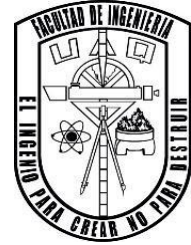




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIA DE BAJO CONSUMO ELÉCTRICO Y ALTA POTENCIA LUMÍNICA.

T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el título de
Licenciado en Diseño Industrial.

PRESENTA

Antonio Cruz Hernández

DIRIGIDO POR

Dr. Luis Alberto Morales Hernández

Diciembre del 2022

Santiago de Querétaro, Querétaro, México.



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIA DE
BAJO CONSUMO ELÉCTRICO Y ALTA POTENCIA
LUMÍNICA.

por

Antonio Cruz Hernández

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IGLIN-262753



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIA DE BAJO
CONSUMO ELÉCTRICO Y ALTA POTENCIA LUMÍNICA.**


T E S I S

Que como parte de los requisitos para obtener el título de
Licenciado en Diseño Industrial.

PRESENTA
Antonio Cruz Hernández

DIRIGIDO POR
Dr. Luis Alberto Morales Hernández

Dr. Luis Alberto Morales Hernández
Presidente



Firma

M. en C. Salvador Martínez Cruz
Secretario




Firma

MDI. Eduardo Blanco Bocanegra
Vocal



Firma

Dr. Carlos Andrés Pérez Ramírez
Suplente



Firma



Dr. Manuel Toledano Ayala
Director Facultad de Ingeniería

Dr. Javier Ávila Morales
Secretario Académico

Diciembre del 2022
Santiago de Querétaro, Qro, México

Agradecimientos

A mi Familia por el apoyo incondicional durante toda mi formación, a todos mis maestros que a lo largo de la carrera me otorgaron sus conocimientos para poder concluir mi preparación superior, a mis amigos que fueron incondicionales, en especial a Hernandez, Carpio, Aiza y Villalpando. Al Dr. Luis Alberto Morales Hernández por el apoyo sin el cual no habría podido ser concluido este trabajo, al M. en C. Salvador Martínez Cruz por toda su paciencia y desinteresada ayuda, al MDI. Eduardo Blanco Bocanegra por su amistad y todos los consejos brindados, por último, a la Universidad Autónoma de Querétaro en general por ser más que mi casa de estudios.

Resumen

El presente proyecto está enfocado al diseño e implementación de una luminaria LED para el uso urbano o suburbano de exteriores. El presente consiste en realizar una propuesta de diseño de luminaria mediante el programa de modelado 3D “SolidWorks”, a su vez se realizarán las simulaciones necesarias para garantizar la producción, resistencia y las condiciones para las que fue considerado su desarrollo. El documento incluye conceptos teóricos sobre iluminación y la tecnología implementada. El diseño está considerado para poder fabricar un prototipo y tener una evaluación, también para tener el visto bueno del diseño o realizar un proceso iterativo considerando la funcionalidad, calidad, estética y precio. Las conclusiones estarán influenciadas por los resultados obtenidos en cada etapa de este proyecto.

Abstract

This project is focused on the design and implementation of an LED luminaire for urban or suburban outdoor use. This project consists of making a proposal for the design of luminaire using the 3D modeling program “SolidWorks”, in turn the necessary simulations will be carried out to guarantee the production, strength and conditions for which its development was considered. The paper includes theoretical concepts about lighting and the technology implemented. The design is considered to be able to manufacture a prototype and have an evaluation, also to have the approval of the design or to carry out an iterative process considering functionality, quality, aesthetics and price. The findings will be influenced by the results obtained at each stage of this project.

Índice general

1. Introducción...	01
1.1. Antecedentes...	02
1.1.1. Iluminación artificial...	02
1.1.2. Primera tecnología disruptiva...	07
1.1.3. Lámparas incandescentes...	08
1.1.4. Lámparas halógenas...	09
1.1.5. Tubos fluorescentes...	10
1.1.6. Lámparas de bajo consumo...	11
1.1.7. Lámparas de mercurio y mercurio halogenado...	11
1.1.8. Lámparas de vapor de sodio...	12
1.1.9. Tecnología LED...	13
1.1.10. Iluminación tradicional versus LED ...	14
1.1.11. Productos comerciales...	17
1.2. Justificación...	28
1.3. Descripción del problema...	28
1.4. Objetivos...	28
1.4.1. Objetivo general...	28
1.4.2. Objetivos específicos...	29
1.5. Hipótesis...	29
2. Fundamentación teórica...	30
2.1. La Luz como fenómeno físico...	30
2.1.1. Teoría ondulatoria...	30
2.1.2. Teoría corpuscular...	32
2.1.3. Dualidad Onda – Partícula...	32
2.1.4. Espectro electromagnético...	33
2.2. El sentido de la vista...	36
2.3. Iluminación artificial...	37
2.3.1. Terminología relacionada...	37
2.3.2. Magnitudes colorimétricas...	38

2.3.3.	Temperatura de color relacionada (TTC) ...	...	...	...	39
2.3.4.	Índice de reproducción cromática (IRC) ...	...	...	...	39
2.4.	Sistema de alumbrado... ..	...	...	...	39
2.4.1.	Alumbrado residencial... ..	...	...	...	40
2.4.1.1.	Método de alumbrado general... ..	...	...	...	40
2.4.1.2.	Método de alumbrado general localizado... ..	...	...	...	40
2.4.1.3.	Método de alumbrado localizado... ..	...	...	...	41
2.4.2.	Alumbrado público... ..	...	...	...	42
2.4.3.	Iluminación LED... ..	...	...	...	43
2.4.4.	Diseño mecánico y prototipado digital... ..	...	...	...	44
3.	Metodología... ..	...	...	...	45
3.1.	Diseño de la luminaria... ..	...	...	...	45
3.1.1.	Investigación... ..	...	...	...	45
3.1.2.	Requisitos previos... ..	...	...	...	46
3.1.3.	Estudio de mercado ... ..	...	...	...	47
3.1.3.1.	Competidores y sus productos... ..	...	...	...	47
3.1.3.2.	Análisis del estudio... ..	...	...	...	47
3.1.3.3.	Conclusiones del estudio... ..	...	...	...	52
3.1.4.	Especificaciones técnicas ... ..	...	...	...	53
3.1.5.	Proceso de Diseño... ..	...	...	...	54
3.1.6.	Estética del producto... ..	...	...	...	62
3.2.	Desarrollo del producto... ..	...	...	...	63
3.2.1.	Mecánica... ..	...	...	...	63
3.2.1.1.	Monocasco... ..	...	...	...	64
3.2.1.2.	Tapa frontal... ..	...	...	...	67
3.2.1.3.	Tapa trasera... ..	...	...	...	68
3.2.2.	Eléctrica y electrónica... ..	...	...	...	69
3.2.2.1.	Eficacia luminosa... ..	...	...	...	69
3.2.2.2.	Fuente de alimentación... ..	...	...	...	69
3.2.2.3.	Controlador... ..	...	...	...	70
3.2.2.4.	Cableado... ..	...	...	...	71

3.2.3. Parte lumínica...	...	...	...	...	...	...	...	71
3.2.4. Puntos críticos luminaria.....	...	...	...	...	...	...	...	72
3.2.4.1. Gestión térmica...	...	...	...	...	...	...	...	72
3.2.4.2. Estanqueidad...	...	...	...	...	...	...	...	77
3.2.4.3. Resistencias...	...	...	...	...	...	...	...	77
3.2.4.3.1. Directas e indirectas...	...	...	...	...	...	...	...	78
4. Experimentación y Resultados...	...	...	...	...	...	...	...	81
4.1. Producto desarrollado...	...	...	...	...	...	...	...	81
4.1.1. Sistema de referencias...	...	...	...	...	...	...	...	81
4.1.2. Características...	...	...	...	...	...	...	...	82
4.1.3. Ensayos...	...	...	...	...	...	...	...	83
4.1.4. Escandallo...	...	...	...	...	...	...	...	84
4.1.5. Diagrama de operaciones...	...	...	...	...	...	...	...	85
4.1.6. Impresión 3D...	...	...	...	...	...	...	...	86
4.1.7. Montaje...	...	...	...	...	...	...	...	87
5. Conclusiones...	...	...	...	...	...	...	...	92
6. Productos y Prospectivas	...	...	...	...	...	...	...	93
6.1. Optimización...	...	...	...	...	...	...	...	93
6.2. Mejoras...	...	...	...	...	...	...	...	93
Referencias...	...	...	...	...	...	...	...	95
Apéndices...	...	...	...	...	...	...	...	98

Índice de figuras

Figura 1.1. Iluminación en forma de fuego... ..	03
Figura 1.2. Primeros candiles... ..	04
Figura 1.3. Antorcha... ..	04
Figura 1.4. Lámpara de Aladino... ..	05
Figura 1.5. Vela... ..	06
Figura 1.6. Principios de la luminaria... ..	06
Figura 1.7. Lámpara Kerosene... ..	07
Figura 1.8. Lámpara incandescente de Thomas Edison... ..	08
Figura 1.9. Lámpara de arco... ..	08
Figura 1.10. Lámpara incandescente... ..	09
Figura 1.11. Lámpara halógena..... ..	09
Figura 1.12. Tubos fluorescentes... ..	10
Figura 1.13. Lámparas fluorescentes compactas CFL... ..	11
Figura 1.14. Vapor de mercurio de alta presión CFL... ..	12
Figura 1.15. Vapor de sodio de baja presión (SBP)	12
Figura 1.16. Vapor de sodio de alta presión (SAP)	13
Figura 1.17. Comparación de vida útil... ..	14
Figura 1.18. Comparación de eficacia luminosa... ..	15
Figura 1.19. Comparación según su IRC... ..	15
Figura 2.1. Propagación de una onda electromagnética... ..	31
Figura 2.2. Clasificación radiaciones electromagnéticas... ..	33
Figura 2.3. Longitud de onda... ..	34
Figura 2.4. Espectro de luz visible... ..	35
Figura 2.5. Descomposición de la luz... ..	35
Figura 2.6. Ojo humano... ..	36
Figura 2.7. Método de alumbrado general... ..	40
Figura 2.8. Método de alumbrado general localizado... ..	41
Figura 2.9. Método de alumbrado localizado... ..	41
Figura 2.10. Método de alumbrado público... ..	42

Figura 2.11. Flujo de salida relativo frente a temperatura...	...	...	...	...	43
Figura 3.1. Numero de productos por marca...	...	...	...	...	48
Figura 3.2. Numero de productos por material...	...	...	...	...	48
Figura 3.3. Numero de productos por TTC...	...	...	...	...	49
Figura 3.4. Lm por cantidad de W...	...	...	...	...	50
Figura 3.5. Producto respecto a precio...	...	...	...	...	50
Figura 3.6. Grado de protección IP...	...	...	...	...	51
Figura 3.7. Vida útil del producto...	...	...	...	...	52
Figura 3.8. Propuesta inicial del cliente...	...	...	...	...	55
Figura 3.9. Identificar urgencias de mejora...	...	...	...	...	56
Figura 3.10. Ventajas y desventajas luminaria 1...	...	...	...	...	57
Figura 3.11. Ventajas y desventajas luminaria 2...	...	...	...	...	57
Figura 3.12. Ventajas y desventajas luminaria 3...	...	...	...	...	58
Figura 3.13. Moodboard de producto...	...	....	...	...	59
Figura 3.14. Estructura formal del prototipo...	...	....	...	...	60
Figura 3.15. Propuestas visuales...	...	...	...	...	60
Figura 3.16. Estética del producto...	...	...	...	...	63
Figura 3.17. Monocasco...	...	...	...	...	67
Figura 3.18. Tapa frontal.....	...	...	...	...	68
Figura 3.19. Tapa trasera...	...	...	...	...	69
Figura 3.20. Imagen de referencia Driver LED 50 W OSRAM...	...	...	...	...	70
Figura 3.21. Planteamiento de la simulación térmica...	...	...	...	...	73
Figura 3.22. Simulación térmica...	...	...	...	...	75
Figura 3.23. Resultados finales por corte...	...	...	...	...	76
Figura 3.24. Prensa-estopa para cable de conexión a poste...	...	...	...	...	77
Figura 3.25. Resultados por tensión...	...	...	...	...	80
Figura 4.1. Explosivo de luminaria OKU_5050...	...	...	...	...	81
Figura 4.2. Producto impreso en 3D...	...	...	...	...	87
Figura 4.3. Proceso de montaje y pruebas...	...	...	...	...	91

Índice de tablas

Tabla 1.1. Descripción de; SERIE OVAL...	17
Tabla 1.2. Descripción de; LED SUBURBANA 50W...	18
Tabla 1.3. Descripción de; EG-LHD-50W...	18
Tabla 1.4. Descripción de; RIPA - LED 50W...	19
Tabla 1.5. Descripción de; LED TIPO COBRA 50W...	19
Tabla 1.6. Descripción de; 6K...	20
Tabla 1.7. Descripción de; LUMINARIA LED ALUMBRADO P. 50W...	20
Tabla 1.8. Descripción de; G7...	21
Tabla 1.9. Descripción de; LUMINARIA DE ALUMBRADO...	21
Tabla 1.10. Descripción de; SLX, VERSIÓN 1 LED...	22
Tabla 1.11. Descripción de; INS-1-50...	22
Tabla 1.12. Descripción de; INS-1-50...	23
Tabla 1.13. Descripción de; MCS 1 50 MERCURY MINI...	23
Tabla 1.14. Descripción de; LOTUS 50W 57K 2M MV 1L SF...	24
Tabla 1.15. Descripción de; LED LEDVANCE SKY...	24
Tabla 1.16. Descripción de; ESTOCOLMO I...	25
Tabla 1.17. Descripción de; VIALED EFICIENTE...	25
Tabla 1.18. Descripción de; NATH SXF...	26
Tabla 1.19. Descripción de; OPS STREET LP-50W...	26
Tabla 1.20. Descripción de; COBRA 50W...	27
Tabla 1.21. Valores generales...	27
Tabla 2.1. Clasificación del IRC.....	39
Tabla 2.2. Partes de un encapsulado LED...	43
Tabla 3.1. Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas...	46
Tabla 3.2 Conclusión del estudio...	52
Tabla 3.3 Especificaciones técnicas...	53
Tabla 3.4. Especificaciones de producto...	54
Tabla 3.5. Distribución de parte mecánica...	64
Tabla 3.6. Propiedades mecánicas A380...	65

Tabla 3.7. Propiedades físicas A380...	...	...	...	...	...	65
Tabla 3.8. Composición A380...	...	...	...	...	...	65
Tabla 3.9. Características del controlador...	...	...	...	...	...	70
Tabla 3.10 Datos técnicos LED COB...	...	...	...	...	...	72
Tabla 4.1 Referencia de productos ...	...	...	...	...	...	81
Tabla 4.2 Características generales de funcionamiento	...	...	...	...	...	82
Tabla 4.3 Características físicas...	...	...	...	...	...	82
Tabla 4.4 Características lumínicas...	...	...	...	...	...	83
Tabla 4.5 Características eléctricas de funcionamiento...	...	...	...	...	...	83
Tabla 4.6 Escandallo de piezas y costes...	...	...	...	...	...	84
Tabla 4.7 Flujo de operaciones... ..	...	...	...	...	...	85
Tabla 6.1 Herramientas para optimizar el montaje...	...	...	...	...	...	93

1. Introducción

La iluminación es parte del desarrollo y convivencia del ser humano, ya que ofrece seguridad en la movilidad, realizando actividades de bienes o servicios, transporte y aporta a la estética de lugares públicos y privados. Es decir, la iluminación puede favorecer el desempeño y la productividad de las personas, aunque también podría influir negativamente. El humano posee tres sistemas a través de los cuales la iluminación puede influir en el desempeño; sistema circadiano, sistema visual y sistema perceptual (Boyce Gordon, 2000). Con respecto al sistema circadiano, la iluminación regula el ritmo del ser humano, además del comportamiento del humano durante el día, a la manifestación de este sistema la nombramos noche y día. La radiación luminosa actúa a través del sistema circadiano y puede alterar el sistema humano. Sobre el sistema visual, se conoce que se encarga de procesar de manera eficiente la imagen hacia la retina. El efecto de la iluminación sobre este sistema es el más evidente y se conocen los efectos sobre el rendimiento humano. Finalmente, aunque no menos importante está el sistema perceptual, el cual se relaciona con el confort visual, sin embargo, este sistema es bastante más complejo. La iluminación proporciona un mensaje que se interpreta de acuerdo con el contexto, cultura y experiencias previas. Por último, cabe recalcar que los sistemas actúan de manera independiente, pero el impacto que se tienen de las condiciones lumínicas afecta por igual. Por ello se requiere suma consideración de los tipos de iluminación que influyen sobre el rendimiento humano. La optimización en los sistemas de alumbrado público es un desafío, en el sentido de obtener una reducción de consumo eléctrico, impacto ambiental y contaminación lumínica.

Este trabajo está enfocado en el proceso de diseño y la fabricación de una luminaria del tipo Diodo Emisor de Iluminación (LED, por sus siglas en inglés), enfocada para su uso en ambientes de alto flujo. Este proyecto se llevará a cabo en Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, campus Tequisquiapan. El proyecto está enfocado al área de diseño de luminaria, mediante software de diseño y tecnología 3D, se incluyen las simulaciones necesarias para

garantizar la resistencia de la carcasa exterior frente a la acción del viento u otras fuerzas que puedan producirse en su uso cotidiano. Una vez realizado el diseño se prosigue con la fase de fabricación y evaluación del prototipo, en donde se valida el diseño y proponen mejoras, buscando la funcionalidad y optimización de los costes asociados a su producción. Finalmente, se desarrolla un proceso iterativo de diseño y se pretende lanzar el producto a una licitación para competir con el mercado. La conclusión del presente se verá afectada conforme el resultado obtenido de la validación de este.

La información mencionada anteriormente es importante para conocer las bases del presente proyecto, sin embargo, es necesario llevar a cabo un análisis de los trabajos desarrollados recientemente sobre la iluminación artificial y, además, hacer una comparativa con la iluminación tradicional con el objetivo de destacar la aportación del prototipo propuesto.

1.1. Antecedentes

En esta sección se presentan los antecedentes relacionados con el presente trabajo de Tesis, desde el ámbito histórico, los prototipos de luminarias, hasta desarrollos científicos.

1.1.1. Iluminación artificial

En esta sección se presenta el uso de iluminación artificial a lo largo de la historia, toda la información presentada es consultada desde (Guiomar, 2013).

La iluminación artificial se remonta a la prehistoria, cuando el hombre descubrió el fuego y lo utilizó para obtener calor, cocer alimentos y posteriormente para la iluminación; es decir, la llama fue la primera forma de iluminación artificial utilizada por el hombre, hace unos 500,000 años. Ello se ha corroborado por el hallazgo de restos de hogares y fogones, en los que se utilizaba como combustibles madera, carbón de leña y grasas animales (Figura 1.1).



Figura 1.1. Iluminación en forma de fuego.

El primer candil apareció hace 50,000 años, utilizando como combustible aceite o grasa de origen animal y además se utilizaba el cráneo de las presas para colocar en su interior estos combustibles con una mecha de trenza de pelos. Más tarde se fabricaron unos tipos de recipientes de piedra para la misma función, y alrededor de 4,500 años atrás, en la zona de Ur, en la Mesopotamia asiática, se utilizaban valvas (las tapas de moluscos marinos) como lámparas, o se fabricaban con formas similares en oro o alabastro, en la Figura 1.2 se muestra un ejemplo de candil de recipiente de piedra.



Figura 1.2. Primeros candiles

Siglos más tarde se comenzaron a utilizar palos a medio quemar, también conocidos como “tizones”, que los egipcios fueron mejorando, colocando paja envuelta o estopa alrededor de un pedazo de madera, embadurnadas con cera de abejas y resina, algunas veces perfumada, lo que conocemos como “antorcha” (Figura 1.3).



Figura 1.3. Antorcha

Más tarde, en la antigua Grecia se utilizaron candiles realizados con una variedad de materiales como metales y cerámica, que lucían muy similares a lo que hoy se identifica vulgarmente como “lámpara de Aladino” (Figura 1.4). En Cartago y Fenicia se encontraron lámparas de aceite fabricadas en cerámica que datan del siglo X AC, y que se dispersaron inmediatamente por todo el Mediterráneo. En la antigua Roma se utilizaban como iluminación las lámparas de aceite, que se colgaban al techo con una cadena, que a lo largo del tiempo se iban decorando con labrados y ornamentos de metal.



Figura 1.4. Lámpara de Aladino

La vela se inventó en Egipto alrededor del siglo XIV A.C., utilizándose aún hoy en día. Más tarde, en la Edad Media, aparecieron otros tipos de iluminación, como las linternas con pabilos internos, que permitía la iluminación de amplios recintos. Se realizaban con hacheros y candelabros de hierro forjado, artesanalmente ornamentados. Las velas (Figura 1.5) se mejoraron y al encenderse producían menos humo.



Figura 1.5. Vela

En 1795, William Murdoch (Figura 1.6 (a)) instaló un sistema de iluminación a gas de hulla para una fábrica en Inglaterra. El inventor alemán Friedrich Winzer fue la primera persona en patentar la iluminación a gas de hulla en 1804 y una “termo-lámpara” (Figura 1.6 (b)) usando gas destilado de madera, se patentó en 1799.



(a)



(b)

Figura 1.6. Principios de la luminaria; (a) Iluminación a gas de hulla, (b) Termo-lámpara

En 1859 se utilizan en Estados Unidos las lámparas de Keroséne (Figura 1.7), derivado del petróleo por destilación, las que dieron origen al famoso Monopolio de la Standard Oil (1870-1911) una de las mayores multinacionales del planeta presidida por John D. Rockefeller.



Figura 1.7. Lámpara Kerosene

1.1.2. Primera tecnología disruptiva

Después se crea la electricidad y con ello existió una gran cantidad de científicos que trabajaron para transformar la energía eléctrica en luz, se le atribuye el invento de la lámpara incandescente a Thomas Edison (Figura 1.8), quien fue el primero en patentarla el 27 de enero de 1880. A partir de la lámpara eléctrica, la luz se producía por circulación de una corriente eléctrica que podía provenir de distintas fuentes que generaban una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) y, como consecuencia, la circulación de una corriente.



Figura 1.8. Lámpara incandescente de Thomas Edison.

Gracias a esta tecnología, los generadores podían estar ubicados a largas distancias y abastecer a muchos usuarios. A partir de la lámpara incandescente ya NO se emitía luz como consecuencia del fuego (oxidación violenta), proceso exotérmico del cual se desprenden calor, gases y llamas que son la parte del fuego que emiten luz visible. Existieron otras formas de iluminación a partir de energía eléctrica, por ejemplo, en la Figura 1.9 la lámpara de arco.



Figura 1.9. Lámpara de arco.

1.1.3. Las lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes (Figura 1.10) fueron el inicio de la luz producida con energía eléctrica. Hoy son las que tienen menor vida útil y, además, son las de mayor consumo energético. Si bien son económicas, no resultan eficientes a largo plazo, ya que sólo convierten en luz visible un 10% (promedio) de la energía

consumida, convirtiendo el resto de la energía en calor u onda electromagnética fuera del espectro visible.



Figura 1.10. Lámpara incandescente.

1.1.4. Las lámparas halógenas

Son básicamente lámparas incandescentes convencionales (Figura 1.11), con el agregado de un gas inerte. Se destacan por la emisión de una luz brillante, el reemplazo del vidrio por un compuesto de cuarzo, una duración de casi el doble que el de una lámpara convencional, teniendo un menor tamaño y fueron un avance en la reducción del consumo eléctrico, aunque, por otra parte, emiten mucho más calor que las incandescentes.



Figura 1.11. Lámpara halógena.

1.1.5. Los tubos fluorescentes

Consisten en un tubo recubierto internamente de fósforo que emite una luz similar a la luz blanca, mediante gases como el flúor, vapor de neón o mercurio, contenidos dentro del mismo (Figura 1.12). Una descarga eléctrica producida por una bobina y arrancador (comúnmente balastro), ioniza el gas y lo vuelve conductor, favoreciendo así la circulación de corriente por el gas y la consecuente emisión de luz no visible dentro del tubo, la cual, al chocar con el fósforo que recubre el tubo, se transforma en luz visible al ojo humano.



Figura 1.12. Tubos fluorescentes.

Por un lado, estos tubos presentan una eficiencia mucho mayor que una lámpara incandescente, alcanzando los 60 lm/W. Además, tienen una larga vida útil (5,000 a 15,000 horas, aunque pueden necesitar mantenimiento, por ejemplo, cambio del arrancador) y si bien, cuestan más que las lámparas convencionales, reducen el consumo eléctrico. Por otra parte, producen un efecto estroboscópico (parpadeo) que genera molestias en la vista, necesitan elementos auxiliares para funcionar y los balastos pueden provocar zumbidos, son delicados para manipular y transportar por su tamaño. Además, como su desarrollo fue anterior a la concientización sobre la ecología, no hay campañas contra su uso como veremos para las lámparas de bajo consumo que tienen mercurio en su construcción (el mercurio es tóxico para el sistema nervioso e inmunológico, llegando en casos extremos a tener consecuencias fatales), pero los gases que utilizan pueden tener consecuencias nocivas para la salud.

1.1.6. Las lámparas de bajo consumo

En las últimas décadas se han desarrollado lámparas fluorescentes “compactas” (Figura 1.13) (CFL es la sigla en inglés, conocidas en nuestro país como “bajo consumo”). La base de su funcionamiento es un tubo fluorescente estrecho, ya sea curvado en forma de U, o compuestas de varios tubos conectados por puentes.



Figura 1.13. Lámparas fluorescentes compactas CFL.

Tienen una eficiencia mucho mayor que las lámparas incandescentes (46–75 lm/W), una mayor vida útil (8,000 horas), y una adaptación a las luminarias de las lámparas incandescentes. Ahora bien, por otro lado, requieren un tiempo de calentamiento para llegar a plena iluminación, su reproducción del color es inferior a las incandescentes, hay producción masiva de lámparas de muy baja calidad lo que disminuye sensiblemente su vida útil (1,000 horas) y siguen conteniendo mercurio.

1.1.7. Lámparas de mercurio y mercurio halogenado

Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio (Figura 1.14), el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque.



Figura 1.14. Vapor de mercurio de alta presión CFL.

La luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas y para resolver el problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. También están disponibles lámparas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores.

1.1.8. Lámparas de vapor de sodio.

Vapor de sodio a baja presión (SBP) (Figura 1.15): la lámpara de vapor de sodio a baja presión es la más eficiente, ya que genera más de 140 lm/W, pero la reproducción cromática es muy pobre.



Figura 1.15. Vapor de sodio de baja presión (SBP).

Vapor de sodio a alta presión (SAP) (Figura 1.16): la lámpara de vapor de sodio a alta presión es una de las más utilizadas en el alumbrado público ya que proporciona una reproducción de los colores considerablemente mejor que la anterior, aunque no tanto como para iluminar algo que requiera excelente reproducción cromática. Por el contrario, su rendimiento es algo menor que la de SBP, pero por encima de los 100 lm/W (*Urbipedia*, 2022).



Figura 1.16. Vapor de sodio de alta presión (SAP).

El foco de vapor de sodio está compuesto de un tubo de descarga de cerámica translúcida, esto con el fin de soportar la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan; en los extremos tiene dos electrodos que suministran la tensión eléctrica necesaria para que el vapor de sodio encienda. Para operar estas lámparas se requiere de un balasto y uno o dos condensadores para el arranque y tienen una vida útil promedio de 10,000 horas.

1.1.9. Tecnología LED

Un LED es un diodo semiconductor capaz de emitir luz. El funcionamiento de un LED consiste en un electrón que, al pasar una junta de silicio, pierde energía la cual se manifiesta en forma de fotón (partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas) desprendido, con una amplitud, dirección y fase aleatoria. De esta forma para conseguir luz blanca podemos mezclar la luz de tres LED: uno azul, otro rojo y por último verde. Esta nueva tecnología presenta numerosas ventajas: en el plano medioambiental, ya que no contienen mercurio ni otros metales pesados y producen menos emisiones de CO₂ para conseguir la misma iluminación al ser más eficientes. Poseen un alto Índice de Reproducción Cromática; no generan tanto calor como las tecnologías de iluminación tradicionales, producen una menor contaminación lumínica, no generan radiación infrarroja ni ultravioleta y poseen un encendido inmediato. Los LED son más eficientes en ambientes con bajas temperaturas y son fuentes de luz fiables en el exterior; además, tras su instalación no requieren de cubierta protectora, ya que la mayoría de los LED están fabricados de aluminio y plástico, lo que los dota además de una máxima flexibilidad en el diseño (existen LED de todos los tamaños y con casi cualquier diseño) y de robustez y seguridad frente a vibraciones, gozan de un período de amortización corto (menos de 3 años) de la inversión por el ahorro obtenido por su uso en la iluminación. Su mayor

enemigo son las altas temperaturas: a partir de 65° C la mayoría de los LED se estropean, asimismo, esta tecnología requiere una elevada disipación térmica, el precio es elevado en comparación con las luminarias convencionales. Las luces LED se caracterizan por una emisión de luz mono direccional que reduce significativamente la luz reconducida por la parábola, consiguiendo un coeficiente de utilización que supera el 77% de la luz emitida. El ahorro total de energía del sistema puede llegar a ser hasta del 80%.

A la vez, se destaca la mayor eficiencia de las luminarias con tecnología LED: mayor vida útil, menor consumo, bajo costo de mantenimiento y mayor poder lumínico. En efecto, la mayor capacidad de control sobre el color y la intensidad de la iluminación pública por la implementación de la tecnología LED redundan y permite cambiar dinámicamente la iluminación y adaptarse a las condiciones del ambiente. Por último, las luminarias con tecnología LED pueden tener una vida útil de entre 50,000 y 100,000 horas o más; el costo de mantenimiento al menos en un 30%, comparada con las lámparas de mercurio y sodio.

1.1.10. Iluminación tradicional versus LED

A continuación, se muestra de manera gráfica las ventajas del LED sobre otro tipo de tecnologías. Una de las principales es el ahorro energético que se traduce en un ahorro económico (Figura 1.17).

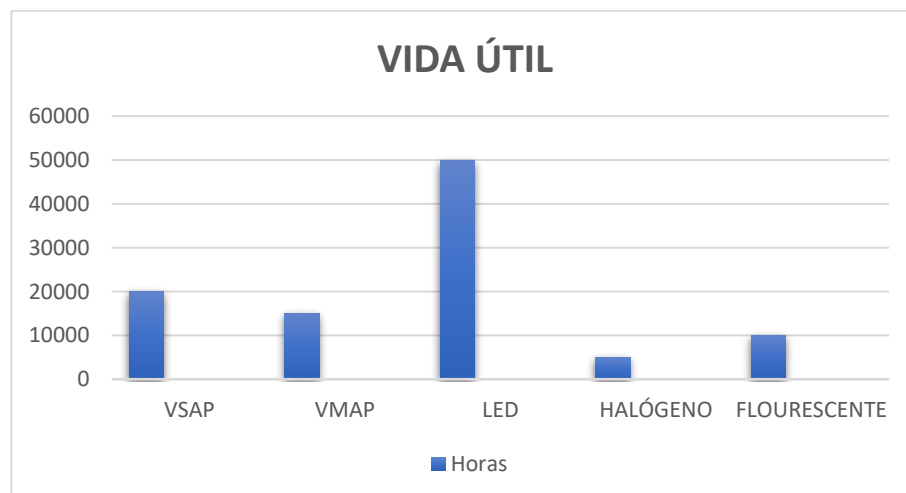


Figura 1.17. Comparación de vida útil.

Además de la vida útil, la eficiencia luminosa (Figura 1.18) también es una gran característica, ya que en realidad un LED no consume menos energía, si no que la cantidad de lúmenes que ofrece es mayor.

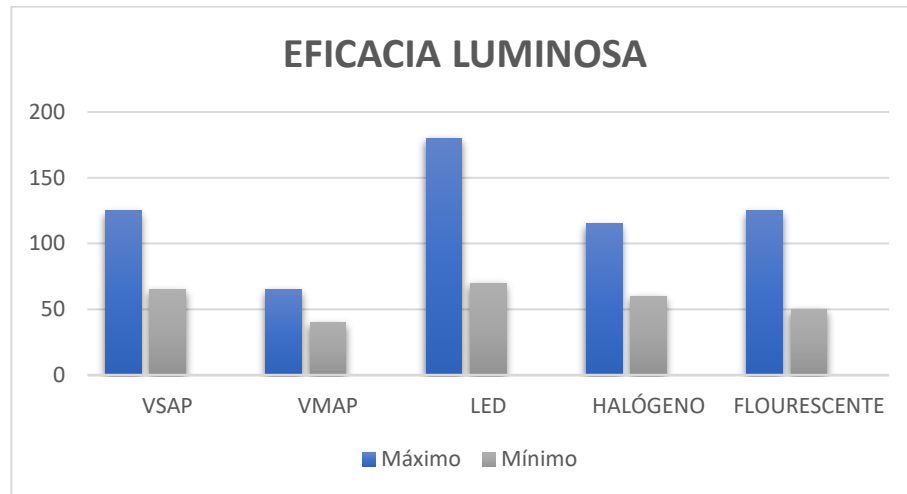


Figura 1.18. Comparación de eficacia luminosa.

El LED tiene una reproducción cromática de los colores superior y va en un rango de 60-98%. La tabla comparativa está representada por la figura 1.19. Comparación según su IRC.

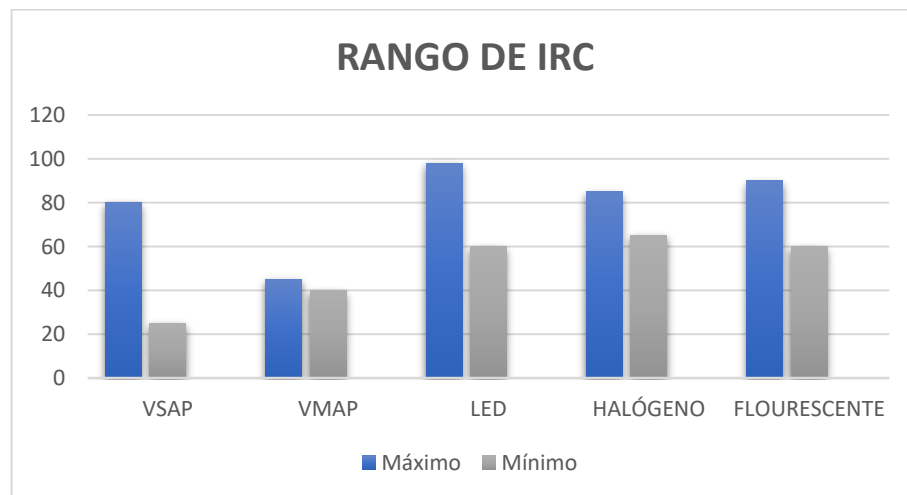


Figura 1.19. Comparación según su IRC.

A continuación, se describen diversos trabajos en los que se ha aplicado iluminación tradicional, así como, iluminación LED. Por ejemplo, dentro de la

tecnología tradicional la empresa Eléctrica Quito S.A., en 1978 toma como proyecto la modernización del alumbrado público de la ciudad de Quito Ecuador, en donde se hace el cambio de las luminarias existentes (luz incandescente) por luminarias tipo Cut-Off. (Pavón Puente, 1978), en 1979 se realizó el estudio del “Panecillo” sitio más turístico de la ciudad de Quito Ecuador en donde se toma como objeto de estudio el modernizar, modificar y ampliar las redes eléctricas de la zona, ya que se encontraba con falta de luz, así que para el proyecto se proponen luminarias de luz incandescente (Vásquez León, 1979).

También se realizaron propuestas públicas, tal es el caso de William Daniel Cardozo Chulín y Roberto Alejandro Kú Carrillo que hacen un diagnóstico energético al edificio de Rectoría y alumbrado exterior de la Universidad de Quintana Roo en donde proponen el sustituir las lámparas existentes de vapor de Mercurio de alta presión (VMAP) por lámparas de vapor de Sodio de alta presión (VSAP) (Cardozo Chulín & Kú Carrillo, 1999). Por último, el Gobierno de la ciudad de Quito emplea un proyecto en La Calle Larga del Centro Histórico que contiene monumentos emblemáticos e importantes de la ciudad; ahí mismo se encuentra el parque del mirador, lugar que tras un derrumbe importante en 1995 sufre daños, para la rehabilitación de toda el área, se incluyen luminarias de luz de sodio y mercurio (López Ulloa, 2000).

Por otra parte, dentro de las aplicaciones de la tecnología LED, el consenso político del alumbrado urbano del municipio de Gunskirchen, Alta Austria decide hacer un cambio en su alumbrado urbano, ya que la tecnología que utilizaban en ese momento (lámparas de vapor de mercurio) pronto se vería obsoleta, es por eso que emplean un proyecto para hacer el cambio por tecnología LED en el modelo EPC (OÖ Energiesparverband, 2015), otro proyecto sobresaliente fue la realizado por Sebastián Ignacio Castillo Figueroa y Claudio Piro, proponen un proyecto de iluminación para la Plaza Villa del Sol en Chile, en su momento la plaza contaba con una fuente de tecnología LED, misma que era ineficiente por el espacio a iluminar. Se decide aumentar el número de luminarias a 3 con motor fotométrico compuesto por LED de schréder para cada una (Castillo Figueroa & Piro, 2018). Dentro del país también se han realizado este tipo de proyectos, por mencionar alguno, en Tuxpan

Veracruz se lleva a cabo un proyecto de modernización del alumbrado y aplicación de tecnologías inteligentes en servicios públicos, en donde se eliminan 9,434 equipos ya ineficientes, misma cantidad que fue sustituida por luminarias de tipo LED equipadas con receptáculo y foto celda, instalación y garantía; además de incluir otras 94 que contaban con cámara de vigilancia y señal de Wifi (H. Ayuntamiento de Tuxpan, 2014). En un caso también público, pero europeo, Carlos Martín Martín realiza un proyecto de alumbrado público en la zona de Av. Mar Mediterráneo de Leganés en Madrid, España la cual contaba con un sistema de iluminación antiguo y es cambiado por un sistema con luminarias LED de la marca Thorn Lighting en el modelo R2L2 en su presentación más pequeña.(Martín Martín, 2014).

1.1.11. Productos comerciales

La revisión de antecedentes a través de productos comerciales pretende conocer la oferta de luminarias LED dedicadas al sector denominado Suburbano. De la Tabla 1.1 a la Tabla 1.20 se muestran los productos que se encuentran actualmente en el mercado, se eligieron específicamente estos ejemplares de acuerdo con sus propiedades porque son similares al prototipo propuesto en este trabajo. Con esto se busca generar un análisis de las alternativas a nivel producto, a las que empresas públicas y privadas pueden acceder.

Tabla 1.1. Descripción de; SERIE OVAL COB.

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	85-305 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	3,000-5,000 K	
Temperatura de uso	-40°C a 55°C	
Grado de protección	IP66	
Vida útil	200,000 horas	
Garantía	5 años	
Precio	\$2,845	

Empresa	México.	(Iluminación México, 2022)
---------	---------	----------------------------

Tabla 1.2. Descripción de; LED SUBURBANA 50W

Parámetros	Valores	Imagen	
Voltaje	100-265 V		
Potencia	50 W		
Temperatura de color	6,500 K		
Temperatura de uso	-25°C a 45°C		
Grado de protección	IP65		
Vida útil	30,000 horas		
Garantía	N/D		
Precio	\$4,062		
Empresa	México.		(Plusrite, 2022)

Tabla 1.3. Descripción de; EG-LHD-50W

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	100-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,500 K	
Temperatura de uso	-40°C a 50°C	
Grado de protección	IP66	
Vida útil	50,000 horas	
Garantía	5 años	
Precio	N/D	
Empresa	México.	(Energain, 2022)

Tabla 1.4. Descripción de; RIPA - LED 50W

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	220-240 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,700 K	
Temperatura de uso	N/D	
Grado de protección	IP65	
Vida útil	60,000 horas	
Garantía	N/D	
Precio	N/D	
Empresa	España.		(SECOM, 2022)

Tabla 1.5. Descripción de; LED TIPO COBRA 50W

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	120-240 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	6,500 K	
Temperatura de uso	-5°C a 45°C	
Grado de protección	IP65	
Vida útil	50,000 horas	
Garantía	5 años	
Precio	\$2,150	
Empresa	México.		(GOLED, 2022)

Tabla 1.6. Descripción de; 6K

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	100-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,000 K	
Temperatura de uso	-20°C a 50°C	
Grado de protección	IP66 / IK08	
Vida útil	72,000 horas	
Garantía	10 años	
Precio	N/D	
Empresa	México.	

Tabla 1.7. Descripción de; LUMINARIA LED ALUMBRADO P. 50W


Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	95-265 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	6,000 K	
Temperatura de uso	N/D	
Grado de protección	N/D	
Vida útil	25,000 horas	
Garantía	1 años	
Precio	N/D	
Empresa	Colombia.	

Tabla 1.8. Descripción de; G7

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	85-305 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,700 K	
Temperatura de uso	-20°C a 50°C	
Grado de protección	IP67 / IK10	
Vida útil	100,000 horas	
Garantía	10 años	
Precio	\$2,950	
Empresa	México.	

Tabla 1.9. Descripción de; LUMINARIA DE ALUMBRADO

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	95-305 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	6,000 K	
Temperatura de uso	N/D	
Grado de protección	IP66 / IK10	
Vida útil	100,000 horas	
Garantía	10 años	
Precio	\$4,685	
Empresa	México.	

Tabla 1.10. Descripción de; SLX, VERSIÓN 1 LED

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	100-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,000 K	
Temperatura de uso	-10° C a 50° C	
Grado de protección	IP66 / IK09	
Vida útil	100,000 horas	
Garantía	7 años	
Precio	N/D	
Empresa	México.		(Supra, 2022)

Tabla 1.11. Descripción de; INS-1-50

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	90-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	6,000 K	
Temperatura de uso	-40° C a 55° C	
Grado de protección	IP66 / IK10	
Vida útil	150,000 horas	
Garantía	10 años	
Precio	\$2,693	
Empresa	México.		(Praha Lighting, 2020)

Tabla 1.12. Descripción de; INS-1-50

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	90-277 V	
Potencia	52 W	
Temperatura de color	6,000 K	
Temperatura de uso	-40° C a 55° C	
Grado de protección	IP65 / IK10	
Vida útil	150,000 horas	
Garantía	10 años	
Precio	\$2,857	
Empresa	México.	

Tabla 1.13. Descripción de; MCS 1 50 MERCURY MINI

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	90-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	6,000 K	
Temperatura de uso	-40°C a 55°C	
Grado de protección	IP65	
Vida útil	150,000 horas	
Garantía	10 años	
Precio	2,189	
Empresa	México.	

Tabla 1.14. Descripción de; LOTUS 50W 57K 2M MV 1L SF


Parámetros	Valores	Imagen	
Voltaje	100-277 V		
Potencia	50 W		
Temperatura de color	5,700 K		
Temperatura de uso	-40°C a 50°C		
Grado de protección	IP66/IK10		
Vida útil	100,000 horas		
Garantía	7 años		
Precio	N/D		
Empresa	México		(Manufacturera de Reactores, 2022)

Tabla 1.15. Descripción de; LED LEDVANCE SKY

Parámetros	Valores	Imagen	
Voltaje	90-305 V		
Potencia	60 W		
Temperatura de color	5,000 K		
Temperatura de uso	-30°C a 50°C		
Grado de protección	IP66/IK08		
Vida útil	50,000 horas		
Garantía	5 años		
Precio	\$5,419		
Empresa	México.		(Lighting City, 2022)

Tabla 1.16. Descripción de; ESTOCOLMO I

Parámetros	Valores	Imagen	
Voltaje	100-127 V		
Potencia	50 W		
Temperatura de color	6,000 K		
Temperatura de uso	N/D		
Grado de protección	IP65		
Vida útil	50,000 horas		
Garantía	5 años		
Precio	\$2,432		
Empresa	México.		(<i>Tecnolite, 2022</i>)

Tabla 1.17. Descripción de; VIALED EFICIENTE

Parámetros	Valores	Imagen	
Voltaje	127-277 V		
Potencia	50 W		
Temperatura de color	5,000 K		
Temperatura de uso	-10°C a 40°C		
Grado de protección	IP66/IK10		
Vida útil	50,000 horas		
Garantía	5 años		
Precio	N/D		
Empresa	México.		(<i>Construlita, 2022</i>)

Tabla 1.18. Descripción de; NATH SXF

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	120-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,000 K	
Temperatura de uso	-10°C a 50°C	
Grado de protección	IP66/IK09	
Vida útil	100,000 horas	
Garantía	5 años	
Precio	N/D	
Empresa	España.		(Simon, 2022)

Tabla 1.19. Descripción de; OPS STREET LP-50W

Parámetros	Valores	Imagen
Voltaje	90-277 V	
Potencia	50 W	
Temperatura de color	5,000 K	
Temperatura de uso	N/D	
Grado de protección	IP67/IK09	
Vida útil	100,000 horas	
Garantía	5 años	
Precio	N/D	
Empresa	México.		(Light Pro 4, 2022)

Tabla 1.20. Descripción de; COBRA 50W

Parámetros	Valores	Imagen	
Voltaje	85-265 V		
Potencia	50 W		
Temperatura de color	6,500 K		
Temperatura de uso	N/D		
Grado de protección	IP65		
Vida útil	N/D		
Garantía	6 meses.		
Precio	\$910		
Empresa	México.		(Suministros Diamante, 2022)

Los productos comerciales consultados, en su gran mayoría de origen nacional, son altamente competitivos respecto a su funcionalidad, precio y estética. La Tabla 1.21 muestra los valores; máximo, mínimo y media de las características específicas de cada producto.

Tabla 1.21. Valores generales.

Parámetros	Rango	Media
Voltaje (V)	85-305	
Potencia (W)	50 - 60	55
Temperatura de color (K)	3,000 – 6,500	4,750
Temperatura de uso (C)	-40 a +55	
Grado de protección (IP/IK)	IP65 - IP67	IP66
Vida útil (Horas)	25,000 - 200,000	112,500
Garantía (Años)	0.5 - 10	5.25
Precio (MXN)	\$910 - \$5,419	\$3,164.5

1.2. Justificación

Este trabajo parte de la entrada de un nuevo proyecto para el Área de Diseño donde me desempeño actualmente. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, el cliente solicita el diseño de un nuevo producto acorde a las necesidades lumínicas y estéticas.

El hecho de realizar prácticas profesionales en una empresa del Sector Privado llamada Reneworks Energy S. de R.L. de C.V. ® (RNW, 2022), la cual se dedica al desarrollo y comercialización de luminaria, conduce a la idea de aprovechar los conocimientos adquiridos en la carrera de Diseño Industrial y en la empresa realizando el desarrollo completo de un producto; además de formar al alumno en el sector de su interés, en este caso, la luminaria de exteriores. Este proyecto permitirá el crecimiento tanto en conocimientos ingenieriles como en la trayectoria laboral.

1.3. Descripción del problema

En el mercado mexicano existe un área de oportunidad para la Luminaria de alumbrado público; actualmente la necesidad de este sector versa en conseguir los mejores resultados en cuanto a la vida útil y potencias, al mejor precio. Cada una de estas propuestas debe de gozar de la mano con buena estética y diseño. Generar una propuesta de diseño que incluya lo antes mencionado, se acote a las dimensiones, materiales y cubra las necesidades establecidas a lo largo de este proyecto.

1.4. Objetivos

A continuación, se describen los objetivos generales y particulares del presente proyecto de Tesis.

1.4.1. Objetivo general

Diseñar, desarrollar e implementar un prototipo de luminaria de bajo consumo eléctrico y alta potencia lumínica para alumbrado público, considerando especificaciones de potencia, vida útil, intensidad y precio.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar luminaria de bajo consumo eléctrico 50 W con conexión de red AC y alto flujo luminoso mediante herramientas de representación, bocetos y modelos digitales asistido por ordenador y el software de fabricación “CAD”, para mejorar la eficiencia respecto a los productos en el mercado (CAD, 2022a).
- Realizar iteración entre diseñador y empresario mediante un diseño planificado para corroborar que la luminaria cumpla con las especificaciones necesarias, tales como; potencia, vida útil, intensidad y precio.
- Analizar la información recopilada con base en los hallazgos obtenidos en la investigación para delimitar el problema de diseño a resolver.
- Generar tableros de imágenes que comuniquen las características del usuario y su relación con diferentes productos como herramienta de apoyo para la generación de conceptos visuales que se perfilan como ideas.
- Realizar ensayos necesarios a través de diferentes modelos, escenarios y simulaciones, es decir; Ingeniería asistida por ordenador o “CAE” por sus siglas en inglés (Siemens, 2022b), para validar el prototipo y determinar el cumplimiento de los requerimientos establecidos.
- Construir el perfil de diseño de producto respecto a la función, ergonomía, estética y producción a través de un modelo tridimensional para determinar su función crítica con vista en una solución viable, factible y deseable.

1.5. Hipótesis

Es posible llevar a cabo el diseño, desarrollo e implementación de un nuevo prototipo de luminaria para exteriores considerando que sea de bajo consumo eléctrico y alta potencia lumínica para alumbrado público, mediante la utilización de conocimiento teóricos y prácticos adquiridos en la carrera de Licenciatura en Diseño Industrial, así como, usando herramientas de diseño y haciendo una revisión profunda del estado del arte en el área de iluminación.

2. Fundamentación Teórica

En esta sección, se presenta primeramente una introducción al concepto de la luz, el sentido de la vista, el LED, sistemas de alumbrado, magnitudes luminosas, propiedades ópticas de la materia, leyes fundamentales y tipos de lámparas. Es necesario tener una base teórica y entender el porqué de las cosas, de esta manera, si no se entiende o recuerda un concepto, se puede recurrir a la teoría que se explica a continuación.

2.1. La luz como fenómeno físico

De acuerdo con la Real Academia Española (RAE, 2021), la luz se define como:

- a) f. Agente físico que hace visible a los objetos.
- b) f. Claridad que irradian los cuerpos en combustión, ignición o incandescencia.
- c) Fis. Onda electromagnética en el espectro visible.

Las definiciones anteriores, se pueden entender mejor de la siguiente manera; a) La luz es aquello que hace que los objetos puedan ser vistos, es decir, no se puede percibir el objeto, sino la luz que incide sobre él. b) Si un objeto es quemado, produce luz. c) Estamos rodeados por ondas electromagnéticas de diversas longitudes, éstas propagan energía (fotones) producida por oscilaciones de campos electromagnéticos y no necesitan un medio material de propagación ya que son energía pura y carecen de masa.

2.1.1. Teoría ondulatoria

La teoría ondulatoria explica cómo se propaga la luz mediante un comportamiento ondulatorio debido a que la luz es una forma de energía (Figura. 2.1). Explícitamente, son radiaciones electromagnéticas capaces de excitar la retina del ojo humano. Una onda electromagnética es el producto de un campo magnético y uno eléctrico, son perpendiculares entre sí y a su vez son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda.

1. Un campo eléctrico variable en el tiempo genera un campo magnético (Ley de Ampere).
2. Un campo magnético variable genera un campo eléctrico (Ley de Faraday).

Es así como la onda se auto propaga a través del espacio, generando campos eléctricos y magnéticos continuamente.

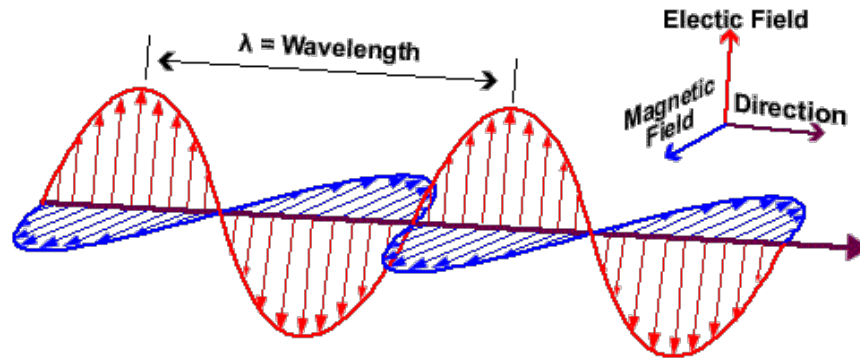


Figura 2.1. Propagación de una onda electromagnética (Electrónica Unicrom, 2022).

El concepto de onda electromagnética se representa matemáticamente de la siguiente manera:

$$C = \lambda \times f = \frac{\lambda}{T} \quad (1)$$

Donde T es el periodo, el cual representa el tiempo que tarda un punto cualquiera en realizar la oscilación (s), f es la frecuencia de oscilación, esto es, la cantidad de periodos por unidad de tiempo o inversa del periodo (Hz), λ es la longitud de onda o distancia lineal entre dos picos o valles consecutivos (m). Finalmente, C es la velocidad de propagación, la cual depende del medio en el que se propaga, es la distancia que recorre la onda por unidad de tiempo.

$$E = p \times c \quad (2)$$

Donde la energía y la cantidad de movimientos de una onda electromagnética están dadas por la expresión previamente mencionada.

2.1.2. Teoría corpuscular

La teoría explica la interacción entre la luz y la materia, se define la luz como un “conjunto de partículas materiales llamadas fotones” y son capaces de transportar todas las formas de radiación electromagnética. Esta teoría explica cómo la luz se propaga en línea recta en todas las direcciones, que al chocar con nuestros ojos produce sensaciones luminosas; así como también explica los fenómenos de reflexión y refracción. Los corpúsculos se reflejan ya que estos chocan elásticamente contra la superficie de separación entre dos medios

Los corpúsculos se refractan porque la luz cambia de velocidad en medios de distinta densidad. La energía de un fotón viene cuantizada de la siguiente fórmula.

$$E_{\text{fotón}} = h \times f = h \times \frac{c}{\lambda} \quad (3)$$

Donde: h = Constante de Plank.

2.1.3. Dualidad Onda–Partícula

Las teorías anteriormente mencionadas sintetizan en que la luz se comporta como una onda y como una partícula.

- Su comportamiento como partícula permite localizarse, dispersarse, intercambiar energía y obedece a las leyes de conservación de la energía.
- Su comportamiento como onda presenta interferencia y difracción, dispersando su energía continuamente a través del espacio durante el tiempo.

El resultado de las teorías anteriormente expuestas se expresa matemáticamente de la siguiente manera.

$$E = h \times f = \frac{(h \times c)}{\lambda} = p \times c \rightarrow \lambda = \frac{(h \times c)}{p \times c} = \frac{h}{p} \quad (4)$$

Un fotón tiene masas y cantidad de movimiento (Propiedad corpuscular) y también tiene longitud de onda (Propiedad ondulatoria).

- Colisión con un fotón- Predominancia de un comportamiento corpuscular.
- Colisión con un haz de fotones: Predominará su comportamiento ondulatorio.

2.1.4. Espectro electromagnético

Las radiaciones electromagnéticas se propagan en el vacío a $3 \cdot 10^8$ m/s y se clasifican según su longitud de onda o frecuencia, En la Figura 2.2 se pueden observar la clasificación y rangos energéticos correspondientes a cada uno de los tipos de radiación electromagnética. La luz es la porción de un espectro que estimula el sentido de la vista por medio de la retina del ojo humano, detectando ondas entre los 380 nanómetros (color violeta) hasta 770 nanómetros (color rojo). A este rango se le conoce como “Espectro visible”.

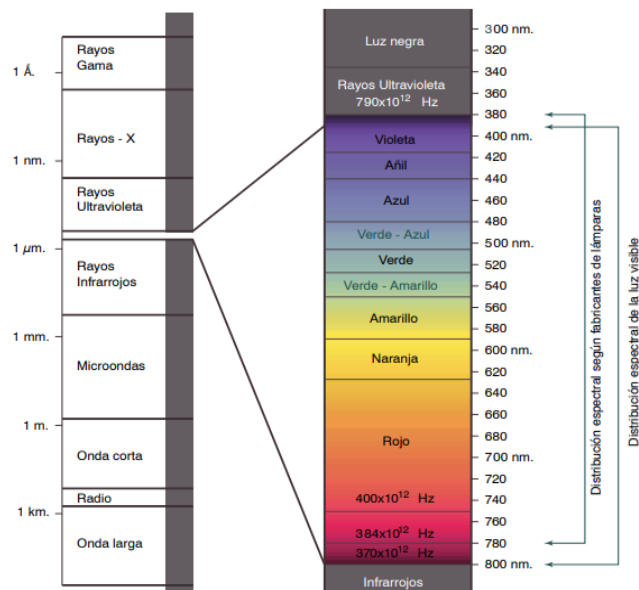


Figura 2.2. Clasificación radiaciones electromagnéticas (Allen Tipler, 2003)

La longitud de onda (λ) (Figura. 2.3) inferior a la luz visible se denomina rayos ultravioletas y las λ superiores a la luz visible se conocen como ondas infrarrojas.

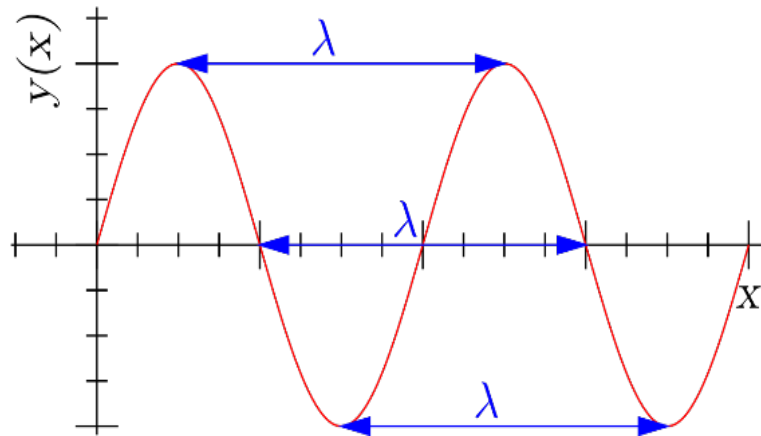


Figura 2.3. Longitud de onda (Vía Satelital, 2022).

λ está definido como la distancia recorrida por la onda en un periodo establecido. Determinado por el producto de la velocidad de propagación (v), por el tiempo que tarda en realizar un ciclo (T).

$$\lambda = v \times T = \frac{v}{f} \quad (5)$$

La frecuencia es definida como el número de periodos en un número de tiempo, el periodo es inverso a la frecuencia.

$$T = \frac{1}{f} \quad (6)$$

El campo electromagnético que rodea al fotón cambia de su máximo positivo a su máximo negativo conforme va viajando

Los fotones viajan a través del espacio a 300,000 km/segundo, pero tienen una variación en su campo electromagnético, mientras más energía tenga un fotón, más rápida será su fluctuación. El ojo humano puede percibir estos niveles de energía del fotón y el índice de fluctuación del campo electromagnético. A este efecto se le

denomina “Color” (Figura. 2.4). El color rojo es la longitud de onda más larga y el violeta por contraparte, el más corto.

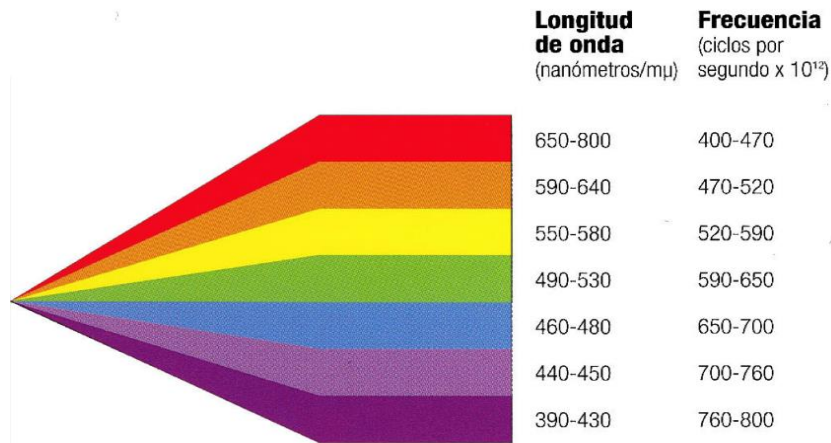


Figura 2.4. Espectro de luz visible (Philips Lighting, 2017)

El color es la interpretación que realiza nuestro sentido de la vista. Todos los cuerpos iluminados absorben todas o parte de las ondas electromagnéticas y rebotan las sobrantes. La luz blanca puede ser descompuesta (Figura. 2.5) en todos los colores del espectro por medio de un prisma; esta descomposición se presenta en un arcoíris, cuando las gotas de lluvia funcionan como un prisma.

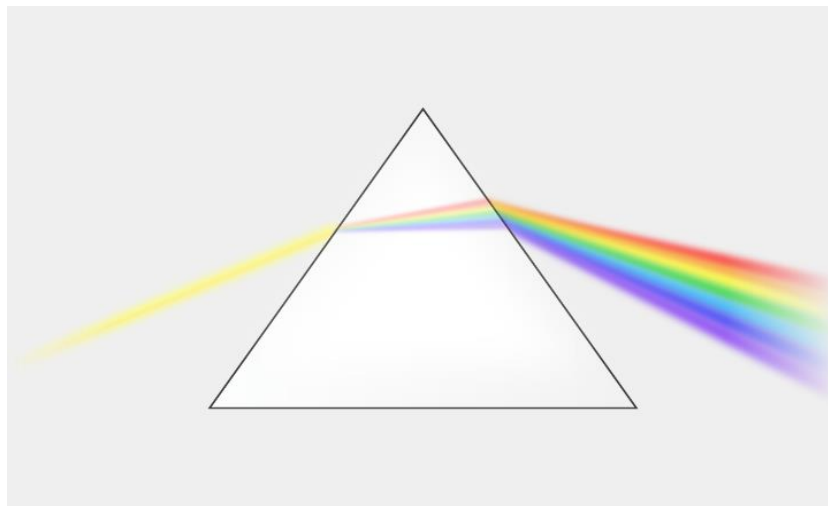


Figura 2.5. Descomposición de la luz (Wilczek F., 2016)

El color blanco resulta de la superposición de todos los colores, mientras que el negro es la ausencia de estos. El color que los objetos perciben depende de la cantidad que emiten, reflejan, transmiten y absorben. El ojo humano solo percibe el color de los objetos cuando la iluminación es suficiente.

Un objeto parece con color x, porque absorbe todos los colores del espectro a excepción de x, ya que es reflejado de vuelta.

2.2. El sentido de la vista

El ojo humano es el receptor de un grupo de radiaciones electromagnéticas llamado luz, está diseñado para captar esa luz y convertirla en impulsos nerviosos enviados al cerebro. En la Figura 2.6 se puede observar la composición del ojo humano y cada una de sus partes.

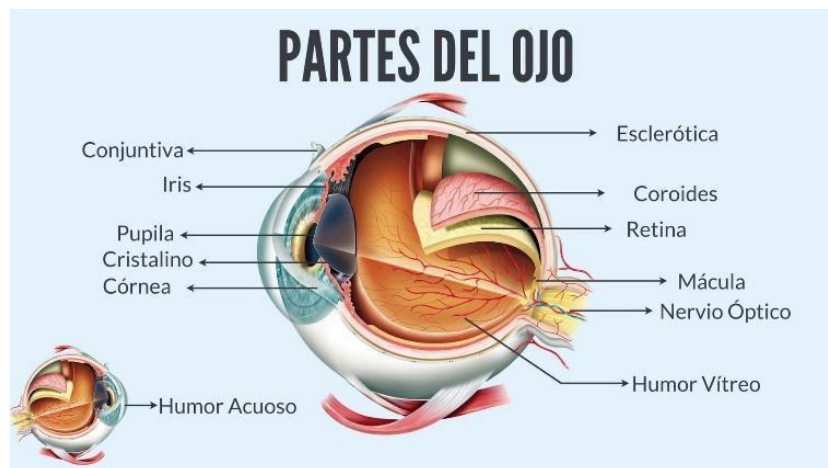


Figura 2.6. Ojo humano (Brill Pharma, 2020)

Como se observa en la Figura 2.6, el ojo humano está conformado por al menos 12 partes principales, sin embargo, se debe considerar que: El campo visual total es de 90 a 100 grados a la derecha del ojo derecho y su vez a la izquierda del ojo izquierdo. El campo visual total es de 60 grados a la izquierda del ojo derecho y a la derecha del ojo izquierdo. El campo visual total superior es de 65 grados, mientras que el campo visual total inferior es de 70 grados. El ojo es una esfera llena de líquido transparente (humor acuoso) y un líquido gelatinoso (humor vítreo), estos están constituidos de agua en un 99%. La córnea es una membrana transparente que refracta la luz, protege el iris y el cristalino. El párpado protege al ojo, limpiando y

lubricando. La retina es donde se alojan los receptores de luz: conos y bastones. Los bastones son células muy sensibles que se saturan con poca luz, por lo que solo distinguen el blanco, negro y escala de grises. Los conos se clasifican por el color que distinguen (rojo, verde o azul). La fovea es la única parte del ojo que logra ver color y calidad. El iris a partir de la pupila controla la luz que se refracta a través del cristalino.

El funcionamiento del ojo humano es sumamente interesante rescatando de que, a pesar de tener una gran amplitud visual, podamos ver con tal claridad y nitidez, ya que el cerebro es el que se encarga de comprender la información recibida.

El ojo aumenta la convexidad de una lente mediante la contracción de los músculos ciliares, cuando más cerca está el objeto más convexo será o aparenta serlo. Este proceso se denomina acomodación. Cuando el ojo se enfoca algo distante la pupila se vuelve más grande, y cuando enfocamos objetos cercanos la pupila se vuelve más pequeña.

El ojo es un receptor capaz de funcionar bajo diversos niveles de iluminación (adaptación), a partir del cambio de dimensiones en la pupila y de cambios fotoquímicos en la retina. El tiempo que tarda la adaptación va a depender de la magnitud del cambio.

2.3. Iluminación artificial

La iluminación artificial o luminotecnia es la ciencia que estudia los fenómenos luminosos artificiales, la producción de luz, control y aplicaciones. Se pueden encontrar luminarias como objetivos estéticos o funcionales por ello es necesario dar la introducción a los conceptos y magnitudes fotométricas, colorimetrías básicas y conceptos utilizados para poder diseñar.

2.3.1. Terminología relacionada

A continuación, se describen los términos más comúnmente usados en el área de luminaria.

- Difusor: Elemento óptico que se utiliza para difuminar o esparcir la luz que incide sobre él, puede funcionar por reflexión o transmisión.

- Driver: Dispositivo electrónico que tiene la función de adaptar la tensión de alimentación proveniente de la red eléctrica.
- Lámpara: Dispositivo que produce luz, transformando la energía eléctrica en energía lumínica.
- Luminaria: Aparato de alumbrado que distribuye, filtra o transforma la luz proporcionada por una o más lámparas, comprende todos los dispositivos y piezas necesarias para el soporte, fijación, protección y conexión.
- Óptica: Elemento óptico transparente utilizado para controlar la geometría del flujo luminoso utilizando las propiedades de refracción y transmisión de los materiales que la componen.
- Reflector: Elemento óptico que se utiliza para aprovechar al máximo la luz emitida por una fuente lumínica. Además, se emplea para controlar la geometría del haz de luz y confort visual.
- Reflexión: Incrementa el rendimiento óptico, minimizando las pérdidas de absorción.
- Transmisión: Homogeniza la luz y crea grandes superficies luminosas mejorando el confort visual.
- Vida útil: Es el tiempo estimado de vida de la fuente de luz en condiciones óptimas.
- Vida útil de la fuente de luz: Indica el número de horas de funcionamiento continuo garantizando el porcentaje mínimo de su flujo lumínico.

2.3.2. Magnitudes colorimétricas

La luz y color tienen la siguiente distribución espectral:

- Si predominan las longitudes de ondas largas del espectro, se verá una luz rojiza.
- Si predominan longitudes de ondas medias del espectro, se verá una luz más amarillenta / verdosa.
- Si predominan longitudes de onda cortas, se verá una luz azul.
- Una combinación de todas las longitudes de onda con una proporción “similar” formará una luz blanca.

2.3.3. Temperatura de color relacionada (TTC)

Es el color de la luz que emite un cuerpo negro (fuente de luz ideal) cuando se calienta a una determinada temperatura, se mide en grados Kelvin (K) y solo es aplicable a la “Luz blanca”, según su apariencia se clasifica en 3 tipos:

- Cálida: <3,200 K.
- Neutra: 3,200 – 4,500 K.
- Fría: >4,500 K.

2.3.4. Índice de reproducción cromática (IRC)

El IRC es la medida de la capacidad que tiene una fuente de luz para reproducir con alta fidelidad los colores, en comparación con una fuente de luz natural, como el Sol. La clasificación del IRC según su calidad se presenta a continuación en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Clasificación del IRC.

IRC	CALIDAD
60	Pobre
60-80	Buena
80-90	Muy buena
90-100	Excelente

Consideraciones: Mientras más alto sea el IRC más costosa será la fuente de luz.

2.4. Sistema de alumbrado

El alumbrado se refiere a las luces o al sistema destinado a aportar iluminación a un espacio. Un sistema de alumbrado se instala con la misión de crear un espacio iluminado, especialmente durante la noche, donde es necesario para poder realizar actividades que requieren luz (*Ingeniería Industrial Online*, 2022). El alumbrado tiene diversos fines estéticos y funcionales, a continuación, se presentan los tipos de alumbrado que prevalecen en el mercado.

2.4.1. Alumbrado residencial

La parte fundamental que debe generar es un ambiente confortable, para que los espacios abiertos y los objetos adquieran un aspecto estético (Guamán Herrera & Peña Banegas, 2015). También en este se toma en cuenta el diseño estructural, la parte visual y la decoración de las diferentes áreas. Para este existen 3 métodos de manera en la cual se puede iluminar.

2.4.1.1. Método de alumbrado general

Proporciona un alumbrado uniforme sobre el área. La distribución de las lámparas es más sencilla, ubicándola en forma de filas (Figura. 2.7). La ventaja de este método es que se basa en que la ubicación de los puestos de trabajo puede cambiarse de acuerdo con las necesidades, sin tener que variar sus características de iluminación.

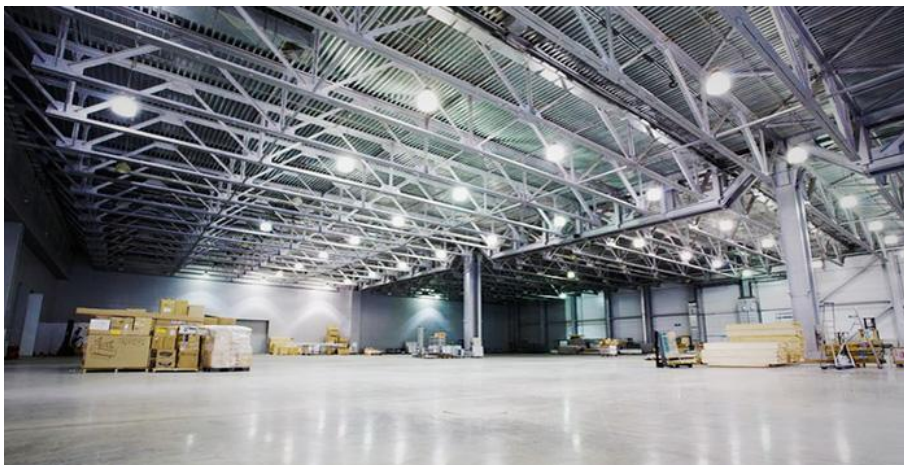


Figura 2.7. Método de alumbrado general.

2.4.1.2. Método de alumbrado general localizado

Ubica las luminarias de tal forma que proporcionen una iluminación generalmente uniforme y pueda incrementar su nivel de iluminación en los puntos que sean necesarios (Figura. 2.8). Aquí el problema es que, si se realiza un cambio en el desplazamiento de los lugares, habrá que modificar la configuración del alumbrado.



Figura 2.8. Método de alumbrado general localizado.

2.4.1.3. Método de alumbrado localizado

Se emplea cuando se necesita una iluminación cerca del área de trabajo para realizar una actividad en específico (Figura. 2.9). Para emplear este método, la relación entre la tarea visual y el espacio de fondo no debe estar muy elevada, puesto que podría producir un deslumbramiento molesto.



Figura 2.9. Método de alumbrado localizado.

Para este tipo de iluminación se utilizan lámparas incandescentes, por arco eléctrico, fluorescentes compactas y en algunos casos LED.

2.4.2. Alumbrado público

Por otra parte, el alumbrado público consiste en la iluminación de vías públicas, zonas de distracción o recreación y otros espacios con libre circulación que no sean propiedad de ninguna persona con derecho privado.(Merchán Nieves & Calderón Peña, 2018). Tiene la finalidad de brindar la visibilidad para el desarrollo de las actividades, hacer del entorno un lugar más seguro, tanto por violencia, como la circulación de los coches (Figura. 2.10). Por lo regular el alumbrado público es un servicio gubernamental, ellos son quiénes se encargan de su operación o mantenimiento. Para este tipo de alumbrado es común encontrar luminarias con lámparas de vapor de sodio a baja presión (SBP), lámparas de vapor de sodio a alta presión (SAP) y tecnología LED.



Figura 2.10. Método de alumbrado público.

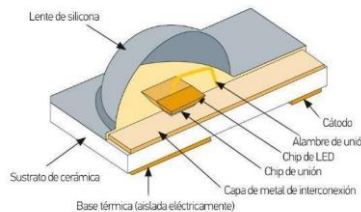
Este tipo de alumbrado es en el que se enfoca este proyecto de Tesis, debido a que es una de las demandas más importantes de la ciudadanía, consistiendo en la iluminación de las vías públicas o espacios a cargo del gobierno y tiene como fin proporcionar visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

2.4.3. Iluminación LED

El LED está compuesto por varias partes (Canales Sectoriales, 2015) como los que se muestran en la Tabla 2.2 Partes de un encapsulado LED.

Tabla 2.2. Partes de un encapsulado LED.

Parte	Función
Encapsulado	Carcasa envolvente del chip
Electrodo	Contacto de conexión
Adhesivo	Conduce calor y fija el chip
Chip LED	Fuente de luz
Cable	Unión electrodo chip
Sustrato	Base disipadora



El parámetro más influyente en el LED es la temperatura (Figura. 2.11): El LED se calienta durante su uso, pero si no se disipa, la luz emitida se irá degradando hasta acortar la vida útil; es por eso por lo que se recomienda no sobrepasar los 90°C (temperatura de funcionamiento). Otra temperatura para tener en consideración es la del ambiente, ya que no favorecerá su disipación si esta es elevada. Para generar una correcta disipación es necesario contar con una correcta unión entre el diodo y la superficie de disipación. Esta unión puede mejorar mediante Grasas Térmicas Conductoras “TIM” por sus siglas en inglés (*Intel*, 2022).

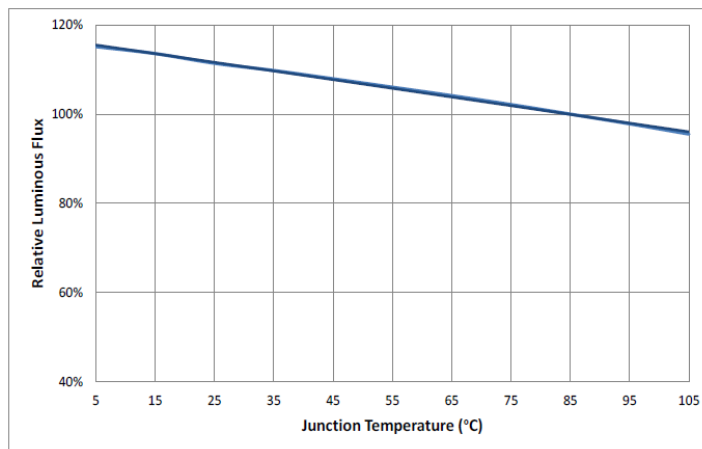


Figura 2.11. Flujo de salida relativo frente a temperatura (Luminus, 2022)

Con un control de ambos factores se obtendrá la mayor eficiencia energética (flujo luminoso) y vida útil del LED.

2.4.4. Diseño mecánico y prototipado digital.

Es necesario aplicar los conocimientos adquiridos en la Licenciatura en Diseño Industrial y las habilidades de esta área como pueden ser la metodología implementada, materiales y procesos. El diseño mecánico nos permite conocer el flujo de trabajo referente a la manufactura, comenzando con el modelado del prototipo digital, implementación de tecnología, colaboración, y simulación para la evaluación; con el objetivo de reducir costos de ingeniería, generando prototipos virtuales y presentándolos de manera clara y atractiva.

El diseño mecánico consiste en tener la capacidad de planificar, esbozar, construir, visualizar, comunicar, analizar y comprobar que los prototipos sean adecuados, lo anterior con la finalidad evitar problemas de diseño y/o ingeniería antes de su fabricación. Más adelante se detallará la metodología de trabajo, así como las diversas actividades desarrolladas en este proyecto.

3. Metodología

En este capítulo se explica la metodología y el proceso para obtener el diseño deseado de la luminaria en cuanto a las características estéticas y técnicas. Para obtener el diseño idóneo es necesario investigar el mercado e identificar el área de oportunidad.

3.1. Diseño de la luminaria

RNW es una empresa mexicana enfocada a la venta de productos como; paneles solares, sistemas fotovoltaicos interconectados, híbridos y aislados, baterías de litio, baterías de ácido plomo, postes solares y luminarias LED. Es una empresa decidida al diseño y fabricación de productos LED, por lo que se podrá desarrollar un producto basado en los parámetros de diseño, los cuales se explican a lo largo de este documento. RNW® ofrece productos de excelente calidad debido a los componentes que utiliza, en la actualidad cuenta con al menos 5 productos diseñados, fabricados y ensamblados en México por la misma empresa; todos los productos están enfocados a la luminaria de exteriores. Una de las principales consignas del diseño es generar un producto que tenga un sencillo mantenimiento y reparación para poder alargar la vida útil del producto. Todos los productos que actualmente comercializan llevan un proceso de manufactura artesanal, por lo que buscan la estandarización y así sus productos podrán ser reutilizables o intercambiables. Es aquí donde este proyecto de Tesis tendrá cabida, con el desarrollo de una luminaria de uso suburbano-urbano que sirva como complemento a la familia de productos ya existentes y consolide a la empresa con las ofertas lumínicas que se podrán ofrecer.

3.1.1. Investigación

Para conocer cuál es el objetivo que como producto y empresa deberá de seguirse se realizó una investigación profunda y de primera mano con el director de RNW, a través del siguiente Tabla 3.1 se analizan y muestran los primeros resultados

de las ventajas competitivas que se pretende satisfacer dentro de las debilidades del sector comercial.

Tabla 3.1. Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

Debilidades	Fortaleza
Limitación en inversiones a corto plazo. Series cortas de producción. Dependencia de otras empresas para la fabricación. Costos unitarios más altos que provocan poca rentabilidad. Empresa joven.	Extenso conocimiento en iluminación. Amplio conocimiento en los procesos de fabricación. Productos funcionales y eficientes. Soluciones específicas. Fabricación de alta calidad.
Amenazas	Oportunidades
Competir contra el mercado extranjero. Innovación complicada de realizar. Competidores con gran experiencia. Competidores con productos orientados al diseño. Gran mercado en la iluminación LED.	Adopción del mercado a los LED. Modularidad y replicabilidad. Búsqueda de mantenimiento fácil y rápido. Desarrollo de productos específicos a la necesidad. Mercado meta identificado e impulsado.

3.1.2. Requisitos previos

Se parte de las necesidades del cliente; desarrollar una luminaria de alumbrado público para satisfacer su mercado. Su canal de ventas ya está establecido, ya que la empresa se enfoca en desarrollar, manufacturar y vender a empresas más grandes que participen en licitaciones importantes. Las necesidades de creación son las siguientes:

- Ahorro económico: clientes potenciales buscan ahorrar sin perder calidad.
- Durabilidad: Desarrollar un producto que pueda amortizar la inversión inicial
- Diseño: Diseñar una luminaria que ofrezca un aspecto estético y sobresalga de la competencia.
- Uso: Exterior, calles, banquetas, puentes, carreteras etc.

- Buenas especificaciones: Alto IRC, integrar la luminaria con el escenario a iluminar, iluminación técnica y estética.
- Seguridad: Cumplir con toda la normatividad y condiciones necesarias para garantizar su funcionamiento bajo cualquier condición posible.

A continuación, se presentan los competidores directos de RNW, así como varios productos análogos.

3.1.3. Estudio de mercado

La Revisión de antecedentes a través de productos comerciales, pretende conocer la oferta de luminarias LED dedicadas al sector suburbano o de alumbrado público. Se busca generar un análisis de las alternativas a nivel producto, a las que empresas públicas y privadas pueden acceder.

3.1.3.1. Competidores y sus productos

A través de la Tabla 1. Productos comerciales, se analizan los productos existentes en el mercado, las características más relevantes, como las principales fortalezas, para poder implementar las mejoras y novedades que ofrecen para implementar en el diseño.

3.1.3.2. Análisis del estudio

Una vez sintetizada la información de la tabla, se generó la siguiente distribución mostrada en la Figura 3.1, partiendo de 20 productos de diversas empresas, a continuación, se pueden observar el número de productos ofrecidos por marca, donde podemos percibir que las empresas cuentan en su mayoría con un único producto para satisfacer las necesidades del mercado.

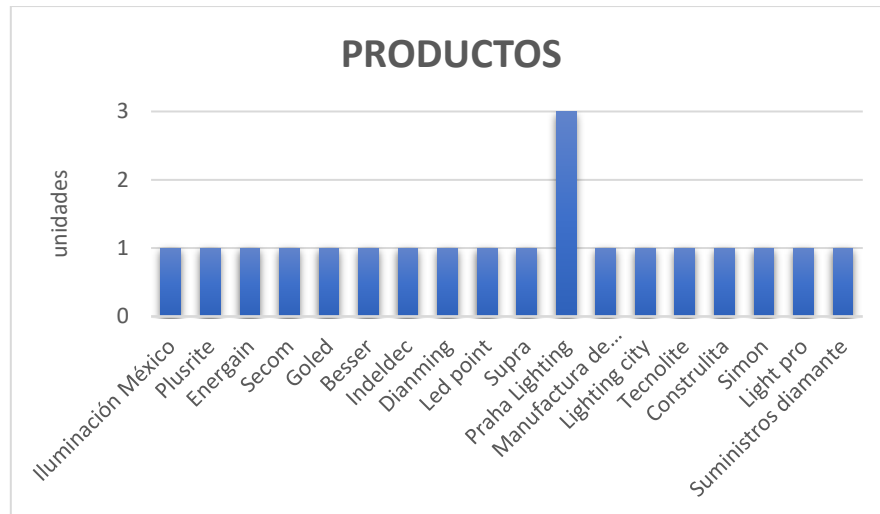


Figura 3.1. Número de productos por marca.

Donde el material dominante es aluminio y la variación es el proceso de fabricación (Figura. 3.2), el 50% son por inyección de aluminio (más costosos) y por fundición de aluminio (más económicos).

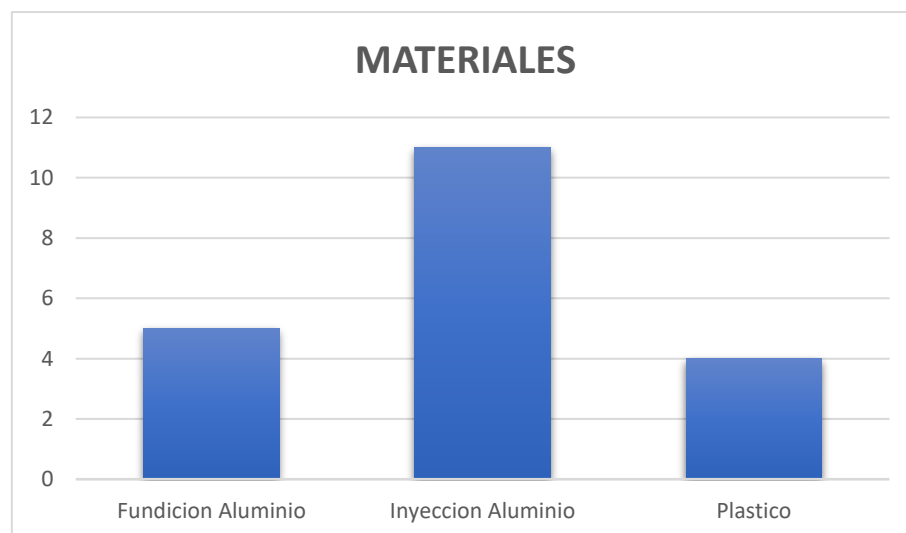


Figura 3.2. Número de productos por material.

Respecto a la temperatura de color más utilizada con un 50% los 5,000K (Figura. 3.3), que se asemeja a la luz de un día blanco, al medio día, el aspecto es neutro y es percibido como la luz más brillante para el ojo humano. Por otra parte, el segundo lugar lo obtienen los 6,000K con el 41%, que es un blanco frio,

correspondiente a un día nublado, debido a que proporcionan una buena visibilidad necesaria para el mercado suburbano.

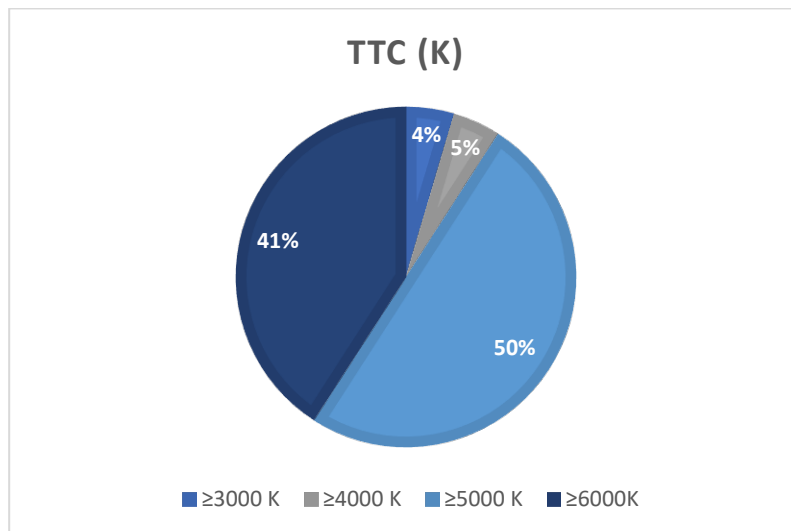


Figura 3.3. Número de productos por TTC.

En el análisis de intensidad luminosa no fue necesaria hacer una revisión exhausta de los productos análogos, ya que en su mayoría la información existente es limitada a la eficiencia luminosa determinada por la eficiencia($\text{lm/w} = \text{Flujo luminoso}(\text{lm})/\text{Potencia consumida}(\text{w})$) donde el valor ofrecido por las empresas es $\leq 120 \text{ lm/w}$, por lo que al tener en el mercado productos de 50 -60 W, la potencia lumínica ronda los 6,600 – 7,200 lm (Figura. 3.4). Sin embargo, nuestro estudio está enfocado en utilizar un producto con el que ya se cuenta, hablamos de CXM-22 con el que se considera obtener un rendimiento superior al 140 lm/w con 50 w, es decir 7,000 lm. La mayoría de los productos no ofrecen este dato al usuario final, ya que varias ofertas cuentan con nuevas tecnologías, o tecnologías sustentables y este valor puede significar el factor de compra.



Figura 3.4. Lm por cantidad de W.

El precio es uno de los puntos más importantes y un factor determinante para la adquisición, el 64% de los productos ofertados supera un valor de \$2,000 MXN (Figura. 3.5). Sin embargo, son los de más baja calidad tomando en cuenta los materiales de construcción o características lumínicas y para poder competir es necesario ocupar la laguna existente de los productos $\geq \$3,000$ y así poder ofrecer todas las características y/o requerimientos planteados hasta ahora.

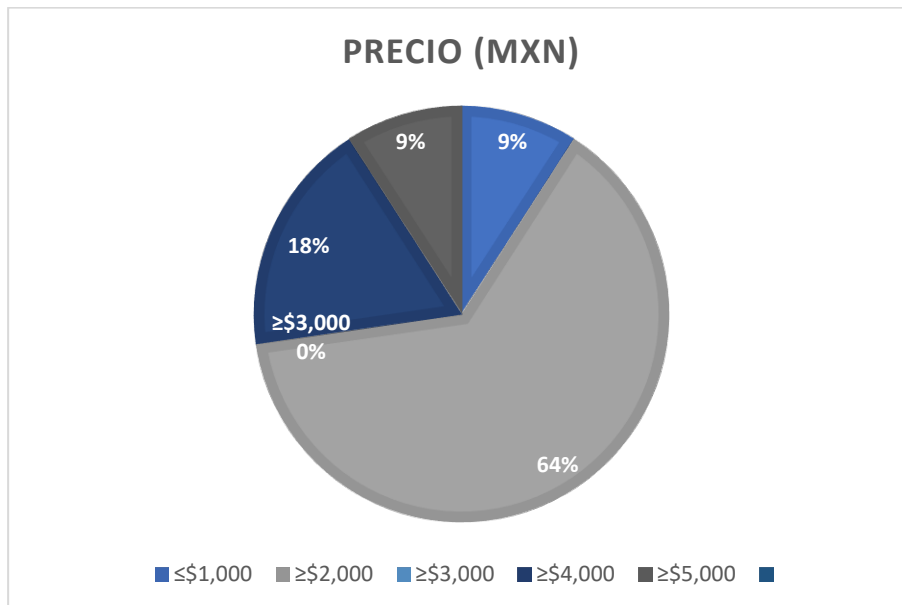


Figura 3.5. Producto respecto a precio.

Acerca del IP, es necesario conocer que esta es una característica obligatoria dentro del mercado, mientras más cerrado esté a elementos externos, mejor protección tendrá, con ello más rendimiento y vida útil. El 59% de los productos cuenta con protección IP66 (Figura. 3.6), por lo que será el valor que asignaremos como estándar y se convierte en requerimiento.

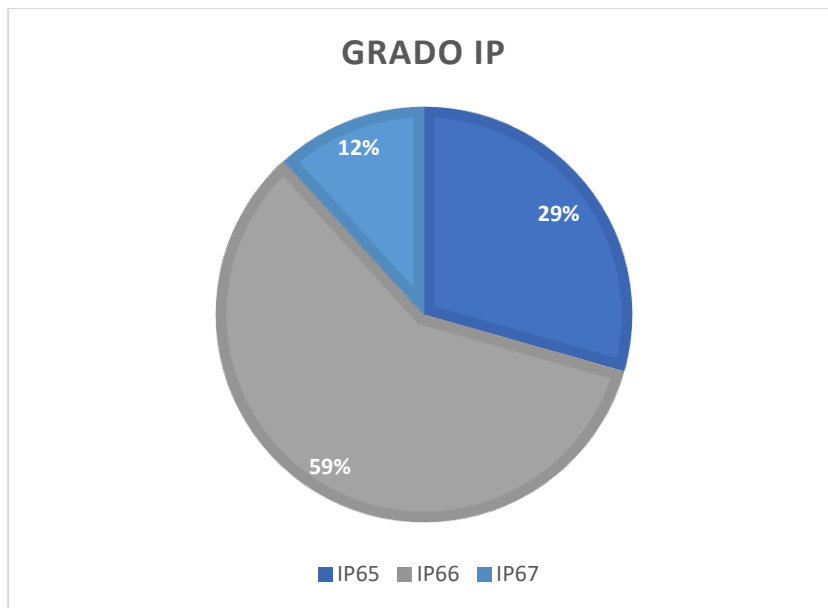


Figura 3.6. Grado de protección IP.

Analizando la vida útil de los productos hay que identificar la relación entre la vida útil y la garantía ofrecida, alrededor de 1 año de garantía por cada 10,000 horas de vida. En la Figura 3.7 se muestra una prevalencia de las luminarias con una vida útil de $\leq 50,000$ y $\leq 100,000$ horas, el 35% y 45% respectivamente. Por lo que el requerimiento mínimo a trabajar será de $\leq 50,000$ horas.

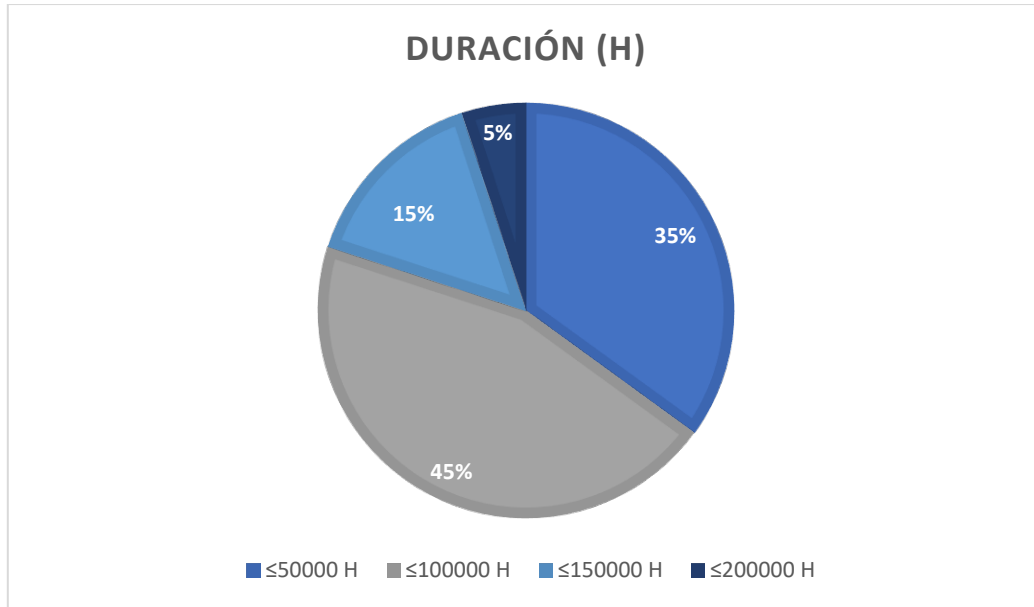


Figura 3.7. Vida útil del producto

3.1.3.3. Conclusiones del estudio

Para concluir con la investigación de los productos análogos se sintetizó la información en la Tabla 3.2 con la estadística de lo deseable y factible por el cliente, considerando los puntos de mayor interés. La fila que se muestra subrayada en color gris claro contiene la información más importante porque es donde se presenta equilibrio de los cuatro valores anteriores.

Tabla 3.2 Conclusión del estudio.

Parámetro	Intensidad (Lm)	Duración (h)	Potencia (W)	Precio (\$)
Máximo	7,200	200,000	60	5,419
Mínimo	6,000	25,000	50	910
Rango	1,200	175,000	10	4,509
Promedio	6,600	112,500	55	3,164.5
<i>Requerimiento</i>	<i>7,000</i>	<i>50,000</i>	<i>50</i>	<i>≤3,500</i>

Por lo que la luminaria en desarrollo debe tener las siguientes consideraciones.

- Intensidad $\geq 7,000$ lm

- Duración $\geq 50,000$ Horas
- Potencia ≥ 125 lm/W y ≤ 50 W
- Precio $\leq 3,500$ MXN

Aunque para el cliente y el usuario final no es esencial hay que recalcar que para sobresalir de los productos del mercado se tiene que lograr los siguientes parámetros:

- IP ≥ 66
- K $\geq 4,000$ K
- Ahorro económico
- Diseño \geq Que los productos actuales
- IRC $\geq 80\%$
- Versiones del producto: AC, DC, TTC
- Versiones del modelo: 1 LED
- Volumen de ventas: Series cortas 20-50 piezas por versión (Baja demanda)

3.1.4. Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas se entienden como los requisitos dados por el cliente y determinarán las características más básicas para el proceso de diseño. A continuación, se presenta la Tabla 3.3 con las especificaciones técnicas de la luminaria. Por otra parte, se tomaron algunas de las conclusiones previas para utilizarlas como especificaciones del producto en la Tabla 3.4.

Tabla 3.3 Especificaciones técnicas del producto.

Requisitos	Especificaciones Técnicas
Luminaria para uso exterior	Estanqueidad mínima de IP66
Buena intensidad de iluminación	Flujo luminoso difuso a los 1,200-1,500 con un TTC de 4,000 K
Seguridad	IP66, protección contra choques eléctricos, compatibilidad electromagnética (FP >0.5 y THD

	<20%), marcado CE y cumplir con la normatividad actual.
Ahorro económico	Utilización de tecnología LED bajo consumo y elementos reemplazables por el fabricante.
Durabilidad	Vida útil de 50,000 horas con mantenimiento.
Diseño	Acabado gris-azulado.

Tabla 3.4. Especificaciones de producto.

Requisitos	Especificaciones técnicas
Sostenibilidad	Modularidad y posible reutilización de los componentes para alargar la vida útil del producto
Funcionalidad	Diseño que favorezca la rápida fabricación, ensamble, empaque, instalación y manteamiento
Calidad	Alta eficiencia energética, superior o igual al 80% y eficiencia de la luminaria mayor o igual a los 120 lm/W y factor de potencias mayor al 0.8
Versiones de producto	Proporcionar alimentación tanto AC como DC además de funciones con tecnología solar.
Volumen de ventas	Producción corta de 20 unidades como una propuesta introductoria al mercado.

3.1.5. Proceso de Diseño

Teniendo clara las especificaciones técnicas y requerimientos es necesario conocer la línea de diseño que se pretende seguir; el cliente ya desarrolló una propuesta que resultó no ser de su agrado, pero tiene líneas de innovación que quiere conservar, además se deberá diseñar para cumplir algunas de las especificaciones planteadas en la “NOM-031-ener-2012, eficiencia energética para luminarios con

diodos emisores de luz (LEDS) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. especificaciones y métodos de prueba”. El producto a desarrollar será llamado OKU_5050 a partir de esta sección.

El cliente llegó con su primer acercamiento o requerimiento (Figura. 3.8), ya que había intentado resolver su problemática, sin embargo, el resultado obtenido no fue el esperado y decidió acercarse a profesionales del área.

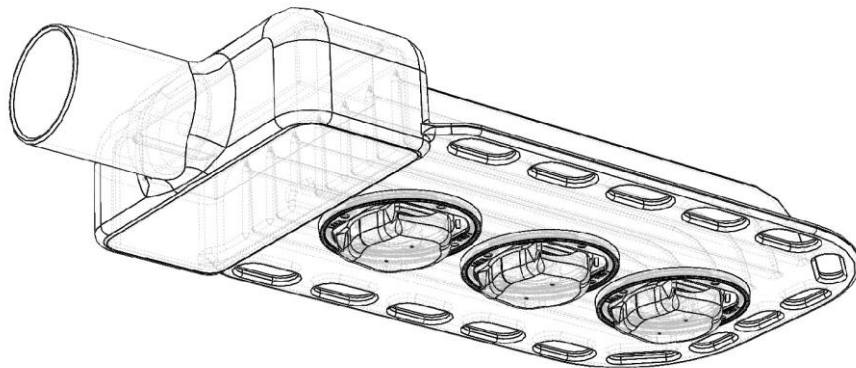


Figura 3.8. Propuesta inicial del cliente.

El requerimiento inicial es una luminaria con sistema de montaje integrado (poste) para alumbrado público. Las principales aplicaciones que pretende resolver este producto, son avenidas, autopistas, estacionamientos, desarrollos residenciales, centros educativos, parques, etc.

En esta versión existió un análisis del que se solicitó y recomendó atender los siguientes puntos de manera inmediata (Figura. 3.9).

- Ensamble de componentes electrónicos deficientes.
- La selección de empaques no resultó ser óptima.
- Poca adaptabilidad del sistema de montaje.

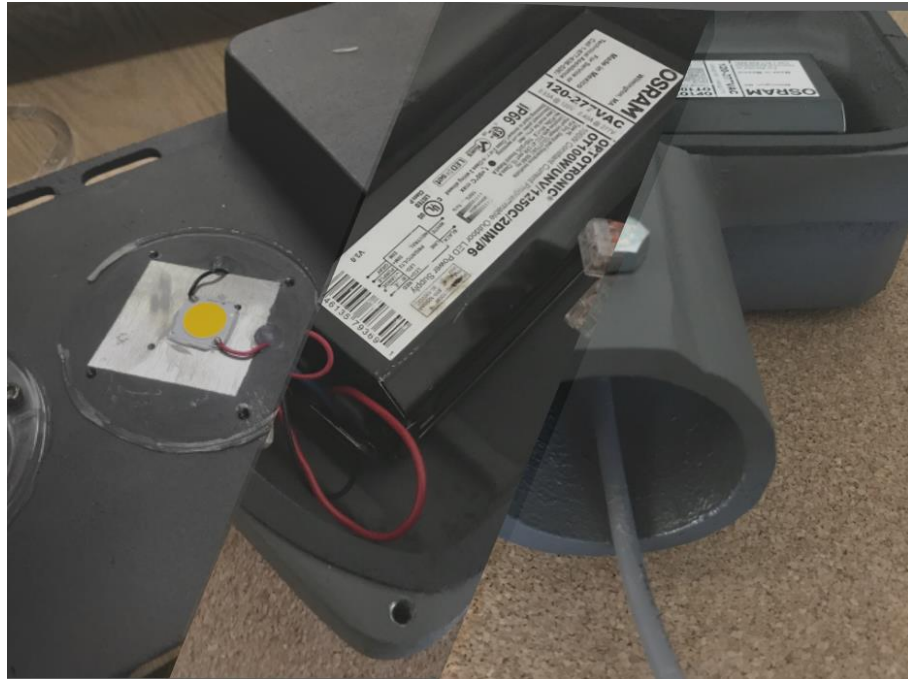


Figura 3.9. Identificar urgencias de mejora.

Se tuvo la oportunidad de trabajar con luminarias de este sector, aunque contaban con capacidades eléctricas diferentes, sirvieron para tener como referente las características que se deberían de tener y las que no. A continuación, se muestran en verde los puntos que se pretende mantener y en rojo los que se tendrán que evitar.

El montaje sistematizado que se presenta de los compones facilita su extracción, volviéndolo un sistema deseable, además de ser una luminaria modular que permita más de una óptica (Figura. 3.10). En el área de lo no deseable, se presenta un cableado incorrectamente distribuido y sin protección, otro punto a no incluir es que la geometría es innecesaria ya que complica los procesos de manufactura haciéndolo más costo.

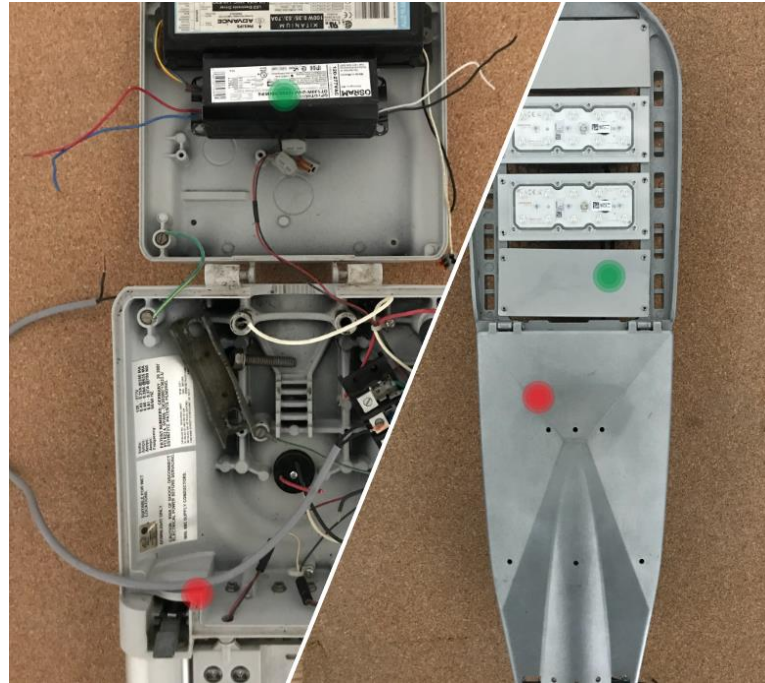


Figura 3.10. Ventajas y desventajas luminaria 1.

En el segundo caso se encontró que la protección de sellado puede ser corregida y en la característica positiva se encuentra que la geometría favorece la reducción del material y peso de la luminaria (Figura. 3.11).

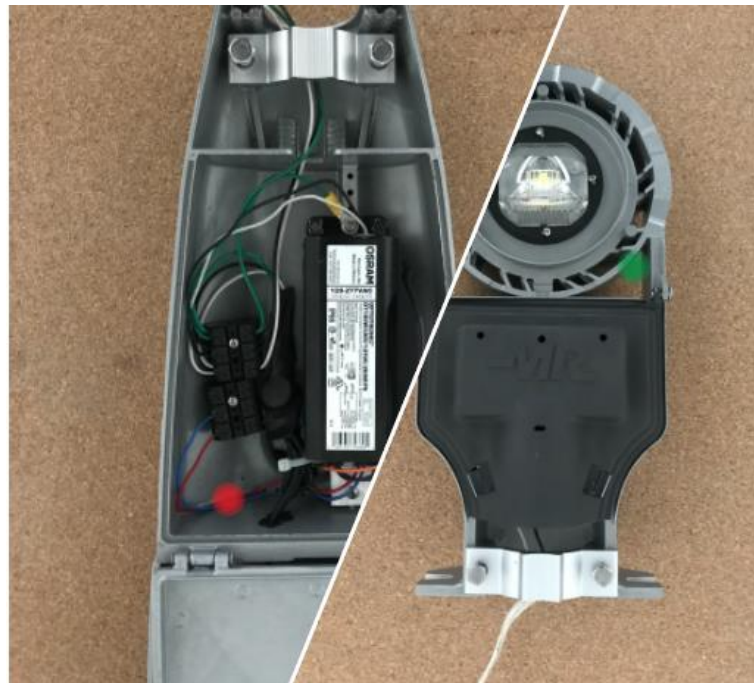


Figura 3.11. Ventajas y desventajas luminaria 2.

A la última luminaria que fue posible tener acceso se le encontró un cierre de caja poco intuitivo y fácil de utilizar, en contra parte podemos observar una fácil apertura/cerradura al sistema (Figura. 3.12).



Figura 3.12. Ventajas y desventajas luminaria 3.

Con la información anterior se desarrolla un perfil de usuario que nos apoye a resolver la problemática, a partir de preguntas simples realizadas al empresario.

Introductorias

¿De qué se trata? R: Luminaria LED para uso exterior, principalmente espacios públicos.

¿Para qué sirve? R: Iluminar avenidas, autopistas, estacionamientos, desarrollos residenciales, centros educativos, parques, etc.

Función

¿Qué deberá hacer? R: Iluminar

¿Cómo lo deberá hacer? R: A partir de Corriente alterna

¿Dónde lo deberá hacer? R: Vialidades

¿Con qué frecuencia lo hará? R: Todos los días

¿Qué deberá resistir? R: Condiciones climatológicas

Manufactura

¿Con qué se va a producir? R: Aluminio

¿Cómo se va a producir? R: Fundición

¿Cuánto se deberá producir? R: 1 Pieza

Ergonomía

¿Cómo deberá usarse? R: Manipulado solo por un técnico

¿Qué tan usable deberá ser? R: Facilitar el ensamble y el mantenimiento

¿Qué tan seguro deberá ser? R: Factor de seguridad: Alto

Estética

¿Qué deberá satisfacer? R: Modularidad y reparabilidad

¿Qué deberá proyectar? R: Sobrio y minimalista

Mercado

¿Quién lo va a usar? R: Sector publico

¿Quién lo va a comprar? R: Dependencias Gubernamentales

Con la información se creó un Moordboard (Figura. 3.13) que nos brindara la posibilidad de acercarnos de manera visual a lo que nuestro usuario está buscando, por ello estas imágenes se tomaran como ideas valiosas respecto al diseño, así como decidir si el tablero es sobre el carácter formal del producto a diseñar y anotar características específicas que se tomaron del tablero.



Figura 3.13. Moordboard de producto.

A continuación, se presenta un diagrama de distribución tentativa presentada para un visto bueno. Este se divide en 3 partes primordiales llamadas cuerpo, caja y disipador, así como las diferentes posiciones de la luminaria (Figura. 3.14). Esta sería la estructura formal identificada para el prototipo.

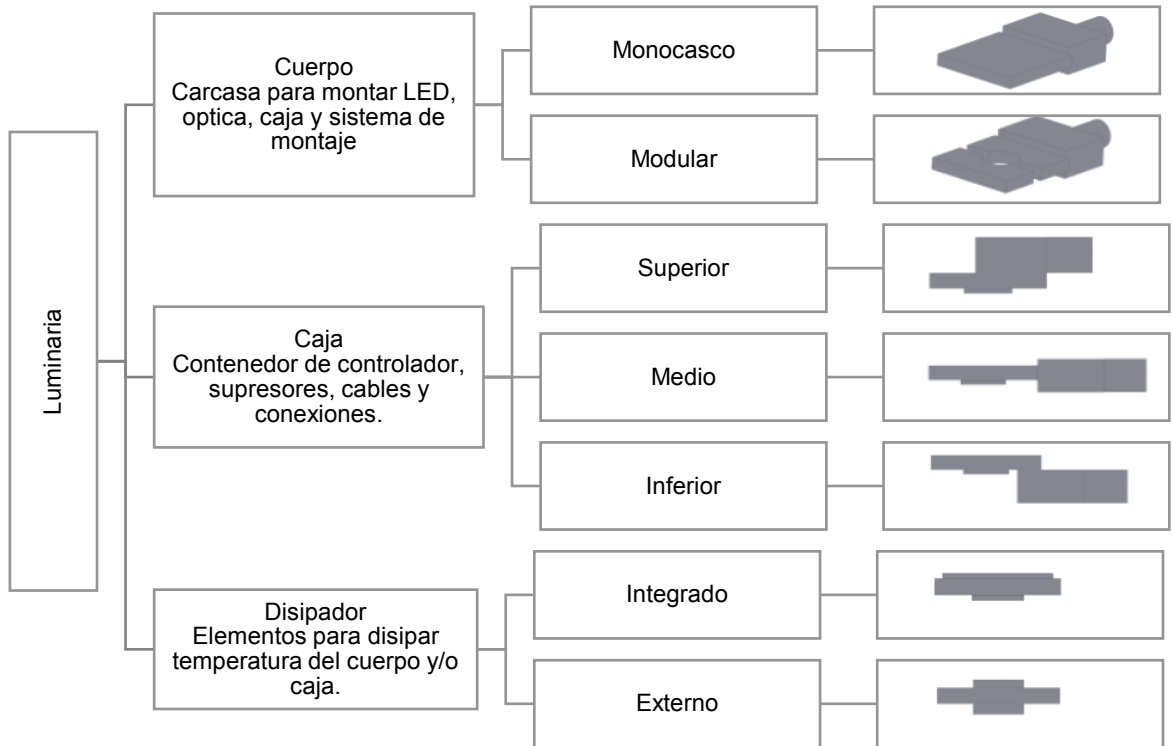
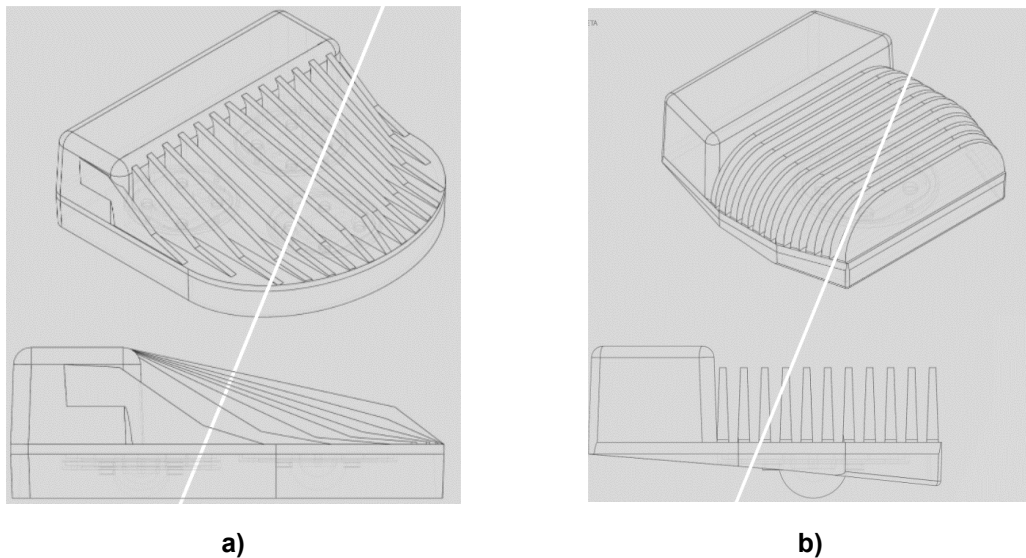


Figura 3.14. Estructura formal del prototipo.

Se determinó trabajar con las siguientes disposiciones: modular, caja parte inferior y disipador integrado. Con ello y manteniendo los requerimientos previamente mencionados se generaron propuestas visuales y de modelado 3D rápido (Figura. 3.15).



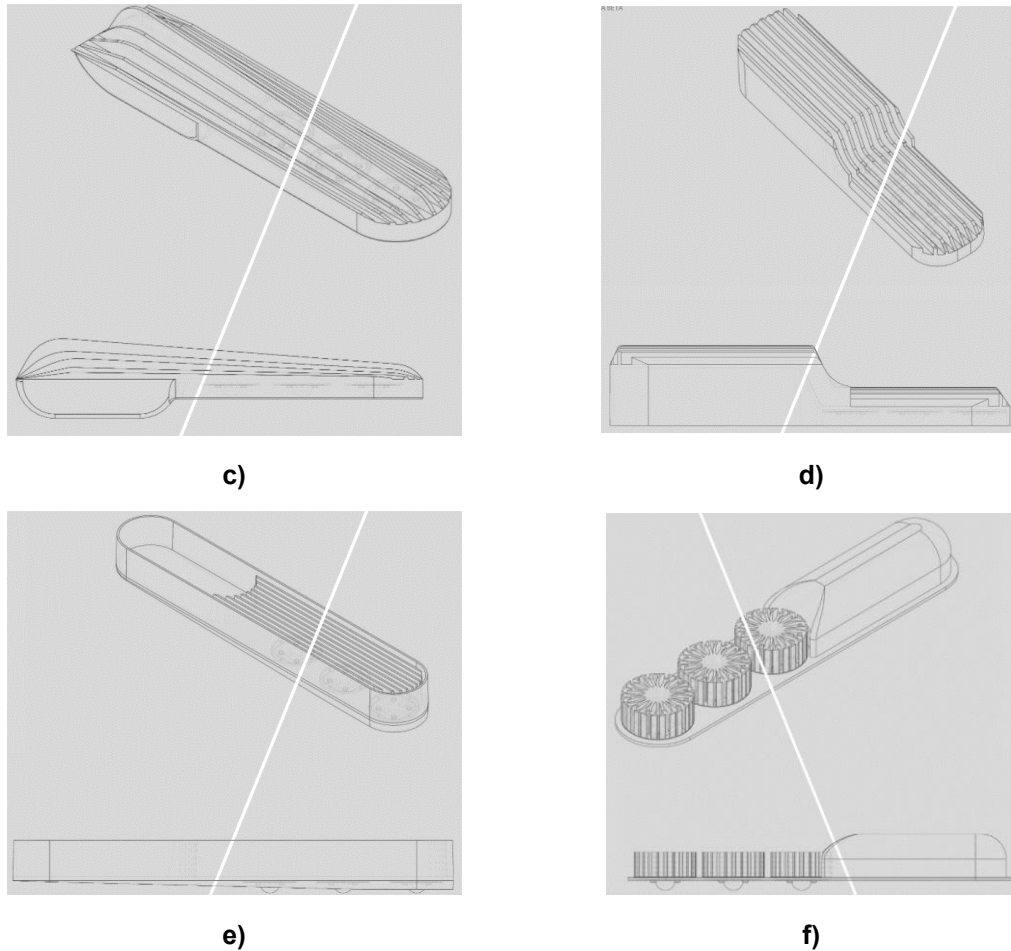


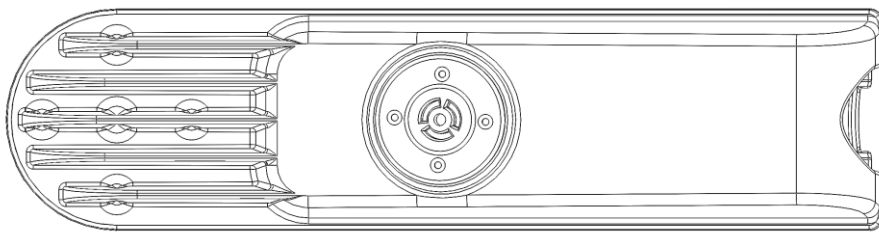
Figura 3.15. **a)** Monocasco extendido, **b)** Monocasco horizontal, **c)** Monocasco alargado, **d)** Monocasco homogéneo, **e)** Monocasco vertical, **f)** Monocasco.

Donde **a)** Propone un monocasco extendido que permita el acceso del chip LED en la parte frontal, controlador en la parte trasera en horizontal y una baja disipación térmica en la punta, **b)** Propone una disipación más uniforme, así como un corte inferior que permita una mayor salida de luz, **c)** Propone una disposición más alargada y futurista, con un controlador en la parte inferior y una disipación más equilibrada, **d)** Propone una disipación homogénea a través de todo el cuerpo, una silueta más robusta y cuadrada. **e)** Propone una distribución vertical con alta disipación y caja de disipación superior, **f)** Propone un sistema de disipación modular y una caja de controlador superior.

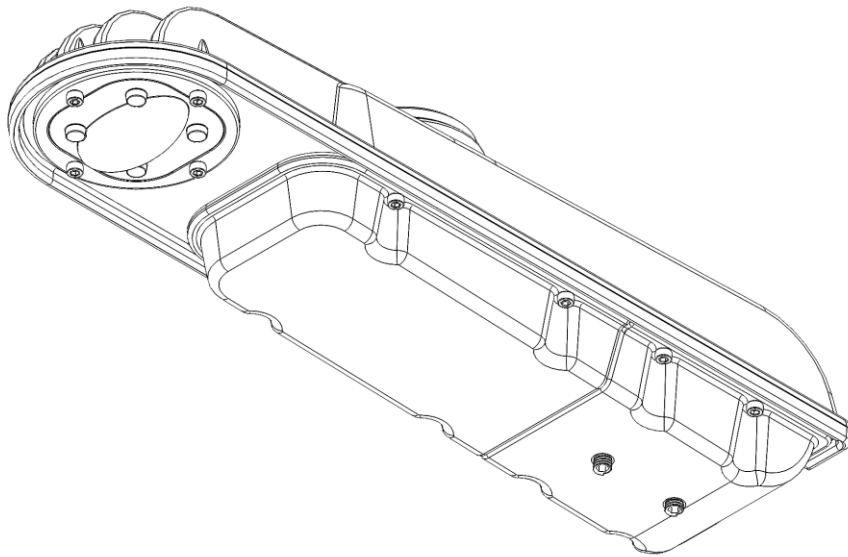
Se trabajaron varias propuestas y se tomaron las características más relevantes e interesantes previamente mencionadas. A continuación, se presenta la propuesta final aprobada.

3.1.6. Estética del producto

Una vez definidas las características técnicas, se plantea la estructura del producto respecto a su forma y dimensiones (Figura. 3.16). Posteriormente, se presenta la propuesta a desarrollar.



(a)



(b)

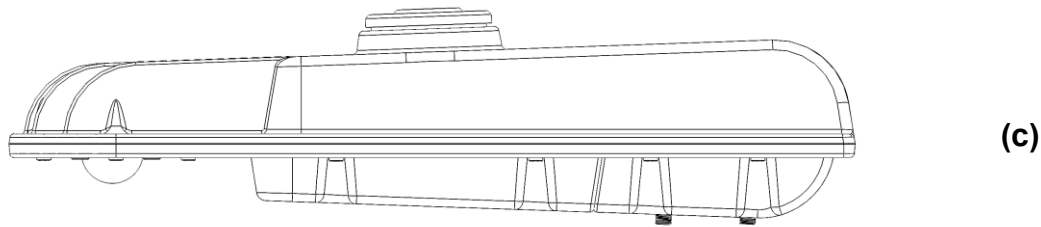


Figura 3.16. Estética del producto **(a)** Vista superior, **(b)** Vista isométrica inferior **(c)** Vista lateral.

La luminaria tendrá unas dimensiones generales de 43 cm de largo por 12 cm de ancho por 10 cm de alto. Un peso alrededor de los 3.50 kilogramos con todos los componentes internos. El diseño puede ser modificado según las observaciones y cambios del cliente.

3.2. Desarrollo del producto

En el capítulo se explicará el desarrollo del producto. En esta etapa se tocarán 4 temas: 1: Mecánica, 2: Eléctrica y electrónica, 3: Lumínica y por último 4: Elementos críticos de la luminaria. Cabe recalcar que el diseño se realiza a través de un proceso iterativo.

3.2.1. Mecánica

La parte mecánica es la estructura o elemento físico responsable de cubrir los componentes internos, aporta la estética del producto, procurando su correcto funcionamiento. La luminaria se compone de 3 elementos físicos: monocasco, tapa frontal y tapa trasera. En la Tabla 3.5 se especifican las partes de manera particular, así como la cantidad y cualidad de estos. También podemos encontrar los procesos y operaciones necesarios para la fabricación final. Dentro de la selección de herramientas o partes es importante seleccionar los productos de línea, para evitar la falta de abastecimiento existentes por el impacto que ha tenido la COVID-19 en la cadena de suministros. La selección de aleación de aluminio será determinada por el proveedor/socio de RNW.

Tabla 3.5. Distribución de parte mecánica.

No de Subconjunto	Nombre de Subconjunto	Piezas	Unidades
1	Monocasco	Monocasco	1
		Tornillos Allen	4
		Tornillos Gota	2
		Chip LED	1
		Óptica	1
		Anillo aluminio	1
		Pija Phillips	2
		Cable 20 cm	2
		Driver	1
		Pasta térmica	1
		Conector rápido	4
2	Tapa frontal	Tapa frontal	1
		Tornillo Allen	4
3	Tapa trasera	Tapa trasera	4
		Tornillo Allen	
		Opresor Allen	2

3.2.1.1. Monocasco

Esta primera parte únicamente está conformada por aleación A380 ya que cuenta con excelentes beneficios entre la fundición, propiedades térmicas y mecánicas. hermeticidad y resistencia a la fisuración en caliente. A continuación, en la Tabla 3.6 se presentan las propiedades, en la Tabla 3.7 las propiedades físicas y en la tabla 3.8 la composición a detalle.

Tabla 3.6. Propiedades mecánicas aleación A380(DYNACAST, 2022)

Material		Aluminio
Aleación		A380
Resistencia a la tensión	MPa	324
Límite de elasticidad (0.2%)	MPa	160
Resistencia al impacto	J	4
Resistencia a la cizalladura	MPa	190
Dureza	Brinell (HB)	80
Elongación	% in 50mm	3.5

Tabla 3.7. Propiedades físicas A380 (DYNACAST, 2022)

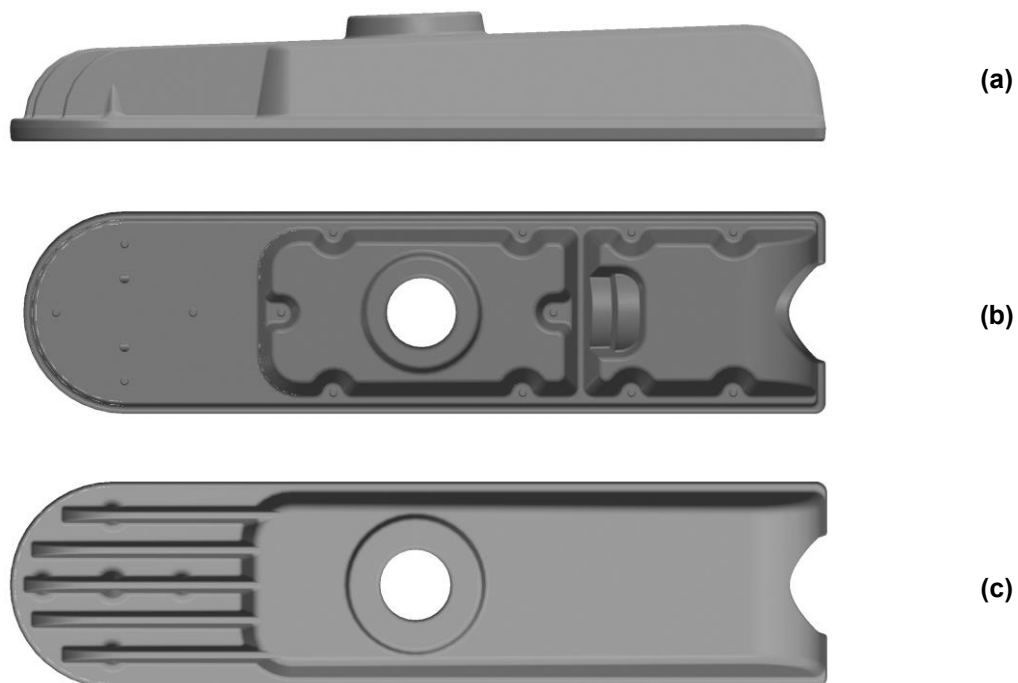
Material		Aluminio
Aleación		A380
Densidad	g/cm ³	2.71
Punto de fusión (normal/-50)	°C	566
Conductividad térmica	W/Mk	96
Coefficiente de expansión térmica	µm/m°K	21.8
Conductividad eléctrica	%IACS	23.0

Tabla 3.8. Composición A380 (DYNACAST, 2022)

Aluminio	
A380	
Aluminio	Bal.
Cobre	3.0-4.0
Magnesio	0.1
Hierro (Max)	1.3

Estaño (Max)	0.35
Níquel (Max)	0.5
Zinc	3.0
Manganeso	0.5
Silicio	7.5-9.5
Otros metálicos	0.5
RoHS Compliant	*

La pieza se realiza a través de un proceso de fundición, tendrá un proceso de pulido y eliminación de viruta, además se realizarán barrenos y machuelo para generar la rosca y así poder ensamblar con el resto de los componentes. El proceso de pintura se realizará de manera individual para lograr la mejor calidad posible. A continuación, en la Figura. 3.17, se presentan las vistas de la pieza monocasco, así como un render de acabado final.



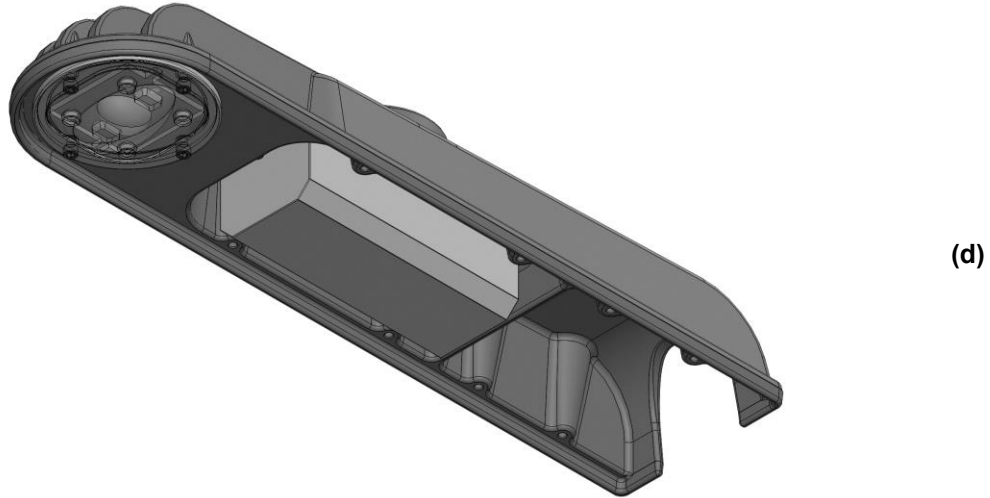
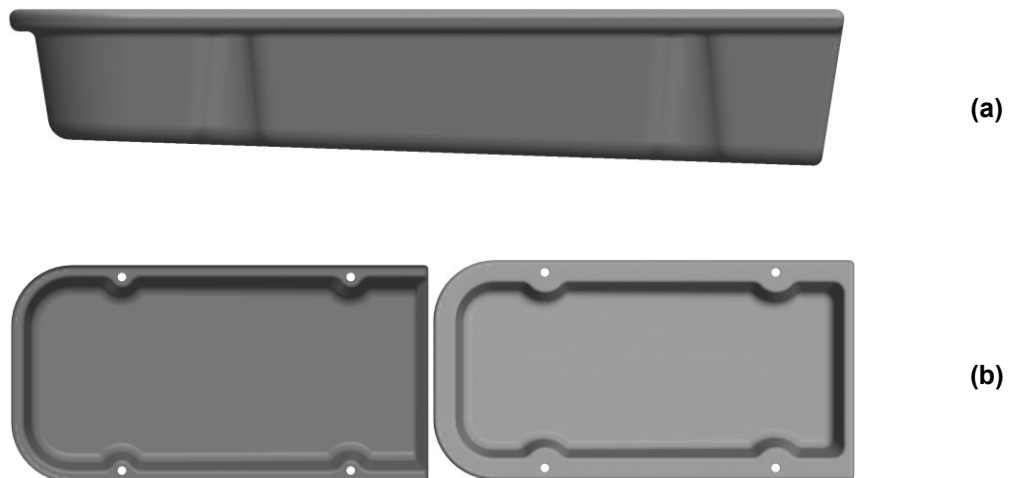


Figura 3.17. Monocasco, (a) Vista lateral, (b) Vista inferior, (c) Vista superior, (d) Vista isométrico inferior.

3.2.1.2. Tapa frontal

La tapa frontal al igual que el resto de las piezas mecánicas será a partir de fundición de aluminio con la aleación A380, tiene una forma que permite cerrar de manera hermética la primera cavidad del monocasco, donde se alojará la parte eléctrica y electrónica. El ensamble de esta pieza debe ser por medio de tornillos hacia el monocasco y cuenta con un silicón que protege como sellador entre ambas piezas. En las siguiente Figura 3.18 se muestra la geometría de la pieza, la relación con el monocasco y render del acabado final.



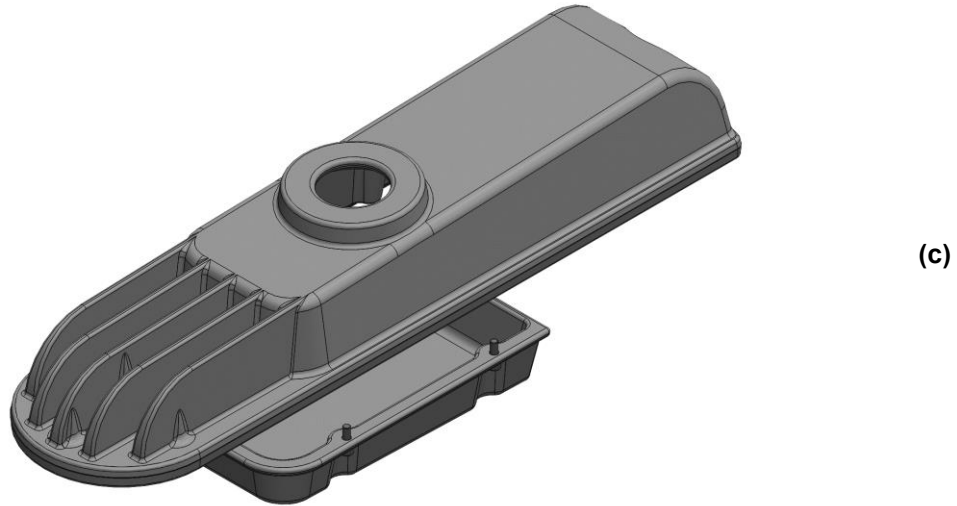


Figura 3.18. Tapa frontal (a) Vista lateral, (b) Vista superior/inferior, (c) Vista isométrica superior

3.2.1.3. Tapa trasera

Por último, tenemos la tapa trasera que al igual que las otras, será fabricada con el mismo material que los demás, aluminio A380, esta pieza tiene una forma cóncava que permitirá la sujeción del poste donde será colocada, tendrá un ensamble con tornillos hacia el monocasco y dentro de sí, cuenta con dos barrenos que permitirán el ajuste del poste para poder variar a sus 3 posiciones disponibles. En la siguiente Figura 3.19 se observan los elementos mencionados anteriormente, la relación con el resto de los elementos y un render del acabado final.

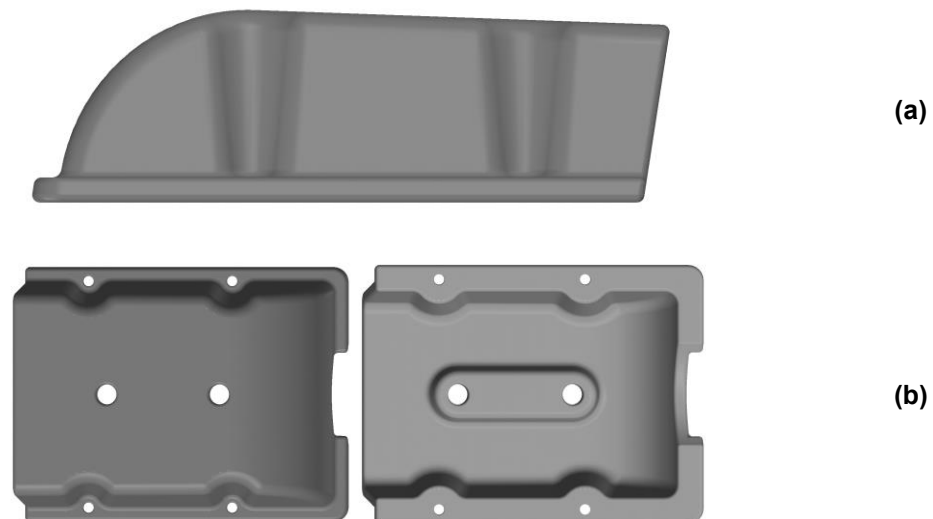




Figura 3.19. Tapa trasera (a) Vista lateral, (b) Vista superior/inferior, (c) Vista Isométrico Superior.

3.2.2. Eléctrica y electrónica

En esta sección se revisarán los elementos correspondientes a la parte eléctrica y electrónica donde podremos encontrar, por ejemplo; fuente de alimentación, controlador, protecciones y cableado.

3.2.2.1. Eficacia luminosa

Este término será un factor de relación entre la parte eléctrica y electrónica, como se ha mencionado con anterioridad, el término se refiere a la relación existente entre la luminosidad y la potencia utilizadas. La eficacia de esta luminaria se determinó anteriormente con un valor superior o igual a 125 lm/W.

3.2.2.2. Fuente de alimentación

El controlador o driver es un dispositivo electrónico encargado de transformar y adaptar la corriente y voltaje entrante a la luminaria para poder brindarle la tensión y corriente adecuada al LED COB. Es importante la selección de este elemento ya que podremos prevenir varios errores a corto y largo plazo como lo son:

- Disminución de vida útil.
- Flujo luminoso inferior.
- Consumo de energía eléctrica superior.

3.2.2.3. Controlador

El controlador tendrá la posibilidad de tener una conexión directa a AC y otra a DC. La red eléctrica en México es de 127 V, por lo que esta deberá ser la opción para poder conectar directamente a la red pública. Ya se tiene una primera propuesta de controlador con la que se busca cumplir los siguientes requerimientos (Figura. 3.20).

- Espacio dentro del monocasco (+5 mm).
- Eficacia superior al 80%.
- Potencia de suministro suficiente (≥ 50 W).
- Factor de potencia superior al 90%.



Figura 3.20. Imagen de referencia Control LED 50 W (OSRAM, 2022)

Las características de este controlador se presentan a continuación en la Tabla 3.9:

Tabla 3.9. Características del controlador

Datos Eléctricos	Valores
Tensión nominal	120 V
Tensión de entrada	108 V
Corriente nominal	0,26 a
Frecuencia de red	50 Hz
Factor de potencia	0.95%
Resistencia a la sobretensión	6 kV
Potencia de salida	50 W
Efficiency in full-load	86%
Corriente de salida mínima	180 mA

Este tipo de controlador es de corriente constante lo que significa que ha sido la elección para implementar debido a que suministra electricidad variando el voltaje, con ello la corriente se mantiene constante a través de todo el circuito. Este modelo particularmente tiene la capacidad de controlar el flujo luminoso ya que mantiene la corriente constante evitando variaciones.

3.2.2.4. Cableado

El sistema correspondiente al cable se explica de los componentes involucrados, únicamente hay dos secciones del cableado, la primera que va del sistema lumínico LED al controlador y el segundo del controlador a la conexión eléctrica de salida, ambos con un par de claves, rojo y negro debido a que estos son las reglas de colores habituales, en cuanto a la longitud, no serán mayores a 20 cm c/u.

3.2.3. Parte lumínica

Esta parte es esencial dentro del proyecto, debido a que es la vertebra funcional: Iluminar, por esto es importante estudiar los métodos existentes para resolver nuestro producto. La estructura del monocasco está diseñada para soportar un chip LED tipo COB, por sus siglas en ingles “Chip on board”. A partir de esta fuente lumínica se estudiarán las características principales y se ahondara en un estudio exhaustivo del tipo de luz a implementar.

- El chip
- Temperatura de color
- Eficacia luminosa
- Fuente de alimentación
- Parámetros técnicos

En esta sección se presentan los parámetros característicos de nuestro LED COB, se puede ver su ficha completa en la Tabla 3.10 con las características más destacables de funcionamiento.

Tabla 3.10 Datos técnicos LED COB (LUMINUS, 2015).

Característica/Propiedad	Magnitud
Ángulo luminoso	120°
Temperatura ambiente	30° C
Temperatura en la unión	105° C
Temperatura máxima	140° C
Potencia	45 – 90 W
Rango de voltaje de alimentación	1280-2560 mA
CRI	>80

3.2.4. Puntos críticos de la luminaria

Los elementos críticos en el diseño de luminarias que influyeron en su producción son; gestión térmica, estanqueidad y resistencias. El primero es la gestión térmica de exteriores, puesto que esta luminaria se encuentra al exterior, se deben considerar cuestiones climáticas.

3.2.4.1. Gestión térmica

Dentro de la investigación se ha demostrado que el factor de la temperatura puede influir en el rendimiento del producto, se tendrá en cuenta una temperatura ambiente de 30° C, así que para la disipación será necesario considerar el método, la superficie de disipación, la geometría de diseño propuesta, la rugosidad y los parámetros del entorno existentes como velocidad de viento, gravedad y la temperatura ambiente previamente mencionada. Para conocer si la disipación es la correcta se realizará una simulación térmica dentro del programa SolidWorks®.

Los elementos que se estudiarán son el monocasco y chip LED como únicos elementos vinculados a este tema. La convección del aire es alta debido a la altura de instalación la cual ronda entre los 6-8 metros y la difusión existente en el aluminio. Al ser un producto exterior y el horario de uso 22:00 hrs-06:00 horas puede existir una disminución de temperatura respecto a las condiciones de simulación que se realizarán (Figura. 3.21).

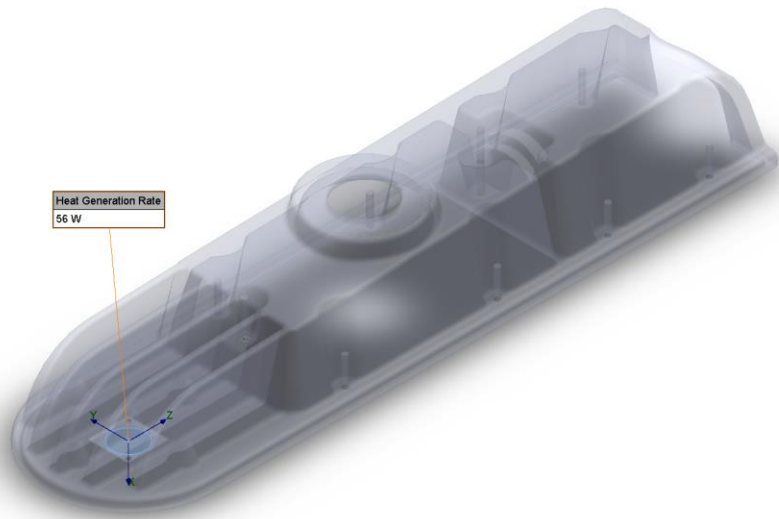
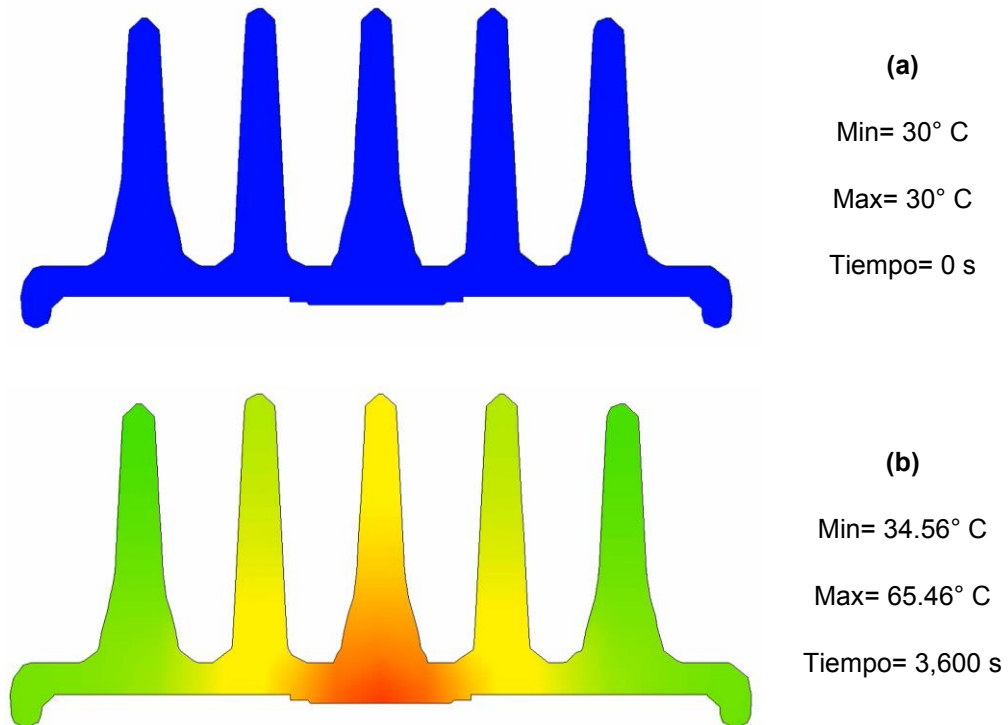
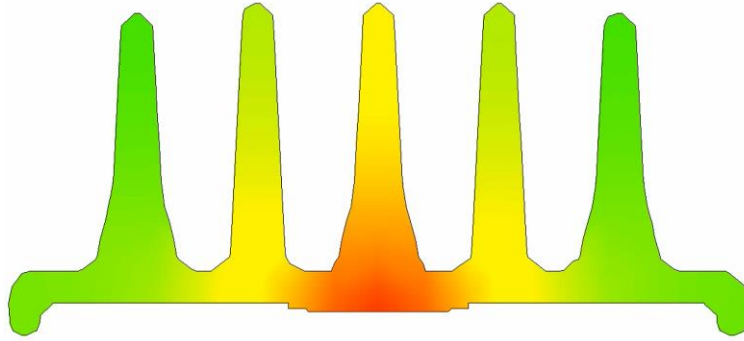


Figura 3.21. Planteamiento de la simulación térmica.

El resultado de esta simulación se muestra en la Figura 3.22 donde la temperatura ambiente será de 30° C, valor de 56W para el chip LED, velocidad de aire 2m/s en dos ejes Y y Z, gravedad de -9.81 m/s ² en el eje X.



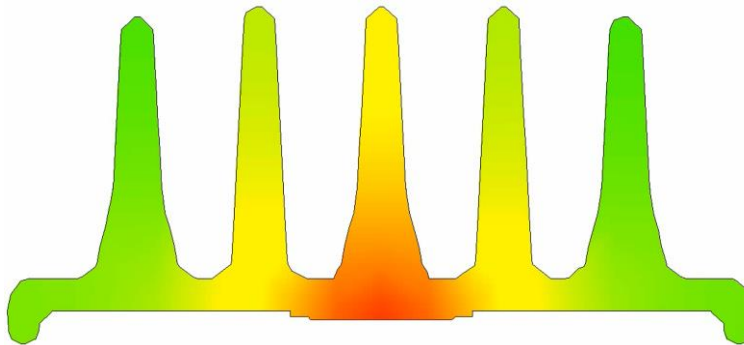


(c)

Min= 34.63° C

Max= 65.53° C

Tiempo= 7,200 s

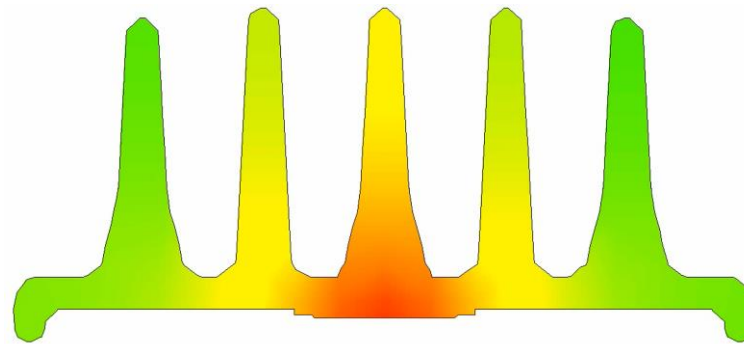


(d)

Min= 34.65° C

Max= 65.83° C

Tiempo= 14,400 s

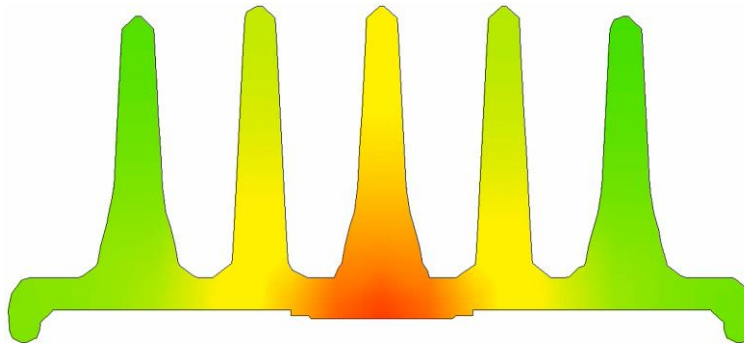


(e)

Min= 34.58° C

Max= 66.01° C

Tiempo= 21,600 s



(f)

Min= 34.53° C

Max= 66.02° C

Tiempo= 28,800 s

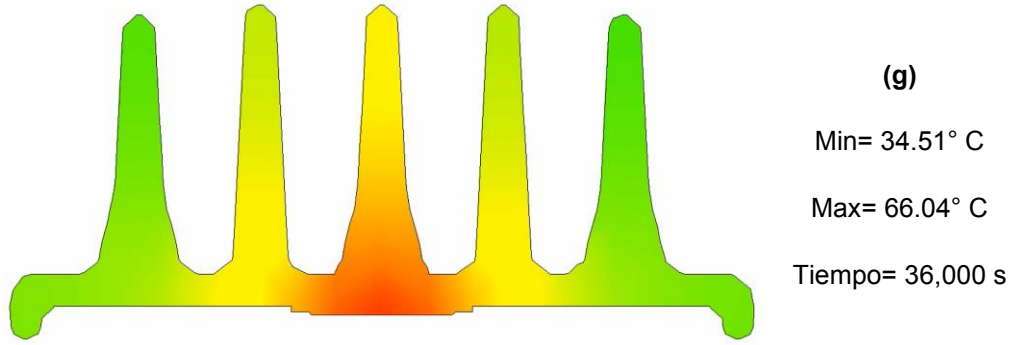
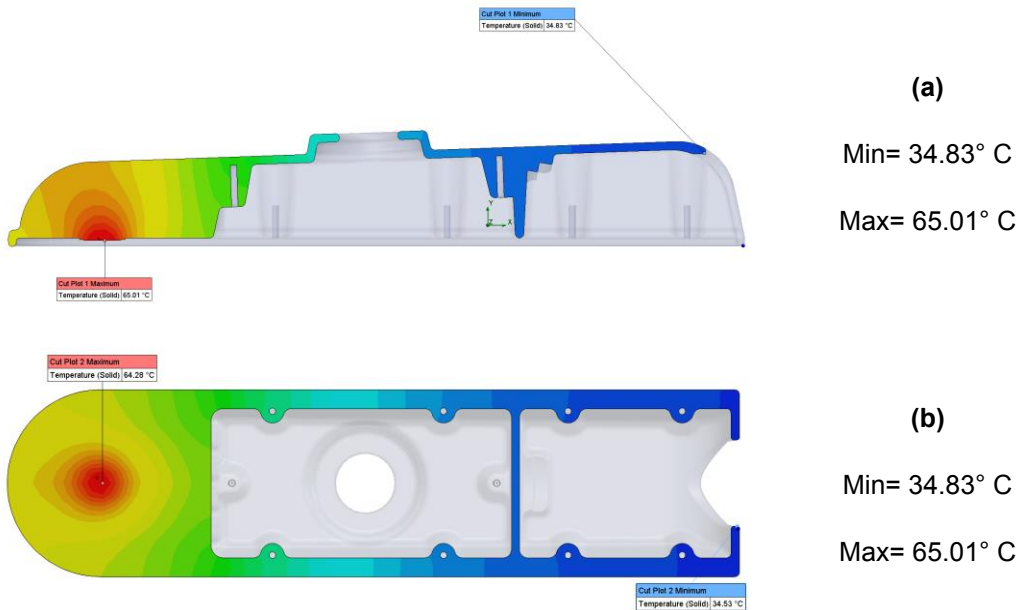
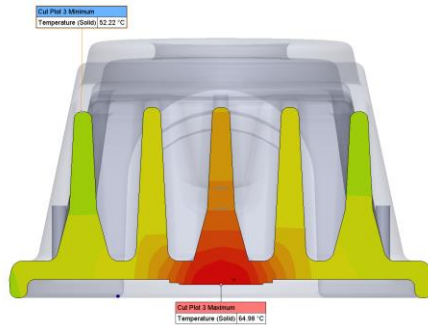


Figura 3.22. Simulación térmica con diferentes tiempos de simulación en horas. **(a)** 0 h, **(b)** 1 h, **(c)** 2 h, **(d)** 4 h, **(e)** 6 h, **(f)** 8 h, **(g)** 10 h.

En la Figura 3.23 se muestra la distribución de la temperatura y el proceso de difusión existente, también se puede observar como la temperatura va disminuyendo a medida que nos acercamos al exterior, lo que nos indica la correcta disipación del monocasco, por último, en la Figura 3.5 se muestra la distribución y la dirección del flujo de temperatura, de esta manera se corrobora la difusión a través de las aletas.

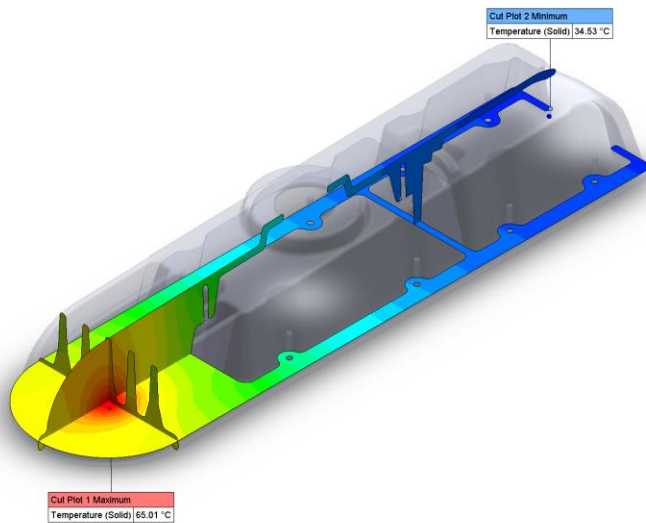




(c)

Min= 52.22° C

Max= 64.98° C



(d)

Min= 34.53° C

Max= 65.01° C

Figura 3.23. Resultados finales por corte, (a) Vista lateral, (b) Vista superior, (c) Vista frontal, (d) Isométrica con cortes.

En una valoración previa podemos observar que las condiciones son las óptimas para el correcto funcionamiento del producto, donde el chip led tiene contacto directo con el monocasco y genera una disipación a través de las aletas, lo que provoca una excelente área de disipación. Se concluye que es necesario conocer el entorno final y realizar las iteraciones necesarias para su comprobación. Sin embargo, la hipótesis inicial respecto a la gestión térmica es correcta ya que el área de disipación es suficiente para disipar el calor generado. Solo queda esperar el prototipo para asegurar que la gestión térmica sea óptima al 100%.

3.2.4.2. Estanqueidad

La estanqueidad es una propiedad importante basada en la capacidad para evitar que entren partículas externas al interior del sistema, ya sea agua o polvo, por ello se consideró para el diseño de la luminaria. Para proporcionar estanqueidad en el sistema óptica/anillo/monocasco no es necesario más que una correcta instalación de estos elementos, ya que esto hará cubrir a la luminaria con cierto grado de certificación IP. La protección esperada es IP 67.

Por otra parte, dentro de la parte electrónica/eléctrica se propone la aplicación de una junta de elastómero que podrá adaptarse y ejercer presión, impidiendo el acceso a contaminantes.

Dentro del monocasco es necesario agregar un punto de salida o un cambio de geometría para que, el agua tenga una salida o las partículas no puedan estancarse. Por último, en la parte trasera, donde la parte eléctrica se conecta con la red eléctrica o el sistema de alimentación, es necesario protegerlo con un sistema de sellado, para el prototipo se utilizó una prensa-estopa, logrando estanqueidad (Figura. 3.24).



Figura 3.24.- Prensa-estopa para cable de conexión a poste.

3.2.4.3. Resistencias

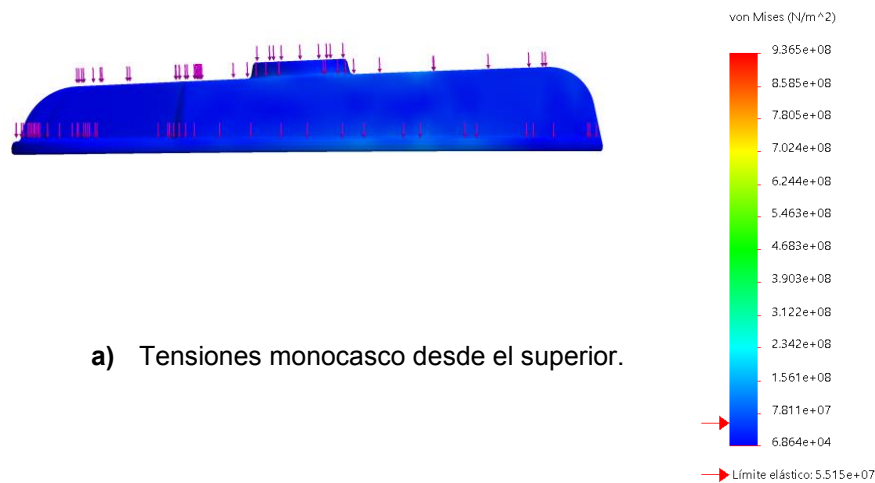
Esta etapa se divide en la resistencia que debe existir frente a elementos directos (condiciones climáticas) e indirectos (uso de la luminaria). Para fines prácticos se establecerán los valores máximos.

3.2.4.3.1. Directas e indirectas

Se realiza un estudio al impacto que la luminaria sufre respecto al viento y la lluvia de manera individual, donde el punto central es la sujeción existente por parte de los opresores en la parte trasera hacia el poste.

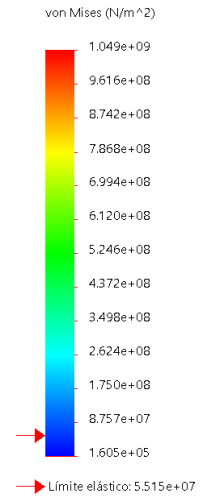
Se debe garantizar la resistencia de los tornillos y el anclaje. Para ello se recurrirá nuevamente al uso de SolidWorks® y aunque el estudio se realiza de todas las piezas, los más importantes son el monocasco, tapa trasera, poste y opresores. A su vez debe especificarse el tipo de contacto existente entre los elementos, se establece un contacto global basándonos en el tipo de fijación existente. Después de establecer la fijación se introducen las restricciones y las cargas producidas por el viento. Deberá cubrir las siguientes restricciones y la siguiente carga: Valor de 100 kg para todos los casos, su equivalente a un redondeado de 981 N.

El siguiente elemento para conocer el mallado del conjunto general, este es un proceso automático generado por el software, después de la malla puede realizar la simulación y valorar los resultados de tensión y desplazamiento causados por la fuerza. Los resultados se analizan a continuación en la Figura 3.25, con el fin de obtener un factor de seguridad mínimo de 1.5.

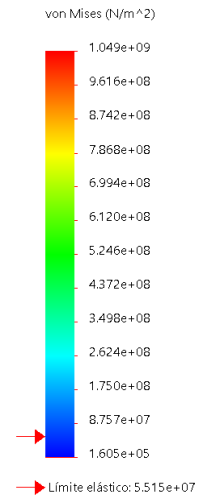




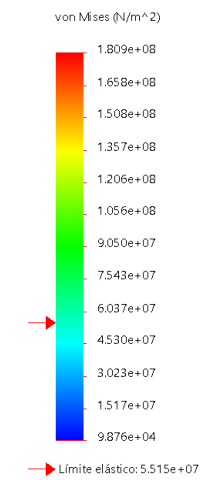
b) Tensiones monocasco desde el lateral.

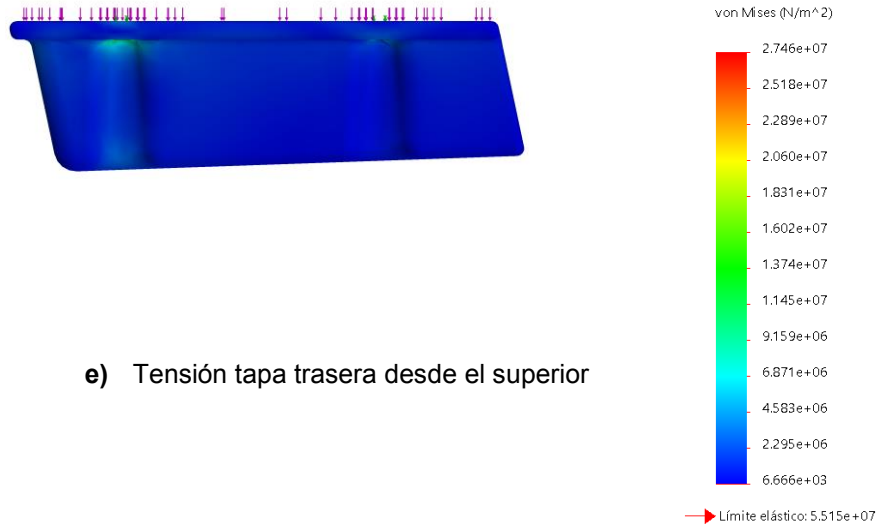


c) Tensión tapa delantera desde el superior

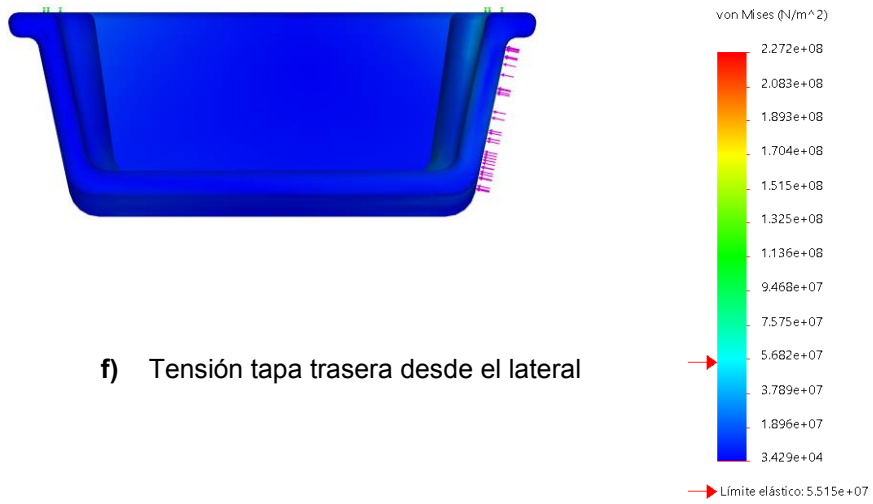


d) Tensión tapa delantera desde el lateral





e) Tensión tapa trasera desde el superior



f) Tensión tapa trasera desde el lateral

Figura 3.25. Resultados por tensión. **a)** Tensiones monocasco desde el superior, **b)** Tensiones monocasco desde el lateral, **c)** Tensión tapa delantera desde el superior, **d)** Tensión tapa delantera desde el lateral, **e)** Tensión tapa trasera desde el superior, **f)** Tensión tapa trasera desde el lateral.

4. Experimentación y Resultados

En este capítulo se detalla todo lo relacionado al producto final desarrollado, en específico la fase de experimentación y los resultados logrados.

4.1. Producto desarrollado

La luminaria deberá de probarse a partir de un prototipo mínimo viable, se determinó implementarlo a partir de un modelo impreso en 3D, escala 1:1 con material PLA, la selección de este material fue debido a la facilidad de manejo, baja deformación y fácil manipulación post - impresión. A continuación, en la Figura 4.1, se presentan imágenes del proceso de impresión 3D y del proceso de pegado.



Figura 4.1 Explosivo de luminaria OKU_5050.

4.1.1. Sistema de referencias

El producto desarrollado propone ser el comienzo de una familia de productos que cuenten con condiciones similares, teniendo variaciones en su temperatura de color. A continuación, en la Tabla 4.1, se presentan las diferentes opciones.

Tabla 4.1 Referencia de productos.

Referencia	TCC (K)
OKU_5027	2,700

OKU_5030	3,000
OKU_5035	3,500
OKU_5040	4,000
OKU_5050	5,000
OKU_5057	5,700
OKU_5065	6,500

La referencia fue asignada a partir del modelo llamado OKU, los siguientes dos valores son referentes a la potencia del modelo y los últimos dos dígitos especifican la temperatura de color.

4.1.2. Características

Posteriormente se presentan las características generales del funcionamiento en las Tabla 4.2 - 4-5.

Tabla 4.2. Características generales de funcionamiento.

Características	Valor estimado
Eficacia luminosa (lm/w)	7,000 (por determinar)
Vida útil (h)	50,000
Color de la luminaria	Gris azulado
Temperatura de utilización (° C)	-15 a 40
Uso	Exterior
IP	IP66 (Por determinar)
Precio MXN (\$)	3,500

Tabla 4.3. Características físicas.

Características	Valores
Peso (g)	3,5000 (por determinar)
Dimensión X (cm)	45.00
Dimensión Y(cm)	11.50

Dimensión Z(cm)	10.00
-----------------	-------

Tabla 4.4. Características lumínicas.

Características	Valores
Flujo luminoso	Por determinar
IRC	≥ 80%
Ángulo de haz luminoso	Por determinar
Temperatura de color (K)	4,000

Tabla 4.5. Características eléctricas de funcionamiento.

Características	Valores
Voltaje de entrada	127 VAC
Factor de potencia	0.9 (por determinar)
Frecuencia de trabajo (Hz)	50

Algunos de los parámetros están propuestos como “por determinar” debido a que es necesario realizar las pruebas físicas formales para establecer estos valores como reales.

4.1.3. Ensayos

La luminaria se somete a 3 ensayos para concluir el producto como funcional. Los ensayos están fuera de este trabajo de tesis, sin embargo, se determina que son los siguientes:

- Grados de protección IP. – Pruebas de estanqueidad frente a la humedad y el polvo determinado como la protección IP.
- Fotometría. – Pruebas lumínica para la obtención de curva fotométrica.
- Descargas atmosféricas. – Pruebas de inmunidad a impulsos por maniobra o descarga atmosférica.

4.1.4. Escandallo

Un escandallo es la relación de materiales o procesos que se requieren para tener el control de lo utilizado para conocer el costo de las partes y el beneficio obtenido. Se presenta a continuación en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Escandallo de piezas y costes.

Nombre de Subconjunto	Piezas	Unidades	Precio (\$)	Total (\$)
Monocasco	Monocasco	1	600	600
	Tornillos Allen	4	5	20
	Tornillos Gota	2	0.50	1
	Chip LED	1	550	550
	Óptica	1	90	90
	Anillo aluminio	1	50	50
	Pija Phillips	2	0.5	1
	Cable 20 cm	2	5	10
	Driver	1	850	850
	Pasta térmica	1	10	10
	Conector rápido	4	3	12
Tapa frontal	Tapa frontal	1	250	250
	Tornillo Allen	4	5	20
Tapa trasera	Tapa trasera	1	150	150
	Tornillo Allen	4	5	20
	Opresor Allen	2	7.50	15
Total, componentes				2,349
Total, costes de producción 25%				2,936
Costo final del modelo mínimo viable 25%				3,905

Cabe aclarar que los costos mencionados con anterioridad son por únicas piezas, lo que vuelve más cara la producción por unidad, esta luminaria y la necesidad

que cubre está diseñada para corridas de 20 a 50 unidades. Sabiendo esto, los costos bajaran de manera considerable, ahorrando del 10 al 22% de costo final por unidad.

4.1.5. Diagrama de operaciones

Las operaciones necesarias para concluir este modelo se encuentran presentes en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7. Flujo de operaciones

Pasos	Descripción	Tiempo	Herramientas
1	Limpiezas de piezas para retirar viruta.	15 min	Esmeril, disco de desbaste, disco laminado, lija de agua, lima.
2	Barrenado 6 mm	4 min	Taladro de banco, broca y aceite 3 en 1.
3	Barrenado 3 mm	3 min	Taladro de banco, broca y aceite 3 en 1.
4	Machuelo de 1/4"	3 min	Machuelo, aceite 3 en 1, maneral de machuelo.
5	Machuelo de 1/8"	3 min	Machuelo, aceite 3 en 1, maneral de machuelo.
6	Limpieza de residuos y lavado	6 min	Trapo seco, jabón no graso, secado.
7	Preparación para pintado	5 min	Masking tape para proteger barrenos.
8	Pintado de luminaria base y 2 manos	45 min	Pintura epoxica, diluyente, pistola para pintar, estopa.
9	Revisión visual antes de pasar al proceso de ensamble	4 min	N/A
10	Retiro de protecciones y preparación para ensamble.	2 min	N/A
Tiempo		90 min	Con personal laborando.

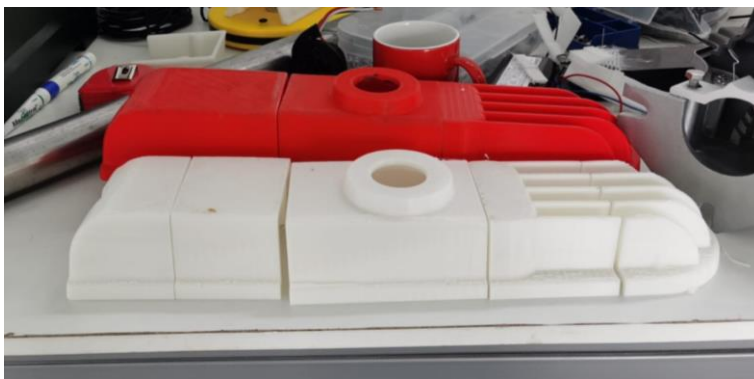
	48 horas	Tiempo de entrega (única unidad).
--	----------	-----------------------------------

4.1.6. Impresión 3D

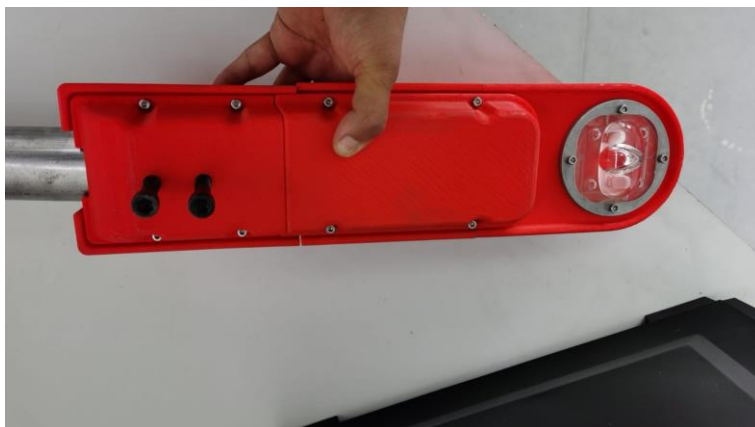
A continuación (Figura. 4.2), se muestran imágenes del proceso de impresión, por las características del equipo, se seccionó el modelo en 7 partes y después se unieron para poder ensamblarlo como un prototipo.



a) Impresión de piezas segmentadas



b) Unión de piezas con adhesivo Epoxico.



c) Instalación de partes como tornillos, óptica y poste.



d) Revisión visual y comprobación de ensamblaje.

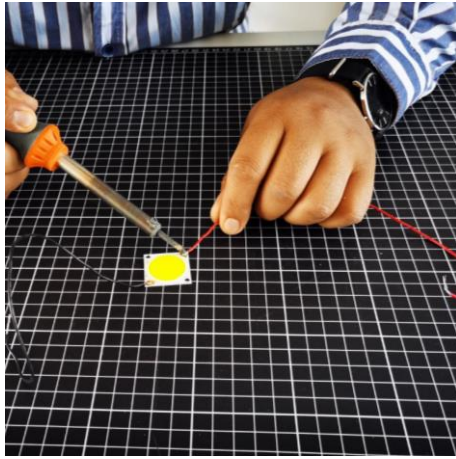


e) Revisión al tacto y de esfuerzo de las partes.

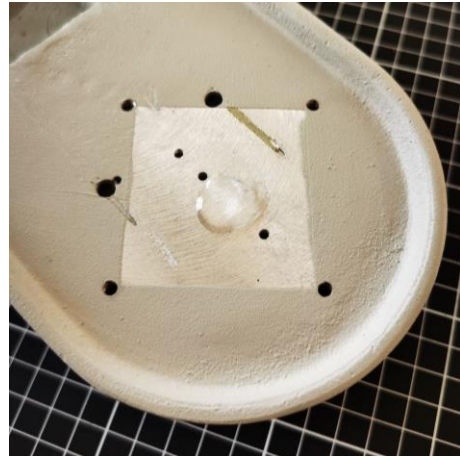
Figura 4.2.- Producto impreso en 3D. **a)** Impresión de piezas segmentadas, **b)** Unión de piezas con adhesivo epoxico, **c)** Instalación de partes como tornillos, óptica y poste. **d)** Revisión visual y comprobación de ensamblaje, **e)** Revisión al tacto y de esfuerzo de las partes.

4.1.7. Montaje

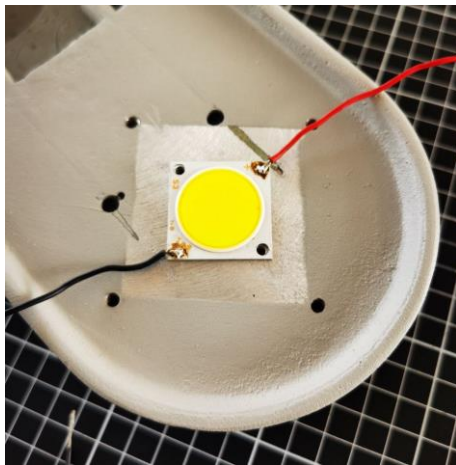
En esta sección se detalla el proceso de montaje de la luminaria, el proceso de ensamblaje del modelo mínimo viable se realiza a la par (Figura. 4.3). Las instrucciones se enumerarán y deben realizarse en ese orden.



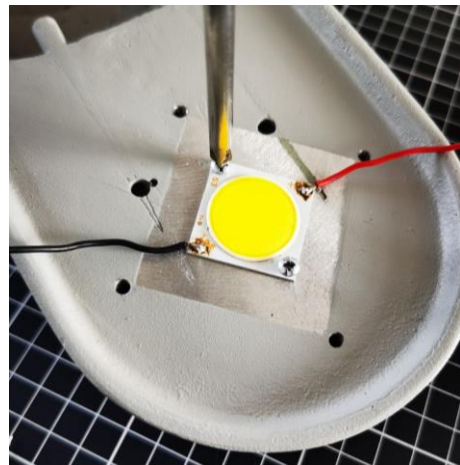
a)



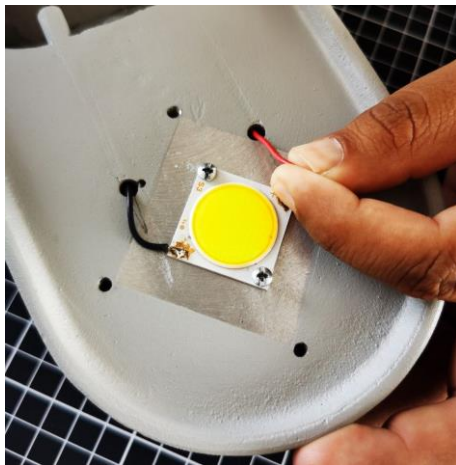
b)



c)



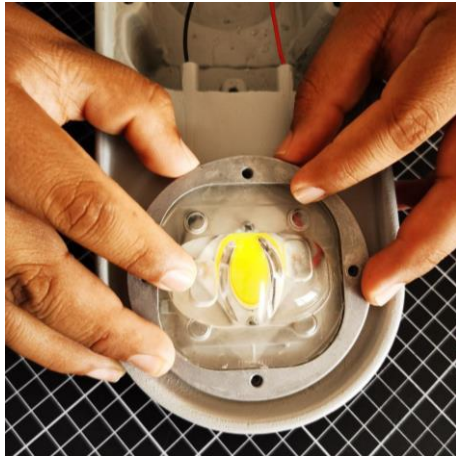
d)



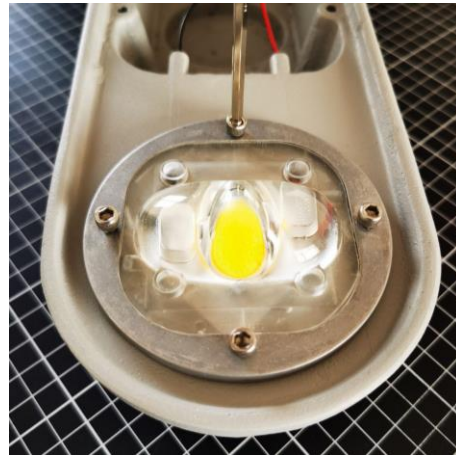
e)



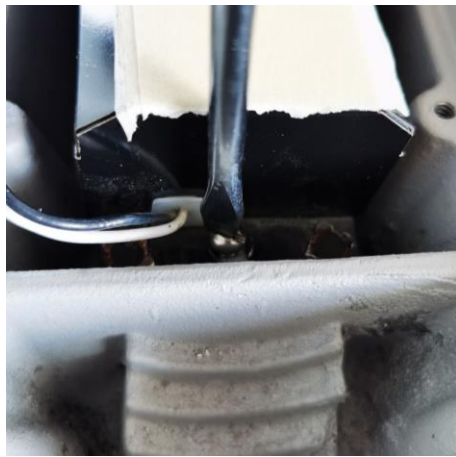
f)



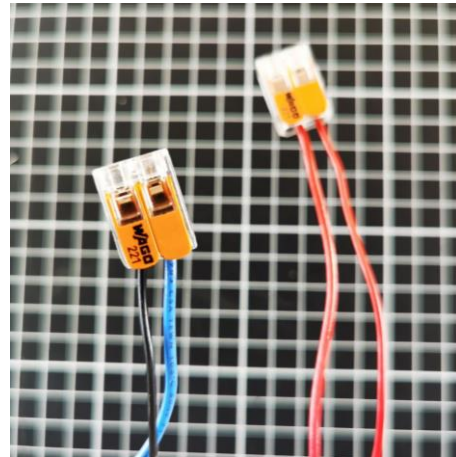
g)



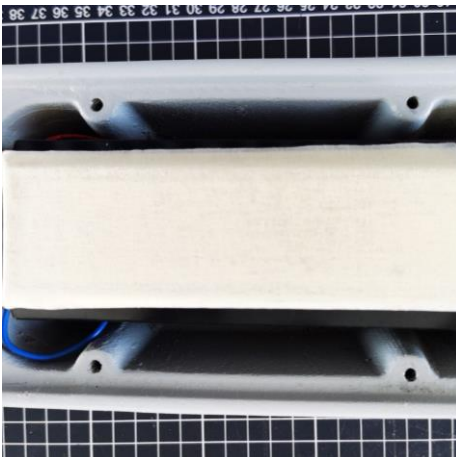
h)



i)



j)



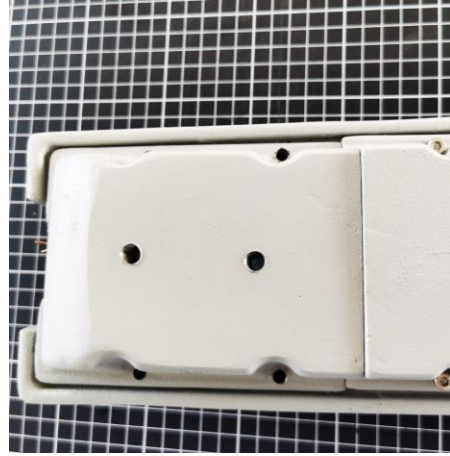
k)



l)



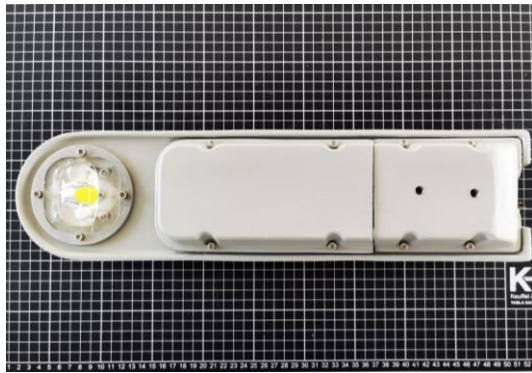
m)



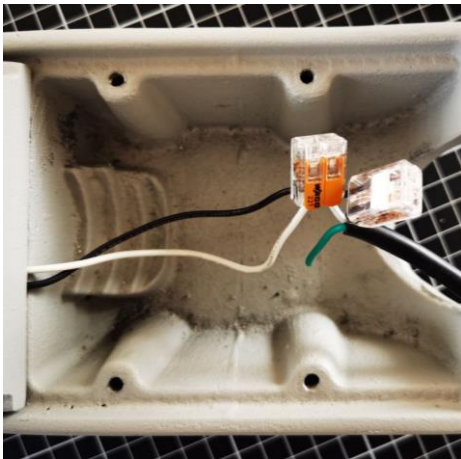
n)



o)



p)



q)



r)



s)



t)

Figura 4.3.- Proceso de montaje y pruebas. **a)** Habilitación de LED con soldadura a cables de positivo y negativo. **b)** Colocación de pasta térmica en el monocasco. **c)** Ubicar el Chip LED en la posición correcta sin ejercer presión. **d)** Montaje de Chip LED con pijas y desarmador Phillips. **e)** Acomodo de cable a través de puente. **f)** Colocación de óptica con dirección correcta. **g)** Colocación de anillo empatando con óptica. **h)** Ajuste de óptica y anillo con tornillo y llave Allen. **i)** Colocación de controlador con tornillo gota y desarmador plano. **j)** Conexión de controlador y led con Caimanes de ajuste rápido **k)** Ajuste de cables debajo del controlador. **l)** Colocación de tapa frontal para su posterior cerrado. **m)** Ajuste de tapa frontal con tornillos Allen. **n)** Colocación de tapa trasera para corroborar la correcta instalación de tapa frontal. **o)** Cerrado total de las tapas traseras. **p)** Vista superior del modelo completamente sellado. **q)** Conexión rápida para la verificación de encendido. **r)** Correcto encendido y funcionamiento por 1 hora. **s)** Vista a contraluz del optimo funcionamiento. **t)** Colocación de luminaria en poste, vista inferior.

El presente documento de Tesis es el cierre de la primera etapa del desarrollo del prototipo, puesto que, se pretende sea lanzado como un producto comercial, esto ha permitido lograr un proyecto redondo con la posibilidad de ver el concepto y la propuesta física del mismo.

5. Conclusiones

OKU_5050 es una propuesta de diseño en la cual su funcionamiento habrá que ser corregido de manera reiterativa en todas las etapas planteadas, resuelve las necesidades que se tienen previstas por el momento, la optimización de producción podría ofrecernos lograr un mayor estándar de calidad, un ahorro considerable de recursos y tiempo; por consiguiente, una disminución en el costo final.

El proceso de diseño comenzó con una lluvia de ideas, los requerimientos a seguir, el análisis de los análogos y alternativas en cuanto materiales y una vez definidas se sigue con la fase creativa en la que se determinan las formas definitivas. Esta etapa se plantea como una fase corta, sin embargo, es la etapa que más tiempo demora en concluirse, ya que es necesaria la autorización para realizar cualquier cambio. Teniendo en cuenta la iteración en todas las etapas, así como de las simulaciones realizadas por software y el tiempo que tomaron cada una de ellas en finalizar. Por otra parte, la multidisciplinariedad requerida para la conclusión de este proyecto ha logrado impactar el resultado de manera considerable porque ahora es un producto que cumple con los 4 ejes principales del diseño: estética, producción, función y ergonomía, dichos ejes permitieron encontrar las fortalezas y oportunidades del producto a desarrollar en un futuro.

6. Prospectivas

6.1. Optimización

Las principales características del ensamblaje y del montaje pueden ser agilizadas ya que esto provocaría una disminución en tiempo y un aumento en la producción. Para la optimización del ensamble y montaje se estandarizaron las medidas de los tornillos, reduciéndolo a 3 puntas, dos para ensamble y una para montaje. Para ello herramientas y puntas de medidas específicas, serán necesarias, así como la capacitación y el proceso de ensamblaje que se deberá realizar (Tabla 6.1), en la primera etapa únicamente se ensamblará el módulo LED y el segundo operario podrá cerrar el equipo.

Tabla 6.1. Herramientas para optimizar el montaje

Cantidad	Descripción	Equipo
2	Destornillador inalámbrico	DEWALT DCF887B
1	Puntas Cruz Mafita #2 X 2"	DEWALT DWA2PH2-2H
1	Dado de Mando 3/8" Hexagonal	DEWALT DW2542
1	Juego para destornillador de impacto	DEWALT DWA2T40IR

Por ahora no se cuenta con una planta o una zona de montaje establecida por lo que es complicado proponer una distribución óptima, sin embargo, se deberá plantear más adelante para establecer una secuencia de montaje.

6.2. Mejoras

El diseño es la primera etapa de este proyecto por lo que será necesario realizar todas las pruebas y volver a ella para corregir las características identificadas, volver a validar a partir de un prototipo y las pruebas faltantes; si se requiere, volver

a plantear la realización de las simulaciones, aunque esto pueda retrasar el resultado final. Validar que el proceso de fabricación tenga las condiciones planteadas con anterioridad y corregir el tipo de montado, la correcta disipación térmica y el acabado final del producto. El proyecto fue un planteamiento a corto plazo para poder ofrecerlo al mercado, sin embargo, se recomienda y/o solicita un estudio previo con pruebas de fotometría por parte de alguna unidad o departamento de laboratorio de alumbrado público.

Referencias

- Allen Tipler, P. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología. 1.*
<https://books.google.com.pe/books?id=9MFLe5mAtMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Besser Lighting.* (2022).
- Boyce Gordon. (2000). *Lighting and human performance: A review.*
<http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap03.pdf>
- Brill pharma. (2020). *Las 12 partes del ojo humano.*
<https://www.brillpharma.com/anatomia/partes-del-ojo/>
- Canales Sectoriales, I. (2015). *La construcción del LED - Iluminación.*
<https://www.interempresas.net/Iluminacion/Articulos/225707-La-construccion-del-LED.html>
- Cardozo Chulín, W. D., & Kú Carrillo, R. A. (1999). *Diagnóstico Energético en el edificio de Rectoría y alumbrado exterior de la Universidad de Quintana Roo.*
<http://repositorio.cuc.uqroo.mx/handle/20.500.12249/971>
- Castillo Figueroa, S. I., & Piro, C. (2018). *Proyecto de iluminación Plaza Valle del Sol Calle 1.*
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45937/3560901544044UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Construlita.* (2022). <https://www.construlita.com/productos-iluminacion/vialed-led-5050>
- Diaming.* (2022). <https://dianming.com.mx/luminarias/luminarias-para-alumbrado-publico/luminaria-g7/>
- DYNACAST. (2022). *Aprenda acerca de la aleación de aluminio A380.*
<https://www.dynacast.com/es-mx/recursos/material-information/aluminio/aluminum-alloy-a380>
- Electronica Unicrom .* (2022). <https://unicrom.com/composicion-onda-electromagnetica/>
- Energain.* (2022). <https://energain.com.mx/eg-lhd-50w.html>

- GOLED. (2022). <https://www.goled.com.mx/collections/plus/products/luminarias-suburbana-LED-tipo-cobra-50w-100w-150w-y-200w-5-anos-garantia?variant=32412334358570>
- Guamán Herrera, J. S., & Peña Banegas, D. P. (2015). *Evaluación energética-económica de los sistemas de iluminación residencial en la ciudad de cuenca*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21626/1/tesis.pdf>
- Guiomar, A. (2013). *Historia y futuro de la iluminación*. <http://dtpower.com.ar/wp-content/uploads/2016/10/Historia-y-futuro-de-la-iluminaci%C3%B3n.pdf>
- H. Ayuntamiento de Tuxpan. (2014). *Proyecto de modernización del alumbrado y aplicaciones de tecnologías inteligentes en servicios públicos mediante el esquema de Asociaciones Público-Privadas*. https://tuxpanveracruz.gob.mx/wp-content/uploads/2019/transparencia/ley_875/Art15/F_27/EXPEDIENTE_TECNICO.pdf
- Iluminación México*. (2022). <https://www.iluminacionmexico.com/urbanas>
- Ineldec*. (2022). <https://ineldec.com/producto/luminaria-led-de-50w-de-alumbrado-publico/>
- Ingeniería industrial online*. (2022). <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/diseño-y-distribución-en-planta/iluminación/>
- Intel*. (2022). <https://www.intel.es/content/www/es/es/gaming/resources/how-to-apply-thermal-paste.html>
- Led Point*. (2022). <https://www.ledpoint.com.mx/product-page/luminaria-de-alumbrado-publico-alta-eficiencia>
- Light Pro 4*. (2022). https://www.lightpro4.mx/luminarias-led/?gclid=CjwKCAjwsNilBhBdEiwAJK4khnHe3dZ2_9_JEMxEH DU12D6HEZo_cibD8ESsdV6foR3v3q-l3TPeGRoC5mcQAvD_BwE
- Lighting City*. (2022). <https://lightingcity.com.mx/product/luminaria-led-ledvance-sky-60w-5000k/>
- López Ulloa, F. S. (2000). *La Loma Grande, hacia el mejoramiento ambiental integral*. https://oa.upm.es/26743/1/La_Loma_Grande.pdf

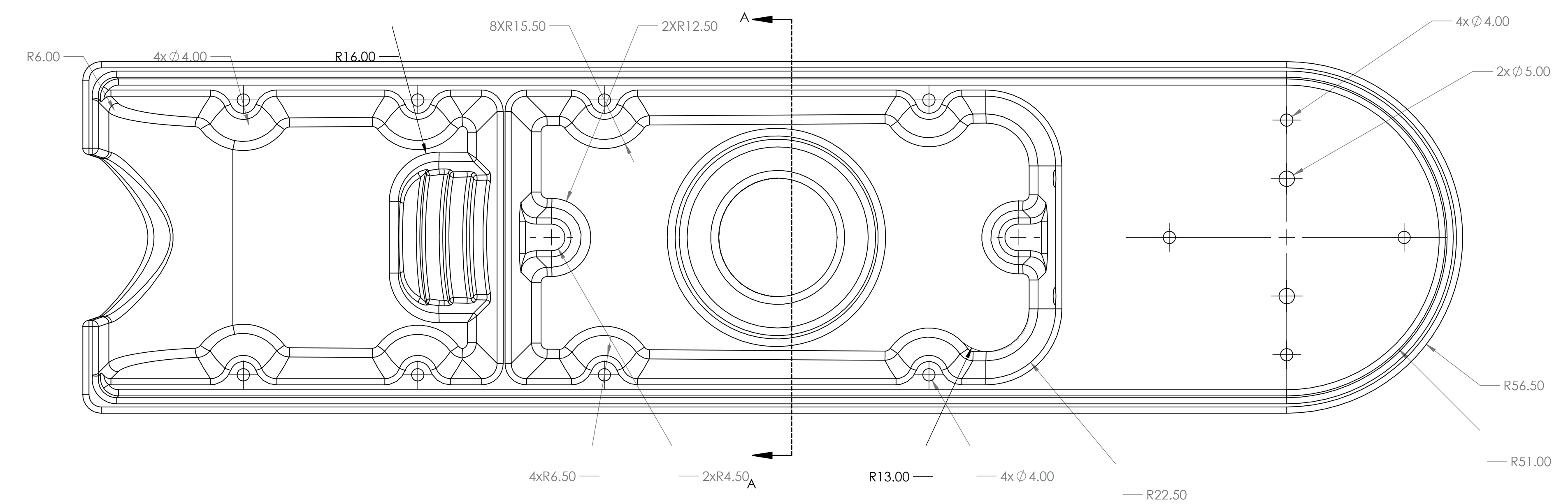
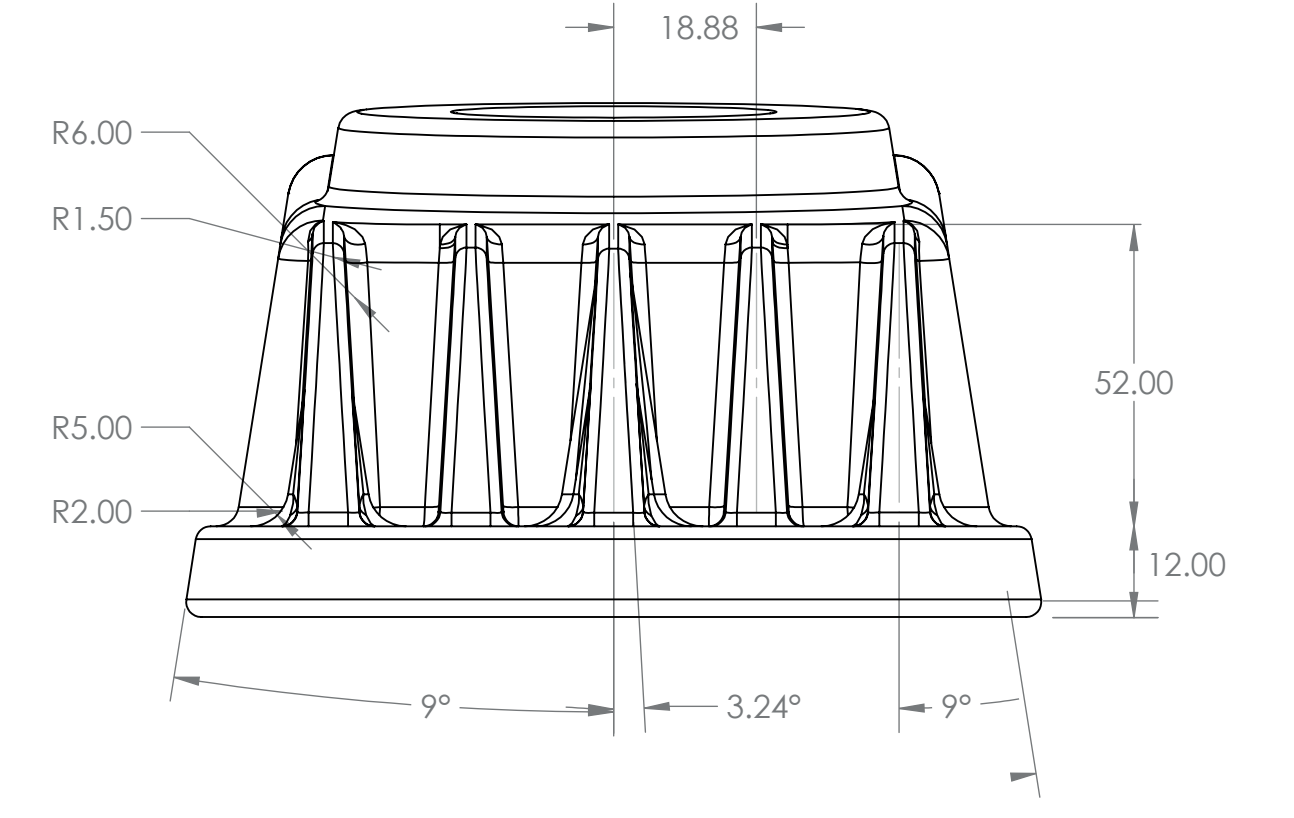
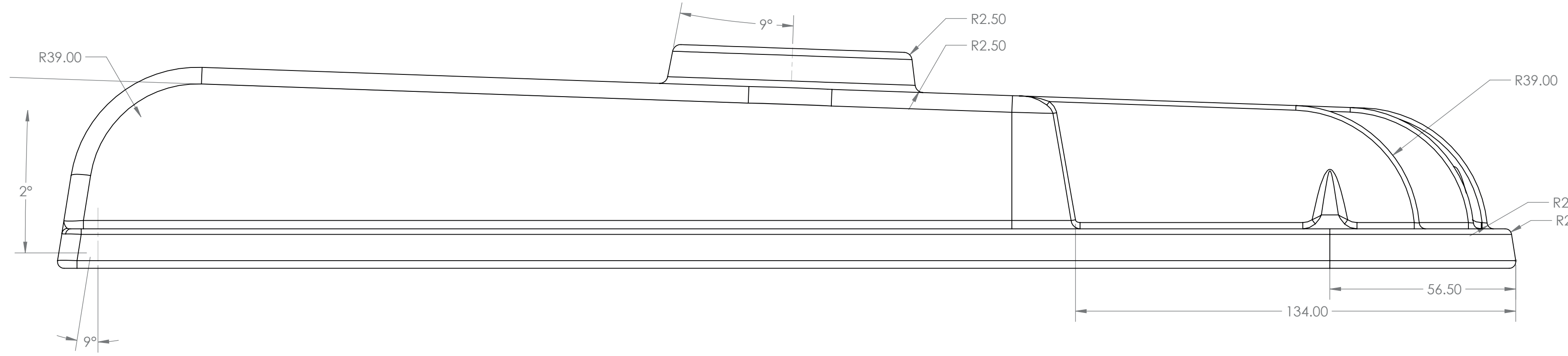
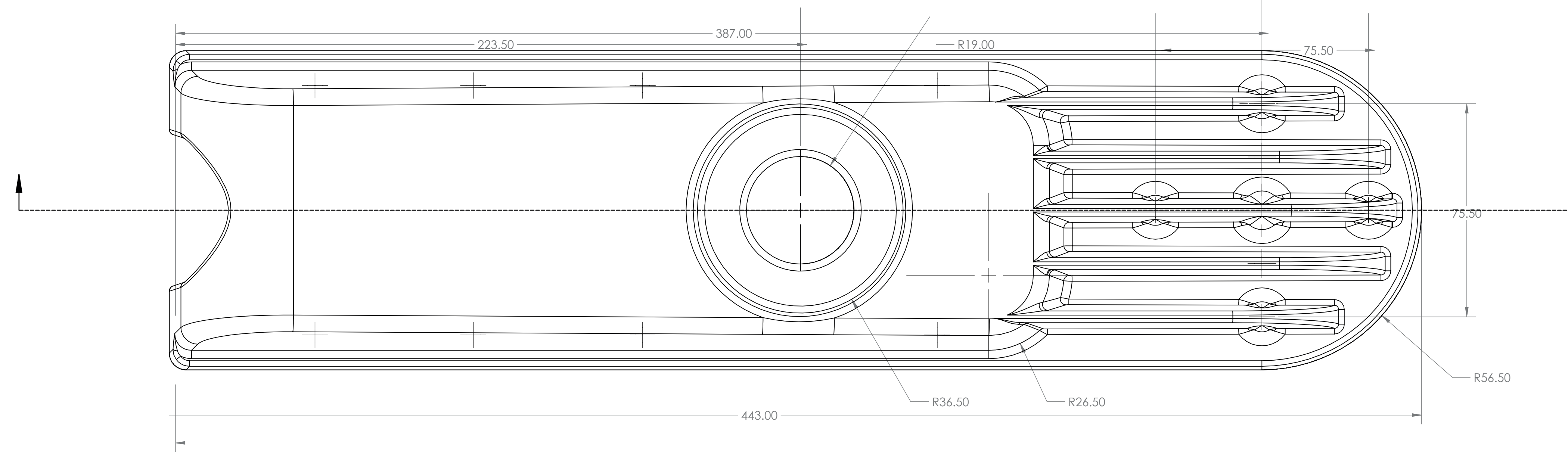
- LUMINUS. (2015). *CXM-22 COB Arrays White LED CXM-22 Product Datasheet*.
https://download.luminus.com/datasheets/Luminus_CXM-22_GEN4_Datasheet.pdf
- Manufacturera de Reactores*. (2022). <https://www.mriu.com.mx/wp-content/uploads/2021/05/MR-Ficha-T%C3%A9cnica-Lotus-2021.pdf>
- Martín Martín, C. (2014). *Proyecto de alumbrado Público en la zona de Av. Mar mediterráneo de Leganés (Madrid)*. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23057/TFG_Carlos_Martin_Martin.pdf
- Merchán Nieves, W. J., & Calderón Peña, E. A. (2018). *Automatización para Sistemas de Alumbrado Residencial y Público con iluminación LED*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16339/1/UPS-GT002352.pdf>
- OÖ Energiesparverband. (2015). *Proyecto de alumbrado urbano realizado: Municipio de Gunskirchen, Alta Austria*. https://www.streetlight-epc.eu/fileadmin/redakteure/Streetlight-EPC/Implemented_Projects/Implemented_Projects_translation/Streetlight-EPC_Implemented_projects-ES.pdf
- OSRAM. (2022). *Hoja de datos de producto OT 502DIMLT2 P*.
https://www.osram.es/ecat/OPTOTRONIC%20-%20DIM%20IP64-Corriente%20constante%20-%20Regulable-Constant%20Current%20-%20Outdoor-LED%20Drivers-Digital%20Systems/es/es/GPS01_1087504/ZMP_1171992/
- Pavón Puente, J. E. (1978). *Modernización del alumbrado público de la ciudad de Quito*.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11492/1/T774.pdf>
- Philips Lighting. (2017). *Fundamentos de la luz y la iluminación*.
<https://es.slideshare.net/gonrin/01-modulo1-curso-fundamentos-basicos-de-la-luz-y-la-iluminacion>
- Plusrite*. (2022). <https://plusrite.mx/producto/luminaria-LED-suburbana-50w-con-fotocelda/>
- Praha Lighting*. (2020). <http://prahalighting.com/assets/ins-1-50-v202.pdf>
- Praha Lighting*. (2021). <http://prahalighting.com/assets/mcs1-50-v202.pdf>
- Praha Lighting*. (2022). <http://prahalighting.com/assets/mc1-50m-v202.pdf>
- RAE. (2021). *Luz _ Definición*. <https://dle.rae.es/luz>

- RNW.* (2022). <https://rnw.mx/>
- SECOM.* (2022). <https://secom.es/catalogo/sistemas-iluminacion-urbana/residencial/ripa-iluminacion-urbana-led/#1495865833008-0dbb7a56-e4f7>
- CAD.* (2022a). <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/cad-cam/18750>
- Siemens.* (2022b). <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-engineering-cae/13112>
- Simon.* (2022). <https://www.simonelectric.com/mx/simon-nath-s>
- Suministros Diamante.* (2022). https://www.suministrosdiamante.mx/products/lampara-alumbrado-publico-suburbana-cobra-50w-con-fotocelda?_pos=1&_sid=44aadd48a&_ss=r
- Supra.* (2022). https://www.supradesarrollos.com/wp-content/uploads/2021/06/FT_SLX.pdf
- Tecnolite.* (2022). https://tecnolite.mx/Producto/ES-LED501/p/ES-LED_501_G
- Urbipedia.* (2022). [https://www.urbipedia.org/hoja/L%C3%A1mpara_de_vapor_de_sodio#:~:text=Vapor%20de%20sodio%20a%20baja%20presi%C3%B3n%20\(SBP\)%3A%20la%20l%C3%A1mpara,los%20colores%20es%20muy%20pobre.](https://www.urbipedia.org/hoja/L%C3%A1mpara_de_vapor_de_sodio#:~:text=Vapor%20de%20sodio%20a%20baja%20presi%C3%B3n%20(SBP)%3A%20la%20l%C3%A1mpara,los%20colores%20es%20muy%20pobre.)
- Vásquez León, S. G. (1979). *Proyecto de iluminación del panecillo.* <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8905/3/T810.pdf>
- Vía Satelital.* (2022). https://viasatelital.com/proyectos_electronicos/longitud_onda.php
- Wilczek F. (2016). *El mundo como obra de arte. En busca del diseño profundo de la naturaleza.* 100.

Apéndices

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

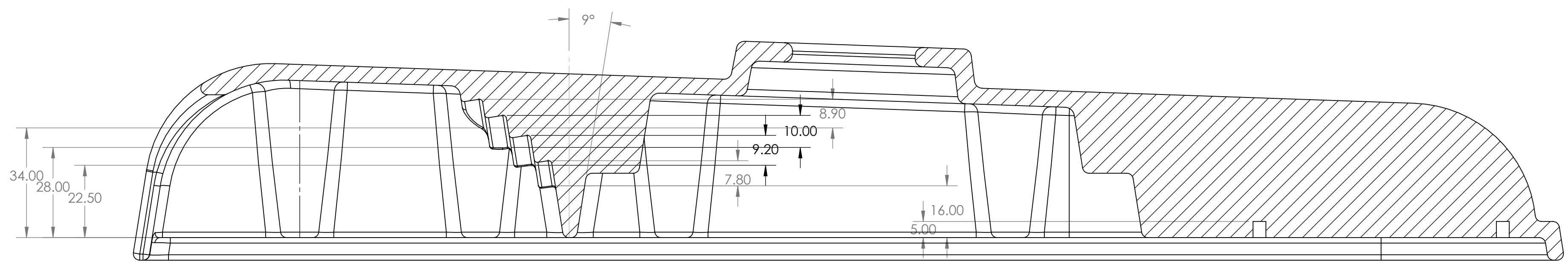
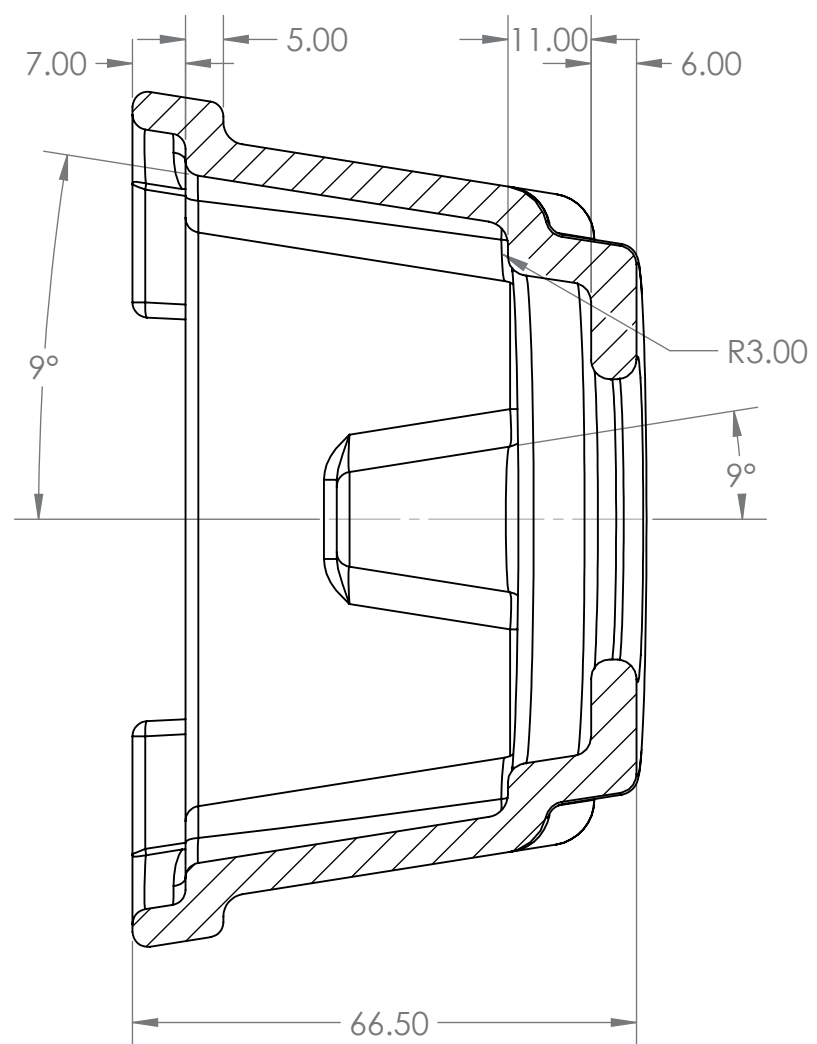
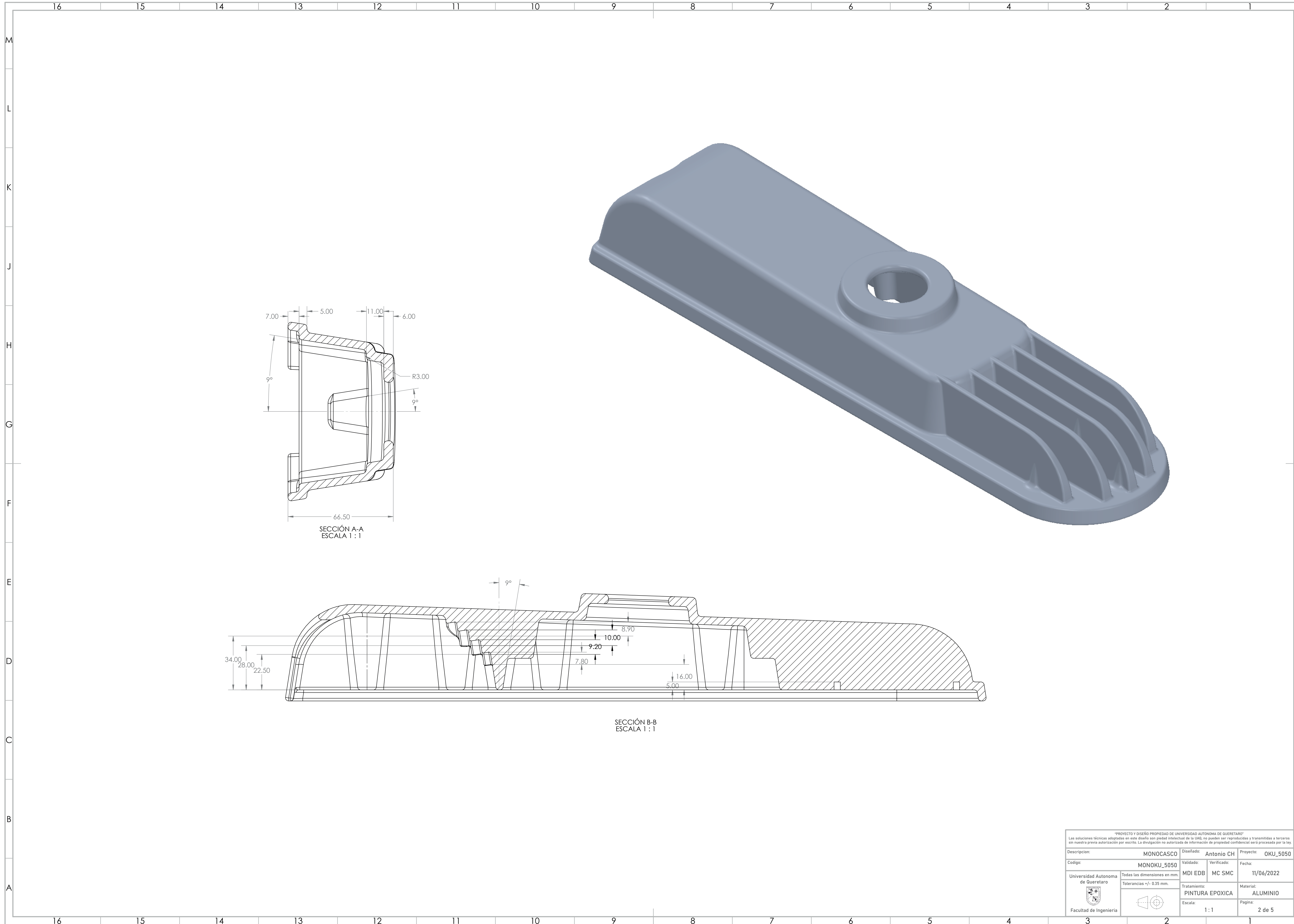
M
L
K
J
H
G
F
E
D
C
B
A



PROYECTO Y DISEÑO PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
 Las soluciones técnicas adoptadas en este diseño son propiedad intelectual de la UAQ, no pueden ser reproducidas y transmitidas a terceros sin nuestra previa autorización por escrito. La divulgación no autorizada de información de propiedad confidencial será procesada por la ley.

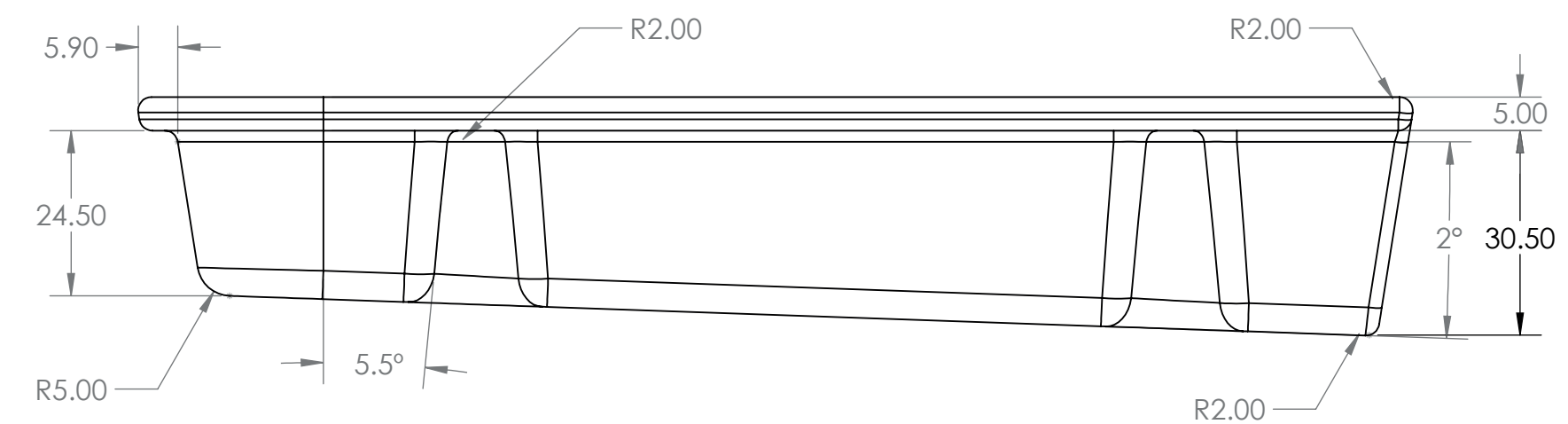
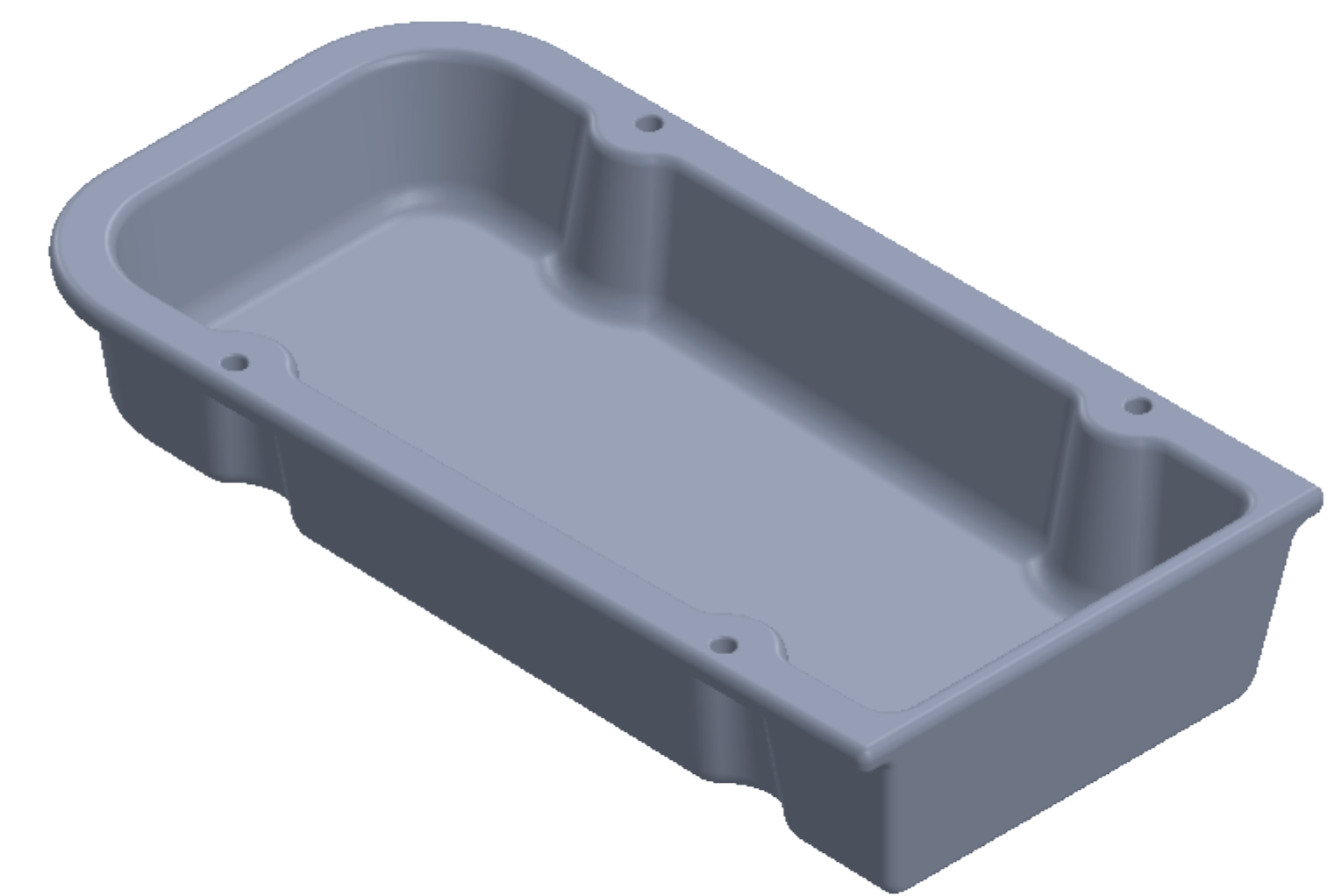
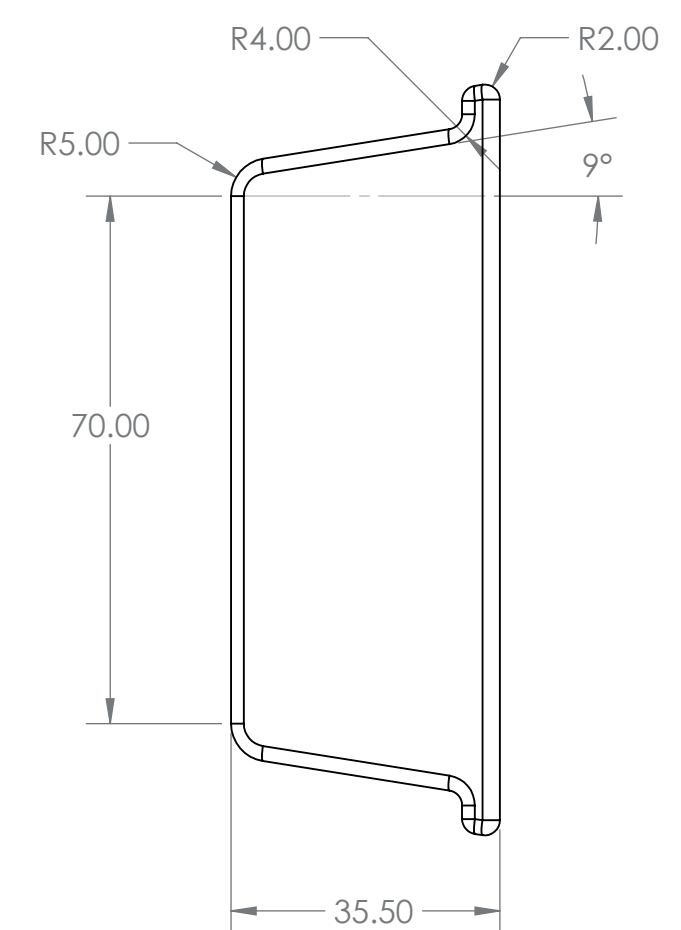
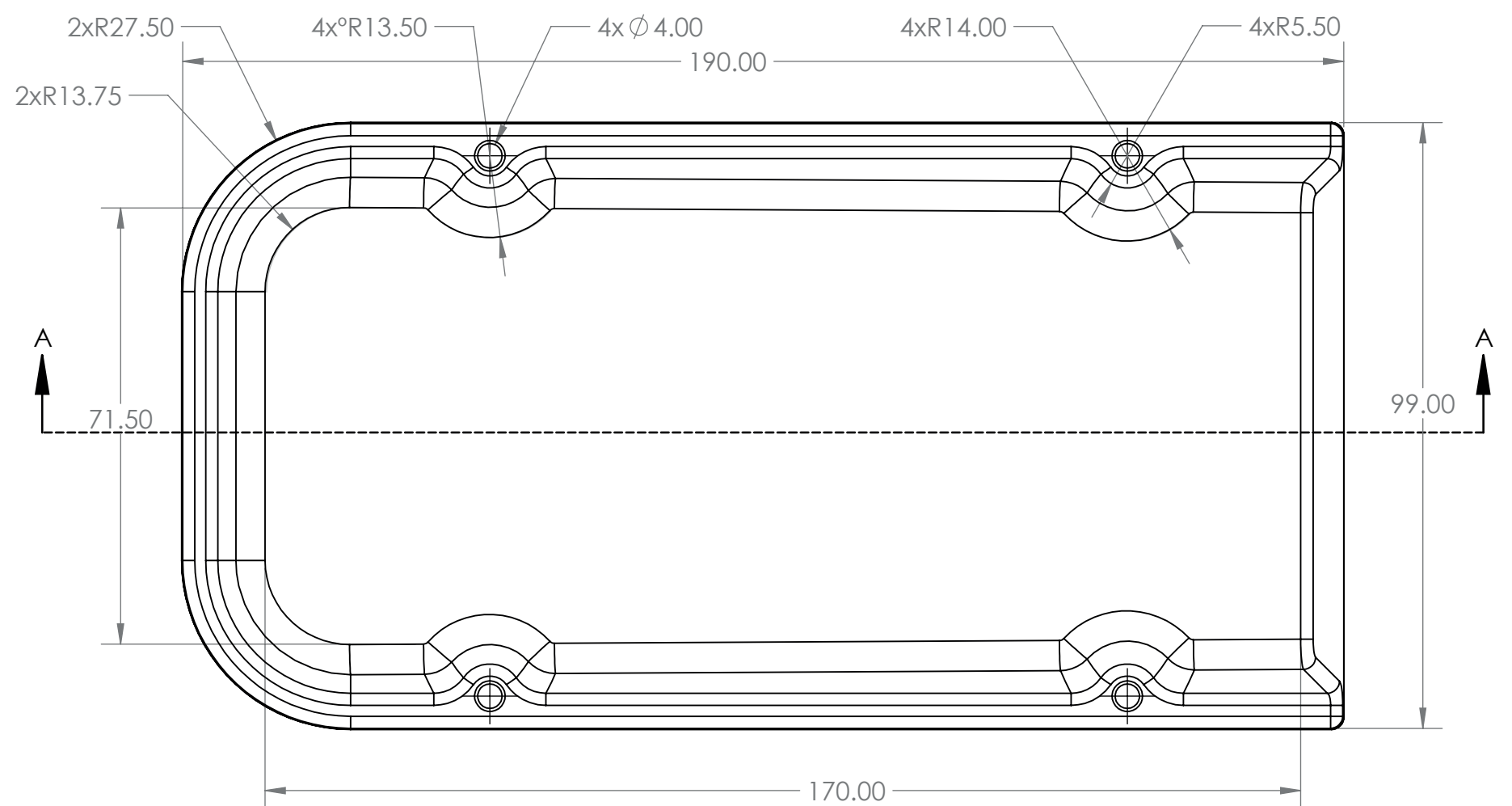
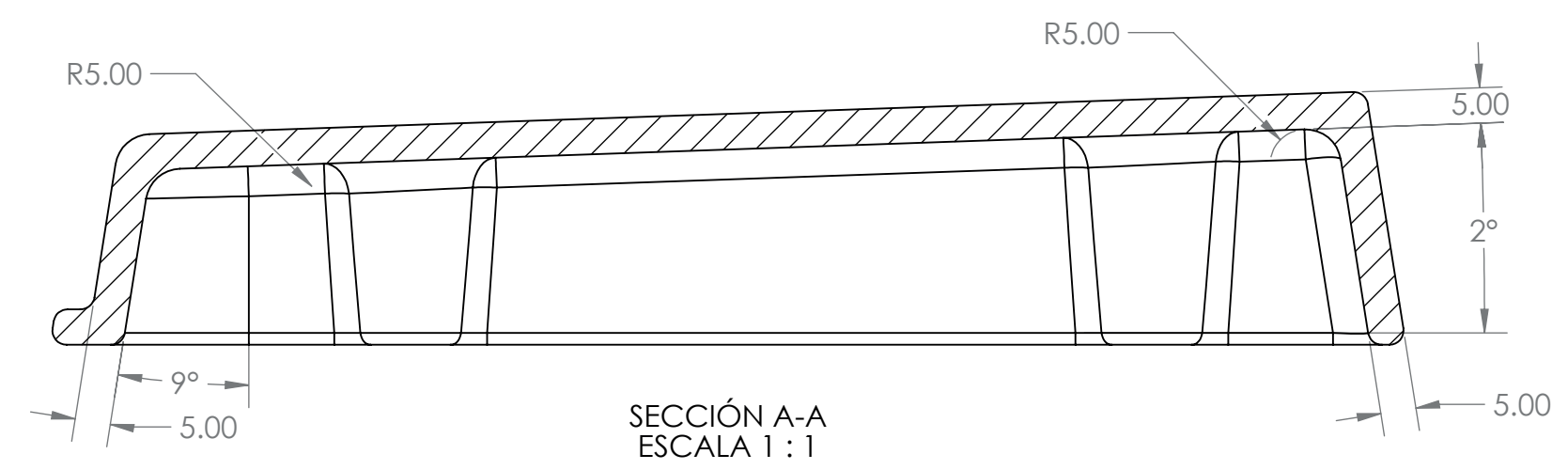
Descripción:	MONOCASCO	Diseñado:	Antonio CH	Proyecto:	OKU_5050
Código:	MONOKU_5050	Validado:	MDI EDB	Verificado:	MC SMC
Universidad Autónoma de Querétaro	Todas las dimensiones en mm. Tolerancias +/- 0.35 mm.	Fecha:	11/06/2022	Materia:	ALUMINIO
Facultad de Ingeniería		Escala:	1:1	Página:	1 de 5

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



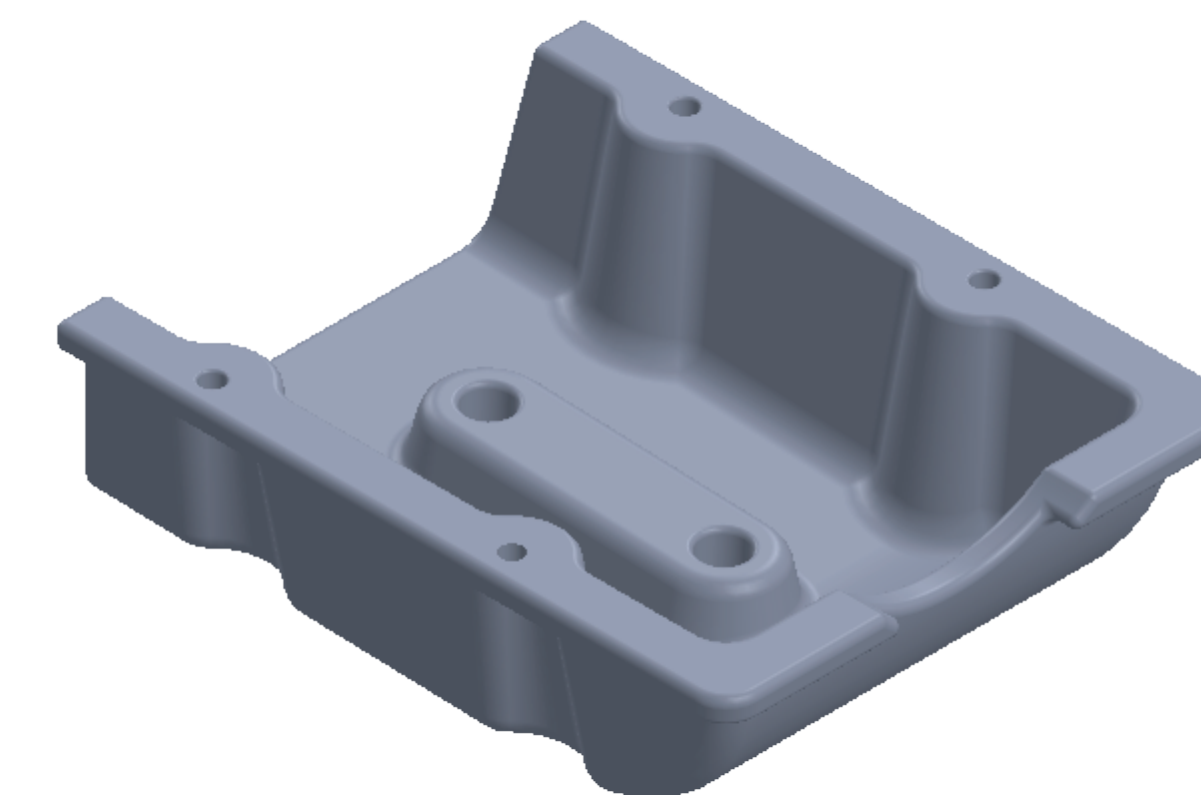
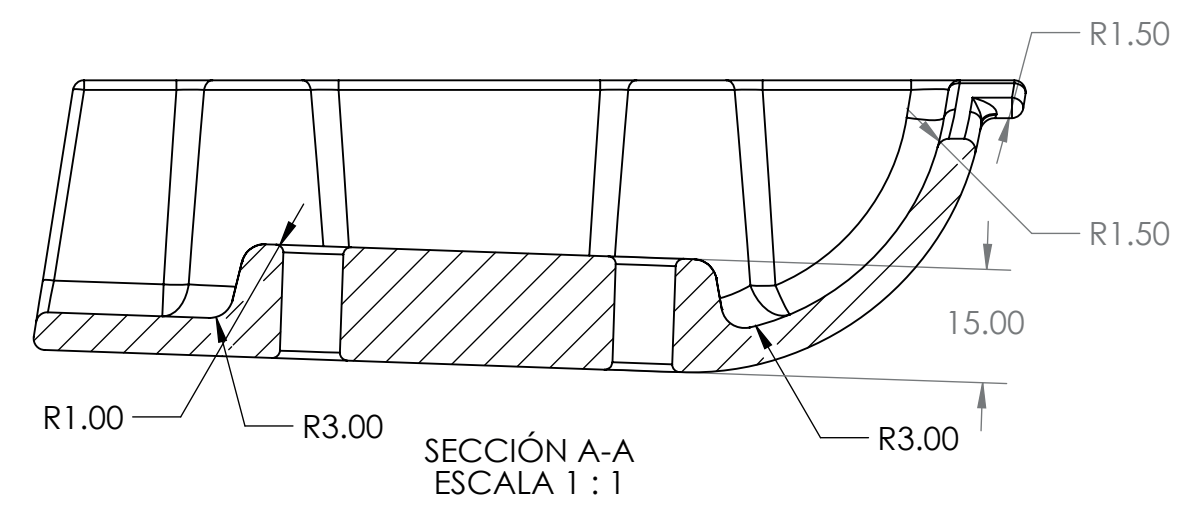
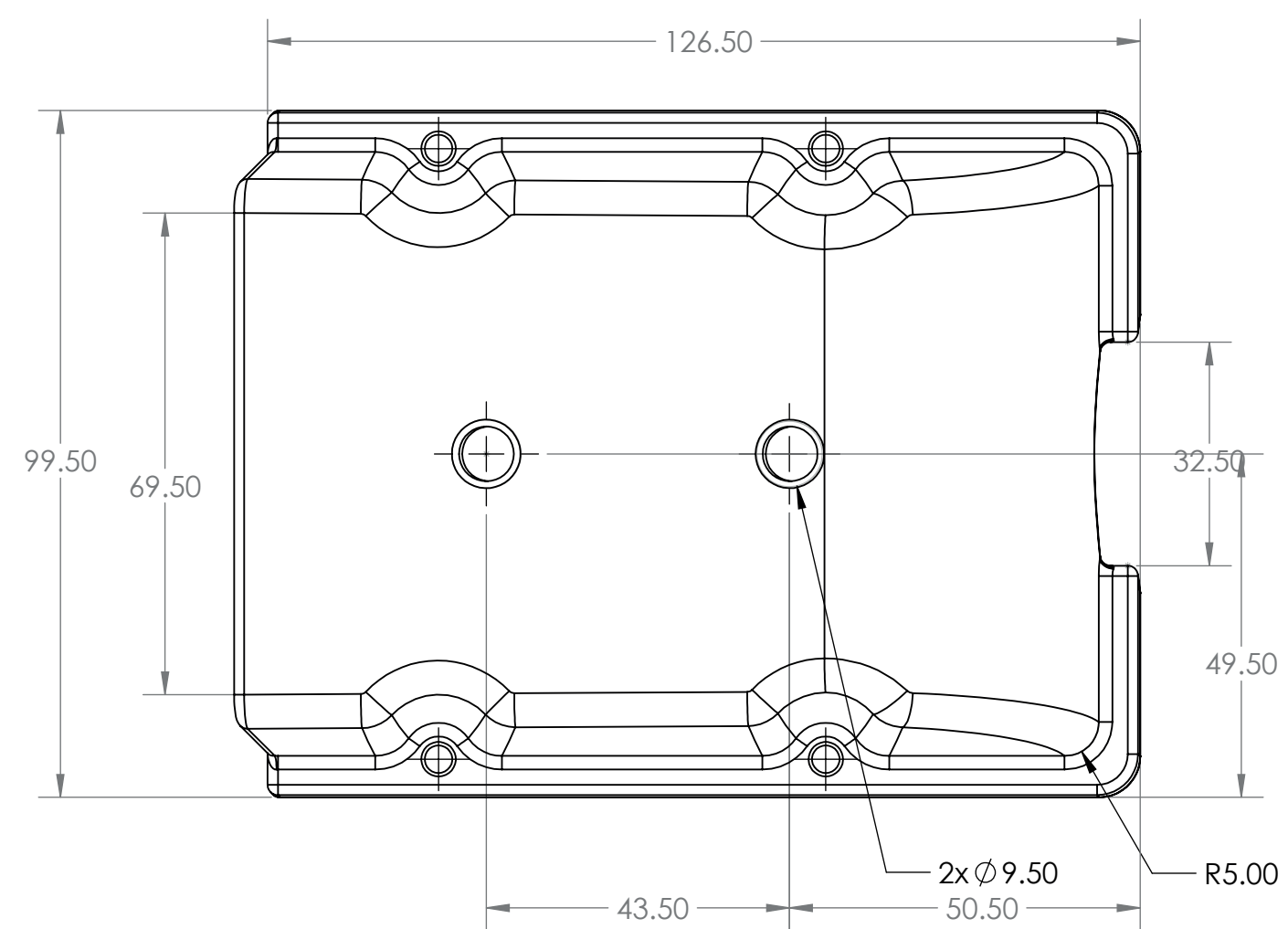
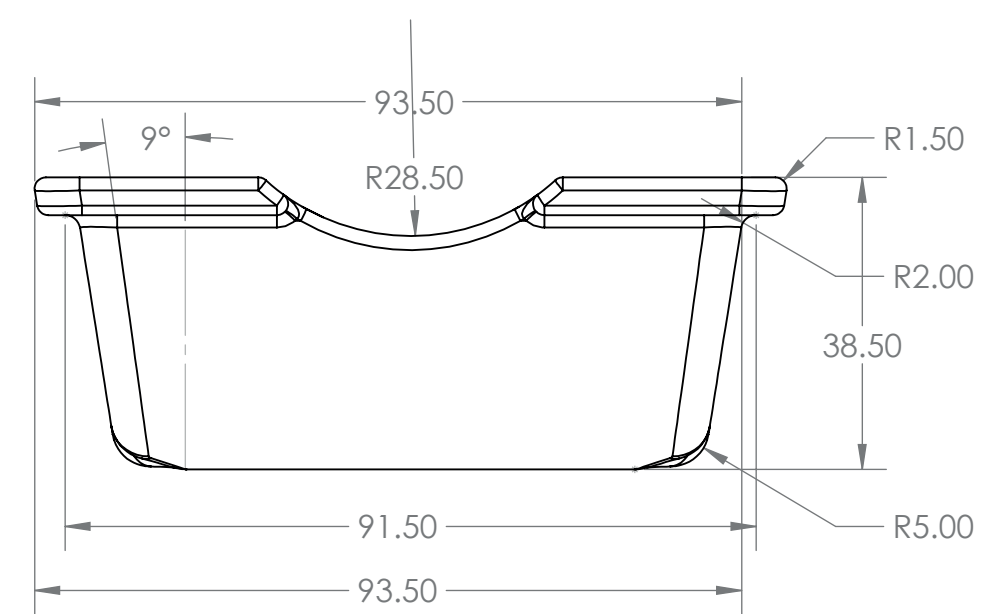
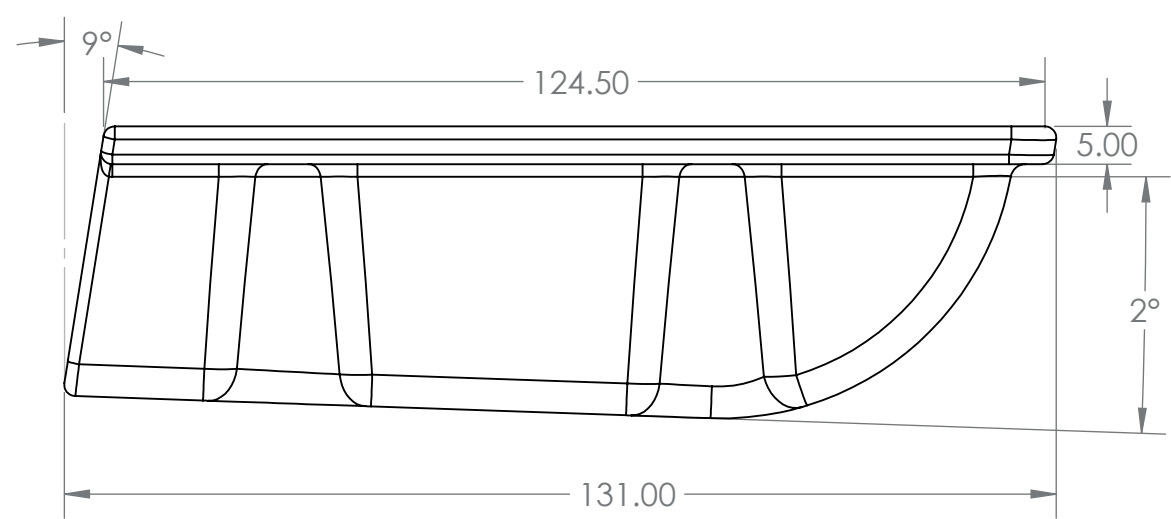
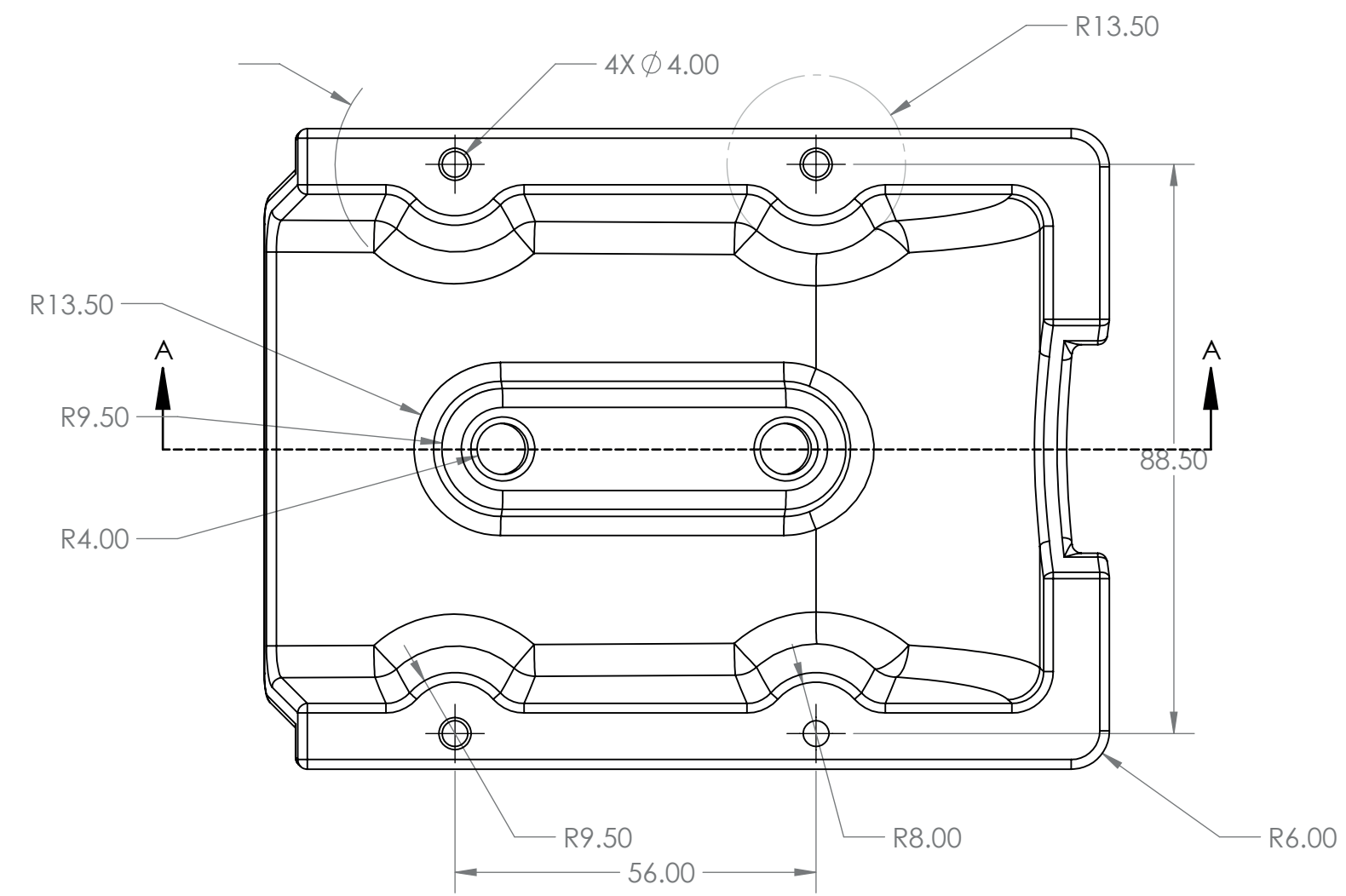
PROYECTO Y DISEÑO PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
 Las soluciones técnicas adoptadas en este diseño son propiedad intelectual de la UAQ, no pueden ser reproducidas y transmitidas a terceros sin nuestra previa autorización por escrito. La divulgación no autorizada de información de propiedad confidencial será procesada por la ley.

Descripción:	MONOCASCO	Diseñado:	Antonio CH	Proyecto:	OKU_5050
Código:	MONOKU_5050	Validado:	MDI EDB	Verificado:	MC SMC
Universidad Autónoma de Querétaro	Todas las dimensiones en mm. Tolerancias +/- 0.35 mm.			Fecha:	11/06/2022
Facultad de Ingeniería				Tratamiento:	PINTURA EPOXICA
				Material:	ALUMINIO
				Escala:	1 : 1
				Página:	2 de 5




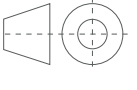
PROYECTO Y DISEÑO PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
Las soluciones técnicas adoptadas en este diseño son propiedad intelectual de la UAQ, no pueden ser reproducidas y transmitidas a terceros sin nuestra previa autorización por escrito. La divulgación no autorizada de información de propiedad confidencial será procesada por la ley.

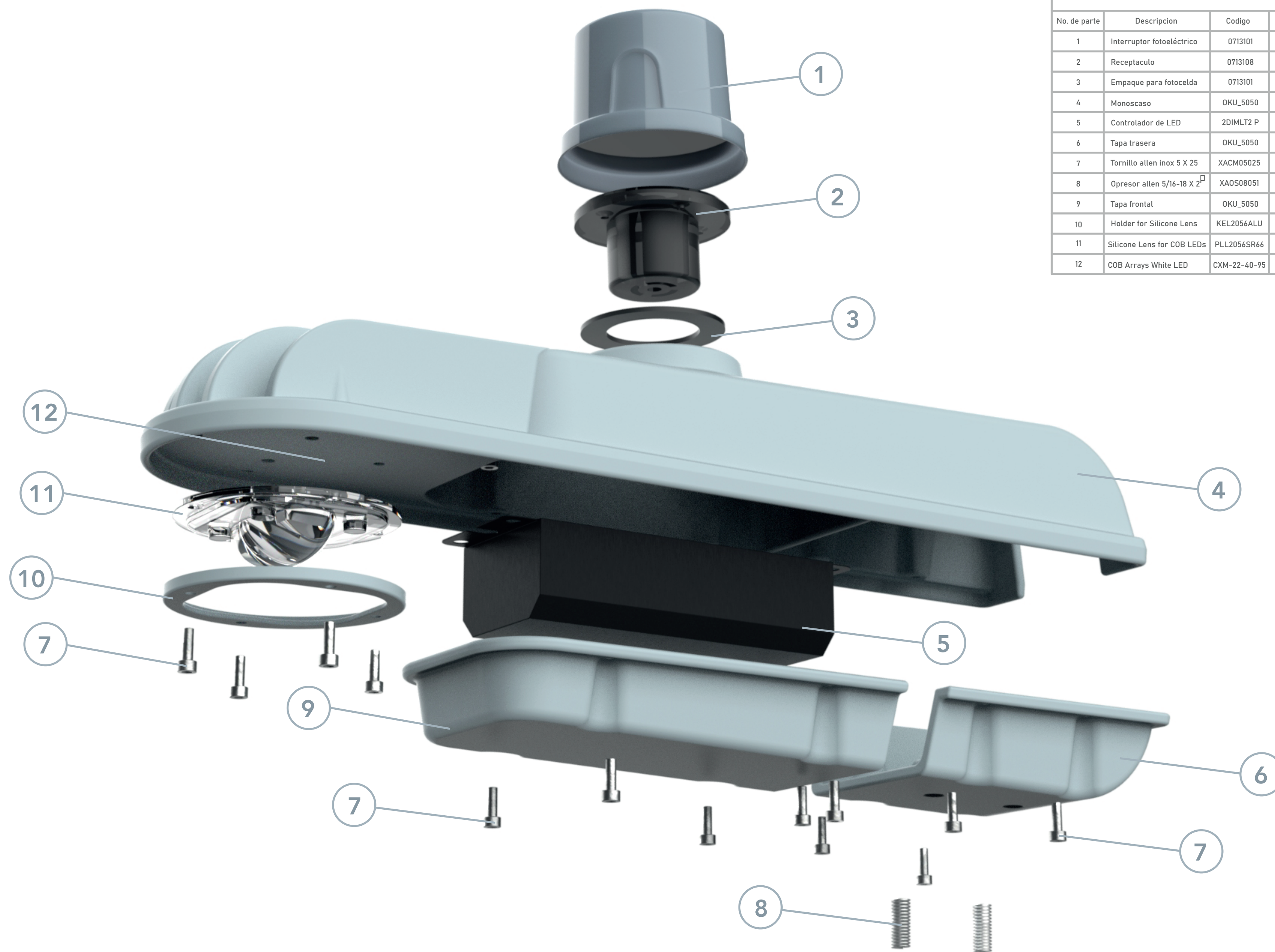
Descripción:	TAPA FRONTAL	Diseñado:	Antonio CH	Proyecto:	OKU_5050
Código:	FROKU_5050	Validado:	MDI EDB	Verificado:	MC SMC
Universidad Autónoma de Querétaro	Todas las dimensiones en mm. Tolerancias +/- 0.35 mm.	Fecha:	11/06/2022	Material:	ALUMINIO
Facultad de Ingeniería		Escala:	1 : 1	Página:	3 de 5



PROYECTO Y DISEÑO PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Las soluciones técnicas adoptadas en este diseño son propiedad intelectual de la UAQ, no pueden ser reproducidas y transmitidas a terceros sin nuestra previa autorización por escrito. La divulgación no autorizada de información de propiedad confidencial será procesada por la ley.

Descripción:	TAPA TRASERA	Diseñado:	Antonio CH	Proyecto:	OKU_5050
Código:	TROKU_5050	Validado:	MDI EDB	Verificado:	MC SMC
Universidad Autónoma de Querétaro  Facultad de Ingeniería	Todas las dimensiones en mm. Tolerancias +/- 0.35 mm.	Fecha:		11/06/2022	
		Tratamiento: PINTURA EPOXICA Escala: 1:1	Material: ALUMINIO Página: 4 de 5		



LISTA DE PARTES				
No. de parte	Descripcion	Codigo	Proveedor	Anotaciones
1	Interruptor fotoeléctrico	0713101	KOBAN	Opcional
2	Receptaculo	0713108	KOBAN	Opcional
3	Empaque para fotocelda	0713101	KOBAN	Requerimiento
4	Monoscaso	OKU_5050	UAQ	Requerimiento
5	Controlador de LED	2DIMLT2 P	OSRAM	Requerimiento
6	Tapa trasera	OKU_5050	UAQ	Requerimiento
7	Tornillo allen inox 5 X 25	XACM05025	TOLEDO	Requerimiento
8	Opresor allen 5/16-18 X 2 ¹	XA0508051	TOLEDO	Requerimiento
9	Tapa frontal	OKU_5050	UAQ	Requerimiento
10	Holder for Silicone Lens	KEL2056ALU	KHATOD	Requerimiento
11	Silicone Lens for COB LEDs	PLL2056SR66	KHATOD	Requerimiento
12	COB Arrays White LED	CXM-22-40-95	LUMINUS	Requerimiento

PROYECTO Y DISEÑO PROPIEDAD DE UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

Las soluciones técnicas adoptadas en este diseño son propiedad intelectual de la UAQ, no pueden ser reproducidas y transmitidas a terceros sin nuestra previa autorización por escrito. La divulgación no autorizada de información de propiedad confidencial será procesada por la ley.

Descripcion:	LISTA DE PARTES	Diseñado:	Antonio CH	Proyecto:	OKU_5050
Codigo:	EXPLOKU_5050	Validado:	MDI EDB	Verificado:	MC SMC
Universidad Autonoma de Queretaro	Todas las dimensiones en mm. Tolerancias +/- 0.35 mm.			Fecha:	11/06/2022
Facultad de Ingenieria				Tratamiento:	PINTURA EPOXICA
				Materia:	ALUMINIO
				Escala:	1:1
				Pagina:	5 de 5