

Luminaria y
captador
para la
difusión de luz
natural y
artificial



TITULO DE: Diseño Industrial

Ana Paula García y Colomé Góngora



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO/FACULTAD DE ARQUITECTURA/CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL

m. 345890

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A mi papá por mostrarme la pasión de la vida y la emoción de vivirla. Por sus cuentos y poemas, por esa increíble capacidad de soñar y volar.

A Sama por todos los juegos inventados, las aventuras compartidas, por el inmenso amor que veo en sus ojos cada vez que la miro.

A mis tres mosqueteros...

A Pancho, por su enorme e incondicional ayuda, por tantos momentos, porque trabajando juntos todo sale bien. Gracias Panchín de todo corazón.

A Mario por su cariño inagotable y sus tiernas palabras, por hacerme siempre sonreír.

A Agus por su alegría, por ser cómplices de tantas aventuras, por todo lo divertido y los instantes que no olvido.

A Mau, Ro, Manolo, Luis y Yovi, por tomar mi mano y consolarme, por las flores de escenario y los cisnes encantados, por cuidarme como a una hermana, por todo el tiempo juntos.

A mis amigos David, Vane, Pepe, César, Erandi, Benjas, Coloapas, Noe, Bren, Karis y a todos aquéllos con los que compartí la carrera y esta parte de mi vida.

A Tere por su mirada dulce y las charlas de cocina.

A mi mamá, la mujer más hermosa que he conocido. Por tener siempre la sonrisa perfecta y el corazón abierto.

A mi Abue. Qué maravilla es tenerte aquí y poder compartir esto contigo. Te adoro.

Al Abuelote, el abuelo de todos, por su fortaleza y su increíble ingenio.

A Granny por esa increíble capacidad de amar.

A Mauricio por aparecer en el momento exacto, por compartirme su emoción ante la vida, porque siempre la pasamos bueno.

A Paola y Soni por todo lo vivido y lo que nos falta. Porque cuando estamos juntas reímos.

A mis primas y primos. Los admiro y adoro.

A mis tías y mi tío por ser como son.

A Fred, Bev y David, la otra parte de mi familia.

Al Juan Car por las mariposas en mi cuarto y los veinte centavos de la fuente, por sorprenderse de los pequeños detalles. Me encantó bailar contigo.

A la familia Rodríguez Rivera porque siguen siendo cuatro y un amor tan grande nunca separa.

Agradecimientos



A mi director, Carlos Soto, el primero que me habló de diseño, por su cariño y confianza, por recibirme siempre con una sonrisa.

A mis asesores Fernando Martín, José Luis Colín, Jorge Moreno y Sergio Torres (Chagas) por su disposición y apoyo.

Al Arq. Felipe Leal por todo lo que aprendí de él.

A María Todd, por recibirme con tanto amor y despedirme con tanto orgullo.

A Luis Fernando Solís por decir que yo iba para Diseño Industrial.

A los maestros del CIDI y encargados de talleres. Gracias por su dedicación y ayuda.

A mi adorada UNAM porque siempre fue un sueño ser parte de ella y siempre será mi gran orgullo.

Luminaria y captador para la difusión de luz
natural y artificial

Tesis Profesional que para obtener el Título de
Diseñador Industrial presenta:

Ana Paula García y Colomé Góngora

Con la Dirección de:

D.I. Carlos Soto Curiel

y la Asesoría de:

D.I. José Luis Colín Vázquez

Dr. Fernando Martín Juez

D.I. Jorge Moreno Arozqueta

D.I. Sergio Torres Muñoz



Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa. Y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

Luminaria y captador para la difusión de luz
natural y artificial

Tesis Profesional que para obtener el Título de
Diseñador Industrial presenta:

Ana Paula García y Colomé Góngora

Con la Dirección de:

D.I. Carlos Soto Curiel

y la Asesoría de:

D.I. José Luis Colín Vázquez

Dr. Fernando Martín Juez

D.I. Jorge Moreno Arozqueta

D.I. Sergio Torres Muñoz



Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa. Y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.

Ficha Técnica

Se trata de una luminaria híbrida que une las dos manifestaciones de la luz, natural y artificial, a través de los siguientes componentes:

1. Captador en la azotea del inmueble (recepción de rayos solares)
2. Lumiducto (tubo cilíndrico con paredes internas reflejantes que conduce a la luz a través de infinidad de reflexiones)
3. Luminaria interior (difunde la luz natural y tiene además iluminación de tipo fluorescente)



Para llevar a cabo este proyecto se realizó una investigación, no sólo en cuanto a luminarias, materiales y procesos, sino también en cuanto a conceptos de óptica, bioclimática e iluminación en general. Para esto se contó con asesorías de especialistas en los diferentes temas, así como con la asesoría de los profesores de Diseño Industrial. La búsqueda en la red también fue de gran importancia.

Perfil de producto

Se trata de una luminaria para interiores de oficina, principalmente, pero que también podría utilizarse en el ámbito residencial o incluso escolar.

Es un equipo de iluminación que pretende enfocarse únicamente a los espacios que, arquitectónicamente, tienen poco acceso o no tienen acceso a una iluminación natural. Puede instalarse en construcciones ya existentes pero también puede ser considerado desde el inicio de un proyecto arquitectónico. Es un producto que podría difundirse por medio de instituciones como la CONAE y el FIDE, cuyo objetivo principal es el de crear conciencia sobre las ventajas y beneficios del ahorro energético en la vida cotidiana.

Puede emplearse en edificios de máximo dos pisos (esto depende también del diámetro del tubo conductor de luz natural). En estos casos el edificio debe de contar con ductos para instalaciones (aire acondicionado, instalaciones de tipo eléctricas y electrónicas).

Se trata de un dispositivo de mediana/alta producción debido a los materiales y procesos seleccionados. Se podrá adquirir a través de distribuidores especializados ya que se trata de un producto que entra en la categoría de mercado profesional. El costo al público será de \$1,800.00. Esto incluye el captador, el lumiducto o tubo conductor de luz natural (90cm de largo) y la luminaria interior con lámpara y balastro.

La mayor aportación de diseño es la integración de ambos tipos de iluminación, natural y artificial, en un solo objeto. El objetivo principal es que durante el día se utilice, si es posible, sólo la luz del sol y por la tarde se active la fluorescente. Además es un sistema que involucra una tecnología, sencilla y cuyos procesos y materiales pueden fabricarse a nivel nacional para posteriormente buscar la venta en mercados internacionales.

En cuanto al diseño de las partes, se buscaron elementos que fueran de rápido y fácil ensamble, tanto en el captador como en la luminaria, y cuyas superficies requirieran de mínimo mantenimiento.

La tendencia actual en luminarias es minimizar la estructura para dejarle toda la importancia a la luz. En muchas ocasiones la estructura la conforma el mismo difusor y toda la luminaria se convierte en un cuerpo luminoso.

Es importante mencionar que nuestro sentido de la vista se desenvuelve principalmente en un medio de luz natural. Esto nos lleva a una tendencia de querer iluminar los interiores con lo más parecido a la luz del sol (crear un ambiente natural), la cual nos hace sentir con vida, con energía. Esta luminaria constituye un producto nuevo cuyas virtudes son, por un lado y de carácter inmediato, el ahorro de energía con su correspondiente economía y disminución de la contaminación para el usuario, y por el otro, que puede representar el motor que impulse el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la iluminación.

Índice

Índice

I. Introducción	1
II. Información base: justificación, certidumbre, complejidad y alcance	6
III. Conceptos	12
III.1 La luz	13
III.2 Luz natural: sistemas de iluminación	22
III.3 Luz artificial: lámparas ahorradoras de energía	31
IV. Perfil de diseño de producto	48
IV.1 Luminaria	49
IV.2 Tubo conductor de luz natural	64
IV.3 Captador	68
V. Generación de ideas (conceptos y propuestas)	72
V.1 Luminaria y captador	75
VI. Desarrollo de proyecto (memoria descriptiva)	94
VI.1 Luminaria	95
VI. 2 Captador	114
VI. 3 Costos	134
VI.4 Planos técnicos	136
VII. Conclusiones	149
VIII. Glosario	154
IX. Fuentes de referencia	161

Índice

Índice

I. Introducción	1
II. Información base: justificación, certidumbre, complejidad y alcance	6
III. Conceptos	12
III.1 La luz	13
III.2 Luz natural: sistemas de iluminación	22
III.3 Luz artificial: lámparas ahorradoras de energía	31
IV. Perfil de diseño de producto	48
IV.1 Luminaria	49
IV.2 Tubo conductor de luz natural	64
IV.3 Captador	68
V. Generación de ideas (conceptos y propuestas)	72
V.1 Luminaria y captador	75
VI. Desarrollo de proyecto (memoria descriptiva)	94
VI.1 Luminaria	95
VI. 2 Captador	114
VI. 3 Costos	134
VI.4 Planos técnicos	136
VII. Conclusiones	149
VIII. Glosario	154
IX. Fuentes de referencia	161

Introducción

Hay pocos fenómenos que encierran misterios tan profundos, que flenen tanta trascendencia para la vida, que condicionan tanto la existencia, como la luz, que al llegar del sol es tomada por el ser humano, quien en complicidad con la naturaleza, la descompone en su espectro de colores para vestir a su capricho las obras de Dios.

Es la luz el elemento esencial en este documento, donde se habla de esperarla, recibirla con ansia, conducirla sin quitarle libertad, sin desobedecer las leyes que rigen su movimiento, y finalmente aprovecharla en plenitud para iluminar los espacios de vida y el quehacer humano en un afán por ayudar, apoyo que se traduce en economía y ahorro de energía, a la luz artificial creada, producida y generada por el hombre.

Todos pasamos gran parte de nuestra vida, por no decir la mayor parte, en espacios cerrados. La mayoría de éstos se iluminan con energía eléctrica, incluso durante los horarios diurnos, por lo que su consumo es sumamente alto. Muchos de ellos continúan encendidos aún cuando no están siendo utilizados. Por lo anterior se propone el diseño de una LUMINARIA Y CAPTADOR PARA DIFUSIÓN DE LUZ NATURAL Y ARTIFICIAL.

"Es urgente y necesaria una actitud más conciente hacia la sensata y eficiente utilización de nuestros valiosos recursos naturales." [1]

Las tendencias de la innovación tecnológica se dirigen hacia el desarrollo sustentable. Los productos tendrán aceptación y podrán incorporarse a la vida cotidiana de la sociedad en la medida en que apoyen una actitud responsable y comprometida con la conservación del medio natural.

[1] David Morillón Gálvez, *Bioclimática. Sistemas pasivos de climatización*, Colección Biblioteca Circular, Serie Universitaria, Universidad de Guadalajara, México 1993, p 17.

Se trata de una luminaria híbrida que une las dos manifestaciones de la luz, la natural y la artificial, y que considera un captador en la azotea del inmueble cuyo interior se desea iluminar, un tubo cilíndrico circular recto con paredes internas reflejantes que conduce a la luz a través de infinidad de reflexiones y finalmente una luminaria interior. El objetivo no es sustituir completamente la iluminación eléctrica, pero sí disminuir su utilización un considerable porcentaje.

El diseño tiene que ver, de manera directa, con el mejoramiento de la calidad de la vida y ésta con el trabajo, el estudio, la recreación y el descanso del ser humano. El contar con instrumentos como esta luminaria le permite realizar su quehacer humano con comodidad, con ahorros en su economía así como en el consumo de energía y con algo concebido por su mente para darle placer y elegancia al espacio que cobija su actividad y sus sueños.

Con este trabajo se pretende mostrar una luminaria que es capaz de generar una iluminancia, es decir, una luz visible por unidad de superficie, suficiente para el trabajo de una oficina de 15 metros cuadrados que no cuenta con ventanas, con luz natural o con luz artificial, lo que significa ahorros en energía y en recursos económicos de la mitad de lo que se tendría que generar y gastar respectivamente si sólo se utilizara la luz artificial incandescente.

Es sabido que en la construcción de un inmueble los espacios deben contar con iluminación natural y ventilación necesaria, sin embargo esto no siempre sucede y por lo general se requiere de luz artificial incluso durante el día, así como de costosos aparatos de ventilación. Todo ello se traduce en erogaciones que merman los bolsillos. La luminaria considerada en el presente análisis definitivamente es una solución que únicamente significa un desembolso al principio pero que a la larga reditúa grandes

beneficios ya que, además de evitar gastos, devuelve la dignidad a los espacios haciéndolos merecedores y receptores nuevamente de la luz del sol.

El desarrollo económico del país está ligado, entre otros factores determinantes, al suministro oportuno y suficiente de energía eléctrica. El actual contexto mundial, en el que la competitividad es creciente y la electricidad de calidad y a precios competitivos cobra vital importancia, México requiere contar con un sector eléctrico fuerte y en constante expansión para responder a los retos que su economía le demanda.

Asimismo, el crecimiento y el desarrollo sustentable son premisas esenciales de cualquier acción orientada a responder a estos retos. En ese sentido, dentro de los esquemas de generación de la industria eléctrica, se debe considerar la aplicación de tecnologías que permitan la preservación de los recursos naturales y la protección al medio ambiente.

Entre más cuidadosamente se desarrolle y se use la energía, más protegida estará la tierra. Una manera de ayudar a proteger el medio ambiente es promoviendo el uso de energía que ha sido producida mediante recursos renovables.

La energía solar es, sin duda, una excelente alternativa de iluminación para interiores y uno de los principales objetivos de este proyecto es la integración del diseño industrial con la conciencia medio ambiental y la tecnología solar para lograr una concepción unitaria, que considere a cada una por separado o a las dos en comunión.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva.

II. Información base

Información base

La *energía renovable* o *alternativa* es *energía* que no se puede agotar. Las fuentes energéticas renovables incluyen cualquier tecnología que dependa exclusivamente y se derive directa o indirectamente del sol o de agua en movimiento o de otros movimientos y mecanismos naturales del medio ambiente.

El uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de las energías renovables son elementos fundamentales en la diversificación, el cuidado de los recursos no renovables, la protección del ambiente, así como el aumento de la productividad y competitividad de la economía.

El principal beneficio ambiental de las energías renovables es que reducen las emisiones gaseosas provenientes de la combustión de residuos fósiles. Actualmente propician que 1500 millones de toneladas de CO₂ no lleguen a la atmósfera y también reducen un porcentaje de los gases promotores de la lluvia ácida: dióxidos de azufre y nitrógeno. Para el año 2020 se estima que entre 6000 y 9000 millones de toneladas de CO₂ no serán emitidos a la atmósfera gracias a las fuentes renovables de energía implantadas.

"La humanidad se encuentra actualmente en el umbral de una nueva era que podría llamarse solar" [2]

En México se ha visto claramente el paso que se ha dado, en cuanto a ahorro de energía se refiere, de planteamientos generales a resultados concretos gracias a la tecnología y equipos que se han incorporado para asegurar la máxima eficiencia, así como al impulso que se le ha dado a esta nueva cultura energética.

[2] Palabras de Von Braun a los asistentes a la convención UNESCO sobre el tema "El sol al servicio del hombre", París, julio de 1973.

La demanda global de energía va a crecer significativamente a corto plazo por el aumento de la población mundial. Si esta demanda se satisface en su totalidad con fuentes de energía tradicionales se producirán grandes daños al ambiente. Por lo que en el futuro las energías renovables deberán desarrollarse más para complementar a las energías convencionales.

Actualmente las renovables proveen aproximadamente el 20% del total mundial de la energía primaria eléctrica según datos del World Energy Council ("WEC"), pero se espera que este porcentaje aumente de manera considerable.

Por lo que sabemos en la actualidad, los impactos ambientales de las energías renovables son reversibles, de incidencia local, y pueden ser atenuados con algunos métodos conocidos que deberán ser aplicados para minimizarlos.

La electricidad es la forma de energía más utilizada. En el futuro será aún más importante. Por lo tanto, es primordial el desarrollo incrementado de la energía renovable para controlar la producción de emisión de gases y desechos.

El ahorro de energía eléctrica es la reducción del consumo o demanda de ella mediante el uso eficiente y racional de las instalaciones, equipos, dispositivos y materiales que la generan, transmiten, distribuyen y utilizan.

Sin importar qué tipo de energía se use, es importante usarla de manera eficiente. Esto ayuda al medio ambiente al mismo tiempo que se traduce en ahorro de dinero.

En términos generales podemos considerar a la energía solar como una de nuestras fuentes energéticas de mayor importancia, ya que muchas que se utilizan se derivan de la radiación de esta estrella.

Justificación

Los motivos principales para incluir la iluminación natural dentro del diseño de los espacios hacen referencia al ahorro energético relacionado con la reducción de las necesidades de luz artificial en los inmuebles y la contribución a mejorar el confort lumínico.

Se ha estimado que en la actualidad, cerca del 96% de la demanda mundial de energía se satisface con combustibles de origen fósil, principalmente derivados del petróleo. Esto es preocupante ya que los combustibles fósiles son no renovables y su precio tiende a aumentar conforme sus reservas se agotan. Además, su utilización genera una gran cantidad de emisiones contaminantes al ambiente. Por esta razón es necesario el desarrollo de sistemas más eficientes de generación de energía a partir de recursos renovables no contaminantes.

Se dice que la energía solar sustituye actualmente alrededor de un 30% de la generación de energía industrial. El sol nos envía diez mil veces más energía de la que la humanidad puede utilizar. Nos hace llegar en 40 minutos el consumo de un año entero.

No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios tecnológicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable que puede liberarnos definitivamente de la enorme dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o simple y dramáticamente agotables.

Uno de los planteamientos ecológicos más importantes es el de utilizar la luz natural al máximo y reducir la necesidad de iluminación artificial. Por otro lado, la función insustituible de la energía es obvia: la vida misma es una manifestación de energía.

Certidumbre

Este tipo de sistemas de iluminación natural que se trata en el presente trabajo (a través de un tubo conductor de luz) son utilizados tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo no existe una cultura tecnológica de integración entre ambos tipos de iluminación (natural y artificial).

El objetivo de este proyecto es el diseño industrial de los objetos involucrados, captador y luminaria interior (con un enfoque mucho más profundo en esta última).

Existe una gran cantidad de inmuebles que buscan introducir luz natural en ciertos espacios. La mayoría de las veces se logra por medio de tragaluces o domos. Sin embargo estos presentan algunos inconvenientes como lo son la transmisión de calor, el constante mantenimiento y, en ocasiones, dificultades en cuanto a la construcción del inmueble que elevan los costos.

Complejidad y alcance

"El diseñador industrial es un proyectista dotado con sentido estético que trabaja para su comunidad. El diseño industrial puede ampliar un mercado al inventar nuevos objetos reales para nuevas necesidades reales." [3]

[3] Anna Calvera (ed.), *Arte y Diseño*. Bruno Munari, *Artista y designer*, Gustavo Gili, Barcelona, 2003, p 38, 42

El diseño industrial de estos equipos, que consideran la luz natural y artificial, representa un reto creativo dado que no tenemos conocimiento sobre antecedentes en cuanto a las luminarias que se proponen. Éstas requerirán de un nuevo concepto estético-formal que forzosamente será diferente al de las luminarias convencionales, principalmente las que conocemos como "ceiling" (luminarias de plafón).

Los aspectos tecnológicos de producción y función representarán necesariamente oportunidades y limitaciones importantes y novedosas que se deberán resolver con apoyo de la ingeniería y la arquitectura. Se trata sin duda de un reto que involucra el sistema "hombre-objeto-entorno".

III. Conceptos

Conceptos

III.1 La luz

Naturaleza de la luz

En el ocaso del Siglo XVIII, se consideraba a la luz como una corriente de partículas que después de ser emitidas por una cierta fuente luminosa, estimulaban el sentido de la visión al entrar al ojo. El célebre científico inglés Isaac Newton fue el padre de esta teoría corpuscular y sobre ella descansaron sus experimentos de la reflexión y la refracción de la luz. El enorme prestigio de Newton y el hecho de que las ondas conocidas en la época requerían de un medio para trasladarse, durante mucho tiempo fueron un obstáculo serio a la bienvenida de las nuevas teorías ondulatorias de la luz. Y, por otro lado, a diferencia de las ondas conocidas, se decía que la luz no podía rodear los bordes de los objetos, lo que se conoce como refracción, lo que sí se logra pero que resulta difícil de observar por la pequeña longitud de onda que tienen las ondas luminosas.

En 1678, Christian Huygens demostró que eran explicables las leyes de la refracción y la reflexión a través de la teoría ondulatoria de la luz. Y en 1660, Francisco Grimaldi realizó pruebas experimentales

"Estamos a la vez fuera y dentro de la naturaleza. La Tierra se auto-produjo y se auto-organizó dependiendo del sol. La vida es solariana." [4]

LUZ

- Irradiación que hace visible
- Claridad que irradian los cuerpos
- Utensilio para alumbrar
- Energía radiante que percibes
- Radiación del espectro solar
- Punto desde donde se ilumina y alumbrada toda la historia y objetos pintados desde un lienzo

[4] Edgar Morin. *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, Correo de la UNESCO, colección Educación y cultura para el nuevo milenio, México 2001. Capítulo III.

para la difracción de la luz, mediante la teoría ondulatoria. Pero fue hasta 1801 que Thomas Young realizó una clara demostración de la naturaleza ondulatoria de la luz y comprobó que en condiciones apropiadas, los rayos luminosos interfieren entre sí. En 1850, Jean Foucault probó la inoperancia de la teoría ondulatoria corpuscular de Newton al demostrar que la velocidad de la luz en líquidos y vidrio es menor que en el aire, lo que debería ser al revés en modelos de corpusculares o de partículas.

En el Siglo XIX se consolidó la teoría ondulatoria de la luz y quien contribuyó en gran medida a esto fue Maxwell que en 1873 afirmó que la luz era una forma de onda electromagnética de alta frecuencia. La teoría clásica de la electricidad y el magnetismo fue capaz de explicar la mayor parte de las propiedades de la luz a través del modelo ondulatorio, pero sin embargo, algunos experimentos que se realizaron y estudiaron después no pudieron ser explicados a través de la teoría ondulatoria y el más sobresaliente de ellos fue el efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz y que se basa en el hecho de que cuando la luz incide sobre una superficie metálica, en ocasiones son arrancados electrones de dicha superficie y sus energías cinéticas son independientes de la intensidad luminosa. Einstein intentó una explicación del efecto fotoeléctrico mediante el concepto de cuantización desarrollado por Max Planck en 1900 y que señala que la energía de la onda luminosa está presente en paquetes de energía llamados fotones. Pareciera entonces que los electrones de la lámina actúan como si fueran golpeados por partículas, pero los fotones tienen características similares a las de las ondas.

Todo lo aquí expresado, hace ver que en ciertos casos la luz actúa como una onda y en otros como una partícula. Hasta hoy día, en algunos experimentos se le analiza midiendo sus propiedades ondulatorias y en otros sus propiedades como partícula, lo que manifiesta la misteriosa condición de la luz. Unas veces como partícula y las otras como onda.

Velocidad de la luz

La luz se desplaza a una velocidad de 300,000 kilómetros por segundo, esto es, a ¡1,080 millones de kilómetros por hora! Para tener una idea mejor de esta magnitud, si de manera aproximada se considera que la distancia entre la tierra y el sol es de 150 millones de kilómetros, la luz tarda 8 minutos 20 segundos en llegar a la tierra y un jet comercial, a una velocidad de crucero de 1000 kilómetros por hora tardaría 150,000 horas en recorrer la misma distancia, es decir, 6250 días, que equivalen a 17 años y 45 días. Por supuesto que muchísimo antes de llegar al sol, desaparecería por el calor y las radiaciones.

El color

Uno de los grandes sabios de la antigüedad, Aristóteles, más de 300 años AC, mantenía la teoría de que todos los colores provenían de la incidencia de la luz y de la sombra en lo que se proyectaban y habló de los cuatro básicos que eran los de la tierra, el fuego, el agua y el cielo. El célebre florentino Leonardo Da Vinci, a finales del Siglo XV, definió a los colores como propios de la materia y los clasificó como: El Blanco, el principal porque permite recibir a los demás colores, el amarillo para la tierra, verde para el agua, azul para el cielo, rojo para el fuego y negro para la oscuridad ya que es el que priva de los demás. Isaac Newton, hacia 1665, estableció un principio hasta hoy aceptado: La luz es color. Descubrió que la luz del sol (blanco), al pasar a través de un prisma, se dividía en siete colores que conformaban el espectro de la luz, debido a la diferencia de ángulos con que se desprenden después de chocar con el prisma. Estableció también que todos los cuerpos opacos al ser iluminados reflejan todos o parte de los componentes de la luz que reciben. Para Newton, el color era una sensación que se producía en respuesta a una estimulación nerviosa del ojo.

Actualmente se trata al color como un fenómeno físico de la luz o de la visión, que está asociado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético. Como una sensación experimentada por los seres humanos, la percepción del color es un proceso neurofisiológico muy complejo. Los métodos utilizados hoy día para especificar los colores consisten en medidas científicas precisas basados en las longitudes de onda de los colores primarios.

La luz visible está constituida por determinadas vibraciones electromagnéticas. La luz blanca es la suma de todas estas vibraciones cuando sus intensidades son aproximadamente iguales. Todos los objetos tienen la propiedad de absorber y reflejar determinadas radiaciones electromagnéticas, lo que produce los colores, que provienen de la absorción de determinadas longitudes de onda de la luz blanca y de la reflexión o transmisión de las demás. Es entonces que dichas longitudes de onda, reflejadas o transmitidas, son las que producen la sensación del color. Debido a los filtros, pigmentos o pinturas, es que se dan la absorción y la reflexión. Es digno de mención también el hecho de que la composición de la luz en un objeto cambia mucho pero sin embargo, no percibimos dichos cambios en el color debido a la capacidad del ojo y del cerebro que juntos comparan la información sobre longitudes de onda procedentes de todas las partes de una escena y así logran que no percibamos cambios, lo que haría difícil la vida.

Como se ha dicho, un cuerpo opaco, es decir, no transparente, absorbe gran parte de la luz que lo ilumina y refleja una parte más o menos pequeña. Cuando el cuerpo absorbe todos los colores contenidos en la luz blanca, el objeto se ve negro. Esto explica el hecho de que la ropa negra absorbe todos los colores y esto la hace muy calurosa, lo mismo que la pintura negra en los automóviles. Cuando,

en cambio, se reflejan todos los colores, el objeto se ve blanco. Es por ello que el color blanco es conocido como un color fresco ya que no absorbe sino refleja todos los colores del espectro. Todo esto se debe a que los colores absorbidos desaparecen en el interior del cuerpo y los reflejados llegan al ojo. Entonces los colores con sus respectivas combinaciones son los que no se absorben y se propagan.

El color blanco

Es el color que mayor sensibilidad manifiesta frente a la luz. Equivale a la suma o síntesis de todos los colores y es conocido como símbolo de lo absoluto, de la unidad, de la inocencia y está plenamente identificado con la paz y sus símbolos. La cualidad esencial del color blanco es que su porcentaje de reflexión es del 100%.

Propagación de la luz

A través de la teoría ondulatoria de la luz, un rayo luminoso es perpendicular a la superficie de onda y determina la dirección en que ésta se propaga. Los rayos luminosos están definidos por líneas rectas a partir del manantial origen de luz. Es por ello que se dice que la luz se propaga con una trayectoria rectilínea y con una velocidad constante en cada medio que atraviesa.

Hay dos tipos de emisión de luz: Las primarias que emiten luz por sí mismas y las secundarias que emiten luz que reciben de una fuente primaria, que depende tanto de la que les llega como de sus características propias, como puede ser su poder de absorción o reflexión.

Reflexión de la luz

La reflexión se da cuando un rayo de luz que viaja en un medio encuentra una frontera que conduce a un segundo medio y parte o la totalidad del rayo incidente se refleja en el primer medio. Se presenta la totalidad de la reflexión cuando el haz de luz incidente choca con una superficie reflectora lisa, similar a un espejo. Si se consideran los rayos de la luz solar, dada la distancia tan alejada de nuestra estrella luminosa, se asume que todos llegan paralelos y perpendiculares a la superficie con la que se topan.

Si la reflexión de la luz es a partir de una superficie lisa, semejante a un espejo, se conoce como reflexión especular. Y si la superficie reflejante es rugosa, refleja los rayos no como un conjunto paralelo sino en varias direcciones. A esta reflexión en cualquier superficie rugosa se le llama reflexión difusa.

En la reflexión especular la luz cambia de dirección siguiendo un camino determinado por las leyes de Snell que expresan lo siguiente:

- El rayo que incide en la superficie lisa, la normal (perpendicular) a esta superficie y el rayo reflejado están en el mismo plano; y el ángulo de incidencia (formado por el rayo incidente y la normal) es igual al de reflexión (formado por el rayo de reflexión y la normal).

En la reflexión difusa la superficie de incidencia puede ser considerada como formada por infinidad de microsuperficies lisas con distintas inclinaciones, y en cada una de ellas se cumplirá la Ley de Snell.

Refracción de la luz

En el caso en que un rayo de luz que viaja a través de un medio transparente encuentra una frontera con un determinado espesor que conduce a otro medio transparente, parte del rayo se refleja y parte entra al segundo medio. La parte que entra al segundo medio sufre una desviación en la frontera y se dice que se refracta. En este fenómeno, el rayo incidente, la normal (perpendicular a la frontera), el rayo reflejado y el rayo refractado se encuentran en el mismo plano. También, como en la reflexión, existe una relación matemática entre las velocidades de la luz en los dos medios y los ángulos de incidencia y refracción, ambos medidos con respecto de la normal a la superficie de refracción.

También existe una ley de Snell para la refracción que está ligada con los ángulos de incidencia (rayo incidente y normal a la superficie) y de refracción (rayo refractado y normal). Ésta, que utiliza los senos de los ángulos mencionados y las velocidades del rayo de luz en los dos medios, expresa que:

$$\frac{\text{sen } \theta_2}{\text{sen } \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

¿Qué ocurre cuando la luz pasa del aire al vidrio y después resurge al aire?

Cuando llega en el aire lo hace a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo como ya se había visto; esta velocidad se reduce a unos 200.000 kilómetros por segundo cuando entra al vidrio y cuando vuelve a emerger en el aire, su velocidad regresa al valor original. Esto se explica, de manera superficial, porque los procesos de absorción y radiación dentro del vidrio, al pasar de un átomo al otro, ocasionan que la velocidad disminuya pero salir nuevamente al aire, estos fenómenos cesan y recupera su velocidad de llegada. De acuerdo con leyes de Snell para la refracción, el ángulo de refracción es menor que el de incidencia por ser la velocidad de cualquier medio menor que la del aire. Ya sea que el segundo medio (el vidrio por ejemplo) sea grueso o delgado, la refracción es reversible, es decir, que al salir el rayo de luz al aire después de pasar por el vidrio, lo hará con el mismo ángulo de incidencia con el que llegó.

Para ilustrar esto considérese que un rayo de luz llega por el aire con un ángulo de incidencia de θ_1 y que el medio en el que entra es vidrio. Luego, de acuerdo con lo anterior, se tendrá que:

$$v_1 = 300,000 \frac{km}{s} ; \theta_1 = 45^\circ ; \text{sen } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0.7071$$

$$v_2 = 200,000 \frac{km}{s} ; \theta_2 = ?$$

$$\frac{\text{sen } \theta_2}{\text{sen } \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} ; \text{sen } \theta_2 = \frac{v_2 \cdot \text{sen } \theta_1}{v_1} = \frac{200,000 \cdot 0.7071}{300,000} = 0.4714$$

$$\therefore \theta_2 = \text{angsen}(0.4714) ; \theta_2 \approx 28.13^\circ$$

Resultado que significa que el rayo refractado forma un ángulo de 28.13° con la normal a la superficie del vidrio. Y al salir del vidrio al aire nuevamente, el rayo lo hará a una velocidad y ángulo de refracción iguales a los valores con los que en un principio incidió. Como se observa, el rayo refractado en el vidrio se acerca a la normal o casi la mitad del ángulo con que lo hace al incidir en el aire.

De acuerdo con lo tratado en la refracción, lo más conveniente es que los rayos de luz incidan de manera perpendicular a la superficie pues así entrarán y, dado el caso, así saldrán por el otro lado nuevamente hacia el aire. Cabe decir que los rayos del sol, dada la enorme distancia que nos separa de él, siempre se asume, a menos de que se viva muy al sur o al norte del planeta, que llegan paralelos a cualquier superficie en la tierra.

Para los fines de este trabajo conviene hablar un poco de los lentes a través de los cuales pasan los rayos de luz y experimentan desviaciones. Existen lentes convergentes y lentes divergentes. Los primeros, es decir, los convergentes, que son más gruesos en el centro que en los bordes, lo que hacen es unir los rayos que los atraviesan y la distancia a la que los une depende directamente de la curvatura de la superficie del lente. Los divergentes, evidentemente, lo que hacen es abrir, dispersar la luz cuando entra al lente. De manera sencilla y para una mejor comprensión, cabe decir que una lente convergente une a todos los rayos que de manera paralela a su eje (recta sobre la que se encuentra el centro de curvatura a partir del cual es trazada la curva de su superficie) después de atravesarla coinciden en un punto llamado foco que equivale a la mitad de la distancia entre el lente y el centro de su curvatura.

III.2 Luz natural

La luz es una radiación electromagnética que hace posible la visión de los objetos. Ésta se mueve en línea recta, pero si algún obstáculo se interpone su trayectoria lineal cambia.

El sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde el principio de su historia, puede satisfacer muchas de nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que nos proporciona. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia.

La energía luminosa emitida por el sol, cuya emisión tiene lugar a través del fenómeno físico denominado radiación, se propaga en todas las direcciones del espacio sin soporte material. Una pequeña parte de esa energía llega a la superficie terrestre en forma de ondas electromagnéticas. La radiación cumple la función de transportar energía.

La energía proveniente del sol es la principal fuente de energía del universo. El sol irradia al espacio, en todas direcciones, una potencia energética de 4×10^{23} Kwh. Se dice que esta potencia es superior a la que se alcanzarían en 21,000,000 de centrales nucleares trabajando juntas a su máximo rendimiento. Tan sólo en un segundo el sol emite más energía que la que ha consumido la humanidad a lo largo de toda su historia.

Sin embargo, la energía solar, como recurso energético terrestre, abarca solamente ciertas porciones del espectro electromagnético de la radiación solar que es interceptada por la tierra. Aún así esta cantidad de energía es enorme.

La cantidad de energía solar que llega a la tierra varía en relación a la estación del año y a la latitud. México es considerado como uno de los países con más alta incidencia de energía solar, ya que está ubicado el Trópico de Cáncer, la franja terrestre de mayor insolación. En Sonora y en algunos otros estados del norte de México los niveles de insolación promedio fluctúan entre los 5 y 6 kWh/m² por día; más del doble del promedio que se da en Estados Unidos.

La parte de la energía del Sol que atraviesa la atmósfera sin experimentar cambios sensibles se llama energía solar directa. Esta energía se puede aprovechar directamente sin dispositivos especiales (sistemas pasivos), o convirtiéndolo en energía eléctrica (sistemas activos). Haciendo una cosecha adecuada de la radiación solar, podemos obtener energía luminosa, calor y electricidad.

La luz natural se caracteriza por su buena reproducción cromática (IRC>95%) lo que permite distinguir bien las diferencias entre colores. Evita así la fatiga visual y contribuye a la comodidad del trabajo cotidiano. Tiene una temperatura de color elevada (entre 5,000 y 6,000 °K). Es por tanto una luz fría cuyo color tiene matices azules.

El espectro útil en luminotecnia es aquel comprendido en las longitudes de onda visibles y está compuesto por siete colores (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, índigo y violeta). Estudios fisiológicos han determinado que el ojo humano es más sensible a la luz verde-amarilla.

Ello responde a que este órgano perceptivo se ha adaptado a lo largo de la evolución humana a la luz solar que, si bien emite todos los colores del espectro, concentra su mayor intensidad en estos colores.

Cuando las ondas luminosas caen sobre una superficie cualquiera, penetran en la sustancia en una pequeñísima capa. En parte son absorbidas y en parte rechazadas en todas direcciones, es decir, son difundidas. La sensación de color es, precisamente por la porción del espectro que es devuelta o difundida.

Tanto la reproducción del color de los objetos que nos rodean como el emitido por la fuente, inducen a determinadas respuestas psicológicas que dependen del usuario, del momento y lugar de la escena.

La luz natural cambia en el transcurso del día y durante el año, algunas veces sutilmente y otras por contraste. Estamos literalmente sumergidos en esos ciclos que pueden integrarse a nuestra vida cotidiana si introducimos la luz natural a los espacios en los que nos desenvolvemos. Finalmente, cada célula de nuestro cuerpo responde a la luz y a la oscuridad.

La mayoría de las técnicas de iluminación natural se basan en controlar la luz solar que incide directamente y reducir los efectos que pueden llegar a afectar al bienestar de los seres humanos, como por ejemplo, el deslumbramiento y la transmisión de calor. Sin embargo también sabemos que la luz solar directa es un fundamento excelente para la iluminación de espacios interiores, siempre y cuando se distribuya eficazmente. Lamentablemente esto no es posible en todos los espacios ya que dependen del diseño arquitectónico del inmueble.

Sistemas de iluminación pasivos

Es la utilización de la energía solar directa. Una de las aplicaciones de la energía solar directa es en la iluminación de hogares y edificios. En la construcción de los diferentes inmuebles, el aprovechamiento de la luz solar directa es un factor muy importante que influye en el diseño, orientación y distribución

Sistemas de iluminación activos

Es la conversión en energía térmica. La forma activa más importante de utilización de la energía solar es la conversión térmica, aprovechando la energía que transporta la radiación para elevar la temperatura de algún sistema, concentrando la radiación solar mediante lentes o espejos. La energía solar térmica se obtiene por lo general con los colectores solares o placas solares térmicas, que convierten entre un 40% y 75% de la energía recibida en calor.

Se ha demostrado que los sistemas pasivos o base de tubos de luz pueden ofrecer una iluminación ambiental adecuada y eficiente. Cabe mencionar que el sistema pasivo es más económico debido a que los sistemas activos implican más tecnología e inversión. Sin embargo ambos sistemas pueden combinarse para ahorrar energía, disminuir la contaminación y preservar la salud.

Existen varios objetivos comunes dentro de los diferentes sistemas de iluminación:

- Mínima transmisión de calor
- Aumento o conservación de los niveles de iluminación
- Uniformidad del gradiente de iluminación natural

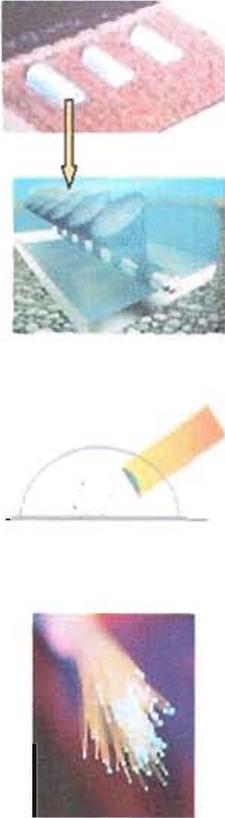
Para hacer un buen uso de la luz natural dentro de los inmuebles, los puntos clave que hoy que remarcar son: la introducción de luz natural, directa o reflejada, en todos los espacios habitados; la graduación de la luz en cada espacio en función de la actividad que se va a realizar, la protección de aperturas de manera que sea posible reducir la luz en caso de sobrecalentamientos o de exceso de luz y la disposición de las aperturas de manera que se pueda captar la luz desde dos o más orientaciones.

Cabe mencionar que en muchas profesiones, como la nuestra, es necesario distinguir claramente los colores y los matices, por lo que es aconsejable trabajar bajo una luz de tipo natural que permita una buena reproducción cromática y que contribuya a disminuir la fatiga visual.

Otros sistemas de iluminación natural

Existen otros sistemas para introducir la luz natural a los diferentes espacios arquitectónicos. En la siguiente tabla podemos ver algunos de ellos con sus características, ventajas e inconvenientes.

Sistema	Definición	Ventajas	Desventajas	Factores en común
<p data-bbox="270 507 439 568">Arquitectura bioclimática</p> 	<p data-bbox="505 483 797 1233">La arquitectura bioclimática hace referencia a las aplicaciones en que la energía solar se capta, se guarda y se distribuye de forma directa, es decir sin mediación de elementos mecánicos. Se trata de diseñar y aportar soluciones constructivas que permitan que un determinado inmueble capte o rechace energía solar según la época del año. La arquitectura bioclimática trata exclusivamente de jugar con el diseño de la casa (orientaciones, materiales, aperturas de ventanas) para conseguir una eficiencia energética.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Reduce necesidades de calefacción, aire acondicionado o de luz. - Reduce la energía consumida y, por tanto, colabora de forma importante en la reducción de los problemas ecológicos. -Valor arquitectónico. - Permite la entrada de la luz con o sin transmisión de calor. - Solución económica (en cuanto a que no se requieren mecanismo extras). - Ciclo de vida largo ya que forma parte de la arquitectura del inmueble. 	<ul style="list-style-type: none"> -Depende de: el entorno climático, la forma, la orientación y distribución del inmueble, los cierres, el aislamiento y la inercia térmica. - La mayoría de los elementos están proyectados dentro del diseño arquitectónico del edificio. Es muy difícil adaptarlos una vez construido el inmueble. - Los propietarios de sistemas solares activos y pasivos necesitan de reglamentaciones que impidan que otros construyan estructuras que bloqueen el acceso de un usuario a la insolación o incidencia solar. - Aún requiere de mucha difusión. - Grado de especialización requerido. - Demanda de espacios y probable disminución de áreas habitables o de servicios. 	<ul style="list-style-type: none"> -Incrementar el rendimiento energético y respetar el medio ambiente. - Introduce luz natural a más de un piso. -Puede tener entradas de luz en las azoteas. - Los costos iniciales pueden llegar a desalentar a los compradores. - Motiva la creatividad en el diseño arquitectónico. - Ahorro económico en la operación de los inmuebles.

Sistema	Definición	Ventajas	Desventajas	Factores en común
<p data-bbox="295 300 456 328">Fibra óptica</p> 	<p data-bbox="531 260 805 547">La transmisión de luz en una fibra óptica se basa en el fenómeno de reflexión total, es decir, el rayo luminoso incide sobre la fibra de manera que se refleja sucesivamente por su interior, propagándose en toda su longitud.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las pérdidas de luz son muy pocas. - Carecen de señales eléctricas por lo que no se producen descargas peligrosas. - Fácil instalación - Tamaño y peso reducido - Velocidad de transmisión - La luz tiene la opción de cambio de color y la creación de algunos efectos. - Elimina la transmisión de calor. - Miniaturización de los elementos luminosos que facilita su incorporación en recintos de dimensiones reducidas. - Motiva la creatividad en el diseño arquitectónico. - Fácil mantenimiento y limpieza (reducción de costos). 	<ul style="list-style-type: none"> - La mayoría de los sistemas de iluminación que utilizan fibra óptica necesitan una fuente de alimentación (generadores), ya sea de red (con transformadores), pilas o batería. En nuestro caso, la luz del sol resulta muy dispersa y difícil de concentrar. La idea básica es conducir la luz procedente de una bombilla halógena, o de xenón que se encuentra en una fuente de iluminación. - Se necesita de una gran cantidad de fibras para iluminar un espacio pequeño. -La fibra no es totalmente transparente y no transmite los colores de igual manera. -Conducen mejor la luz roja que la azul, porque la primera tiene mayor longitud de onda. - No se aconseja utilizar haces de fibra óptica de una longitud superior a 5 metros, ya que por una parte se pierde intensidad y por otra el precio se hace un factor determinante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene el potencial de reducir materialmente el consumo de energía eléctrica con relación al desempeño de iluminación. - Elimina la transmisión de calor (no generan calor por la emisión de luz). - La luz incide y "rebota" en el interior de cada fibra. - Motiva la creatividad en el diseño arquitectónico. - Los costos iniciales pueden llegar a desalentar a los compradores. - Pueden utilizarse captadores en la azotea del inmueble. - Introduce luz natural a más de un piso. - Ahorro económico en la operación de los edificios.

Sistema	Definición	Ventajas	Desventajas	Factores en común
<p data-bbox="280 292 459 352">Celdas fotovoltaicas</p>   	<p data-bbox="532 288 817 943">Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz del sol directamente en electricidad por medio del llamado "efecto fotovoltaico". Los electrones son excitados por la luz y se mueven a través del silicio (principal componente). Para aprovechar el uso de las celdas es necesario conectarlas eléctricamente en una unidad denominada <i>módulo o panel solar fotovoltaico</i> que además las proteja del ambiente y facilite su uso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Suministra electricidad de forma ininterrumpida durante su periodo de vida útil con un costo de operación y mantenimiento prácticamente nulo, sin residuos contaminantes. - La tecnología está completamente asimilada en México. - Las celdas solares son confiables y silenciosas, no tienen partes móviles y duran 30 años o más si se las recubre con vidrio o plástico. - Pueden ser instaladas rápida y fácilmente, necesitan poco mantenimiento. - No producen dióxido de carbono durante su uso y la contaminación de agua y aire durante su operación y manufactura es baja. - La producción de energía neta útil es elevada. 	<ul style="list-style-type: none"> - La cantidad de energía solar que proporciona una celda es muy pequeña por lo que se requiere conectar entre si a muchas de ellas para proporcionar de 30 a 100w de energía eléctrica. - Los costos actuales de las celdas fotovoltaicas son elevados, aunque se esperan que sean competitivos en unos 7 a 15 años. - Podrían haber límites potenciales en su uso debido a una cantidad insuficiente de galio y cadmio (materiales que sustituyen al silicio por su menor costo). - Los propietarios de sistemas solares activos y pasivos necesitan de reglamentaciones que impidan que otros construyan estructuras que bloqueen el acceso de un usuario a la insolación o incidencia solar. 	<ul style="list-style-type: none"> - No hay emisión de dióxido de carbono a la atmósfera y los impactos ambientales por la contaminación de aire y agua son bajos. - Los costos iniciales pueden llegar a desalentar a los compradores. - Tiene el potencial de reducir materialmente el consumo de energía con relación al desempeño de iluminación. - Elimina la transmisión de calor (no generan calor por la emisión de luz). - Introduce luz natural a más de un piso. - Ahorro económico en la operación de los inmuebles.

Sistema	Definición	Ventajas	Desventajas	Factores en común
<p data-bbox="270 320 486 384">Espejos (canales de luz)</p> 	<p data-bbox="517 316 809 635">Se trata de un espejo que capta y refleja los rayos del sol a través de una secuencia de cristales ordenados geométrica-mente. El espejo tiene una base que rota (horizontal y verticalmente) siguiendo la posición del sol a lo largo del día.</p> 	<ul data-bbox="844 320 1099 549" style="list-style-type: none"> - Hay pocas pérdidas de luz debido al mecanismo de rotación del espejo. - Puede utilizarse como elemento arquitectónico (una "columna de luz"). 	<ul data-bbox="1136 320 1442 954" style="list-style-type: none"> - Requiere de un mecanismo complejo de rastreo del sol. - Constante mantenimiento. - Es un sistema costoso y con poca difusión. - Existe necesariamente un elemento vertical que baja por los pisos del inmueble, que los "atraviesa". - Los propietarios de sistemas solares activos y pasivos necesitan de reglamentaciones que impidan que otros construyan estructuras que bloqueen el acceso de un usuario a la insolación o incidencia solar. 	<ul data-bbox="1479 320 1773 895" style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo de energía eléctrica con relación al desempeño de iluminación - El espejo (captador) se encuentra en la azotea del edificio. - Introduce luz natural a más de un piso. - Los costos iniciales pueden llegar a desalentar a los compradores. - Motiva la creatividad en el diseño arquitectónico. - Ahorro económico en la operación de los edificios.

III.3 Luz artificial

Con la aparición de nuevas tecnologías en las diferentes ramas de la industria, los investigadores han desarrollado productos novedosos y cada vez más eficientes. En el caso de la iluminación se han creado artículos y dispositivos que proporcionan mayor rendimiento y eficacia luminosa: las lámparas fluorescentes ahorradoras de energía.

Se estima que una buena parte del consumo de energía eléctrica de una casa o edificio es usado en la iluminación. Este gasto puede ser reducido considerablemente con el cambio de las lámparas convencionales por este tipo de lámparas, sin perjudicar el nivel de iluminación y con una serie de beneficios, como por ejemplo: la reducción del volumen de calor y la disminución del cambio de lámparas, ya que además de la economía en el consumo, tienen una vida útil diez veces mayor que las lámparas incandescentes.

La eficiencia de una lámpara es la manera como ella consume energía eléctrica. En las lámparas incandescentes y halógenas, la mayor cantidad de energía utilizada se convierte en calor y toda esta energía transformada se va al medio ambiente. A diferencia de éstas, las lámparas fluorescentes compactas (*Energy Saver*) tienen otra manera de funcionar; producen más luz y casi no emiten calor. Entonces, podemos decir que una lámpara es más eficiente a medida que la mayor parte de la energía consumida por ella es destinada a la producción de luz.

Beneficios adicionales:

- Menor producción de calor

- Mayor comodidad visual.
- Mínima interferencia electromagnética.
- Mayor índice de reproducción de colores.
- Mayor tolerancia a las variaciones de voltaje.
- Menor cantidad de mercurio en los componentes de los equipos.
- Se puede utilizar como modelo para evaluar las posibilidades de ahorro en otras áreas del inmueble.

La demanda de energía es cada vez mayor y no se cuenta con la capacidad de seguir generándola. Es por eso que es necesario cuidar y ahorrar la electricidad.

Algunas de las razones más importantes:

- Para evitar la construcción de nuevas centrales eléctricas, ya que es necesario talar árboles y excavar montañas, modificando el medio ambiente y afectando el hábitat de muchos animales.
- Para reducir la contaminación ambiental debido a la quema de combustóleo, carbón y otros energéticos.
- Para reducir el gasto de los recursos naturales.
- Para cuidar la economía, evitando gastos en la creación de plantas e instalación de torres y cables para distribuir la energía.

La luz fluorescente convencional da una luz fría de dominante verde-azul (deficiente en la franja azul-violeta y naranja-rojo). Existen diversas tonalidades de blanco que mejoran el impacto visual pero no poseen un espectro de color completo. Por el contrario, las lámparas fluorescentes actuales producen una iluminación de blanco puro, con todos los colores del arcoíris, similar a la luz del sol, que permite apreciar la verdadera tonalidad de los colores.

En lámparas quemadas o desconectadas intencionalmente, el balastro (dispositivo de encendido y operación) sigue consumiendo energía eléctrica, del orden del 20% de la potencia de la lámpara. Por otro lado, si un balastro está conectado a dos lámparas y una de ellas fue desconectada, la lámpara en funcionamiento reducirá su vida útil.

Con respecto a los principales tipos de lámparas que existen en el mercado, esto es, incandescentes y fluorescentes, es conveniente decir lo siguiente:

Incandescentes

Su funcionamiento se basa en el hecho de que un conductor atravesado por una corriente eléctrica se calienta hasta alcanzar altas temperaturas, emitiendo radiaciones luminosas. Cuanto mayor es la temperatura mayor es la emisión, por lo que el material se lleva hasta una temperatura cercana a la fusión. Su rendimiento es bajo debido a que una gran parte de la energía consumida se transforma en calor.

La más común es la lámpara de filamento compuesto por tres partes: el bulbo, la base y el filamento. Este tipo de lámparas se especifican por la potencia eléctrica que consumen y la cantidad de luz que producen, teniendo una vida útil de alrededor de 1,000 horas.

Así, el foco incandescente es el de más bajo rendimiento, debido a que su operación está basada en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco, con lo cual convierte el 95% de la energía eléctrica en calor y sólo 5% en luz visible.

Los halógenos dan una luz blanca. Son más caros pero pueden ahorrar un del 60% al 80% de energía.

Fluorescentes

Se componen de un tubo de vidrio que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas argón. Al circular la corriente eléctrica por dos electrodos situados a ambos lados del tubo, se produce una descarga eléctrica entre ellos que al pasar a través del vapor de mercurio produce radiación ultravioleta. Esta radiación excita una sustancia fluorescente con la que se recubre la parte interior del tubo, transformando la radiación ultravioleta en radiación visible.

Tienen un mayor rendimiento pero son más caros y requieren de un equipo complementario que se encarga de limitar la corriente y desencadenar el proceso de generación del arco eléctrico entre los dos electrodos que da lugar a la radiación visible (balastro). Además, debido a que en un primer momento los electrodos están fríos, se recurre a un dispositivo para iniciar la descarga denominado arrancador.

La vida útil es de alrededor de 4,500 horas y hay diferentes tonos. Los más utilizados son:

- Blanco frío: para zonas de trabajo manuales
- Blanco de flujo: usos similares al anterior pero al contener más rojo se enfatizan los tonos de la piel y se favorece la apariencia de las personas.

-Blanco cálido: para ambientes con iluminación general más agradable.

-Blanco: para aplicaciones generales de iluminación en oficinas, escuelas, almacenes y casas. Enfatizan los colores amarillo, verde y naranja.

-Luz día: para iluminar actividades que requieran de gran precisión en el manejo de los colores.

Los focos fluorescentes convierten la electricidad mayoritariamente en luz, logrando un ahorro hasta del 80%, pero tienen dos problemas: el parpadeo luminoso que puede ser acompañado por un zumbido. Tanto el primero como el segundo aspecto pueden ser incidentes de estrés y ocasionar cansancio ocular. Otro problema es que pueden contar con condensadores que utilizan policlorofenilas, sustancia muy tóxica que puede contaminar el aire.

La luz roja o naranja (calientes) como la incandescente, da volumen, cuerpo y relieve a las imágenes que iluminan. Los focos fluorescentes, que dan luz fría, aplanan las imágenes y las difuminan.

Lámparas fluorescentes compactas

La lámpara fluorescente compacta es una lámpara con un bajo consumo de energía eléctrica y un alto rendimiento luminoso. Hay una gran variedad de tipos, pero las más comunes son la de doble y triple tubo, la espiral y la circular. Pueden encontrarse con balastro integrado o separado y adaptador para socket tipo Edison.

Las lámparas circulares generalmente tienen balastro electrónico independiente. Pueden usarse en instalaciones nuevas o existentes. Actualmente reemplazan a casi todos los tipos de lámparas incandescentes, principalmente de 60, 75 y 100 watts, y van desde 5 hasta 55 watts.

Las circulares tienen eficacias entre 35 y 40 Lm/W y una vida útil que va de 7,500 a 12,000 horas. Los tubos y fluctúan entre 40 y 80 Lm/W con una vida útil que va de 7,500 a 20,000 horas. En cuanto al flujo luminoso, una lámpara de 60w proporciona 820 Lm; una de 75w da 1,070 Lm y una de 100w suministra 1,560Lm (un w es un watt y es la unidad de potencia eléctrica y un Lm es un lumen que es la unidad para medir el flujo luminoso).

El uso de estas lámparas permite reducir el consumo, la demanda máxima y la carga térmica, además de muchos beneficios adicionales como mano de obra para reemplazo, menor costo de cableado y otros.

Las lámparas fluorescentes compactas poseen entre un 20 y un 25% de la potencia de una incandescente, siendo capaces de proporcionar el mismo nivel de iluminación, por lo que su consumo es un 75 u 80% inferior.

Tipos y niveles de iluminación

Cuando los niveles de iluminación son los adecuados, se recomienda utilizar lámparas que proporcionen el mismo nivel, pero con una menor potencia.

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos directa o indirectamente por reflexión en paredes y techo. Esta cantidad de luz determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes.

Existen diferentes formas de iluminar un espacio:

- Iluminación directa: el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Mayor rendimiento luminoso, alto deslumbramiento.
- Iluminación semidirecta: la mayor parte del flujo luminoso, se dirige hacia el suelo, y el resto se refleja en techos y paredes. Es recomendable para techos que no sean muy altos.
- Iluminación difusa: se genera cuando el flujo se reparte entre procedencia directa e indirecta, no existe riesgo de deslumbramiento, pero le da un aspecto monótono al ambiente.
- Iluminación indirecta: casi toda la luz va al techo, es lo más parecido a la luz natural, pero no es una solución económica, puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas.
- Iluminación semiindirecta: la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes. Produce poco deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos.

Tipo de distribución	% de luz dirigida	
	Hacia arriba	Hacia abajo
Directa	0 a 10	90 a 100
Semi-directa	10 a 40	60 a 90
General-difuso	40 a 60	40 a 60
Directo-indirecto	40 a 60	40 a 60
Semi-indirecto	60 a 90	10 a 40
Indirecta	90 a 100	0 a 10

Los niveles de iluminación recomendados para un espacio dependen de las actividades que se realizan en él. En general podemos distinguir entre tareas con los siguientes requerimientos luminosos:

1) Mínimos: zonas de paso (pasillos, vestíbulos) o locales poco utilizados (almacenes, cuartos de máquinas). 50 y 200 lux (un lux es la unidad utilizada para medir la iluminación).

2) Normales: zonas de trabajo y locales de uso frecuente. 200 y 1000 lux.

3) Exigentes: Lugares que requieren de niveles de iluminación elevados en donde se realizan tareas visuales con un alto grado de detalle. Más de 1000 lux.

En el exterior encontramos desde 10,000 lux, en un día nublado, hasta 150,000 lux, en un día soleada.

Un sistema de iluminación debe dar el nivel adecuado a los locales o áreas por iluminar para las actividades que se desarrollan en ellas. Además de haber una ausencia de deslumbramiento y brindar una satisfactoria tonalidad de colores. El sistema de iluminación debe ser el óptimo para obtener la luz necesaria con un menor consumo de energía.

Elección de lámpara

Los factores más importantes que deben considerarse para elegir la lámpara adecuada son:

- Rendimiento: relación entre cantidad de luz emitida y el consumo eléctrico.
- Duración: horas de funcionamiento antes de agotarse.
- Tipo de luz: no se requiere la misma calidad y cantidad de luz en una aula de estudio que para iluminar una calle.

-Precio: entre los diversos modelos y tipos que pueden cubrir nuestras necesidades de iluminación y estética, escogeremos, generalmente, aquella que resulte más económica.

-La elección para determinar la mejor luminaria para una oficina o cualquiera otro área a iluminar está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de ésta. Lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente.

En el caso de las luminarias para lámparas incandescentes, la aplicación básica es la iluminación doméstica. Predomina el aspecto visual sobre la eficiencia luminosa.

En las luminarias para lámparas fluorescentes, la aplicación básica es en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, por su economía y eficiencia luminosa.

En las luminarias para lámparas de descarga a alta presión, la aplicación básica es en industrias, grandes naves con techos altos, clubs, deportivos, entre otros.

En la siguiente tabla podemos ver los tipos de lámparas más utilizadas en los diferentes espacios. Se resallaron los dos primeros ámbitos de uso ya que nuestro producto se utilizará principalmente en ellos.

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	Incandescente Fluorescente Halógenas de baja potencia Fluorescentes compactas
Oficinas	Alumbrado general: Fluorescentes Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión
Comercial (depende mucho de las dimensiones del local)	Incandescentes Halógenas Fluorescentes Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos
Industrial	Todos los tipos Luminarias a menos de 6m: fluorescentes Luminarias a más de 6m: lámparas de descarga alta presión Alumbrado localizado: incandescentes
Deportivo	A baja altura: fluorescentes A gran altura: de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

Otro factor importante que se debe considerar en la elección de lámpara es el lugar al que va destinada. En esto influye tanto el índice de rendimiento de color como la apariencia del color.

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color (IRC)	Apariencia de color	Aplicaciones
1	IRC ≥ 85	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	70 ≤ IRC < 85	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (climas fríos)
3	IRC < 70 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

Métodos de alumbrado

- Alumbrado general: proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es uno de los métodos de iluminación más extendidos y se usa habitualmente en oficinas, escuelas, universidades, fábricas, comercios.
- Alumbrado general localizado: este método genera una distribución no uniforme de iluminación de manera que la luz se concentra sobre las áreas de trabajo.
- Alumbrado localizado: necesaria iluminación suplementaria (lámparas de escritorio) para realizar trabajos concretos, detallados. Nivel de iluminación superior a 1,000 lux.

-Clasificación de luminarias

Para difundir la luz que emana de la fuente, las luminarias apelan a las propiedades de refracción y reflexión de los materiales y las formas que las constituyen.

Existe una clasificación general para las luminarias:

Por su función:

- Alumbrado
- Señalización

Por el ámbito de desempeño:

- Exteriores
- Interiores

Por la forma en que distribuyen el flujo y la intensidad lumínica:

- Directa
- Indirecta

Por el tipo de fuente:

- De incandescencia
- De descarga: vapor de mercurio, sodio y fluorescentes

-De igual forma, existen clasificaciones más específicas:

Por el modo de distribuir el flujo luminoso:

-Luminarias difusoras: distribuyen el flujo de un modo casi uniforme en todas las direcciones. En este tipo de luminarias se suelen utilizar lámparas incandescentes de 40 a 200W o lámparas fluorescentes tubulares normales (lineales, circulares o en U) o compactas.

-Luminarias reflectoras: Al disponer de superficies especulares (de aluminio pulido, vidrio plateado) tienen capacidad para reflejar el flujo luminoso en determinadas direcciones para conseguir un elevado rendimiento (lm/w).

-Luminarias refractoras: Modifican de un modo sustancial la distribución del flujo luminoso gracias a que disponen de una cavidad profunda cuyo perfil y orientación han sido concebidos para esa misión.

Por la distribución vertical de la luz:

-Luminarias indirectas: Son las que dirigen del 90 al 100% del flujo luminoso hacia el techo. Cuando se ilumina con este tipo de luminarias, toda la luz efectiva que incide en el plano de trabajo es la reflejada hacia abajo por el techo y en menor proporción por las paredes. Así, el techo se convierte en una fuente de luz que emite flujo luminoso de un modo muy difuso. Hay una distribución uniforme de la luz y ausencia de sobras y de brillos reflejados.

Se recomienda su uso en oficinas, escuelas y espacios similares.

Cuando se utilizan estas luminarias los acabados de techos y paredes deben supervisarse para garantizar que tengan colores claros mate con textura rugosa para mejorar en tránsito del flujo luminoso y evitar brillos causados por los puntos de luz. Se debe cuidar sobre todo la luminancia de los techos para evitar superar los límites de los valores de luminancia recomendados.

-Luminarias semi-indirectas: Son luminarias que proyectan del 60 al 90% del flujo luminoso hacia el techo. El resto de la fracción del flujo luminoso emitido se distribuye hacia el plano de trabajo.

La iluminación producida por este tipo de luminarias tiene las ventajas de la iluminación indirecta y mejora su eficacia. Éstas se utilizan para mejorar la relación de brillo entre techo y luminaria, cuando el alumbrado tiene un alto nivel luminoso. Para difundir la luz se utiliza vidrio o un plástico de menor densidad que el utilizado en las luminarias indirectas.

Luminarias Directas-indirectas: El 40 a 60% de la luz se dirige hacia el plano de trabajo por lo que la mayor parte del flujo luminoso procede de las luminarias. También emiten al techo y paredes una

fracción importante. Dentro de estas luminarias se encuentran las difusas. Se utilizan cierres de vidrio, plástico o rejillas para protegerlas.

-Luminarias Semi-directas: Emiten del 60 al 90% del flujo luminoso hacia el plano de trabajo, por lo que la fracción de iluminación eficaz que recibe dicho plano de trabajo es la emitida directamente por este tipo de luminarias.

-Luminarias directas: Emiten del 90 al 100% del flujo luminoso hacia el plano de trabajo. Se utilizan para producir la máxima iluminación eficaz en la áreas de trabajo. En ocasiones puede haber sombras o deslumbramientos directos y reflejos inconvenientes. Esto puede corregirse colocando las luminarias muy próximas o utilizando rejillas y difusores traslúcidos.

Existen otras clasificaciones como lo son: Por la relación superficie iluminada/altura, por la distribución del flujo luminoso respecto al plano horizontal que pasa por las lámparas, por la protección que ofrecen contra derivaciones eléctricas, por su grado de protección óptica.

Selección de luminaria

Para seleccionar una luminaria hay que tener en cuenta cuestiones como:

- La distribución, apropiado a cada proyecto, de la intensidad luminosa.
- La eficacia luminosa de las luminarias.
- Las conexiones eléctricas.
- La construcción mecánica.

- La apariencia externa.

Mantenimiento y limpieza

El mayor desperdicio de flujo luminoso se puede atribuir a la acumulación de polvo en las lámparas y en las superficies de las luminarias. Este desperdicio depende del ángulo de inclinación de las superficies que conforman la luminaria, de su acabado y temperaturas y del nivel de ventilación de las luminarias y del diseño.

Las luminarias abiertas por abajo y cerradas por arriba tienden a acumular más polvo que las que disponen de ventilación. Lo ideal de una luminaria es tener un mantenimiento mínimo y una fácil y accesible limpieza por medio del retiro de algunos de sus componentes.

Así, las fuentes y sus reflectores, deben estar protegidos para que no ingresen partículas sólidas en forma de polvo que disminuyan su eficiencia luminosa o afecten sus propiedades eléctricas.

Aspectos a tener en cuenta para mejorar el confort visual

1. Lámparas. La lámpara más adecuada para la iluminación de oficinas, es sin lugar a dudas, el tubo fluorescente (estándar o compacto). Estas lámparas reúnen las condiciones ideales para este tipo de iluminación: larga vida útil, muy buen rendimiento de lumen/watt, bajo consumo, baja temperatura de funcionamiento y buena reproducción de color. Respecto del color de las lámparas, existen una variada gama de colores de emisión de luz, aptas para las más diversas tareas.

2. Luminarias. Los fabricantes prestan cada vez más dedicación al desarrollo y la construcción de luminarias para tubos fluorescente o fluorescentes compactas. Así mismo gran cantidad de ellas cuentan con los ensayos fotométricos e información técnica detallada. Cabe destacar que cada proyecto es único y debe ser estudiado según su altura libre, su destino, según el lay-out.

IV. Perfil de producto

Perfil de producto

IV.1. Luminaria. definición del producto

Una luminaria es un dispositivo que distribuye, filtra, dirige y controla la radiación luminosa procedente de las fuentes de luz, protegiéndolas y conteniendo los elementos necesarios para la conexión de las mismas a la corriente de línea.

Las luminarias por tanto son dispositivos de alumbrado que deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Alimentar con energía eléctrica a las lámparas
- Soportar y conectar las lámparas a la red eléctrica
- Controlar y distribuir el flujo luminoso emitido por las lámparas
- Mantener la temperatura de las lámparas dentro de los márgenes específicos que aseguran un buen funcionamiento de éstos
- Tener fácil instalación y mantenimiento
- Ofrecer un diseño adecuado al proyecto de iluminación

[5] Fernando Martín Juez, *Contribuciones para una antropología del diseño*, Editorial Gedisa, Barcelona, 2002, p 171.

[6] Charlotte & Peter Fiell, *El diseño industrial de la A a la Z*, Taschen, Italia, 2001, p 211.

"..Los objetos de uso público adoptan su carácter específico y un dueño eventual, en el momento de ser utilizados. Son objetos para ser compartidos por cierta comunidad, y a través del relevo de usuarios..." [5]

"El diseño no es sólo apariencia. Es forma, función y economía. El desarrollo a conciencia de un producto puede incrementar las ventas, reducir los costos de producción, abrir nuevos mercados y mejorar la calidad de diseño. El diseño es una herramienta estratégica para el éxito". [6]

La luminaria que se propone integra la iluminación natural, por medio de un captador en la azotea y un tubo conductor con paredes internas reflejantes; y la luz artificial utilizando lámparas ahorradoras de energía ("luminaria híbrida").

Ventajas

Principales ventajas y cualidades:

- Reducción de costos debido a que la luz del sol sustituye un porcentaje de la energía eléctrica
- Implementación de programas de ahorro de energía
- Integración de luz natural y luz artificial
- Diseño de un equipo adaptable a una infraestructura existente o desde el inicio de un proyecto
- Iluminación natural difusa, con la opción de accesorios para una iluminación directa o dirigida
- Mínima transmisión de calor
- Reducción de problemas relacionados con la visión (ocasionados por la luz artificial)
- Mínimo mantenimiento
- Sustitución de componentes de iluminación convencionales por eficientes (se disminuye la emisión de contaminantes como: CO₂, SO₂).

Condiciones de mercado

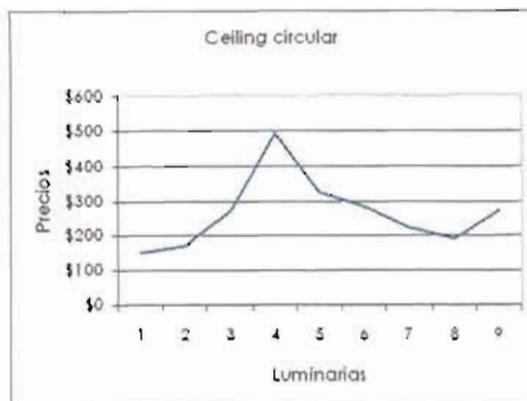
Como en cualquier producto los mercados son los que definen, en gran parte, su diversidad. Estos están regidos por las necesidades de los usuarios, pero es posible, a través de la difusión de nuevas tendencias de consumo, crear nuevas necesidades que amplíen la variedad de productos. Esto significa que deben asimilarse continuamente las tendencias globales, para adaptarse o incluso anticiparse a los incesantes cambios de mercado.

Existen varios edificios en los que ya se introduce iluminación natural utilizando el mismo sistema que proponemos. Sin embargo no existe una integración entre ambos tipos de iluminación ya que por un lado está el tubo conductor de luz natural con un difusor interior, y por el otro, las luminarias con luz incandescente que ya conocemos. Por lo tanto podemos decir que no existe una competencia directa de nuestro producto.

A continuación se presenta un análisis de precios de las luminarias "ceiling" existentes en el mercado. Este análisis es sólo un apoyo (en cuanto a la luminaria interior, sin tomar en cuenta tubo y captador) ya que nuestra luminaria se trata de un producto especializado y ninguna de las convencionales entra en esta categoría, cuya instalación no requiere de perforación en losa sino que únicamente van sobrepuestas o metidas en un plafón.

Ceiling circular

Luminaria	Tipo	Lámpara	Dimensiones aprox	Materiales	Marca	Precio
1	Circular	Tubo circular		Plástico		\$150
2	Circular	Tubo circular	ø40	Plástico		\$170
3	Circular	Tubo circular	ø40	Plástico c/marco plateado		\$271
4	Circular	Tubo circular	ø40	Plástico c/marco de madera	Construlla	\$490
5	Circular	Tubo circular	ø45	Plástico c/marco blanco		\$322
6	Circular s/marco	Tubo circular	ø50	Plástico	Magg	\$280
7	Circular s/marco	Tubo circular	ø40	Plástico	Magg	\$220
8	Circular s/marco	Tubo circular	ø35	Plástico	Magg	\$188
9	Circular s/marco	Tubo circular	ø40	Plástico	Magg	\$270



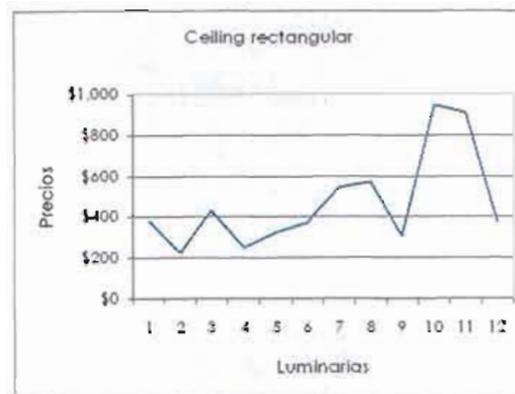
Ceiling cuadrado

Luminaria	Tipo	Lámpara	Dimensiones aprox	Materiales	Marca	Precio
1	Ceiling cuadrada con rejilla metálica	2 tubos en "U"	60x60	Metálica		\$760
2	Ceiling cuadrada con rejilla metálica	3 tubos	70x70	Metálica	Construlla	\$1,201
3	Ceiling cuadrada con rejilla metálica	3 tubos	70x70	Metálica	Construlla	\$1,081
4	Ceiling con difusor (parabólico)	3 tubos	70x70	Metálica	Construlla	\$1,845
5	Ceiling cuadrada con 5 difusores	3 tubos	60x60	Metálica		\$495
6	Ceiling cuadrada con 5 difusores	3 tubos	60x60	Metálica	Magg	\$550
7	Ceiling cuadrada s/marco		40x40	Plástico (acabado mate)		\$200



Ceiling rectangular

Luminaria	Tipo	Lámpara	Dimensiones aprox	Materiales	Marca	Precio
1	Ceiling rectangular con rejilla metálica (un solo sentido)	1 tubo	1.22x15	Metálico	2G	\$375
2	Ceiling rectangular con rejilla metálica (un solo sentido)	1 tubo	1.22x20	Metálico		\$220
3	Ceiling rectangular con rejilla metálica (un solo sentido)	2 tubos	2x40	Metálico	IDSA	\$430
4	Ceiling rectangular con difusor completo	2 tubos	1.22x38	Metálico		\$250
5	Ceiling rectangular con difusor completo	2 tubos	2x38	Metálico		\$320
6	Ceiling rectangular con difusor completo	2 tubos	70x30	Metálico		\$367
7	Ceiling rectangular con difusor completo	2 tubos	2.4x38	Metálico		\$545
8	Ceiling rectangular con difusor completo con bisagra	2 tubos	1.22x38	Metálico		\$571
9	Ceiling rectangular sin difusor	2 tubos	1.5x38	Metálico		\$300
10	Ceiling con difusor plana	2 tubos	1.22x40	Metálico	Construlla	\$948
11	Ceiling con difusor de rejilla	2 tubos	1.22x40	Metálico	Construlla	\$905
12	Ceiling en forma piramidal	2 tubos	1.22x40	Metálico		\$375

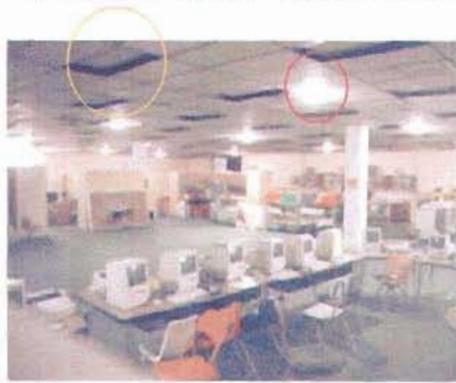


En cuanto al precio que existe en equipos de iluminación natural tipo *sunpipe*, podemos tomar el que distribuye Grupo Binari S.A. de C.V. aquí en la Ciudad de México (distribuidor oficial de "Solatube").

Solatube 10' / Domo o burbuja/Falshing (base)/ Difusor interior	250 usd
---	---------



Ejemplos de algunas empresas nacionales que utilizan iluminación natural:



- Autobuses La Piedad
- Bachoco
- Banco de México
- CAPCOM:
Capacitares y Componentes de México
- Carta Blanca de Cd. Juárez
- Price Water House Coopers
- TDK de México
- Thomas & Betts Monterrey
- Toshiba Electromex
- Universidad Autónoma de Cd. Juárez
- Casa de Música DE LUXE
- Cemex
- Eléctrica MILEC
- Gamesa
- Grupo Flecha Amarilla
- OMEX: Outboard Marine de México



Consumidor/Comprador/Usuario/Entorno

Se trata de una luminaria para interiores de oficina, principalmente, pero también podría utilizarse en el ámbito residencial o incluso escolar. Los usuarios somos todos aquellos nos desenvolvemos en este tipo de espacios.

Es un sistema que puede instalarse en construcciones ya existentes pero que también puede ser considerado desde el inicio de un proyecto arquitectónico. Se buscará la difusión por medio de instituciones como la CONAE y el FIDE, cuyo objetivo principal es el de crear conciencia sobre las ventajas y beneficios del ahorro energético en la vida cotidiana.

Iluminación para oficinas y uso residencial

La iluminación para oficinas es un tema de permanente actualidad. Los continuos avances tecnológicos.

Hasta hace un par de décadas, era suficiente dotar un recinto con un aceptable y uniforme nivel de iluminación (de 600 a 800 luxes), para lograr un adecuado clima de trabajo de oficina. Este trabajo se limitaba a tareas de lectura, escritura y mecanografía. En la actualidad, en cambio, esos mismos recintos laborales están invadidos por computadoras, equipos de CAD, entre otros; cambiando ahora el concepto de iluminación adecuada y confortable de aquella época.

El desafío es proveer una iluminación correcta para estas nuevas tareas, sin descuidar las anteriores actividades. No se debe olvidar que las personas que habitan una oficina pasan de ocho a diez horas diarias, y en muchas ocasiones sin ver la luz del sol durante gran parte del día.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Oficinas normales, mecanografiado, proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000

En cuanto al uso residencial, no existe una fórmula o requerimientos específicos para el tipo de iluminación. Es por esto que nuestra luminaria podría adaptarse a los diferentes espacios de la casa-habitación.



Nuestra principal referencia en este tipo de luminarias son las lámparas de plafón, mejor conocidas como "ceiling", que utilizan la mayoría de los inmuebles en la actualidad. El diseño de este tipo de lámparas no se ha modificado desde hace mucho y por lo mismo, presentan muchos inconvenientes. En la siguiente tabla podemos ver los problemas más frecuentes de estas luminarias.

Imagen	Problema	Consecuencia
	- Las uniones entre luminarias no siempre son "limpias".	- Acumulación de polvo (por los recovecos).
	- El acrílico se desfasa.	-Entrada de polvo (afecta a los focos y al acrílico). - Riesgo de que el acrílico caiga.
	- Espacios entre los acrílicos.	- Entrada de polvo (afecta a los focos y al acrílico).
	- Ausencia de acrílicos.	-Entrada de polvo (afecta a los focos y al acrílico que queda). -Luz directa (no hay difusor)

Imagen	Problema	Consecuencia
	-Deterioro de lámina. -Caja "salida".	-Acumulación de polvo (por los recovecos y uniones). -Oxidación de lámina
	- Cuando se pinta el techo es fácil invadir la zona del acrílico y el marco metálico.	- Se ve un producto de baja calidad.
	- El marco metálico no siempre está "justo" o bien ensamblado.	-Acumulación de polvo (por los recovecos y uniones).
	- Difusor de retícula.	-Entrada de polvo (afecta a los focos y al difusor).

Otros inconvenientes:

- Las luminarias atraen rápidamente la suciedad debido a su alta carga de electricidad estática. Esta suciedad, repetidamente recalentada, está adherida fuertemente; es muy difícil desprenderla.
- Los plafones de las luminarias tienen muchos recovecos difíciles de limpiar y suelen estar plagados de cables y componentes eléctricos.
- El mantenimiento no suele ser el óptimo debido a la altura de las luminarias (en plafón) y el difícil acceso a ellas.
- Las rejillas también sufren el recalentamiento de la suciedad y suelen tener diversas configuraciones (ej. triangulares y cuadradas). Limpiar una rejilla es complicado y requiere de mucho tiempo.
- Aunque la mayoría de las luminarias tienen un acabado esmaltado (tanto el plafón interior como la rejilla exterior), cada día es más habitual el uso de las luminarias en acabado de acero inoxidable o aluminio. Para limpiar estas luminarias, es necesario disponer de productos de limpieza que no dejen rastro, porque en caso contrario, incluso el agua deja marca.

Factores humanos

Este equipo de iluminación pretende enfocarse únicamente a los espacios que, arquitectónicamente, tienen poco acceso o no tienen acceso a una iluminación natural.

Puede emplearse en edificios de máximo dos pisos (esto depende también del diámetro del tubo conductor de luz natural). En estos casos el edificio debe de contar con ductos para instalaciones (aire acondicionado, instalaciones de tipo eléctricas y electrónicas). Incluso podría pensarse en la incorporación de un fotosensor que active la luz eléctrica cuando la natural ya no sea suficiente.

La importancia de los factores humanos en los sistemas de iluminación reside en que estos pueden alterar de manera sustancial la percepción del espacio habitable. La luz puede crear una determinada atmósfera, comunicar sensaciones y suscitar la atención.

El campo de alternativas es tan amplio como las posibilidades tecnológicas y las necesidades humanas lo impongan.

La luz es un estímulo que condiciona la conducta del sujeto que la percibe, siendo su incidencia tanto más importante cuanto mayor es su intensidad.



Materiales y procesos

La idea de incorporar un acabado interno reflejante en el tubo es producir una reflexión especular, esto quiere decir que la superficie pulida reproduce más o menos fielmente la imagen de la fuente (tipo espejo).

Existen dos posibilidades de material: metal y plástico. En la siguiente tabla se mencionan algunas de las posibilidades.

Componente	Opciones de material	Procesos
Tubo conductor de luz	-Aluminio -Lámina galvanizada	Extrusión
Housing (cubierta)	-Aluminio -ABS	-Rechazado -Inyección
Luminaria/estructura	-Aluminio -ABS	-Rechazado -Inyección
Difusor	-Acrílico -PC opalino	Formado al vacío o inyección

Ergonomía

"El diseñador se tiene que preocupar de que el público le comprenda enseguida: su mensaje visual tiene que ser recibido y comprendido sin posibilidad de falsas interpretaciones "[7]

La luminaria es un producto que no está en contacto directo con el usuario. Los únicos acercamientos son durante la colocación, el reemplazo de lámparas y el mantenimiento (que en este caso es mínimo). Si embargo mantiene una constante (por no decir inevitable) relación visual. Podríamos decir que es el objeto que "ilumina el espacio".

El estudio ergonómico de la iluminación se nutre de las mediciones precisas que aporta la antropometría, la fotometría y la fisiología de la visión; pero la planificación y el diseño de sistemas de iluminación ergonómicamente óptimos, debe abordar, tanto como sea posible, al ser humano en su totalidad, no sólo en cuanto a factores emocionales sino factores culturales y de comportamiento.

Esta luminaria, como la mayoría de las que conocemos, se activa a partir de un interruptor de pared. La zona de la luz natural permanece "encendida" durante el día. Sabemos que una iluminación inapropiada puede causar muchos problemas relacionados con la visión y el tener una iluminación constante o uniforme evita el mover o direccionar las diferentes luces.

El deslumbramiento está en función del contraste y el brillo. Cuando resulta de un contraste excesivo puede ocasionar un menor rendimiento visual y cierta insatisfacción respecto al entorno visual.

[7] Anna Calvera (ed.), *Arte y Diseño*. Bruno Munari, *Artista y designer*, Gustavo Gili, Barcelona, 2003, p 52.

Si el espacio está "sobreluminado" por una fuente tan brillante que el mecanismo del ojo queda saturado de luz, entonces el deslumbramiento produce una especie de "invalidez" temporal que puede ser agotador e incluso peligroso.

Por otro lado, nuestro sentido de la vista se desenvuelve principalmente en un medio de luz natural. Esto nos lleva a una tendencia de querer iluminar los interiores con lo más parecido a la luz del sol (crear un ambiente natural), la cual nos hace sentir con vida, con energía. Está comprobado que los espacios iluminados con luz natural hacen un ambiente de trabajo mucho más confortable y eficiente.

El acceso al interior de la luminaria deberá ser sencillo para permitir un rápido reemplazo de las lámparas y una fácil limpieza. Tendrá también una cubierta/reflector (*housing*) que no sólo ayudará a optimizar la luz sino que protegerá el interior contra cualquier agente que pueda deteriorarlo. La luminaria se ensamblará fácilmente al tubo. Esto con el fin de permitir una rápida colocación y un fácil reemplazo en el caso de ser necesario.

En el diseño de las luminarias debe preverse la facilidad de instalación, la simplicidad de mantenimiento y la posibilidad de acceder a la fuente de manera sencilla; funciones que si bien son secundarias y se realizan esporádicamente, forman parte de la relación producto/usuario. Las buenas terminaciones y sistemas de acoplamiento simples de las partes componentes, son soluciones que hacen a la practicidad del producto.

Estética

Hay luminarias concebidas para mostrarse y otras para ocultarse. Existen en este aspecto tres tipos de acentuación estética: están las luminarias utilitarias cuya morfología no excede demasiado al tamaño de la fuente y que tienden a priorizar el aprovechamiento de la energía, resignando valores estéticos.

Por otra parte existen luminarias decorativas que forman parte del ambiente en que se encuentran y se integran estilísticamente a los demás elementos del entorno, relegando a un segundo plano el óptimo desempeño de la fuente. Esto es importante teniendo en cuenta que los artefactos no siempre están encendidos y que de día, lo decorativo pasa a ser su función principal.

Por último se encuentran las luminarias cuyo diseño integra de manera equilibrada los valores estéticos y la efectividad funcional.

La luminaria tiene el objetivo de difundir la luz en el interior de un espacio. En la luminaria propuesta se piensa en una configuración circular que sea congruente con el tubo conductor de luz y, podríamos decir, que también con la imagen que tenemos del Sol. La idea es que las "zonas de difusión de luz" abarquen la mayor parte para optimizar la luz.

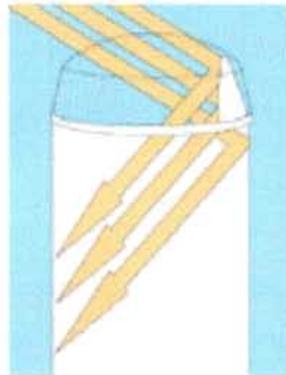
Comercialización

Se trata de un dispositivo de mediana/alta producción debido a los materiales y procesos seleccionados. Existen dos mercados principales para este tipo de productos: el mercado básico y el profesional. Nuestra luminaria se ubica en el segundo mercado; es por esto que su venta se debería llevar a cabo con distribuidores especializados.

IV.2 Tubo conductor de luz (lumiducto: sistema de iluminación natural)

Funcionamiento

Son tubos metálicos con un acabado interior tipo espejo cuya función es concentrar y multiplicar los rayos de luz ocasionando "rebotes" en las paredes interiores para proyectarlos al interior de cualquier espacio. Esta película interior se adhiere y se puede proteger con una película de PET para mayor duración.



Características y ventajas

Debido a la mínima carga térmica, los requerimientos de refrigeración/aire acondicionado son menores (ahorro energético y económico).

Los tubos ajustables permiten una buena flexibilidad al momento de la instalación.

La luz se mide en lúmenes (unidad de flujo luminoso equivalente al emitido por un foco puntual cuya intensidad es de una candela dentro de un ángulo sólido de una unidad) y el uso de energía, en watts. Una bombilla de 100 watts produce 1200 lúmenes. El tubo de 10'' de diámetro produce hasta 3420 lúmenes, según los estudios existentes.

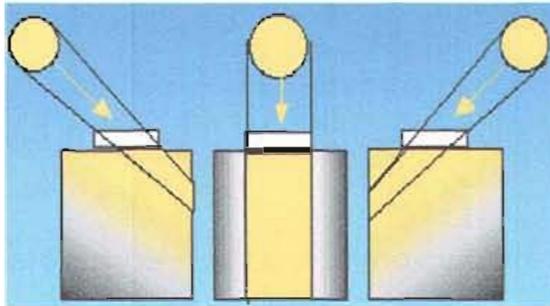
Conforme se alarga el tubo, se va reduciendo la cantidad de luz que da. Para obtener los mejores resultados no se recomienda más de 5 metros. Después de esta longitud se puede perder desde un 15% en adelante.

Por lo anterior, sabemos que nuestro producto se instalará en edificaciones con un máximo de dos pisos. La instalación es semejante a las de aire acondicionado.

Características principales

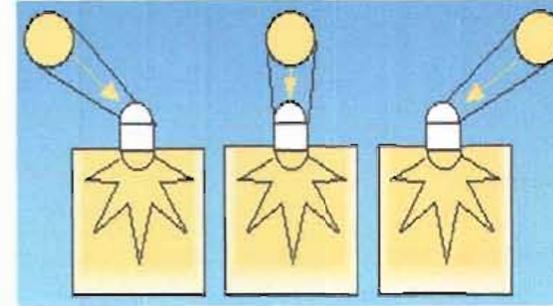
Ø Tubo	Máxima longitud recomendada	Espacio recomendado entre unidades	Área a iluminar	Iluminación promedio	Equivalencia aproximada con lámpara eficiente	Equivalencia aproximada con lámpara Incandescente
10" (25mm)	5m	3.5m	Hasta 15 m ²	3000 lm	20w	150w

Ventajas del Tubo de luz sobre un tragaluz convencional



TRAGALUZ

- Rayos solares directos
- Iluminación direccional
- Alta transmisión de calor, principalmente en verano (necesidad de buscar alternativas como el aire acondicionado)
- Pérdidas de calor en invierno
- De dos a tres días en la instalación (costos)
- Posibles filtraciones
- Mantenimiento constante



TUBO DE LUZ

- Luz natural difusa
- Iluminación omnidireccional (uniforme)
- Mínima transmisión de calor en verano
- Mínimas pérdidas de calor en invierno
- De dos a cuatro horas para la instalación
- Poca probabilidad de filtraciones
- Mínimo mantenimiento

Pérdidas de energía a lo largo del tubo

La radiación solar tiene dos manifestaciones: luz y calor. La parte de la radiación que está en el rango de longitudes de onda del infrarrojo se manifiesta como calor, y el rango que está en el rango visible se manifiesta como luz.

Los rayos de sol inciden sobre la superficie del tubo, cuyo acabado interior está diseñado para reflejar casi toda la radiación en el rango de la luz visible, como si fuera un espejo. Pero una parte de la radiación en el rango infrarrojo no es reflejada y es absorbida por las paredes del tubo.

De esta manera, la energía que va "perdiendo" la radiación en su camino por el tubo es energía calorífica. En cambio, la energía luminosa es reflejada casi en su totalidad y sigue su camino a lo largo del tubo. La radiación que llega a la salida del tubo es casi en su totalidad energía luminosa. Es así como el espacio se ilumina pero no se calienta.

Existen también otras pérdidas ya que no existe una superficie perfectamente reflejante, de manera que algo de la luz que incide sobre la pared del tubo se pierde en forma de luz difusa.

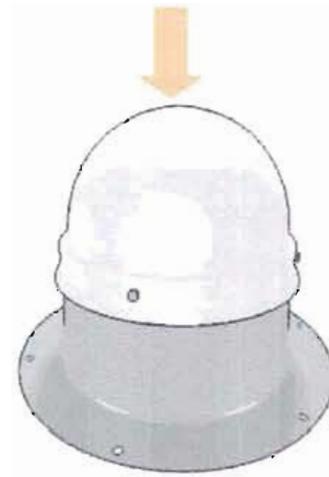
IV.3. Captador o colector. Definición del producto

El captador tiene el objetivo de recibir los rayos solares. La forma esférica del acrílico es para captar la mayor cantidad posible de esta radiación. Se ubica en las azoteas ya que éstas representan el área que con mayor exposición al sol.

El sol emite dos tipos de radiación: infrarroja y ultravioleta. La primera es la que transmite calor. El captador filtra ambos tipos de radiación y sólo transporta la luz de manera difusa.

Ventajas

- Filtra los rayos ultravioleta en más de un 99%.
- Resiste el impacto, los agentes químicos y atmosféricos, así como las bajas temperaturas.
- Requiere de un mínimo mantenimiento.



Condiciones de mercado

En la siguiente tabla podemos ver la competencia directa y algunos de los problemas más frecuentes que existen en los captadores convencionales.

	<p>La lámina que rodea al tubo y que sirve de protección para la lluvia podría dejar de ser un elemento "extra" e incorporarse al diseño del captador.</p>	
	<p>La abrazadera metálica podría sustituirse por otro tipo de fijación.</p>	
	<p>El captador podría simplificarse, no sólo en cuanto al número de piezas sino para la colocación y el mantenimiento.</p>	

Factores humanos

El captador no tiene contacto directo con los usuarios y, en la mayoría de los casos, tampoco tiene relación visual ya que se encuentra en la azotea del edificio. El único acercamiento es con los operadores que lo colocan y le dan mantenimiento (que es mínimo).

Es importante considerar que las personas que están una oficina pasan de ocho a diez horas diarias trabajando y, en ocasiones, sin ver la luz del sol en gran parte del día.

Materiales y procesos

Componente	Opciones de material	Procesos
Domo (receptor de rayos solares)	Acrílico de alto impacto o Policarbonato.	Formado al vacío o Inyección
Flashing (Base)	Lámina de acero inoxidable o Polipropileno.	Rechazado (acero) Inyección (PP)

Ergonomía

La simplicidad de sus componentes, no sólo en cuanto a su forma sino también al material, hace que la limpieza sea muy fácil.

Estética

Los captadores convencionales tienen, en su mayoría, una gran cantidad de componentes. Generalmente nos dan la sensación de productos improvisados, cuyos elementos fueron ensamblados sin un diseño previo.

El captador propuesto pretende optimizar sus componentes con el fin de lograr un fácil ensamble y un aspecto más agradable. La forma del domo protege el interior contra la lluvia.

Comercialización

Se pretende que sea un producto de mediana/alta producción, no sólo por el tipo de producto sino por los procesos de manufactura involucrados. Existirán tres medidas diferentes de cubiertas, que dependen del diámetro de los tubos.

Estará a la venta en tiendas especializadas o podrá adquirirse por medio de un distribuidor autorizado. Se venderá como parte de un sistema que involucra al tubo y a la luminaria. Sin embargo, sus componentes podrán adquirirse por separado, en caso de ser requeridos.

V. Generación de ideas

Generación de ideas

La luz se propaga en línea recta. Cuando se emite e irradia alrededor de una fuente de luz se propaga en infinitas direcciones rectilíneas, que llamamos rayos luminosos.

Un adecuado proyecto de iluminación conduce a un ahorro y uso racional de la energía; para lograr esto se deben considerar los tres aspectos siguientes:

1. Iluminación del medio

- Tarea visual
- Nivel de iluminación
- Distribución de iluminación
- Confort visual
- Control de deslumbramiento
- Rendimiento de color
- Apariencia física

"El diseñador idealiza una solución e intenta materializarla en un objeto" [8]

"Cuando una idea inédita queda libre en el aire hay que darle la oportunidad de volar alegremente, para que pueda dar pie al júbilo de la creación" [9]

[8] Fernando Martín Juez, *Contribuciones para una antropología del diseño*, Editorial Gedisa, Barcelona, 2002, p 149.

[9] Tappio Wirkkala

2. Medio físico

- Tamaño y geometría del espacio
- Localización y orientación del plano de trabajo
- Divisiones y obstáculos (local)
- Reflectancias de superficies
- Condiciones atmosféricas
- Humedad y disponibilidad de luz natural
- Vibración y temperatura

3. Selección de equipo

- Eficiencia y rendimiento de lámparas y luminarias
- Eficiencia y rendimiento de balastos
- Procedimiento o métodos de cálculo

V.1 Luminaria y captador

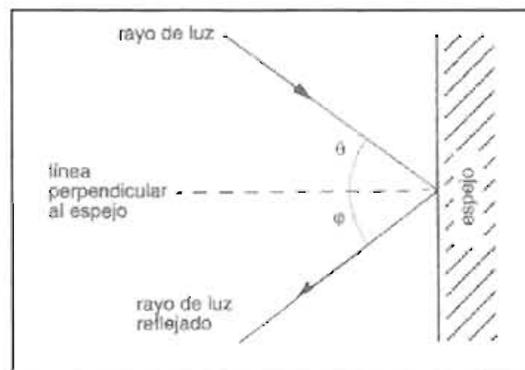
Reflexión de la luz

Como se había dicho, cuando un rayo luminoso llega a una superficie que no puede atravesar, cambia de dirección produciéndose el fenómeno de la reflexión.

Y recuérdese que si la superficie es completamente lisa y pulida, como una lámina metálica, los rayos de luz que llegan a ella se reflejan ordenadamente. Este tipo de reflexión, que es la que se produce en los espejos, se llama "reflexión regular o especular".

Ley de reflexión

Como se había expresado con anterioridad como Ley de Snell, cuando una onda incide en una superficie y se refleja total o parcialmente, lo hace de manera que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

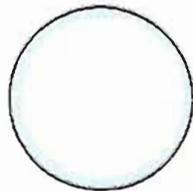


Se elaboraron modelos de trabajo con el objetivo de ver físicamente la incidencia de los rayos solares y el comportamiento de la luz con las diferentes formas.



Circular con reflector

convexo



Al generarse una superficie redonda hay mayor cantidad de rebotes. Se ve una mayor iluminación en todo el espacio

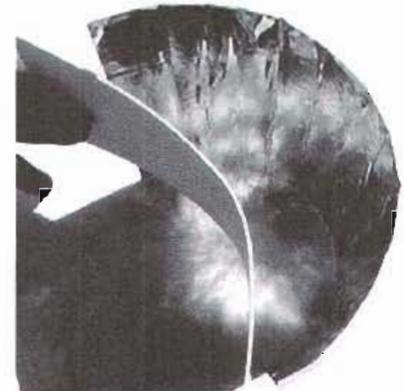


Circular con reflector

plano



Se limita el rebote

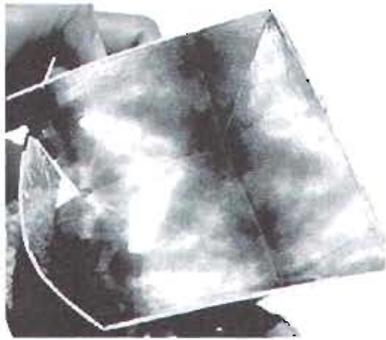


Circular con reflector

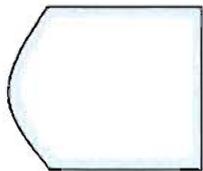
cóncavo



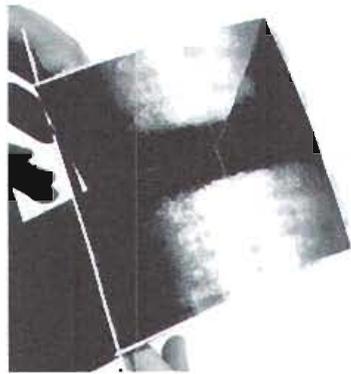
La mayoría de los rayos se concentran en el centro



Cuadrado con reflector convexo



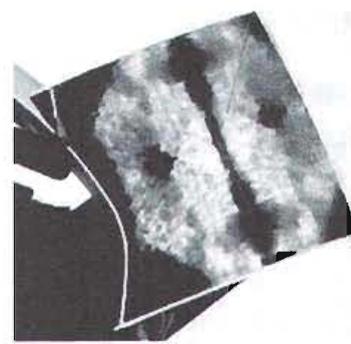
Se genero una gran cantidad de rebotes, sin embargo las esquinas permaneces oscuras



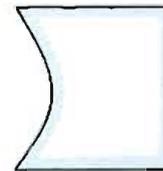
Cuadrado con reflector plano



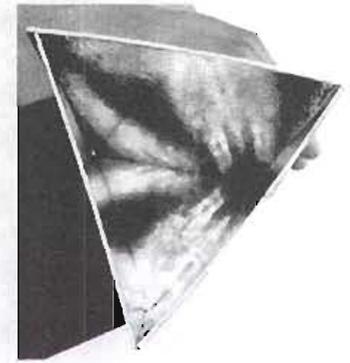
Hay menor cantidad de rebotes y casi todos los rayos se concentran en el centro



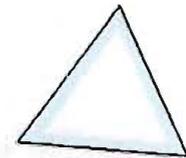
Cuadrado con reflector cóncavo



Se amplía la iluminación pero las esquinas siguen oscuras



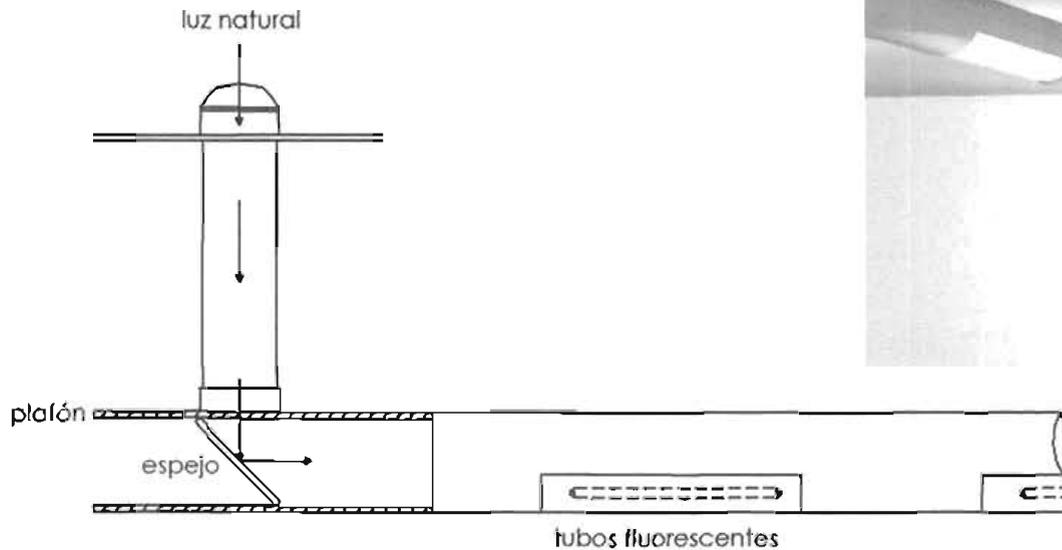
Triangular



Hay una buena cantidad de rebotes sin embargo las aristas limitan un poco

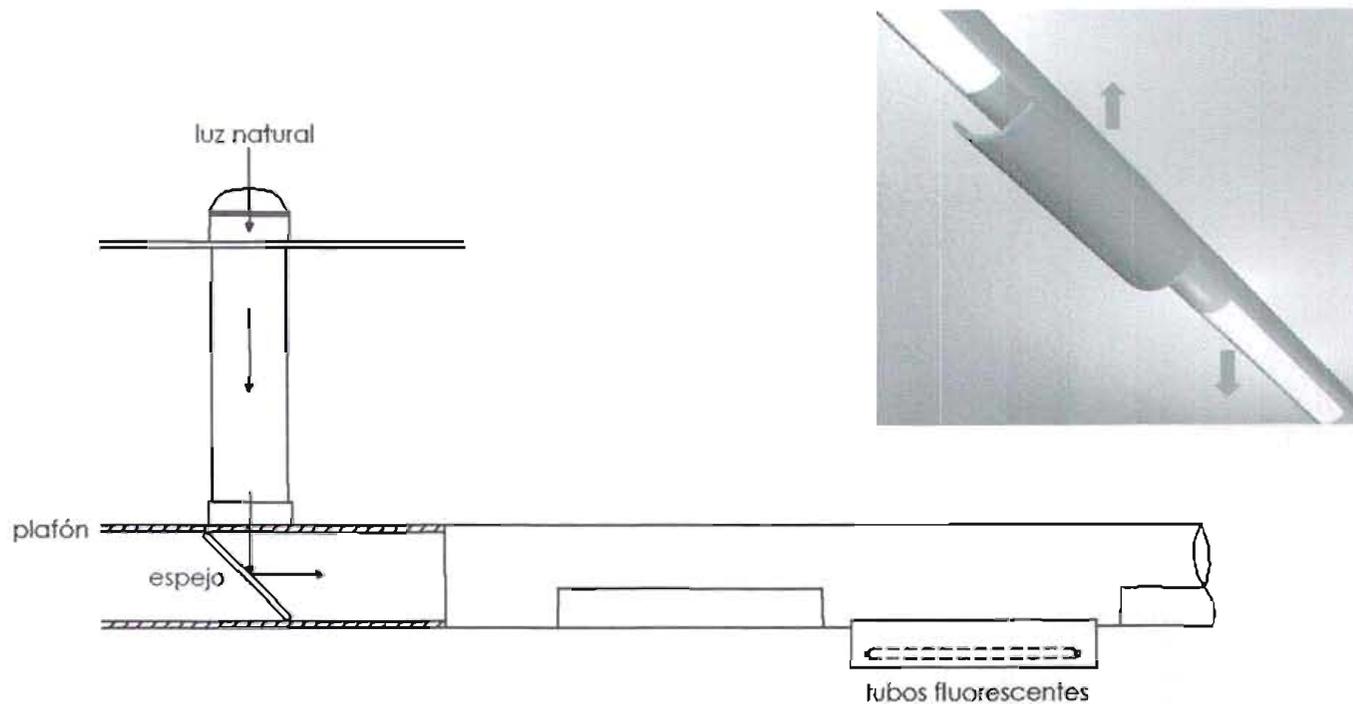
LUMINARIA

- Este sistema es posible por la propagación rectilínea de la luz. Es importante considerar el material para saber el factor de reflexión. En este caso, la superficie plateada del interior del tubo nos da un 94% de luz reflejada.
- El espejo hace que la luz se transporte horizontalmente a lo largo del tubo (se consideran únicamente rayos verticales incidentes en el tubo) . Así podríamos colocarlo, por ejemplo, en un pasillo.
- En este caso, la luz artificial se encuentra también en el interior del tubo para que la solido de ambos tipos de luz sea la misma.



concepto 2

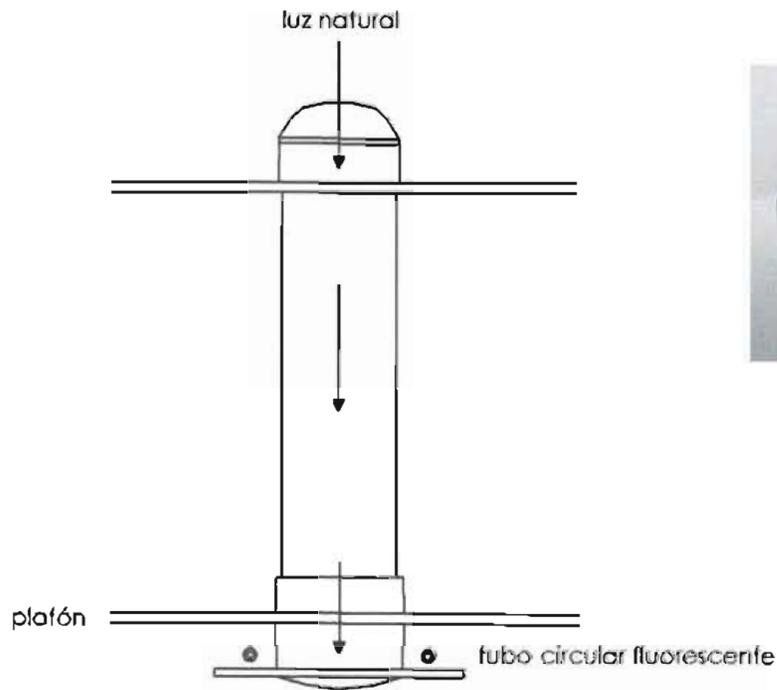
- Este concepto es muy parecido al anterior sólo que aquí se separan los dos tipos de iluminación. Por un lado tenemos el tubo con las ventanas de luz natural, y por otro, unas luminarias en suspensión que "envuelven al tubo" y originan una iluminación artificial indirecta (se consideran únicamente rayos verticales incidentes en el tubo).

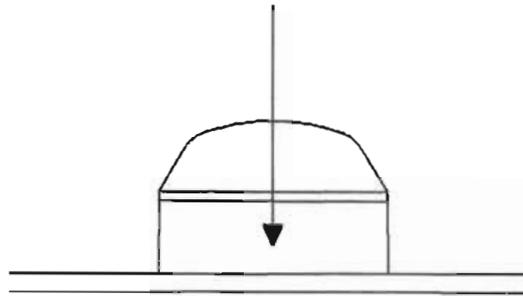


concepto 3

-En este concepto no hay desviación por medio de espejos sino que la luz se conduce de manera directa (verticalmente). Aquí se pretende incorporar los dos tipos de luz en una sola luminaria. En este caso, la luz natural es directa y la artificial, indirecta (se consideran únicamente rayos verticales incidentes en el tubo).

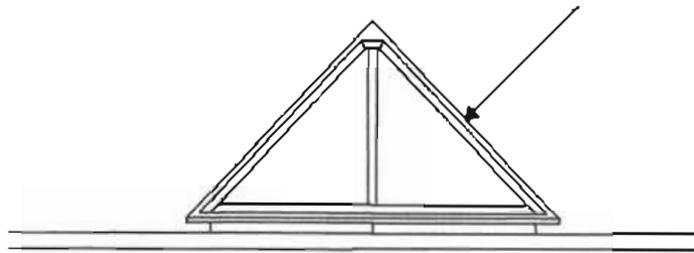
- Probablemente este sea el concepto que nos permite mayores posibilidades formales y, aparentemente, un mejor aprovechamiento de la luz del sol (menos pérdidas).



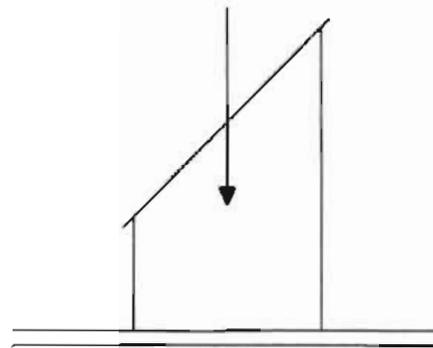


CAPTADOR O COLECTOR

La forma circular permite una mejor captación de los rayos. La película interior reflejante del tubo permite la reflexión.



Pirámide de base octagonal o cuadrangular con una estructura metálica. Los espejos del interior permiten una buena reflexión de la luz del sol.



Acrílico plano con forma circular colocado a 45° sobre el tubo cortado.

Selección de concepto y propuestas

LUMINARIA

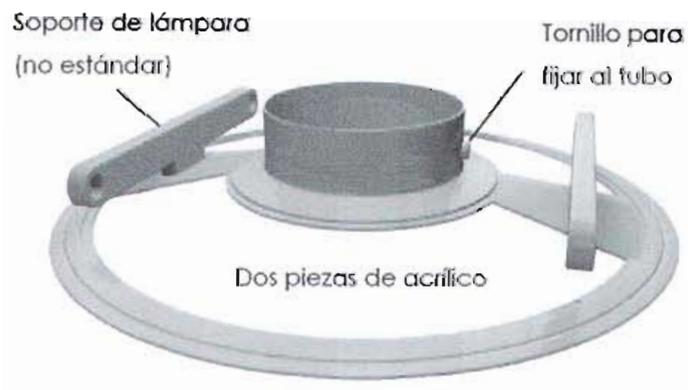
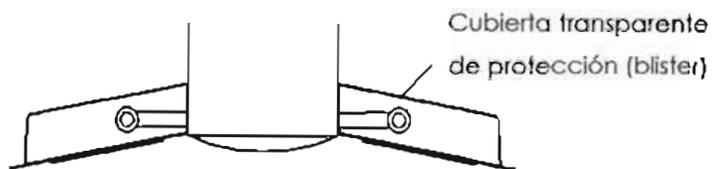
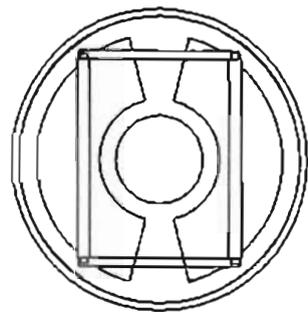


Se seleccionó el CONCEPTO 3.

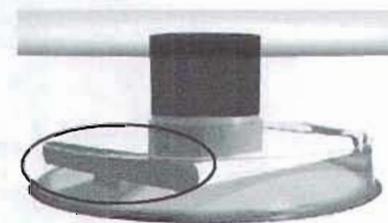
Características:

- La luz natural se transmite de manera directa a través del tubo conductor de luz natural, lo cual implica menos pérdidas y, con esto, mayor eficiencia.
- La luminaria puede estar suspendida, remetida, o bien, a nivel de plafón.
- La luz natural se ubica en la parte central y la artificial en la periferia.
- La luminaria se fija al tubo conductor.
- Se propone una lámpara fluorescente circular (basada en la investigación realizada anteriormente de iluminación de espacios)
- La luz artificial se distribuye hacia arriba y hacia abajo, buscando un alumbrado general, debido al entorno en el que se va a utilizar.
- Podríamos decir, basado en nuestra investigación, que se trata de una luminaria difusora semi-directa.

propuesta 1



Aquí se proponen dos tubos fluorescentes, en lugar del circular. Sin embargo existen algunos inconvenientes con los soportes de lámpara (socket) y su fijación a la lámina.



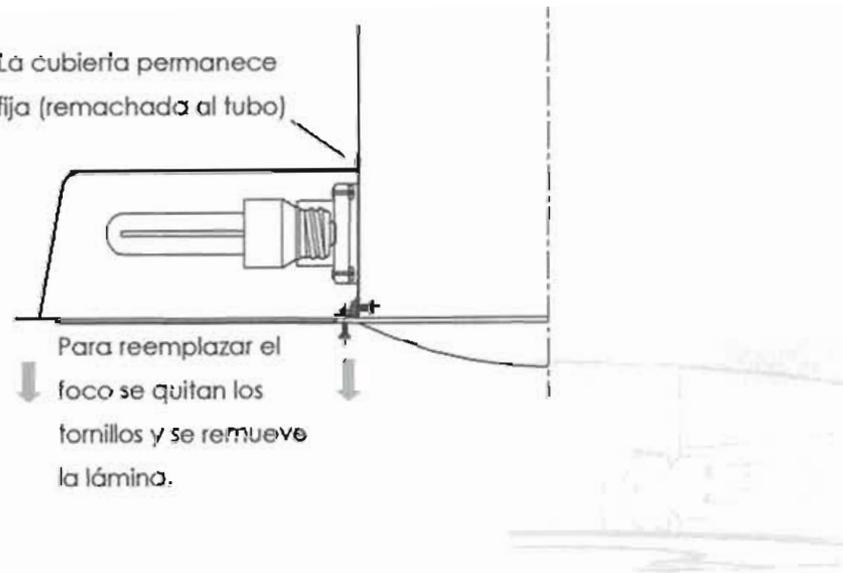
propuesta 2

A diferencia de la propuesta anterior, se reemplazan los tubos fluorescentes por dos lámparas, cuyos soportes (socket) se fijan al tubo.

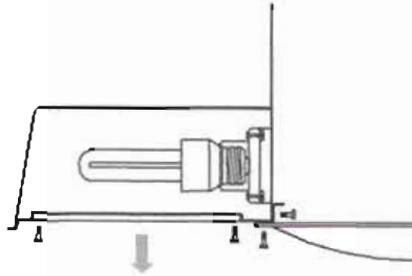
Se cambia la cubierta transparente por una metálica buscando que funcione, además, como concentrador/reflector de luz.



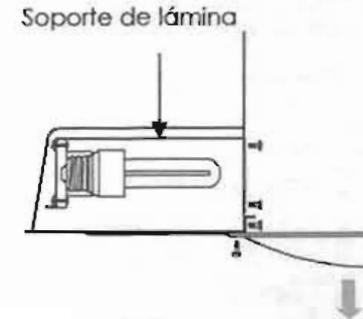
La cubierta permanece fija (remachada al tubo)



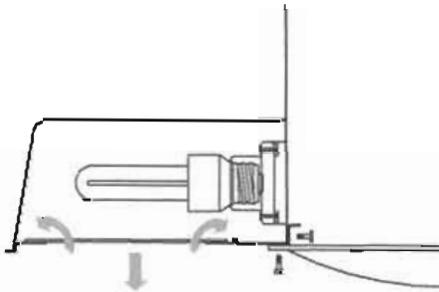
Estas son otras propuestas en las que se buscaba un reemplazo de lámpara más sencillo. En algunos a través de los difusores laterales y en otras a través del difusor central.



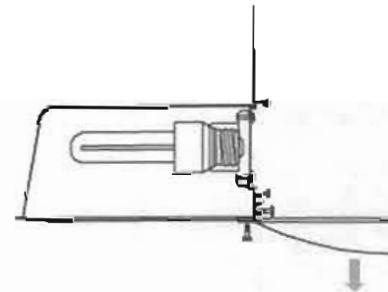
El acrílico se atornilla por la parte inferior.
Problema: Se complica el perfil de la lámina y aumentan los tornillos superficiales.



Se atornilla un soporte de foco hecho con lámina metálica



El acrílico (con mínimo espesor) se introduce como se hace en las luminarias de plafón convencionales.
Problema: Al ser circular, el acceso se complica. Tendría que estar dividido en varios segmentos. La sección de la lámina (luminaria) se complica.

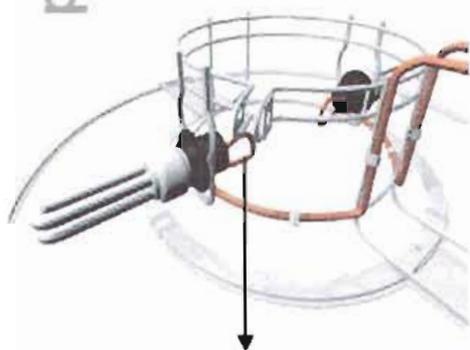


La lámpara se sostiene con una escuadra metálica.
Problemas: Se tendría que perforar el tubo y probablemente utilizar tornillos.

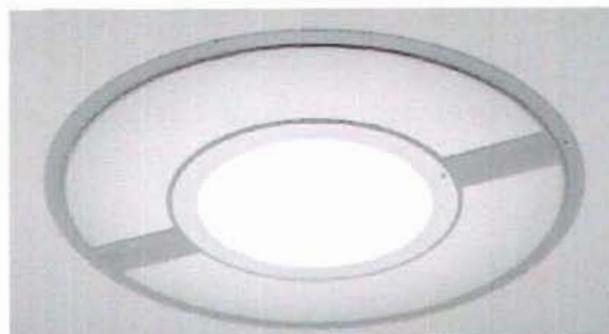
propuesta 3

Así, se propuso una estructura a base de varilla metálica que abraza al tubo y que soporta tanto a las lámparas como a la lámina y difusores.

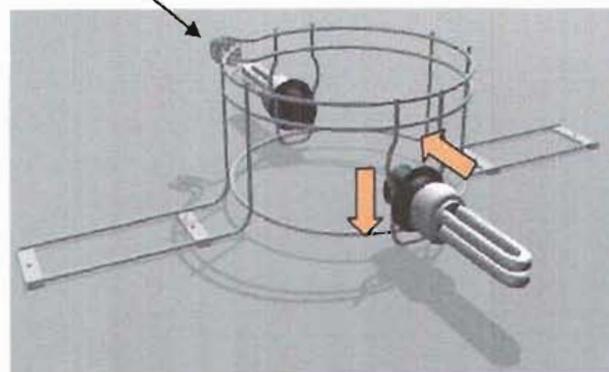
De igual forma se decidió colocar la luminaria a nivel de plafón.



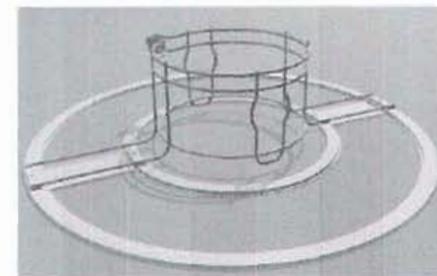
Principal problema: La longitud del cable debe permitir el desplazamiento de la lámpara (posible sombra)



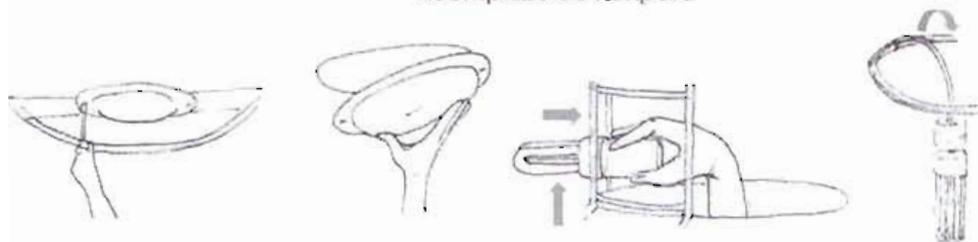
Abrazadera para fijar al tubo



Alambre de acero punteado



Reemplazo de lámpara



propuesta 4

En esta propuesta se trató de simplificar el acceso a las lámparas para facilitar el reemplazo. El socket permanece fijo y el cable se fija a la estructura.

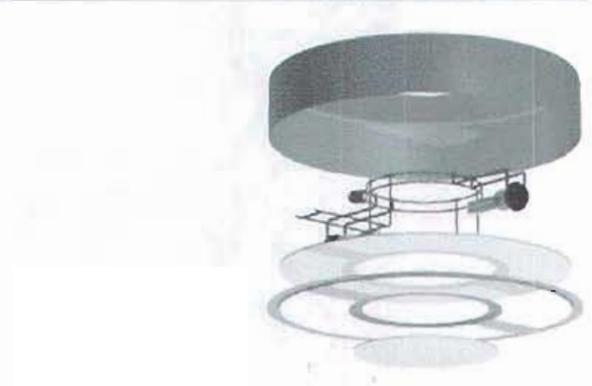
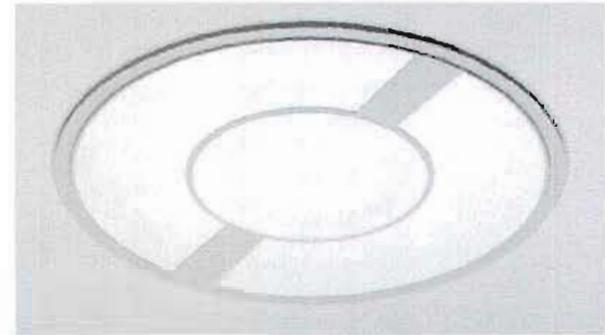
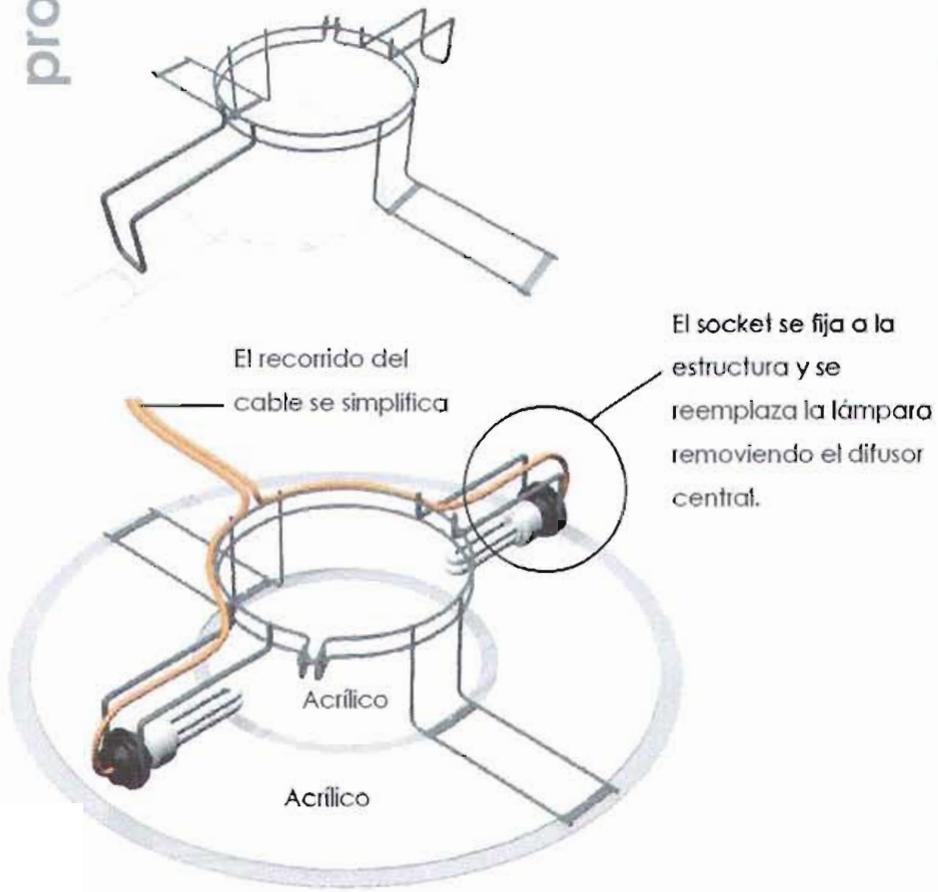
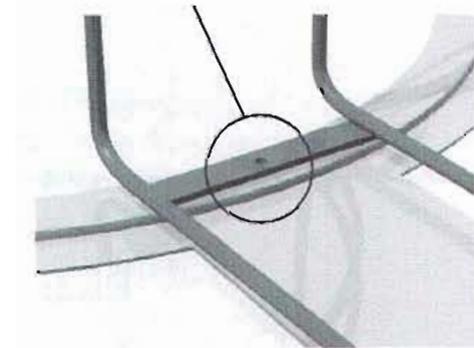
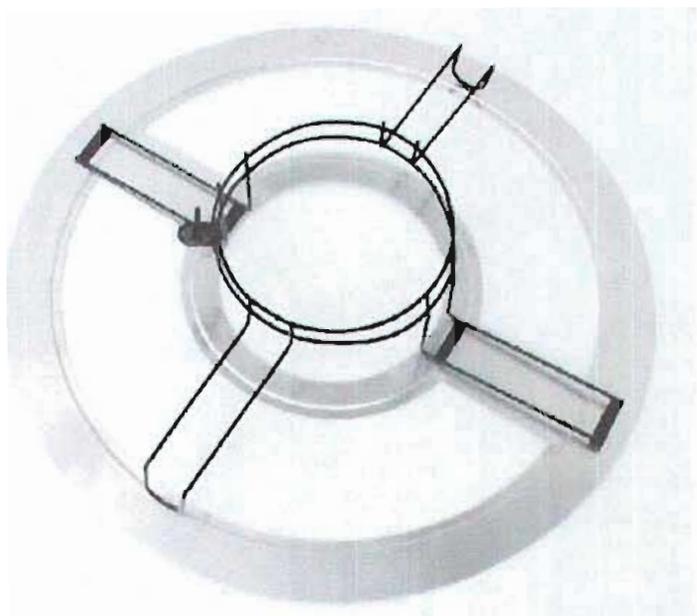


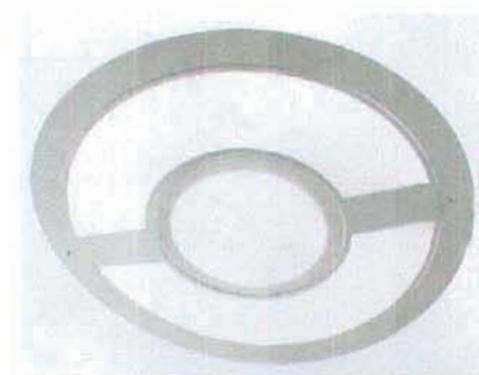
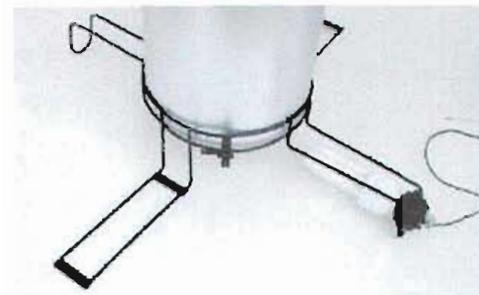
Lámina punteada y barrenada con cuerda



Se elaboró un modelo escala 1:1 de la luminaria (estructura de alambre y lámina de aluminio).



Con esto nos dimos cuenta del comportamiento del material, así como de las diferentes dimensiones que pueden llegar a modificarse.



propuesta 5

En esta última propuesta se decidió cambiar el material a plástico, no sólo por la infinidad de configuraciones que nos permite al diseñar sino también por los avances tecnológicos que existen en el campo de las luminarias utilizando este tipo de procesos.

También se retomó el uso de la lámpara fluorescente circular, ya que es la que nos proporciona una iluminación más uniforme y eficiente.

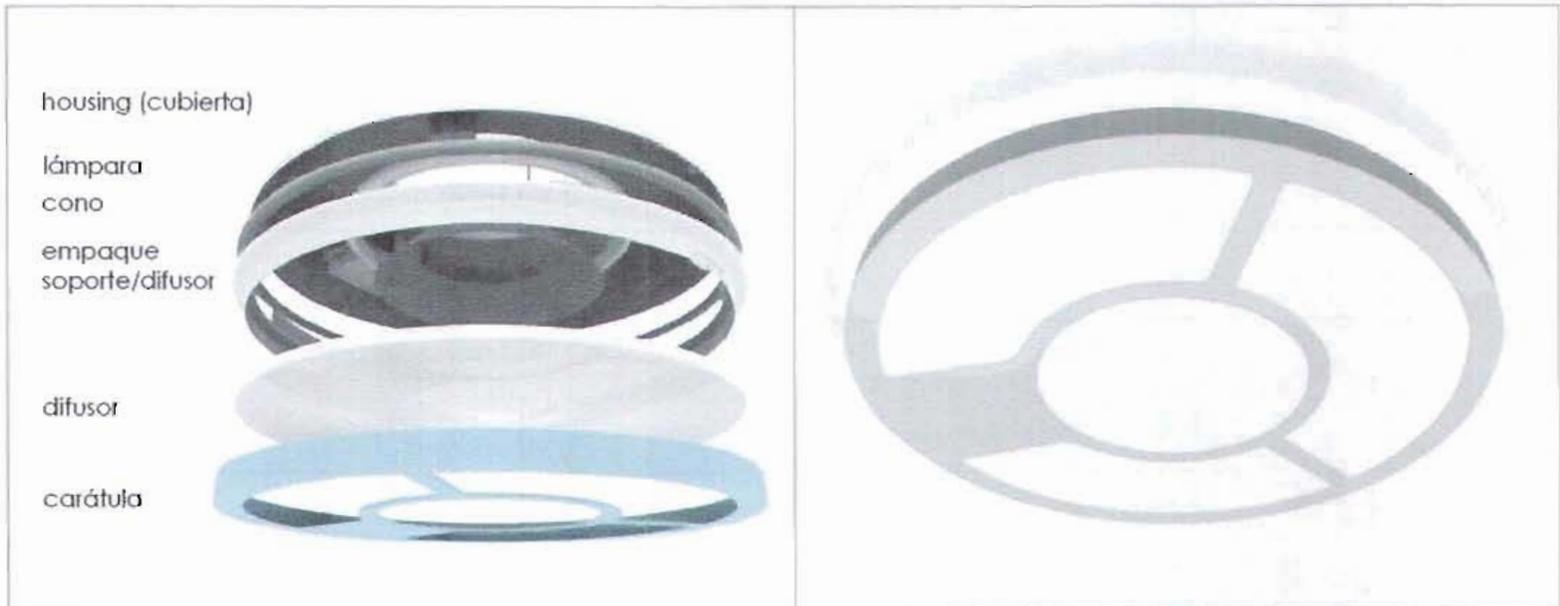
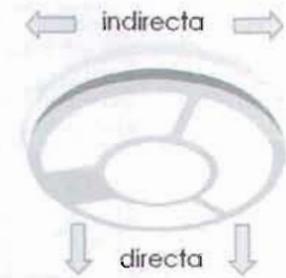
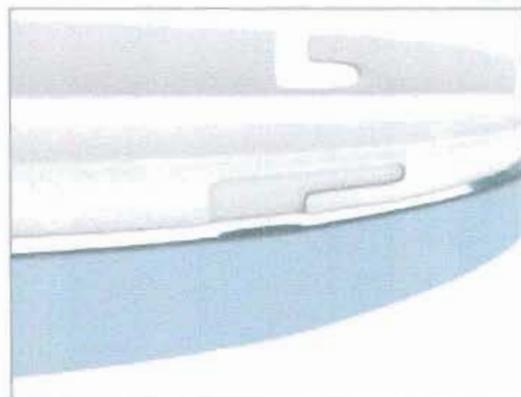
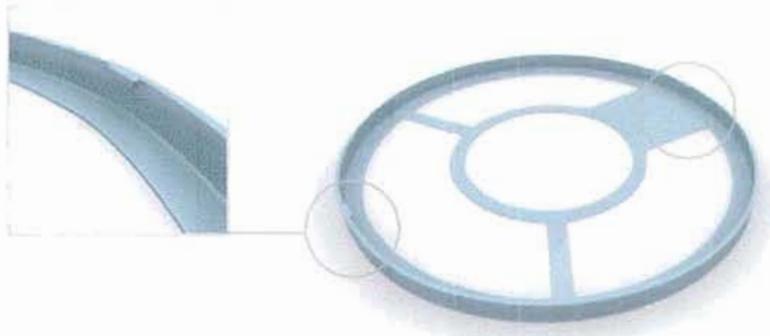
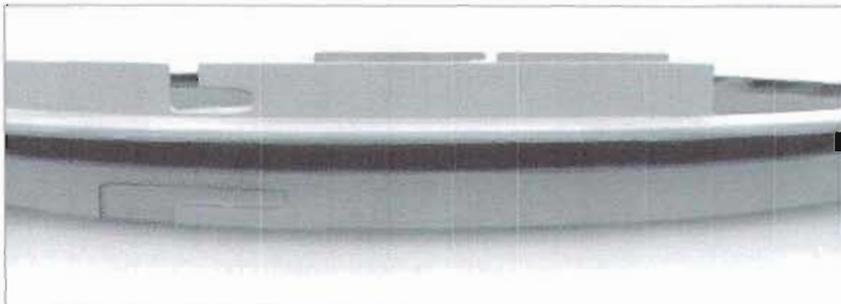


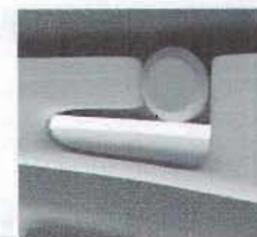
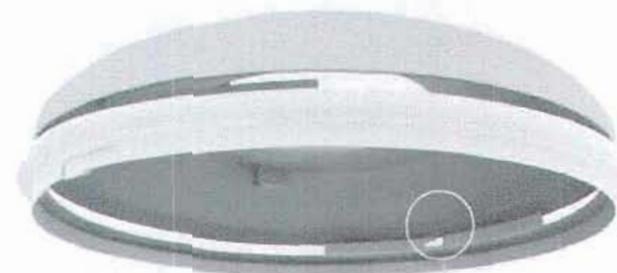
Imagen	Componente	Función	Materiales y acabados	Procesos
	Luminaria: carátula	-Soporte de difusor -Elemento visible	-ABS -Brillante: diferentes colores	Inyección
	Difusor	- Difuminar la luz (natural y artificial)	-Polycarbonato opalino translúcido	Inyección
	Luminaria: soporte/difusor	-Fijación al housing -Soporte de lámparas -Soporte de luminaria	-Polycarbonato opalino translúcido	Inyección
	Housing (cubierto/reflector)	-Protección (cubierta) -Ayuda a concentrar la luz para difundir una mayor cantidad	-ABS -Blanco mate	Inyección

	Cono reflector	-Difundir la luz en el interior de la luminaria	-Polipropileno blanco mate -Alambre metálico	Corte, doblado y remachado
	Tubo	-Conducción de luz natural a través de rebotes	-Lámina galvanizada recubierta en el interior con una película reflejante	Rolado

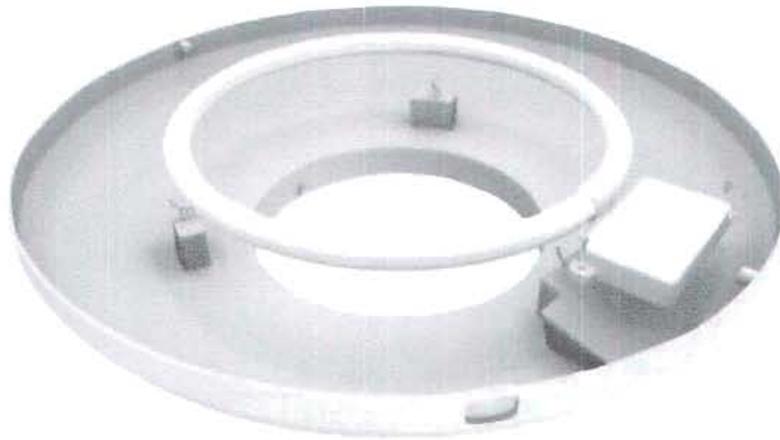
Ensamblajes: ensamble bayoneta



SopORTE/difusor y carátula



SopORTE/difusor y cubierta



CAPTADOR

Se seleccionó la propuesta de captador circular.

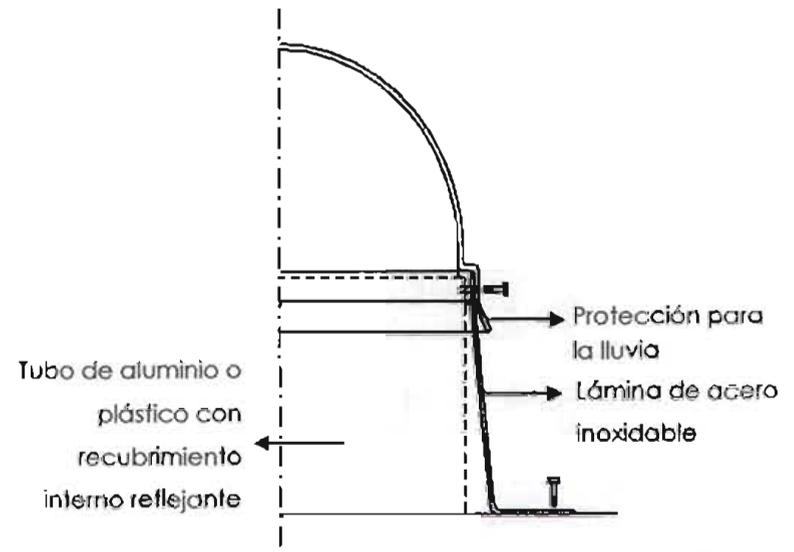
Características:

-Como pudimos apreciar en la investigación, la configuración circular es la que nos permite mayor recepción de luz (en cuanto al domo) y mejor reflexión (en cuanto al tubo).

-De igual forma, la instalación puede resultar más sencilla.



Acrílico esférico



VI. Desarrollo de proyecto

Desarrollo del proyecto

VI.1. LUMINARIA.

Selección

Se eligió la última propuesta principalmente por los materiales y los diferentes procesos utilizados actualmente en la fabricación de luminarias. Como se mencionó anteriormente, la tecnología en el campo de la iluminación avanza rápidamente y cada vez se requiere de piezas que se ensamblen con mayor facilidad y cuyo reemplazo de lámpara y otros componentes sea más sencillo.

La inyección de plástico se justifica, no sólo por tratarse de un producto especializado, sino por la demanda que podría existir tanto a nivel nacional e internacional. Es claro que los objetos que se involucran con todo aquello que represente un ahorro energético y con ello, un ahorro económico, tendrán cada día mayor difusión y demanda.

Se conservó el uso de la lámpara fluorescente circular, ya que es la que nos proporciona una iluminación más uniforme y eficiente.

"La forma debería ser la consecuencia visual y natural de una idea, un proceso, un material, de una función o de una sensación" [10]

Una de las tendencias actuales en el diseño industrial es utilizar el plástico, dadas las modernas tecnologías, así como el hecho de que se puede lograr una infinidad de formas que armonizan con el medio y con los requerimientos del bien a producir.

[10] Jasper Morrison

Justificación

Se eliminaron dos piezas y se conservó un solo difusor. Esto simplificó el ensamble de la luminaria y, sobre todo, significó un ahorro económico.

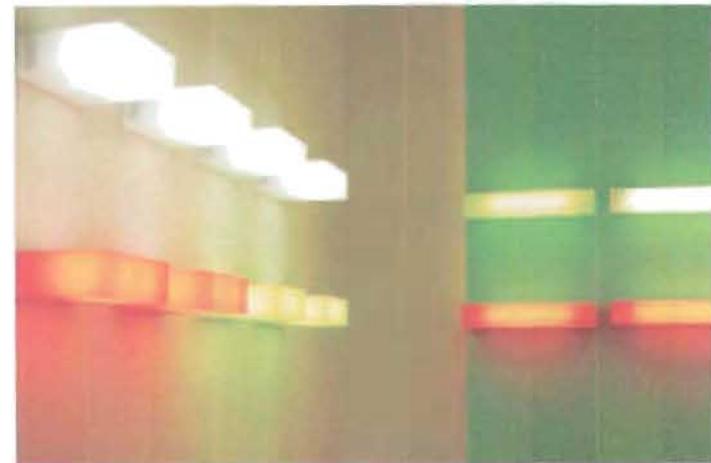
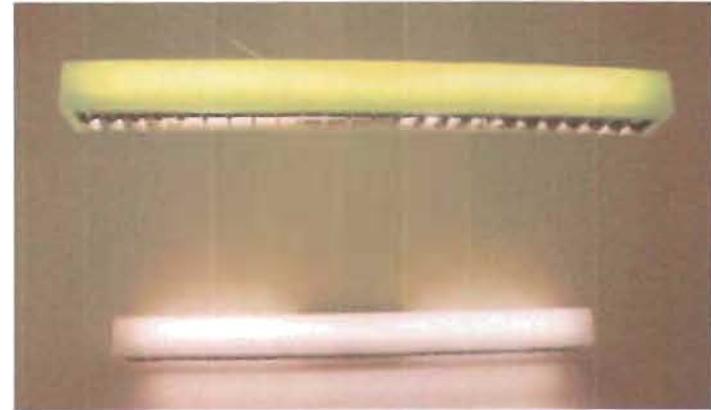


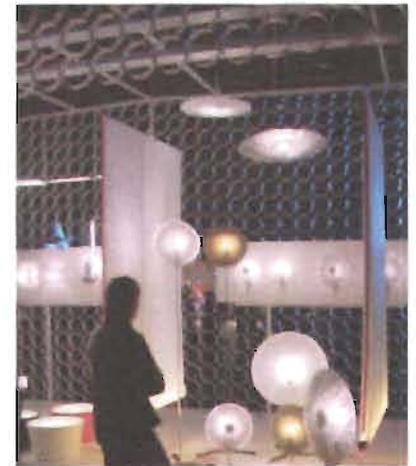
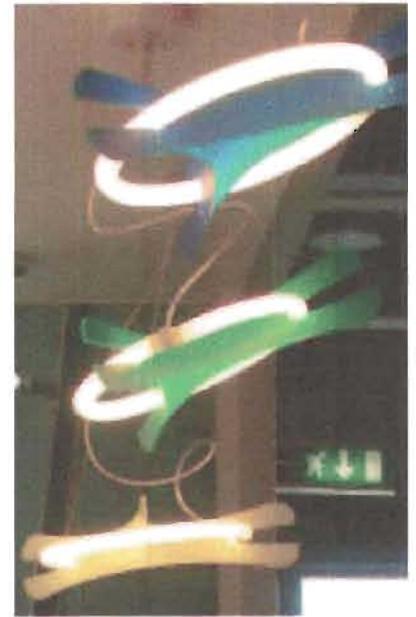
De igual forma se modificó la cubierta eliminando estos espacios que en el exterior no tenían funcionalidad y que, a pesar de no ser visibles, podían acumular polvo y complicar el molde.

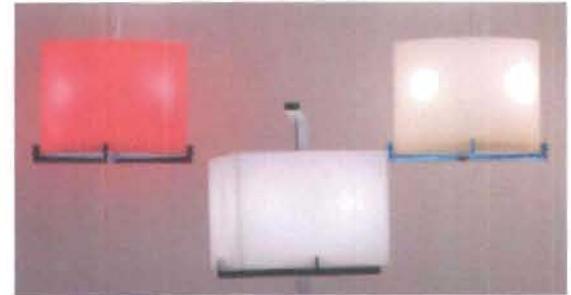


Se conservan los ensambles tipo bayoneta.

Estos son algunos ejemplos de lo más nuevo en luminarias. La tendencia es minimizar la estructura para dejarle toda la importancia a la luz. En muchas ocasiones la estructura la conforma el mismo difusor (toda la luminaria se convierte en un cuerpo luminoso).











Materiales y procesos de manufactura

Imagen	Componente	Función	Materiales y acabados	Procesos
	Difusor	<ul style="list-style-type: none"> -Elemento visible -Difunde la luz -Cubre y protege los componentes 	-Policarbonato opalino translúcido blanco mate	Inyección
	Housing (cubierta/reflector)	<ul style="list-style-type: none"> -Elemento no visible -Protección (cubierta) -Ayuda a concentrar la luz para difundir una mayor cantidad 	-ABS blanco mate	Inyección



	<p>Cono reflector</p>	<p>-Difundir la luz en el interior de la luminaria</p>	<p>-Polipropileno blanco mate -Alambre metálico</p>	<p>Corte, doblado y remachado</p>
	<p>Tubo</p>	<p>-Conducción de luz natural a través de rebotes</p>	<p>-Lámina galvanizada recubierta en el interior con una película reflejante</p>	<p>Rolado</p>



difusor



housing (cubierta/reflector)



cono y tubo



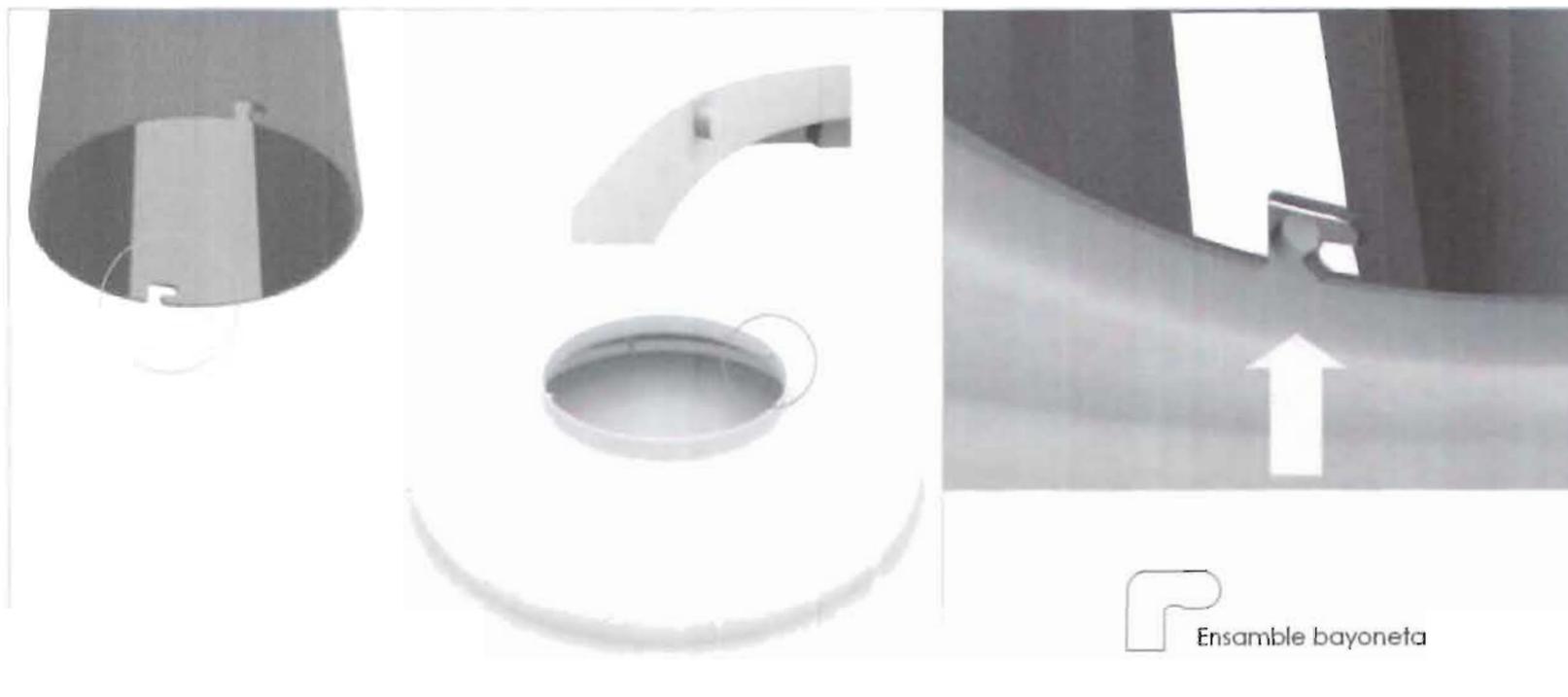
ensambles

Difusor ↔ Housing/cubierta



ensambles

Housing/cubierta ↔ Tubo



ensambles

Lámpara/balastro ↔ Housing

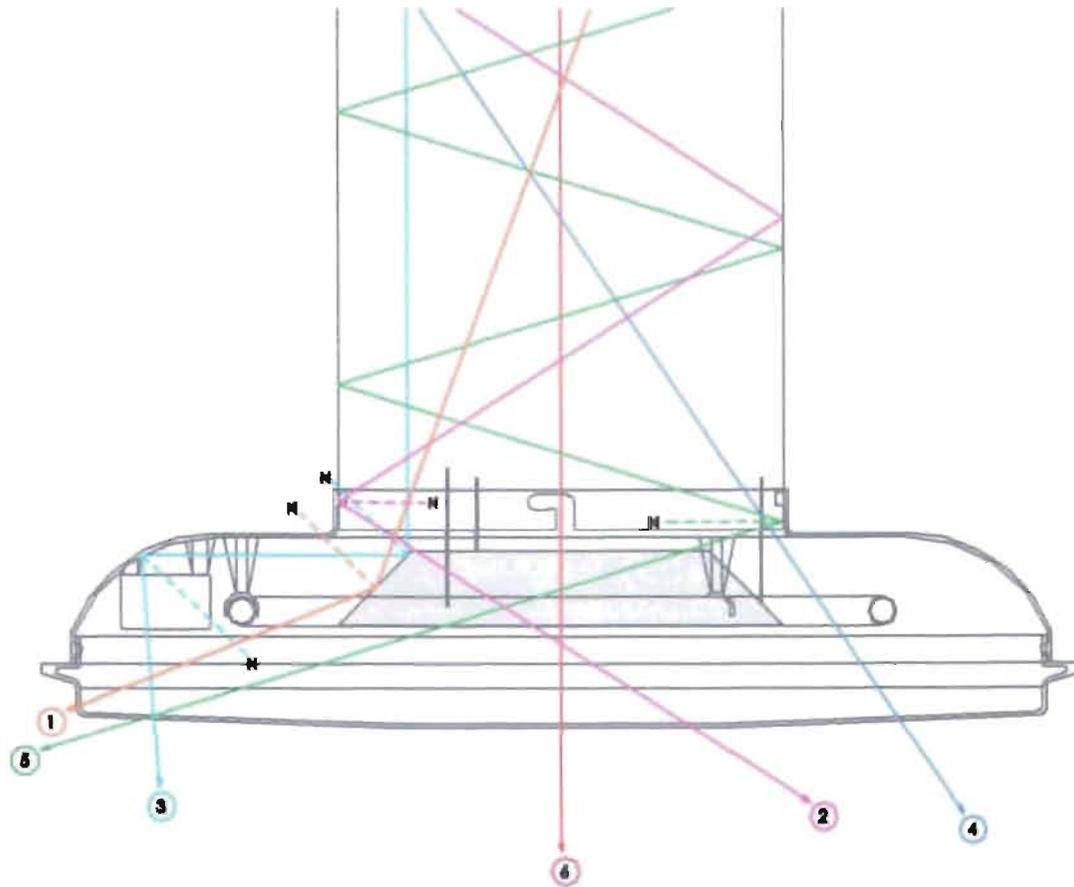


1. Lámpara circular de 50w, $\varnothing 16\text{mm}$ (tubo), $\varnothing 373\text{mm}$ (exterior), 4250 Lm.
2. Balastro electrónico para lámpara fluorescente circular
3. Soportes de lámpara circular comerciales

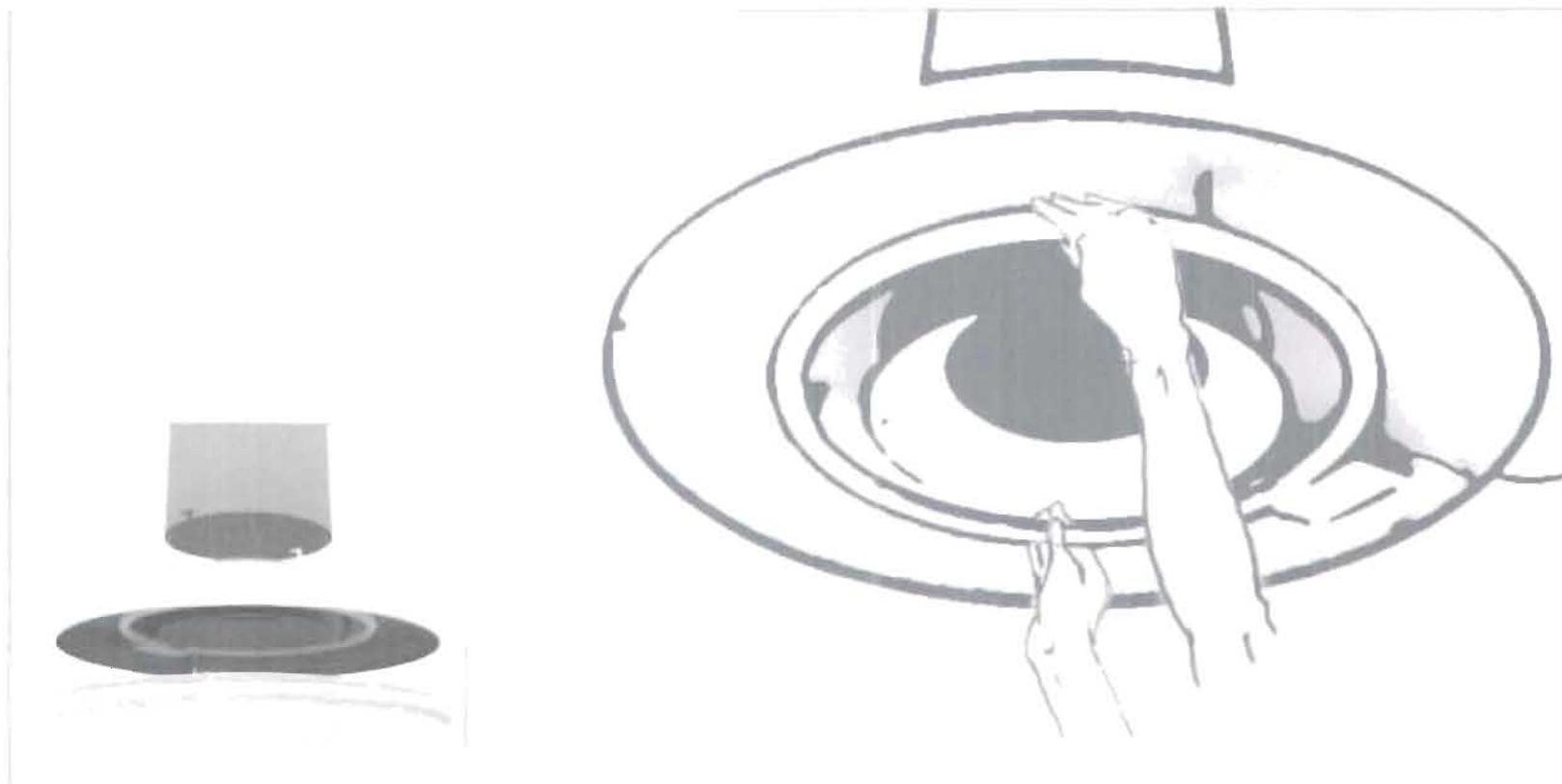
ensembles



En el siguiente dibujo se muestra el análisis del supuesto comportamiento de seis diferentes rayos de luz desde su entrada al tubo hasta su salida al espacio interior del inmueble. Cabe destacar la importante función que desarrolla el cono al reflejar la luz y difuminarla en un diámetro mayor debido a la inclinación de su superficie lateral, la que con su acabado blanco mate, refleja la luz que incide en ella hacia todas direcciones. El mismo efecto acontece en las superficies internas del housing/cubierta, las que por su curvatura, difuminan la luz hacia el espacio interior.



reemplazo de lámpara



luminaria



VI.2. CAPTADOR

Selección

Finalmente, y gracias a los estudios realizados, pudimos ver que la mejor configuración para el captador es la circular. En cuanto al domo, se conservó lo esférico pero se incorporó una sección recta, cuya función explicaremos en la siguiente página.

Se eliminó el uso de tornillos con un ensamble mecánico igual que los utilizados en la luminaria (ensamble bayoneta). Esto facilita la instalación y brinda mayor protección en cuanto a la lluvia.

Se incorporó también una nueva pieza (a la que llamaremos adaptador) con el objetivo de facilitar la instalación, no sólo del captador, sino también del lumiducto (tubo conductor de luz natural).

Uno de los objetivos principales fue el de simplificar el producto para eliminar la imagen que existe de captadores improvisados.



Llegada y comportamiento de la luz al incidir en el domo captador

En la azotea de un inmueble, arriba del espacio interno que se pretende iluminar, asoma el domo captador de la luz, que es un cuerpo de acrílico constituido por un casquete esférico de radio igual a 13.5cm y cuyo centro coincide con el centro del tubo circular que conduce a la luz hacia el interior.

Como se observa en la figura 1, justo a la mitad del radio de la esfera, medido en forma vertical, se traza una horizontal y donde corta a la esfera en su superficie lateral, el cuerpo toma la forma de cono truncado, cuya circunferencia inferior es la abertura del tubo y la superior de 23 cm.

La razón del cono truncado en lugar de terminar la semiesfera y hacerla coincidir con el tubo es que su superficie recta y su interior "dentado" (figura 2) ayudan definitivamente a meter los rayos del sol al tubo.

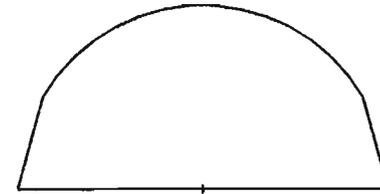


Figura 1

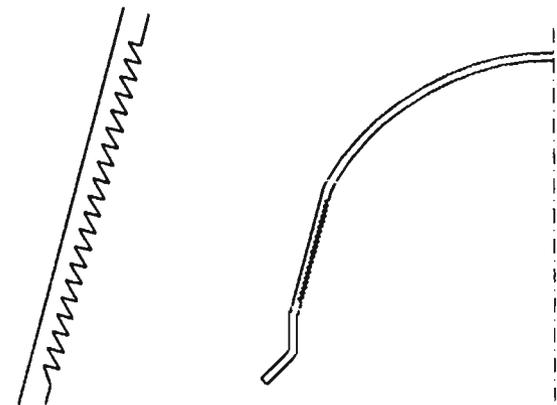
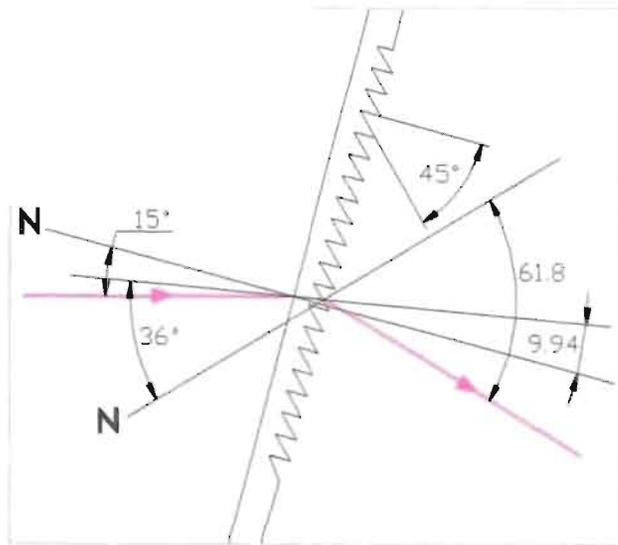
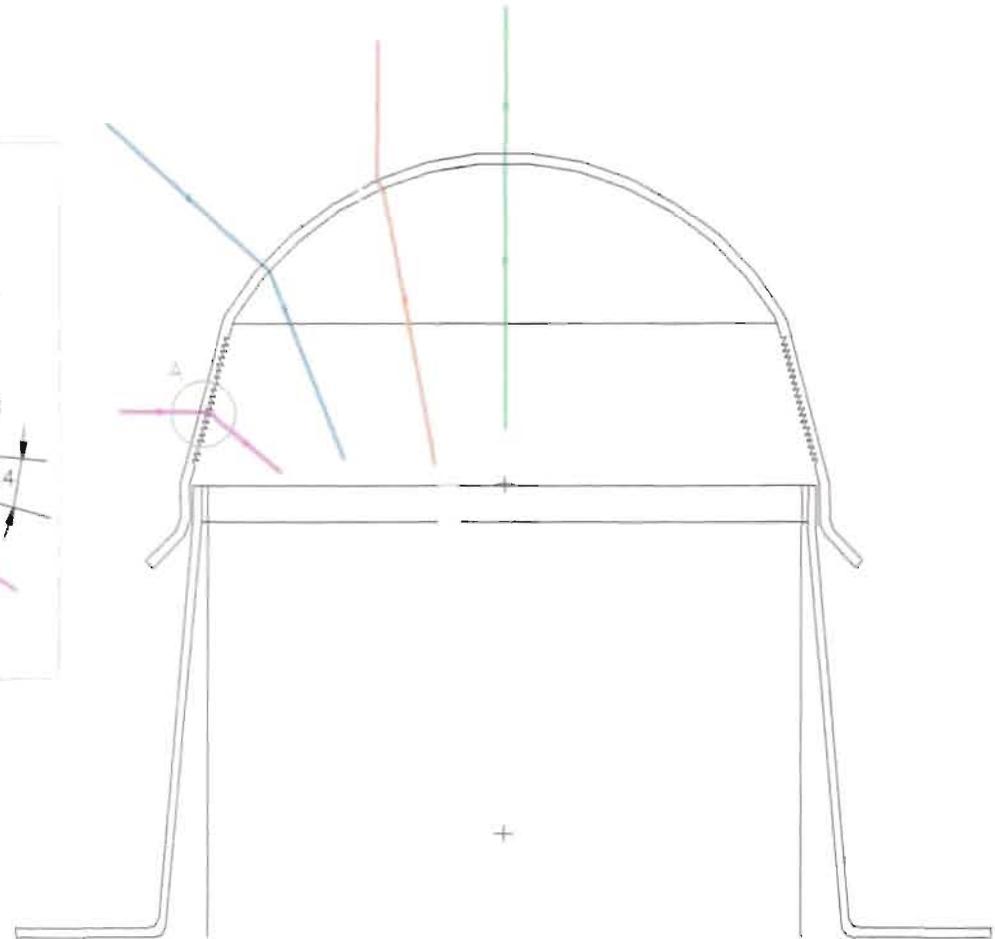


Figura 2

En la figura se ilustra la forma como algunos rayos llegan a la superficie del cuerpo deacrílico y cómo entran en él y se dirigen al tubo, lo que los conducirá con una serie de reflexiones, hasta cumplir su fin último que es iluminar, sin producir calor, el quehacer de los seres humanos que realizan su quehacer en el interior del inmueble.



Detalle A



A pesar de tomar en consideración lo dicho con anterioridad en el sentido de que el sol está tan lejos que se considera que los rayos llegan paralelos a la superficie en estudio, se analizarán tres "momentos" del día: muy temprano cuando los rayos del sol son paralelos a la superficie de la azotea; a media mañana cuando los rayos inciden a una inclinación con respecto de los anteriores; y al medio día cuando los rayos llegan perpendiculares a la azotea. Se supone que en la tarde se presentarán los primeros dos "momentos" y se comportarán de la misma forma y por ello se omiten. Los rayos de los tres "momentos" que inciden en la superficie recta y en la esférica, experimentan una serie de refracciones que en su inmensa mayoría los conducen al interior del tubo. La superficie "dentada" ayuda a la refracción hacia adentro, cambiando significativamente la dirección de los rayos que inciden a la superficie del acrílico. Estas dos superficies -la cilíndrica y la esférica- están limitadas por dimensiones tales que propician una mejor incidencia y refracción de la luz del sol.

Para las refracciones se utiliza la ley de Snell pero se omiten las operaciones matemáticas que son semejantes a las realizadas con anterioridad.

Es digno de mención que en el caso de la esfera, ésta se comporta como lente convergente, por lo que los rayos, al atravesarla, tienden a converger, lo que ocasionaría que después de pasar por sus puntos, prácticamente todos los rayos entran al tubo. Si todo el dispositivo de captación fuera esférico, es decir, sin su parte recta y dentada por dentro, ocasionaría que muchos rayos, al incidir con un gran ángulo de refracción, ocasionarían una considerable reflexión hacia el exterior y una pequeña refracción hacia el interior. Es sabido que a mayor ángulo de incidencia, mayor es la reflexión y en consecuencia menor la refracción.

En países que se ubican muy al sur o al norte del ecuador se recomendaría colocar un espejo curvo en lugar de la parte de la superficie dentada que está de frente y perpendicular al movimiento del sol y de esta manera se captaría más luz durante todo el día.

Ejemplos



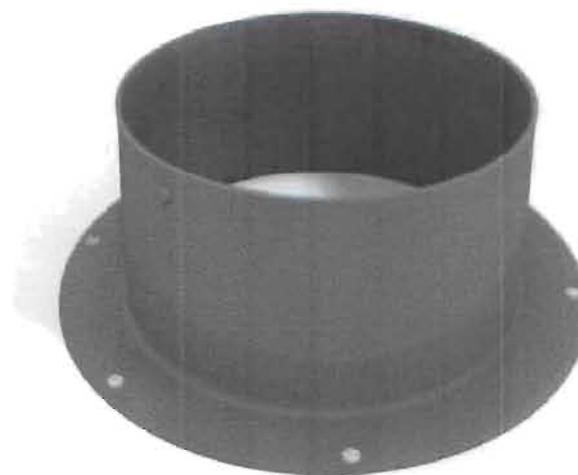
Materiales y procesos de manufactura

Imagen	Componente	Función	Materiales y acabados	Procesos
	Domo (captador)	-Recibir los rayos solares	-Policarbonato o acrílico de alto impacto -Transparente	Inyección
	Flashing (base)	-Soportar al domo -Cubrir y proteger el tubo -Se fija al techo o azotea	-Polipropileno -Negro mate	Inyección
	Adaptador	-Entra en la perforación de la losa para lograr que el tubo embone -A través de él se fija el tubo a la losa -En él se fija el flashing	-Polipropileno -Negro mate	Inyección

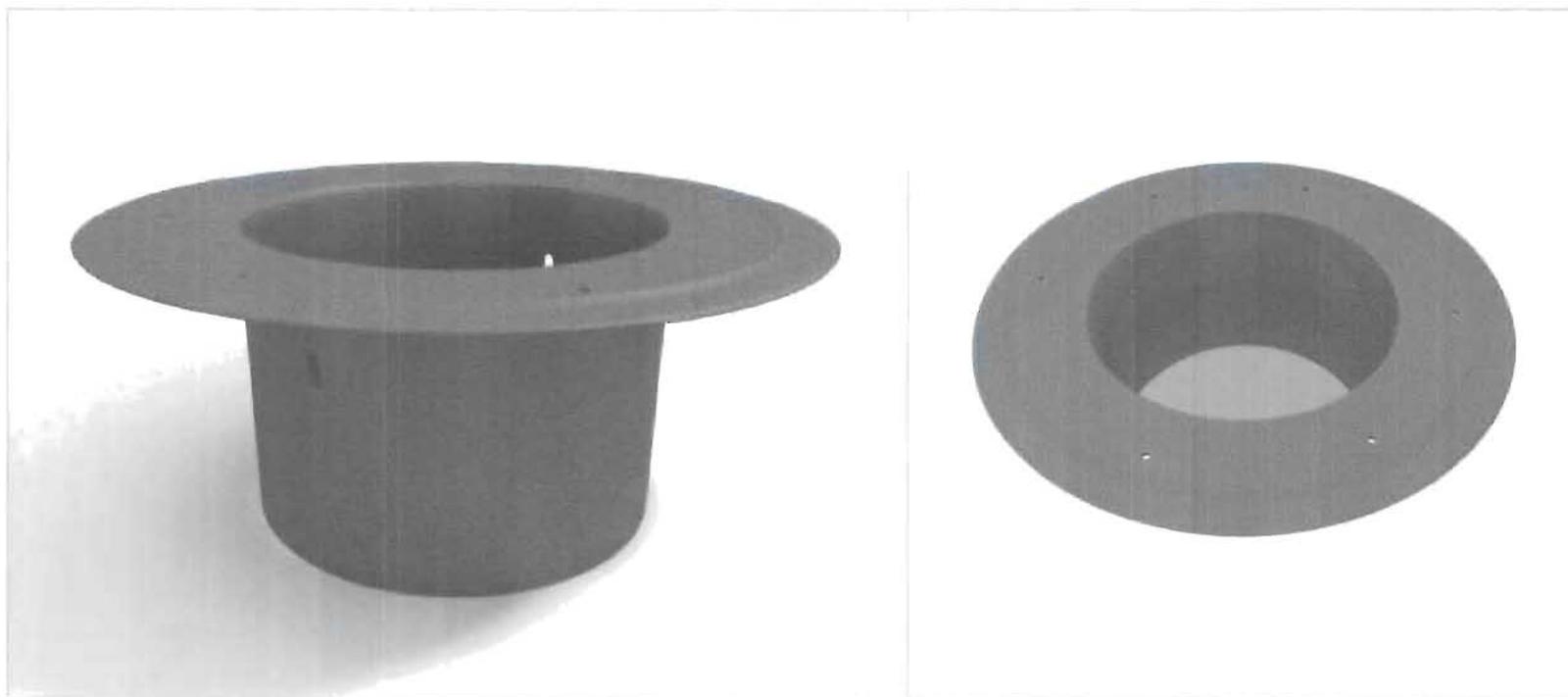
domo



flashing/base



adaptador

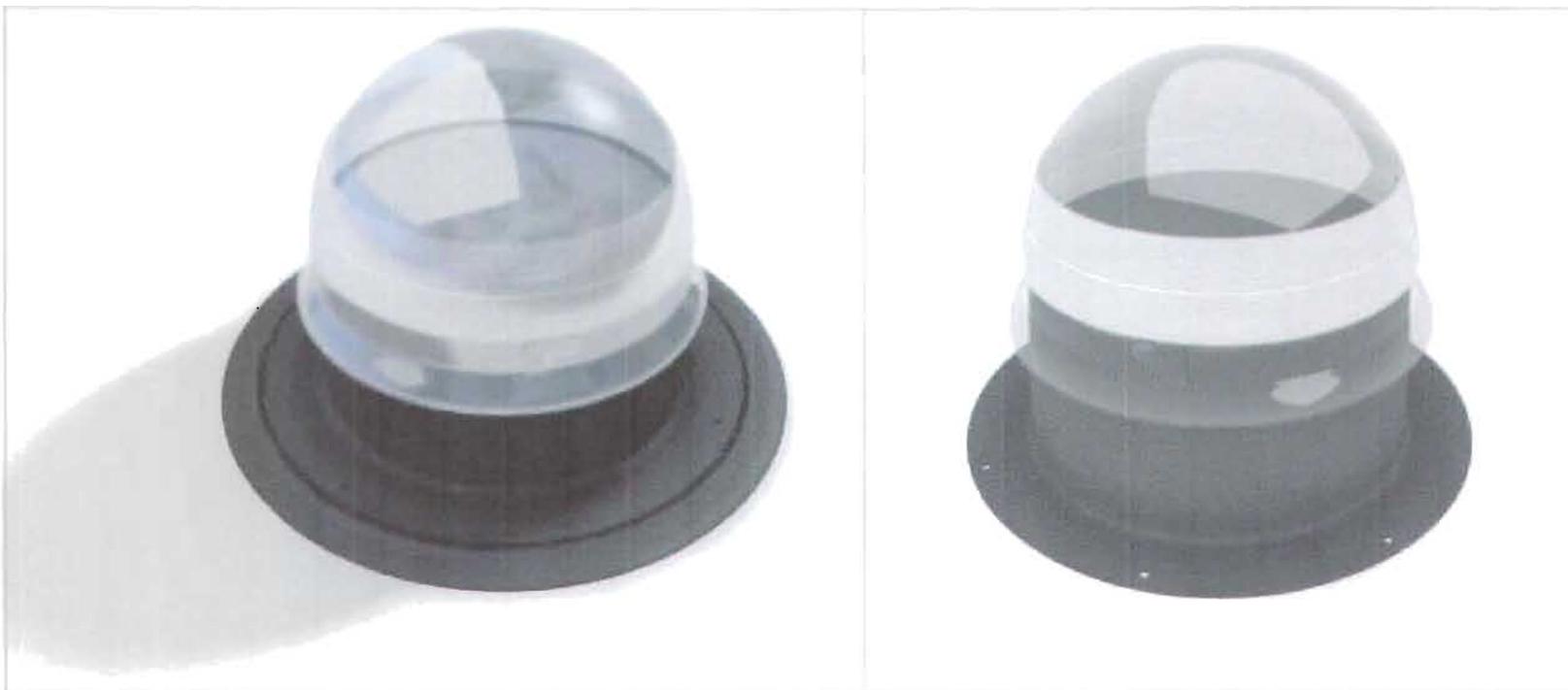


ensambles

Domo ↔ Base (flashing)



captador



instalación

Instalación del tubo de luz natural

Hueco en la losa

A) En un inmueble nuevo

Al momento de colar la losa hay que hacer una preparación para dejar libre el paso del tubo conductor de luz natural. Convencionalmente se utilizan tubos de PVC como guía, cilindros hechos con láminas de poliestireno o algún otro método que generalmente ingenian los encargados de la instalación. Para evitar esto se diseñó un adaptador (figura A) que facilita el proceso.



Figura A

B) En un inmueble construido

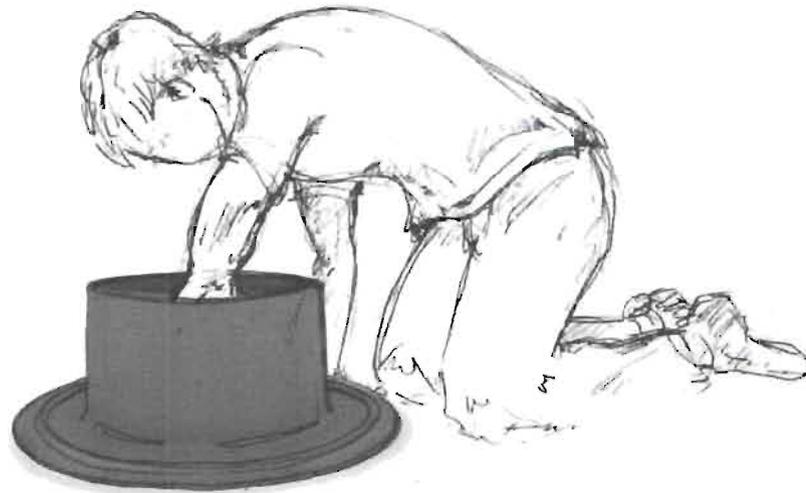
Se perfora la losa para hacer un hueco de un diámetro 4 ó 5cm mayor al del tubo conductor de luz. Posteriormente, hay que cimbrar por debajo y colar con mortero cemento-arena alrededor de nuestro adaptador.

Fijación del tubo

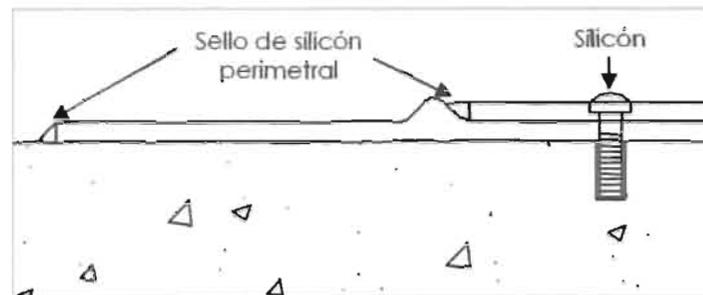
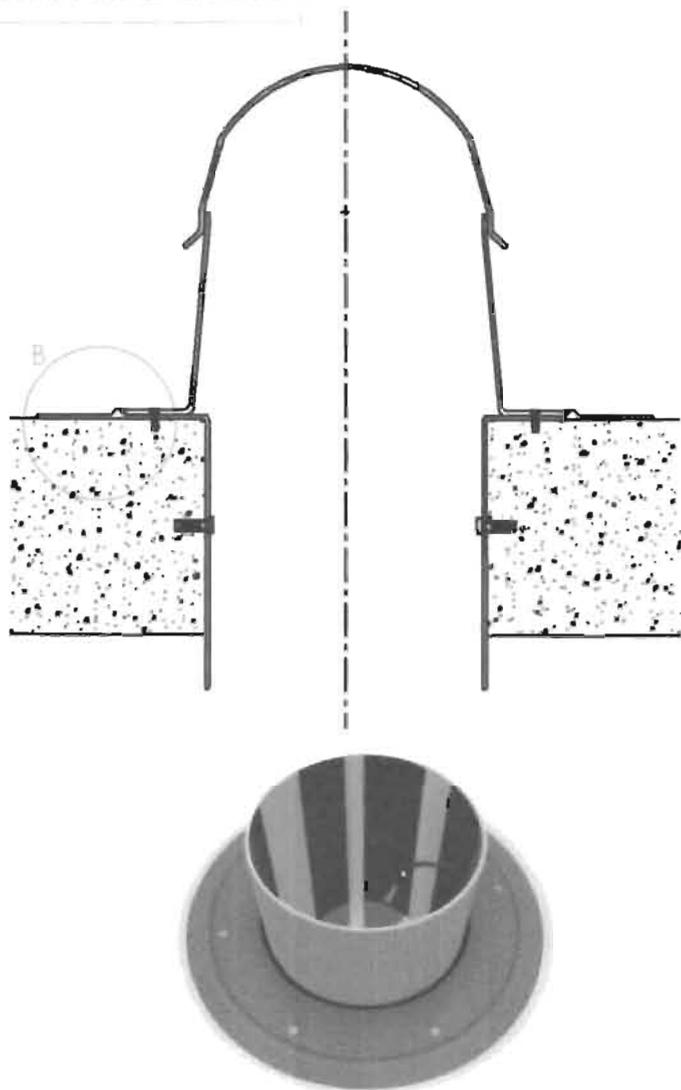
La primera sección del tubo, forzosamente **recta**, tiene que fijarse a la losa con tornillos. Se recomienda taladrar con broca para concreto y colocar **taquetes** plásticos. Se colocarán 3 tornillos perimetralmente.

Sistema de sellado

Es necesario asegurar que no haya filtraciones de agua al interior del edificio a través del captador. El adaptador se fijará por encima de la capa de impermeabilizante con tornillos y taquetes plásticos. Es indispensable posteriormente sellar con **silicón** sobre la cabeza del tornillo. Se sellará también con silicón perimetralmente alrededor de la base/**flashing**.



instalación



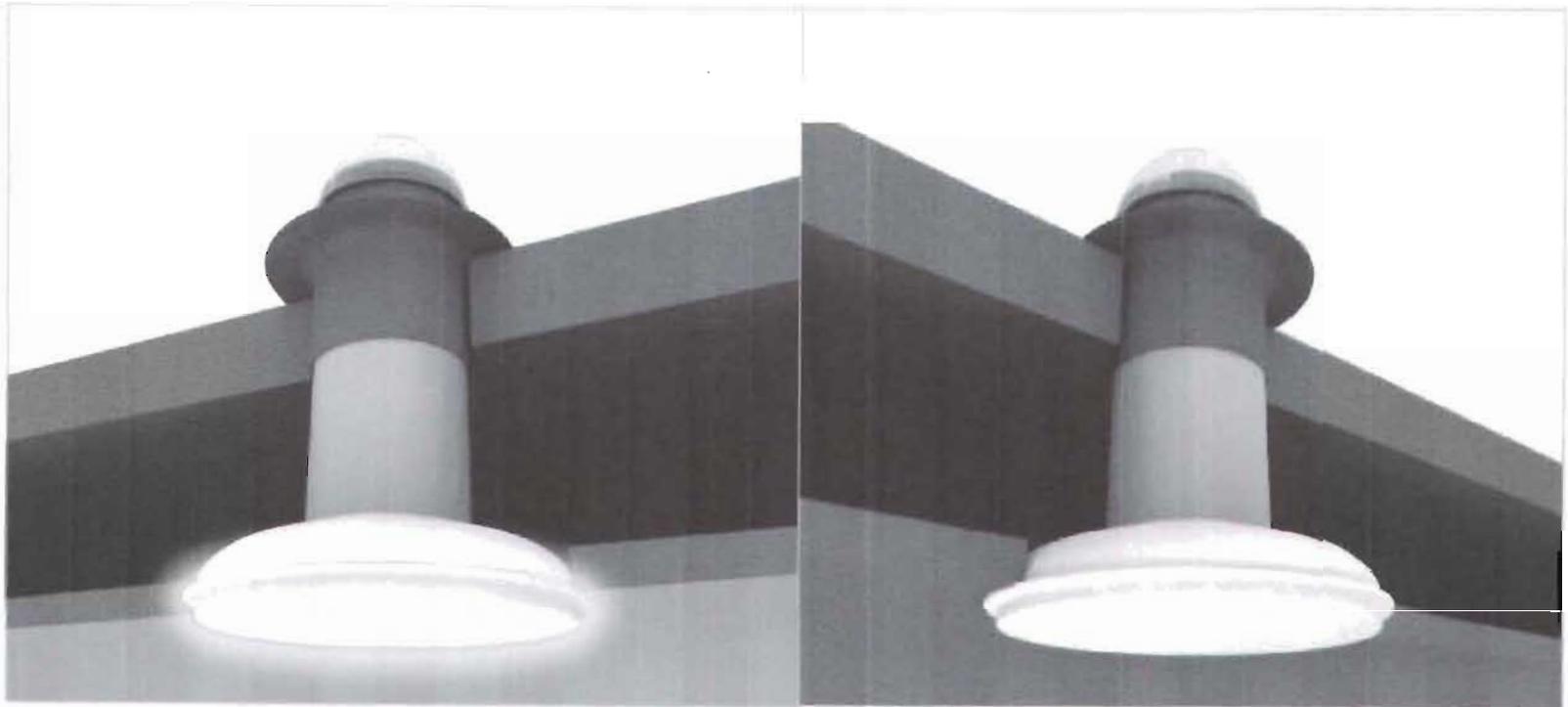
Detalle B



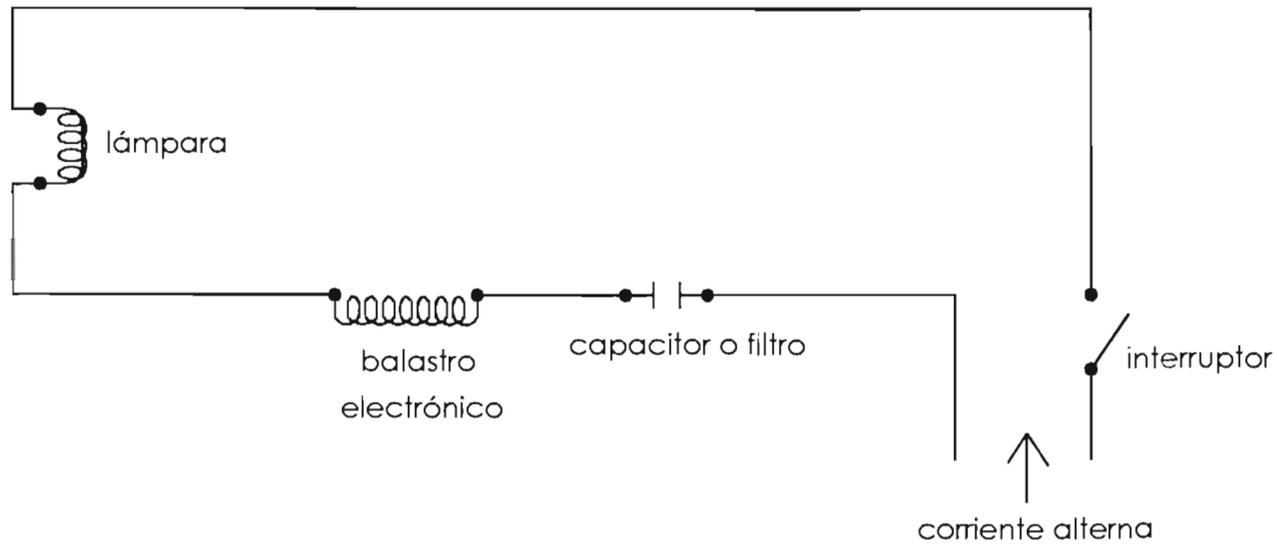
luminaria y captador



luminaria y captador



circuito eléctrico



- Balastro: La función es generar el arco eléctrico que requiere la lámpara durante el proceso de encendido y mantenerlo posteriormente, limitando también la intensidad de corriente que fluye por el circuito. Los más comunes trabajan conectados a una línea de suministro eléctrico de 110 a 220v de tensión de corriente alterna y 50/60hz de frecuencia. El empleo depende de las características del suministro eléctrico de cada país. En este caso se trata de un balastro electromagnético.

- Capacitor o filtro: Se utiliza para mejorar el factor de potencia de la lámpara para que pueda funcionar con mayor eficiencia.

Ambientación



Ambientación



VI.3. COSTOS



Producto fabricado en la Mediana Industria	
¿Cuántas luminarias voy a vender en un año?	20000
¿En cuánto vende la fábrica cada luminaria?	\$1,800
Dimensión del negocio	\$36,000,000

Costos		
	Por unidad	Anual
Materia prima	\$550.00	\$11,000,000.00
Mano de obra	\$88.40	\$1,768,000.00
Infraestructura	\$270.00	\$5,400,000.00
Desarrollo de producto	\$125.00	\$2,500,000.00
Venta	\$150.00	\$3,000,000.00
Total gastos	\$1,183.40	\$23,668,000.00
Utilidad	\$616.60	\$12,332,000.00

	Piezas diarias
210 días laborales	95

Materia prima		
	Por unidad	%
Luminaria	\$203.50	37
Tubo	\$165.00	30
Captador	\$181.50	33
Total	\$550.00	100

Mano de obra			
	Cuadrilla	Semanal	Anual
1	Ingeniero de planta	\$2,500.00	
1	Supervisor	\$1,600.00	
2	Obreros	\$1,000.00	
1	Peón	\$700.00	
	Total	\$6,800.00	
	Total para 5 cuadrillas	\$34,000.00	\$1,768,000.00

Infraestructura		
	Por unidad	%
Planta	\$54.00	20
Luz	\$13.50	5
Teléfono	\$5.40	2
Agua	\$5.40	2
Maquinaria	\$43.20	16
Moldes	\$54.00	20
Plantillas/Modelos	\$32.40	12
Transporte	\$21.60	8
Extras	\$40.50	15
Total	\$270.00	100

Desarrollo de producto		
	Por unidad	%
Tecnología	\$87.50	70
Diseño Industrial	\$36.90	30
Total	\$125.00	100

Venta		
	Por unidad	%
Diseño gráfico	\$75.00	50
Mercadotecnia	\$75.00	50
Total	\$150.00	100

1

2

3

4

5

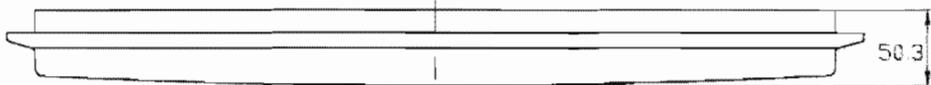
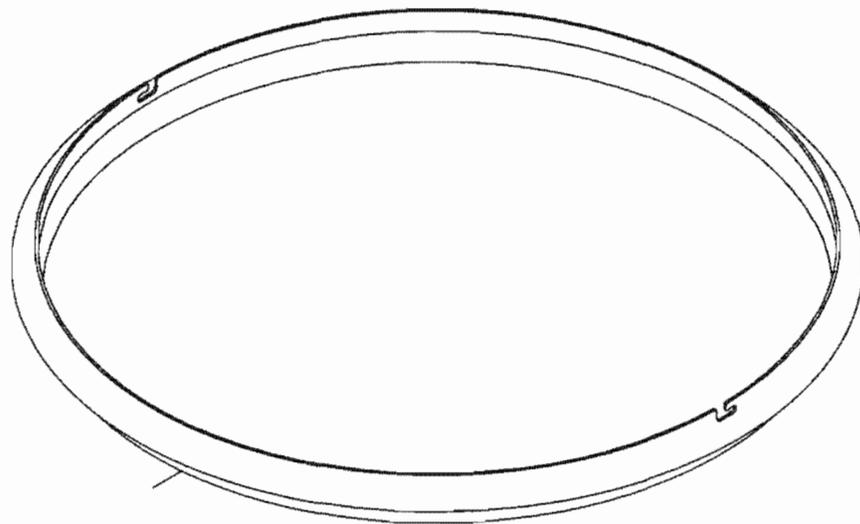
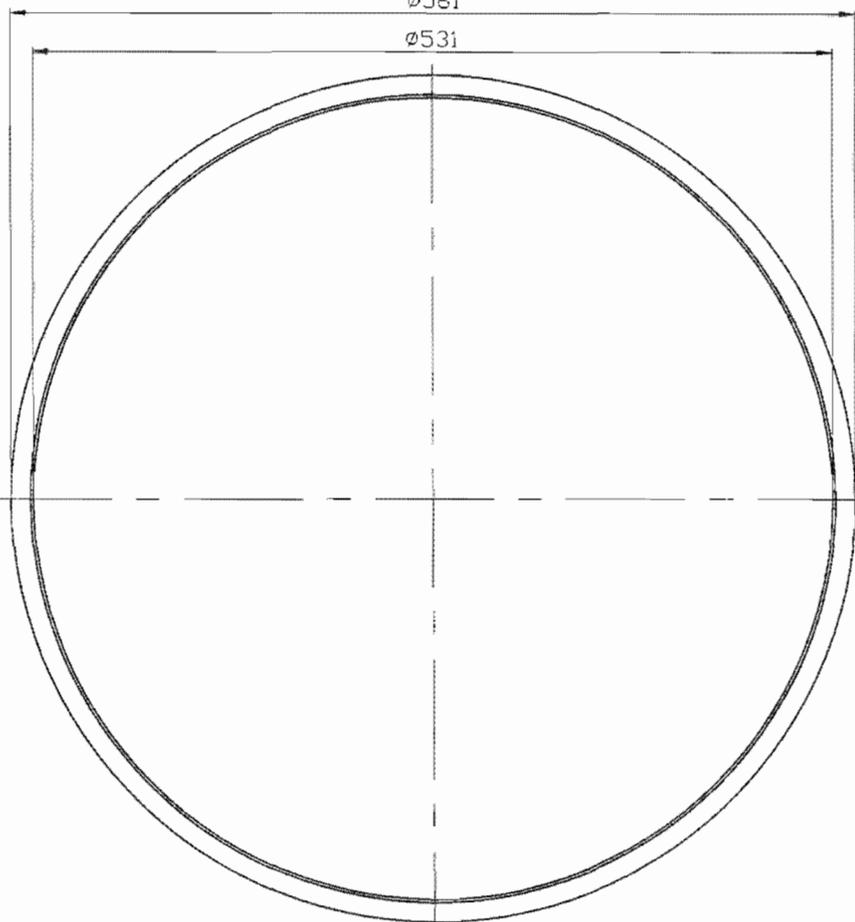
6

Ø561

Ø531

A

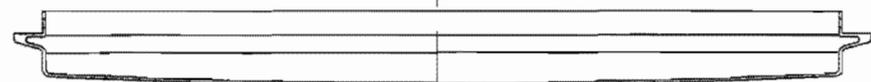
A



50.3



SECCIÓN A-A



CORTE A-A

ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ
GÓNGORA

CIDI - UNAM

fecha
25.ABR.05escala
1:5

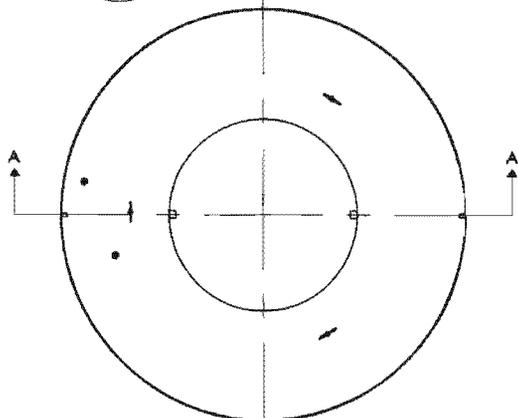
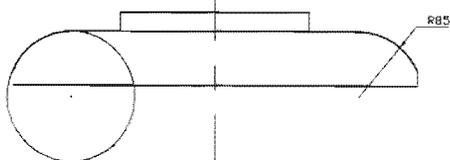
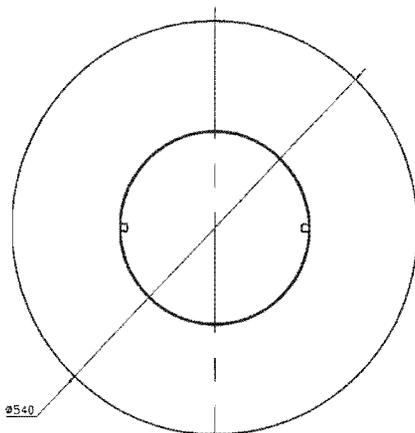
DIFUSOR



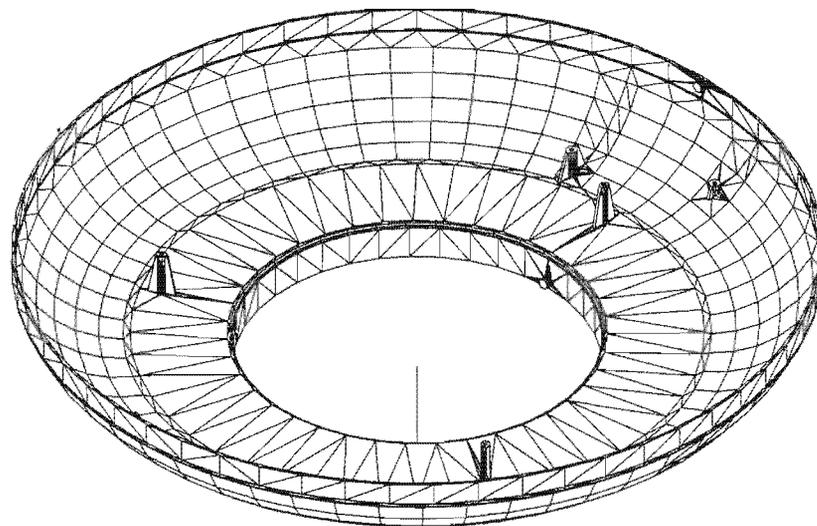
LUMINARIA

cotas
mm

1/4



CORTE A-A



ISOMÉTRICO escala 1:5

ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GÓNGORA	CIDI - UNAM	fecha 25.ABR.05	escala 1:10
HOUSING/CUBIERTA (CON LÁMPARA)			
LUMINARIA		cotas mm	2/4

1

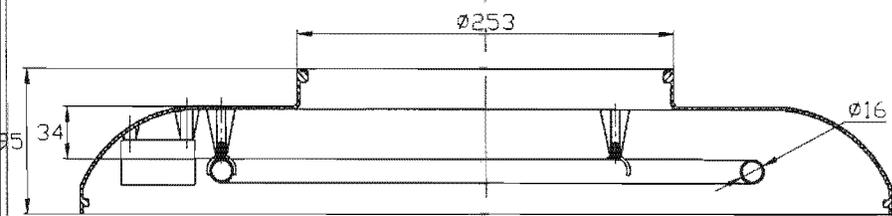
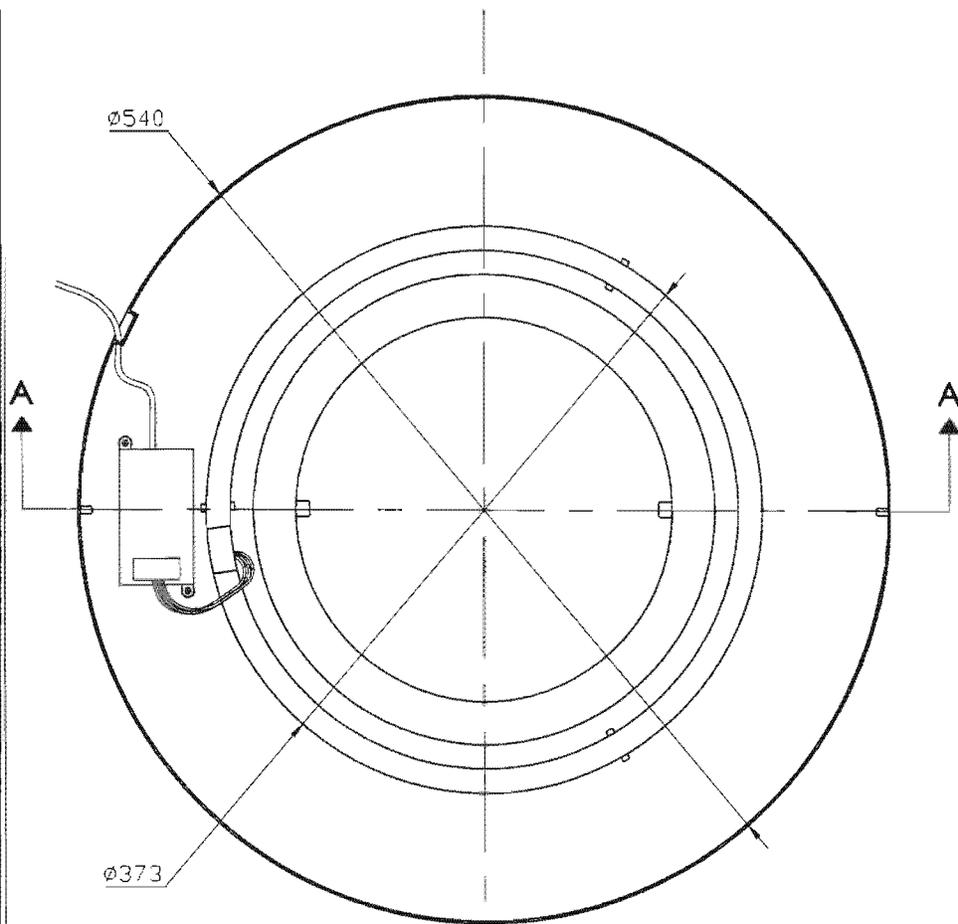
2

3

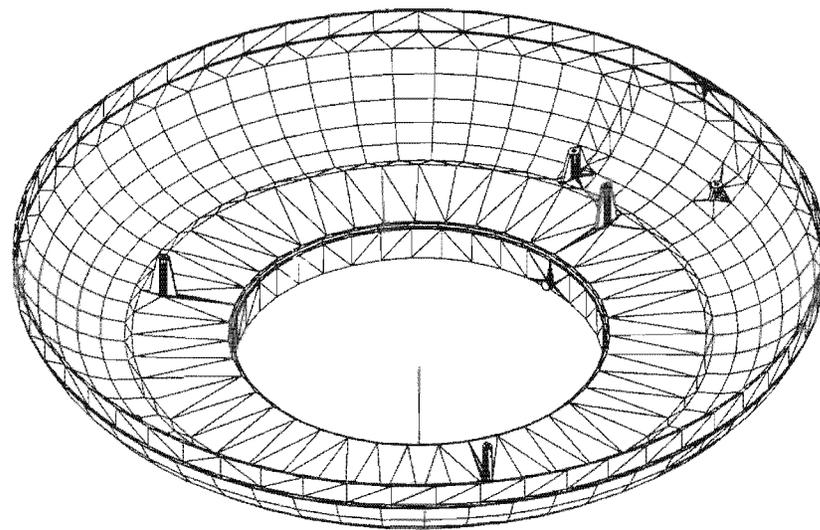
4

5

6



CORTE A-A



ISOMÉTRICO escala 1:5

ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ
GÓNGORA

CIDI - UNAM

fecha
25.ABR.05escala
1:10

HOUSING/CUBIERTA (CON LÁMPARA)



LUMINARIA

colas
mm

3/4

1

2

3

4

5

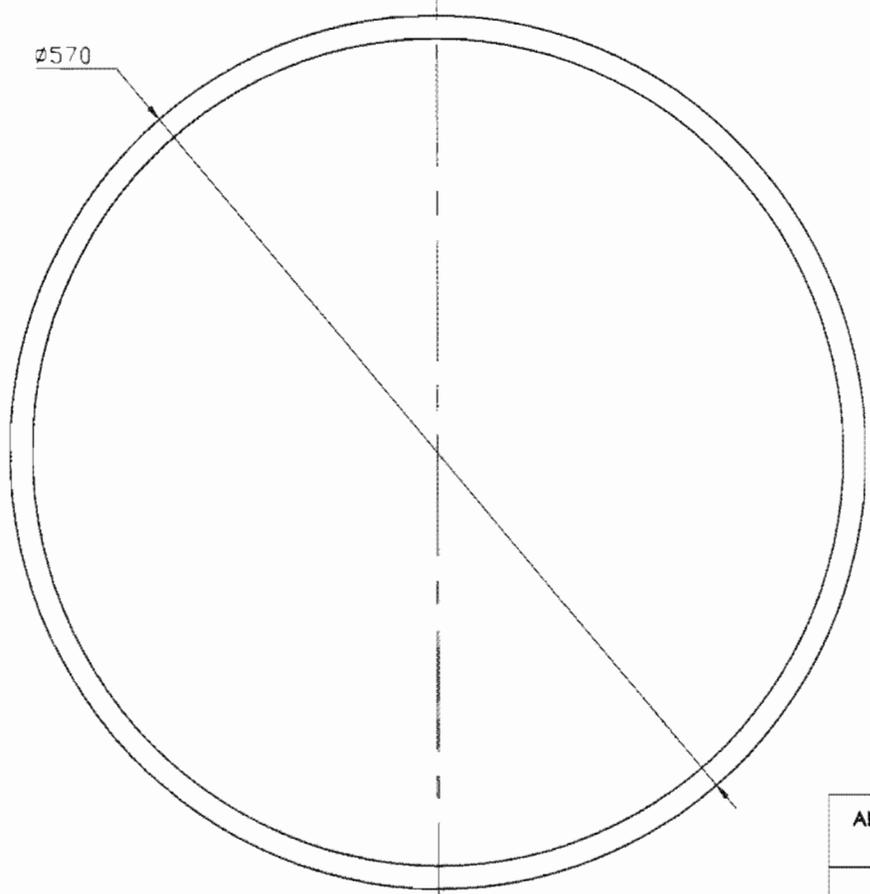
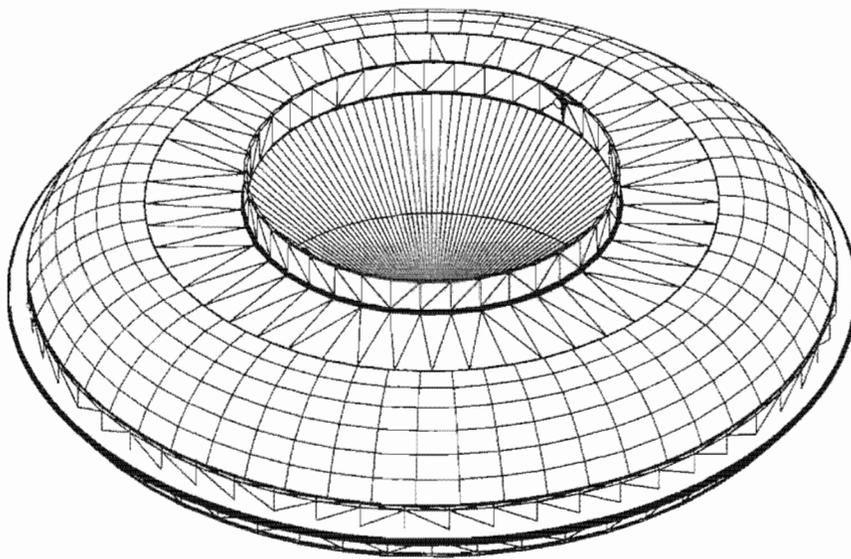
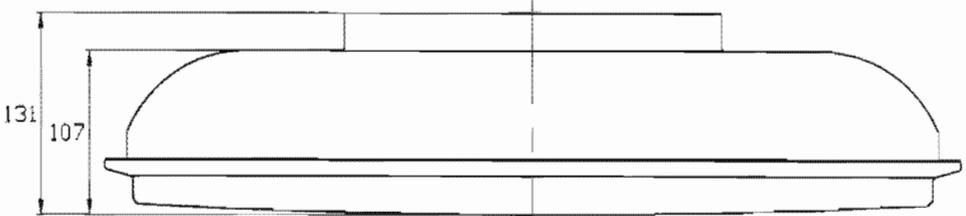
6

A

B

C

D



ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GÓNGORA	CIDI - UNAM	fecha 26.ABR.05	escala 1:3
LUMINARIA			
LUMINARIA		cotas mm	4/4

1

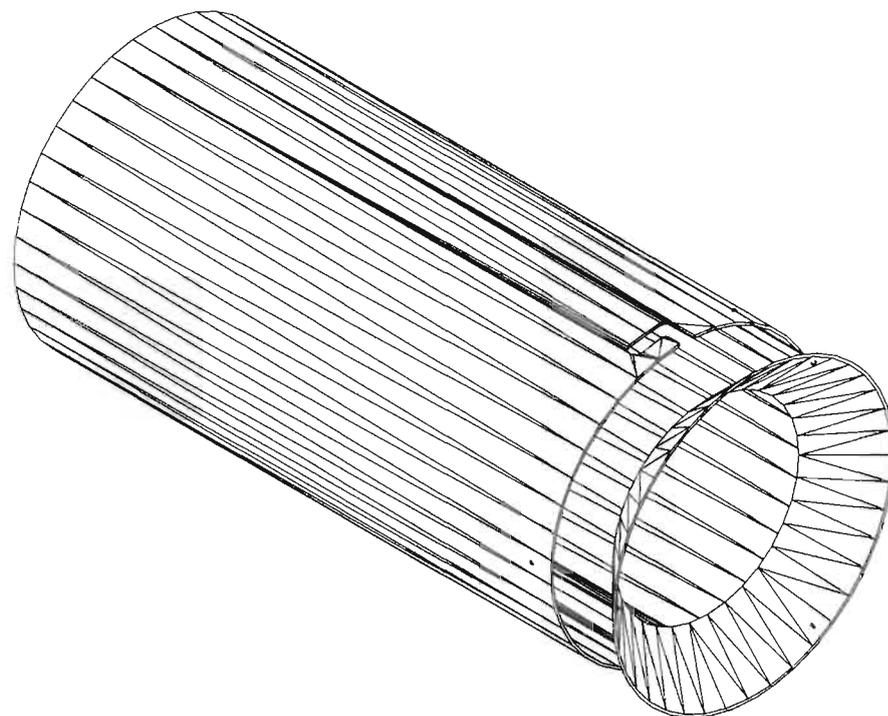
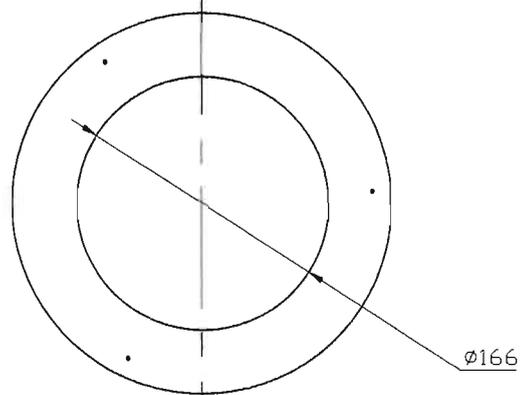
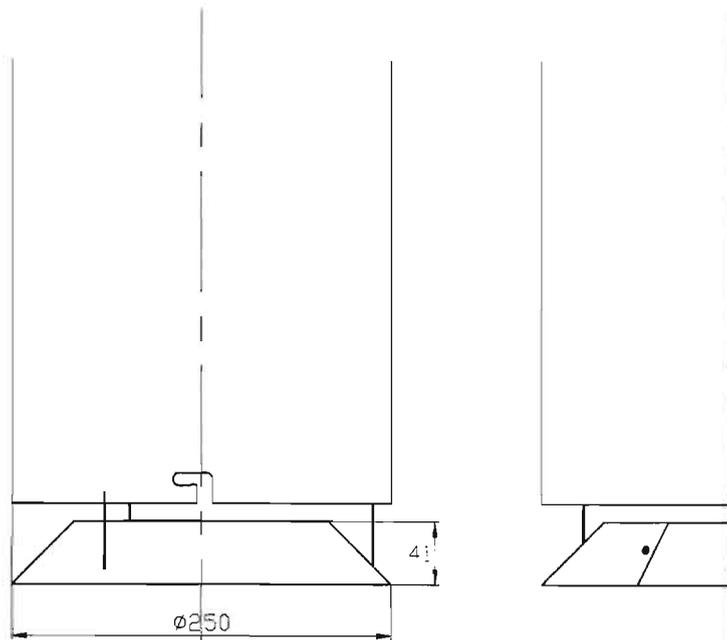
2

3

4

5

6



ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GÓNGORA	CIDI - UNAM	fecha 25.ABR.05	escala 1:5
TUBO Y CONO			
LUMINARIA		cotas mm	1/1

A

B

C

D

1

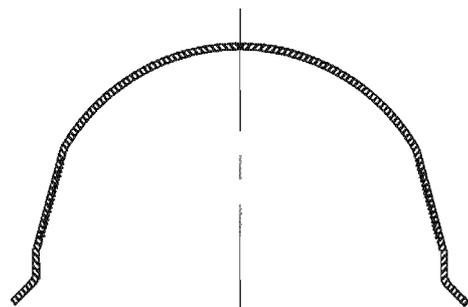
2

3

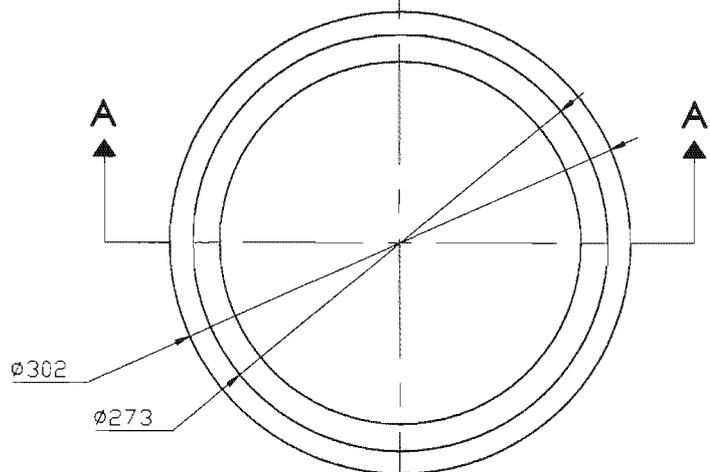
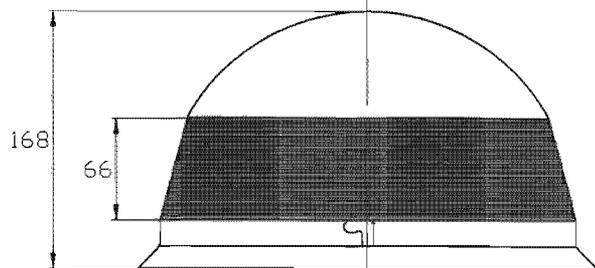
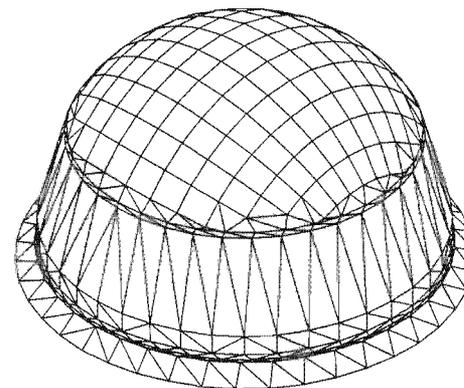
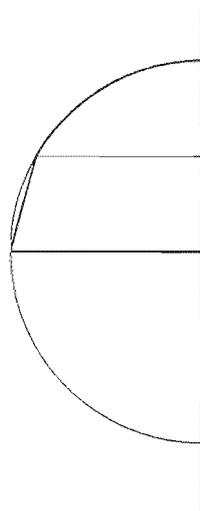
4

5

6



SECCIÓN A-A



ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ
GÓNGORA

CIDI - UNAM

fecha
25.ABR.05

escala
1:5

DOMO



CAPTADOR

cotas
mm

1/4

1

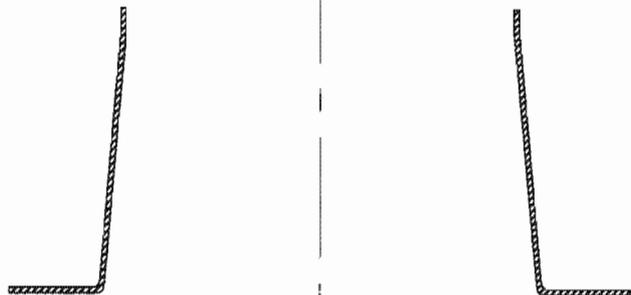
2

3

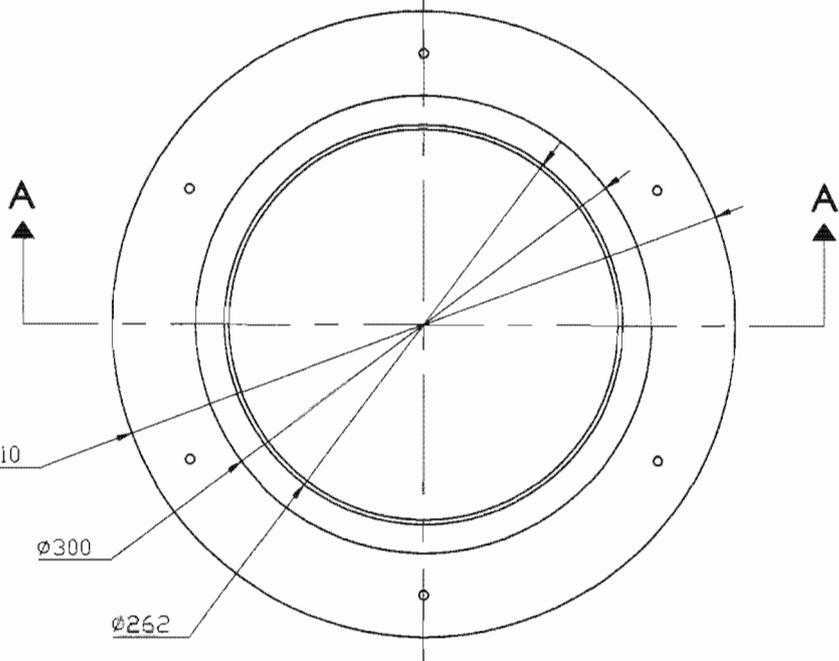
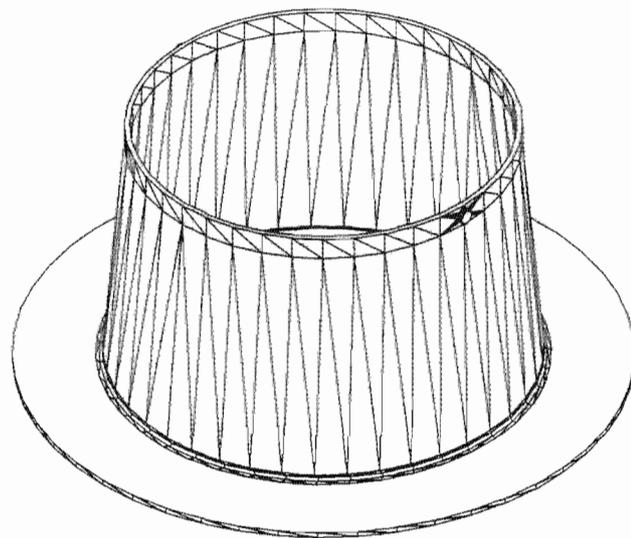
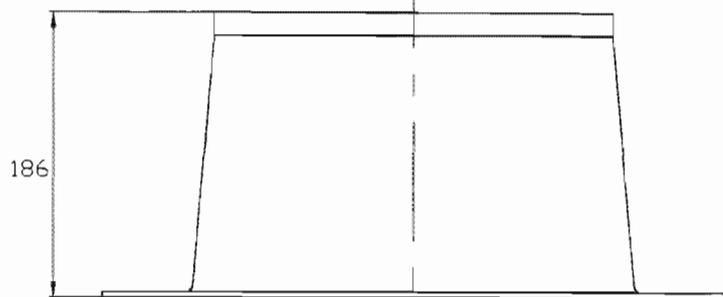
4

5

6



SECCIÓN A-A



ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GÓNGORA	CIDI - UNAM	fecha 25.ABR.05	escala 1:5
FLASHING/BASE			
CAPTADOR		cotas mm	2/4

A

B

C

D

1

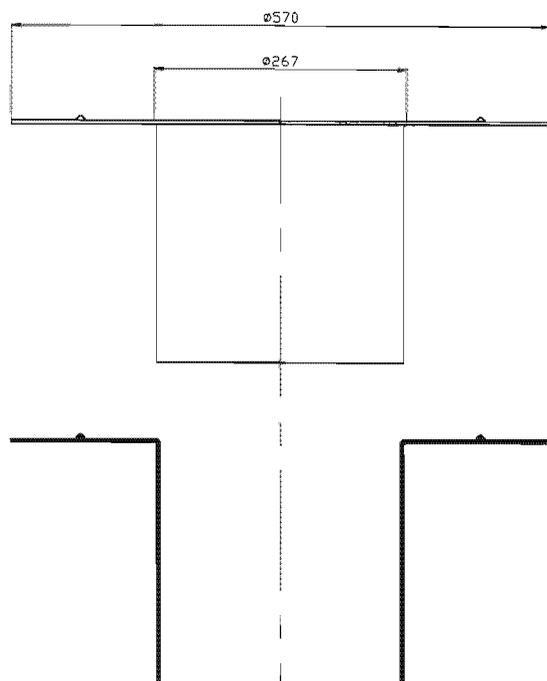
2

3

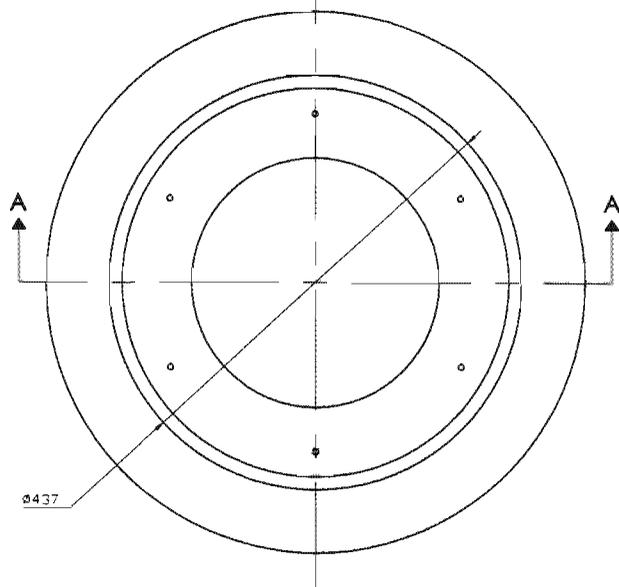
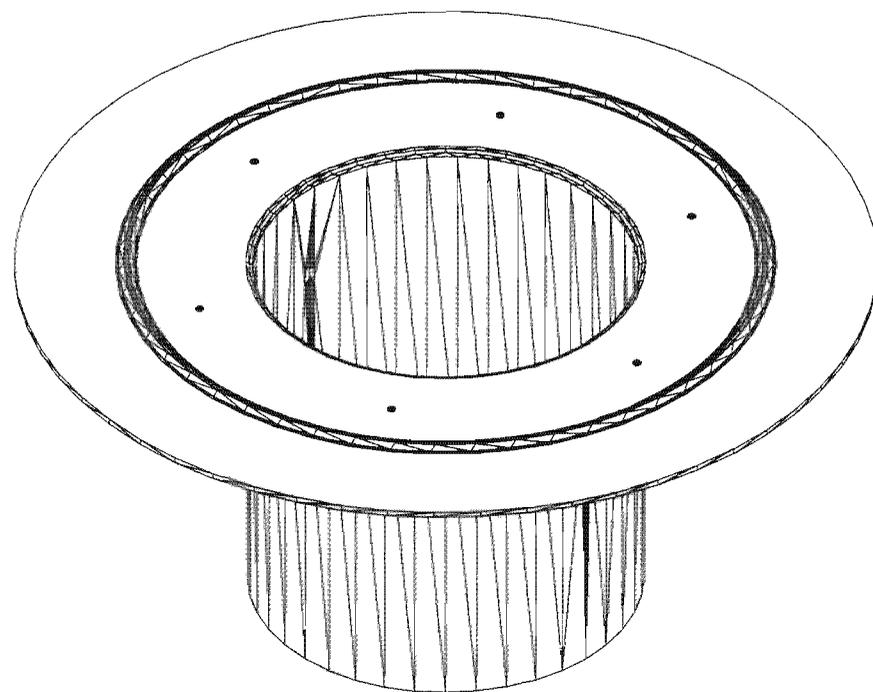
4

5

6



SECCIÓN A-A


 $\varnothing 437$

 ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ
 GÓNGORA

CIDI - UNAM

 fecha
 25.ABR.05

 escala
 1:5

ADAPTADOR



CAPTADOR

 cotas
 mm

3/4

1

2

3

4

5

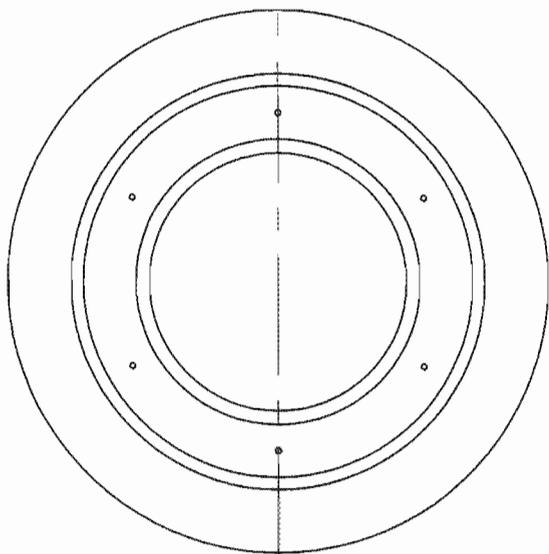
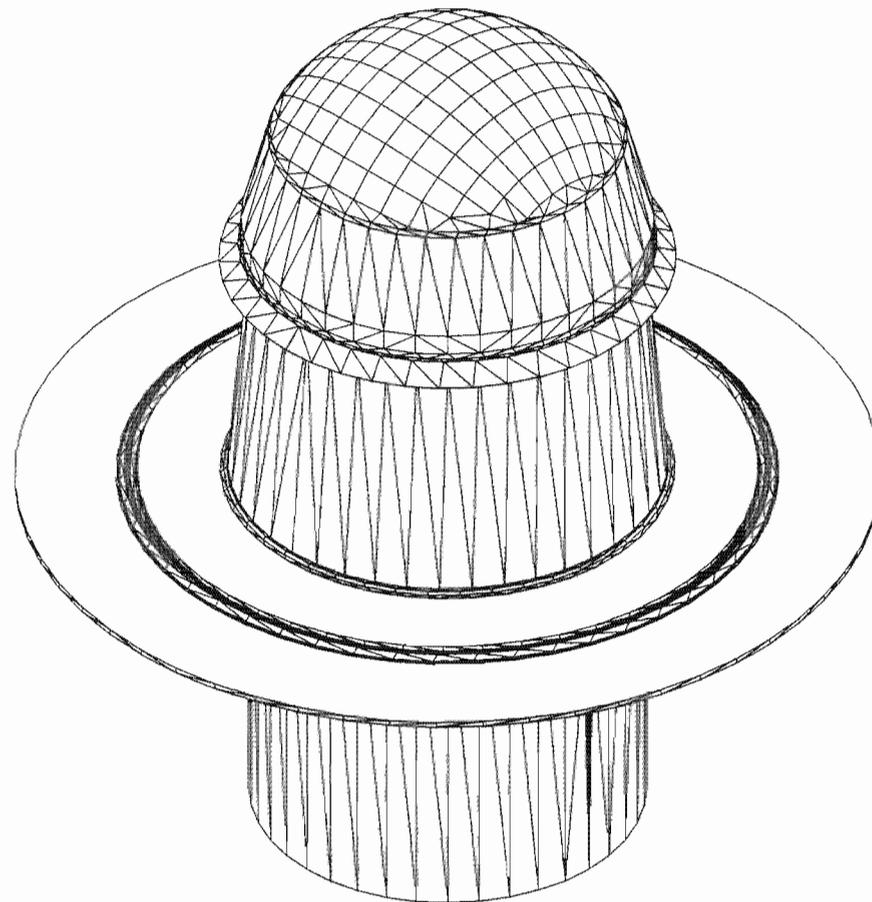
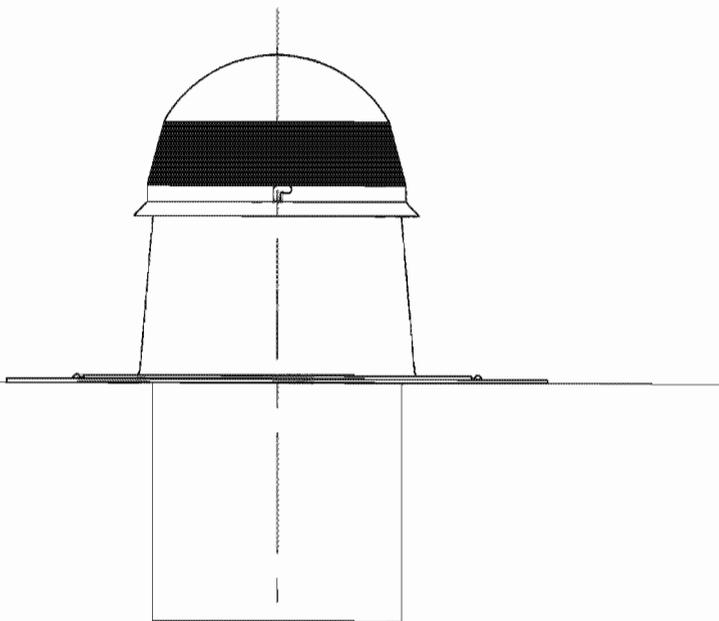
6

A

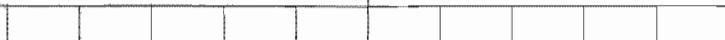
B

C

D



ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GÓNGORA	CIDI - UNAM	fecha 28.ABR.05	escala 1:5
CAPTADOR			
CAPTADOR		cotas mm	4/4



1

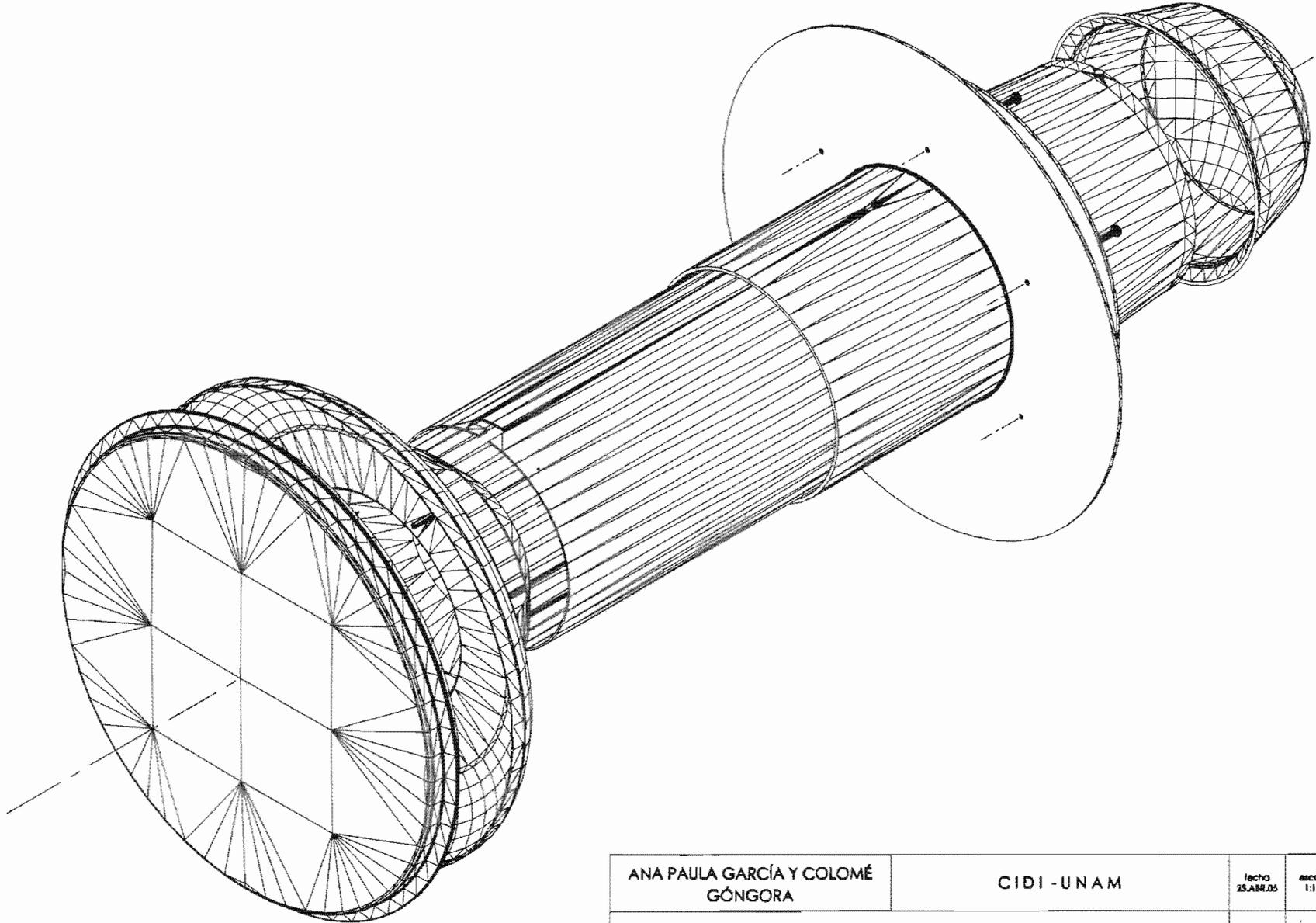
2

3

4

5

6



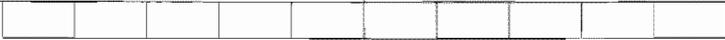
A

B

C

D

ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ GÓNGORA	CIDI - UNAM	fecha 25.ABR.05	escala 1:10
DESPIECE			
LUMINARIA Y CAPTADOR		cotas mm	1/2



1

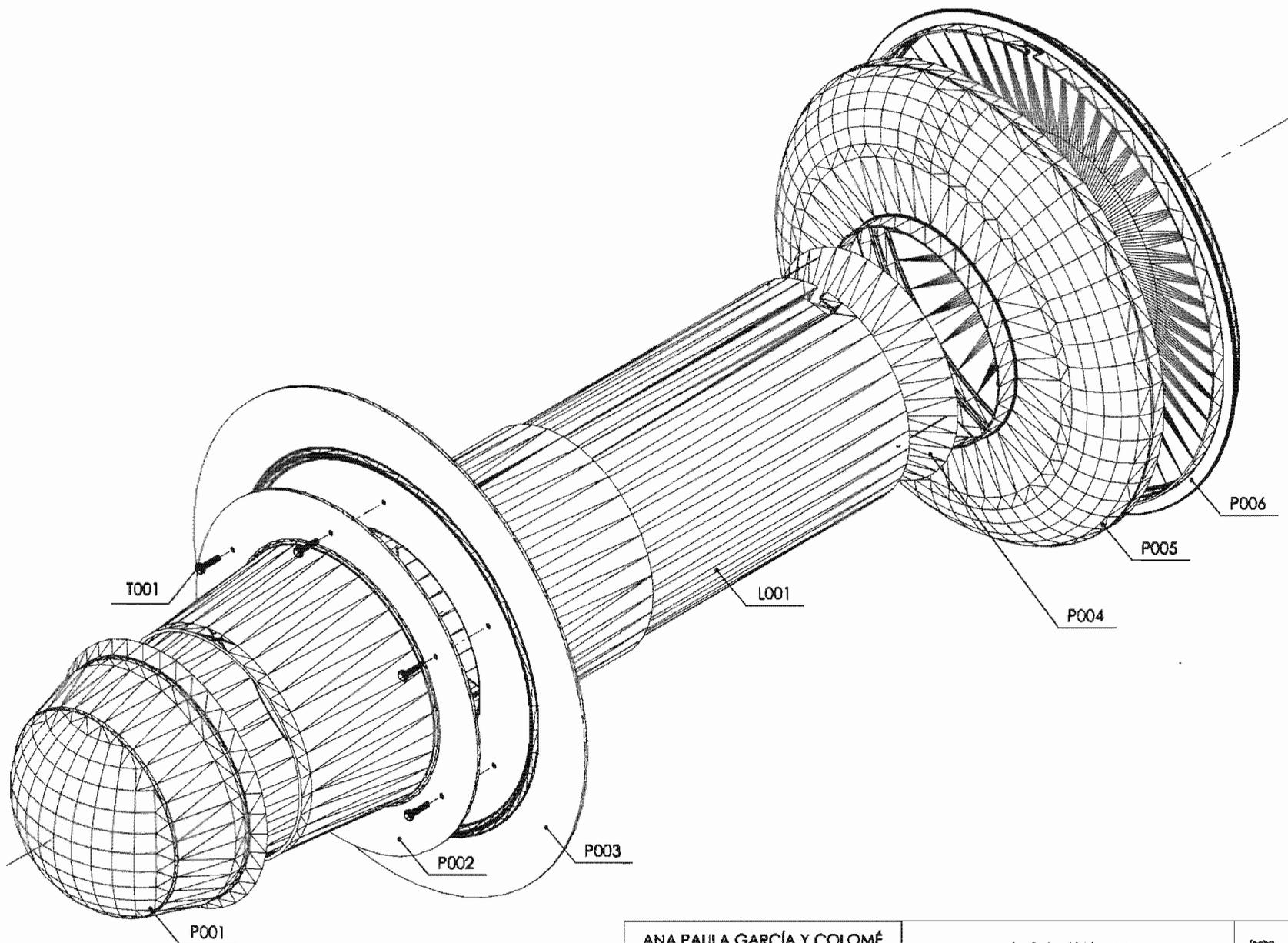
2

3

4

5

6



ANA PAULA GARCÍA Y COLOMÉ
GÓNGORA

CIDI - UNAM

fecha
25-ABR.05

escala
1:10

DESPIECE



LUMINARIA Y CAPTADOR

cotas
mm

2/2

Especificaciones

T001	TORNILLOS	6 (PARA TAQUETES DE PLÁSTICO)	FIERRO (3/16'')	TORNEADOS
P006	DIFUSOR	1	POLICARBONATO OPALINO BLANCO MATE	INYECCIÓN
P005	HOUSING/CUBIERTA	1	ABS BLANCO MATE	INYECCIÓN
P004	CONO REFLECTOR	1	POLIPROPILENO BLANCO MATE (1MM DE ESPEJOR)	CORTE Y REMACHADO
P003	ADAPTADOR	1	POLIPROPILENO NEGRO MATE	INYECCIÓN
P002	FLASHING/BASE	1	POLIPROPILENO NEGRO MATE	INYECCIÓN
P001	DOMO	1	ACRÍLICO DE ALTO IMPACTO (3MM DE ESPEJOR)	INYECCIÓN
L001	LUMIDUCTO	1 (TRAMOS DE 90CM)	LÁMINA GALVANIZADA CAL. 24 CON PELÍCULA REFLEJANTE ADHERIDA EN EL INTERIOR	ROLADO
CLAVE	NOMBRE	CANTIDAD	MATERIAL	PROCESOS

VII. Conclusiones

Conclusiones

En un lapso de cien años, la energía eléctrica se ha convertido sin lugar a dudas en la base de los sistemas de iluminación artificial. Esto ha contribuido al empleo de procedimientos afines en los estudios luminotécnicos. Pero, como se ha podido apreciar a lo largo de este proyecto, cuando se trata de objetos de uso práctico como lo son los artefactos de iluminación, los medios tecnológicos constituyen sólo la mitad de los factores a considerar; la otra mitad se vincula a las necesidades y aspiraciones de los seres humanos que harán uso de dichas ventajas tecnológicas.

En este país desde hace algún tiempo se realizan actividades y acciones diversas para crear una cultura del ahorro de energía que poco a poco empieza a rendir frutos. Esta lámpara híbrida es un ejemplo de que se puede invertir en esta cultura y consolidarla para beneficio del país y de quienes en él habitamos.

"No hay solución final en la historia de las innovaciones y el diseño, como no hay fin en el devenir de las aspiraciones y el deseo que las impulsan" [11]

A medida que un creciente número de países se ven arrastrados por la economía de globalización del mercado, el diseño industrial se está convirtiendo en un medio cada vez más vital para la competencia a escala global. [12]

[11] Fernando Martín Juez, *Contribuciones para una antropología del diseño*, Editorial Gedisa, Barcelona, 2002, p 152.

[12] Charlotte & Peter Fiell, *El diseño Industrial de la A a la Z*, Taschen, Italia, 2001, p 7.

Esta luminaria constituye un producto nuevo cuyas virtudes son, por un lado y de carácter inmediato, el ahorro de energía con su correspondiente economía y disminución de la contaminación para el usuario, y por el otro, que puede representar el motor que impulse el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la iluminación.

Dotar de iluminación natural a todos los espacios interiores no siempre es posible con estrategias tradicionales. La incorporación de estrategias innovadoras como los lumiductos, son una alternativa válida y depende en gran medida de la disponibilidad económica de los usuarios y el conocimiento de sus ventajas.

La iluminación natural y el impacto de las estrategias en iluminación continúan siendo un aspecto vital para los propietarios de los edificios, para los diseñadores y para los ocupantes o usuarios debido al uso de energía eléctrica y sus emisiones contaminantes asociadas. Las soluciones exitosas que ponen a las necesidades humanas en primer lugar y promueven sustentables ahorros de energía, se caracterizan por la integración entre el conocimiento y manejo de la cantidad de luz natural disponible regionalmente, la respuesta de los usuarios y los costos de tecnologías empleadas.

Lo importante y trascendente de este trabajo es que se trata de una luminaria y captador para difundir la luz natural y/o la artificial, de tal manera que cuando sea posible, la iluminación sea exclusivamente natural, y cuando no, puedan combinarse o utilizar luz artificial.

Cabe decir que la Dirección General de Obras (DGO) de la UNAM está considerando la posibilidad de incorporar este sistema de iluminación en la biblioteca que construirá en el campus de la UNAM de Juriquilla, Qro.

Al igual que en la naturaleza, donde la luz, la sombra y el transcurso dinámico de la luz natural estimulan positivamente a los seres humanos, se requieren acentos similares respecto de la artificial, porque sólo así es posible crear o incrementar la atención o el bienestar.

Las tendencias minimalistas de la arquitectura actual, acompañadas por la reducción de las formas y de la integración de la luz en el cuerpo de la construcción, han favorecido el renacimiento de los techos luminosos, no como una copia del pasado, sino con motivaciones especiales gracias a los materiales modernos, así como a novedosas lámparas, difusores y opciones de control. La luz, incorporada en la pared o en el techo, ofrece posibilidades creativas casi ilimitadas, y también manifiesta su potencial al transferir el dinamismo de la luz natural a los espacios interiores.

Por otro lado también es importante mencionar que, debido a la cultura de ahorro de energía que a nivel mundial se está instrumentando e implantando, el uso de lámparas fluorescentes compactas es cada día más aceptado. La sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas es una excelente alternativa. Con los nuevos desarrollos, las lámparas de mayor potencia y luminarias con reflectores especiales pueden usarse en aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes convencionales.

En este contexto, los proyectos de aprovechamiento de energía renovable presentan una viabilidad creciente, debido tanto a los avances tecnológicos como a la gradual reducción de los costos respectivos. Además, ambos aspectos están íntimamente ligados a la preocupación mundial por mejorar el ambiente y reducir las emisiones de CO₂ que provocan el efecto invernadero.

México está en condiciones no sólo de utilizar intensivamente sus amplios potenciales de recursos renovables, sino de convertirse en un centro estratégico para la fabricación y distribución de equipos y sistemas hacia el mercado internacional.

Es importante concluir de manera semejante a como se inició este trabajo. En él se ha pretendido entrar a los misterios de la luz, que en ocasiones es corpúsculos y en otras movimiento ondulatorio. Se ha propuesto esperarla del Sol, recibirla y conducirla mediante una tormenta de fuegos de artificio por un camino creado por manos humanas y pedirle que le devuelva dignidad a espacios y seres, a través de una luminaria que se comportará de manera natural, de manera creada o bien en una comunidad de manifestaciones luminosas, como es la vida, como la hemos concebido, con calidad y confort para nuestro bienestar.

Glosario

- Ángulo de incidencia

Es el ángulo con el que un rayo de luz incide sobre la superficie de un objeto. Este ángulo se mide respecto a la línea perpendicular a la superficie en el punto de incidencia.

- Ángulo de radiación

Es el ángulo sólido producido por un reflector con el que dirige la luz.

- Balastro

Dispositivo electromagnético y/o electrónico que controla las características eléctricas de encendido y operación de las lámparas de descarga necesarias para su correcto funcionamiento. Suministra el voltaje, regula la corriente y proporciona el calentamiento continuo a los electrodos.

- Calidad visual

Se hace referencia a la intensidad de iluminación recomendada para desempeñarse cómodamente en distintas situaciones o tareas.

La intensidad debe ser tanto mayor cuanto más finos sean los detalles a tratar, cuanto más contrastes se presenten en ellos, cuanto más rápidamente haya que trabajar y cuanto más tiempo dure el trabajo.

- Candela (cd)

Es la intensidad luminosa en una determinada dirección, con una energía igual a $1/683 \text{ W/sr}$ (watt/esterorradián), de una fuente luminosa que emite radiación monocromática cuya frecuencia es $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$.

La intensidad luminosa de un foco incandescente de 40w es más o menos de 40 cd. La de una lámpara fluorescente de 40w es de 350cd, la de una vela es de 1 cd.

- Color

Propiedad de los cuerpos relacionada con la luz que emiten o reflejan. Muchos cuerpos emiten su propia luz y a otros es necesario iluminarlos para que al reflejar

- Cromaticidad

Calidad de color de un estímulo de color. Se puede definir mediante sus coordenadas de cromaticidad o por su longitud de onda dominante o complementaria y su pureza, tratadas como conjunto.

- Curva fotométrica

Es la curva de distribución de intensidad luminosa que representa las intensidades luminosas de una fuente de luz para todos los ángulos sólidos. En las fuentes de luz de rotación simétrica, la distribución de intensidad luminosa puede caracterizarse mediante una sola curva de distribución de intensidad luminosa, en las fuentes de luz simétricas al eje son necesarias dos o más curvas. La curva de distribución de intensidad luminosa se indica generalmente en forma de un diagrama de coordenadas polares. En los proyectores la representación tiene lugar en coordenadas cartesianas.

- Deslumbramiento

Es el límite por encima del cual la luminancia de un objeto o de una fuente de luz se vuelve molesta y reduce de manera más o menos persistente la capacidad de percepción visual. Depende de la posición del objeto o de la fuente dentro del campo visual y de la diferencia de luminancia entre la fuente perturbante y su fondo.

- Difusor

Dispositivo que sirve para modificar la distribución espacial del flujo luminoso radiante y que depende esencialmente del fenómeno de la difusión.

- Duración de vida

Es la determinada por un criterio convenido. La vida de las lámparas está definida cuando el 50% de ellas funcionan todavía con el 80% de flujo luminoso.

- Eficiencia o eficacia luminosa

Es la cantidad de luz que emite una fuente luminosa por unidad de energía. Se expresa en lúmenes por watt (lm/W).

- Flujo luminoso

- Es la cantidad de luz emitida por una fuente. Se mide en lúmenes (lm). Un flujo de radiación de 1W, entregado en la sensibilidad espectral máxima del ojo (fotoóptica, 555 nm), genera un flujo luminoso de 683 lm.

- Fuente luminosa

Fuente de ondas de luz. Por ejemplo el sol, las estrellas, un foco, una vela, un faro o una linterna.

- Hertz (Hz)

Es la unidad de frecuencia. Un hertz es un ciclo por segundo.

- Iluminación

La iluminación de un objeto es la cantidad de luz que recibe; depende de la intensidad luminosa de las fuentes que lo iluminan y de la distancia a la que se encuentran. La intensidad se mide en candelas (cd) y la iluminación en lux (lx).

- Iluminancia

Cantidad de luz incidente en una superficie por unidad de área. Se mide en luxes y se determina por la relación entre la intensidad luminosa y la distancia al cuadrado. Por ejemplo, un día soleado de verano nos ofrece 100,000 lux a pleno sol y 10,000 lux a la sombra; 20,000 con cielo cubierto y tan sólo 0.2 lux en una noche de luna llena.

- Índice de rendimiento de color

Capacidad de una lámpara para reproducir los colores verdaderos de los objetos que iluminan.

- Intensidad luminosa

Es la intensidad del flujo proyectado en una dirección determinada. Se expresa en candelas (cd).

- Kilovatio

Unidad de potencia. Se representa por kw y es igual a mil vatios.

- Lámparas

Fuentes luminosas de origen eléctrico; las de filamento y las halógenas producen luz por incandescencia. Existen lámparas de luz-mezcla, que generan luz por incandescencia y luminiscencia, así como por fotoluminiscencia o fluorescentes.

- Lámpara incandescente

Lámpara que produce luz mediante un elemento metálico (filamento) calentado hasta generarla por el paso de una corriente eléctrica. Fuente de luz, cuyo funcionamiento se basa en el principio de la incandescencia. . La lámpara incandescente se recomienda para una luz ambiental, su duración normal son unas 1000 horas aproximadamente.

- Lámpara halógena

Lámpara eléctrica dos veces más potente y más duradera que una lámpara incandescente. Apropiaada para superficies de trabajo.

- Lámpara de descarga

Lámpara que produce luz gracias a una descarga eléctrica a través de una mezcla de diversos gases, realizado dentro de un tubo de atmósfera controlada.

- Lámpara fluorescente

Lámpara de descarga en la cual la mayor parte de la luz es emitida por una capa de material fluorescente excitada por la radiación ultravioleta de la descarga. Las lámparas fluorescentes tubulares es en realidad una lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce mediante el empleo de polvos fluorescentes que son activados por la energía ultravioleta de la descarga.

- Ley de reflexión

Cuando una onda (luz, sonido) incide en una superficie y se refleja total o parcialmente, lo hace de manera que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

- Lumen (lm)

Cantidad de luz visible emitida por una lámpara en todas direcciones. Es la unidad derivada del sistema internacional de unidades para medir flujo luminoso. Un lumen equivale a 10.76 luxes.

- Luminancia

Cantidad de luz reflejada por una superficie en todas direcciones, se mide en candela por metro cuadrado. Con ella se puede evaluar el deslumbramiento.

Para un observador situado a una cierta distancia y ángulo de una superficie que emite o refleja luz, es la relación entre la luz que abandona la superficie y el área que ésta aparenta para el mismo.

- Luminaria

dispositivo que tiene por función distribuir o modificar la luz emitida por las lámparas, incluyendo implementos de fijación, protección y elementos necesarios para el funcionamiento de las mismas

- Lux

Es la iluminación que recibe un objeto de una fuente luminosa de una candela de intensidad que está a un metro de distancia. Es la incidencia perpendicular de un lumen en una superficie de 1 m². Un lux equivale a 0,0929 lúmenes. El lux (lx) expresa el flujo luminoso que alcanza una superficie por unidad de medida o intensidad de iluminación; por ejemplo, lx, [lm/m²]. En condiciones ideales (fuente puntual), la intensidad de iluminación disminuye con el cuadrado de la distancia a la fuente.

Como referencia, la intensidad de iluminación de la luz solar en un día claro es del orden de los 100.000 lx; en la sombra, de 10.000 lx; y en una noche clara de luna llena, de unos 3 lx. Un desempeño confortable en tareas visuales requiere un mínimo de 300 lx.

- Luz

Podemos definirla como aquel fenómeno físico que afecta al ojo humano, produciendo lo que llamamos la visión. Hoy sabemos que la luz es una onda electromagnética, que forma parte de una gran familia de ondas electromagnéticas que se distinguen por su frecuencia o su longitud de onda.

Para ser percibida requiere de tres elementos esenciales:

Fuente de luz (natural o artificial)

Elemento que refleje la luz

La percepción visual

- Luz blanca

Luz que al descomponerla forma un espectro continuo de colores; es la luz que contiene todas las frecuencias.

- Luz blanco cálido

Tono de luz generalmente rojizo que produce una sensación de proximidad. Se recomienda para espacios en los que se busca crear un ambiente agradable y confortable. En interiores es la luz dominante.

- Luz blanco frío

Este tono de luz se utiliza para crear ambientes dinámicos de actividad y movimiento considerada como la "luz típica de trabajo". Se usa también en algunas áreas de la casa como cocinas, baños, salas de juegos, sótanos y talleres.

- Luz monocromática

Luz de una sola frecuencia o longitud de onda, es decir, luz de un solo color.

- Luz natural

Es una luz casi idéntica a la luz del exterior. Se caracteriza por su buena reproducción cromática ($IRC > 95\%$) lo que permite distinguir bien las diferencias entre los colores. Evita la fatiga visual y contribuye a la comodidad del trabajo cotidiano.

Además, los tubos de luz natural no deslumbran. Tiene una temperatura elevada (entre 5.000 y 6.000 °K). Es por tanto una luz fría cuyo color tiene matices azules.

- Reproducción cromática (índice de reproducción cromática, IRC)

Determina la capacidad de una fuente luminosa para reproducir los colores naturales de los objetos observados. Cuanto más se acerque al 100, los colores percibidos serán más parecidos a los colores naturales.

- Temperatura del color

Se refiere a la tonalidad de la luz que genera la fuente luminosa. Se mide en grados Kelvin. Esta temperatura es simplemente una forma de expresar la proporción entre los diferentes colores de una luz. Una luz de temperatura de color elevada cubrirá la mayor cantidad posible de colores, mientras que una luz llamada caliente (poca temperatura de luz), sólo emitirá en tonos rojizos.

- Watt

Es la potencia desarrollada cuando se produce un joule de energía cada segundo. Su símbolo es W.

IX. Fuentes de referencia

Fuentes de referencia

Libros y publicaciones:

- Alastair Fuad-Luke. The Edo-Design handbook. Thames & Hudson, Londres, 2002.
- Amstead B.H. Procesos de manufactura. Ed. Continental. 1988. Sophia y Stephan Behling. Sol Power. Ed. Gili. Barcelona 2002.
- Brown G.Z. Sol, luz y viento, estrategias para el diseño arquitectónico. Ed. Trillas. México, 1994.
- Calvera Anna (ed.). Arte y Diseño. Gustavo Gili. Barcelona, 2003
- Calvillo Jorge. La casa ecológica. Ed. Tercer Milenio.
- Charlotte & Peter Fiell. El diseño Industrial de la A a la Z. Taschen. Italia, 2001.
- Martín Juez Fernando. Contribuciones para una antropología del diseño. Editorial Gedisa, Barcelona, 2002.
- Morin Edgar. Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. Correo de la UNESCO, colección Educación y cultura para el nuevo milenio. México 2001.
- McHarg Ian L.. Proyectar con la naturaleza. John Wiley & Sons. Barcelona 2000.
- Morre Henry. Materiales y procesos de fabricación. Limusa. 1987.
- Scharer Säuberli Ulrich. Ingeniería de manufactura. Compañía Editorial Continental. México. 1991.
- Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas. Ecohouse, a design guide. Architectural Press. 2001.
- Yeang Ken. Rascacielos Ecológicos. Ed. Gustavo Gili.

"Cada diseño tiene una historia de vida; cada uno posee sus propias biografías" [12]

Hablar de las fuentes lleva a la reflexión sobre las enormes posibilidades que hay en el diseño para producir material bibliográfico que aliente la creatividad, la innovación y el espíritu libre y crítico.

[12] Fernando Martín Juez. *Contribuciones para una antropología del diseño*, Editorial Gedisa, Barcelona, 2002, p 141.

-Energy alternatives. Time life books. Alexandria, Virginia.

-Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 7. No.1, 2003. Argentina.

-Manual de recomendaciones para ahorro de energía en instalaciones eléctricas. FIDE.

-Artículo: Iluminación y confort visual: Un abordaje ergonómico, de Esteban Palacios y Gustavo Marincoff.

-Revista del consumidor. Lámparas ahorradoras. Número 320. octubre 2003.

Páginas web:

-www.conae.gob.mx

www.edison.upc.es

-www.epelectric.com

www.gelighting.com

-www.intelux.com.mx

www.learn.londonmet.ac.uk

-www.loyje-fydesa.com

www.luz.philips.com

-www.luceplan.com

www.lighting.philips.com

-www.osram.com.mx

www.peminet.net

-www.profeco.gob.mx

www.solaglobal.com

-www.sunpipe.com

Asesorías:

Dr. David Morillón, Investigador del Instituto de Ingeniería, especializado en Bioclimática.

Dr. Volodymyr Svyryd, Investigador del Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

D.I. Alejandro Sánchez, egresado del CIDI.

Ing. Antonio González, gerente de Mercadotecnia, OSRAM.

Dr. Heriberto de Jesús Aguilar Juárez, Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.