

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención de título de  
Ingeniero Mecatrónico*

**PROYECTO TÉCNICO:**

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CABINA DE DESINFECCIÓN PARA VÍVERES  
USANDO LUZ ULTRAVIOLETA (UV) APLICADO EN SUPERMERCADOS DE LA  
CIUDAD DE CUENCA”**

**AUTORES:**

LUIS FERNANDO OCHOA PADRÓN  
STALYN WILFRIDO LLANOS URREA

**TUTOR:**

ING. DIEGO RENÉ URGILÉS CONTRERAS

**CO-TUTORA:**

ING. MÓNICA ALEXANDRA ROMERO SACOTO

CUENCA - ECUADOR

2021

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Luis Fernando Ochoa Padrón con documento de identificación N° 0301856316 y Stalyn Wilfrido Llanos Urrea con documento de identificación N° 0106555311, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CABINA DE DESINFECCIÓN PARA VÍVERES USANDO LUZ ULTRAVIOLETA (UV) APLICADO EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecatrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2021.



---

Luis Fernando Ochoa Padrón  
C.I. 301856316



---

Stalyn Wilfrido Llanos Urrea  
C.I. 0106555311

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CABINA DE DESINFECCIÓN PARA VÍVERES USANDO LUZ ULTRAVIOLETA (UV) APLICADO EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, realizado por Luis Fernando Ochoa Padrón y Stalyn Wilfrido Llanos Urrea obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2021.



Ing. Diego R. Urgilés C.,

C.I. 0104431374

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Luis Fernando Ochoa Padrón con documento de identificación N° 0301856316 y Stalyn Wilfrido Llanos Urrea con documento de identificación N° 0106555311, autores del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA CABINA DE DESINFECCIÓN PARA VÍVERES USANDO LUZ ULTRAVIOLETA (UV) APLICADO EN SUPERMERCADOS DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio de 2021.



---

Luis Fernando Ochoa Padrón  
C.I. 301856316



---

Stalyn Wilfrido Llanos Urrea  
C.I. 0106555311

## **DEDICATORIAS**

Dedicamos el presente trabajo de investigación principalmente a Dios, porque él es la inspiración, para que tengamos la fuerza para continuar este proceso para obtener uno de los deseos más anhelados.

A nuestros padres, gracias a su amor, trabajo y sacrificio a lo largo de los años, logramos venir aquí y convertirnos en nosotros mismos. Es un orgullo y un honor ser sus hijos, son los mejores padres.

A nuestros abuelos, hermanos, hermanas y demás familiares que siempre están, acompáñanos y dándonos apoyo a lo largo de nuestras vidas.

A nuestros tutores, profesores que nos apoyaron a culminar con éxito esta obra, y especialmente a las personas que nos abrieron las puertas y compartieron conocimientos con nosotros.

## RESUMEN

La aparición de una nueva enfermedad infecciosa supuso una situación extremadamente compleja para todos los países. El 30 de enero de 2020 la OMS declaró esta epidemia como una Emergencia de Salud Pública de Interés Internacional [1] poniendo en alerta a la mayoría de los países del mundo decretando un aislamiento necesario y un cambio en el manejo del aseo tanto personal como del manejo de alimentos.

Dada que es una situación especial la mayoría de los supermercados no contaban con un plan de desinfección o máquinas especializadas en desinfección para reducir la carga bacteriana y restos de materia orgánica e inorgánica de las superficies alimentarias [2]. Asimismo, los consumidores son cada vez más conscientes de las limitaciones de las técnicas de desinfección común, obligándolos a una búsqueda continua de productos seguros con exposiciones mínimas a conservantes y preservantes que deterioren la calidad y características naturales del producto. Según la problemática planteada el propósito específico de este estudio es desarrollar una propuesta de diseño de una cabina de desinfección con luz UV, que pudiese ser implementada en supermercados de la ciudad de Cuenca, con el fin de satisfacer dichas limitaciones en los supermercados y brinde al cliente una desinfección de sus víveres, sin la presencia de químicos que afecte la salud del ser humano y minimice el valor nutricional de los alimentos.

El proceso de diseño del prototipo se realizó mediante un análisis de todas las variables necesarias para el modelado del prototipo identificando las características que poseen estos sistemas de desinfección, los parámetros que se sigue para la desinfección de alimentos, tiempos de exposición en luz UV, se analizaron los aspectos mecánicos del modelado necesarios para cumplir con las expectativas deseadas como el tamaño, forma de sujeción, etc. En una segunda etapa, una vez definido todos los parámetros necesarios se procede a realizar el diseño del prototipo 2D y 3D mediante el uso de software de diseño mecánico. El diseño electrónico se lo realizó con la ayuda de software para la simulación de comportamiento de los subsistemas, luego se realizó el diseño del controlador y la programación. Finalmente se integran los subsistemas del prototipo para obtener el sistema mecatrónico completo y aplicarle las simulaciones pertinentes que validan su funcionamiento.

**Palabras clave:** Salud Pública, Desinfección, Luz UV, Exposición, Software.

## ABSTRACT

The appearance of a new infectious disease was an extremely complex situation for all countries. On January 30, 2020, the WHO declared this epidemic as a Public Health Emergency of International Interest [1] putting the majority of the countries of the world on alert, decreeing a necessary isolation and a change in the management of both personal and toilet hygiene. Food handling.

Given that it is a special situation, most supermarkets did not have a disinfection plan or specialized disinfection machines to reduce the bacterial load and remains of organic and inorganic matter on food surfaces [2]. Likewise, consumers are increasingly aware of the limitations of common disinfection techniques, forcing a continuous search for safe products with minimal exposures to preservatives and preservatives that deteriorate the quality and natural characteristics of the product.

According to the problem raised, the specific purpose of this study is to develop a design proposal for a disinfection cabin with UV light, which could be implemented in supermarkets in the city of Cuenca, in order to satisfy these limitations in supermarkets and provide the customer a disinfection of their food, without the presence of chemicals that affect human health and minimize the nutritional value of food. The prototype design process was carried out through an analysis of all the variables necessary for the prototype modeling, identifying the characteristics of these disinfection systems, the parameters followed for food disinfection, exposure times in UV light, analyzed the mechanical aspects of the modeling necessary to meet the desired expectations, such as size, clamping shape, etc.

In a second stage, once all the necessary parameters have been defined, the 2D and 3D prototype design is carried out using mechanical design software. The electronic design was carried out with the help of software for the simulation of the behavior of the subsystems, then the controller design and programming was carried out. Finally, the prototype subsystems are integrated to obtain the complete mechatronic system and apply the relevant simulations that validate its operation.

**Keywords:** Public Health, Disinfection, Ultraviolet Light, Exposure, Software.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT .....	7
1. INTRODUCCIÓN .....	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
2.1. Antecedentes .....	15
2.2. Importancia y alcances .....	16
2.3. Delimitación .....	17
3. OBJETIVOS .....	17
3.1. Objetivo general .....	17
3.2. Objetivos específicos.....	17
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	18
4.1. Parámetros para una desinfección UV tanto en frutas cómo en superficies .....	18
4.1.1. Estudios Internacionales .....	18
4.1.2. Estudios nacionales .....	27
4.2. Mecanismos físicos cómo de control para desarrollar una cabina de desinfección. ....	30
4.2.1. Estudios Internacionales .....	30
4.2.2. Estudios nacionales .....	36
5. MARCO METODOLÓGICO.....	38
5.1. Elaboración de prototipos de la cabina .....	38
5.1.1. Primer boceto creado: .....	39
5.1.2. Segundo boceto creado: .....	41
5.1.3 Tercer boceto creado:.....	42
5.2. Matriz de decisión: .....	43
5.3 Matriz QFD .....	43
5.4. Implementación Metodología del Triz.....	44
5.5. Parámetros para diseño de una banda transportadora .....	48



5.6. Modelado Matemático de la banda transportadora .....	50
5.7. Cálculo y determinación motor: .....	53
5.7.1. Cálculo de la capacidad de transporte de la banda. ....	53
5.7.2. Cálculo de la velocidad máxima de la banda transportadora.....	54
5.7.3. Cálculo de tensiones de la banda transportadora .....	55
5.7.4. Tensión necesaria para mover la banda sin carga .....	55
5.7.5. Tensión necesaria para mover la banda cargada.....	55
5.7.6. Tensión necesaria para levantar o bajar la carga .....	56
5.7.7. Cálculo del torque y potencia del motor necesaria para mover la banda.....	58
5.7.8. Análisis mecánico de los rodillos: .....	59
5.7.9. Cálculo de la longitud de la banda: .....	62
5.7.10. Tensión mínima para evitar el pandeo excesivo: .....	63
5.8 Selección de material para la banda transportadora. ....	64
5.9. Determinación de las dosis de exposición para cada componente y selección de lámparas de desinfección UV-C: .....	65
5.10. Programación: .....	67
5.11. Elaboración placa PCB: .....	70
5.12. Planos Eléctricos: .....	73
5.13. Desarrollo del controlador:.....	76
5.14. Prototipo final:.....	81
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	84
6.1. Modelo Mecánico:.....	84
6.1.1. Determinación de esfuerzos en la chapa metálica de la estructura: .....	84
6.1.2 Calculo y determinación de tornillos .....	85
6.1.3 Análisis de piezas esenciales para el diseño mediante software .....	87
6.1.4 Análisis de resultados controlador. ....	93
REFERENCIAS .....	105

ANEXOS.....	107
Anexo 1. Programación Controlador .....	108
Anexo 2. Parámetros para la simulación en Matlab.....	114
Anexo 3. Planos de fabricación y ensamble del prototipo .....	114

## LISTA DE TABLAS

Tabla I. Matriz de decisión para los prototipos planteados.....	43
Tabla II. Planteamiento de variables y principios de inventiva . .....	45
Tabla III. Explicación principios de inventiva y planteamiento de solución. ....	45
Tabla IV. Planteamiento de variables y principios de inventiva.....	46
Tabla V. Explicación principios de inventiva y planteamiento de solución. ....	46
Tabla VI. Planteamiento de variables y principios de inventiva.....	47
Tabla VII. Explicación principios de inventiva y planteamiento de solución. ....	48
Tabla VIII. Dosis de exposición para los diferentes tiempos.....	65
Tabla IX. Elementos usados para la programación del controlador. ....	67
Tabla X. Cálculo de esfuerzos en la chapa metálica. ....	96
Tabla XI. Cálculos y comprobación de tornillos.....	96
Tabla XII. Comprobación de rotura y desgarramiento. ....	96
Tabla XIII. Análisis de Von Mises para diferentes materiales. ....	97
Tabla XIV. Análisis de deformación pieza 1. ....	98
Tabla XV. Análisis de Von Mises para diferentes materiales.....	99
Tabla XVI. Análisis de deformación pieza 2. ....	100
Tabla XVII. Análisis simulaciones del controlador. ....	101

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Principales supermercados de la ciudad de Cuenca.....	17
Fig. 2. Resultados de la desinfección de superficies por radiación UV para diferentes variantes del SARS-CoV.....	19

Fig. 3. Resultados de la exposición de las fresas a luz UV, en cuanto a la modificación del pH y devastación estimada para diferentes tiempos de exposición. ....	20
Fig. 4. Resultados de la exposición de las fresas a luz UV, en cuanto a la modificación del pH y promedio de desinfección logarítmica lograda. ....	21
Fig. 5. Prototipo de cabina de desinfección UV utilizada en el estudio.....	22
Fig. 6. Reducciones logarítmicas, en diferentes tiempos de exposición en frutas por luz UV	23
Fig. 7. Reducciones logarítmicas logradas por luz UV, en frutas sometidas a diferentes tiempos de exposición.....	23
Fig. 8. Reducción logarítmica en frutas expuestas a luz UV-C sometidas a diferentes tiempos de exposición.....	25
Fig. 9. Reducción logarítmica lograda en diferentes frutas por luz UV-C pulsada. ....	27
Fig. 10. Longitud de onda para MERS-CoV y SARS-CoV1.....	28
Fig. 11. Vida media de SARS-CoV-2 en superficies.....	28
Fig. 12. Cámara de desinfección UV construida en acrílico .....	30
Fig. 13. Esquema de control para una cabina de Bioseguridad clase II. ....	32
Fig. 14. Lista de materiales utilizados para el sistema de control en la cabina de Bioseguridad.....	33
Fig. 15. Diseño y simulación de la tarjeta de control para la cabina de Bioseguridad.....	34
Fig. 16. Imagen detallada de la parte superior del prototipo de la cabina de bioseguridad. ....	36
Fig. 17. Cápsula de desinfección de víveres UV- Clean.....	37
Fig. 18. Modelado 3D, primer prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.....	40
Fig. 19. Modelo 2D, primer prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.....	40
Fig. 20. Modelo 2D, segundo prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.....	41
Fig. 21. Modelo 3D, segundo prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.....	41
Fig. 22. Modelo 3D, tercer prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.	42
Fig. 23. Modelo 2D, tercer prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.	42
Fig. 24. Matriz QFD propuesta para el diseño de una cabina de desinfección con luz UV.....	44
Fig. 25. Tipos de tejidos utilizados para elaboración de bandas transportadoras. ....	49
Fig. 26. Normativa ISO, para elección normalizada del ancho de la banda. ....	49
Fig. 27. Normativa DIN, para elección de rodillos en una banda transportadora.....	49

Fig. 28. Normativa DIN e ISO, para elección de rodillos en una banda transportadora.....	50
Fig. 29. Modelo físico de la banda transportadora. ....	50
Fig. 30. Representación simbólica de banda transportadora.....	53
Fig. 31. , Representación simbólica de tensiones presentes en la banda transportadora. ....	55
Fig. 32. Representación simbólica de tensiones presentes en la banda transportadora. ....	57
Fig. 33. Características técnicas del motor seleccionado. ....	59
Fig. 34. Diagrama de cuerpo libre de rodillos.....	60
Fig. 35. Fuerzas que se aplican en los rodillos.....	60
Fig. 36. Flecha o pandeo permisible de la banda. ....	63
Fig. 37. Características del material seleccionado para la banda transportadora. ....	64
Fig. 38. Gráfica de la dosis de exposición en base a la distancia lámpara TUV 8W FAM/10X25BOX.....	66
Fig. 39. Implementación del controlador en el software Proteus.....	68
Fig. 40. Interfaz gráfica pantalla principal Nextion. ....	68
Fig. 41. Interfaz gráfica pantalla secundaria de control Nextion. ....	69
Fig. 42. Interacción conjunta de la pantalla Nextion con la parte física representada en proteus. .....	70
Fig. 43. Diseño esquemático de la placa PCB.....	71
Fig. 44. Distribución de elementos en la placa PCB.....	71
Fig. 45. Placa PCB modelo 3D. ....	72
Fig. 46. Esquema de placa PCB. ....	72
Fig. 47. Esquema de componentes placa PCB. ....	73
Fig. 48. Planos Eléctricos de Alimentación. ....	74
Fig. 49. Planos Eléctricos, conexión circuitos, lámparas y pantalla táctil. ....	75
Fig. 50. Planos Eléctricos, conexión motor y módulo PWM.....	76
Fig. 51.Sintonización variables PID Turner.....	78
Fig. 52. Respuesta del sistema con las variables del control PID. ....	79
Fig. 53. Implementación sistema de control Matlab. ....	80
Fig. 54. Diseño interno de la Planta. ....	80
Fig. 55. Modelado físico del motor Matlab.....	81
Fig. 56. Ensamble del prototipo de la cabina Matlab.....	81
Fig. 57. Vista frontal Cabina de desinfección UV. ....	82
Fig. 58. Vista superior cabina de desinfección UV.....	82
Fig. 59. Vista posterior - lateral cabina de desinfección UV. ....	83

Fig. 60. Vista interior cabina de desinfección UV .....	83
Fig. 61. Diagrama de cuerpo para la determinación de esfuerzos .....	84
Fig. 62. Brazo sujetador de rodillos en la banda .....	87
Fig. 63. Propiedades del Acero Inoxidable 304. ....	88
Fig. 64. Fuerzas aplicadas en el brazo de soporte. ....	88
Fig. 65. Análisis de Von-Mises, software Ansys. ....	89
Fig. 66. Análisis deformación total de la pieza, software Ansys. ....	90
Fig. 67. Placa sujetadora de rodillo y fundas. ....	90
Fig. 68. Fuerzas aplicadas en la placa de soporte.....	91
Fig. 69. Análisis de Von-Mises, software Ansys. ....	92
Fig. 70. Análisis deformación total de la pieza, software Ansys. ....	92
Fig. 71. Respuesta al escalón del tiempo de exposición de 22s. ....	93
Fig. 72. Respuesta del sistema con una perturbación de 1.96 Nm. ....	93
Fig. 73. Respuesta al escalón para un tiempo de 54s. ....	94
Fig. 74. Respuesta del sistema con una perturbación de 1.96 Nm. ....	94
Fig. 75. Respuesta al escalón para un tiempo de 30s. ....	95
Fig. 76. Respuesta del sistema con una perturbación de 1.96 Nm. ....	95
Fig. 77. Análisis de esfuerzos (Von-Mises), diferentes materiales. ....	97
Fig. 78. Análisis de deformación para distintos materiales.....	98
Fig. 79. Análisis de esfuerzos (Von-Mises), diferentes materiales. ....	99
Fig. 80. Análisis de deformación para distintos materiales.....	100

## **1. INTRODUCCIÓN**

Dada la crisis de la actual pandemia vivida a nivel mundial el manejo de víveres, y alimentos no empacados ha sido un tema que ha tomado gran importancia en cuanto los supermercados se refieren debido a la inexistencia de un sistema de desinfección eficiente en este ámbito.

El presente trabajo plantea una propuesta de diseño de una cabina de desinfección con luz UV para víveres de primera necesidad que puede ser aplicada en supermercados de la ciudad de Cuenca.

Dicho diseño permitirá garantizar de forma eficiente la reducción de las cantidades de microorganismos contaminantes a niveles que no representen un peligro para la salud pública en los productos alimentarios, utilizando un método de desinfección eficiente y seguro para el usuario.

El diseño planteado estará fundamentado en estudios realizados sobre desinfección UV en alimentos empacados y no empacados y su funcionamiento mecánico estará validado por una serie de cálculos y simulaciones que garanticen un funcionamiento eficiente del mismo.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### ***2.1. Antecedentes***

La aparición de una nueva enfermedad infecciosa supone siempre una situación compleja, especialmente si lo hace como una epidemia de extensión o gravedad significativa como lo ha sido el brote del covid 19 en China. Los casos aumentaron rápidamente en Wuhan, extendiéndose a más de 24 países en los primeros meses. El 30 de enero de 2020 la OMS declaró esta epidemia como una Emergencia de Salud Pública de Interés Internacional [1] poniendo en alerta a la mayoría de los países del mundo decretando un aislamiento necesario y un cambio en el manejo del aseo tanto personal como del manejo de alimentos.

Dada que es una situación especial la mayoría de los supermercados no cuentan con un plan de desinfección o máquinas especializadas en desinfección para reducir la carga bacteriana y restos de materia orgánica e inorgánica de las superficies alimentarias y de esta forma se minimice el riesgo de contaminación cruzada [2]; especialmente en alimentos que se consumen crudos como las frutas y verduras que son componentes esenciales de la dieta humana. Hay evidencia considerable de los beneficios de salud y valores nutricionales asociados con su consumo. Sin embargo, diversos microorganismos patógenos son frecuentemente vinculados con frutas y vegetales que se consumen crudos y se transportan sobre superficies de contenedores con alto grado de exposición a contaminaciones cruzadas. [3]

Asimismo, los consumidores son cada vez más conscientes de las limitaciones de las técnicas de desinfección común, obligándolos a una búsqueda continua de productos seguros con exposiciones mínimas a conservantes y preservantes que deterioren la calidad y características naturales del producto.

Con el análisis desarrollado en los párrafos anteriores se pueden identificar posibles problemáticas de contaminación por exposición en los supermercados de la ciudad de Cuenca; para lo cual se enlistan algunos criterios obtenidos en base al análisis

- En los supermercados la mayor contaminación de los víveres se produce al ser manipulado por varias personas hasta llegar a la caja en donde se cancelan dichos productos.
- Los alimentos más vulnerables a la contaminación y más delicados para un proceso de desinfección son los productos que se consumen crudos como las frutas.
- Los víveres no son desinfectados previamente al ser depositados en las bolsas correspondientes para ser entregados al cliente, generando un trabajo adicional a los clientes ya que ellos deben desinfectarlos al llegar a sus hogares.
- El uso de productos químicos puede afectar a alimentos no envasados por lo que se requiere un método de desinfección seguro y sin la presencia de químicos que afecte la salud del ser humano y minimice el valor nutricional de los alimentos.

## ***2.2. Importancia y alcances***

La radiación UV-C posee una importante acción germicida a los 254 nm y también se ha logrado un efecto hermético indirecto que induce respuestas metabólicas en los diversos sistemas vegetales denominada hormesis. La hormesis se define como un efecto beneficioso de tolerancia al estrés, crecimiento, longevidad en los sistemas vegetales. [4]

La utilización de esta alternativa aplicada a la banda de cobro de productos a través de una cabina aisladora que desinfecte el producto luego del contacto final por parte del cajero antes del embalaje y entrega, garantizaría una desinfección de víveres efectiva para evitar la transmisión de virus y enfermedades, es por ello que con los conocimientos adquiridos durante los estudios de la carrera de Ingeniería Mecatrónica se podrá establecer una propuesta para el Diseño de una Cabina de Desinfección para víveres usando luz Ultra Violeta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de Cuenca basado en estudios especializados que justifique o demuestre la desinfección de un producto luego de que éste haya atravesado el espacio interior de la cabina por un tiempo determinado; la aplicación de control, automatización, mecánica, electrónica y transmisión de datos serán las bases fundamentales en el desarrollo de esta propuesta.



### 2.3. Delimitación

Este proyecto de diseño está enfocado para supermercados que cuenten con bandas de cobro, ubicados en la ciudad de Cuenca perteneciente a la provincia del Azuay, la cantidad de estos supermercados y su distribución en la ciudad pueden ser observados en la siguiente imagen.

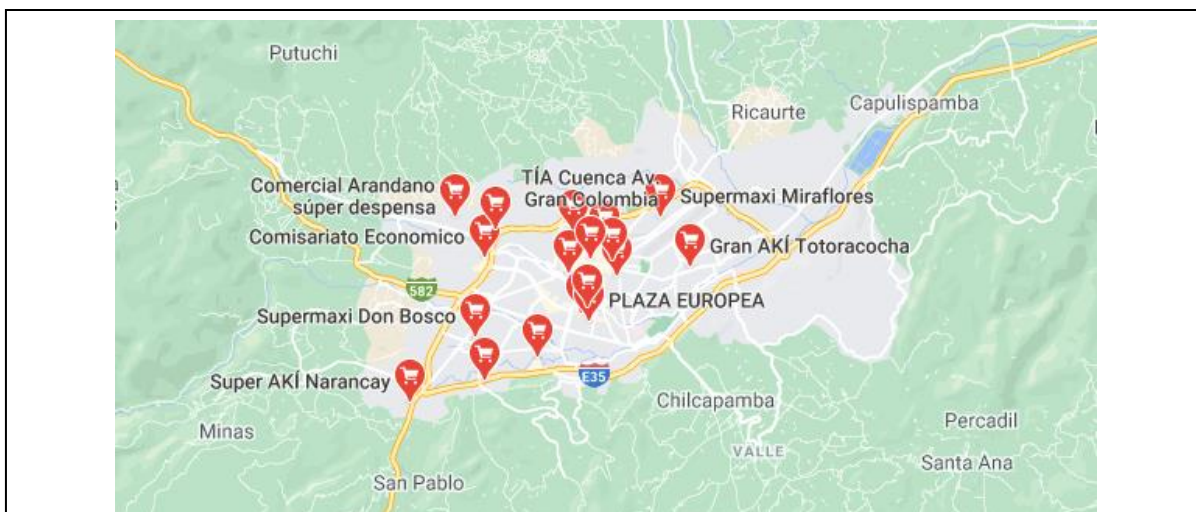


Fig. 1. Principales supermercados de la ciudad de Cuenca.

Tomado de: <https://www.google.com.ec/maps/search/supermercados+cuenca/@-2.9087335,-79.0273678,14z/data=!3m1!4b1>. Servidor de aplicaciones de mapas en la web perteneciente a Alphabet Inc

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. Objetivo general

Proponer un Diseño de una Cabina de Desinfección para víveres de primera necesidad, usando luz Ultravioleta (UV) para aplicarse en supermercados de la ciudad de Cuenca.

### 3.2. Objetivos específicos

- Realizar el estado del arte de dispositivos utilizados en el proceso de desinfección de víveres.
- Determinar las variables y parámetros necesarios para el desarrollo de la propuesta de diseño para una máquina de desinfección usando rayos UV.
- Diseñar la propuesta de prototipo para una máquina de desinfección con rayos UV para víveres de primera necesidad.
- Validar el modelo planteado con su respectiva simulación a través del uso de un software.

## 4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El estado del arte desarrollado en esta sección se agrupa en dos partes: la primera se centra en los parámetros necesarios para desarrollar una desinfección UV efectiva tanto en frutas como en superficies, y la segunda sección se centra en mecanismos físicos como de control para desarrollar una cabina que cumpla con los estándares establecidos.

### *4.1. Parámetros para una desinfección UV tanto en frutas como en superficies*

#### *4.1.1. Estudios Internacionales*

##### ➤ **Uso de radiación UV para desinfección del SARS-CoV.**

R. Quevedo et al., con su estudio “Inactivation of Coronaviruses in food industry: The use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation”. (2020). [5]. Determinó el uso de luz UV como medio de desinfección alternativa para la lucha del SARS-CoV.

En su estudio plantea que la luz ultravioleta puede ser un desinfectante eficaz para descontaminar las superficies de los virus, incluido el virus SARS-CoV. Se ha demostrado que la luz ultravioleta es capaz de destruir virus, bacterias y hongos en cientos de estudios de laboratorio ( McDevitt et al. , 2012 ). Aunque el virus del SARS-CoV-2 aún no se ha probado específicamente para determinar su susceptibilidad a los rayos ultravioleta, otras pruebas con coronavirus relacionados, incluido el coronavirus del SARS, han concluido que son altamente susceptibles a la inactivación ultravioleta. ( Kowalski et al. , 2020).

A manera de conclusión los autores al terminar el estudio señalan que al existir una pandemia mundial por el coronavirus Covid-19, que ha causado un gran impacto en la humanidad en aspectos sociales, económicos, psicológicos y lamentablemente en la salud. Debido al riesgo de que los alimentos también puedan ser un medio para causar una enfermedad viral, se deben revisar los procedimientos de los programas de seguridad de la industria alimentaria; y sea más específico sobre cómo desinfectar para Covid-19. Algunos desinfectantes eficaces que han demostrado

inactivar los CoV son el dióxido de cloro, el hipoclorito de sodio, el compuesto cuaternario, el ozono y los rayos UV-C.

Los resultados del estudio se presentan en la siguiente imagen:

Viruses	UV dose	Time (min)	Medium	Log <sub>10</sub> reduction	Reference
SARS CoV Urbanus	241 J/m <sup>2</sup>	1	air	3	(Kowalski et al., 2020)
Coronavirus	7 J/m <sup>2</sup>	1	air	3	(Walker and Ko, 2007)
SARS CoV	40.16 J/m <sup>2</sup>	6	air	3	(Darnell et al., 2004)
Canine coronavirus	29 J/m <sup>2</sup>	1	air	3	(Kowalski et al., 2020)
SARS CoV	1.7 J/s m <sup>2</sup>	20	plasma	> 3.4	(Eickmann et al., 2020)
Murine Coronavirus	29 J/m <sup>2</sup>	1	air	3	(Kowalski et al., 2020)
SARS CoV Hanoi	134 J/ m <sup>2</sup>	1	air	3	(Kowalski et al., 2020)
Nipah virus	1.7 J/s m <sup>2</sup>	20	plasma	> 4.3	(Eickmann et al., 2020)
Haemorrhagic fever virus	1.7 J/s /m <sup>2</sup>	20	plasma	> 2.2	(Eickmann et al., 2020)
Berne Virus	7 J/m <sup>2</sup>	1	air	3	(Kowalski et al., 2020)
T7 virus	20 J/s m <sup>2</sup>	0.017	air 55% RH	3	(Tseng and Li, 2005)
Phi6 virus	17.7 J/s m <sup>2</sup>	0.017	air 55% RH	3	(Tseng and Li, 2005)
SARS CoVp9	1 J /s m <sup>2</sup>	30			(Duan et al., 2003)
MS2 virus	9 J /s m <sup>2</sup>	0.0107	air 55% RH	3	(Tseng and Li, 2005)
PhiX174 virus	10.3 J/s m <sup>2</sup>	0.017	air 55% RH	3	(Tseng and Li, 2005)
Avian influenza virus aiv H <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	15 J/m <sup>2</sup>	15	air	2	(McDevitt et al., 2012)
Avian influenza virus aiv H <sub>7</sub> N <sub>1</sub>	0.9 J/m <sup>2</sup> UVB	158	air	1	(Sutton et al., 2013)
Avian influenza virus aiv H <sub>5</sub> N <sub>1</sub>	0.9 J/m <sup>2</sup> UVB	167	air	1	(Sutton et al., 2013)
Influenza viruses	23 J/m <sup>2</sup>	20	air	3	(Sutton et al., 2013)

Fig. 2. Resultados de la desinfección de superficies por radiación UV para diferentes variantes del SARS-CoV.

Tomado de: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000200257&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000200257&script=sci_arttext).  
Alphabet Inc QUEVEDO, Roberto, Inactivation of Coronaviruses in food industry, 2020.

➤ **Parámetros fisicoquímicos en fresas sometidas a luz UV de onda corta.**

Alarcón, I. M. T., de Verano DELFÍN, P., & Vázquez, (2015). [6] en su estudio, determinación de parámetros fisicoquímicos en fresa (*Fragaria ananassa*) sometida a radiación UV-C, tiene como propósito comprobar la efectividad del uso de la irradiación ultravioleta de onda corta como tratamiento alternativo a los procesos térmicos. También se pretende evaluar si esta técnica produce o no alteraciones en las características fisicoquímicas y sensoriales de la fresa.

Para dicho análisis se han tomaron varias muestras de la fruta, determinando inicialmente el pH de las fresas testigo, luego el pH de fresas sometidas a radiación durante 2.5, 5, 7.5 y 10 minutos. También se determinaron los sólidos solubles de cada fresa y por último la actividad de agua.

En dicho estudio los autores señalan que la irradiación ultravioleta (UV) es una de estas tecnologías y es utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos y prolongar la vida postcosecha de

frutas y hortalizas. La radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) se ubica en la región de energía del espectro electromagnético comprendida entre los 200 y 300 nm, tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que en esta longitud de onda presenta su mayor acción germicida. Los microorganismos son destruidos por la penetración de las radiaciones, las cuales son absorbidas por el ADN de éstos, causando una modificación en sus componentes, alterando su reproducción genética y quedando inhabilitados para replicarse.

A manera de conclusión señalan que la irradiación ultravioleta de onda corta se emplea como desinfectante en frutos y hortalizas frescos, debido a que es un tratamiento que no deja residuos y no genera cambios indeseables en las características sensoriales y fisicoquímicas del producto. Además, señalan que la efectividad del tratamiento de irradiación con UV-C depende de muchos factores, como la dosis administrada, la fuente de luz, el tiempo de exposición y el tipo de alimento que sea sometido. Las fresas irradiadas con luz ultravioleta de onda corta no presentaron alteraciones y es recomendable para lograr un aumento en la vida útil del de esta fruta. Sin embargo, es necesario profundizar en la investigación acerca del empleo de este tratamiento ya que no es muy conocido y representa una alternativa a los procesos térmicos que se han practicado convencionalmente.

Los resultados se muestran en las siguientes imágenes :

<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Desv. Est.</b>
<b>Testigo</b>	3.23	0.03
<b>2.5 min</b>	3.27	0.02
<b>5 min</b>	3.16	0.03
<b>7.5 min</b>	3.24	0.02
<b>10 min</b>	3.21	0.02

Fig. 3. Resultados de la exposición de las fresas a luz UV, en cuanto a la modificación del pH y devastación estimada para diferentes tiempos de exposición.

**Tomado de:** <http://tlamati.uagro.mx/t7e2/391.pdf>. Alarcón, I. M. T., de Verano DELFÍN, P., & Vázquez, determinación de parámetros fisicoquímicos en fresas expuestas a luz UV.

Tratamiento	Promedio	Desv. Est.
Testigo	7.7	0.21
2.5 min	6.4	0.32
5 min	7.8	0.44
7.5 min	6.6	0.17
10 min	7.7	0.12

Fig. 4. Resultados de la exposición de las fresas a luz UV, en cuanto a la modificación del pH y promedio de desinfección logarítmica lograda.

Tomado de: <http://tlamati.uagro.mx/t7e2/391.pdf>. Alarcón, I. M. T., de Verano DELFÍN, P., & Vázquez, determinación de parámetros fisicoquímicos en fresas expuestas a luz UV.

➤ **Efecto de diferentes tiempos de radiación UV sobre la reducción de bacterias patógenas.**

Raquel Román Lara, (2015) realizó el estudio de efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta sobre las características sensoriales y la reducción de bacterias patógenas y de deterioro en melón (*Cucumis melo*), piña (*Ananas comosus*) y banano (*Musa cavendish*). [7]

En dicho estudio el autor plantea, evaluar el efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta en las características sensoriales y en la reducción de bacterias patógenas y de deterioro de melón (*Cucumis melo*), piña (*Ananas comosus*) y banano (*Musa cavendish*). En el estudio analizaron como materia prima tres frutas tropicales, los factores evaluados fueron: el tiempo de exposición, tipo de microorganismo y tipo de fruta. El factor tiempo tiene seis niveles (5, 20, 45, 90, 180, 360 s), el factor microorganismo tres niveles (*Salmonella Typhimurium*, *Listeria innocuay Fusarium spp.* y el factor tipo de fruta tres niveles (melón, piña y banano); para un total de 54 tratamientos.

Para el estudio se utilizó una cabina de desinfección y esterilización de radiación UV-C, el cual contó con un soporte de rejilla donde se colocó la muestra y una compuerta con apertura frontal con agarradera. Las dimensiones de la cabina se muestran en la Figura. La rejilla posee un área de 1049 cm<sup>2</sup> y la intensidad de emisión es de  $620 \frac{\mu W \cdot s}{cm^2}$ .

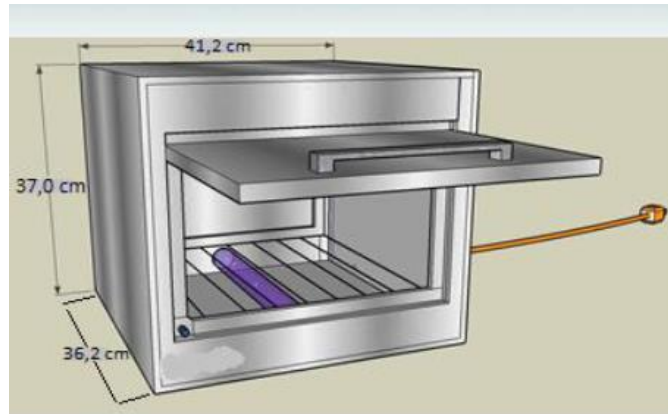


Fig. 5. Prototipo de cabina de desinfección UV utilizada en el estudio.

**Tomado de:** <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3859/1/39038.pdf>. Raquel Román Lara, efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta sobre las características sensoriales y la reducción de bacterias patógenas, 2015.

Además, el estudio plantea que en luz ultravioleta se han definido cuatro regiones del espectro: UV-vacío entre 100 y 200nm, UV-C entre 200 y 280nm, UV-B entre 280 y 315nm, y UV-A entre 315 y 400nm. La aplicación práctica de la desinfección UV se basa en la capacidad germicida de UV-C(Phillips, 1983), que tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que ha esta longitud de onda es donde presenta su mayor acción germicida. Además, se debe tener en cuenta que existe una distinción entre inactivar y matar los microorganismos. (diferencia espectro de onda e intensidad lumínica, espectro de onda se mide, actúa sobre la bacteria así, como se logra esos 254nm en la presentación de resultados).

Para los desinfectantes químicos se puede utilizar como sinónimo inactivar y matar, ya que éstos destruyen las estructuras celulares, que interfieren con el metabolismo, la biosíntesis y el crecimiento, sin embargo, la UV-C no destruye o daña las estructuras celulares, sino que impide que los microorganismos se reproduzcan.

A manera de conclusión el estudio determinó que en los casos del banano y melón se lograron las mismas reducciones logarítmicas utilizando tiempos de tratamiento UV-C de 5, 20, 45 y 90 s, esto implica un menor consumo de tiempo para obtener mismos resultados.

Según los resultados en los tiempos de tratamiento UV-C estudiados en los que se obtuvo una reducción de más de 2-log son cualquiera de los seis tiempos para banano y para melón el tiempo de 360 s, estableciendo los tratamientos como una etapa de desinfección.

Los resultados se presentan en las siguientes imágenes:

Fruta	Tiempo (s)	Reducción (Log UFC/cm <sup>2</sup> ) <sup>1</sup>		
		<i>Salmonella Typhimurium</i>	<i>Listeria innocua</i>	<i>Fusarium spp</i>
Piña	5	2±1	1,7±0,4	1±1
	180	2,44±0,02	1,82±0,03	2,8±0,9
Banano	5	2,3±0,3	2,8±0,9	0,8±0,3
	180	3,8±0,1	3,2±0,2	1,7±0,4
Melón	5	1±1	0,6±0,8	1,38±0,04
	180	1,6±0,2	0,7±0,8	1,9±0,1

1. Promedios con intervalos de confianza al 95% (n=2)

Fig. 7. Reducciones logarítmicas logradas por luz UV, en frutas sometidas a diferentes tiempos de exposición

Tomado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3859/1/39038.pdf>. Raquel Román Lara, efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta sobre las características sensoriales y la reducción de bacterias patógenas, 2015.

Tiempo de tratamiento (s)	Reducción Logarítmica Promedio (Log UFC/ 25 cm <sup>2</sup> )		
	Piña	Banano	Melón
5	3,4±0,8 <sup>B,C,D</sup>	4±1 <sup>B,C,D</sup>	3,4±0,7 <sup>B,C,D</sup>
20	3,3±0,5 <sup>B,C,D</sup>	4,1±0,4 <sup>A,B,C,D</sup>	4±0,4 <sup>A,B,C,D</sup>
45	3,2±0,3 <sup>B,C,D</sup>	4,3±0,3 <sup>A,B,C,D</sup>	2,5±0,8 <sup>D</sup>
90	3,74±0,04 <sup>B,C,D</sup>	4,4±0,8 <sup>A,B,C,D</sup>	3±1 <sup>C,D</sup>
180	4,0±0,4 <sup>A,B,C,D</sup>	4,7±0,9 <sup>A,B,C</sup>	3±1 <sup>C,D</sup>
360	5,8±0,1 <sup>A</sup>	4,8±0,5 <sup>A,B</sup>	3±1 <sup>C,D</sup>

Nota: Promedios con intervalos de confianza al 95% (n=3). En las columnas promedios con al menos una letra igual indican que no hay diferencia significativa (p<0,05)

Fig. 6. Reducciones logarítmicas, en diferentes tiempos de exposición en frutas por luz UV

Tomado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3859/1/39038.pdf>. Raquel Román Lara, efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta sobre las características sensoriales y la reducción de bacterias patógenas, 2015.

➤ **Uso de radiación UV para desinfección microbiana en frutas.**

MILLAN VILLARROEL, Dionelys; ROMERO GONZALEZ, Lucía; BRITO, Marbella y RAMOS-VILLARROEL, Ana Yndira. con el tema Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas. Saber [online]. 2015. [8]. El cual tiene por objetivo determinar la efectividad en la inactivación microbiana en diferentes frutas mediante su exposición a luz UV. Se han utilizado 10 tipos de frutas diferentes con cáscara y cortadas en rodajas con un tiempo de exposición de 1, 5, 10 y 15 minutos respectivamente.

El respectivo estudio plantea que la dosis necesaria para conseguir inactivaciones del 99,99% son, respectivamente: 2, 3 y 4 veces la dosis ( $D_{10}$ ) para un 90% de inactivación o un 10% de supervivencia. La distancia entre la lámpara y el sustrato, el grado de turbidez de la vía de propagación de la luz, afectan la dosis que finalmente alcanza la muestra. Igualmente, señala que este tipo de tratamiento requiere que toda la superficie del objeto quede expuesta a la luz UV durante el tiempo suficiente para que cualquier microorganismo presente pueda acumular la dosis letal. El tiempo de aplicación de UV-C oscila entre 1 y 5 min, periodo que no incrementa significativamente la temperatura del tejido ( $1-3^{\circ}\text{C}$ ), ni produce alteraciones o favorece los procesos deteriorativos del producto (Rivera-Pastrana et al. 2007).

La longitud de onda con mayor efecto bactericida son las cercanas a 260 nm. Debido a que la composición del ADN varía entre las especies, se reporta que el pico de absorción de UV-C está en el rango de 260 a 265 nm, correspondiente a la principal emisión de onda de la lámpara de mercurio de baja presión (253,7 nm) y a la eficiencia de inactivación microbiana de estas fuentes de rayos UV-C. A manera de conclusión se señala que la aplicación de luz ultravioleta como tecnología no térmica, influye directamente sobre los parámetros de calidad e higiene, produciendo alimentos microbiológicamente seguros para el consumo humano. Un factor determinante en la reducción de la carga microbiana es la relación entre el tiempo de exposición y la distancia de las lámparas del sustrato.

Los resultados obtenidos en el estudio se demuestran en la siguiente imagen:



Sustrato tratado	Microorganismo	Inóculo inicial	Tiempo de exposición	Dosis de exposición	Distancia (cm)	Reducción microbiana	Referencia
Fruta entera							
Mora azul	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	10 <sup>6</sup> UFC/mL	1, 5 y 10 min	20 mW/cm <sup>2</sup>	0,9	5,83 log UFC/g	Kim y Hung (2012)
Fresa	<i>Botrytis cinerea</i>	10 <sup>4</sup> conidios/mL	NI	0,25 - 4,00 kJ/m <sup>2</sup>	25	NR	Nigro <i>et al.</i> (2000)
Pera	<i>Escherichia coli</i>	4,5 ± 1,2x10 <sup>9</sup> UFC/mL	4 min	7,56 kJ/m <sup>2</sup>	NR	3,70 ± 0,13 log UFC/g	Syamaladevi <i>et al.</i> (2012)
Durazno	<i>Escherichia coli</i>	4,5 ± 1,2x10 <sup>9</sup> UFC/mL	4 min	7,56 kJ/m <sup>2</sup>	NR	2,91 ± 0,28 log UFC/g	Syamaladevi <i>et al.</i> (2012)
Manzanas	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	NI	NI	1,5 a 24 mW/cm <sup>2</sup>	NR	3,3 log UFC/g	Yaun <i>et al.</i> (2004)
Tomates	<i>Escherichia coli</i> ATCC 11775	NI	NI	2,9 - 57,6 kJ/m <sup>2</sup>	NR	2,7 log UFC/mL	Bermúdez y Barbosa (2013)
Peras	<i>Penicillium expansum</i>	1,6x10 <sup>7</sup> UFC/mL	NI	1,7 kJ/m <sup>2</sup>	NR	2,8 log UFC/mL	Syamaladevi <i>et al.</i> (2013)
Aguacate	<i>Escherichia coli</i> <i>Listeria innocua</i> <i>Salmonella spp.</i>	10 <sup>7</sup> UFC/mL	30 s	0,5; 1,0 y 3,0 kJ/m <sup>2</sup>	15	1,0 - 3,5 log 1,0 - 3,5 log 5,0 log	Nunes <i>et al.</i> (2011)

NR: no reportado. UFC: unidades formadoras de colonias.

Fig. 8. Reducción logarítmica en frutas expuestas a luz UV-C sometidas a diferentes tiempos de exposición.

Tomado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-01622015000300011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000300011). MILLAN VILLARROEL, Dionelys; ROMERO GONZALEZ, inactivación microbiana en frutas, 2015.

➤ **Uso de radiación UV para desinfección microbiana en frutas.**

Lagunas-Solar, M. C., Pina, C., MacDONALD, J. D., & Bolkan, L. En su estudio. Development of pulsed UV light processes for surface fungal disinfection of fresh fruits. (2006). [9]. El cual tenía por objetivo determinar la efectividad de rayos UV pulsados para la desinfección de patógenos en frutas. Tomaron como población a: manzanas, kiwi, limón, nectarinas, naranjas, melocotones, peras, frambuesas y uvas), que representan productos de importancia económica.

En dicho estudio manifiesta que el efecto germicida de la luz UV ha sido atribuido primeramente a una transformación fotoquímica de las bases de pirimidina (citosina y timina) en el ADN de las bacterias, virus y otros microorganismos para formar dímeros (principalmente dímeros de timina). La formación de tales bandas previene el entrecruzamiento del ADN para la replicación y el

organismo es incapaz de reproducirse (muerte clonogénica). Sin suficientes mecanismos de reparación, tales daños resultan en mutaciones, perjudicando la replicación y la transcripción de genes, y finalmente la muerte del organismo.

A manera de conclusión el estudio señala que, para una máxima eficiencia de desinfección, las fuentes de PUV coherentes deben combinarse con reflectores de dispersión, y las frutas deben manipularse para asegurar una exposición uniforme a los rayos incidentes multidireccionales.

Los haces de luz pulsada de banda ancha (con alta emisión de UV) de las lámparas de arco parecen proporcionar fuentes de luz PUV adecuadas capaces de cumplir las condiciones para aplicaciones comerciales en operaciones transportadoras ligeramente modificadas. Por lo tanto, las técnicas de PUV pueden proporcionar alternativas a los pesticidas químicos (de contacto) efectivas, a escala comercial, confiable y viable sin residuos.

Los resultados del estudio presentado son los siguientes: Los patógenos de plantas (hongos) murieron rápida ( $<10$  s), eficientemente ( $> 5$  log) y reproduciblemente en la superficie de la fruta. Sin embargo, en frutas naturalmente infectadas o inoculadas (rociadas), una fracción del inóculo puede penetrar en la epidermis o ubicarse en el tejido lesionado en grietas o irregularidades de la superficie. En estas condiciones, solo se obtuvo una desinfección parcial debido a los efectos de protección UV (sombra), que impiden que el haz de PUV altamente direccional y coherente alcance su objetivo.

El resultado del estudio se encuentra en la siguiente imagen:

Fruit	Variety	Inoculum	Concentration (CFU/ml)	Inoculum (CFU/sample)
Apples	Red Delicious	<i>Botrytis cinerea</i>	$2.5 \times 10^6$	$5 \times 10^4$
	Granny Smith	<i>Penicillium frequentans</i>	$15 \times 10^6$	$3 \times 10^5$
Kiwi	Fuji	<i>Alternaria alternata</i>	$1.65-3.4 \times 10^6$	$3.3-6.8 \times 10^4$
	Hayward	<i>Botrytis cinerea</i>	$0.1 \times 10^6$	$2 \times 10^3$
Oranges	Valencia	<i>Penicillium digitatum</i> (dry spores)	$4 \times 10^4-4 \times 10^6$	$4 \times 10^2-4 \times 10^4$
Lemons	Eureka	<i>Phytophthora citrophthora</i>	$2 \times 10^6$	$4 \times 10^4$
Nectarines	August Red	<i>Botrytis cinerea</i>	$2.5 \times 10^6$	$5 \times 10^4$
	Flame Kist	<i>Monilinia fructicola</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	$13 \times 10^6$ $1 \times 10^6$	$2.6 \times 10^5$ $2 \times 10^4$
Peaches	Autumn Flame	<i>Botrytis cinerea</i>	$2 \times 10^5$	$4 \times 10^3$
	O'Henry	<i>Monilinia fructicola</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	$1.2 \times 10^6$ $2.5 \times 10^5$	$2.4 \times 10^4$ $5 \times 10^3$
Pears	Bosc	<i>Botrytis cinerea</i>	$2 \times 10^6$	$4 \times 10^4$
		<i>Penicillium frequentans</i> <i>Alternaria alternata</i>	$13 \times 10^6$ $3 \times 10^6$	$2.6 \times 10^5$ $6 \times 10^4$
Raspberries	Heritage	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Penicillium frequentans</i>	$2 \times 10^5$ $7 \times 10^6$	$4 \times 10^3$ $1.4 \times 10^5$
Table grapes	Red Globe Thompson Seedless	<i>Botrytis cinerea</i>	$1.5 \times 10^6-2.5 \times 10^6$	$3 \times 10^4-5 \times 10^4$

Fig. 9. Reducción logarítmica lograda en diferentes frutas por luz UV-C pulsada.

**Tomado de:** <https://meridian.allenpress.com/jfp/article/69/2/376/171870/Development-of-Pulsed-UV-Light-Processes-for>. M. C., Pina, C., MacDONALD, J. D., & Bolkan, Development of pulsed UV light processes for surface fungal disinfection of fresh fruits.

#### 4.1.2. Estudios nacionales

##### ➤ Uso de la desinfección UV de superficies en áreas de salud.

Cando, N. A. B. Con su estudio Luz ultravioleta para desinfección en áreas de salud, frente al covid-19. (2020). [10]. Plantea al personal de salud información actualizada sobre las diferentes técnicas de desinfección, haciendo especial énfasis en el uso de la luz ultravioleta, su efecto germicida, diferentes espectros de onda y su posible acción ante el virus SARS-CoV en superficies.

Por lo que se comparó la estabilidad en aerosoles y diferentes superficies mediante el modelo de regresión bayesiana, además estudios actuales demuestran que para la inactivación de los coronavirus humanos se necesita una longitud de onda de 254 nm., La eficacia de la aplicación de luz UV-C dependería del tiempo de exposición que se determine, donde entre 15 a 93 minutos son ideales para inactivar organismos a 254 nm hasta por aproximadamente 2 metros de su aplicación cómo lo presentan las imágenes a continuación:

	Aerosoles	Plástico	Acero inoxidable	Cobre	Cartón
SARS-CoV-2	1.1 - 1.2 horas	6.8 horas	5.6 horas	1-2 horas	2-4 horas

Fig. 11. Vida media de SARS-CoV-2 en superficies.

**Tomado de:** <https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiva/article/view/501>. Cando, N. A. B. Luz ultravioleta para desinfección en áreas de salud, frente al covid-19, (2020).

Longitud de onda para eliminación de coronavirus			
Tipo de virus	Longitud de onda (nm)	Medio de estudio	Situación final
MERS- CoV	254	Gotas	Inactivación exitosa
SARS- CoV 1	254	Líquido solución salina	Inactivación exitosa

Fig. 10. Longitud de onda para MERS-CoV y SARS-CoV1.

**Tomado de:** <https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiva/article/view/501>. Cando, N. A. B. Luz ultravioleta para desinfección en áreas de salud, frente al covid-19, (2020).

Así es que la luz UV-C con efectos germicidas se ha visto como una alternativa, ideal frente a la realidad a la que nos enfrentamos por COVID-19, siendo eficaz en el uso de superficies contaminadas. Varios autores mencionan que la luz UV a 254nm permiten la destrucción del 99.99 % de microorganismos patógenos. Cabe recalcar que el uso se dirigirá a estructuras inertes mas no en seres humanos debido a los posibles efectos que se podrían generar a nivel ocular, según reportes investigativos.

➤ **Uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19.**

Correa, M., Mera, S., Guacho, F., Villarreal, E., & Valencia, S. (2020) con su estudio Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19. Minerva, 1(2), 46-53. [11]

Presentan criterios que permiten estimar parámetros de desinfección mediante el uso de luz ultravioleta UV-C de onda corta, en agua, aire y superficies. Además, indican métodos para evaluar

la dosificación en función de la potencia de la lámpara empleada. Este tipo de estrategia permiten resultados de hasta 99.9% de desinfección, inactivando diferentes tipos de microorganismos.

Estas referencias sirven de base para el diseño de dispositivos de utilidad en la presente emergencia por COVID-19, cuyo origen, al ser viral, es susceptible al mismo método de desinfección debido al proceso de dimerización del ADN, donde el daño producido en la estructura celular afecta la capacidad de reproducción y de funcionalidad, por lo que en su estudio las lámparas más usadas de baja presión de vapor de mercurio tienen una longitud de onda de 253.7 nm.

En una recopilación sobre estudios de dosis efectivas para inactivar coronavirus, se muestra el valor límite superior aproximadamente de 10,6 mJ/cm<sup>2</sup> o 106 J/m<sup>2</sup>, para alcanzar un 90% de desinfección. La dosis que se considerará para la eliminación de virus y bacterias serán los rangos máximos y se toma un valor de referencia de 246 mJ/cm<sup>2</sup> o 2460 J/m<sup>2</sup>, con esta dosis se conseguirán una desinfección del 99,9% por emisión de luz UV-C.

Determinación de la intensidad de la lámpara.

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde I representa la intensidad de irradiación UV de la lámpara en unidades de (w/cm<sup>2</sup>), P es la potencia de la lámpara UV en unidad de (w), A es el área de irradiación de la fuente de luz en cm<sup>2</sup>

Determinación del tiempo de exposición para desinfección.

$$t = \frac{D}{I} \quad (2)$$

En donde, t es el tiempo de exposición a la luz en unidad de tiempo (s), D es la dosis requerida en unidades (J/m<sup>2</sup>), I es la intensidad de la lámpara (w/m<sup>2</sup>). Además, los resultados de la investigación muestran que la estrategia de desinfección por UV es sumamente efectiva para erradicar casi hasta el 99,9% estos métodos son una alternativa adecuada frente a la pandemia actual para la desinfección de sistemas sanitarios, áreas públicas e inclusive el aire, aunque este último no cuenta con el suficiente respaldo científico. Por lo tanto, se puede concluir lo siguiente:

La caracterización de parámetros de desinfección de una lámpara germicida dependerá de su potencia y forma geométrica.

El uso adecuado en tiempos y dosis de emisión de luz UV-C depende de los valores referenciales para eliminación del 99.9% de virus y bacterias.

## 4.2. Mecanismos físicos cómo de control para desarrollar una cabina de desinfección.

### 4.2.1. Estudios Internacionales

#### ➤ Diseño y construcción de una cámara de irradiación ultravioleta germicida para la inactivación de *Staphylococcus*

S. Osorio-Giraldo ; I. D. Arellano-Ramírez. Realizaron el estudio denominado Diseño y construcción de una cámara de irradiación ultravioleta germicida para la inactivación de *Staphylococcus aureus* en utensilios de cocina. (2019). [12]. En dicho trabajo los autores plantean, el diseño y construcción de un dispositivo de irradiación ultravioleta germicida de bajo costo para la inactivación de la cepa bacteriana *Staphylococcus aureus* en utensilios de cocina.

El dispositivo en cuestión mostrado en la imagen 11, estaba construido cómo una cámara de  $50 \times 30 \times 30 \text{ cm}$  construida en acrílico. En dicha cabina los utensilios se pueden colocar en el interior para una familia de hasta 8 miembros. La cámara fue diseñada con 30 cm de altura, con el fin de garantizar dosis de radiación UV-C de hasta  $34,44 \text{ J} / \text{cm}^2$  en la parte inferior de la cámara. En la parte superior de la cámara, las dosis pueden ser de hasta  $603,6 \text{ J} / \text{cm}^2$ , que garantiza una inoculación total de la cepa bacteriana utilizada en este estudio.

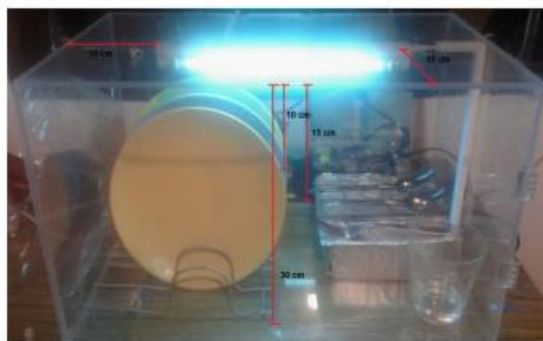


Fig. 12. Cámara de desinfección UV construida en acrílico

Tomado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7248554>. S. Osorio-Giraldo ; I. D. Arellano-Ramírez. Realizaron el estudio denominado Diseño y construcción de una cámara de irradiación ultravioleta germicida para la inactivación de *Staphylococcus aureus* en utensilios de cocina.

Para la construcción del dispositivo se utilizó acrílico, porque es un material económico y tiene la propiedad de bloquear los rayos UV-C. El dispositivo estaba equipado en el interior con un Lámpara germicida Philips TUV 8W G8T5 de 8W, con una potencia de radiación de 2,4 W y una longitud de onda de emisión máxima de 253,7 nm.

Para la programación de la lámpara germicida fue hecha usando el software gratuito Arduino. El problema presentado con este controlador fue que el Arduino cuenta con puertos digitales que solo pueden suministrar 5 V, por lo que fue necesario utilizar un relé para elevar el voltaje a 56 V, el voltaje necesario para el funcionamiento de la fuente de radiación. El puerto ocho de Arduino fue configurado para recibir la señal de entrada, mientras que el puerto cuatro estaba programados como salida. El Arduino se colocó dentro de una caja forrada con papel de aluminio para evitar el ruido electromagnético que puede causar radiación UV-C en el Placa Arduino.

Para una mejor distribución de la radiación, la lámpara germicida estaba ubicada en el centro de la parte superior del dispositivo. La simulación del circuito eléctrico de la lámpara germicida se realizó en Proteus 8. La programación del encendido-apagado y el cambio de la lámpara se realizó en el software libre de Arduino. Además, se usó y programó un módulo de relé KY-019 5V con dos funciones:

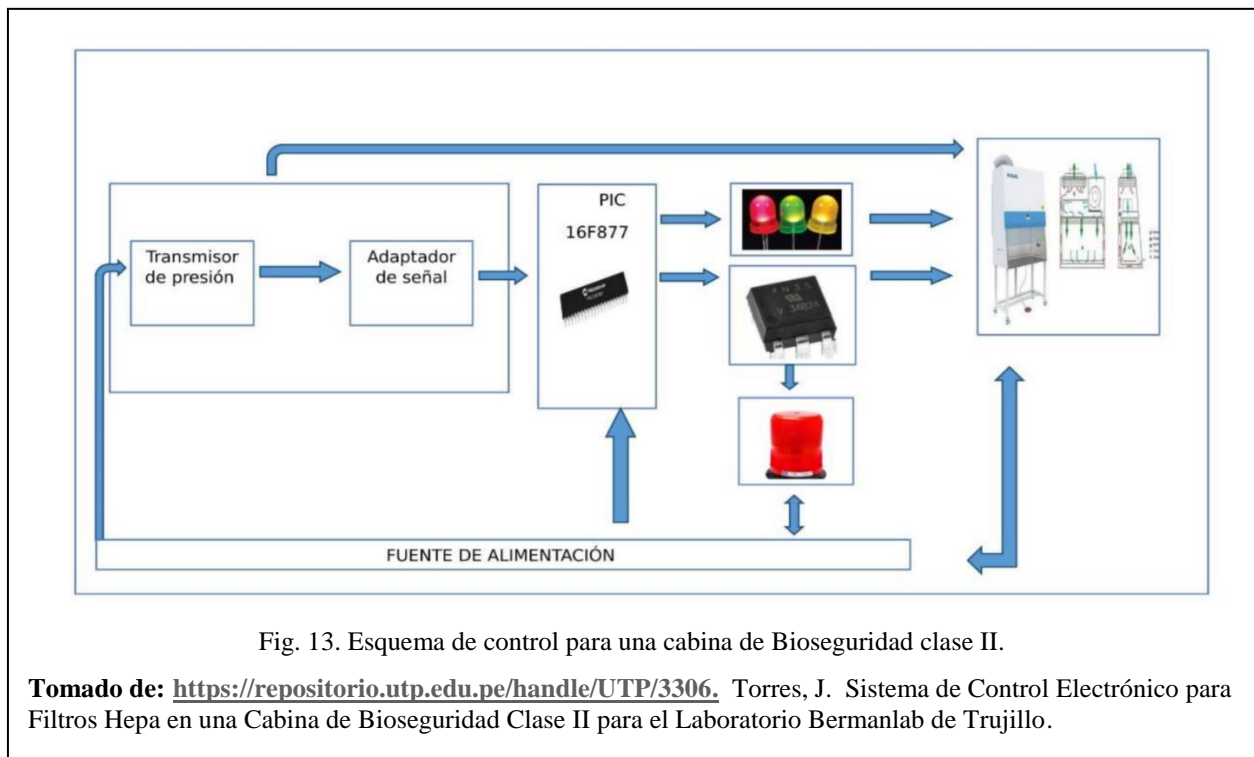
- 1) Dejar la lámpara encendida durante 20 segundos.
- 2) Dejar encendido todo el tiempo que quiera el usuario, ya que hay microorganismos que pueden ser más resistentes a la radiación UV-C y necesita más tiempo para desactivarlos.

A manera de conclusión plantean que las intensidades de la lámpara varían ampliamente según la distancia, lo que permitió suministrar tres dosis de radiación ultravioleta utilizando un tiempo estándar de 20 segundos. La intensidad de la lámpara solo puede aumentar disminuyendo la distancia de irradiación. Además, es importante en una lámpara nueva realizar una calibración de intensidad porque puede haber pérdida de radiación debido a varios factores, especialmente cuando la fuente de luz UVC ha pasado el tiempo de uso establecido por el fabricante.

➤ **Sistema de control para cabinas de Bioseguridad Clase II.**

Torres, J. Con su estudio Diseño e Implementación de un Sistema de Control Electrónico para Filtros Hepa en una Cabina de Bioseguridad Clase II para el Laboratorio Bermanlab de Trujillo (Ingeniería). (2019). [13].

En el presente proyecto se realizó el diseño e implementación de un sistema de control electrónico de filtros HEPA (Hepa "High Efficiency Particle Arresting", o "recogedor de partículas de alta eficiencia") para cabinas de bioseguridad clase II en base a la norma NSF49 (USA) o en la norma EN 12469 UK mediante la instrumentación y automatización electrónica con una lógica de control de presión cómo se muestra en la siguiente imagen.





Por lo cual los componentes que se utilizaron en dicho proyecto se enlistan en la siguiente imagen:

MATERIAL	TIPO	CANTIDAD
MICROCONTROLADOR	16F877A	1
RESISTENCIA	1KR, 1/4W	15
RESISTENCIA	10KR, 1/4W	10
RESISTENCIA	330R, 1/4W	10
TRANSFORMADOR	TR 220v/12V	1
REGULADOR	7805/7812	2
TRANSISTOR	TR14	2
CAPACITOR	4PF	2
CAPACITADOR	2200uF-30V	2
CRISTAL	16MHz	1
INTERRUPTOR	DOBLE	2
BORNERAS	DIM	10
RELE ELECTRICO	12VDC	2
DIDO LEDS	Azul, Amarillo, Rojo	5
ALARMA SONORA	12VDC	1
TRANSMISOR DE PRESION DIFERENCIAL	CXLdp,2IW	2
PUENTE RECTIFICADOR	4A	1
PLACA	Baquelita	1
TARUGO	Verde, 1/4"	4
RIEL DIM	Estándar	1
MANGUERA SILICONA	Diametro 1/4", 6m	6
CINTILLO	Volt, 15cm	1
SILICONA BLANCA	Sika	1

Fig. 14. Lista de materiales utilizados para el sistema de control en la cabina de Bioseguridad.

Tomado de: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/3306>. Torres, J. Sistema de Control Electrónico para Filtros Hepa en una Cabina de Bioseguridad Clase II para el Laboratorio Bermanlab de Trujillo.

Al revisar dicho proyecto se puede notar que los autores para este caso escogieron un PIC 16F877A ya que el mismo cuenta con las siguientes características:

- Puede soportar modos de comunicación serial, cuenta con dos pines.
- Tiene una extensa memoria para datos y programas
- Cuenta con memoria reprogramable
- Es compatible con una gama completa de programas y sistemas de herramientas de desarrollo que incluye: compiladores C, macroensambladores, circuitos simuladores “Proteus” entre otros

También se evidencia que lo autores utilizaron un transmisor para registrar la presión de aire ejercida en cada filtro de Hepa de suministro y de Ambiente, el mismo es un transmisor de baja presión diferencial de la marca Ashcroft modelo C2IWLdp, este fue usado debido a que su señal de salida es analógica estándar y por su gran robustez para aplicaciones industriales.

Además, se utilizó un software gratuito como Proteus para las etapas de simulación de dicho sistema electrónico cómo se puede ver en la imagen:

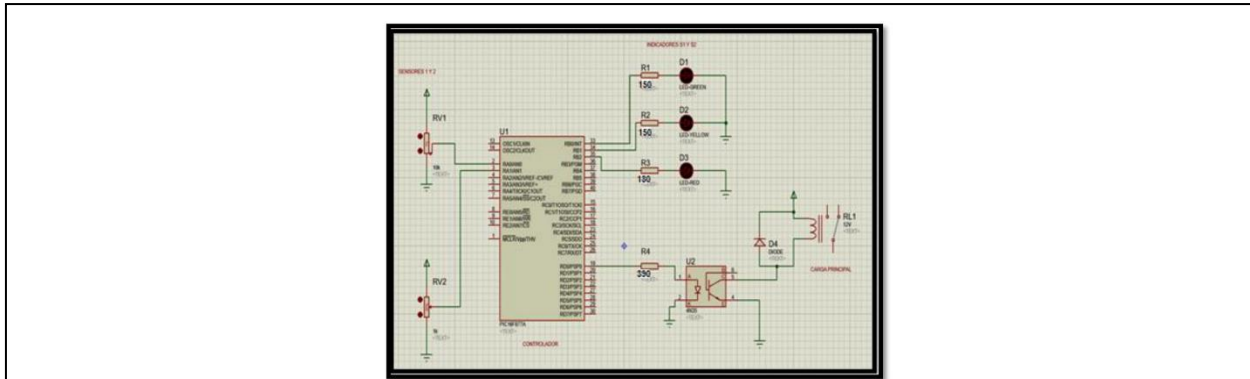


Fig. 15. Diseño y simulación de la tarjeta de control para la cabina de Bioseguridad.

Tomado de: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/UTP/3306>. Torres, J. Sistema de Control Electrónico para Filtros Hepa en una Cabina de Bioseguridad Clase II para el Laboratorio Bermanlab de Trujillo.

Por último, ellos pudieron concluir que, con dichos componentes como el transmisor de presión diferencial, microcontrolador pic y componentes electrónicos, etc. Les ayudaron implementar el prototipo electrónico de control de aviso de falla de los filtros Hepa obteniendo valores acertados de presiones diferenciales de 0.5 inH<sub>2</sub>O a 1.5 inH<sub>2</sub>O.

➤ **Evaluación de la incidencia de los diferentes materiales reflectantes en la eficiencia energética**

Orejuela Suarez, Rommel Johan, Villavicencio Bravo, Jerikson David. En su estudio Evaluación de la incidencia de los diferentes materiales reflectantes en la eficiencia energética de un horno solar, ESPAM MFL. (2018). [14]

Los autores mencionados en su estudio se plantean evaluar la incidencia del uso de los diferentes materiales reflectantes en la eficiencia energética de un horno solar, en la ESPAM MFL. Para dicho estudio se evaluaron un total de 3 materiales (Papel de aluminio, vidrio y Mylar (TEREFTALATO DE POLIETILENO)). En la investigación se utilizó un diseño bifactorial completamente al Azar Ax<sub>2</sub>B<sub>3</sub>, de 6 tratamientos, tomando las muestras a siete diferentes horas del día, durante 1 mes.

Los resultados obtenidos en la toma de temperatura de los hornos solares se ingresaron a la base estadística Statgraphics Centurion, de esta manera se estimó la eficiencia de los materiales reflectantes en dos diseños de hornos solares.

Al terminar el estudio mencionado se pudo determinar que los materiales fueron seleccionados según su capacidad de conductividad, la economía y la factibilidad de adquisición, ya que de una u otra manera esto facilitó la construcción del horno, dando por elegido los siguientes materiales según su capacidad de conductividad:

- Aluminio
- Mylar
- Vidrio

El aluminio posee una conductividad térmica de  $0.04 \text{ W(m/k)}$ , el mylar de  $0.24 \text{ W(m/k)}$  y el vidrio  $0.6 - 1.1 \text{ W(m/k)}$ .

A manera de conclusión el estudio señala que Se acepta la hipótesis planteada en referencia que el material reflectante de vidrio presentó mayor eficiencia en la captura de temperatura y que para futuras investigaciones en temas relacionados a hornos solares el uso del tratamiento T4 (caja-vidrio) por su alta captación de radiación solar, pudiendo adicionar nuevos materiales reflectantes que contrasten esta información.

➤ **Diseño de automatización para una cabina de seguridad biológica.**

Juan Esteban Ayala Ramírez Sergio Esteban Zapata Madrid. Desarrollaron el estudio denominado Diseño de automatización para una cabina de seguridad biológica. Ingeniería Mecatrónica. (2016). [15]

En el presente estudio los autores pretenden realizar el diseño de una cabina de seguridad biológica automatizada, el control de los elementos y variables de la cabina de bioseguridad se diseñó en un programa en el cual se operaba de forma manual y automática las secuencias de los procesos en el gabinete de seguridad. En cuanto al diseño mecánico, se dimensiona el área de trabajo de acuerdo con la disposición que necesita cada uno de los sistemas que se van a integrar para la automatización del gabinete de bioseguridad, para optimizar espacio, se selecciona la transmisión entre el motor y ventilador tipo directo con relación 1:1, las dimensiones de la cabina se toman de

las tolerancias permitidas por las normas nacionales e internacionales, en cuanto a la estructura de acero que sostiene todos los elementos.

La distribución del espacio de la cabina se presenta en la imagen a continuación:

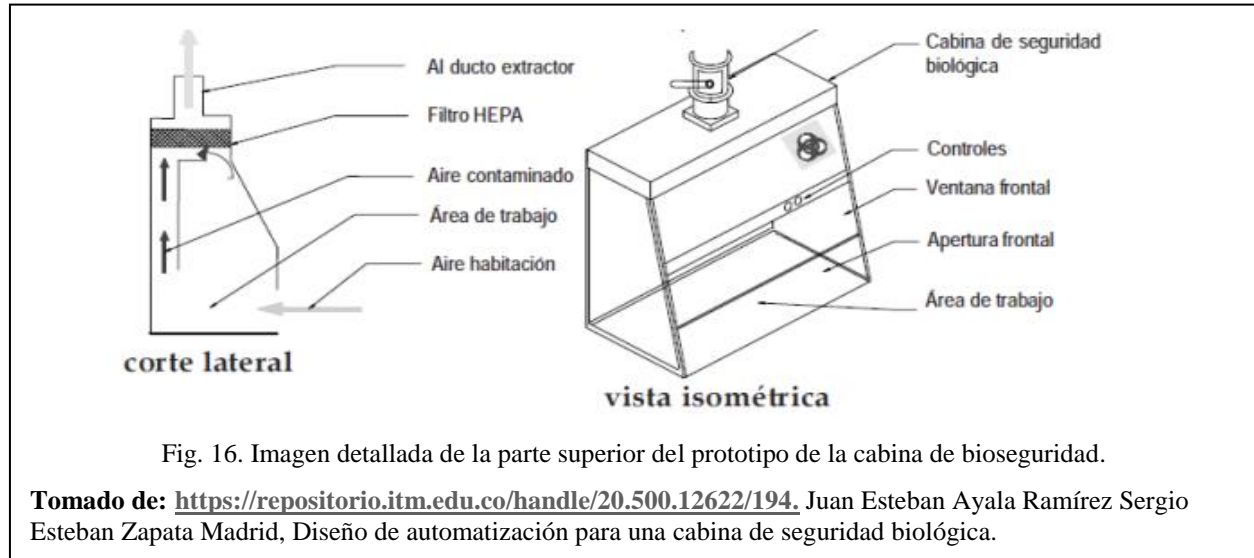


Fig. 16. Imagen detallada de la parte superior del prototipo de la cabina de bioseguridad.

Tomado de: <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/194>, Juan Esteban Ayala Ramírez Sergio Esteban Zapata Madrid, Diseño de automatización para una cabina de seguridad biológica.

Con el tema eléctrico el prototipo presenta un levantamiento de señales y energización de componentes para generar un plano eléctrico, en el cual se incluyen las dos etapas de potencia de baja tensión que se necesitan en la cabina de seguridad biológica (230V AC y 110V AC), la distribución de los componentes de acuerdo con su alimentación y se incluye las señales de accionamiento generadas por el autómata programable.

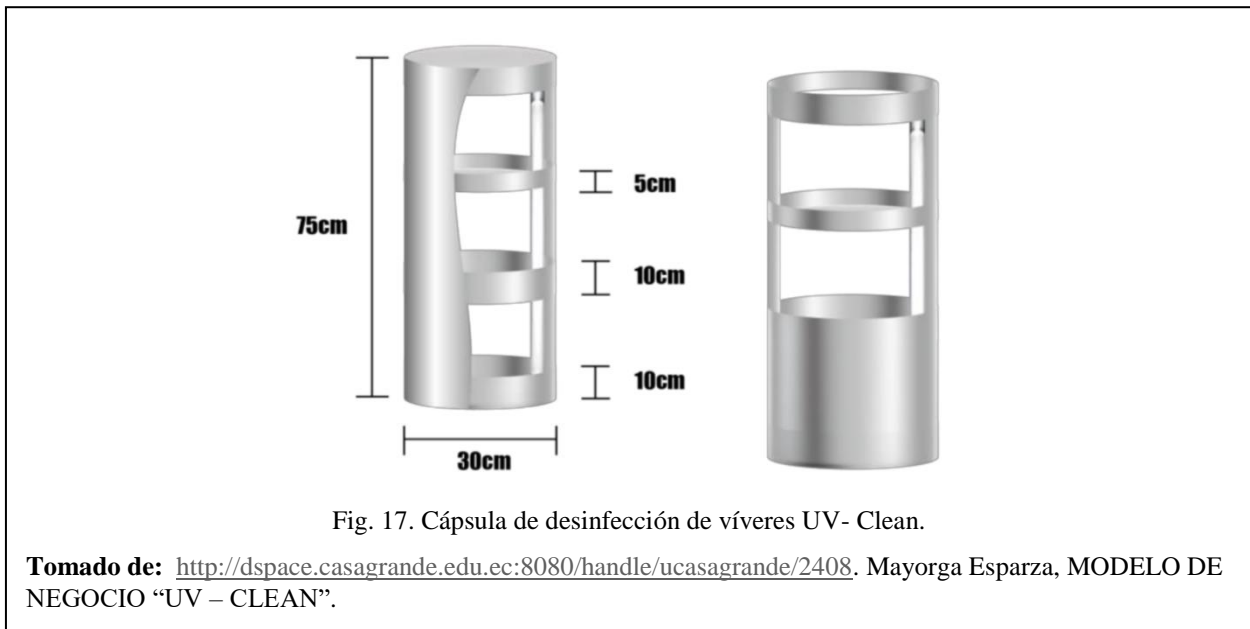
El sistema de control del prototipo se realizó con el uso de un PLC el cual permite resolver problemas específicos de regulación y de seguimiento de consignas con una mejor relación de funciones de supervisión, monitoreo y tratamiento de datos con un reducido costo adicional.

#### 4.2.2. Estudios nacionales

##### ➤ **Diseño de automatización para una cabina de seguridad biológica.**

MAYORGA ESPARZA, M. En su estudio MODELO DE NEGOCIO “UV – CLEAN”: GERENCIA DE ESTUDIO TÉCNICO (Licenciado). UNIVERSIDAD CASA GRANDE: FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN Y CIENCIAS POLÍTICAS. (2020). [16]

Propone el desarrollo de las gerencias de Design Thinking, Estudio de Mercado y Plan de Marketing, Estudio Técnico, Estudio Administrativo y de Responsabilidad Social Empresarial y Estudio Financiero del modelo de negocio de UVCLEAN. Cuyo producto es una cápsula para desinfección de víveres con tecnología ultravioleta, lo cual permitirá desinfectar en un 99,9% en tan solo 60 segundos. La dimensión de esta cápsula es de 75cm de alto y 30cm de diámetro; el voltaje es de 110V y su estructura es de hierro negro forjado. También la máquina vendrá con niveles desmontables hacia arriba que podrán ajustarse según los alimentos que se inserten, dentro de éstos podrán caber un six pack de jugos, enlatados, un pollo entero o una caja de cereal, etc. El aparato tendrá una lámpara UV de 60 cm alto y 2.6 cm diámetro incorporada en la estructura, con una potencia de 8 W (watts).



El funcionamiento de la máquina es totalmente fácil, diseñado para la pueda utilizar cualquier miembro del hogar, incluso la persona de servicio doméstico. El uso de UV-Clean se resume en los siguientes pasos:

- Conectar a un interruptor la cápsula
- Alzar la tapa junto con la estructura de los niveles desmontables
- Ajustar los niveles desmontables según el tamaño del producto a desinfectar
- Insertar el producto y bajar la estructura hasta insertar en la cápsula en la posición correcta

- Presionar el botón de encendido y el botón de alarma
- Luego de 60 segundos, la alarma sonará y se podrá retirar el producto
- Cerrar y desconectar la cápsula

También se realizó una encuesta a 375 de personas que forman en dónde se determinó que el 77.7% estaría dispuesto a pagar hasta \$90 por una máquina esterilizante de compras con rayos UV. Por lo cual, se asignaron el precio de \$90 esto incluye 1 año de garantía, servicio de mantenimiento y repuesto.

Entonces de aquí se puede concluir, que este proyecto es factible ya que las necesidades encontradas dentro de la investigación de mercado podrán ser satisfechas con UV-CLEAN, la cápsula de desinfección de víveres con tecnología de rayos ultravioleta que elimina el 99.9% microorganismos en cualquier superficie. Además, a raíz de la pandemia, el mercado meta ha tomado consciencia de la importancia de la limpieza, higiene y desinfección, por lo que este proyecto será rentable en el plazo de 5 años.

## **5. MARCO METODOLÓGICO**

### ***5.1. Elaboración de prototipos de la cabina***

Tomando en cuenta la falta de planes eficiente de desinfección implementados en supermercados dado la problemática de la reciente pandemia, la elaboración del prototipo de una cabina de desinfección de víveres UV que pueda ser implementada fácilmente en supermercados de la ciudad de Cuenca es un aporte esencial que garantizará la seguridad y salud de consumidores, para su elaboración, se hará uso de la metodología hipotética deductiva, pues parte de una hipótesis o explicación inicial, para luego obtener conclusiones particulares de ella, que luego serán a su vez comprobadas experimentalmente, a través de los siguientes pasos:

En primer lugar, se realizará un análisis de todas las variables necesarias para el modelado del prototipo identificando las características que poseen estos sistemas de desinfección, los parámetros que se sigue para la desinfección de alimentos, tiempos de exposición en luz UV. Además, se analizará los aspectos mecánicos del modelado necesarios para cumplir con las

expectativas deseadas como el tamaño, forma de sujeción, etc. Una vez claro las variables del diseño mecánico se procederá a revisar los requerimientos necesarios para el diseño del modelo electrónico y de procesamiento de datos del prototipo.

En una segunda etapa, una vez definido todos los parámetros necesarios se procederá a realizar el diseño del prototipo 2D y 3D mediante el uso de software de diseño mecánico. El diseño electrónico se lo realizará con la ayuda de software para la simulación de comportamiento de los subsistemas, monitorizado y adquisición de datos. Finalmente se integrarán los subsistemas del prototipo para obtener el sistema mecatrónico.

Para la experimentación y análisis de resultados se aplicarán las simulaciones en diferentes ámbitos tanto mecánicos como electrónicos y de funcionamiento para verificar la fiabilidad y el comportamiento del sistema en un ambiente simulado de posibles escenarios de aplicación que establezcan los lineamientos previos a la manufactura e implementación. al cual será sometido cuando sea construido e implementado.

#### ***5.1.1. Primer boceto creado:***

El primer boceto planteado para la cabina de desinfección cuenta con una estructura metálica con soportes regulables en sus patas, que soporta la banda de alimentación que es accionada por un juego de poleas y un motor DC, la parte superior es una cabina metálica que soporta las lámparas de luz UV, con una pantalla digital para su control y que termina en una canastilla con una rampa en donde se colocará una funda plástica en donde se depositarán los víveres cuando ya hayan sido desinfectados. A continuación, se presentan los modelos 2D y 3D del prototipo mencionado:

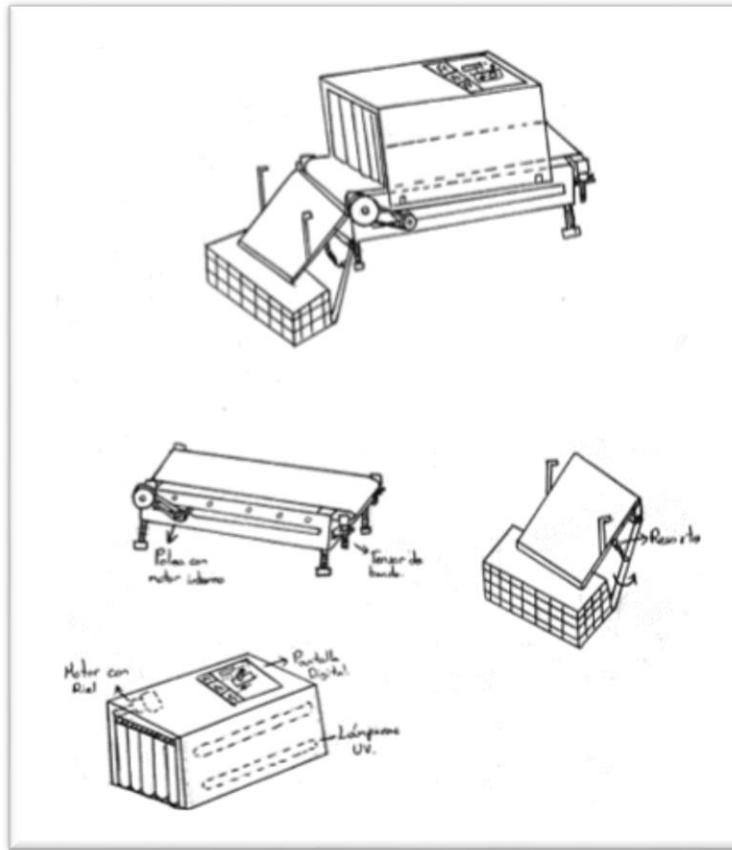


Fig. 19. Modelo 2D, primer prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

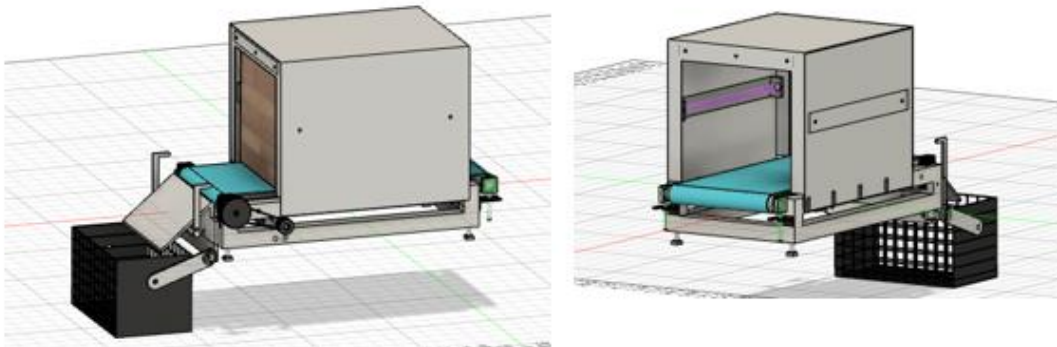


Fig. 18. Modelado 3D, primer prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)



### 5.1.2. Segundo boceto creado:

El segundo boceto planteado para la cabina de desinfección cuenta con una estructura realizada con lámina metálica, la banda de alimentación y el motor se encuentran ancladas a la lámina, con lámparas de luz UV, en la parte superior con una pantalla digital para su control en la pared principal. A continuación, se presentan los modelos 2D y 3D del prototipo mencionado.

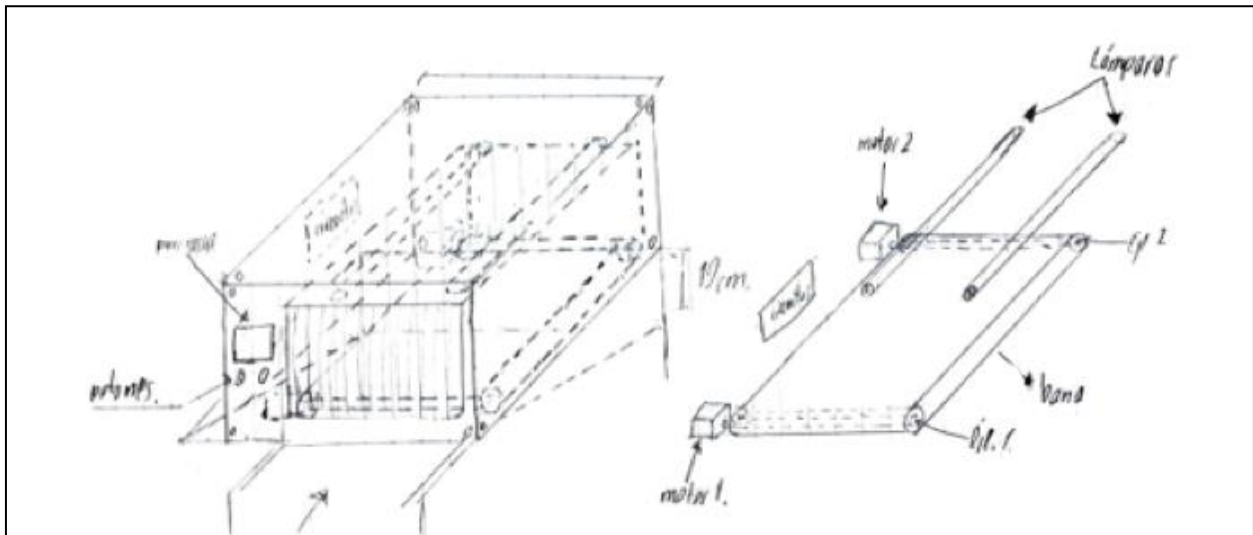


Fig. 20. Modelo 2D, segundo prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

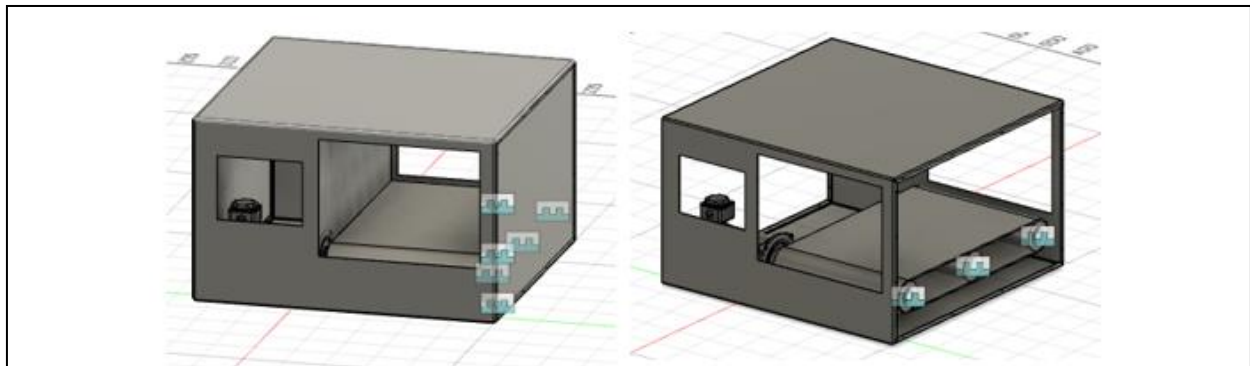
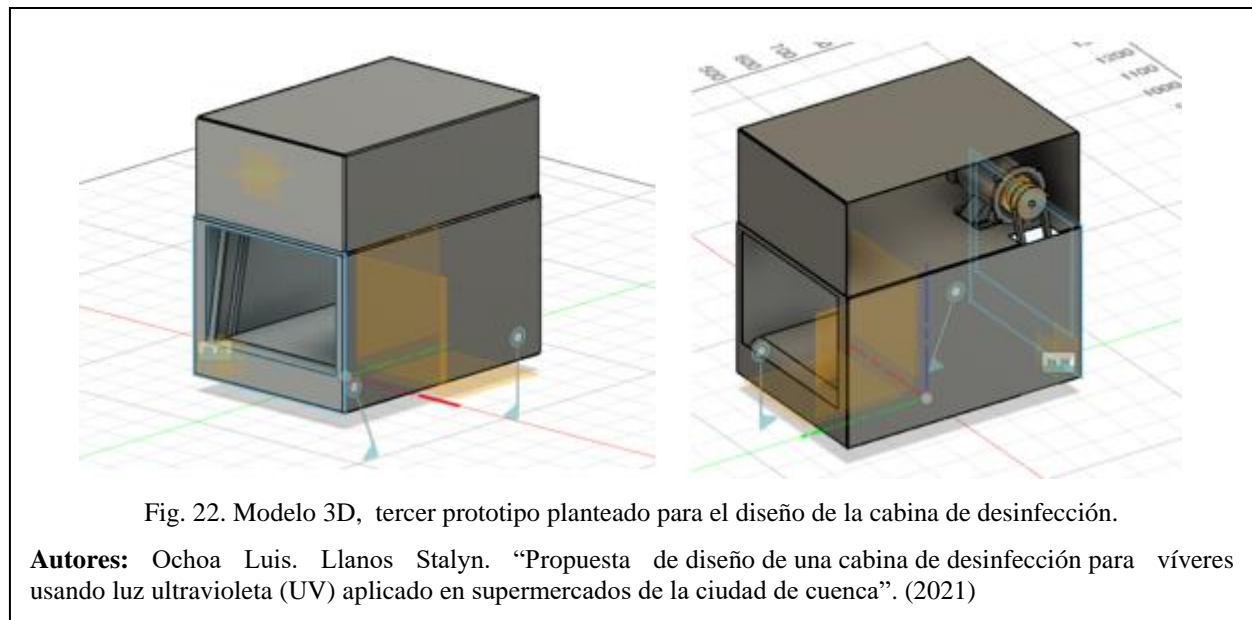
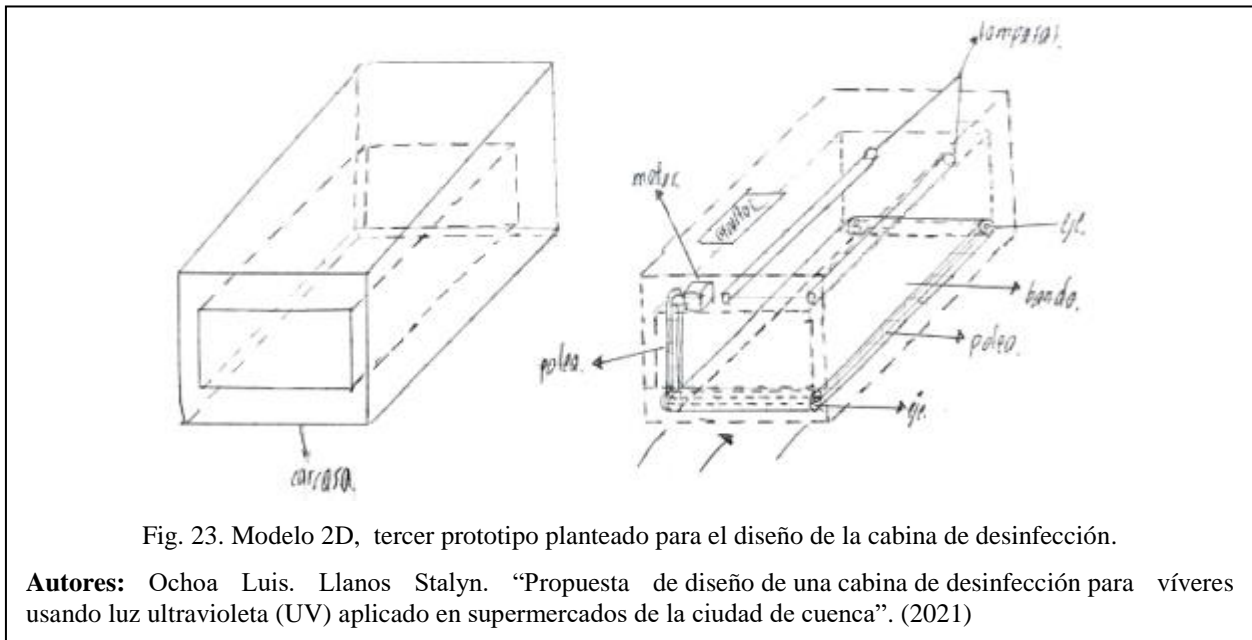


Fig. 21. Modelo 3D, segundo prototipo planteado para el diseño de la cabina de desinfección.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

### 5.1.3 Tercer boceto creado:

El tercer boceto planteado para la cabina de desinfección cuenta con una estructura realizada con lámina metálica, la banda de alimentación se encuentra ancladas a la lámina, el motor se encuentra en la parte superior de la cabina, además consta de lámparas de luz UV-C, y con una pantalla digital para su control ubicada en la parte superior. A continuación, se presentan los modelos 2D y 3D del prototipo mencionado.



### 5.2. Matriz de decisión:

Los prototipos se evaluaron en diferentes aspectos teniendo en cuenta el factor de ponderación, y asignándole una puntuación en una escala ascendente del 1-10 dependiendo del atributo para cada boceto.

Tabla I. Matriz de decisión para los prototipos planteados.

		Costo	Seguridad	Desempeño	Confiabilidad	Facilidad de Uso	Rango
	Factor de ponderación	0.2	0.15	0.25	0.25	0.15	1
Diseño 1	Valor asignado	7	8	8	7	6	
	Resultado	1.4	1.2	2	1.75	0.9	7.25
Diseño 2	Valor asignado	7	7	8	7	8	
	Resultado	1.4	1.05	2	1.75	1.2	7.4
Diseño 3	Valor asignado	6	7	7	6	7	
	Resultado	1.2	1.05	1.75	1.5	1.05	6.55

### 5.3 Matriz QFD

La matriz QFD utilizada en el presente trabajo identificará las necesidades y expectativas de los clientes para el prototipo planteado, teniendo como principal objetivo satisfacer dichas expectativas en función de su importancia.

En la parte inferior izquierda se encuentran los denominados “Qué”, son los principales requerimientos que debería tener el prototipo planteado, en la parte superior se encuentra los denominados “cómo” son los métodos o elementos por los cuales se puede satisfacer los requerimientos planteados. Entre estos dos elementos se establece relaciones, se establece una calificación numérica para establecer los requerimientos más importantes que deben convertirse en prioridad al realizar el prototipo.

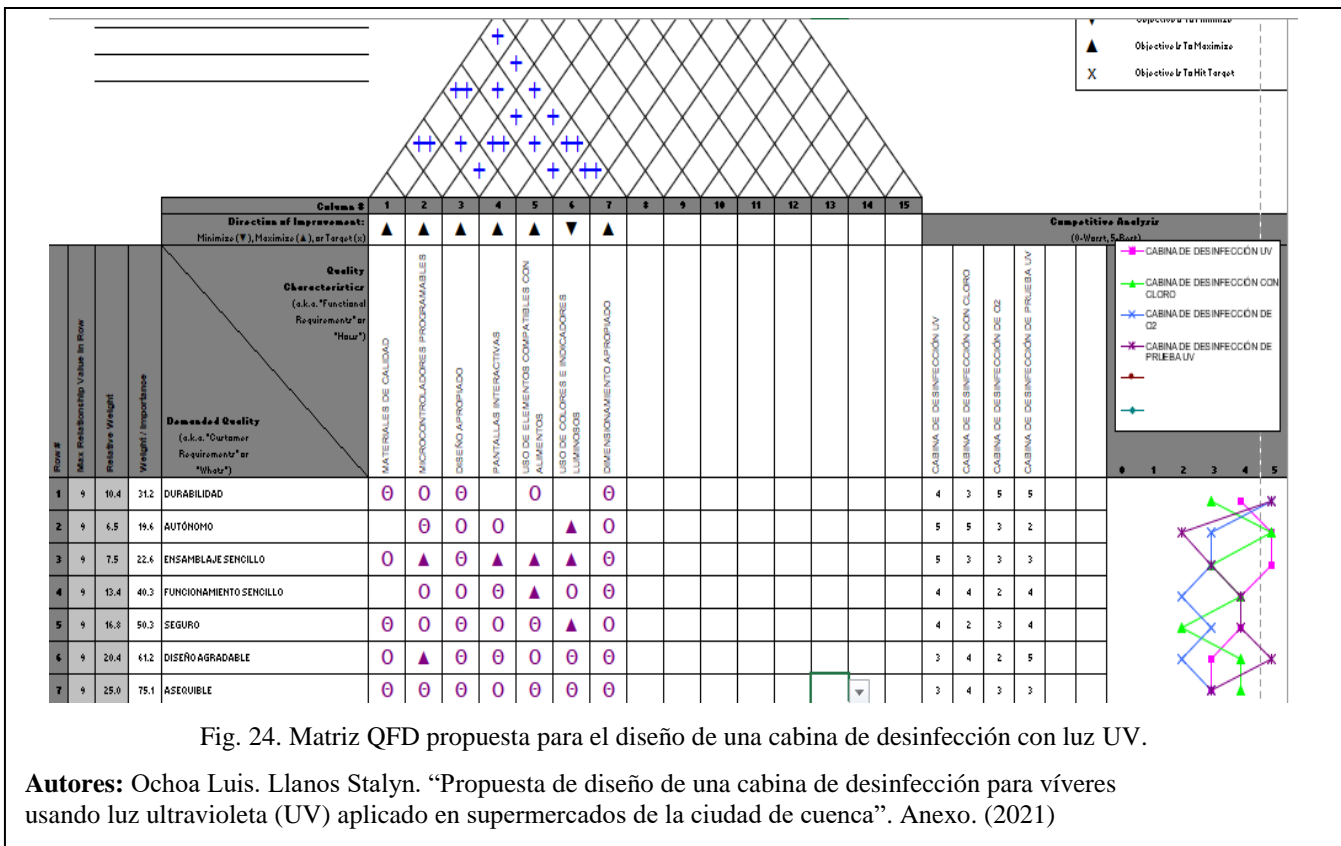


Fig. 24. Matriz QFD propuesta para el diseño de una cabina de desinfección con luz UV.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. Anexo. (2021)

### 5.4. Implementación Metodología del Triz

La matriz del Triz, es una poderosa herramienta que usa el proceso de pensamiento sistemático. Dicha herramienta surge del conocimiento y las experiencias de las mentes más ilustres de la historia, y nos proporciona diferentes herramientas que ayudan a desarrollar soluciones innovadoras, que crear nuevos productos e incrementar nuestra habilidad creativa.[17]

La utilización de la matriz Triz en el diseño presentado se aplica identificando diferentes problemáticas en el diseño, se analizan las variables implicadas en esta, se aplican los principios de inventiva más acorde a las problemáticas surgidas y se plantea una solución viable.

➤ **Problemática 1:**

Es necesario garantizar que los materiales utilizados en la cabina no afecten o contaminen los alimentos, sean resistentes, pero a la vez se debe garantizar que el costo de dicha cabina no sea demasiado alto.

Tabla II. Planteamiento de variables y principios de inventiva .

<b>Contradicción Técnica</b>	<b>Contradicción Física</b>	<b>Parámetros de Altshuller</b>	<b>Principio de Inventiva</b>
Calibre	Peso	2.- Peso de un objeto en movimiento	2. 10. 27. 28
Costo	Resistencia	14.- Resistencia	
Resistencia Mecánica			

Se despliega en la siguiente tabla los campos indicados de acuerdo con la información construida en la tabla anterior.

Tabla III. Explicación principios de inventiva y planteamiento de solución.

<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	2.Extracción.- (remover o separar) una parte o propiedad “desordenadora” , de un objeto, para dar soluciones efectivas
<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	10.Acción previa.- Lleve a cabo la acción requerida con anticipación por completo, o al menos una parte. b. Ordene los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdidas de tiempo esperando la acción.
<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable.- Reemplace un objeto costoso por una colección de algunos poco costosos, comprometiendo otras.
<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	28.Reemplazo de sistemas mecánicos.- a. Reemplace el sistema mecánico por uno óptico, acústico u odorífero (sensor). b. Use un campo electromagnético, eléctrico o magnético para interacción con el objeto. c. Reemplazo de campos estacionarios con campos movibles.

<b>Descripción de la Solución</b>	La solución sería aislar la parte de la banda para utilizar acero inoxidable en su aislamiento y el resto de la estructura construirlo de un material más resistente y barato.
-----------------------------------	--

➤ **Problemática 2:**

Se debe garantizar un ensamblaje sencillo, pero que a la vez no afecte la integridad estructural de la cabina.

Tabla IV. Planteamiento de variables y principios de inventiva

<b>Contradicción Técnica</b>	<b>Contradicción Física</b>	<b>Parámetros de Altshuller</b>	<b>Principio de Inventiva</b>
Ensamblaje	Complejidad	36. Complejidad de un mecanismo	13. 15. 28. 29
Mejora en ergonomía	Forma	12. Forma	
Resistencia estructural			

Se despliega en la siguiente tabla los campos indicados de acuerdo con la información construida en la tabla anterior.

Tabla V. Explicación principios de inventiva y planteamiento de solución.

<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	13. Inversión.- a. En lugar de una acción dictada por las especificaciones del problema, implementar una acción opuesta. b. Haga una parte móvil del objeto o el ambiente exterior inamovible y la parte inmóvil hágala móvil. c. Voltee el objeto, la parte de arriba hacia abajo.
<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	15. Dinamicidad.- a. Haga características de un objeto, o un ajuste automático del ambiente externo para el desempeño b. Divida un objeto en elementos que puedan cambiar de posición relativa con cada uno

	c. Si un objeto es inamovible, hágalo movable o intercambiable.
<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	28.Reemplazo de sistemas mecánicos.- a. Reemplace el sistema mecánico por uno óptico, acústico u odorífero (sensor). b. Use un campo electromagnético, eléctrico o magnético para interacción con el objeto. c. Reemplazo de campos estacionarios con campos movibles.
<b>Principio de Inventiva</b> (Describa)	29. Uso de una construcción neumática o hidráulica.- a. Reemplace las partes sólidas de un objeto por gas o líquido - estas partes pueden usar aire o agua para inflarse o utilizar cojines hidrostáticos
<b>Descripción de la Solución</b>	Realizar un ensamble, con una estructura fija y una tapa lateral que permita incorporar las distintas partes de la máquina por su lateral y ser fijadas de forma sencilla con tornillos.

➤ **Problemática 3:**

Se debe unir el motor al eje del rodillo, pero no es posible modificar el eje del motor para acoplar el eje del rodillo por su forma y proceso de elaboración.

Tabla VI. Planteamiento de variables y principios de inventiva.

<b>Contradicción Técnica</b>	<b>Contradicción Física</b>	<b>Parámetros de Altshuller</b>	<b>Principio de Inventiva</b>
Acoplamiento de componentes	Adaptabilidad	35. Adaptabilidad	3. 6. 32. 35
Ensamblaje sencillo	Resistencia	14. Resistencia	
Integridad de componentes	mecánica de los componentes		

Se despliega en la siguiente tabla los campos indicados de acuerdo con la información construida en la tabla anterior.

Tabla VII. Explicación principios de inventiva y planteamiento de solución.

<p><b>Principio de Inventiva</b> (Describa)</p>	<p>3. Calidad Local.- a. Transición de una estructura homogénea de un objeto o medio ambiente. b. Hacer que diferentes partes del objeto lleven a cabo diferentes funciones. c. Coloque cada parte del objeto en las condiciones más favorables para su funcionamiento.</p>
<p><b>Principio de Inventiva</b> (Describa)</p>	<p>6. Universalidad.- a. Que el objeto realice múltiples funciones, de esta manera se elimina la necesidad de algunos otros objetos.</p>
<p><b>Principio de Inventiva</b> (Describa)</p>	<p>32. Cambio de color.- a. Cambie el color de un objeto o sus alrededores. b. Cambie el grado de translucidez de un objeto o sus alrededores c. Use aditivos coloreados para observar objetos o procesos que son difíciles de ver d. Si tales aditivos ya son usados, emplee trazadores luminiscentes o elementos trazadores</p>
<p><b>Principio de Inventiva</b> (Describa)</p>	<p>35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto.- a. Cambiar un estado de agregación de un objeto, concentración de densidad, grado de flexibilidad, temperatura</p>
<p><b>Descripción de la Solución</b></p>	<p>Se plantea la reubicación del motor con ayuda de algún acople existente o una pieza adicional para unir o acoplar este par de elementos.</p>

### ***5.5. Parámetros para diseño de una banda transportadora***

Los tejidos empleados en la actualidad para el diseño de una banda son los mostrados en la siguiente imagen: [18]



Nombre Común	Designación
Algodón	B
Rayón	Z
Poliéster	E
Poliamida	P
Cable de Acero	St

Fig. 25. Tipos de tejidos utilizados para elaboración de bandas transportadoras.

**Tomado de:** <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18109>. M. Salinero Gervaso, “Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab”, oct. 2013.

El ancho de banda ha sido normalizado por la norma DIN y por la norma ISO, en medidas métricas cuyos valores vienen definidos en la siguiente imagen. [18]

300	400	500	650	800	1000
1200	1400	1600	1800	2000	2200

Fig. 26. Normativa ISO, para elección normalizada del ancho de la banda.

**Tomado de:** <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18109>. M. Salinero Gervaso, “Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab”, oct. 2013.

Las dimensiones de los rodillos, según la norma DIN 15207 y 22107, se recogen en la siguiente imagen. [18]

Diámetro de los rodillos [mm]								
Rodillos portantes	51	63,5	88,9	108	133	159	193,7	219
Rodillos de impacto				156	180	215	250	290

Fig. 27. Normativa DIN, para elección de rodillos en una banda transportadora.

**Tomado de:** <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18109>. M. Salinero Gervaso, “Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab”, oct. 2013.

Las dimensiones principales (diámetro y longitud), están normalizadas. Los diámetros según DIN 22101 y las longitudes según ISO 1536. En la siguiente imagen se detallan tanto los diámetros como las longitudes. [18]

ANCHO DE BANDA B (mm)	LONGITUD DE LOS RODILLOS (mm)		
	Flat	2 roll	3 roll
300	380	200	-
400	500	250	160
500	600	315	200
600	700	340	250
650	750	380	250
800	950	465	315
1000	1150	600	380
1200	1400	700	465
1400	1600	800	530
1600	1800	900	600
1800	2000	1000	670
2000	2200	1100	750
2200	2500	1250	800

Fig. 28. Normativa DIN e ISO, para elección de rodillos en una banda transportadora.

Tomado de: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18109>. M. Salinero Gervaso, "Diseño de una banda transportadora mediante guíde de Matlab", oct. 2013.

### 5.6. Modelado Matemático de la banda transportadora

Para el modelado matemático de la banda transportadora en primera estancia se plantea el modelo físico de la banda representado en la imagen a continuación, a partir del cual se desprenderán las ecuaciones correspondientes del mismo.

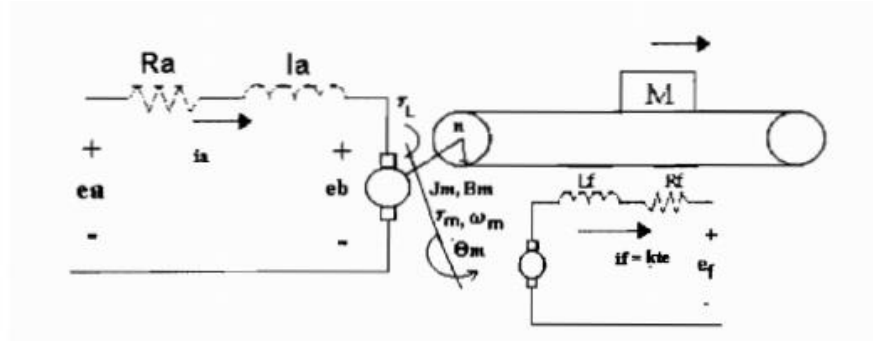


Fig. 29. Modelo físico de la banda transportadora.

Tomado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5445>. E. M. F. Tello y M. Barragan, diagrama de banda transportadora, marzo 2021.

Modelado matemático de motor DC en la configuración de control en el inducido control por armadura. En primer lugar consideramos que se mantiene constante la corriente del campo al que

se somete el inducido, consta de una corriente de campo constante el flujo se vuelve constante, por lo tanto, el par es directamente proporcional a la corriente del inducido  $i_a$ : [19]

$$T = K i_a(t) \quad (1)$$

Cuando el inducido está en rotación se induce una tensión proporcional al producto del flujo por la velocidad angular. Como el flujo es constante, La tensión inducida  $E_b$  es directamente proporcional a la velocidad angular. [19]

$$E_b = K_b \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (2)$$

Donde  $\frac{d\theta(t)}{dt}$  es la posición

Donde  $K_b$  es una constante de fuerza contraelectromotriz.

Al plantear la ecuación diferencial del inducido es:

El voltaje de entrada  $e_a$  es igual a la sumatoria de sus voltajes de resistencia, del inductor y del inducido:

$$e_a(t) = R_a i_a(t) + l_a \frac{d i_a}{dt} + e_b \quad (3)$$

La ecuación dinámica del par se enfrenta a:

la inercia del eje del motor:  $\left(\frac{J d^2 \theta}{dt^2}\right)$

y a la fricción por las escobillas del motor y el rotor:  $\left(\frac{f d \theta}{dt}\right)$

Tenemos en cuenta que el par era proporcional a la corriente por lo que se añade el primer término en la ecuación.

$$K i_a(t) = T = \frac{J d^2 \theta}{dt^2} + \frac{f d \theta}{dt} \quad (4)$$

Se aplica Laplace a 1, 2 y 3 se obtendrá:

$$E_b(s) = K_b s \Theta(s) \quad (5)$$

$$E_a(s) = L_a s I_a(s) + R_a I_a(s) + E_b(s) \quad (6)$$

$$J_s^2 \Theta(s) + F_s \Theta(s) = T = K I_a(s) \quad (7)$$

Al relacionar las ecuaciones por sustituciones llegará a la siguiente función de transferencia teniendo cómo entrada el voltaje del motor y la salida está dada por la posición angular  $\Theta$ .

$$\frac{\Theta(s)}{Ea(s)} = \frac{k}{s(L_a J s^2 + (L_a f + R_a J)s + R_a f + K K_b)} \quad (8)$$

Considerando que la inductancia del circuito del inducido es cercana a cero lo que simplifica la función de transferencia a:

$$\frac{\Theta(s)}{Ea(s)} = \frac{k}{s(R_a J s + K K_b + R_a f)} \quad (9)$$

Con ayuda de álgebra se puede escribir la función de transferencia cómo:

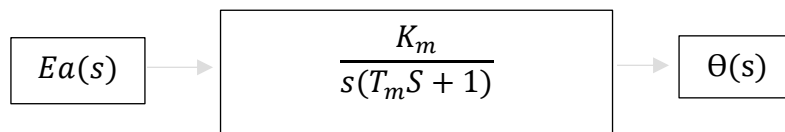
$$\text{Con : } K_m = \frac{k}{K K_b + R_a f} \quad (10)$$

$$T_m = \frac{R_a J}{K K_b + R_a f} \quad (11)$$

Es un sistema con dos polos uno en el origen y otro en el semiplano izquierdo s.

Se puede representar cómo un bloque funcional:

$$\frac{\Theta(s)}{Ea(s)} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \quad (12)$$



Se tendrá en cuenta que J es la inercia equivalente que debe vencer el motor para mover la banda transportadora, y es igual a la suma de la inercia del motor ( $J_o$ ) y la inercia debido a la masa que debe ser transportada ( $r^2 M$ ), como se muestra: [19]

$$J = J_o + r^2 M \quad (13)$$

Del mismo modo el coeficiente de rozamiento viscoso  $b_2$  equivalente en el eje del motor se muestra:

$$b_2 = b_1 + K_b M \quad (14)$$

En la función de transferencia obtenida en la ecuación, se tiene como salida el desplazamiento angular del eje del motor, pero, para el control se necesita obtener como salida el desplazamiento lineal del objeto que se va a transportar en la banda, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$x = n \cdot \Theta_m \quad (15)$$

Donde:

$x$  = es el desplazamiento del objeto a transportarse

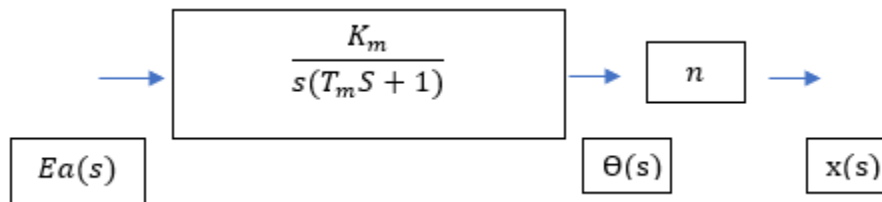
$n$  = radio del eje del motor

$\Theta_m$  = desplazamiento angular del eje del motor.

Entonces la función de transferencia de la banda transportadora se expresará:

$$\frac{x(s)}{Ea(s)} = \frac{K_m \cdot n}{s(T_m s + 1)} \quad (16)$$

Expresado en diagramas de bloques se presentará de la siguiente manera:



### 5.7. Cálculo y determinación motor:

Para la determinación del motor que cumpla con las características necesarias para la banda de transporta de la cabina de desinfección es necesario realizar una serie de cálculo para ello se da una representación simbólica de la banda planteada para el diseño en la siguiente imagen. [20]

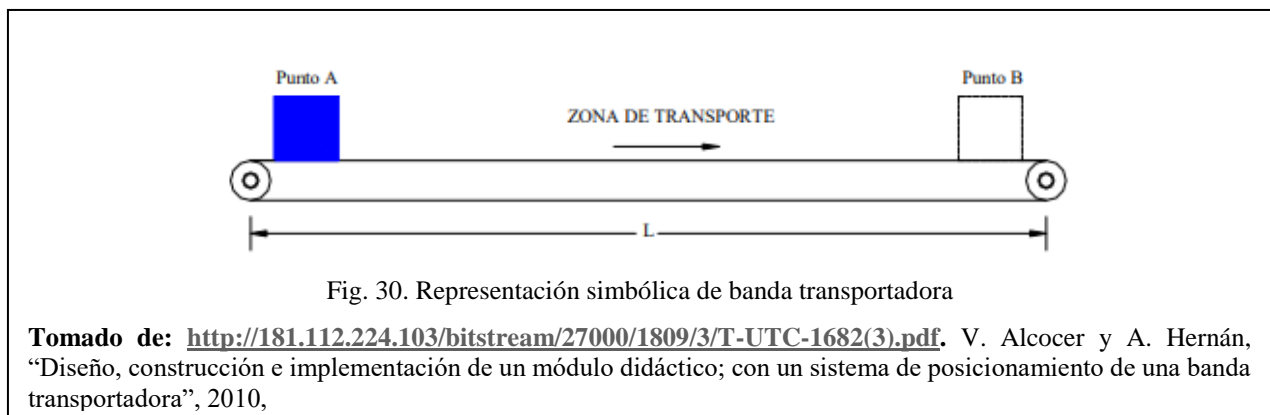


Fig. 30. Representación simbólica de banda transportadora

Tomado de: [http://181.112.224.103/bitstream/27000/1809/3/T-UTC-1682\(3\).pdf](http://181.112.224.103/bitstream/27000/1809/3/T-UTC-1682(3).pdf). V. Alcocer y A. Hernán, "Diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico; con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora", 2010,

#### 5.7.1. Cálculo de la capacidad de transporte de la banda.

Para los cálculos de la capacidad de transporte de la banda es necesario tomar en cuenta la normativa DIN e ISO antes especificada para este caso cómo cálculo inicial se considerará que la longitud entre rodillos es de 800mm y el ancho de la banda es de 600 mm.

$$Q_t = m_q * N \quad (17)$$

$Q_t$  = Capacidad de transportación  $\left[\frac{Tn}{h}\right]$

$m_q$  = Masa de la carga unitaria [kg]

$N$  = Número de objetos transportados en una hora.

$$Q_t = 0.03 \left[\frac{Tn}{h}\right] \quad (18)$$

### ***5.7.2. Cálculo de la velocidad máxima de la banda transportadora***

$$V_t = \frac{L}{T} \quad (19)$$

$V_t$  = Velocidad de transportación  $\left[\frac{m}{s}\right]$

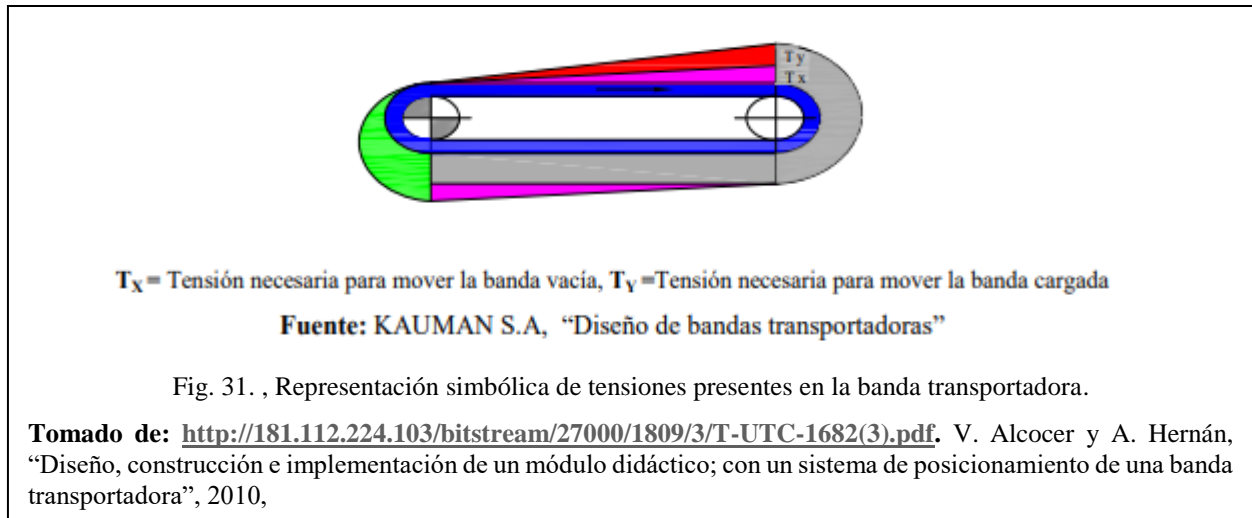
$L$  = Espacio entre rodillos [m]

$T$  = Tiempo que tarda en recorrer la carga la distancia L.

$$V_t = 0.04 \left[\frac{m}{s}\right] \quad (20)$$

### 5.7.3. Cálculo de tensiones de la banda transportadora

Para el cálculo completo y determinación de parámetros de la banda transportadora es necesario tomar en cuenta las tensiones que interviene en la banda y realizar los cálculos respectivos dichas tensiones se encuentran detalladas en la siguiente imagen. [20]



### 5.7.4. Tensión necesaria para mover la banda sin carga

$$T_x = \mu * L_C * W_m \quad (21)$$

$T_x$  = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]

$L_C$  = Distancia entre centros del transportador [m]

$\mu$  = Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos

$W_m$  = Peso de las piezas en movimiento (Rodillos, Banda, etc. )

$$W_m = \left( \left( \text{Rodillos} = 12 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) + \left( \text{Banda} = 2.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) \right) \quad (22)$$

$$W_m = 142.24(\text{unidades})$$

Se usa el valor del peso para el cálculo de la tensión  $T_x$ .

$$T_x = 68.275[N]$$

### 5.7.5. Tensión necesaria para mover la banda cargada

$$T_y = \mu * L_C * Q \quad (23)$$

Previamente se realiza el cálculo de la razón de carga

$$Q = \frac{33.3 * Q_t}{V_t} \quad (24)$$

$Q$  = Razón de carga  $\left[\frac{Kg}{m}\right]$

$Q_t$  = Capacidad de transportación  $\left[\frac{Tn}{h}\right]$

$V_t$  = Velocidad de transportación de la banda  $\left[\frac{m}{h}\right]$

$T_y$  = Tensión necesaria para mover la banda cargada [N]

$\mu$  = Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos

$$Q = 24.975 \left[\frac{Kg}{m}\right]$$

Con el cálculo de la razón de carga se determina la tensión necesaria para mover la banda cargada

$$T_y = 11.988 [N]$$

### 5.7.6. Tensión necesaria para levantar o bajar la carga

$$T_z = H * Q \quad (25)$$

$Q$  = Razón de carga  $\left[\frac{Kg}{m}\right]$

$H$  = Altura del transportador [m]

$T_z$  = Tensión necesaria para levantar o bajar la cargada [N]

Al ser la banda totalmente horizontal esta tensión no se aplica:

$$T_z = 0$$

Con las tensiones encontradas se procede a encontrar la tensión efectiva

$$T_E = T_x + T_y + T_z \quad (26)$$

$T_E$  = Tensión efectiva [N]

$T_x$  = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]

$T_y$  = Tensión necesaria para mover la banda cargada [N]

$T_z$  = Tensión necesaria para levantar o bajar la cargada [N]

$$T_E = 80.263 [N]$$



Además de las tensiones antes calculadas se debe tener en cuenta que en la banda existen dos tensiones principales, la primera la tensión en la parte superior denominada lado tenso (T1) cuya tensión le da firmeza a la banda y es mayor a la segunda tensión, denominada lado flojo o (T2) que es una tensión considerablemente menor a la (T1), dichas tensiones se encuentran representadas en la siguiente imagen.



Fig. 32. Representación simbólica de tensiones presentes en la banda transportadora.

Tomado de: [http://181.112.224.103/bitstream/27000/1809/3/T-UTC-1682\(3\).pdf](http://181.112.224.103/bitstream/27000/1809/3/T-UTC-1682(3).pdf). V. Alcocer y A. Hernán, "Diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico; con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora", 2010,

➤ **Tensión T2: (viñetas)**

$$T_2 = m * T_E \quad (27)$$

$$m = \left( 1 + \left( \frac{1}{e^{\mu * \theta} - 1} \right) \right) \quad (28)$$

$T_E$  = Tensión efectiva [N]

$m$  = Coeficiente de accionamiento [N]

$e^{\mu * \theta}$  = Coeficiente neperiano que relaciona el coeficiente de fricción con el ángulo de contacto de la banda.

Cálculo del ángulo de contacto de la banda y la polea

$$\theta = \pi * + 2 \operatorname{sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2l} \quad (29)$$

$\theta$  = Angulo de contacto de la banda con el rodillo

$D_r$  = Diámetro del rodillo motriz

$d_r$  = Diámetro del rodillo conducido

$$\theta = \pi = 180^\circ$$

$$T_2 = \left( 1 + \left( \frac{1}{e^{(0.6) * (\pi)} - 1} \right) \right) * (T_E)$$

$$T_2 = 94.63[N]$$

➤ **Tensión T1:**

$$T_1 = e^{\mu * \theta} * T_2 \quad (30)$$

$$T_1 = 623.24 [N]$$

### 5.7.7. Cálculo del torque y potencia del motor necesaria para mover la banda.

$$T_{motor} = (T_1 - T_2) * R \quad (31)$$

$$P = (T_1 - T_2) * V_t \quad (32)$$

$$T_{motor} = \text{Torque} \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$R$  = Radio del rodillo [m]

$V_t$  = Velocidad de transportación de la banda  $\left[ \frac{m}{h} \right]$

$P$  = Potencia del transportador [W]

2= Factor de seguridad del motor

$$T_{motor} = 13.21 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$$P = 21.14 [W] * 2$$

$$P = 42.28 [W]$$

Con el dato obtenido de la potencia y en base a las necesidades de control se ha seleccionado un motor de 75w el cual tiene incluido un encoder para su respectivo control sus características se presentan en la siguiente imagen. [21]



▼ **Motor Characteristics**

FRAME SIZE	STACK LENGTH	PEAK STALL TORQUE (T <sub>s</sub> ) OZ-IN	CONT. STALL TORQUE (T <sub>c</sub> ) OZ-IN	ROTOR INERTIA (J <sub>r</sub> ) OZ-IN-SEC <sup>2</sup>	FRICTION TORQUE (T <sub>f</sub> ) OZ-IN	THERMAL RESISTANCE (RM) °C/WATT	MAX RECOMMEND SPEED RPM	MAX WINDING TEMP. °C	POWER RANGE W	WEIGHT LB
C33	-- 100	480	50	0.01	6	3.7	4000	155	75	4.0
C33	-- 200	850	90	0.02	7	2.9	4000	155	120	5.2
C33	-- 300	1200	130	0.025	7.5	2.3	4000	155	150	7.5
C33	-- 400	1250	172	0.04	8	1.8	4000	155	180	9.0

▼ **Sample Windings**

CONSULT MAGMOTOR APPLICATION STAFF FOR OTHER AVAILABLE WINDINGS

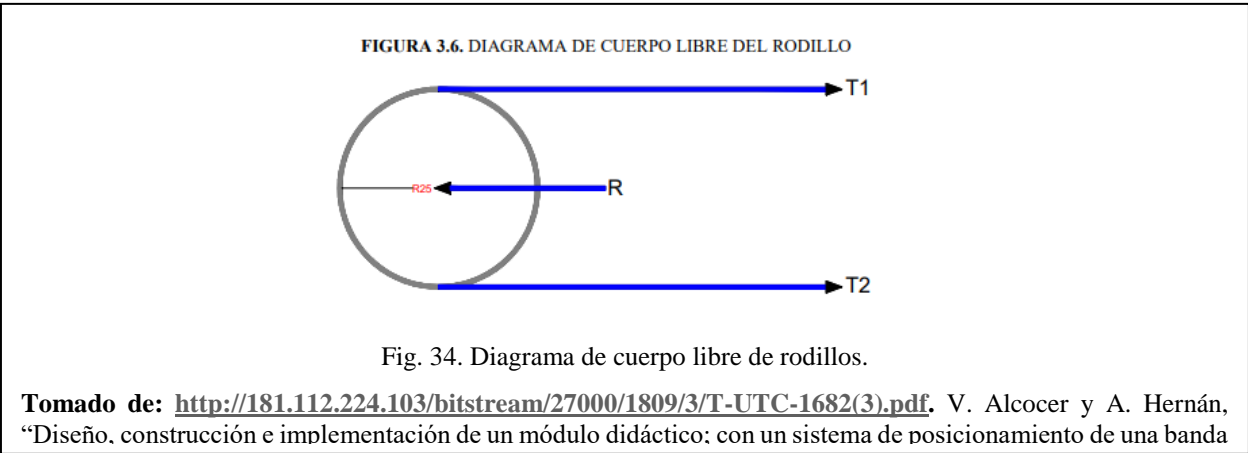
	C33 -- 100				C33 -- 200				C33 -- 300				C33 -- 400			
	E	G	J	L	D	F	I	K	E	G	I	K	C	E	H	J
<b>Torque Constant (Kt)</b> oz-in/amp	6.8	10.8	21.4	34.1	9.9	16.3	31.4	50.0	18.0	28.7	45.3	72.0	15.2	24.2	48.3	76.4
<b>Voltage Constant (Ke)</b> Volts/Krpm	5.0	8.0	15.8	25.2	7.3	12.1	23.2	37.0	13.3	21.2	33.5	53.2	11.2	17.9	35.7	56.5
<b>Term. Resistance (Rt)</b> Ohms (cold)	0.4	0.95	2.9	5.8	0.4	0.85	2.8	8.0	0.73	1.4	3.8	10.0	0.5	1.0	3.5	8.6
<b>Peak Current (A)</b> Amps	75	48	24	15	75	48	24	15	75	48	24	15	75	48	24	15
<b>Cont. Current (A)</b> Amps	7.3	4.7	3.0	2.0	7.3	4.7	3.0	2.0	7.3	4.7	3.0	2.0	7.3	4.7	3.0	2.0

Fig. 33. Características técnicas del motor seleccionado.

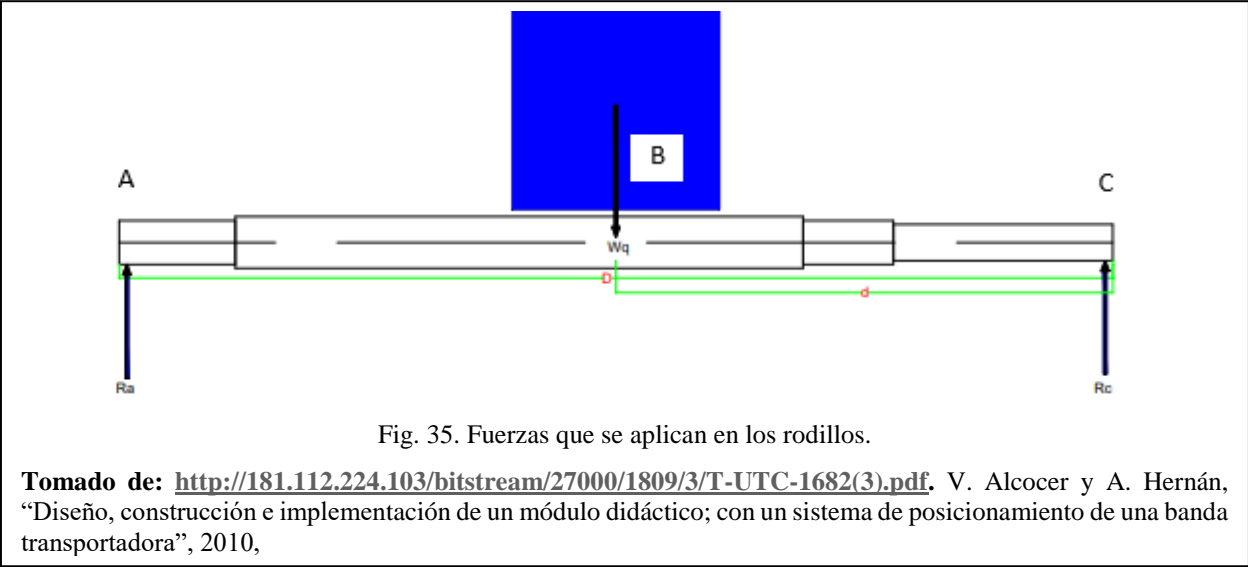
Tomado de: <http://www.magmotor.com/brushed/c33.pdf>. V. Alcocer y A. Hernán, “Diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico; con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora”, 2010,

**5.7.8. Análisis mecánico de los rodillos:**

Se calcula si el rodillo soporta las cargas estáticas a las que se encuentra sometido para ello partimos de un diagrama de cuerpo libre. [20]



Para su cálculo correspondiente se asume una fuerza distribuida  $W_q$  equivalentes a la tensión T1 y T2 y su diagrama de cuerpo libre se representa de la siguiente manera:



Los datos empleados son:

$$D = 0.6 [m]$$

$$d = 0.3 [m]$$

$$W_q = 98 [N]$$

Las fuerzas de reacción  $R_c$  y  $R_a$  deben igualar a la fuerza del peso en oposición.

Aplicando las ecuaciones se obtiene las reacciones tanto en  $R_a$  y  $R_c$

$$\sum Fy = 0$$

$$R_a - W_q + R_c = 0 \quad (32)$$

$$R_a = 98 [N] - R_c(1) \quad (33)$$

$$\sum MA = 0$$

$$R_a(0) - W_q(D - d) + R_c(D) = 0 \quad (34)$$

$$0 - (98 [N] * (0.6 - 0.3)) + R_c * (0.6[m]) = 0$$

$$R_c = 49[N]$$

$$R_c(0) - W_q(D - d) + R_a(D) = 0 \quad (36)$$

$$0 - (98 [N] * (0.6 - 0.3)) + R_a * (0.6[m]) = 0$$

$$R_a = 49[N]$$

Se calculo las fuerzas cortantes y momentos flectores en cada superficie del rodillo

➤ **Tramo AB**

$V_{AB}$  = Fuerza cortante en el tramo AB

$$M_{AB} = V_{AB} * (d) \quad (37)$$

$$M_{AB} = 5.7[Nm]$$

➤ **Tramo BC**

$$M_{BC} = 49 * (D) - 98(D - 0.3)[Nm] \quad (38)$$

$$M_{BC} = 0[Nm]$$

Si se remplaza D x d:

$$M_{BC} = 49 * (0.3) - 98(0.3 - 0.3)[Nm] \quad (39)$$

$$M_{BC} = 14.7[Nm]$$

➤ **Determinamos el momento torsionante del rodillo:**

$$M_T = \frac{P}{W_R} \quad (40)$$

$M_T$  =Momento Torsionante [N\*m]

$P$  = Potencia en [Watts]

$W_R$  = Velocidad angular del rodillo  $\left[\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right]$

La velocidad angular del rodillo es tomada de la ficha técnica que tenga el motor:

$$W_R = 418 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right]$$

$$M_T = 0.35[\text{kg} * \text{m}]$$

**Cálculo del diámetro de los rodillos:**

$$d^3 = \frac{16 * 2n_s}{\pi * S_y} * \sqrt{(M_{BC})^2 + (M_T)^2} \quad (41)$$

$d$  = Diámetro del eje del rodillo en [m]

$S_y$  = Resistencia de fluencia del material  $\left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$

$n_s$  = Factor de seguridad escogido

$M_{AC} = M_{AC}$  = Momento flector en [Kg\*m]

$M_T$  = Momento Torsionante en [Kg\*m]

Para el cálculo del diámetro de los rodillos es necesario considerar un factor de seguridad en rodillos 5, y la resistencia de fluencia sale directamente de los datos de material del que se fabriquen los rodillos en nuestro caso el material seleccionado es de Acero ASI 304 cuya resistencia de fluencia es  $585 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right]$  o  $59'653,398.459 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right]$ .

$$d = 0.030[\text{m}] = 30[\text{mm}]$$

### 5.7.9. Cálculo de la longitud de la banda:

Para la determinación de la longitud total de la banda transportadora se toma en cuenta la siguiente ecuación. [22]

$$L_b = 2L + 1.57 * (D_r + d_r) + \frac{(D_r + d_r)}{4L} \quad (42)$$

$L_b$  = Longitud de la banda [m]

$L$  = Distancia entre centro de los rodillos [m]

$D_r$  = Diámetro del rodillo motriz [m]

$d_r$  = Diámetro del rodillo conducido [m]

$$L_b = 1.73 \text{ [m]}$$

### 5.7.10. Tensión mínima para evitar el pandeo excesivo:

Para determinar si con la tensión de la banda es suficiente para soportar la carga máxima planteada se realiza el siguiente cálculo para ello se plantea un diagrama de cuerpo libre en la siguiente imagen. [22]

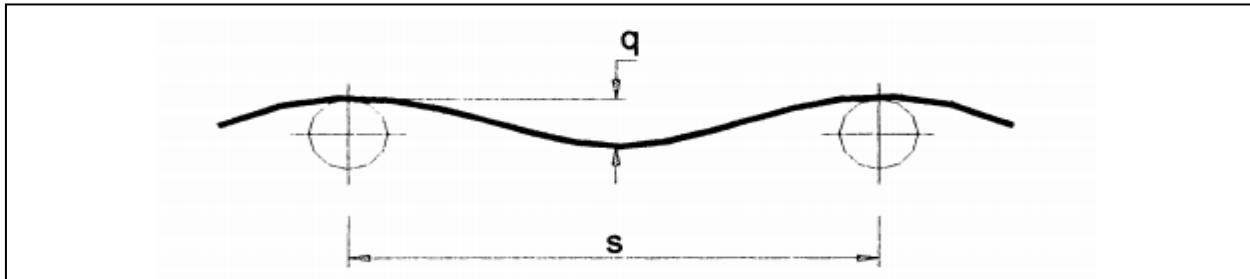


Fig. 36. Flecha o pandeo permisible de la banda.

Tomado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4477>. Software para diseño de transportadores de banda”, ene. 2002

$$T_o = \frac{s(G_b + M_{pm})}{8 * \left(\frac{q}{s}\right)} * g \quad (43)$$

$T_o$  = Tensión mínima

$s$  = Espaciamiento de los rodillos [m]

$G_b$  = peso de la banda  $\left[\frac{Kg}{m}\right]$

$M_{pm}$  = Carga del material por metro de la banda  $\left[\frac{Kg}{m}\right]$

$\left(\frac{q}{s}\right)$  = Flecha permisible (entre 0.005 y 0.02)

$g$  = Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$M_{pm} = \frac{Q_t}{3.6 * v} * g \quad (44)$$

Donde:

$Q_t$  = Capacidad de transportación  $\left[\frac{Tn}{h}\right]$

$v =$  Velocidad de la banda  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$$M_{pm} = 2.04 \left[\frac{Kg}{m}\right]$$

$$T_o = 444.92 [N]$$

Dado que la tensión mínima para evitar el pandeo es demasiado grande es necesario el uso de más rodillos en el medio de la banda o una estructura que soporte el peso máximo en la parte central de la banda siendo esta la mejor opción para el diseño.

### 5.8 Selección de material para la banda transportadora.

Dado los cálculos anteriores y teniendo en cuenta la normativa utilizada se ha determinado mediante la comparación de varios materiales, que el más idóneo para la construcción de la banda transportadora, siguiendo los criterios de selección de materiales de Ashby [23], es el Poliuretano por su bajo coeficiente de fricción con el acero inoxidable y su utilización en la industria alimenticia las características del material seleccionado se muestran en la siguiente imagen. [24]

		SOUPLEX	
Color		Verde o Blanca	
<b>Materia</b>		<b>Poliuretano</b>	
Dureza		85 ShA	
Cara superior		<b>Lisa</b>	
Cara inferior		Lisa	
Fuerza de tracción		4 daN/cm <sup>2</sup> de sección a 2% de tensión	
		6 daN/cm <sup>2</sup> de sección a 3% de tensión	
		8 daN/cm <sup>2</sup> de sección a 4% de tensión	
Tensión de funcionamiento		3 à 5% según condiciones	
Temperaturas extremas		-20°C / +60°C	
Coeficiente de fricción		PEAD	0,35
		Acero	0,6
		Acero Inoxidable	0,7







Correa plana Anchura < 100mm	Banda transportadora Anchura ≥ 100mm	Color	Espesor banda (mm)	Anchura maxi (mm)	Ø mínimo de rodillo (mm)	Peso (kg/m <sup>2</sup> )
SXPG2	SXBG2		2	1850	20	2,5
SXPW2	SXBW2					
SXPG3	SXBG3		3	1850	40	3,75
SXPW3	SXBW3					
SXPG4	SXBG4		4	1850	60	5
SXPW4	SXBW4					

Fig. 37. Características del material seleccionado para la banda transportadora.

Tomado de: <https://www.mafdel-belts.com/es/>. Catálogo de bandas transportadoras, banda de accionamiento positivo. Mafdel.



### 5.9. Determinación de las dosis de exposición para cada componente y selección de lámparas de desinfección UV-C:

Dado el estudio de Raquel Román Lara, (2015). [7]. Efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta sobre las características sensoriales, la reducción de bacterias patógenas y de deterioro la dosis de exposición en el caso de frutas con los tiempos de 5, 20, 45, 90, 180, 360s, tomando una dosis por segundo de  $620 \frac{\mu W*s}{cm^2}$  o de  $0.62 \frac{J}{cm^2}$  por lo que al tomar en cuenta el tiempo antes descrito la dosis de exposiciones a las que se evalúa la fruta son de:

Tabla VIII. Dosis de exposición para los diferentes tiempos.

Tiempos	Dosis
5	$3.1 \frac{J}{cm^2}$
20	$12.4 \frac{J}{cm^2}$
45	$27.9 \frac{J}{cm^2}$
90	$55.8 \frac{J}{cm^2}$
180	$111.6 \frac{J}{cm^2}$
360	$223.2 \frac{J}{cm^2}$

Para la elección de la lámpara UV-C es necesario conocer la dosis de exposición de cada lámpara UV-C. Basándose en el estudio de, S. Osorio-Giraldo ; I. D. Arellano-Ramírez, (2019). [12]. Diseño y construcción de una cámara de irradiación ultravioleta germicida para la inactivación de *Staphylococcus aureus* en utensilios de cocina. Se pudo determinar que el tipo de lámpara idónea para el estudio es la lámpara TUV 8W FAM/10X25BOX con dosis de exposición de  $1.722 - 0. + 1120 \text{ w/cm}^2$  a 30 cm.

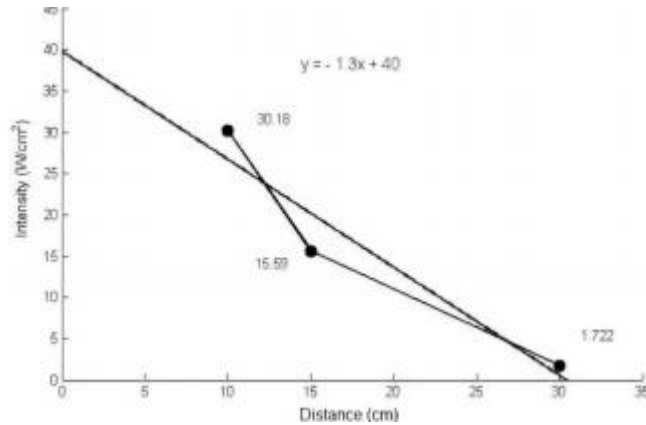


Fig. 38. Gráfica de la dosis de exposición en base a la distancia lámpara TUV 8W FAM/10X25BOX.

Tomado de: <https://www.mafdel-belts.com/es/>, Arellano-Ramírez; Diseño y construcción de una cámara de irradiación ultravioleta germicida para la inactivación de Staphylococcus aureus en utensilios de cocina.

➤ **Dosis de exposición UV-C para frutas pequeñas (viñetas)**

Para obtener una dosis precisa de exposición se hizo un promedio entre los tiempos de 90 y 80s obteniendo una dosis para frutas de 135s es decir una dosis de  $91.8 \frac{J}{cm^2}$  para replicar la dosis mencionada con la lámpara determinada se hace necesario un tiempo de 54s.

➤ **Dosis de exposición UV-C para frutas Grandes**

Para el caso de frutas grandes cómo Sandías o piñas, dado que la dosis en el estudio antes mencionado daba cómo específico tomar un tiempo de 360s es decir  $223.2 \frac{J}{cm^2}$  para replicar esa dosis con la lámpara del estudio se hace necesario tomar en cuenta que la fruta más grande tiene un diámetro máximo de 25 cm es decir se encontraría a 5cm de la lampara seleccionada la dosis por minutos pasa de 1.72 a  $10 \frac{J}{cm^2}$  se necesita un tiempo de 22.32s para obtener la dosis deseada.

➤ **Dosis de exposición UV-C para enlatados**

En el caso de enlatados según el estudio mencionado en la lámpara seleccionada se recomienda un tiempo de 20 a 40 segundos tomando a este último cómo el tiempo seleccionado para aplicarse en la cabina.

### 5.10. Programación:

Tomando en cuenta el diseño final de la banda, el motor usado y el modelo de la lámpara a utilizarse se desarrolla la programación del controlador y el diseño de la pantalla táctil a utilizarse.

#### ➤ Controlador:

Tabla IX. Elementos usados para la programación del controlador.

Material	Tipo	Cantidad
Microcontrolador PIC	18f4550	1
Pantalla táctil	NEXTION	1
Software de simulación	Proteus	1
Software de simulación serial	VSE (significado)	1

Para la programación de la cabina se hizo uso de un PIC 18f4550 dado que dicho microcontrolador cuenta con las siguientes características:

- Extensa memoria para datos y programas
- Soporta modos de comunicación serial
- Memoria reprogramable
- Compatible con una gama completa de programas y sistemas de herramientas de desarrollo que incluye: compiladores C, macroensambladores, circuitos simuladores “Proteus”.
- Compatible con la pantalla táctil Nextion.

La programación fue realizada en el compilador Mikro C Pro y la simulación de su funcionamiento se realizó en el software Proteus, en el cual se incorporó un motor con conder, con las características del motor escogido, cuenta además con una representación de la lámpara UV-C del sistema y una pantalla LCD únicamente para visualización de la velocidad del motor que en el prototipo final no será implementado tal como se lo puede apreciar en la siguiente imagen

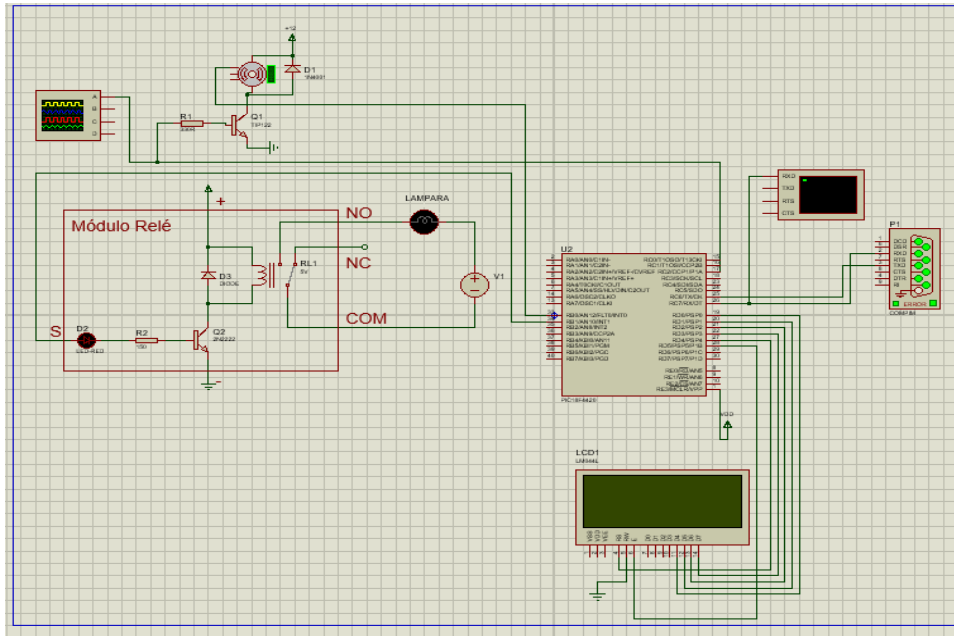


Fig. 39. Implementación del controlador en el software Proteus.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

➤ **Programación de la Interfaz gráfica:**

Para la programación de la interfaz gráfica se utilizó el programa open source Nextion Editor dicho programa se compone de dos pantallas, una pantalla inicial con un botón animado “Start”, que da inicio al programa y pasa a la siguiente pantalla. (Imagen 40)



Fig. 40. Interfaz gráfica pantalla principal Nextion.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

La segunda pantalla cuenta con 3 botones el primero que dará el tiempo de desinfección para alimentos enlatados, el segundo para frutas de tamaño pequeño y el tercero para frutas de tamaño grande, el proceso de desinfección se ve reflejado en la barra de progreso denominada cargando y finalmente la pantalla cuenta con un botón de reset que funcionará como un botón de emergencia que parará el sistema y reiniciará las variables en caso de que existiera un error. (Imagen 41)



➤ **Simulación de programación:**

Para la interacción de la simulación en Proteus y la pantalla se debe configurar los dos programas en el mismo puerto y a la misma velocidad en este caso 9600BD, al simular conjuntamente los dos programas se vería la interacción de la pantalla táctil que realiza una orden mediante botones y el programa en Proteus simula la orden de forma conjunta, como se puede observar en la siguiente imagen.

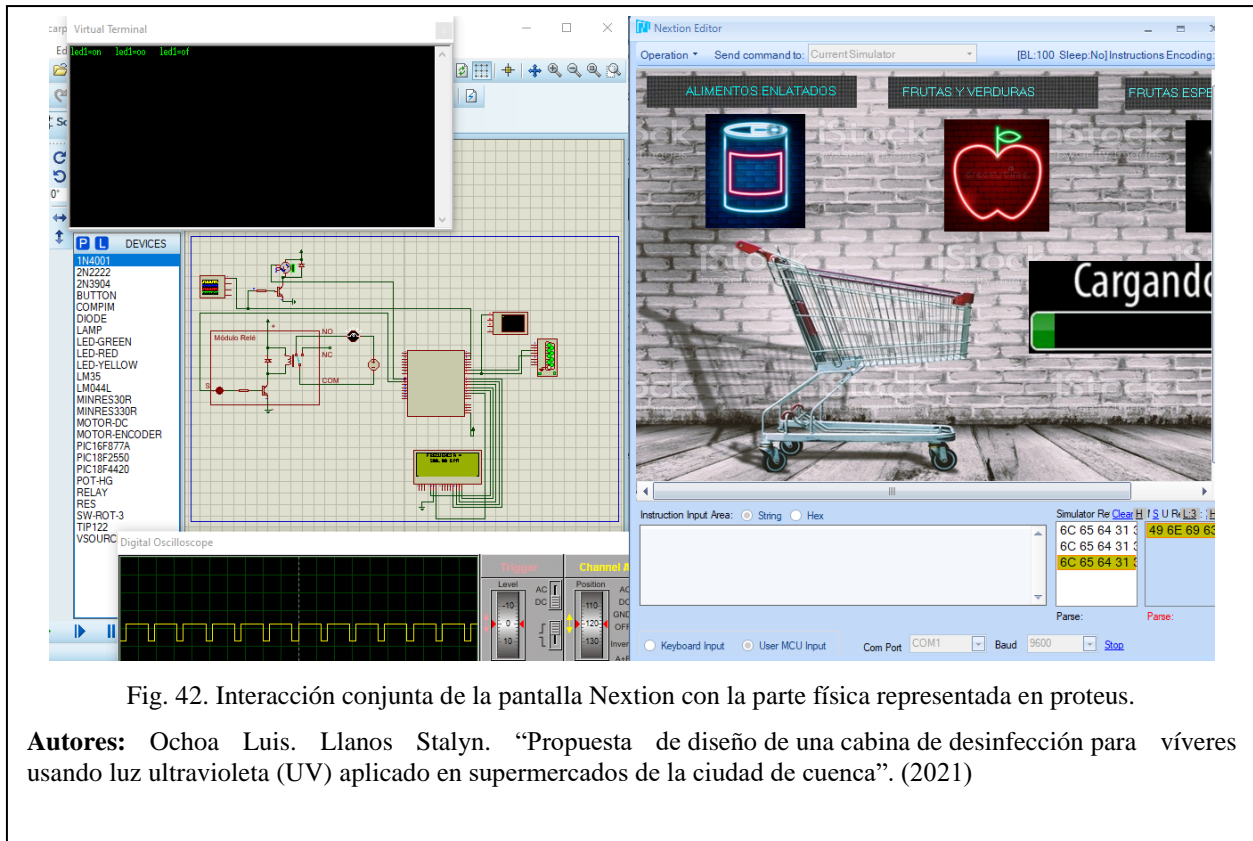


Fig. 42. Interacción conjunta de la pantalla Nextion con la parte física representada en proteus.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

### 5.11. Elaboración placa PCB:

Para la elaboración de la placa PCB se hizo uso del software open source Eagle, por su vinculación directa con el programa open source Autodesk Fusion mismo en el que se realiza el diseño final del prototipo.

El diseño del circuito se realizó con un microcontrolador pic18F4550, para su alimentación se realizó un circuito con el uso de un regulador de voltaje LM7805, que para su regulación optima de voltaje nos recomienda el uso de dos capacitores el primero de 100uF (C1), el segundo de 10uF (C2), y el tercero de 100nF (C3). [25] Para el botón de reset en el MCLR se utiliza un botón pulsante de dos patas y una resistencia recomendada según el fabricante de 10kΩ. En cuanto a la conexión del cristal se hizo uso de un cristal de 10 MHz, con dos capacitores según las recomendaciones del fabricante de 33pF cada uno (C4,C5). [26]

Finalmente, para la entrada de alimentación de 12 voltios y las salidas y entradas del PIC hasta el relé, módulo pwm, encoder, y a la pantalla táctil se colocaron bornearas ya que dichos elementos al ser elementos externos a la placa serán unidos por cables. El esquema detallado se representa en las siguientes imagenes.

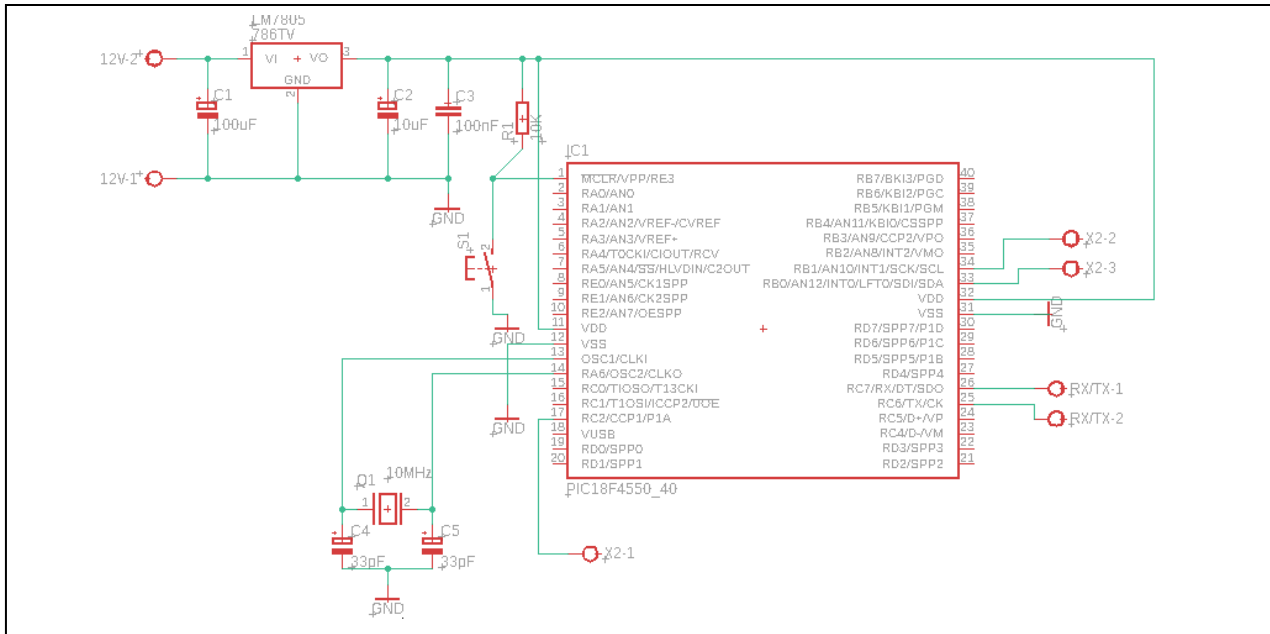


Fig. 43. Diseño esquemático de la placa PCB.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

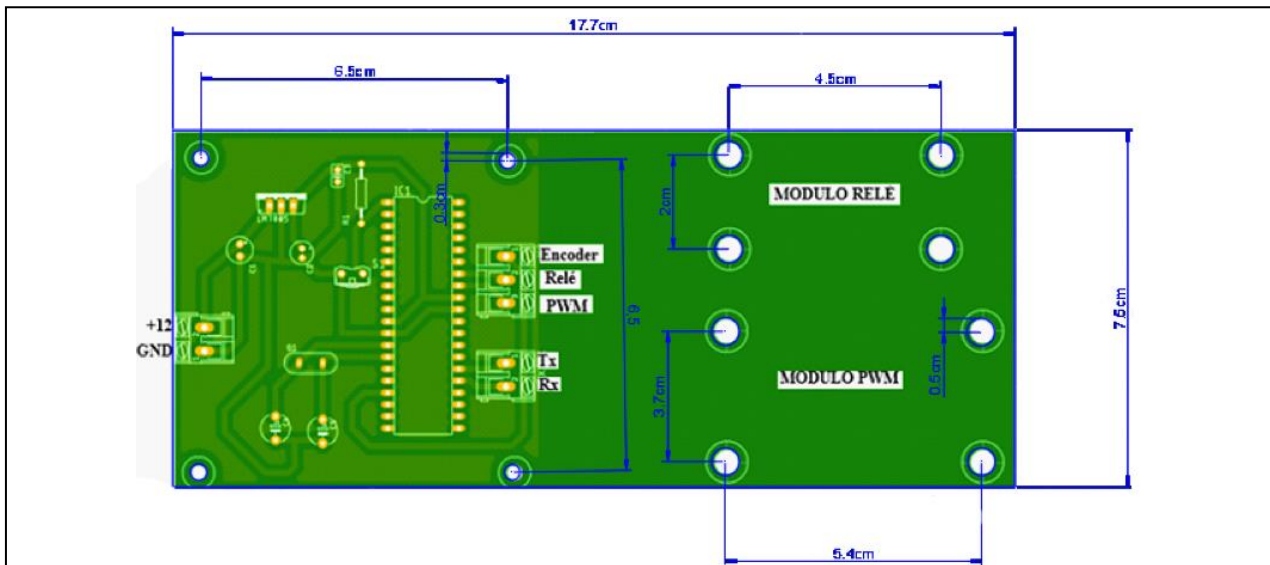


Fig. 44. Distribución de elementos en la placa PCB.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

Dado que el prototipo tendrá dos módulos externos el módulo relé y el módulo PWM, para la ubicación más estilizada de los componentes eléctricos se ha dispuesto un espacio para sujetar directamente dichos módulos en la placa. Las medidas finales de la placa y la disposición de conexiones se presentarán en la siguiente imagen.

Con el montaje de los componentes electrónicos en la placa PCB el diseño final de la placa, cómo su esquema para la impresión en la placa se encuentran representados en las siguientes imágenes:

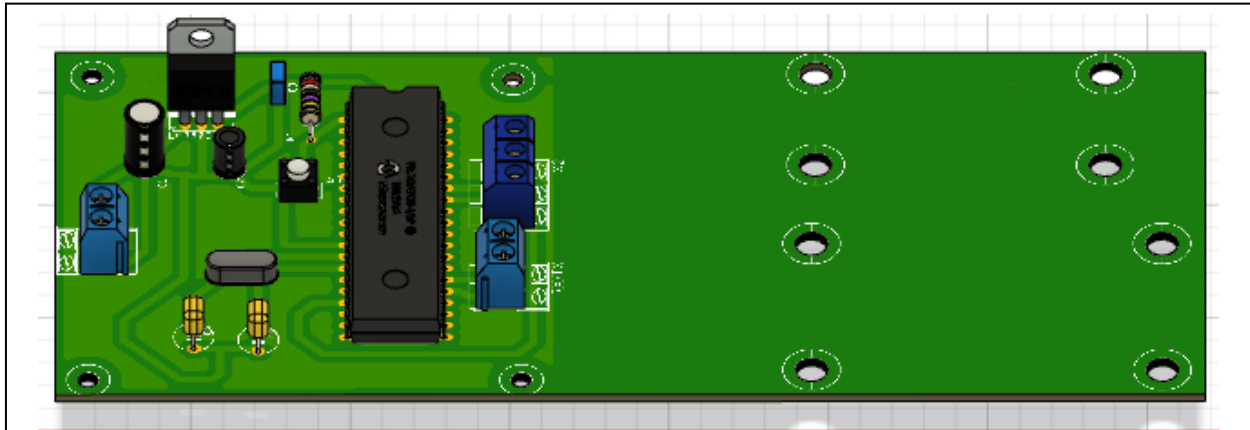


Fig. 45. Placa PCB modelo 3D.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

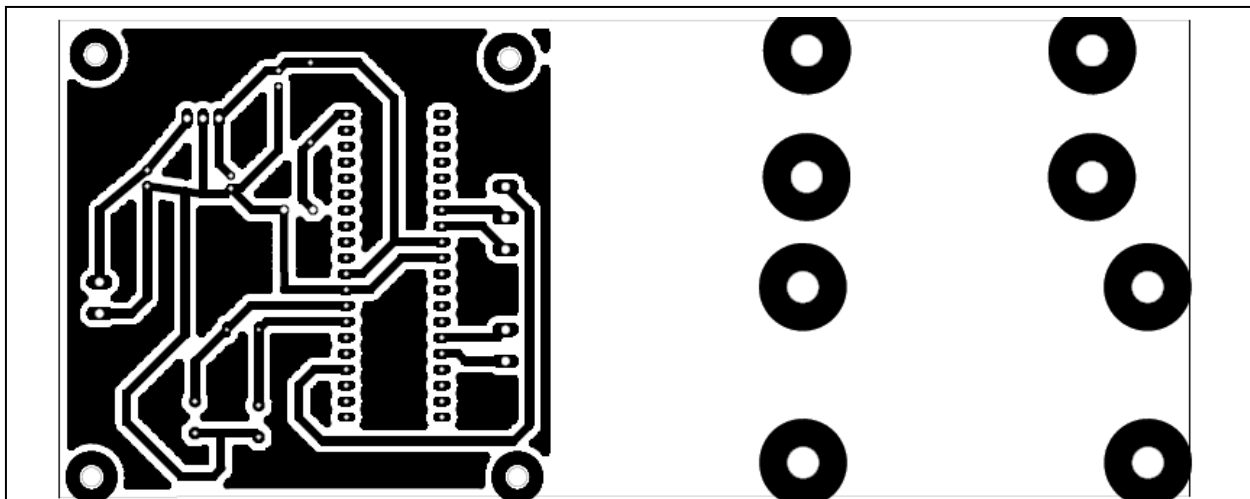


Fig. 46. Esquema de placa PCB.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)



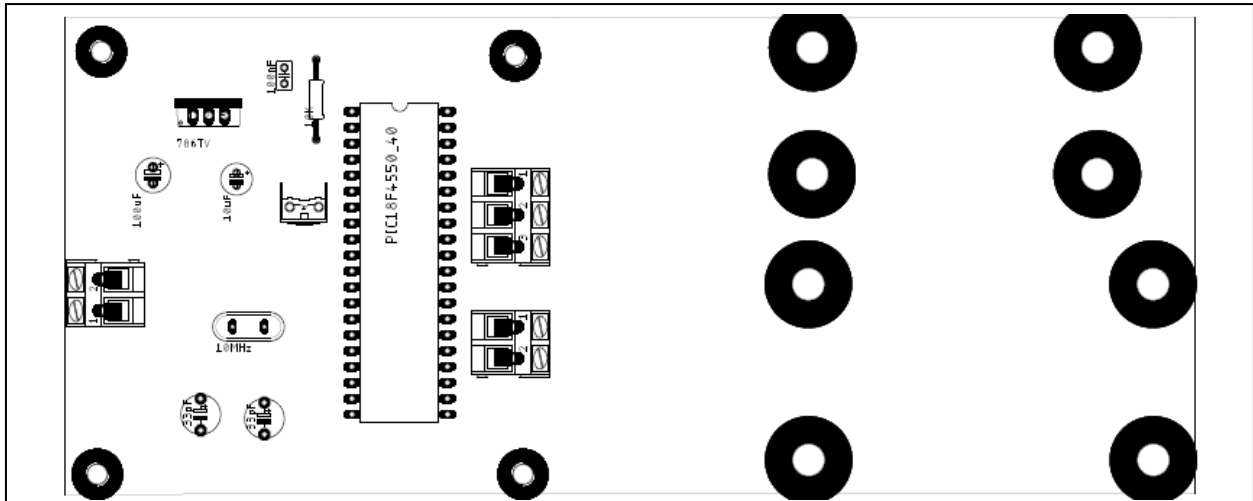


Fig. 47. Esquema de componentes placa PCB.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

### 5.12. Planos Eléctricos:

La conexión completa de elementos de electrónicos cómo de alimentación parten de una línea de alimentación de 110v, costa con protecciones en su entrada, un pulsante de emergencia a partir de los mismos se utiliza dicha línea para alimentar a la lámpara UV-C y a una fuente de alimentación de 500w. [27] Dicha fuente de alimentación dará energía a los demás componentes eléctricos.

Los planos eléctricos presentados se basan en la normativa de colores especificados en el CATÁLOGO DE NORMAS TECNICAS INEN. [28] La codificación de colores en los planos a continuación se presentan de la siguiente forma:

- Marro: Línea de alimentación positiva.
- Azul: Línea de alimentación neutra.
- Negro: Señal

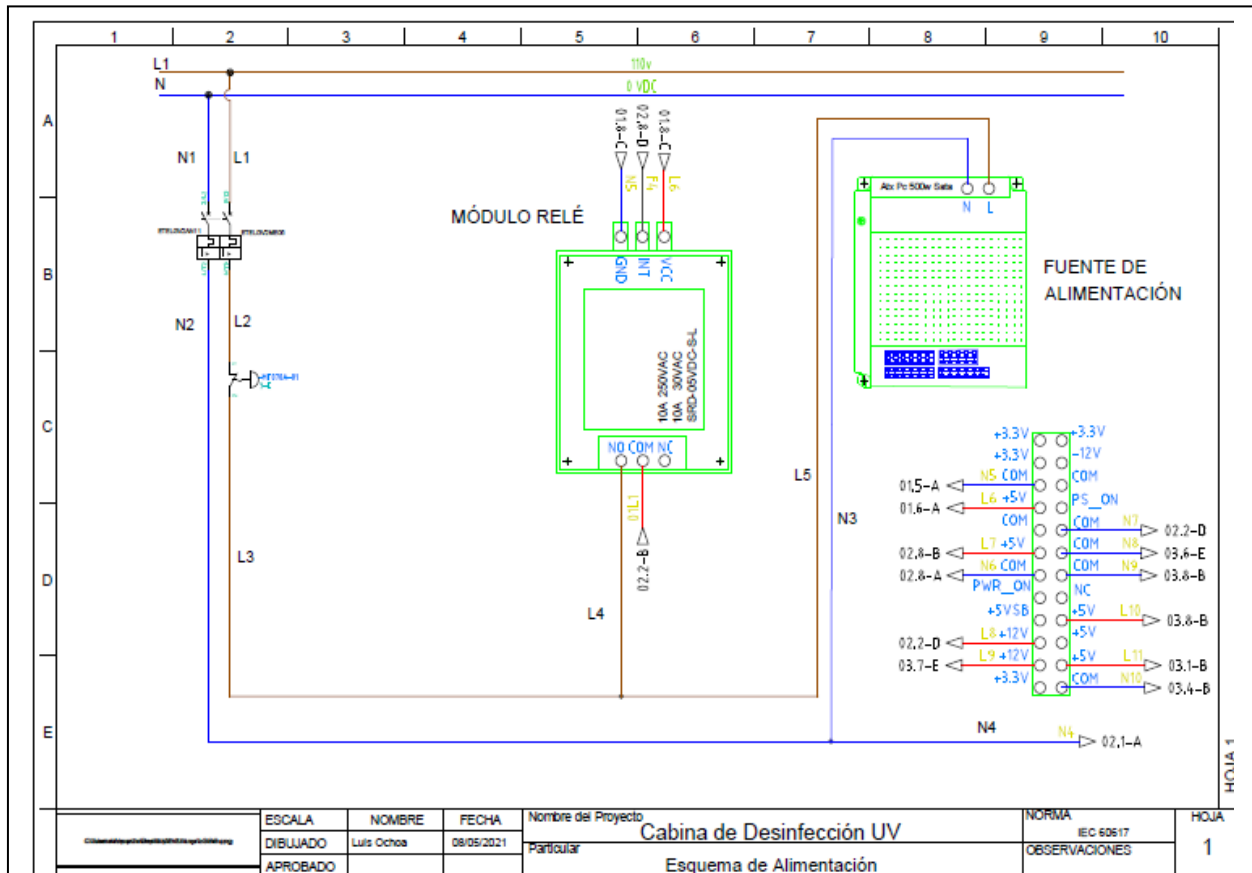


Fig. 48. Planos Eléctricos de Alimentación.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de Cuenca”. (2021)

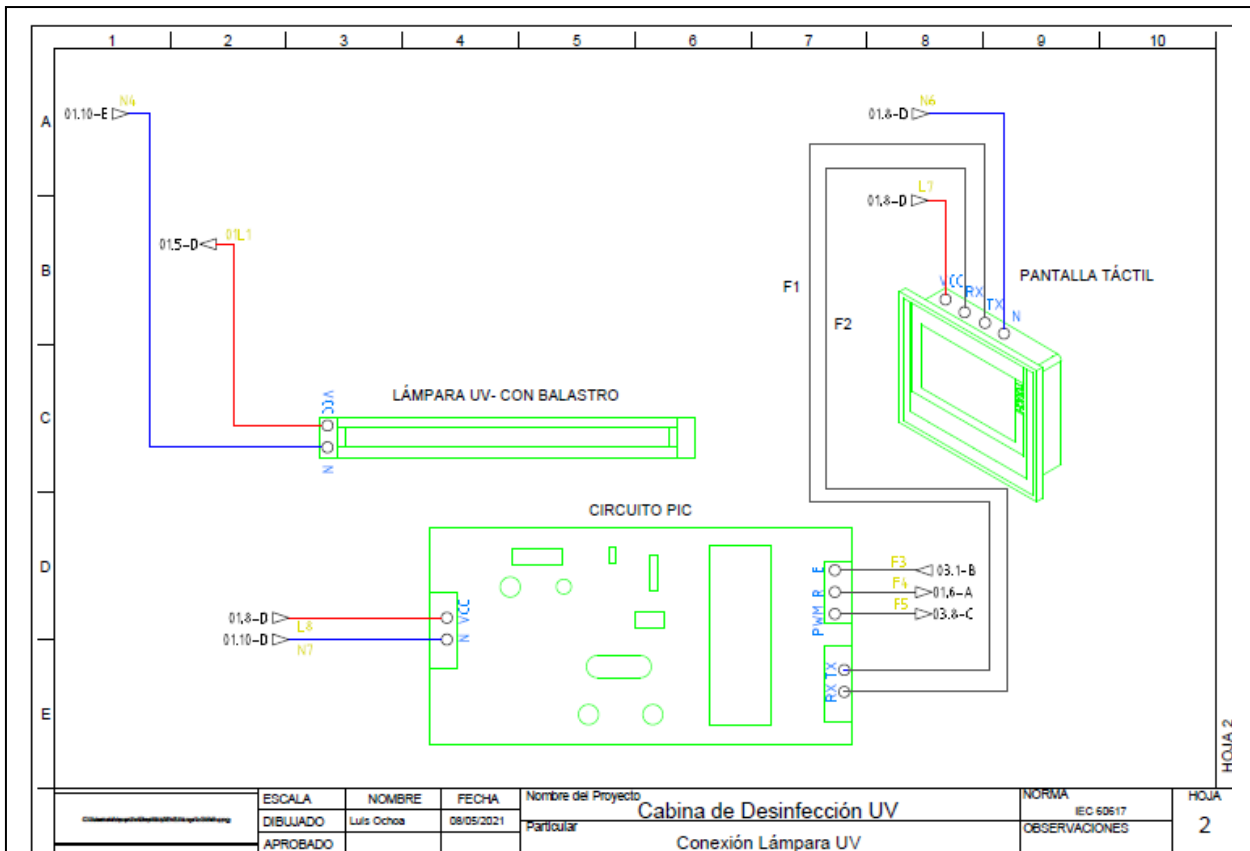


Fig. 49. Planos Eléctricos, conexión circuitos, lámparas y pantalla táctil.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

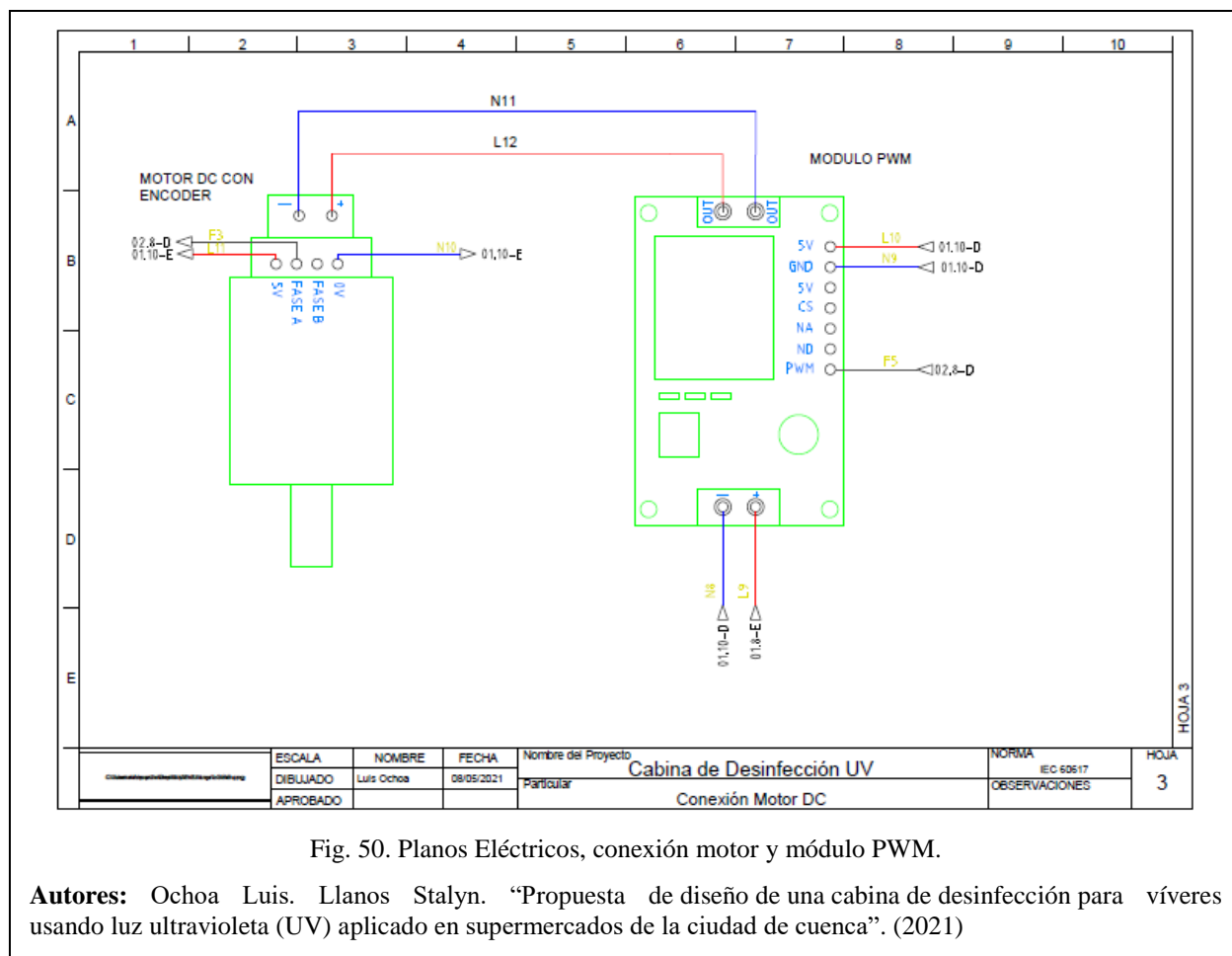


Fig. 50. Planos Eléctricos, conexión motor y módulo PWM.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

### 5.13. Desarrollo del controlador:

Para el control de la cabina de desinfección UV-C se hace uso de un controlador PID que controle el motor para que los víveres expuestos a la luz UV-C obtengan la dosis necesaria para su desinfección sea efectiva.

#### ➤ Modelado matemático del controlador.

La fórmula utilizada en el microcontrolador para el control de motores se deduce a partir de la representación del control PID Paralelo el cual viene dado por la siguiente ecuación matemática en el dominio del tiempo: [29]

$$u(t) = Kc e^{(t)} + \frac{Kc}{ti} \int_0^t e(t) dt + KcTd \frac{de(t)}{dt} \quad (45)$$

Al aproximar el término integral mediante la sumatoria trapezoidal y el término derivativo mediante la diferencia de dos puntos, se obtiene: [29]

$$u(t) = Kc \left[ e(k) + \frac{T_s}{2ti} \sum_{h=0}^k [e(h) + e(h-1)] + \frac{Td}{T_s} [e(k) - e(k-1)] \right] \quad (46)$$

La salida del controlador en el instante k-1. [29]

$$u(k-1) = Kc \left[ e(k-1) + \frac{T_s}{2ti} \sum_{h=0}^k [e(h-1) + e(h-2)] + \frac{Td}{T_s} [e(k-1) - e(k-2)] \right] \quad (47)$$

$$\begin{aligned} u(k) - u(k-1) &= Kc \left[ e(k) - e(k-1) \right. \\ &\quad \left. + \frac{T_s}{2ti} \sum_{h=0}^k [e(h) - e(h-2)] + \frac{Td}{T_s} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \right] \quad (48) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u(k) - u(k-1) &= Kc \left[ e(k) - e(k-1) + \frac{T_s}{2ti} [e(k) \right. \\ &\quad \left. + e(k-1)] + \frac{Td}{T_s} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \right] \quad (49) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u(k) - u(k-1) &= Kc \left[ \left( 1 + \frac{T_s}{2ti} + \frac{Td}{T_s} \right) e(k) - \left( 1 - \frac{T_s}{2ti} + \frac{2Td}{T_s} \right) e(k-1) + \frac{Td}{T_s} e(k-2) \right] \quad (50) \end{aligned}$$

Esta última ecuación del controlador PID se puede escribir cómo:

$$u(k) = u(k-1) + q_0 e(k) + q_1 e(k-1) + q_2 e(k-2) \quad (51)$$

En dónde se sabe que :

$$q_0 = kc \left( 1 + \frac{T_s}{2ti} + \frac{Td}{T_s} \right) \quad (52)$$

$$q1 = kc \left( 1 - \frac{Ts}{2ti} + \frac{2Td}{Ts} \right) \quad (53)$$

$$q0 = \frac{KcTd}{Ts} \quad (54)$$

La ecuación final del controlador PID en discreto por la transformada z es: [29]

$$C(Z) = \frac{U(Z)}{E(Z)} = \frac{q0 + q1z^{-1} + q2z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad (55)$$

### ➤ Deducción de las variables del PID.

Para la deducción y ajuste de las variables del PID se hace uso de la herramienta de sintonización de controladores PID Tuner, herramienta del software Matlab, dicha herramienta sintoniza automáticamente las ganancias de un controlador PID para una planta SISO para lograr un equilibrio entre rendimiento y robustez. [30]

Para la sintonización de variables se utiliza la función de transferencia calculada con anterioridad y se ajusta según la gráfica cómo se muestra en la siguiente imagen.

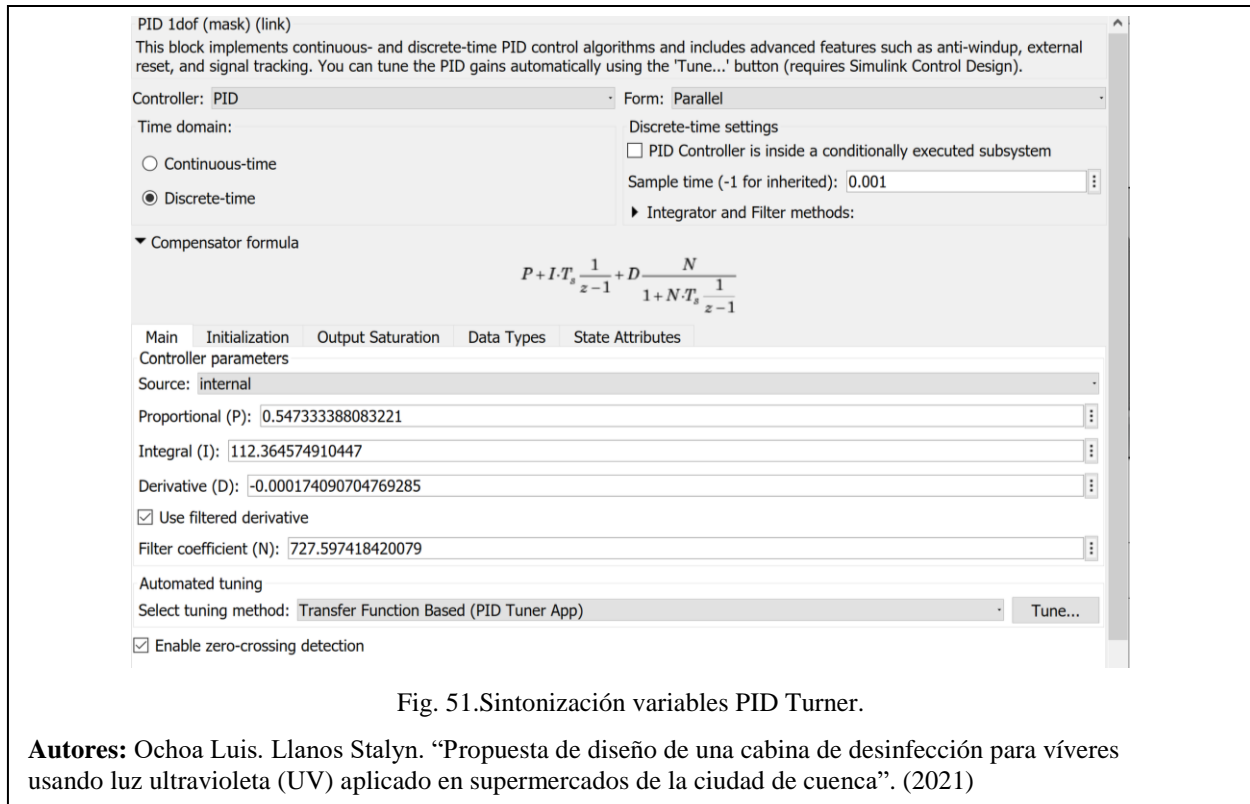
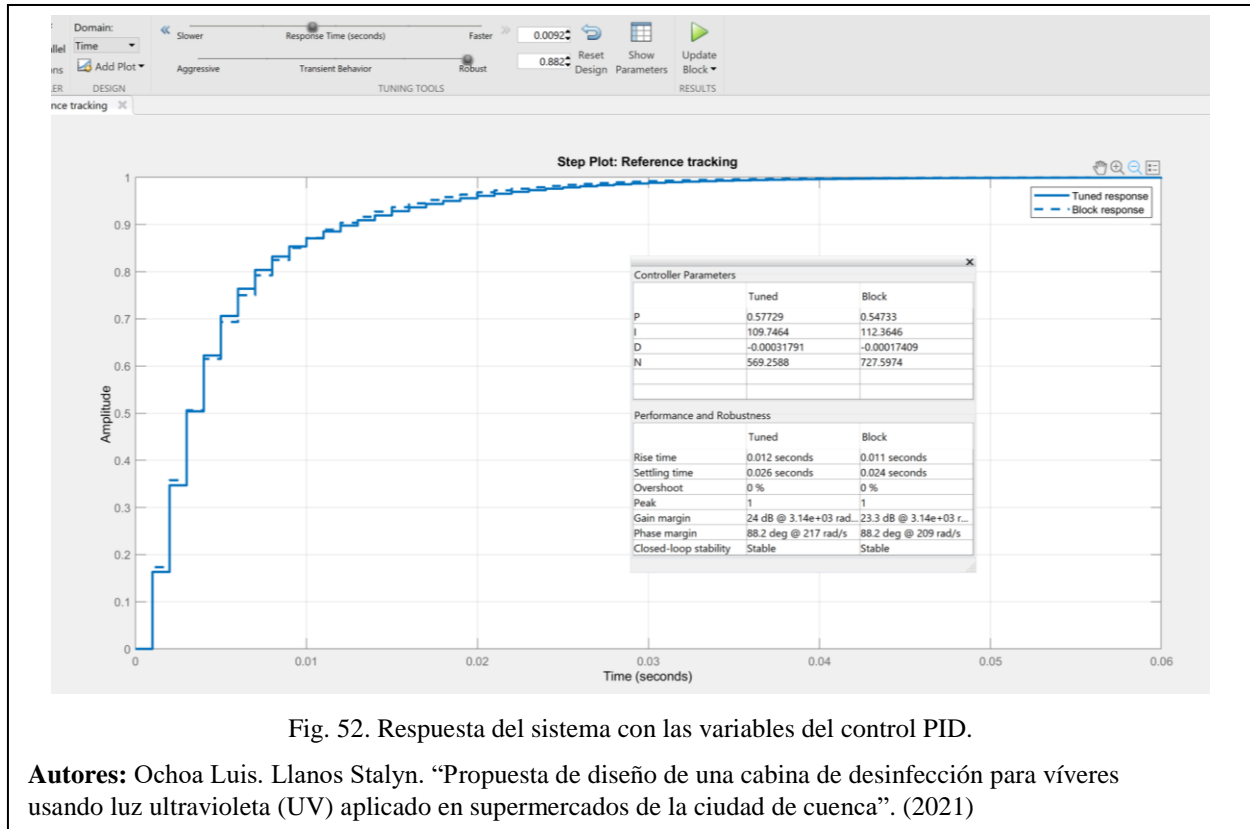


Fig. 51. Sintonización variables PID Turner.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

Las variables del controlador  $P=0.54733$ ,  $I=112.3645$  y  $D= -0.00174$  con un tiempo de muestreo de 100 ms garantizan el control robusto del sistema y un overshoot de 0% y un tiempo de estabilización rápido de 0.04s haciendo un control robusto y de respuesta rápida dicha respuesta se puede observar en la siguiente imagen.



### ➤ Implementación sistema de control Matlab

La determinación del funcionamiento óptimo del controlador se le realiza mediante el software Matlab para ello se implementa tanto el controlador PID cómo la planta del sistema se realiza una perturbación en el sistema y se realiza la simulación para obtener las gráficas correspondientes para observar el comportamiento del sistema en la siguiente imagen se muestra dicha implementación en el software Matlab.

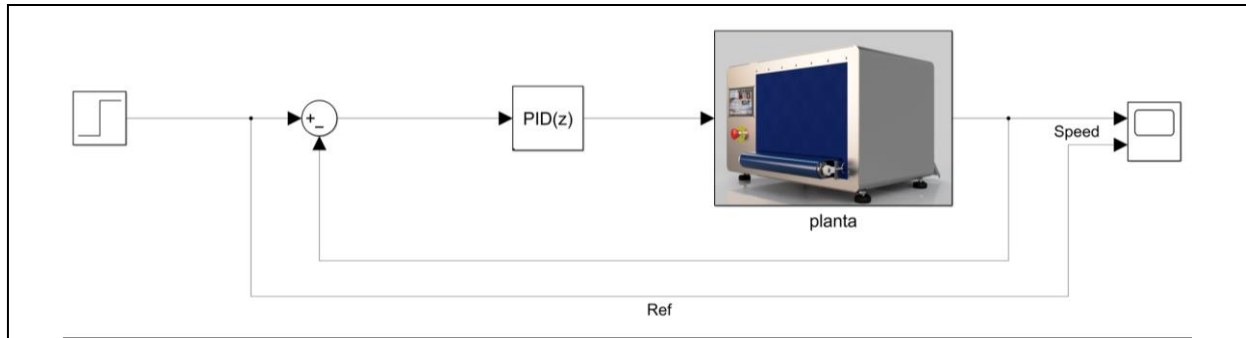


Fig. 53. Implementación sistema de control Matlab.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

La planta del sistema se encuentra conformado tanto con por el motor que controla la banda, como por el ensamble realizado en fusión del sistema completo al motor se le aplica un voltaje y una velocidad variable para ajustarse a los tiempos de exposición dicho sistema se aprecia en la siguiente imagen.

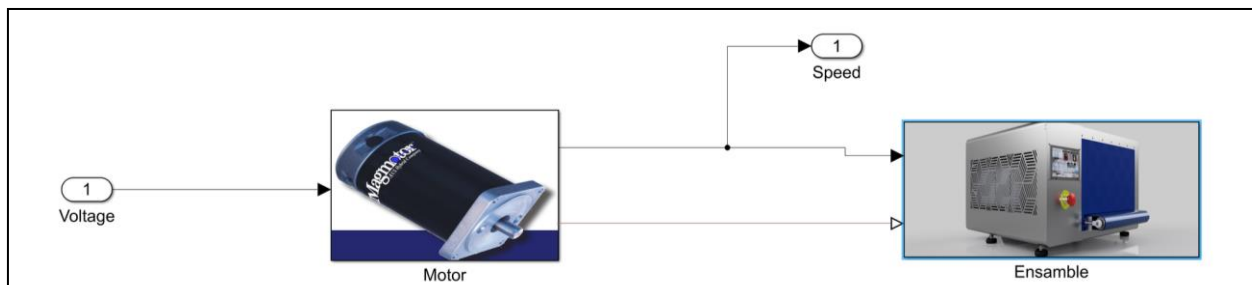


Fig. 54. Diseño interno de la Planta.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

El sistema del motor se encuentra conformado por el modelado físico del motor con las características del motor seleccionado cuyas características se pueden observar en la Fig. 33 el modelado físico del motor en Matlab se aprecia en la siguiente imagen.



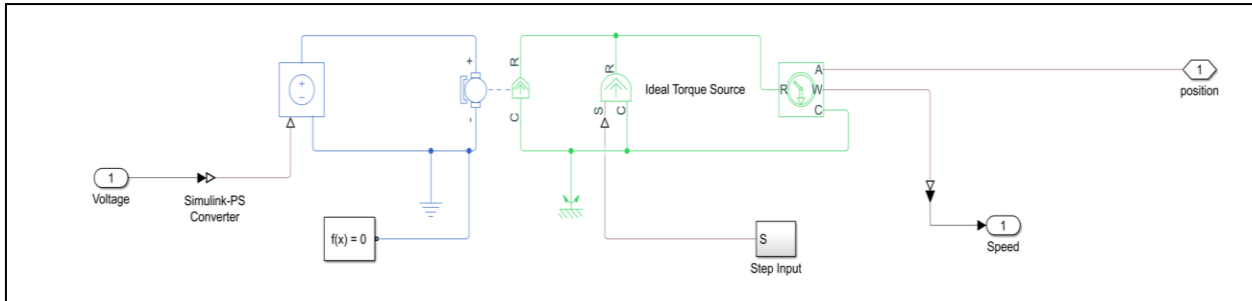


Fig. 55. Modelado físico del motor Matlab.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

El ensamble del prototipo realizado en Fusion se importa en Matlab y se configura con la ayuda de ciertos módulos para garantizar su funcionamiento la incorporación del ensamble se presenta en la siguiente imagen.

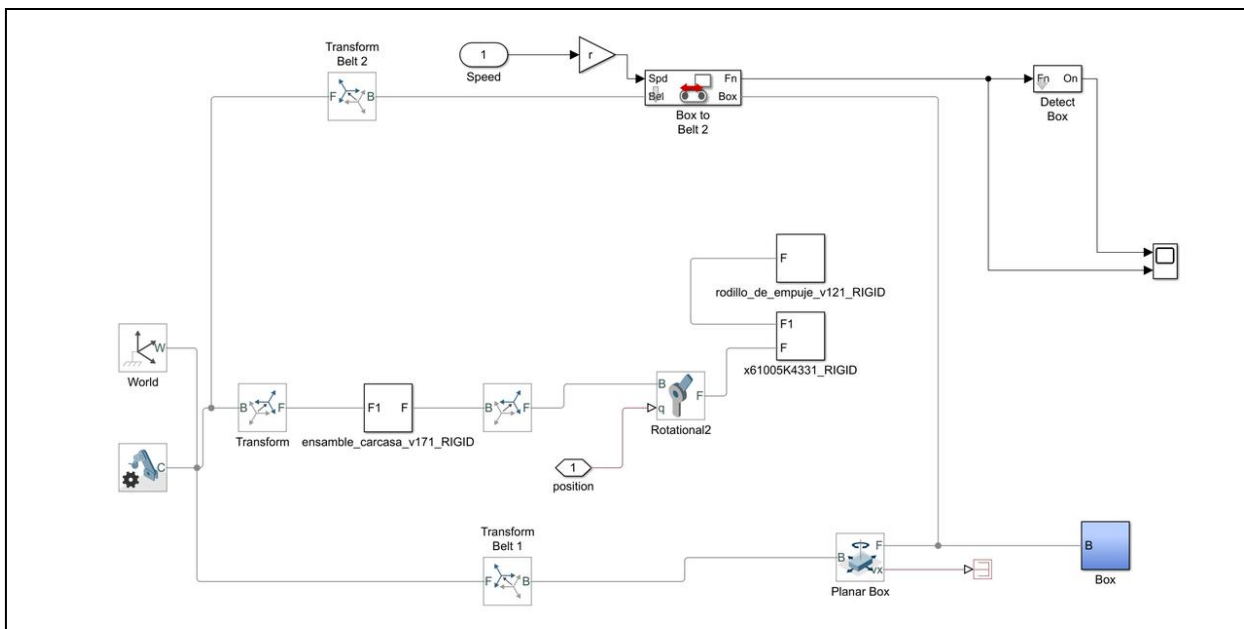


Fig. 56. Ensamble del prototipo de la cabina Matlab.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

#### 5.14. Prototipo final:

El modelo del prototipo final realizado en el software open source Fusión consta de unas patas ubicadas en la parte inferior ancladas directamente a la estructura, las cuales servirán para nivelar la posición de la cabina, en la parte delantera posee una pantalla Nextion de 7 pulgadas con la

interfaz gráfica cargada para el control de la cabina. Además, consta de un botón de emergencia en la parte frontal de la cabina que inhabilitará el proceso de la cabina en caso de presentarse un desperfecto el prototipo, el interior de la cabina se encuentra cubierto por una cortinilla de EPDM (monómero de etileno y propileno dieno), material resistente a luz UV-C, el diseño se presenta en la siguiente imagen.



Fig. 57. Vista frontal Cabina de desinfección UV.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

La parte superior de la cabina posee una toma de entrada de aire para los componentes electrónicos que se encuentran en el interior de la cabina. La carcasa tornillos y demás elementos de la cabina se elaboran de acero inoxidable por las propiedades del material compatibles con alimentos y líquidos en la siguiente imagen se aprecia lo descrito.



Fig. 58. Vista superior cabina de desinfección UV.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

En la parte lateral del se encuentra una segunda toma de aire con un diseño particular por la cual circulará el aire para los elementos electrónicos del interior. En la parte posterior se encuentra la salida de alimentos del proceso de desinfección aquí se encuentra una pequeña rampa y los bazos sujetadores de la funda plástica en la que se depositarán los alimentos luego de su desinfección. Además, se presenta la salida de aire del ventilador de la fuente de alimentación interna, lo descrito se aprecia en la siguiente imagen.



Fig. 59. Vista posterior - lateral cabina de desinfección UV.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

En el interior de la cabina se encontrará la banda de transporte de los alimentos accionada por el motor seleccionado. En la parte superior se aprecia la lampara de desinfección UV-C colocada a la distancia determinada para proporcionar las dosis de exposición determinadas cómo se aprecia en la siguiente imagen.



Fig. 60. Vista interior cabina de desinfección UV

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados estará enfocado en la comprobación de funcionamiento mecánico, electrónico y de control del prototipo planteado, así como la interacción entre las mismas, mediante el uso de cálculos y simulaciones que avalen la viabilidad del prototipo planteado.

### 6.1. Modelo Mecánico:

#### 6.1.1. Determinación de esfuerzos en la chapa metálica de la estructura:

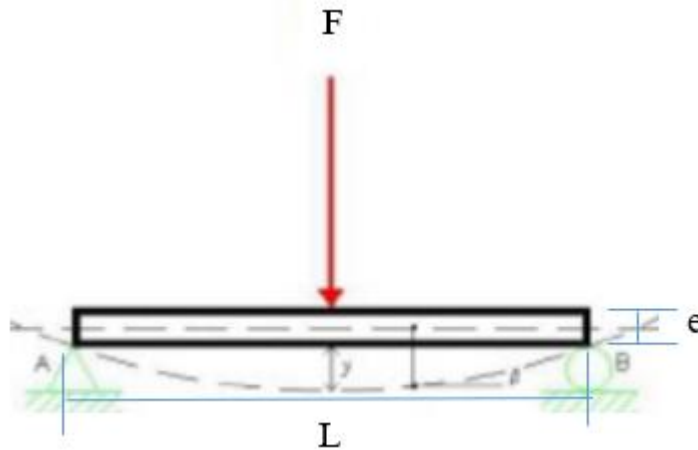


Fig. 61. Diagrama de cuerpo para la determinación de esfuerzos .

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

$$\sigma = \frac{F}{L \cdot e} \quad (56)$$

F: Fuerza producida por el peso total de la cabina más el peso de la carga aplicada en la banda:  
490.5N

L: Longitud : 653mm

e: Espesor: 1.5mm

$$\sigma = 0.500\text{Mpa}$$

Determinando que el esfuerzo de la chapa metálica de acero inoxidable con un espesor de 1.5mm con la fuerza aplicada, el esfuerzo de compresión es de 0.500 MPa comparado con el esfuerzo

máximo del material de 589MPa se determina que las placas seleccionadas para la estructura resistirán de forma satisfactoria.

### 6.1.2 Cálculo y determinación de tornillos

#### ➤ Comprobación del cortante del tornillo:

$$F_v \cdot R_d = \frac{N \cdot \alpha \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{m2}} \quad (57)$$

donde:

A: Es la sección transversal bruta del tornillo (si el plano de cortadura no interesa a la zona roscada del tornillo), o el área resistente a tracción del tornillo (si el plano de cortadura interesa a la zona roscada del tornillo)

$f_{ub}$ : es la resistencia última a tracción del tornillo.

El valor de  $\alpha$  recomendados son:

- si el plano de cortadura no interesa a la zona roscada del tornillo,  $\alpha = 0.6$

- si el plano de cortadura interesa a la zona roscada del tornillo,  $\alpha = 0.5$ .

$\gamma_{m2}$  = Coeficiente de minoración acero inoxidable 1.25

$$F_v \cdot R_d = 3109.02 \text{ N}$$

#### ➤ Cálculo del número de tornillos

$$N^\circ = \frac{F}{F_v \cdot R_d} \quad (58)$$

F: Fuerza a la que estarán sometidas los tornillos 392.4N

$$N^\circ = 0.13 = 1$$

Con el uso de 1 solo tornillo M2.2 x 6mm aguantaría la carga de forma satisfactoria, pero por temas de estabilidad se utilizarán 4 tornillos para anclar las tapas y sostener la banda a la chapa metálica.

#### ➤ Aplastamiento en la chapa:

$$F_b \cdot R_d = \frac{K_1 \cdot a_b \cdot f_{ub} \cdot dt}{\gamma_{m2}} \quad (59)$$

siendo  $a_b$  el menor de:

- $a_d$
- $f_{ub}/f_{u,red}$
- 1.0

donde:

d: es el diámetro del tornillo.

t: es el espesor de la chapa.

$f_{ub}$ : Es la resistencia última a tracción característica de la chapa.

$a_d = e_1/3d_0$ : Para tornillos extremos en la dirección de transferencia de la carga.

$a_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$ : Para tornillos interiores en la dirección de transferencia de la carga.

$K_1$  es el menor valor de  $2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7$  o 2.5 para tornillos extremos, en dirección perpendicular a la dirección de transferencia de la carga.

$K_1$  es el menor valor de  $1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7$  o 2.5 para tornillos interiores, en dirección perpendicular a la dirección de transferencia de la carga.

$$F_b \cdot R_d = \frac{2.5 * 3.83 * 207 * (2.2) * (1.5)}{1.25}$$

$$F_b \cdot R_d = 5232.546 \text{ N}$$

### ➤ Rotura a la tracción de la chapa

$$\frac{F}{A_n} \leq \frac{F_y K}{Y_{m0}} \quad (60)$$

$A_n$  = Área neta del tornillo  $15.2 \text{ mm}^2$

$F_y K$  = Resistencia del acero inoxidable  $589 \text{ N/mm}^2$

$Y_{m0} = 1.10$

$$25.81 \leq 535.45$$

Dado el cumplimiento de la condición anterior se determina que no existe rotura por la tracción en la chapa de acero inoxidable.

➤ **Desgarramiento:**

$$\frac{F}{2 \cdot d \cdot t} \leq \frac{F_y K}{Y_{m0} \cdot \sqrt{3}} \quad (61)$$

$$59.45 \leq 309.14$$

Dado el cumplimiento de la condición anterior se determina que no existe desgarramiento en la chapa de acero inoxidable.

### **6.1.3 Análisis de piezas esenciales para el diseño mediante software**

Dado un análisis previo se determinó que existen dos piezas esenciales para el diseño del prototipo que representarán un problema grave en caso de su fallo, por lo que su análisis mediante software de las piezas planteadas sustentará la viabilidad de su uso en el diseño estas piezas son:

➤ **Brazo sujetador de rodillos en la banda:**

Dicha pieza se encarga de sostener el peso de los rodillos en la banda su uso se plantea para un desmontaje sencillo de la banda permitiéndola rotar para su limpieza o desmontaje.

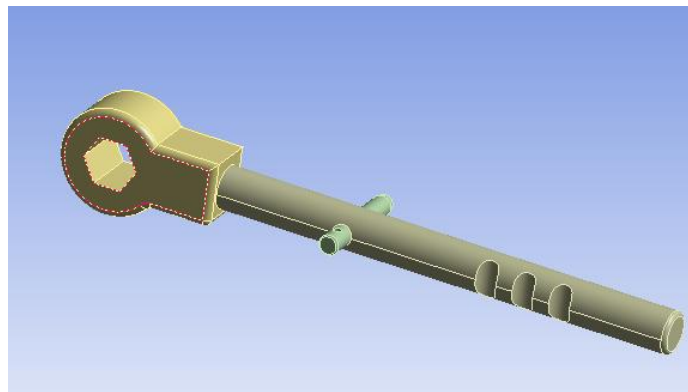


Fig. 62. Brazo sujetador de rodillos en la banda

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de Cuenca”. (2021)

La pieza, como el pasador se fabrica de acero inoxidable dada sus propiedades compatibles a entrar en contacto con líquido o alimentos sus propiedades se presentan en la siguiente imagen:

Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	1.93e+05 MPa
Poisson's Ratio	0.31
Bulk Modulus	1.693e+05 MPa
Shear Modulus	73664 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	
	1.7e-05 1/°C
Compressive Ultimate Strength	
	0 MPa
Compressive Yield Strength	
	207 MPa
Tensile Ultimate Strength	
	586 MPa
Tensile Yield Strength	
	207 MPa

Fig. 63. Propiedades del Acero Inoxidable 304.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

Las fuerzas que se aplican a la pieza son dos, la primera es una fuerza de compresión por el peso de los rodillos y la carga mayor que soportará la banda. La segunda fuerza es una fuerza de tensión dada por la banda, las fuerzas aplicadas se muestran en la siguiente imagen:

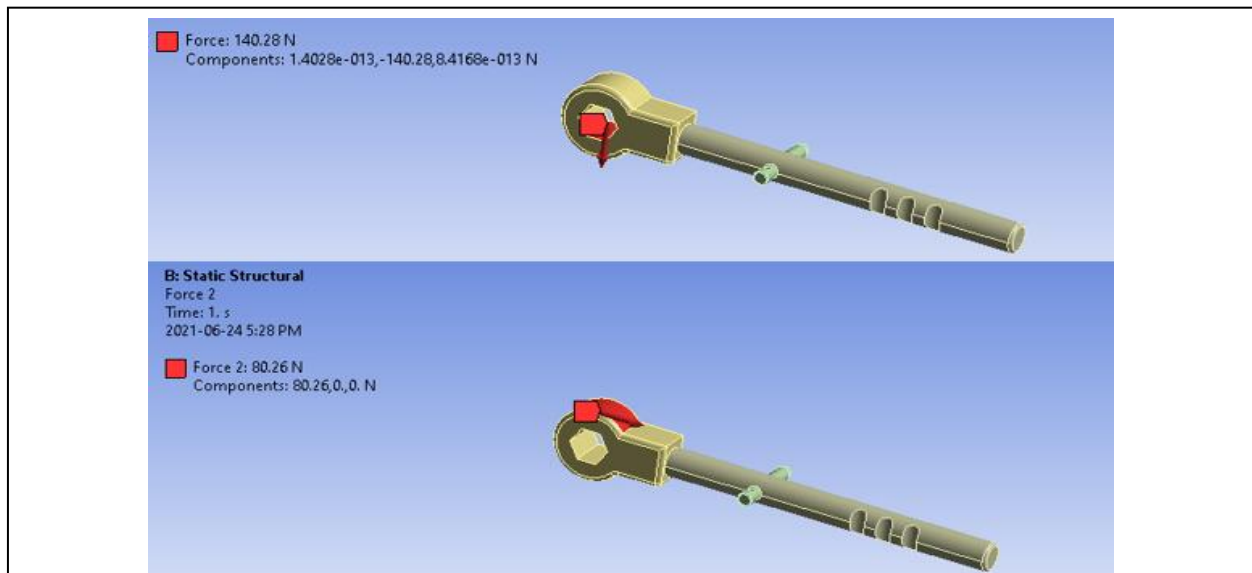


Fig. 64. Fuerzas aplicadas en el brazo de soporte.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)



Los resultados de las simulaciones son los siguientes:

- **Análisis de Von- Mises**

Para la simulación planteada en el software ANSYS, con un mallado del 85% se obtuvo un resultado de estrés equivalente máximo de 89.961MPa y un estrés equivalente promedio de 3.1564 MPa que comparado con la tensión promedio del material de 207MPa se evidencia que las fuerzas aplicadas en la pieza respectiva no ejercerán un fallo ya sea por rotura o por aplastamiento.

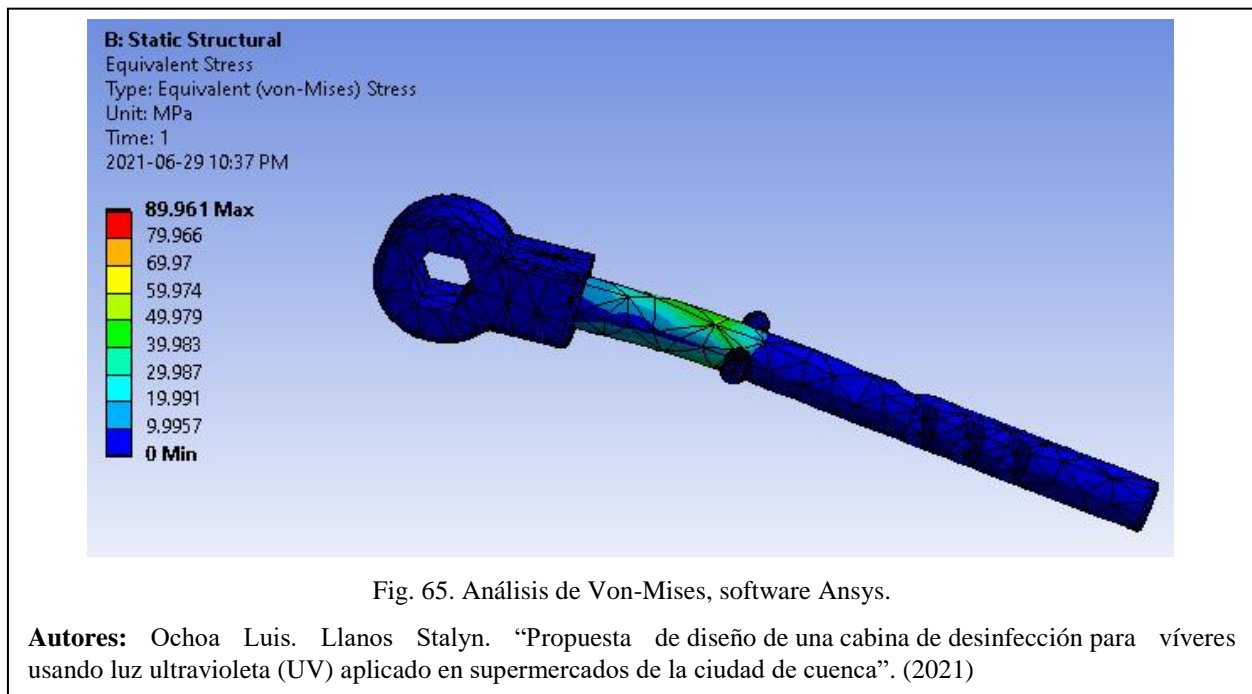


Fig. 65. Análisis de Von-Mises, software Ansys.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

- **Deformación total**

Para la simulación planteada en el software ANSYS, con un mallado del 85% se obtuvo un resultado de deformación máxima 7.9324e-002mm en la cabeza superior de la pieza y una deformación promedio de 2.0661e-002mm que son deformaciones muy pequeñas que no representan un fallo en el elemento analizado.

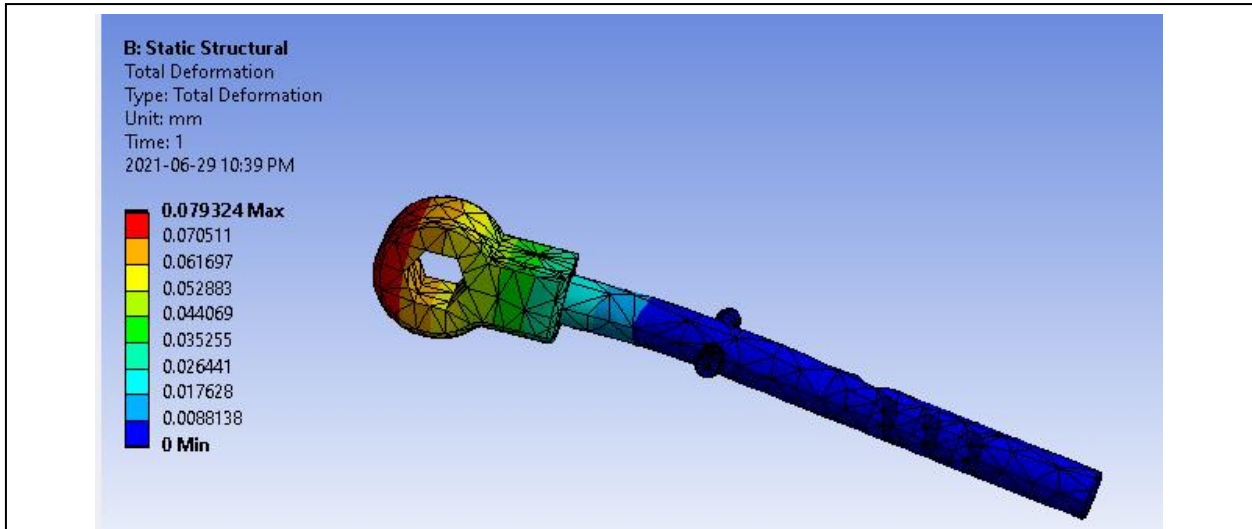


Fig. 66. Análisis deformación total de la pieza, software Ansys.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

➤ **Placa sujetadora de rodillos en la banda:**

Dicha pieza se encarga de sostener el rodillo del extremo de la banda y soportar la bolsa en las que se empacarán los alimentos desinfectados, la pieza planteada se presenta en la siguiente imagen:

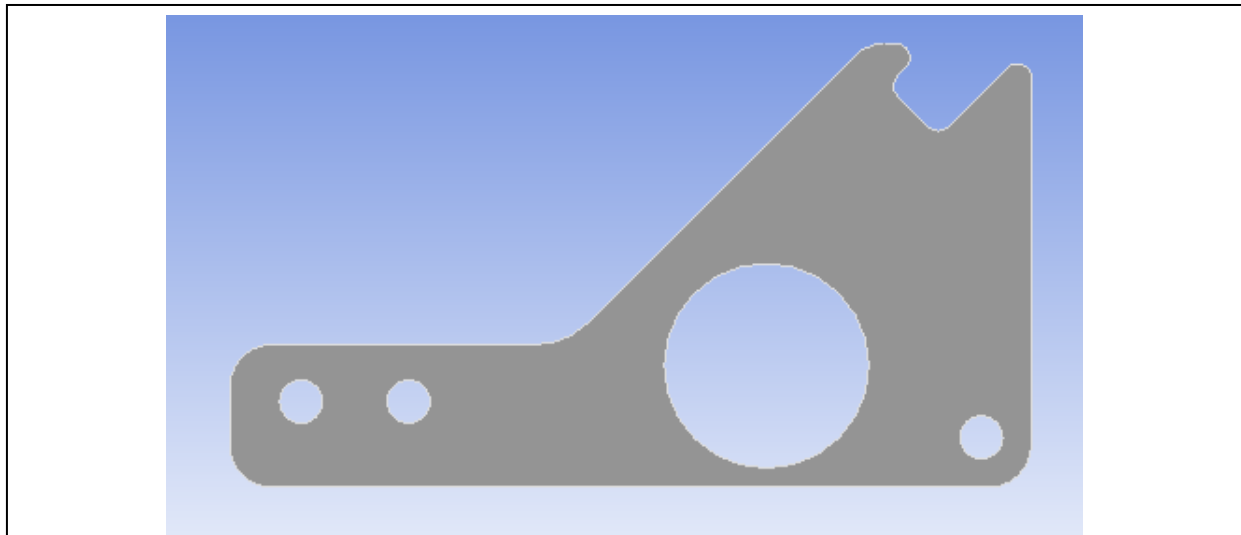
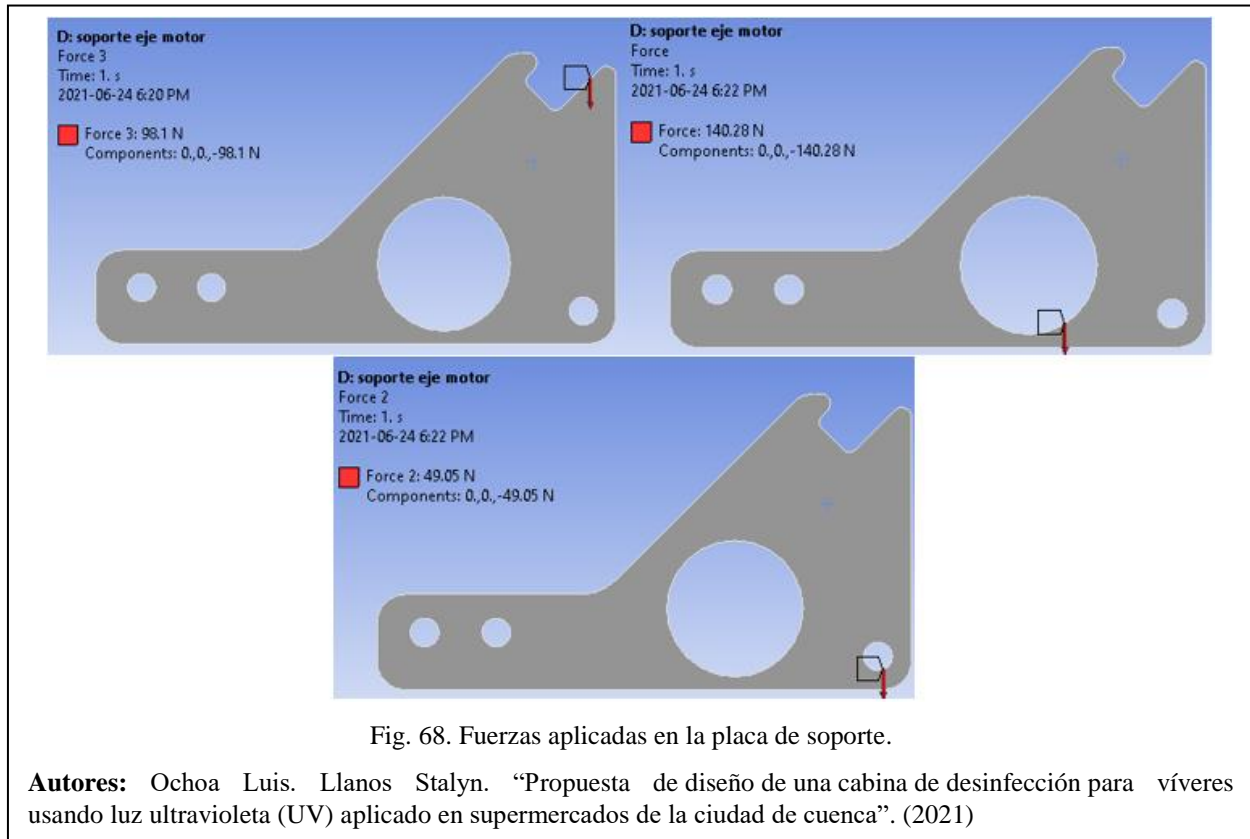


Fig. 67. Placa sujetadora de rodillo y fundas.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

La placa se encuentra sometida a 3 diferentes fuerzas la primera aplicada por el peso del rodillo, peso de la funda con el máximo peso y la fuerza aplicada por la rampa en el soporte inferior, las fuerzas aplicadas se representan en la siguiente imagen:



La pieza planteada está elaborada de acero inoxidable sus propiedades se presentan en la (figura 53), y los resultados obtenidos en la simulación son los siguientes:

- **Análisis de Von- Mises**

Para la simulación planteada en el software ANSYS, con un mallado del 85% se obtuvo un resultado de estrés equivalente máximo de 219 MPa y un estrés equivalente promedio de 2.8288 MPa que comparado con la tensión promedio del material de 589 MPa se evidencia que las fuerzas aplicadas en la pieza respectiva no ejercerán un fallo ya sea por rotura o por aplastamiento en la pieza, ni en el pasador implementado

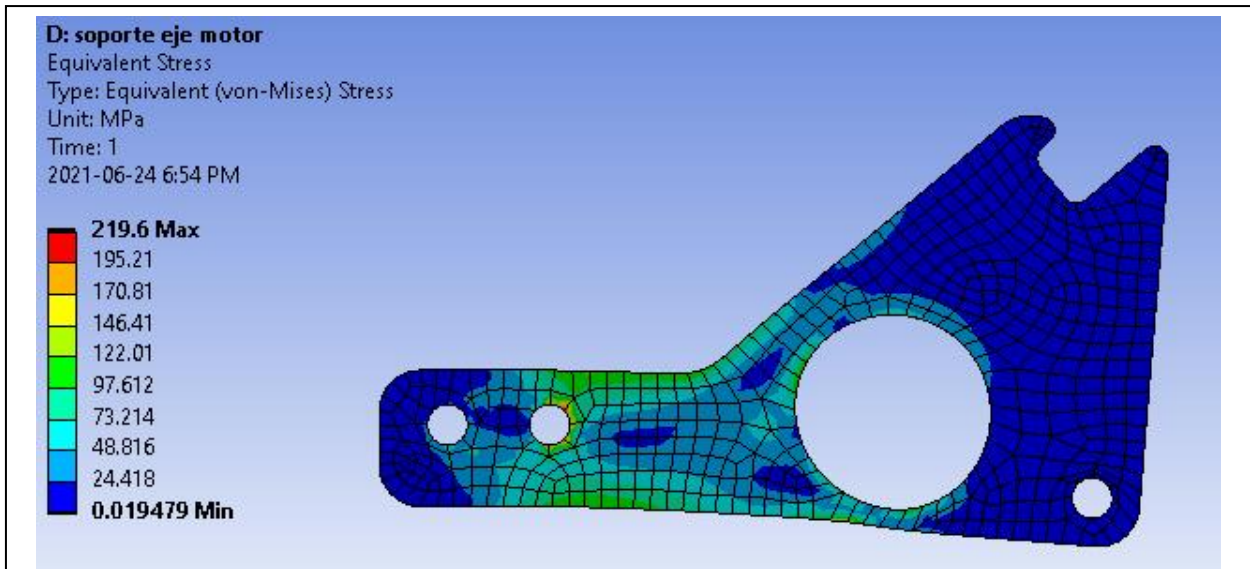


Fig. 69. Análisis de Von-Mises, software Ansys.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

- **Deformación total**

Para la simulación planteada en el software ANSYS, con un mallado del 85% se obtuvo un resultado de deformación máxima 0.263mm en la cabeza superior de la pieza y una deformación promedio de 0.1144mm que son deformaciones muy pequeñas que no representan un fallo en el elemento analizado.

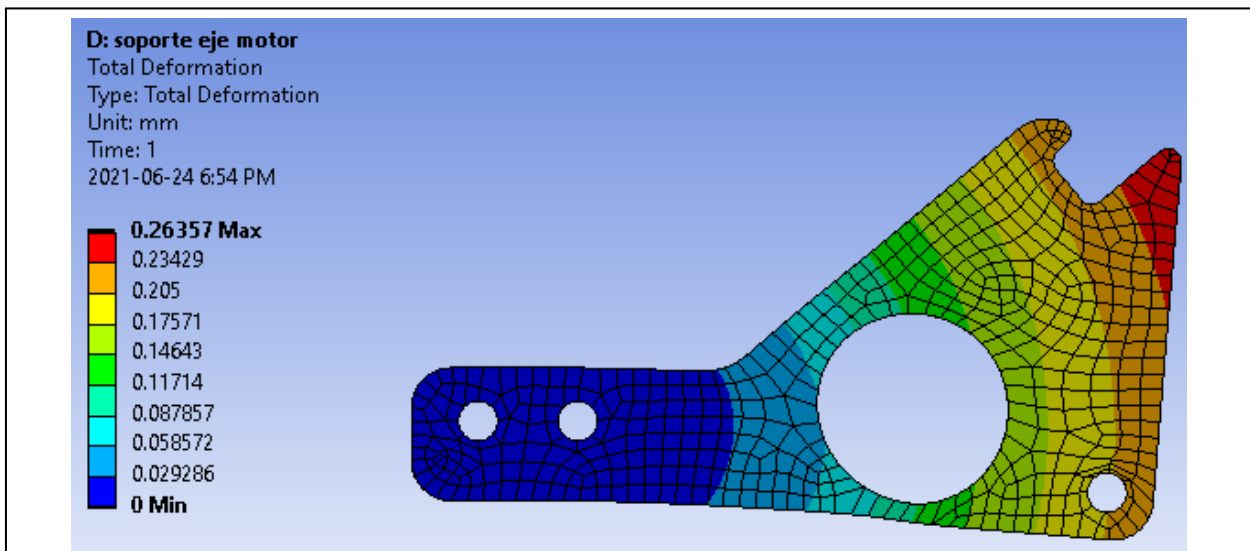


Fig. 70. Análisis deformación total de la pieza, software Ansys.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

#### 6.1.4 Análisis de resultados controlador.

- **Primer tiempo de exposición a luz UV-C.**

Para el primer tiempo de exposición de 22s se aplica una velocidad angular es de 1.0193 rad/s la respuesta al escalón del sistema se presenta en la siguiente imagen:

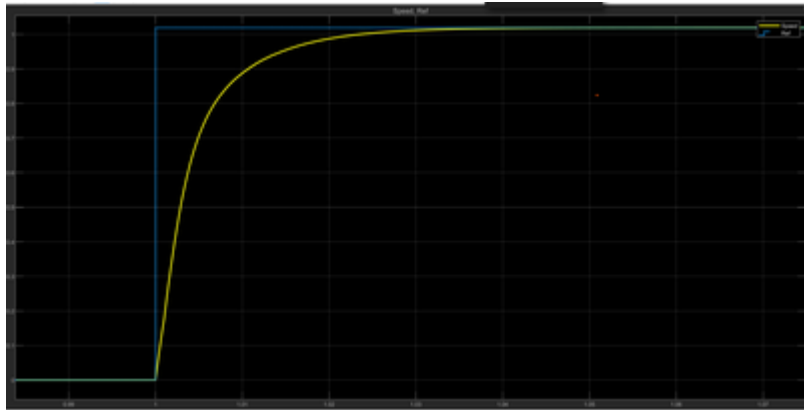


Fig. 71. Respuesta al escalón del tiempo de exposición de 22s.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

Al aplicar una perturbación de 1.96 Nm al sistema con una velocidad angular de entrada 1.01 rad/s el sistema experimenta una caída de -17 rad/s y una estabilización rápida aproximadamente a los 20,04s una respuesta rápida que no afecta el funcionamiento normal de la banda en caso de que experimente dichas perturbaciones la respuesta se aprecia en la siguiente imagen.

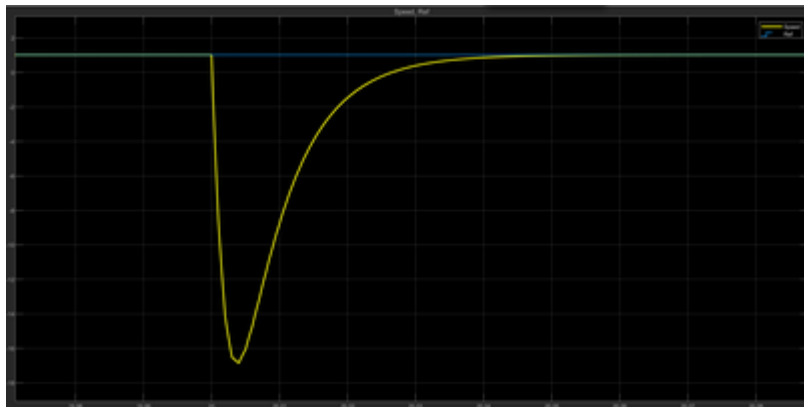


Fig. 72. Respuesta del sistema con una perturbación de 1.96 Nm.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

- **Segundo tiempo de exposición a luz UV-C.**

El segundo tiempo de exposición a usarse en el prototipo es de 54s con una velocidad angular de 0.4213 rad/s la respuesta al escalón del sistema se presenta en la siguiente imagen:

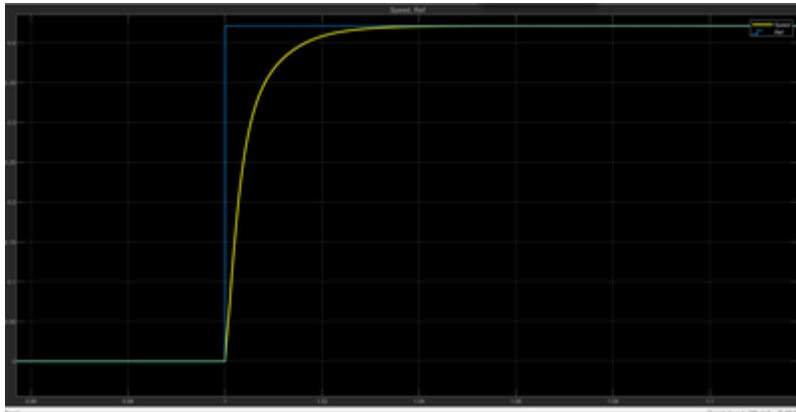


Fig. 73. Respuesta al escalón para un tiempo de 54s.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

Al aplicar una perturbación de 1.96 Nm al sistema con una velocidad angular de entrada 0.42 rad/s el sistema experimenta una caída de -17 rad/s y una estabilización rápida aproximadamente a los 20,04s una respuesta rápida que no afecta el funcionamiento normal de la banda en caso de que experimente dichas perturbaciones, la respuesta se aprecia en la siguiente imagen.

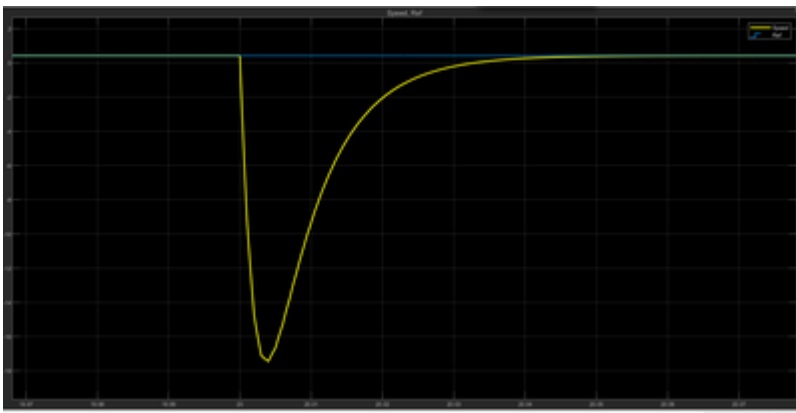


Fig. 74. Respuesta del sistema con una perturbación de 1.96 Nm.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

- **Tercer tiempo de exposición a luz UV-C.**

El Tercer tiempo de exposición a usarse es de 30s con una velocidad angular de 0.75833 rad/s la respuesta al escalón del sistema se presenta en la siguiente imagen.

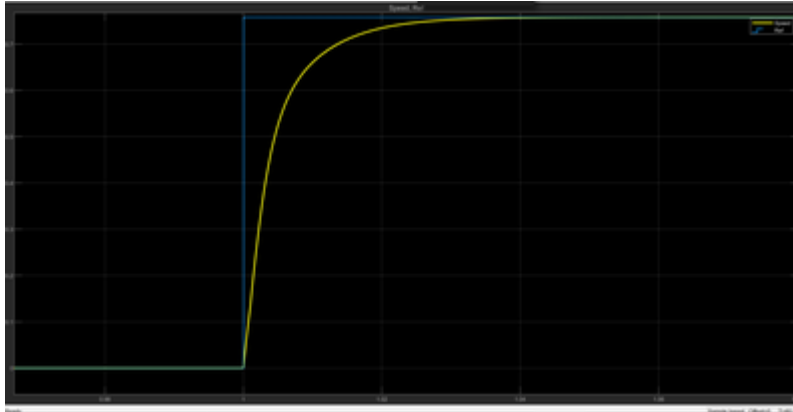


Fig. 75. Respuesta al escalón para un tiempo de 30s.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

Al aplicar una perturbación de 1.96 Nm al sistema con una velocidad angular de entrada 0.75 rad/s el sistema experimenta una caída de -17 rad/s y una estabilización rápida aproximadamente a los 20,04s una respuesta rápida que no afecta el funcionamiento normal de la banda en caso de que experimente dichas perturbaciones, la respuesta se aprecia en la siguiente imagen.

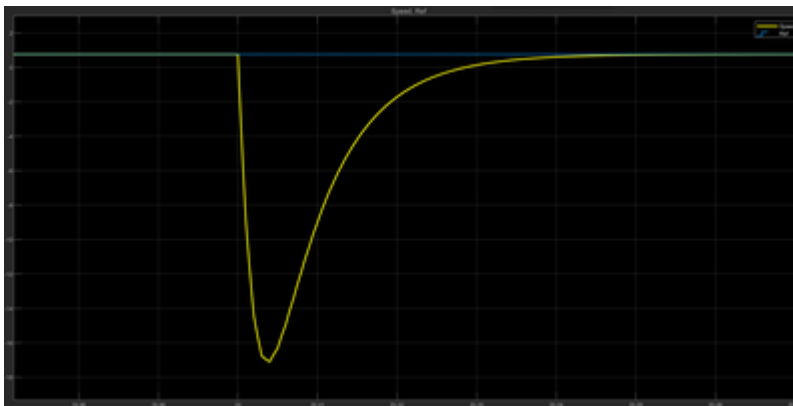


Fig. 76. Respuesta del sistema con una perturbación de 1.96 Nm.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

➤ **DISCUSIÓN**

• **Cálculos matemáticos:**

La comprobación del espesor de la chapa cómo del número de tornillos y material del tornillo se presentan mediante cálculos que comprueban su viabilidad a continuación se presentan los resultados.

Tabla X. Cálculo de esfuerzos en la chapa metálica.

<b>Material</b>	<b>Esfuerzo en la chapa metálica cálculo</b>	<b>Esfuerzo de tensión último en el material</b>	<b>Esfuerzo de tensión promedio en el material</b>
Acero Inoxidable	$\sigma = 0.500Mpa$	589MPa	207MPa

La determinación de esfuerzos que se producen en la chapa con el espesor de 1.5 mm presentado en la tabla y comparado con las características del material determinan la viabilidad de la utilización de dicho espesor que resistirá las cargas aplicadas de forma satisfactoria.

Tabla XI. Cálculos y comprobación de tornillos.

<b>Comprobación del cortante del tornillo:</b>	<b>Aplastamiento en la chapa:</b>	<b>Cálculo del número de tornillos</b>
$F_v.R_d=3109.02N$	$F_b.R_d = 5232.546 N$	Nº=1

Tanto la comprobación de cortante en el tornillo cómo el aplastamiento calculado de la chapa ha podido determinar que con un solo tornillo M2.2 x 6mm de acero inoxidable es capaz de soportar la carga máxima planteada por lo que su uso en el diseño garantiza la funcionalidad de este.

Tabla XII. Comprobación de rotura y desgarramiento.

<b>Relación de la rotura a la tracción</b>	<b>Relación de desgarramiento:</b>



25.81≤535.45	59.45≤309.14
--------------	--------------

Dados los cálculos de la tabla se comprueba que en la primera relación fuerza máxima aplicada sobre el área es menor a la resistencia del material sobre el coeficiente de resistencia comprueba que la chapa con un ancho de 1.5mm no sufriría rotura a la tracción, y en la segunda relación que es la fuerza de la chapa sobre 2 veces el diámetro del tornillo por el espesor de la chapa es menor a la resistencia del material sobre el coeficiente de resistencia en la chapa por raíz de 3 lo que comprueba que no existe desgarramiento en la misma.

- **Simulaciones pieza 1**

Para la primera pieza se aplican diferentes materiales para hacer la simulación con las fuerzas aplicadas y posteriormente ser comparadas con la específica del material.

Tabla XIII. Análisis de Von Mises para diferentes materiales.

Material Empleado	Von Mises Máximo	Von Mises Mínimo	Resistencia última a la tensión
Acero Inoxidable	89.961MPa	3.1564MPa	589MPa
Polietileno	86.15MPa	3.1194MPa	33MPa

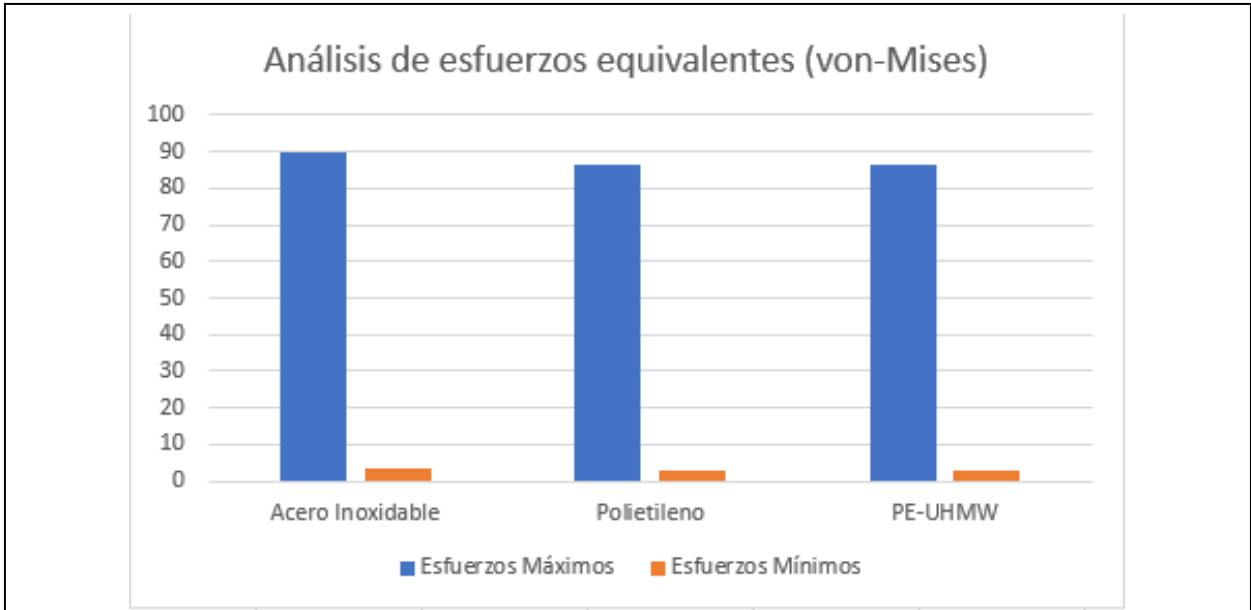


Fig. 77. Análisis de esfuerzos (Von-Mises), diferentes materiales.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

PE-UHMW	86.15MPa	3.1194MPa	40MPa
---------	----------	-----------	-------

La tabla para el análisis de Von Mises anterior para distintos materiales seleccionados para las piezas esenciales de la cabina determina a el acero inoxidable como el material más propicio para la elaboración de dicha pieza por tener la mayor resistencia a la tensión que garantiza la viabilidad de la fabricación de dicho material.

Tabla XIV. Análisis de deformación pieza 1.

Material Empleado	Deformación Máxima	Deformación Mínima
Acero Inoxidable	7.9324e-002mm	2.0661e-002mm
Polietileno	13.503mm	3.5215mm
PE-UHMW	21.22mm	5.5337mm

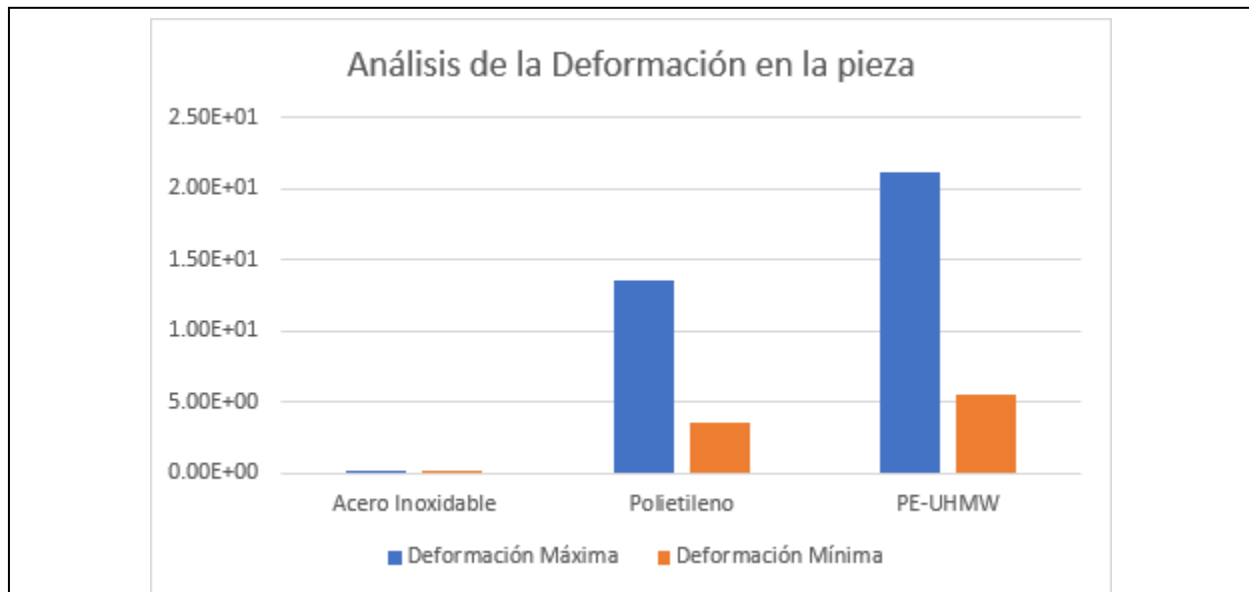


Fig. 78. Análisis de deformación para distintos materiales.

**Autores:** Ochoa Luis, Llanos Stalyn. “Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca”. (2021)

La tabla para el análisis de deformación para distintos materiales seleccionados para las piezas esenciales de la cabina determina a el acero inoxidable como el material más propicio para la

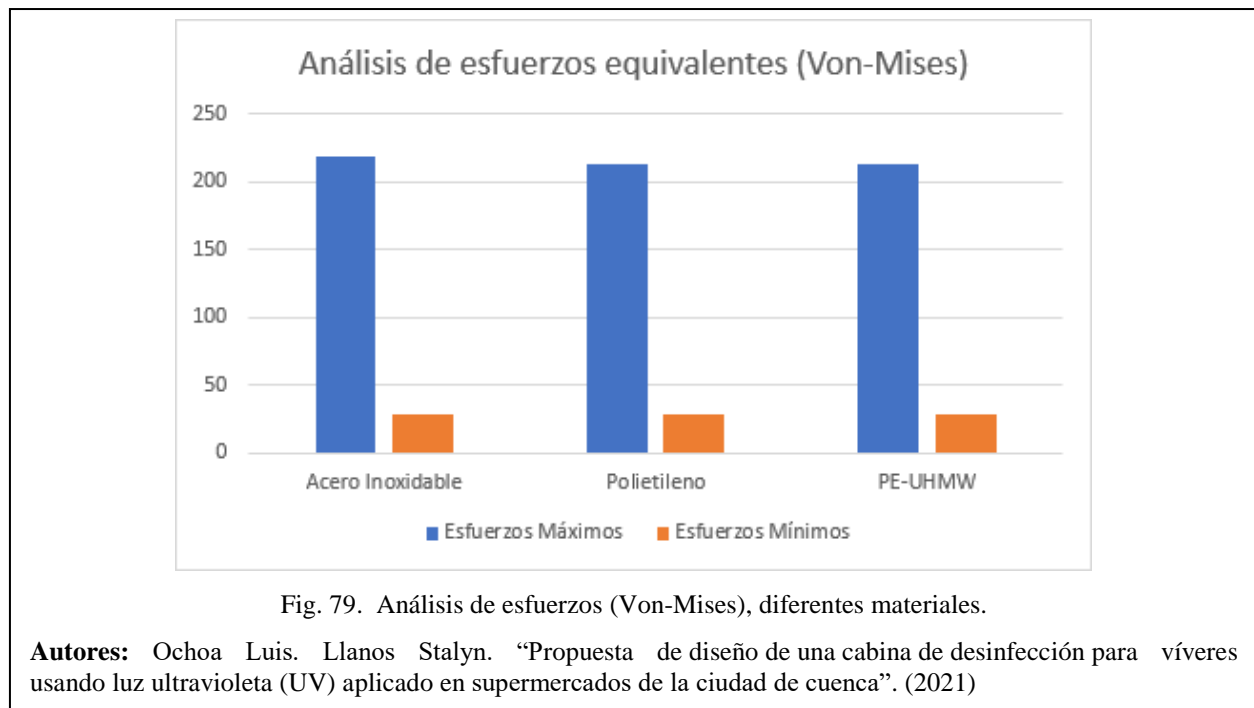
elaboración de dicha pieza por presentar la deformación más baja en la pieza analizada, garantizando la viabilidad de la fabricación de dicho material.

- **Simulaciones pieza 2**

Para la primera pieza se aplican diferentes materiales para hacer la simulación con las fuerzas aplicadas y posteriormente ser comparadas con la específica del material.

Tabla XV. Análisis de Von Mises para diferentes materiales.

Material Empleado	Von Mises Máximo	Von Mises Mínimo	Resistencia última a la tensión
Acero Inoxidable	219MPa	28.288MPa	589MPa
Polietileno	212.86MPa	28.326MPa	33MPa
PE-UHMW	212.86MPa	28.326MPa	40MPa



La tabla para el análisis de Von Mises anterior para distintos materiales seleccionados para las piezas esenciales de la cabina determina a el acero inoxidable como el material más propicio para

la elaboración de dicha pieza por tener la mayor resistencia a la tensión que garantiza la viabilidad de la fabricación de dicho material.

Tabla XVI. Análisis de deformación pieza 2.

Material Empleado	Deformación Máxima	Deformación Mínima
Acero Inoxidable	0.26357mm	0.11477mm
Polietileno	46.857mm	20.449mm
PE-UHMW	73.632mm	32.134mm

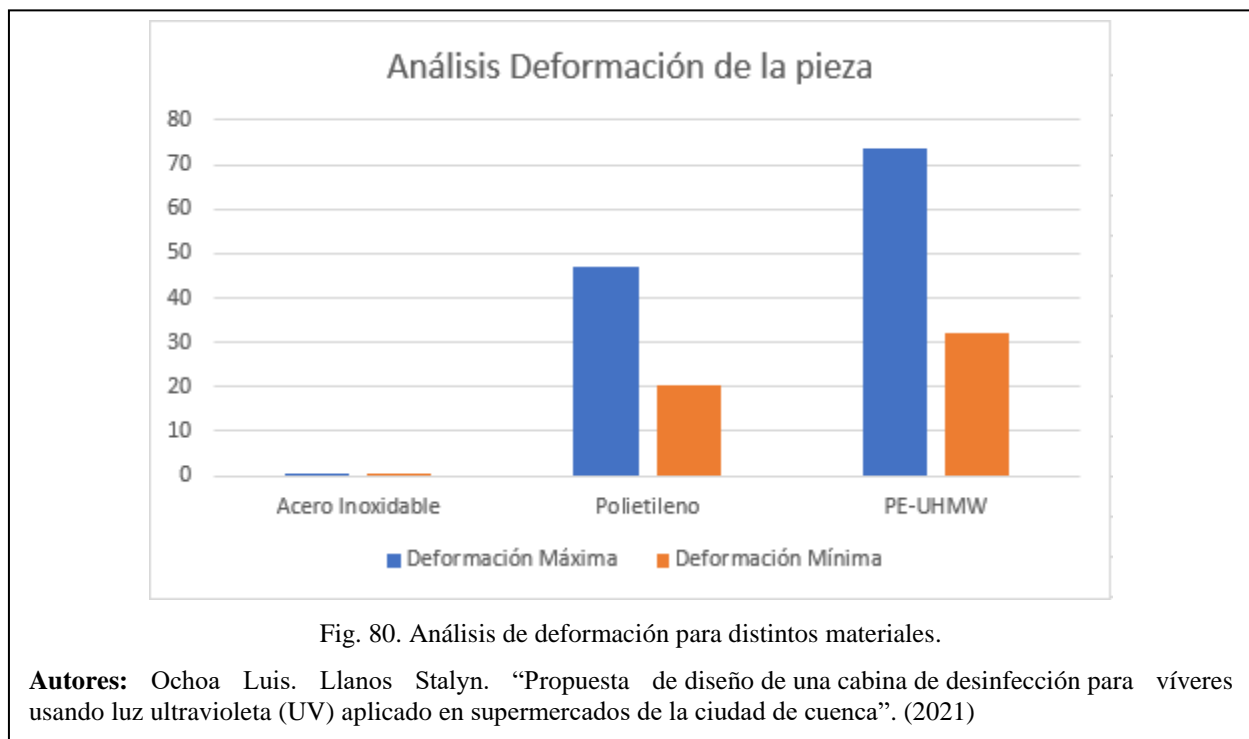


Fig. 80. Análisis de deformación para distintos materiales.

**Autores:** Ochoa Luis. Llanos Stalyn. "Propuesta de diseño de una cabina de desinfección para víveres usando luz ultravioleta (UV) aplicado en supermercados de la ciudad de cuenca". (2021)

La tabla para el análisis de deformación para distintos materiales seleccionados para las piezas esenciales de la cabina determina a el acero inoxidable como el material más propicio para la elaboración de dicha pieza por presentar la deformación más baja en la pieza analizada, garantizando la viabilidad de la fabricación de dicho material.

- **Análisis del controlador:**

Tabla XVII. Análisis simulaciones del controlador.

<b>Tiempos de Exposición</b>	<b>Velocidades Angulares</b>	<b>Perturbación Aplicada</b>	<b>Velocidad Angular en la perturbación</b>	<b>Tiempo de Estabilización</b>	<b>Caída en el sistema</b>
22s	1.0193 rad/s	1.96 Nm	1.01 rad/s	20.04 s	-17 rad/s
54s	0.4213 rad/s	1.96 Nm	0.42 rad/s	20.04 s	-17 rad/s
30s	0.75833 rad/s	1.96 Nm	0.75 rad/s	20.04 s	-17 rad/s

Para los distintos tiempos de exposición con sus respectivas velocidades angulares se les aplicaron una perturbación de 1.96 Nm al sistema con una velocidad angular distinta para cada tiempo de exposición, se observa que el sistema se comporta de forma similar para los 3 tiempos de exposición, experimentando una caída -17 rad/s y un tiempo de estabilización rápido aproximadamente a los 20,04s una respuesta rápida que no afecta el funcionamiento normal de la banda, en caso de que experimente dichas perturbaciones, es necesario señalar que en caso de que el tiempo de respuesta se vuelva más lento el objeto dentro de la banda tendería a regresar en su trayectoria hasta que se estabilice hecho que no sucede con el tiempo de estabilización planteado que hace que el objeto dentro de la máquina de desinfección continúe su trayectoria normal sin interrupciones.

## **XI. CONCLUSIONES**

En base a los estudios revisados se ha podido determinar que en el mercado actual no existe máquinas de desinfección UV-C enfocadas a víveres de primera necesidad para supermercados, sin embargo, existen máquinas de desinfección UV-C industriales para productos muy específicos, por lo que el prototipo planteado en este estudio cumple de manera satisfactoria dicha necesidad ante la actual emergencia sanitaria vivida a nivel mundial.

La forma del prototipo de la cabina de desinfección está pensada de tal manera que el ensamble resulte sencillo para, que una persona con un nivel bajo de formación o conocimiento en mecánica pueda ensamblarla de forma sencilla. Además, la cabina cuenta con unas ventilaciones que además de contribuir a reducir el calentamiento en los componentes, contribuye al atractivo visual del componente.

El uso de diferentes herramientas en el proceso de diseño: cómo la elaboración de bocetos, la matriz de decisiones, el QFD, el TRIZ son herramientas de soporte esenciales tanto para la identificar partes críticas del elemento cómo para identificar posibles problemas y soluciones que pudiesen presentarse en el prototipo para plantear un diseño que cumpla satisfactoriamente con su objetivo de desinfección.

El prototipo debe funcionar de la siguiente manera:

La cabina de desinfección cuenta con una pantalla táctil de 7 pulgadas para el control, de forma que la cajera pueda seleccionar entre 3 tipos de desinfección, si se trata de frutas pequeñas, si se trata de frutas grandes y enlatados a continuación la cajera deposita dicho elemento en el comienzo de la banda transportadora de la cabina.

El diseño al contar con un sistema automatizado de una banda transportadora y una lámpara UV-C se encargan de proporcionar la dosis especificada de exposición UV-C al elemento según sea la opción escogida.

Además, la cabina tiene 4 patas ajustables tanto en altura cómo en inclinación para adaptarse a la superficie de la zona de empaque de las cajas registradoras de los diferentes supermercados.

Para la protección del sistema, se cuenta con un botón de emergencia en la parte frontal del elemento por si existiera algún desperfecto. También, en la parte posterior cuenta con una pequeña rampa y soportes en los que se coloca una funda plástica, en la cual los elementos son depositados luego de su desinfección para no ser contaminados y entregados al cliente finalmente.

Por otra parte, las simulaciones y cálculos realizados en los diferentes sistemas del prototipo en la parte mecánica el uso de acero inoxidable AISI 304L no sólo garantiza la funcionalidad estructural en relación con el polietileno de alta densidad que fueron dos de los elementos principales debido a que el acero inoxidable tiene una resistencia mayor al esfuerzo en el material de 589MPa frente al polietileno de alta densidad de solo 40MPa sino que su deformación en las piezas analizada es mucho menor que las de polietileno de alta densidad, además de ser apto para el uso con el contacto con alimentos en base a la norma EN 12469:2000 y NSF/ANSI 49 – 2019.

Por otro lado, en la parte de control el uso de un PID para el motor ayuda a que las perturbaciones generadas por el peso de los diferentes tipos de víveres a una carga máxima de 10kg, sean sobrellevadas de manera eficiente y optima garantizando el movimiento de la banda de manera continua.

Finalmente, se deduce que el uso de esta cabina en los diferentes supermercados de la ciudad representa una forma eficiente y sencilla de desinfección; hasta un 99% en frutas grandes y hasta un 85-90% de desinfección en enlatados; que ante la problemática vivida a nivel mundial del covid 19 garantiza una forma de seguridad adicional a las normas de higiene planteadas en supermercados.

## **XII. RECOMENDACIONES**

De la experiencia y datos del presente trabajo se recomienda el tener presente de que el prototipo al ser una máquina de desinfección superficial por medio de rayos UV-C y al tener una banda que no es transparente, existirán superficies no expuestas a la luz UV-C, que es un tema que un futuro estudio que ayude a la identificación de posibles soluciones que garantice la desinfección superficial total en los diferentes víveres que vayan a ser expuestos.

Se recomienda que para una línea de investigación más extensa en el sistema actual se realice un análisis de forma y funcionalidad sistema de ventilación implementado en el prototipo con el fin de mejorar la disipación de calor de los componentes electrónicos usados en la cabina.

Para un estudio futuro del prototipo planteado se recomienda considerar el peso total de la cabina de desinfección con el objetivo de comprobar que tan portable resulta, así como un análisis de costo entorno al valor de la fabricación del modelo.

Dada la complejidad e importancia del trabajo realizado se recomienda llevar el prototipo planteado a su manufactura con el fin de comprobar los resultados planteados en este estudio.



## REFERENCIAS

- [1] A. Trilla, “Un mundo, una salud: la epidemia por el nuevo coronavirus COVID-19”, *Med. Clin. (Barc.)*, vol. 154, núm. 5, pp. 175–177, mar. 2020, doi: 10.1016/j.medcli.2020.02.002.
- [2] E. E. Janampa Vasquez, “Diseño de un sistema de gestión de seguridad alimentaria, que asegure la calidad en los procesos de elaboración de alimentos del restaurante" La Caribeña". Callao”, 2019.
- [3] G.-R. J. Manuel, M.-R. L. Janeth, M.-R. Jorge, y B.-S. Reginaldo, “EVALUACIÓN DE DESINFECTANTES PARA EL CONTROL DE MICROORGANISMOS EN FRUTAS Y VERDURAS”, vol. 18, p. 10, 2017.
- [4] “Estudio Microbiológico de los Alimentos Preparados en el Servicio De Alimentación del Batallón de la Policía Militar N° 503 –Chorrillos– 2017”. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/7787> (consultado mar. 01, 2021).
- [5] R. Quevedo *et al.*, “Inactivation of Coronaviruses in food industry: The use of inorganic and organic disinfectants, ozone, and UV radiation”, *Sci. Agropecu.*, vol. 11, núm. 2, pp. 257–266, abr. 2020, doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.02.14.
- [6] I. M. T. Alarcón, P. de Verano DELFÍN, y C. S. Vázquez, “Determinación de parámetros fisicoquímicos en fresa (*Fragaria ananassa*) sometida a radiación UV-C”, 2015.
- [7] R. Román Lara, “Efecto de diferentes tiempos de exposición a radiaciones ultravioleta sobre las características sensoriales y la reducción de bacterias patógenas y de deterioro en melón (*Cucumis melo*), piña (*Ananas comosus*) y banano (*Musa cavendish*)”, 2015.
- [8] D. Millán Villarroel, L. Romero González, M. Brito, y A. Y. Ramos-Villarroel, “Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas”, *Saber*, vol. 27, núm. 3, pp. 454–469, sep. 2015.
- [9] M. C. LAGUNAS-SOLAR, C. PIÑA, J. D. MacDONALD, y L. BOLKAN, “Development of Pulsed UV Light Processes for Surface Fungal Disinfection of Fresh Fruits”, *J. Food Prot.*, vol. 69, núm. 2, pp. 376–384, feb. 2006, doi: 10.4315/0362-028X-69.2.376.
- [10] N. A. B. Cando, “Luz ultravioleta para desinfección en áreas de salud, frente al covid-19. revisión de literatura”, *Odontol. Act. Rev. Científica*, vol. 5, núm. 3, Art. núm. 3, sep. 2020, doi: 10.31984/oactiva.v5i3.501.
- [11] “Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19 | Minerva”. <https://minerva.autanabooks.com/index.php/Minerva/article/view/11> (consultado may 25, 2021).
- [12] S. O. Giraldo y I. D. A. Ramirez, “Design and construction of an ultraviolet germicidal irradiation device for the inactivation of *Staphylococcus aureus* in kitchen utensils”, *Sci. Tech.*, vol. 24, núm. 4, pp. 550–554, 2019.
- [13] J. L. Torres Pantoja, “Diseño e implementación de un sistema de control electrónico para filtros hepa en una cabina de bioseguridad clase II para el laboratorio Bermanlab de Trujillo”, 2019.
- [14] R. J. Orejuela Suarez y J. D. Villavicencio Bravo, “Evaluación de la incidencia de los diferentes materiales reflectantes en la eficiencia energética de un horno solar, ESPAM MFL.”, nov. 2018, Consultado: may 26, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/858>

- [15] S. E. Zapata Madrid y J. E. Ayala Ramírez, “Diseño de automatización para una cabina de seguridad biológica”, 2017, Consultado: may 25, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/194>
- [16] M. Esparza y M. Elizabeth, “Modelo de Negocio UV – Clean: Gerencia de estudio técnico”, ene. 2020, Consultado: may 26, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/handle/ucasagrande/2408>
- [17] W. C. Ames, “TRIZ, la herramienta del pensamiento e innovación sistemática”, *Contab. Negocios Rev. Dep. Académico Cienc. Adm.*, vol. 3, núm. 6, pp. 38–46, 2008.
- [18] M. Salinero Gervaso, “Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab”, oct. 2013, Consultado: may 27, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/18109>
- [19] F. Tello y E. Marcial, “Simulación del control difuso de una banda transportadora en un sistema automático de embalaje”, oct. 2001, Consultado: may 27, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5445>
- [20] V. Alcocer y A. Hernán, “Diseño, construcción e implementación de un módulo didáctico; con un sistema de posicionamiento de una banda transportadora”, may 2010, Consultado: mar. 04, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/1809>
- [21] “c33.pdf”. Consultado: may 28, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://www.magmotor.com/brushed/c33.pdf>
- [22] H. R. Hinojosa Ruiz y F. Camacho B., “Software para diseño de transportadores de banda”, ene. 2002, Consultado: may 28, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/4477>
- [23] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*. Amsterdam ; Boston, 2004.
- [24] “Correa, banda transportadora, banda de accionamiento positivo | Mafdel”. <https://www.mafdel-belts.com/es/> (consultado may 20, 2021).
- [25] “LM7805 Datasheet(PDF) - Texas Instruments”. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/838007/TI1/LM7805.html> (consultado may 31, 2021).
- [26] “PIC18F4550 Datasheet(PDF) - Microchip Technology”. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/93911/MICROCHIP/PIC18F4550.html> (consultado may 31, 2021).
- [27] “Fuente de alimentacion de 500W con 2 conectores SATA | Xtech Americas”. <https://www.xtechamericas.com/st-productos/interna/CS850XTK09> (consultado jun. 01, 2021).
- [28] “Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN – Ecuador”. <https://www.normalizacion.gob.ec/> (consultado jun. 01, 2021).
- [29] J. M. Leite, “Ingeniería-de-Control-Moderna-Ogata-5ed”, Consultado: jul. 02, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www.academia.edu/9814191/Ingenieria\\_de\\_Control\\_Moderna\\_Ogata\\_5ed](https://www.academia.edu/9814191/Ingenieria_de_Control_Moderna_Ogata_5ed)
- [30] “Tune PID controllers - MATLAB - MathWorks España”. <https://es.mathworks.com/help/control/ref/pidtuner-app.html> (consultado jul. 02, 2021).

## **ANEXOS**

## *Anexo 1. Programación Controlador*

---

```
// Lcd pinout settings
sbit LCD_RS at RD4_bit;
sbit LCD_EN at RD5_bit;
sbit LCD_D7 at RD3_bit;
sbit LCD_D6 at RD2_bit;
sbit LCD_D5 at RD1_bit;
sbit LCD_D4 at RD0_bit;

// Pin direction
sbit LCD_RS_Direction at TRISD4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISD5_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISD3_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISD2_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISD1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISD0_bit;

signed int codigo=0; // LEEREL CODIGO EL ADC
//Variable float set_point;
signed int salida=0;
// Variables del medidor de frecuencia
unsigned int contador=0;
float frecuencia;
char texto[20];
char flag_cero=0;
//variables pid
//float kp=40,ki=5,kd=10;
float kp=0.547,ki=112.3645,kd=-0.001;
float error,up,ui=0.0,ui_=0.0,error_=0.0,ud,ut;
float set_point=0;
//variables pantalla nextion
sbit led at portb.b1;
sbit led2 at portb.b2;
unsigned int velocidad_grafica;
float velocidad,temperatura;
signed char trama[30];//vector para guarda la trama Recibida
signed char envia[30]; //Vector para guardar la trama a enviada
char cuenta=0;//contador de datos que llegan
char flag_rx=0;//bandera de que la nextion mando info
char dato=0,dato_1=0,dato_2; //variables para guardar fin d etrama de la nextion

void UART1_Write_Text_const(const char* Text)
{
while(*Text)UART1_Write(*Text++);
}
```

```

void procesarx()
{
    if ( strstr(trama,"led1=on" ))
    {codigo=50;
    led=1;
    led2=1;
    }else if ( strstr(trama,"led1=ot" ))
    {codigo=100;
    led=1;
    led2=1;
    } else if ( strstr(trama,"led1=of" ))
    {codigo=200;
    led=1;
    led2=1;
    } else if ( strstr(trama,"led1=oo" ))
    {codigo=0;
    led=0;
    led2=0;
    }
    memset(trama,0,30);
    cuenta=0; //limpia el contador
    flag_rx=0; //limpia la bandera
    RCIF_bit=0; //limpia la bandera de interrupcion
    CREN_bit=1;
    GIE_bit=1; //habilita interrupcion
}
void interrupcion() iv 0x0008 ics ICS_AUTO
{
    //analiza interrupcion por cruce por cero
    if (INT0IF_bit==1)
    {
        TMR1ON_bit=0; //para el conteo del timer
        contador=(TMR1H<<8)| TMR1L; // arma los 16 bits del timer en contador
        flag_cero=1;
        TMR1H=0;
        TMR1L=0;
        TMR1ON_bit=1; //para el conteo del timer
        INT0IF_bit=0; //limpia la bandera
    }
    //analiza interrupcion por recepcion serial
    if (RCIF_bit==1)
    {
        dato=RCREG; //lee el dato
        trama[cuenta]=dato; //lo almacena en el vector
        if (( cuenta>3) && ((unsigned char)trama[cuenta]==0xff) &&
        ((unsigned char)trama[cuenta-1]==0xff) && ((unsigned char)trama[cuenta-2]==0xff) )

```

```

        {
            flag_rx=1;//activa la bandera de que llego trama comple y ista para procesar
            CREN_bit=0; //DESHABILITA LA RECEPCION CONTINU PARA LIMPIAR BUFFER Y NO RECIBIR MIENTRA VA A
NALIZAR
            GIE_bit=0; //deshabilita las interrpciones para poder procesar la trama
        }
        cuenta++;//incrementa contador o puntero del vectro de recibido
        //si es mayor que 30 debe limpiar la bandera y reiniciar el contador luego al maximo
        if (cuenta>=30)
        {
            flag_rx=0;
            cuenta=0;
        }

        RCIF_bit=0;//limpia el bit de interrupcion
    }
}
// Secuencia para pasar de flotante a cadena
void floattostr_(float numero_, unsigned char *cadena_,char decimales_)
{
    //variables temporales
    int largo_entera,largo_n,cont_for,tempo_int;
    double tempo_float;
    //largo de la trama a armar en decimales
    largo_n = decimales_+1;
    largo_entera = 0;
    // si es negativa coloca el -
    if ( numero_ < 0)
    {
        *cadena_++ = '-';
        numero_ = -numero_;
    }
    //si es menor que no multiplica por 10
    if (numero_ > 0.0) while (numero_ < 1.0)
    {
        numero_ =numero_* 10.0;
        largo_entera--;
    }

    //realiza division varias veces hasta que sea menor que 10
    while (numero_ >= 10.0)
    {
        numero_ = numero_/10.0;
        largo_entera++; //sube el largo de la trama por ser deciaml
    }
    largo_n = largo_n+largo_entera; //el largo es la decimal mas la parte entera
}

```

```

//round. numero_ is between 1 and 10 and largo_n will be printed to
// right of decimal point so rounding is ...
for (tempo_float = cont_for = 1; cont_for < largo_n; cont_for++)
    tempo_float = tempo_float/10.0;
numero_ += tempo_float/2.0;
if (numero_ >= 10.0) {numero_ = 1.0; largo_entera++;}
//si tiene decimales
if (largo_entera<0)
{
    *cadena_++ = '0'; *cadena_++ = '.';
    if (largo_n < 0) largo_entera = largo_entera-largo_n;
    for (cont_for = -1; cont_for > largo_entera; cont_for--) *cadena_++ = '0';
}
for (cont_for=0; cont_for < largo_n; cont_for++)
{
    tempo_int = numero_;
    *cadena_++ = tempo_int + 48; //convierte a ascci
    if (cont_for == largo_entera ) *cadena_++ = '.';
    numero_ -= (tempo_float=tempo_int);
    numero_ = numero_*10.0;
}
*cadena_ =0;    //anexa final de línea
}

void manda_serial_const(const char *info)
{
    while(*info) UART1_Write(*info++);
}
// Secuencia del PID
void pid(float pid_in)

{const float max_x=255;
const float min_x=0;
const float t_muestreo=1;//4e-3;
//Calculando el error
error=set_point-pid_in;
    up=kp*error;
    ui=ui_ + (ki*t_muestreo*error);
    ud=kd*(error-error_)/t_muestreo;
    ut=up+ui+ud;
    if (ut>max_x) ut=max_x;
    if (ut<min_x) ut=min_x;
    ui_=ui;
    error_=error;
}
void main()

```

```

{
ADCON1=0b1110; // an0 analogo

TRISB=0; // Puerto B salidas
TRISC=0; // Puerto C salidas
TRISB0_bit=1; // ENTRADA RPM
trisc.b2=0; // salida pin PWM
trisb.b1=0; //salida del led
trisb.b2=0; //salida del led2
TRISC6_bit=0; //Salida Tx
TRISC7_bit=1; //Entrada Tx
UART1_Init(9600);
UART1_Write_Text_const("Iniciando");
memset(trama,0,30);

//CONFIGURA LA INTERRUPCION SERIAL
RCIF_bit=0;//LIMPIA LA BANDERA
RCIE_bit=1;// HABILITA INTERRPCION SERAL

//CONFIGURA INT POR FLANCO DE SUBIDA QUE DETECTA EL CRUCE POR CERO
TMR1L=0;
TMR1H=0;
TMR1ON_bit=0; //timer quieto
INTCON=0B01000000;
INT0IF_bit=0;//LIMPIA BIT DE LA INTERRPCION
INTEDG0_bit=1; //inTERRPCION INT0 POR FALNCO DE SUBIDA
INT0IE_bit=1; //HABILITA LA INTERRUPCION POR CAMBIO DE FLCNO

// CONFIGURACION TIMER1
//configuracion del timer 1 para almacenar el ancho de pulso
t1con=0;

//configura el preescalador 8 // FRCUENCIAS BAJAS
T1CKPS1_bit=1;
T1CKPS0_bit=1;

//configura el timer cero, maximo conteo= 10ms mas de los 8.33 de cada ciclo
//ESTA PARRTE SOLO PARA PIC18F
TMR0ON_bit=1; // Habilita timer el timer cero
T08BIT_bit=1; // trabaja el timer a 8 bits

//ESTO SI PARA EL RESTO DE PIC
T0IF_bit=0; //bandero en cero
T0IE_bit=0; //aun no usa la interrpcion del timer cero

```



```

//Iniciar PWM y LCD
PWM1_Init(620);
PWM1_Set_Duty(100);
PWM1_Start();
Lcd_Init(); // Initialize LCD
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Clear display
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Cursor off
Lcd_Out(1,1," FRECUENCIA =");

GIE_bit = 1; // Habilitar todas las interrupciones.
led=0;
led2=0;

while (1)
{
    if (flag_rx==1)
    {
        procesar(); // llama al procedimiento de procesar la trama
    }
    set_point=0.2549*codigo + 5.0;; // set point en ranfo de la frecuencia min y max 5 -70
    /*PWM1_Set_Duty(codigo>>2); // 0-255 Para laso abierto
    Delay_ms(500);*/
    Lcd_Out(2,5," "); //muestra pasos timer1
    // se lee la frecuencia
    if (flag_cero!=0)
    frecuencia=(Clock_kHz()*1e3)/(8.0*contador*4.0); //8.0 ES EL PREESCALADOR
    //else frecuencia=0
    flag_cero=0;
    pid(frecuencia); //Se carga valor de la Frecuencia en PID
    salida=ut;
    FloatToStr_( codigo,texto,2);
    PWM1_Set_Duty(codigo); //PWM saca el valor de la salida
    Lcd_Out(2,5,texto); //muestra pasos timer1
    Lcd_Out_CP(" RPM"); //muestra pasos timer1
    Delay_ms(200);
}
}

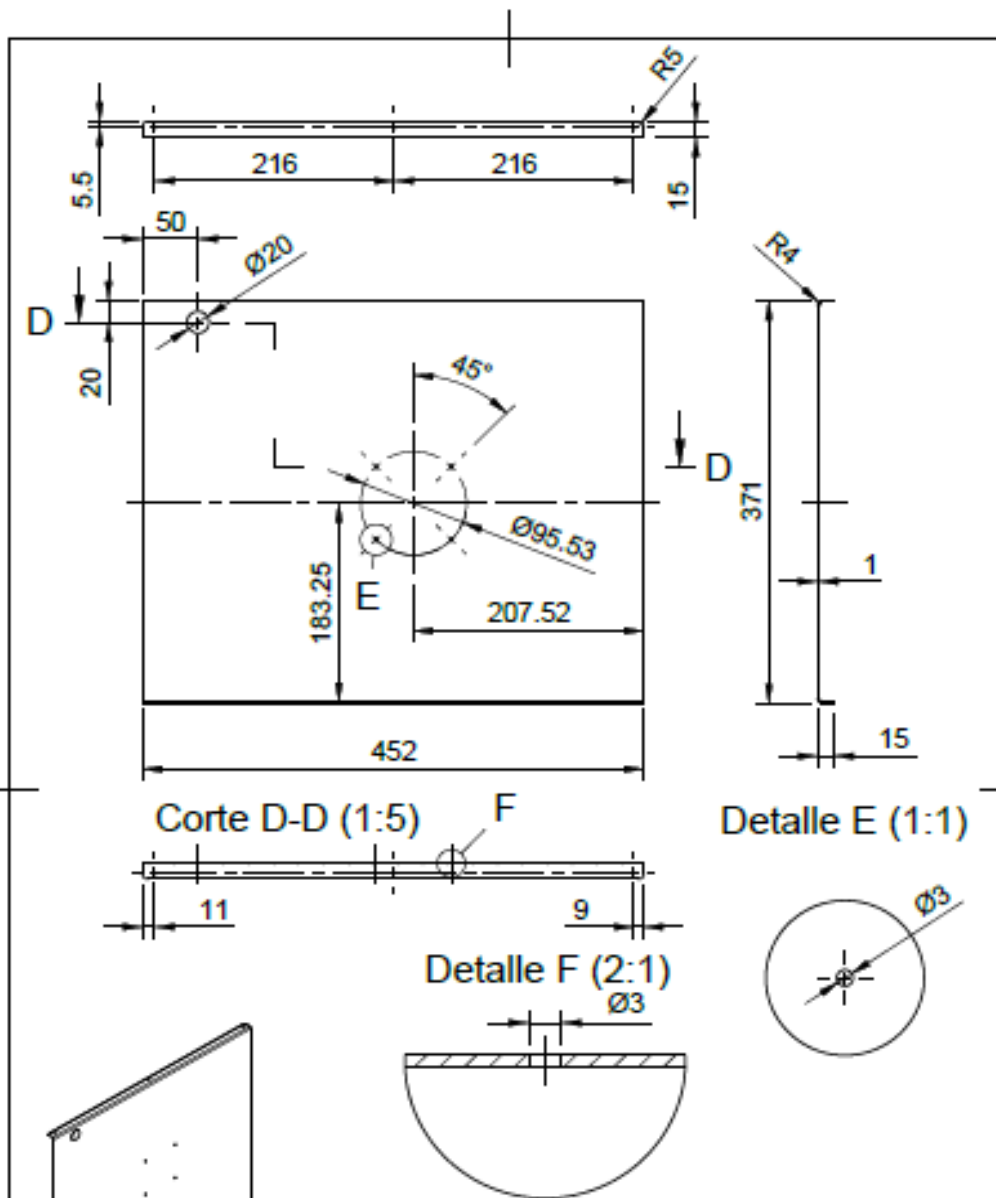
```

## ***Anexo 2. Parámetros para la simulación en Matlab***

---


```
1-   clc
2-
3-   % All units in meters
4-   box.l = 0.02;
5-   box.h = 0.02;
6-   box.w = 0.02;
7-
8-   belt.l = 0.6;
9-   belt.h = 0.04;
10-  belt.w = 0.38;
11-  body.l = 0.455;
12-  %speed and times
13-  t1 = 22.32;
14-  t2 = 54;
15-  t3 = 30;
16-  r = belt.h/2;
17-  v1 = (body.l/t1);
18-  v2 = (body.l/t2);
19-  v3 = (body.l/t3);
20-
21-  w1 = v1/r;
22-  w2 = v2/r;
23-  w3 = v3/r;
```

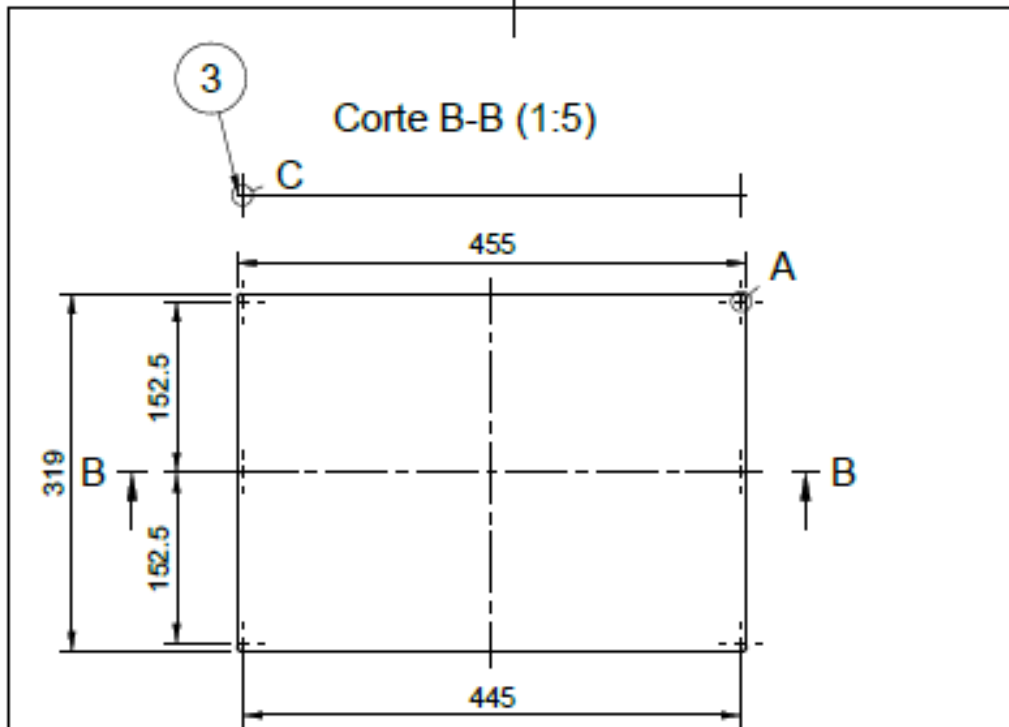
## ***Anexo 3. Planos de fabricación y ensamble del prototipo***



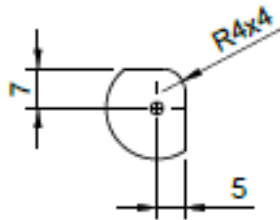
Item	Qty	Part Number	Material
5	1	Placa divisora	Stainless Steel A304

Parts List

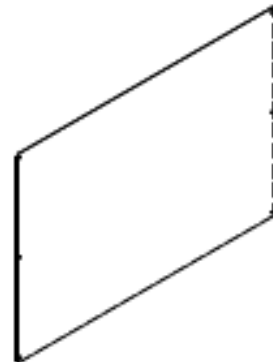
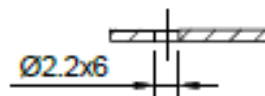
Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		Title <b>Ensamble final</b>	
		Rev.	Date of issue




Detalle A (1:1)



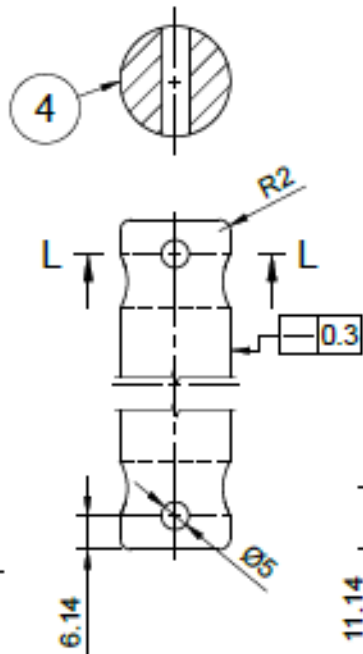
Detalle C (2:1)



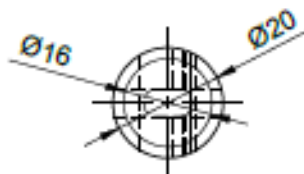
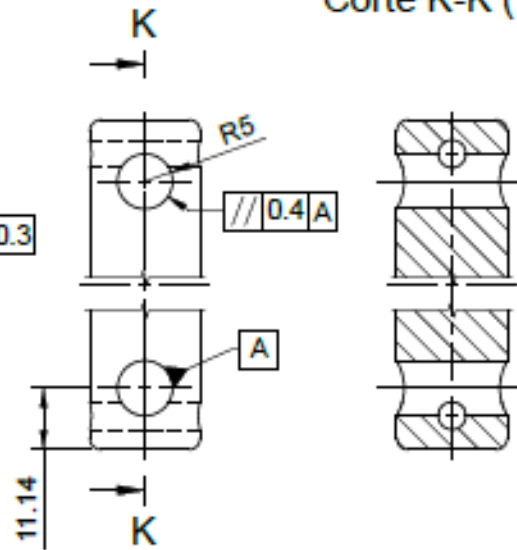
3	1	Cubierta lateral derecha	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material
Parts List			

Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		Title <b>Ensamble final</b>	
		Rev.	Date of issue


Corte L-L (1:1)

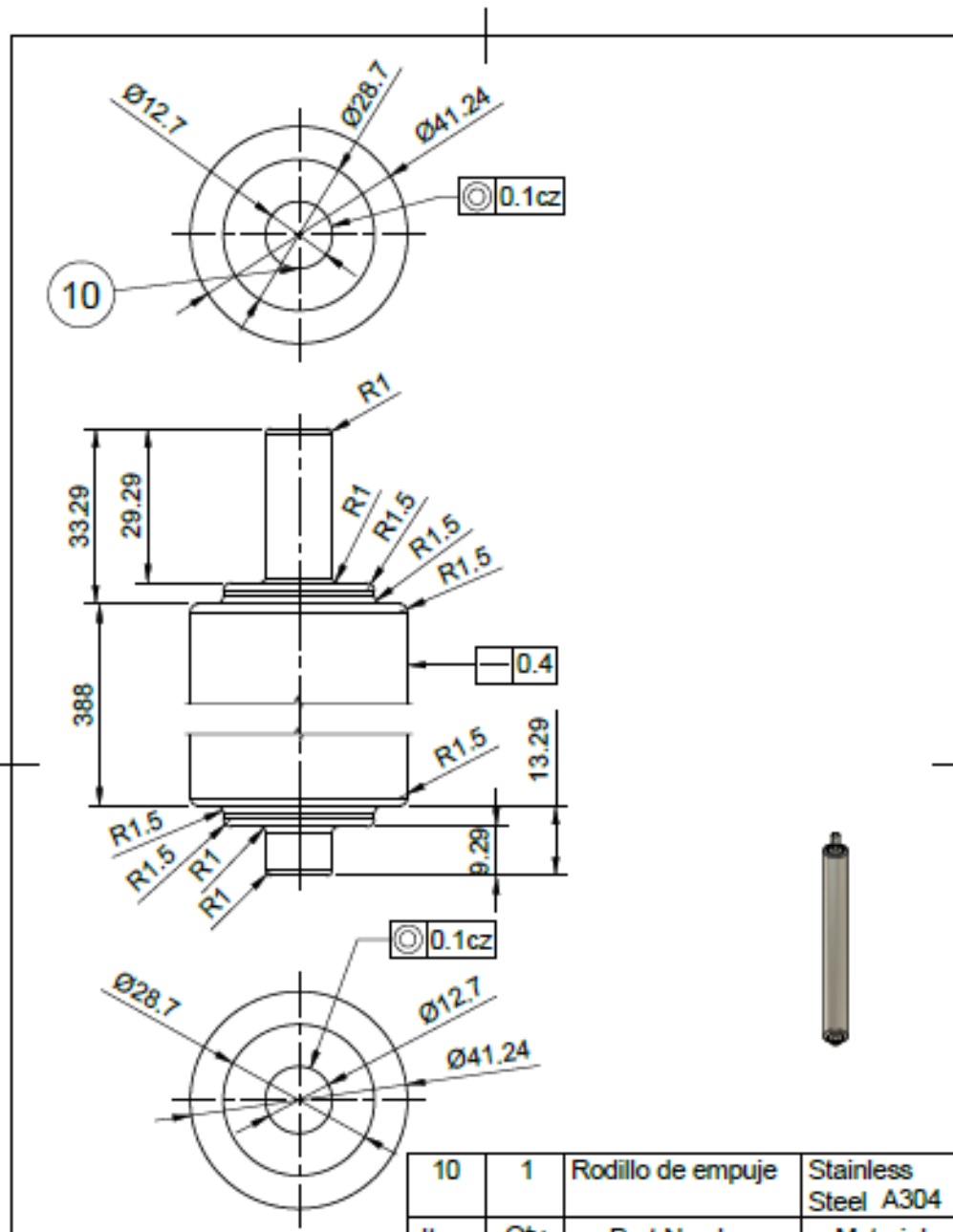


Corte K-K (1:1)




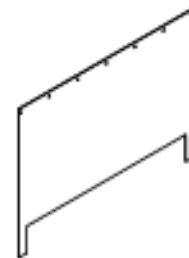
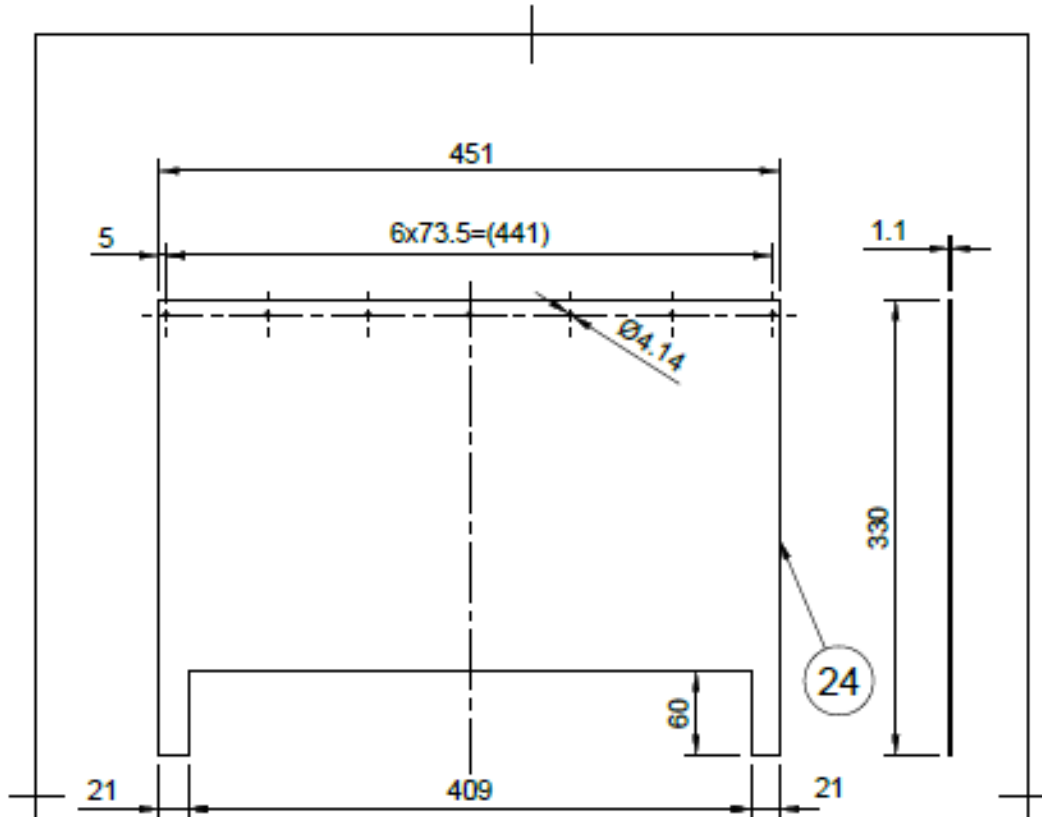
4	1	Eje rotativo	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material
Parts List			

Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Title Ensamble final	
		Rev.	Date of issue




10	1	Rodillo de empuje	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material
Parts List			

Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		<b>Ensamble final</b>	
		Rev.	Date of issue

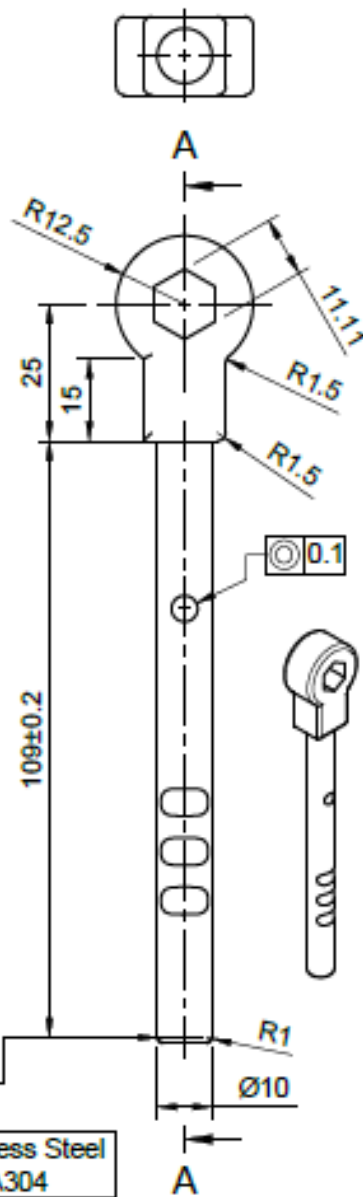
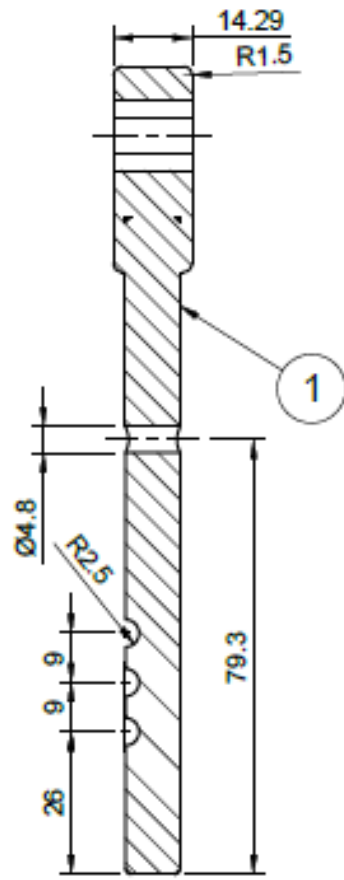


24	2	Cortina	EPDM (monómero de etileno y propileno dieno)
Item	Qty	Part Number	Material

Part List


Dept. <b>Metrónica</b>	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		Title <b>Ensamble final</b>	
		Rev.	Date of issue

Corte A-A (1:1)

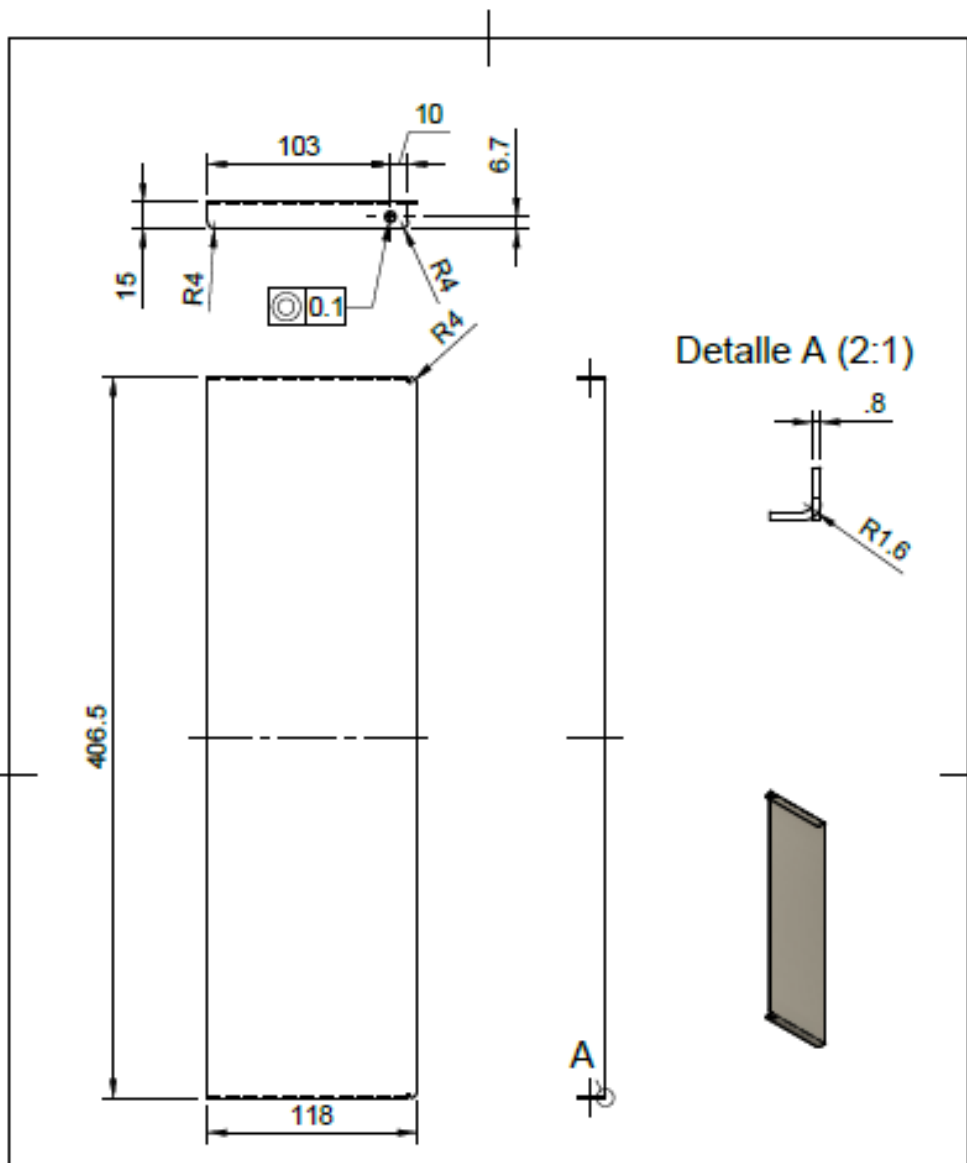


7	2	Brazo Lateral Soporte Rodillo	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material


Part List

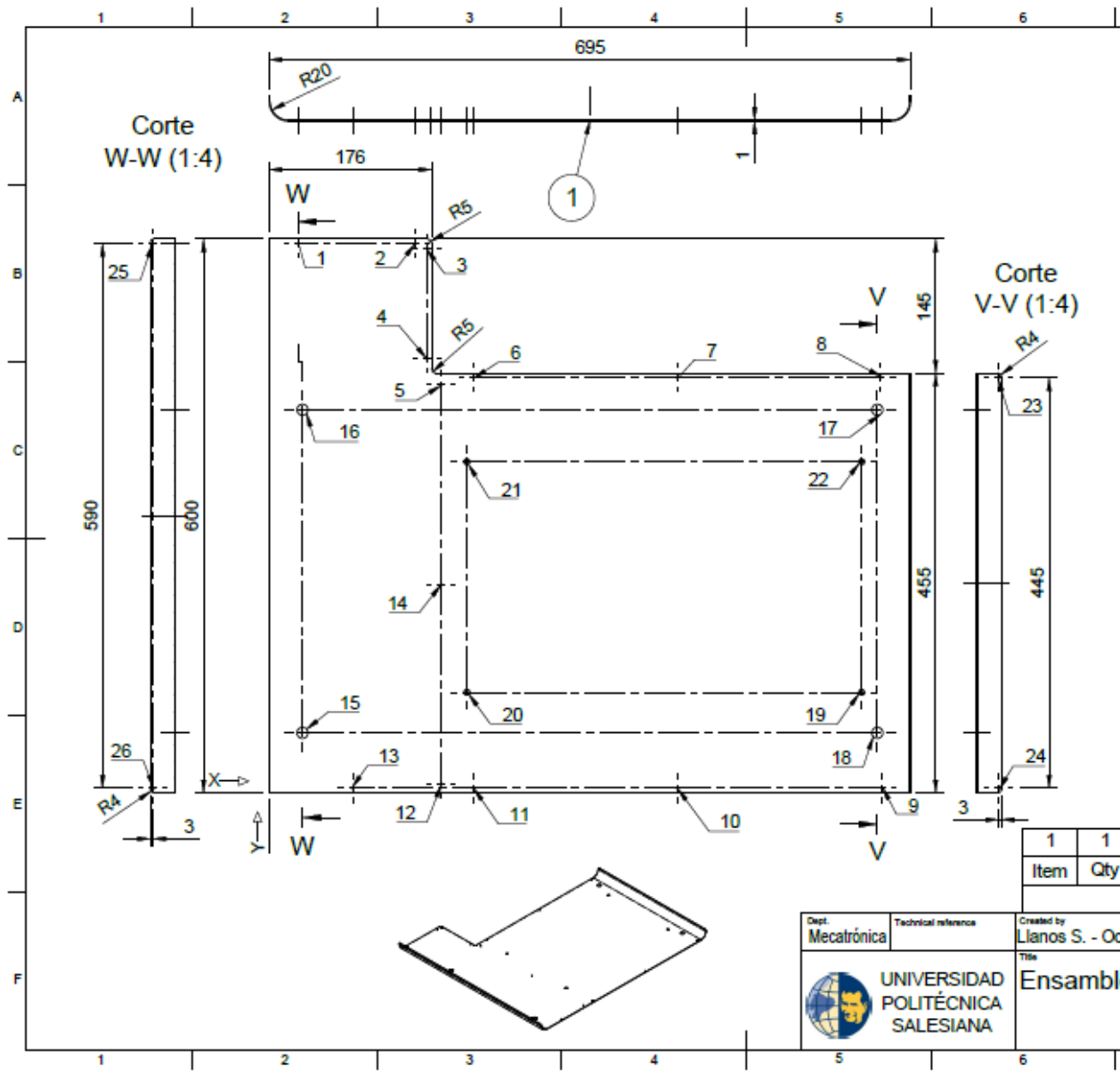
Dept. Metrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/9/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Title <b>Ensamble Final</b>	
Rev.	Date of issue	Sheet 13/16	






14	1	Resbaladilla	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material
Part List			

Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L 7/9/2021	Approved by Urgiles D. 7/10/2021
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	Title Ensamble Final		DWG No.
	Rev.	Date of issue	Sheet 14/16

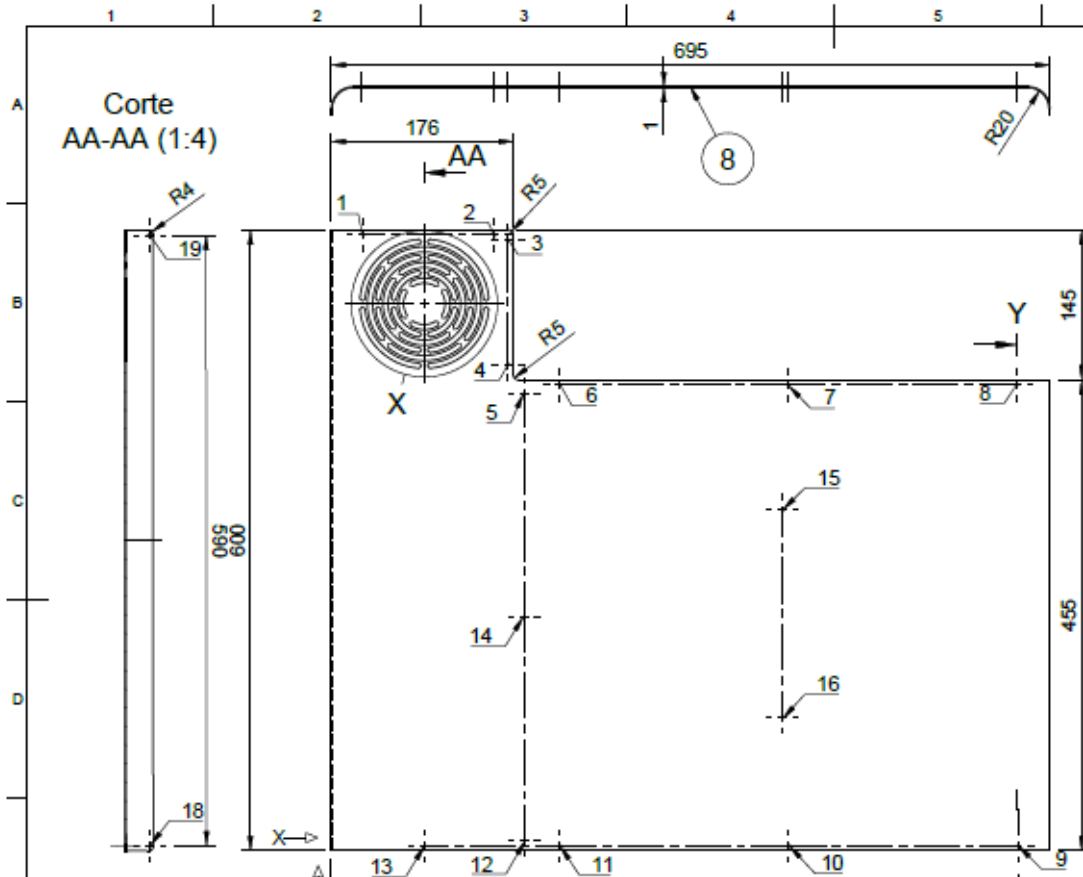


	7	8
	Ø	X Y
1	2.2	31 595
2	2.2	158 595
3	2.2	171 590
4	2.2	171 470
5	2.2	186.5 442
6	2.2	221 450
7	2.2	442 450
8	2.2	663 450
9	2.2	664 5
10	2.2	442.5 5
11	2.2	221 5
12	2.2	186.5 10
13	2.2	90.5 5
14	2.2	186.5 226
15	12	36 65
16	12	36 415
17	12	664 415
18	12	664 65
19	0.25 in	642.1 108.93
20	0.25 in	214.2 108.93
21	0.25 in	214.2 358.6
22	0.25 in	642.1 358.6
23	2.2	
24	2.2	
25	2.2	
26	2.2	

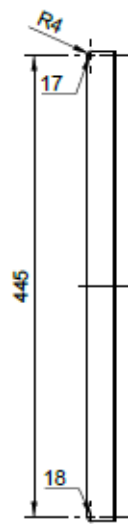
1	1	Cubierta inferior	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material
Parts List			

Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		<b>Ensamble final</b> DWG No.	

Corte AA-AA (1:4)

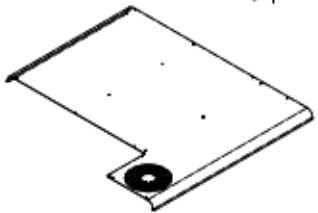
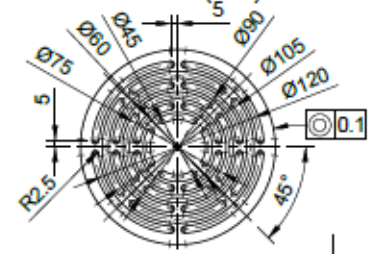


Corte Y-Y (1:4)




	Ø	X	Y
1	2.2	31	595
2	2.2	158	595
3	2.2	171	590
4	2.2	171	470
5	2.2	186.5	442
6	2.2	221	450
7	2.2	442	450
8	2.2	663	450
9	2.2	664	5
10	2.2	442.5	5
11	2.2	221	5
12	2.2	186.5	10
13	2.2	90.5	5
14	2.2	186.5	226
15	2.2	436.5	329
16	2.2	436.5	129
17	2.2		
18	2.2		

Detalle X (1:3)

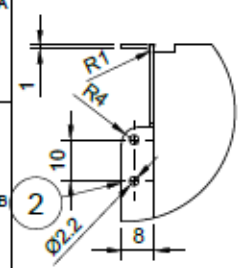


Item	Qty	Part Number	Material
8	1	Cubierta superior	Stainless Steel A304

Parts List

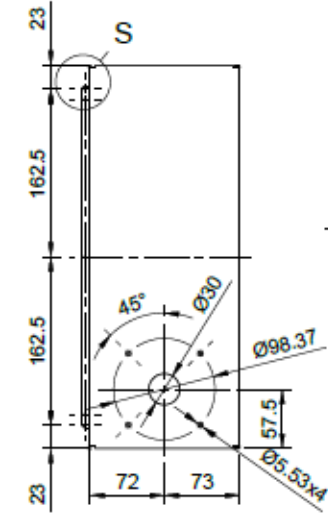
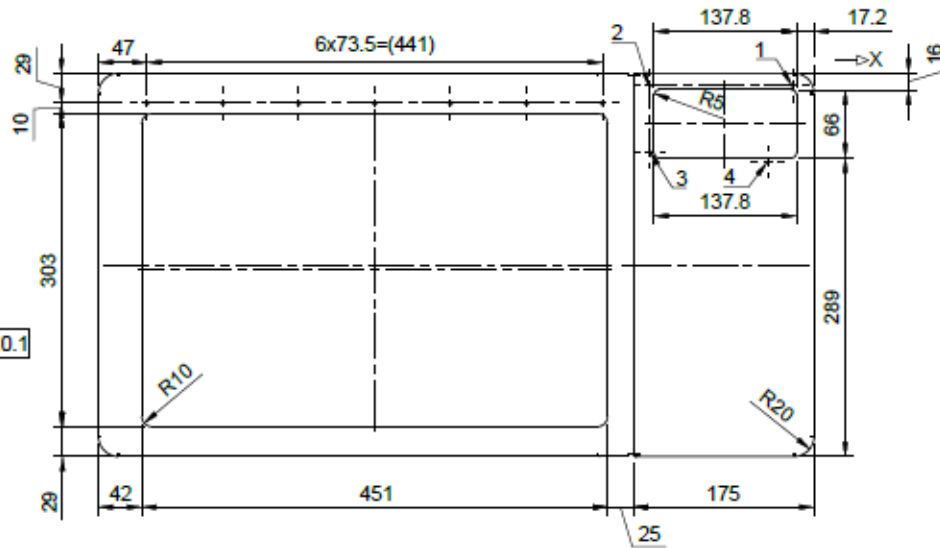
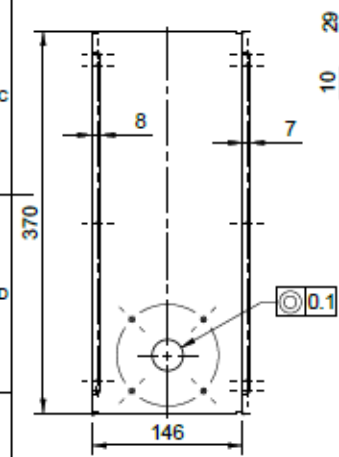
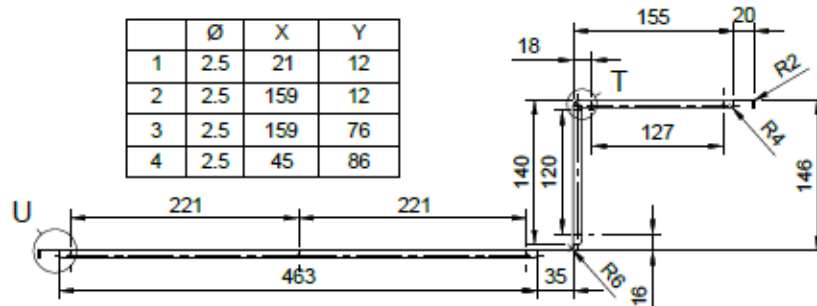
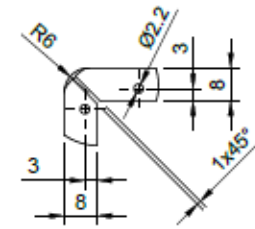
Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Title <b>ensamble final</b>	
Rev.	Date of issue	Sheet 2/16	

Detalle S (1:1)

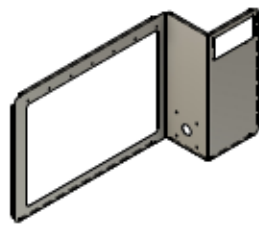
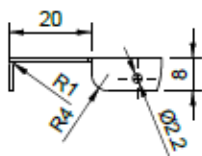


	Ø	X	Y
1	2.5	21	12
2	2.5	159	12
3	2.5	159	76
4	2.5	45	86

Detalle T (1:1)



Detalle U (1:1)



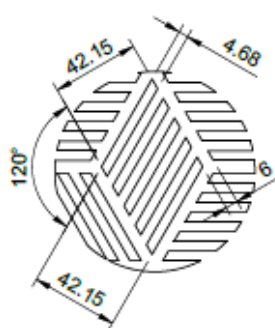
Item	Qty	Part Number	Material
2	1	Cubierta posterior	Stainless Steel A304

Parts List

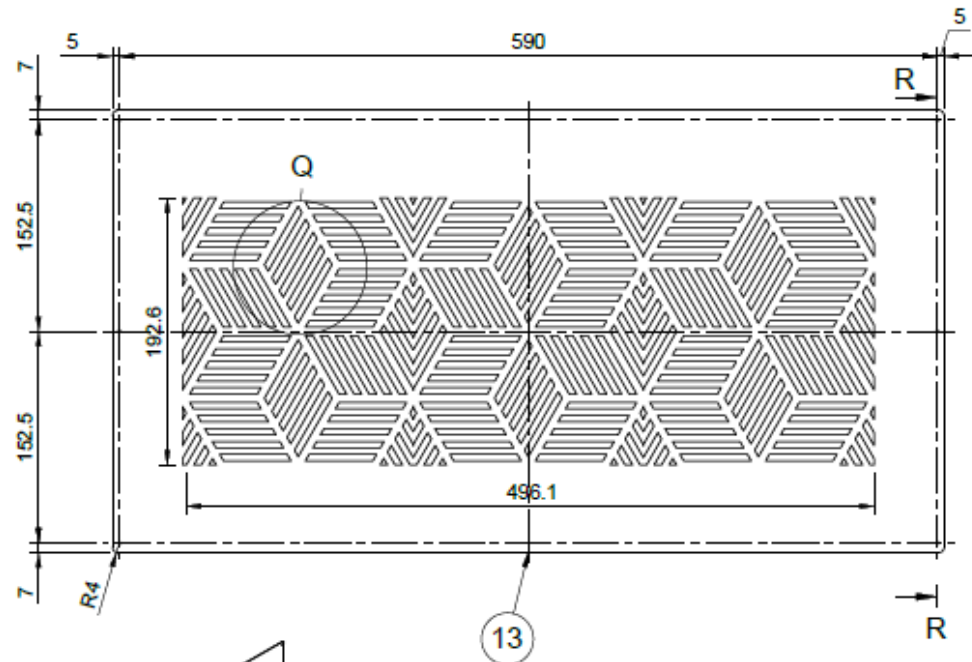
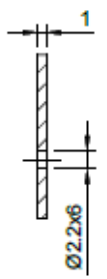
Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Title Ensamble final	
Rev.	Date of issue	Sheet 3/16	



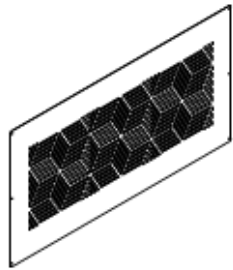
Detalle Q (1:2)




Detalle P (2:1)



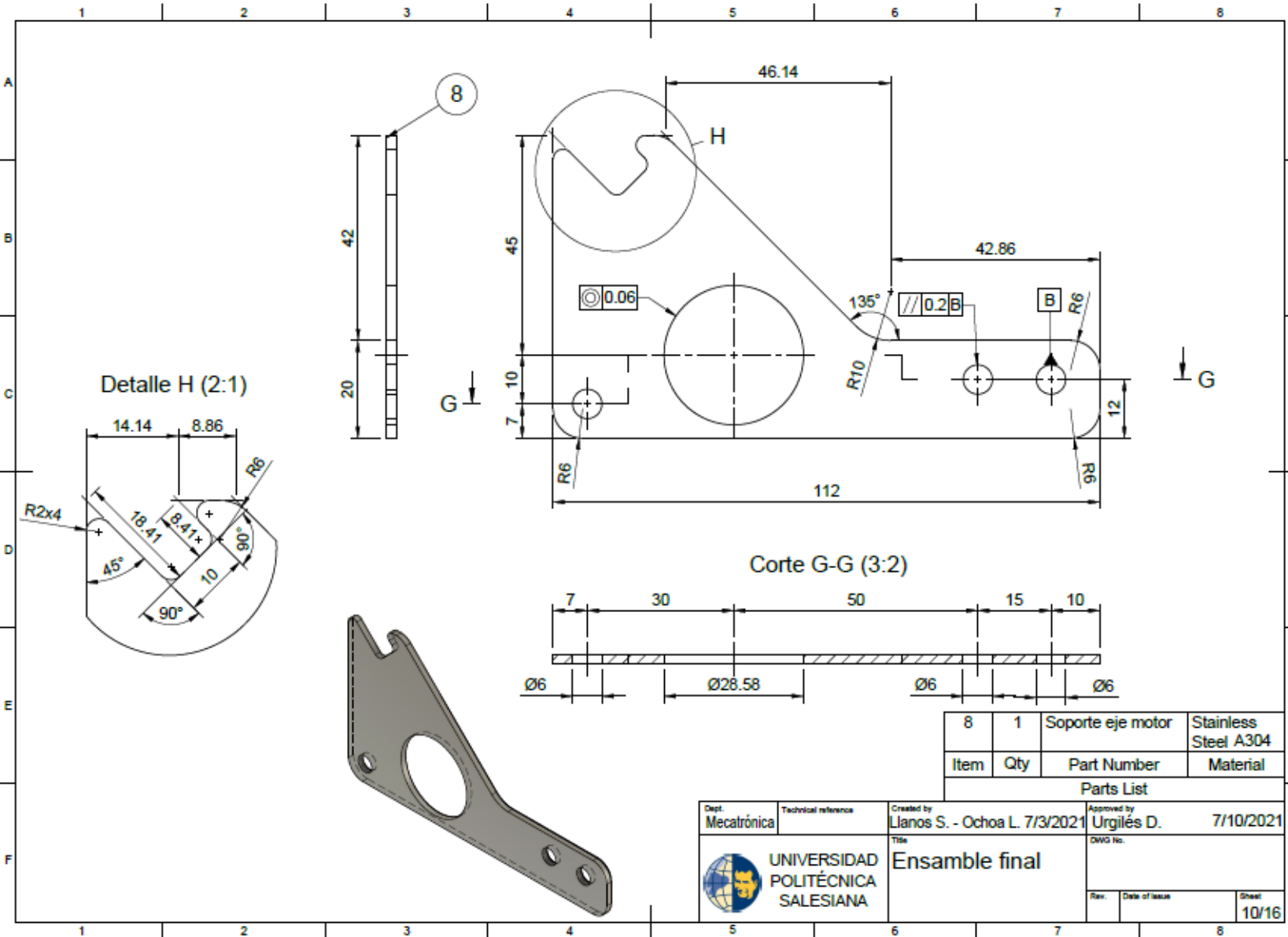
Corte R-R (1:3)



13	1	Cubierta lateral izquierda	Stainless Steel A304
Item	Qty	Part Number	Material
Parts List			


Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgiles D. 7/10/2021
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		Title Ensamble final	
		Rev.	Date of issue



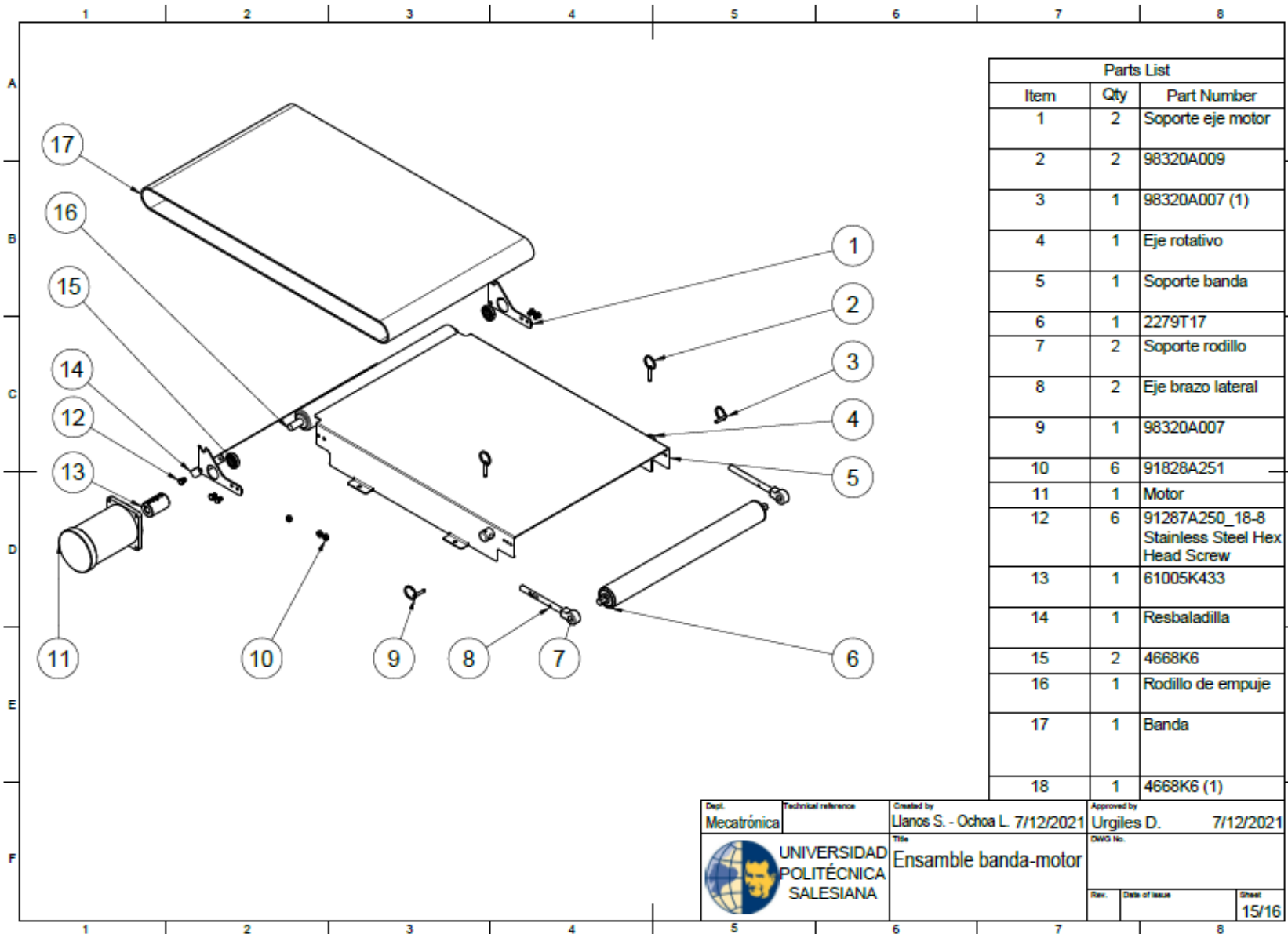


Item	Qty	Part Number	Material
8	1	Soporte eje motor	Stainless Steel A304


Parts List

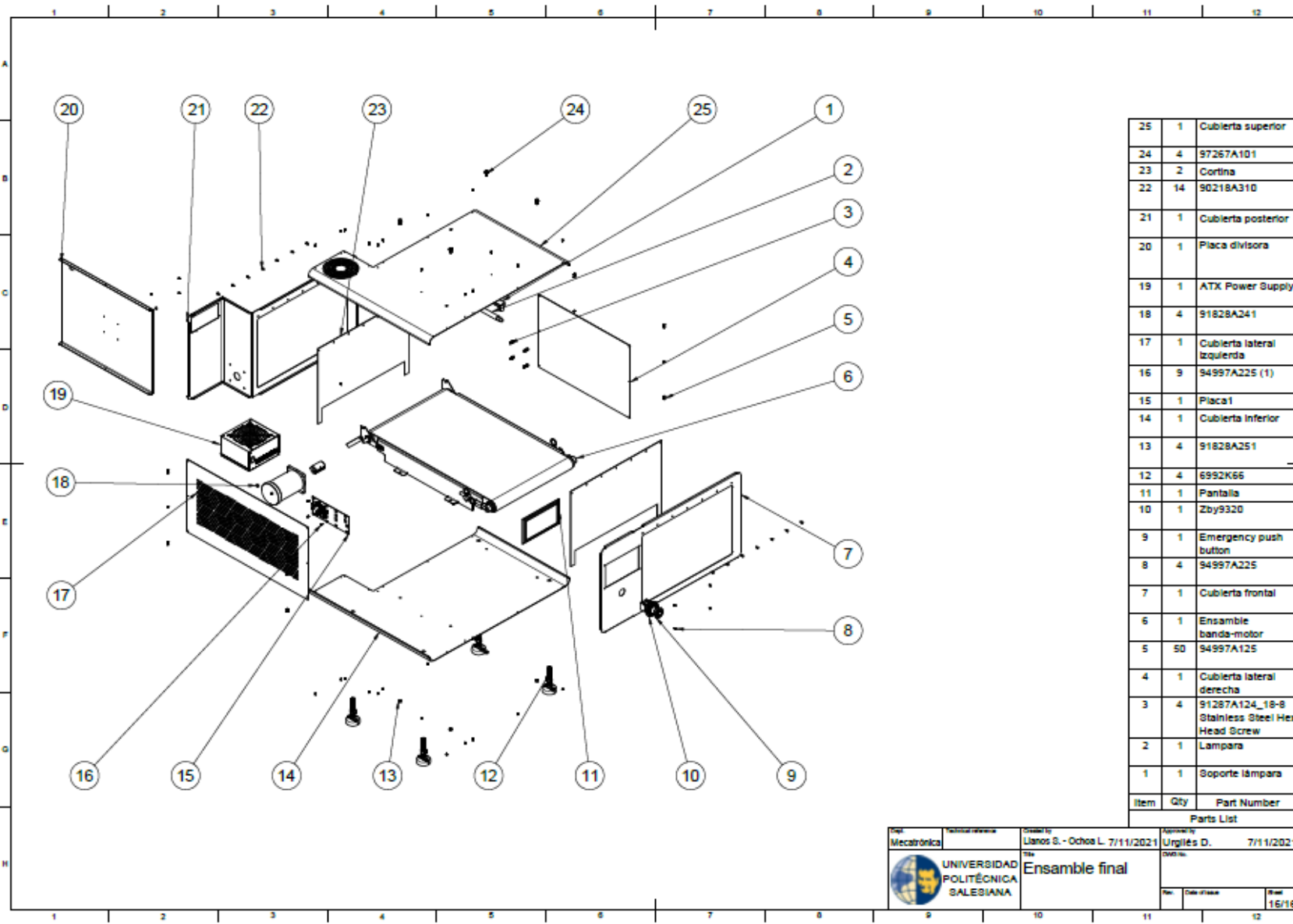
Dept. Mecatrónica	Technical reference	Created by Llanos S. - Ochoa L. 7/3/2021	Approved by Urgilés D. 7/10/2021
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		Title <b>Ensamble final</b>	
		Rev.	Date of issue
			Sheet 10/16






Parts List		
Item	Qty	Part Number
1	2	Soporte eje motor
2	2	98320A009
3	1	98320A007 (1)
4	1	Eje rotativo
5	1	Soporte banda
6	1	2279T17
7	2	Soporte rodillo
8	2	Eje brazo lateral
9	1	98320A007
10	6	91828A251
11	1	Motor
12	6	91287A250_18-8 Stainless Steel Hex Head Screw
13	1	61005K433
14	1	Resbaladilla
15	2	4668K6
16	1	Rodillo de empuje
17	1	Banda
18	1	4668K6 (1)

Dept. <b>Mecatrónica</b>	Technical reference	Created by <b>Llanos S. - Ochoa L. 7/12/2021</b>	Approved by <b>Urgiles D. 7/12/2021</b>
 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>		Title <b>Ensamble banda-motor</b>	
		Rev.	Date of issue
		Sheet <b>15/16</b>	



25	1	Cubierta superior
24	4	97267A101
23	2	Cortina
22	14	90218A310
21	1	Cubierta posterior
20	1	Placa divisora
19	1	ATX Power Supply
18	4	91828A241
17	1	Cubierta lateral izquierda
16	9	94997A225 (1)
15	1	Placa1
14	1	Cubierta inferior
13	4	91828A251
12	4	6992K66
11	1	Pantalla
10	1	Zby9320
9	1	Emergency push button
8	4	94997A225
7	1	Cubierta frontal
6	1	Ensamble banda-motor
5	50	94997A125
4	1	Cubierta lateral derecha
3	4	91287A124_18-8 Stainless Steel Hex Head Screw
2	1	Lampara
1	1	Soporte lámpara
Item	Qty	Part Number

Parts List

 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b>	<b>Ensamble final</b>	Fecha: 7/11/2021 Autor: Urgilés D. 7/11/2021
No. 15/16		15/16