



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO
ELECTRÓNICO PARA LA DESINFECCIÓN DE MONEDAS Y
BILLETES”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

CARLOS IGNACIO MONCAYO PUGA
VANESSA CAROLINA DUMANCELA AGUIRRE

Riobamba-Ecuador
2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO
ELECTRÓNICO PARA LA DESINFECCIÓN DE MONEDAS Y
BILLETES”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: CARLOS IGNACIO MONCAYO PUGA
VANESSA CAROLINA DUMANCELA AGUIRRE
DIRECTOR: ING JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba-Ecuador
2022

© 2022, Carlos Ignacio Moncayo Puga, Vanessa Carolina Dumancela Aguirre

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Carlos Ignacio Moncayo Puga y Vanessa Carolina Dumancela Aguirre, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados han sido verificados. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, 08 de marzo de 2022.



Carlos Ignacio Moncayo Puga
060411814-1



Vanessa Carolina Dumancela Aguirre
172551568-6

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Dispositivo Tecnológico “**IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PARA LA DESINFECCIÓN DE MONEDAS Y BILLETES**”, realizado por el señor **CARLOS IGNACIO MONCAYO PUGA** y la señorita **VANESSA CAROLINA DUMANCELA AGUIRRE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|---|--|--------------|
| Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  Firmado digitalmente por GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO Fecha: 2022.03.09 18:26:21 -05'00' | 2022-03-08 |
| Ing. José Enrique Guerra Salazar DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN |  Firmado digitalmente por JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR Fecha: 2022.03.08 20:47:16 -05'00' | 2022-03-08 |
| Ing. José Luis Morales Gordon MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  Firmado digitalmente por Jose Morales Fecha: 2022.03.09 16:17:45 -05'00' | 2022-03-08 |

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Mauro Moncayo y Ana Puga por darme la vida y cuidarme. A mis abuelitos Víctor Puga y Laura Calvache por siempre darme su bendición, en especial a mi abuelita por sus consejos, por inculcarme los buenos valores, por siempre ayudarme en todos mis problemas, por su apoyo incondicional brindado a lo largo de mi carrera, a mis tíos Victoria, Susana y Edison, por enseñarme a superarme cada día para ser un buen profesional. A mi hermano José Moncayo quien ha sido el mejor amigo de crianza que pude tener y he tratado de ser un ejemplo para él. A Vanessa mi querida y hermosa novia, mi mejor amiga, compañera de aventuras y locuras, ha estado siempre a mi lado en los buenos y malos momentos, apoyándome, nunca rindiéndose y siempre impulsándome a ser mejor persona.

Carlos Moncayo

A Dios por ser la luz que alumbra y guía mi camino, por la salud y la familia por todas las cosas que día con día me brinda, gracias por amarme tanto. A mis padres Rosa y Juan por su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido alcanzar un sueño gracias por su apoyo durante toda mi vida en especial en esta etapa, que con sus palabras de aliento nunca permitieron que desistiera, por todos los días confiar y creer en mí. A mis hermanas Liliana, Alexandra, Lizeth por su cariño en todo momento, por su complicidad y comprensión. A mis hermosos sobrinos Alison, Lilian, Damaris, Josué, Emiliano, Matías que también fueron un motor para continuar cada día. A Carlos por ser mi compañero, mi mejor amigo y cómplice de vida gracias por el amor que me brindas, por apoyarme en todas las circunstancias. A mis abuelitos que me brindaron su ejemplo de superación y valentía ante la vida, a mis tíos y tías que siempre me brindaron su apoyo y cariño.

Vanessa Dumancela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que con su amor me permite tener una familia espectacular, que me ha dado grandes amigos que de una u otra manera me han ayudado y por brindarme la salud.

A mis Docentes de mí querida escuela por formarme y brindarme todo el conocimiento necesario para finalizar con éxito mis estudios, en especial mencionar a los Ingenieros José Enrique Guerra y José Luis Morales porque con su ayuda, consejos y correcciones han sido parte fundamental en este proyecto.

A mis compañeros quienes me han acompañado durante mi carrera universitaria.

Carlos Moncayo

Agradezco a todas las personas que de alguna u otra manera formaron parte de este proceso, gracias por su aporte.

A mis maestros por sus enseñanzas y valores brindados, en especial al Ing. José Enrique Guerra y Ing. José Luis Morales que fueron pilares fundamentales para la realización de este trabajo de titulación, gracias por su dedicación y paciencia.

A mis amigos de la universidad gracias por aceptarme y quererme, por reír conmigo, por las celebraciones de los logros y los consuelos en el fracaso. Por todos los buenos momentos compartidos. A mis compañeros por su ayuda todos estos años.

Vanessa Dumancela

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xii |
| ÍNDICE DE GRAFICOS..... | xiv |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xv |
| RESUMEN..... | xvi |
| SUMMARY | xvii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPITULO I

| | |
|--|----|
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| 1.1 Material de elaboración del papel moneda | 7 |
| 1.2 Material de elaboración de las monedas estadounidenses | 8 |
| 1.3 Ciclo del billete en circulación | 9 |
| 1.4 Realidad de la zona (observación nuestra) | 9 |
| 1.5 Tiempo de vida del dinero..... | 9 |
| 1.6 Costos e impacto sobre el medio ambiente | 10 |
| 1.6.1 <i>Fabricación de billetes y monedas</i> | 10 |
| 1.6.2 <i>Dstrucción de los billetes y monedas</i> | 12 |
| 1.7 Microorganismos | 13 |
| 1.7.1 <i>Presencia de microorganismos en el dinero</i> | 14 |
| 1.7.2 <i>Enfermedades causadas por microorganismos en dinero</i> | 17 |
| 1.8 Desinfección de dinero..... | 18 |
| 1.9 Luz ultravioleta y sus efectos | 18 |
| 1.9.1 <i>Uso de la luz UV-C como método de desinfección</i> | 21 |
| 1.9.2 <i>Dosificación de la luz ultravioleta</i> | 22 |
| 1.10 Fundamentos para el diseño | 25 |
| 1.10.1 <i>Sistemas de control</i> | 25 |
| 1.10.2 <i>Placa de desarrollo</i> | 26 |
| 1.10.3 <i>Lámpara de radiación UV-C</i> | 27 |
| 1.10.4 <i>Sensores</i> | 29 |

| | | |
|--------|----------------|----|
| 1.10.5 | Actuador | 29 |
|--------|----------------|----|

CAPITULO II

| | | |
|-------|--|----|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO | 31 |
| 2.1 | Requerimiento del prototipo electrónico de desinfección | 31 |
| 2.2 | Consolidación general del prototipo | 32 |
| 2.3 | Arquitectura de <i>hardware</i> del prototipo | 33 |
| 2.4 | Diseño electrónico del prototipo electrónico de desinfección..... | 35 |
| 2.4.1 | <i>Descripción de los elementos empleados</i> | 35 |
| 2.4.2 | <i>Descripción y diagrama de conexión del prototipo de desinfección</i> | 47 |
| 2.5 | Diseño PCB..... | 52 |
| 2.5.1 | <i>Placa del procesador</i> | 53 |
| 2.6 | Diseño del Software del Sistema de desinfección de billetes y monedas | 54 |
| 2.6.1 | <i>Los requerimientos del software del dispositivo son:</i> | 54 |
| 2.7 | Diseño del Software del prototipo | 55 |
| 2.7.1 | <i>Desarrollo del código para el sistema de desinfección de billetes y monedas</i> | 55 |
| 2.8 | Diseño mecánico del prototipo..... | 57 |
| 2.8.1 | <i>Diseño de piezas</i> | 57 |
| 2.9 | Construcción de prototipo | 61 |

CAPITULO III

| | | |
|-------|--|----|
| 3. | PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO..... | 64 |
| 3.1 | Comparación de detecciones en el prototipo..... | 64 |
| 3.1.1 | <i>Análisis de detección de billetes con el sensor IR infrarrojo lector encoder óptico FC-03</i> 64 | |
| 3.1.2 | <i>Análisis de detección de monedas con el sensor mini final de carrera</i> | 66 |
| 3.2 | Análisis de la comunicación de los puertos..... | 68 |
| 3.3 | Análisis del número de billetes que el prototipo procesa | 69 |
| 3.4 | Análisis de la clasificación de monedas ingresadas..... | 70 |
| 3.5 | Análisis de dosificación de las Lámparas UV..... | 72 |

CAPITULO IV

| | | |
|-----------|-----------------------------------|-----------|
| 4. | EVALUACIÓN ECONÓMICA | 74 |
|-----------|-----------------------------------|-----------|

| | | |
|--|--------------------------|-----------|
| | CONCLUSIONES..... | 76 |
|--|--------------------------|-----------|

| | | |
|--|-----------------------------|-----------|
| | RECOMENDACIONES..... | 78 |
|--|-----------------------------|-----------|

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1: Vida útil estimada de los billetes..... | 10 |
| Tabla 2-1: Aspectos más significativos de la imprenta de billetes del Banco de Italia. | 11 |
| Tabla 3-1: Clasificación y características de los agentes microbianos | 14 |
| Tabla 4-1: Bacterias aisladas en el papel moneda..... | 16 |
| Tabla 5-1: Bacterias aisladas en monedas..... | 17 |
| Tabla 6-1: Afecciones oftálmicas en las que los rayos UV-C se han relacionado..... | 19 |
| Tabla 7-1: Mecanismos de desinfección por luz UV-C..... | 21 |
| Tabla 8-1: Lineamientos de la OMS de dosis requeridas para la inactivación de microorganismos varios en tratamiento de agua..... | 22 |
| Tabla 9-1: Elementos básicos de un sistema de control..... | 26 |
| Tabla 10-1: Principales modelos de placas de desarrollo | 27 |
| Tabla 11-1: Principales modelos de placas de desarrollo..... | 27 |
| Tabla 12-1: Principales modelos de lámparas UV-C..... | 28 |
| Tabla 13-1: Tabla comparativa de motores..... | 30 |
| Tabla 1-2: Características Esp32..... | 36 |
| Tabla 2-2: Características Arduino Nano..... | 36 |
| Tabla 3-2: Características Driver Puente H TFB6612 | 37 |
| Tabla 4-2: Características Módulo Driver DVR8825 | 38 |
| Tabla 5-2: Características Optoacoplador PC817 | 38 |
| Tabla 6-2: Características Motor DC..... | 39 |
| Tabla 7-2: Características Mini motor vibrador DC | 40 |
| Tabla 8-2: Características Motor paso a paso 12V- 0.4 A | 41 |
| Tabla 9-2: Características Mini lámparas UV tipo C..... | 42 |
| Tabla 10-2: Características Mini lámparas UV tipo C..... | 43 |
| Tabla 11-2: Tabla de dosificación entregada por la lampara de 2W..... | 43 |
| Tabla 12-2: Características Display LCD 2004 | 44 |
| Tabla 13-2: Características Pulsador PBS-110 2P | 45 |
| Tabla 14-2: Características Encoder óptico | 45 |
| Tabla 15-2: Características Mini final de carrera..... | 46 |
| Tabla 16-2: Consumo de corriente de los dispositivos del prototipo..... | 46 |
| Tabla 17-2: Características Fuente de 12V a 5A | 47 |
| Tabla 18-2: Características del prototipo..... | 63 |
| Tabla 1-3: Análisis comparativo cuando existe o no presencia de billetes..... | 65 |

| | |
|--|----|
| Tabla 2-3: Análisis del ingreso de monedas del prototipo..... | 67 |
| Tabla 3-3: Análisis de comunicación del prototipo. | 69 |
| Tabla 4-3: Análisis del ingreso de billetes del prototipo..... | 70 |
| Tabla 5-3: Análisis de la clasificación de monedas del prototipo..... | 71 |
| Tabla 6-3: Análisis de la dosificación del prototipo. | 73 |
| Tabla 7-3: Análisis del costo del prototipo | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1: Principales billetes en circulación en Ecuador..... | 8 |
| Figura 2-1: Monedas en circulación en Ecuador | 8 |
| Figura 3-1: Circulación de los billetes..... | 9 |
| Figura 4-1: Opciones al eliminar residuos..... | 13 |
| Figura 5-1: Estructura y composición de la microflora encontrada sobre la superficie de un billete usado en el estudio del Instituto de Investigación Gamaley | 15 |
| Figura 6-1: Espectros de luz que inciden en la tierra..... | 19 |
| Figura 7-1: Espectros de luz visible e invisible al ojo humano | 19 |
| Figura 8-1: Secuencias de ADN normal y modificado de la desinfección de agua con luz UV-C.. | 21 |
| Figura 9-1: Esquema general de un sistema de control | 26 |
| Figura 10-1: Principio de funcionamiento de lámpara fluorescente | 28 |
| Figura 11-1: Sensor óptico de presencia..... | 29 |
| Figura 1-2: Consolidación general del prototipo de desinfección | 33 |
| Figura 2-2: Arquitectura de <i>hardware</i> del prototipo..... | 35 |
| Figura 3-2: Esp32 | 36 |
| Figura 4-2: Arduino Nano..... | 36 |
| Figura 5-2: Driver Puente H TFB6612 | 37 |
| Figura 6-2: Módulo Driver DVR8825 | 38 |
| Figura 7-2: Optoacoplador PC817..... | 38 |
| Figura 8-2: Motor DC..... | 39 |
| Figura 9-2: Mini motor vibrador DC..... | 40 |
| Figura 10-2: Motor paso a paso 12V- 0.4 A | 41 |
| Figura 11-2: Mini lámparas plegables UV tipo C..... | 42 |
| Figura 12-2: Mini lámparas UV tipo C..... | 42 |
| Figura 13-2: Display LCD 2004 | 44 |
| Figura 14-2: Pulsadores | 44 |
| Figura 15-2: Encoder óptico FC-03 | 45 |
| Figura 16-2: Final de carrera mini 3 terminales..... | 46 |
| Figura 17-2: Fuente de 12V a 5A | 47 |
| Figura 18-2: Diagrama de conexión Bloque de alimentación. | 48 |
| Figura 19-2: A) Diagrama de conexión Bloque de entrada. B) Diagrama de conexión Bloque de sensores. 49 | |
| Figura 20-2: A) Diagrama de conexión ESP32. B) Diagrama de conexión Arduino Nano. | 50 |
| Figura 21-2: Diagrama de conexión del Bloque de potencia..... | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 22-2: A) Diagrama de conexión diodos leds. B) Diagrama de conexión LCD | 52 |
| Figura 23-2: Diagrama de conexión del <i>reset</i> | 52 |
| Figura 24-2: A) Placa diseñada en Eagle Anverso. B) Vista en 3D de la placa | 53 |
| Figura 25-2: Estampado de la placa..... | 53 |
| Figura 26-2: Placa después de limpieza con thinner..... | 54 |
| Figura 27-2: Placa perforada y terminada con todos los componentes..... | 54 |
| Figura 28-2: Diagrama de flujo del prototipo. | 56 |
| Figura 29-2: Diagrama de bloques del diseño mecánico | 57 |
| Figura 30-2: Diseño en 3D del prototipo de desinfección. | 57 |
| Figura 31-2: Diseño en 3D del Sistema de ingreso de billetes. | 58 |
| Figura 32-2: Diseño en 3D del Depósito de billetes. | 59 |
| Figura 33-2: Diseño en 3D del prototipo de desinfección. | 59 |
| Figura 34-2: Diseño en 3D del Depósito de monedas. | 60 |
| Figura 35-2: Diseño en 3D de la Estructura externa del prototipo. | 60 |
| Figura 36-2: Elementos mecánicos..... | 61 |
| Figura 37-2: Impresión 3D de las piezas. | 61 |
| Figura 38-2: Cortes en CNC de las piezas. | 62 |
| Figura 39-2: Prototipo terminado. | 63 |
| Figura 1-3: Prototipo implementado..... | 64 |
| Figura 2-3: Toma de muestras sensor IR infrarrojo lector encoder óptico FC-03..... | 65 |
| Figura 3-3: Toma de muestras sensor mini final de carrera..... | 67 |
| Figura 4-3: Comunicación de los sensores. | 69 |
| Figura 5-3: Conteo de monedas y visualización en el LCD. | 71 |
| Figura 6-3: Toma de medidas de distancia de lámparas UV. | 72 |

ÍNDICE DE GRAFICOS

| | |
|--|--------------------------------------|
| Gráfico 1-1: Dosis en función del ángulo y la distancia a la fuente UV-C..... | |
| ..¡Error! Marcador no definido. | |
| Gráfico 2-1: Impacto medioambiental. Magnitudes relativas..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Gráfico 3-1: Dosis de inactivación de protozoos (2 log) | 23 |
| Gráfico 4-1: Dosis de inactivación de hongos (2 log)..... | 24 |
| Gráfico 5-1: Dosis de inactivación de virus (4 log) | 24 |
| Gráfico 6-1: Dosis de inactivación de bacterias (2 log)..... | 25 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Código para el sistema de desinfección de billetes y monedas

Anexo B: Datasheet Esp32

Anexo C: Datasheet Arduino Nano

Anexo D: Datasheet Motor DC

Anexo E: Datasheet Motor paso a paso 12V- 0.4 A

Anexo F: Datasheet Display LCD 2004

Anexo G: Diagrama de conexión del prototipo de desinfección

Anexo H: Medidas de las piezas del sistema de ingreso de billetes

Anexo I: Medidas del depósito de billetes

Anexo J: Medidas de las piezas del sistema de ingreso de monedas

Anexo K: Medidas del depósito de monedas

Anexo L: Medidas de las piezas de la estructura externa del prototipo

Anexo M: Placa del procesador

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de titulación fue la construcción de un prototipo de dispositivo electrónico para la desinfección de monedas y billetes, el dinero circulante es uno de los principales portadores de microorganismos causantes de diversas enfermedades, se ha considerado la aplicación de la luz ultravioleta tipo C como medio de desinfección por lo que no genera daños en la estructura de billetes y monedas, además es capaz de eliminar eficazmente virus, bacterias, hongos y protozoos. El prototipo se divide en bloques, el de alimentación que permite energizar el prototipo mediante la red eléctrica; el de procesamiento compuesto por tarjetas de desarrollo que controlan los sensores, capaces de detectar la presencia del dinero y controlar a los actuadores, encargados de la exposición utilizando lámparas con una capacidad de 25 W/m^2 . El de visualización con una pantalla muestra información de la cantidad de dinero, también cuenta con una alarma sonora en cada proceso culminado, y el de almacenamiento cuenta con depósitos adecuados para el dinero; se tomó en cuenta la dosificación mínima de exposición. Para la validación de las pruebas realizadas en la investigación se tomó como referencia valores aceptados de inactivación de patógenos de experimentos realizados en otras bibliografías, dando como resultado 100% de eficacia en la desinfección y conteo de las monedas y billetes; además, se constató que el aumento del tiempo de exposición y la intensidad de las lámparas mejora considerablemente los resultados. Se concluye que el prototipo implementado es confiable, estable y aceptable para desinfectar dinero. Se recomienda para futuras mejoras del prototipo incorporar inteligencia artificial para el conteo de billetes y un sistema que enfunde y selle las monedas.

Palabras clave: <DISPOSITIVO ELECTRÓNICO> <MICROORGANISMOS> <LUZ ULTRAVIOLETA> <SISTEMA DE CONTROL> <CICLO DE VIDA DEL BILLETE>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0090-DBRA-UPT-2022

2022-01-21

SUMMARY

The purpose of this degree work was the construction of a prototype of an electronic device for the disinfection of coins and paper money, circulating money is one of the main carriers of microorganisms that cause various diseases, it has been considered the application of ultraviolet light type C as a means of disinfection, so it does not generate damage to the structure of bills and coins, it is also capable of effectively eliminating viruses, bacteria, fungi and protozoa. The prototype is divided into blocks, the charging block allows to energize the prototype by means of the electrical network; the processing block made up of development cards that control sensors, capable of detecting the presence of money and control the actuators, responsible for the exposure using lamps with a capacity of 25W/m². The display block with a screen shows information of the amount of money, it also has an audible alarm in each completed process, and the storage block has adequate deposits for the money; the minimum exposure dosage was considered. For the validation of the tests carried out in the research process, accepted values of pathogen inactivation from experiments performed in other literatures were taken as reference, giving as a result 100% efficiency in the disinfection and counting of coins and bills; further, it was found that increasing the exposure time and the intensity of the lamps improve the results considerably. It is concluded that the implemented prototype is reliable, stable, and acceptable to sanitize money. It is recommended for future improvements of the prototype to incorporate artificial intelligence for bill counting and a system that wraps and seals the coins.

Keywords: <ELECTRONIC DEVICE> <MICROORGANISMS> < ULTRAVIOLET LIGHT >
<CONTROL SYSTEM> <PAPER MONEY LIFE CYCLE>



Firmado electrónicamente por:

**NELLY
MARGARITA
PADILLA
PADILLA**

INTRODUCCIÓN

En Ecuador las Especies Monetarias en Circulación (EMC) (USD 12.367 millones) más los depósitos en cuenta corriente que se encuentran en las entidades bancarias (USD 8.338 millones) constituyen lo que en economía se define como Oferta Monetaria (M1), que a septiembre de 2016 ascendería a USD 20.792 millones, que también debe ser entendida como una “estimación” ya que su principal componente, las EMC no se pueden conocer con certeza (Macroeconómico, 2016, p. 5).

El papel moneda es uno de los artículos de mayor circulación en el mundo. La materia prima para la elaboración de los billetes es 100% fibra de algodón, lo que le confiere una estructura porosa que le permite alojar diferentes tipos de detritus y que posibilitaría la colonización microbiana de dicho papel, posibilita el depósito de diferentes tipos de partículas, como polvo y microorganismos, los cuales pueden estar presentes por diversos lapsos de tiempo y ser diseminados a muchos ambientes mediante su manipulación (Betancur, y otros, 2010, p. 121).

El ciclo del billete en circulación se inicia con la emisión de billetes nuevos, que son recibidos por los bancos, los que se encargan de proveer al público a través de los cajeros automáticos y ventanillas de las oficinas bancarias. Posteriormente, el público los utiliza para realizar transacciones con los comercios y servicios, estos a su vez lo depositan en los bancos y así se genera la rotación de billetes en la economía, llamada circulación. Esta rotación ocasionó un desgaste paulatino en la textura de los billetes, lo que genera su deterioro al cabo de un tiempo. En esta etapa, los bancos filtran los billetes deteriorados y los depositan en el Banco Central, para su posterior destrucción, culminando así el ciclo del billete en circulación. En la práctica, cuanto más rotan los billetes más se desgastan y viceversa, así, por ejemplo, los billetes de baja denominación tienen una mayor rotación en la circulación y, por ende, una menor vida útil; mientras que los billetes de alta denominación muestran una mayor vida útil debido a su menor rotación. Sin embargo; es preciso señalar que también existen otros factores que inciden en mayor o menor medida en el deterioro del billete, tales como: el clima, los hábitos de manipulación de la población, el nivel de bancarización, entre otros (Medina & Negrón, 2010, pp. 34-37).

El dinero representa un elemento esencial en la vida de los seres humanos, generalmente empleado para intercambio de bienes y servicios, por este motivo su manipulación es frecuente, su estructura permite actuar como reservorio de bacterias condicionalmente patógenas para el hombre. Un análisis bacteriológico de billetes y monedas realizados en la Universidad Central del Ecuador,

mostro una contaminación en 100% de billetes y 87,84% de monedas con predominio en billetes en mal estado contra aquellos en buen estado. En billetes se determinó: *Bacillus subtilis* (81,08%), *Bacillus cereus* (59,46%), cocos coagulasa negativos (51,35%), *Escherichia coli* (43,24%), otras bacterias aisladas fueron *Enterobacter* spp, *Staphylococcus aureus*, *Citrobacter* spp, *Shigella* spp, *Klebsiella* spp, *Serratia* spp, *Salmonella* spp, *Pseudomonas* spp, *Pseudomonas aeruginosa* y bacterias del género *Streptotococcus*. Y en monedas: cocos coagulasa negativos (36,29%), *Escherichia coli* (6,45%), otras *Citrobacter* spp, *Pseudomonas* spp, *Shigella* spp y del género *Bacillus*. Estos datos indican que billetes y monedas pueden ser medios para el transporte de microorganismos, muchos resistentes a los antibióticos lo que incrementa el riesgo de enfermedades (Silva, 2019; citados en Torres J., 2004).

“Microorganismo” es un término amplio que incluye varios grupos de gérmenes patógenos. Difieren en forma y ciclo de vida, pero son semejantes por su pequeño tamaño y simple estructura relativa. Los cinco grupos principales son virus, bacterias, hongos, algas y protozoarios. Observando una célula básica de bacteria, nos interesa la pared de la célula, la membrana citoplasmática y el ácido nucleico (Pietrobon Tarrán, 2012). Entre los tres mil tipos diferentes de microorganismos cuyo ADN estaba en los billetes, retirados de un banco de Manhattan, la mayoría procedía de microbios inoos. Pero entre los habitantes del dinero también estaban bacterias molestas como la productora de acné, otras que producen neumonía y úlcera gástrica y otras más peligrosas como *Bacillus anthracis*, una bacteria frecuente en el suelo causa del carbunco y que está entre los microbios más temidos como arma biológica. Incluso se identificaron genes de resistencia a antibióticos posiblemente de *Acinetobacter* (Miguel, 2014).

Nuestros billetes y monedas son elementos en donde se encuentran microorganismos causantes de enfermedades, de bacterias y virus, uno de ellos el del Covid-19. Durante estos momentos de contingencia y de tomar precauciones, el Museo Interactivo de Economía (MIDE) presentó unas medidas para mantener el dinero limpio, tanto las monedas como los billetes. Destacó que estas medidas son totalmente legales y no afectan el valor de nuestro dinero. Para lavar los billetes se deben utilizar unos guantes de plástico desechables, esto para cuidarse de cualquier tipo de microorganismo. Como se trata de papel moneda, se deben mezclar 250 mililitros de agua y cuatro cucharadas de cloro y colocarlo en un atomizador. Posteriormente, se debe rociar esta preparación en los billetes, sin mojarlos demasiado, con unas cuantas gotitas será suficiente. Posteriormente, con un trapo limpio y seco, talle ligeramente, o incluso sólo dar leves palmaditas sobre el billete, esto con el fin de que no se doblen o rompan, hasta que queden secos, de esta forma quedarán limpios.

En el caso de las monedas, la institución cultural señaló que, de igual forma que con los billetes, se deben utilizar guantes, debido a que el metal de las monedas es mucho más sucio. Se debe preparar el mismo tipo de mezcla, 250 mililitros de agua y cuatro cucharadas de cloro, sólo que en esta ocasión debe hacerse en un recipiente hondo. Deberá sumergir las monedas durante un minuto para después secarlas en un trapo limpio y con ello estarán limpias. El MIDE enfatizó que es muy importante limpiar y desinfectar nuestro dinero, debido a que los billetes y monedas permanecen mucho tiempo en circulación. Por su parte, el Banco de México recordó que tallar, raspar o intentar borrar la tinta en un billete de cualquier denominación sólo consigue maltratar la pieza y hacer más difícil la genuina verificación de los elementos de seguridad con los que cuenta. El banco central agregó que manipular el papel moneda también disminuye la vida útil de los billetes (El Economista, 2020: 1A).

Diversos estudios en el mundo del uso de luz ultravioleta como germicida y control de microorganismos, como el realizado en el Hospital Calderón Guardia por la Universidad de Costa Rica han encontrado que los microorganismos son particularmente vulnerables a la luz ultravioleta a longitudes de onda cerca de los 254 nanómetros ya que esta representa la longitud de onda de absorción máxima de su molécula de ácido desoxirribonucleico. A nivel de una célula biológica los factores de la luz ultravioleta son absorbidos por los ácidos nucleicos que conducen a la formación de dímeros de Pirimidina y otros foto productos letales. La formación de dímeros de Pirimidina conduce a cambios en la estructura de doble hélice, la mutación de células y a su muerte. El efecto de la lámpara de luz ultravioleta germicida fue absoluto sobre los hongos y no así sobre las bacterias, pero mejorando de manera significativa la calidad del aire de las salas, llevándolas a valores ambientales de limpio (Paulo Sánchez, Arias Echandi, Armenta Prada, & Salas Segura, 2012, pp. 19-22), en la Universidad de Hiroshima (Japón) investigadores ha evidenciado que el uso de luz ultravioleta C con una longitud de onda de 222 nanómetros (nm) logra eliminar "eficazmente" el SARS-CoV-2, el virus que causa la enfermedad conocida como Covid-19 (HERALDO,2020: 1A).

El empleo de estos dispositivos, sin embargo, puede causar estragos. Este tipo de luz es la parte con mayor energía del espectro UV-C y la más nociva para los seres humanos. Gracias a la capa de ozono no llega a la superficie. La luz un UV-C artificial se usa para purificar el agua y el aire también es empleada para esterilizar espacios como hospitales y laboratorios con esta pandemia se le ha dado nuevos usos en países como China, Estados Unidos y Singapur se la destina para sanitizar trenes, buses y centros comerciales. Este tipo de radiación tiene un efecto de esterilización

física sobre la superficie que alcanza, destruye los enlaces moleculares de virus bacterias por los por lo tanto los inactiva. La luz ultravioleta alcanza su máxima actividad germicida alrededor de los 265 nanómetros, esta longitud de onda es dañina para los seres humanos. La luz ultravioleta es uno de los pasos del proceso de esterilización del área de trabajo, el primero es limpieza del espacio, luego desinfectar con cloro o alcohol. Al final se enciende la luz para que actúe al menos por 15 minutos sin personas en el interior. La acción de estas lámparas, por lo tanto, no es instantánea. Existe sí las lámparas de luz ultravioleta que se comercializa para uso no profesional no alcanzan la intensidad de 265 nanómetros no tiene el efecto biocida, pero si es que si tiene la longitud de onda requerida y se usan para desinfectar hogares, locales comerciales y personas se pone en riesgo la salud de quienes están expuestos a ellas. Usarlas sobre manos y ropa de personas que ingresan a locales comerciales no tendrá ninguna acción virucida. Pero quién opera este dispositivo se expone a sufrir irritación y quemaduras o desarrollar cáncer de piel (El Comercio, 2020: 1A).

Entre los diversos usos dados a la luz ultravioleta se encuentra la Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas realizado en la Universidad de Oriente, Venezuela (Paulo Sánchez et al., 2012), el estudio con la implementación de un prototipo de control de potencia para una lámpara de luz ultravioleta aplicado en el estudio de desinfección de aguas industriales en la Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Perú (PAREDES LOZADA, 2018), en Ecuador la Universidad San Francisco De Quito estudio el Efecto de la radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) en la calidad fitosanitaria de la vainilla (*Vainilla tahitensis*) (Caviedes & Tesis, 2015) y la Universidad Central Del Ecuador realizó un Análisis bacteriológico de billetes y monedas que circulan entre estudiantes que manejan muestras biológicas en laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas, los resultados obtenidos muestran contaminación en 100% de billetes y 87,84 % de monedas (Silva P, 2019, p. 16).

En el año 2017 en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se elaboró una tesis asociada al uso de la luz ultravioleta para la desinfección, fue el Diseño de un sistema de desinfección para agua de consumo humano, basado en energía termo solar y luz UV-C de fuente fotovoltaica, mediante evaluación del parámetro indicador de contaminación microbiana, coliformes totales (Quirola, 2017, pp. 1-72).

Por lo antes expuesto y la inexistencia de un dispositivo enfocado desinfección de objetos pequeños y de uso común, se pretende desarrollar un prototipo de dispositivo para la desinfección por radiación ultravioleta, enfocado en monedas y billetes. Este tema está acorde a las líneas de

investigación que se manejan en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH, cabe indicar que el tema de investigación cumple como se menciona en la Constitución de la República del Ecuador, en el régimen del Buen Vivir, Art. 359 “El sistema nacional de salud comprenderá las instituciones, programas, políticas, recursos, acciones y actores en salud; abarcará todas las dimensiones del derecho a la salud; garantizará la promoción, prevención, recuperación y rehabilitación en todos los niveles; y propiciará la participación ciudadana y el control social.” , Art. 385 inciso 3 “Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.” y Art. 387 inciso 2 “Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al sumak kawsay.” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, 2008, pp. 165-174).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo implementar un prototipo de dispositivo electrónico para la desinfección de monedas y billetes?

OBJETIVO GENERAL

Implementar un prototipo de dispositivo electrónico para la desinfección de monedas y billetes.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar el funcionamiento del proceso y los parámetros de desinfección mediante luz ultravioleta.
- Determinar los requerimientos que debe cumplir el prototipo de dispositivo de desinfección a implementar.
- Realizar el diseño para efectuar con los requisitos determinados para el prototipo de dispositivo para la desinfección propuesto.
- Seleccionar el software y hardware adecuado que permita implementar el diseño propuesto.
- Evaluar si el prototipo de dispositivo para la desinfección implementado cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación

Para el desarrollo de esta investigación es preciso utilizar de forma combinada los siguientes métodos y técnicas de investigación:

Revisión documental, para conocer información relacionada con el tema, trabajos relacionados al objeto de estudio y los avances tecnológicos que presenta la electrónica en el campo de microcontroladores, sensores y dispositivos para transmisión de información. Histórico-lógico, empleado para estudiar la evolución de los sistemas electrónicos. Sistematización, para aplicar la información bibliográfica y experimental al diseño del prototipo y construcción del sistema de desinfección. Análisis y síntesis, para evaluar los resultados obtenidos del funcionamiento del dispositivo de esta manera llegar a conclusiones y recomendaciones.

Experimentación, para realizar la simulación y comprobación de los diversos componentes que conforman el sistema. Medición, para la evaluación de las variables durante la implementación práctica de la investigación. Observación, para la validación del prototipo diseñado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza una exploración bibliográfica de los aspectos tomados en cuenta para llevar a cabo el trabajo de investigación. Se considera conceptos generales acerca de los billetes, monedas, microorganismos, luz ultravioleta, y finalmente se determina el *hardware* y *software* necesario para implementar el prototipo.

1.1 Material de elaboración del papel moneda

El material para la elaboración de los billetes en el que imprimen los dólares se da por una mezcla de dos fuentes que son algodón y lino en un 75% cada uno (Da Silva, 2018). Se utilizan papeles de gran resistencia y longevidad, para que puedan soportar el trasiego de los billetes y evitar su rápido deterioro (Zurdo, p. 73).

Para su fabricación, cuando el diseño está aprobado, se procede a elegir las materias primas, en la actualidad la materia prima que se utiliza es el sustrato, este material se lo utiliza para la elaboración de los billetes y de las tintas para la seguridad. También se toma muy en cuenta las pruebas para el control de calidad en la doble dobléz, consiste en observar la resistencia del papel contando se le dobla varias veces por el mismo lugar hasta que destrozce, el papel de algodón debe resistir al menos unos 2,500 dobles dobleces y por parte del polímero unas diez mil (Ramírez, 2017).

Los billetes circulantes en Ecuador también cumplen con elementos de seguridad para evitar su falsificación, como se puede apreciar en la figura 1-1.





Figura 1-1: Principales billetes en circulación en Ecuador

Fuente:(Banco Central del Ecuador, 2020)

1.2 Material de elaboración de las monedas estadounidenses

En la actualidad las monedas son fabricadas con metales de poco valor, en años antiguos se podría encontrar oro, plata o bronce como componentes principales. Una moneda es un elemento en el que está formado por un material resistente, normalmente es de un metal acuñado en forma de CD, esto se emplea como cambio por un valor legal o intrínseco y también como unidad de cuenta. Hasta el año 1984 el centavo era en su totalidad de cobre, en la actualidad se realizaron cambios para abaratar costes, tomaron el níquel para su elaboración e hicieron una aleación de níquel y cobre. Esta composición se mantuvo constante a excepción del tiempo cuando de la II Guerra Mundial ya que era muy demandado el níquel, en esta época fue sustituido por la aleación de plata, magnesio y cobre. Las monedas de 10, 25 y 50 centavos tienen un núcleo de cobre y son revestidos con cobre y níquel, a diferencia de la moneda de dólar cuyo núcleo es de cobre y tiene como revestimiento al magnesio (DESQBRE, s.f.).

Como se observa en la figura 2-1 desde el año 2000 en Ecuador, se han introducido en circulación varias monedas.



Figura 2-1: Monedas en circulación en Ecuador

Fuente:(Banco Central del Ecuador, 2020)

1.3 Ciclo del billete en circulación

Inicia con la emisión de billetes nuevos, que son recibidos por los bancos, los que se encargan de proveer al público a través de los cajeros automáticos y ventanillas de las oficinas bancarias. Posteriormente, el público los utiliza para realizar transacciones con los comercios y servicios, estos a su vez lo depositan en los bancos y así se genera la rotación de billetes en la economía, llamada circulación. Esta rotación ocasiona un desgaste paulatino en la textura de los billetes, lo que genera su deterioro al cabo de un tiempo. En la figura 3-1 se muestra el ciclo del billete en circulación dentro del mercado.



Figura 3-1: Circulación de los billetes

Fuente: (Medina & Negrón, 2010)

1.4 Realidad de la zona (observación nuestra)

En la práctica, cuanto más rotan los billetes más se desgastan y viceversa, así, por ejemplo, los billetes de baja denominación tienen una mayor rotación en la circulación y, por ende, una menor vida útil; mientras que los billetes de alta denominación muestran una mayor vida útil debido a su menor rotación. Sin embargo; es preciso señalar que también existen otros factores que inciden en mayor o menor medida en el deterioro del billete, tales como: el clima, los hábitos de manipulación de la población, el nivel de bancarización, entre otros (Medina & Negrón, 2010). En lo que podemos acotar en la actualidad los métodos de desinfección tradicionales (alcohol, cloro, desinfectantes) perjudican de manera significativa en la vida del billete y la moneda, ya que estos poseen químicos fuertes y debido a esto se producen pérdidas económicas para el país.

1.5 Tiempo de vida del dinero

La vida útil de los billetes de la Reserva Federal varía según la denominación y depende de un número de factores, incluyendo cómo el público usa la denominación. Por ejemplo, las denominaciones más altas como los billetes de \$100 se usan a menudo como reserva de valor, lo que significa que se pasan entre los usuarios con menos frecuencia que las denominaciones más

bajas como los billetes de \$5, que se utilizan con mayor frecuencia para las transacciones (uscurrency.gov, s.f.). En Ecuador, las monedas tienen unos 30 años de vida útil, para un billete su tiempo de vida es de unos cuatro años, tomando en cuenta que es Ecuador los papeles se desgastan en la mitad del tiempo (El Comercio, 2012).

En la tabla 1-1 se muestra la vida útil estimada de los billetes en circulación.

Tabla 1-1: Vida útil estimada de los billetes

| DENOMINACIÓN | VIDA ÚTIL ESTIMADA |
|--------------|--------------------|
| \$1 | 6,6 años |
| \$5 | 4,7 años |
| \$10 | 5,3 años |
| \$20 | 7,8 años |
| \$50 | 12,2 años |
| \$100 | 22,9 años |

Fuente: (uscurrency.gov, s.f.)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

1.6 Costos e impacto sobre el medio ambiente

Al analizar esto existe dos impactos que se puede presentar: el primero es la fabricación de billetes y monedas y la segunda es la destrucción de estos.

1.6.1 Fabricación de billetes y monedas

Existen diversos componentes los cuales determinan el precio en la fabricación de un billete, estos son: el volumen anual a construir; el precio de la materia prima, como es el substrato y tintas, también los elementos de seguridad; los procesos de impresión que se requieren para cada asignación de valor, incluyendo los precios de mano de obra y la depreciación de equipo (Orozco, 2020).

Los billetes a siempre vista parecen iguales debido a su tamaño, su material y también a su paleta de colores, los precios entre las denominaciones varían ya que tienen colores adiciones y causan precios más costosos a la hora de imprimir, tenemos que incluir las medidas que se deben tomar contra la falsificación y son más específicos para los de alta denominación. La oficina de Grabado e Impresión elaboró 6.9 mil millones de papel moneda en el año fiscal 2014, con un costo de total de 130.1 mil millones de dólares, esto suma el papel moneda por día aproximadamente 24.8 millones en circulación. Los billetes de la denominación de 1 y 2 dólares cuestan cerca de 4.9 centavos, los billetes de 5, 10, 20, 50 y 100 dólares cuestan 10.9, 10.3, 10.5, 12.3 centavos respectivamente. Esto muestra que cuanto más grande sea el costo nominal del billete, más costoso es producirlo (Diaz,

2017). Debido al incremento de los costos de los metales, a partir de 2006, la Casa de Moneda de Estados Unidos ha tenido que gastar más dinero para generar y repartir monedas de 5 centavos (níquel) y de 1 centavo (penny) lo cual aquellas monedas realmente valen. Cerca de 1.7 centavos de dólar por producir una moneda de 1 centavo y 8 centavos por construir una moneda de 5 centavos, según un informe de la Contraloría General del Gobierno de Estados Unidos (Sahadi, 2016). Las monedas que salen relativamente provechosas son a partir de las de 10 centavos, pues su precio es de 3,9 centavos, y las de 25 tienen un precio de 9 centavos de dólar (Cetelem, 2019). En la tabla 2-1 se visualiza como el medio ambiente se ve afectado por las actividades de fabricación, como la producción de billetes en sus múltiples facetas (Fiori, 2013) .

Tabla 2-1: Aspectos más significativos de la imprenta de billetes del Banco de Italia.

| Procesos | Aspectos significativos |
|---|---|
| | Procesos de producción |
| Actividades de preimpresión: Elaborado de las planchas de offset | Consumo de energía eléctrica, gas natural y agua. Generación de residuos (materiales de originación y soluciones de blanqueo fijado, etc.), emisiones gaseosas. |
| Actividades de preimpresión: Elaboración de las planchas calcográficas. | Consumo de energía eléctrica, gas natural y agua. Generación de residuos, aguas residuales (soluciones diluidas de metales pesados), emisiones gaseosas. |
| Actividades de impresión: offset, calcografía, serigrafía, numeración y barnizado. | Consumo de energía eléctrica, gas natural y agua. Generación de residuos (disolventes, ropas protectoras frente a la contaminación, etc.), aguas residuales (materiales de originación y limpieza), emisiones gaseosas. |
| Cortado, control de calidad y acabado | Consumo de energía eléctrica, gas natural y agua. Generación de residuos (billetes no aptos y billetes destruidos), emisiones gaseosas. |
| | Procesos auxiliares |
| Mantenimiento de la maquinaria | Consumo de energía eléctrica y gas natural. Generación de residuos (aceites lubricantes, etc.). |
| Gestión de la planta de aguas residuales | Consumo de energía eléctrica, gas natural y agua. Generación de residuos (lodos, etc.), emisiones gaseosas. |

Fuente: (Fiori, 2013)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

En la figura 4-1 se muestra los datos promedio de las magnitudes relativas del impacto ambiental, durante tres años.

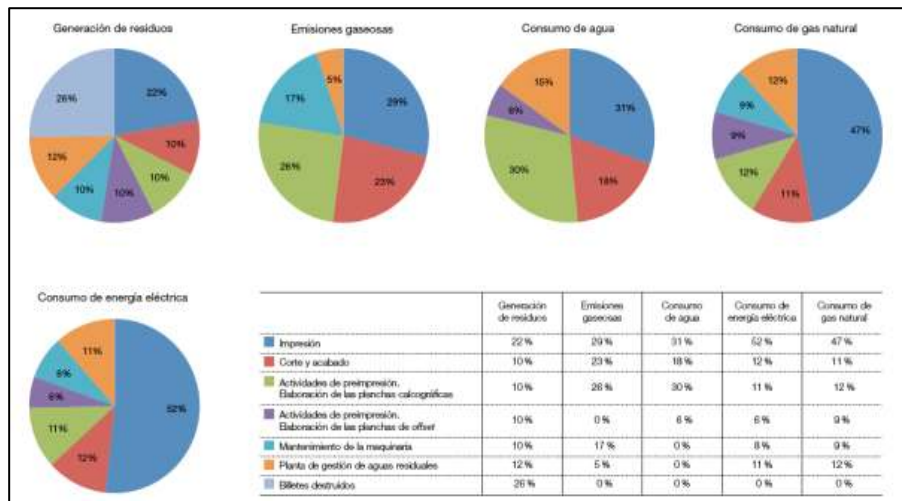


Gráfico 1-1: Impacto medioambiental. Magnitudes relativas

Fuente: (Fiori, 2013)

1.6.2 Destrucción de los billetes y monedas

Hay que considerar los costes de transporte, almacenaje y mano de obra requerida para su recolección y destrucción tanto para los billetes y monedas son manejados principalmente por los bancos centrales y reservas federales, además los valores dependen del mercado. Los bancos de la Reserva Federal anualmente destruyen billetes cuyo peso excede las 5.000 toneladas. En los últimos años, la Reserva Federal ha realizado progresos considerables encaminados a aumentar el reciclaje de los residuos de los billetes que destruye. (Ferrari, 2013). Cuando los billetes son eliminados por los bancos, se contrata a empresas para que sean retirados los residuos y trasladados hacia las plantas especializadas que se encargan de los residuos dándoles un buen tratamiento (Reciclajes Ballester, s.f.). La figura 5-1 muestra otras opciones al eliminar residuos que utilizan diversas empresas.

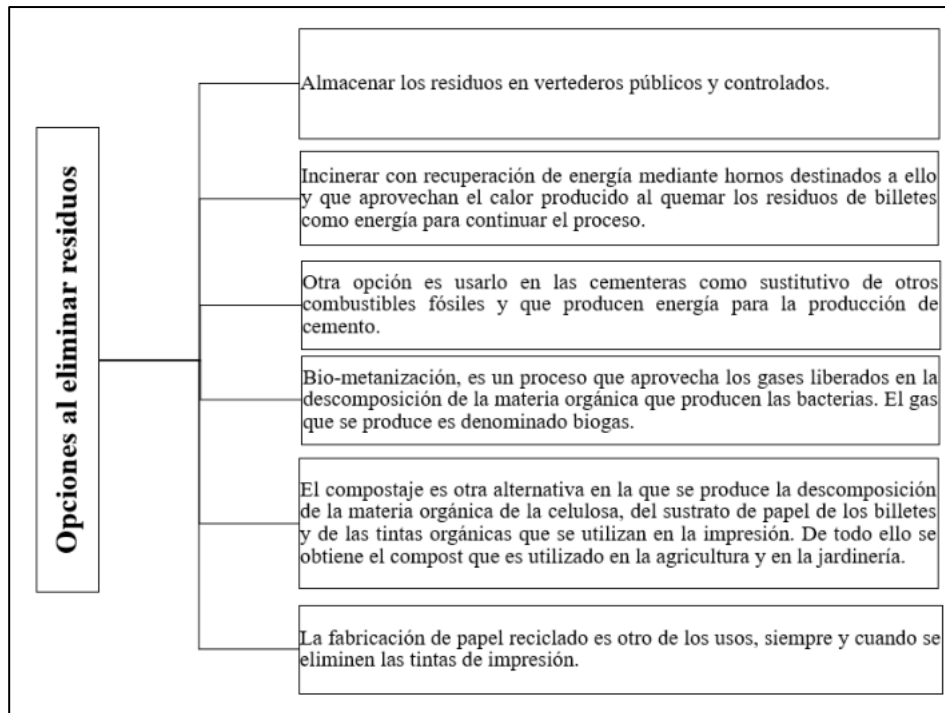


Figura 4-1: Opciones al eliminar residuos

Fuente: (Reciclajes Balletero, s.f.)

Para que sean sostenibles los destinos de cada uno de los billetes tiene como objetivo almacenar dichos residuos en vertederos, el reciclado contribuye con la protección y cuidado del medio ambiente, ya que muchos productos se elaboran a partir de estos residuos. (Reciclajes Balletero, s.f.).

Con respecto a las monedas como ejemplo, en el año 2002 en España se produjo el cambio de moneda, tras su retirada, fueron recicladas para destinarlas a usos industriales, de esta manera, las partes de las monedas compuestas en bastante más de un 95% por aluminio se usaron para la construcción de barriles de cerveza y las monedas de 10, 50 y 200 pesetas que estaban compuestas de un 75% de cobre y un 25% de níquel, fueron destinadas para la construcción de tuberías de refrigeración. Las de 5, 25, 100 y 500 pesetas, que estaban compuestas de un 88% de cobre, se convirtieron en hélices de barco. La plata, el oro nórdico y el aluminio, metales que una vez fundidos, son usados para procesos industriales y tras ello vuelven a conformar parte de nuestro alrededor (Reciclajes Balletero, s.f.).

1.7 Microorganismos

Son seres vivos que son tan pequeños, que solo pueden ser vistos a través de un microscopio. Los microorganismos, se clasifican en cuatro grupos: bacterias, virus, hongos y parásitos; cada uno de

estos grupos posee aspectos diferentes en cuanto a su relación, estructura, morfología, nutrición y reproducción (Vargas & Villazante, 2014). En la tabla 3-1 se muestra la clasificación y características de los agentes microbianos.

Tabla 3-1: Clasificación y características de los agentes microbianos

| Agente Microbiano | Reino / Clasificación celular | Características | Forma | Sub-clasificación |
|-------------------|--|---|---|--|
| Bacterias | Procariotas Unicelulares | -Sin núcleo y poseen un solo cromosoma. -Pueden multiplicarse por bipartición, conjugación, transformación y transducción. - Nutrición: la mayoría son heterótrofas, otras, en menor cantidad, son autótrofas, saprofitas o simbioses | -Bacilos: forma de bastón -Cocos: forma esférica u oval -Espirilos: forma de tirabuzón o curva -Vibrios: cortos y curvados con forma de coma | -Gram negativas: pared celular con una sola capa de peptidoglucano. -Gram positivas: presentan varias capas. |
| Virus | | -No pueden nutrirse, relacionarse ni reproducirse por sí solos | -Simples: icosaédricos, esférica, helicoidales o cilíndricos si es que son alargados. -Complejos: presentan cabeza y cola | -Citopáticos: si matan a la célula que infectan -No Citopático: producen infección crónica y no matan a la célula huésped |
| Hongos | Eucariotas Unicelulares o Pluricelulares | Son heterótrofos y en su mayoría saprofitos | | -Levaduras -Hongos con hifas |
| Parásitos | Eucariotas Unicelulares Eucariotas Pluricelulares | Se multiplican en el medio intracelular o extracelular Se denominan gusanos y su reproducción es sexual | | Protozoos Helminetos |

Fuente: (Silva P. , 2019, pág. 14)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

1.7.1 Presencia de microorganismos en el dinero

Las publicaciones de la revista de divulgación científica *Scientific American* (SA), revelan que el

dinero acumula cantidades importantes de bacterias y microorganismos (Silva I. , 2018).

Porcentaje de contaminación bacteriana en billetes. - La *American Medical Association* detectó por primera vez la presencia de bacterias en la superficie de los billetes en 1972. Según trabajos realizados en 2001 por el *Institute of Biomedical Studies* de Río de Janeiro (Brasil), en los sustratos de papel y de plástico de los billetes pueden encontrarse ocho tipos de microorganismos. La existencia de bacterias de hongos y de otros elementos potencialmente peligrosos y contaminantes también se puso de manifiesto en estudios realizados por otros laboratorios. Goznak, el fabricante ruso de billetes y de papel para billetes, en cooperación con el *Research Institute of Epidemiology and Microbiology*, de la academia rusa de ciencias médicas (Instituto de Investigación Gamaley), realizó en el período 2004-2007 un análisis de la microflora existente en la superficie de los billetes usados. El objetivo de estos estudios era analizar la impureza general de los billetes causada por microbios, la identificación de los microorganismos y la determinación del nivel integrado de potenciales microorganismos patógenos. Se estableció un 100% de contaminación de todos los billetes analizados. Alrededor de un 20% resultaron ser potencialmente patógenos (Kornilov & Kurkova, 2013).

La figura 6-1 muestra la estructura y la composición de la microflora. En total, 34 especies de microorganismos potencialmente patógenos fueron detectadas e identificadas. Todos los billetes estaban inseminados por esporas de mohos (Kornilov & Kurkova, 2013) .

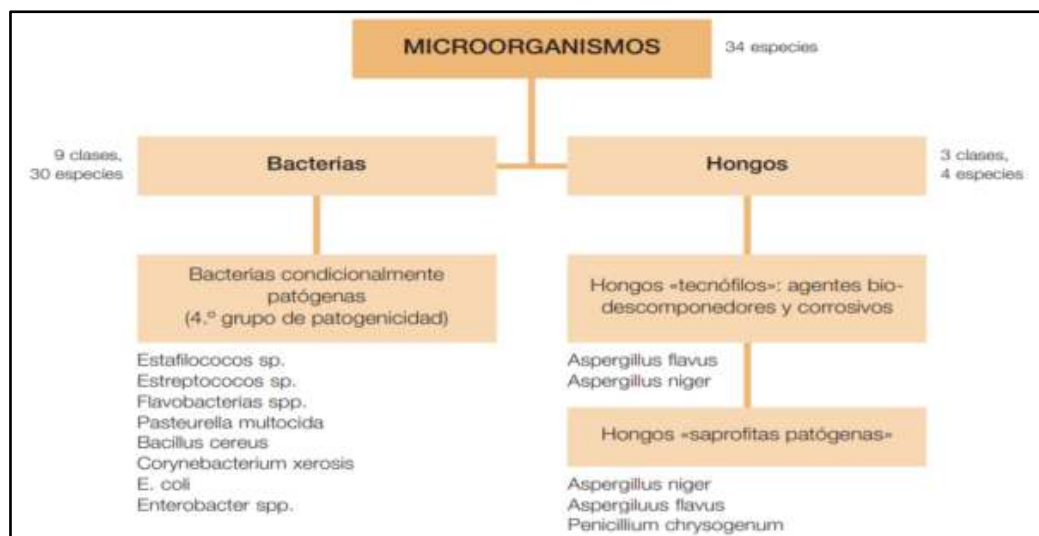


Figura 5-1: Estructura y composición de la microflora encontrada sobre la superficie de un billete usado en el estudio del Instituto de Investigación Gamaley

Fuente: (Kornilov & Kurkova, 2013)

Además, diversos estudios realizados comprueban la contaminación como el realizado en Paraguay, de los 50 billetes estudiados, el 74 % (37/50) presentó contaminación microbiana (Aguilera , Fretes, & Medina, 2016). En Colombia se encontró que el 91,1% de los billetes evaluados presentaba contaminación microbiana. El género más frecuentemente aislado correspondió a *Bacillus* spp. El 41,9% de los aislamientos correspondía a bacterias potencialmente patógenas para el hombre, como estafilococos coagulasa negativos (20,2%) y bacilos gramnegativos de la familia Enterobacteriaceae (15,3%), de los cuales, *Pantoea cloacae* fue la especie más frecuentemente aislada (8,9%). El 17,7% de los aislamientos correspondía a bacterias de origen posiblemente entérico (Betancur C. , y otros, 2010). Otro estudio en el mismo país revelo que debido a la capacidad de los billetes de Colombia de alojar *Staphylococcus*, es muy posible que pueda alojar cepas con resistencias a antibióticos, por lo tanto, es prioritario determinar en estudios posteriores la capacidad de los billetes en Colombia para alojar y transmitir estas especies patógenas (Lizarazo, Cabarcas, & Alzate, 2016).

En la tabla 4-1 se aprecian las bacterias aisladas en el papel moneda en Ecuador durante un análisis realizado en la Universidad Central del Ecuador se estudió 74 muestras de papel moneda recolectado demuestra que existe crecimiento bacteriano en todas las muestras (100%) (Silva P. , 2019, pág. 37).

Tabla 4-1: Bacterias aisladas en el papel moneda

| Bacterias | Billetes | |
|---|----------------------|-------|
| | contaminados n=74 | % |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 60 | 81,08 |
| <i>Bacillus cereus</i> | 44 | 59,46 |
| <i>Cocos coagulasa negativos</i> | 38 | 51,35 |
| <i>Escherichia coli</i> | 32 | 43,24 |
| <i>Enterobacter spp</i> | 14 | 18,92 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 11 | 14,86 |
| <i>Citrobacter spp</i> | 10 | 13,51 |
| <i>Shigella spp</i> | 8 | 10,81 |
| <i>Streptococcus no hemolíticos</i> | 6 | 8,11 |
| <i>Streptococcus viridans (alfa hemolitico)</i> | 7 | 9,46 |
| <i>Pseudomonas spp</i> | 5 | 6,76 |
| <i>Klebsiella spp</i> | 3 | 4,05 |

| | | |
|-------------------------------|---|------|
| <i>Serratia spp</i> | 3 | 4,05 |
| <i>Salmonella spp</i> | 1 | 1,35 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 1 | 1,35 |

Fuente: (Silva P. , 2019, pág. 37)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

Presencia de microorganismos en monedas. - En la Universidad Central del Ecuador, la tabla 5-1 muestra, el análisis de nuestros hallazgos investigados en monedas de un dólar determinó que el 87,84% (n=65) estaban contaminadas, mientras que en el 12,16% (n=9) no se obtuvo aislamiento bacteriano (Silva P. , 2019, pág. 44)

Tabla 5-1: Bacterias aisladas en monedas

| Bacterias aisladas | Monedas | |
|--------------------------|--------------|-------|
| | contaminadas | % |
| | n=74 | |
| <i>Cocos coagulasa</i> | 45 | 36,29 |
| <i>negativos</i> | | |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 37 | 29,84 |
| <i>Bacillus cereus</i> | 26 | 20,97 |
| <i>Escherichia coli</i> | 8 | 6,45 |
| <i>Citrobacter spp</i> | 3 | 2,42 |
| <i>Pseudomonas spp</i> | 3 | 2,42 |
| <i>Shigella spp</i> | 1 | 0,81 |

Fuente: (Silva P. , 2019, pág. 44)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

1.7.2 Enfermedades causadas por microorganismos en dinero

Los investigadores del Proyecto Dinero Sucio de la Universidad de Nueva York (NYU), encontraron alrededor de 3.000 bacterias, las especies que más abundan en los billetes son las que causan acné. Detrás de ellas, están las responsables de úlceras gástricas, neumonía, intoxicaciones e infecciones estafilocócicas. Algunas eran portadoras de los genes responsables por la resistencia antibiótica (Infobae.com, 2014).

Pero en general no existe una indagación definitiva que conecte suficientes puntos de vista para enseñar que el dinero sucio realmente hace enfermar a la población, empero sí poseemos una intensa prueba circunstancial en los estudios: la gripe, el norovirus, el rinovirus y otros fueron transmitidos por medio de contacto mano a mano o de área a mano, proponiendo que los patógenos podrían viajar de forma fácil por una ruta mano-dinero-mano (Fine, 2017).

1.8 Desinfección de dinero

No mucho tiempo antes, los fabricantes de papel para billetes propusieron soluciones para hacer frente a este problema. La papelera francesa Arjo Wiggins estaba entre las pioneras. Esta firma introdujo un sustrato de papel denominado *Bioguard*. El sustrato incorporaba protección frente a los hongos y las bacterias y, finalmente, desarrollaron una protección ante los virus. Muchos países están implicados en la desinfección del dinero. En algunos, los billetes se tratan con ozono y ultravioleta o se someten a tratamiento térmico (Kornilov & Kurkova, 2013).

Con la reciente pandemia, las personas se han preocupado por la limpieza del dinero, en la actualidad se utiliza mezclas principalmente de agua y cloro, en China, realizó el banco central una implementación de estrategia para contener el virus: la limpieza profunda (esterilizar con luz UV y también con altas temperaturas, luego procederlo almacenarlo durante 7 a 14 días antes de adjudicar a los clientes) y destrucción del dinero en efectivo potencialmente infectado (Yeung, 2020).

1.9 Luz ultravioleta y sus efectos

En la figura 7-1 se visualizan los espectros de luz que inciden en la tierra como la radiación UV, con longitudes de onda que van a partir de los 100 nm hasta el extremo del espectro de luz visible, se ha subdividido en 2 bandas según los efectos biológicos de las longitudes, los rayos UVA comprenden de 380 a 315 nm, los rayos UVB comprenden de 315 a 280 nm y rayos UVC comprenden de 280 a 100 nm (El espectro de luz visible va de los 380 a los 760 nm). Los rayos UVA, que penetran más profundo que los rayos UVB en la piel, estos son los responsables del bronceado, envejecimiento y arrugas en la piel, los UVB causan lesiones en los tejidos, como eritema y forman ampollas, también podrían causar cáncer de piel; además, los UVC, matan las bacterias, de ahí su uso como agente germicida (Andre, y otros, 2011, pág. 10).

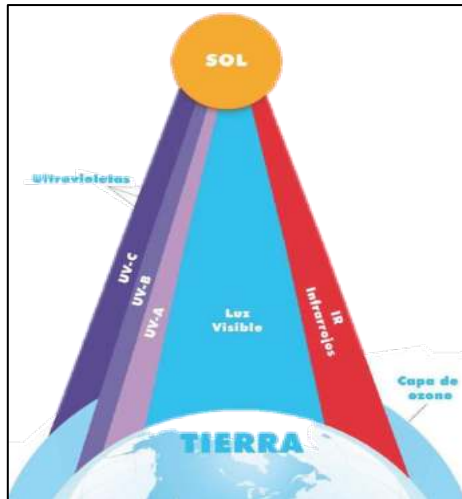


Figura 6-1: Espectros de luz que inciden en la tierra

Fuente: (Cañarte, 2020)

Los espectros de luz visible e invisible al ojo humano, como lo muestra la figura 8-1 son los causantes de las enfermedades oculares, y la tabla 6-1 enumera las afecciones oftálmicas asociadas a los rayos UV que tienen un gran impacto en las personas y la sociedad. Los problemas de visión a menudo causan pérdida de productividad y limitaciones sociales; el tratamiento de las enfermedades aumenta los costos sanitarios, que se suma a la carga económica por pérdida de productividad (Andre, y otros, 2011, pág. 13).

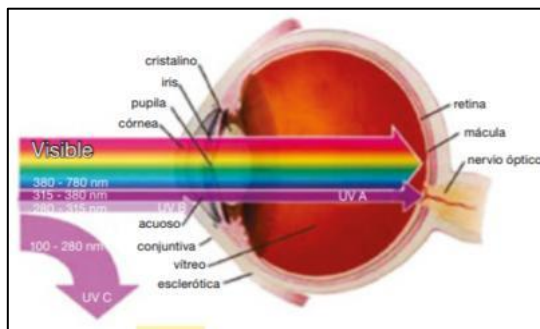


Figura 7-1: Espectros de luz visible e invisible al ojo humano

Fuente: (Andre, y otros, 2011, pág. 13)

Tabla 6-1: Afecciones oftálmicas en las que los rayos UV-C se han relacionado

| LUGAR | AFECCIÓN |
|-------------------|---|
| Párpado | Arrugas Quemaduras del sol Reacciones fotosensibles Tumores malignos carcinoma de células basales carcinoma de células escamosas |
| Superficie | Pinguécula |

| | |
|-------------------|--|
| ocular | Pterigión Queratopatía climática Queratitis Displasia Tumores malignos en la córnea o conjuntiva |
| Cristalino | Catarata cortical |
| Úvea | Melanoma Miosis Dispersión pigmentaria Uveítis Incapacidad de la barrera hematoocular |
| Vítreo | Licuefacción |
| Retina | Degeneración macular asociada a la edad |

Fuente: (Andre, y otros, 2011, pág. 14)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

La radiación ultravioleta es la principal responsable de los efectos nocivos de la radiación solar sobre el organismo, puede causar lesiones inmediatas que van desde un pequeño enrojecimiento de la piel a auténticas quemaduras, o lesiones tardías como fotoenvejecimiento, fotosensibilidad, queratosis actínicas, cáncer de piel y cataratas. Hoy en día, no existe la menor duda sobre el peligro de exponernos mucho tiempo al sol, sin embargo, no se toman las debidas precauciones para evitar las consecuencias de la radiación solar acumulativa, es por ello la importancia de adoptar hábitos saludables frente a la exposición a la radiación ultravioleta, especialmente en los primeros años de vida. La idea es concienciar a la población de la importancia y la necesidad de cuidar la piel evitando las exposiciones solares prolongadas (Cañarte, 2020).

Radiación UV-C.- Es la más energética, posee propiedades germicidas, por ello es potencialmente la más peligrosa. El ozono impide su penetración en la atmósfera. Está presente en fuentes artificiales: lámparas bactericidas, arcos de soldadura industrial. Posee una longitud de onda de 200-280nm (Morales- Medina, y otros, 2006). Es utilizada para purificar espacios como hospitales y laboratorios que necesitan un ambiente más estéril (El Comercio, 2020). La dosis de luz UV-C, se obtiene mediante el cálculo de la intensidad y el tiempo de exposición de la muestra a la fuente de luz UV. Se ha encontrado que, aplicando dosis efectivas, el tratamiento con luz UV es uno de los métodos más eficientes para la desinfección de microorganismos, debido a su alta capacidad de inactivar virus, bacterias, esporas y quistes de protozoo (Espinosa).

Efectos de la luz ultravioleta en la desinfección. - La acción de la luz ultravioleta se basa especialmente en la destrucción de ADN de todos los microorganismos, tales como virus bacterias, levaduras y hongos, sin la adición de productos químicos. El blanco principal de la desinfección mediante luz ultravioleta es el material genético. Los microbios son destruidos por la luz UV,

cuando accede a la célula y es absorbida por el ácido nucleico (Calderón). Como se observa en la figura 9-1 las secuencias de ADN se ven afectadas después de la aplicación de luz UV.

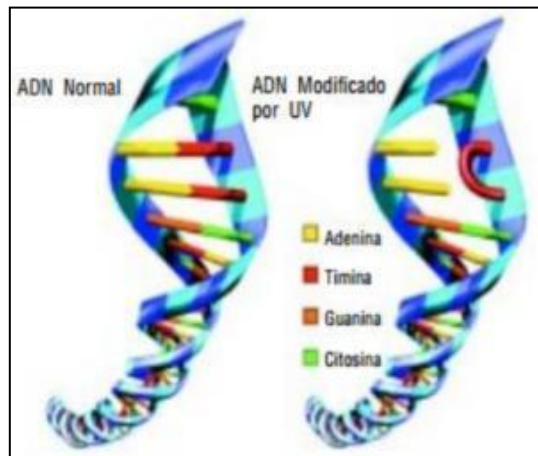


Figura 8-1: Secuencias de ADN normal y modificado de la desinfección de agua con luz UV-C

Fuente: (Calderón)

Para la destrucción del ADN en los microorganismos, se utilizan diferentes mecanismos de desinfección por luz UV-C, como se visualiza en la tabla 7-1.

Tabla 7-1: Mecanismos de desinfección por luz UV-C

| MECANISMOS DE DESINFECCIÓN | |
|-----------------------------------|--|
| Dimetización del AND | Los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos. La radiación UV es absorbida por los nucleótidos, los bloques constitutivos del ADN y ARN de la célula, según la longitud de onda, con los valores más altos cerca de 200 y 260 nm. Debido a la dependencia de la longitud de onda para la absorción de UV por parte del ADN, la inactivación UV de los microbios también está en función de la longitud de onda. |
| Mecanismos de reparación | Muchos microbios que tienen un sistema metabólico funcional tienen varios mecanismos de reparación de los ácidos nucleicos dañados. El mecanismo de reparación que es único a la desinfección UV es el de fotoreactivación. Los virus no tienen mecanismos de reparación para invertir el daño creado por la luz UV. |
| Tasas de inactivación | Varían dependiendo de la especie de microbios, la población microbiana y la longitud de onda de la luz UV. Varían dependiendo de la especie de microbios, la población microbiana y la longitud de onda de la luz UV. En general, las bacterias son menos resistentes a la UV a 254nm que los virus, los cuales a su vez son menos resistentes que las esporas de bacterias. |

Fuente: (Wright & Cairns)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

1.9.1 Uso de la luz UV-C como método de desinfección

La radiación UV está avalada como una técnica avanzada de desinfección del agua que evita los efectos secundarios de la cloración convencional. Dado que el uso de la luz UV-C para eliminar microorganismos en el agua data del año 1916, la Organización Mundial de la Salud, en el año 2008 definió los valores de dosis UV-C, como observamos en la tabla 8-1 los porcentajes para la inactivación de varios microorganismos para el tratamiento de agua (Lecam, 2020).

Tabla 8-1: Lineamientos de la OMS de dosis requeridas para la inactivación de microorganismos varios en tratamiento de agua

| Microorganismo | | Dosis (Ws/m^2) | Nivel de inactivación |
|----------------|-----------------|--------------------|-----------------------|
| Bacterias | | 70 | 2 log (99%) |
| Virus | | 590 | 2 log (99%) |
| Protozoos | Giardia | 50 | 2 log (99%) |
| | Cryptosporidium | 100 | 3 log (99,9%) |

Fuente: (Lecam, 2020)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Como método de desinfección de ambientes y superficie, el ángulo de incidencia de los rayos sobre una superficie es clave para la dosis, ya que aquellos que se encontraron en la línea de alcance directa obtuvieron las dosis más elevadas. Asimismo, y como es esperado, la dosis disminuyó con la distancia a la fuente luminosa. Las áreas sombreadas u obstaculizadas son afectadas y reciben muy bajas dosis (Lecam, 2020). Como observamos en la figura 10-1 la función del ángulo y la distancia a la fuente UV-C.

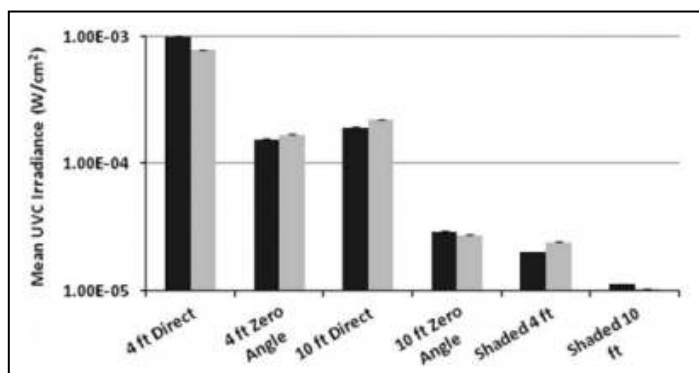


Gráfico 2-1: Dosis en función del ángulo y la distancia a la fuente UV-C

Fuente: (Lecam, 2020)

1.9.2 Dosificación de la luz ultravioleta

La dosis se describe como el producto de la velocidad a la cual la energía es emitida (intensidad) y el tiempo al que los organismos son expuestos a tal energía. La experiencia indica que cuando los microorganismos son expuestos a la radiación UV, una fracción constante de los microorganismos

son inactivados por cada incremento progresivo en el tiempo (Beltrán), en la figura 11-1, figura 12-1, figura 13-1 y figura 14-1 podemos observar las dosis necesarias para la inactivación de protozoos, hongos, virus y bacterias.

$$D = I * t$$

Ecuación 1-1

Donde

D: Dosis, mWs/cm^2

I: Intensidad, mW/cm^2

t: Tiempo, s

Se presenta información gráfica de datos recabados por diferentes autores respecto a la dosis requerida para la inactivación de bacterias, virus, protozoos y hongos con luz UV-C.

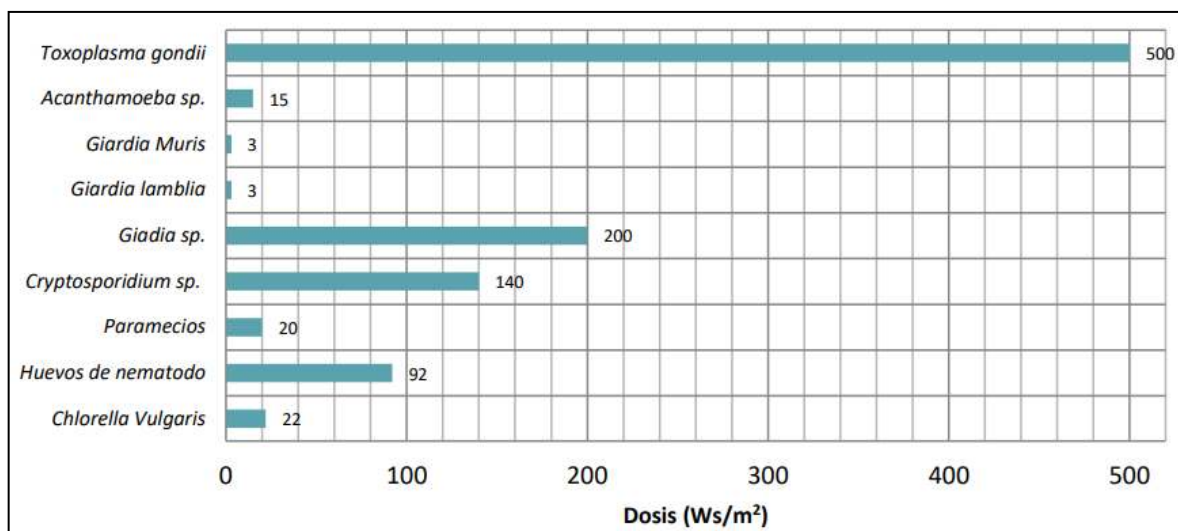


Gráfico 3-1: Dosis de inactivación de protozoos (2 log)

Fuente: (Lecam, 2020)

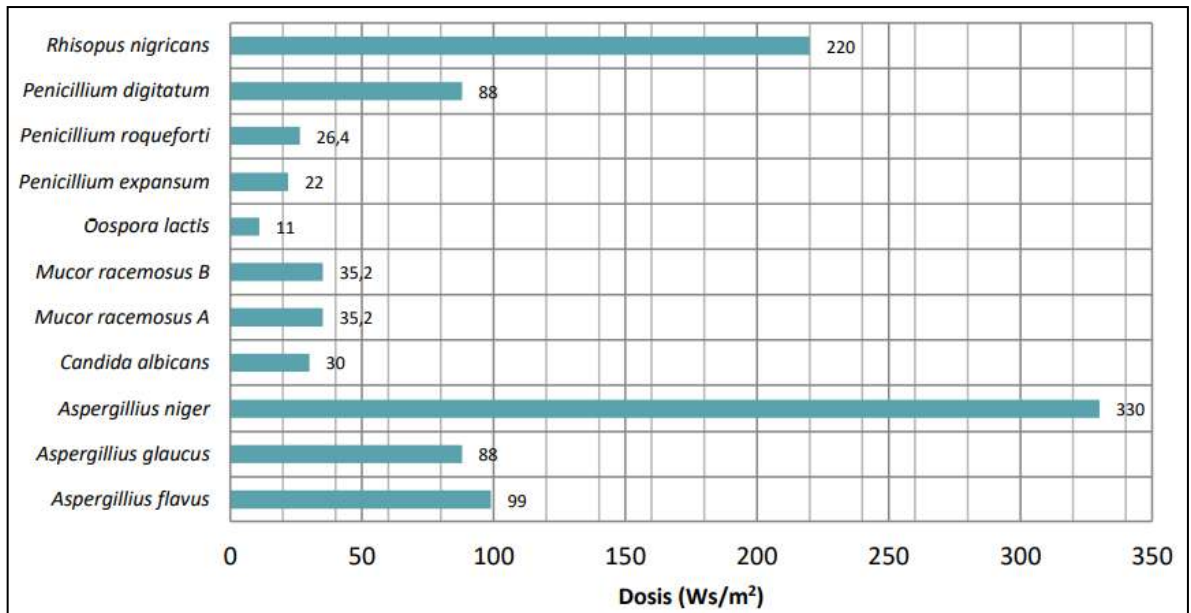


Gráfico 4-1: Dosis de inactivación de hongos (2 log)

Fuente: (Lecam, 2020)

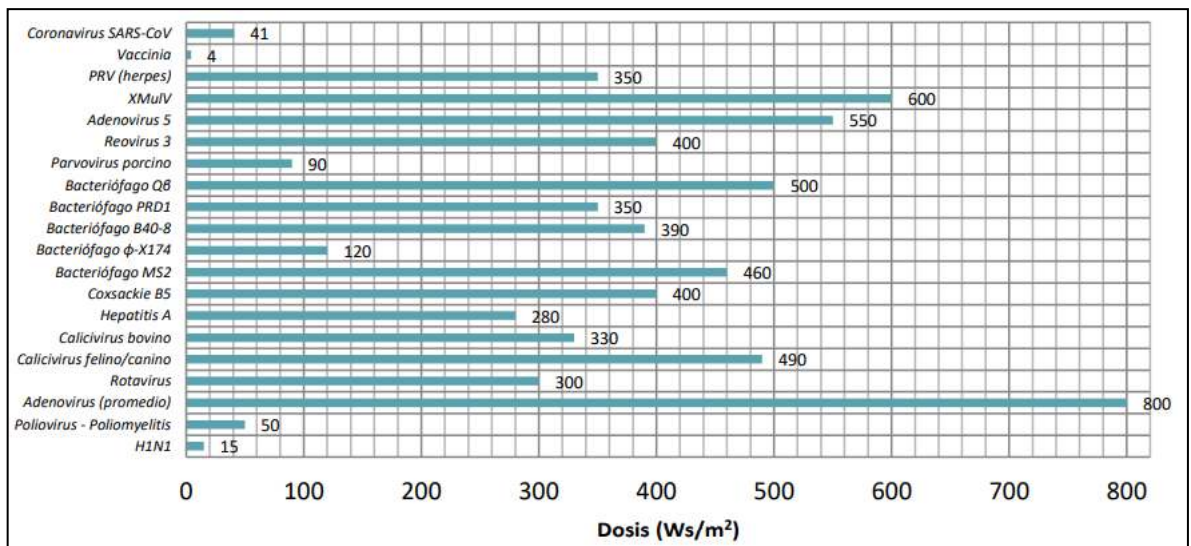


Gráfico 5-1: Dosis de inactivación de virus (4 log)

Fuente: (Lecam, 2020)

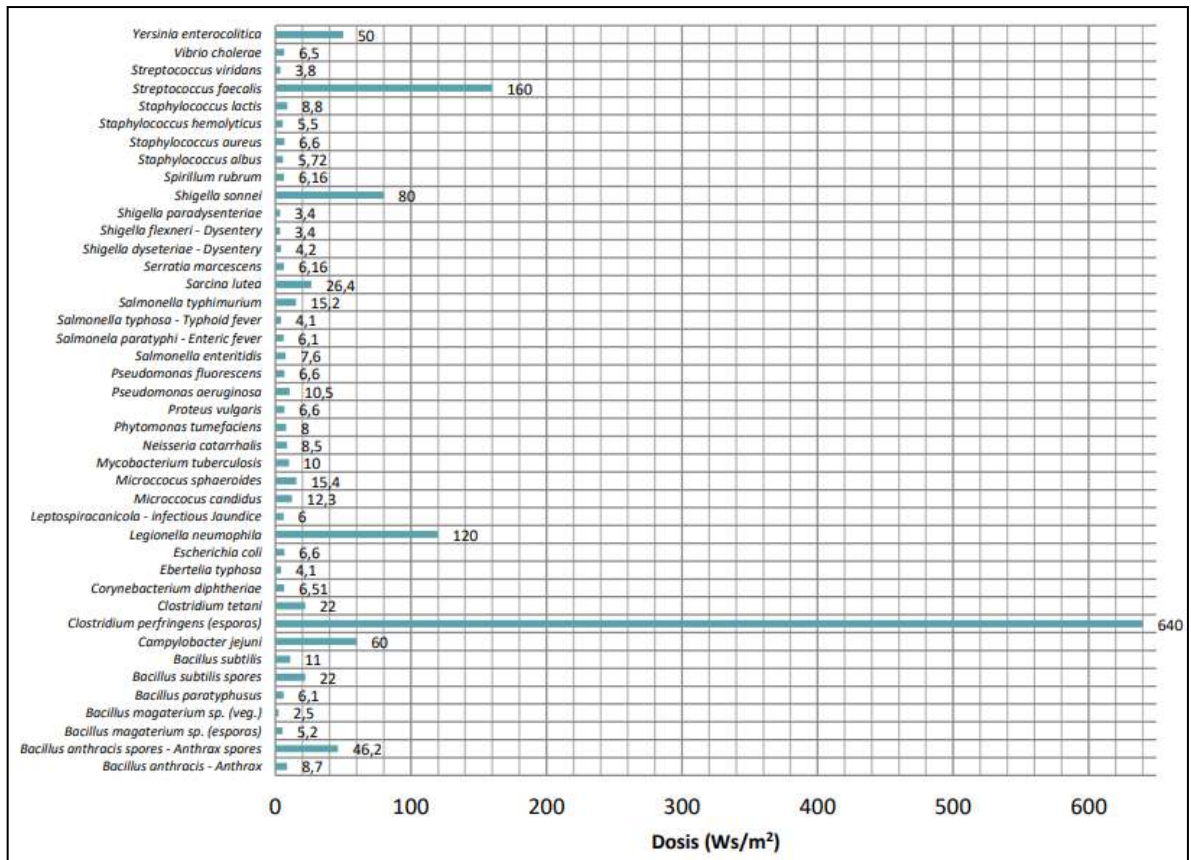


Gráfico 6-1: Dosis de inactivación de bacterias (2 log)

Fuente: (Lecam, 2020)

1.10 Fundamentos para el diseño

En esta sección se realizará un análisis de los componentes más importantes en el diseño del prototipo de dispositivo electrónico para la desinfección de monedas y billetes.

1.10.1 Sistemas de control

Es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos como se muestra en la tabla 9-1, que permiten influir en el funcionamiento del sistema. La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (Fernandez). Como se puede observar un esquema general de un sistema de control en la figura 15-1.

- Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:
- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los

modelos.

- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador (Fernandez).

Tabla 9-1: Elementos básicos de un sistema de control

| ELEMENTO | CONCEPTO |
|--------------------|--|
| Sensores | Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema. |
| Controlador | Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia. |
| Actuador | Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control. |

Fuente: (Fernandez)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

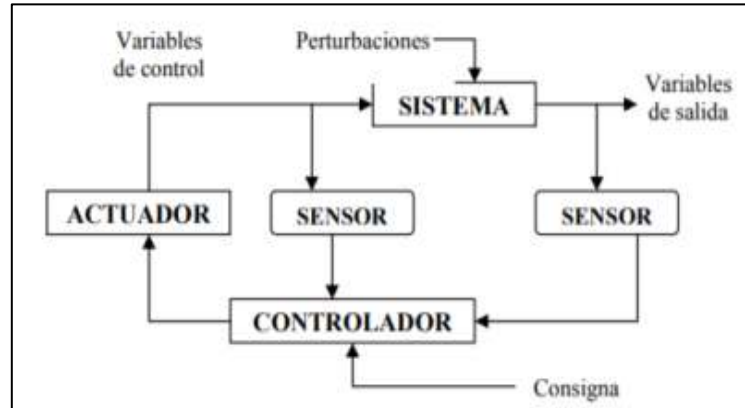


Figura 9-1: Esquema general de un sistema de control

Fuente: (Fernandez)

1.10.2 Placa de desarrollo

En la tabla 10-1 se estudia brevemente los principales modelos de placas de desarrollo que son dispositivos que cuenta con un microcontrolador (microchip) reprogramable, el cual, puede ejecutar instrucciones para un fin específico. Generalmente estas placas cuentan con entradas y salidas análogas y/o digitales para permitir la comunicación con sensores externos, haciendo uso de la electrónica digital.

Tabla 10-1: Principales modelos de placas de desarrollo

| TIPO | CONCEPTO |
|----------------------------|---|
| Placas ESP32 | Es una placa, la cual cuenta con una capacidad de procesamiento y conectividad, se compone con un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits, conectividad Wi-Fi y Bluetooth. |
| Placas Arduino | Es una plataforma para el desarrollo de prototipos electrónicos haciendo uso de su hardware y software, es de código abierto. |
| Placas Raspberry Pi | Esta placa se caracteriza por ser un computador de bolsillo, su tamaño es de una tarjeta de crédito y cuenta con gran potencia para ejecutar un sistema operativo basado en Linux. |

Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.); (Xataka, s.f.); (Placas de desarrollo, 2021)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

1.10.2.1 Comparación de placas de desarrollo

Después de realizar un análisis de las tarjetas de desarrollo más utilizadas para realizar diversas aplicaciones, se realizó una comparación, considerando las características importantes como se aprecia en la tabla 11-1:

Tabla 11-1: Principales modelos de placas de desarrollo

| | ESP 32 | Arduino | Raspberry Pi |
|---------------------------|--------|------------|--------------|
| Microcontrolador | LX6 | Atmega2560 | ARM CortexM4 |
| E/S Digitales | 24 | 54 | 24 |
| E/S Analógicas | 18 | 16 | 10 |
| Voltaje de Entrada | 5 V | 6-20 V | 3.7-5.5 V |
| Costo | 13 \$ | 17 \$ | 25 \$ |

Fuente: (Naylamp Mechatronics SAC., 2020), (Arduinodhtics.weebly, s.f.), (Rea)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

La información recolectada en la tabla 11-1 nos permite elegir la tarjeta ESP 32 y la tarjeta Arduino para el desarrollo, utilizando como maestro y esclavo en el prototipo, considerando el bajo costo, la facilidad de conseguirlos en el mercado y la cantidad de E/S que poseen.

1.10.3 Lámpara de radiación UV-C

Como se muestra en la figura 16-1, las lámparas fluorescentes o de vapor de mercurio a baja presión, genera fundamentalmente, radiación ultravioleta (253.7 nm). La radiación ultravioleta debe convertirse en visible mediante sustancias fosforescentes situadas en la pared del tubo. La radiación UV, potencialmente dañina, debe ser filtrada por el vidrio del tubo (Rico).

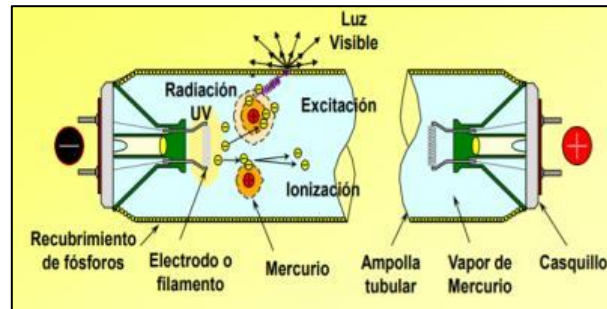


Figura 10-1: Principio de funcionamiento de lámpara fluorescente

Fuente: (Rico)

1.10.3.1 Comparación de Lámparas de luz ultravioleta

Existen varios tipos de lámparas germicidas los cuales se utilizan dependiendo del uso, la potencia necesaria y otras variantes como se visualiza en la tabla 12-1

Tabla 12-1: Principales modelos de lámparas UV-C

| TIPO | CONCEPTO |
|---|--|
| Lámparas UV germicida de baja presión | <p>Se la utiliza para obtener una rápida esterilización, donde el 40% de energía eléctrica es convertido en radiación UV-C con una eficiencia del espectro de 254nm.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluorescentes lineales: tubo de vidrio que emite luz ultravioleta de onda corta, usada principalmente para purificadores de aire, de agua potable y para el tratamiento de alimentos. • Compactas: son exactamente lo mismo que los fluorescentes lineales, pero son mucho más compactas y con un solo punto de conexión, y es usada en estanques de agua e inserción en conductos de ventilación. • Gama T5: Poseen un diámetro inferior al de los fluorescentes germicidas estándar, con variantes de conexión por uno o ambos extremos, usado en tratamiento de sistemas de agua |
| Lámparas UV germicida de media presión | <p>Este tipo de lámparas emiten un espectro más amplio que las anteriores, llegando incluso a emitir por debajo de 240nm donde se forma el ozono y se lo utiliza para el tratamiento de agua residual municipal o procesos industriales.</p> |
| Amalgama | <p>Proporciona una alta eficiencia y emisión UV-C con poca depreciación, se lo utiliza en el procesamiento de aguas, reducción de compuestos orgánicos y tratamiento de conductos de ventilación.</p> |

Fuente: (Espin)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

Después de analizar las lámparas UV-C nos permite seleccionar lámparas germicidas de baja

presión lo más compacta posible ya que poseen mayor eficiencia en el espectro germicida.

1.10.4 Sensores

Para controlar la presencia de billetes y monedas del prototipo de desinfección es necesario seleccionar correctamente los sensores. Estos dispositivos, permiten detectar cualquier estímulo externo para convertirlo en señal eléctrica (PrototipadoLAB, 2018).

Como se observa en la figura 17-1, el sensor fotoeléctrico detecta una presencia u objeto a una cierta distancia, mediante el cambio de intensidad de luz. Este dispositivo se basa en la cantidad de luz que se refleja en el obstáculo y es posible detectar casi todo tipo de material. Este sensor requiere la intervención de un emisor y receptor, el emisor encargado de enviar la señal en forma de luz y el receptor se encarga de detectar la señal de luz enviado por el emisor (Ingeniería Mecafenix, 2018).

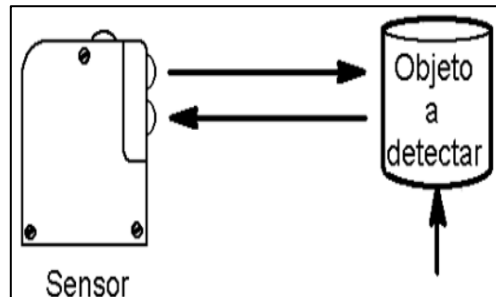


Figura 11-1: Sensor óptico de presencia

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2018)

1.10.5 Actuador

Es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico” (Vidósola). Algunos actuadores eléctricos son:

- **Motor Paso a Paso:** es un dispositivo electromecánico que transforma una secuencia de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo cual supone que es capaz de girar una proporción de grados (estos pueden ser de paso o medio paso) dependiendo de las entradas de control. Son ideales en construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos (Ingeniería Mecafenix, 2017).

- **Motor DC:** es un elemento electrónico que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, lo que provoca un movimiento rotatorio. En algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales (Dea, 2015).
- **Servomotor:** son elementos de accionamiento para controlar exactitud de velocidad, par motor y posición. Conforman un mejor manejo y precisión ante accionamientos por medio de convertidores de frecuencia, debido a que éstos no nos otorgan control de posición y resulta poco efectivo en bajas velocidades (CLR).

1.10.5.1 Selección de motor

Para determinar los actuadores necesarios para el prototipo, se valoran algunos parámetros como se muestran en la tabla 13-1.

Tabla 13-1: Tabla comparativa de motores

| Tipo | Tamaño | Peso | Torque |
|----------------------------------|------------------------|-------|------------|
| Motor paso a paso 12V | 42.3×48mm | 350 g | 3.2 kg/cm |
| Motor DC 9V | 30.5 x24x 18.3 mm | 280 g | 0.18 kg/cm |
| Servomotor SG90 Tower Pro | 22.0 x 11.5 x 27 mm | 12 g | 1.2 kg/cm |

Fuente: (Ferretrónica, 2021)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2020

Con los datos obtenidos en la tabla 13-1, permite elegir al motor DC de 9 V como el más indicado para el diseño del sistema de desinfección de monedas y el motor paso a paso de 12 V para el diseño del sistema de ingreso de billetes, debido a que permiten una alta precisión y control de parámetros, además la disponibilidad y el costo en el mercado los hacen accesibles.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se detalla la concepción general del prototipo de dispositivo electrónico para desinfección, que comprende una descripción del hardware y software para la implementación, se documenta la elección de los elementos que lo componen con sus correspondientes características, asimismo se muestran los esquemas diseñados para el prototipo.

2.1 Requerimiento del prototipo electrónico de desinfección

Fundamentado en el estudio desarrollado en el capítulo anterior se dispone que el prototipo debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- El prototipo cuenta con un menú para la selección del tipo de dinero a desinfectar, independientemente de la denominación.
- La dosificación mínima requerida debe superar $1000 \text{ Watts} * s/m^2$ para inactivación de los patógenos en la superficie de interés (Lecam, 2020) .
- El tiempo de desinfección del prototipo deberá ser mínimo 1 minuto para garantizar la dosificación.
- El diseño estructural del prototipo deberá ser lo más cerrado posible y contar con las protecciones necesarias para evitar fugas de luz ultravioleta y prevenir lesiones visuales.
- El prototipo controlará de manera independiente el proceso de desinfección de billetes y el proceso de desinfección de monedas, para eso deberá utilizar diferentes tarjetas de desarrollo.

- El prototipo tendrá una introducción automática de billetes, es decir, uno por uno, se deberá seleccionar el número de billetes ingresados con un máximo de 10 en cada proceso, para garantizar una desinfección individual y evitar atascamientos en el mecanismo. Terminado el proceso de desinfección se tendrá una alerta sonora.
- El prototipo será capaz de desinfectar monedas en cada proceso, que se almacenarán en un depósito con divisiones por cada valor, se clasificarán dependiendo de su tamaño en cada división con capacidad máxima de 25 monedas, en caso de estar llena alguna división, se activará una alarma sonora para que el usuario vacíe el depósito. Al final de cada proceso se realizará el cálculo del valor total ingresado.
- El prototipo tendrá la capacidad de ser alimentado por 110V conectado directo a la red eléctrica.
- Ser transportable, de fácil instalación y manejo.

2.2 Consolidación general del prototipo

En la figura 2-1 se visualiza la consolidación general del prototipo, muestra el funcionamiento para la desinfección de billetes y monedas por radiación ultravioleta. A través de un menú de opciones se selecciona el proceso de desinfección para billetes o monedas, colocados dentro de la cámara de desinfección. El prototipo tendrá unos sensores en algún lugar estratégico dentro de la cámara de desinfección, los cuales proporcionarán la información del proceso que se está ejecutando. La lectura de la medición de los sensores será enviada al controlador para ser procesada y analizada, de acuerdo con el control establecido, este enviará señales a la lámpara para su activación o desactivación durante cierto periodo de tiempo. El prototipo al finalizar la desinfección del dinero podrá clasificarlos en dos depósitos, el primero en donde se clasifica las monedas por tamaño y muestra el valor total ingresado y el segundo donde se almacenan los billetes. En la siguiente sección se revisarán los recursos de hardware y software necesarios para consolidar el prototipo.

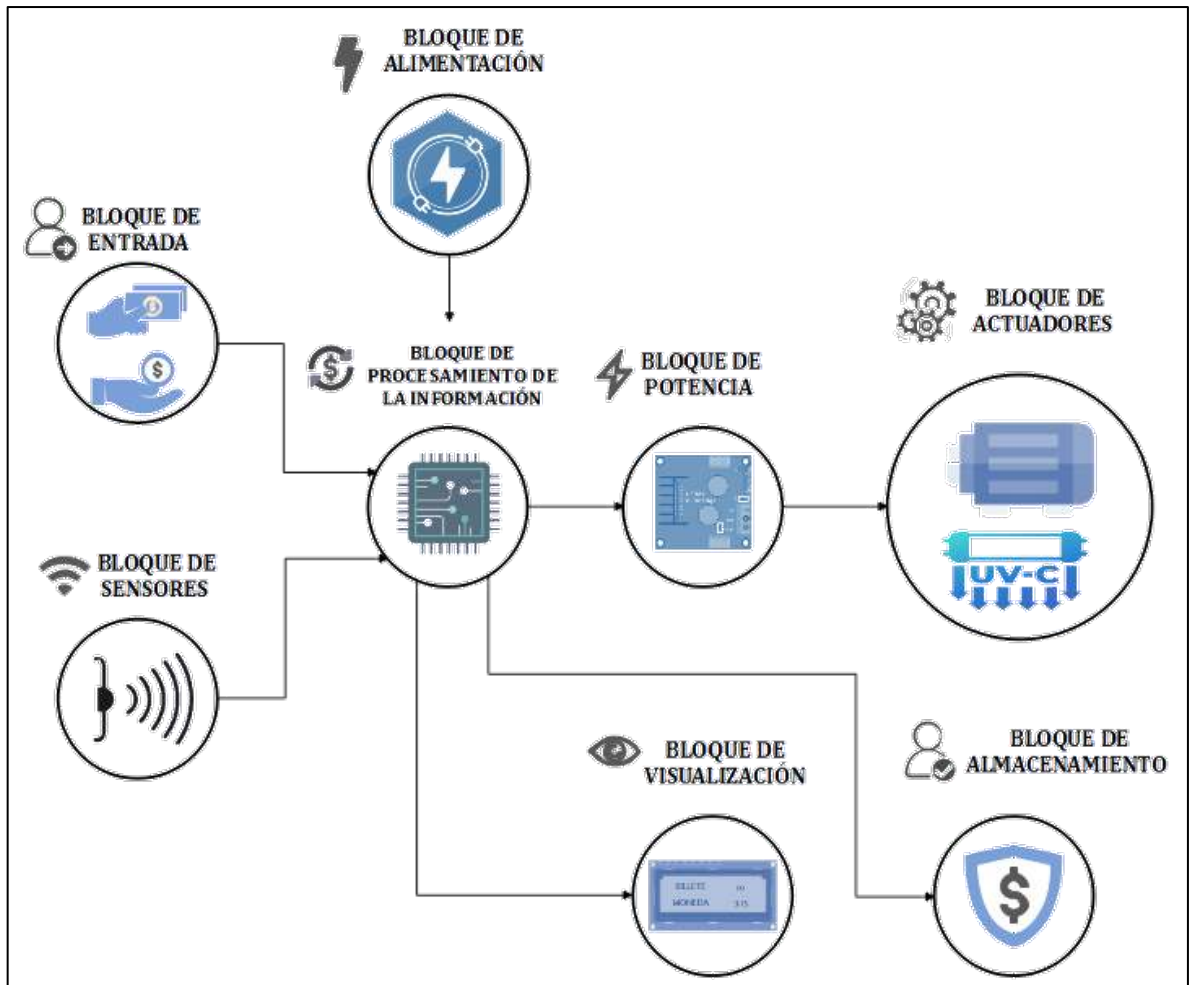


Figura 1-2: Consolidación general del prototipo de desinfección

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.3 Arquitectura de *hardware* del prototipo

Para el entendimiento del funcionamiento y realizado el análisis de la arquitectura de hardware del prototipo, se define los bloques que constituyen el sistema como se puede observar en la figura 2-2.

Bloque de alimentación se encarga de proporcionar la energía indispensable a los elementos electrónicos. Se forma por un regulador de tensión con la finalidad de reducir el voltaje procedente de la red eléctrica hasta uno soportado por las tarjetas controladoras, drivers, sensores y actuadores.

Bloque de entrada, está conformado por 4 pulsadores que permiten al usuario desplazarse por el menú para la selección en el proceso de desinfección. La señal digital generada se envía al ESP 32.

Bloque de sensores, se compone por los mini finales de carrera que permiten la clasificación de la

moneda según su tamaño, la señal de salida es recibida por el ESP 32 y el sensor óptico encoder que detecta el ingreso del billete, su señal se envía al Arduino Nano.

Bloque de comunicación, generado por la comunicación UART entre las tarjetas de desarrollo, los datos se envían mediante comunicación serial por los terminales Tx y Rx, es decir la información se transmite de bit a bit de forma bidireccional.

Bloque de procesamiento de la información, se encuentra programado el algoritmo de desinfección de billetes y monedas, está constituido por dos tarjetas de desarrollo. El ESP 32, permite controlar el proceso de desinfección de monedas, el encendido de lámparas UV. El Arduino Nano, encargado de controlar el proceso de desinfección de billetes y muestra la visualización de los procesos a través de los leds.

Bloque de potencia, toma las señales de salida obtenidas en el bloque anterior, se encargan de amplificar el voltaje de entrada para el control del *Bloque de actuadores*, conformado por el motor DC, mini motor vibrador, motor paso a paso y lámparas UV.

Bloque de visualización, se da a través de los datos transmitidos a un LCD, mediante comunicación I2C, en el cual se puede observar el menú de selección de proceso, la cantidad de billetes o el valor total de las monedas ingresadas y 3 leds (rojo, naranja y verde), muestran el estado que se encuentra el prototipo (paro, en proceso, finalizado).

Bloque de almacenamiento, finalizado el proceso de desinfección, el dinero ingresado al prototipo se ubica en dos depósitos. El primer depósito de billetes que contiene máximo 10 por proceso y el segundo depósito clasifica las monedas en ranuras correspondientes a su tamaño.

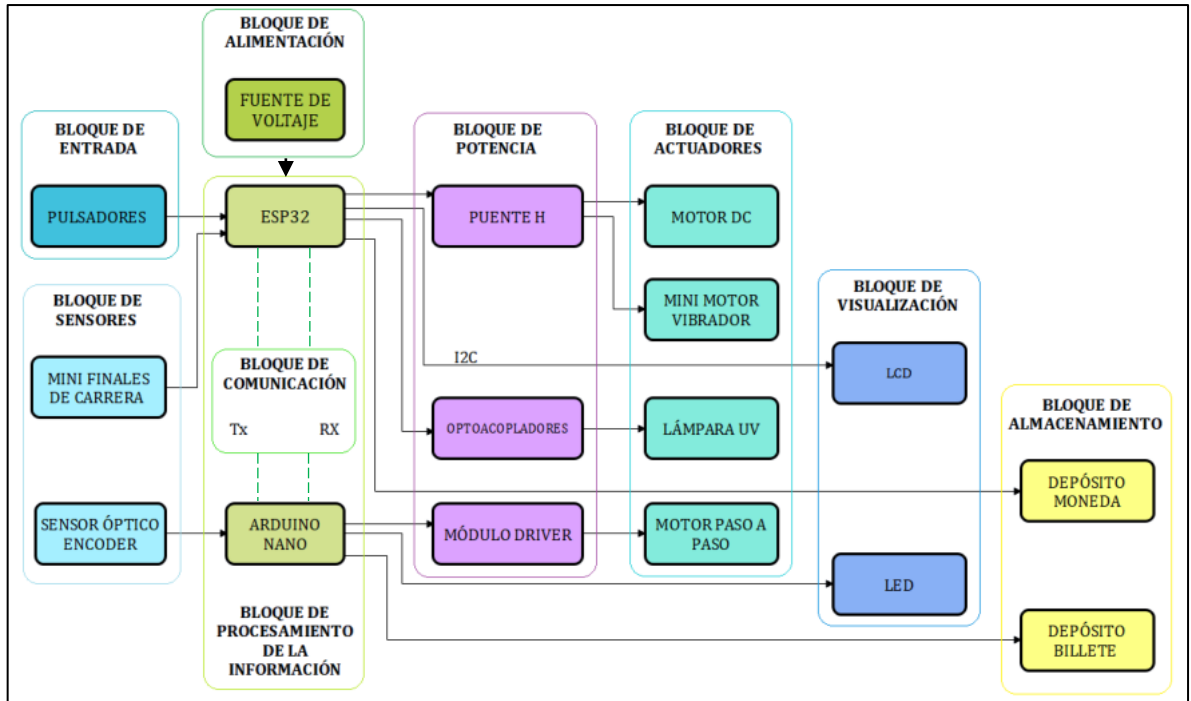


Figura 2-2: Arquitectura de hardware del prototipo

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4 Diseño electrónico del prototipo electrónico de desinfección

En esta sección se describe cada uno de los elementos seleccionados y las conexiones realizadas para asegurar el adecuado funcionamiento del prototipo.

2.4.1 Descripción de los elementos empleados

2.4.1.1 Esp32

Ofrece a bajo costo, tiene capacidades de *WiFi*, *Bluetooth* y *BLE*. Cuenta con un *CPU* de dos núcleos, hasta 240Mhz que se pueden controlar independientemente (AV Electronics, 2020). En la figura 3-2 se puede apreciar este dispositivo. El *datasheet* completo del elemento electrónico se puede observar en el ANEXO B.



Figura 3-2: Esp32

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 1-2 se presentan las principales características del Esp32 (AV Electronics, 2020).

Tabla 1-2: Características Esp32

| | |
|--------------------------------------|--|
| Voltaje de Alimentación (USB) | 5V DC |
| Voltaje de Entradas/Salidas | 3.3V DC |
| Corriente de Operación | 80 mA |
| CPU principal | Tensilica Xtensa 32-bit LX6 |
| Terminales Digitales GPIO | 24 |
| Memoria | 448 KByte ROM, 520 KByte SRAM, 16 KByte SRAM in RTC, QSPI Flash/SRAM, 4 MBytes |
| Convertor Analógico Digital | Dos ADC de 12bits tipo SAR |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.2 Arduino Nano

Es una placa pequeña, completa y compatible con la placa de pruebas basada en el ATmega328, solo carece de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar (Arduino.cc, 2021). En la figura 4-2 se puede observar la placa. El *datasheet* completo del elemento electrónico se puede observar en el ANEXO C.

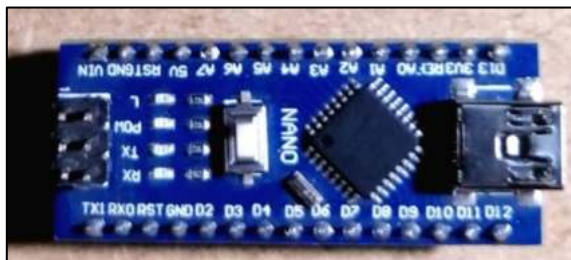


Figura 4-2: Arduino Nano

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 2-2 se presentan las principales características del Arduino Nano (Arduino.cc, 2021) .

Tabla 2-2: Características Arduino Nano

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Microcontrolador | ATmega328 |
| Arquitectura | AVR |
| Tensión de funcionamiento | 5 V |
| Corriente de Operación | 40 mA |

| | |
|---------------------------------|--------|
| Velocidad del reloj | 16 MHz |
| Terminales analógicos IN | 8 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.3 Driver Puente H TFB6612

Consta de dos puentes H, consigue controlar hasta dos motores de DC con una corriente estable de 1.2A (3.2A pico). Tiene dos señales de entrada (IN1 y IN2) pueden ser usadas para controlar el motor en uno de cuatro modos posibles. En la figura 5-2 se observa el puente H necesario para el control del motor DC (Naylamp Mechatronics SAC, 2021).



Figura 5-2: Driver Puente H TFB6612

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 3-2 se presentan las principales características del Driver Puente HTFB6612 (Naylamp Mechatronics SAC, 2021).

Tabla 3-2: Características Driver Puente H TFB6612

| | |
|--|--|
| Chip | TB6612FNG (Toshiba) |
| Canales | 2 (soporta 2 motores DC o 1 motor PAP) |
| Voltaje de Potencia (VMOT) | 5V - 15V |
| Voltaje Operación (VCC) | 2.7V - 5.5V |
| Consumo de corriente (lógico) | 0 a 36 mA |
| Capacidad de corriente | 1.2A (picos de hasta 3A) |
| Potencia máxima disipada | 1W |
| Posee diodos internos de protección | |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.4 Módulo Driver DVR8825

Permite controlar motores paso a paso bipolares de hasta 2.5 A y regular la corriente máxima de salida por medio de un potenciómetro. Para manipular el *driver* solo son necesarios 2 terminales, uno para la dirección de giro (DIR) y otro para dar el paso (STEP). La entrada *Enable* debe estar

conectado a Tierra (GND) para que el motor trabaje. En la figura 6-2 se observa el driver que se usa para controlar el motor paso a paso (Naylamp Mechatronics SAC, 2021).

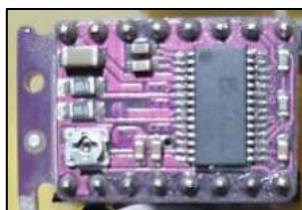


Figura 6-2: Módulo Driver DVR8825

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 4-2 se presentan las principales características del Módulo Driver DVR8825 (Naylamp Mechatronics SAC, 2021).

Tabla 4-2: Características Módulo Driver DVR8825

| | |
|--|---|
| Voltaje de alimentación-potencia (VMOT) | 8.2V-45V DC (recomendado 12V/24VDC) |
| Voltaje de control lógico | 3.3V-5V DC |
| Corriente de salida | 1.5A por bobina (máx. 2.5A con ventilación) |
| Interfaz de control de STEP y DIRECTION | |
| Protección de sobre temperatura, sobre corriente y voltaje bajo | |
| Protección de corto a tierra y corto de carga | |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.5 Optoacopladores PC817

Permite realizar un aislamiento entre dos etapas de un circuito, de un canal. Como se muestra en la figura 7-2 se usa para el control de encendido de las lámparas UV (Electrónica I+D, 2021).



Figura 7-2: Optoacoplador PC817

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 5-2 se presentan las principales características del Optoacoplador PC817 (Electrónica I+D, 2021).

Tabla 5-2: Características Optoacoplador PC817

| | |
|-------------------------------------|----------|
| Voltaje de Aislamiento | 5000Vrms |
| Corriente de entrada directo | 50 mA |

| | |
|----------------|-----------------|
| Vceo | 80V |
| Canales | 1 |
| Entrada | tipo DC |
| Salida | Tipo Transistor |
| Empaque | DIP-4 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.6 Motor DC 9V 77 rpm

Es un eficaz motor de engranajes, consta con una caja de metal de 125:1, lo que admite reducir la velocidad y obtener un gran torque. En la figura 8-2 se muestra el motor que en el dispositivo se usa para el movimiento de la banda (Rambal Automatizacion y Robótica, s.f.). El *datasheet* completo del elemento electrónico se puede observar en el ANEXO D.



Figura 8-2: Motor DC

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 6-2 se presentan las principales características del Motor DC (Rambal Automatizacion y Robótica, s.f.).

Tabla 6-2: Características Motor DC

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Voltaje de funcionamiento | 3 ~ 18 Vdc |
| Corriente de entrada directo | 83 mA |
| Diámetro eje | 4mm |
| Engranajes planetarios | |
| Potencia | 1W |
| Relación de engranajes | 1: 125 |
| Velocidad en vacío | 77RPM (9 V.) / 108RPM (12 V.) |
| Torque (max) | 5 Kg/cm |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.7 Mini motor vibrador DC

Es un pequeño componente que funciona con un rango de tensiones de 2.5 a 3.5 V en corriente directa causa un efecto vibratorio (Techmake Solutions., s.f.) . En la figura 9-2 se puede apreciar este dispositivo.



Figura 9-2: Mini motor vibrador DC

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 7-2 se presentan las principales características del Mini motor vibrador DC (Techmake Solutions., s.f.).

Tabla 7-2: Características Mini motor vibrador DC

| | |
|-------------------------------------|--|
| Construcción del motor | Motor de vibración sin núcleo plano-10 |
| Construcción de la bobina | Núcleo plano sin núcleo |
| Carga nominal | Peso de la vibración |
| Dirección de rotación | Sentido horario y antihorario |
| Posición del motor | Cualquier posición disponible |
| Corriente de entrada directo | 70 mA |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.8 Motor paso a paso 12V- 0.4 A

Se caracterizan por ser muy precisos ya que se mueven un paso a la vez, esto los hace ideal para el prototipo que requiere de precisión al ingreso de los billetes. En la figura 10-2 se aprecia el motor que se utiliza para el desarrollo del prototipo (Madness Electronics, 2021). El *datasheet* completo del elemento electrónico se puede observar en el ANEXO E.



Figura 10-2: Motor paso a paso 12V- 0.4 A

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 8-2 se presentan las principales características del Motor paso a paso 12 V – 0.4 A (Madness Electronics, 2021).

Tabla 8-2: Características Motor paso a paso 12V- 0.4 A

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Tipo de motor | Bipolar |
| Ángulo de paso | 1.8° |
| Voltaje de operación | 12V |
| Corriente nominal/fase | 0.4A |
| Torque | 2.6Kg/cm |
| Resistencia/fase | 30 ohm |
| Dimensiones | 42mm x 42mm x 34mm |
| Longitud del eje | 21mm |
| Diámetro del eje | 5mm |
| Cables de conexión | 4 |
| Longitud cables | 31cm aprox |
| Peso | 200g |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.9 Minilamparas UV tipo C

Dispositivo que permite desinfectar objetos pequeños y áreas de hasta $2m^2$, hecha de cuarzo, con longitud de onda 253,7 nm, requiere un bajo mantenimiento y no necesita precalentamiento para el uso (Desinfectar, 2020). En la figura 11-2 y en la figura 12-2 se puede apreciar el dispositivo empleado para la desinfección.



Figura 11-2: Mini lámparas plegables UV tipo C

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 9-2 se presentan las principales características de la Mini lámparas plegables UV tipo C (Desinfectar, 2020).

Tabla 9-2: Características Mini lámparas UV tipo C

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Potencia | 3W |
| Voltaje DC | 5V |
| Corriente de entrada directo | 400 mA |
| Material | ABS, metal, lampara de cuarzo. |
| Vida útil | 10000 horas |
| Longitud de onda UV | 254 nm |
| Radiación | > 2500 Uw/cm^2 |
| Tasa de esterilización | 99% |
| Color blanco | |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021



Figura 12-2: Mini lámparas UV tipo C

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 10-2 se presentan las principales características de las Mini lámparas UV tipo C (Desinfectar, 2020).

Tabla 10-2: Características Mini lámparas UV tipo C

| | |
|---|------------|
| Potencia | 3W |
| Voltaje DC | 5V |
| Corriente de entrada directo | 600 mA |
| Tamaño | 30*14.7 mm |
| Longitud de onda UV 185-254 nm | |
| Radiación > 2500 Uw/cm^2 | |
| Tasa de esterilización | 99% |
| Color blanco | |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Para obtener el valor de la dosificación entregada por las lámparas utilizadas en el prototipo se emplea la ecuación 1, detallada en el capítulo anterior:

En tabla 11-2, se obtiene la dosificación entregada por las lámparas de 3W, durante 5 minutos con esto se comprueba que las lámparas, elegidas si cumplen con los requerimientos del prototipo.

Tabla 11-2: Tabla de dosificación entregada por la lampara de 2W

| DOSIFICACION MINIMA 1000 Ws/m^2 | | | |
|---|--|-------------------|---|
| | INTENSIDAD (W/m^2) | TIEMPO (s) | DOSIFICACION (Ws/m^2) |
| 1 | 25 | 60 | 1500 |
| 2 | 25 | 120 | 3000 |
| 3 | 25 | 180 | 4500 |
| 4 | 25 | 240 | 6000 |
| 5 | 25 | 300 | 7500 |

Fuente: (Lecam, 2020)

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.10 Display LCD 2004

Se usa en el manejo de los sensores y procesamiento de datos, tiene 4 filas y 20 columnas de dígitos alfanuméricos, trabaja con el controlador interno HD44780 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.). En la figura 13-2 se puede apreciar este dispositivo usado para visualizar el menú para el usuario. El *datasheet* completo del elemento electrónico se puede observar en el ANEXO F.



Figura 13-2: Display LCD 2004

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 12-2 se presentan las principales características del Display LCD 2004 (Naylamp Mechatronics SAC, s.f.).

Tabla 12-2: Características Display LCD 2004

| | |
|--|---------------------|
| Voltaje de operación | 5V |
| Consumo de corriente del LCD | 2 mA |
| Consumo de la luz de fondo (retroiluminación) | 40 mA |
| Interface de comunicación | Paralelo 4 u 8 bits |
| Color texto | Blanco |
| Backlight | Azul |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.11 Pulsador PBS-110 2P

En la figura 14-2, se muestra los pulsadores que se utilizan para el control del menú, tiene 7 mm de diámetro, con contacto simple, es ideal para cajas de prototipo, se usa para la interacción con el usuario.



Figura 14-2: Pulsadores

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 13-2 se presentan las principales características del Pulsador PBS-110 2P (MaxElectrónica, s.f.).

Tabla 13-2: Características Pulsador PBS-110 2P

| | |
|-----------------------------|---|
| Modelo | PBS-110 |
| Corriente de entrada | 0.5 A |
| Tipo de contacto | Contacto momentáneo normalmente abierto |
| Color | Cuerpo negro con pulsador rojo |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.12 Sensor IR Infrarrojo Lector Encoder Óptico FC-03

Para el dispositivo en el censado de los billetes se utilizó un Encoder óptico como se muestra en la figura 15-2, consta de un LED emisor IR y un fotodiodo receptor. Ambos componentes están situados frente a frente, alejados por una distancia de 5mm, accediendo a que un objeto externo pueda obstaculizar el haz de luz infrarrojo, creando cambios en la señal lógica digital de salida (MEGATRONICA, 2021).

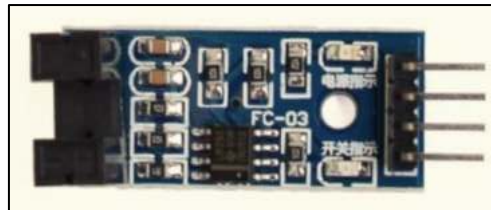


Figura 15-2: Encoder óptico FC-03

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 14-2 se presentan las principales características del Encoder óptico (MEGATRONICA, 2021).

Tabla 14-2: Características Encoder óptico

| | |
|--|-------------|
| Tensión de Operación | 3.3 a 5V |
| Basado en el Comparador LM393 | |
| Backlight | Azul |
| Salida Digital | ON/OFF |
| Salida Analógica | 0 – VCC |
| LED Indicador de Alimentación y detección | |
| Tamaño | 31x14x13 mm |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.13 Mini final de carrera 3 terminales

Para el desarrollo de este prototipo se usa finales de carrera mecánicos como se observa en la figura 16-2. Estos sensores emiten una señal al ser accionados por las monedas en su paso al depósito de monedas, poseen contactos normalmente cerrados (NC) y contactos normalmente abiertos (NO) (I+D Electrónica, 2021).



Figura 16-2: Final de carrera mini 3 terminales.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 15-2 se presentan las principales características del Final de carrera mini 3 terminales (I+D Electrónica, 2021).

Tabla 15-2: Características Mini final de carrera

| | |
|---|---|
| Voltaje y corriente de Operación | 125 V / 1A |
| Contactos | 1 NO y 1 NC |
| Número de terminales | 3 |
| Tipo | Palanca (fin de carrera) |
| Dimensiones | Largo: 1.3cm; ancho: 0.58cm; alto: 0.63cm |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.1.14 Fuente de energía del prototipo

Se conoce el consumo máximo de corriente de todos los elementos electrónicos es de 3301 mA como se detalla en la tabla 16-2, motivo por el cual se ha seleccionado, una fuente de voltaje de 12V a 5 A porque cumple con los requerimientos de corriente del prototipo y posee un bajo costo en el mercado.

Tabla 16-2: Consumo de corriente de los dispositivos del prototipo

| Dispositivos | Corriente (mA) |
|-----------------------|-----------------------|
| ESP 32 | 80 |
| Arduino Nano | 40 |
| Driver Puente H | 36 |
| Módulo driver DBR8825 | 1500 |
| Optoacoplador PC817 | 50 |
| Motor DC | 83 |

| | |
|-------------------------|-------------|
| Mini motor vibrador | 70 |
| Motor paso a paso | 400 |
| Mini lámparas UV tipo C | 1000 |
| Display LCD | 42 |
| TOTAL | 3301 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

El prototipo esta energizado por la red eléctrica. Dicho voltaje alimenta la fuente, la cual proporciona un voltaje en corriente continua de 12V a 5A, en la figura 17-2 se observa la fuente, la cual alimenta a las tarjetas controladoras, módulo *driver*, puente H, *encoder*, finales de carrera, lámparas UV y motores.



Figura 17-2: Fuente de 12V a 5A

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 17-2 se presentan las principales características de la Fuente de poder del prototipo.

Tabla 17-2: Características Fuente de 12V a 5A

| | |
|----------------------------------|--|
| Voltaje de entrada | AC 110 - 220V 50/60Hz |
| Potencia máxima de salida | 60 W |
| Protección | Cortocircuito/sobrecarga/sobretensión. |
| Tamaño | 11x7.8x3.7 cm |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.2 Descripción y diagrama de conexión del prototipo de desinfección

A continuación, se muestra los esquemas de conexión de los bloques que conforman el prototipo y se realiza una descripción de las conexiones realizadas. El esquema completo del prototipo se puede observar en el ANEXO G.

2.4.2.1 Esquema de conexión del Bloque de alimentación

Como se puede apreciar en la figura 18-2, el regulador de voltaje L7805, permite tomar la entrada de 12Vac – 5A y regularla a 5 Vac, para alimentar el ESP32, el Arduino Nano, así como los diferentes sensores y motores que tiene el dispositivo.

- Esta etapa también cuenta con un sistema de protección que consta de un fusible de 2Amp y

diodo rectificador que permite evitar la polarización inversa del dispositivo.

- Además de un capacitor de $470 \mu f$, que amortigua el consumo del circuito y se utiliza un led para visualizar el correcto funcionamiento.

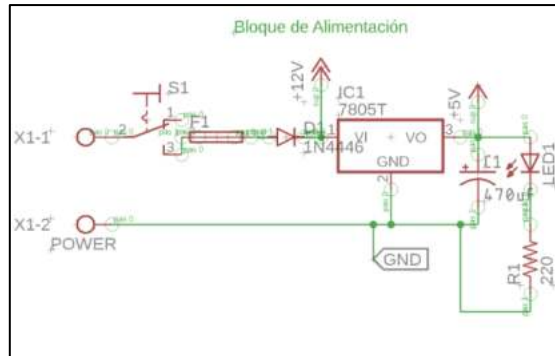


Figura 18-2: Diagrama de conexión Bloque de alimentación.

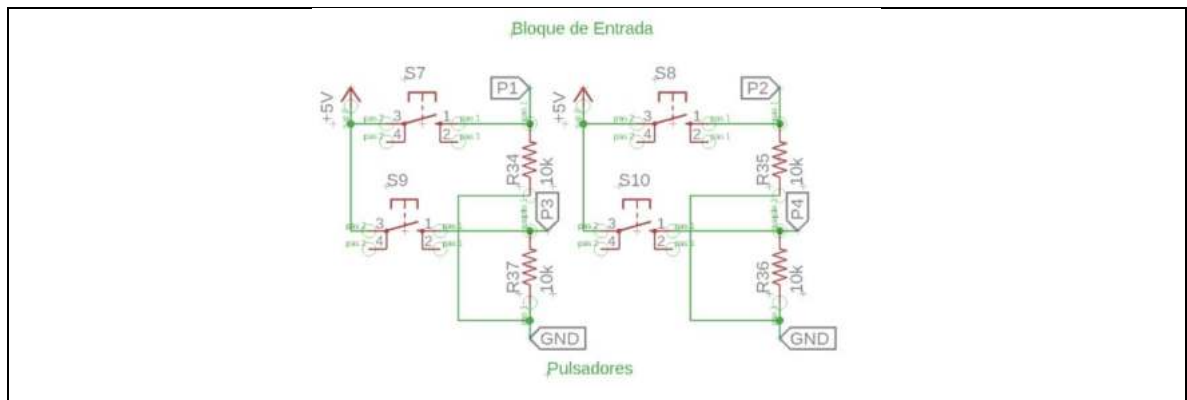
Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.2.2 Esquema de conexión del Bloque de entrada y Bloque de sensores

En la figura 19-2, parte A, muestra la conexión de los pulsadores PBS-110, los cuales nos ayudan a movilizarnos por el menú del LCD y seleccionar el proceso que se desea realizar.

En la figura 19-2, parte B, se divide en tres partes:

1. Muestra cómo se conectan el mini final de carrera para cada uno de los valores de las monedas.
2. Se observa el accionamiento de cada mini final de carrera, que está conectado con el respectivo sensor por denominación, esto nos ayuda al conteo de monedas para posteriormente colocarlas en el depósito y visualizar el monto total de monedas en el LCD.
3. Se utiliza un encoder óptico FC-03, es un sensor con un emisor fotodiodo y un receptor fototransistor, el cual detecta la presencia de billete dando una señal binaria (0, 1), nos sirve para cambiar el sentido de giro del motor para el transporte de los billetes.



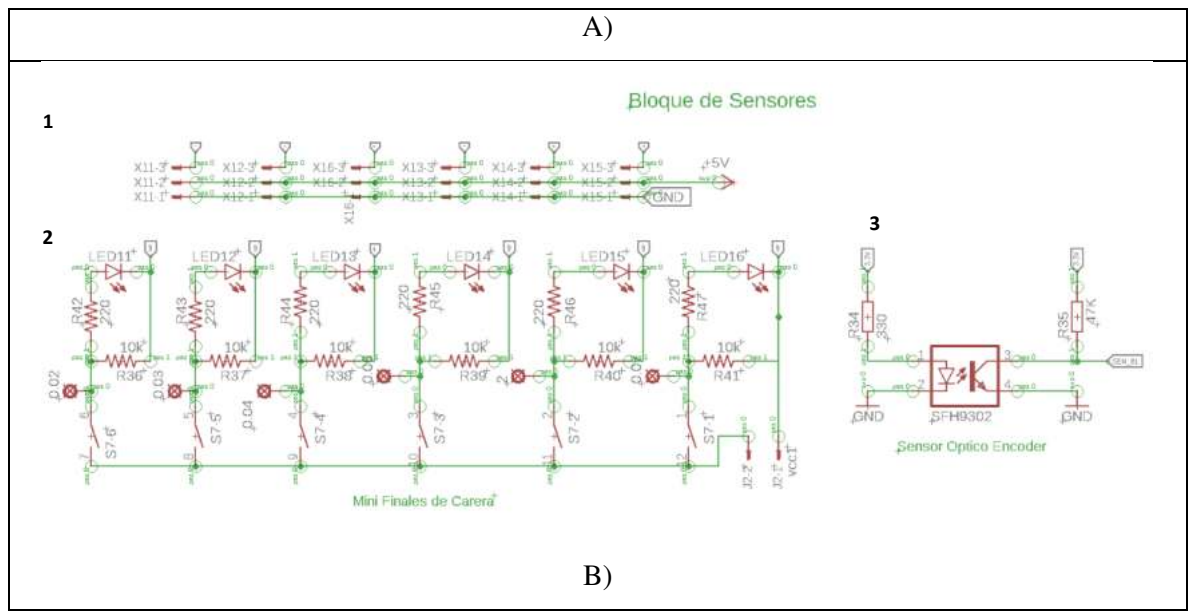


Figura 19-2: A) Diagrama de conexión Bloque de entrada. B) Diagrama de conexión Bloque de sensores.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.2.3 Esquema de conexión del Bloque de procesamiento de la información.

En la figura 20-2, parte A se aprecia el ESP32, seleccionado debido a las facilidades que nos aporta este dispositivo en la velocidad de lectura de los sensores, lo cual es muy importante para cumplir con los requerimientos de ingreso de monedas.

- La señal de los sensores de monedas está ordenada de menor a mayor denominación de las principales monedas circulantes y se conectan a los terminales IO25, IO23, IO26, IO27, IO14, IO12, del ESP32.
- La señal de los pulsadores P1, P2, P3, sirve para movilizarse en el menú del LCD (subir, bajar, seleccionar) y P4 sirve para elegir desinfección de monedas o billetes, se conectan a los terminales IO34, IO35, IO33, IO13 del ESP 32.
- La señal PWMA del motor DC, ubicado en la banda transportadora, se conecta al terminal IO1 y la señal PWMB del motor vibrador, ubicado en la rampa se conecta al terminal IO2, del ESP32, sirven para controlar la velocidad de giro de la banda y caída de monedas, así como el tiempo de incidencia de la luz UV.
- Se realiza una comunicación serial entre los terminales IO17 y IO16 del ESP32 con los terminales D0/RX y D1/TX del Arduino Nano que nos proporcionan la señal de Tx y Rx respectivamente que controla los drivers del motor DC.
- Las señales que controlan el encendido del motor DC A1 y A2 se conectan a los terminales IO03 Y IO32.

- La *interface* de potencia para el control de las lámparas de luz UV, tanto de los billetes como de las monedas, MV_1, MV_2, M_V3 se conectan a los terminales IO5, IO18, IO19.
- La comunicación I2C se realiza para la visualización del menú del programa en el LCD se utiliza las señales SDA Y SCL conectado en los terminales IO21 Y IO22, además de para el funcionamiento se complementa con señales de VCC y GND.

En la figura 20-2, parte B, se utilizó el Arduino Nano para controlar el *driver* motor paso a paso, se controlan los LED 1, LED2, LED3, que se conectan con los terminales D6, D7, D8, sirven para la visualización de procesos tanto de billetes como de monedas, cabe recalcar que la señal del BUZZER se conecta con el terminal D3 y solo se activa cuando finaliza el conteo de billetes.

- La señal de *enable* EN_P del motor paso a paso se conecta al terminal D9 del Arduino Nano.
- La señal de DIR del motor paso a paso se conecta al terminal D4 del Arduino Nano.
- La señal de STEP del motor paso a paso se conecta al terminal D5 del Arduino Nano.

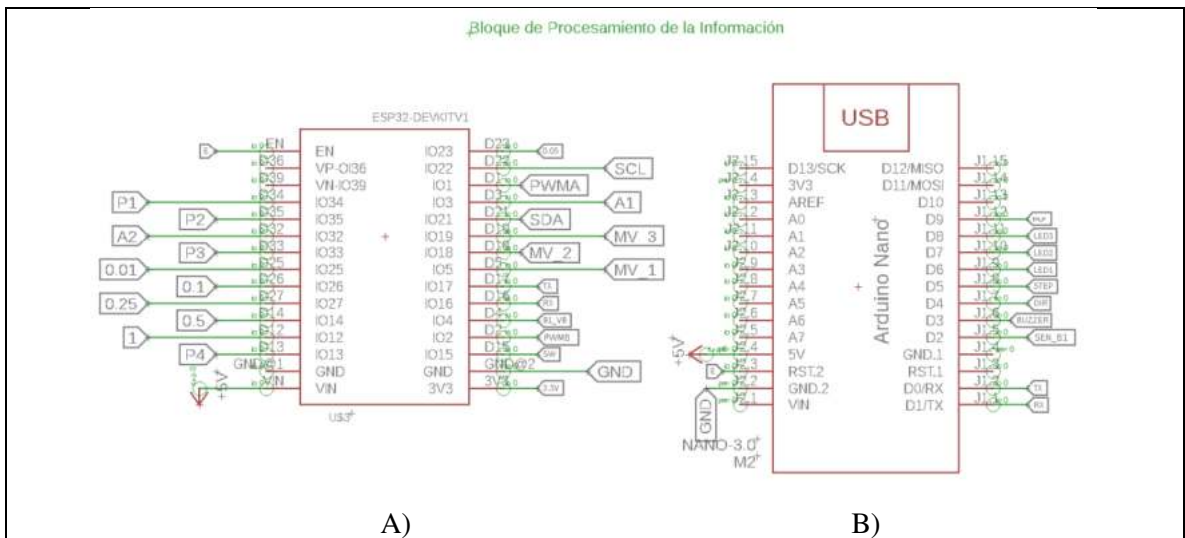


Figura 20-2: A) Diagrama de conexión ESP32. B) Diagrama de conexión Arduino Nano.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.2.4 Esquema de conexión del Bloque de potencia.

En la figura 21-2, se puede observar los elementos que utiliza el prototipo para el control de potencia de los actuadores, se divide en tres partes:

1. La conexión del motor DC ubicado en la banda, aquí se controla el encendido y apagado por medio de los terminales AIN1 y AIN2 y la velocidad de giro a través del terminal PWMA, en la terminal PWMB se conecta al mini motor vibrador.
2. Se muestra las conexiones que utiliza el *driver* motor paso a paso y las señales utilizadas. La

señal de DIR nos permite controlar el sentido de giro del motor paso a paso y mediante el pulso que se le da STEP podemos controlar la velocidad de giro. La señal de *enable* EN_P se utiliza para el reseteo del *driver* y que no envíe voltaje a las bobinas, para evitar el calentamiento innecesario del motor.

- Indica la *interface* de potencia para las lámparas UV, se controla a través del ESP32, tanto para la desinfección de billetes como de monedas. Mediante el uso del optoacoplador PCB817 se transmiten señales entre circuitos de diferentes potenciales e impedancias, se encuentra aislado para proteger al bloque de procesamiento de la información.

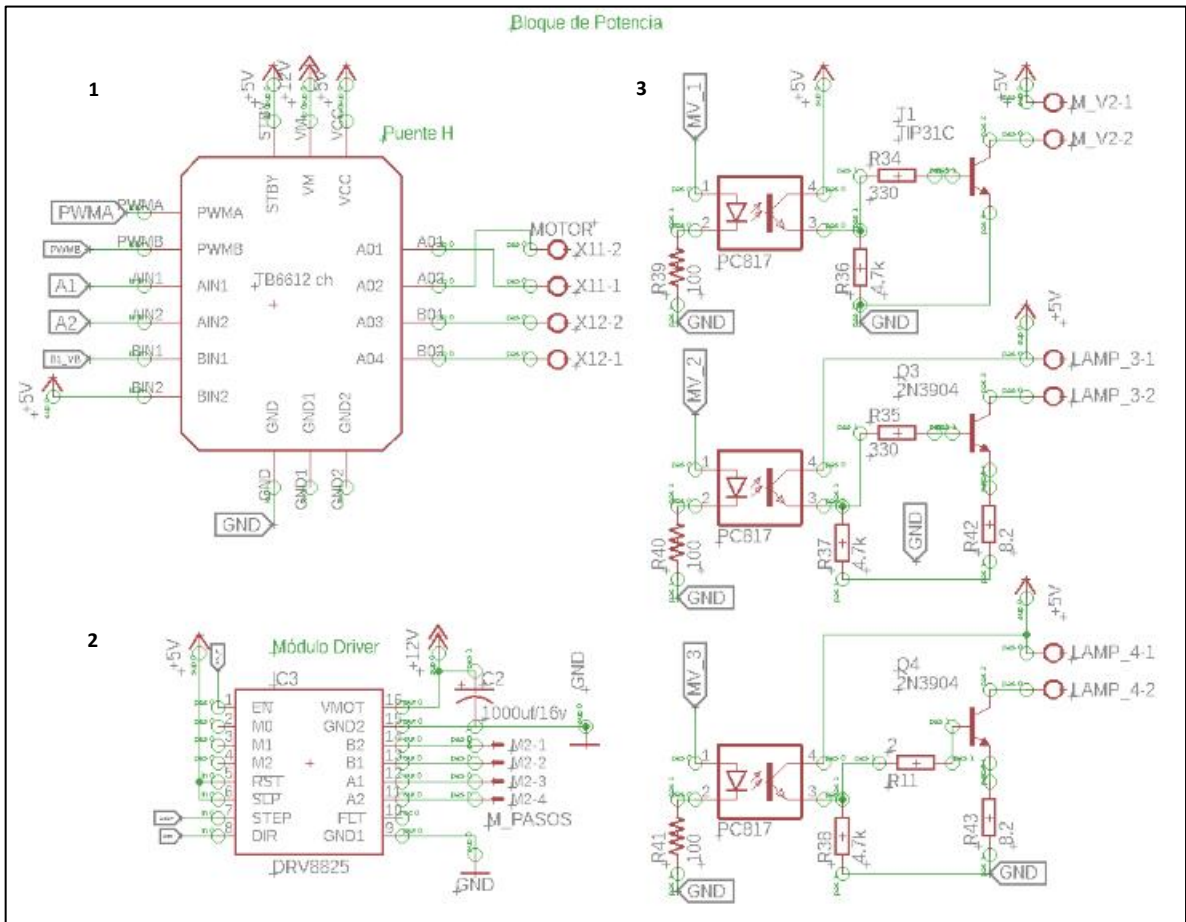


Figura 21-2: Diagrama de conexión del Bloque de potencia.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.4.2.5 Esquema de conexión del Bloque de visualización

En la figura 22-2, parte A, muestra la conexión del LCD con el ESP32 mediante la comunicación I2C, en el cual se ocupan dos terminales del módulo que son SDA y SCL correspondiéndolos con los terminales IO21 e IO22 respectivamente y complementando los otros dos terminales del LCD

con el voltaje de 5V y GND.

En la figura 22-2, parte B, muestra la conexión de los diodos led los cuales ayudan a la visualización de cada parte del funcionamiento del prototipo, *Stop*, *Espera*, *Empezar* con los colores Rojo, Amarillo, Verde respectivamente y como alarma para concluir la desinfección de los billetes se conectó un *buzzer*.

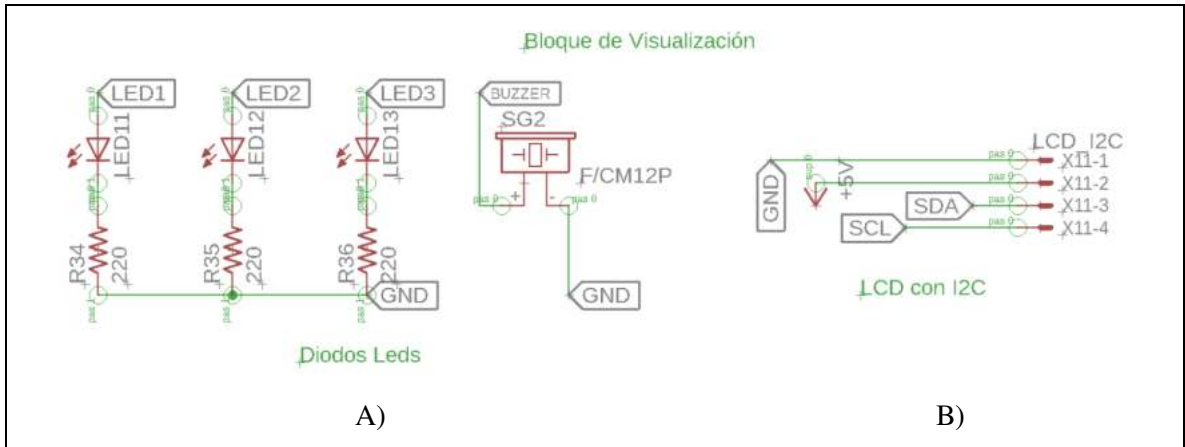


Figura 22-2: A) Diagrama de conexión diodos leds. B) Diagrama de conexión LCD

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

La figura 23-2, muestra el *reset* del prototipo, está conectado para los módulos ESP32 y el Arduino Nano, se utiliza como precaución y actúa cuando los módulos no puedan resetearse por sí solos. La señal de E se conecta con el terminal EN del ESP32 y en el Arduino Nano con el terminal RST.2.

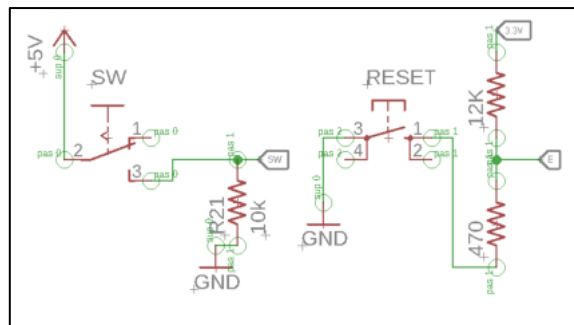


Figura 23-2: Diagrama de conexión del reset.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.5 Diseño PCB

Para corroborar el diagrama esquemático se efectuó la simulación y el montaje de los elementos en un *protoboard* con el propósito de garantizar el funcionamiento del prototipo. Después se hizo el diseño de la placa PCB para favorecer la conexión de los elementos y módulos que componen el

prototipo. La placa se creó en el *software* Eagle versión 9.0.0.

2.5.1 Placa del procesador

En la figura 24-2 se visualiza el diseño de la placa del procesador, elaborado en Eagle y la placa desde una vista tridimensional. El diseño completo de la placa se puede visualizar en el ANEXO M.

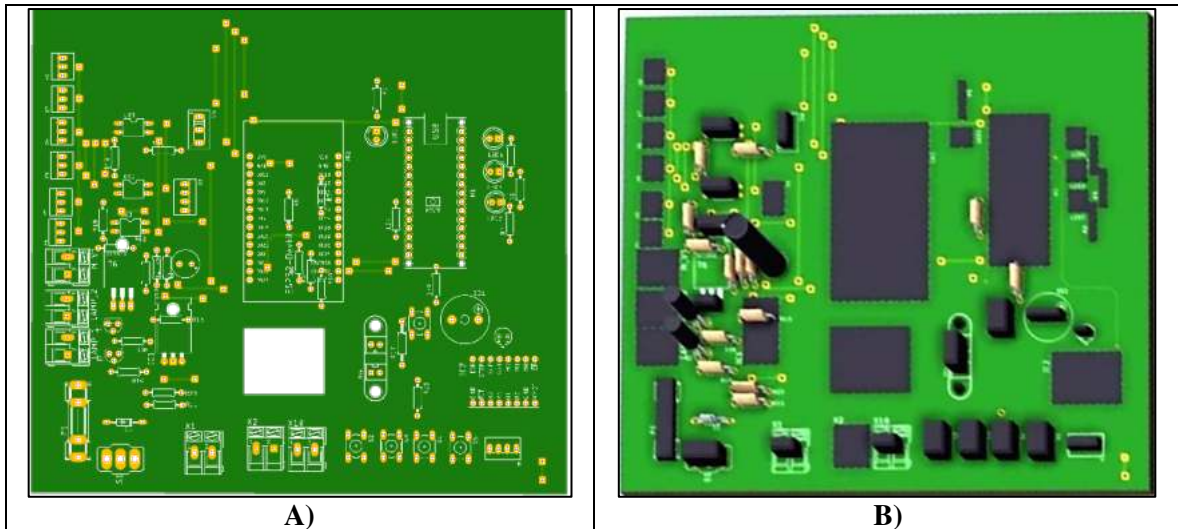


Figura 24-2: A) Placa diseñada en Eagle Anverso. B) Vista en 3D de la placa

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.5.1.1 Fabricación de la placa PCB del procesador

Después de aprobar el funcionamiento del esquemático, se empieza la construcción de la placa PCB. Para eso se empleó una baquelita de fibra de vidrio por su alta resistencia y bajo peso. Se comienza con el estampado del circuito impreso a laser en papel encerado usando el procedimiento de transferencia térmica. Después se sumerge la baquelita en cloruro férrico para corroer el cobre dejando sólo las pistas necesarias para soldar los componentes electrónicos. En la figura 25-2, se observa la placa estampada.

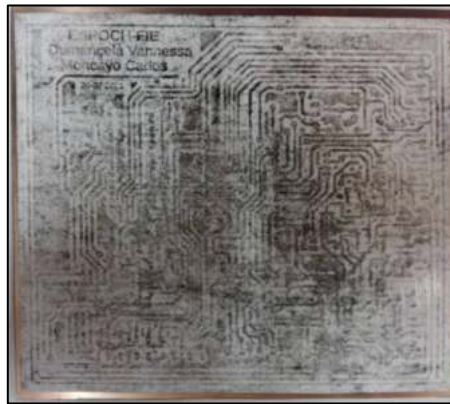


Figura 25-2: Estampado de la placa.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Retiramos la tinta sobrante con thinner y un trapo, esto se realiza con el fin de que la placa quede limpia, dejando las pistas de cobre como se observa en la figura 26-2

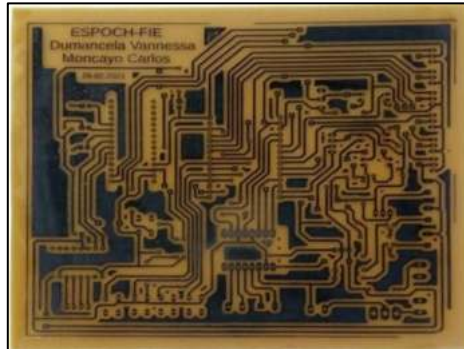


Figura 26-2: Placa después de limpieza con thinner.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Como se observa en la figura 27-2, se continuo con las perforaciones y la soldadura de los componentes electrónicos con estaño uno a uno. Dejando a la PCB, lista para usarse en el prototipo.



Figura 27-2: Placa perforada y terminada con todos los componentes

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.6 Diseño del Software del Sistema de desinfección de billetes y monedas

Se realizo en el IDE de Arduino el diseño del software, se inicia determinando los requerimientos específicos del prototipo, se muestran los diagramas de flujo, las funciones y librerías empleadas, necesarios para procesar los datos generados por el sistema de desinfección de billetes y monedas.

2.6.1 *Los requerimientos del software del dispositivo son:*

- Recolectar los datos enviados por los sensores y procesarlos.
- Realizar la comunicación entre tarjetas de desarrollo mediante comunicación UART.
- Proporcionar información sobre la cantidad de monedas y el valor en total ingresado al prototipo.
- Obtener la cantidad de billetes ingresados y emitir alertas sonoras al finalizar la desinfección de billetes

2.7 Diseño del Software del prototipo

Para el desarrollo de *software* se empleó programas de uso libre, para la programación de los procesadores se utilizó el *Software Arduino 1.8.7*, basado en C++, facilita la escritura de código y su carga en la placa. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino, es una plataforma de uso libre, con un entorno propio de desarrollo que facilita la programación de microcontroladores, de manera que se le puede dar todo tipo de utilidades (ARDUINO, 2021).

2.7.1 Desarrollo del código para el sistema de desinfección de billetes y monedas

En la figura 28-2, se visualiza el diagrama de flujo del prototipo. El código desarrollado se encuentra en el ANEXO A. Las librerías usadas se describen a continuación:

- Los datos se obtienen mediante la comunicación I2C, gracias a la librería *<LiquidCrystal_I2C.h>*. Permite leer o escribir los datos en un dispositivo externo utilizando dos líneas de transmisión: SDA (datos de serie) y SCL (reloj serie).
- El módulo posee su propio microcontrolador que transmite la información mediante la comunicación serial a una velocidad de 115200.

El algoritmo para el sistema de desinfección de Billetes se describe a continuación:

- Se inicia con la importación de librerías y declaración de las variables globales e inicialización de valores.
- Se inicializa la comunicación serial a 115200 con el modulo Arduino Nano.
- Empieza la lectura de datos de los sensores, estos datos son transformados en valores de cantidad de billetes desinfectados y transmitidos en el modulo de visualización.
- Los datos de cada sensor proporcionan informacion para el funcionamiento del motor paso a paso el cual ayuda a desinfectar a cada billete que vaya pasando y aplicandole la luz UV, finalizando el

proceso emite una alerta sonora y los billetes se almacenan en su respectivo deposito y visualizandose la cantidad total de billetes.

El algoritmo para el sistema de desinfección de Monedas se describe a continuación:

- Se inicia con la importación de librerías y declaración de las variables globales e inicialización de valores.
- Se inicializa la comunicación serial a 115200 con el modulo Arduino Nano.
- Empieza la lectura de datos de los sensores, estos datos son transformados en valores de cantidad de dinero y transmitidos en el modulo de visualización.
- Los datos de cada sensor proporcionan informacion para el funcionamiento del motor vibrador, este dispositivo permite la caída de las monedas por los diferentes niveles desinfectandose con la luz UV, finalizando en el ultimo nivel pasando por los sensores, estos son multiplicados por el valor de cada moneda almacenandose en su respectivo deposito, al final del proceso se visualiza el valor total del dinero desinfectado.

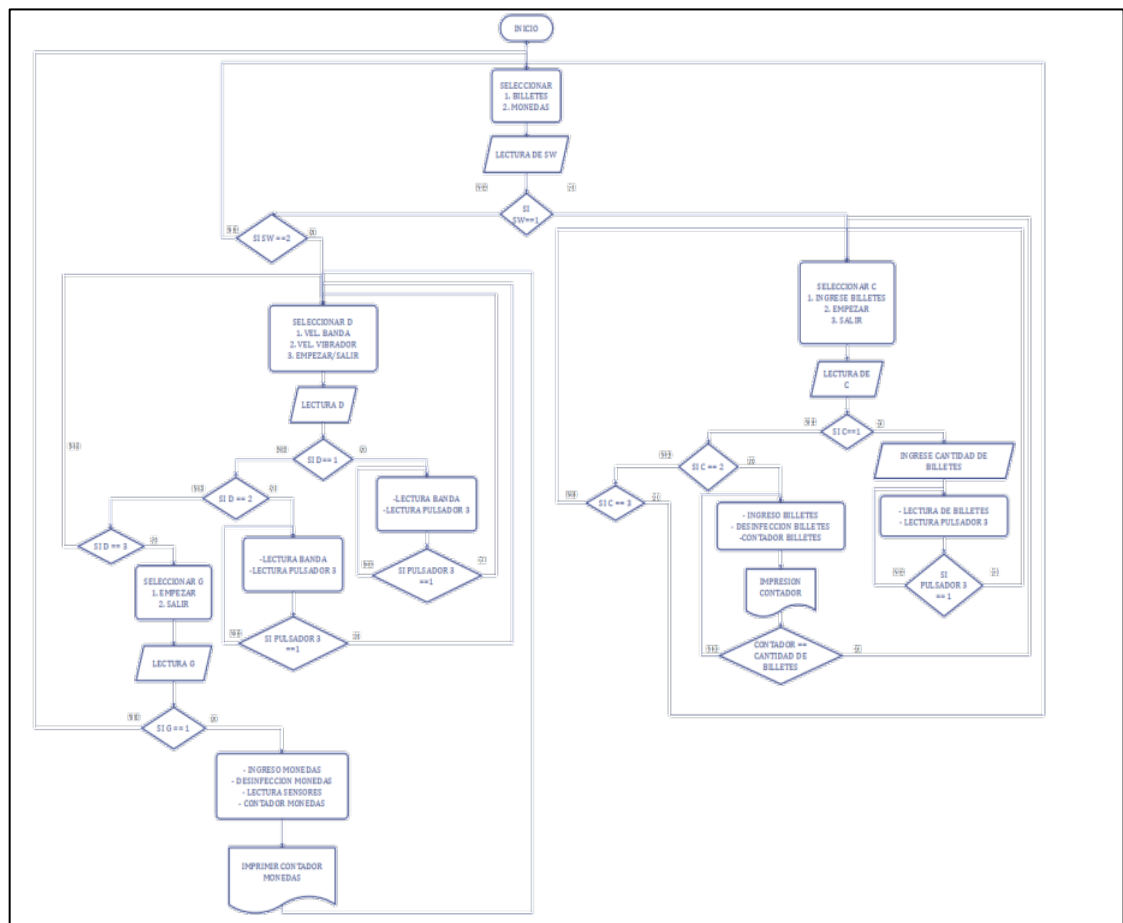


Figura 28-2: Diagrama de flujo del prototipo.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.8 Diseño mecánico del prototipo

En este apartado se detalla el diseño mecánico del prototipo de desinfección, mediante un diagrama de bloques, como se puede observar en la figura 29-2.

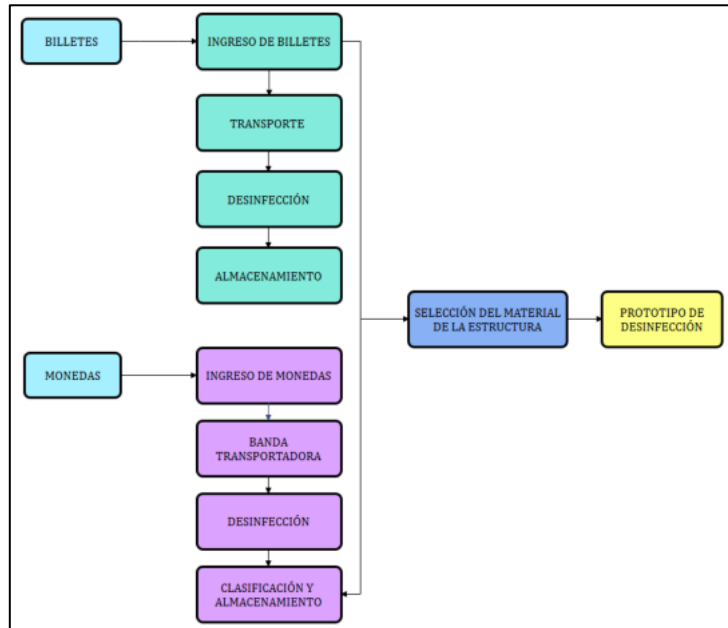


Figura 29-2: Diagrama de bloques del diseño mecánico

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.8.1 Diseño de piezas

Para el diseño del prototipo se utilizó en el *software* SolidWorks 2020. Se divide en dos partes, la desinfección de billetes y desinfección de monedas. En la figura 30-2, se observa el diseño completo del prototipo.



Figura 30-2: Diseño en 3D del prototipo de desinfección.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

A continuación, se detallan cada una de las partes que conforman el prototipo.

2.8.1.1 Sistema de ingreso de billetes

Está compuesto por dos bases, tres engranajes conectados a un motor paso a paso se utiliza este mecanismo similar al de las impresoras, sujeta el billete colocado en la ranura y lo introduce, automáticamente, hacia las lámparas UV, para el proceso de desinfección. Concluido el proceso se recibe el billete expulsado hacia la base, posteriormente caen en un depósito. Como se observa en la figura 31-2. Las medidas de las piezas se podrán encontrar en el ANEXO H.

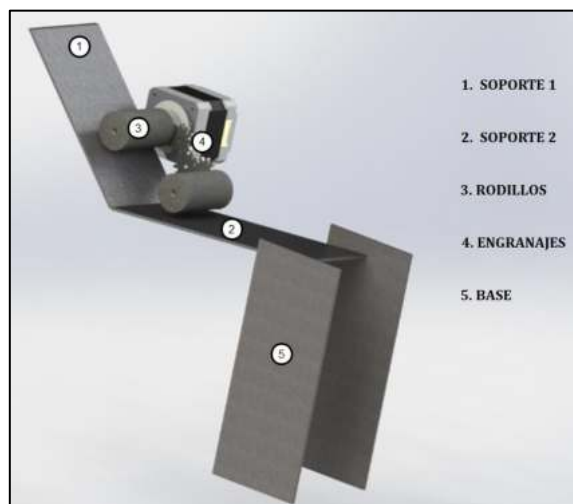


Figura 31-2: Diseño en 3D del Sistema de ingreso de billetes.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.8.1.2 Depósito de billetes

La figura 32-2, muestra el lugar de almacenamiento de los billetes después de la desinfección. Las medidas de las piezas se podrán encontrar en el ANEXO I.

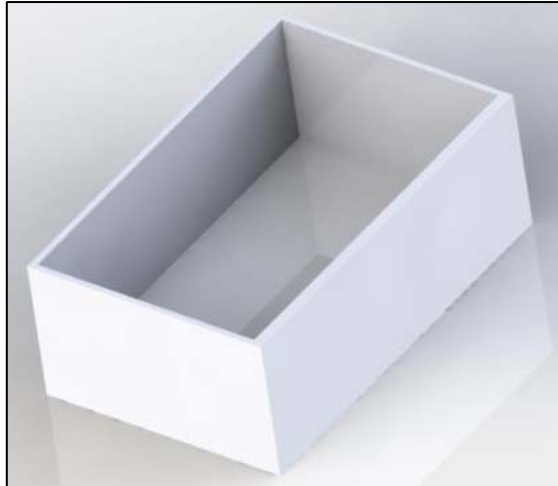


Figura 32-2: Diseño en 3D del Depósito de billetes.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.8.1.3 Sistema de ingreso de monedas

Como se visualiza en la figura 33-2, inicia con la tolva, recipiente donde se ingresan las monedas, pasan por una banda transportadora, donde se encuentra ubicado la lampara de luz UV y se desinfecta el lado anverso de la moneda, se usa el soporte de banda con dos ejes para darle un movimiento continuo, las monedas caen a través del soporte 1 sirve para recibir las monedas volteadas y desinfectar el lado reverso. Los soportes a su vez proporcionan robustez para resistir el peso de las monedas y brindar más firmeza. Terminado el proceso de desinfección las monedas pasan por el soporte 2, posteriormente caen a un depósito. Las medidas de las piezas se podrán encontrar en el ANEXO J.

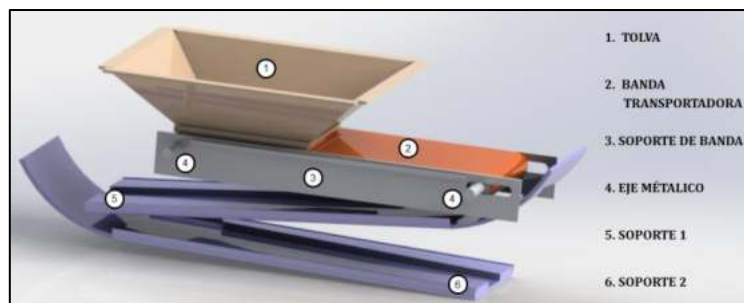


Figura 33-2: Diseño en 3D del prototipo de desinfección.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.8.1.4 Depósito de monedas

Sirve para el almacenaje de las monedas, como se observa en la figura 34-2, consta de dos partes, la primera, el clasificador de monedas con 6 cavidades redondas, encargado de insertar las monedas de

acuerdo con su diámetro, la segunda, el depósito de monedas contiene 6 ranuras en donde se acomodan las monedas procedentes del clasificador. Las medidas de las piezas se podrán encontrar en el ANEXO K.

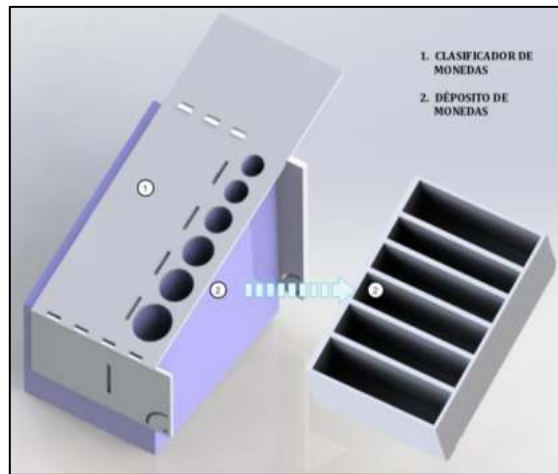


Figura 34-2: Diseño en 3D del Depósito de monedas.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.8.1.5 Estructura externa del prototipo

Como protección para todos los elementos y como soporte de los sistemas de ingreso de dinero, se procedió con la construcción de la estructura, que evite el contacto directo de las lámparas UV y el usuario. Para el diseño se consideró las dimensiones de los elementos y componentes como se observa en la figura 35-2. El prototipo tiene 6 orificios, 2 en la parte superior por donde se ingresa el dinero, 2 en la parte frontal, se colocará la placa, el LCD y los pulsadores, en la derecha se ubicará el depósito de monedas, en la izquierda se situará el depósito de billetes. Las medidas de las piezas se podrán encontrar en el ANEXO L.



Figura 35-2: Diseño en 3D de la Estructura externa del prototipo.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

2.9 Construcción de prototipo

Las partes que conforman la estructura del prototipo fueron elaboradas de forma mixta, en impresión 3D, mecanizado en CNC y los soportes internos de la estructura están elaborados con tiras recicladas de aluminio.

Se utilizaron elementos mecánicos adicionales para los sistemas de ingreso como se observa en la figura 36-2:



Figura 36-2: Elementos mecánicos.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

- Chumaceras
- Eje metálico de 8 mm* 400 mm
- Rulímanes lineales 8mm

En la figura 37-2, se muestra las piezas impresas en 3D en un material PLA (ácido poli-láctico). Es un polímero biodegradable, altamente versátil, resistente y bajo peso que lo hace ideal para conformar el prototipo son:



Figura 37-2: Impresión 3D de las piezas.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

- Tolva
- Depósito de monedas

Se utilizó el mecanizado en CNC, como se observa en la figura 38-2, con una máquina por corte láser, en madera que es un material económico que ofrece flexibilidad en cuanto a corte o grabado, su peso es sumamente bajo, las piezas realizadas de esta manera son:



Figura 38-2: Cortes en CNC de las piezas.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

- Base (billetes)
- Depósito de billetes
- Soporte 1 (monedas)
- Soporte 2 (monedas)
- Clasificador de monedas
- Estructura externa del dispositivo

Terminada la elaboración de las piezas se ensambla el prototipo, se acopla el sistema de ingreso de billetes y sistema de ingreso de monedas, se colocan los sensores, lámparas UV, LCD, diodos led, pulsadores, la placa PCB y se conectan todos los elementos electrónicos. Se ubican los soportes de aluminio para sostener la estructura interna, posteriormente se ensambla la estructura externa del prototipo. Como se observa en la figura 39-2.



Figura 39-2: Prototipo terminado.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Concluido el ensamblaje del prototipo se procedió a tomar las dimensiones y el peso resultante. Como se señala en la tabla 18-2.

Tabla 18-2: Características del prototipo.

| | |
|--------------|---------|
| Ancho | 40.0 cm |
| Largo | 40.5 cm |
| Alto | 38.0 cm |
| Peso | 8 kg |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

CAPITULO III

3. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

En este capítulo se analizan los resultados conseguidos por medio de las pruebas llevadas a cabo al prototipo para asegurar el cumplimiento de los requerimientos planteados. Se han realizado pruebas de ingreso de billetes, clasificación de monedas y pruebas de dosificación de la luz UV en el prototipo.

3.1 Comparación de detecciones en el prototipo

Se realizaron estas pruebas para determinar la eficiencia de los sensores al momento de que los billetes o monedas pasen por estos y los detecten, en la figura 1-3 se puede apreciar el prototipo implementado.



Figura 1-3: Prototipo implementado.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

3.1.1 Análisis de detección de billetes con el sensor IR infrarrojo lector encoder óptico FC-03

El objetivo es verificar que el sensor IR infrarrojo lector encoder óptico FC-03 obtiene valores reales de detección de los billetes, para lo cual se tomó 20 muestras ingresando y retirando los billetes y supervisando el puerto serie del Arduino, en la figura 2-3 se evidencia una de las pruebas y se visualizan los datos generados por el Arduino.



Figura 2-3: Toma de muestras sensor IR infrarrojo lector encoder óptico FC-03.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 1-3 se visualiza la toma de muestras del sensor con una variación del tiempo en que detecta la presencia de billetes, con una lectura continua como un valor digital en el módulo Arduino, los intervalos de tiempo utilizado es 1 segundo para ingresar y retirar el billete, se continua con 1 min de retraso, si se da alguna interrupción el estado cambiará de 1 a 0 y viceversa, el sensor recibe la luz reflejada por el billete, dependiendo de la posición que se encuentre el obstáculo la detección será más precisa, se abastece con una placa de medición estándar con el comparador LM393.

Tabla 1-3: Análisis comparativo cuando existe o no presencia de billetes.

| Numero de muestra | Intervalo de tiempo (seg) | Estado de variación antes del ingreso del billete | Estado de variación al momento de detectar el billete | Estado de variación al retirar el billete | Error (%) |
|-------------------|---------------------------|---|---|---|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 5 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 9 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 10 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |

| Numero de muestra | Intervalo de tiempo (seg) | Estado de variación antes del ingreso del billete | Estado de variación al momento de detectar el billete | Estado de variación al retirar el billete | Error (%) |
|-------------------|---------------------------|---|---|---|-----------|
| 11 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 12 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 13 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 14 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 15 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 16 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 17 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 18 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 19 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |
| 20 | 60 | 1 | 0 | 1 | 0,0 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Con los resultados experimentales obtenidos de la tabla 1-3, se concluye que el sensor implementado realizó una comparación correcta de la ausencia y presencia de billetes. Como resultado del análisis se obtuvo de las lecturas realizadas por el sensor FC-03 es del 100 por ciento, no exhibe variabilidad según lo reportado, por lo que el error cometido en la detección es nulo. Se concluye que el sensor FC-03, es aceptable por su estabilidad.

3.1.2 Análisis de detección de monedas con el sensor mini final de carrera

El objetivo de esta prueba es determinar la eficiencia de los sensores mini final de carrera de 3 terminales, para lo cual se ingresan 36 monedas de diferentes diámetros y denominación en la tolva, pasan al depósito a través de rendijas basadas en los tamaños que tienen las monedas en circulación, en la figura 3-3 observamos el ingreso de las monedas y los datos obtenidos a través del monitor de Arduino.

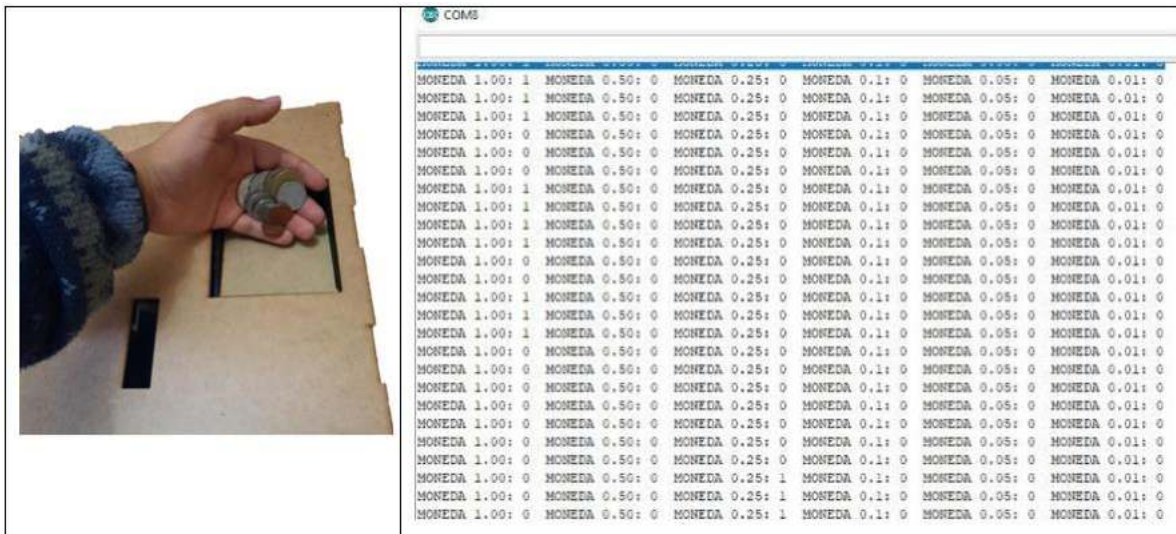


Figura 3-3: Toma de muestras sensor mini final de carrera.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 2-3 podemos visualizar como los sensores detectan las monedas ingresadas de diferente denominación, se realiza una lectura continua como un valor digital en el módulo Arduino, si se da alguna interrupción el estado cambiara de 1 a 0 y viceversa.

Tabla 2-3: Análisis del ingreso de monedas del prototipo.

| Número de muestra | Moneda 1,00 | Moneda 0,50 | Moneda 0,25 | Moneda 0,1 | Moneda 0,05 | Moneda 0,01 | Error en la Detección (%) |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,00 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 7 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 9 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 10 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |

| Número de muestra | Moneda 1,00 | Moneda 0,50 | Moneda 0,25 | Moneda 0,1 | Moneda 0,05 | Moneda 0,01 | Error en la Detección (%) |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|---------------------------|
| 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 15 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 16 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,00 |
| 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 21 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 23 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 24 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| 25 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0,00 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

De los resultados experimentales obtenidos en la tabla 2-3, se puede observar que el sensor mini final de carrera de 3 terminales genera una lectura exacta del 100 por ciento. Como resultado obtenido en la lectura del sensor no fluctuó, lo que indica que no hubo error de detección. Podemos concluir que el sensor mini final de carrera de 3 terminales es adecuado para el prototipo por su consistencia.

3.2 Análisis de la comunicación de los puertos

Las pruebas se centraron en determinar si existe integridad en la lectura de los datos digitales del sensor infrarrojo FC-03 y el mini final de carrera de 3 terminales, con el Arduino Nano y Esp 32 respectivamente. Para esto se procede a supervisar los puertos con la ayuda del monitor de Arduino y también con la visualización del LCD como se muestra en la figura 4-3, el número de monedas ingresadas por cada denominación y en el LCD el valor total de monedas por proceso y la cantidad de billetes ingresados en el prototipo.

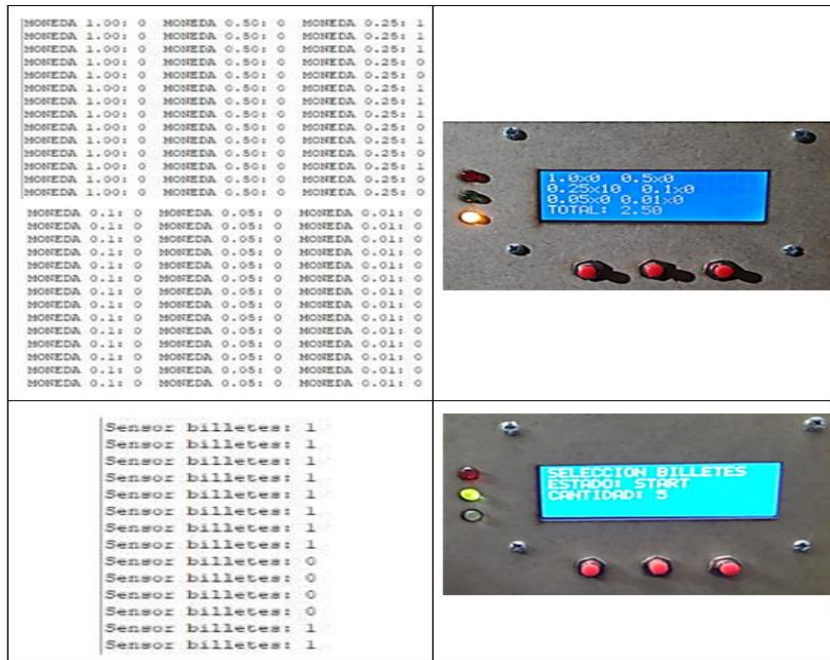


Figura 4-3: Comunicación de los sensores.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 3-3, se puede apreciar que la cantidad ingresada de monedas y billetes concuerda con la cantidad de salida que refleja el monitor de Arduino y el LCD, es decir que las mediciones son confiables.

Tabla 3-3: Análisis de comunicación del prototipo.

| | INGRESO | SALIDA | ERROR (%) |
|----------|---------|--------|-----------|
| BILLETES | 5 | 5 | 0,0 |
| MONEDAS | 10 | 10 | 0,0 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Con los resultados obtenidos en la tabla 3-3, podemos concluir que la comunicación que existe entre los sensores y módulos es del 100 por ciento, verificando pérdidas nulas de datos, ni errores en el cálculo de valor ingresado, dando por concluido que el prototipo es estable y efectivo a la hora de detectar a las monedas y billetes.

3.3 Análisis del número de billetes que el prototipo procesa

El objetivo de esta prueba es determinar el número de billetes que el prototipo puede admitir, para lo cual se varió las cantidades de los billetes ingresados. Se realizó 13 procesos como se muestra en la tabla 4-3, se detalla cada proceso aumentando de uno en uno los billetes en los diez primeros

procesos, ubicados dentro del rango permitido, los 3 últimos procesos corresponden a ingresar un número de billetes superior al permitido, se realizó con un incremento de dos, en el cual nos ayuda a verificar que el prototipo admite solo hasta 10 billetes después de eso los billetes sobrantes se quedan en la bandeja de entrada de billetes, hasta que se realice una nueva desinfección. El estado de los billetes es importante para la realización de esta prueba, se tomaron especies en estado nuevo y medianamente utilizados, debido a que se maneja un mecanismo similar al de ingreso de papel de las impresoras y con billetes demasiado deteriorados, remendados o mutilados, se presentó atascamientos en el mecanismo de ingreso.

Tabla 4-3: Análisis del ingreso de billetes del prototipo.

| PROCESO | NÚMERO DE BILLETES INGRESADOS | NÚMERO DE BILLETES SELECCIONADOS | NÚMERO DE BILLETES DESINFECTADOS |
|---------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 6 | 6 | 6 |
| 7 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11 | 12 | 10 | 10 |
| 12 | 14 | 10 | 10 |
| 13 | 16 | 10 | 10 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En base a los resultados de la tabla 5-3 se concluyó que el número de billetes admitidos puede variar en un rango de 1 a 10 y que pese a que el número de billetes ingresados aumente este solo tomara máximo 10 billetes por proceso, concluyendo en un 100 por ciento de efectividad en el proceso de ingreso y salida de billetes.

3.4 Análisis de la clasificación de monedas ingresadas

El objetivo de esta prueba es determinar la cantidad de monedas que clasifica el prototipo según el diámetro. En la figura 5-3 se observa una de las pruebas realizadas, que consta en contar 25 monedas de 1 dólar, clasificarlas en el depósito y finalmente mostrar el valor total en el LCD.

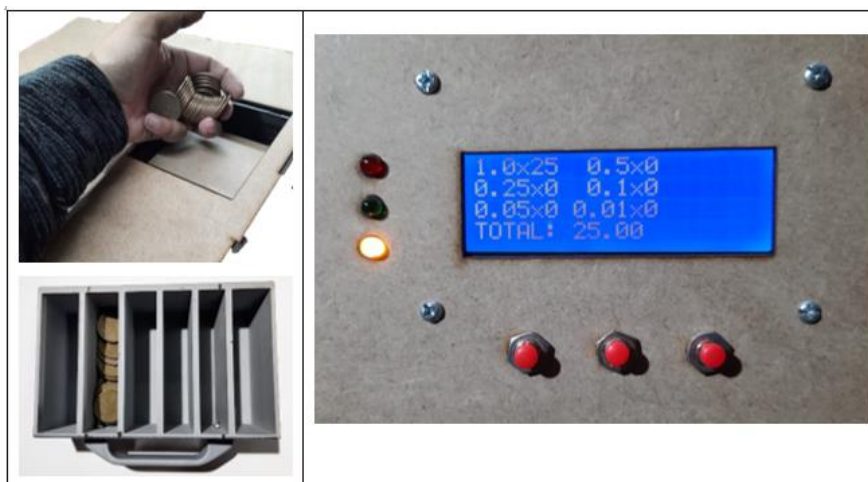


Figura 5-3: Conteo de monedas y visualización en el LCD.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En la tabla 5-3, se puede apreciar los 9 procesos de desinfección, del primero hasta al sexto proceso corresponde al conteo individual de cada denominación (0,01; 0,05; 0,10; 0,25; 0,50; 1,00) hasta que se cumple las 25 monedas, el séptimo corresponde a ingresar un grupo de 5 monedas por cada denominación, el octavo a ingresar un grupo de 10 monedas por cada denominación y el noveno se tomó varias monedas al azar de cada denominación y se procedió a insertarlas en la tolva. Al concluir cada proceso se muestra el valor total de monedas ingresadas.

Tabla 5-3: Análisis de la clasificación de monedas del prototipo.

| PROCESO | DENOMINACIÓN | CANTIDAD INGRESADA | CANTIDAD CLASIFICADA | VALOR TOTAL |
|---------|--------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 1 | 0,01 | 25 | 25 | 0,25 |
| 2 | 0,05 | 25 | 25 | 1,25 |
| 3 | 0,10 | 25 | 25 | 2,50 |
| 4 | 0,25 | 25 | 25 | 6,25 |
| 5 | 0,50 | 25 | 25 | 12,50 |
| 6 | 1,00 | 25 | 25 | 25,00 |
| 7 | 0,01 | 5 | 5 | 9,55 |
| | 0,05 | 5 | 5 | |
| | 0,10 | 5 | 5 | |
| | 0,25 | 5 | 5 | |
| | 0,50 | 5 | 5 | |
| 8 | 1,00 | 5 | 5 | 19,10 |
| | 0,01 | 10 | 10 | |
| | 0,05 | 10 | 10 | |
| | 0,10 | 10 | 10 | |
| | 0,25 | 10 | 10 | |
| | 0,50 | 10 | 10 | |
| | 1,00 | 10 | 10 | |

| | | | | |
|---|------|---|---|------|
| 9 | 0,01 | 8 | 8 | 3,73 |
| | 0,05 | 7 | 7 | |
| | 0,10 | 3 | 3 | |
| | 0,25 | 4 | 4 | |
| | 0,50 | 2 | 2 | |
| | 1,00 | 1 | 1 | |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En base a los resultados obtenidos en la tabla 6-3 se concluyó que los procesos realizados en las pruebas, con las cantidades especificadas de monedas ingresadas, se clasifica el 100 por ciento en cada proceso, sin error, el valor total de ingreso se ve reflejado en el LCD y correctamente almacenado en las ranuras que le corresponde a cada moneda en el depósito, podemos decir que el prototipo realiza la función de clasificar y almacenar monedas en su totalidad.

3.5 Análisis de dosificación de las Lámparas UV

El objetivo de esta prueba consiste en comprobar la desinfección que existe en el prototipo con las lámparas UV, tomando como referencia los valores aceptados de inactivación de patógenos de pruebas realizadas en otras bibliografías, la distancia máxima para garantizar la inactivación es de 10 cm como se observa en la figura 6-3 la distancia de las lámparas UV no es mayor del que se garantiza, a la izquierda de la figura se observa que tiene 4 cm y a la derecha tiene 3 cm, en general se determinó que la dosificación mínima que debe entregar el prototipo para la desinfección de la mayoría de patógenos es de 1000Ws/m^2 (Lecam, 2020).

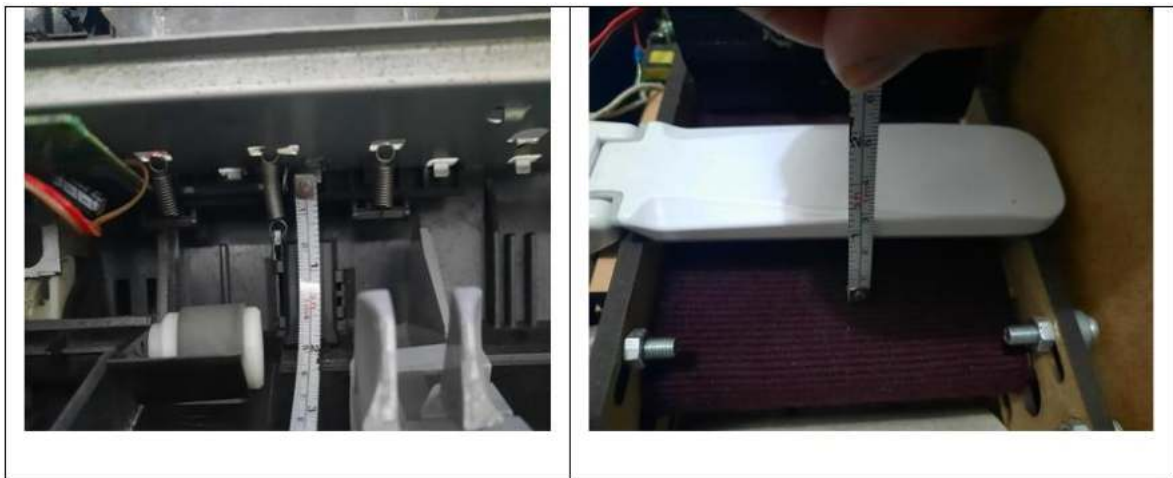


Figura 6-3: Toma de medidas de distancia de lámparas UV.

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

Motivo por el cual para la prueba de dosificación del prototipo se procedió a tomar el tiempo que se

demora cada billete en el proceso de desinfección y el mismo procedimiento cuando se ingresan monedas, mediante la ecuación 1 se determina cuál es la dosificación recibida en el dinero en cada proceso, los valores obtenidos se los puede apreciar en la tabla 6-3, en la que consta la dosificación total realizados a los billetes y a las monedas con sus respectivos tiempos.

Tabla 6-3: Análisis de la dosificación del prototipo.

| PROCESO | NÚMERO INGRESADO | TIEMPO DE DESINFECCIÓN (s) | DOSIFICACIÓN TOTAL (Ws/m^2) |
|-----------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|
| BILLETES | 1 | 71 | 1775 |
| | 2 | 142 | 3550 |
| | 3 | 213 | 5325 |
| | 4 | 284 | 7100 |
| | 5 | 355 | 8875 |
| | 6 | 426 | 10650 |
| | 7 | 497 | 12425 |
| | 8 | 568 | 14200 |
| | 9 | 639 | 15975 |
| | 10 | 710 | 17750 |
| MONEDAS | 1 | 74 | 1850 |
| | 10 | 285 | 7125 |
| | 30 | 423 | 10575 |
| | 60 | 858 | 21450 |
| | 150 | 2120 | 53000 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

En base a los resultados analizados en la tabla 6-3 y teniendo en cuenta que las lámparas UV que utilizamos en el prototipo tienen una intensidad de $25 (W/m^2)$, se concluyó que para una buena desinfección se requiere mínimo 1 min en billetes y monedas, finalizando con que el prototipo cumple su función de desinfectar mediante luz UV.

CAPITULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo se detalla determinar la comparación del valor del prototipo con otro dispositivo en el mercado que se asemeje a sus características, actualmente no existe en el mercado un prototipo igual. En la tabla 7-3, se muestran los diferentes gastos que se han requerido en el diseño e implementación del prototipo. Se realiza un estudio de costos de los componentes que lo constituyen, la cantidad utilizada y el valor unitario.

Tabla 7-3: Análisis del costo del prototipo

| CANTIDAD | COMPONENTE | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|----------------------------------|--|----------------|---------------|
| Componentes electrónicos | | | |
| 1 | Motor CD de 9V 77rpm | 19,00 | 19,00 |
| 1 | Motor vibrador de consola | 6,00 | 6,00 |
| 6 | Mini finales de carrera 3 entradas | 2,50 | 15,00 |
| 2 | Mini lámparas UV 0.4 W | 17,00 | 34,00 |
| 2 | Lámparas UV 3W | 20,00 | 40,00 |
| 1 | ESP 32 | 13,00 | 13,00 |
| 1 | ARDUINO NANO | 12,00 | 12,00 |
| 1 | Display LCD 20x4 con comunicación I2C | 14,50 | 14,50 |
| 1 | Controlador de motor a pasos DVR8825 | 4,50 | 4,50 |
| 1 | Controlador de motor DC TFB6612 | 5,50 | 5,50 |
| 1 | Sensor IR Infrarrojo Lector Encoder Óptico FC-03 | 4,00 | 4,00 |
| Componentes Mecánicos | | | |
| 4 | Chumaceras | 3,00 | 12,00 |
| 1 | Eje metálico de 8mmx400mm | 6,90 | 6,90 |
| 2 | Rulimanes lineales 8mm | 5,00 | 10,00 |
| 1 | Corte CNC en madera de soporte | 7,00 | 7,00 |
| 1 | Tornillos | 3,00 | 3,00 |
| 1 | Torno | 25,00 | 25,00 |
| 1 | Banda de tela | 5,00 | 5,00 |
| 1 | Impresión 3D | 20,00 | 20,00 |
| 2 | Barras de aluminio | 2,50 | 5,00 |
| | Elementos adicionales | 99,24 | 99,24 |
| Costo total del prototipo | | | 360,64 |

Realizado por: Moncayo Carlos; Dumancela Vanessa; 2021

De acuerdo con los valores obtenidos en la tabla 7-3, de los costos de implementación del prototipo tiene un valor de 360,64 dólares americanos (USD) sin contar el costo de mano de obra. En el mercado no existen dispositivos que se dediquen en específico a la desinfección de dinero por luz

UVC por lo cual se comparó con una maquina clasificadora de monedas profesional de alta velocidad. Al realizar esta comparación con estos dispositivos comerciales se determina que el prototipo implementado representa el 27,73 por ciento de su costo lo que concluye es que el equipo desarrollado es de bajo costo y cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación.

CONCLUSIONES

- Se implemento un prototipo de dispositivo electrónico para la desinfección de monedas y billetes mediante el uso de la luz ultravioleta tipo C, la desinfección se encuentra dividida en dos procesos, cada uno requiere mínimo 1 minuto de exposición utilizando lámparas con una capacidad de $25 W/m^2$, para obtener valores aceptados de inactivación de patógenos, es capaz de emitir una alarma sonora en cada proceso culminado.
- En base a las pruebas realizadas de detección de billetes en el prototipo, se obtuvo que las lecturas realizadas por el sensor FC-03 es del 100 por ciento, no exhibe variabilidad según lo reportado, por lo que el error cometido en la detección es nulo. Se concluye que el prototipo es estable.
- En el análisis del número de billetes que el prototipo puede admitir, los resultados de las pruebas fueron aceptables, sin embargo, el ingreso de billetes está condicionado, en gran parte por el estado físico en el que se encuentre, así el número de billetes puede variar en un rango de 1 a 10 y pese a que el número de billetes ingresados aumente este solo tomara máximo 10 billetes por proceso.
- De las pruebas realizadas de detección de ingreso de monedas, como resultado obtenido en la lectura del sensor no vario, lo que indica que no hubo error de detección. Podemos concluir que el sensor mini final de carrera de 3 terminales es adecuado para el prototipo por su consistencia.
- Los procesos realizados en las pruebas de clasificación de monedas, con las cantidades especificadas de monedas ingresadas, se clasifica en su totalidad en cada proceso, sin error, el valor total de ingreso se ve reflejado en el LCD y correctamente almacenado en las ranuras que le corresponde a cada moneda en el depósito, podemos decir que el prototipo realiza la función de clasificar y almacenar monedas en su totalidad.
- La comunicación que existe entre los sensores y módulos es correcta, basados en las pruebas de pérdidas de datos, verificando perdidas nulas de datos, ni errores en el cálculo de valor ingresado, dando por concluido que el prototipo es estable y efectivo a la hora de detectar las monedas y billetes.
- Al realizar una comparativa de costos de equipos similares con el prototipo implementado

representa el 27,73 por ciento de su costo, lo que concluye es que el equipo desarrollado es de bajo costo y cumple con los requerimientos establecidos al inicio de la investigación.

- Considerando que el prototipo de dispositivo electrónico para la desinfección de monedas y billetes está conectado a la red eléctrica, encendido 8 horas al día, durante los 30 días del mes tendrá un consumo nominal de 87,15 KWh/mes, similar al consumo de energía de una ducha eléctrica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda incorporar un sistema de inteligencia artificial para el conteo de billetes, realizar ajuste para paradas por lotes y acumulación del total de billetes contados y el procesamiento de billetes en cualquier estado físico. En el caso de la clasificación de monedas se sugiere añadir un sistema que enfunde y selle las monedas de cada proceso.
- Se recomienda analizar la posibilidad del uso baterías para el prototipo en lugares donde no se tenga energía eléctrica o exista una falla en el suministro, para mejorar la autonomía del prototipo.
- Considerar el uso de una aplicación externa para controlar el uso del prototipo que permita aumentar o disminuir los tiempos de desinfección de monedas y billetes, o ampliar los tiempos de prueba para una inactivación más completa de patógenos.
- Para una comercialización masiva del prototipo se recomienda reducir el tamaño y el peso del prototipo, facilitando su traslado y manipulación.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA , N., FRETES, A., & MEDINA, J. *Análisis bacteriológico de billetes circulantes en la universidad del pacífico paraguay* [en línea]. [2013]. [Consultado: 9 enero 2021]. *CIMEL* , 32.

ANDRE, B., BERGMANSON, J., BUTLER, J., CHOU, B., CORONEO, M., CROWLEY, E., . . . SLINEY, D. *El ojo y la radiación solar ultravioleta. Nuevos conceptos sobre los peligros, costos y prevención de morbilidad. UV y azul-violeta luz Definiciones, riesgos y prevención* [en línea]. Salt Lake City, UT, Estados Unidos, 2011 [Consultado: 7 enero 2021]. Disponible en: www.pointsdevue.com - Essilor International . Obtenido de El ojo y la radiación solar ultravioleta. Nuevos conceptos sobre los peligros, costos y prevención de morbilidad.

ARDUINO. *Arduino* [en línea]. [17 julio 2021]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/software>

ARDUINO.CC. *Arduino* [en línea]. [17 julio 2021] Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

ARDUINODHTICS.WEEBLY. *Arduino: Tecnología para todos* [en línea]. Disponible en: <https://arduinodhtics.weebly.com/proyectos-con-arduino.html>

AV ELECTRONICS. *AV Electronics* [en línea]. [2020]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/tarjeta-de-desarrollo-esp32-wifi-bluetooth/>

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. *Banco Central del Ecuador* [en línea]. Ecuador, 23 de noviembre de 2020. [Consultado: 15 enero 2021] Disponible en: <https://www.bce.fin.ec/index.php/seguridades-billetes-y-monedas>

BELTRÁN, A. *Aplicación de luz ultravioleta para la desinfección de efluentes secundarios con alto contenido de patógenos. (DOCTOR EN INGENIERÍA)* [en línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Mexico, 2006. p. 11. [Consultado: 4 marzo 2020]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.ptolomeo.unam.mx%3A8080%2Fxmui%2Fbitstream%2Fhandle%2F132.248.52.100%2F813%2Fbeltranza.pdf%3Fsequence%3D12%26isAllowed%3Dy&cflen=2841650

BETANCUR, C. A., ESTRADA, S., CEBALLOS, M., SANCHEZ, E., ABAD, A., VANEGAS, C., & SALAZAR, L. *Billetes como fómites de bacterias con potencial patógeno para el hombre* [en línea]. [2010]. *Infectio*, 120-126. Disponible en: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.ptolomeo.unam.mx%3A8080%2Fxmui%2Fbitstream%2Fhandle%2F132.248.52.100%2F813%2Fbetancur%2Fbetancur%2Fbetancur.pdf%3Fsequence%3D12%26isAllowed%3Dy&cflen=2841650

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.scielo.org.co%2Fpdf%2Finf%2Fv14n2%2Fv14n2a06.pdf&cflen=264671&chunk=true

CALDERÓN, G. Diseño y construcción del prototipo en línea de un sistema de tratamiento de aguas residuales a base de luz ultravioleta. (Título de Ingeniero Ambiental)(Pregrado) [en línea]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca. Cuenca-Ecuador. 2014, pp. 5-12. [Consultado: 7 marzo 2020]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F7256%2F1%2FUPS-CT004152.pdf&cflen=2843627

CAÑARTE, K. *Radiación Ultravioleta y su efecto en la salud* [en línea]. 2020. *Gencia UNEMI*, 26. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/nceh/especiales/radiacionuv/index.html>

CETELEM. *Domestica tu Economía* [blog]. [15 de Abril de 2019]. [Consultado: 12 abril 2020] Obtenido de ¿Cuánto vale hacer monedas?. Disponible en: <http://www.domesticatueconomia.es/cuanto-vale-hacer-monedas/>

CLR . CLR. *Compañía Levantina de Reductores* [blog]. [Consultado: 2 enero 2020] Obtenido de ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza? Disponible en: <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>

DA SILVA, K. *Cuida tu dinero* [en línea]. [16 de Agosto de 2018]. [Consultado: 9 febrero 2021] Obtenido de ¿Cómo se hace el papel moneda? Disponible en: <https://www.cuidatudinero.com/13146990/como-se-hace-el-papel-moneda>

DAVID, Z. *Billetes: fabricación y seguridad* [blog]. Autores Científico Técnicos y Académicos, 73. [Consultado: 5 marzo 2021].

DEA. *Geekbot Electronics* [en línea]. [2015]. [Consultado: 21 abril 2021]. Obtenido de Motores de DC. Disponible en: <http://www.geekbotelectronics.com/motores-de-dc/>

DESINFECTAR. *Desinfectar* [blog]. [Consultado: 14 febrero 2020]. Obtenido de Lámpara germicida ultravioleta plegable. Disponible en: <https://desinfectar-ec.com/producto/lampara-germicida-ultravioleta-plegable/>

DESQBRE. *Clickmica* [blog]. [Consultado: 23 marzo 2020]. Obtenido de La tabla periódica en las monedas. Disponible en: <https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/la-tabla-periodica-en-las-monedas/>

DIAZ, Y. *CULTURIZANDO.COM* [blog]. [Consultado: 8 febrero 2020]. Obtenido de La Nota Curiosa: ¿Cuánto cuesta crear un dólar? Disponible en: <https://culturizando.com/la-nota-curiosa-cuanto-cuesta-crear-dolar/#:~:text=Entonces%2C%20%2BFcu%20%20A1nto%20dinero%20le%20cuesta,cuesta%20a%20rededor%20de%2010.9%20centavos.>

EL COMERCIO. *El Comercio* [blog]. [16 de Mayo de 2012]. [Consultado: 5 de enero 2021] Obtenido de El país importa 167 millones en monedas de USD 1 Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/pais-importa-167-millones-monedas.html>

EL COMERCIO. *El Comercio* [blog]. [23 de Septiembre de 2020]. [Consultado: 5 de enero 2021]. Estudio en la Universidad de Hiroshima señala que un tipo de luz UV desactiva el covid-19 sin dañar a las personas. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ciencia/estudio-universidad-luz-uv-coronavirus.html>

EL COMERCIO. *El Comercio* [blog]. [02 de 09 de 2020]. [Consultado: 5 enero 2021]. La luz UV puede desactivar virus, pero ¿cuán segura es para humanos? *El Comercio*, pág. 1A.

ELECTRÓNICA I+D. *Electrónica I+D* [blog]. [2021]. [Consultado: 5 abril 2021]. Obtenido de Optoacoplador PC817. Disponible en: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/optoelectronica/optoacopladores/optoacoplador-aislador-aislador-optoacoplado-optoacopladores-optoaislador-aisladores-pc817-detail>

ESPIN, J. Diseño de un sistema portátil semiautomático para la sanitización de productos frutihortícolas mediante radiación uv-c. (INGENIERO EN MECATRÓNICA) (Pregrado) [en línea]. UNIVERSIDAD UTE, Quito. 2018. [Consultado: 15 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/18857>

ESPINOSA, J. E. Efecto de la radiación ultravioleta de onda corta (UV-C) en la calidad fitosanitaria de la vainilla (*Vainilla tahitensis*) (Ingeniero en Agroempresas) [en línea]. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, Quito. 2014. [Consultado: 24 febrero 2020]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepositorio.usfq.edu.ec%2Fbitstream%2F23000%2F3144%2F1%2F000110327.pdf&clen=1190500>

FERNANDEZ, E. *Análisis temporal de los sistemas de control.* [blog]. [Consultado: 26 febrero 2020]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/0000716372c51ec7b8273>

FERRARI, S. Los esfuerzos de la Reserva Federal [blog]. *Revista Internacional de Gestión del Efectivo*. 2013. *BILLETARIA*, 8, nº 15, (2014), (España) pp. 31-33 Disponible en: chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.bde.es%2Ff%2Fwebbde%2FINF%2FMenuHorizontal%2FPublicaciones%2FOtrasPublicaciones%2FFich%2FBILLETARIA_15.PDF&clen=14877390&chunk=true

FERRETRÓNICA. *Ferretrónica* [blog]. [2021]. [Consultado: 17 abril 2021]. Obtenido de Motores Disponible en: <https://ferretronica.com/products>

FINE, D. *Scientific American. Español* [en línea]. [4 de Enero de 2017]. [Consultado: 18 abril 2020] Obtenido de Dinero sucio. El argumento de la salud pública por una sociedad sin dinero en efectivo. Disponible en: <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/dinero-sucio/>

FIORI, A. Gestión y mejoras del impacto sobre el medio ambiente de la fabricación de billetes [en línea]. 2013. *Revista Internacional de Gestión del Efectivo. BILLETARIA*, 6. [Consultado: 9 julio 2020]

HERALDO. *Investigadores japoneses descubren que un tipo de luz ultravioleta logra matar al coronavirus* [en línea]. [18 de septiembre de 2020]. [Consultado: 14 abril 2020] Disponible en: <https://www.heraldo.es/noticias/nacional/2020/09/18/coronavirus-investigadores-japoneses-descubren-que-un-tipo-de-luz-ultravioleta-logra-matar-al-covid-1395910.html?autoref=true>

I+D ELECTRÓNICA. *I+D Electrónica* [blog]. [2021]. [Consultado: 12 abril 2020]. Obtenido de Final de carrera mini 3 pines - 1ª. Disponible en: <https://www.didacticaselectronicas.com/index.php/suiches-y-conectores/suiches/micro-suiche/con-pala/final-de-carrera-mini-3-pines-1a-interruptores-pulsadores-micro-switch-micro-suiches-microswitch-microsuiches-finales-final-de-carrera-con-pala-palanca-det>

INFOBAE.COM. *Infobae* [blog]. [23 de Abril de 2014]. [Consultado: 10 abril 2020] Obtenido de ¿Cuáles son las enfermedades que esconde el dinero?: <https://www.infobae.com/2014/04/23/1559321-cuales-son-las-enfermedades-que-esconde-el-dinero/>

INGENIARG SA. *NOVEDADES DE INGENIARG* [en línea]. [2 de Febrero de 2016]. [Consultado: 12 abril 2020]. Obtenido de La función de las lámparas UV-C como germicida en instalaciones de HVAC: Disponible en: <http://www.ingeniarg.com/blog/24-la-funcion-de-las-lamparas-uv-c-como-germicida-en-instalaciones-de-hvac>

INGENIERÍA MECAFENIX. *Ingeniería Mecafenix. La enciclopedia de la ingeniería* [en línea]. [20 de 04 de 2017]. [Consultado: 14 abril 2020]. Obtenido de Motor paso a paso ¿que es y como funciona? Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

INGENIERÍA MECAFENIX. *Ingeniería Mecafenix* [en línea]. [24 de Abril de 2018]. [Consultado: 14 julio 2020]. *La enciclopedia de la ingeniería.* Obtenido de Sensor óptico de presencia. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-optico/>

KORNILOV, G., & KURKOVA, Y. Tratamiento antibacteriano de los billetes en papel. *Revista internacional de gestión del efectivo* [en línea]. [2013]. [Consultado: 13 septiembre 2020] *BILLETARIA*, 13. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.bde.es%2F%2Fwebbde%2FSecciones%2FPublicaciones%2FInformesBoletinesRevistas%2FRevistaBilletaria%2F07%2FBILLETARIA%25201%2520Marzo%25202007.pdf&cLen=2263841&chunk=true>

LECAM, M. S. *Estudio de la radiación UV-C como método de desinfección de ambientes y superficies* [en línea]. Universidad Nacional de General San Martín. Argentina, 2020. [Consultado: 13 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=513>

LIZARAZO, P., CABARCAS, F., & ALZATE, J. Microbiota bacteriana asociada al papel moneda [en línea]. *Infectio*, 2016. [Consultado: 19 enero 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inf/v20n4/0123-9392-inf-20-04-00218.pdf>.

MADNESS ELECTRONICS. *MADNESS ELECTRONICS* . Obtenido de Motor Paso A Paso Nema 17 – 12V – 0.4ª [en línea]. [27 de Junio de 2021]. [Consultado: 30 junio 2021] Disponible en: <https://www.madnesselectronics.com/producto/motor-paso-a-paso-nema-17-12v-0-4a/>

MAXELECTRÓNICA. *MaxElectrónica* [en línea]. [Consultado: 10 septiembre 2020] Obtenido de Pulsador de Chasis 7mm Modelo PBS-110 2P Micro Switch: Disponible en: <https://maxelectronica.cl/complementos-y-accesorios/439-pulsador-de-chasis-7mm-modelo-pbs-110-2p-micro-switch.html>

MEDINA, J., & NEGRÓN, J. Política de mejora de la calidad de los billetes en circulación. *Moneda*, 2010, pp. 34-37. [Consultado: 21 septiembre 2020] Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.bcrp.gob.pe%2Fdocs%2FPublicaciones%2FRevista-Moneda%2FMoneda-146%2FMoneda-146-07.pdf&cLen=118669&chunk=true>

MEDINA, J., & NEGRÓN, J. Política de mejora de la calidad de los billetes en circulación. *Moneda*, 2010. p.34. [Consultado: 27 septiembre 2020]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.bcrp.gob.pe%2Fdocs%2FPublicaciones%2FRevista-Moneda%2FMoneda-146%2FMoneda-146-07.pdf&clen=118669&chunk=true>

MEGATRONICA. MEGATRONICA. Obtenido de SENSOR DE VELOCIDAD ENCODER [en línea]. [2021]. [Consultado: 3 de septiembre 2021]. Disponible en: <http://megatronica.cc/producto/sensor-de-velocidad-encoder/>

MORALES- MEDINA, J., GRAU, S., JIMÉNEZ- MARTÍN, J., MATEU-DE ANTONIO, J., ESPONA, M., BERGES-FRAILE, M., . . . SALAS, E. Quemaduras solares: fotoprotección y tratamiento. *Ars Pharm*, 123 [en línea]. [2006]. [Consultado: 27 septiembre 2020] Obtenido de Quemaduras solares: fotoprotección y tratamiento.

NAYLAMP MECHATRONICS SAC. *Naylamp Mechatronics* [en línea]. [2021]. Obtenido de DRIVER PUENTE H TB6612FNG 1.2A. [Consultado: 15 marzo 2021]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/drivers/200-driver-puente-h-tb6612fng.html>

NAYLAMP MECHATRONICS SAC. *Naylamp Mechatronics* [en línea]. 2021. [Consultado: 22 marzo 2021] Obtenido de DRIVER PAP DRV8825 1.5. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/drivers/126-driver-pap-drv8825.html>

NAYLAMP MECHATRONICS SAC. *Naylamp Mechatronics* [en línea]. [Consultado: 13 marzo 2021] Obtenido de Display Alfanumérico LCD 2004. Disponible en: <https://www.naylampmechatronics.com/displays/158-display-lcd-2004-azul-backlight.html#:~:text=El%20LCD%202004%20posee%204,control%20y%204%20de%20datos.>

NAYLAMP MECHATRONICS SAC. *Naylamp Mechatronics* [en línea]. [Consultado: 13 marzo 2021]. Obtenido de NodeMCU-32 - ESP32 WiFi. Disponible en: <https://www.naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-esp32-wifi.html>

NAYLAMP MECHATRONICS SAC. *Naylamp Mechatronics* [en línea]. 2020. [Consultado: 14 febrero 2020]. Obtenido de Tutorial de Uso del Módulo L298N. Disponible en: https://www.naylampmechatronics.com/blog/11_Tutorial-de-Uso-del-M%C3%B3dulo-L298N.html

OROZCO, F. *Emprepedia* [en línea]. [6 de Agosto de 2020]. [Consultado: 10 enero 2020]. Obtenido de ¿Cuánto cuesta fabricar el dinero?. Dispobile en: <https://emprepedia.wordpress.com/2020/08/06/cuanto-cuesta-fabricar-el-dinero/>

PLACAS DE DESARROLLO. *Todo sobre las placas de desarrollo* [en línea]. [2021]. [Consultado: 18 junio 2021]. Obtenido de Raspberry Pi. Disponible en: <https://www.placadedesarrollo.com/raspberry-pi/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20Raspberry%20Pi%3F,sistema%20operativo%20basado%20en%20Linux.>

PROTOTIPADOLAB. *PrototipadoLAB* [en línea]. [05 de Mayo de 2018]. [Consultado: 10 enero 2020]. Obtenido de ¿Qué es un sensor? Tipos y diferencias. Disponible en: <http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/>

QUIROLA, M. L. *Diseño de un sistema de desinfección para agua de consumo humano, basado en energía termosolar y luz uv de fuente fotovoltaica, mediante evaluación del parámetro indicador de contaminación microbiana, coliformes totales. (Ingeniería en Biotecnología Ambiental)* [en línea]. [2017]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. [Consultado: 29 marzo 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7009/1/236T0269.pdf>

RAMBAL AUTOMATIZACION Y ROBÓTICA. *Rambal Automatizacion y Robótica* [en línea]. [Consultado: 23 julio 2020] Obtenido de Motor DC 108RPM, Engranaje Alto Torque 3-18 Vdc. Disponible en: <https://rambal.com/motor-reductorgearbox/294-motor-dc-engranaje-alto-torque-3-24vdc-108rpm.html>

RAMÍREZ, Á. *Grado cero prensa* [en línea]. [9 de Diciembre de 2017]. [Consultado: 16 marzo 2020]. Obtenido de ¿CÓMO SE FABRICAN LAS MONEDAS Y LOS BILLETES EN MÉXICO?. Disponible en: <https://gradoceroprensa.wordpress.com/2017/12/09/como-se-fabrican-las-monedas-y-los-billetes-en-mexico/#:~:text=Los%20billetes%20se%20fabrican%20en,federal%20que%20depende%20de%20>
a

REA, M. “Desarrollo de un prototipo de robot para rehabilitación de pacientes con lesiones en rodillas controlado mediante dispositivos móviles”. (*INGENIERA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba [en línea]. Ecuador, 2019. pp. 9 - 71. [Consultado: 25 agosto 2020]. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fdspace.esPOCH.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F13679%2F1%2F108T0312.pdf&cLen=2970763>

RECICLAJES BALLESTERO. El final de los billetes [en línea]. [Consultado: 26 febrero 2020] Disponible en: <https://desguacesballestero.es/el-curioso-reciclaje-del-dinero/>

RICO, M. *Sistemas Electrónicos para iluminación* [en línea]. [Consultado: 28 junio 2020]. Universidad de Oviedo, Oviedo.

SAHADI, J. *Expansión* [en línea]. [26 de Enero de 2016]. Obtenido de Estados Unidos gasta más para fabricar sus monedas. Disponible en: <https://expansion.mx/economia/2016/01/12/eu-gasta-mas-en-fabricar-monedas-que-lo-que-cuestan>

SILVA, P. Análisis bacteriológico de billetes y monedas que circulan entre estudiantes que manejan muestras biológicas en laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador. (*Título de Química Farmacéutica*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Pichincha, Ecuador [en línea]. [2019]. [Consultado: 27 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17974/1/T-UCE-0008-CQU-083.pdf>

SILVA, I. *sumedico.com* [en línea]. [12 de Octubre de 2018]. [Consultado: 17 julio 2020]. Obtenido de Bacterias y virus que pueden transmitirse por el dinero. Disponible en: <https://sumedico.lasillarota.com/otros/bacterias-y-virus-que-pueden-transmitirse-por-el-dinero/314923>

TECHMAKE SOLUTIONS. *Techmake* [en línea]. [Consultado: 12 abril 2020]. Obtenido de Mini motor vibrador DC. Disponible en: <https://techmake.com/products/robmot00555>

USCURRENCY.GOV. *U.S Currency Education Program* [en línea]. [Consultado: 17 marzo 2020]. Obtenido de La vida útil de la moneda de los EE.UU.

VARGAS, T., & VILLAZANTE, L. Clasificación de los microorganismos [blog]. [2014]. [Consultado: 19 junio 2020]. *Revista de Actualización Clínica*, 2309.

VIDÓSOLA, E. *Aire* [en línea]. [Consultado: 8 abril 2020]. Obtenido de Actuadores. Disponible en: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

WRIGHT, H., & CAIRNS, W. LUZ ULTRAVIOLETA. *LUZ ULTRAVIOLETA* [en línea]. [Consultado: 20 abril 2020]. Trojan Technologies Inc, Gore Road, Ontario.

XATAKA. *Xataka Basics* [en línea]. [Consultado: 24 septiembre 2020]. Obtenido de Que es Arduino, como funciona y que puedes hacer con uno. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno#:~:text=Arduino%20es%20una%20plataforma%20de,para%20los%20creadores%20y%20desarrolladores.>

YEUNG, J. *CNN* [en línea]. [17 de Febrero de 2020]. [Consultado: 25 mayo 2020]. Obtenido de China está desinfectando y destruyendo dinero en efectivo para contener el coronavirus. Disponible en: <https://cnnespanol.cnn.com/2020/02/17/china-esta-desinfectando-y-destruyendo-dinero-en-efectivo-para-contener-el-coronavirus/>

ANEXOS

Anexo A: Código para el sistema de desinfección de billetes y monedas

Esp32

```
/// declaracion de librerias
#include <Arduino.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <analogWrite.h> // pwm de los pines como arduino
///// lineas de las librerias
int lcdColumns = 4; //configurar filas lcd
int lcdRows = 20; //configurar columnas lcd
/////declaracion de pines pulsadores
#define pulsador1 34
#define pulsador2 35
#define pulsador3 33
/////declaracion de sensores de monedas
#define sensor100 27
#define sensor50 14
#define sensor25 12
#define sensor10 26
#define sensor5 23
#define sensor1 25
/////declaracion para selector de billetes o monedas
#define selector 15
/////declaracion de motores
//motor banda
#define pwma 1
//define m1 32 // pin para el cambio del buzzer
//define m11 3 // pin libre por cambio
//pines para el buzzer de monedas
#define buzzer2 32
//motor vibrador un pin va a +5V
#define pwmb 2
#define m2 4
/////declaracion de optoacopladores
#define lampara1 5 //mv_1 LAMPARA DE MONEDAS
#define lampara2 18 //mv_2 LAMPARA DE INGRESO BILLETES
#define lampara3 19 //mv_3 LAMPARA SALIDA DE BILLETES
///// variables para pulsador
bool vp1=0, vp2=0, vp3=0;
///// variables para billetes
int cant_bi=0;
int q=0, s=0;
///// variables para sensores monedas
bool sm100=0, sm50=0, sm25=0, sm10=0, sm5=0, sm1=0;
float total_monedas=0;
int cont100=0, cont50=0, cont25=0, cont10=0, cont5=0, cont1=0;
///// variable para selector
bool vsel=0; // con cero es billetes con 1 es monedas
///// variables auxiliares
int a=0, b=0, c=0, d=0, e=0, f=0, g=0, h=0, j=0, k=0;

int vel_banda=70, vel_vibrador=70;
int con_bi=0;
int val_pwma=0, val_pwmb=0;
/////variables cadena serial
String datos;
int entrada=0;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);
/////valores para las interrupciones
int contador=0, cont_aux=0;
unsigned long lasttime=0;
int tiempo_interrupcion=200;
///// interrupciones
void conteo100()
{
  contador=1;
}
void conteo50()
{
  contador=2;
}
void conteo25()
{
  contador=3;
}
void conteo10()
{
  contador=4;
}
void conteo5()
{
  contador=5;
}
void conteo1()
{
  contador=6;
}
//
void setup()
{
  Serial.begin(115200); // comunicacion serial 1 computador
  Serial2.begin(115200); // comunicacion serial 2 arduino
  Serial.println("INICIO DE MAQUINA");
  lcd.init(); // inicio de lcd
  lcd.backlight(); // configuracion de luz de fondo
  pinMode(pulsador1, INPUT); // pulsador para subir
  pinMode(pulsador2, INPUT); // pulsador para bajar
  pinMode(pulsador3, INPUT); // pulsador para ingreso
```

```

pinMode(sensor100, INPUT);
pinMode(sensor50, INPUT);
pinMode(sensor25, INPUT);
pinMode(sensor10, INPUT);
pinMode(sensor5, INPUT);
pinMode(sensor1, INPUT);
pinMode(selector, INPUT);
// analogWriteResolution(pwma, 8);
//pinMode(pwma, OUTPUT);
pinMode(buzzer2, OUTPUT);
// pinMode(m11, OUTPUT);
// analogWriteResolution(pwmb, 8);
//pinMode(pwmb, OUTPUT);
pinMode(m2, OUTPUT);
pinMode(lampara1, OUTPUT);
pinMode(lampara2, OUTPUT);
pinMode(lampara3, OUTPUT);
////////// apagado para empezar
digitalWrite(lampara1, LOW);
digitalWrite(lampara2, LOW);
digitalWrite(lampara3, LOW);
analogWrite(pwma, 0);
digitalWrite(buzzer2, LOW);
//digitalWrite(m11, LOW);
digitalWrite(pwmb, LOW);
digitalWrite(m2, LOW);
////////// interrupciones
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor100), conteo100, HIGH);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor50), conteo50, RISING);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor25), conteo25, RISING);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor10), conteo10, HIGH);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor5), conteo5, RISING);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1), conteo1, HIGH);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" DESINFECTADOR DE");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" BILLETES");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(" Y");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print(" MONEDAS");
delay(3000);
lcd.clear();
delay(1000);
}

void loop()
{
Serial.print("MENU PRINCIPAL: ");
while(a==0)
{
// vp1=digitalRead(pulsador1);
// vp2=digitalRead(pulsador2);
vp3=digitalRead(pulsador3); // boton para ingreso
vsel=digitalRead(selector);
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("SELECCIONE: ");
if (vsel)
{
Serial.println("BILLETES");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" ** BILLETES ");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(" MONEDAS ");
b=1;
}
else
{
Serial.println("MONEDAS");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" BILLETES ");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(" ** MONEDAS ");
b=2;
}
}
if (vp3)
{
a=1;
c=0;
d=0;
g=0;
lcd.clear();
delay(100);
}
datos="A"+String(3)+"B";
Serial2.println(datos);
digitalWrite(lampara1, LOW);
digitalWrite(lampara2, LOW);
digitalWrite(lampara3, LOW);
analogWrite(pwma, 0);
//digitalWrite(m1, LOW);
//digitalWrite(m11, LOW);
digitalWrite(pwmb, LOW);
digitalWrite(m2, LOW);
}
}

```

```

    delay(100);
}
while (b==1) /// billetes
{
    Serial.print("MENU BILLETES: ");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("BILLETES CON: ");
    lcd.print(entrada);
    if (c==0)
    {
        Serial.println("INGRESAR BILLETES");
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("*** INGRESAR BILLETES");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("EMPEZAR          ");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("SALIR          ");
    }
    if (c==1)
    {
        Serial.println("EMPEZAR");
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("INGRESAR BILLETES ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("*** EMPEZAR          ");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("SALIR          ");
    }
    if (c==2)
    {
        Serial.println("SALIR");
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print("INGRESAR BILLETES ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("EMPEZAR          ");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("*** SALIR          ");
    }
    vp1=digitalRead(pulsador1);
    vp2=digitalRead(pulsador2);
    vp3=digitalRead(pulsador3);
    if (vp1==1) c=c+1;
    if (vp2==1) c=c-1;
    if (c>2) c=2;
    if (c<0) c=0;
    if (vp3==1)
    {
        b=5;
        con_bi=0;
        entrada=0;
        lcd.clear();
        digitalWrite(lampara2,LOW);
        digitalWrite(lampara3,LOW);
        datos="A"+String(0)+"B"+String(0);
        Serial2.println(datos);
        //entrada = Serial2.parseInt();
        delay(100);
    }
    while((b==5)&& c==0)
    {
        Serial.print("INGRESO DE CANTIDAD DE BILLETES: ");
        // entrada = Serial2.parseInt();
        datos="A"+String(0)+"B";
        entrada=0;
        Serial2.println(datos);//////////
        lcd.setCursor(0,0);
        lcd.print(" INGRESE LA CANTIDAD");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print(" DE BILLETES");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("CANT. MAXIMA = 10");
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print(" ");
        lcd.print(cant_bi);
        lcd.print(" ");
        digitalWrite(lampara1,LOW);
        digitalWrite(lampara2,LOW);
        digitalWrite(lampara3,LOW);
        analogWrite(pwma,0);
        //digitalWrite(m1,LOW);
        //digitalWrite(m11,LOW);
        digitalWrite(pwmb,LOW);
        digitalWrite(m2,LOW);
        vp1=digitalRead(pulsador1);
        vp2=digitalRead(pulsador2);
        vp3=digitalRead(pulsador3);
        if (vp1==1) cant_bi=cant_bi+1;
        if (vp2==1) cant_bi=cant_bi-1;;
        if (cant_bi>10) cant_bi=10;
        if (cant_bi<0) cant_bi=0;
        Serial.println(cant_bi);
        if (vp3==1)
        {

```

```

        lcd.clear();
        b=1;
    }
    delay(100);
}
while((b==5)&&(c==1))
{
    Serial.println("INICIO PROCESO DESINFECCION DE BILLETES: ");
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("SELECCION BILLETES ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("ESTADO: START ");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("CANTIDAD: ");
    lcd.print(con_bi);
    lcd.print("      ");
    datos="A"+String(1)+"B"+String(cant_bi);
    Serial2.println(datos);
    entrada = Serial2.parseInt();
    con_bi=entrada;
    Serial.print("CANTIDAD DE BILLETES: ");
    Serial.println(con_bi);
    digitalWrite(lampara1,LOW);
    digitalWrite(lampara2,HIGH);
    digitalWrite(lampara3,HIGH);
    if (con_bi==cant_bi)
    {
        // datos="A"+String(5)+"B";
        // Serial2.println(datos);
        // delay(100);
        // datos="A"+String(5)+"B";
        // Serial2.println(datos);
        // delay(100);
        lcd.clear();
        // datos="A"+String(5)+"B";
        //Serial2.println(datos);
        delay(100);
        b=1;
        c=0;
        //entrada=0;
        con_bi=0;
        cant_bi=0;
        vp3=0;
        Serial.print("DESINFECCION TERMINADA");
    }
    vp3=digitalRead(pulsador3);
    if (vp3==1)

```

```

    {
        datos="A"+String(5)+"B";
        Serial2.println(datos);
        b=1;
        c=0;
        // entrada=0;
        // entrada=0;
        con_bi=0;
        cant_bi=0;
        vp3=0;
        lcd.clear();
        //delay(5000);
    }
    delay(100);
}
while((b==5)&&c==2)
{
    b=6;
    a=0;
    lcd.clear();
    con_bi=0;
    //entrada=0;
    con_bi=0;
    cant_bi=0;
    vp3=0;
}
while(b==2) /// monedas
{
    Serial.print("MENU DE MONEDAS:  ");
    vp1=digitalRead(pulsador1);
    vp2=digitalRead(pulsador2);
    vp3=digitalRead(pulsador3);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("SELECCION MONEDAS");
    if (vp1==1) d=d+1;
    if (vp2==1) d=d-1;
    if (vp3==1) f=1;
    if (d>2) d=2;
    if (d<0) d=0;
    if (d==0)
    {
        Serial.println("VELOCIDAD BANDA");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("***VELOCIDAD BANDA");
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("VELOCIDAD VIBRADOR  ");
        lcd.setCursor(0,3);

```

```

    lcd.print("EMPEZAR/SALIR  ");
    e=0;
}
if (d==1)
{
    Serial.println("VELOCIDAD VIBRADOR");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("VELOCIDAD BANDA  ");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("***VELOCIDAD VIBRADOR");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("EMPEZAR/SALIR  ");
    e=1;
}
if (d==2)
{
    Serial.println("EMEPAR/SALIR");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("VELOCIDAD BANDA");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("VELOCIDAD VIBRADOR  ");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("***EMPEZAR/SALIR");
    e=2;
}
if (f==1)
{
    b=3;
    lcd.clear();
}
datos="A"+String(0)+"B";
Serial2.println(datos);
digitalWrite(lampara1,LOW);
digitalWrite(lampara2,LOW);
digitalWrite(lampara3,LOW);
analogWrite(pwma,0);
//digitalWrite(m1,LOW);
//digitalWrite(m11,LOW);
analogWrite(pwmb,0);
digitalWrite(m2,LOW);
delay(100);
}
while((b==3) && (e==0)) /// menu 1 velocidad banda
{
    Serial.print("VELOCIDAD DE LA BANDA: ");
    vp1=digitalRead(pulsador1);
    vp2=digitalRead(pulsador2);
    vp3=digitalRead(pulsador3);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("VELOCIDAD BANDA");
    if(vp1==1) vel_banda=vel_banda+10;
    if(vp2==1) vel_banda=vel_banda-10;
    if (vel_banda>100) vel_banda=100;
    if (vel_banda<0) vel_banda=0;
    Serial.println(vel_banda);
    if(vp3==1)
    {
        b=2;
        f=0;
        lcd.clear();
    }
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("VELOCIDAD: ");
    lcd.print(vel_banda);
    lcd.print("%  ");
    delay(100);
}
while((b==3) && (e==1)) /// menu 1 velocidad banda
{
    Serial.print("VELOCIDAD DEL VIBRADOR: ");
    vp1=digitalRead(pulsador1);
    vp2=digitalRead(pulsador2);
    vp3=digitalRead(pulsador3);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("VELOCIDAD VIBRADOR");
    if(vp1==1) vel_vibrador=vel_vibrador+10;
    if(vp2==1) vel_vibrador=vel_vibrador-10;
    if(vel_vibrador>100) vel_vibrador=100;
    if(vel_vibrador<0) vel_vibrador=0;
    if(vp3==1)
    {
        b=2;
        f=0;
        lcd.clear();
    }
    Serial.println(vel_vibrador);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("VELOCIDAD: ");
    lcd.print(vel_vibrador);
    lcd.print("%  ");
    delay(100);
}
while((b==3) && (e==2)) /// menu 1 empezar/salir
{

```

```

vp1=digitalRead(pulsador1);
vp2=digitalRead(pulsador2);
vp3=digitalRead(pulsador3);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("EMPEZAR/SALIR");
if (vp1==1) g=g+1;
if (vp2==1) g=g-1;
if (g>1) g=1;
if (g<0) g=0;
if (g==0)
{
  Serial.println("EMPEZAR EL PROCESO DE MONEDAS");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("** EMPEZAR ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("SALIR          ");
  h=1;
}
if (g==1)
{
  Serial.println("SALIR DEL PROCESO DE MONEDAS");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("EMPEZAR          ");
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("** SALIR ");
  h=2;
}
if (vp3==1)
{
  if (h==1)
  {
    b=4;
    datos="A"+String(4)+"B";
    Serial2.println(datos);
    digitalWrite(lampara1,HIGH);
    digitalWrite(lampara2,LOW);
    digitalWrite(lampara3,LOW);
    val_pwm_a=vel_banda*255/100;
    val_pwm_b=vel_vibrador*255/100;
    analogWrite(pwma, val_pwm_a);
    //digitalWrite(m1,LOW);
    //digitalWrite(m11,HIGH);
    analogWrite(pwmb, val_pwm_b);
    digitalWrite(m2,LOW);
    datos="A"+String(4)+"B";
    Serial2.println(datos);
    lcd.clear();
  }
}
}
if (h==2)
{
  b=6;
  a=0;
  f=0;
  cont100=0;
  cont50=0;
  cont25=0;
  cont10=0;
  cont5=0;
  cont1=0;
  total_monedas=0;
  lcd.clear();
}
}
datos="A"+String(0)+"B";
Serial2.println(datos);
delay(100);
}
while (b==4) // los sensores detectan con 0
{
  Serial.println("PROCESO DE DESINFECCION DE MONEDAS: ");
  datos="A"+String(4)+"B";
  vp3=digitalRead(pulsador3);
  if (contador)
  {
    if (millis()-lasttime>timepo_interrupcion)
    {
      if (contador==1) cont100++;
      if (contador==2) cont50++;
      if (contador==3) cont25++;
      if (contador==4) cont10++;
      if (contador==5) cont5++;
      if (contador==6) cont1++;
      lasttime=millis();
    }
    contador=0;
  }
  Serial.print("MONEDA 1.00: ");
  Serial.print(cont100);
  Serial.print(" ");
  Serial.print("MONEDA 0.50: ");
  Serial.print(cont50);
  Serial.print(" ");
  Serial.print("MONEDA 0.25: ");
  Serial.print(cont25);
}

```

```

Serial.print(" ");
Serial.print("MONEDA 0.1: ");
Serial.print(cont10);
Serial.print(" ");
Serial.print("MONEDA 0.05: ");
Serial.print(cont5);
Serial.print(" ");
Serial.print("MONEDA 0.01: ");
Serial.println(cont1);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("1.0x");
lcd.print(cont100);
lcd.print(" ");
lcd.print("0.5x");
lcd.print(cont50);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("0.25x");
lcd.print(cont25);
lcd.print(" ");
lcd.print("0.1x");
lcd.print(cont10);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("0.05x");
lcd.print(cont5);
lcd.print(" ");
lcd.print("0.01x");
lcd.print(cont1);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("TOTAL: ");
total_monedas=(cont100*1.00)+(cont50*0.5)+(cont25*0.25)+(cont10*0.1)+(cont5*0.05)+(cont1*0.01);
lcd.print(total_monedas);
if (cont100>=25)
{
  cont_aux=1;
  lcd.clear();
}
if (cont50>=25)
{
  cont_aux=2;
  lcd.clear();
}
if (cont25>=25)
{
  cont_aux=3;
  lcd.clear();
}

```



```

}
if (cont10>=25)
{
  cont_aux=4;
  lcd.clear();
}
if (cont5>=25)
{
  cont_aux=5;
  lcd.clear();
}
if (cont1>=25)
{
  cont_aux=6;
  lcd.clear();
}
while (cont_aux>0)
{
  analogWrite (pwma, 0);
  analogWrite (pwmb, 0);
  digitalWrite (m2, LOW);
  digitalWrite (buzzer2, HIGH);
  vp3=digitalRead (pulsador3);
  lcd.setCursor (0,0);
  lcd.print("  CONTENEDOR DE:  ");
  lcd.setCursor (0,1);
  if (cont_aux==1) lcd.print("      1.00");
  if (cont_aux==2) lcd.print("      0.50 ");
  if (cont_aux==3) lcd.print("      0.25");
  if (cont_aux==4) lcd.print("      0.10");
  if (cont_aux==5) lcd.print("      0.05");
  if (cont_aux==6) lcd.print("      0.01");
  lcd.setCursor (0,2);
  lcd.print("      LLENO");
  lcd.setCursor (0,3);
  lcd.print(" POR FAVOR VACIELO");
  if (vp3==1)
  {
    Serial.println("CONTENEDOR LLENO POR FAVOR VACIELO");
    cont_aux=0;
    b=2;
    f=0;
    digitalWrite (buzzer2, LOW);
    lcd.clear();
  }

  delay(100);

}

if (vp3==1)
{
  b=2;
  f=0;
  lcd.clear();
}
//attachInterrupt (digitalPinToInterrupt (sensor50) , cont, RISING);
delay(100);
}

// Serial.println (vsel);
delay(100);
}

```

Arduino Nano

```
#include <Arduino.h>
#include "BasicStepperDriver.h"
//////////declaracion de pines para leds
#define led_amarillo 6
#define led_rojo 8
#define led_verde 7
//////////declaracion de motor paso a paso
#define MOTOR_STEPS 200
#define RPM 120
#define MICROSTEPS 1
#define DIR 4
#define STEP 5
#define ENABLE 9
//////////configuracion de motor paso a paso
BasicStepperDriver stepper(MOTOR_STEPS, DIR, STEP);
//////////declaracion del sensor
#define sensor 2
////////// declaracion del buzzer
#define buzzer 3
//////////declaracion de variables del sensor
bool vsen=0; //0 detecta billetes 1 no hay billetes
//////////declaracion de variables auxiliares
int a=0,i=0;
int cont=0;
////////variables cadena serial
String datos;
int entrada=0;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  stepper.begin(RPM, MICROSTEPS);
  pinMode(sensor, INPUT);
  pinMode(led_amarillo, OUTPUT);
  pinMode(led_rojo, OUTPUT);
  pinMode(led_verde, OUTPUT);
  pinMode(ENABLE, OUTPUT);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);
  digitalWrite(led_amarillo, LOW);
  digitalWrite(led_rojo, LOW);
  digitalWrite(led_verde, LOW);
  //stepper.stop();
  digitalWrite(STEP, LOW);
  digitalWrite(buzzer, LOW);
  digitalWrite(ENABLE, HIGH); /// APAGAR EL DRIVER
}

void loop()
{
  datos=Serial.readStringUntil('\n');
  entrada = Serial.parseInt();
  // Serial.print(datos);
  // Serial.println(" ");
  //Serial.println(entrada);
  //delay(100);
  while (entrada==3)
  {
    entrada = Serial.parseInt();
    //Serial.println(entrada);
    // stepper.rotate(10);
    // stepper.stop();
    //digitalWrite(STEP, LOW);
    digitalWrite(ENABLE, HIGH);
    digitalWrite(led_amarillo, LOW);
    digitalWrite(led_verde, LOW);
    digitalWrite(led_rojo, HIGH);
  }
  while (entrada==0)
  {
    entrada = Serial.parseInt();
    //Serial.println(entrada);
    //stepper.rotate(10);
    // stepper.stop();
    //digitalWrite(STEP, LOW);
    digitalWrite(ENABLE, HIGH);
    digitalWrite(led_amarillo, HIGH);
    digitalWrite(led_verde, LOW);
    digitalWrite(led_rojo, LOW);
  }
  while (entrada==1)
  {
    digitalWrite(ENABLE, LOW);
    entrada = Serial.parseInt();
    Serial.println(cont);
    digitalWrite(led_verde, HIGH);
    digitalWrite(led_amarillo, LOW);
    digitalWrite(led_rojo, LOW);
    vsen=digitalRead(sensor);
    if (vsen==1)
    {
      stepper.rotate(-500);
    }
    if (vsen==0)
    {
      for (int i=0;i<5;i++)

```

```
        {
            Serial.println(cont);
            stepper.rotate(1000);
            delay(10);
        }
        cont=cont+1;
    }
    delay(100);
}
while(entrada==4)
{
    entrada = Serial.parseInt();
    // Serial.println(entrada);
    //stepper.rotate(10);
    // stepper.stop();
    //digitalWrite(STEP, LOW);
    digitalWrite(ENABLE, HIGH);
    digitalWrite(led_amarillo,LOW);
    digitalWrite(led_verde,HIGH);
    digitalWrite(led_rojo,LOW);
}
while(entrada==5)
{
    entrada = Serial.parseInt();
    // Serial.println(entrada);
    //stepper.rotate(10);
    // stepper.stop();
    // digitalWrite(STEP, LOW);
    digitalWrite(ENABLE, HIGH);
    digitalWrite(led_amarillo,HIGH);
    digitalWrite(led_verde,LOW);
    digitalWrite(led_rojo,LOW);
    for (i=0;i<3;i++)
    {
        digitalWrite(buzer,HIGH);
        delay(500);
        digitalWrite(buzer,LOW);
        delay(500);
    }
    entrada=0;
}
}
```

Anexo B: Datasheet Esp32

3.1 CPU and Internal Memory

ESP32-D0W0Q6 contains two low-power Xtensa[®] 32-bit LX6 microprocessors. The internal memory includes:

- 448 kB of ROM for booting and core functions.
- 520 kB (8 kB RTC FAST Memory included) of on-chip SRAM for data and instruction.
 - 8 kB of SRAM in RTC, which is called RTC FAST Memory and can be used for data storage; it is accessed by the main CPU during RTC Boot from the Deep-sleep mode.
- 8 kB of SRAM in RTC, which is called RTC SLOW Memory and can be accessed by the co-processor during the Deep-sleep mode.
- 1 kbit of eFuse, of which 320 bits are used for the system (MAC address and chip configuration) and the remaining 704 bits are reserved for customer applications, including Flash-Encryption and Chip-ID.

3.2 External Flash and SRAM

ESP32 supports up to four 16-MB of external QSPI flash and SRAM with hardware encryption based on AES to protect developers' programs and data.

ESP32 can access the external QSPI flash and SRAM through high-speed caches.

- Up to 16 MB of external flash are memory-mapped onto the CPU code space, supporting 8, 16 and 32-bit access. Code execution is supported.
- Up to 8 MB of external flash/SRAM are memory-mapped onto the CPU data space, supporting 8, 16 and 32-bit access. Data-read is supported on the flash and SRAM. Data-write is supported on the SRAM.

ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) integrates 4 MB of external SPI flash. The 4-MB SPI flash can be memory-mapped onto the CPU code space, supporting 8, 16 and 32-bit access. Code execution is supported. The integrated SPI flash is connected to GPIO6, GPIO7, GPIO8, GPIO9, GPIO10 and GPIO11. These six pins cannot be used as regular GPIO.

3.3 Crystal Oscillators

The ESP32 Wi-Fi/BT firmware can only support 40 MHz crystal oscillator for now.

7. Peripheral Schematics

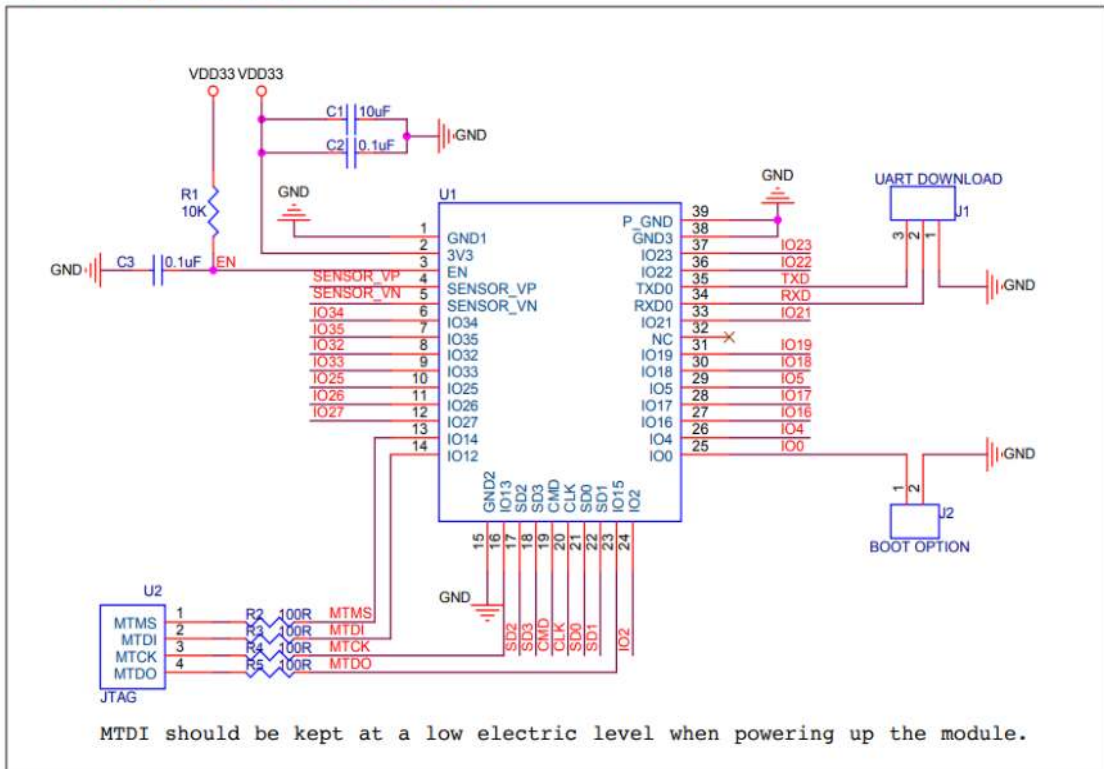
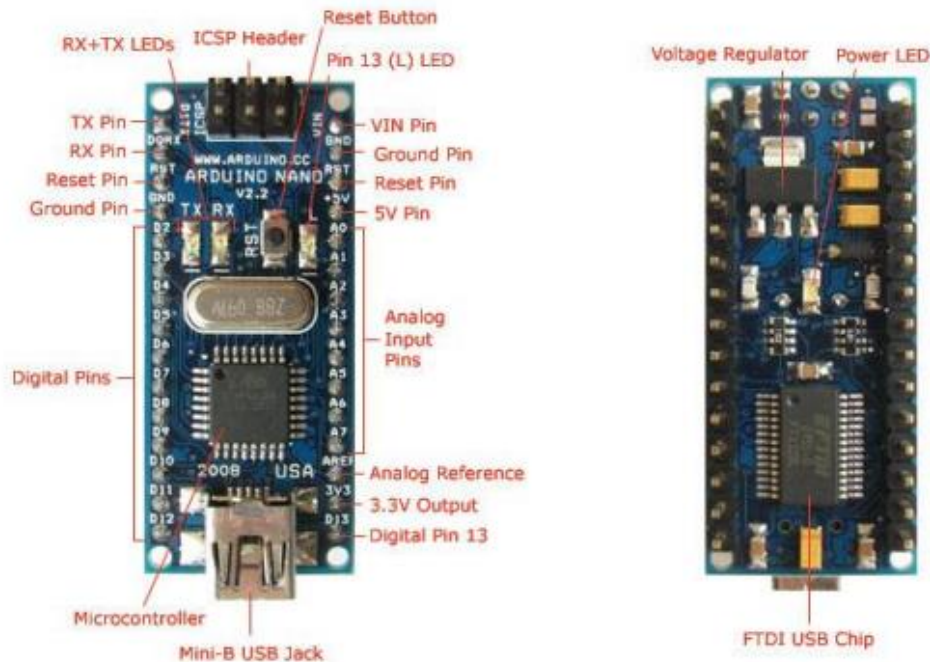


Figure 4: ESP32-WROOM-32 (ESP-WROOM-32) Peripheral Schematics

Note:

Soldering Pad 39 to the Ground of the base board is not necessary for a satisfactory thermal performance. If users do want to solder it, they need to ensure that the correct quantity of soldering paste is applied.

Anexo C: Datasheet Arduino Nano



Schematic and Design

Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). Note: since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

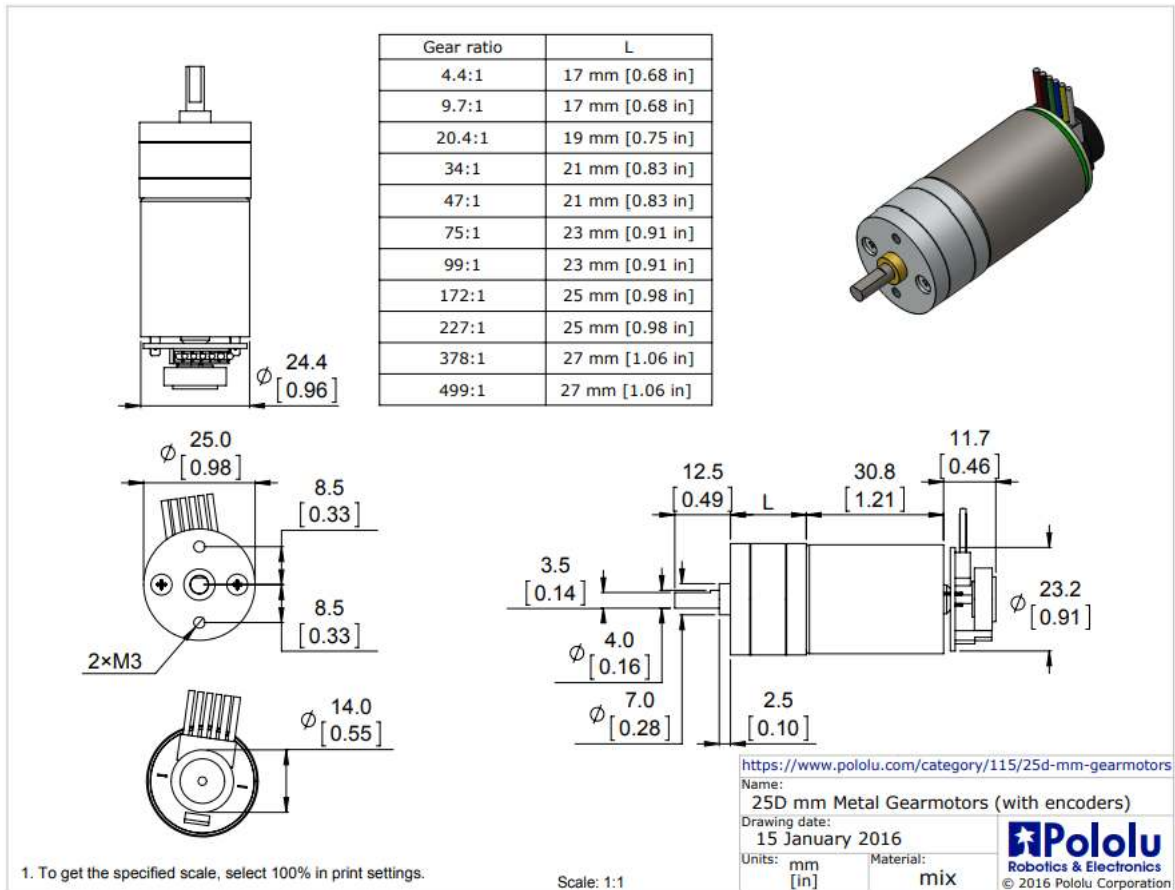
Specifications:

| | |
|---------------------------------|---|
| Microcontroller | Atmel ATmega168 or ATmega328 |
| Operating Voltage (logic level) | 5 V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12 V |
| Input Voltage (limits) | 6-20 V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 8 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| Flash Memory | 16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader |
| SRAM | 1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328) |
| EEPROM | 512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Dimensions | 0.73" x 1.70" |

Power:

The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

Anexo D: Datasheet Motor DC



Anexo E: Datasheet Motor paso a paso 12V- 0.4 A



<http://www.openimpulse.com>

42BYGHW208 Stepper Motor Datasheet

Wiring diagram (接线图):

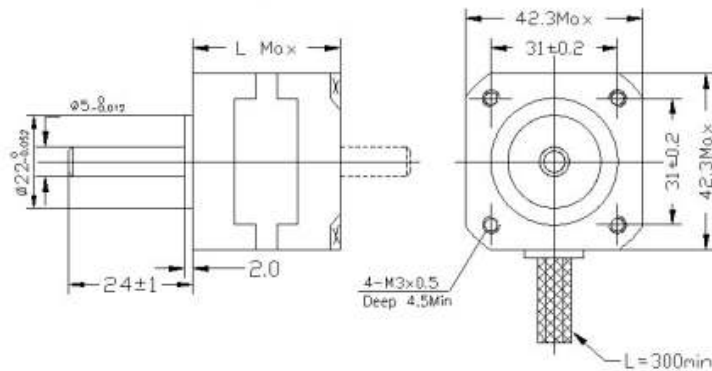


| Model | Step Angle (°) | Motor Length L(mm) | Rate Voltage (V) | Rate Current (A) | Phase Resistance (Ω) | Phase Inductance (mH) | Holding Torque (g.cm) | Lead Wire (NO.) | Rotor Inertia (g.cm ²) | Detent Torque (g.cm) | Motor Weight (kg) |
|------------|----------------|--------------------|------------------|------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------|-------------------|
| 42BYGHW208 | 1.8 | 34 | 12 | 0.4 | 30 | 37 | 2800 | 4 | 34 | 200 | 0.2 |



<http://www.openimpulse.com>

Mechanical Dimensions (外型图)



Anexo F: Datasheet Display LCD 2004

C2004A

20CHAR. X 4 LINE
1/16DUTY, 1/5BIAS

EXTERNAL DIMENSIONS:

[] For LED Backlight

BLOCK DIAGRAM:

POWER SUPPLY:

Vdd-V0: LCD driving voltage
VR: 10K ~20K

MECHANICAL SPECIFICATIONS

| ITEM | SPECIFICATION | UNIT |
|-----------------------|---------------------------|------|
| Module Size (WxHxT) | 98.0x60.0x9.2[13.5] | mm |
| Viewing Area (WxH) | 76.0x25.2 | mm |
| Character Font (WxH) | 5x7+cursor | dots |
| Character Size (WxH) | 2.95x4.75 | mm |
| Character Pitch (WxH) | 3.55x5.35 | mm |
| Dot Size (WxH) | 0.55x0.55 | mm |
| Character Type | Eng/Jap, Eng/Eur, Eng/Rus | |
| LCD MODE | STN(Y/G,Gray,Blue),FSTN | |

PIN ASSIGNMENT

| PIN | SYMBOL | FUNCTION |
|------|---------|----------------------------------|
| 1 | Vss | Power Supply (0V) |
| 2 | Vdd | Power Supply (+5V) |
| 3 | V0 | Contrast Adjust |
| 4 | RS | Data/Instruction Register Select |
| 5 | R/W | Read/Write |
| 6 | E | Enable Signal |
| 7-14 | DB0-DB7 | Data bus Line |
| 15 | A | Power Supply for LED BL (+) |
| 16 | K | Power Supply for LED BL (-) |

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| PARAMETER | SYMBOL | MIN. | MAX. | UNIT |
|-----------------------|---------|------|---------|------|
| Power Supply (logic) | Vdd-Vss | -0.3 | 7.0 | V |
| Power Supply (LCD) | Vdd-V0 | 3.0 | 13.0 | V |
| Input Voltage | Vi | -0.3 | Vdd+0.3 | V |
| Operating Temperature | Topr | 0 | 50 | °C |
| Storage Temperature | Tstg | -20 | 70 | °C |

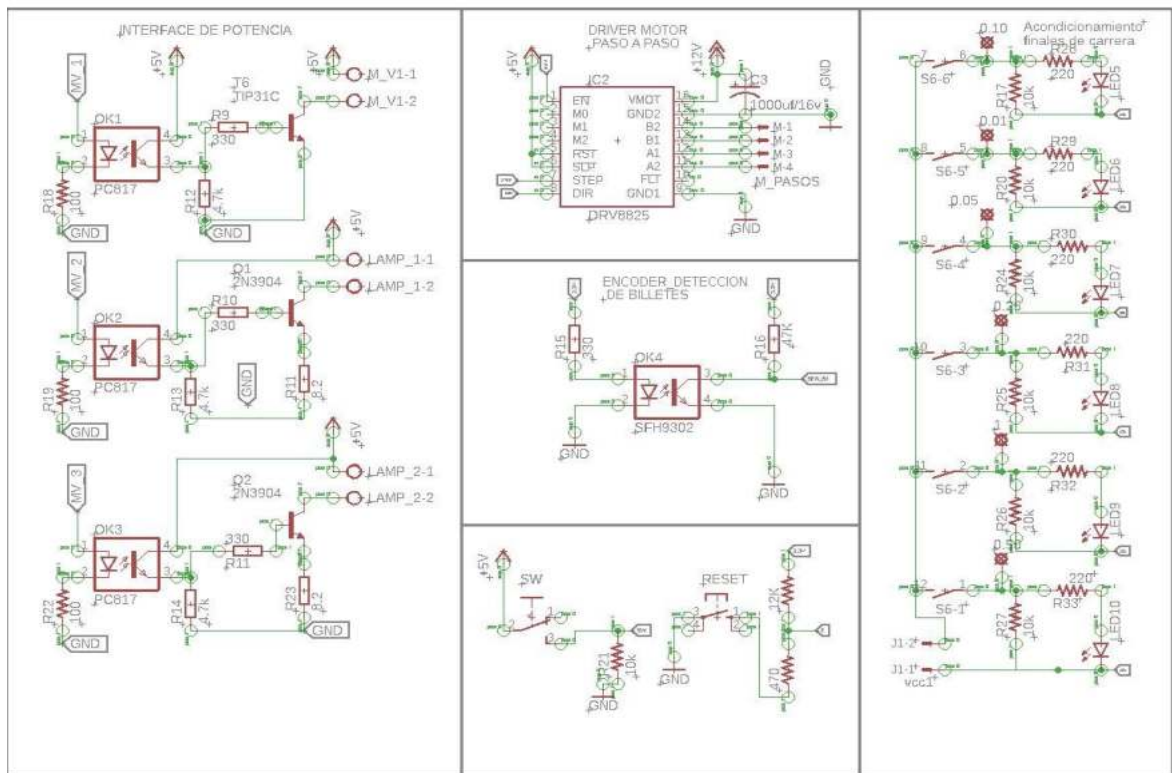
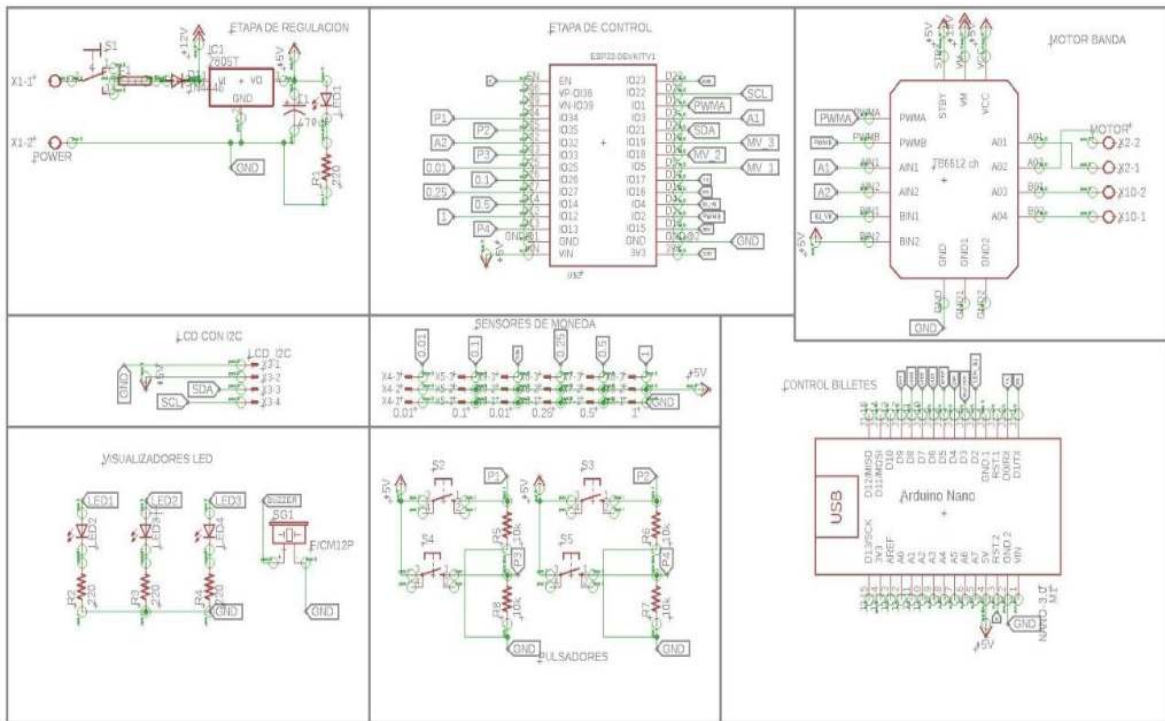
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25°C)

| ITEM | SYMBOL | CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|------------------------|--------|--------------|------|------|------|------|
| Power Supply (logic) | Vdd | - | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| Supply Current (logic) | Idd | VDD=5.0V | 0 | - | 4.0 | mA |
| Driving Voltage (LCD) | Vdd-V0 | | 4.4 | 4.7 | 5.0 | V |
| Driving Current (LCD) | Ilcd | | 0 | - | 0.8 | mA |
| Input Voltage "H" | Vih | | 2.2 | - | Vdd | V |
| Input Voltage "L" | Vil | -0.3 | - | 0.6 | V | |
| Output Voltage "H" | Voh | Ioh=-0.205mA | 2.4 | - | - | V |
| Output Voltage "L" | Vol | Iol=1.2mA | - | - | 0.4 | V |

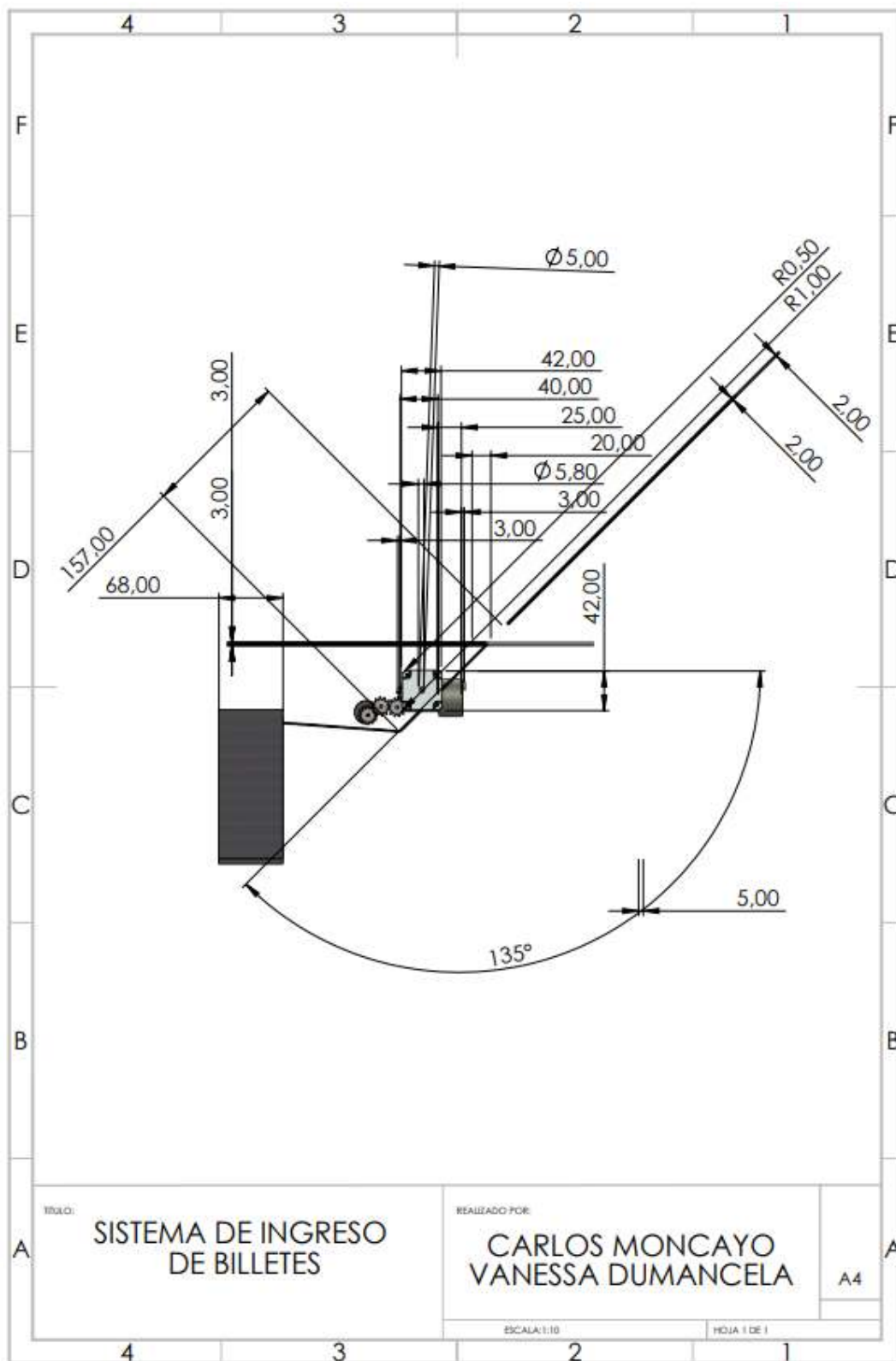
LED BACKLIGHT SPECIFICATIONS

| PARAMETER | TYP. | ITEM | TYP. |
|-----------------|-------|---------------------|-------|
| Forward Voltage | 4.2V | Power Dissipation | 756mW |
| Forward Current | 180mA | Emission Wavelength | 570nm |

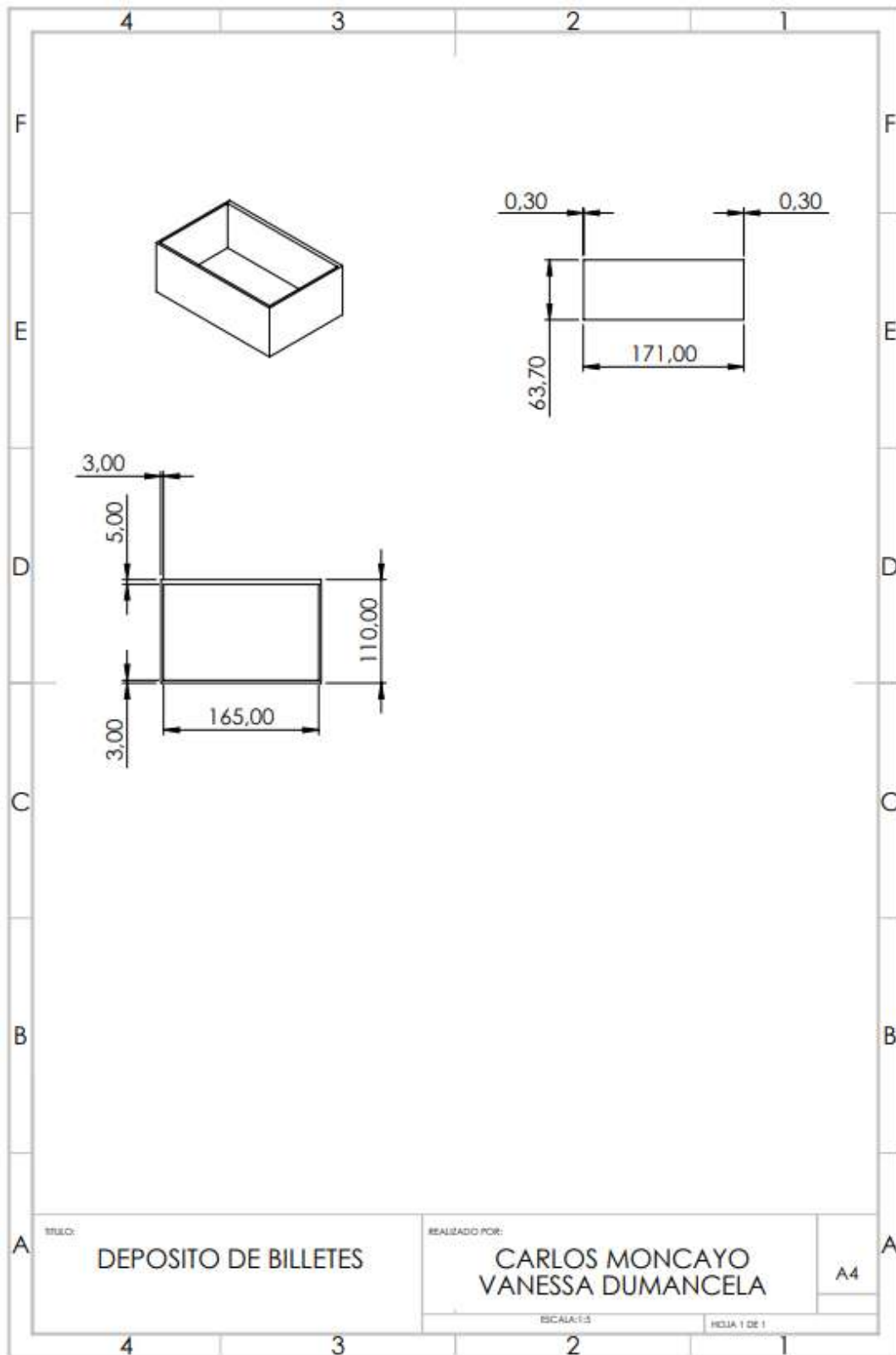
Anexo G: Diagrama de conexión del prototipo de desinfección



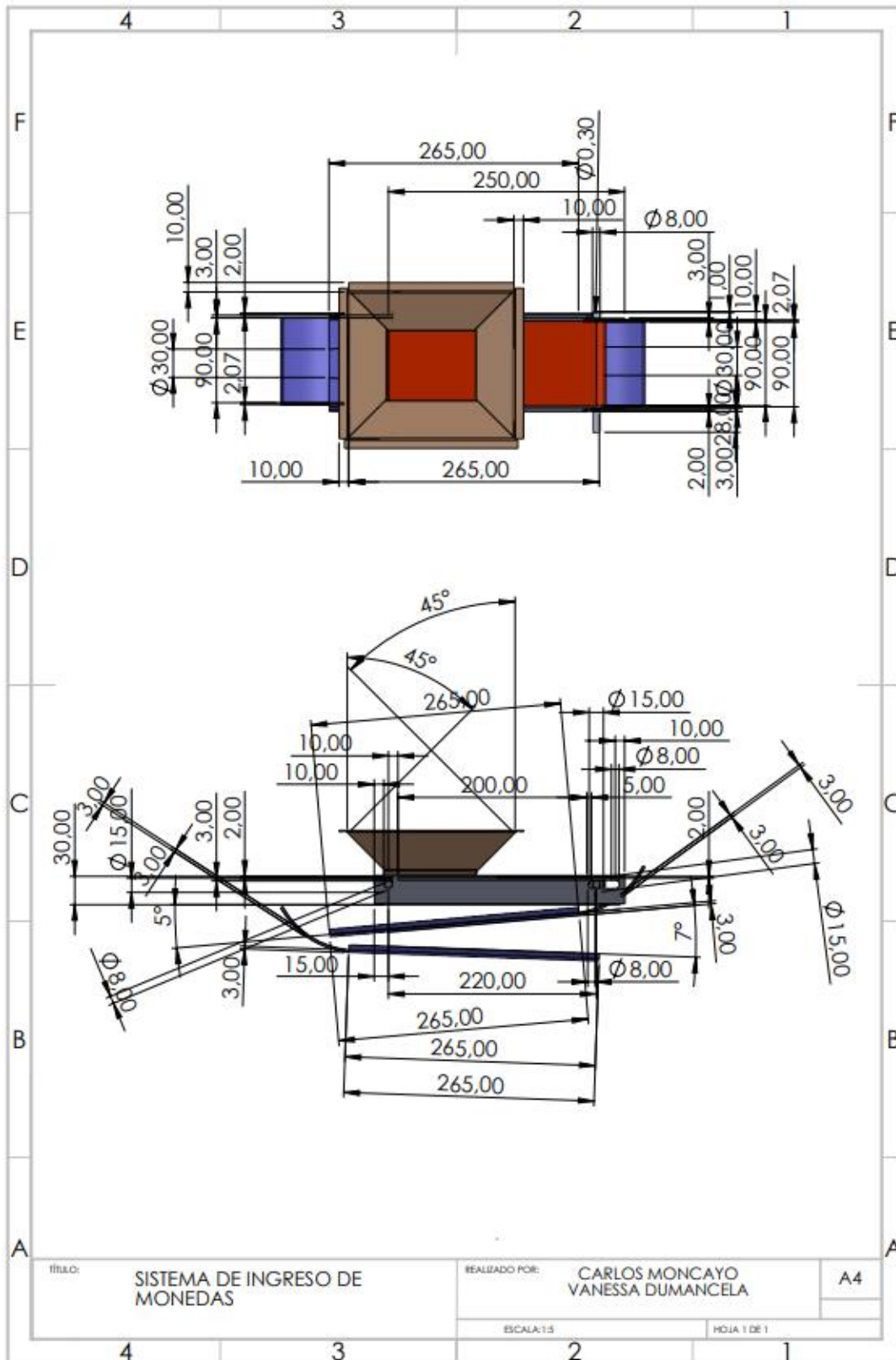
Anexo H: Medidas de las piezas del sistema de ingreso de billetes



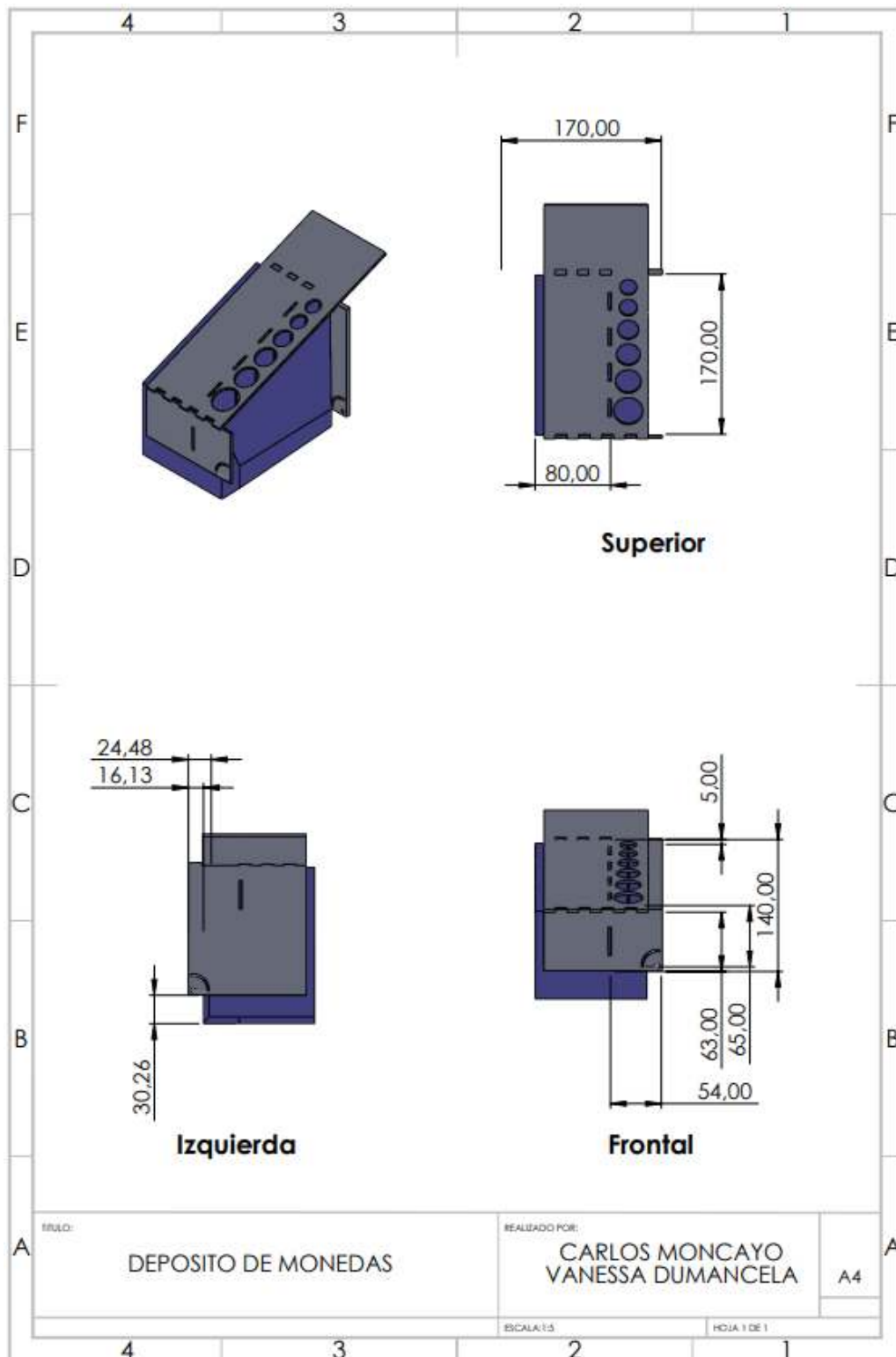
Anexo I: Medidas del depósito de billetes

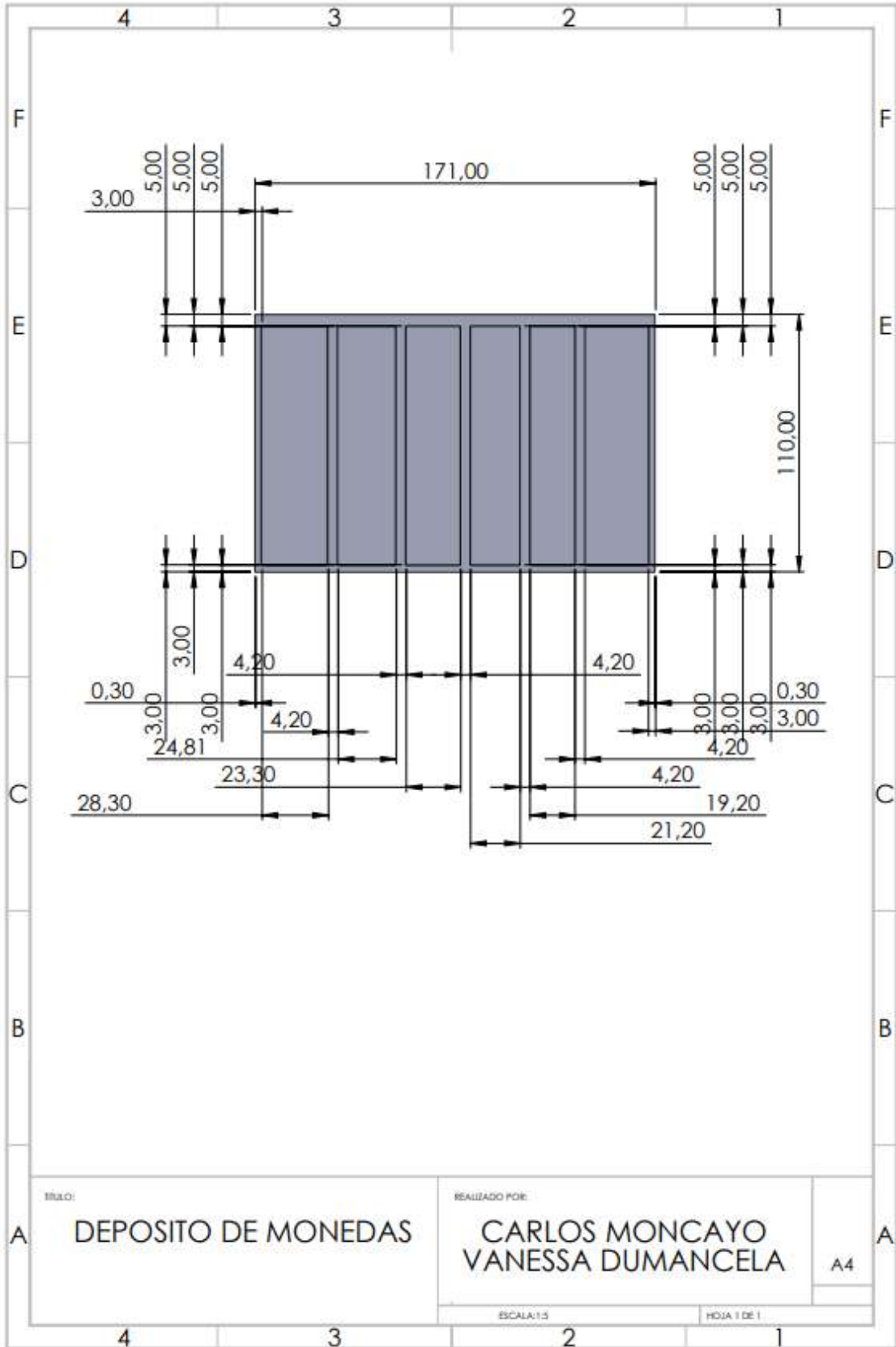


Anexo J: Medidas de las piezas del sistema de ingreso de monedas



Anexo K: Medidas del depósito de monedas





TÍTULO:

DEPOSITO DE MONEDAS

REALIZADO POR:

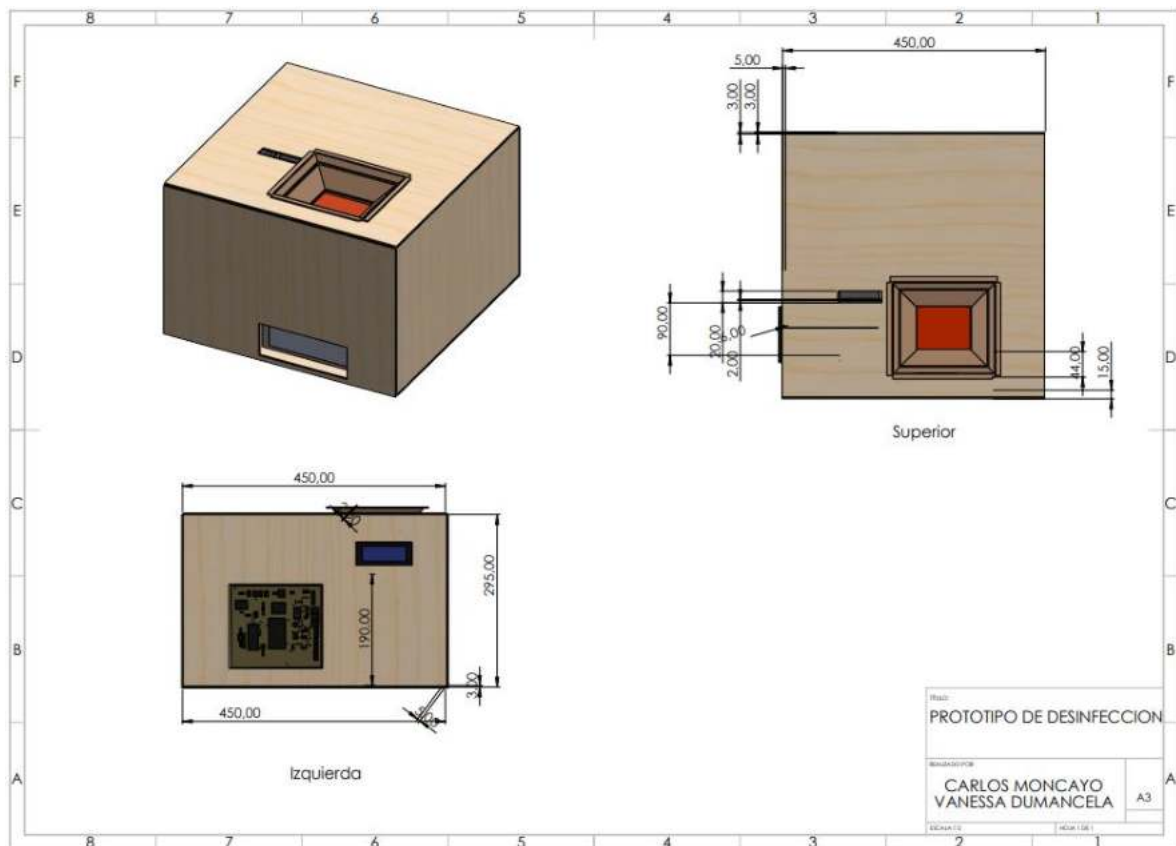
CARLOS MONCAYO
VANESSA DUMANCELA

A4

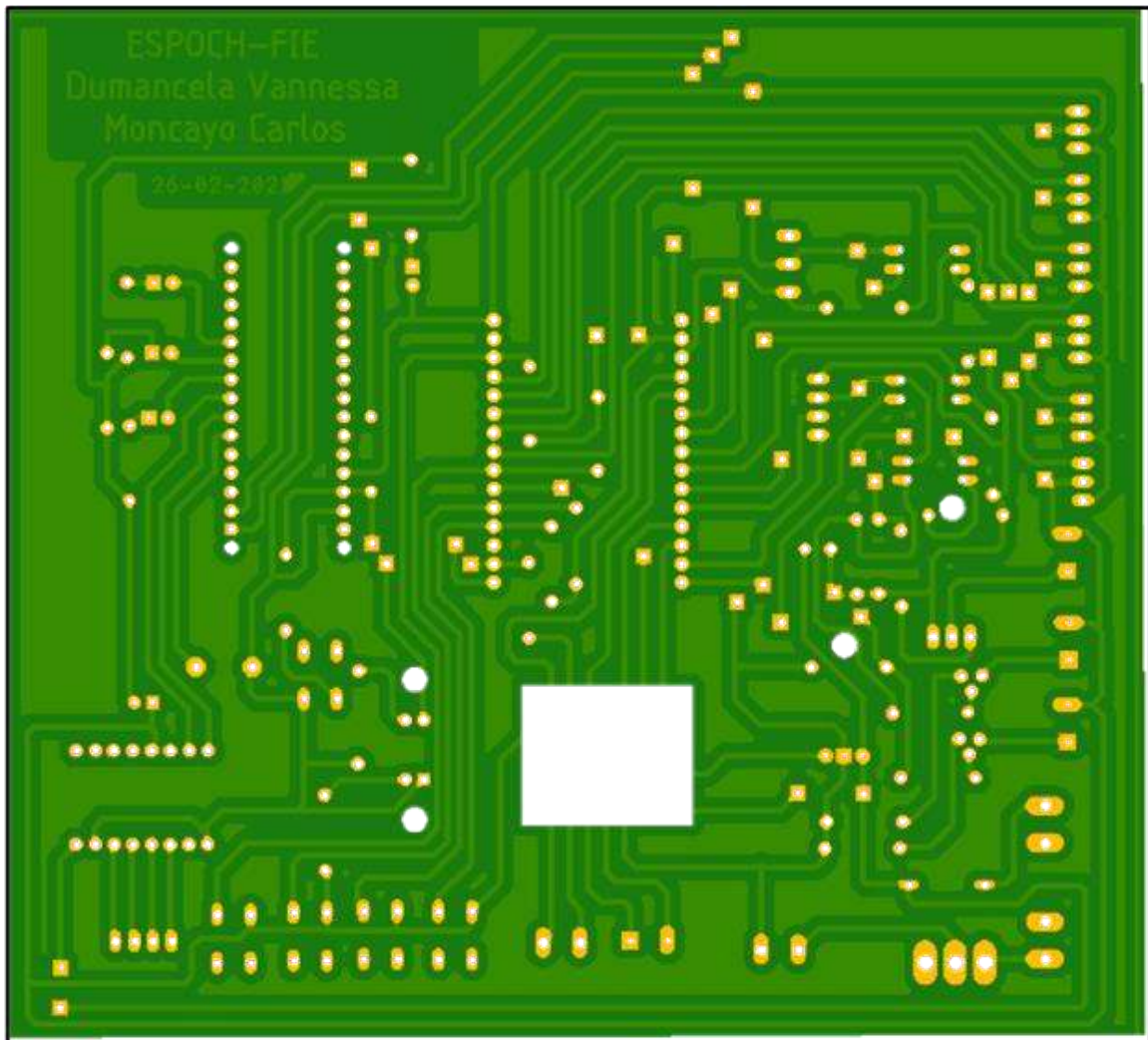
ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

Anexo L: Medidas de las piezas de la estructura externa del prototipo



Anexo M: Placa del procesador





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 03 / 2022

| |
|---|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: CARLOS IGNACIO MONCAYO PUGA VANESSA CAROLINA DUMANCELA AGUIRRE |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA |
| Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN |
| Título a optar: INGENIERO/A EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc. |



0090-DBRA-UPT-2022