



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Industrial Sistemas e Informática**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica**

**Diseño de un sistema electrónico para pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la Empresa Asper Coating del Perú S.A.C., 2023**

**Tesis**  
**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico**

**Autor**  
**Jhorman Miguel Herrera Tafur**

**Asesor**  
**Ing. Ernesto Diaz Ronceros**

**Huacho – Perú**  
**2024**



#### **Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

*(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)*

Indicar nombre de la Facultad/Escuela o Escuela de Posgrado

### METADATOS

<b>DATOS DEL AUTOR:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Herrera Tafur, Jhorman Miguel	72183172	08/05/2024
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Díaz Ronceros, Ernesto	46943961	0000 – 0002 – 2841 - 7014
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
Ramírez Gómez, Javier Honorato	15611298	0000 – 0002 – 6384 – 269X
Serrano Rodas, Hugo	15587946	0000 – 0003 – 1138 – 9368
Miranda Portella, Franco Jhordy	73044452	0000 – 0002 – 7324 – 2858

# DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA AL RAYADO EN RECUBRIMIENTOS DE METALES EN LA EMPRESA ASPER COATING DEL PERU S.A.C, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>13%</b>	<b>12%</b>	<b>1%</b>	<b>5%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unjfsc.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.upct.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>thefoodtech.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.infinitiaresearch.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>biblioteca.usbbog.edu.co:8080</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

**DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO  
PARA PRUEBAS DE RESISTENCIA AL RAYADO  
EN RECUBRIMIENTOS DE METALES EN LA  
EMPRESA ASPER COATING DEL PERU S.A.C,  
2023**

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo está dedicado a:

Dios

Mis padres, Miguel Angel Herrera Martinez y  
Marcelina Tafur Obregon

A mi hermana Angela Vanessa Herrera Tafur

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por que, por el guía cada paso que doy y me da la fuerza necesaria para seguir adelante y por qué:

*“El principio de la sabiduría es el temor de Jehová (...)”* Proverbios 1:7

*“Él muda los tiempos y las edades; quita reyes, y pone reyes; da la sabiduría a los sabios, y la ciencia a los entendidos.”* Daniel 2:21

A mis familiares que se enforzaron por darme la posibilidad de estudiar una carrera profesional y día a día me alientan con sus consejos y palabras de ánimo.

Al asesor y profesores de la escuela profesional de Ingeniería electrónica ya que ellos me inculcaron los conocimientos necesarios para poder hacer este proyecto y me motivaron siempre a la investigación.

A la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. por darme la oportunidad de ejercer mis conocimientos y sobre todo a su equipo de trabajo por su ayuda en el desarrollo de esta investigación.

# INDICE

<b>CARATULA</b> .....	i
<b>TITULO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>INDICE</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xii
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.1. Objetivos específicos .....	4
1.4. Justificación de la investigación .....	5
1.5. Delimitación del estudio .....	6
1.6. Viabilidad del estudio .....	7
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de la investigación .....	8
1.3.1. Antecedentes internacionales .....	8
1.3.1. Antecedentes nacionales .....	13
2.2. Bases teóricas.....	19
2.3. Definiciones de términos básicos.....	45
2.4. Hipótesis de investigación .....	48
2.4.1. Hipótesis general.....	48
2.4.2. Hipótesis específica.....	49
2.5. Operacionalización de variables .....	50
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA</b> .....	<b>51</b>
3.1. Diseño metodológico .....	51
3.2. Población y muestra.....	52

3.2.1. Población.....	52
3.2.2. Muestra.....	53
3.3. Técnicas de recolección de datos .....	53
3.3.1. Técnicas .....	53
3.3.2. Instrumentos .....	54
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.....	55
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS .....</b>	<b>59</b>
4.1. Demostración de hipótesis específicas.....	59
4.1.1. Esquema de sistema de control .....	59
4.1.2. Programación .....	59
4.1.3. Diagramas de flujo .....	60
4.1.4. Programación de pantalla HMI .....	67
4.1.5. Diseño mecánico .....	79
4.1.6. Diseño electrónico e implementación .....	73
4.1.7. Preparación de placas de prueba .....	94
4.1.6. Prueba general .....	94
4.1.6. Procedimiento para determinar la carga mínima de penetración. ....	98
4.1.6. Procedimiento para una sola carga especificada .....	102
4.2. Demostración de hipótesis general .....	105
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN.....</b>	<b>106</b>
5.1 Discusión de resultados.....	106
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
5.1 Conclusiones .....	109
5.1 Recomendaciones .....	110
<b>CAPITULO VII: REFERENCIAS.....</b>	<b>111</b>
5.1 Fuentes bibliográficas .....	111
5.1 Fuentes electrónicas .....	113
<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	117
ANEXO 2: HOJA DE DATOS DE MCU PIC18F45K50.....	119
ANEXO 3: HOJA DE DATOS DE PANTALLA HMI .....	121
ANEXO 4: NORMA ISO 1518-1 .....	124
ANEXO 5: IMÁGENES DE DESARROLLO DE PROYECTO .....	129

## RESUMEN

Esta investigación tiene por título “Diseño de un sistema electrónico para pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C, 2023”. El objetivo fue diseñar e implementar un sistema electrónico para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. El tipo de investigación fue de tipo aplicada, el nivel fue de tipo explicativo, tenido un diseño experimental. La hipótesis fue que un sistema electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. La población fueron todos los recubrimientos de metales que se desean evaluar en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C en términos de su resistencia al rayado. La muestra fue una selección específica de recubrimientos de metales dentro de la empresa que se utilizaron para probar y validar la eficacia del sistema electrónico diseñado para pruebas de resistencia al rayado. El enfoque fue mixto ya que se ajusta más a las necesidades de este proyecto. Para el análisis cuantitativo se usó listas de cotejo que se llenaran con datos numéricos para su posterior análisis estadístico y para el análisis cualitativo se usara técnicas de observación participativa y análisis visual, que se mostrara por medio de fotografías para ver características. En los resultados se mostraron de manera práctica, realizando la implementación y haciendo una prueba según los procedimientos de la norma, además de observar que el análisis de los datos de ambos grupos de recubrimiento mediante la prueba de Prueba U de Mann-Whitney demostró que la significancia asintótica bilateral es de  $0.007 < 0.5$ , donde nos confirma que hay gran diferencia significativa entre los recubrimientos, siendo el recubrimiento 2 más resistente. En conclusión, se diseñó e implemento un sistema electrónico para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. de manera exitosa.

**Palabras clave:** Sistema electrónico, diseño, resistencia, recubrimiento, análisis.

## ABSTRACT

This investigation is titled “Design of an electronic system for scratch resistance testing in metal coatings in the company Asper Coating del Perú S.A.C, 2023”. The objective was to design and implement an electronic system to perform scratch resistance tests on metal coatings in the company Asper Coating Del Perú S.A.C. The type of research was applied, the level was explanatory, and it had an experimental design. The hypothesis was that an electronic system is significantly related to the scratch resistance tests on metal coatings in the company Asper Coating Del Perú S.A.C. The population was all the metal coatings that the company Asper Coating del Perú S.A.C wishes to evaluate in terms of their scratch resistance. The sample was a specific selection of metal coatings within the company that were used to test and validate the effectiveness of the electronic system designed for scratch resistance testing. The approach was mixed as it best suits the needs of this project. For the quantitative analysis, checklists were used that were filled with numerical data for subsequent statistical analysis and for the qualitative analysis, participatory observation and visual analysis techniques were used, which were shown through photographs to see characteristics. The results were shown in a practical way, carrying out the implementation and doing a test according to the procedures of the standard, in addition to observing that the analysis of the data of both coating groups using the Mann-Whitney U Test test demonstrated that the Bilateral asymptotic significance is  $0.007 < 0.5$ , which confirms that there is a large significant difference between the coatings, with coating 2 being more resistant. In conclusion, an electronic system was designed and implemented to perform scratch resistance tests on metal coatings in the company Asper Coating Del Perú S.A.C. successfully.

**Keywords:** Electronic system, design, resistance, coating, analysis.

## INTRODUCCIÓN

Este presente trabajo titulado **“Diseño de un sistema electrónico para pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C, 2023”**. Tiene por objetivo diseñar e implementar un sistema electrónico para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales. Este equipo pertenece a al rubro de instrumentos de prueba de calidad, los cuales son muy importantes para poner a prueba productos y normalizarlos.

En el primer capítulo se plantea el problema, el cual es la base de los lineamientos de esta investigación, se explica primero la descripción de la realidad problemática, luego la formulación del problema, los objetivos, justificación y delimitaciones del estudio.

En el segundo capítulo se tiene el marco teórico, el cual da soporte a lo que se esta planteando y ayuda de cierta guía mediante los antecedentes tanto nacionales como internacionales, las bases teóricas sacadas de libros y paginas web y definiciones de términos básicos. Adema se plantea la hipótesis de la investigación.

En el tercer capítulo se desarrolla la metodología de la investigación, se menciona el diseño y cuál será la población y muestra, además de las técnicas y herramientas que se utilizaran, luego todo mostrado de manera resumida en la matriz de consistencia

En el cuarto capítulo se desarrolla y muestra los resultados de una manera práctica, en si lo que se muestra es la implementación teórica y física, en la realidad. Apoyándose un poco de técnicas estadísticas para contrastar una hipótesis generada a partir de un resultado obtenido.

En el quinto capítulo se habla de la discusión de resultados donde, se intentó comparar los resultados que obtuvieron otros autores con esta investigación. No se encontraron investigaciones iguales a esta, solo similares en sientto grado. El sexto capítulo se enumera las conclusiones, recomendaciones y al final las referencias y anexos.

## CAPITULO I

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Las pruebas de calidad en la industria han sido de gran importancia siempre, ya que con esto se asegura el buen funcionamiento de algo, esto está presente en la industria alimentaria, farmacéutica, en la fabricación de electrodomésticos, en el desarrollo de software y en todo tipo de empresa que se dedique a vender un producto, lamentablemente en algunos casos en necesario aparatos o instrumentos muy sofisticados que no están al alcance de todas las empresas.

La ingeniería electrónica juega un papel importante en este ámbito, ya que para muchas de estas pruebas de calidad se necesitan de instrumentos o maquinas las cuales las cuales facilitan y en otros casos automatizan este proceso para que no sea tedioso y se garantice aún más las calidad de los productos ya que las pruebas serán más precisas, rápidas y confiables, estos instrumentos tienen en su interior tarjetas controladoras diseñadas a medida para cada tipo de instrumento, estas tarjetas electrónicas requiere de un proceso de ingeniería la cual requiere en conocer en profundidad el tipo de producto en el cual se necesita hacer la prueba, para que en base a eso de escoja las cualidades que tendrá la PCB, como cantidad de entradas y salidas digitales, actuadores que se usara, sensores y interfaces que se usaran, como pilotos, displays o pantallas HMI (Interfaces Humano - Maquina).

Estos instrumentos de prueba de calidad en muchas veces son necesario que sea compactos para su facilidad de uso, por lo cual las tarjetas controladoras es

necesarios que sean compactas y hechas a medida, por lo cual se usan sistemas electrónicos basados en MCU (microcontroladores) como lo son los PIC, Atmel, STM, etc. Cuando en tamaño de la aplicación no es un inconveniente y es posible tener un tablero electrónico puesto en un gabinete eléctrico, normalmente se usan PLC's como lo son los de marca Siemens, Schneider Electric, etc. Cabe resaltar que estos últimos mencionados son de gran robustez y confiabilidad, pero elevan considerablemente el costo económico con respecto al costo de una placa de control hecha a medida, por lo cual se debe evaluar muy bien cuál de todo lo mencionado es mejor para realizar el fin que se necesita, es decir un sistema que sea electrónico eficiente para hacer pruebas de calidad.

Una de los tipos de pruebas para el control de calidad son las pruebas al desgaste o resistencia a la abrasión que se hacen en diferentes materiales, como en el estudio de los metales, minerales, plásticos, pinturas, barnices etc.

En la industria alimentaria ay un sector el cual se encarga de ver calidad de los envases, por ejemplo, para los envases de alimentos que tengan algún recubrimiento de pintura o barniz es muy importante asegurar la calidad de este, ya que contribuirá a llevar el alimento o bebida en la mejor condición posible a el consumidor, conservando sus propiedades.

Ismael Povea Garcerant (2019), concluye sobre la importancia de los envases como conservadores de los atributos de los alimentos, diciendo:

*“Hay un problema que no se puede ocultar y es la manera como los materiales de envasado impactan al medio ambiente. Sin embargo, es la única manera de llegar a un consumidor cada vez más exigente y a mercados cada vez más lejanos. Desearíamos poner una vaca en cada esquina para que sea ordeñada, pero como no es posible, el envase se convierte en la principal*

*herramienta para ello. No en vano, la industria de los envases llega a ser hasta el 2% del PIB en países como España y Estados Unidos. Como se puede observar, no hay un envase perfecto, pero cada uno de ellos con sus pros y contras, buscan un sólo propósito: llevar al consumidor un alimento cada vez más fresco y conservando sus propiedades. Y a pesar de que algunos envases muestren el impacto ambiental posterior a su uso, otros lo “ocultan” antes de su producción. Así las cosas, la ciencia y la tecnología buscan permanentemente una solución que supere las expectativas de los diferentes actores involucrados en esta situación”.*

A nivel local en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C. situada en Lima – Perú, se dedica a desarrollar proyectos enfocados en la industria alimentaria, esta empresa tiene un área que se encarga de la fabricación y venta de quipos para control de calidad, la cual recibió un pedido por parte de un cliente que estaba solicitando el desarrollo de una máquina que ayude a realizar ensayos de resistencia al rayado en tapas de envases para conservas de alimento, esto se dio a raíz de que ellos al exportar sus productos por barco, notaron de que las tapas de los envases llegaban al su destino con marcas de descaste, lo cual dañaba estéticamente a la presentación del producto, por todo esto recurrieron a mandar a desarrollar uno de estos instrumentos de ensayo de resistencia al rayado, a la empresa Asper. Estas pruebas son muy importantes ya que toda lata, o tapa de frasco para conservas, tiene un recubrimiento el cual aparte de darle un acabado estético, le da una protección extra al alimento del medio exterior, protegiéndolo así de oxidación y microorganismos, al realizar las pruebas correspondientes a estos recubrimientos y demostrar que tan resistentes son, se estaría cumpliendo con la normativa, además de dar calidad,

seguridad y rendimiento lo cual aumentara la confiabilidad a los clientes y todo esto ayudaría a mejorar las ventas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cómo se relaciona un sistema electrónico con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo se relaciona la Etapa de control con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?
- ¿Cómo se relaciona el diseño electrónico con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?
- ¿Cómo se relaciona la norma ISO 1518-1 con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo principal**

- Diseñar e implementar un sistema electrónico para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar una etapa de control en cual ayudara significativamente a realizar pruebas de resistencia al rayado. en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.
- Hacer un diseño electrónico e implementarlo en un aparato para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.
- Extraer pautas y procedimientos de la norma ISO 1518-1 las cuales ayudaran significativamente a realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación practica**

En el estudio de este proyecto se buscara encontrar la relación entre un sistema electrónico basado en un MCU y las pruebas de resistencia al rayado en pinturas y barnices que son usados como recubrimientos en metales. Esto con la finalidad de satisfacer con el pedido a medida hecho por un cliente la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C, el cual requiere que el aparato este basado en la norma ISO 1518-1, ya que no encontró viable comprar e importar una máquina de otro sitio. Este aparato será usado en tapas de envases de alimentos para hacer sus pruebas de calidad. La parte electrónica que se hará será muy importante para este aparato de pruebas de resistencia al rayado.

### **1.4.2. Justificación tecnológica**

- Esta investigación que se está innovando con tecnologías accesibles para otras empresas, así se podría facilitar la adquisición de

aparatos de pruebas de calidad normados a las empresas nacionales, los cuales son de difícil acceso para muchos.

- Además, este aparato contribuirá a asegurar la calidad los alimentos envasados, porque las tapas de dichos envases son una parte fundamental para evitar el contacto del medio exterior con el alimento, evitando oxidación y microorganismos, ayudando así indirectamente a mantener una buena salud de las personas.

### **1.4.3. Justificación económica**

Esta investigación ayudara a concretar una venta específica, lo cual es muy beneficioso para la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. Además, abrirá posibilidades de obtener posibles clientes, ayudando así a la rentabilidad de la empresa mencionada.

### **1.4.4. Justificación académica**

Esta investigación validara las capacidades que tienen las tecnologías económicas, como las PCB hechas a medida para dar soluciones específicas, a partir de conocimientos que son enseñados en las universidades como lo son: la programación de MCU, Sistemas embebidos y el diseño electrónico. Sirviendo, así como base de cómo desarrollar productos funcionales y útiles en lugares reales.

## **1.5. Delimitación del estudio.**

### **1.5.1. Delimitación espacial**

Se realizará en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C. sede Santa clara - Ate – Lima.

### **1.5.2. Delimitación Temporal**

La investigación se llevará a cabo durante el año 2023.

### **1.5.3. Delimitación Social**

La investigación involucro a parte del personal que trabaja en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C. sede Santa clara - Ate – Lima.

## **1.6. Viabilidad del estudio**

Teniendo en cuentas los siguientes factores, brindados por empresa Asper Coating del Perú S.A.C.

- Presupuesto necesario brindado por la empresa, para poder adquirir los materiales necesarios.
- Planificación de actividades para el desarrollo del proyecto.
- Recursos de personal, que incluyen otras áreas técnicas y de ingeniería, ya que es un proyecto multidisciplinario.
- Otros recursos dados en el lugar de trabajo como, computadores, internet, instrumentos de laboratorio, etc.

Además de contar con el conocimiento y la disposición de tiempo y disposición económica del investigador. Gracias a todo ello este proyecto de investigación si es viable.

## CAPITULO II

### 1. MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Jurado & Fernández (2018), realizaron la investigación de pregrado *“Sistema electrónico para el control de calidad de huevos de gallina mediante procesamiento de imágenes”* con el apoyo de la Universidad Técnica de Ambato en Ambato -Ecuador. El objetivo general fue Implementar un prototipo de sistema electrónico para el control de calidad de huevos de gallina mediante procesamiento de imágenes. (p. 4). La metodología hace referencia a que se efectuó una investigación de tipo experimental. (p. 25). Con respecto a la población y muestra se menciona que por las características de la investigación estos no se requieren. (p, 25). Los resultados no son mencionados.

En consecuencia, la fluidez y la velocidad del sistema de desplazamiento dependen de las propiedades de los motores utilizados y del diseño del mecanismo. Tomando como referencia una impresora 3D, la conclusión muestra que el sistema de desplazamiento utiliza dos motores fijos para mover un mecanismo basado en poleas a través de correas dentadas. El sistema tarda 34,08 segundos en desplazarse por los cuatro cuadrantes determinados para el análisis de los 36 huevos de gallina cubiertos. Además, en comparación con otros sistemas existentes, este prototipo ofrece una importante ventaja de coste-beneficio debido a la portabilidad de su diseño, con unas dimensiones externas de 45,5 x 51,5 x 52 cm y un peso aproximado de 30 kg, empleando hardware y software completamente gratuitos, por lo que el usuario no incurrirá en más gastos

más allá del mantenimiento rutinario, necesario para todas las máquinas tras su compra y desarrollo. (p. 82, 83).

- Murcia (2019), realizó el trabajo de investigación **“Rediseño e instrumentación del banco para medición de Desgaste abrasivo bajo la norma ASTM G-65 de la universidad de Ibagué”**, respaldado por la Universidad de Ibagué – Colombia.

Rediseñar y equipar el banco de medición de desgaste abrasivo del laboratorio de materiales de la Universidad de Ibagué era el principal objetivo. (p. XIV).

Entre las conclusiones más importantes, llego a que:

- La velocidad de rotación y el caudal de abrasivo, entre otras características mencionadas en la norma ASTM G-65, están garantizados por el banco (p.100).
  - Los sensores de fuerza y temperatura, junto con un sistema de visualización y almacenamiento, se colocan en la sección de instrumentación para facilitar el desarrollo de las pruebas. (p.100).
  - Cuando la prueba de funcionamiento se realiza de acuerdo con las directrices proporcionadas por la norma, el resultado medio es el siguiente: A pesar de ser superior al resultado experimental habitual, la pérdida de masa de 0,50 gr, el volumen perdido de 63,76 mm<sup>3</sup>, la desviación típica de 5,80 y el coeficiente de variación del 9% demuestran que, efectivamente, existe una pérdida de masa que valida la funcionalidad del banco modificado. (p.100).
- Felipe (2018), realizó la investigación titulada **“Diseño de una maquina reciprocante de desgaste por deslizamiento sobre superficie plana”**,

respaldado por la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, en Cuba.

En su descripción general aclara que el objeto de su investigación es el diseño de una máquina para pruebas de desgaste por deslizamiento sobre una superficie plana.

La esfera sobre una superficie plana es una de las pruebas más utilizadas para determinar el desgaste por deslizamiento, según el resumen. (Deslizamiento de bola sobre plano). En ese capítulo (Capítulo II) El objetivo principal era analizar la norma ASTM-G 133-05 para la construcción de una instalación experimental del tipo ESFERA SOBRE SUPERFICIE PLANA. (p. 22).

Las conclusiones más resaltantes a las que llegó fueron:

- La norma ASTM G133-05 especifica el protocolo de ensayo que explica cómo utilizar una esfera de movimiento lineal alternativo sobre superficies planas para medir el desgaste por deslizamiento en superficies de cerámica, metal y otros materiales. (p. 42).
- La máquina que se diseñó estaba compuesta por 24 piezas que, una vez construidos, tenían una altura máxima de 310 mm, una anchura máxima de 200 mm, una longitud máxima de 300 mm y una masa aproximada de 15,35 kg. Además, se realizó una simulación de movimiento. (p. 42).
- Hernández (2018), realizaron la investigación “*Diseño, construcción y prueba de un equipo para la determinación de la resistencia al desgaste erosivo en seco de materiales*” con el respaldo de la Universidad Pontificia Bolivariana en Colombia.

El objetivo principal era desarrollar, ensamblar y probar un dispositivo que cumpliera los requisitos de la norma STM G76/13 y midiera la resistencia de un material al desgaste por erosión en seco, de modo que pudiera utilizarse para caracterizar materiales y revestimientos metálicos. (p. 17). El equipo se construyó utilizando madera, un tubo rectangular de 1x2, tornillos de 3/16", dos bisagras, dos piezas de acrílico de 40x41 cm y el conjunto del tubo Venturi con la boquilla y la entrada de aire, según los resultados. Para la construcción se utilizaron palos de madera, que se atornillaron a las tablas (p. 47).

Por último, fue posible construir un equipo capaz de erosionar superficies para determinar la resistencia al desgaste por erosión en seco, tomando como base la norma ASTM G76/13.

Además, como los resultados apenas superaron el 6,05% de los datos presentados en la bibliografía, se puede concluir que el equipo es capaz de realizar el desgaste. (p. 61)

- Coque & Sarango (2021), realizaron la investigación titulada ***“Implementación de una máquina de ensayo abrasivo Pin On Disk por la norma ASTM G99”*** con el respaldo de la Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná en Ecuador.

El objetivo principal era poner en práctica un sistema de ensayo abrasivo Pin on Disk conforme a la norma ASTM G99a para evaluar las propiedades de desgaste abrasivo de diversos materiales. (p. 21).

Con respecto a su metodología, menciona que es experimental. (p. 29).

Sus conclusiones más resaltantes para esta investigación son:

- Se examinaron las piezas que, según las normas ASTM G-99A, deberían utilizarse en la fabricación de este dispositivo. Además, se pudieron completar los cálculos necesarios que permitirán el desarrollo del diseño (p. 54).
- Se validó el funcionamiento del equipo mediante una comparación de los datos adquiridos, demostrando que la variación de los valores obtenidos se encuentra dentro del rango permisible especificado por la norma ASTM G-99A (p. 54).
- Romero (2018), realizó la investigación “*Análisis de la resistencia al desgaste por abrasión e impacto de fundiciones blancas de alta aleación*” con el apoyo de la Universidad de Concepción en Chile.

El objetivo principal era desarrollar una serie de ensayos a escala de laboratorio para producir un modelo de predicción del comportamiento de una fundición blanca con alto contenido en cromo en situaciones de impacto y desgaste abrasivo. (p. 314.)

La pérdida de masa media de las aleaciones ensayadas y la desviación estándar se muestran en la Tabla 4.2 (que se encuentra en su investigación), donde se prevé que este valor sea lo más bajo posible. Los resultados del ensayo de desgaste realizado corresponden a la pérdida de masa tras la conclusión de cinco horas de ensayo. En el análisis de resultados se proporcionará más información sobre los resultados obtenidos para las distintas aleaciones y probetas ensayadas. (p. 39.).

Inicialmente, se observó que la dureza proporcionaba una tendencia en cuanto al comportamiento de cada aleación frente al desgaste; cuanto mayor es la dureza, menos probable es la pérdida de masa, especialmente cuando las variaciones de dureza superan el 5 -> 10%. Las durezas de las

aleaciones que mostraron un comportamiento óptimo frente al desgaste se sitúan aproximadamente entre 680 y 700 HB. El ensayo de desgaste (IT) proporcionó un dato esencial sobre el comportamiento de cada aleación frente a un evento de abrasión-impacto.

Además, el tamaño y la distribución de las dendritas dentro de la matriz tienen un impacto significativo en el comportamiento frente al desgaste. Dado que las dendritas se desgastan a una velocidad significativamente superior a la de los carburos, las dendritas de mayor tamaño dan lugar a superficies expuestas más grandes y a una mayor pérdida de masa. (p. 70).

### 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- Espinoza (2020), realizó la investigación de pre grado “*Diseño e implementación de un sistema electrónico que promueve el depósito de bandejas y utensilios.*” con la asistencia de la Pontificia Universidad Católica del Perú - Lima.

El objetivo principal era crear y poner en funcionamiento un equipo electrónico que fomente la colocación de bandejas y cubiertos después de su uso. Las bandejas, los cubiertos y los primeros y segundos platos que se hayan depositado se guardarán en el equipo. (p. 8). La metodología y la población y muestra no se detallan. En uno de sus resultados con respecto a los motores pap señalo que: La corriente utilizada por los dos motores fue de 0,124 amperios, para Movimiento a paso completo. Para mover los chocolates, giran 90°. Y la Potencia fue de  $0.124 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 1.5 \text{ Watts}$ . (p. 77).

Se llegó a la conclusión de que los circuitos de detección y acondicionamiento de la señal son esenciales para medir con precisión

las variables del proceso. La señal transformada es aceptable para el controlador cuando se utiliza con un divisor de tensión. De forma similar, los circuitos de potencia regulan los motores. (p. 85).

- Llantoy (2020), realizó la investigación de pregrado “*Diseño e implementación del sistema electrónico para una prótesis transradial mioeléctrica*” con la asistencia de la Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima.

El objetivo principal era desarrollar y poner en funcionamiento un sistema electrónico de prótesis transradial mioeléctrica. No se detalla la metodología ni la población y muestra. (p. 7). Los resultados mostraron que, según el funcionamiento de los algoritmos de apertura y cierre, los puntos más resaltantes a evaluar son el valor inicial y final de los sensores de fuerza y posición; la llegada al valor del primer umbral que define el primer contacto con el objeto y está asociado al nivel inicial de vibración del sistema de retroalimentación háptica; y, el tiempo que tarda la apertura y cierre para cada objeto. Por consiguiente, en las tablas siguientes (desarrolladas en Anexo I de su investigación) se resume esta información y se obtienen datos estadísticos de cada tipo de ensayo por objeto. (p. 51).

El resultado del estudio fue que se podía crear un sistema electrónico que tenga bajo costo (s/ 2475,22) para dicha prótesis mioeléctrica transradial, lo que le permitiría competir en el mercado peruano contra las prótesis de gancho. Con el análisis y elección de componentes escogidos, es posible diseñar e implementar el hardware en una tarjeta que alcance en la palma de la prótesis y sea inferior a las dimensiones máximas requeridas vistas en el alcance (7.5 cm x 10 cm). (p. 55).

- Fuertes (2019), realizo la investigación titulada “*Diseño de un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares en Lima*” con el apoyo de Universidad Tecnológica del Perú.

---

El objetivo principal de este proyecto es crear un sistema electrónico de clasificación de matrículas mediante el tratamiento digital de imágenes para mejorar el control del tráfico de vehículos en tiempo real en la avenida La Marina. La base teórica de este trabajo se encuentra en ideas de procesamiento digital de imágenes para la detección de bordes, reconocimiento de caracteres y filtrado de ruido en diversos modelos de automóviles. Del mismo modo, la metodología empleada consiste en utilizar una cámara para tomar imágenes frontales, que luego se envían al sistema integrado a través del protocolo RTSP. A partir de ahí, se lleva a cabo cada paso del flujo de trabajo de procesamiento de imágenes, incluida la reducción de ruido, el enmascaramiento, el reconocimiento y la clasificación. También se necesitaron herramientas y materiales específicos, como una crimpadora RJ-45, un comprobador de cables de red y una Raspberry Pi 3 B+.

- 
- Una interconexión punto a punto creada mediante la aplicación de protocolos de comunicación de datos en varios lugares, la adquisición de imágenes del tráfico de vehículos captadas por una cámara RGB en tiempo real y la creación de una interfaz gráfica de usuario en una pantalla HDMI Pi para mejorar la visualización de los procesos de transformación y tratamiento de imágenes son

algunos de los resultados previstos. Sin embargo, destacan varias conclusiones, como el hecho de que la preparación de la salida de recogida de datos hace que los métodos de captura sean más eficaces y que el enfoque Canny para el reconocimiento de bordes optimizó el seguimiento.

---

- Tanaka (2022), realizó la investigación titulada “***Automatización de una máquina de ensayo de desgaste abrasivo según norma ASTM G65***” con el respaldo de la Universidad Nacional De Trujillo en Trujillo – Perú.

Resumen:

En la Facultad de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo existía un equipo de ensayo de desgaste por abrasión fabricado conforme a la norma ASTM G65 que no funcionaba. El aparato de ensayo carecía de un mecanismo de control. El objetivo de este trabajo fue automatizar el aparato de ensayo de desgaste por abrasión, y se creó documentación técnica para ayudar a su correcto funcionamiento y mantenimiento. La metodología utilizada es el proceso que comienza con la evaluación del estado básico de la máquina y la búsqueda de fallos y deficiencias en sus piezas. Los componentes del sistema de control de la máquina de pruebas se eligieron en función del uso previsto. Teniendo en cuenta las características técnicas y la disponibilidad en el mercado local, se eligió el sensor de proximidad por infrarrojos E18-D80NK para detectar las piezas mecánicas, como el brazo de carga y el disco de abrasión. A continuación, se realizó la programación del microcontrolador del

sistema de control de la máquina de ensayos. Se utilizó Proteus 8 Professional para simular los sensores de proximidad E18-D80NK y el sistema de control con el fin de evaluar su funcionalidad antes del despliegue. Por último, se instalará el sistema de control en la máquina de ensayos y se verificará su correcto funcionamiento de acuerdo con los requisitos y la norma ASTM G65. Cabe mencionar que mientras se establecían los procedimientos mencionados, también se preparaba la documentación técnica necesaria para instruir a los usuarios sobre el funcionamiento y el mantenimiento de la máquina de ensayos de desgaste por abrasión.

- Gamboa & Valverde (2019), realizaron la investigación ***“Influencia De La Microestructura En La Resistencia Al Desgaste Abrasivo De Recubrimiento Duros Comerciales Postalloy 299 Y Postalloy 2836 Obtenido Con El Proceso De Soldadura FCAW”*** con el apoyo de la Universidad Nacional de Trujillo, en Trujillo – Perú.

El objetivo general fue evaluar el efecto de la microestructura y estado de precipitación en los recubrimientos duros obtenidos con los alambres tubulares Postalloy 2836 y Postalloy 299, mediante el proceso de soldadura FCAW, sobre la resistencia al desgaste abrasivo. (p. 24). Los resultados que mostro fuero que la comparación de las resistencias al desgaste se basó en los valores de pérdida de volumen como se muestra en su tabla 3.3. La pérdida de volumen permite una mejor evaluación de la resistencia al desgaste de los recubrimientos, particularmente cuando se comparan dos recubrimientos que presentan diferentes densidades, como es el caso de los recubrimientos P-299 y P-2836. Su tabla 3.3 muestra las densidades de los dos recubrimientos,

que fueron obtenidas mediante el método de Arquímedes. Su tabla 3.3 muestra que existe una pequeña diferencia en la resistencia al desgaste (la menor pérdida de volumen) entre los recubrimientos evaluados. La resistencia al desgaste del recubrimiento P-2836 (7.079 cm<sup>3</sup>), es ligeramente mayor que el recubrimiento P-299 (7.891cm<sup>3</sup>). Sin embargo, la dureza del recubrimiento P-299 (721.3 HV) fue mucho mayor al recubrimiento P-2836 (623.8 HV), como se muestra en su tabla 3.5. (p. 50 y 51).

En la conclusión menciono que mediante el proceso de soldadura FCAW con dos alambres tubulares comerciales Postalloy 299-SPL y Postalloy 2836-SPL, se obtuvieron dos tipos de recubrimientos duros Fe-W (P-299)

y Fe-Cr-Mo-Nb-V-W (P-2836). La microestructura de los recubrimientos fue caracterizada mediante **microscopía óptica**, **microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X**; y la resistencia al desgaste abrasivo de estos recubrimientos fueron evaluados mediante la **norma ASTM G65**. Además, uno de los resultados fueron que el recubrimiento duro P-299 estuvo constituida por una microestructura compuesta por precipitados alto en W, martensita y austenita en menor proporción. Los precipitados alto en W presentaron dos tipos de morfologías (a) tipo fishbone, (Fe,W)<sub>6</sub>C y (b) esféricas (Fe,W)<sub>2</sub>C y (Fe,W)C. (p. 54). En donde podemos ver que es muy importante el uso de los avances tecnológicos que se han hecho con la ayuda de la ingeniería electrónica y la normativa existen para realizar estos tipos de pruebas.

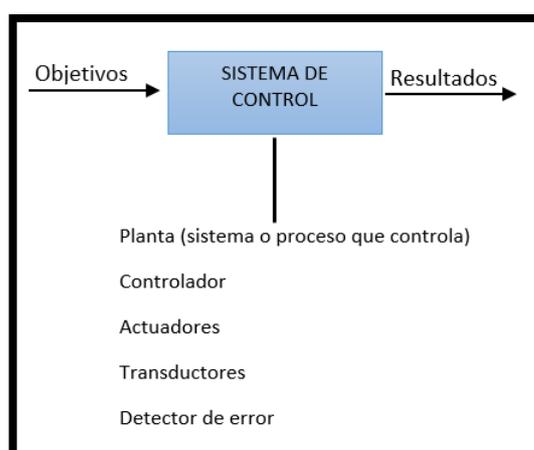
## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. SISTEMA ELECTRÓNICO

#### 2.2.1.1. Sistemas de control

Fernández (2018) proponen la siguiente definición de sistema electrónico:

Los sistemas de control son procesos formados por una serie de componentes interconectadas que trabajan juntas para lograr un determinado objetivo. A partir de las señales o datos de entrada, los sistemas de control generan valores en sus señales de salida que permiten seleccionar la mejor línea de actuación para mejorar las respuestas previstas. La automatización de la producción, el aumento de la seguridad, la reducción del consumo de energía, la mejora de la calidad de los productos, la reducción de los costes de mantenimiento, etc., son posibles gracias a la regulación y gestión de los procesos industriales. (p.18,19).



*Figura 1 - Esquema de un sistema de control. Fuente: Elaboración propia.*

### **2.2.1.2. Definición de sistema electrónico**

De manera similar Rodríguez y Suarez (2016) hablan sobre los sistemas electrónicos:

Los sistemas electrónicos utilizan las señales eléctricas para funcionar y procesarlas con el fin de realizar determinadas tareas. Están formados por una etapa de entrada que recoge datos del mundo exterior (luz, humedad, movimiento, pulsaciones de teclas, temperatura, etc.) y una etapa de proceso o control que interpreta, gestiona y procesa los datos para determinar si se activan o no los dispositivos de salida. (p. 1.)

Siendo este último concepto muy similar a lo que es un sistema de control. Pero un sistema de control es un concepto muy general, por otro lado, los sistemas electrónicos tienen que tener involucrados de manera estricta a los circuitos que operan con señales eléctricas.

### **2.2.1.3. Microcontroladores**

De acuerdo con Fernández (2018) dicen que:

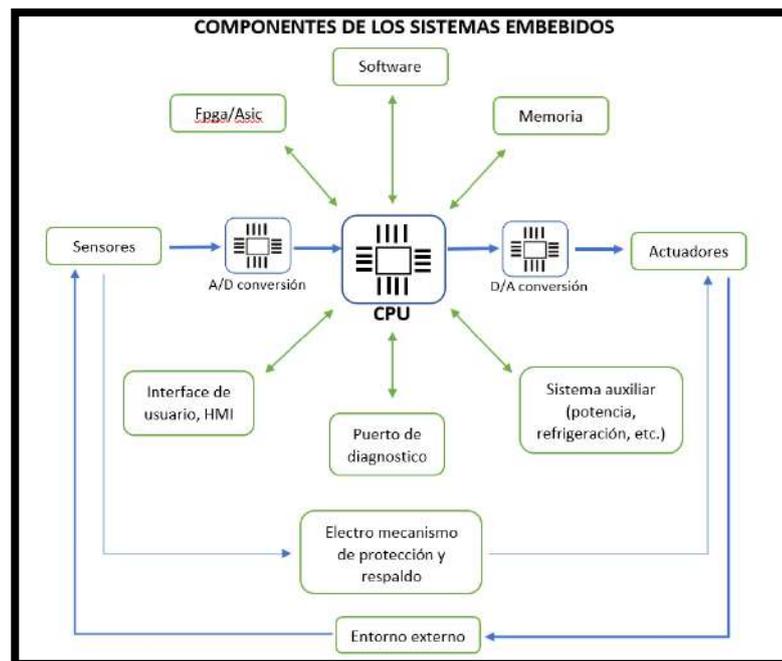
Un circuito integrado con memoria para almacenar programas, una CPU para ejecutarlos y periféricos de entrada/salida para conectar interrupciones, sensores o actuadores se denomina microcontrolador.

Un circuito electrónico completo puede sustituirse por un microcontrolador. El uso de menos componentes aumenta la fiabilidad, simplifica el montaje del sistema, hace que el hardware electrónico sea flexible y adaptable, permite realizar modificaciones con rapidez y los cambios de software pueden acelerar el desarrollo del producto. (p. 19).

### 2.2.1.4. Sistemas embebidos

Alva & Alcorta (2020), proponen que:

Un conjunto de piezas electrónicas diseñadas para llevar a cabo tareas específicas se denomina sistema embebido. Para decirlo brevemente, la principal distinción entre un sistema embebido y otros tipos de sistemas es la presencia de un procesador central, que se encarga de recibir, interpretar y procesar los datos obtenidos de los sensores antes de transmitir una señal a los actuadores para que realicen la función o funciones necesarias. (p. 20)



**Figura 2:** Componentes de los sistemas embebidos.  
**Fuente:** Elaboración propia.

También de manera similar;

De acuerdo con Fernández (2018) dicen que:

Un dispositivo controlado por un procesador y dedicado a realizar una o varias tareas se denomina sistema embebido. Algunos sistemas embebidos son únicos o están diseñados para fines específicos. Por

ejemplo: Navegador GPS integrado en la industria del automóvil; piloto automático y control de aterrizaje integrados en la aviación. Los teléfonos móviles son un componente de las comunicaciones. El control de microondas, frigoríficos, robots cortacésped y aspiradoras, etc., son sistemas embebidos en el hogar. Todos ellos están formados por hardware y software que interactúan estrechamente y han sido creados especialmente para las tareas que deben realizar. En los últimos años se han utilizado unos 500 millones de microprocesadores en ordenadores, y 10.000 millones en sistemas embebidos. En muchos sistemas embebidos hay microcontroladores. (p. 20)

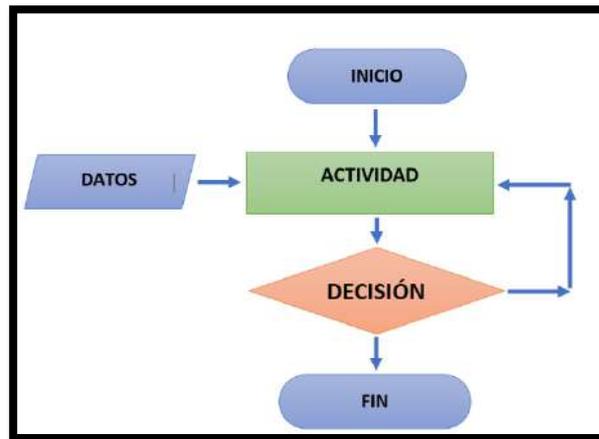
### **2.2.1.5. Programación en C**

- **Lenguaje C**

(INCOELECTRONICA, 2012)

Aunque es uno de los lenguajes de programación más fundamentales que existen, C sigue siendo una herramienta muy útil para desarrollar diversas rutinas de microcontroladores. Dado que este lenguaje es esencialmente

un sistema de decisión, es muy útil crear un diagrama de flujo antes de escribir el texto.



*Figura 3 - Ejemplo de diagrama de flujo.  
Fuente: Elaboración propia.*

- **MPLAB X Y XC8**

MPLAB es un editor IDE gratuito para los productos de Microchip. El editor es de naturaleza modular, lo que permite al usuario elegir entre una gran variedad de microcontroladores compatibles y grabar estos circuitos integrados directamente en el programador.

(MPLAB, 2022)

Un compilador independiente diseñado para ISO C90, también denominado ANSI C, se llama MPLAB XC8 C. Funciona con todos los microcontroladores PIC® de 8 bits, incluido el PIC14000 y los dispositivos de las familias PIC10, PIC12, PIC16 y PIC18.

(BUENROSTRO, 2018)

### **2.2.1.6. Driver**

Espinoza (2020) menciona que:

“La mayoría de dispositivos eléctricos y electrónicos requieren tensiones y corrientes que destruirán los circuitos digitales, por tanto, en términos generales, debemos confiar dicha labor a los llamados circuitos controladores o drivers”.

Entre sus componentes se encuentran los controladores de potencia, que permiten amplificar una señal de control pequeña y de baja corriente para convertirla en una señal de alta corriente que alimente el actuador. (p. 16)

El modelo de driver que se quiere usar en esta investigación será el:  
Driver para motores nema basado en el chip TB6600.

### **Controlador TB6600**

El TB6600HG es un controlador de motor paso a paso sinusoidal bipolar de un solo chip tipo chopper PWM. El control de rotación hacia adelante y hacia atrás está disponible con 2 fases, 1-2 fases, W1-2 fases, 2W1-2 fases y modos de excitación 4W1-2 fases. El motor paso a paso de tipo bipolar de 2 fases se puede accionar solo con una señal de reloj con baja vibración y alta eficiencia. (TOSHIBA, 2016, pág. 1)

Otros tipos de driver:

- L298N
- ULN2003
- A4988
- DRV8833
- 2HSS57

### **2.2.1.7. Actuadores**

Desacuerdo con Guarella (2011),

“Los actuadores constituyen la interfaz entre el procesamiento de la señal (procesamiento de la información) y el proceso (mecánico). Transforman las señales que aportan la información de ajuste, de baja potencia, en señales potentes correspondientes a la energía necesaria para intervenir en el proceso. Los convertidores de señales combinados con elementos amplificadores se apoyan en los principios de transformación física entre distintas formas de energía (eléctrica – mecánica – hidráulica – térmica).”

### **Clasificación de los actuadores**

“Para su estudio y presentación los actuadores pueden clasificarse de diverso modo, porque los hay de diversa naturaleza. No obstante, es preferible clasificarlos según el principio básico de funcionamiento.” (p. 18).

- a) Electromagnético;
- b) Calefactores;
- c) Electromotores;
- d) Acústicos;
- e) Pantallas de cristal líquido.

Es esta investigación se usará un motor paso a paso (PAP), el cual entra en la clasificación de electromotores. Y también se

usará un buzzer o Zumbador en cual entraría en la clasificación de Acústicos.

## **Motores PAP**

Espinoza (2020) menciona que, es un dispositivo, que se utiliza cuando sea necesaria una colocación exacta y un control de posición, ya que puede accionarse, lo que permite una rotación rápida, y puede arrancarse o detenerse en posiciones reguladas. La característica clave de este motor es su capacidad para girar su eje en pasos de 1,8 a 90°, teniendo cada impulso aplicado un intervalo de grados distinto. (p. 17).

En esta investigación se usará un motor **PAP nema 23** el cual servirá para hacer girar un tornillo de potencia, para poder realizar movimiento en la máquina.

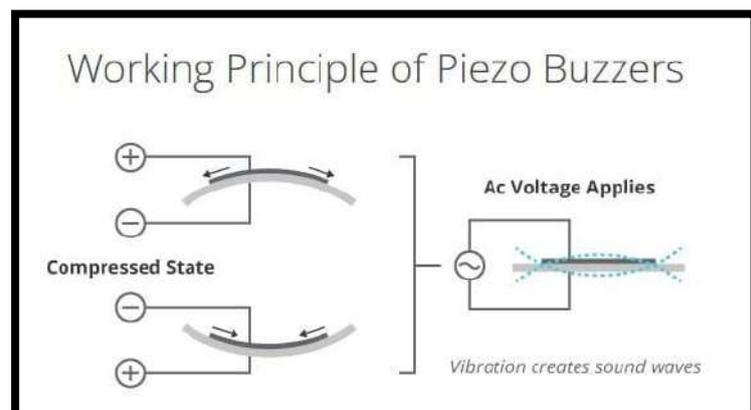
## **Buzzer**

(Ingeniería Mecafenix , 2018), “Un zumbador o mejor conocido como buzzer (en inglés) es un pequeño transductor capaz de convertir la energía eléctrica en sonido. Para hacerlos funcionar solo basta conectar el positivo con el + y la tierra o negativo con el – de una batería o cualquier fuente de corriente directa.”

“El funcionamiento se basa en el efecto piezoeléctrico de los materiales. Este efecto funciona de tal manera que cuando aplicamos un voltaje el volumen del material cambia

ligeramente. Los zumbadores están contruidos con dos pequeñas placas una metálica y una cerámica, las cuales aprovechan este efecto, pero solo generan un click ya que los materiales cambiaron de forma, pero no regresan a su estado natural hasta que se les quita el voltaje.”

“Para que se pueda emitir un sonido continuo las placas necesitan vibrar constantemente, para eso se instala un oscilador que hace que los materiales cambien de estado una y otra vez, y así puedan cambiar miles de veces para poder alcanzar un audio perceptible.”



*Figura 4: Efecto piezo eléctrico en Buzzer. Fuente: makerguides, (2023)*

### 2.2.1.8. Detector de continuidad

(FLUKE, 2022), “La continuidad es la presencia de una ruta completa para el flujo de corriente. El circuito está completo cuando el interruptor está cerrado.”

Se realizará un probador de continuidad que estará implementado en la PCB, el cual servirá para saber si el

indentador (Parte mecánica que hará el rayado) penetra el recubrimiento.

### **2.2.1.9. Interface Humano Maquina (HMI)**

Rodríguez (2012), propone lo siguiente:

“La sigla HMI en español significa Interface Humano Maquina, la cual es una herramienta cuyo objetivo principal es crear una comunicación entre el usuario y el estado de las maquinas que conforman un sistema o un proceso.” (p.12).

“Las HMIs se pueden relacionar como una ventana de desarrollo de software en la cual se ven los mímicos de los objetos y elementos que conforman un proceso determinado, dichas ventanas pueden estar en paneles especiales para operadores o en computadoras tradicionales. Las señales de campo o señales de proceso son conducidas hacia las HMI por medio de tarjetas de entrada y salidas de la computadora, Controladores Lógicos Programables (PLC), Unidades remotas de entradas y salidas (RTU) o variadores de velocidad (Drives). Cabe resaltar que todos los dispositivos antes mencionados deben mantener una comunicación que entienda el HMI.” (p.12).

Entre las funciones principales que tiene una HMI son:

- Monitoreo
- Supervisión
- Alarmas
- Control
- Histórico

### **2.2.1.8. Diseño electrónico**

Las consideraciones que se deben tener en cuenta en el diseño electrónico de esta investigación serán:

- Consideraciones iniciales de diseño.
- Descripción del Módulo principal.
- Atenuación de ruido.
- Diseño esquemático de circuito y simulaciones.
- Diseño de Placa de circuito impreso (PCB).
- Mecanizado de PCB en Ruteador CNC.
- Posicionamiento y soldadura de componentes.
- Pruebas de funcionamiento

## **2.2.2. PRUEBAS DE RESISTENCIA AL RAYADO EN RECUBRIMIENTOS DE METALES**

### **2.2.2.1. Control de calidad**

Infinitia Industrial Consulting (2022):

Son los pasos que debe dar una empresa para garantizar que sus productos cumplen los criterios aceptados de seguridad de los consumidores, así como las normas de calidad alimentaria.

Los alimentos afectan directamente a la salud de los consumidores, por lo que es esencial que el estado de calidad del producto se registre y examine cuidadosamente durante todo el proceso de producción. La normativa que se aplica en materia de seguridad alimentaria es la ISO 22000. Se trata de una norma internacional que define los requisitos

para que un sistema o proceso garantice la inocuidad de los alimentos, en cualquier fase de la cadena alimentaria.

La prevención es la clave del control de calidad. Es decir, la que se basa en sucesos pasados y en información de todo el sector. Para prevenir cualquier irregularidad durante las fases de producción, el proceso de producción puede incorporar medidas proactivas. Por ejemplo, verificando periódicamente la seguridad y esterilización de los instrumentos en contacto con los alimentos o realizando inspecciones rutinarias de la maquinaria.

#### **2.2.2.2. Desgaste**

Según Hernández (2018), “el desgaste es el fenómeno que provoca la pérdida progresiva de material de una o dos superficies en que se encuentra en movimiento relativo al entrar en contacto, dando como resultado el deterioro de las maquinas afectando su vida útil, geometría y eficiencia. Todas las maquinas, equipos y sus piezas que están sometidos a trabajos y condiciones con el tiempo se van deteriorando y todo esto es por el desgaste que se presenta en los diferentes entornos. Esto es una molestia en la industria ya que el deterioro de las maquinas produce pérdidas económicas como, por ejemplo, el cambio constante de piezas en maquinaria que lleva a paradas de producción, adquisición de un nuevo equipo por daño como lo es una bomba o pérdidas de potencia en un motor causado por la vibración debido al desgaste de los rodamientos o ejes.” (p. 18).

Tipos de desgaste:

- a) Desgaste adhesivo

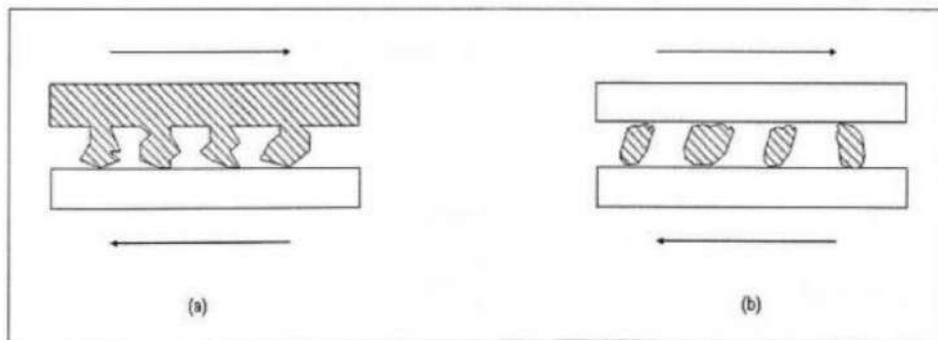
- b) Desgaste abrasivo
- c) Desgaste corrosivo
- d) Desgaste por fatiga
- e) Desgaste erosivo
- f) Desgaste por cavitación

Siendo el desgaste abrasivo el tema que se tocara en esta investigación.

- **Desgaste abrasivo**

Según Hernández (2018), La pérdida o eliminación de material provocada por el deslizamiento de partículas sueltas de gran dureza sobre una superficie de menor resistencia se conoce como desgaste por abrasión.

La abrasión por desgaste de dos cuerpos (véase la figura 5a) y la abrasión por desgaste de tres cuerpos (véase la figura 5b) son los dos tipos principales de abrasión. El desgaste abrasivo de tres cuerpos se produce en sistemas en los que las partículas tienen libertad para girar o deslizarse entre dos superficies, mientras que el primero se produce cuando las protuberancias duras de una superficie se deslizan contra otra. Cabe mencionar que, en comparación con los sistemas de abrasión de dos cuerpos, los índices de desgaste en los sistemas de abrasión de tres cuerpos suelen ser menores.



*Figura 5: Tipos de abrasión*

### **2.2.2.3. Rayado**

Ruiz (2013) dice que, el término "rayado" se refiere a un tipo único de abrasión (más exactamente, una incisión) que resulta de la fricción entre dos superficies en movimiento. Normalmente, se trata de dos materiales, uno de los cuales es más duro que el otro y provoca una mayor deformación en el otro. Un sinnúmero de componentes industriales presentan este fenómeno. (p. 9).

### **2.2.2.4. Resistencia al Rayado (Scratch test)**

Ruiz (2013) dice que:

Se han desarrollado muchos métodos de ensayo en respuesta a la necesidad de medir la resistencia al rayado. Algunos de estos procedimientos han sido normalizados por autoridades oficiales, como ASTM G171-03, mientras que otros han sido normalizados por empresas individuales o no han sido normalizados en absoluto. Actualmente, debemos utilizar las normas que los fabricantes de equipos originales han ido desarrollando para medir la resistencia al rayado con el fin de evaluar esta característica, ya que actualmente no existe ningún enfoque aceptado para la caracterización cuantitativa de la resistencia al rayado. Para definir correctamente los términos en los que se basan y distinguen

las distintas normas que se utilizan actualmente, hay que tener en cuenta lo siguiente: línea o señal larga, visible, superficie, objeto afilado y, por supuesto, la especificación final. En consecuencia, al medir la resistencia al rayado, debe prestarse especial atención a la visibilidad de los arañazos o al impacto que tienen en las propiedades ópticas de los objetos. El escaneado óptico, la espectroscopia óptica y el análisis de imágenes pueden utilizarse junto con la observación de la deformación de la superficie inducida por los arañazos para investigar las variaciones de color y brillo. El grado de resistencia al rayado puede determinarse mediante la medición de control visual, que puede utilizarse como complemento de todas las demás pruebas. Sin embargo, se trata de la evaluación más subjetiva y podría ser la prueba más crucial para determinar si una pieza es legítima o no. En última instancia, el ojo humano es quien determina el valor de los daños superficiales. (p.10)

Por otro lado, Marín (2017), dice que:

El comportamiento de los polímeros en un ensayo de rayado cuando el indentador está presente ha sido ampliamente estudiado. Es bien sabido que una serie de factores, entre ellos la geometría, el material y las propiedades del extremo del penetrador, así como el espesor y las propiedades del material sobre el que actúan, son significativos. En consecuencia, para ensayar polímeros se han desarrollado normas de ensayo de rayado. Entre estas normas se encuentran UNE-EN ISO 1518-1 y 1518-2 para los métodos de carga constante y variable, respectivamente.

Los métodos para inducir daño y deformación en polímeros son complejos y dependen de leyes no lineales. Teniendo en cuenta que se

produce una combinación de daño dúctil con deformaciones elásticas y en ocasiones también daño frágil, según el estado tensional producido, no se puede estudiar sin conocer el daño recibido por el polímero frente a un ensayo de Scratch. La delaminación y el desprendimiento de material pueden ocurrir a su vez, especialmente si se incluyen segundas fases. (p.17).

### **2.2.2.5. Norma ISO 1518-1**

Por consiguiente, las consideraciones para diseño de la PCB, y de la máquina de resistencia al rayado en general, estará basado en la norma ISO 1518-1, ya que es lo más idóneo, para este tipo de pruebas por que en aquella norma se habla de resistencia al rayado en pinturas y barnices, además de requerimientos específicos de como tiene que ser la máquina para su funcionamiento.

(INTERNATIONAL STANDARD - ISO, 2011, p. 2.)

### **Aparato de rayado**

Cuyas dos versiones se ilustran en la Figura 1 y la Figura 2, con las siguientes características:

- La carga de prueba que actúa sobre la aguja raspadora fijada a la viga de carga se puede producir con un peso unido a la aguja (ver Figura 1) o con un peso que se desliza a lo largo de una viga de carga graduada (ver Figura 2).
- La carga de prueba debe ser de 1 N a 20 N, debe ser ajustable en incrementos de 0,5 N y debe tener una precisión de 0,2 N.
- El panel de prueba sostenido en un soporte de panel se mueve con relación al lápiz por medio de un actuador lineal impulsado por un

motor. La velocidad a la que se desplaza la aguja será  $(35 \pm 5)$  mm/s y la longitud del rayado debe ser de al menos 40mm. La longitud del rasguño puede afectar el resultado.

- Un dispositivo de descenso con una rampa plana hace que el lápiz toque suavemente el revestimiento al comienzo
- del movimiento del soporte del panel. El ángulo de la rampa será  $(12,5 \pm 2,5)^\circ$ .

Algunos tipos de aparatos están diseñados para que la viga de carga se mueva y el panel de prueba quede fijo. También se pueden utilizar tales tipos de aparatos.

### **Dispositivo indicador**

Basado en el contacto eléctrico entre la aguja y el sustrato metálico, para mostrar cuándo se ha penetrado el recubrimiento.

#### **NOTA 1**

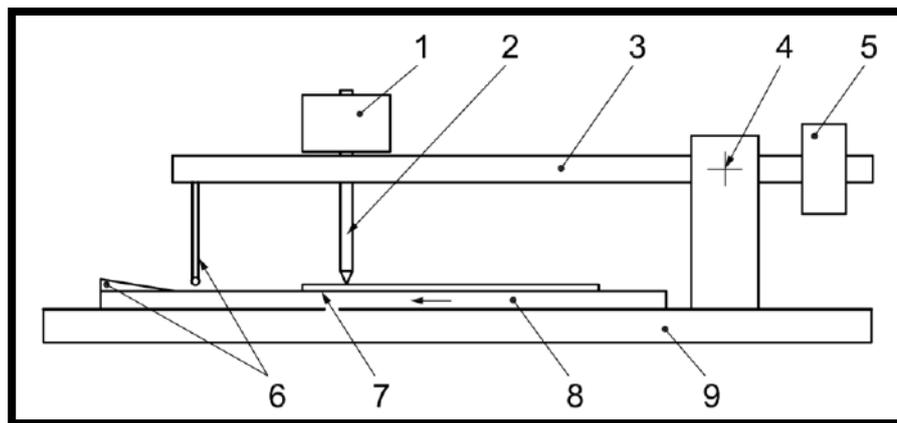
Este dispositivo no es adecuado para pinturas que contengan pigmentos conductores de electricidad, para sustratos no metálicos o si se requiere la penetración a una capa intermedia no conductora.

#### **NOTA 2**

El dispositivo indicador solo se puede usar cuando ciertas partes del aparato de rayado están aisladas eléctricamente.

(INTERNATIONAL STANDARD - ISO, 2011, p. 3)

### **Aparato Scratch - Versión con el peso adjunto al lápiz**



*Figura 6: Versión con el peso adjunto al lápiz*

1-Pesa

2-Lápiz táctil

3-Viga de carga

4-Cojinete de pivote para peso de tara de la

5-Viga de carga

6-Panel de prueba del dispositivo de descenso (rampa y

7-Perno guía)

8-Soporte del panel de prueba (diseñado para ser accionado por un motor para moverse en la dirección de la flecha)

9-Placa base

Esta investigación se usará en la máquina de pruebas de resistencia al rayado, es decir la versión con el peso, adjunto al lápiz

(INTERNATIONAL STANDARD - ISO, 2011, p. 4.)

## **Procedimiento**

### **Condiciones de la prueba**

Realice la prueba en  $(23 \pm 2)^\circ \text{C}$  y una humedad relativa de  $(50 \pm 5)\%$ .

### **Preparación y recubrimiento**

Prepare cada panel de prueba de acuerdo con ISO 1514 y cúbralo de acuerdo con el método especificado con el producto o sistema bajo prueba.

El método de aplicación del recubrimiento será el especificado por el fabricante o acordado entre las partes interesadas y se incluirá en el informe de ensayo.

### **Secado y acondicionamiento**

Seque (o estufa) y envejezca, si corresponde, cada panel de prueba revestido durante el tiempo especificado y en las condiciones especificadas. Antes de la prueba, acondicione los paneles revestidos a una temperatura de  $(23 \pm 2) ^\circ \text{C}$  y una humedad relativa de  $(50 \pm 5) \%$  (es decir, de acuerdo con ISO 3270) durante un período mínimo de 16 h. Realice el procedimiento de prueba inmediatamente después de retirar los paneles de prueba de la cámara de acondicionamiento.

El tiempo y las condiciones de secado (o estufa) y envejecimiento serán los especificados por el fabricante o acordados entre las partes interesadas y se incluirán en el informe de prueba.

### **Espesor del revestimiento**

Determine el espesor, en micrómetros, del revestimiento seco mediante uno de los procedimientos especificados en ISO 2808.

El espesor de la película seca será el especificado por el fabricante o acordado entre las partes interesadas y se incluirá en el informe de ensayo.

### **Procedimiento de prueba general**

- A. Sujete un panel de prueba revestido en el soporte del panel con el revestimiento hacia arriba. Coloque el panel de prueba de modo que la distancia entre los rayones a realizar sea de al menos 5 mm y la distancia desde los rayones hasta el borde del panel de prueba sea de al menos 10mm.
- B. -Fije la aguja raspadora en la viga de carga de modo que, cuando esté en posición en el panel de prueba, la aguja quede perpendicular al panel.
- C. -Con la aguja descargada, equilibre la barra de carga por medio de la tara.
- D. -Ajuste la carga de prueba al valor requerido colocando un peso sobre la aguja o moviendo el peso deslizante, según el tipo de aparato utilizado.
- E. -Active el dispositivo indicador, si se usa, y verifique que esté funcionando correctamente.
- F. -Arranque el motor del aparato y deje que se raye el revestimiento. Observar el dispositivo indicador durante la prueba, si corresponde, para determinar si se produce un contacto eléctrico entre la aguja y el sustrato.
- G. -Retire el panel y examine inmediatamente el rayón, con la ayuda de la lupa, para ver si ha penetrado en la medida especificada.

### **Procedimiento para una sola carga especificada (prueba "pasa / no pasa")**

Realice el procedimiento especificado de **procedimiento de prueba general** tres veces en cada uno de los dos paneles de prueba. Si el recubrimiento no ha sido penetrado más allá de la extensión especificada en cualquiera de las seis corridas de prueba, informe el resultado como "aprobado". Si el recubrimiento ha sido penetrado más allá de la extensión especificada en una o más de las seis ejecuciones de prueba, informe el resultado como "falla".

#### **Procedimiento para determinar la carga mínima para provocar la penetración**

Lleve a cabo el procedimiento especificado en (**procedimiento de prueba general**), comenzando con una carga algo menor a la esperada para provocar la penetración del revestimiento. Aumente progresivamente la carga sobre la aguja en incrementos adecuados hasta que penetre el recubrimiento. Registre la carga mínima a la que el lápiz penetra en el revestimiento en la medida especificada.

Repita el procedimiento en otros dos paneles. Informe el resultado más bajo, en newton, de las tres determinaciones.

#### **2.2.2.6. Tribología**

Marín (2017), dice que:

La palabra tribología proviene del griego “τριβος” (tribos), es la rama de la ciencia que investiga el desgaste, la lubricación y la fricción en la interacción de dos superficies sólidas. El desgaste puede producirse en todo el cuerpo cuando está expuesto a fuerzas externas,

mientras que la fricción y la lubricación son fenómenos superficiales. Para estudiar los fenómenos que abarca la tribología es necesario tener en cuenta el estado de la interfaz en la que ambos cuerpos entran en contacto. Entre los factores importantes figuran la geometría de ambas superficies, los materiales y sus características físico-químicas, la rugosidad de la superficie y la presencia o ausencia de un revestimiento lubricante en la interfaz. En su desarrollo intervienen diversas ramas de la ingeniería química, la mecánica de fluidos y la mecánica de sólidos. Sus usos, sin embargo, son innumerables, tanto en el hogar como en la industria. No fue hasta 1966 cuando se utilizó el término "tribología" en un documento denominado "Informe Jost". Las soluciones de la tribología tienen como objetivo prevenir cualquier fallo y, al mismo tiempo, aumentar la eficiencia energética del sistema. El citado documento afirma que la productividad y el producto interior bruto de los países aumentarían si se aplicaran correctamente los conocimientos de la tribología. Cabe destacar que la gran mayoría de los polímeros no han sido creados para realizar tareas tribológicas. Por el contrario, están muy deteriorados y presentan altas tasas de desgaste. Cuando el polímero se encuentra con el polímero, su comportamiento es peor que cuando el metal se encuentra con el polímero. Esto se debe a que este último forma una capa de transferencia auto lubricante, que mejora las características tribológicas. (p. 22).

#### **2.2.2.7. Recubrimientos**

Alonso (2016), afirma que, cuando hablamos de recubrimientos, nos estamos refiriendo a pinturas, témperas, barnices, esmaltes, lacas,

imprimaciones e incluso recubrimientos electrolíticos, que quedan fuera del ámbito de este campo.

Una pintura líquida se caracteriza por ser una mezcla heterogénea de ingredientes que, cuando se aplica y se deja secar, se convierte en un revestimiento continuo con un espesor algo uniforme, sin sensación pegajosa al tacto y con propiedades adecuadas para el uso previsto. Los ingredientes de la pintura difieren sustancialmente en función del tipo de acabado que se necesite, así como de las circunstancias de aplicación y secado. Los componentes generales de una pintura son los siguientes, aunque algunos tipos de pintura pueden no tenerlos todos: Ligante, resina, polímero o vehículo en algún caso.

- Cargas o fillers o componentes de relleno (no imperativo).
- Pigmentos.
- Disolvente o disolventes más o menos volátiles (Thinner) (no imperativo).
- Aditivos. (p. 5).

#### **2.2.2.8. Recubrimientos en envasado metálico**

(The Food Tech, 2023)

“Los barnices y recubrimientos juegan un papel importante en la protección del envase metálico frente al producto y viceversa, y en la mejora de la apariencia del envase respecto al consumidor.”

“El uso de los recubrimientos interiores está ampliamente extendido en el mundo del envase metálico, dadas diversas exigencias.”

- **Sanitarias.** - Es importante mantener los alimentos alejados directamente del material de envasado.
- **Económicas.** - El uso de barnices protege el estado de los daños causados a los alimentos, lo que permite reducir el espesor del estaño en la hojalata y el consiguiente ahorro económico.
- **Comerciales.** – Mejora la apariencia de cara al cliente.

### **Clasificación de los recubrimientos para la protección del envase metálico**

**a) Alimentos inocuos a la hojalata.** - Son alimentos seguros que no reaccionan de forma diferente al contacto con el estaño. Su contenido en proteínas y ácidos es mínimo.

**b) Alimentos a los que les conviene estar en contacto con el estaño.** - Entre los alimentos que deberían entrar en contacto con el estaño se encuentran los espárragos, en los que la interacción del estaño impide que el alimento se oxide porque el estaño impide que el material se oxide primero. Pero los niveles de este metal deben mantenerse siempre dentro de los límites permitidos.

**c) Aquellos en los que es necesario evitar el contacto con el estaño.** - Estos alimentos deben llevar un barniz, ya que algunos de sus ingredientes son hostiles al estaño, como los agentes que incluyen azufre en la carne y el pescado.

## **Recubrimientos exteriores**

Se refieren a materiales aplicados al exterior de un envase por motivos decorativos o de protección, distintos de las tintas.

La aplicación más común es como base de impresión, cuando se aplica un grueso revestimiento blanco. Al igual que los revestimientos interiores, pueden incluir distintos compuestos para potenciar sus cualidades. En este caso, uno de los factores más importantes a tener en cuenta para procesar en líneas de formado o llenado de envases de alta velocidad de forma eficaz y sin daños es la lubricidad.

– **Tipo acrílico.** - Los revestimientos de tipo acrílico proporcionan películas blancas con una fuerte pigmentación y resistencia al desgaste y la abrasión. Numerosos monómeros acrílicos pueden combinarse para crear una variedad de polímeros que se adaptan a requisitos específicos. Para mantener su inclusión, forman sistemas termoestables que a menudo se reticulan utilizando resinas de tipo amina.

– **Tipo poliéster.** - Al igual que en el caso anterior, una amplia gama de monómeros iniciales, como los polioles orgánicos y los poliácidos, permiten un alto grado de flexibilidad en la formulación. Por la misma razón que los acrílicos, los poliésteres funcionales se reticulan con resinas de tipo amínico.

– **Tipo alquídico.** - Son aceites insaturados naturales (soja, semilla de lino) y/o ácidos grasos equivalentes que reaccionan con glicerol dando

lugar a triglicéridos. La reticulación la provoca el oxígeno atmosférico, pero el uso de agentes reticulantes exógenos, como resinas de tipo amínico, puede acelerar el secado. Los revestimientos de tipo alquídico tienden a amarillear a altas temperaturas, de ahí que su empleo se restrinja a aplicaciones poco decorativas.

**Tipo epoxi fenólico.** - Igual forma como los recubrimientos interiores.

## **Barnices**

La principal necesidad de un barniz es la transparencia total, que permite que la impresión y los revestimientos que se encuentran bajo él desplieguen plenamente sus efectos estéticos y visuales.

La mayoría de los barnices se componen de sustancias similares a las mencionadas para los revestimientos exteriores (de tipo acrílico, poliéster o alquídico), y nunca están pigmentados. El éster epoxi es otra aplicación que utiliza un ácido graso, un agente reticulante y una resina de tipo epoxi.

La mayoría de los barnices se fabrican para dar brillo al envase, pero la mayoría necesitan un añadido para hacerlos más lubricantes.

### **2.3. BASES FILOSÓFICAS**

El hecho de investigar sobre el diseño electrónico como variable independiente y las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales como variable dependiente, nacen de una realidad problemática real, observada en la

industria, lo cual motivo a desarrollar una solución la cual ayude a este sector tan importante de la industria alimentaria.

Haciendo uso de los conocimientos acumulados, dados por la ciencia y mediante la ingeniería se pretende en dar solución en como un sistema electrónico puede ayudar a probar y descubrir cuál de los recubrimientos para metales que se pongan a prueba es mas resistente al rayado.

## 2.4. DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

### •Circuitos digitales:

Un circuito digital, a menudo conocido como circuito lógico, es aquel que gestiona datos binarios, o datos que tienen valores de "1" y "0".

Estos dos niveles lógicos con tensiones fijas significan:

"1" nivel alto o "high".

"0" nivel bajo o "low".

### •Transistor:

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor. Permite la transmisión de una señal en reacción a otra. Tiene la capacidad de "comportarse" o configurarse como rectificador, interruptor, oscilador o amplificador. La abreviatura "transistor" significa resistencia de transferencia. Casi todos los aparatos electrónicos, incluidos ordenadores, televisores y radios, lo llevan. Suele estar en los "circuitos integrados".

## •Microprocesador:

El procesador o microprocesador es la unidad central de procesamiento (CPU), el "cerebro" del ordenador, y por sí mismo el componente más significativo.

Es la encargada de llevar a cabo toda la ejecución de programas, desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario. Sólo lleva a cabo instrucciones en lenguaje máquina, ejecutando lógica binaria y accesos a memoria, además de operaciones aritméticas y lógicas básicas como sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.

Puede incluir una unidad de control, una unidad aritmética lógica (ALU), una unidad de cálculo de coma flotante (FPU) -anteriormente denominada "coprocesador matemático"- y una o varias unidades centrales de procesamiento (CPU), compuestas principalmente por registros.

## **Ruido:**

Todas las señales de interferencia eléctrica no deseadas que se conectan a una señal primaria o útil de forma que la modifican y pueden ser perjudiciales o no, se denominan colectivamente ruido eléctrico.

En el caso de que la señal primaria sea analógica, el ruido tendrá un impacto negativo en la amplitud de la señal primaria.

Aunque no es una garantía que el ruido nunca pueda eliminarse por completo, en las comunicaciones digitales, el ruido que no puede provocar un cambio de estado carece de importancia.

La red que suministra energía eléctrica es la principal fuente de ruido porque, a frecuencias de 50 o 60 Hz, se crea un campo magnético alrededor

de los conductores. Además, estos conductores permiten la propagación de parásitos o ruidos procedentes de otros aparatos eléctricos o electrónicos.

Algunas perturbaciones, como los rayos, pueden causar problemas incluso lejos del lugar del incidente, por ejemplo, cuando caen sobre una línea de alta tensión.

Sin embargo, las perturbaciones que tienen lugar dentro o cerca de la instalación son las que causan más daños. Normalmente, al conectar y desconectar los aparatos de mayor consumo, se producen cambios bruscos de corriente que dan lugar a picos de tensión y oscilaciones.

### **Ruteador CNC:**

Un enrutador de control numérico por computadora es un dispositivo de corte controlado por ordenador que, para cortar diversos materiales, como madera, compuestos, metales, plásticos, vidrio y espumas, suele instalar una fresadora manual como husillo.

### **Recubrimiento:**

Recubrimiento o revestimiento (o por su designación en inglés: coating) es una pieza de material que ha sido repintada. Con frecuencia se llevan a cabo para mejorar una o varias propiedades de la superficie del sustrato, como su adherencia, cualidades de humectación, resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste y resistencia al rayado, entre muchas otras. En algunos casos, sin embargo, el revestimiento desempeña un papel crucial para garantizar el funcionamiento del producto final, especialmente en los

procesos de impresión y fabricación de dispositivos semiconductores (cuando el sustrato es un disco de material semiconductor).

Para los revestimientos se utilizan aplicaciones de líquidos, gases o sólidos. Las paletas o tarjetas de goteo, que permiten la observación visual del color, la opacidad y el contraste, pueden utilizarse para medir y probar los revestimientos con el fin de confirmar sus propiedades y el espesor de la película.

#### •**Envases:**

Los artículos utilizados para contener bienes que los seres humanos consumirían como alimento o nutrición se denominan envases de alimentos. La capacidad de proporcionar protección, resistir la manipulación y adaptarse a las necesidades de protección física, química o biológica son sus principales atributos. Además de proporcionar al consumidor información sobre el producto, también tienen el propósito secundario de mostrar datos nutricionales sobre los alimentos que se van a ingerir.

## **2.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **2.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- El diseño de un sistema electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

### **2.5.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS**

- a) El diseño de una Etapa de control ayudara significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.
- b) El diseño electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.
- c) Las pautas de la norma ISO 1518-1 se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

## **2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>VARIABLE 1</b> SISTEMA ELECTRÓNICO	Rodríguez y Suarez (2016) proponen la siguiente definición de sistema electrónico:  <i>“Los sistemas electrónicos son conjuntos de circuitos que operan con señales eléctricas y las tratan para ejecutar una determinada función. Constan de una etapa de entrada, en la que se recogen datos del exterior (luz, humedad, movimiento, pulsación en un teclado, temperatura, etc.) y de una etapa de proceso o control, donde se interpretan, gestionan y elaboran los resultados que permiten o no activar los dispositivos de salida.” (p. 1.)</i>	Se analizará la parte electrónica para el funcionamiento de un aparato que ayude a realizar ensayos de resistencia al rayado, la cual es fundamental para esta tarea. Se realizará la comprobación del funcionamiento utilizando los instrumentos de medición adecuados como: Multímetro y calibrador vernier.	Etapa de control	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Microcontrolador</li> <li>✓ Interface grafica</li> <li>✓ Programación</li> <li>✓ Detector de continuidad</li> <li>✓ Driver</li> <li>✓ Motor PAP</li> <li>✓ Buzzer</li> </ul>
			Diseño Electrónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño de PCB</li> <li>✓ Aislamiento de ruido eléctrico</li> <li>✓ Ruteador CNC</li> <li>✓ Soldadura de componentes</li> <li>✓ Pruebas</li> </ul>
			Norma ISO 1518 – 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Distancia de rayado</li> <li>✓ Velocidad de rayado</li> <li>✓ Número ciclos de rayado</li> <li>✓ Tiempo de rayado</li> <li>✓ Indicador finalizado de rayado</li> </ul>
<b>VARIABLE 2</b> PRUEBAS DE RESISTENCIA AL RAYADO EN RECUBRIMIENTOS DE METALES	Alvares (2013), comentan que:  <i>“Rayado es el término empleado para designar un tipo especial de abrasión (en realidad se trata de una incisión) causada por el rozamiento de dos superficies en movimiento relativo entre sí, que por lo general son dos materiales en el que uno posee mayor dureza y da paso a mayor deformación en el otro, este fenómeno puede encontrarse en infinidad de componentes del sector industrial.” (p. 8.)</i>	Se comparará con las pautas que se dan según la normativa de la ISO 1518 – 1, para asegurar que se esté realizando las pruebas correctamente.	Aparato de rayado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Indentador</li> <li>✓ Vigas de carga</li> <li>✓ Pesa</li> <li>✓ Actuador lineal</li> <li>✓ Rampa de descenso</li> <li>✓ Dispositivo indicador</li> <li>✓ Soporte de panel de prueba</li> </ul>
			Acondicionamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Temperatura</li> <li>✓ Humedad</li> </ul>
			Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Distancia entre rayones</li> <li>✓ Distancia entre rayón y borde de panel</li> <li>✓ Carga de prueba</li> <li>✓ Contacto eléctrico</li> <li>✓ Inspección de penetración</li> </ul>

## CAPITULO III

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

##### 3.1.1 Tipo de investigación

“Es de tipo aplicada, en este tipo de investigaciones, define propósitos prácticos que se investiga para transformar, modificar, actuar o producir un cambio en un sector específico de la realidad, apoyándose de las teorías científicas” (Carrasco, 2005)

##### 3.1.2 Nivel de investigación

“El nivel explicativo, está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.”

(Hernández, Fernández y Baptista, 2014. p 98).

EL nivel es explicativo en el caso del diseño del sistema electrónico para pruebas de resistencia al rayado, se utilizaría para profundizar en las razones por las cuales ciertos recubrimientos metálicos son más resistentes al rayado que otros, utilizando los datos recopilados para desarrollar modelos explicativos.

##### 3.1.3 Diseño

El diseño es experimental ya que manipularemos de manera intencional una de las variables independientes, en este caso será diseño electrónico.

### **3.1.4 Enfoque**

Esta investigación es de un enfoque mixto ya que este se ajusta más a las necesidades de este proyecto.

“Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (meta inferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p 534).

Para el análisis cuantitativo se usó las técnicas listas de cotejo que se llenaran con datos numéricos para su posterior análisis y para la parte del análisis cualitativo se usó técnicas de observación participativa y análisis visual, que se mostraran por medio de fotografías para ver características.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. Población**

Según Carrasco (2005), “es el conjunto de todos los elementos (unidad de análisis) que pertenece al ámbito espacial donde el desarrolla el trabajo investigación.” (p. 236).

La población fueron todos los recubrimientos de metales que se desean evaluar en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C en términos de su resistencia al rayado.

### **3.2.2. Muestra**

Según Carrasco (2005), “Es una parte o fragmento representativo de la población, cuyas características esenciales son las de ser objetivas y reflejo fiel de ella, de tal manera que los resultados obtenidos en la muestra puedan generalizarse a todos los elementos que conforman dicha población.” (p. 237)

La muestra fue una selección específica de recubrimientos de metales dentro de la empresa que se utilizaron para probar y validar la eficacia del sistema electrónico diseñado para pruebas de resistencia al rayado.

## **3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.3.1. Técnicas**

- **Observación**

De acuerdo con Carrasco (2005), “consideramos la observación como técnica para la recopilación de información, a pesar de que muchos autores lo cataloguen únicamente como técnicas exclusivas para la recopilación de datos.” (p. 280).

Una vez hecho el prototipo, se realizó pruebas de resistencia al rayado y se observó los resultados.

- **Pruebas estandarizadas o inventarios**

Tomando como base las palabras de (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), “Estas pruebas o inventarios miden variables específicas, (...). Asimismo, hay un tipo de pruebas que evalúan proyecciones de los participantes y determinan su estado en una variable, con elementos cuantitativos y cualitativos.” (p. 252).

Se tomo los métodos que sugiere la norma ISO 1518-1, que se resumió en una tabla para usarlo como método de recolectar datos de la prueba.

### 3.3.2. Instrumentos

- **Lista de cotejo**

“Es un cuadro de doble entrada, es decir consta de una parte vertical y otra horizontal.” Carrasco (2005)

- **Ficha de observación**

“Se emplea para registrar datos que se generan como resultado del contacto directo, entre el observador y la realidad que se observa.” Carrasco (2005)

- **Instrumentos y procedimientos específicos propios de esta disciplina**

“En todas las áreas de estudio se han generado valiosos métodos para recolectar datos sobre variables específicas.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 254).

Es estos incluimos aparataros que nos ayudaron a hacer las mediciones como multímetro, reglas, micrómetro, los cuales ayudaran para un análisis cuantitativo, y además de observaciones como el microscopio que nos ayudaron para un análisis cualitativo y de este obtendremos material visual (fotografías).

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

#### **3.4.1. Recopilación de datos:**

- **Ficha de observación:** Para verificar el funcionamiento del sistema de control, PCB y el resto del sistema de la máquina para pruebas de resistencia al rayado se usó una ficha de observación. Se ejecuto una prueba de procedimiento general la cual está definida en el capítulo 2.2.2.5. y se describió lo observado. Se hizo el procedimiento usando un panel de prueba con un recubrimiento conocido.

Los sujetos observados fueron:

#### **A. El sistema electrónico**

Asu vez este se dividió la observación en tres partes, que se consideraron las más relevantes:

- a. El dispositivo indicador de continuidad
- b. El movimiento del motor
- c. La pantalla HMI

Se comprobó el funcionamiento usando instrumentos propios de la disciplina, es decir, multímetro y osciloscopio y se explicó e interpreto los resultados.

### **B. El panel de prueba**

La observación de panel de prueba tubo como resultados datos numéricos y también datos cualitativos. En esta parte solo se tomó en cuenta la parte cualitativa, mediante **inspección visual** y con ayuda de aparatos de aumento.

- **Listas de cotejo**

El la norma se detalla que el aparato se pueden hacer 2 tipos de prueba de resistencia al recubrimiento:

- a) Ya sea como una prueba de "pasa / no pasa", mediante la prueba con una sola carga especificada aplicada al lápiz óptico para evaluar el cumplimiento de una especificación particular.
- b) O aplicando cargas crecientes a la aguja para determinar la carga mínima a la que se penetra el recubrimiento.

Por ello, se utilizó 2 tablas de cotejo, para realizar ambas pruebas. Según la norma **ISO 1528-1**, en puntos 7.3 y 7.4. De esta manera se estuvo asegurando que el sistema electrónico y la maquina en general están capacitados para realizar todas las pruebas con normalidad. Siendo una de ellas de un carácter más cuantitativo y otras de un carácter más cualitativo.

- **Lista de cotejo 1: Procedimiento para determinar la carga mínima para provocar la penetración.**

El objetivo de esta tabla fue saber las características principales del rayado 2 tipos de recubrimiento diferente, cuanto la carga que se usa es variable. Aquí se puso las placas de prueba en la maquina y se inició un ensayo de rayado, se obtuvo los datos de **tiempo de rayado y ciclos que hizo para penetrar**, se tomó de la pantalla HMI, en el cual quedaron registrados los datos, estos se apuntaron en la tabla para su posterior análisis, también se verifico la penetración en la placa de prueba por inspección visual, además de **distancia de rayado**, el cual se midió con una regla. Se repitió el ensayo, varias veces con diferentes **pesas** para ver el comportamiento del recubrimiento. La prueba se inició con una carga de una pesa de 0.5N, cuando hubo penetración se aumentó en cada repetición 0.5N. Se uso un número de **placas de prueba** necesario para obtener los datos, en estos solo se puede hacer máximo 5 ensayos de rayado por placa, se necesitó hacer más ensayos, por ello, se cambió de panel de prueba, cuando se realizaba una prueba y el tiempo de rayado era considerablemente largo (más de 1 min), se repetía la prueba para cada uno de paneles con tipos de recubrimiento diferente, hasta que el tiempo de rayado sea de solo unos pocos segundos o 1 segundo que es lo mínimo que puede medir el sistema electrónico.

- **Lista de cotejo 2: Procedimiento para una sola carga especificada**

El objetivo fue poner a prueba los recubrimientos, cuanto la carga que se usa es estable. Aquí se halló con inspección visual el recubrimiento de la tapa, si se realizó en rayado o no. Se realizo 3 pruebas en 2 placas de prueba diferente por

cada tipo de recubrimiento. En uno de los recubrimientos se puso un peso con el cual se esperaba que soportara cierta cantidad de ciclos de rayado y este paso las 6 pruebas, se consideró que el recubrimiento paso la prueba, por otro lado, en el otro tipo de recubrimiento si hubo penetración en solo una de las pruebas, se registró por ello que el recubrimiento fallo la prueba de resistencia al rayado.

### 3.4.2. Análisis estadístico

Como herramienta se usó el software IBM SPSS.

Se realizo una prueba de hipótesis, tomando los 2 grupos de datos de cada tipo de recubrimiento, y luego se realizó una prueba de U de Mann-Whitney en lugar de la prueba t de student, ya que según de las pruebas de normalidad de los datos que se tomaron esta prueba fue la más indicada por la naturaleza de datos.

*“La prueba t, es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable. Los grupos pueden ser dos plantas comparadas en su productividad, dos escuelas contrastadas en los resultados a un examen, **dos clases de materiales de construcción cotejados** en su rendimiento, dos medicamentos comparados en su efecto, etcétera.” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 310).*

Por otro lado, *“la prueba de U de Mann-Whitney es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes. Es decir, es el no paramétrico de la prueba T de Student. La prueba de Mann-Whitney se usa para comprobar la heterogeneidad de dos muestras ordinales o continuas.” (Quispe, Calla , Yangali, Rodríguez & Pumacayo, 2019, p. 12,16)*

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS

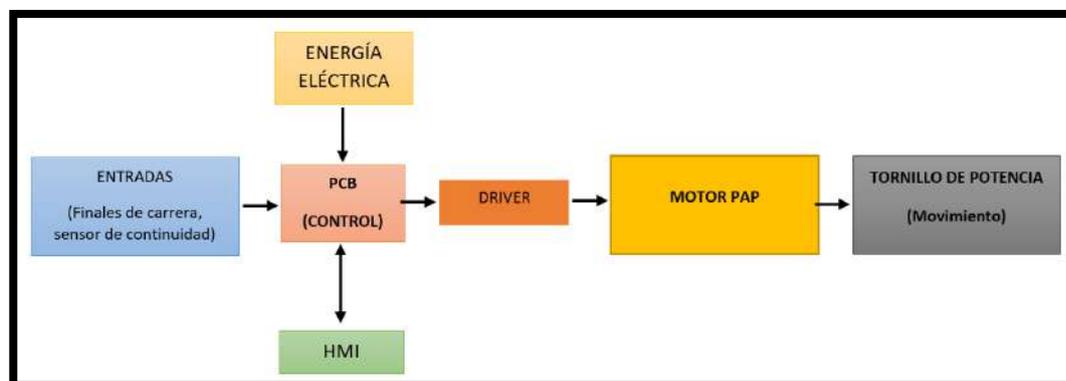
#### 4.1. DEMOSTRACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

##### Hipótesis específica 1:

El diseño de una etapa de control ayudara significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

##### 4.1.1. Esquema de sistema de control

El sistema de control que se uso fue un sistema lazo abierto, ya que no hay una retroalimentación continua. Mas bien ay entradas que actúan sobre los elementos del sistema para dar una salida controlada.



*Figura 7: Esquema de control de máquina de pruebas de resistencia al rayado. Fuente: Elaboración propia*

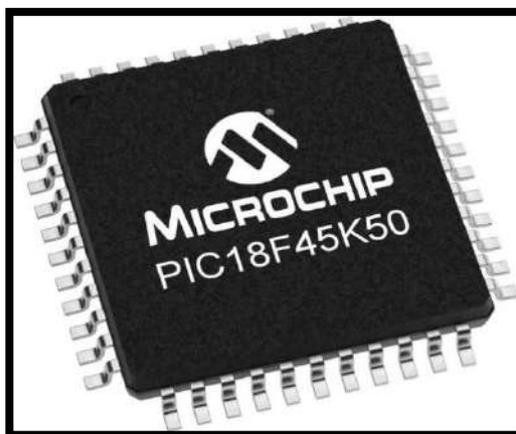
##### 4.1.2. PROGRAMACIÓN

##### Programación de microcontrolador

El MCU que se escogió fue el PIC18F45K50, por ofrecer una cantidad de pines suficientes para el funcionamiento del sistema, además de tener gran

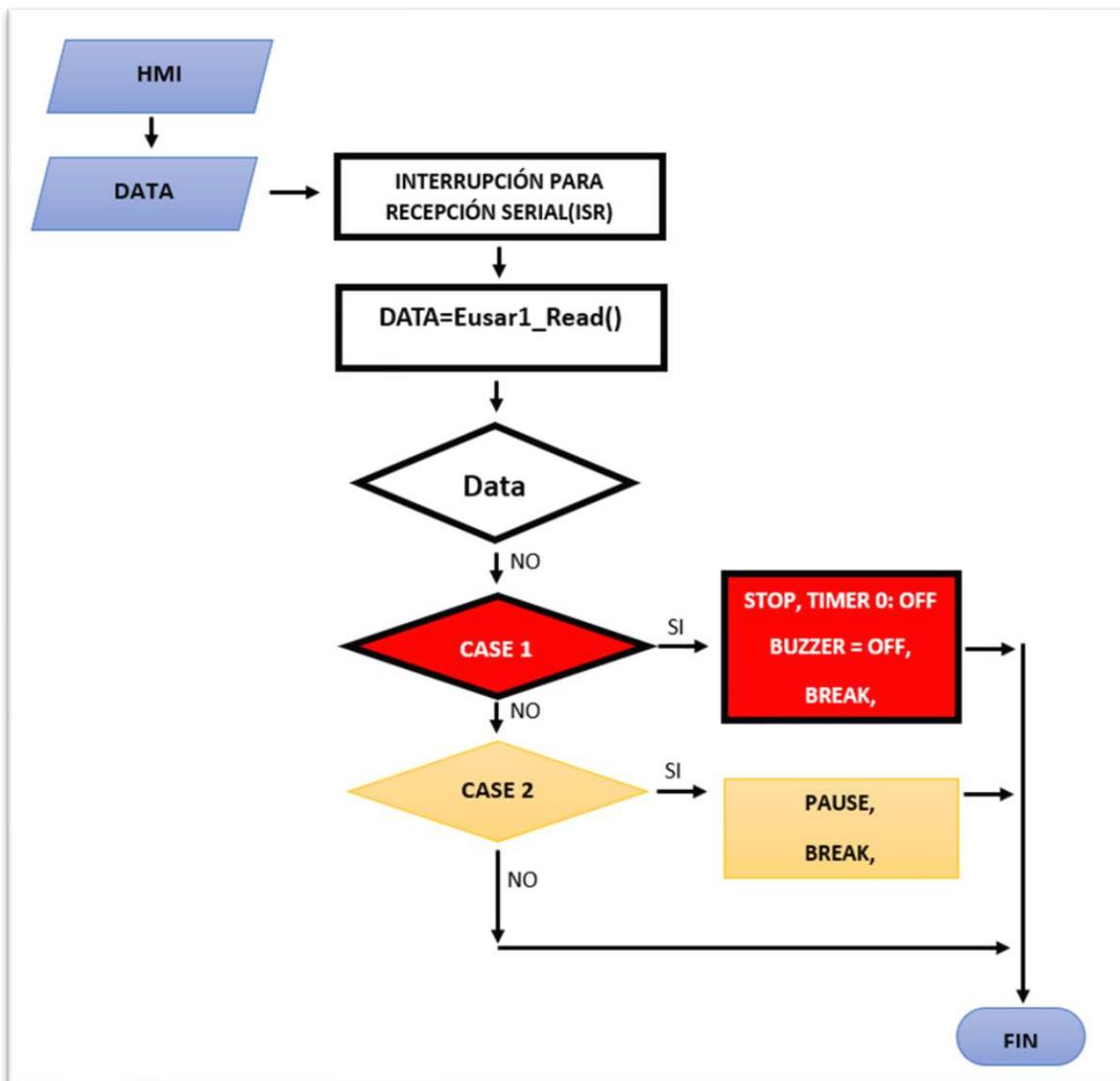
similitud a pic18f4550 el cual es una anterior versión la cual ay mucha documentación de cómo usar. El 18F45K50 al ser una versión moderna y mejorada se puede aprovechar mejor las herramientas que ofrece su fabricante Microchip, ya que este actualiza su entorno de desarrollo para programar dichos microcontroladores, pero solo son compatibles con sus MCU actuales y se disminuye la posibilidad de bugs el los códigos que se hagan en su plataforma.

Se uso el entorno de desarrollo MPLAB X con el compilador XC8, haciendo también uso de la herramienta MCC (Microchip code configurator) del mismo programa, elegí estas opciones por que el tipo de MCU utilizado se ajusta bien a este tipo de herramientas modernas, además que estas extensiones son proporcionadas de manera gratuita por el mismo fabricante de microcontroladores, lo cual da soporte a nuestras necesidades.



*Figura 8: Microcontrolador pic18f45k50 el cual fue usado en el proyecto. (Microchip, 2023)*

### 4.1.3. Diagramas de flujo



*Figura 9: Diagrama de flujo de interrupción por recepción. Fuente: Elaboración propia*

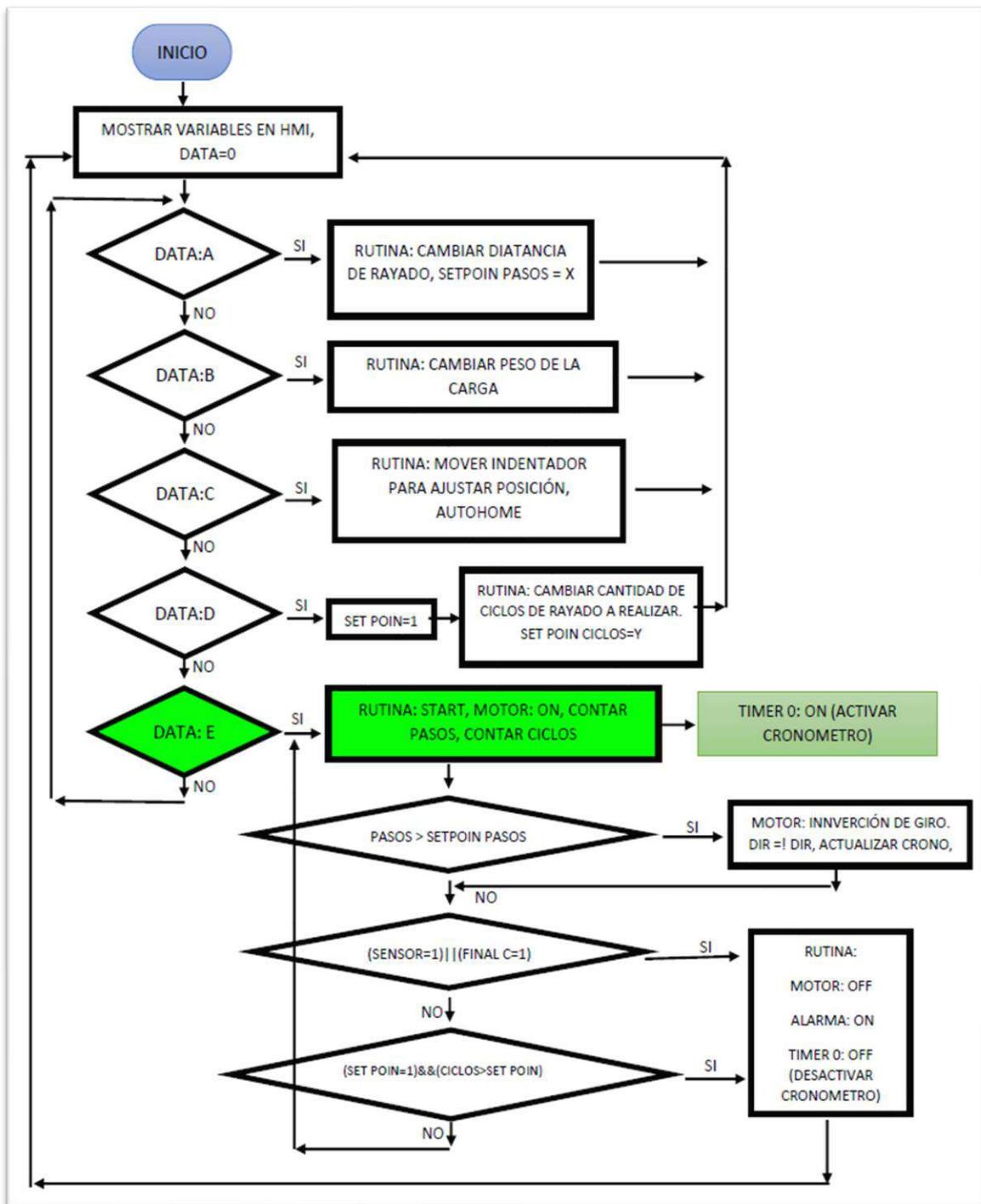
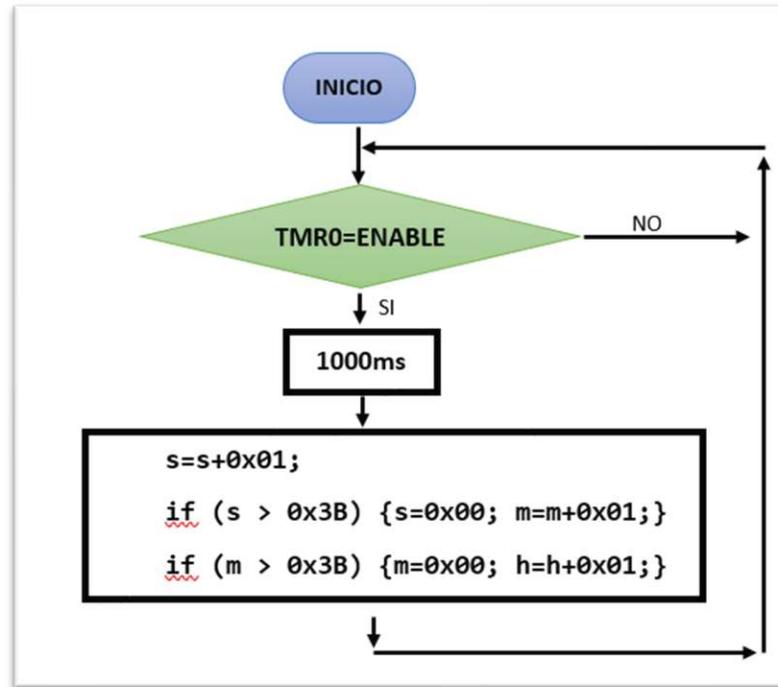


Figura 10: Diagrama de flujo de código principal. Fuente: Elaboración propia



*Figura 11: Diagrama de flujo de timer 0. Fuente:  
Elaboración propia*

### Formulas empleadas en el código:

- Distancia de rayado según norma: 40 mm

*1 vuelta de tornillo de potencia = 8mm de avance*

*=> 200 pasos => 8mm*

*x pasos => 40mm*

$$x = 200 * \frac{40}{8}$$

*x = 1000 pasos*

Se necesitan 1000 pasos del motor PAP para alcanzar los 4mm de distancia de rayado, también se podría poner en una ecuación para tener la posibilidad de cambiar de ser necesario.

### código:

Pasos =  $200 * \text{mm} / 8$ ;

Donde: mm es una variable conocida ingresada por el usuario. Estará dejada por defecto en mm=40 porque así lo dice la norma.

➤ Velocidad a la que se debe mover el indentador:  $35 \pm 5$  mm/s

$$35 \text{ mm} \Rightarrow 1 \text{ S}$$

$$1 \text{ mm} \Rightarrow x$$

$$x = 0.02857142 = 28571 \mu\text{S}$$

Para que el indentador avance **1mm** tiene que tardar  $28571 \mu\text{S}$

Ahora se necesita saber cuántos pasos tiene que dar el motor PAP para avanzar 1mm:

*1 vuelta de tornillo de potencia = 8mm de avance*

$$200 \text{ pasos} \Rightarrow 8 \text{ mm}$$

$$x \text{ pasos} \Rightarrow 1 \text{ mm}$$

$$x = 1 * \frac{200}{8}$$

$$25 \text{ pasos} = 1 \text{ mm}$$

Ahora se necesita saber cuántos segundos se necesitan para hacer **un solo paso**, ya que en el código de programación se necesita el periodo t, el cual define la velocidad o frecuencia del indentador.

$$25 \text{ pasos} \Rightarrow 28571 \mu\text{S}$$

$$1 \text{ pasos} \Rightarrow t$$

$$x = \frac{28571 \mu\text{S}}{25} = 1145.84 \mu\text{S}$$

## Código:

Pulso=1;

Delay\_us(1100);

Pulso=0;

Delay\_us(50);

⇒ Para alcanzar la velocidad adecuada, el periodo del estado alto (1100) + estado bajo (50) = 1150uS

## Código Principal

```

1
2
3 #include "mcc_generated_files/mcc.h"
4 uint8_t ciclosSP = 0x0A, enableCiclos=0; //Set point de ciclos, habilitacion de ciclos fijos
5 uint16_t mm=0x28, v=0x1E, peso=0x05; //milímetros de rayado, velocidad de rayado, peso
6 uint16_t ciclos = 0, t = 1500 ,pasos = 500,x; //ciclos,periodo,pasos en tiempo real, pasos set
7 //volatile char dato;
8
9 void PANTALLA(uint8_t PaginaHMI) [...12 lines]
10 void HMI_Write(uint8_t VP1, uint8_t VP2, uint8_t IDEN) [...10 lines]
11 void AUTOHOME() {
12     dato = '1';
13     DIR = 1;
14     EN = 0;
15     while (FC1 == 0 && FC2 == 0) {
16         PUL = 1;
17         __delay_us(1500);
18         PUL = 0;
19         __delay_us(50);
20     }
21     __delay_ms(100);
22
23     DIR = !DIR;
24     EN = 0;
25     for (x = 0; x <= 104; x++) {
26         PUL = 1;
27         __delay_us(1500);
28     }
29 }

```

Figura 12: Código escrito en C - imagen de referencia 1. Fuente: Elaboración propia

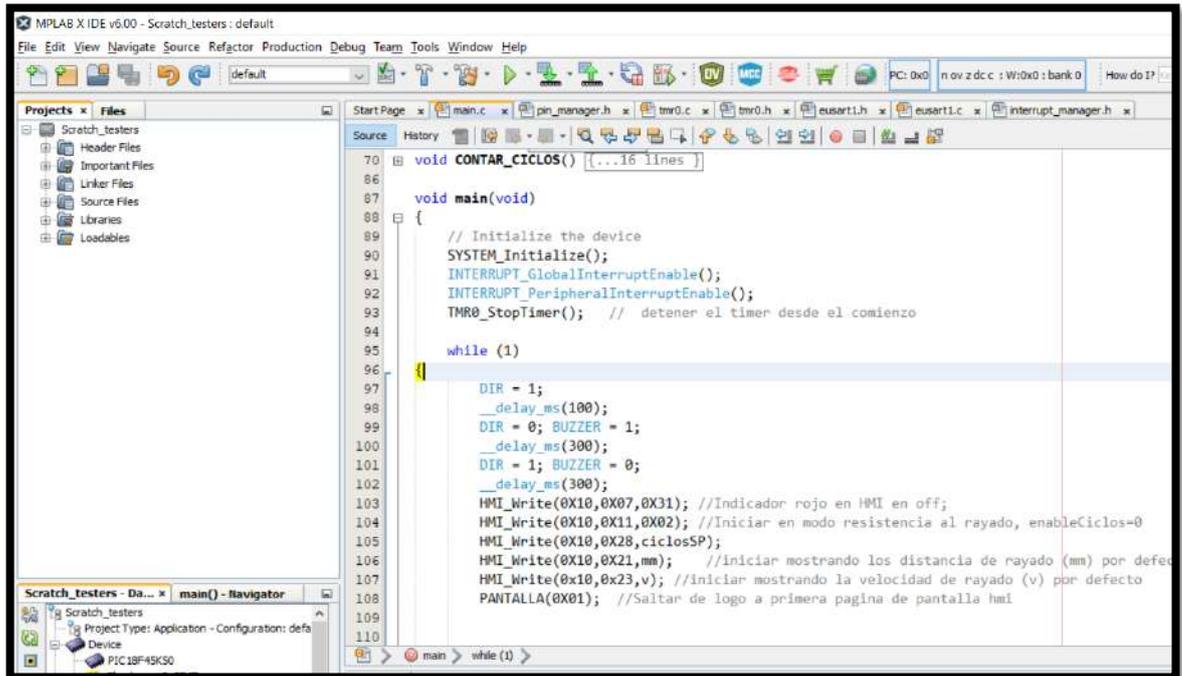


Figura 13: Código escrito en C - imagen de referencia 2. Fuente: Elaboración propia

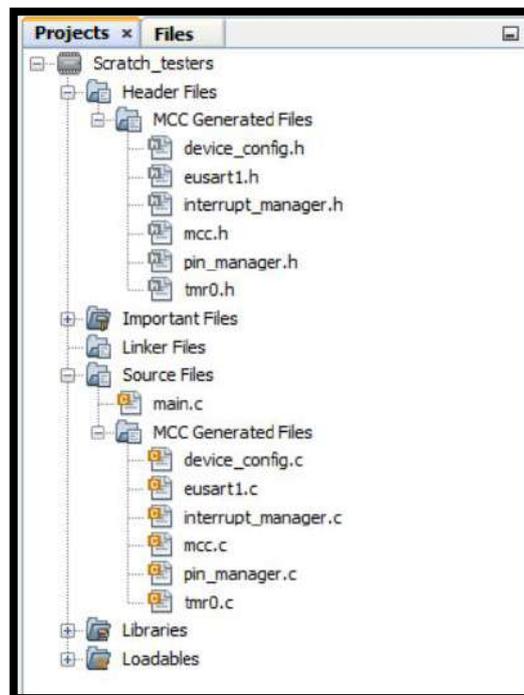


Figura 14: conjunto archivos generados por MPLAB Code Configurator. Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.4. Programación de pantalla HMI

La pantalla que se uso fue:

##### Características de la pantalla:

<b>Color:</b>	Yes - 16 bit color 5R6G5B
<b>Área:</b>	95.00mm x 63.4mm
<b>Resolución:</b>	800 x 480 pixel
<b>Power Voltaje:</b>	Min: 6VDC, Typ:12VDC, Max: 36VDC
<b>Operation Current:</b>	Typ: 160mA
<b>Baudrate:</b>	Min: 7841bps, Typ: 115200 bps, Max: 7833600 bps
<b>Interface:</b>	ON=8N1 3.3V TTL/CMOS*2 ; OFF=8N1, RS232*2 -  Mode is determined by Jumper:ON=8N1,3.3V TTL/COMS*2;OFF=8N1,R232*2
<b>SD Slot:</b>	Yes (FAT32 file format, SDHC)

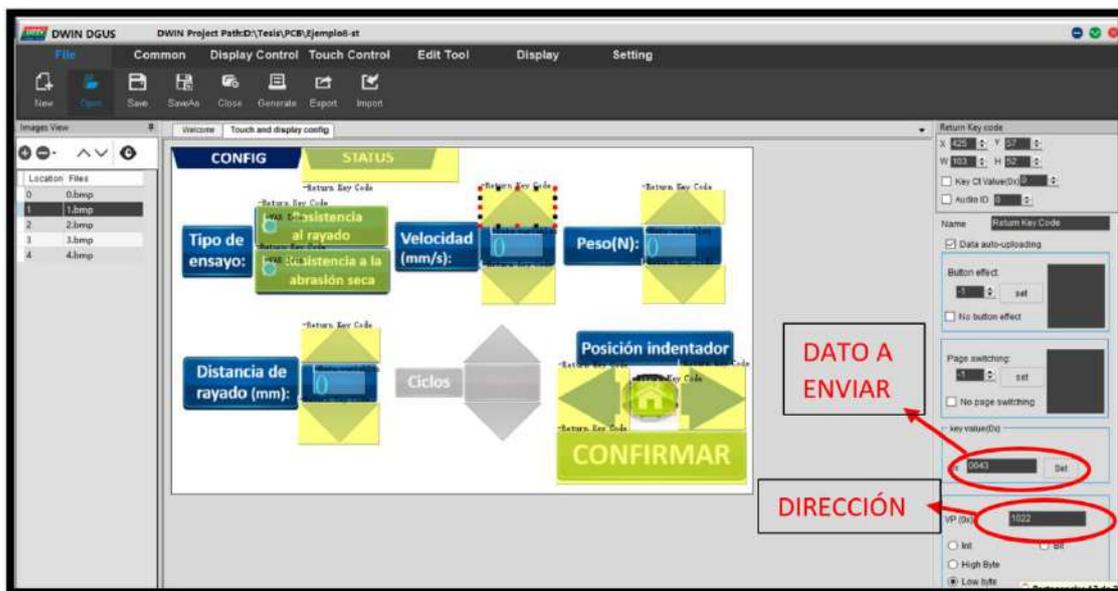


*Figura 15: pantalla HMI. Fuente: DWIN*

Para programar este tipo de pantalla de uso el software DGUS Tool V7.388. Los los archivos generados en esto software fueron copiados a una memoria SD formato FAT32, el cual introducido ingresado a la pantalla para su respectiva programación y funcionamiento.

Los gráficos que usan en la interfaz fueron hechos todos por elaboración propia, ya que el software mencionado no cuenta con una biblioteca de imágenes para usar como pulsadores e indicadores.

Para mandar los datos que se necesitan por medio de comunicación serial se usó la función “Return key code” y se dibujó un recuadro encima de la imagen que se quiso que sea un botón en el HMI. Y en sus configuraciones a la derecha se escribió el dato en formato hexadecimal, además de la VP que es la dirección.



*Figura 16: entorno de programación DGUS Tool V7.388: Fuente: elaboración propia*

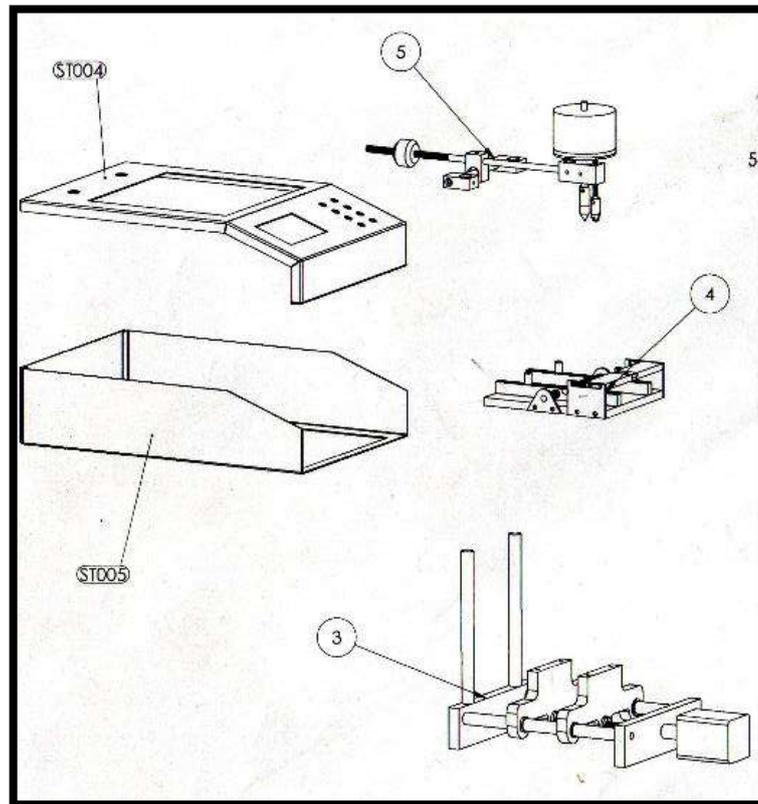
Para recibir los datos que se envió desde el microcontrolador pic, se arrastró la función “data variables” desde la caja de herramientas “Display control” y se dibujó un recuadro en la parte que de la pantalla que se usara como display para mostrar los datos mandados desde el microcontrolador, y en la parte de su configuración a la derecha se puso la dirección y el tipo de dato que se recibió.



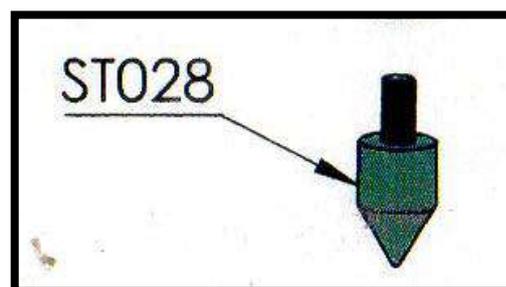
*Figura 17 : entorno de programación DGUS Tool V7.388: Fuente: elaboración propia*

#### 4.1.5. Diseño mecánico

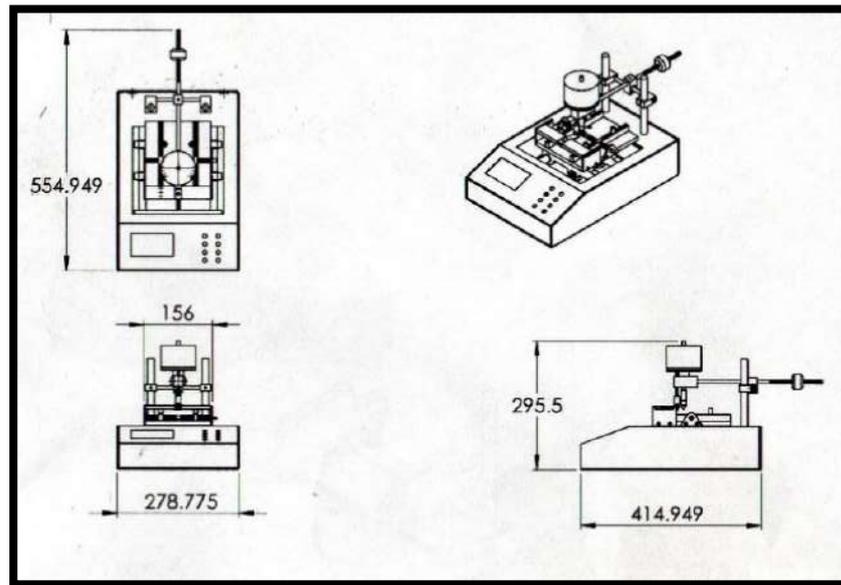
La parte mecánica de este proyecto, consiste el sistema móvil más una carcasa, se diseñó con el apoyo de los trabajadores de la Asper Coating Del Perú S.A.C., en un primer momento se implementó un prototipo siguiendo el diseño planteado, pero sin la carcasa, y este fue hecho con materiales de plástico mediante impresión 3D, acrílico, y algunas de acero. Después una vez probado el funcionamiento de este, la empresa fabrico uno con piezas de acero y aluminio es su totalidad el cual fue para la versión comercial.



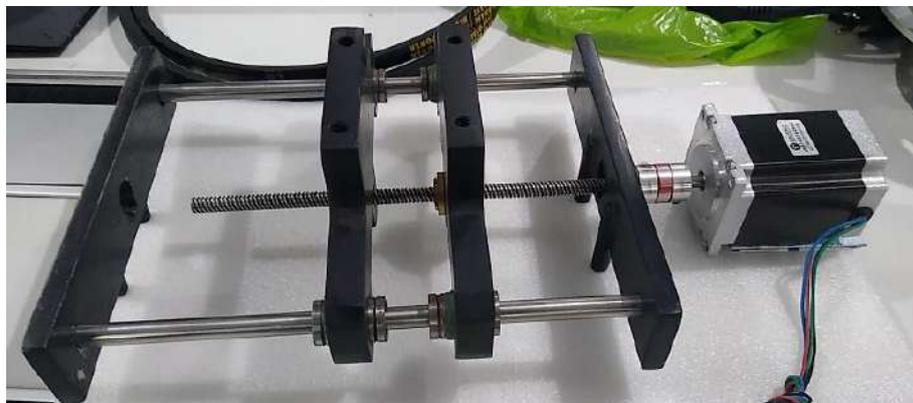
**Figura 18:** Planos de carcasa (izquierda), sistema de pesa/indentador (superior derecha) y plataforma móvil mediante tornillo de potencia. (inferior derecha). **Fuente:** Asper Coating



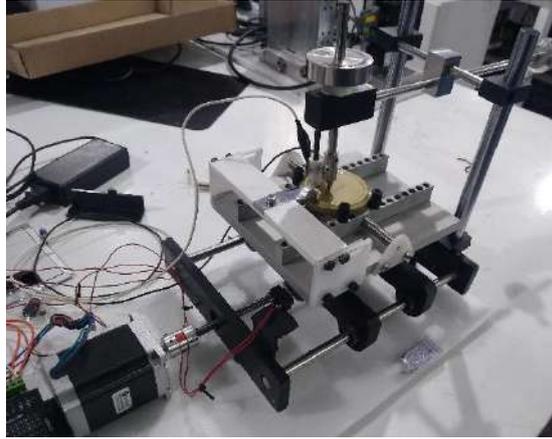
**Figura 19:** Planos de indentador de acero con punta de radio 0.5 mm, usado para generar rayones. **Fuente:** Asper Coating



*Figura 20: vistas de maquina de pruebas de resistencia al rayado, armado completo. Fuente: Asper Coating*



*Figura 21: Vista de base móvil de mesa de trabajo, movido mediante tornillo de potencia de 8mm de avance por vuelta, acoplado a motor PAP nema 23.*



*Figura 22: máquina de pruebas de resistencia al rayado, partes mecánicas ensambladas sin carcasa*



*Figura 23: Máquina de pruebas de resistencia al rayado versión final (Asper Coating, 2022)*

## **Demostración de hipótesis específica 2:**

**El diseño electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.**

### **4.1.6. Diseño electrónico e implementación**

#### **4.1.6.1. Consideraciones iniciales para la PCB**

La tarjeta electrónica la cual es fundamental para el correcto funcionamiento de la máquina para pruebas de resistencia al rayado cumplió los siguientes requerimientos, los cuales se dedujeron a partir de la norma:

- a) La capacidad de habilitar un sensor de continuidad el cual servirá para detectar si el indentador está haciendo contacto la tapa metálica.
- b) La máquina tendrá al menos 2 finales de carrera para que detecten el límite del área de trabajo del indentador, cuando se realice movimiento.
- c) Contar con un buzzer o zumbador el cual será la alarma sonora para saber si el indentador está haciendo contacto la tapa metálica.
- d) La PCB tiene que controlar un driver TB6600, el cual está conectado a un motor PAP que es para realizar el movimiento de rayado.

e) La máquina tiene que mostrar el número de ciclos de rayado y el tiempo de rayado en una pantalla HMI, además que mediante esta se tiene que poder configurar que tipo de pruebas se realizara en las tapas.

#### 4.1.6.2. Descripción general de la PCB

El circuito integrado principal es un microcontrolador PIC18F45K50 el cual se encargará de toda la lógica necesaria, mediante previa programación. La tarjeta electrónica contara con 4 entradas digitales opto acopladas que son suficientes para los finales de carrera y el sensor de continuidad. Tendrá 4 salidas digitales a transistor NPN, que servirá para poder controlar el driver. Contará con un buzzer en la misma placa controlado directamente desde uno de pines del microcontrolador. La tarjeta tendrá además una salida para comunicación serial a nivel TTL, ya que el microcontrolador tendrá que comunicarse mediante una pantalla HMI, mediante este protocolo.

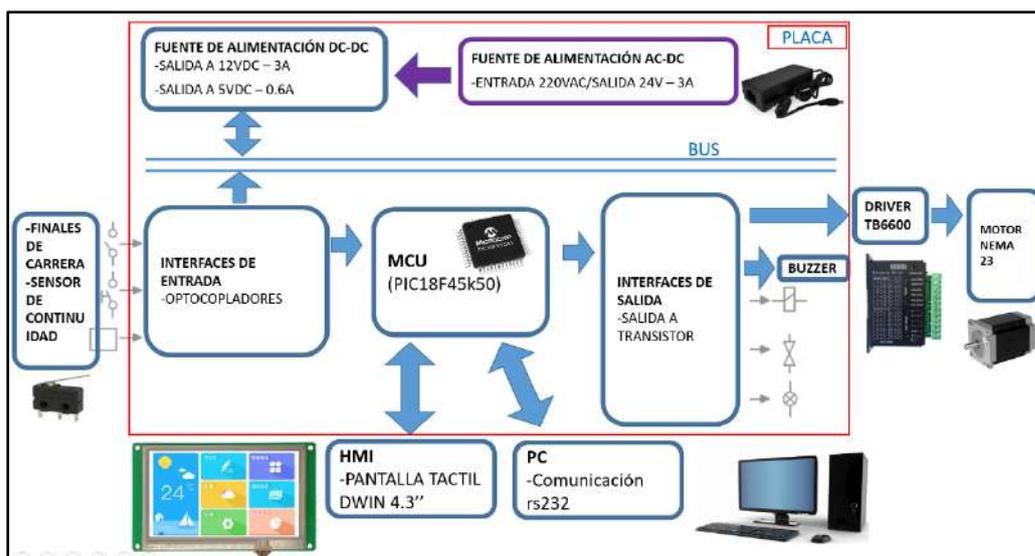


Figura 24 - Esquema general de sistema electrónico

### **4.1.6.3. Atenuación de ruido**

Se usaron los siguientes métodos para tener aislamiento galvánico.

#### **a) Optoacopladores**

Como se está usando finales de carrera y sensores de continuidad lo cual ira conectado de la tarjeta estos producirían señales parasitas ya que son activadas de manera mecánica, para prevenir cualquier ruido proveniente del exterior de la tarjeta las entras digitales serán opto acopladas, esto permitirá que no haya una unión eléctrica entre los finales de carrera y el microcontrolador que está en la tarjeta, la unión solo sería óptica. El modelo de optoacoplador que se uso fue el PC817.

#### **b) Señales de GND separadas**

El esquema esta de la pcb está diseñado que funcione con 2 señales de alimentación diferentes, es decir 2 fuentes de alimentación, lo cual de ay se generan GND1 y GND2 y la primera será para la alimentación solo del microcontrolador y la segunda será para todos los demás elementos (finales de carrera, sensor de continuidad, driver para el motor pap).

Esto asegura un mejor funcionamiento debido a que el elemento que es más susceptible al ruido eléctrico es el microcontrolador, de esta manera se logra tener un alto aislamiento de las demás señales exteriores.

### **c) Uso de inversor schmitt trigger**

Las señales optoacoplador de las entradas irán luego un inversor schmitt trigger, Un disparador schmitt trigger proporcionara en sus salidas señales adecuadas, aun si en las entradas ay señales con ruido. Es uso de este componente electrónico sumado a las demás técnicas de atenuación son muy importantes para la protección del sistema electrónico. El modelo de circuito integrado que se está usando es el 74hc14d.

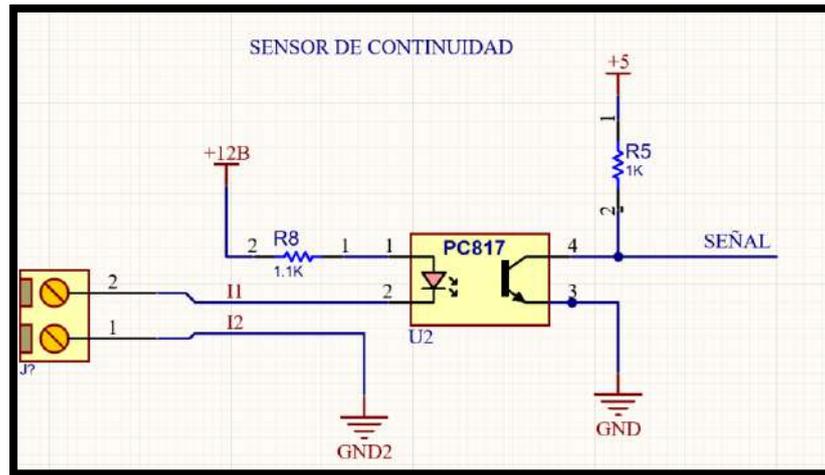
#### **4.1.7.4. Sensor de continuidad**

Este sensor de continuidad está basado en un sistema tipo swich opto acoplado, en la bornera se conecta 2 cables cocodrilos, si estos 2 cables se unen directamente o a través de un objeto que sea conductor de electricidad, como una superficie metálica, por ejemplo, cerrara el circuito y se activara el led del optoacoplador. El optoacoplador está en una configuración no inversora, es decir:

Bornera sin continuidad = señal de salida 0

Bornera con continuidad = señal de salida 1

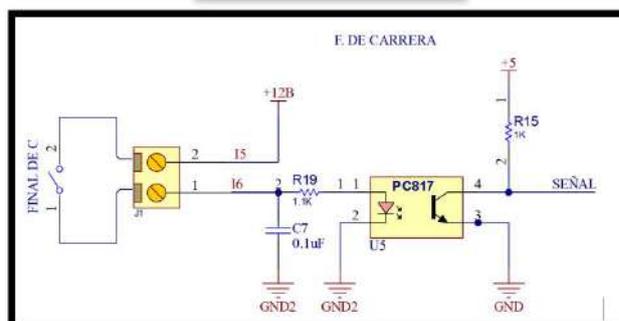
-La señal entrara a la lógica del programa para el correcto funcionamiento del sistema



*Figura 25: circuito de sensor de continuidad que servirá para el detector de penetración. Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.1.6.5. Finales de carrera

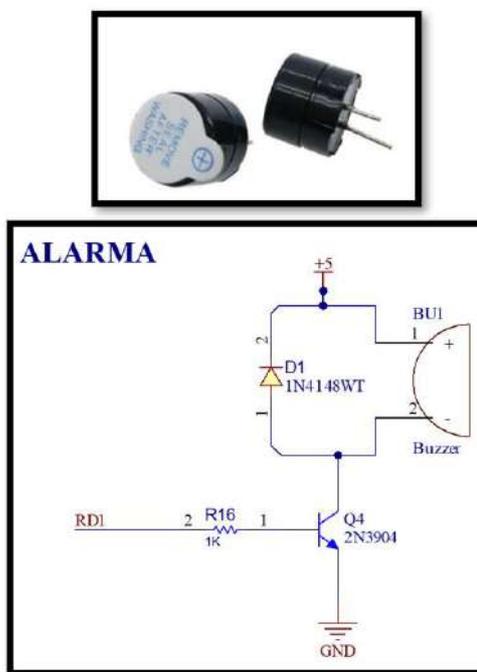
Se usaron finales de carrera en configuración NA, los cuales se conectan a la PCB por medio de borneras, estas entradas digitales son opto acopladas, en configuración no inversora, para evitar ingreso se señales parasitas al sistema.



*Figura 26: Arriba: Final de carrera usado, Abajo: circuito usado como entrada digital para en Final de carrera. Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.6.6. Buzzer

Se uso un buzzer activo de 5V, para hacer la función de alarma, el cual fue activado por transistor npn en una configuración tipo switch.



*Figura 27: Arriba: Buzzer de 5V usado, Abajo: Circuito en etapa de salida para buzzer activado por transistor. Fuente: elaboración propia:*

#### 4.1.7.7. Motor paso a paso y driver

El motor pap que se utilizo fue un Nema 23 JK57HS76-2804,

Características principales:

**Step angle:** 1.8°

**Current:** 2.8 A

**Holding Torque:** 1.89 N.m



Figura 28: Motor PAP Nema 23 JK57HS76-2804. Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta las características del motor se escogió el driver

TB6600:

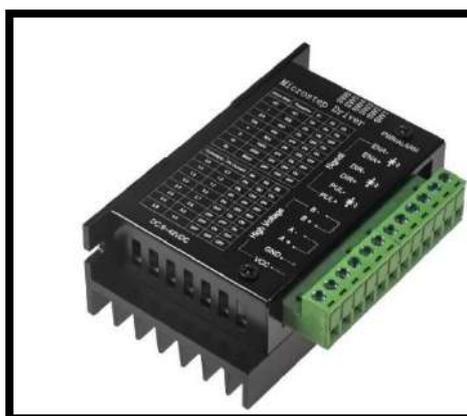


Figura 29: driver TB6600

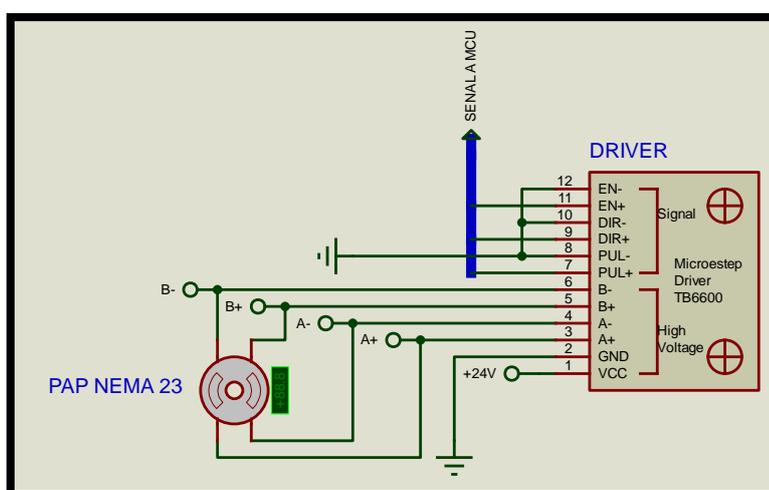


Figura 30: Circuito de conexionado del driver al motor

#### 4.1.6.8. Cálculos fuente alimentación

##### Fuente alimentación 1

$$\text{Para el circuito de control} = 100\text{mA} \times 5\text{V} = 0.5\text{W}$$

$$\text{Pantalla HMI} = 160 \text{ mA} \times 12\text{V} = 1.92\text{W}$$

$$P_{\text{total1}} = P_{\text{cc}} + P_{\text{hmi}}$$

$$P_{\text{total1}} = 2.42 \text{ W}$$

Para este valor obtenido se llega a la conclusión de que se necesita una fuente de 12V a 2A la cual entregara 24W lo cual es más que suficiente. Esta fuente al ser para una etapa importante escogerá una de tipo conmutada y aislada.

##### Fuente alimentación 2

$$\text{Motor PAP} + \text{entradas/salidas} = 2.8\text{A} \times 24\text{V} = 67.2\text{W}$$

$$\text{Entadas/Salidas digitales opto acopladas: } 100\text{mA} \times 12\text{V} = 1.2\text{W}$$

$$P_{\text{total1}} = P_{\text{m}} + P_{\text{es}}$$

$$P_{\text{total2}} = 68.4 \text{ W}$$

Para este valor obtenido se llega a la conclusión de que se necesita una fuente de 24V a 3A la cual entregara 72W lo cual es suficiente.

### 4.1.6.9. Diseño de Placa de circuito impreso (PCB) de prueba.

La primera pcb que se fabrico fue una para pruebas, es decir con esta se podrá validar el funcionamiento del proyecto. El tipo de tecnología que se usara serán componentes THT “Through-Hole Technology” ya que son materiales que se pueden conseguir rápidamente en el mercado nacional.

Se paso el esquema al software Proteus 8 professional

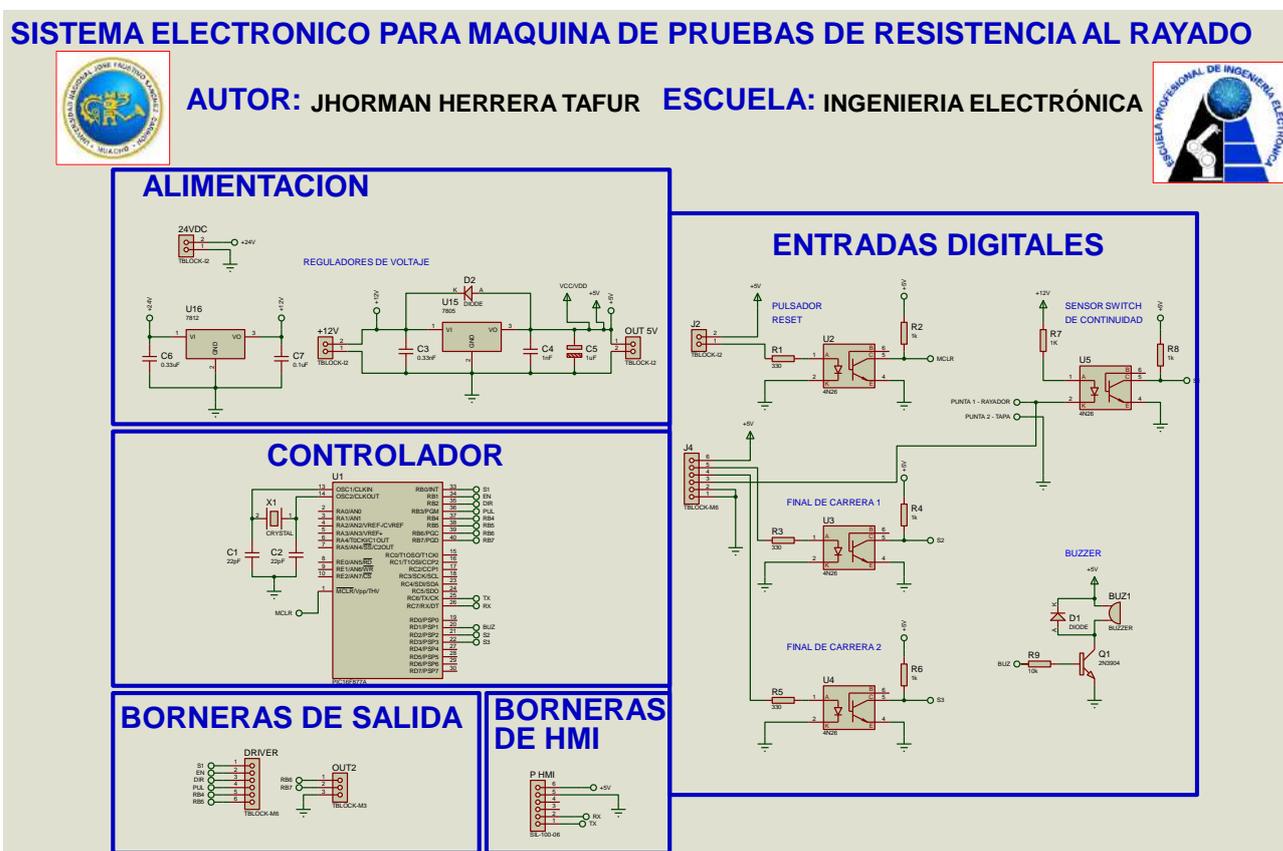


Figura 31-esquema Isis, PCB de prueba

FUENTE: Elaboración propia

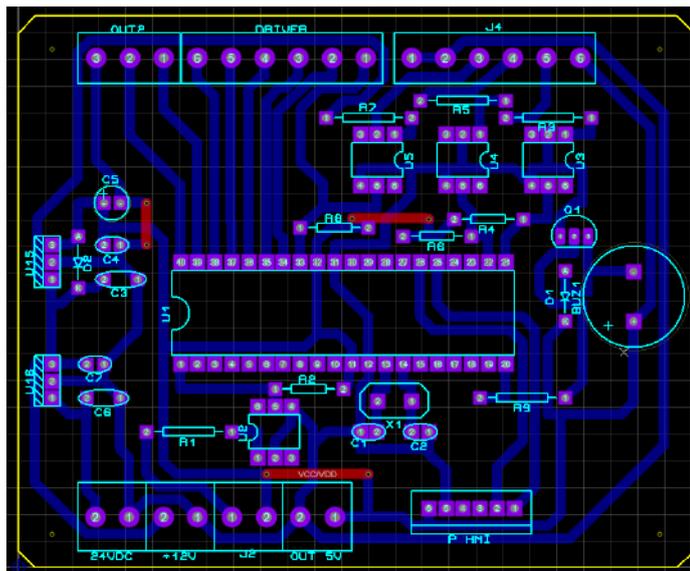


Figura 27-diseño Ares, PCB de prueba FUENTE: Elaboración propia



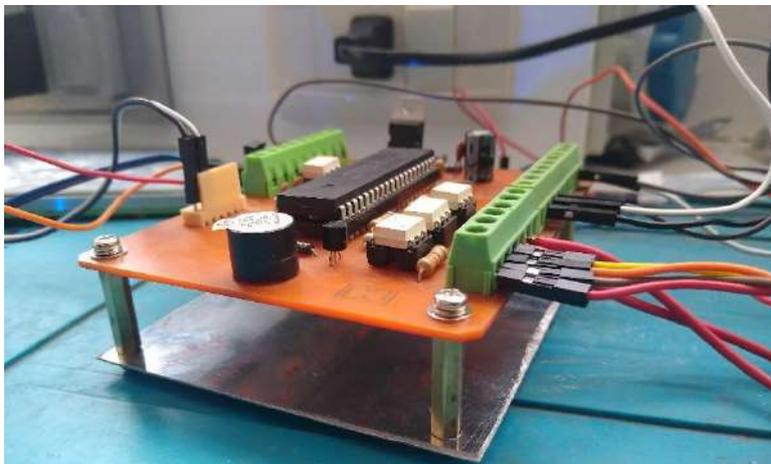
Figura 32-Diseño 3D, PCB de prueba

FUENTE: Elaboración propia

Una vez diseñado en el software, se pasó a implementar la placa de prueba, con el método de ruteador CNC, la cual es una de las maquinas que cuenta la expresa, Asper Coating Del Perú, después se procedió a posicionar y soldar todos los componentes electrónicos necesarios para las pruebas, esta primera pcb se usó solo componentes de tecnología THT “Through-

Hole Technology”, se escogieron solo los componentes necesarios para la validación.

Quedando el siguiente resultado:

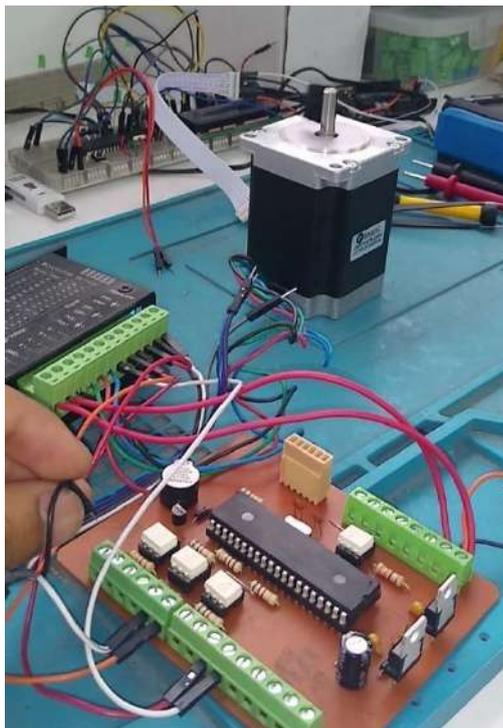


*Figura 33 - PCB de prueba terminada*

***FUENTE: Elaboración propia***

Se paso pre validad toda las pcb de prueba, para verificar que el funcionamiento básico de la programación que se realizó, es ejecutado con normalidad.

Ya que se observó que uno resultados positivos, se procedió con la implementación de la placa de diseño final.



*Figura 34 -PCB pruebas de driver y motor pap*

*FUENTE: Elaboración propia*

#### **4.1.6.10. Esquemáticos electrónico de PCB (Versión final)**

El software utilizado para hacer los esquemas fue Altium Designer. Tomando en cuenta todo lo mencionado se realizó el esquema electrónico de la siguiente manera:

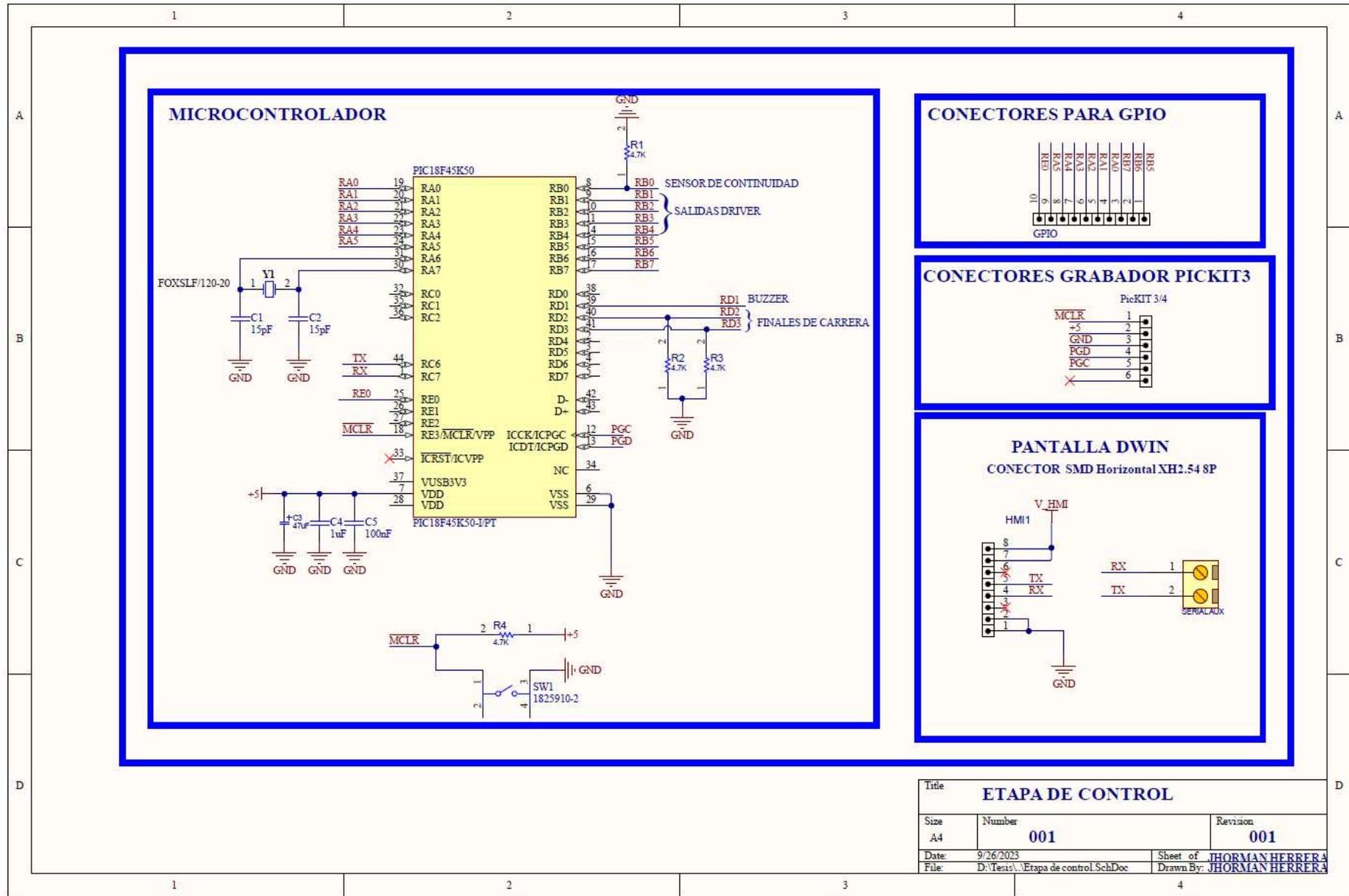


Figura 35 - Etapa de control de la PCB,

FUENTE: Elaboración propia

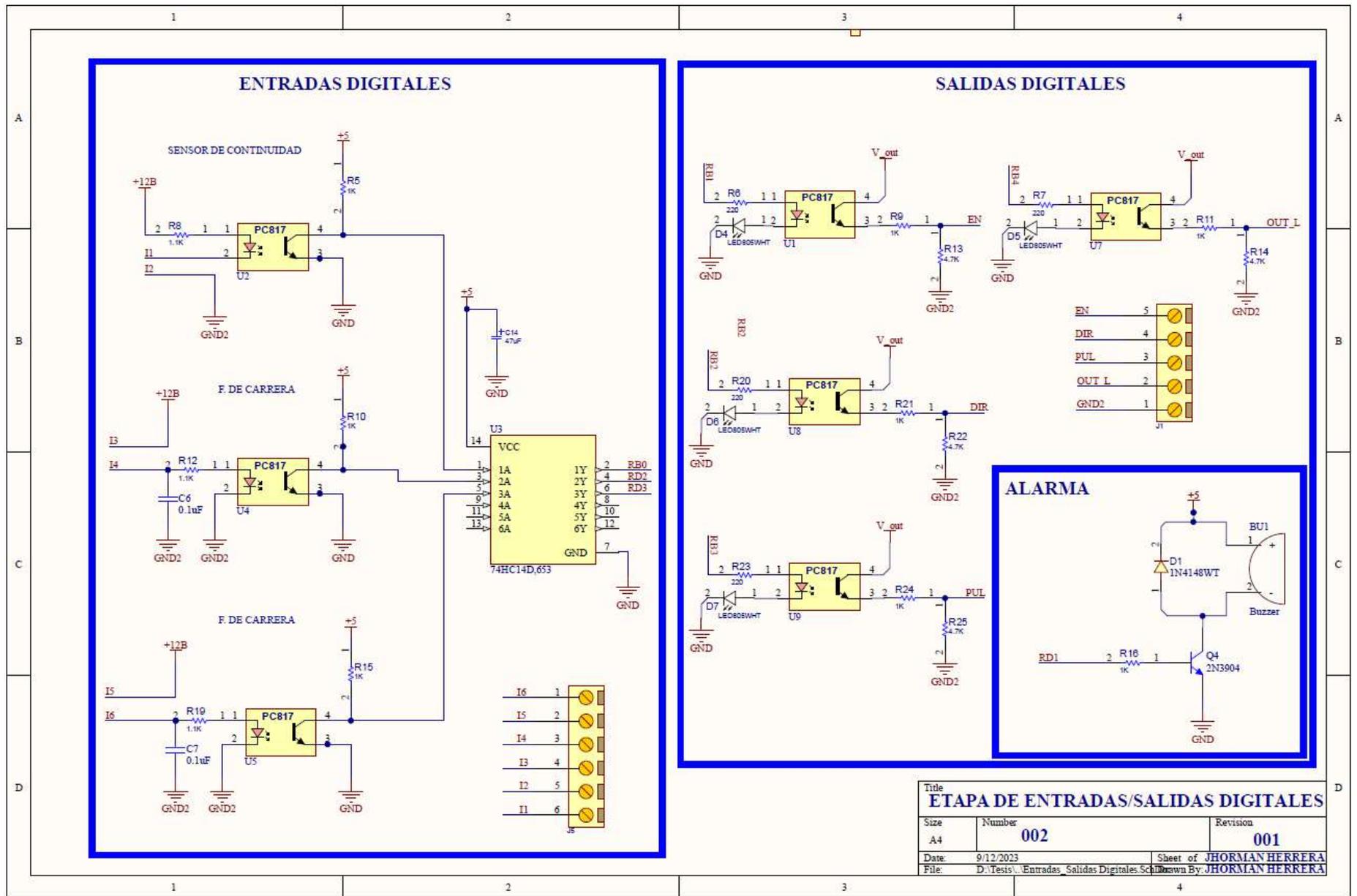


Figura 50 - Etapa de entradas digitales de la LCD

Fuente: elaboración propia

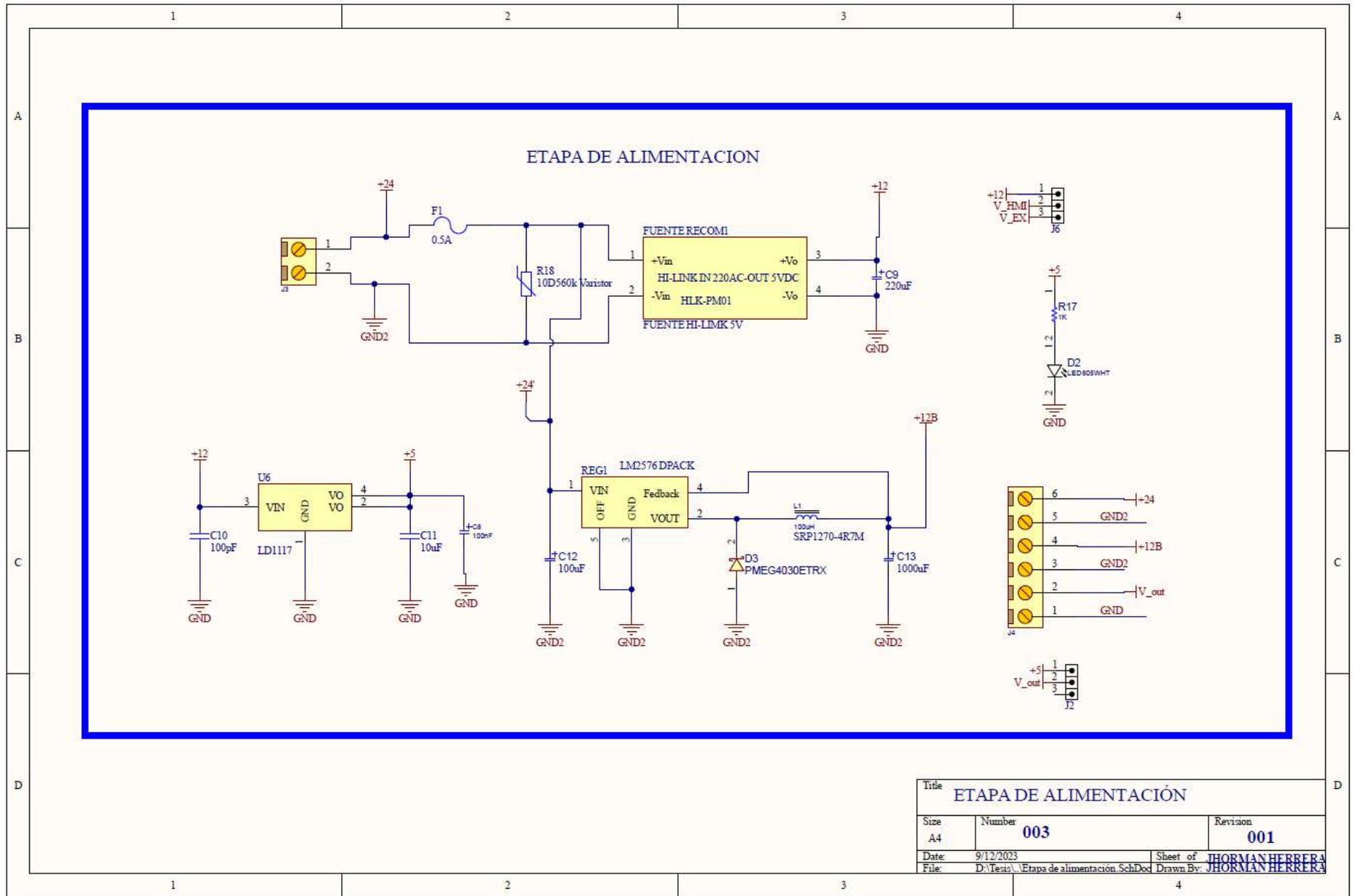


Figura 37: Etapa de salidas digitales. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.7.11. Diseño e implementación de Placa de circuito impreso (PCB)

##### versión final.

Luego una vez validado se continuo con la otra placa la cual un diseño basado en componentes smd en combinación con componentes THT. Se utilizo esa tecnología para hacer más compacto el diseño de la placa, y también darle un mejor nivel de acabado. Ya que está destinado a ser a un producto para una futura venta.

Se continuo el diseño en el software utilizado para hacer los esquemas es decir Altium Designer. Ya que es el que mejor se ajustó a las necesidades.

*Tabla 1: Características de la PCB*

<b>Características de la PCB:</b>	
<b>Capas:</b>	2 capas
<b>Tamaño:</b>	108mm x 78.68mm
<b>Tipos de componentes:</b>	SMD Y THT
<b>Material:</b>	FR4
<b>PCB Thickness:</b>	1.6 mm
<b>Color:</b>	Verde
<b>Peso exterior de cobre:</b>	1 oz
<b>Serigrafía:</b>	NO (Se diseño, pero el fabricante no pudo hacerlo)

**Fuente:** Elaboración propia

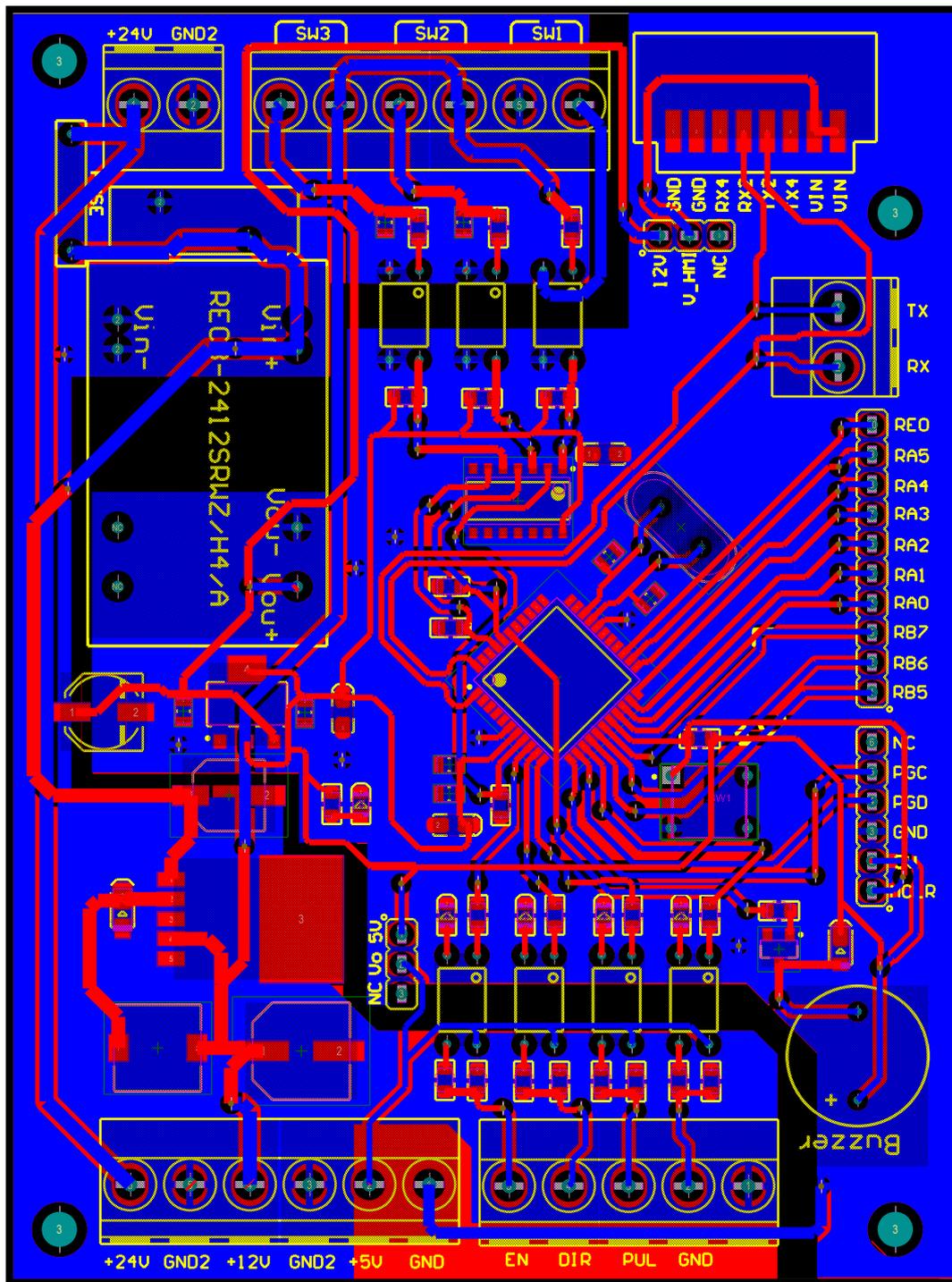


Figura 38: PCB vista top copper, Fuente: Elaboración propia

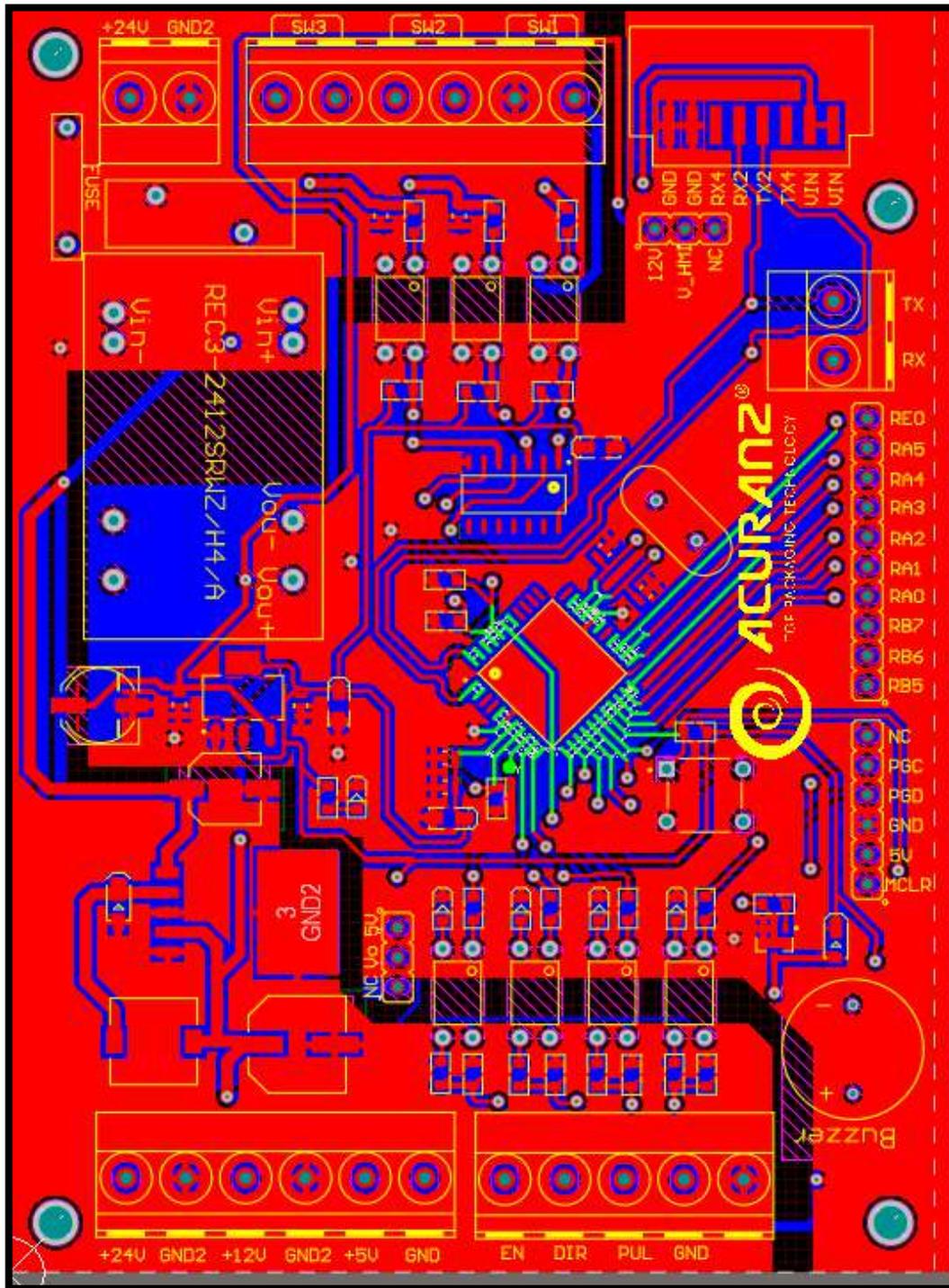


Figura 39: PCB VISTA bottom copper. Fuente: Elaboración propia



## Fabricación de PCB

Para la fabricación de la pcb, se hizo la cotización de 2 fabricantes:

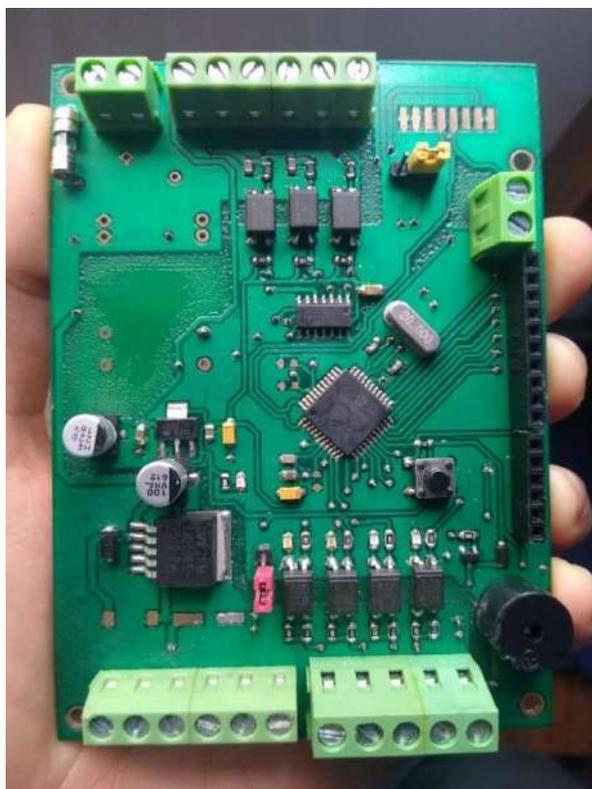
**Opción 1:** Empresa JLC PCB

**Opción 2:** MMJ Proyectos de Ingeniería

Se eligió a la opción 2 por motivos económicos y de tiempo ya que la opción 1 se trata una empresa china la cual el costo de envío no es conveniente importar 1 o 5 pcs. La opción 2 se consideró más viable ya que se trata de una empresa nacional, el tiempo de fabricación es corto y el costo resultó menor que otras alternativas.

Se pidió al fabricante que soldaran algunos componentes smd que tuvieran en su stock.

Al recibirse la pcb, se pasó a soldar el resto de los demás componentes para el correcto funcionamiento de la placa. Se obtuvo el siguiente resultado:



*Figura 42: PCB para máquina de pruebas de resistencia al rayado implementada. Elaboración propia. Fuente: Elaboración propia.*

### Hipótesis específica 3:

Las pautas de la norma ISO 1518-1 se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

#### 4.1.7. Preparación de las placas de prueba

Se prepararon 12 paneles de prueba, 6 para cada tipo de recubrimiento, el tamaño de las probetas o paneles de prueba son de 4cm x 10cm



*Figura 43: Paneles de prueba de 4cm x 10cm cortados y lijados. Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 44: Paneles de prueba pintados. Fuente: Elaboración propia.*

Tabla 2: Características de los recubrimientos de las placas de prueba

	<b>RECUBRIMIENTO 1</b>	<b>RECUBRIMIENTO 2</b>
<b>TIPO</b>	Pintura esmalte sintético color negro	Pintura esmalte sintético color negro
<b>CAPAS</b>	2	4
<b>METODO DE APLICACIÓN</b>	Brocha	Aspersión/Pintura en spray
<b>PREPARACIÓN DE SUSTRATO</b>	Lijado	Lijado
<b>GROSOR</b>	25.4 $\mu\text{m}$	88.9 $\mu\text{m}$

#### 4.1.8. Prueba general

##### FICHA DE OBSERVACIÓN

**ASUNTO:** Validación de prototipo en procedimiento general

##### **SUJETOS DE OBSERVACIÓN:**

-Sistema electrónico de máquina pruebas de resistencia a rayado

-Movimiento de motor PAP

-Alarma de finalización de prueba

-Pantalla HMI

-Partes mecánicas

-Placas de prueba

-Inspección visual de penetración

## DESCRIPCIÓN DE LA OBSERVACIÓN:

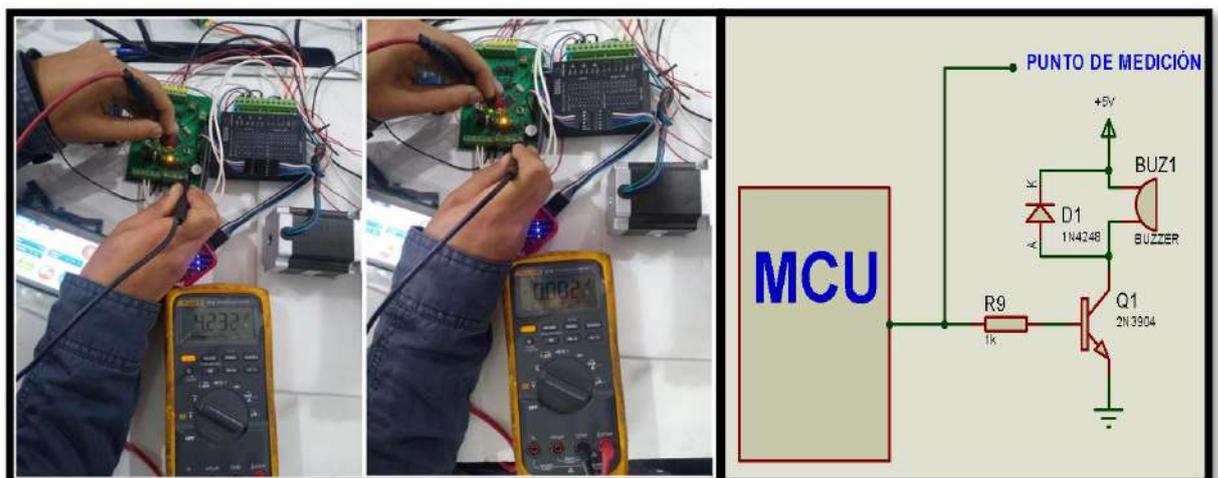
La siguió las indicaciones escritas para una prueba general resistencia al rayado en recubrimientos, según la ISO 1518-1.

Se encendió la máquina, y se vio la pantalla HMI encenderse, indicando que el sistema esta energizado, luego se inició el procedimiento, se toma uno de las placas de prueba cubiertas con un recubrimiento de pintura, se puso en la mesa de trabajo luego se ajustó la aguja de rayado, asegurándose de que los rayones que se vayan a hacer no estén a menos de 10 mm del borde del panel, se equilibró la aguja, mediante la pantalla HMI se activó la función “auto home” para mover la aguja a una posición inicial, una vez estando la aguja en la posición inicial, se colocó una carga de 10N en la aguja después se pasó a probar el sensor de continuidad mediante los cocodrilos, al hacer contacto entre ellos, se escuchó un sonido proveniente del buzzer del PCB, también se vio el encendido de un indicador o piloto en la pantalla HMI.

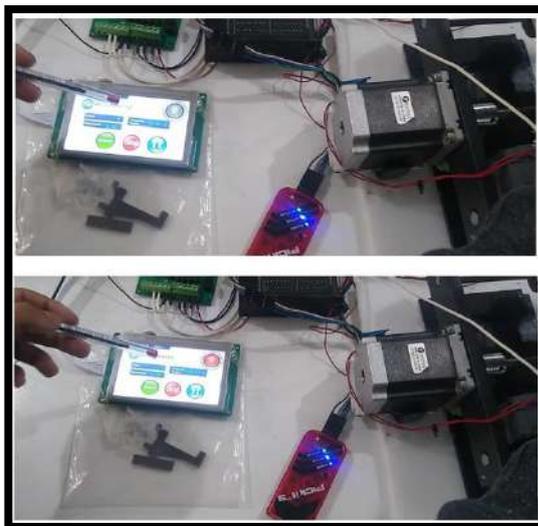
Voltaje de salida digital a buzzer:

Alto: 0.0 V

Bajo: 4.23 V



**Figura 45:** Medición de voltaje en pin de salida de buzzer: Izquierda: estado alto, Centro: estado bajo. Derecha: Punto de medición en esquema. **Fuente:** Elaboración propia.



*Figura 46: Visualización del pilote de encendido en pantalla HMI, Arriba: sin continuidad, Abajo: con continuidad. Fuente: Elaboración propia.*

Lo cual es indicativo de que el sensor de continuidad está en correcto funcionamiento, se escribió en la pantalla HMI el peso de la carga que se estaba usando para tenerla como referencia, se colocó el cocodrilo en el panel de prueba para ya iniciar con la prueba de funcionamiento.

Se presiono el botón “start” en la pantalla HMI y se encendió inmediatamente el motor, lo cual hace mover al tornillo de potencia y este a la mesa de trabajo lo cual es el proceso necesario para el rayado.

### **Consumo real del motor PAP**

Sin moverse: 0A

En movimiento: 0.13 A

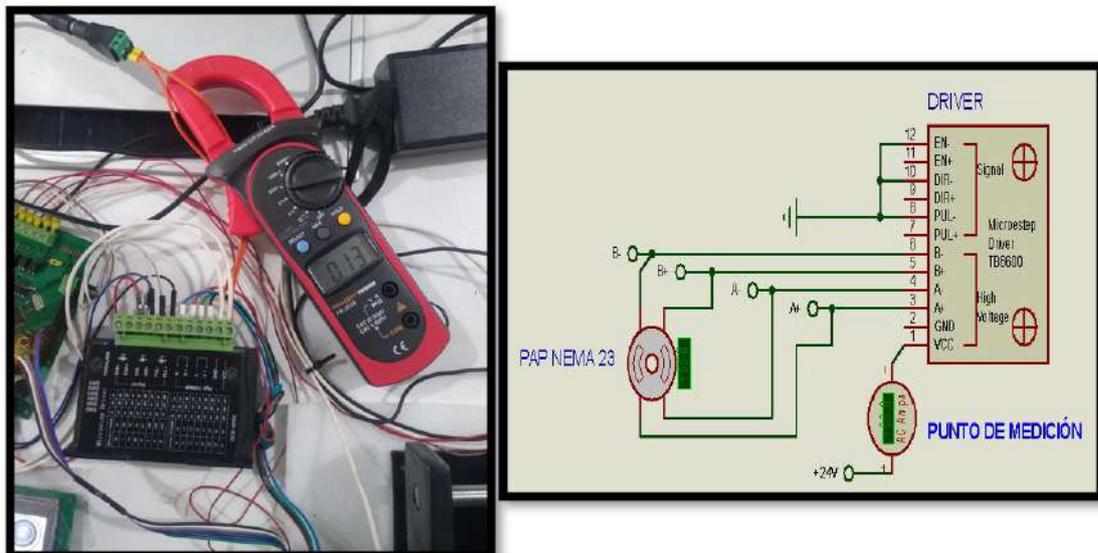


Figura 47: Derecha: Medición de consumo del motor PAP. Izquierda: Punto de medición en esquema. Fuente: Elaboración propia.

En el transcurso de la prueba se observó la pantalla HMI y en este el cronometro estaba funcionando de manera correcta, el contador de ciclos de rayado también estaba funcionando de manera correcta.

Luego de un momento sonó una alarma indicadora de penetración, se vio que se detuvo el motor, siendo señal que el proceso de prueba termino.

Se reviso nuevamente la pantalla HMI y en él, se vio que quedaron registrados el tiempo de la duración de la prueba, y la cantidad de ciclos de rayado de que hicieron para hacer la penetración.

Se extrajo el panel de prueba de la mesa de trabajo y se realizó una inspección visual de la penetración, y se pudo ver que efectivamente si hay una penetración del recubrimiento, se puede ver el metal.

Lugar: Asper Coating Del Perú S.A.C. - Santa clara - Lima

Fecha: jueves, 7 de setiembre de 2023

Hora: 12:10 a.m.

Nombre del Investigador: Jhorman Miguel Herrera Tafur

#### 4.1.9. Lista de cotejo 1: Procedimiento para determinar la carga mínima para provocar la penetración.

Se tomaron las placas de prueba de se aplicaron 2 tipos de pintura de diferentes marcas y aplicado de diferentes maneras. El tiempo máximo de prueba por ensayo fue de 20 min.

Se aplicaron las pruebas y se anotaron los siguientes resultados:

Tabla 3; : Procedimiento para determinar la carga mínima para provocar la penetración.

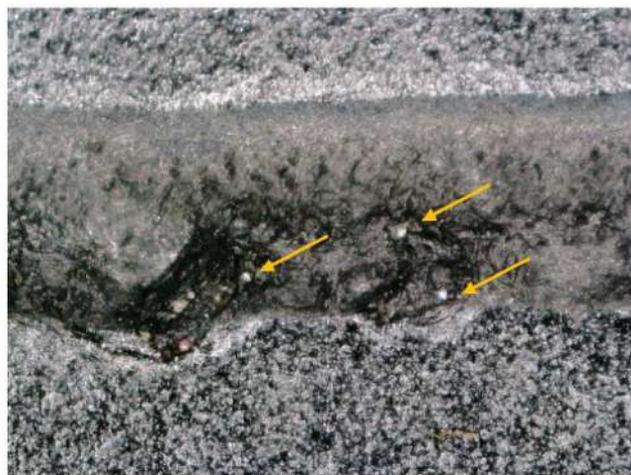
ASPECTO		FUNCIONALIDAD: CARGA VARIABLE EN AUMENTO					
Tipo		RECUBRIMIENTO 1			RECUBRIMIENTO 2		
N°	Indicador	Distancia de rayado (mm)	Tiempo de rayado (min)	N° ciclos	Distancia de rayado (mm)	Tiempo de rayado (min)	N° ciclos
	Peso a evaluar						
1	0.5N	40	13:04	486	40		
2	1.0N	40	05:00	211	40	16:06	599
3	1.5N	40	00:31	19	40	15:18	569
4	2.0N	40	00:34	21	40	07:01	261
5	2.5N	40	00:34	21	40	07:59	297
6	3.0N	40	00:30	19	40	03:23	116
7	3.5N	40	00:23	14	40	02:22	88
8	4.0N	40	00:05	3	40	01:35	59
9	4.5N	40	00:05	3	40	01:33	58
10	5.0N	39	00:05	3	39	01:05	40
11	5.5N	39	00:02	1	39	01:04	40
12	6.0N	39	00:07	4	39	00:11	7
13	6.5N	39	00:05	3	39	00:39	24
14	7.0N	39	00:02	2	39	00:02	2

Se puede observar comparando ambos resultados son diferentes en gran manera. Siendo el recubrimiento 2 el que aparenta ser más resistente. Mediante inspección visual se inspeccionaron los rayones y en la mayoría era notorio la penetración ya que se visualizaba el sustrato, pero donde se aplicaron cargas ligeras (0.5N en recubrimiento 1 y 0.5N - 1N en recubrimiento 2), la alarma del sensor de continuidad indicó penetración, pero estos rayones no eran notorios a simple vista, se pasó a usar microscopía para una mejor visualización.



*Figura 48: Panel con recubrimiento 1, penetración con carga de 0.5N. Fuente: Elaboración propia.*

*Nota: se puede notar la penetración hasta el sustrato por la coloración de la superficie, al notarse el color metálico, siendo reflejado por la luz. Las fotografías fueron tomadas por un microscopio óptico Zeiss*



*Figura 49: Panel con recubrimiento 2, penetración con una carga de 0.5N. Fuente: Elaboración propia.*



Figura 50: Panel con recubrimiento 2, penetración con una carga de 1N. Fuente: Elaboración propia.

La inspección visual de imágenes muestra que si hubo penetración, ya que se ve el sustrato. El sensor de continuidad el cual indica que hay penetración estuvo funcionando de manera correcta.

Se uso también estadística inferencial para analizar todos los datos tomados. Se tomará las columnas de tiempo de rayado de ambos recubrimientos.

### Prueba de normalidad

Aplicando prueba de normalidad a los conjuntos de datos de numero de tiempo de rayado (se trabajará todo en segundos). Como la cantidad de datos es menor a 50, se aplica la prueba de Shapiro-Wilk,

Tabla 4: Pruebas de normalidad de Shapiro-wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Recubrimiento1	,485	13	,000
Recubrimiento2	,756	13	,002

La significancia  $p$  es menor a **0.05** en ambos casos.

Decisión: como  $p = 0 < 0.05$ , determinamos que los datos no tienen una distribución normal, por lo tanto, aplicaremos estadística no paramétrica.

Se pasará usar la prueba de U de Mann Whitney para saber si existe diferencia significativa entre ambos grupos de datos.

### Contrastación de hipótesis

#### Hipótesis:

**H0:** Las mediciones de tiempo de rayado es similar en ambos tipos de recubrimiento.

**HA:** Las mediciones de tiempo de rayado es diferente significativamente en ambos tipos de recubrimiento.

Tabla 5: Rangos de prueba de U de Mann-Whitney

		Rangos		
	Recubrimiento	N	Rango promedio	Suma de rangos
Tiempo_de_rayado	Recubrimiento 1	14	10,07	141,00
	Recubrimiento 2	13	18,23	237,00
	Total	27		

Tabla 6: Resultados estadísticos de U de Mann-Whitney

### Estadísticos de prueba

	Tiempo_de_rayado
U de Mann-Whitney	36,000
W de Wilcoxon	141,000
Z	-2,675
Sig. asin. (bilateral)	,007
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,007 <sup>b</sup>

Lo que interpretamos que el p-valor (significancia asintótica bilateral) = 0.007

Y  $.007 < 0.5$

Concluimos que se rechaza la hipótesis nula de que “Las mediciones de tiempo de rayado es similar en ambos tipos de recubrimiento.”

En consecuencia, se acepta que “Las mediciones de tiempo de rayado es diferente significativamente en ambos tipos de recubrimiento.”

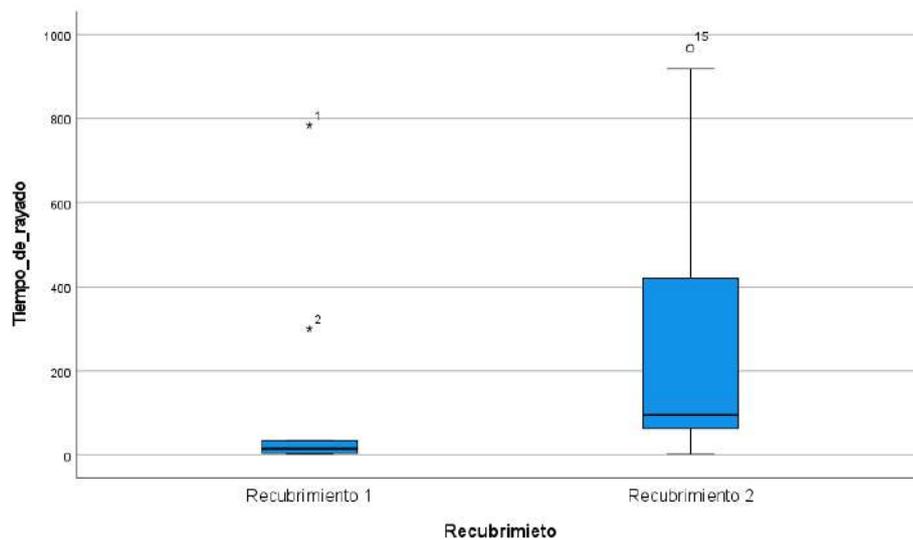


Figura 51: Gráfico de prueba U de Mann-Whitney

#### 4.1.10. Lista de cotejo 2: Procedimiento para una sola carga especificada

Se usaron los mismos tipos de recubrimiento para esta prueba, todas las pruebas se hicieron con una carga de 2.5N.

**Duración de ciclos esperados para recubrimientos sin que haya penetración:**

**Recubrimiento 1:** 21

**Recubrimiento 2:** 261

Tabla 7: Procedimiento para una sola carga especificada

ASPECTO	PROCEDIMIENTO: UNA SOLA CARGA (PASA/NO PASA)			
Tipo	RECUBRIMIENTO 1		RECUBRIMIENTO 2	
Penetración	SI	NO	SI	NO
N° de Prueba				
1	X			X
2		X		X
3		X		X
4		X		X
5		X		X
6		X		X

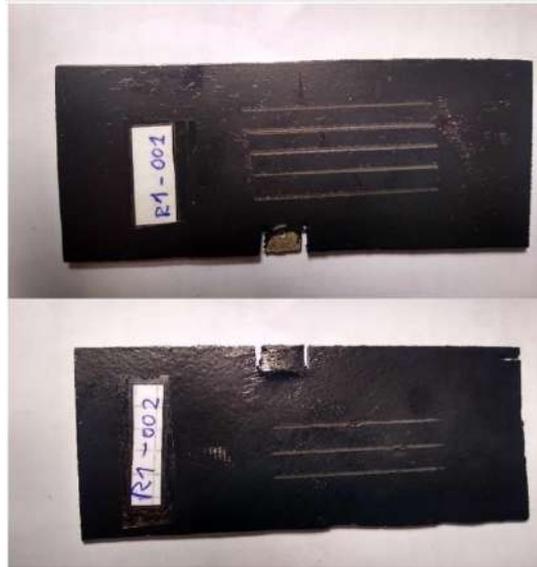
### Inspección visual recubrimiento 1



Figura 52: Placas de prueba (probetas) con recubrimiento 1 después de las pruebas realizadas. Fuente: Elaboración propia

Se puede notar como el primero de los rayones (imagen superior) penetra hasta poder verse el sustrato, cuando la duración de ciclos esperados era de 21 ciclos de rayado, el recubrimiento pudo soportar 5 de las 6 pruebas de rayado, en la primera prueba se activó el sensor de penetración, por lo tanto, **NO** pasó la prueba de rendimiento.

### Inspección visual recubrimiento 2



*Figura 53:placas de prueba (probetas) con recubrimiento 2 después de las pruebas realizadas: Fuente: Elaboración propia*

Se puede en ninguna puede verse el sustrato, la duración de ciclos esperados era de 261 ciclos de rayado y el recubrimiento pudo soportar las 6 pruebas, el sensor de continuidad no se activó en ninguna de ellas, por lo tanto, **SI** pasó la prueba de rendimiento.

## **4.2. HIPÓTESIS GENERAL**

**El diseño de un sistema electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.**

A partir de los resultados, se pudo observar cómo el sistema de control y el diseño electrónico son fundamentales para la implementación de este instrumento de pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales. la manera en que como se desarrolló fue óptima ya que, al momento de hacer pruebas según la norma ISO1518-1, en 2 tipos de recubrimientos diferentes, el sistema electrónico puede obtener y mostrar los datos como la cantidad de ciclos de rayado, el tiempo de rayado y la penetración del recubrimiento de manera fiable, por ello aceptamos la hipótesis general de que un sistema electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.

## CAPITULO V

### 5.1. DISCUSIÓN

#### 5.1. Discusión de resultados

- ✚ El **sistema de control**, es un paso fundamental para la construcción la de máquina de pruebas de resistencia al rayado ya que aquí se reconocieron con un esquema las entradas y salidas del sistema, todo ello de acuerdo a lo que se desee controlar para si obtener el resultado esperado. La programación del microcontrolador se detalló a través de diagramas de flujo, de igual manera la rutina principal del sistema de rayado, y el funcionamiento de las interrupciones para la recepción recial y el cronometro. La implementación del código se hizo en MPLAB X y la herramienta MCC. También de la pantalla HMI fue detallada mostrando como se realizó su configuración en el software DGUS Tool V7.388.
- ✚ Fernández (2018) en su investigacion “*Sistema electrónico para el control de calidad de huevos de gallina mediante procesamiento de imágenes*” presento la interconexión de dispositivos necesarios para el funcionamiento del prototipo y luego justifico su selección. A su vez hizo una inteface grafica haciendolo uso de la herramienta Tinker cuyo entorno viene precargado en Raspberry (p. 32)
- ✚ De manera similar Llantoy (2020) en su proyecto “*Diseño e implementación del sistema electrónico para una prótesis transradial mioeléctrica*” tambien demostro mediante diagramas de flujo el algoritmo principal, el algoritmo de cierre y el de apertura. (p. 44)
- ✚ Implementar la máquina de pruebas de resistencia al rayado requirió de un **diseño electrónico**, se hizo un diagrama general de las conexiones, un diseño de una PCB, aplicando técnicas de atenuación de ruido eléctrico, el esquemático del circuito electrónico y el diseño del ruteo de pista de la PCB se hizo con el software Altium

Designer. Se implemento primero haciendo una pcb de prueba y luego evaluando las opciones de fabricación posibles la pcb para la versión final, luego se posiciono y soldó los componentes.

- ✚ De manera similar, Espinoza (2020) en su investigación “*Diseño e implementación de un sistema electrónico que promueve el depósito de bandejas y utensilios*” de manera similar encontró que tuvo que evaluar diferentes opciones dependiendo de las características y costos de los componentes de los componentes. (p. 46, 47)
- ✚ También Llantoy (2020), le dio importancia a la atenuación del ruido eléctrico, en su investigación “*Diseño e implementación del sistema electrónico para una prótesis transradial mioeléctrica*” Después de haber diseñado el hardware, se procedió a realizar el circuito impreso del sistema electrónico. Para ello, algunos puntos importantes a tomar en cuenta son: la necesidad de que la tarjeta sea lo más pequeña posible (...), y evitar el acople del ruido de actuadores a la placa de control. (p. 41)
- ✚ Se hizo una prueba de ensayo general basado en la **norma ISO1518-1**, y detallando de manera practica todos los pasos del procedimiento y enseñando los resultados mediante imágenes, de igual manera con los otros procedimientos para determinar la carga mínima para provocar la penetración, se midió el tiempo que tarda en penetrar el recubrimiento, usando el cronometro de la máquina, llenado los datos en tablas de cotejo, y el procedimiento para una sola carga (pasa/no pasa), el cual se hizo poniendo una carga menor a la esperada (2.5N) para causar penetración en ambos tipos de recubrimiento. El recubrimiento 1 no paso la prueba de resistencia el recubrimiento 2 si la paso. Murcia (2019), en su investigación “*Rediseño e instrumentación del banco para medición de Desgaste abrasivo bajo la norma ASTM G-65 de la universidad de Ibagué*” llegó de manera similar hizo pruebas basadas en norma, comprobando la funcionalidad de los

componentes. Sin embargo, en sus probetas se hizo un estudio de masa y volumen perdido el cual no se hizo en esta investigación.

Algunas de las declaraciones de Murcia (2019),

- El banco garantiza las variables referenciadas en la norma ASTM G – 65 como lo son: La velocidad de giro y el flujo abrasivo. (p.100).
- En la parte de instrumentación, se instalan sensores de fuerza y temperatura, con un sistema de visualización y almacenamiento, que garantizan la facilidad en el desarrollo del ensayo. (p.100).
- Se realiza la prueba de funcionalidad bajo las condiciones planteadas por la norma, lo cual arroja el siguiente resultado promedio: Una pérdida de masa de 0,50 gr, volumen perdido de 63,76 mm<sup>3</sup>, desviación estándar de 5,80 y un coeficiente de variación 9%, valores que, aunque están por encima del resultado experimental de la norma dan muestra que en realidad existe una pérdida de masa que ratifica la funcionalidad del banco ya rediseñado. (p.100).

✚ Tanaka (2022), en su investigación de pregrado, “*Automatización de una máquina de ensayo de desgaste abrasivo según norma ASTM G65*” menciona lo siguiente: Se realizó la simulación en Proteus 8 Profesional de los sensores de proximidad E18-D80NK y del sistema de control para comprobación de su funcionamiento antes de su implementación. Finalmente, la instalación del sistema de control en la máquina de ensayo y la comprobación del correcto funcionamiento del sistema de control para la máquina según los requerimientos y la norma ASTM G65.

✚ Gamboa & Valverde (2019), en su investigación, “*Influencia De La Microestructura En La Resistencia Al Desgaste Abrasivo De Recubrimiento Duros Comerciales Postalloy 299 Y Postalloy 2836 Obtenido Con El Proceso De Soldadura FCAW*” también prepararon probetas, pero con recubrimientos duros. (p. 26), y fueron analizados con

microscopia óptica y microscopia de electrónica de barrido (p. 31), esta última no se hizo en esta investigación.

## CAPITULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

- Se diseño una etapa de control en cual ayudo significativamente a realizar pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. Se eligió el microcontrolador pic16f85k50, para la interface grafica se elegio una pantalla HMI de 4.5”, se detalló la programación mediante diagramas de flujos, y se explico las salidas y entradas del sistema y los métodos de cómo se hizo para que maquina alcance la distancia y velocidad de rayado adecuada.
- Se hizo un diseño electrónico e implemento en un aparato para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. Se mostro un esquema general, se fundamento cuales eran los métodos como atenuar el ruido eléctrico, se hizo los esquemáticos correspondientes para la PCB que fue de 108mm x 78.68mm y se implementó, todo demostrado de manera práctica con imágenes.
- Se extrajo pautas y procedimientos de la norma ISO 1518-1 las cuales ayudaron significativamente a realizar pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C. Al poder ejecutar los procedimientos de la prueba general, pruebas para determinar la carga mínima para provocas la penetración y pruebas de una sola carga (pasa/no pasa) se pudo medir los indicadores pedidos en la norma, como la distancia de rayado,

velocidad de rayado, numero de ciclos de rayado, tiempo de rayado y el correcto funcionamiento del sensor indicador de continuidad/penetración en cada prueba que se hacía. Al hacer las pruebas en 2 tipos de recubrimiento diferentes, es evidente que uno pudo ser mas resistente que otro. El análisis de los datos de ambos grupos mediante la prueba de Prueba U de Mann-Whitney demostró que la significancia asintótica bilateral es de  $0.007 < 0.5$ , donde nos confirma que hay gran diferencia significativa entre los recubrimientos, siendo el recubrimiento 2 más resistente, en otra prueba de carga constante se determinó que el recubrimiento 1 no paso la prueba de resistencia al rayado ya que uvo penetración en 1 de sus 6 pruebas, mientras que en el recubrimiento 2 paso todas sus pruebas sin que haya penetración, a su vez nos confirma el correcto funcionamiento del sistema electrónico para la maquina pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales.

## 6.2. Recomendaciones

- Cuando el laboratorista o encargado de hacer las pruebas de resistencia, hagan el “procedimiento de una solo cargar especificada (pasa/pasa)” siempre tiene que saber antes cuanto es la carga esperada para provocar penetración en dicho recubrimiento y aplicar una carga menor a esa. Si es que no sabe eso, puede primero hacer la prueba para “determinar la carga mínima para provocas la penetración” especificada también en la norma ISO1518-1.
- En el sistema electrónico se debería de agregar el manejo y guardado de la información de las pruebas de resistencia al rayado, que son visualizadas, mediante uso de memoria EEPROM, mejoras de la interface grafica para poder ver registros o comunicación rs232 con una PC, ya que, al iniciar una nueva prueba los datos de la última prueba quedaran borrados.

## CAPITULO VII

### 7. REFERENCIAS

#### Fuentes bibliográficas

- ✚ Alonso Felipe, J. v. (2016). *Pinturas, barnices y afines: composición, formulación y caracterización*. (Libro). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de <https://oa.upm.es/39501/>
- ✚ Alva Alarcón, J. L., & Alcorta Santisteban , N. F. (2020). **Sistemas Embebidos. Guía Metodológica Para Su Desarrollo**. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- ✚ Carrasco Días, S. (2005). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: Editorial San Marcos.
- ✚ Coque Toapanta , A. J., & Sarango Flores , J. D. (2021). *Implementación de una máquina de ensayo abrasivo pin on disk por la norma astm g99*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7967>
- ✚ DWIN. (s.f.). *DMT80480T043\_01WTR Product Specification*.
- ✚ Espinoza Contreras , J. E. (2020 ). *Diseño e implementación de un sistema electrónico que promueve el depósito de bandejas y utensilios*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.
- ✚ Felipe Hernández, A. (2018). *Diseño de máquina recíprocante para ensayos de desgaste por deslizamiento sobre superficie plana*. (Tesis de Pregrado). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. Obtenido de <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/10321>
- ✚ Fernández Soria, Á. (2018). *Sistema electrónico para el control de calidad de huevos de gallina mediante procesamiento de imágenes*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28950>
- ✚ Fuertes Olivares, J. D. (2019). *Diseño de un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares en Lima*.

- (*Tesis de Pregrado*). Universidad Tecnológica del Perú, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2696>
- ✚ Gamboa Fabián , C. A., & Valverde Rodríguez, J. F. (2019). ***Influencia de la microestructura en la resistencia al desgaste abrasivo de recubrimientos duros comerciales Postalloy 299 y Postalloy 2836 obtenido con el proceso de soldadura Fcaw.*** (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/20.500.14414/14762>
  - ✚ Hernández González, C. F. (2018). ***Diseño, construcción y prueba de un equipo para la determinación de la resistencia al desgaste erosivo en seco de materiales.*** (*Tesis de Pregrado*). Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11912/5703>
  - ✚ Hernández Sampieri, R., Fernández , C. C., & Baptista Lucio, M. (2014). ***Metodología de la Investigación*** . México: INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
  - ✚ INTERNATIONAL STANDARD - ISO. (2011). ***ISO 1518-1\_Paints and varnishes — Determination of scratch resistance. Switzerland.***
  - ✚ Llantoy Sánchez, A. J. (2020). ***Diseño e implementación del sistema electrónico para una prótesis transradial mioeléctrica.*** (*Tesis de Pregrado*). Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17706>
  - ✚ Marín Guillén, A. (2017). ***Recubrimientos y películas finas de resina epoxi con nanofases y nanofluidos : caracterización y estudio dinámico-mecánico y de resistencia a la abrasión.*** (*Tesis de Posgrado*). Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10317/6344>
  - ✚ Murcia Yara, M. E. (2019). ***Rediseño e instrumentación del banco para la medición de desgaste abrasivo bajo la norma ASTM G-65 de la Universidad de Ibagué.*** (*Tesis de Pregrado*). Universidad de Ibagué, Colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12313/1282>
  - ✚ Quispe Andía, A., Calla Vasquez , K. M., Yangali Vicente, J. S., Rodríguez López, J. L., & Pumacayo Palomino, I. I. (2019). ***Estadística no paramétrica en el campo de la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL Enfoque práctico.*** Colombia: Editorial EIDEC. Obtenido de <https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estadística-no-paramétrica-aplicada.pdf>

- ✚ Rodríguez de Ávila, J. E. (2012). *Buenas prácticas para diseño de HMI de alto rendimiento*. (Tesis de Pregrado). UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, Cartagena Colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/536>
- ✚ Romero Orrego , E. L. (2018). *Análisis de la resistencia al desgaste por abrasión e impacto de fundiciones blancas de alta aleación*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Concepción, Chile. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/3437>
- ✚ Ruiz Domínguez, I. (2013). *Simulación del rayado de un sustrato de aluminio AA6061-T6 en Abaqus 6.10*. (Tesis de pregrado). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba . Obtenido de <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/2640>
- ✚ Tanaka Barboza , J. E. (2022). *Automatización de una máquina de ensayo de desgaste abrasivo según norma ASTM G65*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT\\_44fc4ad555b1fd98fdc17b2edca56329](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_44fc4ad555b1fd98fdc17b2edca56329)

## 7.2. Fuentes electrónicas

- ✚ Asper Coating. (2022). *Acuranz*. Obtenido de Poliwear 2000: Evaluador digital de resistencia al rayado y la abrasión en litografías e impresiones: <http://acuranz.com/product/polywear-2000-evaluador-digital-de-resistencia-al-rayado-en-litografias-e-impresiones/>
- ✚ BUENROSTRO, J. (marzo de 2018). *joelbuenrostroblog*. Obtenido de Guía de introducción de XC8: <http://joelbuenrostroblog.blogspot.com/2018/03/guia-de-introduccion-de-xc8.html>
- ✚ FLUKE. (2022). *Cómo probar la continuidad*. Obtenido de Información general de las pruebas de continuidad: <https://www.fluke.com/es-pe/informacion/blog/multimetros-digitales/como-probar-la-continuidad#:~:text=La%20continuidad%20es%20la%20presencia,los%20conductores%20y%20otros%20componentes.>
- ✚ INCOELECTRONICA. (2012). *¿Cómo programar un microcontrolador con PIC C?* Obtenido de Estructura de un programa en C:

<https://www.sites.google.com/site/incoelectronicasas/mini-tutos/-como-programar-un-microcontrolador-con-pic-c>

- ✚ Infinitia Industrial Consulting. (2022). *Control de calidad de alimentos*. Obtenido de ¿Qué es el control de calidad de alimentos?:  
[https://www.infinitiaresearch.com/noticias/control-de-calidad-de-alimentos/#mejora\\_las\\_tecnicas\\_de\\_produccion](https://www.infinitiaresearch.com/noticias/control-de-calidad-de-alimentos/#mejora_las_tecnicas_de_produccion)
- ✚ Ingenieria Mecafenix . ( 2018). *Que es el buzzer y como funciona (zumbador)*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/el-buzzer/>
- ✚ Leira Rodríguez, R., & Gómez Suárez, J. (2016). *XUNTA*. Obtenido de Electrónica Analógica, notas de clase :  
[https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual/pluginfile.php/37095/mod\\_resource/content/2/analógica.pdf](https://www.edu.xunta.gal/centros/iesblancoamorculledo/aulavirtual/pluginfile.php/37095/mod_resource/content/2/analógica.pdf)
- ✚ Microchip. (2023). *product*. Obtenido de PIC18F45K50 Product Features:  
<https://www.microchip.com/en-us/product/pic18f45k50>
- ✚ *MPLAB*. (octubre de 2022). Obtenido de wikipedia:  
<https://es.wikipedia.org/wiki/MPLAB>
- ✚ Saisac. (2023). <https://saisac.pe>. Obtenido de <https://saisac.pe/tienda-en-linea/>
- ✚ Taqui Wajuyat, F. (Octubre de 2016). *slideshare*. Obtenido de Programación de microcontrolador: <https://www.slideshare.net/TaquiWajuyatFlor/programacin-de-microcontrolador-67103467?smtNoRedir=1>
- ✚ The Food Tech. (2023). *Recubrimientos para la protección del envase metálico*. (T. Castrillón Rodríguez, Editor) Obtenido de Clasificación de los recubrimientos para la protección del envase metálico: <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/recubrimientos-para-la-proteccion-del-envase-metalico/>
- ✚ TOSHIBA. (2016). *TB6600HGPWM Chopper-Type bipolarStepping Motor Driver IC*. TOSHIBA BiCD Integrated Circuit, Japón. Obtenido de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132822/TOSHIBA/TB6600HG.html>
- ✚ AGuarella, J., Heredia, J., Rodríguez, L., & Bagatto, I. (2011). *Sensores y Actuadores en motores*. Argentina: Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de la Plata.

Obtenido de:

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52326408/APUNTE\\_SENSORES\\_Y\\_ACTUADORES-libre.pdf?1490627533=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSensores\\_y\\_actuadores\\_en\\_motores.pdf&Expires=1706810965&Signature=EDYA-9kSybvhk-IUeJlMhIOQsdZPP9AoQOjgb7~7W](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52326408/APUNTE_SENSORES_Y_ACTUADORES-libre.pdf?1490627533=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSensores_y_actuadores_en_motores.pdf&Expires=1706810965&Signature=EDYA-9kSybvhk-IUeJlMhIOQsdZPP9AoQOjgb7~7W)

# ANEXOS

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLÓGICA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo se relaciona un sistema electrónico con las pruebas de resistencia al rayado en cubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Diseñar e implementar un sistema electrónico para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b> El diseño de un sistema electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating.</p>	<p>(X) <b>SISTEMA ELECTRÓNICO</b></p>	<p><b>X1.- Etapa de control</b></p> <p><b>X2.- Diseño Electrónico</b></p> <p><b>X3.- Norma ISO 1518 - 1</b></p>	<p>X1.1.-Microcontrolador X1.2.-Interface grafica X1.3.-Programación X1.4.-Detector de continuidad X1.5.-Driver X1.6.-Motor PAP X1.7.-Buzzer</p> <p>X3.1.-Diseño de PCB X3.2.-Aislamiento de ruido eléctrico X3.3.-Ruteador CNC X3.4.-Soldadura de componentes X3.5.-Pruebas de rendimiento</p> <p>X1.1.- Distancia de rayado X1.2.- Velocidad de rayado X1.2.-Número ciclos de rayado X1.3.- Tiempo de rayado X1.4.-Indicador finalizado de rayado</p>	<p><b>Población:</b> La población fueron todos los recubrimientos de metales que se desean evaluar en la empresa Asper Coating del Perú S.A.C en términos de su resistencia al rayado.</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra fue una selección específica de recubrimientos de metales dentro de la empresa que se utilizaron para probar y validar la eficacia del sistema electrónico diseñado para pruebas de</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b> 1) ¿Cómo se relaciona la Etapa de control con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b> 1) Diseñar una etapa de control en cual ayudara significativamente a realizar pruebas de</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA:</b> 1) El diseño de una Etapa de control ayudara significativamente con las pruebas de</p>	<p>(Y) <b>PRUEBAS DE RESISTENCIA AL RAYADO EN RECUBRIMIENTOS DE METALES</b></p>	<p><b>Y1.- Aparato de rayado</b></p> <p><b>Y2.- Acondicionamiento</b></p>	<p>Y1.1.- Indentador Y1.2.-Vigas de carga Y1.3.-Pesa Y1.4.-Actuador lineal Y1.5.-Rampa de descenso Y1.6.-Dispositivo indicador Y1.7.-Soporte de panel de prueba</p>	

<p>empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?</p> <p>2) • ¿Cómo se relaciona el diseño electrónico con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?</p> <p>3) ¿Cómo se relaciona la norma ISO 1518-1 con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.?</p>	<p>resistencia al rayado. en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p> <p>2) Hacer un diseño electrónico e implementarlo en un aparato para poder realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p> <p>3) Extraer pautas de la norma ISO 1518-1 las cuales ayudaran significativamente a realizar pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p>	<p>resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p> <p>2) El diseño electrónico se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p> <p>3) Las pautas de la norma ISO 1518-1 se relaciona significativamente con las pruebas de resistencia al rayado en recubrimientos de metales en la empresa Asper Coating Del Perú S.A.C.</p>		<p><b>Y3.- Procedimiento</b></p>	<p>Y.2.1.-Temperatura                  Y.2.2.- Humedad                  Y.2.3.- Espesor del recubrimiento</p> <p>Y3.1.-Distancia entre rayones                  Y3.2.-Distancia entre rayón y borde de panel                  Y3.4.-Equilibrio de barra de carga                  Y3.5.-Carga de prueba                  Y3.6.-Contacto eléctrico                  Y3.7.-Inspección de penetración</p>	<p>resistencia al rayado.</p> <p><b>Método:</b> Científico</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Explicativa</p> <p><b>Técnicas para recolección de datos:</b> -Observación -Pruebas estandarizadas o inventarios</p> <p><b>Instrumento:</b> -Guía de observación -Ficha de cotejo -Instrumentos y procedimientos específicos propios de esta disciplina</p>
---	--	---	--	----------------------------------	--	--

## ANEXO 2: HOJA DE DATOS DE MCU PIC18F45K50



MICROCHIP

PIC18(L)F2X/45K50

---

**28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance  
Microcontrollers with XLP Technology**


---

**Universal Serial Bus Features:**

- USB V2.0 Compliant
- Crystal-less Full Speed (12 Mb/s) and Low-Speed Operation (1.5 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 Bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver

**Flexible Oscillator Structure:**

- 3x and 4xPLL Clock Multipliers
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz (12 MIPS)
- Internal 31 kHz Oscillator
- Internal Oscillator, 31 kHz to 16 MHz
  - Factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - Self-tune to  $\pm 0.20\%$  max. from USB or secondary oscillator
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
  - Allows for safe shutdown if any clock stops

**Peripheral Highlights:**

- Up to 33 I/O pins plus 3 Input-Only Pins:
  - High-current Sink/Source 25 mA/25 mA
  - Three programmable external interrupts
  - 11 programmable interrupts-on-change
  - Nine programmable weak pull-ups
  - Programmable slew rate
- SR Latch
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
  - One, two or four PWM outputs
  - Selectable polarity
  - Programmable dead time
  - Auto-shutdown and auto-restart
  - Pulse steering control
- Capture/Compare/PWM (CCP) module
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all four modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave modes
- Two Analog Comparators with Input Multiplexing
- 10-Bit Analog-to-Digital (A/D) Converter module:
  - Up to 25 input channels
  - Auto-acquisition capability
  - Conversion available during Sleep

- Digital-to-Analog Converter (DAC) module:
  - Fixed Voltage Reference (FVR) with 1.024V, 2.048V and 4.096V output levels
  - 5-bit rail-to-rail resistive DAC with positive and negative reference selection
- High/Low-Voltage Detect module
- Charge Time Measurement Unit (CTMU):
  - Supports capacitive touch sensing for touch screens and capacitive switches
- Enhanced USART module:
  - Supports RS-485, RS-232 and LIN/J2602
  - Auto-wake-up on Start bit
  - Auto-Baud Detect

**Extreme Low-Power Management with XLP:**

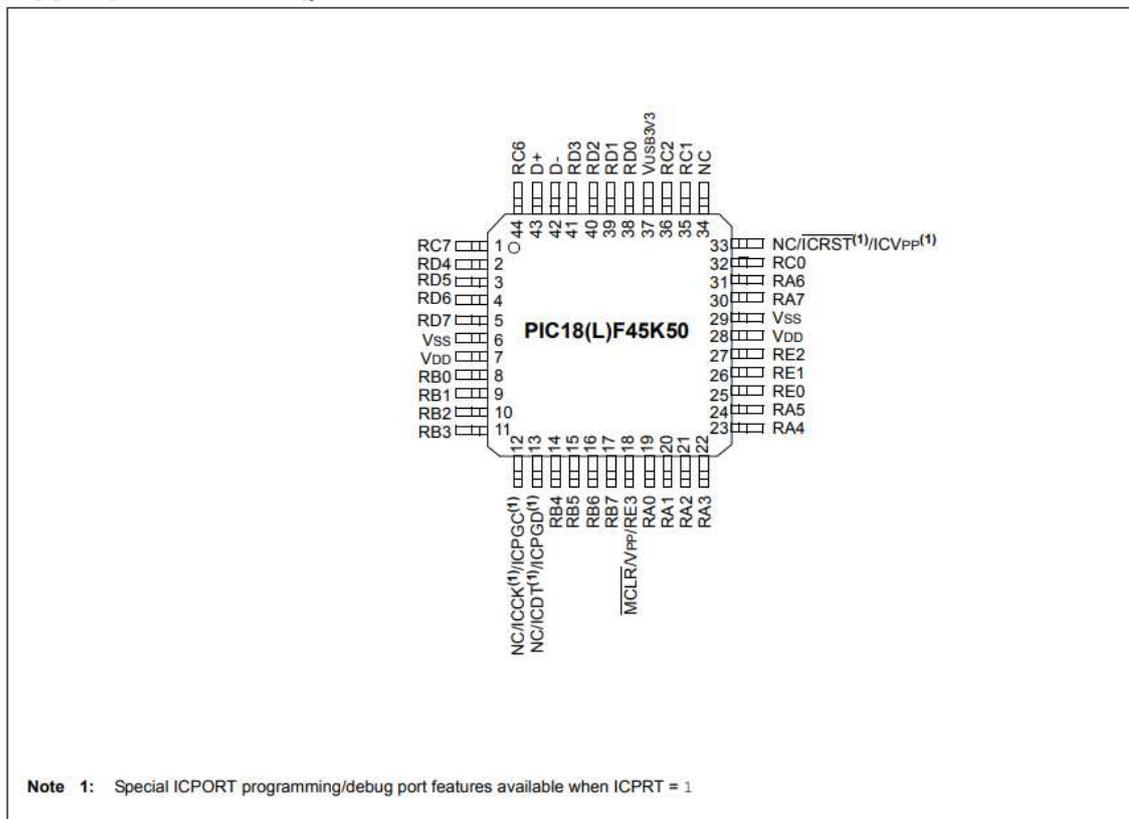
- Sleep mode: 20 nA, typical
- Watchdog Timer: 300 nA, typical
- Timer1 Oscillator: 800 nA @ 32 kHz
- Peripheral Module Disable

**Special Microcontroller Features:**

- Low-Power, High-Speed CMOS Flash Technology
- C Compiler Optimized Architecture for Re-Entrant Code
- Power Management Features:
  - Run: CPU on, peripherals on, SRAM on
  - Idle: CPU off, peripherals on, SRAM on
  - Sleep: CPU off, peripherals off, SRAM on
- Priority Levels for Interrupts
- Self-Programmable under Software Control
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
  - Programmable period from 4 ms to 131s
- Single-Supply In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) with Three Breakpoints via Two Pins
- Optional dedicated ICD/ICSP Port (44-pin TQFP Package Only)
- Wide Operating Voltage Range:
  - F devices: 2.3V to 5.5V
  - LF devices: 1.8V to 3.6V
- Flash Program Memory of 10,000 Erase/Write Cycles Minimum and 20-year Data Retention

# PIC18(L)F2X/45K50

FIGURE 5: 44-PIN TQFP



## ANEXO 3: HOJA DE DATOS DE PANTALLA HMI



专业素养、诚实守信、追求卓越  
Professional, Creditable, Successful

DMT80480T043\_01WTR\_数据手册  
Product Specification

### DMT80480T043\_01WTR

4.3 英寸, 800×480 图形点阵, 65K 色, DGUS 屏 (DGUS II

4.3 Inches, 800×RGB×480, 65K Colors, DGUS LCM (DGUS II



#### 修订记录

#### Record of Revision

日期 Revise Date	描述 Content
2018-07-09	首次发布 First Edition
2018-08-29	更改亮度参数 Modify Brightness
2020-09-28	更新实物图 Update physical drawing



## ● 显示性能参数 Display

参数 Item	数据 Parameter	说明 Description
颜色 Color	65K (65536) colors	16 bit color 5R6G5B
液晶类型 Panel Type	IPS	IPS 工艺 TFT 显示屏, 宽视角 IPS TFT LCM ,wide viewing angle
可视角度 Viewing Angle	85/85/85/85 (L/R/U/D)	最佳视角: 上下左右对称 Best View:symmetrical
显示尺寸 Active Area (A.A.)	95.0 mm(W)×53.4 mm(H)	800×480 Pixel
分辨率 Resolution	800×480 Pixel	可设置成 0°/90°/180°/270°显示模式 Support 0°/90°/180°/270° rotated display
背光模式 Backlight	LED	不低于 30000H (以最高亮度连续工作, 亮度减半时间) ≥ 30000H(Continuous working with maximum brightness, time of the brightness decays to 50%)
亮度 Brightness	220nit	可进行 100 级亮度调节 (当亮度调节至最高亮度的 1%~30%时, 可能出现闪烁现象, 不建议在此范围使 用)。 100 levels adjustment.(It's not recommend to set brightness to 1%~30% of the maximum,which may lead LCD flicker)

注: 超过 30 分钟长时间显示高对比度静止画面可能导致显示残影, 请增加屏保避免该问题。  
 Note: Displaying of high-contrast still images for more than 30 minutes may result in residual images. Please add  
 animation to avoid this problem.

## ● 电性能参数 Voltage &amp; Current

参数 Item	测试条件 Conditions	最小值 Min	典型值 Typ	最大值 Max	单位 Unit
工作电压 Power Voltage	-	6.0	12.0	36.0	V
工作电流 Operation Current	VCC = +12V, 背光亮度最大 VCC = +12V, Backlight on	-	160	-	mA
	VCC = +12V, 背光关闭 VCC = +12V, Backlight off	-	80	-	mA

推荐工作电源: 12V 1A 的直流稳压电源  
 Recommended power supply: 12V 1A DC

## ● 工作环境和可靠性参数 Reliability Test

参数 Item	测试环境 Conditions	最小值 Min	典型值 Typ	最大值 Max	单位 Unit
工作温度 Working Temperature	12V 电压下, 湿度 60% 60%RH at 12V voltage	-20	25	70	°C
储存温度 Storage Temperature	-	-30	25	85	°C
工作湿度 Working Humidity	25 °C	10%	60%	90%	RH
三防处理 Protective Paint	-	-	有 Yes	-	-
出厂前老化时间 Aging Test	-	-	72	-	H
静电防护能力 Electrostatic protection capability	空气放电 Air discharge	-	±8KV	-	-
	接触放电 Contact discharge	-	±8KV	-	-
群脉冲 Group pulse	组合式抗干扰度测试仪 (CCS500) GB/T17626.4-2008 2KV 100KHz	-	3 级	-	-

## ● 接口性能参数 Interface

参数 Item	测试条件 Conditions	最小值 Min	典型值 Typ	最大值 Max	单位 Unit
串口波特率 Baudrate	用户自定义 (硬件配置文件设置) User set	7841	115200	7833600	bps



专业素养、诚实守信、追求卓越  
Professional, Creditable, Successful

DMT80480T043\_01WTR\_数据手册  
Product Specification

串口输出电平 Output Voltage (TXD)	Output 1, Iout = 1mA	3.94	3.3	-	V
	Output 0, Iout = -1mA	-	0	0.3	V
串口输入电平 Input Voltage (RXD)	Input 1, Iin=1mA	2.4	3.3	5.0	V
	Input 0, Iin=-1mA	0	-	0.5	V
串口模式 Interface	串口电平选择跳线选择: ON=8N1 3.3V TTL/CMOS*2; OFF=8N1, RS232*2 兼容接口 Mode is determined by Jumper:ON=8N1,3.3V TTL/COMS*2;OFF=8N1,R232*2				
用户接口方式 Socket	8Pin 2.0mm 插座带锁扣 8PIN 2.0 mm with lock catch				
SD 卡接口 SD Slot	有 (FAT32 格式 SDHC) Yes (FAT32 file format, SDHC)				
扬声器 Speaker	2Pin_2.0mm				

#### ● 存储器特性 Memory

存储器类别 Item	参数 Parameter	功能 Features	说明 Description
FLASH 存储器	256Mbytes	64Mbytes 字库存储空间 64Mbytes Space of Font	单个字库 256Kbytes, 储存字库、图标库及其他二进制文件。 A single font of 256Kbytes, store font, icon libraries, and other binary files.
		192Mbytes 图片存储空间 192Mbytes Picture Storage	245 幅 245Pcs
RAM 存储器	128Kbytes	变量存储空间 Variable Storage Space	掉电不保存 Data is not saved when power down
Nor Flash 存储器	320Kbytes	用户数据库 User database	掉电保存 Data is saved when power down

#### ● UI 和外设支持 UI & Peripheral

UI 和外设 UI&Peripherals	
UI 版本 UI Version	T5UID2
支持外设 Peripherals	电阻式触摸屏, 扬声器, 内置 RTC Resistance touch panel, Speaker, Built - in RTC

#### ● 包装和物理尺寸 Packing Capacity & Dimension

尺寸 Dimension				
外形尺寸 Dimension	121.9 (W)×73.2 (H)×13.8mm			
净重量 Net Weight	105g			
包装标准 Packing Capacity				
包装箱型号 Model	包装箱尺寸 Size	层数 (层) Layer	数量/层 (片) Quantity/Layer	总数量 (片) Quantity(Pcs)
1 号箱 Carton1:	220mm(L)×160mm(W)×47mm (H)	1	2	2
2 号箱 Carton2:	250mm(L)×200mm(W)×80mm (H)	2	2	4
3 号箱 Carton3:	320mm(L)×270mm(W)×80mm (H)	2	4	8
4 号箱 Carton4:	450mm(L)×350mm(W)×300mm(H)	2	25	50
5 号箱 Carton5:	600mm(L)×450mm(W)×300mm(H)	2	60	120

## Paints and varnishes — Determination of scratch resistance —

### Part 1: Constant-loading method

#### 1 Scope

This part of ISO 1518 specifies a test method for determining under defined conditions the resistance of a single coating or a multi-coat system of paint, varnish or related product to penetration by scratching with a scratch stylus loaded with a specified load. Penetration of the stylus is to the substrate, except in the case of a multi-coat system, in which case the stylus can penetrate either to the substrate or to an intermediate coat.

The method specified can be carried out

- a) either as a “pass/fail” test, by testing with a single specified load applied to the stylus to assess compliance with a particular specification;
- b) or by applying increasing loads to the stylus to determine the minimum load at which the coating is penetrated.

#### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 1513, *Paints and varnishes — Examination and preparation of test samples*

ISO 1514, *Paints and varnishes — Standard panels for testing*

ISO 2808, *Paints and varnishes — Determination of film thickness*

ISO 15528, *Paints, varnishes and raw materials for paints and varnishes — Sampling*

#### 3 Principle

A scratch stylus loaded with a specified load is drawn over a coating at a constant speed. The following test parameters are specified:

- the geometry of the stylus tip;
- the range within which the test load may lie and the increments by which it may be increased;
- the procedure by which the stylus is lowered on to the coating;
- the speed at which the stylus travels and the minimum length of the scratch.

## ISO 1518-1:2011(E)

The scratch is examined to see if the coating has been penetrated to the extent specified for a single specified test load ("pass/fail" test) or to determine the minimum test load required for penetration.

### 4 Apparatus

4.1 **Scratch apparatus**, two versions of which are illustrated in Figure 1 and Figure 2, with the following characteristics:

- The test load acting on the scratch stylus fixed to the load beam can be produced either by a weight attached to the stylus (see Figure 1) or by a weight which slides along a graduated load beam (see Figure 2).
- The test load shall be 1 N to 20 N, shall be adjustable in increments of 0,5 N and shall be accurate to within 0,2 N.
- The test panel held in a panel holder is moved relative to the stylus by means of a linear actuator driven by a motor. The speed at which the stylus travels shall be  $(35 \pm 5)$  mm/s and the length of the scratch shall be at least 40 mm. The length of the scratch can affect the result.
- A lowering device with a flat ramp brings the stylus smoothly into contact with the coating at the beginning of the movement of the panel holder. The angle of the ramp shall be  $(12,5 \pm 2,5)^\circ$ .

Some types of apparatus are designed so that the load beam moves and the test panel is fixed. Such types of apparatus may also be used.

4.2 **Scratch stylus A**, having a hemispherical hard-metal tip of radius  $(0,50 \pm 0,01)$  mm.

4.3 **Scratch stylus B**, having a hemispherical hard-metal tip of radius  $(0,25 \pm 0,01)$  mm.

4.4 **Scratch stylus C**, having a hemispherical synthetic-ruby tip of radius  $(0,50 \pm 0,01)$  mm.

4.5 **Scratch stylus D**, having a hemispherical synthetic-ruby tip of radius  $(0,25 \pm 0,01)$  mm.

4.6 **Indicating device**, based on electrical contact between the stylus and the metallic substrate, to show when the coating has been penetrated.

NOTE 1 This device is not suitable for paints containing electrically conducting pigments, for non-metallic substrates or if penetration to an intermediate non-conducting coat is required.

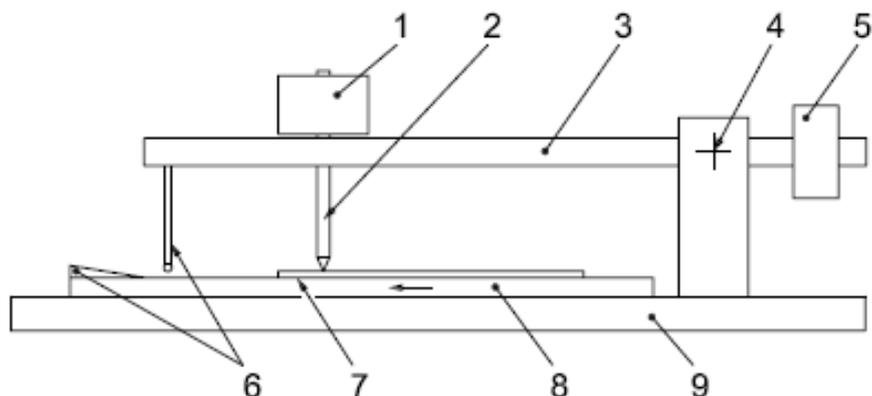
NOTE 2 The indicating device can only be used when certain parts of the scratch apparatus are electrically insulated.

4.7 **Magnifying lens**, with at least  $\times 4$  magnification.

### 5 Sampling

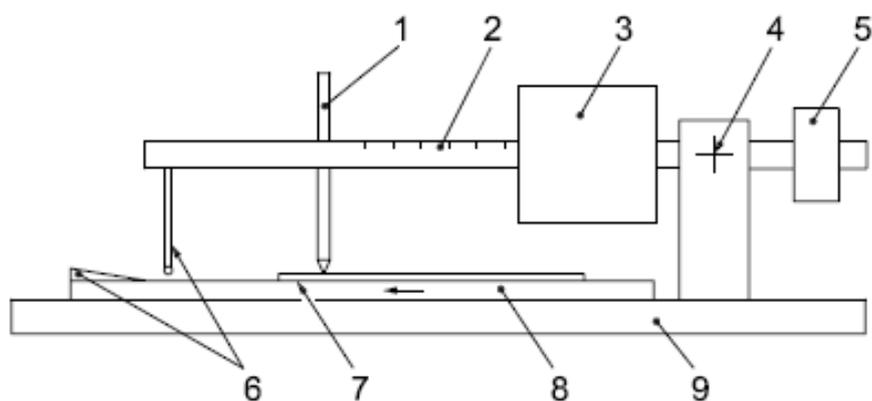
Take a representative sample of the product to be tested (or of each product in the case of a multi-coat system), as described in ISO 15528.

Examine and prepare each sample for testing, as described in ISO 1513.

**Key**

- 1 weight
- 2 scratch stylus
- 3 load beam
- 4 pivot bearing for load beam
- 5 tare weight
- 6 lowering device (ramp and guide pin)
- 7 test panel
- 8 test panel holder (designed to be driven by a motor to move in the direction of the arrow)
- 9 baseplate

Figure 1 — Scratch apparatus — Version with the weight attached to the stylus

**Key**

- 1 stylus
- 2 load beam with scale
- 3 sliding weight
- 4 pivot bearing for load beam
- 5 tare weight
- 6 lowering device (ramp and guide pin)
- 7 test panel
- 8 test panel holder (designed to be driven by a motor to move in the direction of the arrow)
- 9 baseplate

Figure 2 — Scratch apparatus — Version with a sliding weight

## ISO 1518-1:2011(E)

### 6 Test panels

#### 6.1 Substrate

The test panels shall be made of steel with a thickness of 0,7 mm to 1,0 mm and shall conform to the requirements of ISO 1514. The panels should preferably have a size of 200 mm × 100 mm.

#### 6.2 Preparation and coating

Prepare each test panel in accordance with ISO 1514 and coat it according to the specified method with the product or system under test.

The method of application of the coating shall be as specified by the manufacturer or agreed between the interested parties and shall be included in the test report [see Clause 9, item c) 2)].

#### 6.3 Drying and conditioning

Dry (or stove) and age, if applicable, each coated test panel for the specified time and under the specified conditions. Before testing, condition the coated panels at a temperature of  $(23 \pm 2)$  °C and a relative humidity of  $(50 \pm 5)$  % (i.e. in accordance with ISO 3270) for a minimum period of 16 h. Carry out the test procedure immediately after the removal of the test panels from the conditioning chamber.

The drying (or stoving) and ageing time and conditions shall be as specified by the manufacturer or agreed between interested parties and shall be included in the test report [see Clause 9, item c) 3)].

#### 6.4 Thickness of coating

Determine the thickness, in micrometres, of the dried coating by one of the procedures specified in ISO 2808.

The dry-film thickness shall be as specified by the manufacturer or agreed between the interested parties and shall be included in the test report [see Clause 9, item c) 4)].

### 7 Procedure

#### 7.1 Test conditions

Carry out the test at  $(23 \pm 2)$  °C and a relative humidity of  $(50 \pm 5)$  %.

#### 7.2 General test procedure

7.2.1 Clamp a coated test panel on the panel holder with the coating facing upwards. Position the test panel so that the distance between the scratches to be made will be at least 5 mm and the distance from the scratches to the edge of the test panel will be at least 10 mm.

7.2.2 Fix the scratch stylus in the load beam so that, when in position on the test panel, the stylus will be perpendicular to the panel.

7.2.3 With the stylus unloaded, balance the load beam by means of the tare weight.

7.2.4 Adjust the test load to the required value by placing a weight on the stylus or by moving the sliding weight, depending on the type of apparatus used.

7.2.5 Activate the indicating device, if used, and check that it is functioning correctly.

7.2.6 Start the motor of the apparatus and allow the scratch to be made in the coating. Observe the indicating device during the test, if appropriate, to determine whether electrical contact occurs between the stylus and the substrate.

7.2.7 Remove the panel and immediately examine the scratch, with the aid of the magnifying lens, for penetration to the extent specified.

### 7.3 Procedure for a single specified load ("pass/fail" test)

Carry out the procedure specified in 7.2 three times on each of two test panels. If the coating has not been penetrated beyond the specified extent in any of the six test runs, report the result as "pass". If the coating has been penetrated beyond the specified extent in one or more of the six test runs, report the result as "fail".

### 7.4 Procedure for determination of the minimum load to cause penetration

Carry out the procedure specified in 7.2, starting at a load which is somewhat less than that expected to cause penetration of the coating. Progressively increase the load on the stylus in suitable increments until the coating is penetrated. Record the minimum load at which the stylus penetrates the coating to the extent specified. Repeat the procedure on a further two panels. Report the lowest result, in newtons, of the three determinations.

## 8 Precision

In order to determine the precision of the test method, an interlaboratory test was carried out. Four participants tested three different coating systems.

Using the procedure specified in this part of ISO 1518, the minimum load was recorded at which penetration of the stylus to the next layer, as determined by visual examination.

A repeatability limit,  $r$ , as defined in ISO 5725-1, could not be determined for this type of destructive test.

The visual inspection of the scratch has a considerable influence on the test result. The visual examination of scratches on "poor" coatings is easy whereas, with scratch-resistant coatings, the onset of scratching is significantly more difficult to observe.

It was agreed by the participants in the interlaboratory test that only the reproducibility limit, ( $R$ ) (= 30 %), should be stated in this part of ISO 1518 to give an approximate indication of the precision.

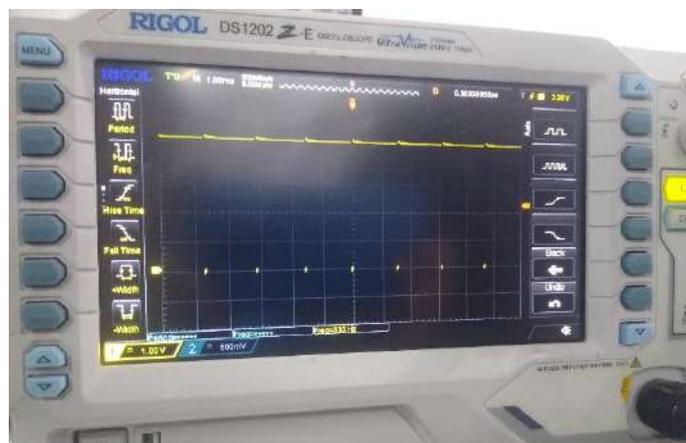
## ANEXO 5: IMÁGENES DE DESARROLLO DE PROYECTO



*Pesas de diferentes cargas para uso en la máquina de pruebas de resistencia en recubrimientos.*



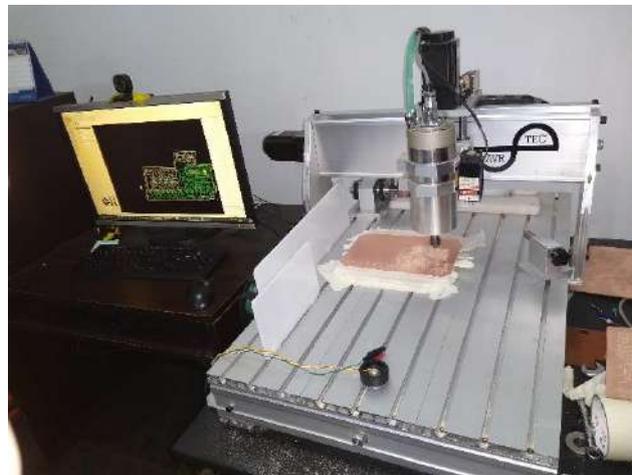
*Osciloscopio mostrando salida de uno de los pines del MCU, el cual activa el buzzer la muestra una medida cercana a 5V al momento de su activación*



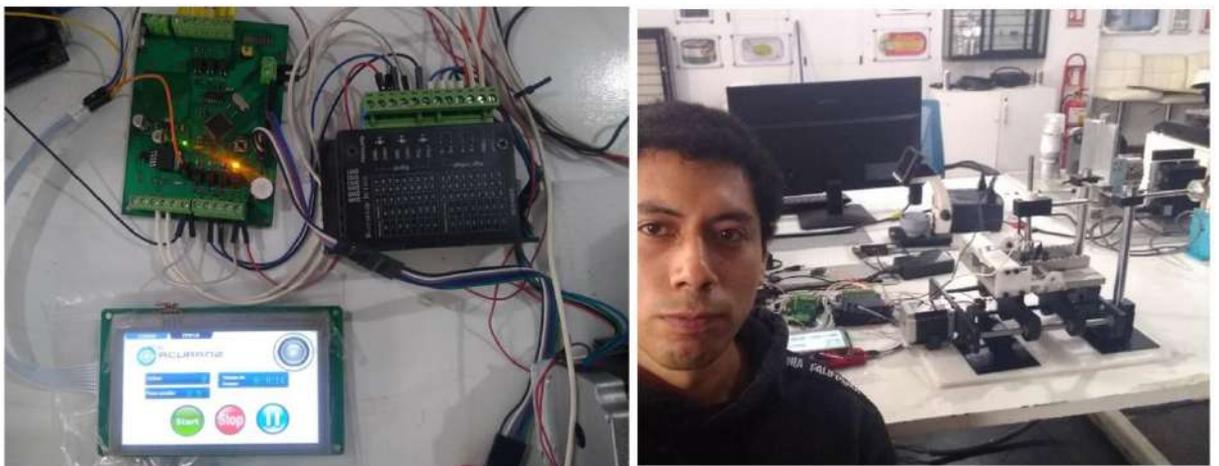
*Osciloscopio mostrando salida de uno de los pines del MCU, el cual activa el tren de pulsos de 5V de unos 833 Hz, el cual entra al driver para el movimiento del motor.*



*Microscopio óptico Carl Zeiss, usado para inspección visual, se usó varios aumentos, según norma se debe observar un al menos un lente de mínimo 5 aumentos.*



*Ruteador CNC que se usó para fabricación la PCB de primeras pruebas.*



*Sistema electrónico, PCB versión final de fabricación nacional, pruebas de funcionamiento sin carcasa*