



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

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO
DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN
MATERIAL FOTOSENSIBLE”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: MARCO STIVEN TINGO TIERRA

FABIAN ERNESTO IMBAQUINGO SEGOVIA

DIRECTOR: ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Marco Stiven Tingo Tierra, Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia

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, Marco Stiven Tingo Tierra y Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de noviembre de 2023



Marco Stiven Tingo Tierra
060485347-3



Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia
065012981-0

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Dispositivo Tecnológico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE**”, realizado por el señores: **MARCO STIVEN TINGO TIERRA** y **FABIAN ERNESTO IMBAQUINGO SEGOVIA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

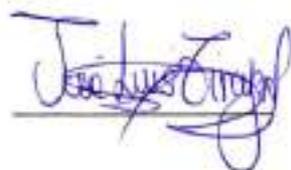
Ing. Paúl Patricio Romero Riera
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL


2023-11-14

Ing. José Enrique Guerra Salazar
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


2023-11-14

Ing. José Luis Tinajero León
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


2023-11-14

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres Marco Antonio y María Ángela, pero de manera especial a mi querida madre, cuyo sacrificio y apoyo constante han sido el impulso que necesitaba para superar cualquier obstáculo y perseverar en la búsqueda del conocimiento, además de brindarme su sabiduría, paciencia y amor incondicional que me guiaron para cumplir esta meta importante en mi vida. A mi hermano Marcelo y a mi cuñada Mónica, quienes han compartido este camino conmigo, ya que sus palabras de aliento, comprensión y valiosas enseñanzas han sido la fuerza impulsora detrás de cada paso que he dado en este viaje académico. A mi sobrina Marcela, la felicidad de la familia, cuya inocencia y alegría fueron un recordatorio constante de la importancia de este esfuerzo. Y a mi querido compañero de cuatro patas, Tigre, un gato que con su lealtad y cariño incondicional iluminó los días más oscuros. A todos ustedes, mi gratitud eterna por ser mi fuente de fuerza y motivación a lo largo de este viaje.

Marco

Con dedicatoria solemne, consagro la presente obra a mi amada compañera, Alisson Velastegui, cuya devoción inquebrantable ha sido el sustento diario que me permitió culminar con éxito mi travesía académica. Extiendo mi profundo reconocimiento a mi madre, Alicia Segovia, por infundirme las energías necesarias que impidieron cualquier atisbo de rendición en mi camino. Asimismo, rindo homenaje a mi progenitor, Ernesto Imbaquingo, cuya guía celestial, aunque silente, me resguardó de errores fatales; en la esencia de mi ser, sé que su apoyo nunca flaqueó. Aunque en número reducido, mi gratitud eterna se dirige a aquellos selectos individuos que, con su presencia, iluminaron este periplo vital.

Fabián

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, fuente inagotable de fortaleza y sabiduría, a quien le agradezco por guiar mis pasos y por ser mi faro en este viaje. Agradezco sinceramente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por proporcionar el entorno propicio para mi formación académica, a los docentes que han formado parte de mi proceso educativo, en especial al Ing. José Guerra, quien ha desempeñado el papel de tutor en la elaboración del presente trabajo. A mis padres, hermano y demás familiares, les agradezco por su constante apoyo, comprensión y amor incondicional, sus palabras de aliento han sido mi motor y su respaldo mi mayor fortaleza. Agradezco también a mis amigos, quienes han compartido este trayecto conmigo, brindándome ánimo y compañía en cada etapa, su amistad ha sido un tesoro invaluable. Gracias a aquellos que estuvieron conmigo sin dejar que me rinda, este logro es el resultado de la contribución de cada uno de ustedes, y estoy eternamente agradecido por su presencia y apoyo en mi vida.

Marco

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por proporcionar un entorno propicio para mi formación académica. Expreso gratitud a los profesores, en especial al Ing. José Guerra, tutor en la elaboración de este trabajo. Agradezco a familiares por su constante apoyo; sus palabras de aliento son mi motor y su respaldo, mi mayor fortaleza. También agradezco a amigos que han compartido este trayecto, brindándome ánimo y compañía en cada etapa; su amistad es un tesoro invaluable. Este logro es resultado de la contribución de cada uno, y estoy eternamente agradecido por su presencia y apoyo constante en mi vida.

Fabián

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del problema	3
<i>1.1.1. Sistematización del problema</i>	<i>3</i>
1.2. Justificación	3
<i>1.2.1. Justificación Teórica</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2. Justificación Aplicativa</i>	<i>8</i>
1.3. Objetivos.....	9
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	<i>9</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	<i>9</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Importancia de las imágenes históricas	10
2.2. Pérdida de la historia	11
<i>2.2.1. A nivel mundial</i>	<i>11</i>
<i>2.2.2. A nivel Ecuador</i>	<i>12</i>
2.3. Factores en la calidad de la imagen	13

2.3.1.	<i>Material de las imágenes</i>	14
2.3.2.	<i>Temperatura de color</i>	15
2.3.3.	<i>Distancia de enfoque</i>	16
2.4.	Fotografía Macro	17
2.5.	Dispositivos comerciales	18
2.6.	Sistema de adquisición de imágenes.....	21
2.7.	Tarjetas de desarrollo.....	22
2.7.1.	<i>Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo</i>	22
2.8.	Sistema de sensores	23
2.8.1.	<i>Análisis comparativo de sensores</i>	24
2.9.	Sistema locomotor	25
2.9.1.	<i>Tipos de motores paso a paso</i>	25
2.9.2.	<i>Análisis comparativo de motores paso a paso</i>	26
2.10.	Sistema de iluminación.....	26
2.10.1.	<i>Tipos de lámparas</i>	27
2.10.2.	<i>Análisis comparativo de lámparas</i>	28
2.11.	Tecnologías de comunicación inalámbrica.....	28
2.11.1.	<i>Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas</i>	29

CAPÍTULO III

3.	Marco METODOLÓGICO	30
3.1.	Requerimientos del dispositivo digitalizador de imágenes.....	30
3.2.	Concepción de la arquitectura general del prototipo	31
3.3.	Diseño de la arquitectura del dispositivo digitalizador de imágenes.....	33
3.4.	Selección de <i>hardware</i> para el dispositivo digitalizador de imágenes	34
3.4.1.	<i>ESP32</i>	34
3.4.2.	<i>Driver DRV8825 para motor paso a paso</i>	36
3.4.3.	<i>Motor a pasos NEMA 17 17HS4401</i>	38

3.4.4.	<i>Matriz NeoPixel WS2812B 8×8 LED RGB</i>	39
3.4.5.	<i>Nextion pantalla táctil inteligente HMI NX8048P070-011C</i>	39
3.4.6.	<i>Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596</i>	41
3.4.7.	<i>Convertidor DC-DC Buck XL4015 de 5A</i>	41
3.4.8.	<i>Final de carrera</i>	42
3.4.9.	<i>Módulo TP4056 cargador de baterías litio con protección</i>	43
3.4.10.	<i>Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A</i>	43
3.4.11.	<i>Tornillo sin fin de 4 hilos</i>	44
3.4.12.	<i>Fuente de alimentación</i>	45
3.4.13.	<i>Batería LiPo</i>	46
3.5.	Esquema de conexión electrónica del dispositivo digitalizador de imágenes	48
3.6.	<i>Software</i> de desarrollo para el dispositivo digitalizador de imágenes	51
3.6.1.	<i>Base de datos en Firebase</i>	51
3.6.2.	<i>Programación del dispositivo digitalizador de imágenes</i>	53
3.7.	Interfaz de control y visualización.....	62
3.7.1.	<i>Interfaz de la pantalla HMI</i>	62
3.7.2.	<i>Interfaz de la aplicación móvil</i>	65
3.8.	Diseño estructural del prototipo.....	66

CAPÍTULO IV

4.	Validación de prototipo	71
4.1.	Consideraciones generales.....	71
4.2.	Validación de sensores	72
4.3.	Estabilidad de las luces led RGB Neopixel	74
4.4.	Error de los motores paso a paso Nema 17.....	75
4.5.	Análisis descriptivo de los tiempos de transmisión de la base de datos	77
4.5.1.	<i>Tiempos de subida en la base de datos</i>	77
4.5.2.	<i>Tiempos de descarga de la base de datos</i>	78

4.6.	Análisis descriptivo de tiempo de arranque del dispositivo	81
4.7.	Descarga de la batería.....	82
4.8.	Prueba de funcionamiento y usabilidad.....	82
4.9.	Prueba de valoración de fotografías	83
4.10.	Análisis económico del prototipo.....	85

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Temperatura de color de las luces más habituales.....	15
Tabla 2-2:	Lentes macro con sus distancias focales y distancias de enfoque mínimo	17
Tabla 2-3:	Características de las cámaras Canon EOS 90D y M50.....	21
Tabla 2-4:	Comparativa entre tarjetas de desarrollo	22
Tabla 2-5:	Comparativa entre familias de sensores	24
Tabla 2-6:	Comparativa entre motores paso a paso de imán permanente e híbridos	26
Tabla 2-7:	Comparativa de las características de los tipos de lámparas	28
Tabla 2-8:	Comparativa de tecnologías inalámbricas	29
Tabla 3-1:	Principales especificaciones técnicas de la ESP32.....	35
Tabla 3-2:	Terminales utilizados de la ESP32	36
Tabla 3-3:	Principales especificaciones técnicas del driver DRV8825.....	37
Tabla 3-4:	Pines utilizados del driver DRV8825	37
Tabla 3-5:	Principales especificaciones técnicas del motor a pasos NEMA 17.....	38
Tabla 3-6:	Principales especificaciones técnicas de la Matriz Neopixel 8×8 LED RGB	39
Tabla 3-7:	Principales especificaciones técnicas de Nextion pantalla inteligente HMI.....	40
Tabla 3-8:	Principales especificaciones técnicas del Regulador de voltaje LM2596	41
Tabla 3-9:	Principales especificaciones técnicas del Convertidor Buck XL4015	42
Tabla 3-10:	Principales especificaciones técnicas del Módulo TP4056	43
Tabla 3-11:	Principales especificaciones técnicas del Regulador MT3608.....	44
Tabla 3-12:	Cálculo de consumo de corriente del dispositivo digitalizador	45
Tabla 3-13:	Principales especificaciones técnicas de la Fuente de poder 12V 8,5A	46
Tabla 3-14:	Principales especificaciones técnicas de la Batería LiPo TATTU	47
Tabla 3-15:	Medidas fundamentales de la porta-diapositiva	67
Tabla 3-16:	Medidas fundamentales de la base	68
Tabla 3-17:	Medidas fundamentales de la estructura externa	70
Tabla 4-1:	Prueba de funcionamiento del sensor	73
Tabla 4-2:	Prueba de estabilidad de las luces led RGB Neopixel.....	74
Tabla 4-3:	Error de distancia.....	75
Tabla 4-4:	Muestras de tiempos de subida a la base de datos	77
Tabla 4-5:	Prueba de normalidad de los tiempos de subida en la base de datos	78
Tabla 4-6:	Muestras de tiempos de descarga de la base de datos	79
Tabla 4-7:	Prueba de normalidad de los tiempos de descarga de la base de datos	80
Tabla 4-8:	Prueba ANOVA de los tiempos de descarga de la base de datos.....	80

Tabla 4-9:	Prueba Post Hoc de Tukey de los tiempos de descarga de la base de datos	80
Tabla 4-10:	Muestras de los tiempos de arranque del dispositivo	81
Tabla 4-11:	Puntuación de las respuestas basadas en la escala de Likert	82
Tabla 4-12:	Tabulación de las respuestas de la encuesta de funcionamiento y usabilidad	83
Tabla 4-13:	Rúbrica de calificación para evaluar las fotografías.....	84
Tabla 4-14:	Tabulación de las calificaciones de la encuesta de valoración de fotografías	85
Tabla 4-15:	Análisis económico para la construcción del prototipo.....	85
Tabla 4-16:	Comparativa entre el prototipo y el escáner digital Kodak Scanza	86

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Diapositiva de 35mm con marco	14
Ilustración 2-2:	Ejemplos de temperatura de color.....	15
Ilustración 2-3:	Distancia de enfoque mínima de una cámara.....	16
Ilustración 2-4:	Ejemplos de fotografías con diferentes distancias focales.....	17
Ilustración 2-5:	Fotografía macro.....	18
Ilustración 2-6:	Adaptador JJC ES-2.....	19
Ilustración 2-7:	Escáner de película móvil Kodak	19
Ilustración 2-8:	Duplicador de diapositivas Kaiser mod. 6506	20
Ilustración 2-9:	Escáner digital Kodak Scanza.....	20
Ilustración 2-10:	Tipos de sensores	23
Ilustración 2-11:	Tipos de motores paso a paso	25
Ilustración 2-12:	Tipos de lámparas	27
Ilustración 3-1:	Concepción general del prototipo	32
Ilustración 3-2:	Diagramas de bloques del prototipo	33
Ilustración 3-3:	ESP32	34
Ilustración 3-4:	Terminales de la ESP32.....	35
Ilustración 3-5:	Driver DRV8825.....	36
Ilustración 3-6:	Terminales del Driver DRV8825.....	37
Ilustración 3-7:	Motor a pasos NEMA 17	38
Ilustración 3-8:	Matriz Neopixel WS2812B 8×8 LED RGB	39
Ilustración 3-9:	Nextion pantalla táctil inteligente HMI	40
Ilustración 3-10:	Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596	41
Ilustración 3-11:	Convertidor XL4015.....	42
Ilustración 3-12:	Final de carrera	42
Ilustración 3-13:	Módulo TP4056	43
Ilustración 3-14:	Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A.....	44
Ilustración 3-15:	Tornillo sin fin de 4 hilos.....	45
Ilustración 3-16:	Fuente de poder 12V 8,5A	46
Ilustración 3-17:	Batería LiPo 1S 3,7V 300MAH TATTU.....	47
Ilustración 3-18:	Esquema de conexiones	49
Ilustración 3-19:	Diseño de la placa PCB	50
Ilustración 3-20:	PCB física del dispositivo digitalizador de imágenes	51
Ilustración 3-21:	Nodos de la base de datos	52

Ilustración 3-22:	Sub-nodos que almacenan los parámetros controlados.....	52
Ilustración 3-23:	Diagrama de flujo del menú del dispositivo	54
Ilustración 3-24:	Diagrama de flujo de la función digital	56
Ilustración 3-25:	Diagrama de flujo de la función analógico	58
Ilustración 3-26:	Diagrama de flujo de la función appwifi	60
Ilustración 3-27:	Diagrama de flujo de la función archivo histórico.....	61
Ilustración 3-28:	Interfaz principal.....	62
Ilustración 3-29:	Interfaz del Modo Digital.....	63
Ilustración 3-30:	Interfaz del Modo Analógico	64
Ilustración 3-31:	Interfaz del Modo Wi-Fi	64
Ilustración 3-32:	Interfaz del Modo Archivo Histórico.....	65
Ilustración 3-33:	Interfaz de la aplicación móvil con el Modo Wi-Fi	66
Ilustración 3-34:	Diseño de la porta-diapositiva	67
Ilustración 3-35:	Porta-diapositiva fabricado con PLA.....	67
Ilustración 3-36:	Diseño de la base	68
Ilustración 3-37:	Plataforma fabricado con PLA.....	68
Ilustración 3-38:	Diseño de la estructura externa	69
Ilustración 3-39:	Diseño físico de la estructura externa	70
Ilustración 4-1:	Prototipo implementado.....	71
Ilustración 4-2:	Frecuencia de los errores de las muestras	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	MANUAL DE USUARIO
ANEXO B:	HOJA DE DATOS DE LA ESP32
ANEXO C:	HOJA DE DATOS DRV8825
ANEXO D:	HOJA DE DATOS DEL MOTOR A PASOS NEMA 17 17HS4401
ANEXO E:	HOJA DE DATOS DE LA MATRIZ NEOPIXEL WS2812B 8×8 LED RGB
ANEXO F:	HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTION NX8048P070-011C
ANEXO G:	HOJA DE DATOS DEL REGULADOR DE VOLTAJE LM2596
ANEXO H:	HOJA DE DATOS DEL REGULADOR DE VOLTAJE XL4015
ANEXO I:	HOJA DE DATOS DEL CARGADOR DE BATERÍA TP4056
ANEXO J:	HOJA DE DATOS DEL REGULADOR DE VOLTAJE MT3608
ANEXO K:	CÓDIGO ARDUINO
ANEXO L:	MANUAL DE MARCA DE LUDOTEK
ANEXO M:	PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HMI
ANEXO N:	PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN MOVIL
ANEXO O:	PLANOS DE LA PORTA-DIAPOSITIVA
ANEXO P:	PLANOS DE LA BASE
ANEXO Q:	PLANOS DE LA ESTRUCTURA EXTERNA
ANEXO R:	TABLA COMPLETA DEL ERROR DE DISTANCIA
ANEXO S:	ENCUESTA DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD
ANEXO T:	CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD
ANEXO U:	FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON EL PROTOTIPO DESARROLLADO
ANEXO V:	FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON EL ESCÁNER KODAK
ANEXO W:	FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON EL ESCÁNER EPSON V600
ANEXO X:	ENCUESTA DE LA PRUEBA DE VALORACIÓN DE FOTOGRAFÍAS
ANEXO Y:	CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE VALORACIÓN DE FOTOGRAFÍAS
ANEXO Z:	CERTIFICADO DEL PROYECTO

RESUMEN

Se diseñó y construyó un prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible. Consta de cinco etapas, donde la etapa de sensado permite conocer la posición en los límites del espacio de trabajo, en el cual se puede desplazar la diapositiva. La etapa de ingreso y visualización de parámetros, la cual, por medio de una pantalla HMI se controla la distancia de enfoque, la cantidad de luz roja, verde, azul, e intensidad luminosa, además, estos parámetros se pueden controlar de manera remota con una aplicación móvil. La etapa de procesamiento está constituida por una ESP32 la misma que se encarga de recibir, procesar e interpretar la información. La etapa de actuación ejecuta las instrucciones enviadas por la tarjeta de desarrollo, donde los actuadores están conformados por las luces RGB y motores paso a paso. Finalmente, la etapa de adquisición de imágenes consiste en que la cámara que se integre al prototipo permita la captura de la imagen registrada en el material fotosensible, obteniendo de este proceso la imagen digitalizada. De las pruebas realizadas a las luces RGB, se determinó que el coeficiente de variación mayor es de 5,96%, estableciéndose que existe estabilidad de color. En las pruebas de error que presentan los motores paso a paso se determinó, que el rango de error de distancia que se puede presentar en el prototipo varía desde 0,10mm hasta 0,50mm. En base a las valoraciones realizadas por el grupo de expertos, se estableció que las fotografías obtenidas por el prototipo tienen un promedio de aceptación de 4,7 sobre 5. De lo analizado se concluye que del prototipo desarrollado se obtienen mejores fotografías que con equipos comerciales similares. Se recomienda incorporar un sensor de alta resolución en megapíxeles al prototipo, con el propósito de habilitar un control automático ejecutado por el dispositivo.

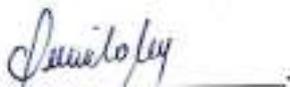
Palabras clave: <DIAPOSITIVA>, <DISTANCIA DE ENFOQUE>, <RGB>, <HMI>, <WIFI>, <BASE DE DATOS>, <VARIABILIDAD>, <COEFICIENTE DE VARIACIÓN>.



SUMMARY

It was designed and built a prototype digitizer of images recorded in photosensitive material. It consists of five stages, where the sensing stage allows getting the position within the limits of the work space, in which the slide can be moved. In the parameter entry and display stage, the focus distance, the amount of red, green, blue light, and luminous intensity are controlled through an HMI screen. In addition, these parameters can be controlled remotely with a mobile app. The processing stage is made up of an ESP32, which is responsible of receiving, processing and interpreting the information. The actuation stage executes the instructions sent by the development board, where the actuators are made up of RGB lights and stepper motors. Finally, the image acquisition stage consists of the camera that is integrated into the prototype allowing the capture of the image recorded in the photosensitive material, obtaining the digitized image from this process. From the tests carried out on RGB lights, it was determined that the highest coefficient of variation is 5.96%, establishing that there is color stability. In the error tests presented by the stepper motors, it was determined that the range of distance error that can occur in the prototype varies from 0.10mm to 0.50mm. Based on the evaluations made by the group of experts, it was established that the photographs obtained by the prototype have an average acceptance of 4.7 out of 5. From what was analyzed, it is concluded that better photographs are obtained from the developed prototype than with similar commercial equipment. It is recommended to incorporate a high resolution sensor in megapixels to the prototype, with the purpose of enabling automatic control run by the device.

Keywords: <SLIDE>, <FOCUS DISTANCE>, <COLOR MODEL RGB>, <HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)>, <WIFI TECHNOLOGY>, <DATABASE>, <VARIABILITY>, <COEFFICIENT OF VARIATION>



Lic. Nelly Padilla P. Mgs

0603018717

DOCENTE FIE

INTRODUCCIÓN

El conocimiento a través del tiempo ha sido conservado de muchas formas, lamentablemente mucha información ha sido perdida por diversos factores. Para tener una mejor precisión, la destrucción voluntaria de los ejemplares ha causado la desaparición del 60% del volumen total de los libros y documentos importantes, mientras que el 40% restante se debe a otros tipos de causas como desastres naturales, accidentes, polillas, la extinción de una lengua o el material de fabricación de los mismos (García y Esteban, 2006).

La historia puede contarse a través de las fotografías, ya que estas poseen un valor histórico significativo similar al de un texto. Muchos historiadores utilizan imágenes para estudiar un período histórico en particular, ya que estas proporcionan un contexto que facilita la comprensión de lo que los textos relatan acerca de dicho acontecimiento histórico. La pérdida de información plasmada en archivos históricos ha afectado a un sin número de culturas de varios países, dado que la comprensión de estas culturas cambia en función de la información disponible en ese momento (Gómez, 2015).

Después de un prolongado periodo, en 2003 la UNESCO finalmente tomó medidas ante la creciente conciencia de las devastadoras repercusiones que esto podría tener en el avance del conocimiento colectivo y la ciencia. Lo que trajo como consecuencia que la organización decidiera llevar a cabo una reunión con todos los estados miembros de ese momento, con el propósito de abordar este problema de manera efectiva. Al término de la reunión, se suscribió una carta en la cual todos los participantes se comprometieron a asumir las consecuencias de esta pérdida de información y se responsabilizaron de la necesidad de crear conciencia en la población. De la misma manera, se acordó la formulación de políticas y estrategias destinadas a promover la conservación y preservación de archivos (UNESCO, 2003).

Algunos países también lograron percibir el problema en el que se encontraba la sociedad con esta pérdida, por eso Suiza, Finlandia y la ciudad de Gerona en España decidieron individualmente apoyar creando una ley en la que el país puede ser considerado como un albergue de archivos históricos en caso de que ocurra un conflicto bélico (Naciones Unidas, 2015). Ecuador como miembro activo de la UNESCO, dio un paso significativo al establecer el Archivo Histórico Nacional con el propósito de preservar archivos de índole cultural, judicial y de cualquier otro tipo que posea un valor histórico. En un esfuerzo concertado, se forjó un acuerdo que otorga la responsabilidad a todas las entidades públicas de crear y mantener registros públicos de manera profesional (Presidencia de la República del Ecuador, 2019).

El presente trabajo de integración curricular emplea métodos teóricos para el estudio de las variables que deben de ser controladas por el prototipo, además, se realiza la selección del *hardware* y *software* apropiado para el desarrollo del dispositivo, en la construcción del prototipo, se emplean métodos empíricos, que involucran pruebas del dispositivo y, por último, se valida el dispositivo conforme a los requerimientos planteados. Por lo que, la estructura del documento comprende una introducción, cuatro capítulos, conclusiones y recomendaciones. En el primer capítulo, se establece la base para el desarrollo del tema propuesto, abordando planteamiento del problema, justificación teórica, justificación aplicativa, objetivos tanto general como específicos. En el segundo capítulo titulado marco teórico, se fundamenta la problemática de la pérdida de información relacionada con la gran cantidad sin contabilizar de diapositivas registradas en material fotosensible y su falta de conservación adecuada, además, se realiza una investigación para evaluar si los dispositivos comerciales cumplen con las expectativas necesarias, también se lleva a cabo un análisis de diversas tecnologías con el objetivo de seleccionar la más apropiada para la construcción del prototipo, todo esto se realiza con el fin de proporcionar al lector una comprensión más profunda de los conceptos relacionados con el tema. En el tercer capítulo denominado marco metodológico, se aborda la manera en que el prototipo va a estar construido, bajo que requerimientos y cuáles son los componentes seleccionados que conformarán el prototipo. Finalmente, en el cuarto capítulo se detallan las pruebas y la validación de los elementos presentes en el dispositivo, asegurando su correcto funcionamiento.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se analiza el planteamiento del problema, la justificación teórica y aplicativa, los objetivos: general y específicos.

1.1. Planteamiento del problema

¿Cómo diseñar y construir un prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible?

1.1.1. Sistematización del problema

¿Cuáles son los parámetros que influyen en la calidad de la imagen en una fotografía, los sistemas electrónicos de digitalización de imágenes y su arquitectura?

¿Cuáles son requerimientos que debe cumplir el prototipo para la digitalización de imágenes registradas en material fotosensible?

¿Cuál es el diseño que permite cumplir los requerimientos establecidos para la digitalización de imágenes registradas en material fotosensible?

¿Cuál es el hardware y software que permite implementar el diseño propuesto?

¿El prototipo implementado para la digitalización de imágenes en material fotosensible cumple con los requerimientos planteados al inicio de la investigación?

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Teórica

En el pasado la comunicación era de vital importancia para la vida cotidiana, ya que de eso dependía la comida del día o la vida de los individuos, al pasar el tiempo la comunicación seguía siendo importante tanto para realizar el comercio entre hombres o llegar a una misma opinión en beneficio para la aldea, pero no fue hasta la época de grandes filósofos como Aristóteles, Platón,

Sócrates, Tales de Mileto, etc. que se vieron en la necesidad de guardar sus conocimientos para la posteridad, se plantearon la idea que de alguna manera ellos tenían que mantener la información que habían descubierto para futuras generaciones, es allí cuando se inventó la escritura sobre el papiro (Bonachea et al., 2007; Aguado 2004).

Para poder guardar dicha información se crearon lugares específicos donde los documentos, pergaminos y demás iban a estar preservados, para que el pueblo pueda acercarse a consultar cualquier tipo de información que desee y así el conocimiento e información de la cultura anterior a los mismos pueda ser observada y entendida para ser mejorada, pero los desastres naturales y guerras o cualquier forma de destrucción pueden ocurrir en cualquier momento, siendo estos periodos donde la mayor pérdida de información ha existido, para una mayor exactitud la destrucción voluntaria de los ejemplares ha causado la desaparición del 60% del volumen total de los libros y documentos importantes, mientras que el 40% restante se debe a otros tipos de factores como desastres naturales, accidentes, polillas, la extinción de una lengua o el material de fabricación de los mismos (García y Esteban, 2006).

Una de las mayores catástrofes que ha sucedido en el mundo fue en la biblioteca de Alejandría ubicada en Egipto cuando sufrió una destrucción masiva, en esta edificación se intentaba realizar la “Biblioteca Universal” la cual consistía en albergar la mayor cantidad posible de documentos de patrimonio literario y científico, tuvo varios incidentes pero el último conocido fue en el año 640 con la invasión árabe, en donde una vez capturada Alejandría el general ordenó lo siguiente: “Si esos libros están de acuerdo con el Corán, no tenemos necesidad de ellos, y si se oponen al Corán, deben ser destruidos”, lo que provocó una pérdida que se presume es de 700.000 documentos, es decir que se perdió el 80% de la ciencia y la civilización greco-helenística (Hernández, 2020; Elia, 2013). En el incendio de la biblioteca Jagger ubicada en África, aconteció un intenso incendio que arrasó con una colección de obras africanas únicas en el mundo, según la ‘EFE’ en las pérdidas se encuentran aproximadamente 70 mil publicaciones y 3500 películas sobre estudios africanos (El Tiempo, 2021). En Rusia un incendio ocurrido en la biblioteca universitaria de la Academia de las Ciencias de Moscú se catalogó como “Chernóbil cultural”, debido a que se perdió aproximadamente el 15% de una colección de 10 millones de documentos, la mayoría de las pérdidas fueron a causa del agua utilizada por los bomberos (El Periódico, 2015). La Biblioteca Estatal de Lansing, en Michigan sufrió un gran incendio que duró dos días en ser apagado, la razón por la que los documentos se habían perdido era debido a la utilización de agua como método para poder apagar el incendio, en donde 25.000 libros estaban completamente destrozados e irrecuperables y 30.000 se encontraban gravemente dañados, pero se podían salvar (Gamero, 2016). En el continente latino americano existieron dos incendios bastantes considerables,

en La biblioteca Amazónica de Iquitos después del incendio se logró rescatar 27 mil libros y tres mil fotografías históricas que era casi todo el total (Infobae, 2022). El otro incendio ocurrió en la Biblioteca Nacional de Perú, pero en este incendio no se corrió con la misma suerte ya que se perdió más de 100 mil volúmenes empastados, 4 mil sin empaste y 40 mil manuscritos (El Comercio, 2021).

La forma más común para apagar un incendio generado en una biblioteca es utilizando agua en cantidades abundantes, esto generó un problema para la conservación de los archivos, es por esta razón que la Unesco descubrió el “secado por congelación al vacío” el cual es un método que consiste en congelar los documentos e introducirlos en un vacío para que el agua congelada pase al estado de evaporación sin pasar de nuevo por su estado líquido, pero dicho proceso solo es aplicable para documentos y la parte de archivos visuales no se toma en cuenta para este método (McCleary, 1987). La Unesco al percatarse de la cantidad de información y patrimonio cultural que se está perdiendo alrededor del mundo tomó cartas en el asunto y realizó una sesión con todos los estados miembros para que se pueda encontrar alguna manera de poder solucionar este problema, en la carta creada en esta sesión los estados miembros firman aceptando que se deben de tomar prontas medidas para la conservación de la documentación, ya que la misma se encuentra en un constante peligro de pérdida debido a varios factores que no se pueden controlar, también se acuerda que en la población de los estados miembros se deberán de crear conciencia acerca de esta pérdida de información en los ciudadanos, por lo que se debe de generar políticas y estrategias que fomenten la conservación y preservación de archivos (UNESCO, 2003).

Como se mencionó, la anterior solución funciona para documentos, libros, pergaminos y demás archivos, pero se desconoce de un proceso que una vez ocurrido el siniestro, ayude a recuperar los archivos visuales como lo son: fotos, diapositivas o cualquier archivo que este generado en material fotosensible, ya que estos poseen otro tipo de composición, no solo son papel con tinta, sino son químicos en láminas de acetato, es por esta misma razón que existen más procesos que actúan antes de que suceda algún tipo de siniestro, dichos procesos son con fines preventivos y para conservar la información en estos tipos de archivos.

Los doctores Jesús Robledano y Diego Navarro (2017) en el artículo “Aproximación sistemática a la creación de versiones digitales de negativos fotográficos históricos”, indican una solución para poder obtener copias de la mejor calidad posible de negativos antiguos, el proceso consiste en generar un positivo de la copia que se obtuvo del original, siendo una gran respuesta al problema, pero existen muchos vacíos en la digitalización de los negativos ya que no se controlan variables necesarias para que el negativo se obtenga de la mejor manera.

Para solucionar el problema la mejor respuesta que se podría obtener es la digitalización de los archivos visuales, la digitalización es el proceso por el que un archivo físico pasa a un archivo digital a través de una máquina específica para ese trabajo, puede ser realizada mediante el escaneo del mismo o tomando una foto con una cámara fotográfica, dicha digitalización dependerá de la calidad del dispositivo para poder capturar la mejor resolución de la imagen posible, controlando la mayor cantidad de variables que pueden ser contraproducentes a la hora de digitalizar, también dependerá del objeto que se vaya a tomar o a escanear el archivo, ya que se debe procurar que el archivo sea lo más parecido al original para que una vez digitalizado se pueda pasar a una posterior recuperación digital (buenosybaratos, 2023).

Existe un adaptador para cámaras reflex el cual posee una estructura para acoplar un proyector de diapositivas, además cuenta con unos estabilizadores manuales para la cámara. Este adaptador tiene muchas características a favor como la rapidez que toma fotos, la rápida instalación en la cámara, y la estabilización física, pero tiene contras muy importantes como lo es la falta de controlar el balance de blancos, la distancia focal de cada cámara y la temperatura de la luz, lo que hace que la imagen digital no sea de la mejor resolución posible (Herrero, 2018).

En la línea de accesorios adaptables para el uso del usuario, se puede encontrar la solución que da la empresa Kodak, con el dispositivo Kodak mobile film, el cual es una estructura hecha de cartón sólido, el mismo posee una pantalla blanca retro iluminada que funciona a pilas, en la parte superior de la pantalla cuenta con una mini tarima para que solo se pueda poner el teléfono y tomar fotos desde el mismo, la portabilidad y el fácil uso para el usuario lo hacen un gran adaptador, pero el mismo no podría ser utilizado para poder conservar las diapositivas con una calidad mejor, debido a que tiene muchas faltas del control de variables, y también que la resolución de una cámara de teléfono por el momento no es la mejor que se pueda obtener (Kodak, 2023).

Utilizar un fuelle como un adaptador para poder digitalizar imágenes es útil pero lo único que se logra con este adaptador es poder tener un mayor control de los factores de ampliación y también permitiendo un enfoque muy cercano de la diapositiva que se desea digitalizar, pero de nueva cuenta no es capaz de controlar la luz ambiental ni mucho la temperatura de la luz misma, lo que lo vuelve incapaz de poder dar como resultado la mejor calidad de la diapositiva (Portillo, 2023).

Y como última solución se tienen los escáneres de diapositivas, los cuales son encargados de escanear la diapositivas o negativos para así poder tener la mejor digitalización, varios videos de técnicos en el área ponen como los mejores escáner a 3 dispositivos, el primero es Veho Smartfix

portable stand alone, como segundo dispositivo tenemos al escáner digital Kodak y por último a DigitNow!, la mejor solución que se puede obtener de los tres es de 5 megapíxeles lo cual permitirá obtener una imagen en un su mejor calidad, ninguno permite tener un control de balance de blancos y mucho menos controlar la temperatura de la luz (buenosybaratos, 2023).

La Unesco al mostrar un problema que paso por años desapercibido, varias organizaciones comenzaron a tomar en cuenta las consecuencias abismales que podría tener dicho problema, es por eso que la ONU realizó un libro sobre cómo se debe de tomar medidas en caso de que cualquier país haya salido de un conflicto, en todos los pasos que se debe de seguir para sobrellevar dicho problema la ONU actúa en el marco que la sociedad tiene derecho a la información de la historia del mundo (Naciones Unidas, 2015). De la misma manera la NASA creó el modelo OAIS (Open Archival Information System), con el fin de conservar la información y facilitar a la comunidad el acceso futuro de la misma, la NASA con la ayuda de otras agencias aeroespaciales crearon dicho sistema para solucionar la preocupante pérdida de información, ya que errores y conocimientos que desarrollaron se podría estar perdiendo, haciendo que posiblemente se vuelvan a cometer en futuras expediciones (Comunidad Baratz, 2020). Alrededor de todo el mundo la mayoría de países buscaron una solución para el problema, Suiza creó una ley en el 2013 la cual explica que el país puede ser considerado como un organismo para proporcionar un refugio seguro temporal para diferentes tipos de bienes culturales, siendo el primero en ofrecer este tipo de protección, después de esto países como Finlandia y la ciudad de Gerona (España) optaron por prestar estos mismos tipos de servicios (Naciones Unidas, 2015). En Colombia la ley general de archivos entre los 52 artículos que esta posee, el artículo 29 obliga a las instituciones que cuando los documentos históricos se vean en un notorio deterioro físico, realizar un sistema de reproducción en el que no afecte la integridad de los documentos (Archivo General de la Nación de Colombia, 2000). Ecuador creó el archivo histórico nacional para la conservación de archivos de índole cultural, judicial o cualquier archivo que tenga valor histórico esto se hizo vigente en el ACUERDO No. SGPR-2019- 0107, el artículo 10 de la ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública dice que toda entidad pública es responsable de crear y mantener registros públicos de manera profesional, para así poder mantener el derecho a la información (Presidencia de la República del Ecuador, 2019).

De lo antes mencionado se ve la necesidad de diseñar y construir un prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible, capaz de controlar milimétricamente la distancia de enfoque desde la diapositiva a la cámara, controlar gradualmente la temperatura de la luz y también la intensidad con la que esta se encuentra, con el fin de poder obtener la digitalización de una diapositiva bajo los parámetros de la rúbrica de María Carrión (2014) para evaluar una

fotografía las cuales son forma, color y textura conservando la mayor cantidad de píxeles, para su posterior restauración digital, obteniendo así una imagen final casi completamente parecida a la original y de esa manera conservando el patrimonio cultural del país.

1.2.2. Justificación Aplicativa

El presente proyecto propuso una ayuda técnica para la digitalización de imágenes registradas en diapositivas o material fotosensible, a través de una cámara y el control de intensidad luminosa, el balance de blancos y la posición de la diapositiva, estas son las variables por controlar para que se pueda tener una foto aprovechando toda la tecnología que existe en la actualidad.

El usuario para poder digitalizar el material fotosensible deberá abrir la tapa del dispositivo, colocar la diapositiva en la plataforma móvil y proceder a cerrar la tapa. El dispositivo contará con una sección de control manual el cual tendrá perillas para poder sintonizar el valor para tener un mejor balance de blancos, y también manejar la intensidad luminosa, la sección de control también contará con botones para que la plataforma sea desplazada a la dirección necesaria para la toma de la imagen, los parámetros del balance de blancos y la intensidad luminosa serán mostrados en una pantalla para que la digitalización de la imagen pueda cumplir con las características de forma, color y textura.

Las señales eléctricas producidas por las perillas y botones serán enviadas a la sección de procesamiento de información, la misma que tendrá en su interior una tarjeta de desarrollo, la cual contará con las instrucciones necesarias para enviar a los diferentes actuadores.

La sección de procesamiento una vez que se haya analizado las señales, las decisiones que tome la tarjeta de desarrollo serán observadas en los diferentes actuadores, en la parte interna del dispositivo se encuentra la sección de actuadores, la cual cuenta con un par de motores anclados a tornillos sin fin para realizar el movimiento de la plataforma, apoyados con guías para tener una mejor estabilización, también cuenta con luces que son utilizadas para el balance de blancos. En la parte interna del dispositivo la sección de actuadores comparte espacio con la sección de sensores, en esta sección se ubicarán los sensores para tener una retroalimentación, aquí yacen sensores de posición inicial y final de la plataforma.

El usuario puede tener diferentes tipos de cámaras con diferentes tipos de objetivos, por lo que el dispositivo deberá ser adaptable para cualquiera de este tipo de combinaciones, en la sección de

desplazamiento, será la zona donde se va a poder desplazar la cámara dependiendo de las circunstancias del usuario.

Si en la zona donde se encuentra el dispositivo tiene un alto índice de averías eléctricas o tiempos espontáneos de apagado eléctrico, se contara con un sistema autónomo de energía, el cual estará ubicado en la sección de baterías, la finalidad del sistema es para que el usuario guarde los parámetros de sintonización del balance de blancos y de la intensidad luminosa para que una vez se haya restaurado la energía eléctrica se pueda continuar con el proceso de la digitalización de materiales fotosensibles.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estudiar los parámetros que influyen en la calidad de la imagen en una fotografía, los sistemas electrónicos de digitalización de imágenes y su arquitectura.
- Definir los requerimientos que debe cumplir el prototipo para la digitalización de imágenes registradas en material fotosensible.
- Definir el diseño que permite cumplir con los requerimientos establecidos para la digitalización de imágenes registradas en material fotosensible.
- Seleccionar el hardware y software que permite implementar el diseño propuesto.
- Evaluar si el prototipo implementado para la digitalización de imágenes registradas en material fotosensible cumple con los requerimientos planteados al inicio de la investigación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se analiza la importancia de las imágenes históricas y se investiga acerca de la pérdida de la historia relacionada con las fotografías a nivel mundial y nacional. Seguidamente, se presenta una descripción detallada de los factores que influyen en la calidad de una imagen, además de indicar las características de la fotografía macro. Todo esto se lleva a cabo con el fin de realizar un estudio para conocer cuáles son las limitaciones de utilizar *hardware* comercial para la digitalización de las imágenes. Finalmente, se realiza un análisis para plantear los diferentes sistemas utilizados para la presente investigación.

2.1. Importancia de las imágenes históricas

La representación visual de la historia es un medio valioso para documentar, preservar y transmitir la memoria de un pueblo o una nación. A través de fotografías, pinturas, dibujos, grabados y otras formas de imágenes, se puede conocer la vida en el pasado, las costumbres, la moda, la arquitectura, la tecnología y muchos otros aspectos que permiten comprender mejor el presente y futuro. Una de las principales características de la imagen es su capacidad para mostrar la realidad de una época y para sentir una conexión más cercana con ella. Esta conexión emocional con el pasado permite comprender mejor la identidad y la relación con el mundo (Linares Columbié et al., 2000).

Además, la imagen tiene un valor documental y educativo muy importante. Las fotografías y los documentos gráficos son una fuente primaria de información para los historiadores y los investigadores que estudian un período histórico determinado, ya que, estas pueden revelar detalles y matices que no se encuentran en los textos escritos, y ayuda a entender mejor los acontecimientos y las personas que marcaron una época (Gómez, 2015).

Por todo ello, es importante que se realice una labor de conservación y difusión de las imágenes históricas, así como una labor de investigación rigurosa y crítica que permita entender mejor su contexto y su significado. Solo así se podrá aprovechar todo su potencial educativo, documental, artístico y emocional, y enriquecer la comprensión del pasado y del presente.

2.2. Pérdida de la historia

La desaparición del legado histórico ha afectado a muchas culturas y países a lo largo de la historia. La destrucción o pérdida de documentos, archivos, imágenes y otros registros históricos ha tenido un impacto significativo en la comprensión del pasado y en la preservación de la memoria cultural (Waldman, 2006).

2.2.1. A nivel mundial

Existe un sinnúmero de razones por las cuales un documento o imagen histórica es destruida, para tener exactitud, la destrucción voluntaria de los ejemplares ha causado la desaparición del 60% del volumen total de los documentos históricos, mientras que el 40% restante se debe a otros tipos de factores como desastres naturales, accidentes, polillas, la extinción de una lengua o el material de fabricación de estos (García y Esteban, 2006).

Lara López (2005) en su investigación menciona la falta de importancia que los historiadores le dan a las imágenes, debido a que afirman que la historia se hace con textos, lo que produce la falta de información, de estadísticas, de preservación y sobre todo la influencia que podría tener una fotografía para poder escribir una historia distinta. Es por eso que no se tiene un registro contable de todas las fotografías destruidas por causa de accidentes, desastres naturales o acontecimientos, entre los principales acontecimientos tenemos: la destrucción de la Biblioteca de Sarajevo en 1992 provocado por conflictos armados con los serbios, bibliotecas y museos destruidos por talibanes en Afganistán, al igual que incendios y saqueos de casi todas las bibliotecas iraquíes en 2003 (Fernández, 2008).

En América del Sur también se ha enfrentado la pérdida de edificios que albergaban archivos históricos. En Colombia, en 1948, el asesinato del candidato del Partido liberal, Jorge Eliécer Gaitán, desencadenó una rebelión popular que resultó en la destrucción de instituciones y edificios importantes que contenían información histórica de diversa índole. En Bolivia, en el año 2003, se produjo un levantamiento popular en La Paz que culminó con el incendio y saqueo de varios edificios públicos, incluyendo La Biblioteca y el archivo del Congreso, donde se guardaba valiosa información histórica (Fernández, 2008). La Biblioteca Nacional de Perú sufrió un desastre que tuvo como resultado la pérdida de 100 mil volúmenes empastados, 4 mil sin empaste y 40 mil manuscritos (El Comercio, 2021). También en la Biblioteca Amazónica de Iquitos lo único que se pudo rescatar después del siniestro eran 27 mil libros y tres mil fotografías históricas (Infobae, 2022).

Colombia es uno de los pocos países en América del sur que ha avanzado con la contabilización de los archivos históricos y según el Informe del Sistema Nacional de Cultura elaborado por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura establece que el país posee 1.100.000 de piezas, de las cuales la mayoría proviene de donaciones de colecciones privadas (González y Vidal, s/f).

Varias organizaciones han tomado cartas en el asunto y proponen distintas soluciones, entre las principales se encuentran la UNESCO, que llevó a cabo una reunión en la que los estados miembros tienen la responsabilidad de crear conciencia en sus ciudadanos e incentivar a que la información sea preservada (UNESCO, 2003). Las Naciones Unidas (2015) realizó un documento acerca de cuáles son las medidas para preservar la historia en caso de una guerra, todo esto fundamentado en el derecho que todas las personas tienen a la información histórica. Varios países también están intentando controlar la pérdida de información, entre las soluciones más destacadas se encuentra que Suiza creó una ley en la que el país puede ser considerado como un organismo que proporcione un refugio temporal para diferentes tipos de bienes culturales e históricos, de modo que, países como Finlandia o la ciudad de Girona en España siguieron con el mismo tipo de servicio (Naciones Unidas, 2015). La Universidad Pablo de Olavide en Sevilla, ha creado el Fondo de Imágenes Históricas de Ciudades Americanas, cuyo principal objetivo es facilitar la labor de investigadores que deseen estudiar la arquitectura latinoamericana (González y Vidal, s/f).

Todos los países de América del sur han establecido reglamentos y leyes generales, con el fin de generar conciencia y una cultura de preservación de todos los archivos históricos de cada país, esto debido a que todos los países eran estados miembros cuando se realizó la previamente nombrada sesión para detener la pérdida de la historia (UNESCO, 2003).

De la investigación anterior, se puede observar que las soluciones que se dan para salvaguardar la información de la historia están orientadas hacia la preservación de documentos, mas no para el cuidado de las fotografías, mucho menos para las imágenes registradas en material fotosensible. Además, muchos de los artículos que aparecen en las leyes de los países de América del sur, no establecen una preservación para cada tipo de archivo histórico, ya que solo se nombra como un conjunto y no como algo individual.

2.2.2. A nivel Ecuador

En el país no ha existido tanto énfasis en tener una contabilidad exacta de cada archivo histórico, el único censo que ha existido del patrimonio cultural es el realizado por la Unidad de Gestión

del Programa de Emergencia de Patrimonio Cultural (PEPC), donde se logró encontrar 2557 archivos y 934 bibliotecas a nivel nacional. Además, se identificaron y registraron 1400 documentos fílmicos, 2311 documentos fotográficos y 1750 documentos sonoros. El registro también dio como resultado información preocupante acerca del estado de conservación de los repositorios y documentos. Según los resultados obtenidos, solamente un 2% de los repositorios en Ecuador se encuentran en óptimas condiciones (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2017). La razón por la que el país posee muy poca cantidad de archivos históricos es debido a las colecciones privadas, muchas personas que cuentan con estas colecciones optan por no donar dicha información al país, por lo que, no se puede acceder a ella como se muestra en la tesis de María Carrión (2014).

Por medio de una entrevista realizada a la gestora cultural Liliana Ortega del muy ilustre Municipio de Riobamba, explicaron que en el museo de la ciudad no se tiene fotografías o imágenes registradas en material fotosensible, ya que estas no se han encontrado en estado vigente durante mucho tiempo, lo que ha llevado a que muchos archivos históricos hayan sido donados. Como resultado, gran parte de la historia de la ciudad aún se encuentra en colecciones privadas de los ciudadanos. Es por esta razón que se debe fomentar una cultura de preservación de la historia en la ciudad y en las distintas provincias, para detener el gran problema silencioso de la pérdida de historia.

El país al ser parte de los estados miembros de la UNESCO, creó el Archivo Histórico Nacional del Ecuador, con el objetivo de conservar y preservar los archivos de manera segura y confiable, además creó un acuerdo en la Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública con la finalidad de poder controlar dicho Archivo Histórico y también generar leyes que promuevan la preservación profesional de registros públicos (Presidencia de la República del Ecuador, 2019). A nivel institucional la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ha promovido la preservación de la información, a través de tesis de grado y proyectos, como lo son la tesis de la ingeniera María Carrión, que se basa en la recuperación de imágenes históricas o el proyecto de desarrollo de un proceso de digitalización de fotografías captadas en material fotosensible.

2.3. Factores en la calidad de la imagen

Para poder alcanzar una perfección en una imagen existen factores que determinan la excelencia de esta, cada uno de estos factores puede ser ajustados para obtener una imagen de alta calidad que cumpla con los objetivos y requisitos específicos. En este sentido, entender dichos factores puede ser una herramienta valiosa para obtener la mejor calidad (Joyful Printing, 2019).

2.3.1. *Material de las imágenes*

El proceso fotográfico es una técnica que utiliza sustancias fotosensibles en diferentes soportes para producir una imagen a partir de la luz reflejada por una escena real. Estos soportes pueden ser de papel, plástico, vidrio, metal, entre otros, y las sustancias pueden estar suspendidas en un aglutinante o depositadas directamente sobre el soporte. Sin embargo, estos soportes fotosensibles pueden sufrir deterioro debido a una sobreexposición a la luz y factores ambientales, especialmente si la temperatura y la humedad relativa son altas, además de la presencia de contaminación atmosférica (Roosa, 2004). Con el propósito de manipular las filmas, se ideó un marco destinado a las diapositivas de 35mm, como se observa en la Ilustración 2-1, en donde este marco posee unas dimensiones totales de 5x5 cm (Wagner, 2022).



Ilustración 2-1: Diapositiva de 35mm con marco

Fuente: Wagner, 2022

Las temperaturas más altas recomendadas para una manipulación por un tiempo prolongado son de 18°C (65 a 70°F) y se deben evitar fluctuaciones diarias mayores de +/-2°C. Los materiales que contienen tintes cromogénicos, nitrato de celulosa y acetato de celulosa se desvanecen rápidamente a 18°C y deben almacenarse en ambientes frescos siempre que sea posible, con una temperatura fija entre 10-16°C, o en almacenamientos fríos de 2-8°C o a temperaturas de congelación <0°C si se van a almacenar por tiempo prolongado. Por lo general, se considera mejor el clima cuando las condiciones de almacenamiento son más frías, siempre y cuando la humedad relativa sea baja con 30-50%. Por otra parte, las diapositivas a color son susceptibles a la luz, lo que las lleva a perder su coloración al estar expuestas tanto a la luz solar como a la radiación ultravioleta (Roosa, 2004).

2.3.2. Temperatura de color

La correcta manipulación de la luz es esencial para lograr fotografías de calidad, ya que no solo influye en el brillo y oscuridad de la imagen, sino también en su tonalidad, ambiente y sensación general. Es fundamental dominar el manejo de la luz para poder resaltar las texturas, la luminosidad y el color de los objetos, con el fin de crear impactantes efectos visuales que comuniquen una historia determinada (Pérez, 2020).

Dependiendo de la fuente de luz utilizada en una fotografía, esta adoptará una temperatura de color específica. Dicha temperatura de color es una medida estimada de la apariencia cromática que se produce a partir de una fuente de luz blanca, de modo que, permite determinar en qué grado esta apariencia será percibida como "cálida" o "fría", como se logra apreciar en la Ilustración 2-2. Aunque se expresa en grados Kelvin, esta medida no refleja directamente una temperatura física, sino que es relativa a otras fuentes de luz (Brass & Fittings S.L, 2020).

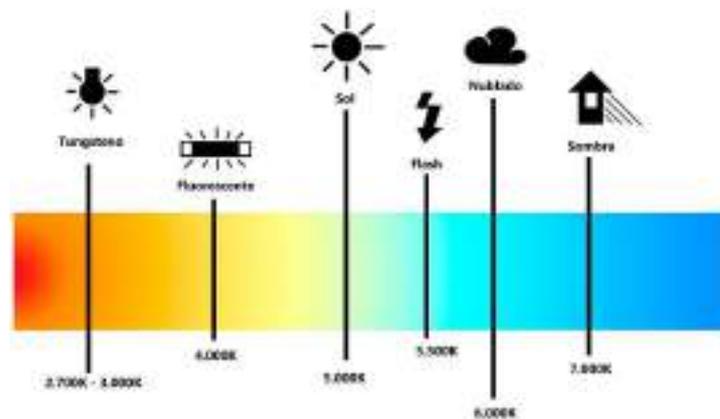


Ilustración 2-2: Ejemplos de temperatura de color

Fuente: León, 2023

En la Tabla 2-1 se visualiza una lista de las luces más habituales con sus respectivas temperaturas de color.

Tabla 2-1: Temperatura de color de las luces más habituales

Luces más habituales	Temperatura de color
Luz incandescente o de tungsteno	2700–3300 K
Tungsteno (con lámpara halógena)	3000 K
Luz Fluorescente (aproximado)	5000 K
Luz de día, flash electrónico (aproximado)	5500–6000 K
Luz de día, nublado	6500 K

Fuente: Musso, 2022

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De la Tabla 2-1 se puede concluir que se debe de tomar en cuenta el rango de 2700 – 6500 K, con el fin de poder generar todos los tipos de temperatura de color que más se utilizan para la fotografía, ya que las distintas imágenes registradas en material fotosensible, fueron tomadas con diferentes tipos de rollos, ya que estos eran diseñados como filtros para poderlos utilizar en diferentes momentos del día. Para poder tener un control de la temperatura del color se realiza un balance de blancos el cual es una técnica utilizada para ajustar la dominante de color de una imagen. El objetivo es lograr un tono neutro, es decir, blanco y eso se puede generar utilizando un control en los diferentes colores, ya sea rojo, verde y azul (Musso, 2022).

2.3.3. Distancia de enfoque

Es la distancia entre el sujeto que está siendo enfocado y el sensor de la cámara (Zafra, 2023). Cada lente tiene una distancia mínima, a partir de la cual el objetivo es capaz de enfocar. Este parámetro se identifica como distancia de enfoque mínima, como se observa en la Ilustración 2-3. Si el sujeto es aproximado a una distancia menor de la establecida, la capacidad de lograr un enfoque apropiado se verá comprometida (Sony, 2018).

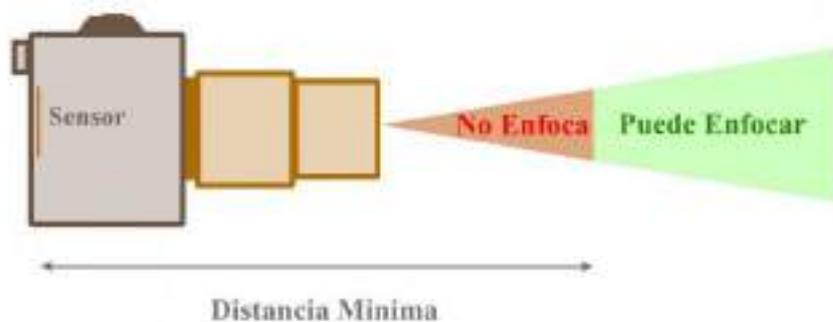


Ilustración 2-3: Distancia de enfoque mínima de una cámara

Fuente: Passolas, 2023

En relación con la distancia de enfoque, otro concepto importante es la distancia focal. Esta magnitud indica la separación entre el centro óptico del objetivo y el sensor de la cámara o plano focal donde la imagen se proyecta, además de ser conocida como longitud focal, esta medida se expresa en milímetros (Atamian, 2022). Esta longitud es esencial, ya que establece el ángulo de visión, determinando cuánto de la escena será capturada, así como del aumento o acercamiento, que indica cuán amplios serán los elementos individuales en la imagen. Cuanto mayor sea la distancia focal, el ángulo de visión se reduce y mayor es el nivel de acercamiento. Por el contrario, al acortarse la distancia focal, el ángulo de visión se amplía y el nivel de acercamiento será menor (Berkenfeld et al., 2023), véase la Ilustración 2-4.



Ilustración 2-4: Ejemplos de fotografías con diferentes distancias focales

Fuente: Berkenfeld et al., 2023

Fernando Sánchez (2021) expone que para digitalizar negativos y diapositivas con una cámara digital, la elección óptima es una lente macro. Este tipo de lente presenta el mayor aumento gracias a su diseño único, dado que disminuye la distancia de enfoque en la cual opera y posibilita enfocar sujetos muy cercanos (Zafra, 2023). Además, dependiendo del entorno y el sujeto del que se requiera obtener una fotografía, la lente a utilizar puede ser distinta, por lo que en la Tabla 2-2 se presentan los distintos tipos de lentes macro con sus rangos de distancias focales y distancias de enfoque mínimas más comunes.

Tabla 2-2: Lentes macro con sus distancias focales y distancias de enfoque mínimo

Tipo de lente macro	Distancia focal	Distancia de enfoque mínima
Macro corto	30mm – 50mm	9,3cm – 24cm
Macro largo	60mm – 105mm	25,8cm – 30cm
Tele macro	150mm – 300 mm	49cm – 140cm

Fuente: Pérez, 2023

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De la Tabla 2-2 se observa que la distancia de enfoque mínima de los lentes macro pueden variar de 9,3 cm a 140 cm. Por otra parte, Tina Tatay (2023) menciona que las lentes macro que van de 60 a 105 mm resultan ser las más comunes en la práctica de macrofotografía. Esta elección permite mantener una distancia intermedia entre la cámara y el sujeto u objeto a fotografiar, por lo que la convierte en las más versátiles, además de que los precios que se manejan son accesibles. Teniendo en cuenta esta información el rango de 25,8 a 30 cm debe ser considerado con el fin de que el prototipo pueda cumplir un desplazamiento de mencionadas medidas.

2.4. Fotografía Macro

Es la rama de la fotografía que consiste en capturar un motivo a distancias muy cortas, incluso más cercanas de lo que un objetivo normal permitiría, alcanzando una relación de tamaño real (escala 1:1). Esto significa que el tamaño del motivo se mantiene idéntico tanto en la imagen original como en el sensor de captura (Busselle, s/f), véase la Ilustración 2-5.



Ilustración 2-5: Fotografía macro

Fuente: Tatay, 2023a

Dentro de las características más destacadas de la fotografía macro se encuentra la amplificación de detalles. Al capturar imágenes en primer plano, los detalles que de otra manera pasarían inadvertidos se magnifican, permitiendo al fotógrafo percibir elementos que no son discernibles a simple vista. Otra característica fundamental de la fotografía macro es el enfoque selectivo, lo que significa que, debido a la proximidad del enfoque, la profundidad de campo se reduce significativamente. Esto implica que solo una pequeña parte de la imagen estará nítida, mientras que el resto aparecerá desenfocado (Busselle, s/f).

En este tipo de fotografía se presenta un problema común en cuanto a las perturbaciones de movimiento, las cuales pueden originarse debido a movimientos involuntarios tanto en la cámara como en el sujeto fotografiado. A pesar de que estos movimientos puedan parecer sutiles e inadvertidos, poseen la capacidad de afectar significativamente la nitidez y la claridad de la imagen obtenida. Incluso el simple acto de presionar el botón del obturador puede provocar vibraciones en la cámara que repercutan en la nitidez de la imagen, además, se debe tener en cuenta que el sujeto puede moverse ligeramente debido a factores externos como la acción del viento (Rodríguez, 2012).

2.5. Dispositivos comerciales

Existen varios tipos de digitalizadores de imágenes registradas en material fotosensible, entre los más destacados se encuentran:

JJC ES-2. - Es un módulo adaptador para cámaras, que se ubica en la parte final de la cámara. Este dispositivo se conecta a través de USB para proporcionar iluminación, como se observa en la Ilustración 2-6. Entre sus características más notables se encuentran un juego de 42 luces LED con un CRI de 95+ y una temperatura de color de 6500 K. También está equipado con un control que incluye dos botones de atenuación ("+", "-") para ajustar la intensidad de la luz en un rango

del nivel 1 al 10. Además, se incluye una advertencia para evitar exponer la imagen registrada en material fotosensible durante un período de tiempo prolongado, ya que esto podría causar daños (Amazon, 2023).



Ilustración 2-6: Adaptador JJC ES-2

Fuente: Amazon, 2023

Escáner de película móvil Kodak. - Es un dispositivo que se utiliza para digitalizar imágenes registradas en material fotosensible, está orientado para el uso doméstico, entre las principales características del dispositivo son: requiere de dos baterías AA. Solo admite imágenes de 35mm, está hecho de cartón resistente, como se observa en la Ilustración 2-7, y se usa a través de una aplicación para teléfono, también posee una retroiluminación que no se especifica ningún tipo de valor (Kodak, 2023) .



Ilustración 2-7: Escáner de película móvil Kodak

Fuente: Kodak, 2023

Duplicador de Diapositivas Kaiser Mod. 6506. - Un método para digitalizar una imagen y obtener una alta resolución es a través de los duplicadores de diapositivas, como se visualiza en la Ilustración 2-8. En este caso, el acople presenta varios anillos ajustables que permiten su adaptación a diferentes cámaras profesionales. Tiene una longitud focal mínima de 80 milímetros y una máxima de 120 milímetros, y se utiliza un objetivo macro. Sin embargo, este proceso puede resultar rudimentario y algo obsoleto, lo que podría ocasionar la pérdida de algunas de las variables necesarias para lograr una digitalización de alta calidad (Camaralia, s/f).



Ilustración 2-8: Duplicador de diapositivas Kaiser mod. 6506

Fuente: Camaralia, s/f

Escáner digital Kodak Scanza de películas y diapositivas. - Es utilizado como un dispositivo que escanea imágenes registradas en material fotosensible, además, su empleo está orientado a uso doméstico. Entre las características principales que ofrece se incluyen: una pantalla LCD de 3,5 pulgadas, un sensor de 14 megapíxeles para la captura de imágenes, la posibilidad de ajustar la interpolación que permite mejorar imágenes hasta 22 megapíxeles, rendijas para diapositivas y bandejas de adaptador. También, cuenta con una retroiluminación y posee una interfaz para el ajuste RGB por filtros. Dispone de un sistema de control del cual no se hace énfasis en las especificaciones, ni tampoco de los niveles que pueda llegar a tener (Tiendamia, 2023), véase la Ilustración 2-9.



Ilustración 2-9: Escáner digital Kodak Scanza

Fuente: Tiendamia, 2023

Del estudio se determina que ninguno de los dispositivos previamente mencionados cuenta con una calidad profesional en la digitalización de las imágenes, por lo que no se necesita de un técnico o de algún especialista en el tema para poder digitalizar, pero las imágenes que son invaluable necesitan ser digitalizadas de manera profesional para no adulterar la información que estas poseen. De todos los dispositivos se pueden encontrar características que permiten una mejor digitalización, como lo son: un control en la intensidad luminosa, un correcto balance de blancos, control en la distancia de enfoque, con el fin de utilizar cámaras que permitan tomar fotos de manera profesional dependiendo del uso que se le vaya a dar.

2.6. Sistema de adquisición de imágenes

La cámara digital es una herramienta tecnológica en donde su función primordial es capturar imágenes, de modo que, la información que transporta la luz se interpreta en datos numéricos con ayuda de un sensor electrónico (Marín, 2009). Para el desarrollo del prototipo se tendrán en cuenta las cámaras Canon EOS 90D y M50, las cuales forman parte de los proyectos de vinculación de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH. En la Tabla 4-2 se muestra las características de las cámaras mencionadas.

Tabla 2-3: Características de las cámaras Canon EOS 90D y M50

Características	Canon EOS 90D	Canon EOS M50
Tipo de sensor	CMOS APS-C de 22,3 x 14,8 mm	CMOS APS-C de 22,3 x 14,9 mm
Píxeles efectivos	Aprox. 32,5 MP	Aprox. 24,1 megapíxeles
Relación de aspecto	3:2	3:2
Procesador de imagen	DIGIC 8	DIGIC 8
Pantalla LCD	Pantalla Táctil con formato 3:2 y ángulo variable, aprox. 1 040 000 píxeles	Pantalla Táctil con formato 3:2 y ángulo variable, aprox. 1 040 000 píxeles
Conectividad inalámbrica	Wi-Fi y Bluetooth (Para compartir imágenes y controlar la cámara de forma remota)	Wi-Fi y Bluetooth (transferencia de imágenes automática y controlar la cámara de forma remota)
Peso	Aprox. 701 g (solo el cuerpo)	Aprox. 387 g (solo el cuerpo)

Fuente: Canon, 2023a; Canon, 2023b

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 2-3 se presenta una comparativa de las cámaras que se tienen a disposición para el prototipo. De manera que, se procederá a trabajar con ambas cámaras, debido a que, han sido preseleccionadas para ejecutar el proyecto con nombre “Desarrollo de un proceso de digitalización de fotografías captadas en material fotosensible. Caso de estudio archivo histórico de diapositivas a color de la ESPOCH”, en donde el presente trabajo de integración forma parte.

2.7. Tarjetas de desarrollo

Son placas electrónicas que incluye un microcontrolador o dispositivo lógico, así como puertos, conectores y reguladores. Su propósito es proporcionar a los usuarios un acceso sencillo y rápido a los periféricos para llevar a cabo pruebas y aplicaciones (Palma y Rodríguez, 2018). Múltiples tarjetas se han desarrollado en la actualidad, por lo que, a continuación, se describen algunos controladores que son de interés para el desarrollo del trabajo de titulación.

Arduino. - Es una plataforma de prototipos electrónicos que se basa en *hardware* y *software* de código abierto y que se caracteriza por ser flexible y fácil de usar. Su principal función es la de interactuar con el entorno mediante la recepción de entradas desde diversos tipos de sensores y la interacción para controlar motores, luces y otros dispositivos (Herrador, 2009).

Raspberry PI. - Es una línea de minicomputadoras muy populares debido a su amplia variedad de aplicaciones. Se destacan en especial por su capacidad de conectarse a Internet y por su uso en la conexión y monitoreo de dispositivos y sistemas por medio de sensores. Además, su programación interna utiliza *software* libre, lo que aumenta la flexibilidad y el potencial de personalización (Gómez-Meza et al., 2022).

Espressif (ESP). - Estos sistemas en chip (SoC) son dispositivos que combinan en un solo circuito integrado varios bloques de funciones diferentes, de esta manera, se reduce el tamaño y el costo del conjunto. Tal que, contienen un microcontrolador, memoria flash, módulo de entrada/salida o GPIO, convertidor A/D y una circuitería específica para conectarse a una red WiFi. También incluyen el *software* o *firmware* necesario para manejar la mayoría de las comunicaciones por Internet (Tolocka, 2020).

2.7.1. Análisis comparativo de tarjetas de desarrollo

En la Tabla 2-4 se realiza la comparación de los parámetros técnicos más relevantes de las tarjetas de desarrollo.

Tabla 2-4: Comparativa entre tarjetas de desarrollo

Parámetros	Arduino	Raspberry Pi	Espressif (ESP)
Microcontrolador	AVR ATmega	ARM Cortex	Tensilica
Voltaje de alimentación	5 V- 12 V	5 V	3.3 V - 5 V
Pines digitales	14 - 54	40	17 - 36
Pines analógicos	6 - 12	-	1 - 18

Corriente DC por pin	20 mA – 40 mA	16 mA	12 mA - 40 mA
Almacenamiento	16 KB - 512 KB	Micro SD	4 MB
RAM	2 KB - 96 KB	512 MB-4 GB	120 KB - 520 KB
Frecuencia de operación	16 MHz – 84 MHz	700 MHz- 1.5 GHz	80 MHz - 160 MHz
Conexión WiFi	Si, incluyendo módulos	Si	Si
Conexión bluetooth	Si, incluyendo módulos	Si	Si, solo versión ESP32
Precio (dólares)	\$12 - \$65	\$30 - \$300	\$8 - \$11.80

Fuente: Arduino Es, 2016; Your Geek Web, 2020; Llamas, 2018

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De acuerdo a la Tabla 2-4, la tarjeta de desarrollo que se elige para el diseño y construcción del prototipo pertenece a la familia Espressif (ESP), debido a que, poseen tanto pines digitales como analógicos, incluyen comunicación inalámbrica como lo es WiFi o bluetooth sin necesidad de adquirir módulos que incorporen esta tecnología, además, tienen un bajo costo en comparación a las otras familias.

2.8. Sistema de sensores

Son dispositivos que tienen la capacidad de percibir magnitudes físicas o químicas, las cuales son conocidas como variables de instrumentación, y convertirlas en señales o variables eléctricas (Reyes-Flores, 2019). En la Ilustración 2-10 se observa los tipos de sensores, así como: de proximidad, luz y temperatura.



Ilustración 2-10: Tipos de sensores

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Sensores de posición. - Establecen la ubicación de un objeto en relación a un punto de referencia determinado. Se dividen en dos categorías básicas, ya sea los de contacto, donde el objeto a medir entra en contacto mecánico con el sensor y, por otra parte, los sin contacto, donde no existe contacto físico entre el objeto y el sensor (EUDIM, 2023).

Sensores de luz. - Dispositivo que convierte la energía luminosa en radiaciones electromagnéticas o fotones y puede detectar cambios en la intensidad de la iluminación en una ubicación específica, esta magnitud es la misma que puede ser percibida por el ojo humano (Industrias GSL, 2021). Se emplean para calcular la iluminancia, por lo que conocer su valor permite determinar si la iluminación en dicho lugar es adecuada o inadecuada, por lo que, la insuficiencia de luz para iluminar una zona específica o el exceso de luz presente pueden ser los factores responsables de esta situación (Mecatrónica LATAM, 2021b).

Sensores de temperatura. - Instrumento que identifica cambios de la temperatura de un fluido, habitualmente, del aire o del agua y los convierte en una señal eléctrica que se transmite a un sistema electrónico, de tal manera que, esta señal ocasiona cambios específicos en dicho sistema, permitiendo así regular la temperatura adecuada (SRC, 2023).

2.8.1. Análisis comparativo de sensores

En la Tabla 2-5 se observa las familias de sensores con algunas de sus características.

Tabla 2-5: Comparativa entre familias de sensores

Características	Sensores de posición	Sensores de luz	Sensores de Temperatura
Rango de medición	0 m a 200 m	1 lux a 200.000 lux	-200°C a 4000°C
Objeto o variable detectable	Metal, no metal, imantados, sólidos, líquidos	Intensidad de luz	Calor de los cuerpos
Dispositivos	Inductivos, contacto, capacitivos, ópticos, magnéticos y ultrasónicos	Fotodiodos, Celdas fotovoltaicas, CCD, Fototransistores, Fotorresistencias	Termostato, termocuplas, RTD, termistores, infrarrojos
Señal salida	Todo – Nada, digital y analógica	Digital y analógica	Todo – Nada, digital y analógica

Fuente: EUDIM, 2023; Industrias GSL, 2021; Omega, 2023; Aragonés et al., 2003

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De acuerdo a la Tabla 2-5, la familia de sensores que se elige es el de posición, debido a que detectan una gran variedad de objetos y al existir diversos dispositivos es posible tener distintos tipos de señal de salida, lo cual dependiendo a la necesidad se puede optar por alguno de ellos para obtener un mejor sistema de control.

2.9. Sistema locomotor

Dentro del estudio realizado anteriormente de fotografía macro se detalla que un leve movimiento puede desfavorecer en el resultado de la fotografía, de tal modo que, para manejar la distancia de enfoque y adaptarse al ángulo de visión que permite la distancia focal del objetivo, el prototipo debe poseer un sistema que posibilite un movimiento mínimo y controlado, por lo que, un conjunto de motores paso a paso es una óptima elección. Estos son una excelente opción cuando se diseñan dispositivos mecánicos que necesitan movimientos altamente precisos (Malo, 2011). La característica clave que distingue a estos motores es su capacidad para moverse un paso por cada pulso que se suministra. Por lo general, consisten en un rotor con una variedad de imanes permanentes y un estator con un número específico de bobinas de excitación enrolladas en él. Además, tienen la capacidad de quedar bloqueados en una posición específica o bien permanecer completamente libres (Bolaños, 2021).

2.9.1. Tipos de motores paso a paso

Los motores a paso pueden estar contruidos ya sea de imán permanente, reluctancia variable además de poder ser híbridos como se muestran en la Ilustración 2-11.



Ilustración 2-11: Tipos de motores paso a paso

Fuente: Malo, 2011

Motor paso a paso de imán permanente. - utiliza en el rotor imanes permanentes y polos devanados en su estator, los cuales, al energizar distintas combinaciones de estos últimos, se logra el movimiento y la fijación del rotor en diferentes posiciones, de modo que, crea polos de polaridad opuestos para impulsar su avance (Mecatrónica LATAM, 2021a). Debido a su construcción simple, estos motores tienen un precio moderado y una resolución relativamente baja (TME Electronic Components, 2020).

Motor paso a paso de reluctancia variable. - El rotor está compuesto por múltiples dientes de hierro dulce que, al energizar las bobinas del estator con corriente continua, son atraídos por el campo magnético. Por otro lado, debido a la conmutación secuencial, el rotor gira en el ángulo establecido por la estructura del motor, además, de ser simples en su construcción y fáciles de controlar, estos motores presentan una resolución baja. Actualmente, su uso es poco común, además de ser bastantes raros (TME Electronic Components, 2020).

Motor paso a paso híbrido. - Utiliza imanes permanentes en su rotor, los cuales están magnetizados axialmente. Por lo general, está compuesto de dos anillos magnetizados de manera distinta que se encuentran ubicados en el eje del motor, en donde cada uno presenta ranuras que forman los dientes del rotor (TME Electronic Components, 2020).

2.9.2. Análisis comparativo de motores paso a paso

En la Tabla 2-6 se encuentran los motores paso a paso de imán permanente e híbridos con sus respectivas características, considerados por su disponibilidad en el mercado, por lo que los de reluctancia variable no se tendrán en cuenta para el análisis.

Tabla 2-6: Comparativa entre motores paso a paso de imán permanente e híbridos

Características	Imán permanente	Híbrido
Alimentación	3 a 24 V	3.9 a 24V
Corriente por fase	55 mA a 800 mA	0.6 A a 6 A
Paso angular	3° a 30°	0.9° a 3.6°

Fuente: Mouser Electronics, 2023; Cimech 3D, 2023; Stepperonline, 2023

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En base a la Tabla 2-6 se opta por el motor paso a paso híbrido, ya que, a diferencia de los de imán permanente tienen un paso angular menor, lo cual ayudará a tener un menor movimiento y mayor precisión para acercar o alejar el material fotosensible el cual se requiere fotografiar, además, su disponibilidad en el mercado facilita su adquisición, por lo que, también existe variada información sobre su uso.

2.10. Sistema de iluminación

Cuando se refiere a este tipo de sistemas, se está hablando de los dispositivos que se emplean para generar luz. Una lámpara o bombilla son equipos que convierten la energía eléctrica en luz. En la actualidad, se encuentra disponible en el mercado una amplia gama de lámparas que presentan diversas características y modos de funcionamiento (Rincón Educativo, s/f).

2.10.1. Tipos de lámparas

Dentro de fotografía, la fuente de iluminación puede darse por cuatro tipos de lámparas, estas son: incandescente, halógena, fluorescente y led como se observa en la Ilustración 2-12.



Ilustración 2-12: Tipos de lámparas

Fuente: La casa de la lámpara, 2019

Lámparas incandescentes. - La luz que se genera se logra a través del calentamiento de los filamentos en el interior de un foco, lo cual produce una iluminación de tonalidades cálidas o amarillentas. No obstante, estos dispositivos tienen el inconveniente de que consumen mucha más energía eléctrica que los demás tipos de focos de iluminación más recientes (Avisual SHOP, 2022).

Lámparas halógenas. - Este tipo de focos se basan en un equilibrio químico entre un filamento de tungsteno y una pequeña cantidad de halógeno que se encuentran en un recipiente con un gas inerte que emite calor y luz. Proporcionan una iluminación potente y constante (Avisual SHOP, 2022). El tipo de luz que emite se caracteriza por su temperatura de color similar a la del sol, además, era muy utilizada en el pasado, por lo que, actualmente su uso ha disminuido (Mares, s/f).

Lámparas fluorescentes. - Luminarias de descarga que utilizan vapor de mercurio a baja presión y están recubiertas con un polvo fluorescente, el cual, tiene la capacidad de transformar la radiación ultravioleta (UV) en radiación visible (Blasco, 2016). Estos focos permiten obtener principalmente dos tipos de iluminación: una con tonalidades cálidas y amarillas, y otra con tonalidades frías y blancas (Avisual SHOP, 2022).

Lámparas led. - Utiliza conjuntos de diodos, los cuales, son capaces de convertir la energía eléctrica en energía luminosa de forma directa, mediante la polarización por medio de un campo eléctrico (Castro y Postigua, 2015). Son rápidas, duraderas y requieren muy poca energía para funcionar. Ofrecen una amplia variedad de opciones de iluminación, desde tonalidades cálidas y amarillas hasta tonos fríos y blancos, así como la posibilidad de obtener luces de diferentes colores como rojo, azul y verde (Avisual SHOP, 2022).

2.10.2. Análisis comparativo de lámparas

En la Tabla 2-7 se muestran las características de las lámparas incandescentes, halógenas, fluorescentes y led.

Tabla 2-7: Comparativa de las características de los tipos de lámparas

Características	Incandescentes	Halógenas	Fluorescentes	Led
Consumo (200 a 2000 lúmenes)	25 - 250 W	18 - 152 W	5 - 33 W	2 - 20 W
Temperatura de color	2600 - 2700 K	2700 - 3000 K	4500 - 6500 K	2700 -7000K
Radiación UV	No	No	Si	No
Energía consumida en forma de calor	95%	90%	71.5%	2%

Fuente: Lampara Directa, 2023; lamparayluz.es, 2023; SkinDerma, 2016; La Información, 2018

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Basándose en la Tabla 2-7 se eligen las lámparas led por su consumo energético frente a las otras lámparas, la capacidad de ofrecer una temperatura de color más amplia, además de que, no emiten radiación UV y no desprende calor de manera significativa, casi nula, por lo que estos dos últimos factores se deben tener en cuenta para la preservación del material fotosensible.

2.11. Tecnologías de comunicación inalámbrica

En el estudio previo de fotografía macro se menciona que los movimientos involuntarios tienen un gran impacto en la nitidez y claridad de la imagen resultante. De manera que para evitar este tipo de acciones se opta por una comunicación inalámbrica como una alternativa para el control del prototipo. Las redes inalámbricas prescinden de la necesidad de cables ópticos o de par trenzado para transmitir información, ya que se basan en el uso de ondas electromagnéticas, en donde se utilizan varias técnicas de modulación. Esto hace que sean populares debido a su comodidad, bajo costo y capacidad de integración con otros componentes y redes de manera sencilla (Soto, 2021). Seguidamente se describe las principales tecnologías inalámbricas.

WiFi. - Tecnología de redes de área local inalámbricas de paquetes no guiados que emplea la transmisión de señales por ondas electromagnéticas de radio en torno a los 2,4 GHz o los 5 GHz. La misma se rige por las especificaciones del estándar IEEE 802.11 y se destaca por su fácil instalación, bajo costo, gran flexibilidad para expandir o modificar la red, reducción del tiempo

de implantación y permitir la total movilidad de los clientes, lo que se conoce como roaming (Mifsud y Lerma-Blasco, 2013).

Bluetooth. - Corresponde al estándar IEEE 802.15.1 y es conocida como picored. Esta tecnología permite la conexión de hasta 8 dispositivos activos en una relación maestro-esclavo. Los dispositivos que incluyen esta tecnología se dividen en tres grupos según su alcance máximo. Al utilizar la banda de 2,4 GHz, dos dispositivos que se encuentren dentro del rango de cobertura de cada uno pueden compartir una velocidad de transferencia de hasta 720 Kbps (Salazar, 2016).

Zigbee. - Se basa en el estándar IEEE 802.15.4, el cual fue desarrollado como un estándar abierto y global para satisfacer varias necesidades como la alta fiabilidad, fácil implementación y bajo consumo de energía. Esta tecnología puede utilizarse para establecer redes inalámbricas más amplias en las que la transmisión de datos no sea demasiado exigente en términos de cantidad, ya que, utiliza las bandas de frecuencia sin licencia de 2,4 GHz, 900 MHz y 868 MHz, y su velocidad de transmisión máxima es de 250 Kbps (Salazar, 2016).

2.11.1. Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas

En la Tabla 2-8 se expone una comparativa de las características fundamentales de las tecnologías de comunicación inalámbricas.

Tabla 2-8: Comparativa de tecnologías inalámbricas

Características	WiFi	Bluetooth	Zigbee
Estándar	IEEE 802.11n	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4
Banda de frecuencia	2.4 GHz y 5 GHz	2.4 GHz	868 MHz, 900 MHz, 2.4 GHz
Rango nominal	250 m	10 m	10 m
Máxima velocidad de transmisión	600 Mbps	720 Kbps	250 Kbps
Tipo de red	WLAN	WPAN	WPAN

Fuente: Salazar, 2016

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Del análisis de la Tabla 2-8, se establece que la tecnología de comunicación inalámbrica WiFi es la apropiada para el desarrollo del prototipo, debido a que, brinda una máxima velocidad de transmisión de 600 Mbps, además tiene un rango nominal de alcance mayor en comparación a las demás tecnologías.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se establecen los requerimientos que debe cumplir el prototipo electrónico, se detalla la concepción de la arquitectura, los bloques que lo conforman, los elementos de *hardware* y *software*, además se describe las conexiones y algoritmos para su implementación.

3.1. Requerimientos del dispositivo digitalizador de imágenes

En base a la investigación realizada en el capítulo anterior se planteó los requerimientos necesarios para el diseño e implementación de un prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible los cuales se describen a continuación:

- El prototipo será utilizado para digitalizar diapositivas a color.
- El dispositivo permitirá realizar la digitalización mediante las cámaras Canon EOS 90D y Canon EOS M50, las cuales cuentan con la capacidad de establecer comunicación con una computadora para su control de forma remota, así como la adquisición de imágenes.
- Los parámetros que se deberán controlar incluyen la cantidad de luz roja, verde y azul, así como la intensidad luminosa. Además, se gestionará el desplazamiento de la diapositiva, el cual se refiere a la distancia existente entre la diapositiva y el lente de la cámara.
- Para lograr el desplazamiento de la diapositiva, se empleará el diseño de una base que utilizará tornillos sin fin. En este proceso, el desplazamiento mínimo será de 1 mm, con una tolerancia de error de hasta 0,60 mm. Todo esto se persigue con el objetivo de obtener una mejor definición al momento de enfocar la cámara. Además, la mencionada base tendrá un rango de desplazamiento de hasta 31 cm.
- Dentro del diseño de la base, se incluirá una porta-diapositiva diseñada para colocar diapositivas de 35 mm, asegurando su sujeción durante el proceso de digitalización.
- El dispositivo estará equipado con sensores de posición, ubicados al inicio y al final del rango de desplazamiento, con el propósito de prevenir cualquier exceso de movimiento.
- Los actuadores que se emplearán en este dispositivo serán: luces led RGB y motores paso a paso.
- El ingreso de información se llevará a cabo mediante potenciómetros, una pantalla HMI y una aplicación móvil. Para presentar los datos al usuario con respecto a las luces RGB, se empleará una escala que va desde 0 hasta 255, además de proporcionar una conversión en

forma de porcentaje, abarcando valores desde 0 hasta 100. Asimismo, se indicará la distancia recorrida por la diapositiva.

- Se creará una aplicación móvil que permitirá el control de los valores de RGB y la distancia de enfoque. Esta aplicación se conectará al dispositivo mediante una base de datos y estará diseñada para establecer una conexión a través de WiFi.
- El dispositivo dispondrá de una base de datos encargada de almacenar los datos de RGB y la distancia de enfoque. Además, estará equipado con una batería cuya duración será de 6 minutos, lo que permitirá al usuario guardar los valores en la memoria EEPROM de la tarjeta de desarrollo.
- La pantalla HMI contará con 4 modos de operación, de los cuales dos se utilizarán para controlar los parámetros de la distancia de enfoque y la cantidad de luz RGB. La diferencia entre ambos radica en que el control de la iluminación en el primer menú será digital, mientras que en el segundo se realizará mediante potenciómetros. En referencia al tercer modo de operación, el dispositivo permitirá el control inalámbrico a través de la aplicación móvil. Por último, el cuarto modo estará destinado a la consulta en la base de datos de los valores de RGB y la distancia de enfoque.

3.2. Concepción de la arquitectura general del prototipo

En la Ilustración 3-1 se puede observar las cinco etapas fundamentales del prototipo digitalizador: sensado, ingreso y visualización de parámetros, procesamiento, actuación, adquisición de imágenes.

Etapas de sensado. - Está compuesto por sensores diseñados para detectar la posición de inicio y fin del rango de desplazamiento de la diapositiva. La activación de estos sensores es procesada a través de la tarjeta de desarrollo.

Etapas de ingreso y visualización de parámetros. - Su función principal consiste en presentar los parámetros a manipular a través de una interfaz táctil de pantalla HMI y una aplicación móvil. Estas interfaces permiten al usuario realizar modificaciones en la distancia de enfoque, así como la cantidad de luz roja, verde y azul, al igual que la intensidad luminosa. Además, la iluminación puede regularse utilizando los potenciómetros disponibles. Por otra parte, la aplicación móvil está vinculada a la base de datos a través de la red. Esto posibilita el envío de los parámetros manipulados hacia la etapa de procesamiento.

Etapa de procesamiento. - Se encarga de la recepción, procesamiento e interpretación de la información. Los actuadores se activan en función de la distancia de enfoque y la iluminación necesaria para digitalizar la diapositiva. Además, este módulo establece una conexión inalámbrica a través de Wi-Fi con un Gateway, el cual, a su vez, se conecta a internet para almacenar la información en una base de datos.

Etapa de actuación. - Sigue las instrucciones de la etapa de procesamiento por medio de la tarjeta de desarrollo. La iluminación se activa al encender las luces RGB, mientras que los motores paso a paso se ponen en funcionamiento al activar sus bobinas.

Etapa de adquisición de imágenes. - Tiene la responsabilidad de llevar a cabo la digitalización. Para ello, está compuesta por una cámara digital que captura la iluminación emitida por la imagen de la diapositiva a color. Una vez que la imagen pasa por su sistema de procesamiento, se obtiene una versión digital de la misma. Además, con el propósito de facilitar la visualización de la imagen a digitalizar y permitir al usuario ejercer un control remoto sobre la cámara, se habilita una conexión Wi-Fi con una computadora, para que también, permita que la imagen digitalizada se almacene directamente en la computadora.

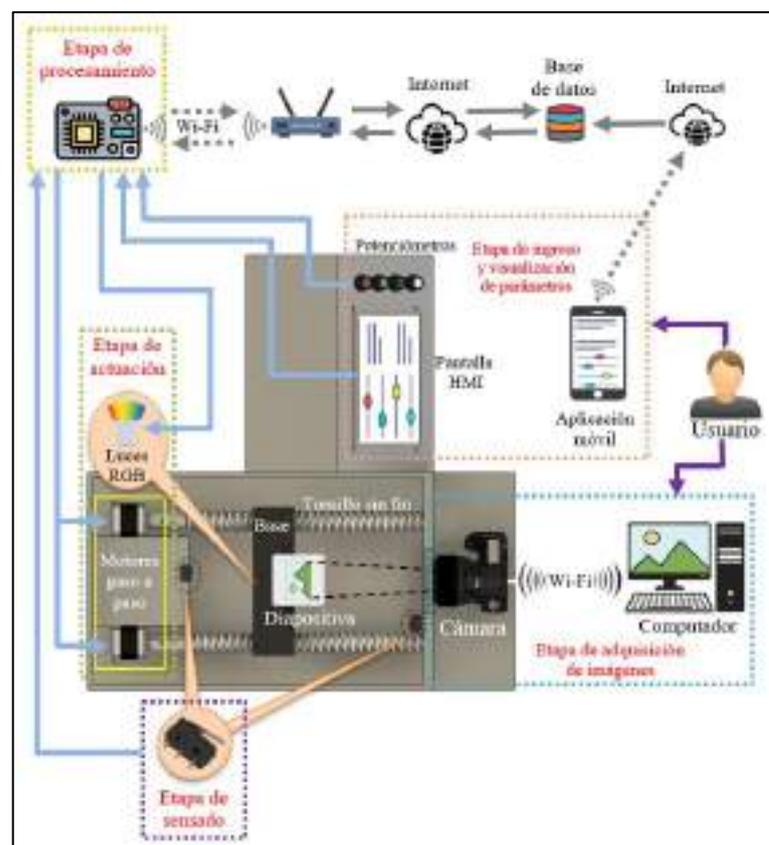


Ilustración 3-1: Concepción general del prototipo

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.3. Diseño de la arquitectura del dispositivo digitalizador de imágenes

En la Ilustración 3-2 se observa el diagrama para explicar el funcionamiento de cada bloque que consta el dispositivo digitalizador de imágenes.

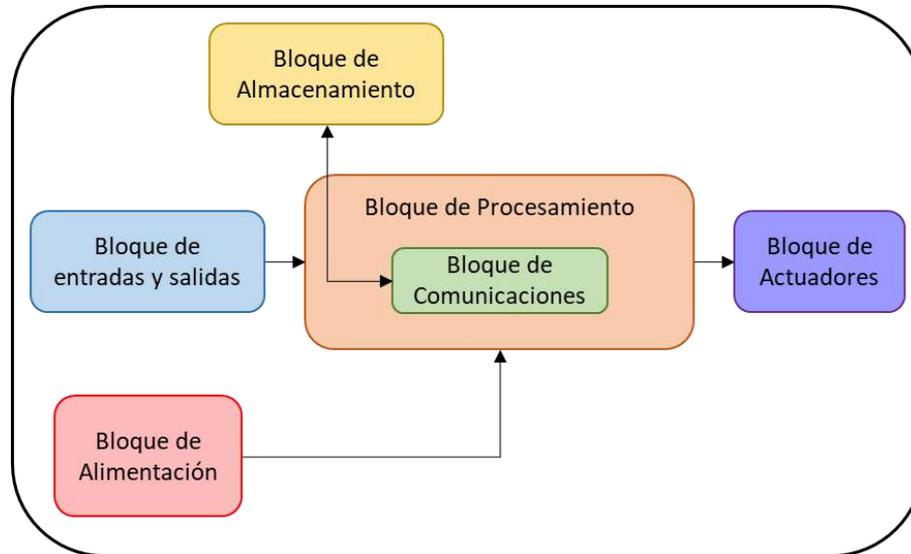


Ilustración 3-2: Diagramas de bloques del prototipo

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

- **Bloque de alimentación:** El dispositivo funciona con la red convencional a 110V, que posteriormente es rectificadora a 12V para utilizarlos en los distintos componentes. Además, este bloque incluye una batería que entra en funcionamiento cuando la alimentación eléctrica de la red sea interrumpida.
- **Bloque de entradas y salidas:** El usuario tiene la capacidad de introducir información mediante el HMI, los potenciómetros y la aplicación móvil. Para asegurar una retroalimentación adecuada, se muestra en pantalla los valores ingresados a través del HMI y los potenciómetros.
- **Bloque de procesamiento:** Los datos ingresados en el bloque de entradas y salidas son procesados a través de una tarjeta de desarrollo ESP32, la cual tiene la función de controlar todo el dispositivo.
- **Bloque de actuadores:** Las señales provenientes del bloque de procesamiento son visibles en los actuadores, los cuales constan de motores paso a paso empleados para generar el desplazamiento de la base que sostiene la diapositiva, junto con luces led RGB encargadas de proporcionar la iluminación adecuada a la diapositiva.

- **Bloque de comunicación:** La tarjeta de desarrollo ESP32 cuenta con un módulo Wi-Fi incorporado, el cual se utiliza para enviar y recibir información desde el bloque de almacenamiento.
- **Bloque de almacenamiento:** Los datos que el usuario está generando para la digitalización pueden ser guardados en una base de datos en línea, lo que permite su consulta posterior. Además, es posible guardarlos en la memoria EEPROM de la tarjeta de desarrollo ESP32, especialmente cuando el dispositivo no cuente con alimentación de la red eléctrica, evitando así la necesidad de reiniciar todo el proceso de digitalización desde cero.

3.4. Selección de *hardware* para el dispositivo digitalizador de imágenes

A continuación, se presentan las características más relevantes de los componentes *hardware* empleados para la construcción del prototipo digitalizador.

3.4.1. ESP32

En su diseño, incorpora la placa SoM ESP-WROOM-32, la cual está basada en el SoC ESP32, véase la Ilustración 3-3. También incluye el convertidor USB-serial CP2102, que es necesario para programar. Además, cuenta con reguladores de voltaje y leds indicadores. Está equipado con una CPU de 32 bits de dos núcleos, los cuales pueden ser controlados de manera independiente y alcanzar una velocidad de hasta 240 MHz. En términos de conectividad, ofrece la posibilidad de utilizar varios protocolos de comunicación inalámbrica, tales como WiFi, Bluetooth y BLE. Dispone de una amplia gama de recursos, como *software*, lenguajes de programación, *frameworks*, librerías y códigos, entre los cuales se incluye Arduino, el cual se utiliza en lenguaje C++ (Naylamp Mechatronics, 2023f).

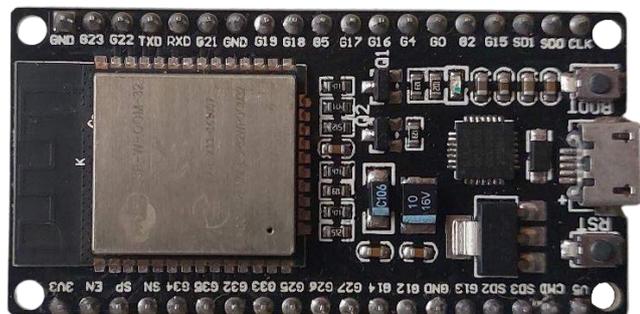


Ilustración 3-3: ESP32

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-1 se presenta las principales especificaciones técnicas de la tarjeta de desarrollo ESP32. Para obtener información adicional, véase el ANEXO B.

Tabla 3-1: Principales especificaciones técnicas de la ESP32

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de alimentación	5V
Consumo de corriente normal	50 mA
Consumo de corriente con funcionamiento WiFi	180 mA
CPU	Dual-Core Tensilica Xtensa LX6
Pines digitales	24
Pines analógicos	18
Memoria ROM	448 KB
Memoria SRAM	520 KB
QSPI Flash/SRAM	4 MB
Frecuencia de Reloj	Hasta 240MHz
Dimensiones	55 mm × 28 mm × 11 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2023f; RadioShuttle, 2018

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Para conocer la distribución de los terminales que posee la ESP32 se puede observar la Ilustración 3-4.

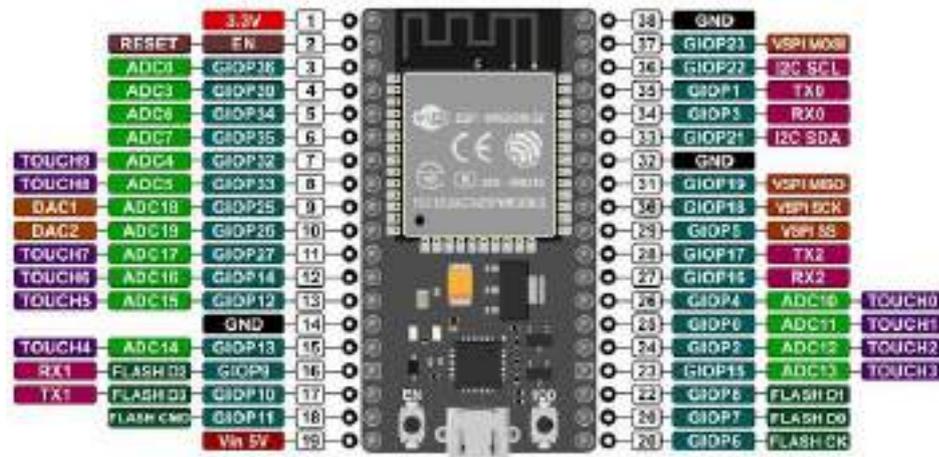


Ilustración 3-4: Terminales de la ESP32

Fuente: Asanza, s/f

En base a la Ilustración 3-4, los terminales a utilizar de la ESP32 dentro del dispositivo digitalizador de imágenes se detallan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Terminales utilizados de la ESP32

Terminales ESP32	Función
Terminal 1	3,3 V
Terminal 3	Potenciómetro para el color rojo
Terminal 4	Potenciómetro para el color verde
Terminal 5	Potenciómetro para el color azul
Terminal 6	Potenciómetro para la intensidad de luz
Terminal 7	Final de carrera punto de inicio
Terminal 8	Final de carrera punto final
Terminal 14	GND
Terminal 19	5 V
Terminal 27	Terminal IN Matriz Neopixel 8x8
Terminal 28	Terminal DIR Drivers DRV8825
Terminal 30	Terminal STEP Drivers DRV8825
Terminal 31	Terminal SLP Driver DRV8825
Terminal 34	Terminal TX del HMI Nextion
Terminal 35	Terminal RX del HMI Nextion

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.2. Driver DRV8825 para motor paso a paso

Es un controlador capaz de regular motores paso a paso bipolares de hasta 2,5 amperios, debido a que este dispositivo, se basa en el chip de *Texas Instruments* como se puede observar en la Ilustración 3-5. Ofrece la capacidad de ajustar la corriente máxima de salida mediante un potenciómetro. Además, cuenta con seis opciones de resolución de *microstepping* diferentes, con una resolución máxima de 1/32. Este controlador es compatible con voltajes de alimentación que oscilan entre 8,2V y 45V, además, es capaz de suministrar una corriente de 1,5A por bobina sin necesidad de ventilación forzada o disipador térmico, y también puede soportar picos de corriente de hasta 2,5A (Naylamp Mechatronics, 2023c).

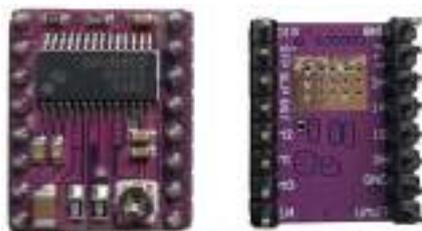


Ilustración 3-5: Driver DRV8825

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-3 se describe las especificaciones técnicas del driver controlador de motores a pasos. Para obtener información adicional, véase el ANEXO C.

Tabla 3-3: Principales especificaciones técnicas del driver DRV8825

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de alimentación	8,2 V - 45V
Voltaje de control lógico	3,3 V - 5 V
Corriente de salida	1,5A por bobina (máx. 2,5A con ventilación)
Resoluciones de pasos	full-step, half-step, 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32
Protección contra cortocircuito	Si
Dimensiones	20 mm × 15 mm × 11 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2023c

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Para conocer la distribución de los terminales que posee el driver DRV8825 se puede observar la Ilustración 3-6.

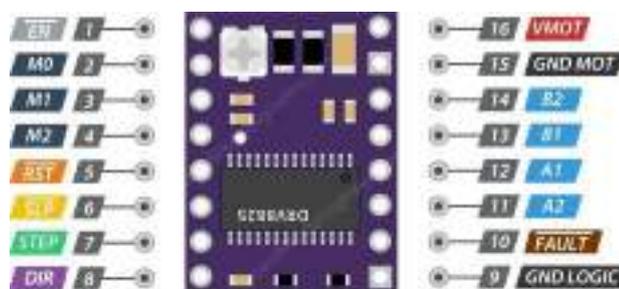


Ilustración 3-6: Terminales del Driver DRV8825

Fuente: Last Minute Engineers, 2023

Los terminales a utilizar del driver DRV8825 para el dispositivo digitalizador de imágenes se detallan en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Pines utilizados del driver DRV8825

Pines ESP32	Función
Terminal 5	Reset
Terminal 6	Modo sleep
Terminal 7	Entrada de PWM para realizar los pasos
Terminal 8	Dirección de giro del motor
Terminal 9	GND lógico
Terminal 11	Terminal 1 bobina 1 del motor
Terminal 12	Terminal 2 bobina 1 del motor
Terminal 13	Terminal 1 bobina 2 del motor
Terminal 14	Terminal 2 bobina 2 del motor
Terminal 15	GND alimentación motor
Terminal 16	12 V alimentación motor

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.3. Motor a pasos NEMA 17 17HS4401

Este motor cumple con el estándar Nema 17, que establece el tamaño para el montaje. Se trata de un motor bipolar con un ángulo de paso de 1,8 grados, lo que equivale a 200 pasos por vuelta. Cada bobina soporta una corriente de 1,7 amperios y puede generar un torque de hasta 4 kg/cm. Además, es útil cuando se necesita una precisión en el posicionamiento, de modo que, este dispositivo posee precisión de giro y facilidad de control (Geek Factory, 2023), véase en la Ilustración 3-7.



Ilustración 3-7: Motor a pasos NEMA 17

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-5 se describe las especificaciones técnicas del motor paso a paso. Para obtener información adicional, véase el ANEXO D.

Tabla 3-5: Principales especificaciones técnicas del motor a pasos NEMA 17

Especificación técnica	Descripción
Tipo motor	Bipolar
Voltaje de operación	12 V
Corriente	1,7 A
Torque	4000 g/cm
Ángulo del paso	1,8 grados
Pasos por vuelta	200
Resistencia por fase	1,5 ohms
Diámetro del eje	5 mm

Fuente: Geek Factory, 2023

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.4. *Matriz NeoPixel WS2812B 8×8 LED RGB*

Compuesta por 64 píxeles, como se observa en la Ilustración 3-8, en la cual es posible tener un control individual del color y la intensidad de cada uno de ellos. Además, permite la posibilidad de conectarlos en serie para lograr un mayor tamaño. De modo que, esto se logra mediante el uso de un único pin para el bus de datos, por lo que exige un control preciso de los tiempos, lo cual se logra mediante la utilización de un microcontrolador en tiempo real, en donde este debe tener una velocidad mínima de 8MHz (Naylamp Mechatronics, 2023e).

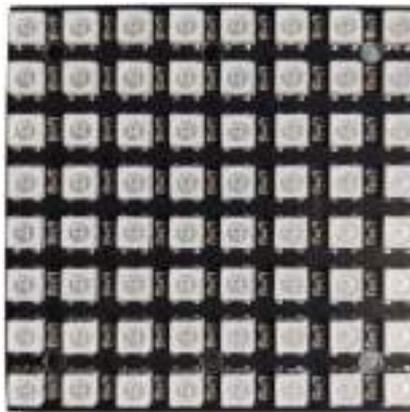


Ilustración 3-8: Matriz Neopixel WS2812B 8×8 LED RGB

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-6 se describe las principales especificaciones técnicas de la Matriz NeoPixel WS2812B 8×8 LED RGB. Para obtener información adicional, véase el ANEXO E.

Tabla 3-6: Principales especificaciones técnicas de la Matriz Neopixel 8×8 LED RGB

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de alimentación	5 V
Corriente máxima por pixel	60 mA
Ángulo de visión	120 grados
Dimensiones	65 mm × 65mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2023e

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.5. *Nextion pantalla táctil inteligente HMI NX8048P070-011C*

Es una solución de interfaz hombre-máquina (HMI), véase la Ilustración 3-9, que integra un procesador y se conecta a la unidad de control principal (MCU periférica) mediante una conexión

TTL Serial. Permite que la MCU periférica actualice de manera sencilla el progreso y el estado de la pantalla utilizando instrucciones simples basadas en texto ASCII. Además, posee un *hardware* potente en términos de almacenamiento flash y SRAM (Nextion, 2022a).



Ilustración 3-9: Nextion pantalla táctil inteligente HMI

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-7 se describe las principales especificaciones técnicas de la pantalla táctil inteligente Nextion. Para obtener información adicional, véase el ANEXO F.

Tabla 3-7: Principales especificaciones técnicas de Nextion pantalla inteligente HMI

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de operación	5 V
Corriente	430 mA
Tamaño de pantalla	7 pulgadas
Panel táctil	Capacitivo
Resolución	800 x 480 píxeles
Memoria Flash	120 MB
Memoria RAM	512 KB
Memoria EEPROM	1024 bytes
Dimensiones	181 mm × 108 mm × 9,3 mm

Fuente: Nextion, 2022a

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.6. Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596

En la Ilustración 3-10 se observa el módulo, el cual se encarga de proporcionar un voltaje de salida constante que sea menor que el voltaje de entrada, incluso cuando haya cambios en el voltaje de entrada o en la carga conectada. Además, para garantizar un funcionamiento óptimo, es necesario que el nivel de voltaje de entrada sea al menos 1,5V superior al nivel de voltaje de salida, de lo contrario, se puede experimentar problemas de eficiencia y rendimiento (Naylamp Mechatronics, 2023a).

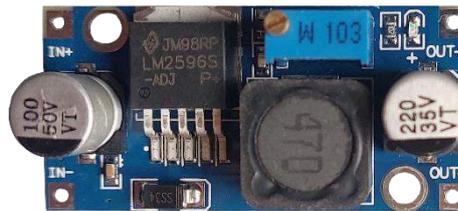


Ilustración 3-10: Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-8 se describe las especificaciones técnicas del Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596. Para obtener información adicional, véase el ANEXO G.

Tabla 3-8: Principales especificaciones técnicas del Regulador de voltaje LM2596

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	4,5 V - 40 V
Voltaje de salida	1,23 V - 37 V
Corriente de salida máxima	3 A
Frecuencia de conmutación	150 KHz
Dimensiones	43 mm × 21 mm × 13 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2023a

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.7. Convertidor DC-DC Buck XL4015 de 5A

Su función principal es proporcionar un nivel de tensión de salida menor que el nivel de tensión de entrada, siguiendo un funcionamiento típico de un reductor de voltaje. Además, este convertidor se distingue por tener un bajo nivel de rizado de tensión, por lo que, para garantizar un buen rendimiento es necesario que el nivel de voltaje de entrada sea al menos 1,25V superior al nivel de tensión de salida (Vistrónica, s/f), véase en la Ilustración 3-11.

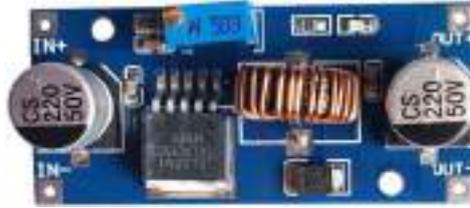


Ilustración 3-11: Convertidor XL4015

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-9 se describe las especificaciones técnicas del Convertidor DC-DC Buck XL4015 de 5A. Para obtener información adicional, véase el ANEXO H.

Tabla 3-9: Principales especificaciones técnicas del Convertidor Buck XL4015

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	4 V - 38 V
Voltaje de salida	1,25 V - 36 V
Corriente de salida máxima	5 A
Frecuencia de conmutación	180 KHz
Dimensiones	54 mm × 23 mm × 18 mm

Fuente: Vistrónica, s/f

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.8. *Final de carrera*

También conocido como interruptor de posición, es un tipo de sensor electromecánico que utiliza un mecanismo de accionamiento mecánico para detectar la posición de un elemento móvil, véase en la Ilustración 3-12. Aunque son ampliamente utilizados y se consideran los sensores más comunes en todo el mundo, siguen siendo sensores de contacto que requieren estar en contacto físico con el objeto para detectar cuando un elemento móvil alcanza una posición específica (Laumayer, 2020).



Ilustración 3-12: Final de carrera

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.9. Módulo TP4056 cargador de baterías litio con protección

Utilizado para cargar baterías de una sola celda LiPo o Li-ion de 3,7V con una capacidad de 1 Ah o superior, véase la Ilustración 3-13. Basado en los chips TP4056 y DW01 de protección de batería, este módulo ofrece una corriente de carga de 1A y se desconecta una vez que la carga está completa. Además, cuenta con protección contra sobretensión y polaridad inversa, de modo que, en caso que suceda por lo general se destruye en lugar de la batería. Por otro lado, cuando el voltaje de la batería cae por debajo de 2,4V, el chip de protección desconecta la carga para evitar que la celda funcione a una tensión demasiado baja (Novatronic, 2020).

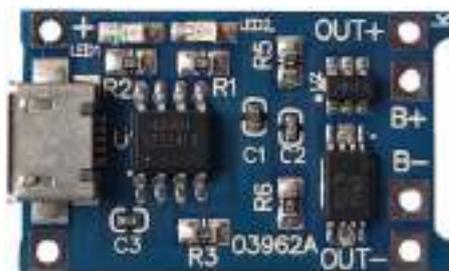


Ilustración 3-13: Módulo TP4056

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-10 se describe las especificaciones técnicas del Módulo TP4056 cargador de baterías litio con protección. Para obtener información adicional, véase el ANEXO I.

Tabla 3-10: Principales especificaciones técnicas del Módulo TP4056

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	4,5 V - 5,5 V
Voltaje de carga completa	4,2 V
Corriente de carga	1 A, configurable cambiando una resistencia
Precisión de carga	1,5%
Temperatura de trabajo	-10°C a +85°C
Dimensiones	25 mm × 19 mm × 10 mm

Fuente: Novatronic, 2020

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.10. Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A

En la Ilustración 3-14 se observa el regulador, el cual tiene como función proporcionar un voltaje de salida constante que supere el voltaje de entrada, incluso en situaciones donde haya variaciones

en el voltaje de entrada o carga. Además, posee una alta eficiencia de conversión, una regulación de línea excelente y un bajo voltaje de rizado. Por otro lado, es capaz de manejar corrientes de salida de hasta 2A, con un rango de voltaje de entrada que va desde 2V hasta 24V, y un rango de voltaje de salida de 5V a 28V (Naylamp Mechatronics, 2023b).



Ilustración 3-14: Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-11 se describe las especificaciones técnicas del Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A. Para obtener información adicional, véase el ANEXO J.

Tabla 3-11: Principales especificaciones técnicas del Regulador MT3608

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	2 V – 24 V
Voltaje de salida	5 V - 28 V
Corriente de salida máxima	2 A
Frecuencia de trabajo	1,2 MHz
Dimensiones	36 mm × 17 mm × 7 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2023b

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.11. Tornillo sin fin de 4 hilos

También conocido como tornillo de potencia se utiliza ampliamente en sistemas donde se requiere convertir el movimiento rotacional en movimiento lineal. De modo que, cuando el tornillo gira impulsado por un motor, la tuerca se desplaza en línea recta. Tiene un diámetro de 8 mm y presenta una rosca trapezoidal métrica con 4 hilos/entradas/hélices. El paso del tornillo es de 2 mm, lo que significa que la tuerca se desplaza 8 mm por cada vuelta completa del tornillo (Naylamp Mechatronics, 2023g), véase la Ilustración 3-15.



Ilustración 3-15: Tornillo sin fin de 4 hilos

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.12. Fuente de alimentación

Para seleccionar la capacidad de la fuente de alimentación, se debe realizar el dimensionamiento del consumo de los distintos componentes *hardware* del dispositivo digitalizador de imágenes como se observa en la Tabla 3-12. Dentro de la comparación realizada se considera el voltaje de operación del componente, corriente cuando el componente carece de carga y corriente cuando el componente cuenta con una carga. Además, se observa que en la mayor parte de los componentes se necesita de un amperaje superior cuando el componente posee una carga.

Tabla 3-12: Cálculo de consumo de corriente del dispositivo digitalizador

Cantidad	Componente	Voltaje de operación	Corriente sin carga	Corriente con carga
1	ESP32	5 V	185 mA	185 mA
2	Drivers DRV8825	5 V	300 uA	300 uA
2	Motores a pasos NEMA 17 17HS4401	12 V	1340 mA	1400 mA
1	Matriz NeoPixel WS2812B 8x8 LED RGB	5 V	1.2 mA	3840 mA
1	Nextion pantalla táctil inteligente HMI NX8048P070-011C	5 V	173 mA	448 mA
1	Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596	12V - 5V	7,1 mA	7,1 mA
1	Convertidor DC-DC Buck XL4015 de 5A	12V - 5V	4,5 mA	4,5 mA
1	Módulo TP4056 cargador de baterías litio con protección	5 V	2,5 mA	1280 mA
1	Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A	3,7V- 5V	500 uA	500 uA
Consumo total de corriente				7165,4 mA

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En base a la Tabla 3-12 se determina que 7165,4 mA es el consumo total de corriente, además el mayor voltaje de operación que se debe atender es de 12V, por lo que una fuente de alimentación que cumpla dichos parámetros, es necesaria para dar energía al dispositivo digitalizador.

Considerando los factores mencionados anteriormente, se opta por una fuente de poder comercial de 12V 8,5A, como se observa en la Ilustración 3-16. De modo que, es un dispositivo cuya función principal es transformar el voltaje alterno de entrada proveniente de la red eléctrica doméstica en voltaje continuo de salida (Naylamp Mechatronics, 2023d).

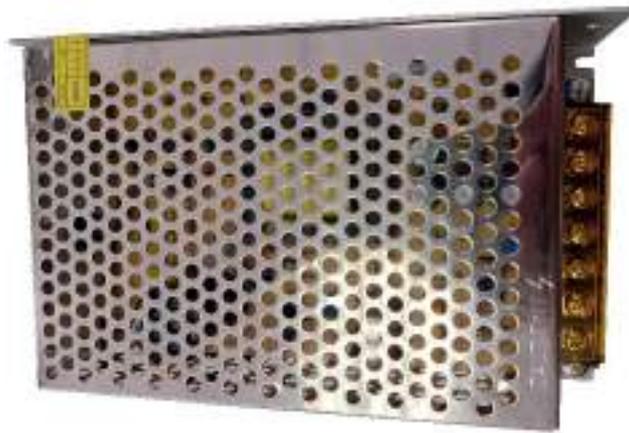


Ilustración 3-16: Fuente de poder 12V 8,5A

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-13 se describe las principales especificaciones técnicas de la fuente de poder 12V 8,5A.

Tabla 3-13: Principales especificaciones técnicas de la Fuente de poder 12V 8,5A

Especificación técnica	Descripción
Voltaje de entrada	110 V AC 60Hz
Voltaje de salida	12 V DC
Corriente de salida máxima	8,5 A
Potencia máxima	100 W
Temperatura de trabajo	-10 °C a +60 °C
Protección	Sobrecarga, sobretensión
Dimensiones	199 mm × 98 mm × 38 mm

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2023d

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.4.13. Batería LiPo

Para cumplir el requerimiento de poder guardar los parámetros en la memoria EEPROM de la tarjeta de desarrollo después de un corte de energía de la red eléctrica, se dispondrá de una batería para mantener tanto la ESP32 como la pantalla táctil inteligente HMI Nextion encendidos, además

de tener en cuenta el Regulador DC-DC MT3608 para el funcionamiento de los dos dispositivos. Por lo cual, en base a la Tabla 3-12 y considerando las corrientes con carga de los componentes mencionados, la demanda que se debe atender es de 633,5 mA (I_c). Dadas las condiciones anteriores, se escoge la batería LiPo 1S 3,7V 300MAH TATTU, véase la Ilustración 3-17, la cual está fabricada con materiales que la mantienen estable, segura y potente (Grupo Electrostore, 2019).



Ilustración 3-17: Batería LiPo 1S 3,7V 300MAH TATTU

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-14 se describe las especificaciones técnicas del funcionamiento de la Batería LiPo 1S 3,7V 300MAH TATTU.

Tabla 3-14: Principales especificaciones técnicas de la Batería LiPo TATTU

Especificación técnica	Descripción
Capacidad (I_b)	300mAh
Voltaje (V_b)	3,7 V
Tasa de descarga	75C
Peso neto	8,05 g
Dimensiones	68 mm × 12 mm × 6 mm

Fuente: Grupo Electrostore, 2019

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Para conocer el estimado del tiempo de uso de la batería se determina con la ecuación 1:

$$h = \frac{V_b * I_b}{V_b * I_c} \quad (1)$$

Donde:

V_b : voltaje de la batería

I_b : corriente de la batería

I_c : corriente total de consumo

h : duración en horas de la batería

De esta manera se obtiene un estimado de 0,47 horas, el cual cumple con el requerimiento establecido al inicio del capítulo.

3.5. Esquema de conexión electrónica del dispositivo digitalizador de imágenes

En la Ilustración 3-18 se observa las conexiones del dispositivo, el cual está compuesto por la tarjeta de desarrollo ESP32, *drivers* DRV8825, encargados del procesamiento y activación de motores respectivamente. Además, se cuenta con módulos reductores de voltaje para distintos amperajes como el LM2596 y XL4015, así también, como módulos como el elevador MT3608 y el cargador de baterías de litio TP4056, de manera que todos estos componentes proporcionen la alimentación al sistema. A continuación, se detalla el esquema de conexión de *hardware* para el dispositivo digitalizador de imágenes.

- El sistema se alimenta con una fuente de poder de 12V, que consta de dos terminales V+ y dos terminales COM, de modo que, con un terminal V+ junto con un terminal COM que suministra dicho voltaje, se conectan a un condensador y a los terminales V_MOT y GND_MOT de los *drivers* DRV8825 respectivamente, mientras los terminales V+ y COM restantes se conectan en el orden dado a los terminales de entrada IN+ e IN- de los módulos reguladores de voltaje LM2596 y XL4015.
- La matriz NeoPixel conecta sus terminales V+ y V- a los terminales de salida OUT+ y OUT- del módulo reductor XL4015 respectivamente, en donde estos terminales proporcionan un voltaje de 5V.
- Para los *drivers* DRV8825 se conectan a 5V el terminal RST, voltaje que es suministrado por el terminal OUT+ del módulo MT3608, mientras que el pin GND está conectado al terminal OUT- del mencionado módulo.
- Las bobinas de cada motor paso a paso se conectan a los terminales A1, A2, B1 y B2 de su correspondiente *driver* DRV8825.
- Para el cargador de baterías TP4056, sus terminales de entrada + y - están conectados a los terminales OUT+ y OUT- del módulo reductor LM2596 respectivamente, en donde este último componente proporciona un voltaje de 5V. Asimismo, estos terminales positivos se conectan a una resistencia, al GATE del MOSFET y al ánodo del diodo Schottky. Por otro lado, los terminales B+ y B- del cargador se conectan a la batería de litio y el terminal OUT+ está conectado al DRAIN del MOSFET.
- El terminal VIN+ del módulo elevador MT3608 se encuentra enlazado con el cátodo del diodo Schottky y el SOURCE del MOSFET, mientras que el terminal VIN- se conecta al terminal OUT- del módulo reductor LM2596. En cuanto a los terminales de salida del módulo MT3608, VOUT+ y VOUT- están conectados a los terminales 5V y GND tanto de la ESP32 como del HMI Nextion, en donde para la alimentación de este último pasará por un fusible.

Terminadas las conexiones de los componentes, se procede a llevar a cabo el diseño de la placa PCB, utilizando el software EAGLE en su versión 9.6.2, el cual, se destaca como un programa de automatización para el diseño electrónico, que facilita a los diseñadores de placas de circuito impreso enlazar de manera fluida diagramas esquemáticos, la disposición de componentes, el enrutamiento de las PCB y el contenido de una extensa biblioteca (Autodesk, 2023). Con el propósito de comprender el funcionamiento de esta herramienta, Autodesk (2019) pone a disposición de los usuarios un manual detallado. El diseño de la placa PCB se puede apreciar en la Ilustración 3-19.

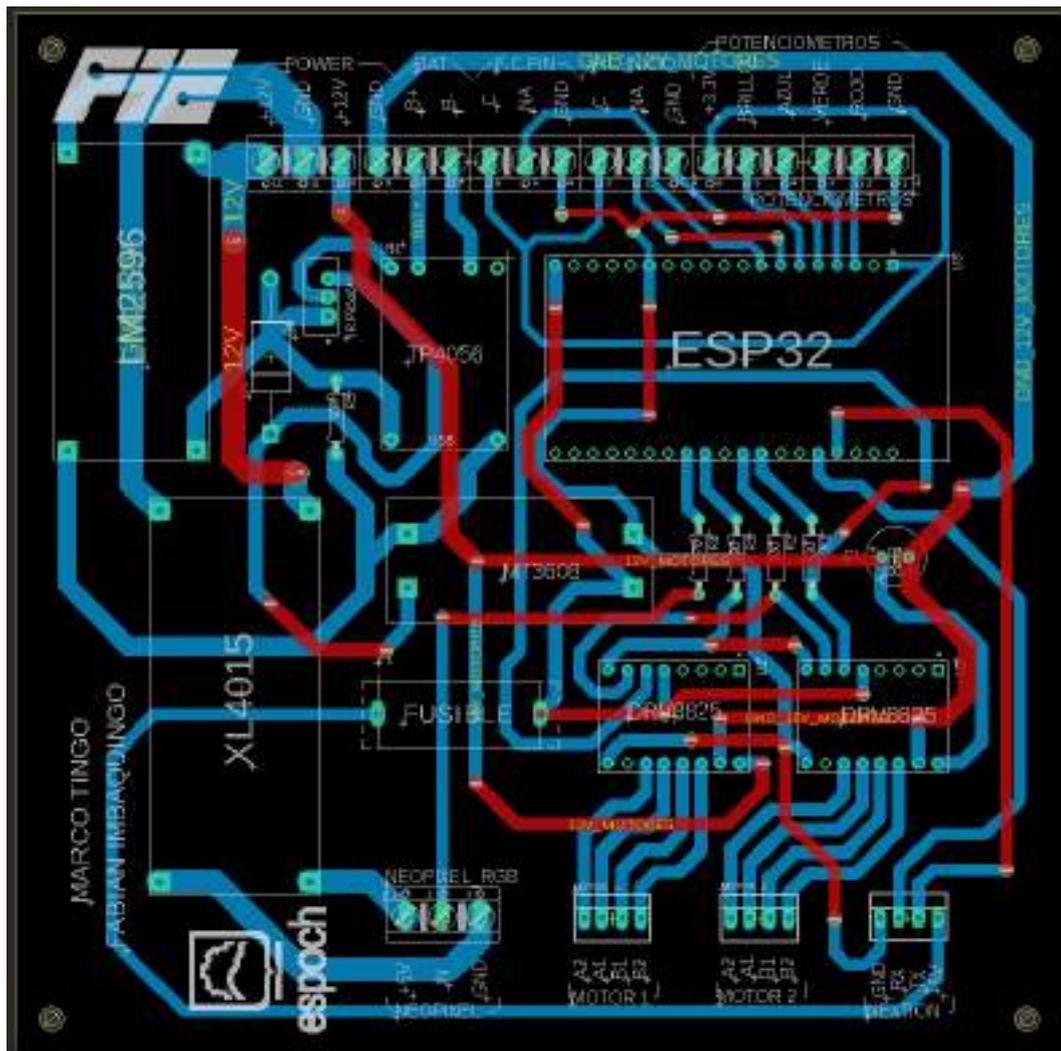


Ilustración 3-19: Diseño de la placa PCB

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

La implementación física de los componentes *hardware* en la placa PCB, se muestra en la Ilustración 3-20.

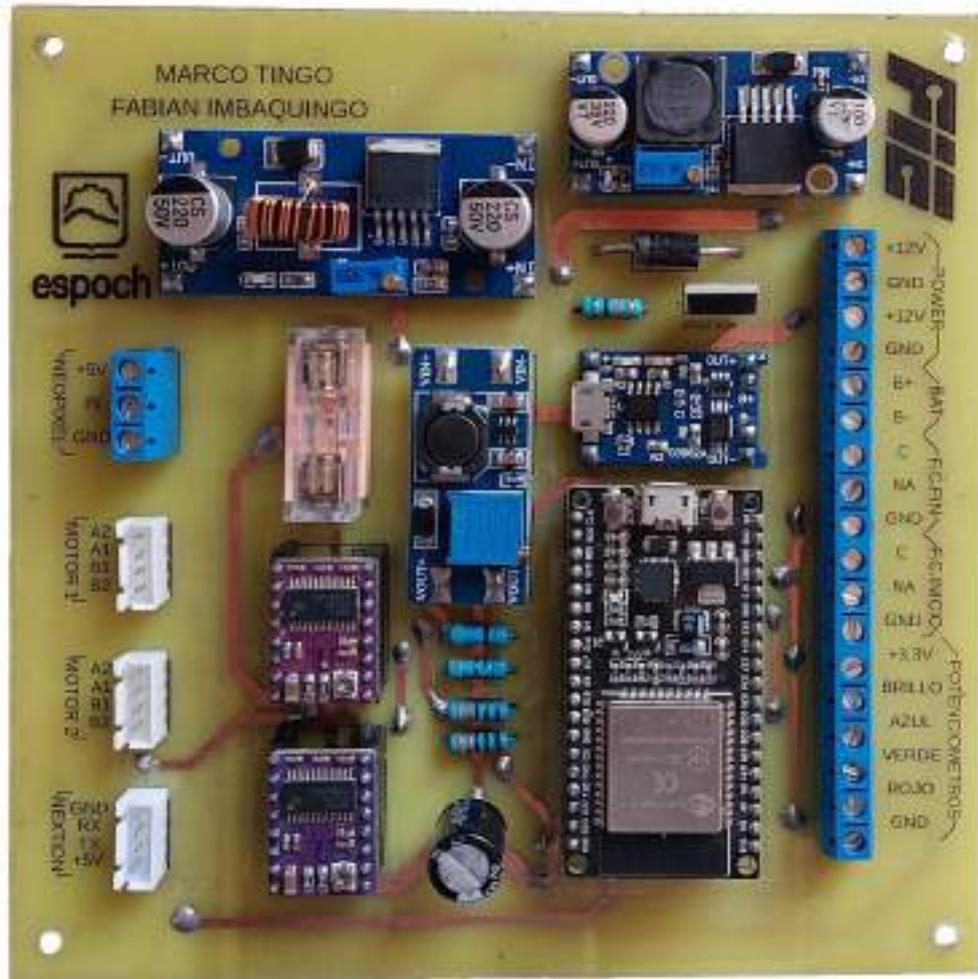


Ilustración 3-20: PCB física del dispositivo digitalizador de imágenes

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.6. Software de desarrollo para el dispositivo digitalizador de imágenes

En el siguiente apartado se presentan los *softwares* elegidos para el desarrollo de la programación de los elementos *hardware* previamente indicados, de la misma manera se detallan los diferentes diagramas de flujos para describir el proceso que realiza el microcontrolador ESP32 y las diferentes interfaces graficas para el control y visualización de los parámetros.

3.6.1. Base de datos en Firebase

Con la finalidad de contar con un archivo histórico de los parámetros que controla el dispositivo para la digitalización de una imagen registrada en material fotosensible, como es la cantidad de color rojo, verde, azul, la intensidad luminosa y la distancia de enfoque, es necesario la creación de una base de datos. Por lo que se utiliza Firebase, que es una plataforma digital gratuita desarrollada por Google, en la cual se puede crear una base de datos en tiempo real o en inglés

“Real Time Database”. Firebase (2022) facilita una documentación de ayuda, con instrucciones para la creación de este modelo de base de datos.

La tarjeta de desarrollo ESP32 es la encargada de establecer la conexión con Firebase, la cual almacena los datos recibidos. Suwatchai (2023) proporciona una guía con indicaciones para enlazar la ESP32 con Firebase. En la base de datos se agrega un nodo para cada diapositiva digitalizada de la cual se desee guardar los parámetros controlados. Este nodo almacena el nombre de la diapositiva o denominación que el usuario elija asignarle, como se muestra en la Ilustración 3-21.



Ilustración 3-21: Nodos de la base de datos

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Dentro de los nodos que se añaden en la base de datos, se almacenan en sub-nodos los parámetros controlados, los cuales son: la intensidad luminosa, la cantidad de color azul, rojo y verde, así como la distancia de enfoque, tal como se muestra en la Ilustración 3-22. Además, esta información puede ser visualizada mediante una búsqueda a través de la interfaz HMI.



Ilustración 3-22: Sub-nodos que almacenan los parámetros controlados

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.6.2. Programación del dispositivo digitalizador de imágenes

La tarjeta de desarrollo ESP32 puede programarse utilizando el *software* Arduino IDE, que se basa en el lenguaje C. La versión utilizada es la 1.8.19 y para acceder a la lista de instrucciones, se utiliza la sección de ayuda de Arduino (Arduino, 2023c). Las librerías utilizadas se describen a continuación:

- **WiFi.h:** Activa y habilita el módulo Wifi de la ESP32 (Arduino, 2023e).
- **FirestoreESP32.h:** Establece la comunicación con la base de datos (Suwatchai, 2023).
- **Adafruit_NeoPixel.h:** Permite la utilización de las luces NeoPixel (Herrada, 2023).
- **EEPROM.h:** Permite guardar en la memoria interna de la ESP32 (Arduino, 2023b).
- **AccelStepper.h:** Permite utilizar los motores a paso (Arduino, 2023a).
- **SensorKalman.h:** Permite filtrar la señal analógica de ruidos externos (Arduino, 2023d).

Para el funcionamiento del dispositivo, la programación se compone de la siguiente manera:

Inicialización

- Se incluyen las librerías: WiFi.h, FirestoreESP32.h, Adafruit_NeoPixel.h, EEPROM.h, AccelStepper.h y SensorKalman.h.
- Se declaran las variables globales.
- Declarar los pines de entrada para los finales de carrera y salidas para los actuadores.
- Declarar la SSID y PASSWORD para establecer la conexión con internet.
- Declarar FIREBASE_HOST y FIREBASE_AUTH, con sus respectivas claves para establecer conexión con la base de datos.
- Crear los objetos de la matriz NeoPixel y el objeto de Firebase.
- Activar motores paso a paso para calibración del dispositivo.

Ciclo de repetición

- Si el valor de entrada es “d”, a la variable Salir se le asigna el valor “false” y se ingresa al loop encargado de controlar el dispositivo de manera digital, hasta que el valor sea diferente de “false”.
- Si el valor de entrada es “a”, a la variable Salir se le asigna el valor “false” y los potenciómetros serán los encargados de controlar las variables de cantidad de color rojo, verde y azul, al igual que la intensidad luminosa, entrando al loop de controlar el dispositivo de manera analógica, hasta que el valor sea diferente de “false”.

- Si el valor de entrada es “w”, a la variable Salir se le asigna el valor “false” y el dispositivo podrá ser controlado de manera remota a través de la aplicación, iniciando con el loop de aplicación, hasta que el valor sea diferente de “false”.
- Si el valor de entrada es “h”, a la variable Salir se le asigna el valor “false” y se pide al usuario que ingrese la diapositiva que desea buscar en la base de datos, comienza el loop de archivo histórico, hasta que el valor sea diferente de “false”.

En la Ilustración 3-23, se muestra de manera gráfica el diagrama de flujo de la programación previamente mencionada, mientras que en el ANEXO K se adjunta la programación realizada en Arduino IDE 1.8.19.

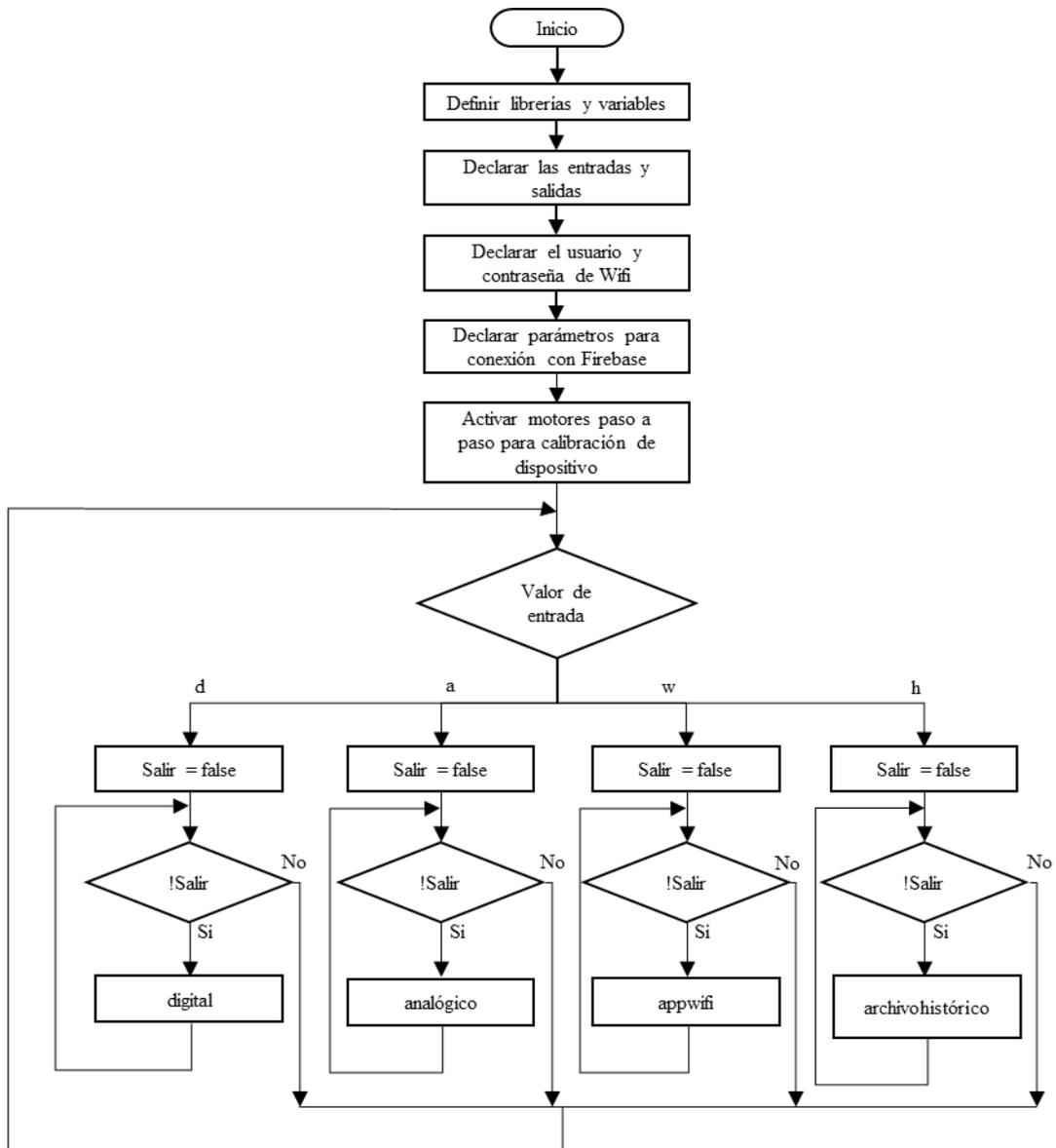


Ilustración 3-23: Diagrama de flujo del menú del dispositivo

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Función digital. - Es una función que no recibe ni devuelve ningún valor, en este modo el dispositivo receptorá la información de la pantalla Nextion y actuará dependiendo de lo ingresado en el HMI, a continuación, se detalla el proceso de la información:

- Si existe información esperando en el bus serial, se procede a realizar las demás operaciones.
- Lee los valores desde el bus serial y realiza una cadena de caracteres para su posterior utilización, el último valor ingresado es el que indica que acción realizar.
- Si el valor final es “k”, la información ingresada se ejecutará en cada uno de los parámetros necesarios para utilizar la matriz Neopixel.
- Cuando se ingresa la “k”, la cadena de valores detecta la posición de la información con la instrucción indexOf, el separador de información será “ | ”; después de conocer las posiciones, el programa extrae la información de la cadena utilizando la instrucción substring, lo que devuelve un String, una vez separada la información, se vacía la cadena de datos para volverla a utilizar y los valores extraídos se convierten a variables Byte.
- Si el valor es “R”, el dispositivo controlará los motores dependiendo de la información extraída de la cadena de datos.
- Cuando el último valor es “R”, se realiza el mismo procedimiento que con el valor “k” pero en este caso la información ingresada se dirigirá a cada uno de los campos necesarios para mover el motor.
- Si el último valor de la cadena de datos es “G”, significa que se desea guardar la información en la base de datos.
- Se realiza el mismo proceso que el anterior caso, aumentando el nombre con el que se desea guardar, las diferentes variables se asignan en los diferentes campos de la base de datos.
- Si el último valor es “*”, a la variable Salir se le asigna un valor de “true”, se activan los motores para la calibración del dispositivo y el programa sale de su bucle infinito.
- Si el último valor de la cadena es “x”, la información de la cadena de datos se guarda en la memoria interna de la tarjeta.
- Si el último valor es “l”, los valores guardados en la tarjeta se leen y se escriben en la pantalla Nextion.
- Si no existe información en el bus serial la función finaliza.

En la Ilustración 3-24 se muestra el diagrama de flujo de la función digital del prototipo.

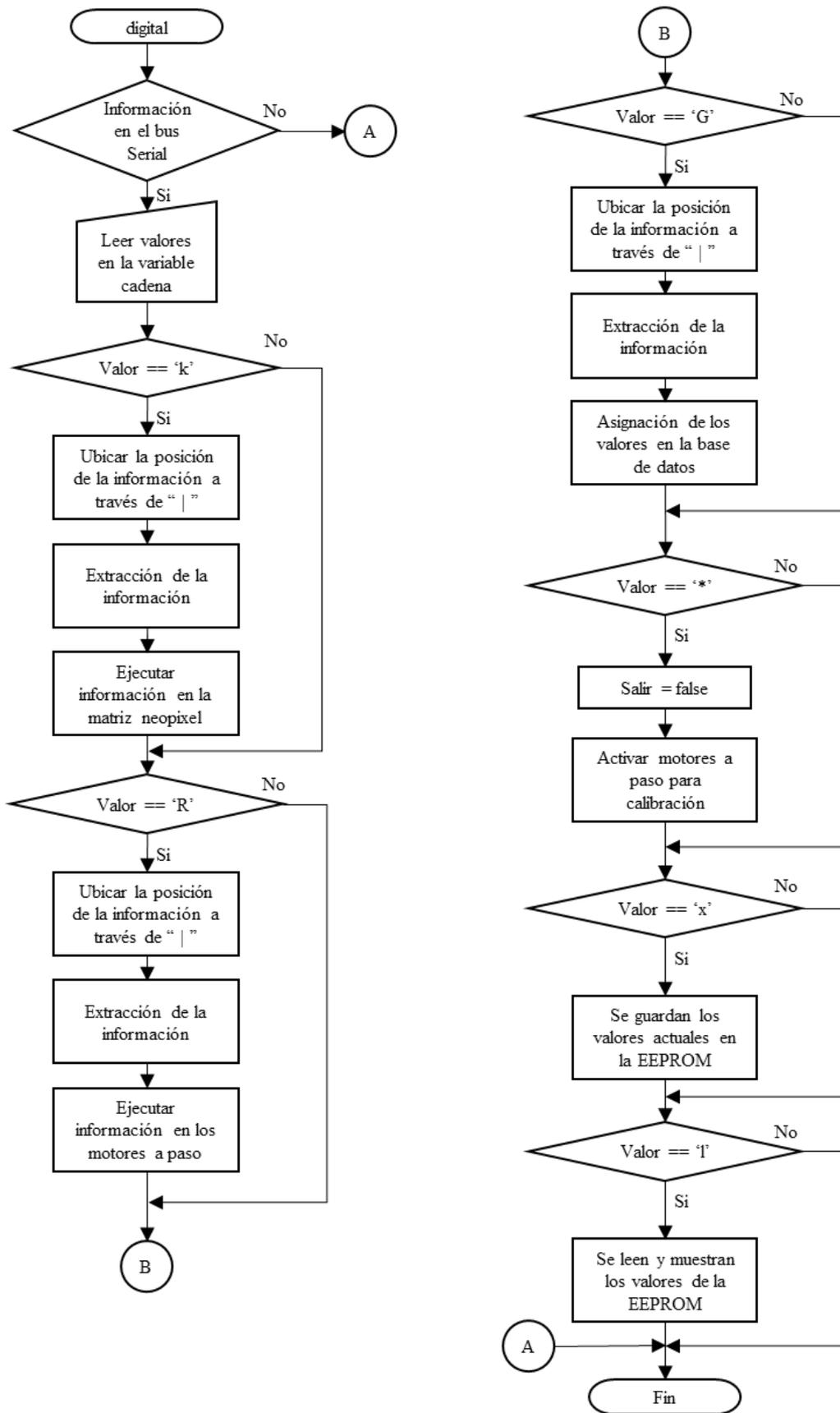


Ilustración 3-24: Diagrama de flujo de la función digital

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Función analógico. - Esta es una función que no recibe ni devuelve ningún valor, en este modo el dispositivo receptorá la información de los potenciómetros y enviará la información hacia la pantalla Nextion para mostrar la cantidad de color rojo, verde, azul y la intensidad luminosa, a continuación, se explica el proceso que sigue la función:

- Si existe información en el bus serial, la información se guardará en manera de una cadena de texto para su posterior tratado.
- Si el valor es “R”, el dispositivo moverá los motores dependiendo de la información extraída de la cadena de datos.
- Se realiza el mismo proceso que en la función digital para el tratado de la información, las diferentes variables se asignan en los diferentes campos para el uso de los motores a pasos.
- Si el último valor de la cadena de datos es “G”, significa que se desea guardar la información en la base de datos.
- Se realiza el tratado de la información, aumentando el nombre con el que se desea guardar, las diferentes variables se asignan en los diferentes campos de la base de datos.
- Si el último valor es “*”, a la variable Salir se le asigna un valor de “true”, se activan los motores para la calibración del dispositivo y el programa sale de su bucle infinito.
- Si el último valor de la cadena es “x”, la información de la cadena de datos se guarda en la memoria interna de la tarjeta.
- Si el último valor es “l”, los valores guardados en la tarjeta se leen y se escriben en la pantalla Nextion.
- Si no existe información en el bus serial, se leen los valores de los potenciómetros, se muestran los valores en la pantalla, se ejecuta la información en cada uno de los colores respectivos de la matriz Neopixel y finaliza la función.

En la Ilustración 3-25 se muestra el diagrama de flujo de la función analógico del dispositivo digitalizador.

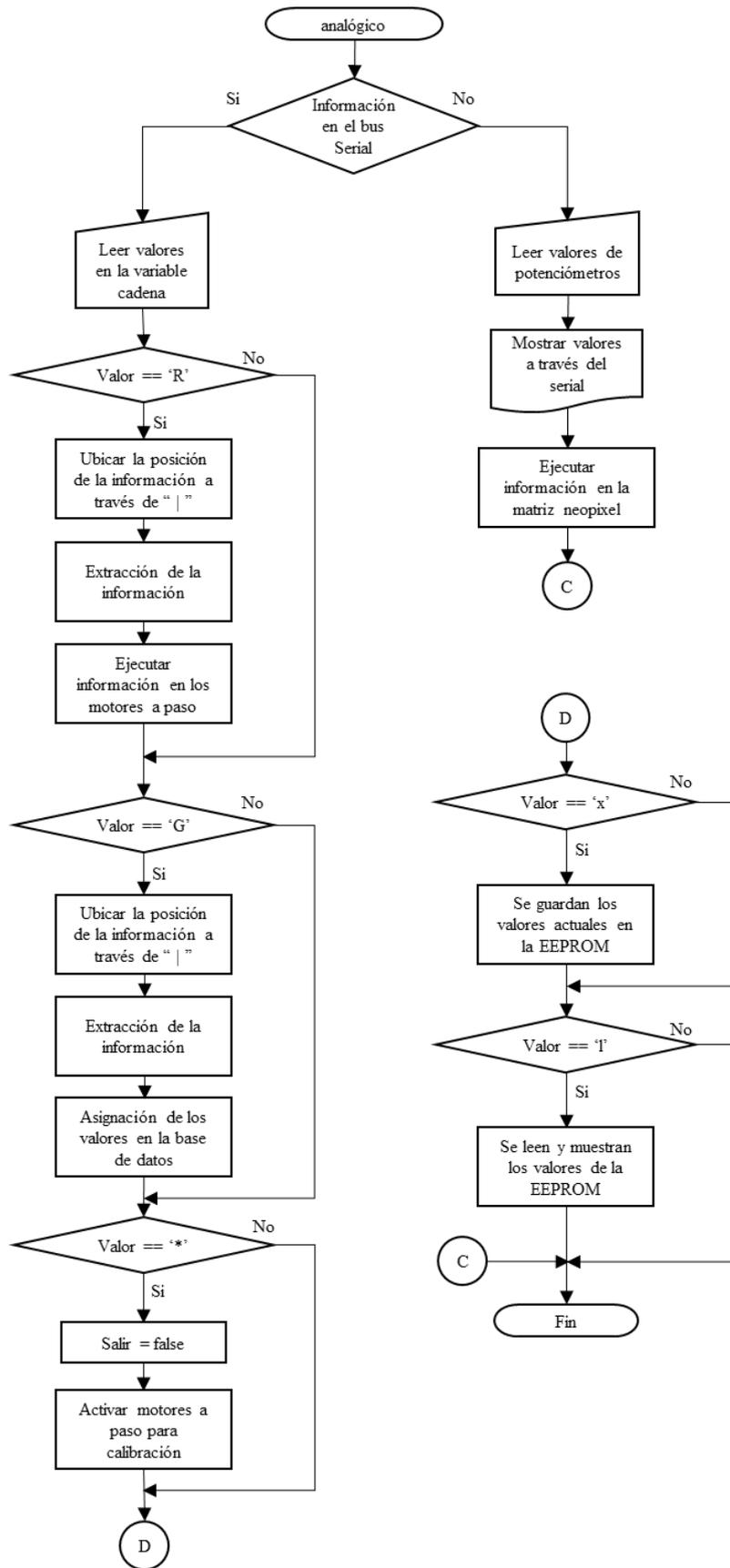


Ilustración 3-25: Diagrama de flujo de la función analógico

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Función appwifi. - La función no recibe ni devuelve ningún valor, en este modo el dispositivo receptorá la información desde la base de datos, que está siendo controlada por el usuario desde la aplicación móvil, a continuación, se explica la forma en la que se ejecuta el código:

- Si existe información en el bus serial, la información se guardará en una variable para conocer cuál es el nodo al que el controlador tiene que apuntar para receptor la información de la aplicación.
- Si la última letra de da la cadena de valores es “R”, se extraen las variables de la base de datos y se almacenan para su posterior utilización.
- Para poder controlar las luces las variables se utilizan en los distintos campos para el funcionamiento, por ejemplo: el valor de la variable “cverde” se ubica en la cantidad de verde que se desea.
- Si el último valor es “*”, a la variable Salir se le da un valor de “true”, se activan los motores para su calibración y el programa sale de su bucle infinito.
- Si no existe información en el bus serial, se pregunta si se encuentran valores en el nodo, en el caso de ser verdad, se ejecutan los valores obtenidos de cada nodo y en caso contrario la función finaliza.

En la Ilustración 3-26 se muestra el diagrama de flujo de la función appwifi del prototipo.

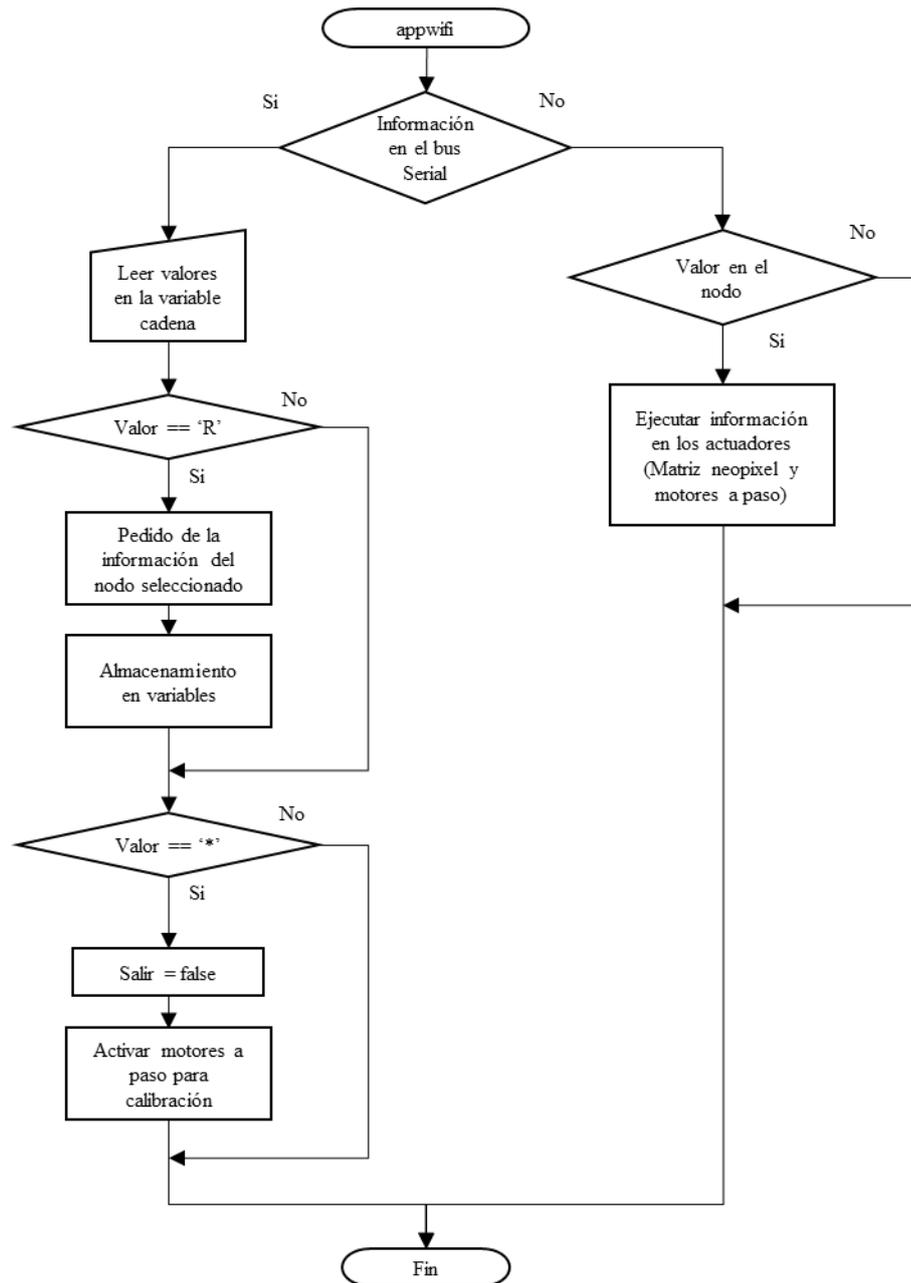


Ilustración 3-26: Diagrama de flujo de la función appwifi

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Función archivo histórico. - Esta función no recibe ni devuelve ningún valor, en este modo el dispositivo buscará en toda la base de datos la diapositiva que el usuario desea encontrar y se retornarán los valores de digitalización, a continuación, se detalla el proceso del código:

- Si existe información en el bus serial, la información se guardará en una variable para conocer cuál es el nodo al que el controlador tiene que apuntar para buscar la información en la base de datos.

- Si el último valor es “R”, se extraen las variables de la base de datos y se almacenan para su posterior utilización y en este bucle se pregunta si la diapositiva existe en la base de datos.
- Si el nodo no existe, se imprime “Diapositiva no encontrada”.
- Si el nodo si existe, se imprimen los valores de digitalización del nodo buscado.
- Si el último valor es “*”, a la variable Salir se le asigna un valor de “true” y el programa sale de su bucle infinito.
- Si no existe información en el bus serial el programa termina.

En la Ilustración 3-27 se muestra el diagrama de flujo de la función archivo histórico del prototipo.

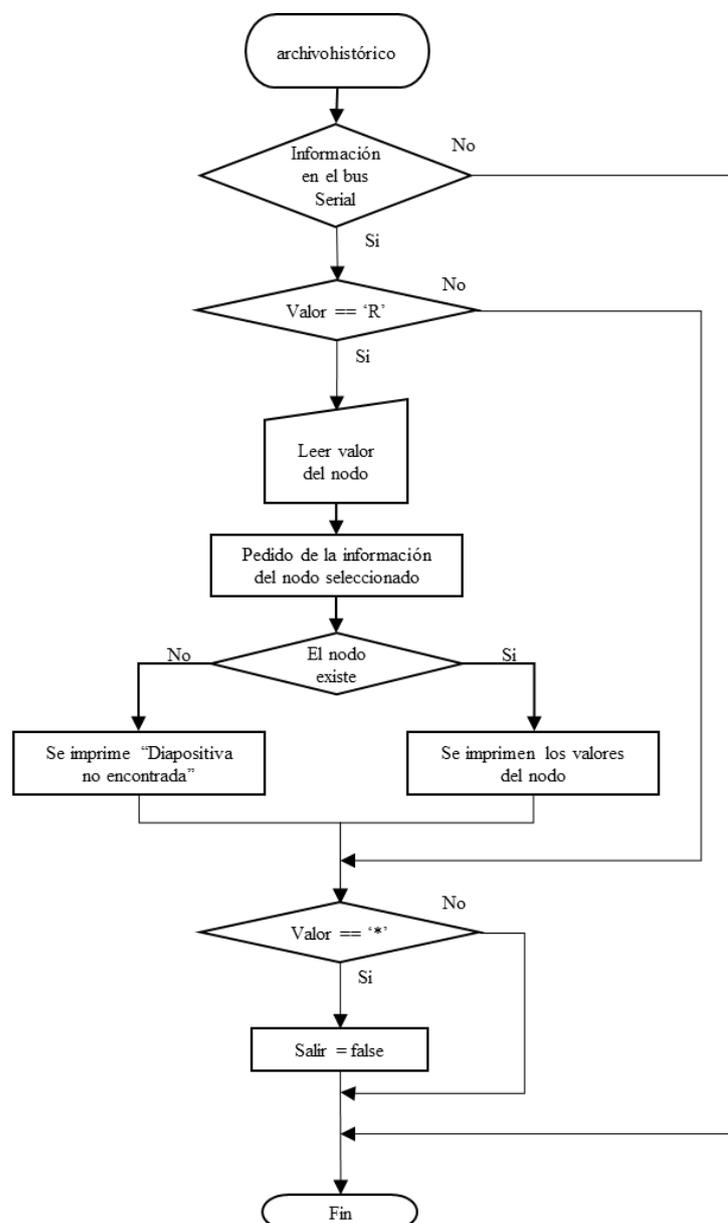


Ilustración 3-27: Diagrama de flujo de la función archivo histórico

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.7. Interfaz de control y visualización

El dispositivo cuenta con dos interfaces gráficas, siendo la primera la interfaz de la pantalla HMI, que permite acceder a los diferentes modos de operación y trabajar con alguno de ellos. La segunda corresponde a la interfaz de la aplicación móvil, que posibilita el control de manera remota del dispositivo.

3.7.1. Interfaz de la pantalla HMI

La pantalla Nextion cuenta con su propio *software* destinado al desarrollo de la interfaz gráfica. Este programa dispone de una sección donde es posible agregar componentes, así como modificar, añadir o eliminar sus atributos. Además, para controlar la interacción de estos componentes, se emplean eventos, que consisten en pequeños códigos de programación. El desarrollo de la interfaz se llevó a cabo con Nextion Editor en su versión 1.65.1, y para comprender su funcionamiento, Nextion (2022b) proporciona una documentación con instrucciones en la sección de ayuda de su página oficial. Por otra parte, el diseño, los colores, la disposición de los botones, el tipo de letra, las figuras, los fondos y otros elementos utilizados en la elaboración de la interfaz gráfica siguen las directrices del manual de marca de LUDOTEK el cual se adjunta en el ANEXO L, donde, tanto la marca como el presente trabajo de integración forman parte del proyecto con nombre “Desarrollo de un proceso de digitalización de fotografías captadas en material fotosensible. Caso de estudio archivo histórico de diapositivas a color de la ESPOCH”. La interfaz HMI está compuesta por un conjunto de ventanas, dentro de las cuales se encuentra la pantalla principal, en la que se presenta el menú con los cuatro modos de operación, como se observa en la Ilustración 3-28. Además, esta interfaz es la que se muestra al encender el dispositivo digitalizador. La programación de las interfaces desarrolladas se encuentra en el ANEXO M.



Ilustración 3-28: Interfaz principal

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Una vez que se ingresa al Modo Digital, se presenta una interfaz como la que se observa en la Ilustración 3-29. En esta interfaz, se encuentran *sliders* que permiten controlar cada color de las luces led RGB, así como la intensidad luminosa o brillo. Además, se incluyen botones con símbolos de flechas que permiten aumentar o disminuir en una unidad dichas variables. Los valores correspondientes a las luces led RGB se muestran junto a cada *slider*, los cuales pueden variar en un rango de 0 a 255. También se proporciona una representación en porcentaje, que oscila entre 0 y 100. En la parte derecha de la pantalla, se muestra un cuadro que indica la distancia desde el punto de inicio del dispositivo hasta la base que permite el desplazamiento de la diapositiva. Se incluyen botones que permiten posicionar esta base a distancias predeterminadas, como el punto de inicio o 0 mm, 100 mm, 200 mm y 300 mm. También se ofrecen botones para incrementar o disminuir la distancia en 1 mm o 10 mm. En la parte inferior de la interfaz, se encuentra un cuadro de texto que permite al usuario ingresar el nombre de la diapositiva o la denominación que prefiera. Además, se presenta un botón "Guardar" destinado a almacenar los valores de los parámetros controlados en la base de datos. Por otro lado, los botones "Respaldo" y "Memoria" están vinculados a la memoria EEPROM de la tarjeta de desarrollo, ya que, el primer botón facilita la conservación de los valores de los parámetros controlados en esta memoria, mientras que el segundo botón posibilita la consulta de los últimos valores guardados en la misma. Para retornar a la pantalla principal, el usuario debe seleccionar la figura en forma de casa ubicada en la parte superior derecha de la interfaz.



Ilustración 3-29: Interfaz del Modo Digital

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En cuanto a la interfaz del Modo Analógico, que se observa en la Ilustración 3-30, presenta los mismos botones y componentes de la interfaz del Modo Digital. La diferencia radica en el apartado de las luces led RGB, donde ahora se utilizan indicadores que oscilan de 0 a 100,

proporcionando retroalimentación sobre el ajuste y control realizado mediante los potenciómetros. Además, debajo de cada indicador se muestra el valor del color en un rango de 0 a 255.



Ilustración 3-30: Interfaz del Modo Analógico

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la **Ilustración 3-31** se puede apreciar la interfaz del Modo Wi-Fi, en la cual se encuentra un cuadro de texto para ingresar el nombre de la diapositiva y a través del botón “Buscar”, el dispositivo efectúa una búsqueda de este nombre en la base de datos, lo que permite establecer la conexión con la aplicación móvil y habilitar el funcionamiento remoto del prototipo. Además, en la esquina superior derecha se localiza un ícono en forma de casa, que posibilita regresar a la pantalla principal.

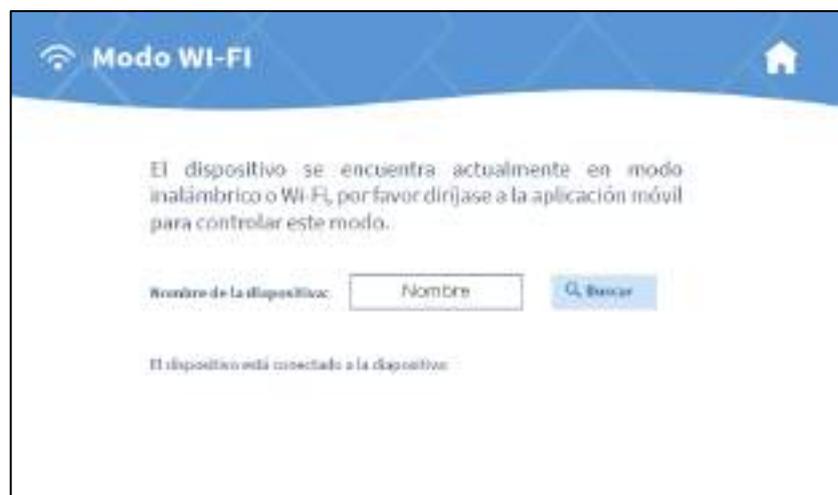


Ilustración 3-31: Interfaz del Modo Wi-Fi

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Dentro de la interfaz del Modo Archivo Histórico, como se observa en la Ilustración 3-32, se dispone de un cuadro de texto para ingresar el nombre de la diapositiva y mediante el botón de búsqueda, se recuperan los valores de los parámetros controlados desde la base de datos, los cuales se muestran en la interfaz. Estos valores incluyen la cantidad de color rojo, verde, azul, intensidad luminosa o brillo, así como la distancia desde el punto de inicio del dispositivo hasta la base que permite el desplazamiento de la diapositiva. Por otro lado, para volver a la pantalla principal, se ubica un ícono con forma de casa en la parte superior derecha.



Ilustración 3-32: Interfaz del Modo Archivo Histórico

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.7.2. *Interfaz de la aplicación móvil*

El dispositivo cuenta con una aplicación diseñada para dispositivos móviles, la cual fue desarrollada utilizando la interfaz en línea de creación de aplicaciones de MIT App Inventor, en su versión nb194b. Esta plataforma permite agregar elementos como botones, cuadros de texto y *sliders* para construir la interfaz de acuerdo a las necesidades. Además, se dispone de una sección de diagrama de bloques para programar la funcionalidad de la aplicación. En la página oficial de MIT App Inventor (Massachusetts Institute of Technology, 2022) se encuentran recursos y guías para utilizar esta plataforma de manera efectiva. La programación para el desarrollo de la aplicación móvil se encuentra en el ANEXO N.

En la Ilustración 3-33, se observa la interfaz de la aplicación móvil con el Modo Wi-Fi, la cual, comparte la mayoría de botones y componentes presentes en el Modo Digital de la interfaz HMI. La diferencia principal está en la disposición de estos elementos, además de que se incluye un botón denominado "Crear Archivo", cuya función consiste en agregar un nodo con el nombre de la diapositiva y sus correspondientes sub-nodos de los parámetros a controlar en la base de datos, lo que posibilita la conexión inalámbrica con el dispositivo digitalizador de imágenes.



Ilustración 3-33: Interfaz de la aplicación móvil con el Modo Wi-Fi

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

3.8. Diseño estructural del prototipo

Con el propósito de conseguir la iluminación adecuada de la diapositiva y permitir que la cámara la enfoque correctamente, es necesario implementar estructuras que faciliten estas acciones previas. Para diseñar dichas estructuras, se empleó Fusión 360 en su versión 2.0.16761 x86_64, el cual, es un *software* basado en la nube que combina recursos CAD, CAM y CAE. Es fácil de utilizar en aplicaciones de fabricación aditiva, además, facilita el desarrollo de modelos técnicos y mecánicos tridimensionales (Marchante, 2020). Dentro del documento “Diseño y modelado 3D: Introducción a Fusion 360” (De la Torre et al., 2018), se encuentra información que es útil como guía de instrucciones para manejar esta herramienta.

A fin de lograr la implementación del prototipo, se han diseñado tres estructuras. La primera es una porta-diapositiva que sujeta la diapositiva y permite introducirla en el dispositivo. La segunda es una base que posibilita desplazar la diapositiva a la distancia requerida. La tercera es la estructura externa donde se ubican todos los elementos electrónicos y estructurales necesarios para el funcionamiento del dispositivo digitalizador de imágenes.

a) *Porta-diapositiva*

La diapositiva de 35 mm está enmarcada con un plástico de 5x5 cm. Para sujetar y posicionar esta diapositiva en el sistema de iluminación, se ha desarrollado una porta-diapositiva, como se muestra en la Ilustración 3-34. En esta estructura, se incorpora un agujero en su construcción, permitiendo la inserción de la diapositiva, además de contar con una muesca para facilitar su extracción. También se incluyen orificios que posibilitan la visualización de la imagen capturada en el material fotosensible, así como la entrada de luz proveniente del sistema de iluminación. Para visualizar el plano en su totalidad diríjase al ANEXO O.



Ilustración 3-34: Diseño de la porta-diapositiva

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la **Tabla 3-15** se presenta las medidas fundamentales expresadas en milímetros de la porta-diapositiva.

Tabla 3-15: Medidas fundamentales de la porta-diapositiva

Especificación	Medida
Alto	6,50 mm
Ancho	72 mm
Largo	106 mm

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

La fabricación se realizó mediante una impresora 3D, en donde el material utilizado es PLA como se observa en la Ilustración 3-35.



Ilustración 3-35: Porta-diapositiva

fabricado con PLA

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

b) Base

El movimiento realizado por los motores a pasos en combinación con el tornillo sin fin contribuye a posicionar la diapositiva de manera adecuada para lograr un enfoque preciso en la cámara. Con este propósito, se ha diseñado una base que se puede apreciar en la Ilustración 3-36. En esta

estructura, se ha considerado la incorporación de una abertura para permitir la introducción de la porta-diapositiva mencionada anteriormente. Además, se ha incluido un agujero que facilita la salida de la iluminación proveniente de la matriz NeoPixel 8x8 LED RGB que se encuentra en su interior. Además, el diseño posibilita la implantación de la tuerca del tornillo sin fin de 4 hilos. Para visualizar el plano en su totalidad diríjase al ANEXO P.



Ilustración 3-36: Diseño de la base

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la **Tabla 3-16** se presenta las medidas fundamentales expresadas en milímetros de la base.

Tabla 3-16: Medidas fundamentales de la base

Especificación	Medida
Alto	50 mm
Ancho	130 mm
Largo	184 mm

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Para la construcción de la base el material utilizado es PLA, véase la Ilustración 3-37.



Ilustración 3-37: Plataforma fabricado con PLA

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

c) *Estructura externa*

Para llevar a cabo la implementación tanto del sistema electrónico como de las estructuras presentadas anteriormente, las cuales son esenciales para el funcionamiento del dispositivo, se ha diseñado una estructura externa o carcasa, tal como se puede apreciar en la Ilustración 3-38. Esta estructura se compone de tres zonas, las cuales se detallan a continuación:

Zona 1: Se implementa la base con la porta-diapositiva, los tornillos sin fin junto a sus respectivos motores paso a paso, los rodamientos con sus ejes de acero y también se incorporan los finales de carrera. Las dimensiones que presenta son: 50 cm de largo, 27 cm de ancho y 20 cm de alto.

Zona 2: Se compone del sistema electrónico, en el cual se incluyen la placa PCB, la fuente alimentación, la batería, los potenciómetros, y la pantalla táctil HMI. Las dimensiones que presenta son: 23 cm de largo, 27 cm de ancho y 20 cm de alto.

Zona 3: Está diseñada para mantener la cámara en posición fija, y para ello, cuenta con un orificio a lo largo de la mitad de esta zona, que permite ajustar la cámara al prototipo mediante un tornillo y una tuerca. Las dimensiones que presenta son: 40 cm de largo y 27 cm de ancho.

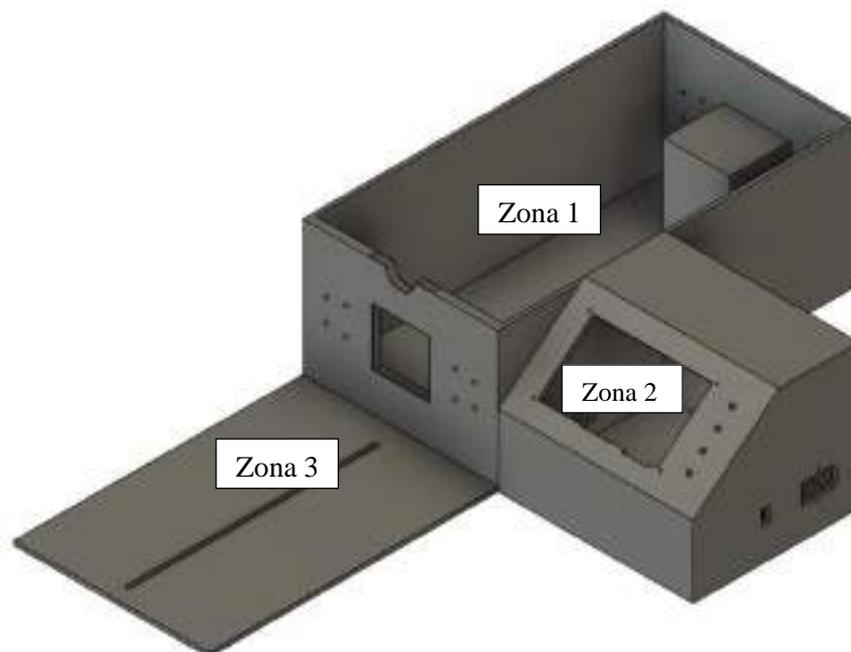


Ilustración 3-38: Diseño de la estructura externa

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 3-17 se presenta las medidas fundamentales expresadas en centímetros de la estructura externa. Para visualizar el plano en su totalidad diríjase al ANEXO Q.

Tabla 3-17: Medidas fundamentales de la estructura externa

Especificación	Medida
Alto	20 cm
Ancho	54 cm
Largo	90 cm

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

El diseño físico de la estructura externa se aprecia en la Ilustración 3-39, y para su construcción se utilizó madera MDF de 6mm.



Ilustración 3-39: Diseño físico de la estructura externa

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

CAPÍTULO IV

4. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

En el presente capítulo se evalúa el rendimiento de *hardware* y *software* del prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible, el cual se observa implementado en la Ilustración 4-1. Las pruebas realizadas incluyen la validación de sensores, estabilidad de las luces led RGB, error que producen los motores a pasos, subida y descarga de datos, tiempo de arranque, descarga de la batería, funcionamiento y usabilidad, valoración de fotografías y un análisis económico del prototipo.



Ilustración 4-1: Prototipo implementado

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

4.1. Consideraciones generales

Vicente Manzano (2009) señala que las muestras más grandes son mejores, ya que las estimaciones tienden a ser más precisas y menos susceptibles a errores. Además, se reconoce que no siempre

es necesario cumplir con esta premisa, ya que no existe un tamaño óptimo para todo, pues esto dependerá de los objetivos que se persiguen y de las condiciones en las que se realicen las estimaciones.

Dentro de las pruebas se empleó el coeficiente de variación, el cual establece rangos que permiten evaluar si el experimento se debe aceptar o rechazar. Cuando el valor es menor o igual a 7%, indica que las muestras se consideran precisas con respecto a la media de los valores. Si se encuentra entre el 8% y el 14%, las muestras tienen una precisión aceptable, en el rango de 15% a 20% las muestras poseen una precisión regular y si se encuentra mayor al 20% las muestras son poco precisas. En cuanto a la desviación estándar, un valor cercano a 0 indica que los valores carecen de dispersión, mientras que, si tiende al 100%, significa que los valores no guardan una relación entre sí. Por otro lado, el rango, que es simplemente la diferencia entre el valor máximo y mínimo, no tiene un rango mínimo o máximo específico. Su utilidad radica en proporcionar una rápida indicación de la dispersión de los valores, ya sea que estén muy dispersos o cercanos entre sí (Posada Hernández, 2016).

Por otro lado, se utilizó el estudio ANOVA, el cual se emplea para comparar la media de un conjunto de muestras. Sin embargo, este método tiene ciertos requisitos que deben cumplirse para su aplicación, que incluyen la normalidad de las muestras, la homogeneidad en la varianza de los conjuntos y la independencia en la toma de muestras. Si se cumplen estos requisitos, se procede a realizar el estudio y se plantean dos hipótesis: la primera es la hipótesis nula (H_0), que sostiene que las medias de los conjuntos son iguales; la segunda es la hipótesis alternativa (H_1), que propone que al menos dos medias de los conjuntos son diferentes. Para aceptar o rechazar la hipótesis, se calcula la significancia, el cual, si es igual o menor a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Si es mayor a 0,05, se acepta H_0 . Dado que la hipótesis alternativa indica que al menos dos medias de los conjuntos son diferentes, se utiliza el análisis Post Hoc para determinar cuáles son estos conjuntos (Bakieva et al., 2012).

4.2. Validación de sensores

El objetivo de la prueba es determinar la confiabilidad de los sensores que permiten detectar la posición inicial y final de la base que desplaza a la diapositiva. Para llevar a cabo esta prueba, se movió la base a la parte inicial y final del espacio de trabajo, haciendo que se activen los finales de carrera. Esta prueba se realizó en 30 ocasiones para obtener un rango de confiabilidad más amplio. En la Tabla 4-1 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 4-1: Prueba de funcionamiento del sensor

Muestra	Final de carrera-Inicio		Final de carrera-Fin	
	Funciona	No funciona	Funciona	No funciona
1	1	0	1	0
2	1	0	1	0
3	1	0	1	0
4	1	0	1	0
5	1	0	1	0
6	1	0	1	0
7	1	0	1	0
8	1	0	1	0
9	1	0	1	0
10	1	0	1	0
11	1	0	1	0
12	1	0	1	0
13	1	0	1	0
14	1	0	1	0
15	1	0	1	0
16	1	0	1	0
17	1	0	1	0
18	1	0	1	0
19	1	0	1	0
20	1	0	1	0
21	1	0	1	0
22	1	0	1	0
23	1	0	1	0
24	1	0	1	0
25	1	0	1	0
26	1	0	1	0
27	1	0	1	0
28	1	0	1	0
29	1	0	1	0
30	1	0	1	0
Porcentaje de aciertos	100 %		100 %	

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Con base a la Tabla 4-1, se determinó que los finales de carrera ubicados al inicio y final del espacio de trabajo, tienen un 100% de confiabilidad, ya que siempre detectan la base. Es importante mencionar que este valor era el esperado, dado que estos sensores requieren entrar en contacto físico con el objeto para funcionar y detectar su posición.

4.3. Estabilidad de las luces led RGB Neopixel

Esta prueba se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la estabilidad de la cantidad de color rojo, verde y azul emitida por las luces led Neopixel. Para esta prueba se controlaron las luces para obtener tres configuraciones distintas, en la primera predominaba el color rojo, en la segunda el color verde y en la última el color azul. Mediante la cámara Canon EOS M50, la cual se instaló en el prototipo, se capturaron 10 fotografías o muestras con cada una de las configuraciones, enfocando la luz procedente de la base que permite el desplazamiento de la diapositiva. Una vez obtenidas las fotografías, se procesaron utilizando Matlab para determinar la cantidad de color rojo, verde y azul en una escala que va de 0 a 255, tomando como referencia el píxel central de cada imagen. En la Tabla 4-2 se presentan los resultados obtenidos, junto con sus correspondientes coeficientes de variación.

Tabla 4-2: Prueba de estabilidad de las luces led RGB Neopixel

Muestra	Primera configuración			Segunda configuración			Tercera configuración		
	Rojo	Verde	Azul	Rojo	Verde	Azul	Rojo	Verde	Azul
1	251	26	32	57	255	226	121	131	255
2	249	24	30	61	255	224	122	132	255
3	252	27	33	63	255	228	120	129	255
4	252	27	31	57	255	225	118	133	255
5	252	27	33	62	255	227	119	134	255
6	250	25	29	60	255	227	119	132	255
7	254	28	32	58	255	226	117	132	255
8	250	25	29	60	255	227	119	129	255
9	254	27	34	58	255	226	119	129	255
10	253	28	34	61	255	226	120	131	255
Rango	5	4	5	6	0	4	5	5	0
Media	251,7	26,4	31,7	59,7	255	226,2	119,4	131,2	255
Desviación estándar	1,70	1,35	1,89	2,11	0	1,14	1,43	1,75	0
Coefficiente de variación	0,68%	5,11%	5,96%	3,54%	0%	0,50%	1,20%	1,33%	0%

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De acuerdo a la Tabla 4-2, los coeficientes de variación calculados para la cantidad de color rojo, verde y azul en las tres configuraciones, al compararlos con los valores de validación, se encuentran dentro del intervalo de menor o igual a 7%, lo que indica que las muestras se consideran precisas. El rango máximo obtenido fue de 6, y la mayor desviación estándar fue de 2,11. Estos valores, al ser cercanos a cero, confirman la estabilidad de las luces LED RGB Neopixel.

4.4. Error de los motores paso a paso Nema 17

El desarrollo de esta prueba tiene como objetivo determinar el error de distancia que los motores paso a paso generan al girar una cantidad específica de pasos. La prueba se realizó en el espacio de trabajo del prototipo, midiendo la distancia recorrida por la base que permite el movimiento de la diapositiva. Para estas mediciones, se utilizaron equipos patrones como el flexómetro para distancias largas y el calibrador para distancias más cortas. Se consideraron diferentes cantidades de pasos realizados por los motores, que incluyen valores como 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 625, 1250, 1875, 2500, 3750, 5000 y 7500 pasos. De cada cantidad de pasos, se tomaron 10 muestras para comparar las distancias medidas con las esperadas. La tabla completa de los resultados se encuentra en el ANEXO R, y en la Tabla 4-3 se presentan los primeros treinta datos obtenidos.

Tabla 4-3: Error de distancia

Cantidad de pasos	Distancia Esperada	Distancia Medida	Error de distancia	Número de pasos perdidos o ganados
25	1	1,1	0,1	2,5
25	1	1	0	0
25	1	1	0	0
25	1	0,98	-0,02	-0,5
25	1	1	0	0
25	1	0,95	-0,05	-1,25
25	1	1	0	0
25	1	1	0	0
25	1	1	0	0
25	1	0,95	-0,05	-1,25
50	2	2,2	0,2	5
50	2	2	0	0
50	2	2	0	0
50	2	2	0	0
50	2	2,3	0,3	7,5
50	2	2	0	0
50	2	2,2	0,2	5
50	2	2	0	0
50	2	2,3	0,3	7,5
50	2	2	0	0
75	3	3	0	0
75	3	3	0	0
75	3	3,2	0,2	5
75	3	3,4	0,4	10
75	3	3	0	0
75	3	3	0	0

75	3	3	0	0
75	3	3,1	0,1	2,5
75	3	2,9	-0,1	-2,5
75	3	3	0	0

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

A partir de la tabla completa del ANEXO R, se obtiene la Ilustración 4-2, que presenta un gráfico de barras de la frecuencia de los errores de cada muestra, generado mediante el *software* IBM SPSS Statistics en su versión 21. Es importante destacar que los errores de distancia de 0 y 2 mm, que corresponden a los aciertos y al error máximo respectivamente, no se muestran en el gráfico ya que estos datos se consideran prescindibles.

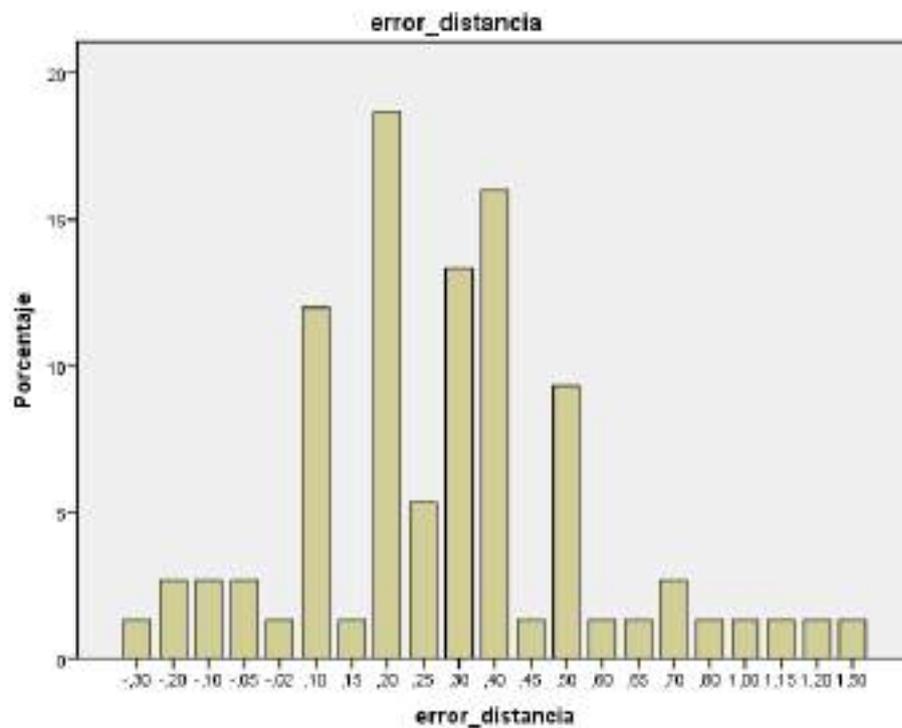


Ilustración 4-2: Frecuencia de los errores de las muestras

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Al aplicar estudios estadísticos a la tabla completa del ANEXO R, se determinó que los resultados para encontrar un margen de error no fueron coherentes. Por lo tanto, fue necesario interpretar la información de la Ilustración 4-2, en la cual, se observa que los errores de distancia más frecuentes oscilan entre 0,10 mm y 0,50 mm. De esta manera, se establece que este rango representa el error de distancia generado por los motores paso a paso al girar una cantidad específica de pasos.

4.5. Análisis descriptivo de los tiempos de transmisión de la base de datos

Tiene como objetivo determinar los tiempos necesarios para la subida y descarga de información de la base de datos. Las pruebas se llevaron a cabo en tres horarios diferentes: 10:00 AM, 3:00 PM y 5:00 PM.

4.5.1. *Tiempos de subida en la base de datos*

Para establecer el tiempo que tarda en almacenarse la información enviada desde el dispositivo en la base de datos, se realizó un control de los parámetros para digitalizar una diapositiva en el prototipo y a través de la interfaz HMI se procedió a subir dichos parámetros a la base de datos. La medición del tiempo transcurrido se efectuó utilizando un cronómetro y se tomaron 30 muestras en cada uno de los horarios mencionados, de manera que, en la Tabla 4-4 se muestran los datos resultantes.

Tabla 4-4: Muestras de tiempos de subida a la base de datos

Muestra	Tiempo de subida en segundos (10:00 AM)	Tiempo de subida en segundos (3:00 PM)	Tiempo de subida en segundos (5:00 PM)
1	1,54	2,11	2,23
2	0,5	0,57	0,43
3	1,75	1,86	1,65
4	0,36	0,42	2,11
5	0,4	0,55	0,55
6	1,74	0,68	1,89
7	0,72	0,4	1
8	0,57	1,78	0,35
9	0,65	0,63	0,88
10	2,15	0,6	1,71
11	0,59	0,67	0,39
12	0,61	0,56	0,53
13	1,4	0,45	0,47
14	0,48	1,84	0,52
15	0,45	0,44	1,21
16	0,77	0,47	1,33
17	1,88	1	1,89
18	1,73	0,53	0,46
19	0,48	1,62	0,54
20	2,05	0,39	0,51
21	0,68	0,48	0,49
22	2,38	0,54	0,42
23	1,68	0,38	1,78
24	0,6	0,47	0,57

25	0,65	1,07	0,53
26	0,47	0,38	0,49
27	2,08	0,6	0,74
28	1,84	0,37	1,67
29	0,44	0,39	0,57
30	0,54	1,15	0,68
Media	1,07	0,78	0,95

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Los datos de la Tabla 4-4 se procesaron utilizando el *software* SPSS, el cual permite aplicar estudios estadísticos, en este caso ANOVA. Para cumplir con el primer requisito del estudio, es necesario conocer si los datos poseen una normalidad. Para ello, se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, cuyos resultados se encuentran en la Tabla 4-5, los cuales fueron generados mediante el *software* mencionado.

Tabla 4-5: Prueba de normalidad de los tiempos de subida en la base de datos

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Significancia	Estadístico	gl	Significancia
10:00 AM	0,273	30	0,000	0,819	30	0,000
3:00 PM	0,309	30	0,000	0,731	30	0,000
5:00 PM	0,268	30	0,000	0,807	30	0,000

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De acuerdo a la Tabla 4-5, los valores de significancia obtenidos en ambas pruebas son inferiores a 0,05, lo que indica que los datos no tienen normalidad. Por lo tanto, no es posible aplicar el análisis estadístico ANOVA, debido a que no cumple con el primer requisito. Esto sugiere que el tiempo necesario para subir información en la base de datos dependerá de la hora en que se guarde dicha información. Por otro lado, se calcularon tiempos promedio para cada horario específico con el propósito de estimar el tiempo de demora. Estos tiempos promedio se situaron en 1,07 segundos a las 10 AM, 0,78 segundos a las 3 PM y 0,95 segundos a las 5 PM.

4.5.2. *Tiempos de descarga de la base de datos*

El tiempo que el prototipo requiere para descargar o leer la información de la base de datos se determinó utilizando el Modo Wi-Fi, ya que para establecer la conexión inalámbrica entre el prototipo y la aplicación móvil se utilizó la base de datos. Por lo cual, se midió el tiempo que el dispositivo tardaba en realizar la acción enviada desde la aplicación móvil utilizando un cronómetro. Para la prueba se tomaron 30 muestras en cada uno de los horarios mencionados anteriormente y en la Tabla 4-6 se muestran los datos obtenidos.

Tabla 4-6: Muestras de tiempos de descarga de la base de datos

Muestra	Tiempo de descarga en segundos (10:00 AM)	Tiempo de descarga en segundos (3:00 PM)	Tiempo de descarga en segundos (5:00 PM)
1	0,75	1,54	1,66
2	1,15	0,9	1,77
3	2,65	0,55	1,05
4	0,94	1,28	1,5
5	1,57	0,87	1,08
6	0,63	0,87	0,98
7	0,98	0,69	1,52
8	1,55	0,62	0,63
9	0,76	0,61	1,28
10	0,43	0,95	2,1
11	0,68	1,08	3,13
12	1,66	1,24	1,68
13	1,47	0,73	1,83
14	0,67	0,59	1,15
15	1,12	1,15	1,12
16	1,31	1,18	1,77
17	0,54	1,14	0,93
18	1,38	0,98	1,15
19	0,55	1,38	0,97
20	0,46	1,1	1,92
21	1,55	0,95	1,57
22	1,38	0,68	1,78
23	1	1,22	0,73
24	1,14	0,79	1,03
25	0,85	1,3	2,26
26	0,49	1,28	3,08
27	0,43	1,27	1,47
28	0,88	1,62	1,12
29	1,11	2,53	2,01
30	0,52	1,58	1,45

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Utilizando el *software* SPSS, se procesaron los datos de la Tabla 4-6 para llevar a cabo las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, con el fin de determinar si existe normalidad en los datos. En la Tabla 4-7 se presentan los resultados de estas pruebas.

Tabla 4-7: Prueba de normalidad de los tiempos de descarga de la base de datos

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Significancia	Estadístico	gl	Significancia
10:00 AM	0,117	30	0,200	0,899	30	0,008
3:00 PM	0,136	30	0,168	0,890	30	0,005
5:00 PM	0,135	30	0,174	0,911	30	,016

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En base a la Tabla 4-7, se determina que la significancia obtenida de Kolmogorov-Smirnov en los tres horarios es mayor a 0,05, lo que indica que los valores son normales, cumpliendo así con el primer requisito para aplicar la estadística paramétrica ANOVA. Del mismo modo, los datos anteriores fueron analizados mediante SPSS para llevar a cabo el estudio, y en la Tabla 4-8 se presentan los resultados conseguidos.

Tabla 4-8: Prueba ANOVA de los tiempos de descarga de la base de datos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Inter-grupos	4,480	2	2,240	8,766	0,000
Intra-grupos	22,232	87	0,256		
Total	26,712	89			

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En la Tabla 4-8 se observa que el nivel de significancia obtenido es menor a 0,05, lo que conduce a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa. Esta última plantea que al menos dos medias de los conjuntos son diferentes y para determinar cuáles conjuntos son iguales y cuáles son diferentes, se aplicó la prueba Post Hoc de Tukey utilizando SPSS. En la Tabla 4-9 se muestran los resultados de esta prueba.

Tabla 4-9: Prueba Post Hoc de Tukey de los tiempos de descarga de la base de datos

Tiempo	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
10:00 AM	30	1,0200	
3:00 PM	30	1,0890	
5:00 PM	30		1,5240
Significancia		0,858	1,000

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De acuerdo a la Tabla 4-9, los datos de la columna “1” representan las medias de los grupos que son similares, mientras que en la columna “2” se encuentran las medias de los grupos que difieren

entre sí. Además, se observa que las medias de los horarios de 10:00 AM y 3:00 PM son semejantes, lo que implica que cualquiera de ellas puede ser utilizada para el estudio, indicando que el rendimiento del dispositivo no se ve afectado por la hora en que se realiza la descarga en estos dos horarios. Por lo tanto, se determina que a las 10:00 AM y 3:00 PM el tiempo de descarga es de 1,08 segundos, mientras que a las 5:00 PM es de 1,52 segundos.

4.6. Análisis descriptivo de tiempo de arranque del dispositivo

El objetivo de esta prueba es determinar el tiempo máximo que requiere el dispositivo para estar completamente listo y funcional para su uso después de ser encendido. Para llevar a cabo esta prueba, se desplazó la base que posibilita el movimiento de la diapositiva, a la mayor distancia permitida, es decir, hasta que se activara el sensor ubicado en la parte final del espacio de trabajo. Una vez alcanzado este punto, se apagó el prototipo y posteriormente se volvió a encenderlo para comenzar a medir el tiempo hasta que el dispositivo terminara de realizar la calibración. Las mediciones se realizaron utilizando un cronómetro, y dado que los tiempos eran muy similares entre sí, se tomaron 10 muestras. En la Tabla 4-10 se encuentran las muestras obtenidas.

Tabla 4-10: Muestras de los tiempos de arranque del dispositivo

Muestra	Tiempo de arranque en segundos
1	17,82
2	17,99
3	17,71
4	17,92
5	17,99
6	17,87
7	17,80
8	17,73
9	17,91
10	17,99

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Aplicando estadística descriptiva a la Tabla 4-10, se determinó que 17,99 segundos es el tiempo máximo que el usuario debe esperar para empezar a utilizar el prototipo, en caso de que la base que posibilita el movimiento de la diapositiva se encuentre en la distancia máxima permitida del espacio de trabajo.

4.7. Descarga de la batería

Esta prueba se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la autonomía de la batería. Para ello, se utilizó un cronómetro para medir el tiempo en el que la batería se descargó hasta el punto en el que la pantalla táctil HMI dejó de funcionar correctamente, es decir, cuando comenzó a parpadear de manera intermitente.

El tiempo que se registró es de 7,16 minutos, lo cual cumple con el requerimiento planteado en el capítulo anterior. Aunque este valor no se acerca al resultado teórico obtenido en la Ecuación 1, es fundamental recordar que debido a la tasa de descarga que posee la batería, su autonomía se reduce. Sin embargo, esta característica es indispensable para que el sistema funcione apropiadamente.

4.8. Prueba de funcionamiento y usabilidad

El objetivo de esta prueba es comprobar el funcionamiento y la usabilidad del prototipo mediante la opinión de expertos en el tema. Para esto, se realizó una encuesta a través de la plataforma Google Forms, que constó de un total de 12 preguntas cerradas, las cuales fueron respondidas utilizando la escala de Likert. En la Tabla 4-11 se muestra la puntuación correspondiente a cada una de las respuestas presentadas por pregunta.

Tabla 4-11: Puntuación de las respuestas basadas en la escala de Likert

Respuesta	Puntaje
Muy malo	1
Malo	2
Aceptable	3
Bueno	4
Muy bueno	5

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

La encuesta se llevó a cabo con la participación de tres expertos para garantizar una evaluación imparcial. Estos expertos fueron MSc. Paulina Paula, docente y directora de la carrera de Diseño Gráfico de la ESPOCH; Ing. Estefanía Ramos, freelancer con experiencia en fotografía; e Ing. Ángel Solorzano, freelancer y docente de la materia de Fundamentos Fotográficos en la carrera de Diseño Gráfico de la ESPOCH. En el ANEXO S se encuentra la encuesta contestada, cuyas respuestas fueron tabuladas, y los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4-12. Es

importante destacar que en la pregunta 12, los tres evaluadores respondieron "No aplica", por lo que esta pregunta se excluye de la tabulación.

Tabla 4-12: Tabulación de las respuestas de la encuesta de funcionamiento y usabilidad

Número de pregunta	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Total	Promedio
Pregunta 1	5	5	5	15	5
Pregunta 2	5	5	5	15	5
Pregunta 3	5	5	5	15	5
Pregunta 4	5	5	5	15	5
Pregunta 5	5	5	5	15	5
Pregunta 6	5	5	3	13	4,33
Pregunta 7	5	5	5	15	5
Pregunta 8	5	5	3	13	4,33
Pregunta 9	5	5	5	15	5
Pregunta 10	5	5	4	14	4,67
Pregunta 11	5	5	5	15	5
Calificación final					4,85

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En base a la Tabla 4-12 se determina que el dispositivo es aprobado por los expertos, obteniendo una calificación de 4,85 sobre 5. Esto indica que, de acuerdo con la escala de Likert, el dispositivo se clasifica en la categoría de "Bueno" a "Muy Bueno". Para validar la prueba, se adjuntan en el ANEXO T los certificados emitidos por los evaluadores.

4.9. Prueba de valoración de fotografías

El desarrollo de esta prueba tiene como objetivo calificar las fotografías obtenidas con el prototipo. La prueba consistió en digitalizar tres diapositivas utilizando tanto el prototipo como dos dispositivos comerciales. Posteriormente, se imprimieron las fotografías obtenidas y los mismos expertos que efectuaron la prueba de funcionamiento y usabilidad analizaron estas imágenes, para que a través de una encuesta puedan asignarles una calificación basada en los parámetros de forma, color y textura, utilizando una escala de puntuación del 0 al 5. En la Tabla 4-13 se aprecia la rúbrica de calificación utilizada para evaluar las fotografías.

Tabla 4-13: Rúbrica de calificación para evaluar las fotografías

Parámetros	Calificación					
	0	1	2	3	4	5
Forma	No se aprecian formas, ni gradación de sombras, no hay enfoque	Bordes indefinidos, nula gradación de sombras, enfoque deficiente	Bordes mal definidos, poca gradación de sombras, enfoque deficiente	Bordes medianamente definidos, gradación de sombras regular, enfoque parcial	Bordes definidos, gradación de sombras regular, enfoque correcto	Bordes bien definidos, buena gradación de sombras, enfoque correcto
Color	El color no es fiel a la diapositiva, exposición demasiado baja, no se ve la imagen	El color no es fiel a la diapositiva, la exposición es deficiente, se aprecia ligeramente	El color no es fiel a la diapositiva, exposición regular pero no homogénea	El color es fiel a la diapositiva, exposición regular pero no homogénea	El color es fiel a la diapositiva, exposición correcta pero no homogénea	Color fiel a la diapositiva, exposición correcta y homogénea
Textura	No se aprecian detalles, ni texturas, existe pérdida de información de los mismos	Los objetos carecen de detalles, existe leve pérdida de información de los mismos	Los objetos muestran poco detalle, no se diferencian texturas	Los objetos muestran detalle regular, no se diferencian texturas	Los objetos muestran buen detalle, se diferencian parcialmente texturas	Los objetos muestran alto detalle y definición, las texturas se diferencian bien

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

Para llevar a cabo la prueba, se utilizaron tres dispositivos para digitalizar las diapositivas, los cuales fueron: el prototipo desarrollado, el escáner de película móvil KODAK y el escáner Epson Perfection V600. A estos dispositivos se les asignaron las denominaciones "Dispositivo A", "Dispositivo B" y "Dispositivo C", respectivamente. Esta designación se realizó con el propósito de garantizar una evaluación imparcial y objetiva en la encuesta, asegurando que los expertos desconocieran el dispositivo que se utilizó para cada fotografía. Las calificaciones conseguidas se tabularon y los resultados se presentan en la Tabla 4-14. Las fotografías obtenidas con cada dispositivo se encuentran en los Anexos ANEXO U, ANEXO V y ANEXO W, mientras que la encuesta evaluada, junto con las calificaciones, se encuentra en el ANEXO X.

Tabla 4-14: Tabulación de las calificaciones de la encuesta de valoración de fotografías

		Dispositivo A			Dispositivo B			Dispositivo C		
		Foto 1	Foto 2	Foto 3	Foto 1	Foto 2	Foto 3	Foto 1	Foto 2	Foto 3
Evaluador 1	Forma	4	5	5	2	2	3	3	4	4
	Color	5	5	5	2	2	3	3	3	4
	Textura	4	5	5	0	2	3	4	3	4
Evaluador 2	Forma	5	5	5	1	1	2	5	4	4
	Color	5	5	5	2	1	1	3	3	4
	Textura	5	5	5	1	1	2	4	4	3
Evaluador 3	Forma	5	3	5	1	1	1	3	5	3
	Color	5	3	5	1	1	1	3	5	3
	Textura	5	3	5	1	1	1	3	5	3
Promedio		4,78	4,33	5,00	1,22	1,33	1,89	3,44	4,00	3,56
Total		4,70			1,48			3,67		

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De acuerdo a la Tabla 4-14, se demuestra que, en términos de calificación total, el “Dispositivo A” obtuvo la mejor puntuación, con un promedio de 4,70 sobre 5. Esto valida la calidad del producto que se puede obtener a partir del prototipo digitalizador de imágenes desarrollado. Para validar la prueba, se adjuntan en el ANEXO Y los certificados emitidos por los evaluadores.

4.10. Análisis económico del prototipo

En la Tabla 4-15 se presenta un análisis de costos en el que se detallan los componentes, la cantidad y sus precios para la construcción del prototipo.

Tabla 4-15: Análisis económico para la construcción del prototipo

Cantidad	Componente	Precio unitario	Precio total
1	ESP32	\$13,00	\$13,00
2	Drivers DRV8825	\$3,25	\$6,50
2	Motores a pasos NEMA 17 17HS4401	\$18,00	\$36,00
1	Matriz NeoPixel WS2812B 8x8 LED RGB	\$12,75	\$12,75
1	Nextion pantalla táctil inteligente HMI NX8048P070-011C	\$170,00	\$170,00
1	Regulador de voltaje DC/DC Step Down 3A LM2596	\$2,50	\$2,50
1	Convertidor DC-DC Buck XL4015 de 5A	\$4,00	\$4,00
1	Módulo TP4056 cargador de baterías litio con protección	\$1,75	\$1,75
1	Regulador DC-DC MT3608 Step up regulable 2A	\$2,00	\$2,00
2	Tornillos sin fin de 4 hilos	\$26,00	\$52,00
1	Batería LiPo 1S 3,7V 300mAh TATTU 75C BT PLUG	\$9,00	\$9,00
2	Finales de carrera	\$1,00	\$2,00
1	Fuente de alimentación 12V 8,5A	\$18,00	\$18,00

2	Acoples rígidos 5mm a 8mm Aluminio	\$5,00	\$10,00
2	Chumaceras ovaladas Pared 8mm KFL08	\$3,00	\$6,00
2	Rodamientos lineales SC8UU	\$4,65	\$9,30
2	Ejes de acero 8mm de diámetro	\$8,00	\$16,00
2	Soportes para motor NEMA 17	\$2,25	\$4,50
	Impresión 3D	\$80,00	\$80,00
	Estructura MDF 6mm	\$70,00	\$70,00
	Elementos varios	\$50,00	\$50,00
Costo total del prototipo			\$575,30

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

En base a la Tabla 4-15, se determina que el costo total para la implementación del prototipo es de 575,30 dólares americanos (USD). Con este valor es posible realizar una tabla costo-beneficio en comparación con el escáner digital Kodak Scanza, el cual posee características similares al prototipo. En la Tabla 4-16 se establece dicha comparación.

Tabla 4-16: Comparativa entre el prototipo y el escáner digital Kodak Scanza

Características	Prototipo	Kodak Scanza
Adaptable a cámaras profesionales	Si	No
Regulación de color rojo	Si	Si (aplicando filtros)
Regulación de color verde	Si	Si (aplicando filtros)
Regulación de color azul	Si	Si (aplicando filtros)
Regulación de intensidad luminosa (brillo)	Si	Si (aplicando filtros)
Control de la distancia de enfoque	Si	No
Base de datos	Si	No
Pantalla HMI	Si	No
Aplicación móvil	Si	No
Alimentación por batería	Si	Si
Control de manera digital	Si	Si
Control de manera analógica	Si	No
Costo	\$575,30	\$192,00

Realizado por: Tingo M., Imbaquingo F., 2023

De la comparativa presentada en la Tabla 4-16, se puede apreciar que el equipo comercial comparado presenta deficiencias en sus características en comparación con el prototipo. Al considerar los costos, se observa una diferencia del 66,63%. Esto determina que, a pesar de que el prototipo tiene un costo más elevado, posee características superiores, lo que lo convierte en un dispositivo dirigido a usuarios más exigentes y profesionales, ya que, entre los beneficios a

destacar se encuentra la capacidad de integrar cámaras profesionales, las cuales pueden capturar una gran cantidad de píxeles, también posee una pantalla táctil HMI la cual permite ajustar los parámetros de luz, como la cantidad de color rojo, verde, azul e intensidad luminosa o brillo, además de poder regular la distancia de enfoque para que la cámara pueda capturar en su mayoría la imagen registrada en la diapositiva. También posee una base de datos que permite almacenar los parámetros configurados, lo cual facilita la digitalización de diapositivas similares o con la misma tonalidad, evitando tener que realizar todo el proceso desde cero. Asimismo, el dispositivo se puede controlar de forma remota mediante una aplicación móvil, sumado a eso se tiene un sistema de respaldo que permite realizar un guardado de emergencia de los parámetros en caso de cortes de energía eléctrica.

CONCLUSIONES

- Se ha diseñado y construido un prototipo digitalizador de imágenes registradas en material fotosensible, en el que es posible regular la cantidad de luz roja, azul y verde, así como la intensidad luminosa. Además, ofrece la capacidad de ajustar la distancia de enfoque para el lente de la cámara. Todos estos parámetros tienen la capacidad de ser almacenados en una base de datos. De la misma manera, el dispositivo permite llevar a cabo el control remoto de los parámetros a través de una aplicación móvil.
- La prueba de validación de los finales de carrera determina que no existe un error de detección, por lo que los sensores han demostrado ser 100% precisos y efectivos en su función de detección en ambas posiciones.
- De las pruebas realizadas a las luces RGB, se determinó que el coeficiente de variación mayor es de 5,96%, v valor que es menor al 7%, lo que representa que las muestras se consideran precisas. De esta manera las luces implementadas en el prototipo presentan estabilidad de color.
- A partir de las pruebas de error de los motores paso a paso se determinó, que el rango de error que se puede presentar en el prototipo varía desde 0,10mm hasta 0,50mm, lo que indica que se debe de tener en cuenta este intervalo de valores al manipular el parámetro de la distancia de enfoque.
- Luego de realizar las pruebas, se ha determinado que los tiempos de subida a la base de datos, muestran un promedio de 1,07 segundos a las 10:00 AM, 0,78 segundos a las 3:00 PM y 0,95 segundos a las 5:00 PM. Mientras que los tiempos de descarga, que se refieren a la latencia de la aplicación móvil hacia el dispositivo, en los dos primeros horarios no se ven afectados por la hora de descarga, lo que genera una demora de hasta una media de 1,08 segundos. Para el último horario, se observa un retraso de un promedio de 1,52 segundos.
- La prueba de arranque del prototipo estableció que el dispositivo puede llegar a demorarse un tiempo máximo de 17,99 segundos para empezar a utilizarse, debido a que se realiza una calibración previa para que la base que permite el desplazamiento de la diapositiva se encuentre en la distancia de 0 mm.

- En cuanto a la alimentación por batería para los dispositivos requeridos, se tiene un consumo energético de 633,5 mA. De manera, que al entrar en funcionamiento la batería tendría una duración de 7,16 minutos, el cual, a pesar de no cumplir con el cálculo teórico satisface el requerimiento planteado de 6 minutos.
- Con respecto a la prueba de funcionamiento y usabilidad ejecutadas por el grupo de evaluadores, se determinó que el prototipo satisface los requerimientos planteados en la investigación obteniendo una nota de 4,85 sobre 5, lo que según la escala de Likert se encuentra entre “Bueno” y “Muy bueno”.
- En base a la prueba de valoración de fotografías realizadas por el grupo de evaluadores, se estableció que las fotografías del producto “A” tiene un promedio de aceptación de 4,7 sobre 5, a diferencia de las fotografías tomadas con los productos “B” y “C”, los cuales son del ámbito comercial.
- El análisis económico llevado a cabo para el diseño y desarrollo del prototipo, demuestra que el costo del dispositivo es un 66,63% más caro en comparación a un escáner comercial, pero se resalta una versatilidad al permitir un control más amplio de parámetros, así como su almacenamiento en una base de datos y la incorporación de un sistema de respaldo energético.

RECOMENDACIONES

- Optimizar el diseño mediante la industrialización, haciéndolo más compacto y mejorando su estructura.
- Mejorar la estabilidad de los potenciómetros utilizando una tecnología alternativa para un incremento en su procesamiento.
- Incorporar un sistema de batería que posea una autonomía para alimentar todo el prototipo y pueda ser portable.
- Incorporar un sensor de alta resolución en megapíxeles proveniente de una cámara profesional al prototipo, con el propósito de habilitar un control automático ejecutado por el dispositivo.
- Desarrollar un diseño de la aplicación móvil que sea más estético y profesional en su presentación.
- Integrar un sistema de control mixto que permita la modificación de los parámetros tanto de forma digital como de forma analógica.

BIBLIOGRAFÍA

AGUADO, Juan. *Introducción a las teorías de la comunicación y la información* [en línea]. Murcia-España: Universidad de Murcia, 2004. [Consulta: 3 abril 2023]. Disponible en: [https://www.um.es/tic/Txtguia/Introduccion%20a%20las%20Teorias%20de%20la%20Informa%20\(20\)/TIC%20texto%20guia%20completo.pdf](https://www.um.es/tic/Txtguia/Introduccion%20a%20las%20Teorias%20de%20la%20Informa%20(20)/TIC%20texto%20guia%20completo.pdf)

AMAZON. JJC - *Adaptador de digitalización de película con Juego de Luces LED Convierte película Negativa de 35 mm y Diapositiva a JPEG Digital, lámpara LED USB de 10 Niveles de Brillo* [blog]. 2023. [Consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://www.amazon.es/JJC-Adaptador-digitalizaci%C3%B3n-Convierte-diapositiva/dp/B09NNF1LQY>

ARAGONÉS, Jesús; et al. *Sensores de temperatura* [en línea]. Universidad Tecnológica Nacional, 2003. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: https://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14089/mod_resource/content/0/SensoresTemperatura.pdf

ARCHIVO GENERAL DE LA NACIÓN DE COLOMBIA. *LEY 594 DE 2000* [en línea]. Santa Fe de Bogotá, 2000. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://normativa.archivogeneral.gov.co/ley-594-de-2000/>

ARDUINO. (-a). *AccelStepper* [blog]. 2023. [Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/accelstepper/>

ARDUINO. (-b). *EEPROM Library* [blog]. 2023. [Consulta: 31 mayo 2023]. Disponible en: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/eprom>

ARDUINO. (-c). *Guía de Referencia de Arduino* [blog]. 2023. [Consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/es/>

ARDUINO. (-d). *Kalman Filter Library* [blog]. 2023. [Consulta: 31 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/kalman-filter-library/>

ARDUINO. (-e). *WiFi* [blog]. 2023. [Consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/wifi/>

ARDUINO ES. *Comparativa placas Arduino* [blog]. 2016. [consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://arduinoespblog.wordpress.com/2016/03/02/como-elegir-una-placa-arduino/>

ASANZA, Víctor. *Especificaciones del módulo ESP32* [blog]. Electronics. [consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://vasanza.blogspot.com/2021/07/especificaciones-del-modulo-esp32.html>

ATAMIAN, Iaió. *Distancia Focal: Explicación Simplificada [Con Ejemplos]* [blog]. Blog del fotógrafo, 2022. [Consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://www.blogdelfotografo.com/distancia-focal/>

AUTODESK. *Easily Applicable Graphical Layout Editor: Manual* [blog]. 2019. [Consulta: 5 junio 2023]. Disponible en: http://www.rikmed.com/downloads/manual_en.pdf

AUTODESK. *EAGLE: PCB design made easy for every engineer* [blog]. 2023. [Consulta: 4 junio 2023]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

AVISUAL SHOP. *Tipos de focos para fotografía* [blog]. 2022. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <https://www.avisualshop.es/tipos-de-focos-para-fotografia/>

BAKIEVA, Margarita; et al. *SPSS: ANOVA de un Factor* [en línea]. innovaMIDE, 2012. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf

BERKENFELD, Diane; et al. *Entendiendo la distancia focal* [blog]. Nikon Inc, 2023. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://www.nikon.com.mx/learn-and-explore/a/tips-and-techniques/entendiendo-la-distancia-focal.html>

BLASCO, Pedro. *Apuntes de ILUMINACION* [en línea]. Universidad Politécnica De Valencia, 2016. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/75442>

BOLAÑOS, Daniel. *Tutorial sobre Motores Paso a Paso (Stepper motors)* [en línea]. 2021. [Consulta: 22 abril 2023]. Disponible en: <https://www.bolanosdj.com.ar/MOTORES/MPAP1.PDF>

BONACHEA, Mallelín; et al. “Dimensiones comunicativas”. *Gaceta Médica Espirituana* [en línea], 2007, 9(2). [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://revgmespirituana.sld.cu/index.php/gme/rt/prINTERfriendly/1501/html>

BRASS & FITTINGS S.L. *¿Qué es la temperatura de color?* [blog]. CELER, 2020. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://www.celerlight.com/que-es-la-temperatura-de-color/>

BUENOSYBARATOS. *Los mejores escáneres de diapositivas* [blog]. 2023. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://buenosybaratos.es/comparativa/los-mejores-escaneres-de-diapositivas/>

BUSSELLE, Michael. *Introducción a la fotografía*. Barcelona-España: Jaimes Libros, S.A. ISBN 84-7091-239-9

CAMARALIA. *Duplicador de diapositivas Kaiser Mod. 6506* [blog] [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://www.camaralia.com/6738-duplicador-de-diapositivas-kaiser-mod-6506.html>

CANON. (-a). *Canon EOS 90D Especificaciones* [blog] 2023. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://www.canon.es/cameras/eos-90d/specifications/>

CANON. (-b). *Canon EOS M50 Especificaciones* [blog] 2023. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://www.canon.es/cameras/eos-m50/specifications/>

CARRIÓN ESCOBAR, María Isabel. Proceso metodológico para digitalizar, rescatar y preservar los datos contenidos en material fotosensible [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2014. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3586>

CASTRO GUAMAN, Miguel Paul., & Posligua Murillo, Norman Christos. Diseño de iluminación con luminarias tipo Led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil-Ecuador. 2015. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10253>

CIMECH 3D. *Motor stepper bipolar NEMA 42 (5.4V, 6.0A, 24N.m, 1.8°)* [blog]. 2023. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://www.cimech3d.cl/producto/motor-stepper-bipolar-nema-42/>

COMUNIDAD BARATZ. *La preservación del fondo documental en los Archivos* [blog]. 2020. [Consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: <https://www.comunidadbaratz.com/blog/la-preservacion-del-fondo-documental-en-los-archivos/>

DE LA TORRE, Jorge; et al. *Diseño y modelado 3D: Introducción a Fusion 360*. España: Bubok Publishing S.L., 2018. ISBN 978-84-685-3309-4

EL COMERCIO. *La Biblioteca Nacional fue destruida por un voraz incendio* [blog]. 2021. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/bicentenario/1943-l-la-biblioteca-nacional-fue-destruida-por-un-voraz-incendio-l-bicentenario-noticia/?ref=ecr>

ELIA, Ricardo. “El incendio de la biblioteca de Alejandría por los árabes: una historia falsificada”. *Byzantion nea hellás* [en línea], 2013, (Argentina) (32), pp. 37-69. [Consulta: 4 abril 2023]. ISSN 0718-8471. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-84712013000100002>

EL PERIÓDICO. *Un incendio en una biblioteca rusa destruye más de un millón de documentos históricos* [blog]. 2015. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.elperiodico.com/es/internacional/20150202/incendio-biblioteca-rusa-destruye-millon-documentos-historicos-3903423>

EL TIEMPO. *Documentos invaluable que la humanidad perdió para siempre* [blog]. 2021. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/cultura/gente/bibliotecas-que-se-han-incendiado-perdiendo-documentos-historicos-582758>

EUDIM. *Sensores y Transductores* [en línea]. Escuela Universitaria de Ingeniería Mecánica, 2023. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf

FERNÁNDEZ, Mario. “Los riesgos de deterioro del patrimonio documental en América Latina”. *Bibliotecas* [en línea], 2008, (Costa Rica) 26(2). [Consulta: 11 abril 2023]. ISSN 1409-3049. Disponible en: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/bibliotecas/article/view/406>

FIREBASE. *Documentación de Firebase: Información básica* [blog]. 2022. [Consulta: 25 mayo 2023]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/guides?hl=es-419>

GAMERO, Alejandro. *Así se recuperan los libros de una biblioteca incendiada* [blog]. 2016. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://lapiedradesisifo.com/2016/11/22/asi-se-recuperan-los-libros-de-una-biblioteca-incendiada/>

GARCÍA, David., & ESTEBAN, Ignacio. “La memoria quemada: sistemas de extinción de incendios en bibliotecas”. *Universidades* [en línea], 2006, 39. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <http://eprints.rclis.org/8421/>

GEEK FACTORY. *Motor a pasos NEMA 17 17HS4401* [blog]. 2023. [Consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/tienda/robotica/motores/motor-a-pasos-nema-17-17hs4401/>

GÓMEZ, Anna. “Elementos metodológicos para el análisis de imágenes”. In *Actas del XVIII Coloquio de Historia de la Educación: Arte, literatura y educación* [en línea], 2015, pp. 346-354. [Consulta: 9 abril 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5204908.pdf>

GÓMEZ-MEZA, Javier Steve; et al. “Diseño de un prototipo IoT para el monitoreo de material particulado en espacios reducidos utilizando ESP32 con servidor hospedado en la nube”. *Sinergia Académica* [en línea], 2022, (Ecuador) 4(3), pp. 1-18. [Consulta: 22 abril 2023]. ISSN 2765-8252. Disponible en: <https://doi.org/10.51736/sa.v4i3.58>

GONZÁLEZ, Danny., & VIDAL, Antonino. *La fotografía como documento histórico. El rescate de la memoria visual del siglo XX en el caribe colombiano.* [en línea]. Universidad de Costa Rica. [Consulta: 9 abril 2023]. Disponible en: <https://vinv.ucr.ac.cr/catedrahumboldt/docs/fotografiacomodocumentohistorico.pdf>

GRUPO ELECTROSTORE. *Batería LiPo 1S 3,7V 300mAh TATTU 75C BT PLUG* [blog]. 2019. [Consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <https://grupoelectrostore.com/shop/baterias/baterias-lipo/tattu/bateria-lipo-1s-37v-300mah-tattu-75c-bt-plug/>

HERNÁNDEZ, David. *La Biblioteca de Alejandría, la destrucción del gran centro del saber de la Antigüedad* [blog]. Historia National Geographic, 2020. [Consulta: 8 abril 2023]. Disponible en: https://historia.nationalgeographic.com.es/a/biblioteca-alejandria-destruccion-gran-centro-saber-antiguedad_8593

HERRADA, Eva. *Adafruit NeoPixel* [blog]. 2023. [consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel

HERRADOR, Rafael. *Guía de Usuario de Arduino* [en línea]. Universidad de Córdoba, 2009. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: https://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf

HERRERO, Roberto. *Digitalización de Diapositivas* [blog]. 2018. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <https://www.roberto-herrero.com/fotografia/digitalizaci%C3%B3n-de-diapositivas/>

INDUSTRIAS GSL. *Sensor de luz* [blog]. 2021. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/sensor_de_luz

INFOBAE. *Incendio en la Biblioteca Amazónica de Iquitos puso en peligro más de 10 mil libros históricos del siglo XIX* [blog]. 2022. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible en: <https://www.infobae.com/america/peru/2022/10/10/incendio-en-la-biblioteca-amazonica-de-iquitos-puso-en-peligro-mas-de-10-mil-libros-historicos-del-siglo-xix/>

JOYFUL PRINTING. *Factores que afectan la calidad de las imágenes digitales* [blog]. 2019. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://es.joyful-printing.net/info/factors-affecting-the-quality-of-digital-image-34079874.html>

KODAK. *KODAK Mobile Film Scanner* [blog]. 2023. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://www.kodakphotoplus.com/products/kodak-mobile-film-scanner>

LA CASA DE LA LÁMPARA. *Tipos de bombillas ¡Todo lo que necesitas saber!* [blog]. 2019. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <https://www.lacasadelalampara.com/tipos-de-bombillas/>

LA INFORMACIÓN. *Ahorra 11 euros al año por cada bombilla halógena que sea sustituida por una LED* [blog]. 2018. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <https://www.lainformacion.com/tecnologia/ahorro-ano-bombilla-halogenas-sustituida-led/6378623/>

LAMPARA DIRECTA. *Convertir lúmenes a vatios* [blog]. 2023. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <https://www.lamparadirecta.es/lumen-a-vatio>

LAMPARAYLUZ.ES. *¿Qué es el color de la luz (Kelvin)?* [blog]. 2023. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <https://www.lamparayluz.es/todo-sobre-iluminacion/que-son-los-grados-kelvin>

LARA LÓPEZ, Emilio Luis. “La fotografía como documento histórico-artístico y etnográfico: una epistemología”. *Antropología Experimental* [en línea], 2005, (España) (5). [Consulta: 13 abril 2023]. ISSN 1578-4282. Disponible en: <https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/rae/article/view/2068>

LAST MINUTE ENGINEERS. *Control Stepper Motor with DRV8825 Driver Module & Arduino* [blog]. 2023. [Consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <https://lastminuteengineers.com/drv8825-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/>

LAUMAYER. *Generalidades de Finales de carrera y sus principales usos* [blog]. 2020. [Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/2020-diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/>

LEÓN, Noemí. *Temperatura de Color: Qué Es y Cómo Sacarle Jugo en tus Fotos* [blog]. dZoom, 2023. [Consulta: 15 abril 2023]. Disponible en: <https://www.dzoom.org.es/la-temperatura-del-color/>

LINARES COLUMBIÉ, Radamés; et al. “La información a través del tiempo”. *ACIMED* [en línea], 2000, (Cuba) 8(3), pp. 228-238. [Consulta: 9 abril 2023]. ISSN 1024-9435. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352000000300009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

LLAMAS, Luis. *Comparativa ESP8266 frente a ESP32, los SoC de Espressif* [blog]. 2018. [Consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/comparativa-esp8266-esp32/>

MALO, Laura. Control de un motor paso a paso [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad de Zaragoza, España. 2011. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/5655>

MANZANO, Vicente. *El tamaño de la muestra* [en línea]. 2009. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <http://asignatura.us.es/dadpsico/apuntes/TamMuestra.pdf>

MARCHANTE, Alicia. *Fusion 360: todo lo que necesitas saber sobre el software 3D* [blog]. 3Dnatives, 2020. [consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/fusion-360-software-290420202/#!>

MARES, Francisco. *Diferentes fuentes de Luz continua artificiales* [blog]. Chaman Experience. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://chamanexperience.com/fotografia/focos-de-luz-continua/>

MARÍN, Antoni. *Manual de fotografía digital* [en línea]. Universitat Oberta de Catalunya, 2009. [Consulta: 21 abril 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10609/9722>

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *MIT App Inventor: Our Tutorials!* [blog]. 2022. [Consulta: 10 junio 2023]. Disponible en: <https://appinventor.mit.edu/explore/ai2/tutorials>

MCCLEARY, John. *Secado por congelación al vacío, método para salvar materiales de archivos y bibliotecas dañados por el agua: un estudio del RAMP con directrices* [en línea]. UNESCO Biblioteca Digital, 1987. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000075091_spa

MECATRÓNICA LATAM. (-a). *Motor paso a paso* [blog]. 2021. [Consulta: 22 abril 2023]. Disponible en: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/motor/motores-electricos/motor-de-corriente-continua/motor-paso-a-paso/>

MECATRÓNICA LATAM. (-b). *Sensor de luz* [blog]. 2021. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/sensor-de-luz/>

MIFSUD, Elvira., & LERMA-BLASCO, Raúl. *Servicios en red*. Madrid-España: McGraw-Hill, 2013. ISBN 978-84-481-8386-8

MINISTERIO DE CULTURA Y PATRIMONIO. *Manual: procedimientos de contingencias en archivos históricos por desastres naturales* [en línea]. 2017. [Consulta: 9 abril 2023]. Disponible en: <https://www.culturaypatrimonio.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/Manual-PROCEDIMIENTOS-UNESCO.pdf>

MOUSER ELECTRONICS. *Motores a pasos* [blog]. 2023. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://www.mouser.ec/c/electromechanical/motors-drives/stepper-motors/>

MUSSO, Caro. *Balance de Blancos en Fotografía: Qué es, Para Qué Sirve y Cómo Usarlo* [blog]. Blog del fotógrafo, 2022 [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://www.blogdelfotografo.com/balance-blancos/>

NACIONES UNIDAS. *Instrumentos del estado de derecho para sociedades que han salido de un conflicto* [en línea]. 2015. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible en: https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/HR_PUB_14_4_Archives_sp.pdf

NAYLAMP MECHATRONICS. (-a). *Convertidor Voltaje DC-DC Step-Down 3A LM2596* [blog]. 2023. [Consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/196-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-3a-lm2596.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (-b). *Convertidor Voltaje DC-DC Step-Up 2A MT3608* [blog]. 2023. [Consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/119-convertidor-voltaje-dc-dc-step-up-2a-mt3608.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (-c). *Driver PAP DRV8825 1.5A* [blog]. 2023. [Consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/driver-pap-stepper/126-driver-pap-drv8825.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (-d). *Fuente de alimentación conmutada AC/DC 100W 12V 8.5A WODE* [blog]. 2023. [Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/fuentes-switching-ac-dc/625-fuente-de-alimentacion-conmutada-acdc-100w-12v-8a-wode.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (-e). *Matriz LED WS2812B 8x8* [blog]. 2023. [Consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/led/406-matriz-led-ws2812b-8x8.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (-f). *NodeMCU-32 38-pin ESP32 WiFi* [blog]. 2023. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/1011-nodemcu-32-38-pin-esp32-wifi.html>

NAYLAMP MECHATRONICS. (-g). *Tornillo de potencia D8mm L300mm THSL-300-8D* [blog]. 2023. [Consulta: 31 mayo 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/cnc-open-source-hw/231-tornillo-de-potencia-d8mm-l300mm-thsl-300-8d.html>

NEXTION. (-a). *NX8048P070-011C* [blog]. 2022. [Consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: <https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011c/>

NEXTION. (-b). *The Nextion Instruction Set* [blog]. 2022. [Consulta: 11 junio 2023]. Disponible en: <https://nextion.tech/instruction-set/>

NOVATRONIC. *TP4056 Módulo de carga para batería Lipo con protección de corriente MicroUSB 1A* [blog]. 2020. [Consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <https://novatronicec.com/index.php/product/tp4056-modulo-de-carga-para-bateria-lipo-con-proteccion-de-corriente-microusb-1a/>

OMEGA. *¿Qué brillante es la luz en tu oficina? Iluminando la medición de intensidad* [blog]. 2023. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://es.omega.com/technical-learning/Iluminando-la-medicion-de-intensidad.html>

PALMA, Cristian., & RODRÍGUEZ, Stephanie. “Tarjetas de Desarrollo: Herramientas para el diseño”. *Letras ConCiencia Tecnológica* [en línea], 2018, (Colombia) (11), pp. 43-52. [Consulta: 30 abril 2023]. ISSN 1909-9002. Disponible en: <https://doi.org/10.55411/26652544.104>

PASSOLAS, Felipe. *Cómo leer nuestro objetivo* [blog]. 2023. [consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://foto321.com/blog/tutoriales/como-leer-nuestro-objetivo-tutorial-de-felipe-passolas/>

PÉREZ, Mario. *Objetivos macro: Recomendaciones para todas las cámaras* [blog]. Blog del fotógrafo, 2023. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://www.blogdelfotografo.com/objetivos-macro-fotografia/>

PÉREZ, Pedro. *La importancia de la luz para conseguir fotografías que comuniquen* [blog]. Peter Llanos, 2020. [Consulta: 15 abril 2023]. Disponible en: <https://peterllanos.com/importancia-de-la-luz-para-conseguir-fotografias-que-comuniquen/>

PORTILLO, Manuel. *Fuelle para macro y copia de documentos, negativos y diapositivas* [blog]. 2023. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://www.manuelportillo.com/fuelle-macro-copia-documentos/>

POSADA HERNÁNDEZ, Gabriel Jaime. *Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos*. Medellín-Colombia: Fondo Editorial Luis Amigó, 2016. ISBN 978-958-8943-05-3

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Regla Técnica Nacional para la Organización y Mantenimiento de los Archivos Públicos. Acuerdo No. SGPR-2019- 0107* [en línea]. Quito-Ecuador: 2019. [Consulta: 15 abril 2023]. Disponible en: <https://www.aea.ec/wp-content/uploads/2019/05/REGLA-TECNICA-NACIONAL.pdf>

RADIOSHUTTLE. *ESP32 Alimentado por Batería* [blog]. 2018. [Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.radioshuttle.de/es/medias-es/informaciones-tecnicas/esp32-alimentado-por-bateria/>

REYES-FLORES, Epifanio. “Tipos de Sensores”. *Con-Ciencia Serrana Boletín Científico de la Escuela Preparatoria Ixtlahuaco* [en línea], 2019, (México) 1(2), pp. 31-33. [Consulta: 25 abril 2023]. ISSN 2683-1899. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ixtlahuaco/article/view/4405>

RINCÓN EDUCATIVO. *Sistemas de iluminación ¡La importancia de la luz!* [blog]. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/sistemas-de-iluminacion-la-importancia-de-la-luz/>

ROBLEDANO, Jesús., & NAVARRO, Diego. “Aproximación sistemática a la creación de versiones digitales de negativos fotográficos históricos”. *El profesional de la información* [en línea], 2017, (España) 26(6), pp. 1172-1183. [Consulta: 6 abril 2023]. ISSN 1699-2407. Disponible en: <https://doi.org/10.3145/epi.2017.nov.16>

RODRÍGUEZ, José. *Curso de Macrofotografía* [en línea]. Ferrol-España: Apuntes del Aula FN, 2012. [Consulta: 24 abril 2023]. Disponible en: <https://franniето.es/pdf/macro.pdf>

ROOSA, Mark. *El cuidado, manipulación y almacenamiento de fotografías* [en línea]. París-Francia: IFLA PAC, 2004. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://repository.ifla.org/handle/123456789/1313>

SALAZAR, Jordi. *Redes inalámbricas* [en línea]. Praga- República Checa: TechPedia, 2016. [consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2117/100918>

SÁNCHEZ, Fernando. *El método más rápido, eficaz y económico para digitalizar nuestros negativos y diapositivas* [blog]. Xataka Foto, 2021. [Consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://www.xatakafoto.com/tutoriales/metodo-rapido-eficaz-economico-para-digitalizar-nuestros-negativos-diapositivas>

SKINDERMA. *¿Qué tanto afectan las fuentes de luz artificiales a la piel?* [blog]. SkinDerma Dermatology & Skincare, 2016. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <http://skinderma.com.mx/que-tanto-afectan-las-fuentes-de-luz-artificiales-a-la-piel/>

SONY. *Distancia de enfoque mínima* [blog]. 2018. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://www.sony-latin.com/es/electronics/support/articles/00267924>

SOTO, Sebastián. *Ventajas y desventajas de implementar redes inalámbricas* [blog]. Rom Mayer, 2021. [Consulta: 30 abril 2023]. Disponible en: <https://rom-mayer.cl/redes-inalambricas-2/>

SRC. *Tipos de Sensores de Temperatura* [blog]. 2023. [Consulta: 28 abril 2023]. Disponible en: <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>

STEPPERONLINE. *¿Qué es un motor paso a paso?* [blog]. 2023. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://www.omc-stepperonline.com/es/support/que-es-un-motor-paso-a-paso>

SUWATCHAI, K. *Firebase ESP32* [blog]. 2023. [Consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP32>

TATAY, Tina. (-a). *Guía Completa para Iniciarse en la Fotografía Macro* [blog]. dZoom, 2023. [Consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: <https://www.dzoom.org.es/5-cosas-a-tener-en-cuenta-a-la-hora-de-hacer-fotografia-macro/>

TATAY, Tina. (-b). *Los 10 Objetivos Macro Más Recomendados* [blog]. dZoom, 2023. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: <https://www.dzoom.org.es/objetivos-macro/>

TIENDAMIA. *KODAK SCANZA Digital Film & Slide Scanner – Converts 35mm, 126, 110, Super 8 & 8* [blog]. 2023. [Consulta: 19 abril 2023]. Disponible en: <https://tiendamia.com/ec/e-product?ebay=v1%7C132524088503%7C0&pName=KODAK-SCANZA-Digital-Film-Slide-Scanner-Converts>

TME ELECTRONIC COMPONENTS. *Motor paso a paso – tipos y ejemplos del uso de motores paso a paso* [blog]. 2020. [Consulta: 22 abril 2023]. Disponible en: <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/>

TOLOCKA, Ernesto. *Módulos Espressif (ESP) para IoT* [blog]. 2020. [Consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.profetolocka.com.ar/2020/04/11/modulos-espressif-esp-para-iot/>

UNESCO. *Proyecto de Carta para la preservación del patrimonio digital* [en línea]. UNESCO Biblioteca Digital, 2003. [Consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131178_spa

VISTRÓNICA. *Convertidor DC-DC Buck XL4015 de 5A* [blog]. [Consulta: 1 julio 2023]. Disponible en: <https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/conversores-dc-dc/convertidor-dc-dc-buck-xl4015-de-5a-detail.html>

WAGNER, Patrick. *Marcos de diapositivas y enmarcadores* [blog]. ScanDig, 2022. [Consulta: 15 abril 2023]. Disponible en: <https://www.filmscanner.info/es/Diarahmen.html>

WALDMAN, Gilda. “La «cultura de la memoria»: problemas y reflexiones”. *Política y cultura* [en línea], 2006, (México) (26), pp. 11-34. [Consulta: 10 abril 2023]. ISSN 0188-7742. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-77422006000200002

YOUR GEEK WEB. *Comparativa entre todas las Raspberry Pi del mercado* [blog]. 2020. [Consulta: 1 mayo 2023]. Disponible en: <https://yourgeekweb.com/es/2020/05/05/comparativa-entre-todas-las-raspberry-pi-del-mercado/>

ZAFRA, Dan. *Qué es la distancia focal y el campo de visión en fotografía* [blog]. *Capture the Atlas*, 2023. [Consulta: 16 abril 2023]. Disponible en: <https://capturetheatlas.com/es/que-es-la-distancia-focal/>

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE USUARIO

El dispositivo tiene como objetivo digitalizar diapositivas de 35 mm utilizando cámaras profesionales, generando iluminación RGB y realizando desplazamientos a la distancia de enfoque adecuada. El prototipo se caracteriza por su facilidad de uso. El propósito de este manual es facilitar la operación y ejecución del dispositivo para el usuario.

Encendido del prototipo

Para encender el dispositivo, se debe conectar el cable de alimentación y luego accionar el interruptor de color rojo. Se espera a que la pantalla HMI se encienda para accionar el interruptor de color negro, el cual permite conectar la batería al circuito, activando así el sistema de respaldo. Además, cabe destacar que este interruptor negro permite cargar la batería cuando no está en uso.



Al encender el dispositivo, este iniciará automáticamente el proceso de calibración, posicionando la base que permite el desplazamiento de la diapositiva a una distancia de 0 mm. Una vez que se alcance esta distancia, el prototipo estará completamente listo y funcional para su uso.

Montaje de las cámaras

En primer lugar, se debe identificar el lente que se utilizará en la cámara para luego seleccionar la pieza que asegurará el lente al prototipo. Seguidamente, se procede a introducir esta pieza en la abertura ubicada en la parte superior del frente del dispositivo.



Para la cámara Canon EOS 90D, que cuenta con un agarre de batería que aumenta sus dimensiones, basta con colocar un tornillo en la rosca de la parte inferior de la cámara y luego montarla en el dispositivo pasando el tornillo a través del agujero correspondiente.



Por otro lado, en el caso de la cámara Canon EOS M50, se debe insertar un soporte que atraviese el tornillo, elevando así la altura de la cámara. Del mismo modo, se monta en el dispositivo al pasar el tornillo a través del agujero correspondiente.

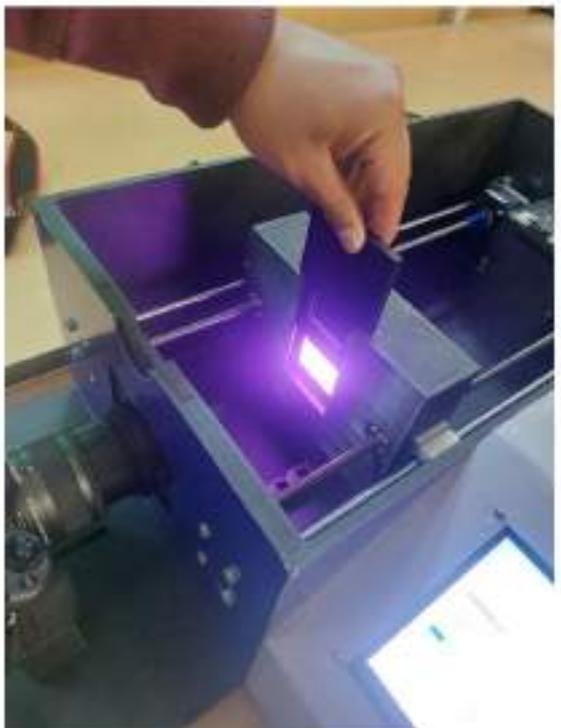
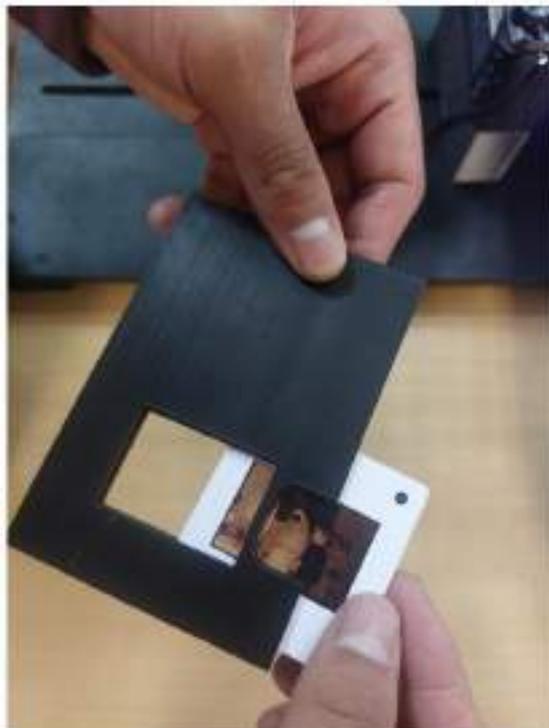


Una vez que la cámara esté colocada en el prototipo, ya sea la Canon EOS 90D o la M50, se debe ajustar la posición de la cámara hasta que el lente encaje con la pieza insertada en la parte frontal del dispositivo. Posteriormente, se procede a asegurar la cámara por debajo del prototipo, utilizando una tuerca en el tornillo que se ha colocado en la rosca de la cámara.



Colocación de diapositivas

Introducir la diapositiva dentro de la porta-diapositiva de manera que la imagen registrada en el material fotosensible quede en posición horizontal. Luego, se introduce la porta-diapositiva en la base que se encuentra dentro del dispositivo, asegurando así la diapositiva.



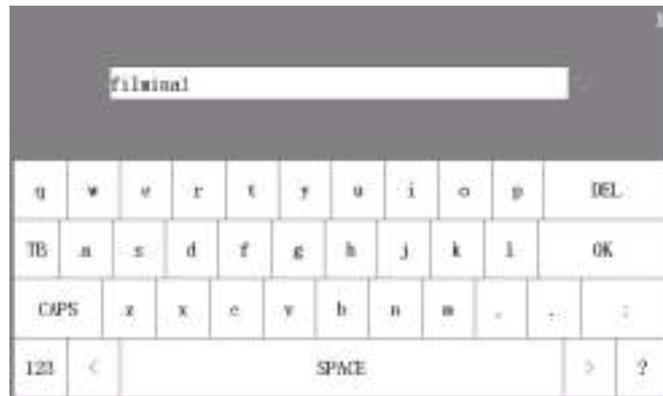
Guardado de parámetros en la base de datos

En el Modo Digital y en el Modo Analógico, se encuentra disponible un cuadro de texto que permite ingresar la designación deseada para la diapositiva que se va a digitalizar. Por defecto, el dispositivo establece la denominación "Nombre", lo que facilita también el control de los parámetros que no necesitan ser guardados.



A screenshot of a text input field with the label "Nombre de la diapositiva:" above it. The field contains the text "Nombre".

Una vez ingresado en el cuadro de texto, se despliega un teclado virtual con el cual se puede introducir el nombre deseado. Luego de escribir el nombre, se debe tocar la tecla "OK".



Al ingresar el nombre deseado, todos los parámetros se reinician a 0, permitiendo así llevar a cabo una nueva digitalización.



A continuación, se procede a ajustar los parámetros necesarios para digitalizar la diapositiva. Una vez configurados, se toca el botón "Guardar", lo que permite almacenar estos parámetros en la base de datos. Este procedimiento se utiliza tanto en el Modo Digital como en el Modo Analógico.



Conexión de la aplicación móvil al dispositivo

Abrir la aplicación móvil y, en el único cuadro de texto disponible en pantalla, ingresar el nombre deseado para la diapositiva que se va a digitalizar. Después, se debe tocar el botón "Crear Archivo", que permite generar los nodos y sub-nodos en la base de datos de los parámetros a controlar. Estos datos serán leídos posteriormente por el dispositivo.



Por otra parte, en el dispositivo, se accede al Modo Wi-Fi y en el cuadro de texto de la pantalla, se introduce el mismo nombre de la diapositiva que se registró previamente en la aplicación móvil. Una vez ingresado el nombre, se toca el botón "Buscar", lo que permite la búsqueda y lectura de los parámetros del nodo y sub-nodos de la base de datos que se crearon mediante la aplicación móvil. Para confirmar que la conexión se ha realizado con éxito y la aplicación móvil se encuentra lista para utilizarse, después del texto "El dispositivo está conectado a la diapositiva:" aparecerá el nombre de la diapositiva.



Consulta de parámetros guardados en la base de datos

En el dispositivo, se debe acceder al Modo Archivo Histórico y en el cuadro de texto que aparece en pantalla, se ingresa el mismo nombre de la diapositiva con el que se haya registrado en la base de datos. Después de escribir el nombre, se toca el botón con un ícono de lupa, el cual permite realizar la búsqueda en la base de datos. Una vez que se encuentren los registros, se mostrarán en la pantalla todos los parámetros guardados.



Guardado de emergencia

Cuando se dé un corte de energía de la red eléctrica, el dispositivo comienza a utilizar automáticamente el sistema de respaldo por batería, el cual solo alimenta a la tarjeta de desarrollo y el HMI. Por lo tanto, si ocurre un corte de energía mientras se intenta almacenar los parámetros configurados en la base de datos después de digitalizar una diapositiva, los parámetros no se guardarán debido a la falta de conexión a Internet. En este caso, se puede guardar los parámetros

en el dispositivo, en la memoria EEPROM de la tarjeta de desarrollo utilizando el botón "Respaldo". Una vez guardados estos datos se puede apagar el dispositivo sin problema alguno.



Cuando la energía de la red eléctrica se restablezca y el dispositivo se encienda de nuevo, se debe presionar el botón "Memoria". Esto abrirá una ventana que muestra los parámetros que se pueden controlar con valores de 0.



Después de abrir la ventana Memoria, se debe seleccionar el botón "Leer" para recuperar los últimos parámetros guardados en el dispositivo. Este proceso es aplicable tanto en el Modo Digital como en el Modo Analógico.



ANEXO B: HOJA DE DATOS DE LA ESP32

5. General Characteristics

5.1 Electrical Characteristics

5.1.1 Absolute Maximum Ratings

Stresses beyond those listed here may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and do not represent actual service conditions that should be exceeded for extended operating conditions.

Table 5. Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
V_{DD}	Power supply voltage	-0.5	3.5	V
I_{DD}	Current through I/O pins	-1.750	1.750	mA
I_{DDIO}	I/O pin current	-16	16	mA

- The I/O pins are not to be driven to either maximum or minimum voltage levels for extended periods. Excessive current through the pins may cause damage to the pins.
- Maximum I/O pin current is limited by the package design.

5.2 Recommended Operating Conditions

Table 6. Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
V_{DD}	Power supply voltage	0	3.3	3.5	V
I_{DD}	Current through I/O pins	-1.750	1.750	1.750	mA
I_{DDIO}	I/O pin current	-16	16	16	mA

5.3 DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Table 7. DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
R_{in}	Pin impedance	-	2	2	Ω
V_{OH}	High-level output voltage	0.75V _{DD}	1.65	1.65	V
V_{OL}	Low-level output voltage	0.0	0.05	0.05	V
I_{OH}	High-level output current	-	20	20	mA
I_{OL}	Low-level output current	-	20	20	mA
V_{IH}	High-level input voltage	0.75V _{DD}	-	1.65	V
V_{IL}	Low-level input voltage	0.0	-	0.05	V
I_{IH}	High-level input current	0.0	-	1.0	μA
I_{IL}	Low-level input current	0.0	-	1.0	μA
I_{DD}	Supply current (no I/O)	0.0	100	100	μA
I_{DDIO}	Supply current (I/O)	0.0	100	100	μA
I_{DDIO}	Supply current (I/O)	0.0	100	100	μA

Especificaciones de la ESP32-WROOM-32E (ESP32-WROOM-32E)

5. General Characteristics

5.1 Electrical Characteristics

5.1.1 Absolute Maximum Ratings

Stresses beyond those listed here may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and do not represent actual service conditions that should be exceeded for extended operating conditions.

Table 5. Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
V_{DD}	Power supply voltage	-0.5	3.5	V
I_{DD}	Current through I/O pins	-1.750	1.750	mA
I_{DDIO}	I/O pin current	-16	16	mA

- The I/O pins are not to be driven to either maximum or minimum voltage levels for extended periods. Excessive current through the pins may cause damage to the pins.
- Maximum I/O pin current is limited by the package design.

5.2 Recommended Operating Conditions

Table 6. Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
V_{DD}	Power supply voltage	0	3.3	3.5	V
I_{DD}	Current through I/O pins	-1.750	1.750	1.750	mA
I_{DDIO}	I/O pin current	-16	16	16	mA

5.3 DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Table 7. DC Characteristics (3.3 V, 25 °C)

Symbol	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
R_{in}	Pin impedance	-	2	2	Ω
V_{OH}	High-level output voltage	0.75V _{DD}	1.65	1.65	V
V_{OL}	Low-level output voltage	0.0	0.05	0.05	V
I_{OH}	High-level output current	-	20	20	mA
I_{OL}	Low-level output current	-	20	20	mA
V_{IH}	High-level input voltage	0.75V _{DD}	-	1.65	V
V_{IL}	Low-level input voltage	0.0	-	0.05	V
I_{IH}	High-level input current	0.0	-	1.0	μA
I_{IL}	Low-level input current	0.0	-	1.0	μA
I_{DD}	Supply current (no I/O)	0.0	100	100	μA
I_{DDIO}	Supply current (I/O)	0.0	100	100	μA
I_{DDIO}	Supply current (I/O)	0.0	100	100	μA

Especificaciones de la ESP32-WROOM-32E (ESP32-WROOM-32E)

6 Schematics

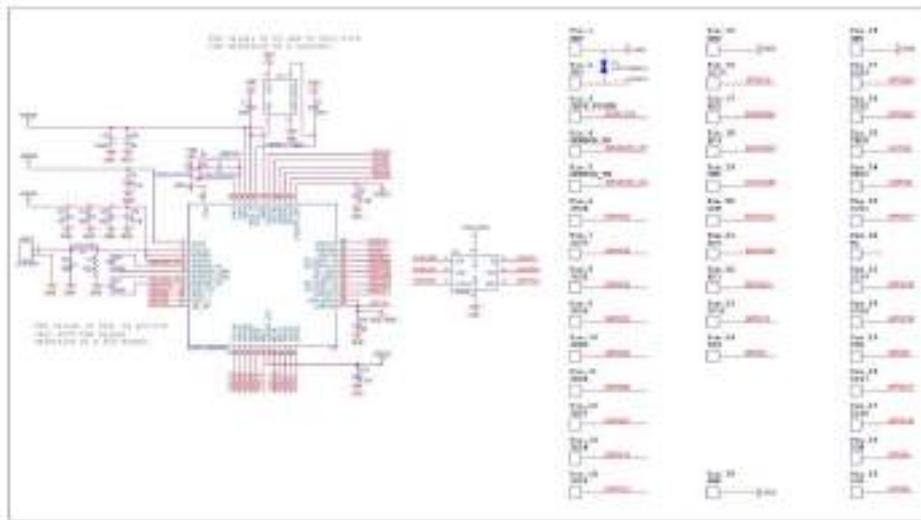


Figure 3. ESP32-WROOM-32 Schematics

ANEXO D: HOJA DE DATOS DEL MOTOR A PASOS NEMA 17 17HS4401



MotionKing (China) Motor Industry Co., Ltd.

**2 Phase Hybrid Stepper Motor
17HS series-Size 42mm(1.8 degree)**



Wiring Diagram:

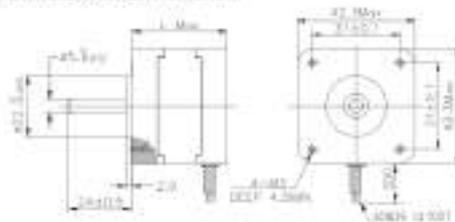


Electrical Specifications:

Series Model	Step Angle (deg)	Motor Length (mm)	Rated Current (A)	Phase Resistance (ohm)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (N.cm Min)	Detent Torque (N.cm Max)	Rotor Inertia (g.cm ²)	Lead Wire (No.)	Motor Weight (g)
17HS2408	1.8	28	0.6	8	10	12	1.6	34	4	150
17HS3401	1.8	34	1.3	2.4	2.8	28	1.6	34	4	220
17HS3410	1.8	34	1.7	1.2	1.8	28	1.6	34	4	220
17HS3430	1.8	34	0.4	30	35	28	1.6	34	4	220
17HS3630	1.8	34	0.4	30	18	21	1.6	34	6	220
17HS3616	1.8	34	0.16	75	40	14	1.6	34	6	220
17HS4401	1.8	40	1.7	1.5	2.8	40	2.2	54	4	280
17HS4402	1.8	40	1.3	2.5	5.0	40	2.2	54	4	280
17HS4602	1.8	40	1.2	3.2	2.8	28	2.2	54	6	280
17HS4630	1.8	40	0.4	30	28	28	2.2	54	6	280
17HS8401	1.8	48	1.7	1.8	3.2	52	2.6	68	4	350
17HS8402	1.8	48	1.3	3.2	5.5	52	2.6	68	4	350
17HS8403	1.8	48	2.3	1.2	1.8	46	2.6	68	4	350
17HS8630	1.8	48	0.4	30	35	34	2.6	68	6	350

*Note: We can manufacture products according to customer's requirements.

Dimensions: unit=mm



Motor Length:

Model	Length
17HS2XXX	28 mm
17HS3XXX	34 mm
18HS4XXX	40 mm
18HS8XXX	48 mm

ANEXO F: HOJA DE DATOS DE LA PANTALLA NEXTION NX8048P070-011C

- Introduction
- Overview
- Feature Matrix
- Specifications
- Electronics / Accessories
- Working Environment & Reliability Parameters
- Interfaces Performance
- Memory Features
- Product Dimensions



Overview

Nextion is a smart machine monitor (SMM) solution consisting of software, hardware and wireless touch display panel. Nextion offers software for the GUI and also provides development using the SMM GUI Editor software, also can utilize developer for the GUI by drag and drop components. Applications include: factory floor, oil and gas, and field maintenance for drilling tools. Nextion SMM display consists of peripheral MCU and TV, LCD, LED, BT, WIFI to provide wired connections that peripheral MCU can utilize. We can extend SMM connectivity with various wireless technologies such as 4G LTE, 3G, GSM, ZigBee, etc.

The intelligent vision provides more precise feedback to control the touch screen and also can interact with both touch and industrial keypad. What's more, software and application can be customized for the user's specific application. The software can be configured to various hardware and features such as: temperature, humidity, light, touch effect, connectivity, etc. and drag and drop.

Storage includes: maximum 1GB (1GB only) memory, 16GB (16GB only) power supply and battery for sleeping mode. Nextion can be used in various applications such as: industrial, agriculture, etc.

Nextion can be used in various applications such as: industrial, agriculture, etc.

Caution:



- ▶ Working under high temperature, apply ventilation and storage the Nextion must needs.
- ▶ Avoid water! Flammable! You can do nothing here your situation. Please off it for the possible reason. No need repeated efforts to storage your Nextion must.
- ▶ If small capacitor is included in the package. Please try to power Nextion with absolute charge through the connector is closed. Please make sure.
- ▶ If high quality will make it improve.



Nextion Models

Nextion type	Installation location
--------------	-----------------------

Part Number	NX8048P070-011C (011C is the optional for the system address)
Model	011C (optional)

Specifications

Item	Value	Description
Color	6500000 colors	16: 9 (565), 16: 9 (650)
Log pixel size	mm/mm (mm/mm) (mm/mm)	mm/mm/mm/mm
Active Area (AA)	mm/mm/mm (mm/mm/mm)	
Viewing Area (VA)	mm/mm/mm (mm/mm/mm)	
Resolution	800*480 pixel	800 can be set to 480*800
Touch type	Capacitive	
Touchers	1 Toucher	
Resolution	LED	
Backlight (Optional)	Optional	
Viewing angle	180°	90° to 170°, 170° is the view of adjustment in the
Weight	210g	

Electronic Characteristics

Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage	3.3	5	5.5	V
Operating Current	MCU + DS (Brightness is 100%)	~ 500	~ 600	mA
SLEEP Mode	~ 100	~ 100	~ 100	mA

Power supply connection: VCC, GND, SW

Working Environment & Reliability Parameters

Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	0°C (32°F)	0°C	70°C	°C
Storage Temperature	-40°C	25°C	85°C	°C
Working Humidity	20%	60%	90%	%

Interfaces Performance

Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit	
Serial Port baudrate	Standard	1200	9600	100000	bps
Maximum High Voltage (VDD)	Standard	3.3	5.0	VDD	V
Input Logic Voltage (VDD)	Standard	3.3	5.0	VDD	V
Input High Voltage (VDD)	Standard	3.3	5.0	VDD	V

Input Low Voltage (VDD)	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Mode	UART/RS485			
Serial Port	UART, 2-wire			
USB Interface	NO			
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card * presence of FAT file on microSD card is exclusive to upgrade Nextion software/firmware * Intelligent Series only, see Instruction Set / User Guide for microSD card runtime usage			
Extended IO	8 Digital extended I/O: IO0-IO7 support input, output and component binding event. + IO pin / parts are not exclusive, limit current draw to 16mA recommended IO0-IO7 support PWM			
RTC	Built-in RTC support (Battery type: CR1220)			

See the input voltage of power supply

Memory Features

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			128	KB
User Storage	EEPROM			1024	Byte
RAM Memory	Store variables			32	KB
Instruction Buffer	Instruction Buffer			4096	Byte

Audio Features

Speaker	Parameter	Min	Typical	Max	Unit
Power	-	0.5	-	1.5	W

Audio Connector type: 1.25T pin (0.25mm pitch 2-pin housing)

ANEXO H: HOJA DE DATOS DEL REGULADOR DE VOLTAJE XL4015

XLSEMI Datasheet

Si8000 20-Pin Buck DC-DC Converter XL4015

Features

- Wide 9V to 30V Input Voltage Range
- Output Adjustable from 1.25V to 1.75V
- Maximum Duty Cycle 100%
- Minimum Drop Out 0.1V
- Fixed 100kHz Switching Frequency
- 5A Constant Output Current Capability
- Internal Optimize Power MOSFET
- High Efficiency up to 90%
- Excellent Line and Load Regulation
- Built-in Thermal Shutdown Function
- Built-in Current Limit Function
- Built-in Overcurrent Protection Function
- Available in TO253-SL package

General Description

The XL4015 is a 100 kHz fixed frequency PWM buck (step-down) DC/DC converter, capable of driving a 5A load with high efficiency, low ripple and excellent line and load regulation. Depending on the number of external components, the regulator is simple to use and includes internal frequency compensation and a fixed frequency oscillator.

The PWM control circuit is able to adjust the duty cycle linearly from 0% to 100% for over current protection function in both load. When these protection function happens, the operating frequency will be reduced from 100kHz to 44kHz. An internal compensation block is built in to stabilize external components used.

Applications

- LCD Monitor and LCD TV
- Portable equipment power supply
- Telecom / Networking Equipment

Figure 1: Package Type of XL4015



Doc 1.1 www.xlsemi.com

XLSEMI Datasheet

Si8000 20-Pin Buck DC-DC Converter XL4015

Function Block

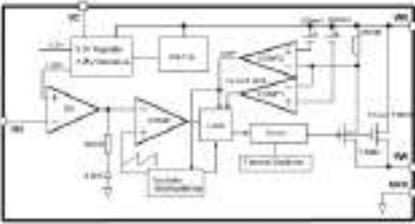


Figure 1: Function Block Diagram of XL4015

Typical Application Circuit

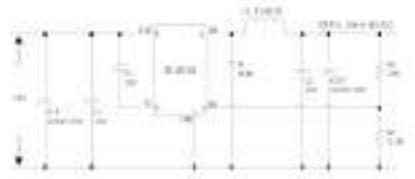


Figure 2: XL4015 Typical Application Circuit (VIN=15V, VOUT=5.0V)

Doc 1.1 www.xlsemi.com

XLSEMI Datasheet

Si8000 20-Pin Buck DC-DC Converter XL4015

Ordering Information

Order Information	Marking ID	Package Type	Packing Type/Support Kit
XL4015L1	A14015L1	TO253-SL	1000 Units on Tray & Box

XL4015 Pinout position, dimensions and I/O pin functions are listed in the companion.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage	V_{in}	0.3 to 40	V
Feedback Pin Voltage	V_{fb}	-0.3 to 0.6	V
Output Short-Circuit Current	I_{sc}	-0.3 to 0.6	A
Power Dissipation	P_d	Internally limited	W
Thermal Resistance (TO253-SL)	θ_{JA}	30	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
Operating Junction Temperature	T_{jop}	-40 to 125	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	T_{stg}	-45 to 150	$^{\circ}\text{C}$
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	T_{sld}	260	$^{\circ}\text{C}$
ESD/HEMT		>1000	V

Note: Stresses greater than those listed under Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating, only a full functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

Doc 1.1 www.xlsemi.com

XLSEMI Datasheet

Si8000 20-Pin Buck DC-DC Converter XL4015

XL4015 Electrical Characteristics

$T_c = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
System parameters and circuit dependent						
VFB	Feedback Voltage	$V_{in} = 15\text{V}$ to 30V, Input SW Bandwidth 0.1 to 10V	1.225	1.25	1.275	V
Efficiency	η	$V_{in} = 15\text{V}$, $V_{out} = 5\text{V}$, Load = 1A	-	87	-	%
Efficiency	η	$V_{in} = 24\text{V}$, $V_{out} = 1.2\text{V}$, Load = 1A	-	85	-	%

Electrical Characteristics (DC Parameters)

$V_{in} = 12\text{V}$, $C_{IN} = 0.1\mu\text{F}$, V_{fb} & GND parallel connect a 220nF capacitor, Input SW Bandwidth, $T_c = 25^{\circ}\text{C}$. The values listed unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input operating voltage	V_{in}		1	30	-	V
Output Supply Current	I_o	$V_{in} = 15\text{V}$	0	5	5	A
Oscillation Frequency	Freq		100	100	210	kHz
Output Short Frequency	Freq		-	40	-	kHz
Switch Current Limit	I_{sc}	$V_{in} = 0$	0	5	5	A
Min. Duty Cycle	D _{min}	$V_{in} = 0\text{V}$	100	-	-	%
Output Power P _{OUT}	Power	$V_{in} = 15\text{V}$, $V_{out} = 1.2\text{V}$, $I_{sc} = 0.6\text{A}$	60	60	60	mW

Doc 1.1 www.xlsemi.com

ANEXO J: HOJA DE DATOS DEL REGULADOR DE VOLTAJE MT3608



MT3608

High Efficiency 1.2MHz
2A Step-Up Converter

FEATURES

- Integrated 50mΩ Power MOSFET
- 2V to 2.5V Input Voltage
- 1.2MHz Fixed Switching Frequency
- Internal Full Current Limit
- Adjustable Output Voltage
- Internal Compensation
- Up to 35V Output Voltage
- Automatic Pulse Frequency Modulation
- Made at Tight Tolerances
- up to 85% Efficiency
- Available in 8-Pin SOP23A Package

APPLICATIONS

- Battery-Powered Equipment
- 5V to 3.3V Boost
- LCD Back Supply
- DS, and Camera Modules and Drivers
- Microscopy, CCD powered back PCD in PCD camera SBCs

GENERAL DESCRIPTION

The MT3608 is a constant frequency, 4-pin, SOP23 current mode step-up converter intended for small, low power applications. The MT3608 utilizes a 1.2MHz and allows the use of 47µF low ESR capacitor and inductor. Over 40% in height, internal soft-start results in small inrush current and reduces battery life.

The MT3608 features automatic lifting to pulse frequency modulation mode at light loads. The MT3608 includes under-voltage lockout, current limiting, and thermal protection to prevent damage in the event of an output overload. The MT3608 is available in a small 8-pin SOP23 package.

TYPICAL APPLICATION

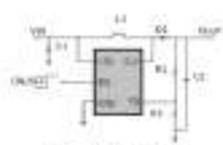


Figure 1. Typical Application Circuit

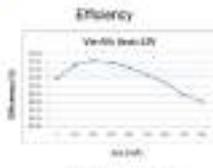


Figure 2. Efficiency Curve

Aerosemi Technology Co., Ltd

MT3608

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Typical values at V_{IN} = 2V, 20°C, unless otherwise noted.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Operating Input Voltage		2	2.5	5	V
Under-Voltage Lockout			1.85	5	V
Under-Voltage Lockout Hysteresis			50	100	mV
Current Shutdown	V _{IN} = 0V	0.1	1	µA	
Quiescent Current (I _Q)	V _{IN} = 0V, No Load	0.0	0.0	µA	
Quiescent Current (I _Q)	V _{IN} = 0V, No Load	1.0	0.2	µA	
Switching Frequency		1.2		100%	kHz
Maximum Duty Cycle	V _{IN} = 0V	98		99	%
ON Input/High Voltage		15		5	V
ON Input/Low Voltage			0.1	5	V
PS Voltage		0.500	0.0	0.010	V
PS Input Duty Cycle	V _{IN} = 0.5V	98	99	99	%
PS On Resistance (R _{DS(on)})		90	150	mΩ	
PS Current Limit (I _L)	V _{IN} = 0V, Duty Cycle = 50%	1		0	A
PS Voltage	V _{IN} = 0V		1	0V	V
Thermal Shutdown		150		170	°C

Note:
1) Guaranteed by design, not tested.

Aerosemi Technology Co., Ltd

MT3608

OPERATION

The MT3608 uses a fixed frequency, peak current mode boost regulator architecture to regulate voltage of the feedback pin. The operation of the MT3608 can be understood by referring to the block diagram of Figure 3. At the start of each oscillator cycle the MOSFET is turned on through the control circuitry. To prevent sub-harmonic oscillations at deep loads greater than 50 percent, a subducing ramp is added to the output of the current sense amplifier and the input of the error amplifier of the PSFB controller. When the voltage equals

the output voltage of the error amplifier, the power MOSFET is turned off. The voltage at the output of the error amplifier is an amplified version of the difference between the PSFB feedback reference voltage and the feedback voltage. In this way the peak current limit (M_{PL}) for the output is regulated if the feedback voltage starts to drop, the supply to the error amplifier increases. These results in more current to flow through the power MOSFET, thus increasing the power delivered to the output. The MT3608 has internal soft start to limit the amount of input current at startup and to limit the amount of inrush current to the output.

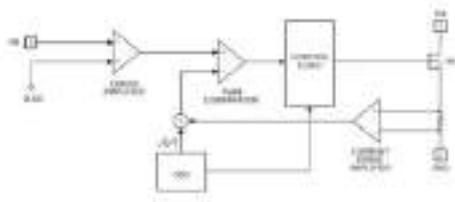


Figure 3. Functional Block Diagram

Aerosemi Technology Co., Ltd

MT3608

APPLICATION INFORMATION

Setting the Output Voltage

The internal reference MOSFET is used to regulate the output voltage. The output voltage is regulated by a voltage divider (R1 and R2) to the FB pin. The output voltage is given by:

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R1}{R2}\right)$$

Inductor Selection

The recommended value of inductor are 1.1 to 20µH. Small size and better efficiency are the design criteria for portable device. Each MT3608 must be tested given. The inductor should have low core loss at 1.2MHz and low DC resistance. To avoid inductor saturation current rating 100mA is recommended.

Capacitor Selection

Input and output capacitor (output of 20µF) are recommended for MT3608 applications. For better voltage sharing, ceramic capacitors with low ESR are recommended. X5R and X7R types are suitable because of their wider voltage and temperature ranges.

Diode Selection

Schottky diode is a good choice for MT3608 because of its low forward voltage drop and low reverse recovery time. Schottky diode are not get better efficiency. The high-speed rectification is also a good characteristic of Schottky diode for high switching frequency. Current rating of the diode must meet the root-mean-square of the peak current and reverse-average current multiplication as following:

$$I_{RMS} = \sqrt{I_{PK}^2 \times D}$$

The diode's reverse voltage should be larger than the output voltage.

Aerosemi Technology Co., Ltd

ANEXO K: CÓDIGO ARDUINO

```
1 #include "FirebaseESP32.h"
2 #include <Adafruit_NeoPixel.h>
3 #include <WiFi.h>
4 #include <ESP32.h>
5 #include <AccelStepper.h>
6 #include "SensorSalmon.h"
7
8 #define WIFI_SSID "HELIFE-riodeharrigaol"
9 #define WIFI_PASSWORD "1300349183"
10
11
12 #define FIREBASE_HOST "esp32-110d7-default-rtdb.firebaseio.com"
13 #define FIREBASE_AUTH "CUHeiisib1k3hFvudr3ypOU94eC0W9V7hgFQbe"
14
15 FirebaseData baseCodeSteps;
16
17 #define DIRECCION 17
18 #define PASO 15
19 #define SLEEP 15
20 #define motorInterfaceType 1
21 #define FinCarInicio 32
22 #define FinCarFinal 33
23
24 Adafruit_NeoPixel tira = Adafruit_NeoPixel(64, 16, NEO_GRB + NEO_K880);
25 AccelStepper miMotor = AccelStepper(motorInterfaceType, PASO, DIRECCION);
26
27
28 //variables filtro ema
29
30 float Yrojo = 0.0, alpha = 0.3, Srojo = Yrojo;
31 float Yverde = 0.0, Sverde = Yverde;
32 float Yazul = 0.0, Szul = Yazul;
33 float Ybrillo = 0.0, Sbrillo = Ybrillo;
34 int lecrojo[100];
35 int lecverde[100];
36 int lecazul[100];
37 int lecbri[100];
38 int totalrojo = 0, totalverde = 0, totalazul = 0, totalbrillo = 0, SSSrojo = 0, SSSverde = 0, SSSazul = 0, SSSbrillo = 0;
39
40 //variables filtro Kalman
41 double rawDatarojo = 0, rawDataverde = 0, rawDataazul = 0, rawDatabrillo = 0;
42 double filterDatarojo = 0, filterDataverde = 0, filterDataazul = 0, filterDatabrillo = 0;
43 uint32_t timer = 0;
44 double dt = 0;
45
46 SensorSalmon srojo;
47 SensorSalmon sverde;
48 SensorSalmon sazul;
49 SensorSalmon sbrillo;
50
51 //variables wifi
52 char valorwifi;
53 String colorrojowifi, colorverdewifi, colorazulwifi, intensidewifi, distarwifi, transwifi;
54 int crojowifi, overdewifi, cazulwifi, intenswifi, distwifi = 0, dist_anteriorwifi = 0;
55 String alwifi, nodowifi;
56
57 //variables archivo historico
58 char valorh;
59 String colorrojoah, colorverdeah, colorazulah, intensideah, distarah, transah;
60 int crojoah, overdeah, cazulah, intensah, distah, rojoah, verdeah, azulah, brillah, distroah;
61 String dia, nodoh;
62
63 //variables motores
64 int diah = 0;
65 int dist_anterior = 0;
66 int resta;
67 int signovel;
68
69 //variables expres
70 String nodom;
71 int crojoem, overdeem, caulm, brillm, distem;
72
```



```

189  dist = 0;
190  modeleg = 0;
191
192  Firebase.write(base64datacomp, modeleg + "/C_Vol", modeleg);
193  Firebase.write(base64datacomp, modeleg + "/C_Vol", modeleg);
194  Firebase.write(base64datacomp, modeleg + "/C_Area", modeleg);
195  Firebase.write(base64datacomp, modeleg + "/C_Hill", modeleg);
196  Firebase.write(base64datacomp, modeleg + "/C_Slope", modeleg);
197  delay(1200);
198  modeleg = "";
199
200  if (valir == "1") {
201    modeleg = "1";
202    trans = "1";
203    dist = 0;
204    dist_sensor = 300;
205
206    mode = dist - dist_sensor;
207    if (mode < 0) {
208      signvel = 1;
209    } else {
210      signvel = -1;
211    }
212    mode = mode + 1;
213    digitalWrite(LED1, HIGH);
214    delay(100);
215    digitalWrite(LED1, LOW);
216
217    if (digitalRead(PinCafinal) == LOW || dist == 0) {
218      while (digitalRead(PinCafinal) != HIGH || mode) {
219        digitalWrite(LED1, HIGH);
220        digitalWrite(LED1, LOW);
221        delay(50);
222        digitalWrite(LED1, HIGH);
223        digitalWrite(LED1, LOW);
224
225        dist = 0;
226        dist_sensor = 0;
227
228        if (valir == "1") {
229          int count = trans.instr("1");
230          mode = count;
231          trans.instr("1");
232          for (int i = 0; i < count; i++) {
233            digitalWrite(LED1, HIGH);
234            delay(50);
235            digitalWrite(LED1, LOW);
236          }
237          for (int i = count; i < 20; i++) {
238            digitalWrite(LED1, HIGH);
239            delay(50);
240            digitalWrite(LED1, LOW);
241          }
242
243          if (valir == "1") {
244            mode = 0;
245            dist = 0;
246            dist_sensor = 0;
247
248            for (int i = 0; i < mode; i++) {
249              digitalWrite(LED1, HIGH);
250              delay(50);
251              digitalWrite(LED1, LOW);
252            }
253
254            if (dist == 0) {
255              mode = 0;
256              dist = 0;
257              dist_sensor = 0;
258
259              for (int i = 0; i < mode; i++) {
260                digitalWrite(LED1, HIGH);
261                delay(50);
262                digitalWrite(LED1, LOW);
263              }
264
265              if (dist == 0) {
266                mode = 0;
267                dist = 0;
268                dist_sensor = 0;
269
270                for (int i = 0; i < mode; i++) {
271                  digitalWrite(LED1, HIGH);
272                  delay(50);
273                  digitalWrite(LED1, LOW);
274                }
275
276                if (dist == 0) {
277                  mode = 0;
278                  dist = 0;
279                  dist_sensor = 0;
280
281                  for (int i = 0; i < mode; i++) {
282                    digitalWrite(LED1, HIGH);
283                    delay(50);
284                    digitalWrite(LED1, LOW);
285                  }
286
287                  if (dist == 0) {
288                    mode = 0;
289                    dist = 0;
290                    dist_sensor = 0;
291
292                    for (int i = 0; i < mode; i++) {
293                      digitalWrite(LED1, HIGH);
294                      delay(50);
295                      digitalWrite(LED1, LOW);
296                    }
297
298                    if (dist == 0) {
299                      mode = 0;
300                      dist = 0;
301                      dist_sensor = 0;
302
303                      for (int i = 0; i < mode; i++) {
304                        digitalWrite(LED1, HIGH);
305                        delay(50);
306                        digitalWrite(LED1, LOW);
307                      }
308
309                      if (dist == 0) {
310                        mode = 0;
311                        dist = 0;
312                        dist_sensor = 0;
313
314                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
315                          digitalWrite(LED1, HIGH);
316                          delay(50);
317                          digitalWrite(LED1, LOW);
318                        }
319
320                      if (dist == 0) {
321                        mode = 0;
322                        dist = 0;
323                        dist_sensor = 0;
324
325                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
326                          digitalWrite(LED1, HIGH);
327                          delay(50);
328                          digitalWrite(LED1, LOW);
329                        }
330
331                      if (dist == 0) {
332                        mode = 0;
333                        dist = 0;
334                        dist_sensor = 0;
335
336                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
337                          digitalWrite(LED1, HIGH);
338                          delay(50);
339                          digitalWrite(LED1, LOW);
340                        }
341
342                      if (dist == 0) {
343                        mode = 0;
344                        dist = 0;
345                        dist_sensor = 0;
346
347                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
348                          digitalWrite(LED1, HIGH);
349                          delay(50);
350                          digitalWrite(LED1, LOW);
351                        }
352
353                      if (dist == 0) {
354                        mode = 0;
355                        dist = 0;
356                        dist_sensor = 0;
357
358                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
359                          digitalWrite(LED1, HIGH);
360                          delay(50);
361                          digitalWrite(LED1, LOW);
362                        }
363
364                      if (dist == 0) {
365                        mode = 0;
366                        dist = 0;
367                        dist_sensor = 0;
368
369                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
370                          digitalWrite(LED1, HIGH);
371                          delay(50);
372                          digitalWrite(LED1, LOW);
373                        }
374
375                      if (dist == 0) {
376                        mode = 0;
377                        dist = 0;
378                        dist_sensor = 0;
379
380                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
381                          digitalWrite(LED1, HIGH);
382                          delay(50);
383                          digitalWrite(LED1, LOW);
384                        }
385
386                      if (dist == 0) {
387                        mode = 0;
388                        dist = 0;
389                        dist_sensor = 0;
390
391                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
392                          digitalWrite(LED1, HIGH);
393                          delay(50);
394                          digitalWrite(LED1, LOW);
395                        }
396
397                      if (dist == 0) {
398                        mode = 0;
399                        dist = 0;
400                        dist_sensor = 0;
401
402                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
403                          digitalWrite(LED1, HIGH);
404                          delay(50);
405                          digitalWrite(LED1, LOW);
406                        }
407
408                      if (dist == 0) {
409                        mode = 0;
410                        dist = 0;
411                        dist_sensor = 0;
412
413                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
414                          digitalWrite(LED1, HIGH);
415                          delay(50);
416                          digitalWrite(LED1, LOW);
417                        }
418
419                      if (dist == 0) {
420                        mode = 0;
421                        dist = 0;
422                        dist_sensor = 0;
423
424                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
425                          digitalWrite(LED1, HIGH);
426                          delay(50);
427                          digitalWrite(LED1, LOW);
428                        }
429
430                      if (dist == 0) {
431                        mode = 0;
432                        dist = 0;
433                        dist_sensor = 0;
434
435                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
436                          digitalWrite(LED1, HIGH);
437                          delay(50);
438                          digitalWrite(LED1, LOW);
439                        }
440
441                      if (dist == 0) {
442                        mode = 0;
443                        dist = 0;
444                        dist_sensor = 0;
445
446                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
447                          digitalWrite(LED1, HIGH);
448                          delay(50);
449                          digitalWrite(LED1, LOW);
450                        }
451
452                      if (dist == 0) {
453                        mode = 0;
454                        dist = 0;
455                        dist_sensor = 0;
456
457                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
458                          digitalWrite(LED1, HIGH);
459                          delay(50);
460                          digitalWrite(LED1, LOW);
461                        }
462
463                      if (dist == 0) {
464                        mode = 0;
465                        dist = 0;
466                        dist_sensor = 0;
467
468                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
469                          digitalWrite(LED1, HIGH);
470                          delay(50);
471                          digitalWrite(LED1, LOW);
472                        }
473
474                      if (dist == 0) {
475                        mode = 0;
476                        dist = 0;
477                        dist_sensor = 0;
478
479                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
480                          digitalWrite(LED1, HIGH);
481                          delay(50);
482                          digitalWrite(LED1, LOW);
483                        }
484
485                      if (dist == 0) {
486                        mode = 0;
487                        dist = 0;
488                        dist_sensor = 0;
489
490                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
491                          digitalWrite(LED1, HIGH);
492                          delay(50);
493                          digitalWrite(LED1, LOW);
494                        }
495
496                      if (dist == 0) {
497                        mode = 0;
498                        dist = 0;
499                        dist_sensor = 0;
500
501                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
502                          digitalWrite(LED1, HIGH);
503                          delay(50);
504                          digitalWrite(LED1, LOW);
505                        }
506
507                      if (dist == 0) {
508                        mode = 0;
509                        dist = 0;
510                        dist_sensor = 0;
511
512                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
513                          digitalWrite(LED1, HIGH);
514                          delay(50);
515                          digitalWrite(LED1, LOW);
516                        }
517
518                      if (dist == 0) {
519                        mode = 0;
520                        dist = 0;
521                        dist_sensor = 0;
522
523                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
524                          digitalWrite(LED1, HIGH);
525                          delay(50);
526                          digitalWrite(LED1, LOW);
527                        }
528
529                      if (dist == 0) {
530                        mode = 0;
531                        dist = 0;
532                        dist_sensor = 0;
533
534                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
535                          digitalWrite(LED1, HIGH);
536                          delay(50);
537                          digitalWrite(LED1, LOW);
538                        }
539
540                      if (dist == 0) {
541                        mode = 0;
542                        dist = 0;
543                        dist_sensor = 0;
544
545                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
546                          digitalWrite(LED1, HIGH);
547                          delay(50);
548                          digitalWrite(LED1, LOW);
549                        }
550
551                      if (dist == 0) {
552                        mode = 0;
553                        dist = 0;
554                        dist_sensor = 0;
555
556                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
557                          digitalWrite(LED1, HIGH);
558                          delay(50);
559                          digitalWrite(LED1, LOW);
560                        }
561
562                      if (dist == 0) {
563                        mode = 0;
564                        dist = 0;
565                        dist_sensor = 0;
566
567                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
568                          digitalWrite(LED1, HIGH);
569                          delay(50);
570                          digitalWrite(LED1, LOW);
571                        }
572
573                      if (dist == 0) {
574                        mode = 0;
575                        dist = 0;
576                        dist_sensor = 0;
577
578                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
579                          digitalWrite(LED1, HIGH);
580                          delay(50);
581                          digitalWrite(LED1, LOW);
582                        }
583
584                      if (dist == 0) {
585                        mode = 0;
586                        dist = 0;
587                        dist_sensor = 0;
588
589                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
590                          digitalWrite(LED1, HIGH);
591                          delay(50);
592                          digitalWrite(LED1, LOW);
593                        }
594
595                      if (dist == 0) {
596                        mode = 0;
597                        dist = 0;
598                        dist_sensor = 0;
599
600                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
601                          digitalWrite(LED1, HIGH);
602                          delay(50);
603                          digitalWrite(LED1, LOW);
604                        }
605
606                      if (dist == 0) {
607                        mode = 0;
608                        dist = 0;
609                        dist_sensor = 0;
610
611                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
612                          digitalWrite(LED1, HIGH);
613                          delay(50);
614                          digitalWrite(LED1, LOW);
615                        }
616
617                      if (dist == 0) {
618                        mode = 0;
619                        dist = 0;
620                        dist_sensor = 0;
621
622                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
623                          digitalWrite(LED1, HIGH);
624                          delay(50);
625                          digitalWrite(LED1, LOW);
626                        }
627
628                      if (dist == 0) {
629                        mode = 0;
630                        dist = 0;
631                        dist_sensor = 0;
632
633                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
634                          digitalWrite(LED1, HIGH);
635                          delay(50);
636                          digitalWrite(LED1, LOW);
637                        }
638
639                      if (dist == 0) {
640                        mode = 0;
641                        dist = 0;
642                        dist_sensor = 0;
643
644                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
645                          digitalWrite(LED1, HIGH);
646                          delay(50);
647                          digitalWrite(LED1, LOW);
648                        }
649
650                      if (dist == 0) {
651                        mode = 0;
652                        dist = 0;
653                        dist_sensor = 0;
654
655                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
656                          digitalWrite(LED1, HIGH);
657                          delay(50);
658                          digitalWrite(LED1, LOW);
659                        }
660
661                      if (dist == 0) {
662                        mode = 0;
663                        dist = 0;
664                        dist_sensor = 0;
665
666                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
667                          digitalWrite(LED1, HIGH);
668                          delay(50);
669                          digitalWrite(LED1, LOW);
670                        }
671
672                      if (dist == 0) {
673                        mode = 0;
674                        dist = 0;
675                        dist_sensor = 0;
676
677                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
678                          digitalWrite(LED1, HIGH);
679                          delay(50);
680                          digitalWrite(LED1, LOW);
681                        }
682
683                      if (dist == 0) {
684                        mode = 0;
685                        dist = 0;
686                        dist_sensor = 0;
687
688                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
689                          digitalWrite(LED1, HIGH);
690                          delay(50);
691                          digitalWrite(LED1, LOW);
692                        }
693
694                      if (dist == 0) {
695                        mode = 0;
696                        dist = 0;
697                        dist_sensor = 0;
698
699                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
700                          digitalWrite(LED1, HIGH);
701                          delay(50);
702                          digitalWrite(LED1, LOW);
703                        }
704
705                      if (dist == 0) {
706                        mode = 0;
707                        dist = 0;
708                        dist_sensor = 0;
709
710                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
711                          digitalWrite(LED1, HIGH);
712                          delay(50);
713                          digitalWrite(LED1, LOW);
714                        }
715
716                      if (dist == 0) {
717                        mode = 0;
718                        dist = 0;
719                        dist_sensor = 0;
720
721                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
722                          digitalWrite(LED1, HIGH);
723                          delay(50);
724                          digitalWrite(LED1, LOW);
725                        }
726
727                      if (dist == 0) {
728                        mode = 0;
729                        dist = 0;
730                        dist_sensor = 0;
731
732                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
733                          digitalWrite(LED1, HIGH);
734                          delay(50);
735                          digitalWrite(LED1, LOW);
736                        }
737
738                      if (dist == 0) {
739                        mode = 0;
740                        dist = 0;
741                        dist_sensor = 0;
742
743                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
744                          digitalWrite(LED1, HIGH);
745                          delay(50);
746                          digitalWrite(LED1, LOW);
747                        }
748
749                      if (dist == 0) {
750                        mode = 0;
751                        dist = 0;
752                        dist_sensor = 0;
753
754                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
755                          digitalWrite(LED1, HIGH);
756                          delay(50);
757                          digitalWrite(LED1, LOW);
758                        }
759
760                      if (dist == 0) {
761                        mode = 0;
762                        dist = 0;
763                        dist_sensor = 0;
764
765                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
766                          digitalWrite(LED1, HIGH);
767                          delay(50);
768                          digitalWrite(LED1, LOW);
769                        }
770
771                      if (dist == 0) {
772                        mode = 0;
773                        dist = 0;
774                        dist_sensor = 0;
775
776                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
777                          digitalWrite(LED1, HIGH);
778                          delay(50);
779                          digitalWrite(LED1, LOW);
780                        }
781
782                      if (dist == 0) {
783                        mode = 0;
784                        dist = 0;
785                        dist_sensor = 0;
786
787                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
788                          digitalWrite(LED1, HIGH);
789                          delay(50);
790                          digitalWrite(LED1, LOW);
791                        }
792
793                      if (dist == 0) {
794                        mode = 0;
795                        dist = 0;
796                        dist_sensor = 0;
797
798                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
799                          digitalWrite(LED1, HIGH);
800                          delay(50);
801                          digitalWrite(LED1, LOW);
802                        }
803
804                      if (dist == 0) {
805                        mode = 0;
806                        dist = 0;
807                        dist_sensor = 0;
808
809                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
810                          digitalWrite(LED1, HIGH);
811                          delay(50);
812                          digitalWrite(LED1, LOW);
813                        }
814
815                      if (dist == 0) {
816                        mode = 0;
817                        dist = 0;
818                        dist_sensor = 0;
819
820                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
821                          digitalWrite(LED1, HIGH);
822                          delay(50);
823                          digitalWrite(LED1, LOW);
824                        }
825
826                      if (dist == 0) {
827                        mode = 0;
828                        dist = 0;
829                        dist_sensor = 0;
830
831                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
832                          digitalWrite(LED1, HIGH);
833                          delay(50);
834                          digitalWrite(LED1, LOW);
835                        }
836
837                      if (dist == 0) {
838                        mode = 0;
839                        dist = 0;
840                        dist_sensor = 0;
841
842                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
843                          digitalWrite(LED1, HIGH);
844                          delay(50);
845                          digitalWrite(LED1, LOW);
846                        }
847
848                      if (dist == 0) {
849                        mode = 0;
850                        dist = 0;
851                        dist_sensor = 0;
852
853                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
854                          digitalWrite(LED1, HIGH);
855                          delay(50);
856                          digitalWrite(LED1, LOW);
857                        }
858
859                      if (dist == 0) {
860                        mode = 0;
861                        dist = 0;
862                        dist_sensor = 0;
863
864                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
865                          digitalWrite(LED1, HIGH);
866                          delay(50);
867                          digitalWrite(LED1, LOW);
868                        }
869
870                      if (dist == 0) {
871                        mode = 0;
872                        dist = 0;
873                        dist_sensor = 0;
874
875                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
876                          digitalWrite(LED1, HIGH);
877                          delay(50);
878                          digitalWrite(LED1, LOW);
879                        }
880
881                      if (dist == 0) {
882                        mode = 0;
883                        dist = 0;
884                        dist_sensor = 0;
885
886                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
887                          digitalWrite(LED1, HIGH);
888                          delay(50);
889                          digitalWrite(LED1, LOW);
890                        }
891
892                      if (dist == 0) {
893                        mode = 0;
894                        dist = 0;
895                        dist_sensor = 0;
896
897                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
898                          digitalWrite(LED1, HIGH);
899                          delay(50);
900                          digitalWrite(LED1, LOW);
901                        }
902
903                      if (dist == 0) {
904                        mode = 0;
905                        dist = 0;
906                        dist_sensor = 0;
907
908                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
909                          digitalWrite(LED1, HIGH);
910                          delay(50);
911                          digitalWrite(LED1, LOW);
912                        }
913
914                      if (dist == 0) {
915                        mode = 0;
916                        dist = 0;
917                        dist_sensor = 0;
918
919                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
920                          digitalWrite(LED1, HIGH);
921                          delay(50);
922                          digitalWrite(LED1, LOW);
923                        }
924
925                      if (dist == 0) {
926                        mode = 0;
927                        dist = 0;
928                        dist_sensor = 0;
929
930                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
931                          digitalWrite(LED1, HIGH);
932                          delay(50);
933                          digitalWrite(LED1, LOW);
934                        }
935
936                      if (dist == 0) {
937                        mode = 0;
938                        dist = 0;
939                        dist_sensor = 0;
940
941                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
942                          digitalWrite(LED1, HIGH);
943                          delay(50);
944                          digitalWrite(LED1, LOW);
945                        }
946
947                      if (dist == 0) {
948                        mode = 0;
949                        dist = 0;
950                        dist_sensor = 0;
951
952                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
953                          digitalWrite(LED1, HIGH);
954                          delay(50);
955                          digitalWrite(LED1, LOW);
956                        }
957
958                      if (dist == 0) {
959                        mode = 0;
960                        dist = 0;
961                        dist_sensor = 0;
962
963                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
964                          digitalWrite(LED1, HIGH);
965                          delay(50);
966                          digitalWrite(LED1, LOW);
967                        }
968
969                      if (dist == 0) {
970                        mode = 0;
971                        dist = 0;
972                        dist_sensor = 0;
973
974                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
975                          digitalWrite(LED1, HIGH);
976                          delay(50);
977                          digitalWrite(LED1, LOW);
978                        }
979
980                      if (dist == 0) {
981                        mode = 0;
982                        dist = 0;
983                        dist_sensor = 0;
984
985                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
986                          digitalWrite(LED1, HIGH);
987                          delay(50);
988                          digitalWrite(LED1, LOW);
989                        }
990
991                      if (dist == 0) {
992                        mode = 0;
993                        dist = 0;
994                        dist_sensor = 0;
995
996                        for (int i = 0; i < mode; i++) {
997                          digitalWrite(LED1, HIGH);
998                          delay(50);
999                          digitalWrite(LED1, LOW);
1000                       }

```



```

831 Serial.print("votop.ate=");
832 Serial.print("%");
833 Serial.print("votop");
834 Serial.print("%");
835 Serial.write(out);
836 Serial.write(out);
837
838 Serial.print("votop.ate=");
839 Serial.print("%");
840 Serial.print("votop");
841 Serial.print("%");
842 Serial.write(out);
843 Serial.write(out);
844
845 Serial.print("votop.ate=");
846 Serial.print("%");
847 Serial.print("votop");
848 Serial.print("%");
849 Serial.write(out);
850 Serial.write(out);
851
852 Serial.print("votop.ate=");
853 Serial.print("%");
854 Serial.print("votop");
855 Serial.print("%");
856 Serial.write(out);
857 Serial.write(out);
858
859 Serial.print("votop.ate=");
860 Serial.print("%");
861 Serial.print("votop");
862 Serial.print("%");
863 Serial.write(out);
864 Serial.write(out);
865
866 }
867
868 if (valact == "1") {
869   actir = "0000";
870   transact = "";
871 }
872 }
873 }
874 }

```

ANEXO L: MANUAL DE MARCA DE LUDOTEK



5 DISEÑO DE INTERFACES	
1	Presentación
2	Objetivos
3	Temática
4	Contenido
5	EXERCICIOS
	Exercício 1: Análise de Interface
	Exercício 2: Análise de Interface
	Exercício 3: Análise de Interface
	Exercício 4: Análise de Interface
	Exercício 5: Análise de Interface

5.1 PRESENTACIÓN

El diseño de la interfaz de usuario también necesita un entendimiento de la usabilidad, además la definición de múltiples aspectos que influyen en la calidad de usabilidad de la interfaz de usuario (UI/UX). Esto requiere un enfoque holístico y multidisciplinario, que involucre a todos los actores involucrados en el proceso de desarrollo de software.

El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el proceso de desarrollo se puede abordar de manera efectiva y que el usuario puede acceder a la información o ejecutar las acciones que desea de la manera más simple posible.

5.2 DIAGRAMACIÓN

Las interacciones visuales y los flujos son esenciales para el diseño de la interfaz de usuario, en especial cuando se trata de la usabilidad y la experiencia del usuario. El uso de diagramas de flujo y de flujo de datos es esencial para la comprensión de la interfaz de usuario y para la implementación de la interfaz de usuario.

El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el proceso de desarrollo se puede abordar de manera efectiva y que el usuario puede acceder a la información o ejecutar las acciones que desea de la manera más simple posible.

El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el proceso de desarrollo se puede abordar de manera efectiva y que el usuario puede acceder a la información o ejecutar las acciones que desea de la manera más simple posible.

5.3 TIPOGRAFÍA

La tipografía es un elemento clave en el diseño de la interfaz de usuario. El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el texto sea legible y atractivo. El uso de tipografía adecuada es esencial para la comprensión de la interfaz de usuario.

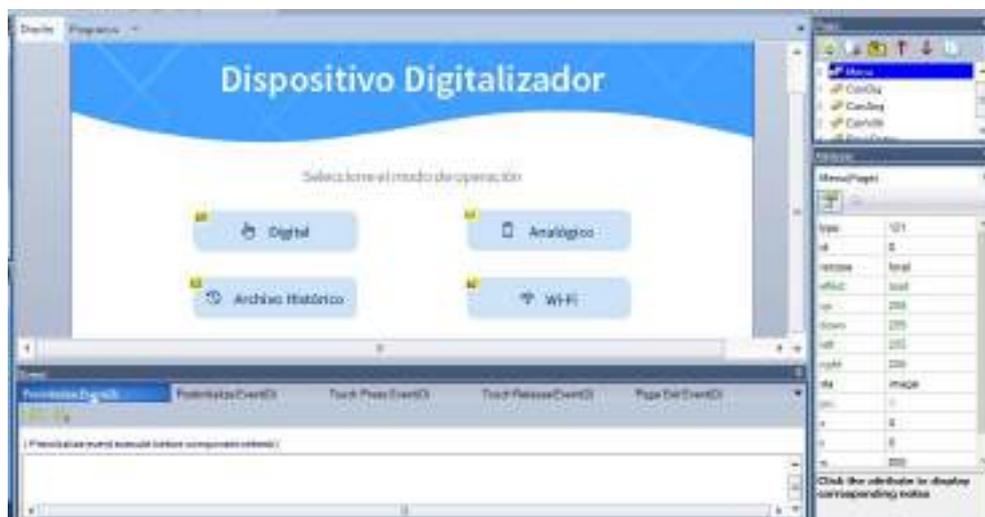
El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el texto sea legible y atractivo. El uso de tipografía adecuada es esencial para la comprensión de la interfaz de usuario.

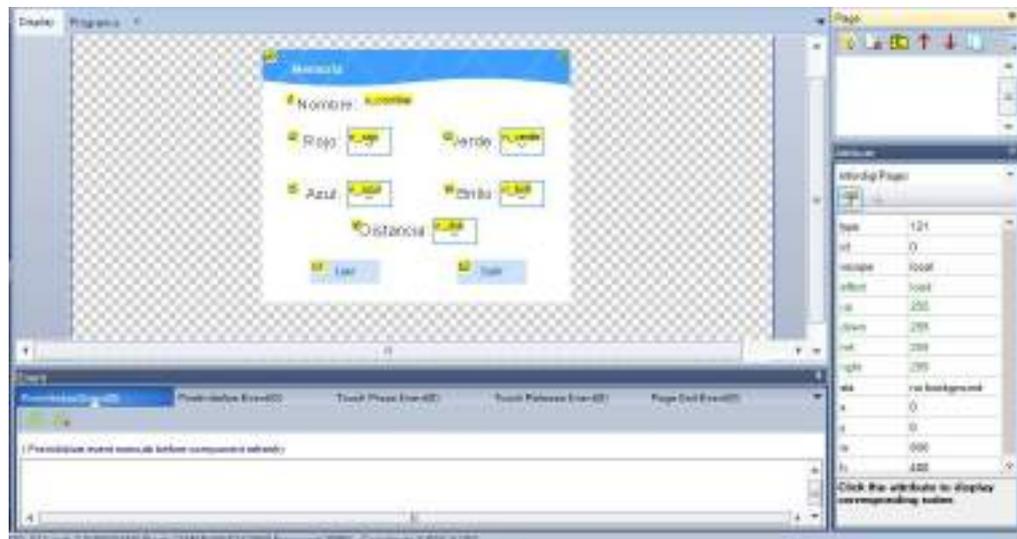
5.4 CROMÁTICA

El color es un elemento clave en el diseño de la interfaz de usuario. El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el color sea atractivo y funcional. El uso de colores adecuados es esencial para la comprensión de la interfaz de usuario.

El diseñador de la interfaz de usuario debe asegurarse de que el color sea atractivo y funcional. El uso de colores adecuados es esencial para la comprensión de la interfaz de usuario.

ANEXO M: PROGRAMACIÓN DE LA INTERFAZ HMI

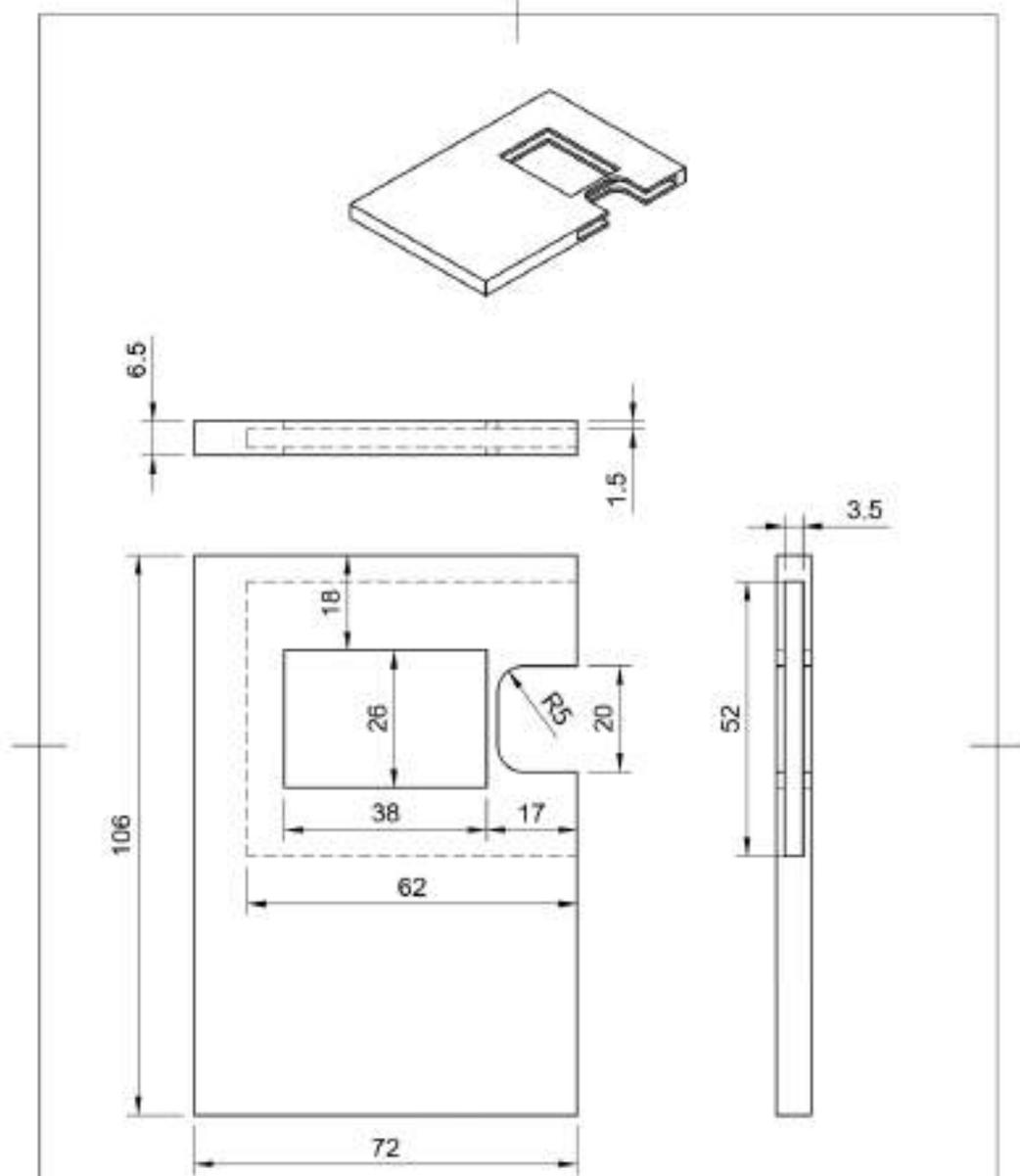




ANEXO N: PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN MOVIL

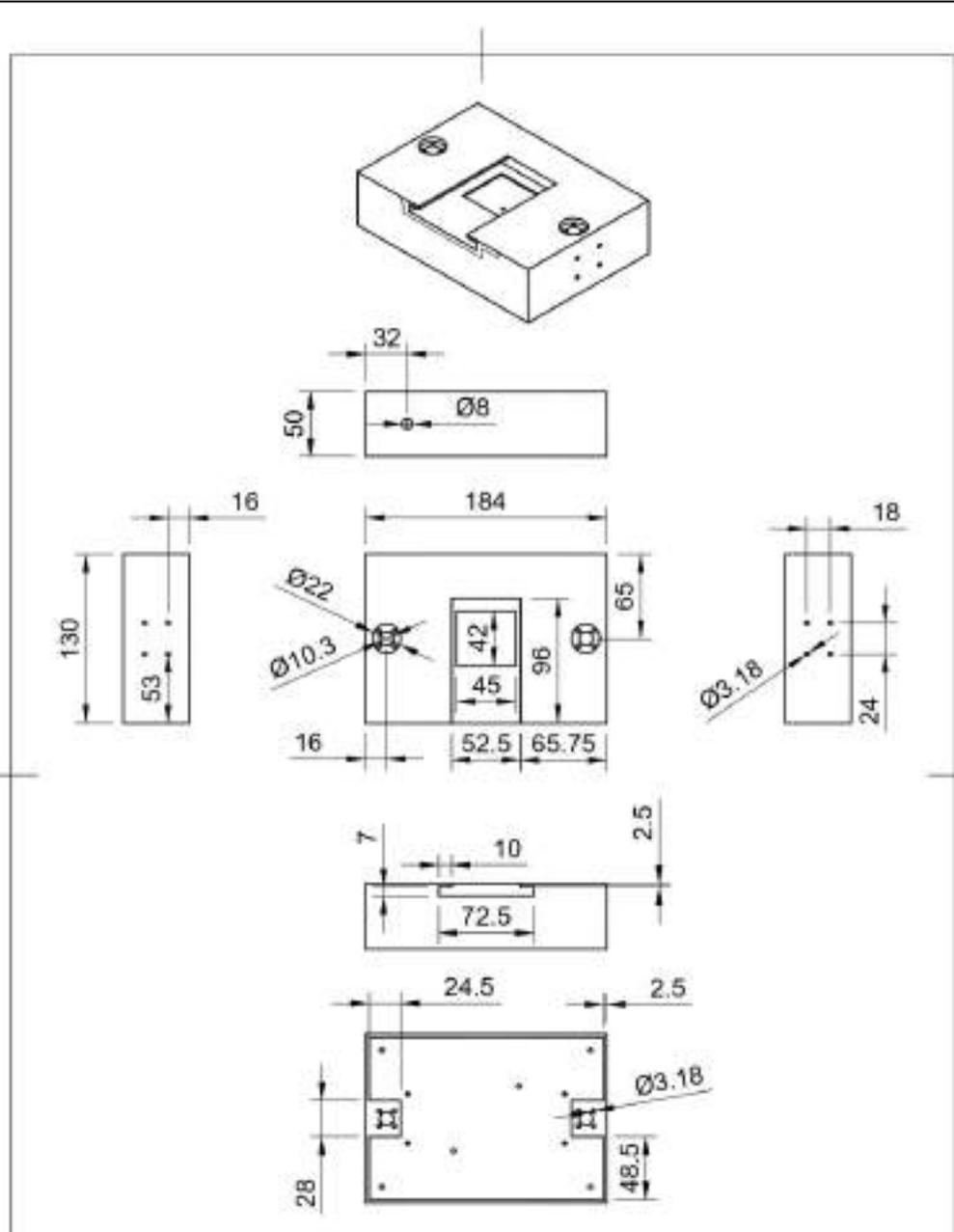


ANEXO O: PLANOS DE LA PORTA-DIAPOSITIVA



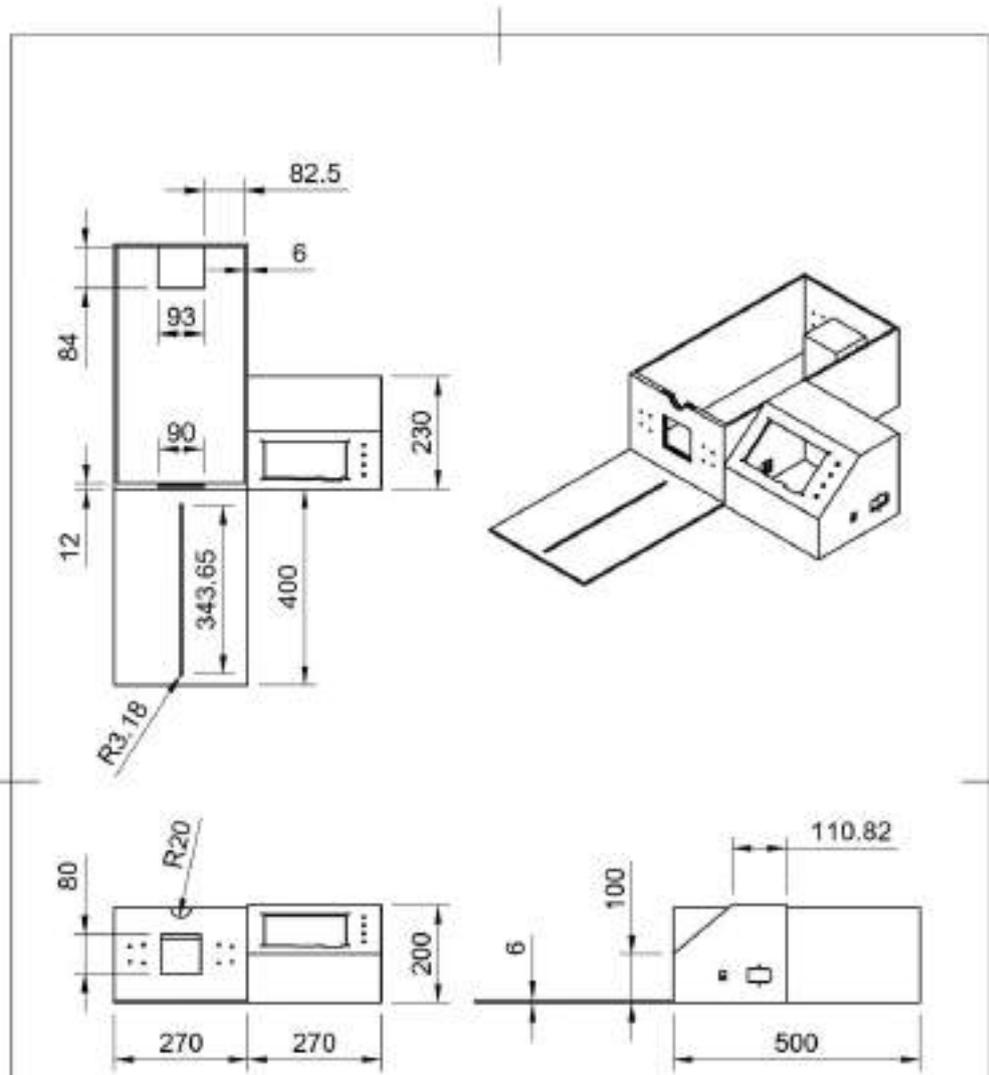
Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Document type	Document status
		Title Porta-diapositiva	DWG No.
		Rev.	Date of issue
			Sheet 1/1

ANEXO P: PLANOS DE LA BASE



Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Document type	Document status
		Title	DWG No.
		Base	
Rev.	Date of issue	Sheet	
		1/1	

ANEXO Q: PLANOS DE LA ESTRUCTURA EXTERNA



Dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Document type	Document status
		Title	DWG No.
		Estructura externa	
		Rev.	Date of issue
			Sheet
			1/1

ANEXO R: TABLA COMPLETA DEL ERROR DE DISTANCIA

Cantidad de pasos	Distancia Esperada	Distancia Medida	Error de distancia	Número de pasos perdidos o ganados
25	1	1,1	0,1	2,5
25	1	1	0	0
25	1	1	0	0
25	1	0,98	-0,02	-0,5
25	1	1	0	0
25	1	0,95	-0,05	-1,25
25	1	1	0	0
25	1	1	0	0
25	1	1	0	0
25	1	0,95	-0,05	-1,25
50	2	2,2	0,2	5
50	2	2	0	0
50	2	2	0	0
50	2	2	0	0
50	2	2,3	0,3	7,5
50	2	2	0	0
50	2	2,2	0,2	5
50	2	2	0	0
50	2	2,3	0,3	7,5
50	2	2	0	0
75	3	3	0	0
75	3	3	0	0
75	3	3,2	0,2	5
75	3	3,4	0,4	10
75	3	3	0	0
75	3	3	0	0
75	3	3	0	0
75	3	3,1	0,1	2,5
75	3	2,9	-0,1	-2,5
75	3	3	0	0
100	4	4,2	0,2	5
100	4	4	0	0
100	4	4	0	0
100	4	4	0	0
100	4	4	0	0
100	4	4,4	0,4	10
100	4	4,4	0,4	10
100	4	4,2	0,2	5
100	4	4	0	0
100	4	4,1	0,1	2,5
125	5	5	0	0
125	5	5	0	0

125	5	5	0	0
125	5	5,1	0,1	2,5
125	5	5,3	0,3	7,5
125	5	5,4	0,4	10
125	5	5,2	0,2	5
125	5	5	0	0
125	5	5	0	0
125	5	5,25	0,25	6,25
150	6	6,2	0,2	5
150	6	6,1	0,1	2,5
150	6	6,3	0,3	7,5
150	6	6	0	0
150	6	6	0	0
150	6	6,1	0,1	2,5
150	6	6	0	0
150	6	6	0	0
150	6	6	0	0
150	6	6,4	0,4	10
175	7	7	0	0
175	7	7	0	0
175	7	7	0	0
175	7	7	0	0
175	7	7,4	0,4	10
175	7	7,2	0,2	5
175	7	7,25	0,25	6,25
175	7	7	0	0
175	7	7,3	0,3	7,5
175	7	7	0	0
200	8	8	0	0
200	8	8	0	0
200	8	8	0	0
200	8	8,4	0,4	10
200	8	8	0	0
200	8	8,1	0,1	2,5
200	8	8,2	0,2	5
200	8	8	0	0
200	8	8,3	0,3	7,5
200	8	8,4	0,4	10
225	9	9	0	0
225	9	9	0	0
225	9	9	0	0
225	9	9,4	0,4	10
225	9	9,2	0,2	5
225	9	9,4	0,4	10
225	9	9	0	0
225	9	9	0	0

225	9	9,15	0,15	3,75
225	9	9	0	0
250	10	10	0	0
250	10	10	0	0
250	10	10,2	0,2	5
250	10	10,25	0,25	6,25
250	10	10	0	0
250	10	10	0	0
250	10	10,3	0,3	7,5
250	10	10,25	0,25	6,25
250	10	10	0	0
250	10	10	0	0
625	25	25,5	0,5	12,5
625	25	25,5	0,5	12,5
625	25	25	0	0
625	25	25	0	0
625	25	25	0	0
625	25	25,2	0,2	5
625	25	25,4	0,4	10
625	25	25	0	0
625	25	25	0	0
625	25	25,5	0,5	12,5
1250	50	50	0	0
1250	50	50	0	0
1250	50	50	0	0
1250	50	50	0	0
1250	50	50,1	0,1	2,5
1250	50	50,3	0,3	7,5
1250	50	50	0	0
1250	50	50	0	0
1250	50	49,9	-0,1	-2,5
1250	50	50	0	0
1875	75	75	0	0
1875	75	75	0	0
1875	75	75	0	0
1875	75	75,3	0,3	7,5
1875	75	75,5	0,5	12,5
1875	75	75	0	0
1875	75	75,2	0,2	5
1875	75	75	0	0
1875	75	75,2	0,2	5
1875	75	75	0	0
2500	100	100	0	0
2500	100	100	0	0
2500	100	99,8	-0,2	-5
2500	100	100	0	0

2500	100	100	0	0
2500	100	100,4	0,4	10
2500	100	100,5	0,5	12,5
2500	100	100,5	0,5	12,5
2500	100	100	0	0
2500	100	100,65	0,65	16,25
3750	150	150,7	0,7	17,5
3750	150	150,3	0,3	7,5
3750	150	150	0	0
3750	150	150	0	0
3750	150	150	0	0
3750	150	150,8	0,8	20
3750	150	150	0	0
3750	150	150,7	0,7	17,5
3750	150	150	0	0
3750	150	150	0	0
5000	200	200	0	0
5000	200	200	0	0
5000	200	200	0	0
5000	200	201	1	25
5000	200	199,7	-0,3	-7,5
5000	200	200,6	0,6	15
5000	200	200	0	0
5000	200	200,5	0,5	12,5
5000	200	200,45	0,45	11,25
5000	200	199,8	-0,2	-5
7500	300	302	2	50
7500	300	301,15	1,15	28,75
7500	300	300	0	0
7500	300	300	0	0
7500	300	300	0	0
7500	300	300,1	0,1	2,5
7500	300	301,5	1,5	37,5
7500	300	300	0	0
7500	300	302	2	50
7500	300	301,2	1,2	30

ANEXO S: ENCUESTA DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD

Evaluador 1

<p>Encuesta</p> <p>¿Considera que es una página sencilla de utilizar digitalmente, por su estructura y organización de información como se muestra, anexo 1. De ser así y ¿Cuál sería una modificación de esta información? ¿cómo? ¿cómo de utilizar en el software de desarrollo de por que lo sea?</p>	<p>Observación:</p>
<p>¿Puede considerarse adecuada y el desarrollo de software de 1 con por parte del diseñador? *</p>	<p>¿Hay un espacio apropiado la distancia de desarrollo de 1. ¿Hay que el primer y un espacio la distancia entre ellos?</p>
<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>	<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>
<p>Observación:</p>	<p>Observación:</p>
<p>¿Hay información apropiada los colores propuestos por el diseñador con la distribución de colores?</p>	<p>¿Cuál la importancia de contar con una herramienta para generar los parámetros de configuración de cada elemento, considerando que como puede ser un botón, un menú, un ícono, etc. en un sistema digitalizado?</p>
<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>	<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>
<p>Observación:</p>	<p>Observación:</p>
<p>¿Puede ser posible de utilizar con el sistema de gestión de datos, software? *</p>	<p>¿Puede ser posible de utilizar con el sistema de gestión de datos de la aplicación? *</p>
<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>	<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>
<p>Observación:</p>	<p>Observación:</p>
<p>¿Puede ser posible de utilizar con el sistema de gestión de datos, software? *</p>	<p>¿Considera que es un ejemplo de un sistema de desarrollo de software que puede ser utilizado para desarrollar los parámetros de configuración de cada elemento?</p>
<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>	<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>
<p>Observación:</p>	<p>Observación:</p>
<p>¿Hay un espacio apropiado la distancia de desarrollo de 1. ¿Hay que el primer y un espacio la distancia entre ellos?</p>	<p>¿Cuál sería el espacio de desarrollo de software, ¿cómo de utilizar en el software de desarrollo de software? *</p>
<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>	<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>
<p>Observación:</p>	<p>Observación:</p>
<p>¿Puede ser posible de utilizar con el sistema de gestión de datos, software? *</p>	<p>¿Considera que es un ejemplo de un sistema de desarrollo de software que puede ser utilizado para desarrollar los parámetros de configuración de cada elemento?</p>
<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>	<p><input type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p><input type="radio"/> 3</p> <p><input type="radio"/> 4</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5</p>
<p>Observación:</p>	<p>Observación:</p>

Evaluador 2

Encuesta

¿Considera que el nivel promedio actual de desarrollo digital en su país es adecuado a las demandas de una educación más innovadora, superior? De poco a nada (1) hasta muy adecuada (5) (seleccione la opción que más se ajuste a su opinión)

¿Cree que el nivel actual de desarrollo digital en su país es adecuado? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el sistema educativo de su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Cree que el nivel de calidad de los recursos de educación digital en su país es adecuado para el desarrollo de la digitalización de la educación? *

- 1
 2
 3
 4
 5
 No aplica

Observación

Evaluador 3

Encuesta

¿Considera el sistema de gestión de residuos de su empresa digitalizado, por parte de usted, a los aspectos de los siguientes rubros de encuesta desde 1 (no por nada) 5 (lo más nada, realmente lo más avanzado) ¿cuál nivel de avance en el estado de digitalización le parece que es? *

¿En qué porcentaje estimas el desplazamiento de datos de 1 año por parte del dispositivo? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

¿Se han realizado actividades de gestión programadas por el personal para la digitalización de los datos? *

- 1
 2
 3
 4
 5

Observación

ANEXO T: CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y USABILIDAD



CERTIFICADO

Riobamba, 16 de agosto de 2023.

A quien corresponda, Yo Leda. Paulina Paula con CI 0603620139 , **DIRECTORA DE LA CARRERA DE DISEÑO GRÁFICO Y DOCENTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO** tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTSENSIBLE** diseñado por los señores Marco Stiven Tingo Tierra y Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha verificado con una nota de 4,85 sobre 5 que el prototipo es recomendado para el uso en el proyecto **DESARROLLO DE UN PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS CAPTADAS EN MATERIAL FOTSENSIBLE. CASO DE ESTUDIO ARCHIVO HISTÓRICO DE DIAPOSITIVAS A COLOR DE LA ESPOCH**, considerando que la distancia de desplazamiento de 1mm, el espacio de trabajo de 30cm, la utilización de la base de datos y el ingreso de datos de manera digital, analógica y por medio de Wi-Fi, son satisfactorios, además de ser una propuesta innovadora para la restauración de información.

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente
Leda. Paulina Paula
Licenciada en Diseño Gráfico
COORDINADORA DE LA CARRERA DE DISEÑO GRÁFICO



CERTIFICADO

Riobamba, 16 de agosto de 2023

A quien corresponda, Yo Ing. Estefanía Ramos con CI 1804411708, **FOTÓGRAFA FREELANCER** tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE** diseñado por los señores Marco Stiven Tingo Tierra y Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha verificado con una nota de 4,85 sobre 5 que el prototipo es recomendado para el uso en el proyecto **DESARROLLO DE UN PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS CAPTADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE. CASO DE ESTUDIO ARCHIVO HISTÓRICO DE DIAPOSITIVAS A COLOR DE LA ESPOCH**, considerando que la distancia de desplazamiento de 1mm, el espacio de trabajo de 30cm, la utilización de la base de datos y el ingreso de datos de manera digital, analógica y por medio de Wi-Fi, son satisfactorios, además de ser una propuesta innovadora para la restauración de información.

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente
Ing. Estefanía Ramos
Ingeniera en Diseño Gráfico
FOTÓGRAFA FREELANCER



CERTIFICADO

Riobamba, 15 de agosto de 2023

A quien corresponda, Yo Ing. Ángel Xavier Solórzano Costales con CI 0603448721, DOCENTE DE LA ASIGNATURA DE FUNDAMENTOS FOTOGRÁFICOS EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y FOTÓGRAFO FREELANCER tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE diseñado por los señores Marco Stiven Tingo Tierra y Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia estudiantes de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, se ha verificado con una nota de 4,85 sobre 5 que el prototipo es recomendado para el uso en el proyecto DESARROLLO DE UN PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS CAPTADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE. CASO DE ESTUDIO ARCHIVO HISTÓRICO DE DIAPOSITIVAS A COLOR DE LA ESPOCH, considerando que la distancia de desplazamiento de 1mm, el espacio de trabajo de 30cm, la utilización de la base de datos y el ingreso de datos de manera digital, analógica y por medio de Wi-Fi, son satisfactorios, además de ser una propuesta innovadora para la restauración de información.

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Ángel Xavier Solórzano Costales
Ingeniero en Diseño Gráfico

DOCENTE EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



+593 983 390 607



Escuela Superior Politécnica de Chimborazo



angelxaviercostales



Ángel Xavier Solórzano Costales



Ángel Xavier Solórzano Costales

ANEXO U: FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON EL PROTOTIPO DESARROLLADO

Foto 1



Foto 2



Foto 3



ANEXO V: FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON EL ESCÁNER KODAK

Foto 1



Foto 2



Foto 3



ANEXO W: FOTOGRAFÍAS OBTENIDAS CON EL ESCÁNER EPSON V600

Foto 1



Foto 2



Foto 3



ANEXO X: ENCUESTA DE LA PRUEBA DE VALORACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

Calificación de Fotografías

En la siguiente encuesta se te pedirá de seleccionar la mejor de entre todas las que se te ofrecen. Se debe seleccionar una única opción.

Nombre: Carla María Torres Torres

I. Calificación de la imagen 1 (A)

	Niveles de Evaluación					
	1	2	3	4	5	6
Forma	El sujeto de la fotografía es poco atractivo y poco interesante.	El sujeto de la fotografía es atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.
Color	El colorido de la fotografía es poco atractivo y poco interesante.	El colorido de la fotografía es atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.
Textura	La textura de la fotografía es poco atractiva y poco interesante.	La textura de la fotografía es atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.

Responde a cada ítem del 1 al 6

Forma: 1 2 3 4 5 6

Color: 1 2 3 4 5 6

Textura: 1 2 3 4 5 6

II. Calificación de la imagen 1 (B)

	Niveles de Evaluación					
	1	2	3	4	5	6
Forma	El sujeto de la fotografía es poco atractivo y poco interesante.	El sujeto de la fotografía es atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El sujeto de la fotografía es muy atractivo e interesante.
Color	El colorido de la fotografía es poco atractivo y poco interesante.	El colorido de la fotografía es atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.	El colorido de la fotografía es muy atractivo e interesante.
Textura	La textura de la fotografía es poco atractiva y poco interesante.	La textura de la fotografía es atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.	La textura de la fotografía es muy atractiva e interesante.

Responde a cada ítem del 1 al 6

Forma: 1 2 3 4 5 6

Color: 1 2 3 4 5 6

Textura: 1 2 3 4 5 6

ANEXO Y: CERTIFICADOS DE LA PRUEBA DE VALORACIÓN DE FOTOGRAFÍAS



CERTIFICADO

Riobamba, 16 de agosto de 2023.

A quien corresponda, Yo Leda, Paulina Paula con CI 0603620139, **DIRECTORA DE LA CARRERA DE DISEÑO GRÁFICO Y DOCENTE DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO** tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTSENSIBLE** diseñado por los señores Marco Stiven Tingo Tierra y Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha verificado con una nota de 5 sobre 5 que el producto del dispositivo "A" es el que tiene mejor calidad de forma, color y textura, en comparación de los productos obtenidos por el dispositivo "B" y "C".

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente
Leda Paulina Paula
Licenciada en Diseño Gráfico
COORDINADORA DE LA CARRERA DE DISEÑO GRÁFICO



CERTIFICADO

Riobamba, 16 de agosto de 2023

A quien corresponda, Yo Ing. Estefanía Ramos con CI 1804411708, **FOTÓGRAFA FREELANCER** tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE** diseñado por los señores Marco Steven Tingo Tierra y Fabian Ernesto Imbuquingo Segovia estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha verificado con una nota de 4,78 sobre 5 que el producto del dispositivo "A" es el que tiene mejor calidad de forma, color y textura, en comparación de los productos obtenidos por el dispositivo "B" y "C".

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente
Ing. Estefanía Ramos
Ingeniera en Diseño Gráfico
FOTÓGRAFA FREELANCER



CERTIFICADO

Riobamba, 15 de agosto de 2023

A quien corresponda, Yo Ing. **Ángel Xavier Solórzano Costales** con CI 0603448721, DOCENTE DE LA ASIGNATURA DE FUNDAMENTOS FOTOGRÁFICOS EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y FOTÓGRAFO FREELANCER tengo a bien certificar que el dispositivo tecnológico **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIGITALIZADOR DE IMÁGENES REGISTRADAS EN MATERIAL FOTOSENSIBLE** diseñado por los señores **Marco Stiven Tingo Tierra** y **Fabian Ernesto Imbaquingo Sagovia** estudiantes de la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**, se ha verificado con una nota de 4,33 sobre 5 que el producto del dispositivo "A" es el que tiene mejor calidad de forma, color y textura, en comparación de los productos obtenidos por el dispositivo "B" y "C".

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente,

Ángel Xavier Solórzano Costales

Ingeniero en Diseño Gráfico

DOCENTE EN LA ESUECLA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



ANEXO Z: CERTIFICADO DEL PROYECTO



CERTIFICADO

Riobamba, 25 de octubre de 2023.

A quien corresponda, Yo Ing. Ruth Genoveva Barba Vera con cédula de identidad 0603611328, Investigadora técnico docente del proyecto de investigación denominado **"DESARROLLO DE UN PROCESO DE DIGITALIZACIÓN DE FOTOGRAFÍAS CAPTADAS EN MATERIAL FOTSENSIBLE. CASO DE ESTUDIO ARCHIVO HISTÓRICO DE DIAPOSITIVAS A COLOR DE LA ESPOCH"** certifico que el dispositivo digitalizador desarrollado por los señores Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia y Marco Stiven Tingo Tierra, estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización de la Facultad de Informática y Electrónica cumple satisfactoriamente con los requerimientos del usuario planteados en el proyecto.

Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.

Atentamente.


Ing. Ruth Genoveva Barba Vera
Investigadora del Proyecto





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 11 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos: Marco Stiven Tingo Tierra Fabian Ernesto Imbaquingo Segovia	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: Facultad de Informática y Electrónica	
Carrera: Ingeniería en Electrónica y Automatización	
Título a optar: Ingeniero en Electrónica y Automatización	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.

