sin embargo, es evidente que la mayor parte de las patentes están dirigidas a trabajar en sistemas que envuelven todos los componentes, incluyendo los resultados, comúnmente para plantas de generación eléctrica, donde se emplean estructuras de gran peso y que requieren una alta precisión para su manejo.

Algunas de las patentes y diseños más significativos se encuentran en la tabla 2-1:

Nombre y año	Imagen	Descripción	Características
Campo vertical de helióstatos 2013 (Romero Alvarez Manuel, 2013)		Nueva distribución del campo de helióstatos de un sistema solar térmico de concentración de receptor central, consistente en la disposición del campo de helióstatos en posición vertical	<ul style="list-style-type: none"> • Pluralidad de helióstatos en posición de trabajo • Concentración del haz de sus en un punto receptor • Anclamiento a una estructura • Contra local en dos ejes
Armadura para múltiples helióstatos o paneles fotovoltaicos con ajuste independiente y arrastre automático. (Jonas, 2013)		Una armadura metálica para albergar, automatizar, limpiar y proteger de las inclemencias del tiempo a espejos Helióstatos o paneles fotovoltaicos	<ul style="list-style-type: none"> • Grupos de espejos en líneas verticales con movimiento independiente a la armadura • Ajuste de irradiación hacia el foco de forma independiente • Requiere dos motores de control para una misma armadura (1000 espejos) • Limpieza automática por aspersores • Disminuye el terreno necesario • Mayor cercanía al punto focal sin perder la afinidad
Sistema, procedimiento y programa informático de calibración del posicionamiento		Un procedimiento y a un programa informático de calibración del posicionamiento de los espejos que componen dichos	<ul style="list-style-type: none"> • Un receptor laser de posición en la superficie del espejo • Un emisor laser para determinar posición • Dispositivos de posicionamiento con

<p>de los espejos en helióstatos. (Collado Hernandez Javier, 2013)</p>		<p>helióstatos durante el proceso de montaje de los mismos</p>	<p>software de recepción de datos</p>
<p>Sistema de orientación para seguidores solares o helióstatos (Juan, 2010)</p>		<p>Destinado a proteger un seguidor solar frente a esfuerzos excesivos producidos por el viento, nieve u otros. El dispositivo también protege al motor cuando este se encuentra en funcionamiento, de forma que si el motor trabaja contra un esfuerzo muy grande, le hace pasar a una posición de esfuerzo mínimo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor con su correspondiente freno y una o varias reducciones. • Un limitador de par que está dispuesto entre el freno y el acoplamiento del eje
<p>Campo de helióstatos autónomos y método de operación. (Gines, 2001)</p>		<p>Pluralidad de helióstatos autónomos comunicados con el control central mediante radio modem.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Motor de movimiento controlado por codificadores incrementales y finales de carrera • Un control local que calcula el vector solar • La energía se obtiene de una placa fotovoltaica
<p>Paneles flotantes de alta eficiencia energética (Sanz, 2011)</p>		<p>Un sistema de paneles instalados en la superficie de un medio líquido como agua y que mediante una base pueda lograr movimientos libres y ocultarse bajo el agua para limpieza y protección</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura flotante • Motor de rotación 360 grados • Ligero y con mínima instalación


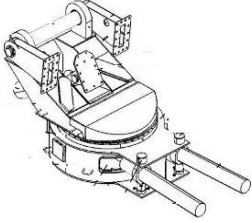
<p>Interruptor de viento (mi+d, 2013)</p>		<p>Un sistema de control por sensores que detectan velocidades y direcciones de viento para colocar los paneles en la posición más conveniente y evitar sobre esfuerzos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores conectados a motores para controlar el movimiento • Una computadora de control con respecto a la dirección del viento • Software de seguridad para calcular la posición de menor esfuerzo provocados por el viento
<p>Mecanismo de giro de soportes estructurales de accionamiento oleohidráulico (Medina, 2012).</p>		<p>Mecanismo de giro de soportes estructurales de accionamiento oleo hidráulico que comprende al menos dos cilindros hidráulicos (5, 6) de accionamiento de movimiento de giro del soporte estructural respecto a al menos un eje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Accionamiento oleohidráulico • Rango de movimiento de hasta 230 grados

Tabla 2-1 patentes dirigidas a los helióstatos

Sobre los costos de helióstatos, estos representan el 30-50% de la inversión de capital inicial para las centrales de torre de energía solar en función de la política energética y el marco económico en el país ubicación. Para diseños de helióstatos se buscan los elementos menos costosos para la fabricación a gran escala, de modo que las plantas de energía torre de energía solar pueden producir electricidad a costos más competitivos al carbón convencional o los costos de las plantas de energía nuclear.

Además del costo, la reflectividad solar por ciento y la durabilidad del medio ambiente son factores que se deben considerar cuando se comparan los diseños de helióstatos. Sin tomarse adecuadamente los factores ambientales, los helióstatos pueden presentar una serie de problemas relacionados con las fuerzas en movimiento. El movimiento del viento representa un esfuerzo sobre las caras de los espejos con respecto a la base, los polvos y el agua de lluvia representan una carga sobre los elementos móviles. También los movimientos terrestres podrían representar un efecto vibratorio sobre los elementos de unión.

Una manera que se está tratando de reducir los costos de helióstatos está reemplazando el diseño de convencional con uno que utiliza menos materiales, más ligeros y con menor cantidad elementos de unión. Un diseño convencional para componentes reflectantes de los helióstatos utiliza un

segundo espejo de superficie. La estructura general de espejo de emparedado comúnmente utilizada consiste en un soporte de acero estructural, una capa adhesiva, una capa protectora de cobre, una capa de plata reflectante, y una capa protectora superior de vidrio grueso.

Este helióstato convencional se conoce como un helióstato de vidrio/metal. Diseños alternativos incorporan adhesivos resistentes, nuevos compuestos y la adhesión de película delgada para lograr costos de los materiales y la reducción de peso. Algunos ejemplos de los diseños de reflectores alternativos son reflectores plateados de polímero, fibra de vidrio sándwiches de poliéster reforzado y reflectores aluminados. Los problemas con estos diseños más recientes incluyen la forma de laminación de las capas protectoras, la reducción de la reflectividad durante largos periodos de exposición al sol, y los altos costes de fabricación. **Para mejorar la funcionalidad de los helióstatos se aplicará una herramienta que ha resultado eficaz para resolver problemas de ingeniería.**

El nivel de inventiva en los sistemas de helióstatos según herramientas de TRIZ. La metodología TRIZ comprende un conjunto de herramienta dirigidas en tres fases diferentes:

- Modelado del problema.
- Modelado de la solución.
- La solución.

Antes de iniciar con el proceso de solución del problema. Es importante modelar en qué punto se encuentran los avances tecnológicos. TRIZ nos provee de un grupo de herramientas dirigidas al estudio de la historia y avances tecnológicos con tal de iniciar el entendimiento de la situación en la que nos encontramos antes del diseño.

Según la metodología TRIZ, un sistema tecnológico es cualquier objeto que lleva a cabo alguna función útil, desde una simple aguja para coser hasta una estación espacial. (Lapera, s.f.)

Por otro lado, los sistemas tecnológicos asemejan el desarrollo de los seres humanos, los animales y las plantas, es decir, se conciben, nacen, crecen, maduran y finalmente desaparecen. Esto es mejor conocido como **gráfica de vida**.

Observando el sistema en el que nos movemos, es importante poner en claro aquello que lo rodea. Los recursos y las restricciones afectan directamente los avances en las patentes existentes actualmente. Así como el curso que debe tomar las siguientes innovaciones buscadas.



Gráfica2-1 grafica de vida sobre la evolución del uso del sol desde medidas intuitivas hasta el uso de tecnología. Basado en tabla 2-1

También nos pone un marco en donde aclaramos el alcance actual de la innovación buscada, pues sin la existencia de una tecnología previa sobre el cual basarnos, no es posible hacer un salto de innovación a menos que se resolviera una contradicción física.

Una vez observado las características generales de las patentes e ideas es posible hacerse una idea de los niveles de innovación en la que se encuentra actualmente los heliostatos. Además de poder tomar en cuenta aquellas cualidades que podrán ser utilizadas únicamente en iluminación.

Para este caso ocupamos una nueva herramienta útil para ubicar la tecnología en una nueva posición con respecto a todo lo que lo rodea. De esta manera ubicar sus necesidades de interacción y la manera en como aplica con elementos exteriores.

La herramienta de las nueve ventanas permite ubicar en el espacio y tiempo los recursos y restricciones del sistema. Buscando con ello posicionar la situación actual a manera de entender su origen y aquello a lo podrá llevar su desarrollo.

Recursos espaciales, y de materiales del el sistema de helióstatos en la generación de energía eléctrica.

<p>Súper sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas secas destinadas al sistema. 	<p>Súper sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas desérticas destinadas para el sistema. • Sensores meteorológicos. 	<p>Súper sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores de viento y humedad más eficientes. • Materiales más ligeros y reflejantes.
<p>Sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza manual. • Formas cóncavas de concentradores. 	<p>Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cristales reflejantes de alta eficiencia • Recubrimientos de polímero sobre los espejos • Geometrías de espejos eficientes. 	<p>Sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales que no requieren limpieza. • Piezas de espejos pequeños de alta eficiente reflejante
<p>Sub sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posicionamiento de los espejos manualmente. • Espejos de metales pulidos 	<p>Sub sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas computacionales de control general. • Materiales eficientes en reflexión solar. 	<p>Sub sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles independientes de movimiento • Reflexión solar sin materiales sólidos.

Tabla 2-2 recursos para el sistema de helióstatos en el generación de energía eléctrica.

Recursos para los helióstatos en un sistema de iluminación domestico

<p>Súper sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mástiles telescópicos. • Áreas en azoteas. 	<p>Súper sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mástiles telescópicos de altura. • Pilares y construcciones de altura. 	<p>Súper sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales más ligeros y reflejantes.
<p>Sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza manual. • Formas cóncavas de concentradores 	<p>Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espejos reflejantes • Recubrimientos de polímero sobre los espejos • Geometrías de espejos eficientes. 	<p>Sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales que no requieren limpieza. • Piezas de espejos pequeños de alta eficiente reflejante
<p>Sub sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posicionamiento de los espejos manualmente. • Espejos de metales pulidos 	<p>Sub sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control remoto de movimiento. • Control de posición por computadora 	<p>Sub sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controles independientes de movimiento • Reflexión solar sin materiales sólidos

Tabla 2-3 recursos para los helióstatos en un sistema de iluminación domestico

Restricciones para el sistema de helióstatos en el generación de energía eléctrica

<p>Súper sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horarios solares de aproximadamente 11 horas de luz México, frontera con eu • Direcciones de vientos • Temporadas húmedas • Áreas terrosas 	<p>Súper sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horarios solares de aproximadamente 11 horas de luz México, frontera con eu. • Direcciones de vientos • Temporadas húmedas • Áreas terrosas 	<p>Súper sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horarios solares de aproximadamente 11 horas de luz México, frontera con eu. • Direcciones de vientos • Temporadas húmedas • Áreas terrosas
<p>Sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión • Mantenimiento del mecanismo • Espacio necesario para cada espejo • Materiales costosos 	<p>Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costo de inversión. • Mantenimiento del mecanismo. • Área de instalación del helióstato • Peso de los espejos 	<p>Sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de instalación de cada helióstato independiente
<p>Sub sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de cada espejo 	<p>Sub sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control digital 	<p>Sub sistema en el futuro</p>

Tabla 2-4 restricciones para el sistema de helióstatos en el generación de energía eléctrica.

Restricciones para los helióstatos en un sistema de iluminación domestico

<p>Súper sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horarios solares de aproximadamente 12 horas de luz México df. • Humedad del clima en la ciudad • Contaminación ambiental • 	<p>Súper sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horarios solares de aproximadamente 12 horas de luz México df. • Humedad del clima en la ciudad • Contaminación ambiental • Sombras por edificios cercanos 	<p>Súper sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Horarios solares de aproximadamente 12 horas de luz México df. • Humedad del clima en la ciudad
<p>Sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumen del helióstato • Altura requerida para su eficiente posicionamiento • 	<p>Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Volumen del helióstato • Limpieza de los espejos • Altura requerida para su eficiente posicionamiento • Volumen del helióstato 	<p>Sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura requerida para su eficiente posicionamiento •
<p>Sub sistema en el pasado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos del sistema 	<p>Sub sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control computacional local 	<p>Sub sistema en el futuro</p> <ul style="list-style-type: none"> •

Tabla 2-5 restricciones para los helióstatos en un sistema de iluminación domestico

Con esta herramienta se ha identificado los recursos que pueden ayudar a mejorar la situación de la iluminación de las casas usando los helióstatos. Por otro lado, con el fin de tener una visión completa, existe otra herramienta que permite hacer una comparación de las diferentes opciones de productos así como su análisis prospectivo, esto es a través del diagrama de evolución potencial.

Comparación con el diagrama de evolución potencial.

Es necesario recordar que en las patentes se consideran modelos de utilidad los objetos, utensilios, aparatos o herramientas que, como resultado de una modificación en su disposición, configuración, estructura o forma, presentan una función diferente respecto de las partes que lo integran o ventajas en cuanto a su utilidad. Siempre que cumplan con las condiciones de novedad.

Así entonces para poder hacer una comparación útil de dispositivos dirigidos a la **iluminación solar** debemos tomar sistemas completos que aprovechen ya los objetos, utensilios, aparatos o herramientas patentadas.

Para este caso compararemos sistemas de iluminación que se encuentran en el mercado de nuestro país, y al que el acceso es más común que en otros países. Estos son:

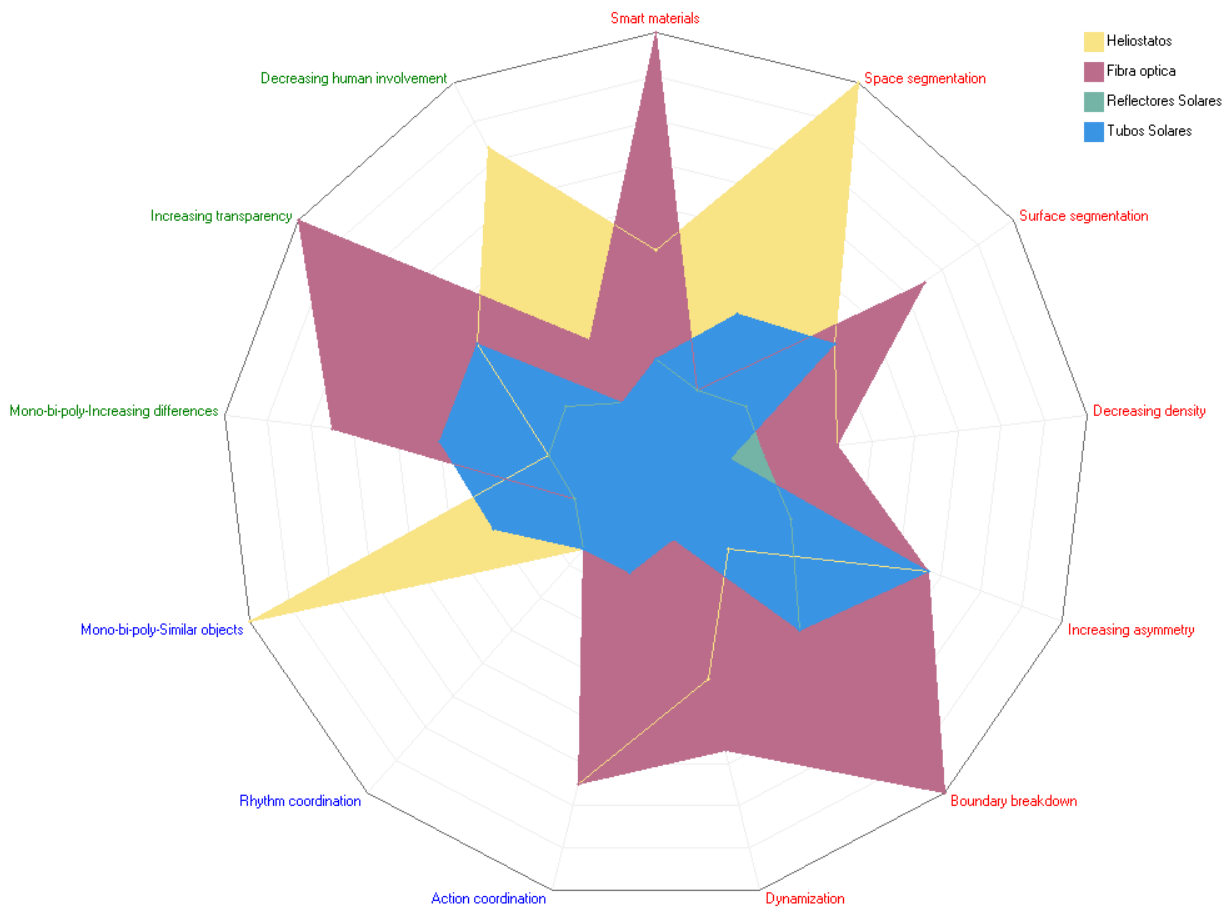
- Sistema de concentración solar helióstatos.
- Sistema de lámparas conectadas de fibra óptica.
- Sistema de reflectores solares.
- Tubos solares.

La comparación utilizando este tipo de diagramas nos ayudara a posicionarnos correctamente en los avances favorables que cada sistema tiene y que nos ayudara a generar una innovación futura.

Las tendencias aplicadas para esta comparación se en listan a continuación:

- Inteligencia del material (smart materials): refiriéndonos al tipo de materiales utilizados para su construcción; la tecnología empleada para su eficiencia.
- Segmentación del espacio (space segmentation): el número de partes en que se dividen las piezas en su construcción, en el caso de los que requieren instalaciones más profundas que otras.
- Segmentación de la superficie (surface segmentation): el número de partes en que se dividen la superficie de construcción; en el caso de superficies reflejantes, los ángulos resultantes en la superficie con la que se incrementa la dispersión.
- Densidad decreciente (decreasing density): tomando la densidad el número de piezas y el peso del sistema.
- Incremento de asimetría (increasing asymmetry): siendo la capacidad del sistema instalado en posicionarse en el ángulo luminoso correcto sin necesidad de posiciones centrales.
- Límite de falla (bondary breakdown): La resistencia del sistema de trabajo antes de fallar.
- Dinamización (dynamization): refiriéndose no solo al movimiento, sino también a la capacidad de resistir a las cargas de viento.

- Acción coordinada (action coordination): siendo el control del sistema; también la relación entre el sistema en su posición exterior y la habitación a iluminar.
- Coordinación rítmica (rhythm coordination): tomando la relación entre el haz de luz reflejado y su posicionamiento continuo dentro de la habitación a iluminar.



Gráfica 1-2 diagrama comparativo de las cuatro tecnologías más comunes de iluminación solar pasiva

De esta comparación se concluye que el sistema de helióstato y por fibra óptica tiene más ventajas sobre los otros, Sin embargo, por cuestiones de costo, continúa siendo el sistema de helióstato cual tiene la mayor viabilidad para continuar con su análisis en este proyecto.

Conclusiones.

En este capítulo se ha hecho un análisis del contexto de los helióstatos así como una comparación entre tecnologías para cumplir la función de iluminación.

Después de estos análisis queda evidente que el sistema de helióstatos es aquel que tiene la mayor posibilidad de ofrecer una solución adecuada al proyecto, cumpliendo con todos los requisitos. Por lo que en el siguiente capítulo se definen las especificaciones para una nueva propuesta basada en los helióstatos.

Capítulo 3. Iluminación solar

Características del área a iluminar.

La necesidad de una iluminación correcta no es propia únicamente de la luz artificial. Existen números característicos que deben ser tomados en cuenta para que el área se encuentre correctamente iluminada y confortable al usuario.

Geometría del local.

(Ingemecanica)

El primer dato de entrada que es necesario conocer son las dimensiones geométricas del local, tanto en superficie (largo x ancho) como en altura, h .

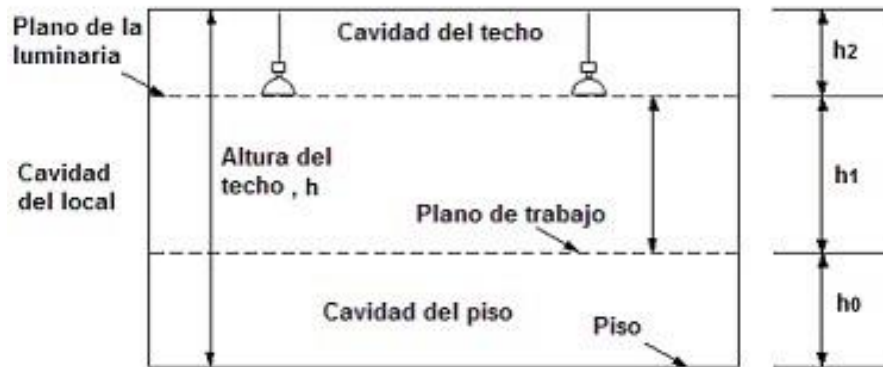


Ilustración 3-1 geometría local de un área de trabajo a iluminar.

Por otro lado, también habrá que decidir cuál va a ser la altura del plano de trabajo, según la actividad principal que se vaya a realizar. Aunque, una buena aproximación es tomar el valor de 0,85 metros como altura del plano de trabajo medida desde el piso, se adjuntan otros valores más precisos de la altura del plano de trabajo según la actividad principal a realizar (Ingemecanica):



Ilustración 3-2 alturas de plano de trabajo. Actividad sentada

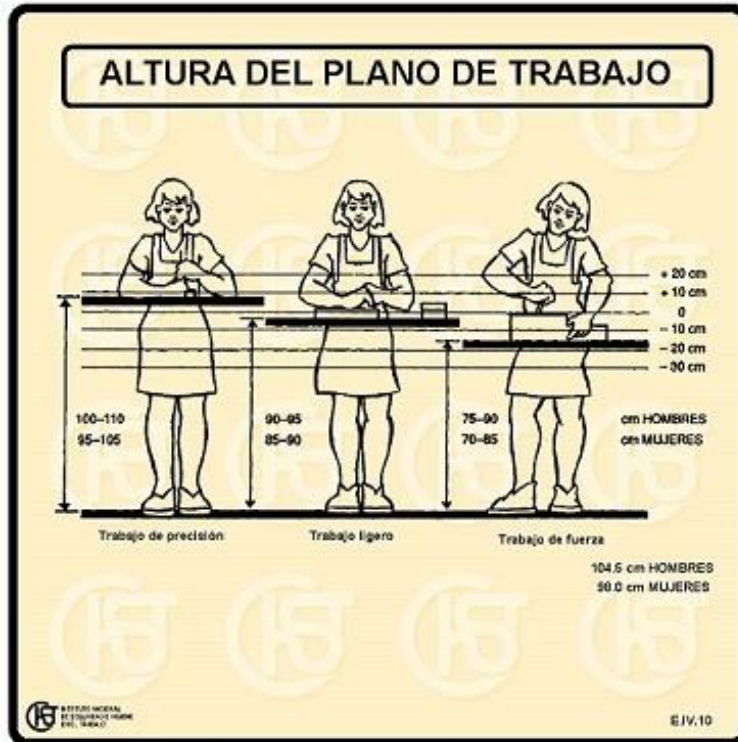


Ilustración 3-3 alturas de plano de trabajo. Actividad de pie. (Ingemeconica)

Niveles de iluminación recomendadas

En la siguiente tabla se indican los valores de iluminancia recomendadas según la actividad a realizar y el tipo de área que se trate:

Actividad y Tipo de local	Iluminancia media (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes, archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas generales, mecanografiado, proceso de datos, puestos de datos informatizados, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industrias (en general)			
Trabajos con requisitos visuales escasos	200	300	500
Trabajos con requisitos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requisitos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Aseos y baños	100	150	200
Salas de estar, comedor	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo, de estudio	300	500	750

Tabla 3-1 valores de la iluminación recomendados para diferentes áreas de actividades. (Ingemeccanica)

La siguiente figura incluye de manera genérica los niveles de iluminancia recomendada según el grado de precisión requerido en la tarea a realizar:

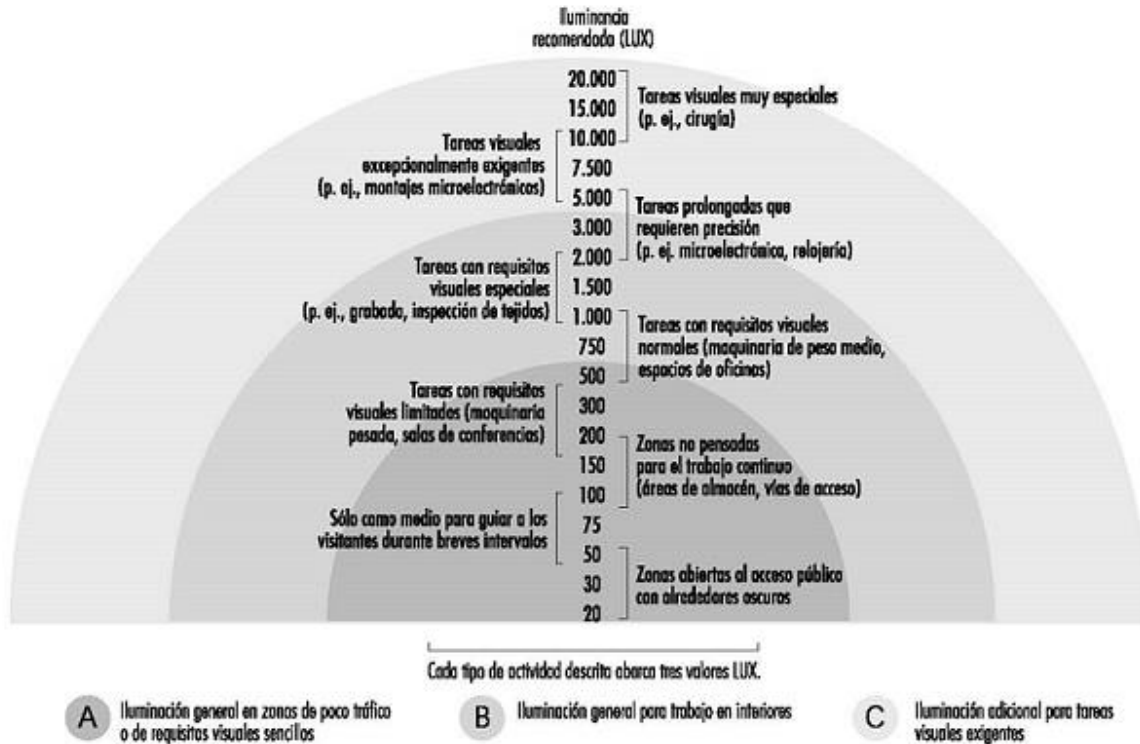


Ilustración 3-4 iluminación recomendada según la precisión en la actividad. (Ingemecanica)

Color

La elección del tipo de color de luz que proporciona una lámpara, también llamada apariencia en color, incide de manera decisiva en la reproducción de los colores de los objetos que ilumina.

La apariencia en color de las lámparas viene determinada por su temperatura de color que permite su división en tres grandes grupos:

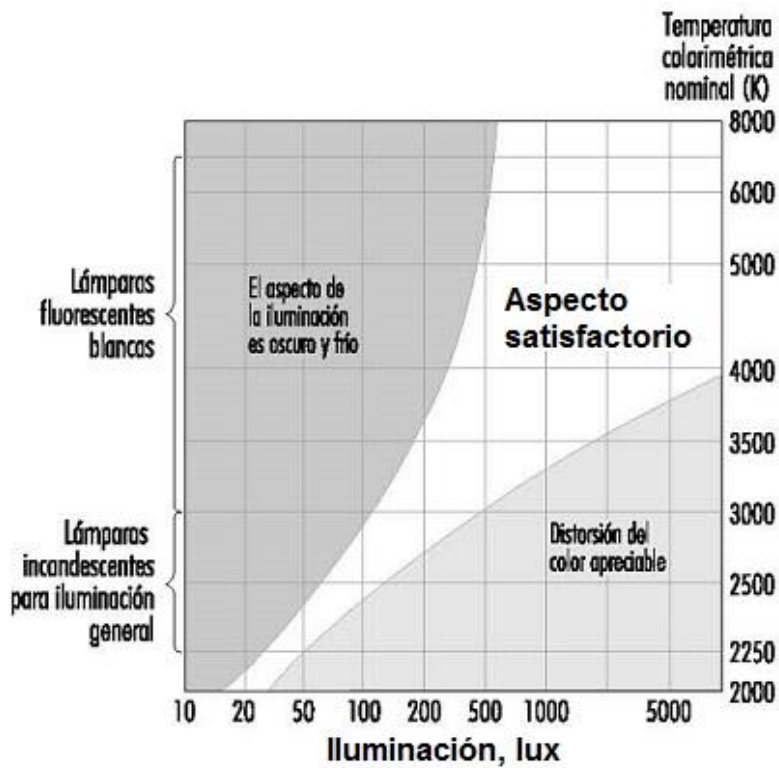
Temperatura de color, Tc	Apariencia en color
$T_c > 5000 \text{ K}$	Fría o diurna
$3300 \leq T_c \leq 5000 \text{ K}$	Neutra o intermedia
$T_c < 3300 \text{ K}$	Cálida

Tabla 3-2 temperaturas y apariencias en color de la luz.

Iluminancia, E (lux)	Apariencia en color de la luz		
	Cálida	Neutra	Fría
$E \leq 500$	agradable	neutra	fría
$500 < E < 1000$	↓	↓	↓
$1000 < E < 2000$	estimulante	agradable	neutra
$2000 < E < 3000$	↓	↓	↓
$E \geq 3000$	no neutral	estimulante	agradable

Tabla 3-3 aspecto final de la iluminación

En la siguiente figura se muestra cómo resulta la sensación de confort visual en función del nivel de iluminación y de la temperatura colorimétrica de la lámpara de trabajo:



Gráfica 2-1 diagrama de confort visual

Particularidades de construcciones con escasez de iluminación natural.

La mayoría de las construcciones son planeadas de acuerdo con las necesidades energéticas más básicas como son: la luz, el calor, la ventilación, el agua y el acceso. Sin embargo, por factores que sobresalen de los diseños originales no es posible hacer un máximo aprovechamiento de todos los recursos.

- La luz solar suele ser ineficientemente aprovechada si la entrada a las habitaciones es parcialmente obstruida o la dirección de entrada de la luz no está en correcta alineación con la entrada.

- El calor dentro de una habitación está regulada por la radiación solar a la que está expuesta y la circulación de aire entre las habitaciones. La radiación captada suele ser ineficiente cuando existen cuerpos que ensombrecen las paredes o entradas de luz sobre el área. En el caso contrario si el área está siendo expuesta a una alta concentración de luz sin que exista una circulación de aire dentro para regular la sensación térmica.
- La ventilación suele ser controlada mediante la apertura de ventanas en casos de buen aprovechamiento natural, y mediante el uso de ventiladores, aire acondicionado y extractores para cuando los edificios carecen de un adecuado aprovechamiento natural. La eficiencia depende directamente del diseño y conexión entre las habitaciones a ventilar. Además de las actividades que se desarrollen en ellas y que obstruyan la circulación del aire o generen más calor que el que se puede disipar.

El proyecto se dirige a lugares en las que pese a tener ventanas u otras entradas de luz solar, la dirección hace que la luz solar ilumine sólo parcialmente dejando ensombrecidas esquinas y lugares de trabajo.



Ilustración 3-5 una casa común con ventanas y entradas de luz, pero por los materiales y ubicación la sensación de iluminación es menor al esperado

Requisitos de construcciones para ser iluminadas con luz solar.




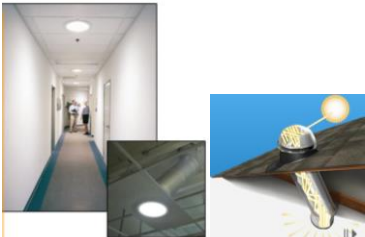



Existen como características básicas para ser iluminadas con un dispositivo de apoyo, la necesidad de una entrada directa de luz solar, aunque no necesariamente sobre la entrada. Es decir, un área cercana de luz para ser trasladada.

Costos de los actuales sistemas de iluminación solar

Existen diversos sistemas de iluminación, tanto pasiva como activa. Estos sistemas tienen diversos costos en el mercado dependiendo de la zona donde se vendan, las necesidades que deben de cubrir y el margen de sustentabilidad con los que cuentan.

En nuestro país este tipo de tecnologías ha penetrado muy poco en el mercado. Pocas empresas han incursionado con ellos trayendo a México con precios normalmente en dólares.

A continuación en la tabla 3-4 se mostrara una breve lista con algunos precios de productos que, aunque no son populares en el marco de nuestro país. Son los que tienen mayor presencia.

Empresa	Tipo de tecnología	Producto	Precio
<p>Mexsol.</p>  <p>(Mexol, s.f.)</p>	<p>Tecnologías activas. Principalmente de generación eléctrica para viviendas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Paneles fotovoltaicos de tipo isla. • Paneles fotovoltaicos interconectados a la red. • Paneles fotovoltaicos para bombeo de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo isla desde \$430 hasta \$9,740 usd • Tipo interconectados: desde \$3,350 usd • Para bombeo desde \$400 hasta \$2,820 usd
<p>Solartube</p>  <p>(Solartube, s.f.)</p>	<p>Tecnologías pasivas. Iluminación de interiores mediante tubos solares</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías solares de iluminación para interiores en oficinas, bodegas y almacenes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías con base desde \$360 hasta \$800 usd • Los precios aumentan en base a los accesorios adicionales desde extensiones de \$80 hasta reguladores en \$300 usd
<p>Gecko logic mex</p>  <p>(Mex, s.f.)</p>	<p>Tecnologías activas. Iluminación con fotoceldas dirigidos a exteriores con tecnologías LED.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Celdas solares con sus respectivos inversores de corriente. • Postes de luminarias autónomas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes de interconexión en la ciudad desde \$1760 hasta \$4800 usd • Paquete de electrificación real desde \$1220 hasta \$9300 usd
<p>Alfa solar</p>  <p>(Alfadolar, s.f.)</p>	<p>Tecnologías activas y pasivas. Están dirigidas a aplicaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calentadores de baja presión. • Calentadores solares de alta presión. • Paneles solares de interconexión. • Paneles solares independientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes de calentadores solares desde \$140 hasta \$600 usd




	térmicas específicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Aerogeneradores. • Refrigeración solar. • Inversores solares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Paquetes de paneles fotovoltaicos desde \$150 hasta \$300 usd
<p>Eco vita</p>  <p>(EcoVita, s.f.)</p>	Tecnologías pasivas. Dirigido al aprovechamiento de la luz solar para iluminación por medio de dispersión en un tubo solar y el calentamiento de agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Calentadores solares de tubos al vacío y de efecto sifón. • Filtros de agua ecológicos. • Iluminación mediante domos solares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentadores de tubos al vacío desde \$4400 hasta \$1300 mxn • Filtros solares desde \$900 hasta \$3000 mxn • Tubos solares desde \$5500 hasta \$7000 mxn
<p>Natural light</p>  <p>(Light, s.f.)</p>	Tecnologías pasivas. Dirigidas a la iluminación de interiores mediante tubos reflejantes y filtros uv.	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos solares con reflectores de aluminio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiendo de las necesidades parte la cotización puede iniciar alrededor de \$500 usd en adelante.

Tabla 3-4 lista de empresas de mayor popularidad en el mercado mexicano.

La lista de productos es relativamente corta en comparación con el número extenso de empresas que incluyen entre sus productos sistemas que aprovechan la energía solar. Representa de manera general el rango de precios en los que podemos encontrarlos dentro de nuestro país.

Empresas de auto servicio ofrecen también productos solares sin embargo, aunque están más dirigidos al uso domiciliario, su aplicación y tecnología son más sencillas.

Por supuesto cada día sigue creciendo el número de empresas que se dedican a este ramo. Y aunque están al alcance económico de la familia promedio, su introducción al uso público ha tenido muy poco impacto.

Alcances de los actuales sistemas de iluminación solar en México.

Nuestro país cuenta con un potencial elevado de irradiación solar en comparación con otros países.



Ilustración 3-6 ilustración de comparación del potencial de irradiación solar de México y otros países. Fuente: SENER, análisis PwC.

Dentro del marco jurídico nuestro país cuenta con un sustento legal que garantiza el derecho al aprovechamiento de energías limpias para alimentar las necesidades energéticas. Es decir que legalmente se tiene la posibilidad de cada hogar generar su propia energía de alimentación de acuerdo con sus necesidades.

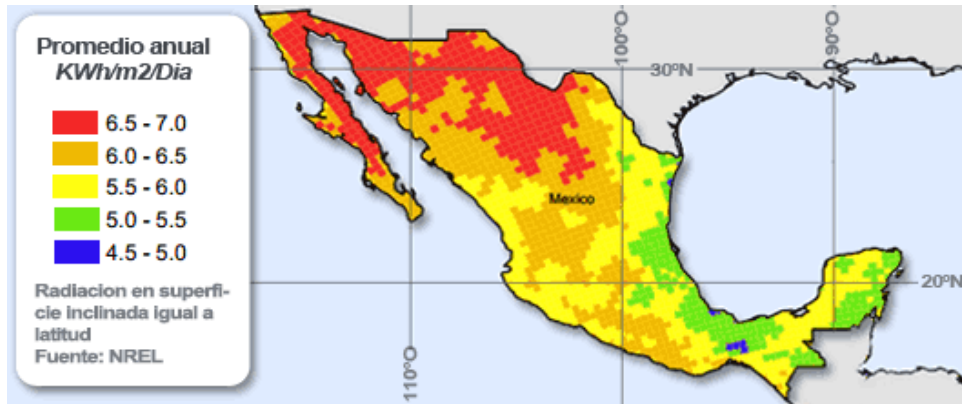


Ilustración 3-7 promedio anual de irradiación solar en México.

Para el caso de la iluminación solar pasiva, depende directamente de las zonas donde se localicen, teniendo una cantidad de irradiación superior.

Conclusiones.

En este capítulo se describió el contexto de situación de la iluminación en el país. Iniciando a tomar en cuenta las características propias del lugar a iluminar, pues existen similitudes y diferencias entre un área doméstica y un área industrial, así como las necesidades de luz dependiendo de las actividades desarrolladas dentro del espacio.

Además de tomar presente la existencia de distintos productos en el mercado mexicano que utilizan la radiación directa del sol para generar una iluminación eficiente. Y pese a ser México un país con un promedio anual de irradiación solar elevado, es muy limitado el número de productos para este aprovechamiento conocido entre los usuarios mexicanos.

Con esta información podemos hacernos una idea general del segmento de mercado al cual debemos dirigirnos, así como las necesidades y requisitos que debemos tomar en cuenta para poder dirigir el resultado de nuestro diseño.

Capítulo 4. Aplicación de las metodologías para generar una solución.

Descripción del problema.

El problema al cual nos dirigimos se enfoca directamente al aprovechamiento de un tipo de energía natural en abundancia. Específicamente la luz solar para uso de iluminación.

El calor y la luz son dos de los aspectos energéticos que buscan ser aprovechados dentro del mismo diseño de construcción, debido a la incapacidad de grandes modificaciones posteriores a la obra.

Tomando en cuenta todas las tecnologías ya existentes, tanto activas y pasivas, esperando utilizar como base una tecnología en movimiento abundantemente estudiada y de mayor alcance, el helióstato, buscando generar un resultado que cubra la iluminación de interiores a un precio accesible al mercado mexicano. Sin comprometer la calidad y alcance de los materiales.

Así describimos el problema como:

A pesar de que las habitaciones de las casas son expuestas al exterior, presentan carencia de luz natural. Por lo tanto, es necesario aumentar la iluminación de habitaciones interiores.

Para este problema se tienen las siguientes restricciones:

- El tamaño del objeto producto de la investigación debe poder ser instalado sin hacer modificaciones mayores a la habitación. Tales como cambio de material en paredes o techos, perforaciones de diámetros superiores de 5 pulgadas, o fijar piezas mediante soldadura.
- Mantenerse iluminado a su máxima potencia el mayor tiempo posible, para que el tiempo en el cual esté en funcionamiento garantice su eficiencia. Pudiéndose controlar el grado de iluminación.
- La instalación del dispositivo debe poder ser horizontal o vertical. Teniendo como referencia ventanas expuestas al exterior que pese a su ubicación no garanticen la iluminación.

Métodos para generar el concepto

Niveles de innovación.

(Lapera, s.f.)

Utilizando las diferentes metodologías en las que estamos trabajando podemos llegar a obtener un objeto que cubra todas las necesidades presentadas de la mejor manera posible. Pero al principio para este proyecto tomaremos en cuenta los niveles de innovación de **TRIZ** para así ubicar el alcance tecnológico y de desarrollo que se planea llevar el proyecto.,

Principalmente para este proyecto nos enfocaremos en dos:

- Nivel 2. Una invención que incluye la resolución de una contradicción técnica. Requiere el conocimiento de áreas diferentes dentro de un área relevante del sistema.
- Nivel 3. Una invención que contiene una resolución de una contradicción física. Requiere el conocimiento de otras áreas de producción/aplicación.

Estos niveles de innovación son los caminos en nuestro objetivo. Debido a que se espera generar un producto de venta comercial. La iteración cero entonces es:

El producto generado puede ser un aditamento al sistema de helióstato que tenga la función de iluminar dentro de un circuito de helióstato-ventana pero con un mejor control.

Modelado del problema.

Se inicia desarrollando un estudio de productos

Diseño comparativo.

(Pérez., 2005)

La comparación de objetos consiste en poner sobre el análisis una colección de objetos, sencillos y de uso cotidiano, para analizar cómo han sido diseñados. Los productos que utilizamos son los resultados de una suma de decisiones de carácter técnico, estético y económico que se manifiestan en su forma, materiales empleados, el modo en que han sido fabricados y, al final, en la eficacia con la que desempeñan su función.

Con base en este diseño hacemos una comparación con otros productos dirigidos a la misma solución. En este caso los productos con los que compara son:

- Reflectores solares.
- Tubos solares.
- Lámparas de fibra óptica.
- Helióstatos.

Por supuesto para hacer la comparación utilizamos productos con objetivos similares, es decir para la iluminación de interiores.

Reflectores solares. En este caso los reflectores tienen la función de estar en una posición específica reflejando la luz a través de las ventanas. No necesariamente la instalación es sobre el área a iluminar, sino requiere cierto ángulo de acceso en un espacio exterior.



Ilustración 4-1 conjunto de reflectores dentro un rancho con habitaciones profundas

Tubos solares. Los tubos solares tienen por principal característica la instalación invasiva en la habitación donde funcionara, esto debido a que requiere hacer un paso entre el exterior al interior y así ingresar la luz solar para su aprovechamiento posterior.



Ilustración 4-1. Cambió de iluminación de una habitación interior. De luz artificial a luz solar.

Lámparas de fibra óptica. Este tipo de productos es dirigido directamente a interiores. Su instalación requiere modificaciones a la estructura del edificio, además de un sistema de distribución y control de la iluminación.



Ilustración 4-3. Lámparas fabricadas con fibra óptica. Requieren grandes cantidades de fibra óptica para trasladar la luz del exterior al interior.

Helióstatos. Este tipo de iluminación requiere un gran sistema de instalación. Mantiene el reflejo de la luz solar entrando a naves de ventanas y lo mantiene a lo largo del día concentrado



Ilustración 4-4. Imagen ejemplar de un heliostato iluminando una plaza y edificios en zonas de poca irradiación solar.

Teniendo información de cada una de las soluciones existentes para el mismo problema, podemos hacer un comparativo de búsqueda.

	Reflectores solares	Tubos solares	Lámparas de fibra óptica	Helióstatos
--	----------------------------	----------------------	---------------------------------	--------------------

Forma	Formas parabólicas en espejos. Astas de alturas superiores al área a iluminar.	Tubulares en el interior. Y cúpulas en su exterior.	Forma común de lámpara. Al exterior un colector, y al interior una salida de luz.	Forma plana, con área de trabajo lo más amplia posible. Similar a sistemas de antenas.
Materiales	Acero pulido. Metales resistentes a la flexión.	Aluminio pulido. Cristales prismáticos. Y difusores de luz.	Fibra óptica. Salidas con dispersores de luz.	Cristales de aluminio. Aceros resistentes a la carga y a reflexión.
Estética	Sus formas curvas y simpleza de diseño lo hacen estéticamente atractivo. La altura de su operación normalmente sobre pasa a la del área a iluminar.	Es visible únicamente al exterior de la casa, necesariamente en la parte superior al área a iluminar, donde una cúpula de cristal luce de brillo; al interior únicamente se nota una salida de luz brillante y natural.	Su visión única al usuario es la salida luminosa al interior de las áreas a iluminar. Suele colocarse por sobre el área a iluminar, Sin embargo, es posible hacerlo a la misma altura.	Dependiendo del diseño, su estética parte desde figuras naturales como flores y parábolas, hasta simples geométricas como planos y hexagonales. Comúnmente se le instala por sobre el área a iluminar, esto debido a evitar el mayor número de obstrucciones posibles.
Fabricación	Requiere de laminación y pulido para espejos. Además de trabajo de herrería para su instalación.	Requiere de laminación y un proceso de cosido para el interior. Además de una lámina de aluminio pulido en el interior.	Requiere de fibras ópticas en cableado de recubrimiento especial. Conexiones de vidrio y difusores de luz.	Requiere de procesos de laminación y tratamientos térmicos para los espejos. Así como construcción de dispositivos de sostén. Calculo de áreas de obstrucción de luz.
Mecanismo para su funcionamiento	No requiere mecanismos de movimiento. Requiere únicamente un correcto posicionamiento con respecto a	No requiere ningún mecanismo de movimiento. Requiere de una cúpula concentradora de la luz solar al interior de la	No requiere mecanismos de movimiento. Requiere un colector de luz correctamente posicionado y/o apoyado	Requiere de un sistema seguidor de luz para su correcto posicionamiento. Además de sensores de velocidad de viento para su

	entradas de luz de la habitación.	tubería reflectante.	por sistema de seguidor solar.	protección a la carga por viento.
--	-----------------------------------	----------------------	--------------------------------	-----------------------------------

Tabla 4-1. Comparación entre los principales productos que resuelven actualmente el problema.

Con una comparación de los productos anteriores podemos darnos una idea de las necesidades y la manera en como cada producto cubre esas respectivas necesidades.

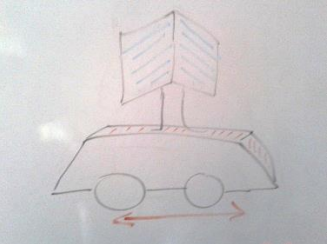
Para el caso de la iluminación por energía solar pasiva notamos principalmente las características:


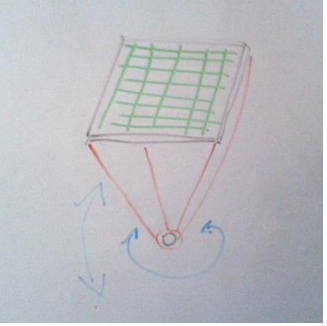

- El uso de espejos para redirigir la luz a un foco de concentración.
- Las instalaciones con mejor eficiencia en iluminación requieren estar instalado en el interior de la habitación a iluminar.
- Los sistemas que pueden utilizar una instalación externa requieren estar a una altura mayor que la habitación a iluminar para reducir las interferencias.
- Para un mayor tiempo de exposición a la luz solar es más eficiente un sistema circular expuesto en todas direcciones.

Proceso creativo rumbo a una idea.

Con toda la información obtenida, se inició un análisis de probabilidades, similar al proceso de lluvia de ideas, se trató de imaginar todas las soluciones posibles con las que el proyecto cumpliría sus requisitos.

Las principales ideas cuyo reflejo destaco las cualidades de los sistemas anteriormente estudiados son los que se presentan en la siguiente tabla:

Imagen	Nombre	Descripción	Razón para ser descartado
	Reflector sobre carro y riel	Esta idea surgió a partir de la vista de los huertos verticales. Un nuevo estilo arquitectónico que utiliza paredes para cultivo de plantas. En esta idea plateábamos la posibilidad de utilizar un carro que portara un reflector solar y que mediante un riel pudiera moverse a distintas distancias de	Para esta idea era necesaria la instalación de un sistema de mayor tamaño, con una alimentación mucho mayor de energía, además de un sistema de control más exacto.

		una entrada a la habitación (ventana). Mediante su posición fuera posible aumentar o disminuir un área de iluminación.	
	Cilindro con prismas reflejantes	Esta idea refleja la utilidad de los prismas y espejos en la reflexión y concentración de la luz. Se planeaba la utilización de geometrías eficientes y materiales metálicos reflejantes.	Los prismas suelen ser costosos dependiendo de su material. Además que para diseños especiales, la construcción de los prismas requiere un cálculo preciso y un trabajo especial sobre óptica que extendería el tiempo de trabajo.
	Espejo de un solo punto de apoyo	Idea basada en el ejemplo de una patente a existente, pero llevada a un sistema diferente. Pensando en la posibilidad de encontrar nuevos mecanismos de trabajo y materiales eficientes para la necesidad de iluminación.	Este tipo de idea requería de la fijación de un mecanismo en un punto suspendido frente a la ventana de entrada. Se inició el estudio de capacidades mecánicas, Sin embargo, los cálculos sobrepasaban los tiempos de estudio preestablecidos para todo el posgrado
	Difusor con efecto Mosser.	Una idea surgida de la búsqueda de la manera más barata de iluminar una habitación en lugares donde la electricidad tiene poca presencia y los materiales son también escasos. Provocando el uso de materiales comunes para su trabajo	

Al principio se buscó la modificación del sistema mecánico del heliostato para un mecanismo interno de una habitación sin embargo, la mecánica para este sentido, requería una inversión de elementos motorizados que elevaría su precio, requerimientos de mantenimiento y control. Así como materiales reflejantes cuya manipulación requería sistemas independientes los cuales aumentarían en tamaño del sistema.

Después de buscar entre los elementos una manera de reducir la complejidad del mecanismo, se pensó en la utilización de efectos de reflejo como sustituto al movimiento mecánico.

Así la idea involucra un objeto en unión con el interior y el exterior de una habitación a iluminar, aprovechando ventanas y cualquier entrada mediante una concentración de luz solar con geometrías curvas y reflejantes. Su posición debería ser fija pero ubicada de acuerdo con la entrada de luz.

Su alimentación sería apoyada por un segundo dispositivo fijo, un concentrador que no requiera movimiento dinámico para su funcionamiento.



Ilustración 4-3. Figura ejemplar de la primera idea

El heliostato dejó de ser un elemento principal, dando sus mejores ventajas al sistema propuesto. Con los resultados de su estudio se inició una propuesta de trabajo viable.

Modelado de la solución

TRIZ. Contradicciones a resolver.

(Lapera, s.f.)

Dentro de TRIZ, la solución de un problema de innovación requiere de la solución de contradicciones técnicas y físicas, las cuales son una de las bases más importantes para TRIZ

De una manera más simple, **no** debemos de evitar las contradicciones, al contrario, debemos buscar las contradicciones e intensificarlas. Las contradicciones técnicas realmente no solucionan un problema, pero nos dirigen a un nuevo concepto de solución.

Existen dos caminos que podemos tomar:

1. Transformar las contradicciones técnicas en contradicciones físicas y solucionar los problemas en este nivel.
2. Resolver las contradicciones mediante la aplicación de los **40 principios de inventiva**. También podemos utilizar las 39 características de sistemas técnicos para desarrollar y describir correctamente la contradicción técnica.

Utilizaremos ambos caminos únicamente con el ánimo de despejar mejores conceptos. Iniciando cada uno podemos arrojar los siguientes resultados.

Contradicciones físicas.

Para la solución de problemas, la formulación de una contradicción física tiene el formato: **“dado el elemento del sistema debería tener la característica ‘a’ con el fin de realizar la función requerida (para solucionar problema) y este elemento debería tener la característica ‘no a’ a fin de satisfacer limitaciones existentes y exigencias”**.

Las contradicciones técnicas están relacionadas típicamente con propiedades del sistema técnico completo, pero las contradicciones físicas están relacionadas con propiedades físicas de una característica/propiedad de un elemento del sistema.

Las contradicciones aparecen en el proceso cuando se elaboran los requerimientos técnicos para mejorar un sistema existente. Un concepto importante de recordar es que en la base de cada contradicción técnica podemos encontrar una razón física de la contradicción. Casi todas las contradicciones técnicas pueden ser transformadas en contradicciones físicas correspondientes.

Cuando tratamos con una contradicción física como conocida, es posible utilizar uno de los cuatro principios de separación para vencer este tipo de la contradicción:

- Separación de propiedades contradictorias en el tiempo.
- Separación de propiedades contradictorias en el espacio.
- Separaciones entre las partes y el todo. Transformaciones del sistema.
- Separación de acuerdo con una condición. Transformaciones de fase, o transformaciones físicas y químicas de sustancias.

Para el proyecto de iluminación solar podemos formular un grupo de contradicciones a cual resolver.

Nombre del problema	Parámetro	Contradicción física.
Dimensiones	Superficie reflectora	Debe ser grande para reflejar mayor cantidad de luz, pero ser pequeña para no obstruir la visión

Instalación	Lugar de instalación	Debe estar instalado al exterior para ser expuesto a una mayor cantidad de luz, pero debe estar instalado al interior para iluminar en el espacio requerido
Reflexión	Configuración de la pieza de reflexión	Debe tener una configuración amplia para mantener la intensidad de luz, pero debe tener una configuración angosta para disminuir las alteraciones a la estructura de la habitación.
Volumen	Espacio de trabajo	Debe ser robusto para soportar los efectos del clima, pero debe delgado para no ocupar espacio útil para el usuario

Tabla 4-2 contradicciones existentes en el proyecto

Para generar una solución conceptual podemos aplicar uno de los cuatro principios en cada una de las contradicciones, esperando concebir una separación correcta.

Nombre del problema	Descripción	Contradicción utilizada	Resultado
Dimensiones	Reflejantes para direccionar la luz captada desde el exterior, llevándola al interior de una habitación.	Separación en el espacio.	Más de una parte en el sistema, encargada cada una de distintas funciones de la reflexión. Dando oportunidad a configuraciones especiales.
Instalación	La instalación debe ser cercana al paso entre el interior y exterior. Teniendo las mejores cualidades para su mantenimiento.	Transformación del sistema.	Utilizar un sistema independiente para alimentación de luz desde el exterior, aprovechando elementos ya existentes como ventanas y tragaluces para el paso de luz
Reflexión	La configuración interior está relacionado directamente con la configuración exterior. Entre más gruesa sea el dispositivo mayor será la necesidad de remodelaciones a la habitación a trabajar.	Transformación del sistema.	Utilizar sistemas independientes que tengan configuraciones interiores y exteriores independientes una de otra.
Volumen	El volumen de trabajo está relacionado con el tamaño final del dispositivo. Un dispositivo blindado tendrá mayor resistencia al medio ambiente pero lo haría ocupar un espacio mayor que podría afectar las actividades del usuario	Separación en el espacio.	Tomando en cuenta la configuración de la instalación, se protegerá una parte del dispositivo, mientras la otra se mantendrá lo más delgada posible.

Tabla 4-33. Ideas generadas a partir de las contradicciones.

En esta etapa empezamos la generación de un concepto más direccionado:

Aprovechar el sistema de heliostato como una herramienta. El sistema completo que cubrirá todas las necesidades requiere de soluciones múltiples, con distintas fases. El heliostato deja de ser un sistema a modificar para convertirse en parte de la solución.

Es necesario continuar con las revisiones en TRIZ, por lo que ahora se hará un análisis mediante los 40 principios de inventiva.

40 principios de inventiva.

Los principios inventivos son las herramientas TRIZ más simples para resolver contradicciones técnicas y finalmente solucionar el problema. Su aplicación no requiere ningún conocimiento especial y pueden ser utilizados tanto por niños como por profesionales. Sin embargo, la utilización de esta herramienta TRIZ también tiene su propia especificidad y requiere algunas habilidades prácticas. La matriz de contradicciones de los 40 principios inventivos fue diseñada para formalizar y facilitar el uso de TRIZ en la actividad práctica. Esta tabla es la llamada matriz de Altshuller. La matriz presenta 39 características del sistema. Los pares de características contradictorias forman una matriz. El primer aspecto en el par está localizado en la columna izquierda de la matriz y se denomina aspecto de mejora. El otro aspecto del par se coloca en la fila superior de la matriz y se denomina aspecto que empeora. No todos los pares contradictorios de aspectos tienen un juego de principios inventivos asociados.

En las actividades prácticas, se utilizan varios métodos para aplicar los 40 principios durante el proceso de resolución del problema. Vamos a indicar algunos de ellos.

1. El método más simple es lo que podemos llamar enumeración de principios. Este método examina cada uno de los principios tratando de aplicar cada uno de ellos o sus combinaciones a la solución de la contradicción técnica en el problema específico.
2. El segundo camino es la formulación de una contradicción técnica y la utilización de la matriz de Altshuller a fin de conseguir el juego de principios recomendados para solucionar el problema (por regla general, sólo entre dos-cuatro principios).
3. El tercer camino es la formulación de la contradicción técnica directa e inversa para el problema y utilización de la matriz para ambas formulaciones. Este es un proceso razonable porque ambas formulaciones pueden tener sentido y la matriz puede sugerir principios eficaces adicionales, ya que no es simétrica. Los principios para la contradicción inversa pueden ser también útiles en la eliminación de ambas contradicciones.
4. El cuarto camino es la formulación de dos o más contradicciones diferentes para el problema y solucionar estas contradicciones con la ayuda de la matriz. Durante la aplicación de este método lo más importante es identificar los principios comunes en diferentes conjuntos de principios inventivos. Estos principios comunes pueden proporcionar una ventaja extra porque pueden ser útiles de forma simultánea en la solución de varias contradicciones técnicas.

Para este proyecto aplicaremos el **tercer camino** debido a que toma en cuenta la existencia de más de una contradicción en el proyecto y la aplicación de varios parámetros para la solución. Además

que por su carácter inverso nos permite enfocarnos en los parámetros de mayor interés del proyecto en orden lógico, facilitando así la aplicación.

Retomando nuevamente el cuadro de contradicciones propuestas incluyendo contradicciones directas y contradicciones inversas:

Nombre del problema	Parámetro	Contradicción directa	Contradicción inversa
Dimensiones	Superficie reflectora	Si aumentamos el tamaño de la superficie reflectora, entonces aumentamos la obstrucción de visibilidad.	Si queremos mantener la visibilidad del exterior, debemos tener una estructura delgada.
Instalación	Lugar de instalación	Si es instalado al exterior tendrá una mayor exposición a la luz solar, pero necesitará de un sistema de traslado de luz al área interior a iluminar.	Si queremos iluminar una habitación interior, debemos tener un sistema que salve los obstáculos físicos entre el interior y exterior
Reflexión	Configuración de la pieza de reflexión	Si mejoramos la configuración del reflejante tendrá mayor intensidad de luz, pero aumentara la necesidad de modificaciones a la habitación a iluminar.	Si queremos mantener la habitación a iluminar con su estructura original, entonces hemos de configurar la superficie reflectora lo más eficientemente posible.
Volumen	Espacio de trabajo	Si aumenta la resistencia a los efectos del clima, entonces también ocupara espacio útil del usuario	Si queremos mantener el espacio útil dedicado al usuario entonces hemos de darle un blindaje sencillo al sistema

Tabla 4-4 Retomando las contradicciones y generando inversos.

Para utilizar los principios inventivos de la matriz de Altshuller es necesario conseguir dos conjuntos de principios recomendados para resolver el problema formulando dos contradicciones técnicas invertidas de antemano.

Nombre del problema	Parámetro	Contradicción directa			Contradicción inversa		
		Parámetro que mejora	Parámetro que empeora	Resultado según la matriz	Parámetro que mejora	Parámetro que empeora	Resultado según la matriz
Dimensiones	Superficie reflectora	6. Área del objeto estacionario	33. Conveniencia de uso	16, 4	33. Conveniencia de uso	6. Área del objeto estacionario	18,16,15,39
Instalación	Lugar de instalación	19. Uso energético del objeto móvil.	10. Fuerza. (en TRIZ se refiere a la fuerza de desplazamiento de un lugar a otro)	16, 26, 21, 2	10. Fuerza. (en TRIZ se refiere a la fuerza de desplazamiento de un lugar a otro)	19. Uso energético del objeto móvil.	19, 17, 10
Reflexión	Configuración de la pieza de reflexión	6. Área del objeto estacionario	31. Factores dañinos generados por el propio objeto	22, 1, 40	31. Factores dañinos generados por el propio objeto	6. Área del objeto estacionario	22, 1, 40
Volumen	Espacio de trabajo	30. Factores dañinos, del exterior, actuando sobre el objeto	8. Volumen de un objeto estacionario	4, 39, 19, 27	8. Volumen de un objeto estacionario	30. Factores dañinos, del exterior, actuando sobre el objeto	4, 39, 19, 27

Tabla 4-5 tomando resultados de la matriz de contradicciones (anexo 1).

El aspecto único de este método es la utilización de los principios para las contradicciones directas e inversas para eliminar más eficazmente ambas y finalmente llegar a un concepto de solución mejorado, para resolver el problema en su totalidad. Como se mencionó antes, es razonable porque en la práctica tienen sentido ambas formulaciones invertidas y la matriz puede sugerir principios eficaces adicionales, ya que no es simétrica.

Podemos ver alguna diferencia entre los conjuntos de principios para las contradicciones directa e inversa. Después del análisis cuidadoso de estos dos conjuntos, los principios que resulten útiles y que tienen que ver con planteamientos para la resolución del problema serán descritos a continuación.

Los principios los cuales según el análisis arrojo que podrían apoyar a solucionar la serie de contradicciones fueron las siguientes:

Principio 1.- **Segmentación**, con tres opciones:

A).- Dividir un objeto en partes, ejemplo: un vaso de plástico colapsable.

B).- Hacer un objeto fácil de desarmar, ejemplo: una casa de campaña.

C).- Incrementar el grado de fragmentación de un objeto, ejemplo: en lugar de un asiento rígido, dividirlo en pequeñas cuentas para que se adapten al contorno del usuario.

Principio 2.- **Extracción**: significa eliminar o sustituir la parte que causa la contradicción, ejemplo: en pinturas a base de solventes tóxicos e inflamables, derivados del petróleo, sustituirlos con agua, en primer instancia y más adelante con aire, empleando pigmentos sólidos los cuales son cargados eléctricamente con un aspersor especial. La parte a pintar se carga del signo contrario y así queda adherido el pigmento, más adelante se somete la parte a una temperatura elevada y se funde el pigmento.

Principio 4.- **Asimetría**, con dos alternativas:

A).- Reemplazar una forma simétrica con otra asimétrica, ejemplo: muchas cámaras fotográficas digitales tienen la lente en un extremo del cuerpo del sistema tecnológico, contrariamente a las cámaras convencionales que se les colocaba en el centro.

B).- Si el componente es asimétrico, incrementar su simetría, ejemplo: sellos poliméricos especiales para juntas asimétricas.

Principio 15.- **Incremento dinámico o movilidad**, con tres alternativas:

A).- Hacer que un componente, de un sistema tecnológico, se adapte para un mejor rendimiento durante su operación, ejemplo: las ruedas retráctiles del tren de aterrizaje de los modernos aviones.

B).- Dividir un sistema tecnológico en varios elementos de tal manera que cambien a posiciones más adecuadas para su función, ejemplo: en ingeniería química, se tienen válvulas especiales que cuentan con unos pequeños "alerones" para permitir regular el régimen del flujo en una corriente.

C).- Si un objeto es rígido, hacerlo móvil o intercambiable, ejemplo: los motores fuera de borda de las lanchas, con lo que además se puede dirigir la embarcación.

Principio 16.- **Acción excesiva o parcial**, se sabe que es imposible obtener el 100% del efecto deseado mediante cualquier sistema tecnológico, Sin embargo, éste principio sugiere tratar de obtener el máximo posible, ejemplo: en ingeniería metalúrgica, cuando es necesario dosificar polvos minerales para su procesado, se cuenta con un embudo especial que se sobrellena para producir un flujo siempre constante del material, de manera continua.

Principio 27.- **Desechar**, reemplazar un objeto costoso con otro más económico y conveniente, ejemplo: en medicina, los equipos desechables quirúrgicos

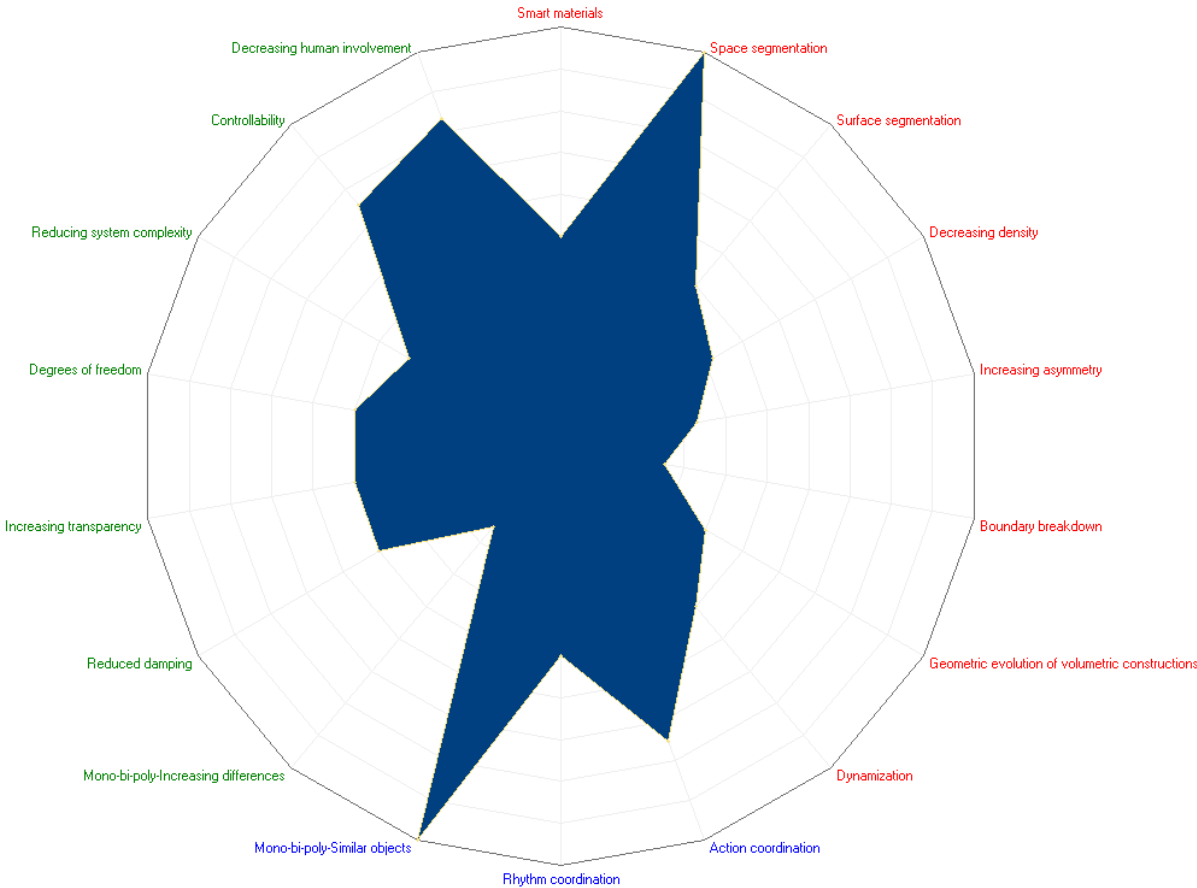
Hay que destacar que, por regla general, los principios inventivos, por ellos mismos, no proporcionan ninguna solución directamente disponible. Estos realizan las funciones de aconsejar y dirigir el desarrollo posterior en el modo de una perspectiva.

Este grupo particular de principios nos dan la idea general de dividir las funciones de la iluminación en un sistema. Tomando así las mejores cualidades de iluminaciones del heliostato y dirigirlos con una geometría que pueda evadir los obstáculos que nos representan tanto los muros de la misma construcción, como algunas piezas y objetos en las cercanías. Para esto la pieza solución no necesariamente tiene que ser de igual o mayor tamaño que el área transversal a través del cual se podrá pasar la luz al interior. La cantidad de iluminación corresponderá a una regulación después de ser redirigida la luz procedente del exterior. Las piezas expuestas a los factores ambientales deben ser sujetas, en el caso de daño, a una facilidad de ser desensambladas y posteriormente desechadas.

Propuesta a partir de las contradicciones.

El primer concepto solución busca entonces la implementación de los principios sobre el mismo heliostato. Indagando dentro de sus propiedades y su historia con el ánimo de encontrar una referencia evolutiva. Es decir, el área de innovación en la cual la tecnología del heliostato tenía mayores avances, tomándolo como base para un nuevo escalón evolutivo.

El estudio prospectivo nos muestra los puntos favorables del heliostato, así como aquellos en los que podría mejorar. Pero continuando con el análisis intentamos aplicar los principios propuestos.



Gráfica 3-1. Diagrama comparativo de las distintas cualidades de un heliostato.



Ilustración 4-6. Helióstato común en parcelas solares (izq.). Helióstato para uso residencial (der).

Retomando las propuestas de TRIZ. La división de funciones, el siguiente paso para proponer una solución.

En este segmento y como parte de la investigación se tomó como referencia el *efecto Mosser*, efecto particular del agua y otros líquidos de alta pureza que fue descubierta y utilizado por el mecánico brasileño Alfredo Mosser (Anexo 2). Este efecto se dirige a la dispersión de luz por parte de líquidos translucidos.



Ilustración 4-7. Utilidad del efecto Mosser en techos de lámina de cartón.

De esta manera se planeó utilizar partículas de agua más grandes y cuya dispersión fuera más efectiva. Es decir, una manera de intensificar la luz dispersa. Las partículas elegidas para esta función fueron las perlas de hidrogel, de muy fácil manera de conseguir, además de ser muy accesibles y duraderas.



Ilustración 4-8. 4Perlas de hidrogel.

Utilizando un diseño de reflector de aluminio y cubierta de cristal obtuvimos una lámpara de reflexión con alta dispersión de luz.



Ilustración 4-9. 5Prototipo de lámpara de dispersión con perlas de hidrogel.

La primera prueba de su eficacia fue dentro de un modelo cerrado sin ninguna otra entrada de luz que no fuera la lámpara y con luz exterior continua.



Ilustración 4-10. Una simulación de habitación con una sola ventana.

El primer prototipo de función resulto como se esperaba. Con un grado de iluminación similar a un foco de 60 watts.

Después de tener el primer prototipo era necesario analizar si cumplía los resultados arrojados por la matriz de contradicciones.

Con un análisis más profundo parece que el modelo cumple con 4 de los resultados los cuales son:

- Segmentación: dividiendo el objeto en varias partes para su fácil desensamble e instalación, permitiéndonos así no depender únicamente del heliostato, sino también aprovechar la iluminación natural del exterior.
- Extracción: sustituyendo las partes que causaban la contradicción, como son los grupos de espejos que no podían ser utilizados dentro del espacio de una casa habitación.
- Incremento dinámico o movilidad: en dividir en varios elementos para mejorar su función. En este caso al separar la función de iluminar a la lámpara y permitiendo que la función de coleccionar y redirigir la luz este en otro dispositivo, como el heliostato.
- Desechar: sustituyendo partes costosas con otras más baratas y fáciles de desechar. Así los espejos metálicos, cristales y dispersores prismáticos podrían ser sustituidos con las cápsulas de hidrogel que se encuentran con un mayor alcance de compra.

En esta parte es necesaria hacer una comparación de sus funciones para determinar si es viable su implementación como un resultado final.

Diseño funcional. Aplicación sobre el diseño.

Existen factores de aplicación en el diseño funcional que se resumen en dos puntos de función:

- Función de contenido: la función principal que debe cumplir el dispositivo. Es decir, el objetivo de su diseño, la función por la que fue diseñada.
- Función de contexto: son las funciones secundarias que rodean al dispositivo. Son funciones que ocurren paralelas a la función principal.

Para el proyecto aplicado las funciones son las siguientes:

- Función de contenido: iluminar una habitación interior. Para la función es necesario buscar la función de iluminar eficientemente, en un área sin tomar en cuenta las restricciones físicas de las habitaciones.
- Función de contexto: iluminar de manera controlada, separando o minimizando los efectos del deslumbramiento.

Tomando las funciones a cumplir y, buscando que se cumplan de la manera más eficiente posible, intentamos hacer una evaluación con los puntos sugeridos por la metodología TRIZ. De esta manera, buscando evaluar por función, buscamos obtener mejores resultados y proponer una mejor solución.

La primera iteración resulta en retomar las funciones de la lámpara solar como funciones de acción. Es decir, pasan a ser funciones de contexto las cualidades del dispositivo que no cubran completamente las restricciones iniciales como son:

- Regular la cantidad y tipo de luz solar que entre a la habitación.
- Mantener la estructura sin modificaciones mayores de la habitación a iluminar.
- No obstruir la vista desde el interior de la habitación a los exteriores si cuenta con alguna ventana o tragaluz.
- Aprovechar el espacio útil sin la necesidad de incluir en el diseño construcciones de apoyo como serian astas, torres o divisiones en la misma habitación.

Así iniciamos la toma de conceptos con su evolución posterior:

Tomando en cuenta cada una de las restricciones existentes se propuso cubrirlas con un dispositivo complementario al alimentador de luz solar, el cual sería el helióstato. Por esta razón se propuso el diseño más estético de un dispersor solar el cual mediante el uso de dos prismas pudieran dar nuevas direcciones a la luz solar hacia un dispersado con agua y partículas de aluminio pulido (efecto Mosser).

La pieza estaba planeada para dar un brillo aproximado de 1000 a 1200 lúmenes de iluminación, similar a un foco incandescente de 100 watts. Este grado de iluminación no podría ser regulado directamente sino con la adición de filtros polarizados y filtros ultravioleta. Esto con el objetivo de entregar un espectro luminoso más puro y menos dañino a los ojos del usuario (los reflejos intensos), además de proteger los muebles y pinturas del interior de la decoloración por sol.

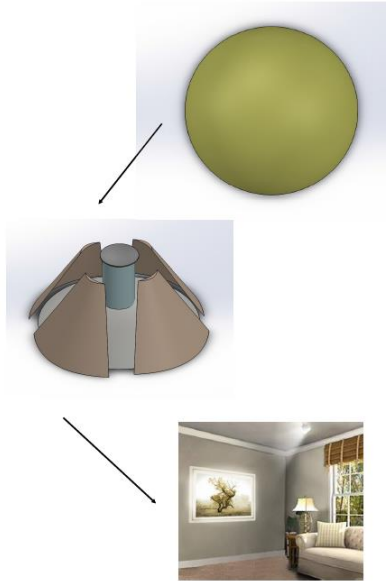


Ilustración 4-11. Diseño conceptual de una pieza que se relaciona directamente con el sol y se ensambla directamente sobre la habitación.

Este diseño cumplía los principales requisitos de dispersión, además de que la adición de los filtros prometía cumplir eficientemente sin embargo, el diseño no tomaba en cuenta la instalación sobre la habitación. Requería que se colocara directamente en las paredes y expuesta a la luz solar. Por este motivo se necesitaba hacer la instalación a través de las paredes, incumpliendo con el requisito de mantener la estructura sin modificaciones.

Resultaba necesario hacer modificaciones al diseño para preservar la estructura original de la habitación a iluminar. Por eso el diseño del dispositivo fue reformado y dirigido a tener funciones similares al anterior.

El siguiente diseño consistía en un dispositivo que se podía instalar en las esquinas de una ventana de una habitación, y dependía de dos dispositivos con movimiento mecánico para su funcionamiento.

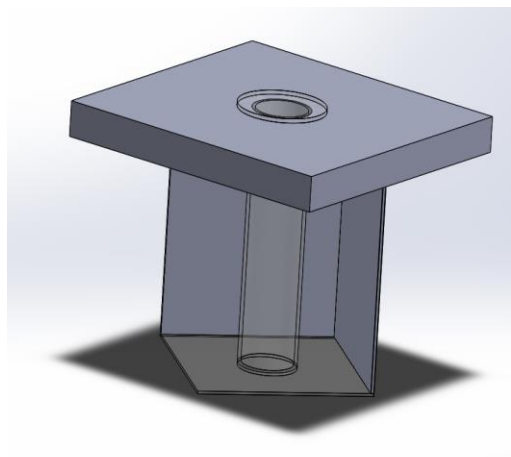


Ilustración 4-12. Diseño conceptual de una pieza sujeta a una ventana.

Requería por esta razón la adición de energía eléctrica y controladores para el trabajo. Lo cual aumentaba el coste de energía y por lo tanto sobrepasando la restricción de costo.

Además su instalación demandaba estar directamente sobre el cristal de la ventana, obstruyendo la vista que es otra de las restricciones que no se pueden salvar. Era necesario hacer una iteración más donde pudiéramos cambiar principalmente el medio de sujeción al marco de la ventana.

Solución del problema.

Diseño apodíctico. Base para mejorar diseño. (Esponda, Un Enfoque Apodíctico del Diseño, 2011)

La búsqueda de un enfoque de diseño que genere soluciones de alto valor específico, parece estar asociada a las características evolutivas de un producto o sistema. Así pues, la búsqueda de soluciones de alta calidad parece tener sentido cuando se trata de diseñar una versión mejorada de un sistema.

Los principios del diseño apodíctico se aplican principalmente a las soluciones de diseño que componen cualquier sistema o producto y por ello en su formulación final se hace alusión a ellos.

Aplicando los principios de diseño apodíctico: simplicidad, claridad y unidad. Obtenemos los siguientes resultados sobre el proyecto.

- **Simplicidad.** Partiendo de la pieza anterior observamos que la necesidad de núcleo y una manera de sostener la pieza sobre el cristal resultaba complicado comparado con los actuales sistemas de iluminación pasiva. Para hacerlo más simple, cambiamos a un diseño con piezas más grandes y de mayor área reflectante para su manipulación y que no requiera estar puesto sobre el cristal de la ventana.
- **Claridad.** Buscando una mejor interacción con el usuario, propusimos cambios en la manera en cómo los elementos dispersores (**causantes del efecto Mosser**) pudieran ser sustituidos en caso de haber necesidad. Para mantener el efecto de reflexión de luz se cambió el núcleo de prisma por un contenedor de hidrogel, bolitas de gel que al no ser expuesta al aire pueden estar hidratadas hasta por dos semanas. De esta manera y de una sola pieza el usuario no tendría la necesidad de desensamblar todo el cuerpo, sino únicamente sustituir el interior en una bolsa tipo red.
- **Unidad.** Mientras los componentes no estuvieran adecuadamente equilibrado los unos con los otros como son el peso, los ángulos y la alimentación de la luz, no era posible tener adecuadamente su solución. Para este caso fue la manera en cómo reflejar la luz de una manera más adecuada. Para eso se incorporó al sistema un espejo que concentrara la luz solar.

Así iniciamos la toma de conceptos con su evolución posterior:

El nuevo diseño, pese a disminuir su grado de estética, busca cumplir con los parámetros de iluminación para interiores.

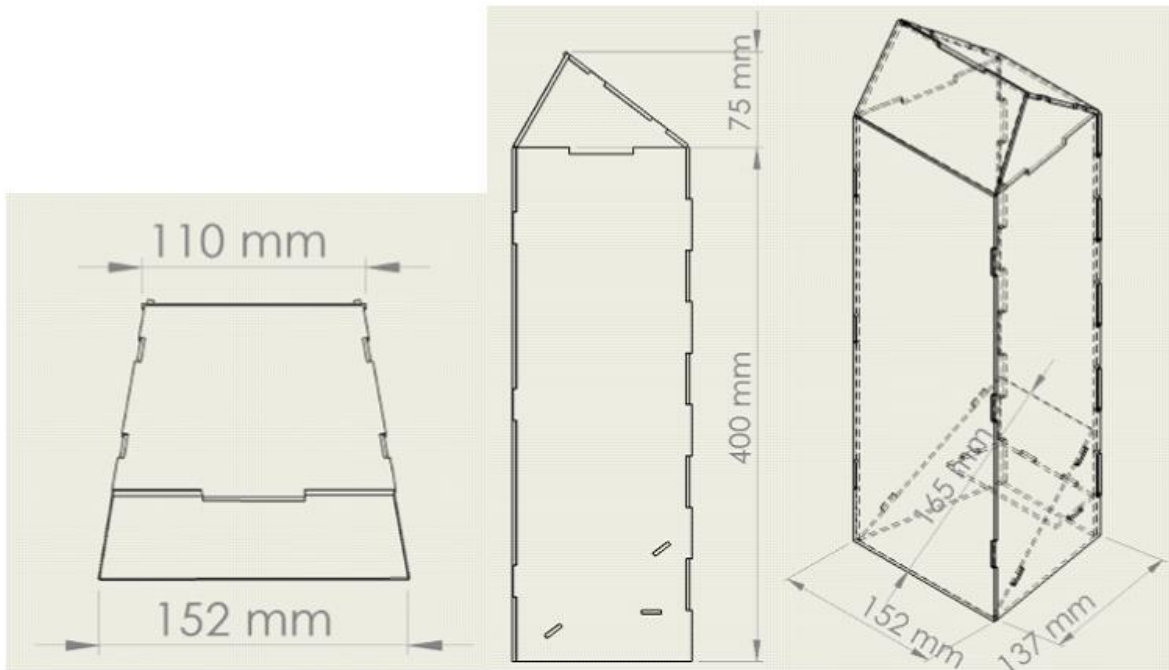


Ilustración 4-13. Nuevo diseño de lámpara de dispersión de luz.

Los parámetros son cubiertos en el objetivo de reflexionar la luz. La forma prismática facilita la dirección y la instalación sobre el marco de una ventana expuesta. De esta manera la unidad de cada pieza con el resto permite su trabajo y simpleza de instalación, así como la integración de consumibles de fácil acceso.

Se elimino el uso de filtros de luz polarizado por filtros de luz UVA. Esto obedeciendo a que los filtros de este tipo suelen disminuir la intensidad de luz, por lo que perdía su eficiencia de uso.

Su simpleza de estética obedece a permitir la adición de más elementos interconectados como complementos para maximizar su grado de iluminación.

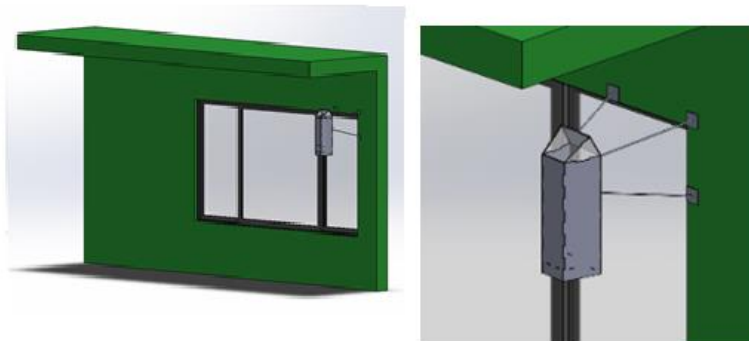


Ilustración 4-14. 6 Instalación de la pieza sobre una ventana.

Por su tamaño, posición y forma, puede pasar fácilmente desapercibido para los usuarios desde el interior; uno de los factores correspondía precisamente a no bloquear la visibilidad del exterior.

La instalación no requiere modificaciones superiores a las necesarias para el soporte. En este caso con unos tornillos y varillas es posible tener el soporte.

Conclusiones.

En este capítulo se explica cómo las metodologías ayudaron a determinar una solución para el problema planteado.

Primero retomando los factores del problema a solucionar, para así tener, después del estudio de su historia y cualidades, una referencia de posibles puntos a mejorar.

Utilizando herramientas de comparación y análisis podemos hacernos una idea más profunda de lo que cada solución ya existente puede significar y la manera en cómo afecta a todo el sistema de iluminación.

Propusimos entonces una posible solución a partir de lo estudiado sobre los productos existentes. Sin embargo, utilizando herramientas de TRIZ, la primera idea de solución creció en sus expectativas y manera en como soluciona las restricciones propuestas inicialmente.

Así desarrollamos una propuesta final cuyo concepto surge del estudio posterior y la realización principal de los niveles de inventiva y la interpretación de la matriz de contradicciones.

Conclusiones y comentarios

Conclusiones.

Se profundizó en varias herramientas que apoyan el diseño de productos y la solución de problemas de ingeniería. Con el fin de hacer aplicar lo estudiado, se usó en un problema de iluminación de interiores, lo cual llevó a las siguientes conclusiones:

- a) La implementación del estudio permitió observar la naturaleza positiva de la reflexión de la luz solar para ser usada en el interior de una vivienda. Al ingresar la luz natural a un filtro que posteriormente ilumine el interior, se mantiene la sensación de bienestar exterior mientras se evitan los excesos de resplandor y calor que el usuario comúnmente evita al mantenerse bajo techo.
- b) Para el caso de estudio de este proyecto, las herramientas TRIZ demostraron ser particularmente importantes, pues tomando en cuenta su carácter sistemático, permitieron la formación de más de una idea con la cual trabajar. Con cada nueva revisión y con cada cambio en los pequeños, se detalles entregaba mejores ideas.

Pese a que el proyecto fue dividido en etapas de desarrollo, las herramientas de TRIZ participaron activamente desde el principio hasta el final. Esto debido a su simpleza y su facilidad de manejo, comparado con a las otras metodologías utilizadas.

- c) El desarrollo del proyecto tomó cada una de las herramientas de manera positiva, demostrando su utilidad con forme a las restricciones previamente planteadas. Para este caso, la innovación tecnológica se encontró hasta el tercer nivel: **una invención que contiene una resolución de una contradicción física.**

La contradicción resuelta fue en este caso la entrada de la luz solar. Pues por su naturaleza y composición física genera una gran cantidad de calor. El uso de filtro únicamente para rayos UV es posible obtenerlos sin coloración, manteniendo la intensidad de la luz natural evitando el daño a las pinturas interiores y los destellos, además de disminuir la cantidad de calor de entrada a la habitación por radiación.

De esta manera se logró un aprendizaje y aplicación de las herramientas para diseño de nuevos productos comprobando su utilidad para desarrollo futuro.

Como conclusión general podemos tener que el proyecto concluye con la demostración y utilización de las herramientas de estudio, desarrollo y propuesta solución de una problemática cualquiera. Siendo en este caso que un ingeniero pueda, mediante el uso de estas herramientas, participar y solucionar problemáticas que no se encuentren directamente relacionadas con su área de especialidad.

Siendo en ingeniería:

- Ing. Aeroespacial.
- Ing. Aeronáutico.

- Ing. Ambiental.
- Ing. Civil.
- Ing. Eléctrico.
- Ing. En control y automatización.
- Ing. En manufactura.
- Ing. En mecatrónica.
- Ing. Industrial.
- Ing. Mecánica.

Con las herramientas obtenidas es posible vincular áreas y también conocer las técnicas y herramientas propias de cada materia para trabajar a la par de profesionales con experiencia.

Trabajo a futuro.

En el presente trabajo se tomó ampliamente la investigación de los medios de iluminación solar pasiva, basándonos en productos en el mercado que cumplen satisfactoriamente con el cometido de mantener la iluminación de una habitación con luz natural.

En este trabajo se desarrolló un conocimiento profundo sobre la iluminación y los productos con los que se provee de luz a las habitaciones. Con esa información y un análisis con las herramientas de diseño aprendidas durante el curso del estudio de posgrado, se pudo generar un nuevo diseño de dispositivo para iluminar una habitación.

Se obtuvo como resultado el diseño de una lámpara exterior con la capacidad de dirigir su luz al interior de una habitación. También tenía como principal diferencia a los otros dispositivos, la manera en cómo sería instalada, siendo en este caso menos invasivo y requerir de menor cantidad de mantenimiento.

La intensidad de luz entregada por la lámpara resultó una cantidad estable y útil sin embargo, menor al deseado. Dando pie a la inserción de componentes con la capacidad de almacenar y liberar la luz dependiendo de las necesidades y en la dirección adecuada.

Continuando con el proyecto se propone estudiar dispositivos de almacenamiento compacto cuya instalación sea resistente a la presión y a la humedad, además de los efectos del medio ambiente. El control del dispositivo, dependiendo de las necesidades, podría ser mediante algún controlador en dispositivos móviles de Android.

El extender el estudio de la iluminación solar pasiva podría arrojar resultados que ayuden en las investigaciones de los beneficios de la luz natural sobre la salud y ánimo de las personas. Nuevas manera de reflexión y materiales reflejantes, y medios de instalación que no afecten las construcciones sobre las que operaran.

Con la finalidad de poder desarrollarse en un futuro, se deja abierta la posibilidad instalación de elementos mecánicos como servomotores y paneles fotovoltaicos.

La importancia del proyecto recae en hacer el desarrollo de una lámpara que utiliza una fuente de energía natural para iluminar una habitación de manera autónoma y útil sin utilizar fuentes externas de energía que resulten en contaminación al medio ambiente.

Comentario final.

El estudio de posgrado en Diseño Mecánico, ayuda a profundizar en los conocimientos de un área por lo que funciona como una preparación de profesionales en el diseño de nuevos productos, sistemas, mecanismos y procesos. Con la capacidad de utilizar las tecnologías existentes de una manera innovadora para problemas que surgen con el paso del tiempo, así como la generación de nuevos pasos evolutivos en la tecnológica de nuestro país.

Anexo 1. Norma oficial mexicana nom-025-stps

-2008, condiciones de iluminación en los centros de trabajo

Javier Lozano Alarcón, secretario del trabajo y previsión social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones i y xi de la ley orgánica de la administración pública federal; 512, 523 fracción i, 524 y 527 último párrafo de la ley federal del trabajo; 3o., fracción xi, 38 fracción ii, 40 fracción vii, 46, 47 fracción iv, 51 cuarto párrafo y 52 de la ley federal sobre metrología y normalización; 28 y 34 del reglamento de la ley federal sobre metrología y normalización; 4o., del 95 al 98 del reglamento federal de seguridad, higiene y medio ambiente de trabajo; 3, 5 y 19 del reglamento interior de la secretaría del trabajo y previsión social, y

Considerando

Que con fecha 27 de septiembre de 2005, en cumplimiento de lo previsto por el artículo 46 fracción i de la ley federal sobre metrología y normalización, la secretaría del trabajo y previsión social presentó ante el comité consultivo nacional de normalización de seguridad y salud en el trabajo, el anteproyecto de modificación de la presente norma oficial mexicana y que el citado comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como proyecto en el diario oficial de la federación;

Que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-e y 69-h de la ley federal de procedimiento administrativo, el anteproyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la comisión federal de mejora regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo;

Que con fecha 5 de junio de 2008, en cumplimiento del acuerdo por el que se establecen la organización y reglas de operación del comité consultivo nacional de normalización de seguridad y salud en el trabajo, y de lo previsto por el artículo 47 fracción i de la ley federal sobre metrología y normalización, se publicó en el diario oficial de la federación el proyecto de modificación de la norma oficial mexicana nom-025-stps-1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo, para quedar como proy-nom-025-stps-2005, condiciones de iluminación en los centros de trabajo, a efecto de que, dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al comité;

Que habiendo recibido comentarios de diez promoventes, el comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta dependencia las respuestas respectivas en el diario oficial de la federación el 12 de diciembre de 2008, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción iii de la ley federal sobre metrología y normalización;

Que derivado de la incorporación de los comentarios presentados al proyecto de modificación de la norma oficial mexicana nom-025-stps-1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo, para quedar como proy-nom-025-stps-2005, condiciones de iluminación en los centros de trabajo, así como de la revisión final del propio proyecto, se realizaron diversas modificaciones con el propósito de dar claridad, congruencia y certeza jurídica en cuanto a las disposiciones que aplican en los centros de trabajo, y

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el comité consultivo nacional de normalización de seguridad y salud en el trabajo otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

Norma oficial mexicana nom-025-stps-2008, condiciones de iluminación en los centros de trabajo

Índice

- 1 Objetivo
- 2 Campo de aplicación
- 3 Referencias
- 4 Definiciones
- 5 Obligaciones del patrón
- 6 Obligaciones de los trabajadores
- 7 Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo
- 8 Reconocimiento de las condiciones de iluminación
- 9 Evaluación de los niveles de iluminación
- 10 Control
11. Mantenimiento
- 12 Reporte del estudio
- 13 Unidades de verificación y laboratorios de prueba

1. Objetivo

Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

2. Campo de aplicación

La presente norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

3. Referencias

Para la correcta interpretación de esta norma, debe consultarse la siguiente norma oficial mexicana vigente o la que la sustituya:

Nom-008-scfi-2002, sistema general de unidades de medida.

4. Definiciones

Para efectos de esta norma, se establecen las definiciones siguientes:

4.1. Área de trabajo: es el lugar del centro de trabajo donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.

4.2. Autoridad del trabajo, autoridad laboral: las unidades administrativas competentes de la secretaría del trabajo y previsión social que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes de las entidades federativas y del distrito federal que actúen en auxilio de aquéllas.

4.3. Brillo: es la intensidad luminosa que una superficie proyecta en una dirección dada, por unidad de área. Se recomienda que la relación de brillos en áreas industriales no sea mayor de 3:1 en el puesto de trabajo y en cualquier parte del campo visual no mayor de 10:1.

4.4. Centro de trabajo: todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

4.5. Condición crítica de iluminación: deficiencia de iluminación en el sitio de trabajo o niveles muy altos que bien pueden requerir un esfuerzo visual adicional del trabajador o provocarle deslumbramiento.

4.6. Deslumbramiento: es cualquier brillo que produce molestia y que provoca interferencia a la visión o fatiga visual.

4.7. Iluminación complementaria: es aquella proporcionada por un alumbrado adicional al considerado en la iluminación general, para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada o plano de trabajo.

4.8. Iluminación especial: es la cantidad de luz específica requerida para la actividad que conforme a la naturaleza de la misma tenga una exigencia visual elevada mayor de 1000 luxes o menor de 100 luxes, para la velocidad de funcionamiento del ojo (tamaño, distancia y colores de la tarea visual) y la exactitud con que se lleva a cabo la actividad.

4.9. Iluminación; iluminancia: es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en luxes.

4.10. Iluminación localizada: es aquella proporcionada por un alumbrado diseñado sólo para proporcionar iluminación en un plano de trabajo.

4.11. Luminaria; luminario: equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas que incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas, y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.

4.12. Luxómetro; medidor de iluminancia: es un instrumento diseñado y utilizado para medir niveles de iluminación o iluminancia, en luxes.

4.13. Nivel de iluminación: cantidad de flujo luminoso por unidad de área medido en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en luxes.

4.14. Plano de trabajo: es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual generalmente los trabajadores desarrollan su trabajo, con niveles de iluminación específicos.

4.15. Puntos focales de las luminarias: es la proyección vertical de la lámpara al plano o área de trabajo con inclinación de 0° que contiene la dirección del haz de luz.

4.16. Reflexión: es la luz que incide en un cuerpo y es proyectada o reflejada por su superficie con el mismo ángulo con el que incidió.

4.14. Sistema de iluminación: es el conjunto de luminarias de un área o plano de trabajo, distribuidas de tal manera que proporcionen un nivel de iluminación específico para la realización de las actividades.

4.15. Tarea visual: actividad que se desarrolla con determinadas condiciones de iluminación.

5. Obligaciones del patrón

5.1. Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente norma le obligue a elaborar o poseer.

5.2. Contar con los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o en las tareas visuales de acuerdo con la tabla 1 del capítulo 7.

5.3. Efectuar el reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas y puestos de trabajo, según lo establecido en el capítulo 8.

5.4. Contar con el informe de resultados de la evaluación de los niveles de iluminación de las áreas, actividades o puestos de trabajo que cumpla con en los apartados 5.2 y 10.4 de la presente norma, y conservarlo mientras se mantengan las condiciones que dieron origen a ese resultado.

5.5. Realizar la evaluación de los niveles de iluminación de acuerdo con lo establecido en los capítulos 8 y 9.

5.6. Llevar a cabo el control de los niveles de iluminación, según lo establecido en el capítulo 10.

5.7. Contar con un reporte del estudio elaborado para las condiciones de iluminación del centro de trabajo, según lo establecido en el capítulo 12.

5.8. Informar a todos los trabajadores, sobre los riesgos que puede provocar un deslumbramiento o un nivel deficiente de iluminación en sus áreas o puestos de trabajo.

5.9. Practicar exámenes con periodicidad anual de agudeza visual, campimetría y de percepción de colores a los trabajadores que desarrollen sus actividades en áreas del centro de trabajo que cuenten con iluminación especial.

5.10. Elaborar y ejecutar un programa de mantenimiento para las luminarias del centro de trabajo, incluyendo los sistemas de iluminación de emergencia, según lo establecido en el capítulo 11.

5.11. Instalar sistemas de iluminación eléctrica de emergencia, en aquellas áreas del centro de trabajo donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo en la tarea visual del puesto de trabajo, o en las áreas consideradas como ruta de evacuación que lo requieran.

6. Obligaciones de los trabajadores

6.1. Informar al patrón sobre las condiciones inseguras, derivadas de las condiciones de iluminación en su área o puesto de trabajo.

6.2. Utilizar los sistemas de iluminación de acuerdo a las instrucciones del patrón.

6.3. Colaborar en las evaluaciones de los niveles de las áreas o puestos de trabajo y observar las medidas de control implementadas por el patrón.

6.4. Someterse a los exámenes de la vista que indique el patrón.

7. Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla 1.

Tabla 1

Niveles de iluminación

Tarea visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20

En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: e bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; exactas y muy prolongadas, y	2,000

	huy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	
--	---	--

8. Reconocimiento de las condiciones de iluminación

8.1. El propósito del reconocimiento es identificar aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar aquéllas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento.

Para lo anterior, se debe realizar un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde los trabajadores realizan sus tareas visuales, y considerar, en su caso, los reportes de los trabajadores, así como recabar la información técnica.

8.2. Para determinar las áreas y tareas visuales de los puestos de trabajo debe recabarse y registrarse la información del reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas de trabajo, así como de las áreas donde exista una iluminación deficiente o se presente deslumbramiento y, posteriormente, conforme se modifiquen las características de las luminarias o las condiciones de iluminación del área de trabajo, con los datos siguientes:

- A) distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), de la maquinaria y del equipo de trabajo;
- B) potencia de las lámparas;
- C) descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio;
- D) descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo, de acuerdo con la tabla 1 del capítulo 7;
- E) descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada, y
- F) la información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte del trabajador al patrón.

9. Evaluación de los niveles de iluminación

9.1. A partir de los registros del reconocimiento, se debe realizar la evaluación de los niveles de iluminación en las áreas o puestos de trabajo de acuerdo con lo establecido en el apéndice a.

9.1.1. Determinar el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes que por su cercanía al trabajador afecten las condiciones de iluminación, según lo establecido en el apéndice b, y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la tabla 2.

Tabla 2

Niveles máximos permisibles del factor de reflexión

Concepto	Niveles máximos permisibles de reflexión, kf
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

Nota: se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (kf) supere los valores establecidos en la tabla 2.

9.1.2. La evaluación de los niveles de iluminación debe realizarse en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación, se puede hacer por áreas de trabajo, puestos de trabajo o una combinación de los mismos.

10. Control

10.1. Si en el resultado de la evaluación de los niveles de iluminación se detectaron áreas o puestos de trabajo que deslumbren al trabajador, se deben aplicar medidas de control para evitar que el deslumbramiento lo afecte.

10.2. Si en el resultado de la medición se observa que los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o las tareas visuales están por debajo de los niveles indicados en la tabla 1 del capítulo 7 o que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la tabla 2 del capítulo 9, se deben adoptar las medidas de control necesarias, entre otras, dar mantenimiento a las luminarias, modificar el sistema de iluminación o su distribución y/o instalar iluminación complementaria o localizada. Para esta última medida de control, en donde se requiera una mayor iluminación, se deben considerar los siguientes aspectos:

- A) evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;
- B) seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;
- C) evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad, y
- D) evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.

10.3. Se debe elaborar y cumplir un programa de medidas de control a desarrollar, considerando al menos las previstas en 10.2.

10.4. Una vez que se han realizado las medidas de control, se tiene que realizar una evaluación para

Verificar que las nuevas condiciones de iluminación cumplen con lo establecido en la presente norma.

11. Mantenimiento

En el mantenimiento de las luminarias se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- A) la limpieza de las luminarias;
- B) la ventilación de las luminarias;
- C) el reemplazo de las luminarias cuando dejen de funcionar, o después de transcurrido el número predeterminado de horas de funcionamiento establecido por el fabricante;
- D) los elementos que eviten el deslumbramiento directo y por reflexión, así como el efecto estroboscópico, y
- E) los elementos de preencendido o de calentamiento.

12. Reporte del estudio

12.1. Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información recabada en el reconocimiento, los documentos que lo complementen y los datos obtenidos durante la evaluación, con al menos la información siguiente:

- A) el informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación de los niveles de iluminación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo;
- B) la distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición;
- C) los resultados de la evaluación de los niveles de iluminación indicando su incertidumbre;
- D) la comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las tablas 1 y 2 de los capítulos 7 y 9, respectivamente;
- E) la hora en que se efectuaron las mediciones;

- F) el programa de mantenimiento;
- G) la copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a lo establecido en la ley federal sobre metrología y normalización, y que cumpla con las disposiciones estipuladas en esta norma;
- H) la conclusión técnica del estudio;
- I) las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación;
- J) nombre y firma del responsable del estudio, y
- K) los resultados de las evaluaciones hasta cumplir con lo establecido en las tablas 1 y 2 de los capítulos 7 y 9, respectivamente.

13. Unidades de verificación y laboratorios de prueba

13.1. El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación o un laboratorio de pruebas, acreditados y aprobados, en los términos de la ley federal sobre metrología y normalización y su reglamento, para verificar el grado de cumplimiento con la presente norma.

13.2. Unidades de verificación y laboratorios de pruebas contratados a petición de parte deben verificar el grado de cumplimiento de acuerdo con lo establecido en el procedimiento para la evaluación de la conformidad.

13.3. La vigencia del dictamen de verificación cuando éste sea favorable, será de dos años, y el informe de resultados será válido y se conservará siempre y cuando, se mantengan las condiciones que dieron origen al resultado de la evaluación.

13.4. Los laboratorios de pruebas sólo podrán evaluar lo establecido en los capítulos 8 y 9 de la presente norma.

13.5. Las unidades de verificación deben entregar al patrón el dictamen de verificación favorable cuando se hayan cubierto los requerimientos de la presente norma oficial mexicana.

14. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

14.1. Generalidades.

14.2. Este procedimiento para la evaluación de la conformidad aplica en las visitas de inspección desarrolladas por la autoridad laboral, y en las visitas de verificación que realicen las unidades de verificación.

14.3. Para obtener el directorio vigente de las unidades de verificación que están aprobadas ante la dependencia y pueden extender el dictamen de conformidad con esta norma oficial mexicana, podrán ingresar a la página de la secretaría del trabajo y previsión social, vía internet en la dirección: www.stps.gob.mx.

14.1.1. El interesado que obtuvo la evaluación de la conformidad con la presente norma a través de una unidad de verificación, debe conservar el dictamen de verificación y tenerlo a la disposición de la autoridad del trabajo cuando ésta lo solicite de acuerdo a lo establecido en el apartado 13.5.

14.1.2. Los aspectos a verificar durante la evaluación de la conformidad que son aplicables mediante la constatación física o documental, o a través de entrevista, son:

Disposición	Comprobación	Criterios de aceptación	Observaciones
5.2.	Física	El patrón cumple cuando derivado de un recorrido por el centro de trabajo, se comprueba que para las tareas por puesto o	La evidencia es la evaluación de la iluminación de las tareas visuales del puesto de trabajo o áreas de

		<p>área de trabajo, los niveles de iluminación corresponden a los de la tabla 1 del capítulo 7.</p>	<p>trabajo comparadas con la tabla 1 del capítulo 7.</p>
5.3.	Documental	<p>El patrón cumple cuando: representa el registro de la información recopilada en el reconocimiento de las áreas y puestos de trabajo. El registro contiene al menos la siguiente información técnica y administrativa que haya servido al patrón para seleccionar las áreas y puestos de trabajo evaluadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), así como de la maquinaria y equipo; potencia de las lámparas; descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio; descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo de acuerdo con la tabla 1 del capítulo 7, y descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada. 	<p>El reconocimiento aplica para aquellas áreas o tareas visuales que de acuerdo a la tabla 1 del capítulo 7. El requerimiento podrá ser realizado por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado.</p>
5.4. Y 5.5.	Documental	<p>El patrón cumple cuando: representa las evidencias de la evaluación de los niveles de iluminación de las áreas y puestos de trabajo, y la evaluación se realizó de acuerdo a los capítulos 8 y 9, así como con el apartado 10.4</p>	<p>La evaluación aplica para aquellas áreas o tareas visuales que de acuerdo a la tabla 1 del capítulo 7. El documento que se puede presentar es el mismo que se genera al cumplir el capítulo 12 (reporte del estudio).</p>

5.6.	Documental	<p>El patrón cumple cuando:</p> <p>derivado de la evaluación no se identificaron deficiencias o excesos de iluminación en las áreas o puestos de trabajo, por lo que no se aplicaron medidas de control.</p> <p>derivado de la evaluación se identificaron deficiencias o excesos de iluminación en las áreas o puestos de trabajo, se aplicaron las siguientes medidas de control:</p> <p>proporcionó mantenimiento a las luminarias;</p> <p>modificó el sistema de iluminación o su distribución;</p> <p>en su caso, instaló la iluminación complementaria o localizada, y</p> <p>derivado del criterio anterior presenta evidencias de una nueva evaluación donde se constata que las nuevas condiciones de iluminación cumplen con lo establecido en la presente norma.</p>	<p>Los aspectos a considerar para las medidas de control, pueden ser:</p> <p>evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;</p> <p>seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;</p> <p>evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad, y</p> <p>evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.</p> <p>los dos últimos criterios de aceptación sólo aplicarán cuando el patrón determine que requiere de iluminación complementaria o localizadas</p>
------	------------	---	--

5.7.	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta el reporte del estudio, con al menos:</p> <ul style="list-style-type: none"> l informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación de los niveles de iluminación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo; la distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición; los resultados de la evaluación de los niveles de iluminación indicando su incertidumbre; la comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las tablas 1 y 2 de los capítulos 7 y 9 respectivamente; la hora en que se efectuaron las mediciones; el programa de mantenimiento; la copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a la ley federal sobre metrología y normalización, y que cumpla con las disposiciones estipuladas en esta norma; la conclusión técnica del estudio; las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación; el nombre y firma del responsable del estudio; los resultados de las evaluaciones hasta cumplir con lo establecido en las tablas 1 y 2 de los capítulos 7 y 9, respectivamente. 	El estudio podrá ser realizado por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado.
------	------------	--	---

5.8.	Documental o entrevista	<p>El patrón cumple cuando: exhibe las evidencias con los elementos y/o mecanismos de difusión para dar a conocer los riesgos a los trabajadores de las áreas o puestos de trabajo con iluminación deficiente, excesiva o que provoque deslumbramiento, o</p> <p>Al realizar la(s) entrevista(s) al personal del centro de trabajo involucrado en las áreas o puestos de trabajo, se constata que identifican los riesgos relacionados con iluminación deficiente, excesiva o que provoque deslumbramiento.</p>	<p>La iluminación permite un desarrollo eficiente y confortable en las tareas visuales es un auxilio para el trabajo seguro y apoya en las acciones de emergencia (evacuación).</p>
5.9.	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta los exámenes médicos visuales realizados a los trabajadores para agudeza visual, campimetría y de percepción de colores, con una periodicidad anual.</p>	<p>Esta disposición aplica para los casos en que los trabajadores desarrollen sus actividades en zonas identificadas como de alto riesgo, cuyas actividades tengan una exigencia visual elevada.</p> <p>El médico puede ser interno o externo como lo establece la nom-030-stps-2006.</p>
5.10.	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta un programa de mantenimiento que contenga al menos:</p> <ul style="list-style-type: none"> la limpieza de las luminarias; la ventilación de las luminarias; el reemplazo de las luminarias cuando dejen de funcionar, o después de transcurrido el número predeterminado de horas de funcionamiento establecido por el fabricante; los elementos que eviten el deslumbramiento directo y por reflexión, así como el efecto estroboscópico, y los elementos de preencendido o de calentamiento. 	

5.11.	Física	El patrón cumple cuando, derivado de un recorrido por las instalaciones del centro de trabajo, identifica que existen los sistemas de iluminación de emergencia y éstos están funcionando.	Las lámparas de emergencia pueden estar colocadas en donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo en la tarea visual del puesto de trabajo o en las áreas consideradas como ruta de evacuación.
-------	--------	--	--

Nota: las evidencias documentales se pueden presentar por escrito o, en medios magnéticos o electrónicos.

14.1.3. Las unidades de verificación no deben realizar las siguientes actividades para la empresa evaluada:

Anexo 2. Matriz de contradicciones TRIZ

Atributo que empeora									
	1 peso del objeto móvil	2 peso del objeto estacionario	3 longitud del objeto móvil	4 longitud del objeto estacionario	5 área del objeto móvil	6 área del objeto estacionario	7 volumen del objeto móvil	8 volumen del objeto estacionario	
Atributo que mejora	1 peso del objeto móvil		15, 8 29, 34		29,17,38,34		29,2,40,28		
	2 peso del objeto estacionario			10,1,29,35		35,30,13,2		5,35,14,2	
	3 longitud del objeto móvil	8,15,29,34				15,17,4	7,17,4,35		
	4 longitud del objeto estacionario		35,28,40,29				17,7,10,40	35,8,2,14	
	5 área del objeto móvil	2,17,29,4		14,15,18,4			7,14,17,4		
	6 área del objeto estacionario		30,2,14,18		26,7,9,39				
	7 volumen del objeto móvil	2,26,29,40		1,7,4,35		1,7,4,17			
	8 volumen del objeto estacionario		35,10,19,14	1,149	35,8,2,14				
	9 velocidad	2,28,13,38		13,14,8		29,30,34	7,29,34		
	10 fuerza	8,1,37,18	18,13,1,28	17,19,9,36	28,10	19,10,15,	1,18,36,37	15,9,12,37	2,36,18,37
	11 tensión/ presión	10,36,37,40	13,29,10,18	35,10,36	35,1,14,16	10,15,36,25	10,15,35,37	6,35,10	35,24
	12 forma	8,10,29,40	15,10,26,3	29,34,5,4,	13,14,10,7	5,34,4,10		14,4,15,22	7,2,35
	13 estabilidad de la composición	21,35,2,39	26,39,1,40	13,15,1,28	37	2,11,13	39	28,10,19,39	34,28,35,40
	14 resistencia o fortaleza	1,8,40,15	40,26,27,1	1,15,8,35	15,14,28,26	3,34,40,29	9,40,28	10,15,14,7	9,14,17,15
	15 tiempo de acción del objeto móvil	19,5,34,31		2,19,9		3,17,19		10,2,19,30	
	16 tiempo de acción del objeto estacionario		6,27,19,16		1,10,35				35,34,38
	17 temperatura	36,22,6,38	22,35,32	15,19,9	15,19,9	3,35,39,18	35,38	34,39,40,18	35,6,4
	18 brillantez	19,1,32	2,32,35	19,32,16		19,32,26		2,13,10	
	19 energía consumida por el objeto móvil	12,18,28,31		12,28		15,19,25		35,13,18	
	20 energía consumida por objeto estacionario		19,9,6,27						

Atributo que empeora										
Atributo que mejora		9	10 fuerza	11	12 forma	13	14	15	16 tiempo	
		Velocidad		Tensión/presión		Estabil idad de la comp osició	Resistencia o fortaleza	tiempo de acción del objeto móvil	de acción del objeto estacionari o	
	1 peso del objeto móvil	2,8,15,38	8,10,18, 37	10,36,37,40	10,14,35,40	1,35,19, 39	28,27,18,40	5,34,31, 35		
	2 peso del objeto estacionario		8,10,19,	13,29,10,18	13,10,29,14	26,39,1,	28,2,10,27		2,27,19,6	
	3 longitud del objeto móvil	13,4,8	17,10,	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,3	8,35,29,34	1		
	4 longitud del objeto estacionario		28,10	1,14,35	7,13,14,15	35,37,3	14,15,28,26		1,40,35	
	5 área del objeto móvil	29,30,4,34	19,30,35, 2	10,15,36,28	5,34,29,4	11,2,13, 39	3,15,40,14	6,3		
	6 área del objeto estacionario		1,18,35,	10,15,36,37		2,38	40		2,10,19,30	
	7 volumen del objeto móvil	29,4,38,34	15,35,36	6,35,36,37	1,4,15,29	28,10,1,39	9,14,15,7	6,35,4		
	8 volumen del objeto estacionario		2,18,3	24,35	7,2,35	34,28,35,	9,14,15,17		35,34,38	
	9 velocidad		13,28,15, ,19	6,18,38,40	35,15,18,34	28,33,1,18	8,3,26,14	3,19,35,5		
	10 fuerza	13,28,15,12		18,21,11	10,34,35,40	35,10,2 1	35,10,14,27	19 ,2		
	11 tensión/ presión	6,35,36	36,35,2 1		35,4,15,10	35,33,2, 40	9,18,3,40	19,3,27		
	12 forma	35,15,34,18	35,10,37 ,40	34,15,10,14		33,1,18, 4	30,14,10,40	14,26,9,5		
	13 Estabilidad de la composición	33,15,28,18	10,35,21, 16	2,35,40	22,1,18,4		17,9,15	13,27,10, 35	39,3,35,23	
	14 Resistencia o fortaleza	8,13,26,14	10,18,3, 14	10,3,18,40	10,30,35,40	13,17,3 5		27,3,2 6		
	15 tiempo de acción del objeto móvil	3,35,5	19,2,16	19,3,27	14,25,26,28	13,3,35	27,3,10			
	16 tiempo de acción del objeto estacionario					39,3,35,23				
	17 temperatura	2,28,30,36	35,10,3, 21	35,39,19,2	14,19,22,32	1,32,35	10,30,22,40	19,13,39	19,18,36,40	
	18 brillantez	10,13,19	26,19, 6		32,30	32,3,27	35,19	2,19,6		
19 energía consumida por el objeto móvil	8,15,35	16,26,21, 2	23,14,25	12,2,29	19,13,17, 24	5,19,9,35	28,35,6, 18			
20 energía consumida por objeto estacionario		36,37			27,29,4,29 ,18	35				

Atributo que empeora									
Atributo que mejora		17 Temperatura	18 Brillantez	19 energía consumida por el objeto móvil	20 energía consumida por el objeto estacionario	21 potencia	22 pérdida de energía	23 pérdida de sustancia	24 pérdida de información
	1 peso del objeto móvil	6,20,4,38	19,1,32	35,12,34,31		12,36,18,31	6,2,34,19	3,35,3,31	10,24,35
	2 peso del objeto estacionario	28,19,32,22	19,32,35		18,19,28,1	15,18,19,22,	18,19,28,15	5,8,13,30	10,15,35
	3 longitud del objeto móvil	10,15,19	32	8,35,24		1,35	7,2,35,39	4,29,23,10	1,24
	4 longitud del objeto estacionario	3,35,38,18	3,25			12,8	6,28	10,28,24,35	24,26
	5 área del objeto móvil	2,15,16	15,32,19,13	19,32		19,10,32,18	15,17,26,30	10,35,2,39	30,26
	6 área del objeto estacionario	35,38,39				17,32	7,17,30	10,14,18,39	30,16
	7 volumen del objeto móvil	34,39,10,18	2,13,10	35		35,6,13,18	7,15,13,16	36,39,34,10	2,22
	8 volumen del objeto estacionario	35,6,4				30,6		10,39,35,34	
	9 velocidad	28,30,36,2	10,13,19	8,15,35,38		19,35,38,2	14,20,19,35	10,13,28,38	13,26
	10 fuerza	35,10,21		19,17,10	1,16,36,37	19,35,18,37	14,15	8,35,40,5	
	11 tensión/presión	35,39,19,2		14,24,10,37		10,35,14	2,36,25	10,36,3,37	
	12 forma	22,14,19,32	13,15,32	2,6,14,34		4,6,2	14	35,29,3,5	
	13 Estabilidad de la composición	35,1,32	32,3,27,15	13,19	27,4,29,18	32,35,27,31	14,2,39,6	2,14,30,40	
	14 Resistencia o fortaleza	30,10,40	35,19	19,35,10	35	10,26,35,28	35	35,28,31,40	
	15 tiempo de acción del objeto móvil	19,35,39	2,19,4,35	28,6,35,18		19,10,35,38		28,27,3,18	10
	16 tiempo de acción del objeto estacionario	19,18,36,40				16		27,16,18,38	10
	17 Temperatura		32,30,21,16	19,15,3,17		2,14,17,25	21,17,35,38	21,36,29,31	
	18 brillantez	32,35,19		32,1,19	32,35,1,15	32	19,16,1,6	13,1	1,6
	19 energía consumida por el objeto móvil	19,24,3,14	2,15,19			6,19,37,18	12,22,15,24	35,24,18,5	
20 energía consumida por objeto estacionario		19,2,35,32					28,27,18,31		

Atributo que empeora

	25 pérdida de tiempo	26 Cantidad de sustancia	27 Confiabilidad	28 Precisión de la medición	29 precisión de la manufactura	30 Factores dañinos, del exterior, actuando sobre el objeto	31 Factores dañinos generados por el objeto	32 Manufacturabilidad o facilidad de fabricación	
Atributo que mejora	1 peso del objeto móvil	10,35,20,28	3,26,18,31	3,11,1,27	28,27,35,26	28,35,26,18	22,21,18,27	22,35,31,39	27,28,1,36
	2 peso del objeto estacionario	10,20,26,3	19,6,18,26	10,28,8	18,26,28	10,1,35,17	2,19,22,37	35,22,1,39	28,1,9
	3 longitud del objeto móvil	15,2,29	29,35	10,14,29	28,32,4	10,28,29,37	1,15,17,24	15,17	1,29,17
	4 longitud del objeto estacionario	30,29,14		15,28,	32,28,3	2,32,10	1,18		15,17,27
	5 área del objeto móvil	4,26	29,30,6,13	29,9	26,28,32,3	2,32	22,33,28,1	17,2,18,39	13,1,26,24
	6 área del objeto estacionario	10,35,4,18	2,18,40,4	32,35,40,4	26,28,32,3	2,29,18,36	27,2,39,35	22,1,40	40,16
	7 volumen del objeto móvil	2,6,10,34	29,30,7	14,1,40,	25,26,28	25,28,2,16	22,21,27,35	17,2,40,1	29,1,40
	8 volumen del objeto estacionario	35,16,32,1	3,35	2,35,1		35,10,25	34,39,19,27	30,18,35,4	35
	9 velocidad		18,19,29,38	11,35,27	28,32,1,24	10,28,32,25	1,23,28,35	2,24,35,21	35,13,8,1
	10 fuerza	10,37,36	14,29,18,36	3,35,13,21	35,10,23,24	28,29,36,37	1,35,40,18	13,3,36,24	15,37,18,1
	11 tensión/presión	37,36,4	10,14,36	10,13,19,35	6,25,28	3,35	22,2,37	2,33,27,18	1,35,16
	12 forma	14,10,34,17	36,22	10,40,16	28,32,1	32,30,40	22,1,2,35	35,1	1,32,17,28
	13 Estabilidad de la composición	27,35	15,32,35		13	18	35,24,30,18	35,40,27,39	35,19
	14 Resistencia o fortaleza	29,3,28,10	29,10,27	11,3	3,27,16	3,27	18,35,37,1	15,35,22,2	11,3,10,32
	15 tiempo de acción del objeto móvil	20,10,28,1	3,35,10,40	11,2,13	3	3,27,16,40	22,15,33,28	21,39,16,22	27,1,4
	16 tiempo de acción del objeto estacionario	28,20,10,16	3,31,35	34,27,6,40	10,24,26		17,1,40,33	22	35,10
	17 Temperatura	35,28,21,18	3,17,30,39	19,35,3,10	32,19,24	24	22,33,35,2	22,35,2,24	26,27
	18 brillantez	19,1,26,17	1,19		11,15,32	3,32	15,19	35,19,32,39	19,35,28,26
	19 energía consumida por el objeto móvil	35,38,19,18	34,23,16,18	19,21,11,27	3,1,32		1,35,6,27	2,35,6	28,26,30
	20 energía consumida por objeto		3,35,31	10,36,23			10,2,22,37	19,22,18	1,4

Atributo que empeora								
	33 conveniencia de uso	34 facilidad o dificultad para reparar	35 adaptabilidad	36 Complejidad de un aparato	37 Complejidad de control	38 nivel de automatización	39 capacidad y/o productividad	
,10,14 atributo que mejora	1 peso del objeto móvil	35,3,2,24	2,27,28,11	29,5,15,8	26,30,36,34	28,29,26,32	26,35,18,19	35,3,24,37
	2 peso del objeto estacionario	6,13,1,32	2,27,28,11	19,15,29	1,10,26,39	25,28,17,15	2,26,35	1,28,15,35
	3 longitud del objeto móvil	15,29,35,4	1,28,10	14,15,1,16	1,19,26,24	35,1,26,24	17,24,26,16	14,4,28,29
	4 longitud del objeto estacionario	2,25	3	1,35	1,26	26		30,14,7,26
	5 área del objeto móvil	15,17,13,16	15,13,10,1	15,30	14,1,13	2,36,26,18	14,30,28,23	10,26,34,2
	6 área del objeto estacionario	16,4	16	15,16	1,18,36	2,35,30,18	23	10,15,17,7
	7 volumen del objeto móvil	15,13,30,12	10	15,29	26,1	29,26,4	35,34,16,24	10,6,2,34
	8 volumen del objeto estacionario		1		1,31	2,17,26		35,37,10,2
	9 velocidad	32,28,13,12	34,2,28,27	15,10,26	10,28,4,34	3,34,27,16	10,18	
	10 fuerza	1,28,3,25	15,1,11	15,17,18,20	26,35,10,18	36,37,10,19	2,35	3,28,35,37
	11 tensión/presión	11	2	35	19,1,35	2,36,37	35,24	10,14,35,37
	12 forma	32,15,26	2,13,1	1,15,29	16,29,1,28	15,13,39	15,1,32	17,26,34,10
	13 estabilidad de la composición	32,35,30	2,35,10,16	35,30,34,2	2,35,22,26	35,22,39,23	1,8,35	23,35,40,3
	14 Resistencia o fortaleza	32,40,28,2	27,11,3	15,3,32	2,13,28	27,3,15,40	15	29,35,10,14
	15 tiempo de acción del objeto móvil	12,27	29,10,27	1,35,13	10,4,29,15	19,29,35,39	6,10	35,17,14,19
	16 tiempo de acción del objeto estacionario	1	1	2		25,34,6,35	1	10,20,16,38
	17 Temperatura	26,27	4,10,16	2,18,27	2,17,16	3,27,35,31	26,2,19,16	15,28,35
	18 brillantez	28,26,19	15,17,13,16	15,1,19	6,13,32	32,15	2,26,10	2,25,16
	19 energía consumida por el objeto móvil	19,35	1,15,17,28	15,17,13,16	2,29,27,28	35,38	32,2	12,28,35
	20 energía consumida por objeto estacionario					19,35,16,25		1,6

Atributo que empeora									
Atributo que mejora		1 peso del objeto móvil	2 peso del objeto estacionari	3 longitud del objeto móvil	4 longitud del objeto estacionario	5 área del objeto móvil	6 área del objeto estacionari	7 volumen del objeto móvil	8 volumen del objeto estacionario
	21 potencia	8,36,38,31	19,26,17,27	1,10,35,37		19,38	17,32,13,38	35,6,38	30,6,25
	22 pérdida de energía	15,6,19,28	19,6,18,9	7,2,6,13	6,38,7	15,26,17,30	17,7,,30,18	7,18,23	7
	23 pérdida de sustancia	35,6,23,40	35,6,22,32	14,29,19,39	10,28,24	35,2,10,31	10,18,39,31	1,29,30,36	3,39,18,31
	24 pérdida de información	10,24,35	10,35,5	1,26	26	26,30	30,16		2,22
	25 pérdida de tiempo	10,20,35,37	10,20,26,5	2,15,29	30,24,14,5	26,4,5,16	10,35,17,4	2,5,34,10	35,16,32,18
	26 cantidad de sustancia	35,6,18,31	27,26,18,35	29,14,35,18		15,14,29	2,18,40,4	15,20,29	
	27 confiabilidad	3,8,10,40	3,10,8,28	15,9,14,4	15,29,28,11	17,10,14,16	32,35,40,4	3,10,14,24	2,35,24
	28 precisión en la medición	32,35,26,28	28,35,25,26	28,26,5,16	32,28,3,16	26,28,32,3	26,28,32,3	32,13,6	
	29 precisión en la manufactura	28,32,13,18	28,35,27,9	10,28,29,37	2,32,10	28,33,29,32	2,29,18,36	32,28,2	25,10,35
	30 factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	22,21,27,39	2,22,13,24	17,1,39,4	1,18	22,1,28,33	27,2,39,35	22,23,37,35	34,39,19,27
	31 factores dañinos generados por el objeto	19,22,15,39	35,22,1,39	17,15,16,2		17,2,18,39	22,1,40	17,2,40	30,18,35,4
	32 manufacturabilidad o facilidad de fabricación	28,29,15,16	1,27,36,13	1,29,13,17	15,17,27	13,1,26,12	16,40	13,29,1,40	35
	33 conveniencia de uso	25,2,13,15	6,13,1,25	1,17,13,12		1,17,13,16	18,16,15,39	1,16,35,15	4,18,31,39
	34 fácil para reparar	2,27,35,11	2,27,35,11	1,28,10,25	3,18,31	15,13,32	16,25	25,2,35,11	1
	35 adaptabilidad	1,6,8,15	19,15,29,16	35,1,29,2	1,35,16	35,30,29,7	15,16	15,35,29	
	36 complejidad del aparato	26,30,34,36	2,36,35,39	1,19,24,26	26	14,1,13,16	6,36	34,25,6	1,16
	37 complejidad de control	27,26,28,13	6,13,28,1	16,17,24,26	26	2,13,17,18	2,39,30,16	29,1,4,16	2,18,26,31
	38 nivel de automatización	28,26,18,35	28,26,35,10	13,14,17,28	23	17,14,13		35,13,16	
	39 Capacidad/ productividad	35,26,24,37	28,27,15,3	18,4,28,38	30,7,14,26	10,26,34,31	10,35,17,7	2,6,34,10	35,37,10,2

Atributo que empeora									
Atributo que mejora		9		11		13	14	15 tiempo	16 tiempo
		Velocidad	10 fuerza	Tensión/presión	12 forma	Estabilidad de la composición	Resistencia o fortaleza	De acción del objeto móvil	De acción del objeto estacionario
	21 potencia	15,35,2	26,2,35,36	22,10,35	29,14,2,40	35,32,15,31	26,10,28	19,35,10,38	16
	22 pérdida de energía	16,35,38	36,38			14,2,39,6	26		
	23 pérdida de sustancia	10,13,28,38	14,15,18,40	3,36,37,10	29,35,3,5	2,14,30,40	35,28,31,40	28,27,3,18	27,16,18,38
	24 pérdida de	26,32						10	10
	25 pérdida de tiempo		10,37,36,5	37,36,4	4,10,34,17	35,3,22,5	29,328,18	20,10,28,18	28,20,10,16
	26 cantidad de sustancia	35,29,34,28	35,14,3	10,36,14,3	35,14	15,2,17,40	14,35,34,10	3,35,10,40	3,35,31
	27 confiabilidad	21,35,11,28	8,28,10,3	10,24,35,19	35,1,16,11		11,28	2,35,3,25	34,27,6,40
	28 precisión en la	28,13,32,24	32,2	6,28,32	6,28,32	32,35,13	28,6,32	28,6,32	10,26,24
	29 precisión en la	10,28,32	28,19,34,36	3,35	32,30,40	30,18	3,27	3,27,40	
	30 factores dañinos actuando, desde el exterior, sobre el objeto	21,22,28,35	13,35,39,18	22,2,37	22,1,3,35	35,24,30,18	18,35,37,1	22,15,33,28	17,1,40,33
	31 factores dañinos	3,23,28,35	35,28,1,40	2,33,27,18	35,1	35,40,27,39	15,35,22,2	15,22,33,31	21,39,16,22
	32 manufacturabilidad o Facilidad de fabricación	35,13,8,1	35,12	35,19,1,37	1,28,13,27	11,13,1	1,3,10,32	27,1,4	35,16
	33 conveniencia de uso	18,13,34	28,13,35	2,12,32	15,34,29,28	32,35,30	32,40,3,28	29,3,8,25	1,16,25
	34 fácil para reparar	34,9	1,10,11	13	1,13,2,4	2,35	11,1,2,9	11,29,28,27	1
	35 adaptabilidad	35,10,14	15,17,20	35,16	15,37,1,8	35,30,14	35,3,32,6	13,1,35	2,16
	36 complejidad del Aparato	34,10,28	26,16	19,1,35	29,13,28,15	2,22,17,19	2,13,28	10,4,28,15	
	37 complejidad de Control	3,4,16,35	36,28,40,19	35,36,37,32	27,13,1,39	11,22,30,39	27,3,15,28	19,29,39,25	25,24,6,35
	38 nivel de Automatización	28,10	2,35	13,35	15,32,1,13	18,1	25,13	6,9	
39 Capacidad/productividad		28,15,10,36	10,37,14	14,10,34,40	35,3,22,39	29,28,10,18	35,10,2,18	20,10,16,38	

Atributo que empeora									
Atributo que mejora		17	18	19 energía	20 energía	21	22 pérdida	23 pérdida	24 pérdida
		Temperatura	Brillantez	Consumida por el objeto Móvil	Consumida por el objeto estacionario	Potencia	De energía	De sustancia	De información
	21 potencia	2,14,17,25	16,6,19	16,6,19,37			10,35,38	28,27,18,38	10,19
	22 pérdida de energía	19,38,7	1,13,15,32			3,38		35,27,2,37	1,10
	23 pérdida de sustancia	21,36,39,31	1,6,13	35,18,24,5	28,27,12,31	28,27,18,38	35,27,2,31		
	24 pérdida de		19			10,19	19,10		
	25 pérdida de tiempo	35,29,21,18	1,19,26,17	35,38,19,18	1	35,20,10,6	10,5,18,32	35,18,10,39	24,26,28,32
	26 cantidad de sustancia	3,17,39		34,29,16,18	3,31,35	35	7,18,25	6,3,10,24	24,28,5
	27 confiabilidad	3,10,35	11,32,13	21,11,27,19	36,23	21,11,26,31	10,11,35	10,35,29,39	10,28
	28 precisión en la	6,19,28,24	6,1,32	3,6,32		3,6,32	26,27,32	10,16,28,31	
	29 precisión en la	19,26	3,32	32,2		32,2	13,32,2	35,31,10,24	
	30 factores dañinos								
	Actuando, desde el exterior, sobre el objeto	22,33,35,2	1,19,32,13	1,24,6,27	10,2,22,37	19,22,31,2	21,22,35,2	33,22,19,40	22,10,2
	31 factores dañinos Generados por el objeto	222,35,2,24	19,24,32,39	2,35,6	19,22,18	2,35,18	21,35,2,22	10,1,34	10,21,29
	32 manufacturabilidad o	27,26,18	28,24,27,1	28,26,27,1	1,4	27,1,12,24	19,35	15,33,34	32,24,18,16
	33 conveniencia de uso	26,27,13	13,17,1,24	1,13,24		35,34,2,10	2,19,13	28,32,2,14	4,10,22,27
	34 fácil para reparar	4,10	15,1,13	15,1,28,16		15,10,32,2	15,1,32,19	2,35,34,27	
	35 adaptabilidad	27,2,3,35	6,22,26,1	19,35,29,13		19,1,29	18,15,1	15,10,2,13	
	36 complejidad del	2,17,13	24,17,13	27,2,29,28		20,19,30,34	10,35,13,2	35,10,28,29	
37 complejidad de	3,27,35,16	2,24,26	35,38	19,35,16	19,1,16,10	35,3,15,19	1,13,10,24	35,33,27,22	
38 nivel de Automatización	26,2,19	8,32,19	2,32,13		28,2,27	23,28	35,10,18,5	35,33	
39 Capacidad/productividad	35,21,28,10	26,17,19,1	35,10,38,19	1	35,20,10	28,10,29,35	28,10,35,23	13,15,23	

Atributo que empeora									
Atributo que mejora		25 pérdida	26	27	28	29 precisión	30	31	32
		De tiempo	Cantidad de sustancia	Confiabilidad	Precisión de la medición	De la manufactura	Factores dañinos, del Exterior, Actuando sobre el objeto	Factores dañinos generados por el Objeto	Manufacturabilidad o facilidad de fabricación
	21 potencia	35,20,10,6	4,34,19	19,24,26,31	32,15,2	32,2	19,22,31,2	2,35,18	26,10,34
	22 pérdida de energía	10,18,32,7	7,18,25	11,10,35	32		21,22,35,2	21,35,2,22	
	23 pérdida de sustancia	15,18,35,10	6,3,10,24	10,29,35,39	16,34,31,28	35,10,24,31	33,22,30,40	10,1,34,29	15,33,34
	24 pérdida de Información	24,26,28,32	24,28,35	10,28,23			22,10,1	10,21,22	32
	25 pérdida de tiempo		35,38,18,16	10,30,4	24,34,28,32	24,26,28,18	35,18,34	35,22,18,39	35,28,34,4
	26 cantidad de sustancia	35,38,18,16		18,3,28,40	13,2,28	33,30	35,33,29,31	3,35,39,40	29,1,35,27
	27 confiabilidad	10,30,4	21,28,40,3		32,3,11,23	11,32,1	27,35,2,40	35,2,40,26	
	28 precisión en la Medición	24,34,28,32	2,6,32	5,11,1,23			28,24,22,26	3,33,39,10	6,35,25,18
	29 precisión en la Manufactura	32,26,28,18	32,30	11,32,1			26,28,10,36	4,17,26,34	
	30 factores dañinos Actuando, desde el exterior, sobre el objeto	35,18,34	35,33,29,31	27,24,2,40	28,33,23,26	26,28,10,18			24,35,2
	31 factores dañinos	1,22	3,24,39,1	24,2,40,39	3,33,26	4,17,26,34			
	32 manufacturabilidad o Facilidad de fabricación	35,28,34,4	35,23,1,24		1,35,12,18		24,2		
	33 conveniencia de uso	4,28,34,10	12,35	17,27,8,40	25,13,2,34	1,32,35,23	2,25,28,39		2,5,12
	34 fácil para reparar	32,1,10,25	2,28,10,25	11,10,1,16	10,2,13	25,10	35,10,2,16		1,35,11,10
	35 adaptabilidad	35,28	3,35,15	35,13,8,24	35,5,1,10		35,11,32,31		1,13,31
	36 complejidad del	6,29	13,3,27,10	13,35,1	2,26,10,34	26,24,32	22,19,29,40	19,1	27,26,1,13
	37 complejidad de Control	18,28,32,9	3,27,29,18	27,40,28,8	26,24,32,28		22,19,29,28	2,21	5,28,11,29
	38 nivel de Automatización	24,28,30,35	13,35	11,27,32	28,26,10,34	28,26,18,23	2,33	2	1,26,13
39 Capacidad/productividad		35,38	1,35,38,10	1,10,28,34	18,10,32,1	22,35,13,24	35,22,18,39	35,28,2,24	

Atributo que empeora								
Atributo que mejora		33	34	35	36	37	38 nivel de	39 capacidad
		Conveniencia de uso	Facilidad o dificultad para reparar	Adaptabilidad	Complejidad de un aparato	Complejidad de control	Automatización	Y/o productividad
	21 potencia	26,35,10	35,2,10,34	19,17,34	19,20,30,34	19,35,16	28,2,17	28,35,34
	22 pérdida de energía	35,22,1	2,19		7,23	35,3,15,23	2	28,10,29,35
	23 pérdida de sustancia	32,28,2,24	2,35,34,27	15,10,2	35,10,28,24	35,18,10,13	35,10,18	28,35,10,23
	24 pérdida de	27,22				35,33	35	13,23,15
	25 pérdida de tiempo	4,28,10,34	32,1,10	35,28	6,29	18,28,32,10	24,28,35,30	
	26 cantidad de sustancia	35,29,25,10	2,32,10,25	15,3,29	3,13,27,10	3,27,29,18	8,35	13,29,3,27
	27 confiabilidad	27,17,40	1,11	13,35,8,24	13,35,1	27,40,28	11,13,27	1,35,29,38
	28 precisión en la Medición	1,13,17,34	1,32,13,11	13,35,2	27,35,10,34	26,24,32,28	28,2,10,34	10,34,28,32
	29 precisión en la	1,32,35,23	25,10		26,2,18		26,28,18,23	10,18,32,39
	30 factores dañinos Actuando, desde el exterior, sobre el objeto	2,25,28,39	35,10,2	35,11,22,31	22,19,29,40	22,19,29,40	33,3,34	22,35,13,24
	31 factores dañinos				19,1,31	2,21,27,1	2	22,35,18,39
	32 manufacturabilidad o Facilidad de fabricación	2,5,13,16	35,1,11,19	2,13,15	27,26,1	6,28,11,1	8,28,1	35,1,10,28
	33 conveniencia de uso		12,26,1,32	15,34,1,16	32,26,12,17		1,34,12,3	15,1,28
	34 fácil para reparar	1,12,26,15		7,1,4,16	35,1,13,11		34,35,7,13	1,32,10
	35 adaptabilidad	15,34,1,16	1,16,7,4		15,29,37,28	1	27,34,35	35,28,6,37
	36 complejidad del Aparato	27,9,26,24	1,13	29,15,28,37		15,10,37,28	15,1,24	12,17,28
	37 complejidad de Control	2,5	12,26	1,15	15,10,37,28		34,21	35,18
38 nivel de Automatización	1,12,34,3	1,35,13	27,4,1,35	15,24,10	34,27,25		5,12,35,26	
39 Capacidad/productividad	1,28,7,19	1,32,10,25	1,35,28,37	12,17,24,28	35,18,27,2	5,12,35,26		

Anexo 3. Efecto Mosser

Revista digital sobre cultura ecológica (<http://www.concienciaeco.com>)

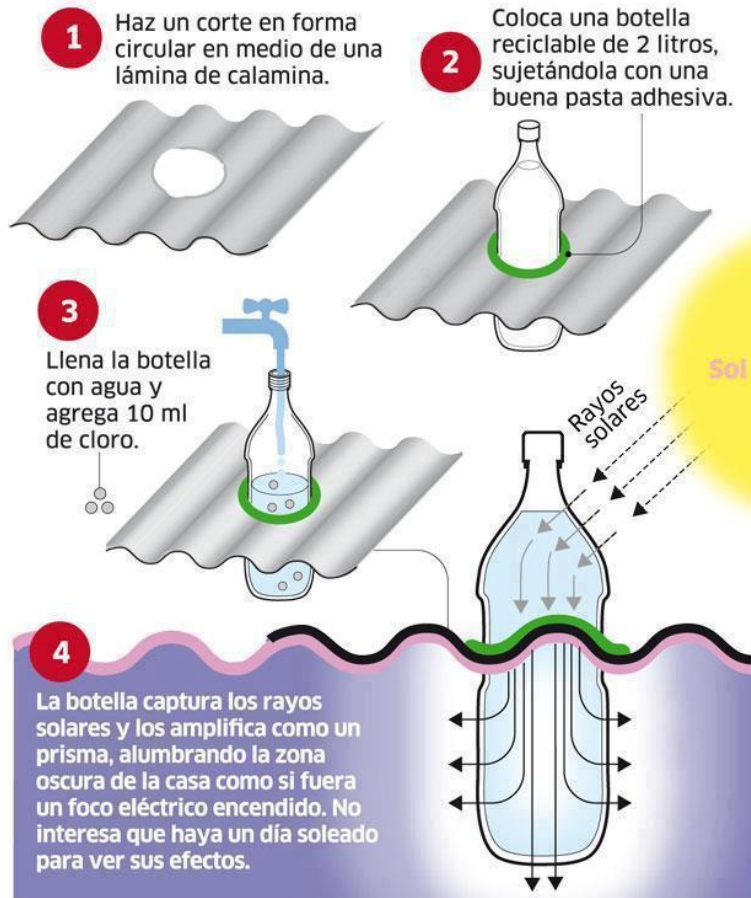
Julio — agosto 18, 2013



Estamos acostumbrados a vivir en este mundo occidentalizado, en el cual olvidamos cuantos lujos damos por sentado todos los días. Abrir un grifo con agua caliente, o sacar nuestro litro de leche fresquita de la nevera, o el simple hecho de dar al interruptor para iluminar nuestro hogar, muchos de estos gestos, en muchas partes del mundo, no tiene la posibilidad de hacerlos.

Pero siempre hay gente buena por el mundo para conseguir hacer la vida más llevadera. En 2002, un mecánico en sao paulo “se le encendió la bombilla”, e ideó **un sistema de bajo coste para iluminar una casa mediante luz natural**. **Alfredo Mosser** tomó una botella de plástico de un litro y la llenó con una mezcla de agua y un poco de lejía (para evitar la formación de algas), la selló y después de cortar un agujero en su techo de estaño de su casa, la colocó la botella en el agujero (tapa hacia arriba) y selló la botella. La “botella solar” captura los rayos del sol y los amplifica como si fuera un prisma, alumbrando con la intensidad de una bombilla de 50 o 60 watios, y no se necesita un día muy soleado para ver sus efectos.

Cómo crear una “botella solar”



En los últimos años, el revolucionario invento de Mosser, se está extendiendo por todo el mundo, para dar luz a las personas pobres, gracias a los estudiantes del MIT que la promocionaron. En la actualidad una pequeña organización filipina llamada, **My Shelter Foundation**, ha conseguido instalarlo en decenas de miles de hogares, con el objetivo de llegar al millón. Su proyecto se llama Isang Litrong Liwanag (un litro de luz), una causa verdaderamente esclarecedora y brillante.

Las principales características de la bombilla de Mosser son:

1. Su **facilidad de instalación**, ya que no necesitas ser un manitas para hacerlo.
2. La **inversión es prácticamente cero**. Tan sólo necesita reciclar unas cuantas botellas de plástico y rellenarlas con agua y lejía.
3. **Ayuda al medio ambiente** de dos maneras, con el **reciclaje de plástico**, y con el **ahorro de energía**, ya que sólo se utiliza la energía solar, por lo tanto **la lámpara de Mosser no emite CO₂**.
4. **Beneficio social. Cumple un gran beneficio a la sociedad, ya que ayuda a salir de la pobreza a muchos hogares**, al poder ahorrar en energía. Según Mosser *“un hombre que empezó a utilizar las botellas en su hogar y, en un mes, ahorró suficiente para pagar por las necesidades básicas que necesitaba su hijo recién nacido”*.



Las “lámparas Mosser” se encuentran en 140.000 hogares. La idea también ha sido popular en otros 15 países más, como India, Bangladesh, Tanzania, Argentina y Fiyi, según la entrevista realizada por la BBC a **Angelo Díaz**, director ejecutivo de la **My Shelter Foundation**.

Según los cálculos de Díaz, para principios del próximo año, **un millón de personas se beneficiará con las ventajas que ofrecen este tipo de lámparas.**



A pesar de este invento revolucionario, Mosser sigue siendo pobre, pero muy orgulloso de que su invento haya tenido este éxito mundial y haya ayudado a tantas familias.

Todo un gran ejemplo a seguir en esta sociedad que solo mira el progreso según la cantidad de dinero que tengas.

Anexo 4. Polarizado de cristales.

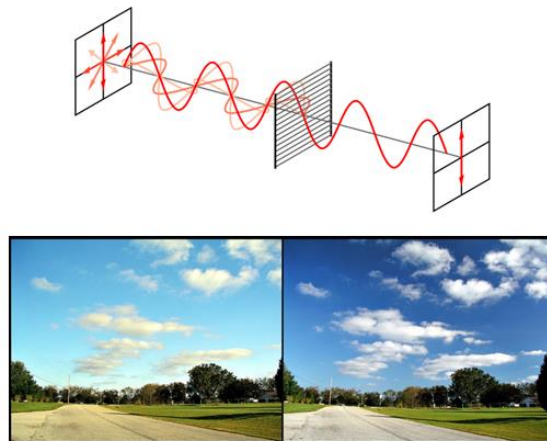
(Wikipedia, s.f.)

Un filtro polarizador o polarizador es un material con transmitancia selectiva a una determinada dirección de oscilación del campo eléctrico de una onda electromagnética como la luz. Por lo general se trata de una película polimérica a base de yodo estirada y emparedada entre dos vidrios.

Principio de funcionamiento

La luz es una radiación electromagnética transversal, es decir la oscilación del campo electromagnético es perpendicular a su propagación. En general, fuentes luminosas convencionales, como el sol, emiten luz con campos eléctricos en cualquier dirección a la dirección de propagación (pero siempre perpendicular a esta). Pero por diferentes mecanismos físicos se puede filtrar una sola dirección de oscilación, en este estado la luz esta polarizada.

Entonces, la luz polarizada es aquella que tiene una determinada dirección de oscilación. Hay tres tipos de luz polarizada: lineal, circular y elíptica. Podemos imaginar, el filtro polarizador es como una rejilla que permite únicamente el paso de la luz que oscila en el plano paralelo al vector normal a la superficie de la reja. La luz transmitida al otro lado del polarizador se considera luz polarizada. En realidad el filtro polarizador comercial consiste en una cadena de polímero estirada al límite, de modo que las moléculas actúan como una rejilla que absorbe fuertemente una componente polarizada de luz y es muy transparente a la otra componente, como describe la ley de Malus.



Aplicaciones.

- Los filtros polarizadores se emplean en instrumentos científicos como microscopios para resaltar estructuras.
- Se pueden realizar coloridos vitrales que cambian de color y tono dependiendo del ángulo de la luz polarizada
- En los polarímetros se usan dos cristales polarizadores para medir la actividad óptica en sustancias orgánicas. El sacarímetro es un polarímetro para medir concentraciones de azúcar.
- Las pantallas de cristal líquido (Lcd) precisan de un filtro polarizador.
- En las gafas 3d para ver películas en 3 dimensiones.

Bibliografía

- AC, A. c. (s.f.). *ALCONSUMIDOR AC*. Obtenido de <http://www.alconsumidor.org/noticias.phtml?id=1591>
- Alfadolar. (s.f.). *ALFA SOLAR*. Obtenido de <http://www.alfasolar.mx/>
- Carlos Herranz Dorremochea, J. M. (2013). La iluminación con LED y el problema de la contaminación lumínica. (R. D. Astronomía-e.com, Ed.) España. Obtenido de http://www.astronomia-mag.com/shop/index.php?id_category=22&controller=category&id_lang=4
- Casas, J. M., Gea, F., & Javaloyes, E. (s.f.). *Educación Medioambiental*. San Vicente (Alicante): ECU; Editorial Club Universitario. Obtenido de <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/2583.pdf>
- CEMAER. (s.f.). *Blog de CEMAER*. Obtenido de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2012/08/03/el-mercado-de-energia-solar-en-mexico-vale-150-millones-de-dolares/>
- Collado Hernandez Javier, G. G. (2013). Obtenido de <http://patentados.com/patente/sistema-procedimiento-programa-informatico-calibracion-posicionamiento-espejos/>
- Earth, B. (2006-2014). *The Breathing Earth Simulation*. Obtenido de <http://www.breathingearth.net/>
- EcoVita. (s.f.). *EcoVITA. Productos para Vivienda Ecológica*. Obtenido de <http://www.ecovita.mx/Web/>
- edificae. (s.f.). *edificae*. Recuperado el 27 de Febrero de 2014, de <http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/que-es-un-tubo-solar>
- EdificaeVilssa, a. y. (s.f.). *luminar un espacio interior con heliostatos. Ventajas y desventajas de utilizar heliostatos para iluminar*. Obtenido de <http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/iluminar-un-espacio-interior-con-heliostatos>
- Energía, O. d. (s.f.). *observatoriodelaingenieria*. Obtenido de http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/ing_det.php?Tema=Nichos&Nicho=5
- Energía, S. S. (s.f.). *CONUEE Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*.
- Esonda, D. G. (2011). *Un Enfoque Apodíctico del Diseño*. *ai MÉXICO*, 51.
- Esonda, D. G. (s.f.). *Un Enfoque Apodíctico del Diseño*. Obtenido de Academia de Ingeniería México: http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/dr_guillermo_aguirre/trabajo_ingreso_dr_aguirre_esonda.pdf
- Gines, G. N. (2001). Obtenido de <http://patentados.com/invento/campo-de-heliostatos-autonomos-y-metodo-de-operacion.html>

- Guzman, A. (s.f.). *ClubEnsayos*. Obtenido de ClubEnsayos: <https://www.clubensayos.com/Historia-Americana/Continente-Americano/2371080.html>
- Ingemecanica. (s.f.). *Tutorial 281. Ingemecanica*. Obtenido de Tutorial 281. Ingemecanica: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html#seccion24>
- Irastorza, V. (01 de Octubre de 2012). Eficiencia energética en el sector doméstico: El caso del “Programa Luz Sustentable”. *Revista Digital Universitaria [en línea]*. Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num10/art99/index.html>
- Jonas, V. R. (2013). Obtenido de <http://patentados.com/invento/armadura-multiples-heliostatos-o-paneles-fotovoltaicos-ajuste.1.html>
- Juan, P. R. (2010). Obtenido de <http://patentados.com/invento/sistema-orientacion-seguidores-solares-o-heliostatos.html>
- Lapera, V. K. (s.f.). *Innovacion Sistemática TRIZ*. Obtenido de <http://www.innovacion-sistemica.net/leccion-3-contradicciones>
- Light, N. (s.f.). *Natural Light. Tubular Skylights*. Obtenido de <http://natural-light.com.mx/productos.html>
- Medina, J. E. (2012). Obtenido de <http://patentados.com/patente/mecanismo-giro-soportes-estructurales-accionamiento-oleohidraulico.1/>
- Mex, G. L. (s.f.). *Gecko Logic Mex. Luminarias LED*. Obtenido de <http://www.geckologic-mex.com/productos/>
- México, E. e. (Mayo de 2014). Obtenido de Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica_en_M%C3%A9xico
- Mexol. (s.f.). *Mexol. Paneles fotovoltaicos*. Obtenido de <http://mexsol.com.mx/sistemas-completos/bombeo.php>
- mi+d. (08 de Abril de 2013). *mi+d. un lugar para la ciencia y la tecnología*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=56341>
- NERGIZA. (s.f.). *NERGIZA- Tipos de LEDS en bombillas*. Obtenido de <http://nergiza.com/tipos-de-leds-en-bombillas-smd-cob-5050-5630/>
- Perez, L. G. (s.f.). *Actividades de Tecnología. Comparar Objetos*. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~lgonzale/analisis/comparar.html>
- Pérez., L. G. (2005). *Actividades de Tecnología*. Obtenido de <http://platea.pntic.mec.es/~lgonzale/analisis/comparar.html>
- ProMéxico. (s.f.). *PROMÉXICO- INVERSION Y COMERCIO*. Obtenido de <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/arquitectura-sustentable-en-mexico-es-amigable-con-el-medio-ambiente.html>
- Romero Alvarez Manuel, C. P. (2013). Obtenido de <http://patentados.com/patente/campo-vertical-de-heliostatos/>

- Sanz, J. (27 de Marzo de 2011). *nomadao*. Obtenido de <http://nomadaq.blogspot.mx/2011/03/liquid-solar-array-lsa-paneles.html>
- Solar, E. (s.f.). *Espacio Solar Tecnología Bioclimática*. Recuperado el 17 de Marzo de 2014, de http://www.espaciosolar.com/fibra_optica.htm
- Solar, E. (s.f.). *Espacio Solar Tecnología Bioclimática*. Recuperado el 01 de Marzo de 2014, de http://www.espaciosolar.com/preguntas_tubo_de_luz.htm
- Solar, E. (s.f.). *ESPACIO SOLAR, TECNOLOGIA BIOCLIMATICA*. Obtenido de http://www.espaciosolar.com/preguntas_tubo_de_luz.htm
- Solartube. (s.f.). *Solartube. Innovation in Daylighting*. Obtenido de <http://www.solatube.com.mx/precios.html>
- Voltech®. (s.f.). *Voltech® catalogo de productos*. Obtenido de <http://www.voltech.com.mx/focos.php>
- Wikipedia. (s.f.). *Filtro polarizador*. Obtenido de Wikipedia La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_polarizador