



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
DIRECCION DE AREA DE CONOCIMIENTO DE TECNOLOGIA  
DE LA INFORMACION Y COMUNICACIÓN.**

**Trabajo monográfico para optar al título de ingeniero electrónico**

**Diseño de un prototipo de megohmetro para mediciones de la resistencia de  
aislamiento eléctrico en cables.**

**Autor:**

**Br. Yesenia de los Ángeles Torrez González Carnet: 2013-61746**

**Tutor:**

**Msc. Dora Inés Reyes Chávez**

**Febrero 2024**

**Managua, Nicaragua**



## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios por guiar mi camino porque ha sido fundamental en mi vida, por darme salud y fortaleza para lograr cada una de las metas propuesta, por haber puesto en mi camino a personas excepcionales que me brindaron su apoyo desde el día uno sin conocerme, por todas y cada una de las personas que han aportado en mi vida conocimiento y experiencia para llevar a cabo mi proyecto.

A mi madre Bertha González por ser mi pilar, apoyarme y brindarme su amor incondicional y estar cada vez que sentí que no lo lograría. Por todo el esfuerzo que realizo para que alcanzara una buena educación.

A mi tía Jasmina González por abrir las puertas de su casa, tratarme como una hija más y apoyarme en el transcurso de mi carrera. A mi esposo por ser parte del proceso por alentarme a alcanzar todas las metas propuestas en mi vida.

## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios por permitirme concluir mis estudios, a mi madre por ser el pilar fundamental para poder culminar mi carrera profesional.

A Dios por bendecirme por darme salud y sabiduría para poder culminar esta trayectoria, a mi mamá por su infinito amor, comprensión y hacer de mí una persona de bien por ser el principal motor en mi vida.

A mis amigos que estuvieron ahí siempre motivándome, ayudándome gracias por animarme en los momentos complicados, estoy inmensamente agradecida con ustedes, a mi tutora Msc. Dora Inés Reyes Chávez. por ser parte de mi formación profesional, una trayectoria larga hasta el momento, pero gracias a sus buenos deseos, sus aportes fui capaz de culminar y cumplir esta meta.

## **Resumen**

El propósito de este trabajo monográfico es brindar información a las personas de cuán importante es realizar mediciones periódicas de la resistencia de aislamiento eléctrico en cables en los hogares o en cualquier parte en que se encuentre. Con el fin de brindar la información necesaria para que cada individuo pueda realizar este equipo de medición, y así cuidar el entorno donde se habita.

En este trabajo se presenta el diseño del prototipo y las etapas en que se fueron construyendo.

En el capítulo II se abordan la información necesaria sobre la medición de la resistencia de aislamiento eléctrico en cables, como también la descripción del esquema del circuito a realizar, el diseño de la programación del microcontrolador la base de datos, en secuencia a esto el paso a paso de la elaboración del prototipo.

Dando continuidad a eso la evaluación y monitoreo del funcionamiento del equipo realizado, llevando a cabo las pruebas pertinentes del desempeño del prototipo para asegurar su debida funcionalidad y de esta forma corroborar el buen funcionamiento de este aparato de medición.

## **Abstract**

The purpose of this monographic work is to provide information to people about how important it is to carry out periodic measurements of the electrical insulation resistance in cables in homes or anywhere they are located. In order to provide the necessary information so that each individual can carry out this measuring equipment, and thus take care of the environment where they live.

This work presents the design of the prototype and the stages in which it was built.

Chapter II addresses the necessary information on the measurement of electrical insulation resistance in cables, as well as the description of the circuit diagram to be made, the design of the microcontroller programming, the database, in sequence to this, the step step by step of the development of the prototype.

Giving continuity to this is the evaluation and monitoring of the operation of the equipment carried out, carrying out the pertinent tests of the performance of the prototype to ensure its proper functionality and thus corroborate the proper functioning of this measuring device.

Introducción.....	1
Objetivos .....	2
Objetivo General .....	2
Objetivos Especifico.....	2
Justificación.....	3
Capítulo I: Marco teórico .....	4
1.1. Megohmetro .....	4
1.1.1. Resistencia de aislamiento.....	7
1.1.2. Factores que influyen en el deterioro de la resistencia de aislamiento.	8
1.1.3. Medición de resistencia de aislamiento.....	9
1.1.4. Evaluación de la resistencia de aislamiento en cables.....	10
1.1.5. Importancia de la medición de la resistencia de aislamiento.....	10
1.1.6. Mención de la resistencia de aislamiento eléctrico según normativa. ...	11
1.2 Tipos de megohmetro.....	13
1.2.1 Medidor de aislamiento MIC-2.....	13
1.2.2 Megohmetro medidor de aislamiento MIC-3.....	14
1.2.3 Medidor / Comprobador de aislamiento MIC-1000 .....	14
1.2.4 Medidor de aislamiento MIC-2500 .....	14
1.2.5 Medidor de resistencia de aislamiento MIC-5000 .....	14
1.3 Lenguaje de programación.....	14
1.4 Arduino.....	15
1.4.1 Arduino Duemilanove. ....	16
1.4.2 Arduino Mega .....	17
1.4.3 Arduino nano .....	18

1.4.4	Arduino pro .....	18
1.5	Interfaz gráfica .....	19
	Capitulo II Análisis y presentación de resultado.....	21
2.1.	Diagrama de bloque del prototipo .....	23
	Fuente de alto voltaje .....	23
	Sensor,.....	24
	Microcontrolador,.....	24
	Fuente de 5 voltios,.....	24
	Presentación de resultados.....	24
2.2.	Arduino nano: .....	24
2.3.	Pantalla LCD 16X2.....	27
2.4.	Base de datos .....	28
2.5.	Etapa de potencia.....	29
2.6.	Multiplicador de voltaje.....	30
2.7.	Esquema del circuito .....	32
2.8.	Elaboración de prototipo .....	33
2.9.	Lógica de programación del microcontrolador .....	38
2.10.	Prototipo final.....	41
2.11.	Diseño .....	43
2.12.	Herramientas .....	45
2.12.1.	Proteus.....	45
2.12.2.	Arduino .....	47
2.12.3.	Comparación .....	48
2.12.4	Presupuesto.....	52
	Conclusiones.....	54

Recomendaciones o mejoras .....	55
Bibliografía .....	56
Anexos .....	60

Figura 1. Megohmetros. ....	4
Figura 2. Ley de ohm. ....	6
Figura 3. Megohmetro Digital. ....	7
Figura 4. Megohmetro Analógico.....	7
Figura 5. Porcentaje de daños. ....	9
Figura 6. Medición de aislamiento.....	10
Figura 7. Determinación de tensiones de prueba.....	13
Figura 8. Arduino-Duemilanove. ....	16
Figura 9. Arduino Mega. ....	17
Figura 10. Arduino Nano. ....	18
Figura 11. Arduino Pro.....	19
Figura 12. Interfaz Gráfica.....	20
Figura 13. Diagrama de bloque. ....	23
Figura 14. Tabla comparativa. ....	25
Figura 15. Características de Arduino nano. ....	26
Figura 16. Características de Arduino mega.....	26
Figura 17. Pantalla LCD 16*2 y Características. ....	27
Figura 18. Pantalla LCD 20*4.....	28
Figura 19. Base de datos. ....	29
Figura 20. Autotransformador. ....	30
Figura 21. Multiplicador de voltaje.....	30
Figura 22. Esquema del circuito. ....	32
Figura 23. Sensores resistivos VX, RX. ....	34
Figura 24. Etapa de censado uno. ....	34
Figura 25. Etapa de censado dos.....	35
Figura 26. Valor de RX. ....	37
Figura 27. RX simulado con potenciómetro al 100%.....	37
Figura 28. Algoritmo de programación. ....	39
Figura 29. Prototipo final proteus. ....	41
Figura 30. Tarjeta PCB quemada. ....	42
Figura 31. PCB perforada con componentes. ....	42

Figura 32. Diseño del Multiplicador en PCB.....	43
Figura 33. PCB parte de control.....	44
Figura 34. PCB potencia y control conectadas.....	45
Figura 35. Diagrama Esquemático.....	46
Figura 36. Diseño de las pistas en el simulador.....	46
Figura 37. Diseño en 3D.....	47
Figura 38. Parte de la programación.....	48
Figura 39. Equipo de medición.....	49
Figura 40. Pruebas con un equipo de medición.....	50
Figura 41. Prueba de continuidad.....	50
Figura 42. Realización de mediciones.....	51
Figura 43. Mediciones con el prototipo.....	51
Figura 44. Megohmetro producto final.....	52
Figura 45. Listado de componentes, presupuesto.....	53

## Introducción

El motivo por el cual se diseñó un prototipo de megohmetro es debido que en la sociedad donde laboran muchos ingenieros eléctricos, electrónicos, técnicos, en el área de electricidad, es necesario obtener este tipo de dispositivo el cual permite llevar a cabo distintas mediciones de aislamientos eléctrico en diferentes lugares.

Es una necesidad para quienes laboran en este campo obtener un dispositivo como este, que sea práctico y amigable con el usuario tomando en cuenta la utilidad y los distintos lugares en los cuales se va a utilizar, sin embargo, hay limitaciones como lo es su valor en el mercado y que este tipo de tecnología mayormente se exporta, por tales razones se realiza esta investigación para diseñar un prototipo, con el fin de proveer la información necesaria para que se pueda realizar este tipo de dispositivo dentro del país, que sea funcional, de calidad y a un menor costo.

Teniendo presente que el aislamiento eléctrico se degrada a lo largo del tiempo debido a los diferentes ambientes a las cuales es sometido durante su vida útil, normalmente el aislamiento se diseñó para soportar estas condiciones durante una cantidad de años. Por tales razones es una buena práctica realizar pruebas regularmente para determinar si ocurre un envejecimiento acelerado y de ser posible, identificar si los efectos se pueden revertir o no.

La mayoría de los casos los profesionales de mantenimiento eléctrico han realizado pruebas puntuales, donde se aplica un voltaje al aislamiento y se mide una resistencia. En este caso el diagnóstico se limita a “el aislamiento está en buen estado” o a “el aislamiento está en mal estado”.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Diseño de un prototipo de megohmetro que nos permita realizar las mediciones de la resistencia de aislamiento eléctrico en cables, de fácil manejo y menor costo respecto al valor que este tiene en el mercado.

### **Objetivos Específico**

- Definir términos de referencia de megohmetro para medir la resistencia de aislamiento eléctrico.
- Diseñar el esquema del circuito, programación del microcontrolador y base de datos para guardar la información de las mediciones.
- Elaborar un prototipo del megohmetro.
- Evaluar el desempeño del prototipo con respecto a un megohmetro comercial.

## Justificación

En la actualidad contamos con muchos dispositivos, gracias al avance de la tecnología como base principal para un cambio positivo en el mundo entero, esto viene a facilitar la labor diaria de muchas personas, ya que hoy en día muchos de los trabajos que se realizan dependen de aparatos o instrumentos eléctricos o electrónicos, lo cual revoluciona la vida del ser humano. Muchos de estos aparatos ya se encuentran en el mercado, pero con un valor bastante elevado.

Mi propuesta es diseñar un prototipo de megohmetro y brindar la información necesaria para poder desarrollar este dispositivo, desde el punto de vista que este sea funcional de fácil manejo y portabilidad. Con la información requerida el usuario podrá elaborar su propio dispositivo que sea de utilidad, buena calidad y que le haga sentir satisfecho con su producto, puesto que le brindare todas las condiciones para realizar su trabajo.

Dado los altos costos no todos tienen la posibilidad de pagar altas cantidades, por un aparato de medición como es el megohmetro, aunque hay quienes hacen el esfuerzo por reunir el dinero y comprarlo, puesto que su trabajo lo demanda. Este dispositivo es necesario y usado con mucha frecuencia por trabajadores, tales como empíricos, técnicos, ingenieros eléctricos y electrónicos para desempeñar sus funciones, ya sea en el campo, en casa, en plantas hidroeléctricas o subestaciones; cabe destacar que todo esto es a diferentes rangos de voltaje según el campo en el cual se le de uso.

Llevar a cabo el diseño de un prototipo de un megohmetro con rangos de mediciones de 0 a 750 V DC máximos, en el que se pueda realizar medidas de resistencia de aislamiento eléctrico en cables. Con el fin no solo de que este sea un aparato de bajo costo, si no que sea un producto elaborado dentro del país y que cada individuo que tenga la destreza de elaborarlo pueda hacerlo siempre y cuando se tome las debidas medidas de seguridad.

## Capítulo I: Marco teórico

### 1.1. Megohmetro

El megohmetro es un instrumento de medición que permite cuantificar, en  $M\Omega$ , el grado de aislación de un elemento eléctrico o electromecánico; tiene uso frecuente en la fabricación y el mantenimiento de motores eléctricos, transformadores, grupos electrógenos, aislamientos eléctricos, cables, sistemas eléctricos de puesta a tierra, etcétera. (De maquinas y herramientas, 2018)

En la figura 1 se observan diferentes tipos de megohmetro y con diferentes funciones cada uno, ya sean analógicos o digitales.



Figura 1. Megohmetros.

Herramientas de medición y control, (2018)

En el transcurso de los años las causas más comunes de incendio relacionados a la instalación eléctrica, son las relacionadas a sobrecargas en cables eléctricos. Debemos recordar que el aislamiento en los cables nos sirve para evitar fugas de corriente hacia el exterior. Aunque el cable está diseñado para durar varios años

(se dice que entre 20 a 30 años), el aislamiento sufre un deterioro con el paso del tiempo debido a daños mecánicos, vibraciones, calor o frío excesivo, suciedad, aceite, vapores corrosivos, humedad en los procesos, etc. (Seguridad con electricidad, 2010)

Por esta razón, es importante llevar a cabo mediciones periódicas de las condiciones del aislamiento. Según datos de la NFPA, de 1993 a 1997, hubo en Estados Unidos 41,200 incendios domésticos relacionados a problemas con la distribución de la energía eléctrica, que ocasionaron la muerte de 336 civiles. De este total de incendios, la principal causa fue el cableado de la instalación (34.7%). (Seguridad con electricidad, 2010)

Por lo antes mencionado se consideró necesario realizar mediciones a la resistencia de aislamiento eléctrico en cables de forma continua. Recalcando que muchas viviendas cuentan con un sistema eléctrico el cual tiene muchos años de existencia por ende no se sabe si este aún se encuentra en óptimas condiciones.

Es necesario determinar si se cuenta con una buena resistencia de aislamiento eléctrico. Sin embargo, no se cuenta con este equipo en las viviendas, en el campo u otro sitio de trabajo, cabe destacar que hasta hace algunos años estos dispositivos, eran rústicos y pesados, cargar con ello era tedioso, hoy día son más fáciles de llevar, pero aún siguen teniendo precios elevados tomando en cuenta que la mayoría de la población nicaragüense cuenta con el salario básico o con el día a día.

Por los motivos antes mencionados el desarrollar un dispositivo que ayude a solucionar esta necesidad, es parte de nuestros objetivos brindar soluciones de la mejor manera posible, tomando en cuenta la consulta de diferentes documentos, en los cuales se hace referencia a la forma en que este funciona.

Una vez recopilada la información se procede a realizar este equipo de medición, de forma amigable para quienes deseen llevarlo a la práctica. El desarrollo de

este se realizará utilizando la ley de OHM donde sabemos que V (voltaje) es igual a I (corriente) por R (resistencia)  $V=I \cdot R$ .

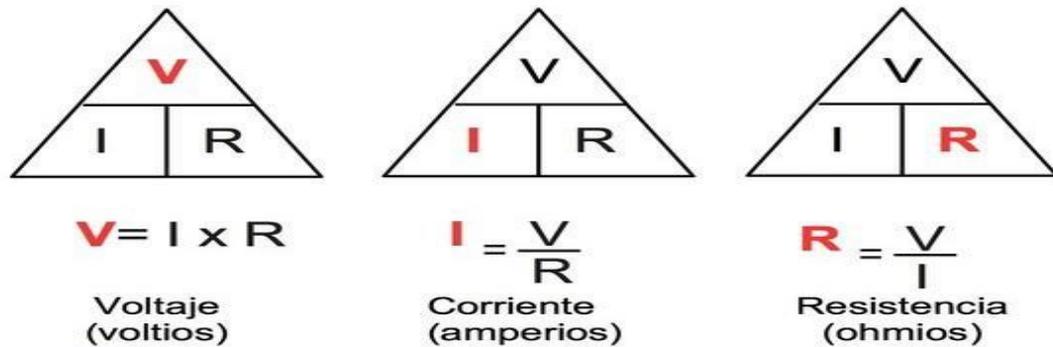


Figura 2. Ley de ohm.

Gouveia, (2022)

Podemos observar en la figura 2, las diferentes representaciones de la ley de ohm, en este caso se necesita encontrar la resistencia, es por ello que se utilizó la fórmula número 3 de la imagen, es decir, la resistencia (R) va hacer igual al voltaje (V) entre la corriente (I).  $R= V/I$

El megohmetro como equipo de medición a través del tiempo ha cambiado sus presentaciones desde lo más robusto hasta dispositivos más compactos. Se pueden observar en la figura 3 y 4, equipos de medición que realizan la misma función con diferente presentación, en la figura a), se observa un equipo compacto, cómodo, digital, pequeño en comparación al anterior, precios por encima del salario mínimo en la actualidad, y aún hay muy pocos en el mercado, debido al uso y utilidad que se le da. En la figura b), se muestra un modelo de megohmetro analógico de los años 1980-1990, pesado, complejo de usar, y difícil de adquirir por su precio y no lo venden en el mercado local.



Figura 3. Megohmetro Digital.

Soriano, (2017)



Figura 4. Megohmetro Analógico.

Megger, (2022)

### 1.1.1. Resistencia de aislamiento.

La resistencia de aislamiento es un parámetro que caracteriza la red eléctrica, siendo uno de los criterios más importantes para evaluar la calidad y seguridad de uso. El control del estado del aislamiento es uno de los requisitos legales e

incluye la verificación periódica de las instalaciones. La resistencia del aislamiento no es solamente una medición de la resistencia entre dos filamentos en el interior del cable, También es la resistencia superficial del aislamiento que depende de lo limpia que está la superficie; Más allá de la resistencia entre los filamentos del cable, también es importante la resistencia entre cada filamento y la toma de tierra, la resistencia del aislamiento permite detectar los daños invisibles de los cables y de la instalación por daños mecánicos del cable, humedad y suciedad. Llevar a cabo las mediciones con distinta temperatura y humedad también permite valorar el estado y la calidad del aislamiento del cable. (Axiomet, 2023)

### **1.1.2. Factores que influyen en el deterioro de la resistencia de aislamiento.**

Fatiga de origen eléctrico, está relacionada principalmente con fenómenos de sobretensión y caídas de tensión.

Fatiga de origen mecánico, los ciclos de puesta en marcha y paro, sobre todo si son frecuentes, los defectos de equilibrado de máquinas rotativas y todos los golpes directos contra los cables y, de forma más general, contra las instalaciones.

Fatiga de origen químico, la proximidad de productos químicos, de aceites, de vapores corrosivos y de modo general, el polvo, afectan el rendimiento del aislamiento de los materiales.

Fatiga relacionada con los cambios de temperatura, las temperaturas extremas es también un factor de envejecimiento de los materiales, contaminación ambiente, la aparición de moho y la acumulación de partículas en entornos húmedos y calurosos provocan también la degradación de las características de aislamiento de las instalaciones. (Chauvin-arnoux, 2010)

En la figura 4 se observa cual del factor de deterioro es más recurrente en el día a día.

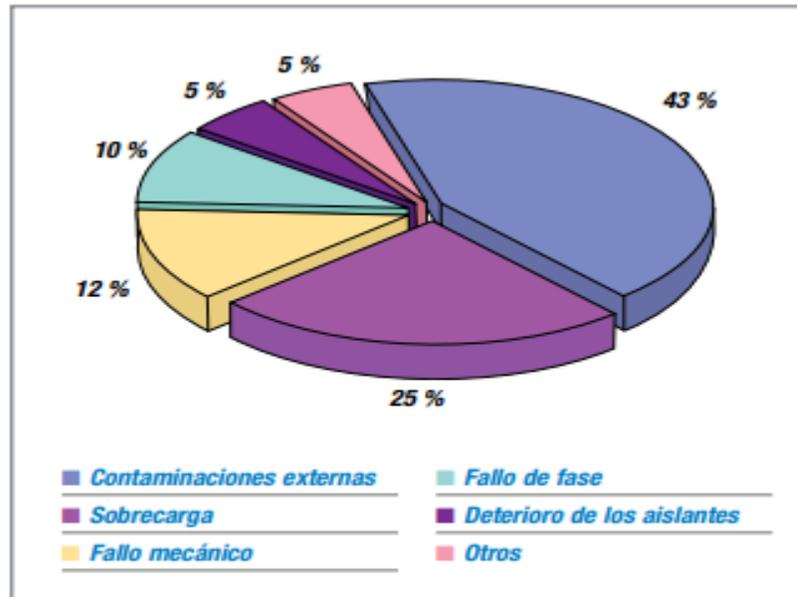


Figura 5. Porcentaje de daños.

Chauvin Arnoux, (2010)

### 1.1.3. Medición de resistencia de aislamiento.

La medición de la resistencia se basa en la ley de Ohm. Al aplicar una tensión continua con un valor conocido e inferior al de la prueba dieléctrica y a continuación medir la corriente en circulación, es posible determinar fácilmente el valor de la resistencia. Por principio, la resistencia del aislamiento presenta un valor muy elevado, pero no infinito, por lo tanto, mediante la medición de la débil corriente en circulación el megohmetro indica el valor de la resistencia del aislamiento con un resultado en  $k\Omega$ ,  $M\Omega$ ,  $G\Omega$ , incluso en  $T\Omega$  en algunos modelos. Esta resistencia muestra la calidad del aislamiento entre dos elementos conductores y proporciona una buena indicación sobre los riesgos de circulación de corrientes de fuga. Existe un cierto número de factores que afectan el valor de la resistencia del aislamiento, así pues, el valor de la corriente que circula cuando se aplica una tensión constante al circuito durante la prueba puede variar. Estos factores, por ejemplo, la temperatura o la humedad, pueden modificar considerablemente la medición. Analicemos primero partiendo de la hipótesis de

que estos factores no influyan la medición, la naturaleza de las corrientes que circulan durante una medición del aislamiento. (Chauvin-arnoux, 2010)



Figura 6. Medición de aislamiento.

FARADAYOS, (2015)

#### **1.1.4. Evaluación de la resistencia de aislamiento en cables.**

Es una práctica fundamental para comprender el funcionamiento de circuitos eléctricos y el flujo de energía dentro del cableado. La resistencia de aislamiento varía entre diferentes materiales, tipos de cable y características internas del conductor. Es importante conocer y medir esta resistencia para asegurarse que los equipos eléctricos estén trabajando de manera segura y confiable.

Las pruebas de aislamiento se realizan para garantizar que el material aislante cumpla con los requerimientos para proporcionar protección eléctrica. La evaluación de la resistencia de aislamiento ayuda a tomar decisiones cuando se trata de diseñar y construir circuitos eléctricos. (Electropreguntas, 2023)

#### **1.1.5. Importancia de la medición de la resistencia de aislamiento.**

El control de la resistencia de aislamiento es crítico por varias razones. Primero, ayuda a prevenir accidentes eléctricos potencialmente fatales. Puede ser peligroso cuando la resistencia de aislamiento es demasiado baja, ya que expone a las personas a cargas eléctricas peligrosas. Además, una resistencia de aislamiento insuficiente en los circuitos puede provocar una sobrecarga. (Electropreguntas, 2023)

Si una degradación avanzada del aislamiento permanece sin detectarse, existe mayor probabilidad de descarga eléctrica y aún de muerte para el personal; hay mayor probabilidad de incendio producido eléctricamente; la vida útil del equipo eléctrico se puede reducir y/o las instalaciones pueden experimentar períodos inactivos no programados y costosos. La medición de la calidad del aislamiento 4 guía de pruebas de diagnóstico de aislamiento a voltajes superiores a 1 KV de manera regular es una parte crucial de cualquier programa de mantenimiento dado que ayuda a predecir y prevenir rupturas de equipos eléctricos (Artec-ingeniería, 2023)

Es importante destacar que la resistencia de aislamiento no es una medición fija y está sujeta a cambios dependiendo de la humedad, la temperatura y otros factores ambientales. Por lo tanto, se recomienda realizar mediciones periódicas para asegurarse de que los circuitos funcionen de manera segura y eficaz.

#### **1.1.6. Mención de la resistencia de aislamiento eléctrico según normativa.**

Citando algunas normativas eléctricas con respecto a la resistencia de aislamiento, no se encuentra alguna como tal que regule esto, si se habla con respecto al aislamiento en otros equipos y maquinarias, Sin embargo, los diferentes fabricantes brindan algunas especificaciones según sea el tipo de cable y calibre correspondiente.

Posteriormente se observan algunas normas internacionales de la UNE las cuales hablan del aislamiento con diferente enfoque.

En marzo de 2000, la Junta de Normas de IEEE-SA aprobó una revisión de la norma IEEE 43-1974. La norma 43-2000, “Práctica recomendada de IEEE para pruebas de resistencia de aislamiento en maquinaria rotativa”, hace énfasis en la necesidad de mejorar las prácticas actuales para adecuarse a cambios y mejoras en materiales de aislamiento y en la ventaja de realización de pruebas a voltajes más altos, que revelan fallas que de otra manera no serían advertidas. (Artec-ingeniería, 2023)

UNE-EN 60811-504, Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 504: Ensayos mecánicos. Ensayos de doblado a baja temperatura para aislamientos y cubiertas. (UNE, 2012)

UNE-EN 60811-505, Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 505: Ensayos mecánicos. Ensayo de alargamiento a baja temperatura para aislamientos y cubiertas. (UNE, 2012)

UNE-EN 60811-506, Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 506: Ensayos mecánicos. Ensayo de choque a baja temperatura para aislamientos y cubiertas. (UNE, 2012)

UNE-EN 60811-508, Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 508: Ensayos mecánicos. Ensayo de presión a temperatura elevada para aislamientos y cubiertas. (UNE, 2012)

UNE-EN 60811-509, Cables eléctricos y de fibra óptica. Métodos de ensayo para materiales no metálicos. Parte 509: Ensayos mecánicos. Ensayos de resistencia a la fisuración de los aislamientos y cubiertas (choque térmico). (UNE, 2012)

En la figura 6 se observan algunos ejemplos que refieren las diferentes tensiones de prueba recomendadas en función de las tensiones de servicio de las instalaciones y equipos. (Chauvin-arnoux, 2010)

## Determinación de las tensiones de prueba

<i>Tensión de servicio cable/equipo</i>	<i>Tensión continua de prueba</i>
24 a 50 V	50 a 100 V <sub>DC</sub>
50 a 100 V	100 a 250 V <sub>DC</sub>
100 a 240 V	250 a 500 V <sub>DC</sub>
440 a 550 V	500 a 1.000 V <sub>DC</sub>
2.400 V	1.000 a 2.500 V <sub>DC</sub>
4.100 V	1.000 a 5.000 V <sub>DC</sub>
5.000 a 12.000 V	2.500 a 5.000 V <sub>DC</sub>
> 12.000 V	5.000 a 10.000 V <sub>DC</sub>

Figura 7. Determinación de tensiones de prueba.

Chauvin Arnoux, (2010)

Una gran variedad de normas locales e internacionales define estos valores para los instrumentos eléctricos. En España, la norma REBT 2002 prescribe para las instalaciones eléctricas los valores de la tensión de ensayo, así como la resistencia de aislamiento mínima (500 V<sub>DC</sub> y 0,5 MW para una tensión nominal de 50 a 500 V<sub>AC</sub>). No obstante, se recomienda contactar con el fabricante del cable/equipo para conocer su propia recomendación en términos de tensión de ensayo aplicables. (Chauvin- arnoux, 2010)

### 1.2 Tipos de megohmetro

Durante el transcurso del tiempo la tecnología ha avanzado, se ha actualizado, existiendo una gran variedad de equipos de medición los cuales varían en rangos, funciones, marcas y precios. a continuación, se hace mención de diferentes medidores de aislamiento.

#### 1.2.1 Medidor de aislamiento MIC-2

El MIC-2 es el equipo más pequeño de resistencia de aislamiento con dos tensiones de prueba. Cambia automáticamente la medición de tensión cuando detecta tensión en el objeto durante la medición de resistencia de aislamiento o medida de resistencia a baja tensión. (Ecured, 2021)

### **1.2.2 Megohmetro medidor de aislamiento MIC-3**

El Megohmetro medidor de aislamiento MIC-3 es un medidor muy pequeño y portátil concebido para medir la resistencia de aislamiento de las instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones, cables, transformadores, motores, máquinas y otros dispositivos. La tensión de prueba se puede fijar en 250 V, 500 V ó 100V. (Ecured, 2021)

### **1.2.3 Medidor / Comprobador de aislamiento MIC-1000**

El comprobador y medidor de aislamiento MIC-1000 puede medir tanto la resistencia de aislamiento en una gama muy amplia: 50kΩ ... 110GΩ (110 000MΩ) y la corriente de la salida del aislamiento. Los resultados de la prueba pueden ser almacenados en la memoria interna y ser exportados a un ordenador vía interfaz en serie (RS-232). (Ecured, 2021)

### **1.2.4 Medidor de aislamiento MIC-2500**

Los medidores de resistencia de aislamiento MIC-2500 es un medidor portátil diseñado para medir la resistencia en una variedad de equipos eléctricos. La tensión de ensayo se puede programar en pasos de 10 V. El instrumento puede medir la resistencia de aislamiento en una amplia gama de 50 KO... 1.1 La corriente de fuga del aislamiento y la corriente de fuga de la instalación. (Ecured, 2021)

### **1.2.5 Medidor de resistencia de aislamiento MIC-5000**

El Medidor de aislamiento MIC-5000 se usa principalmente en pruebas de resistencia de aislamiento en cables de potencia, transformadores, motores eléctricos y otros equipos relacionados con la energía eléctrica. (Ecured, 2021).

## **1.3 Lenguaje de programación**

Un lenguaje de programación, en palabras simples, es el conjunto de instrucciones a través del cual los humanos interactúan con las computadoras.

Un lenguaje de programación nos permite comunicarnos con las computadoras a través de algoritmos e instrucciones escritas en una sintaxis que la computadora entiende e interpreta en lenguaje de máquina. (Mendoza, 2020)

Los lenguajes de programación permiten a las computadoras procesar de forma rápida y eficientemente grandes y complejas cantidades de información.

Existen docenas de lenguajes de programación utilizados en la industria hoy en día. Algunos lenguajes de programación populares incluyen C++, C#, Visual Basic, Go, Ruby, JavaScript, Java y Python, (Mendoza, 2020)

#### **1.4 Arduino**

Arduino fue inventado en el año 2005 por el entonces estudiante del instituto IVRAE Massimo Banzi, quien, en un principio, pensaba en hacer Arduino por una necesidad de aprendizaje para los estudiantes de computación y electrónica del mismo instituto, ya que en ese entonces, adquirir una placa de micro controladores eran bastante caro y no ofrecían el soporte adecuado; no obstante, nunca se imaginó que esta herramienta se llegaría a convertir en años más adelante en el líder mundial de tecnologías DIY (Do It Yourself).

Arduino es una plataforma de prototipos electrónicos de código abierto (open – source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado e inspirado en artistas, diseñadores, y estudiantes de computación o robótica y para cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivos, o simplemente por hobby. Arduino consta de una placa principal de componentes eléctricos, donde se encuentran conectados los controladores principales que gestionan los demás complementos y circuitos ensamblados en la misma. Además, requiere de un lenguaje de programación para poder ser utilizado y, como su nombre lo dice, programado y configurarlo a nuestra necesidad, por lo que se puede decir que Arduino es una herramienta "completa" en cuanto a las herramientas principales nos referimos, ya que sólo debemos instalar y configurar con el lenguaje de programación de esta placa los componentes eléctricos que queramos para realizar el proyecto que tenemos en mente, haciéndola una herramienta no sólo

de creación, sino también de aprendizaje en el ámbito del diseño de sistemas electrónicos-automáticos y, además, fácil de utilizar. (Arduinodhtics, 2022).

#### 1.4.1 Arduino Duemilanove.

El Arduino Duemilanove ("2009") como se muestra en la (Figura 7) es una placa con microcontrolador basada en el ATmega168 (datasheet) o el ATmega328 (datasheet), Tiene 14 pines con entradas/salidas digitales (6 de las cuales pueden ser usadas como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal oscilador a 16Mhz, conexión USB, entrada de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reset. Contiene todo lo necesario para utilizar el microcontrolador; simplemente conéctalo a tu ordenador a través del cable USB o aliméntalo con un transformador una batería para empezar a trabajar. El Arduino Duemilanove puede ser alimentado vía la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. El origen de la alimentación se selecciona automáticamente. Las fuentes de alimentación externas (no-USB) pueden ser tanto un transformador o una batería. La placa puede trabajar con una alimentación externa de entre 6 a 20 voltios. Si el voltaje suministrado es inferior a 7V el pin de 5V puede proporcionar menos de 5 Voltios y la placa puede volverse inestable, si se usan más de 12V los reguladores de voltaje se pueden sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios. (Arduinodhtics, 2022)

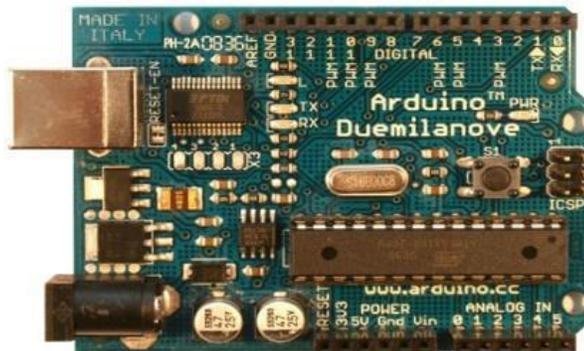


Figura 8. Arduino-Duemilanove.

Arduino-Tecnología para todos, (2021)

### 1.4.2 Arduino Mega

El Arduino Mega como se observa en la (figura 8) es una placa microcontrolador basada ATmega1280 (datasheet). Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie por hardware), un cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, entrada de corriente, conector ICSP y botón de reset. Contiene todo lo necesario para hacer funcionar el microcontrolador; simplemente conéctalo al ordenador con el cable USB o aliméntalo con un transformador o batería para empezar.

El Arduino Mega puede ser alimentado vía la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. El origen de la alimentación se selecciona automáticamente.

La placa puede trabajar con una alimentación externa de entre 6 a 20 voltios. Si el voltaje suministrado es inferior a 7V el pin de 5V puede proporcionar menos de 5 Voltios y la placa puede volverse inestable, si se usan más de 12V los reguladores

de voltaje se pueden sobrecalentar y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios. Cabe señalar que las placas de Arduino Duemilanove y Arduino Mega tienen el mismo comportamiento en cuanto a alimentación se refiere. (Arduinodhtics, 2022)



Figura 9. Arduino Mega.

Arduino-Tecnología para todos, (2021)

### 1.4.3 Arduino nano

El Arduino Nano (figura 9) es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x) que se usa conectándose a una protoboard. Tiene más o menos la misma funcionalidad que el Arduino Duemilanove, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar. El nano fue diseñado y está siendo producido por Gravitech.

El Arduino Nano puede ser alimentado usando el cable USB Mini-B, con una fuente externa no regulada de 6-20V (pin 30), o con una fuente externa regulada de 5V (pin 27). La fuente de alimentación es seleccionada automáticamente a aquella con mayor tensión.

El chip FTDI FT232RL que posee el Nano solo es alimentado si la placa está siendo alimentada usando el cable USB. como resultado, cuando se utiliza una fuente externa (no USB), la salida de 3.3V (la cual es proporcionada por el chip FTDI) no está disponible y los pines 1 y 0 parpadearán si los pines digitales 0 o 1 están a nivel alto. (Arduinodhtics, 2022)

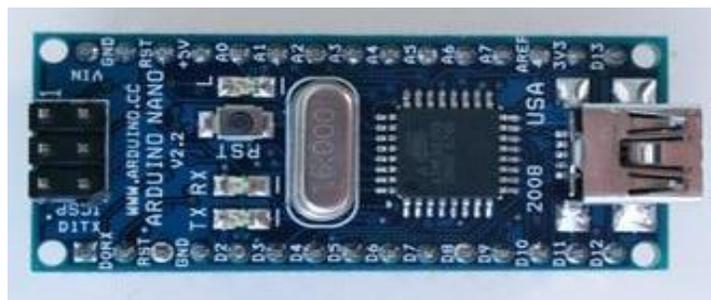


Figura 10. Arduino Nano.

Arduino-Tecnología para todos, (2021)

### 1.4.4 Arduino pro

Arduino pro (figura 10) es una placa con un microcontrolador ATmega168 (datasheet) o en el ATmega328 (datasheet). La Pro viene en versiones de 3.3v / 8 MHz y 5v / 16 MHz. Tiene 14 E/S digitales (6 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un

resonador interno, botón de reseteo y agujeros para el montaje de tiras de pines. Viene equipada con 6 pines para la conexión a un cable FTDI o a una placa adaptadora de la casa Sparkfun para dotarla de comunicación USB. La Arduino Mini Pro está destinada a instalaciones semipermanentes en objetos o demostraciones. La placa viene sin conectores montados, permitiendo el uso de varios tipos de conectores o soldado directo de cables según las necesidades de cada proyecto en particular. La distribución de los pines es compatible con los shields de Arduino.

La Arduino Pro puede ser alimentada por medio del cable USB, por baterías o mediante una fuente de alimentación. El conector de batería es del tipo JST, también se le puede soldar otro tipo de conector para alimentarla desde una fuente de alimentación externa. (Arduinodhtics, 2022)

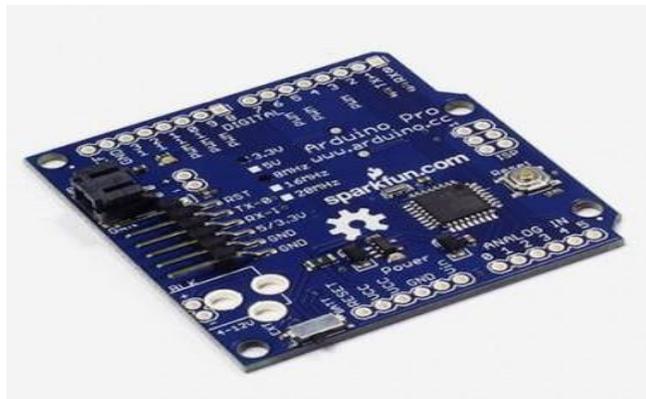


Figura 11. Arduino Pro.

Arduino-Tecnología para todos, (2021)

### 1.5 Interfaz gráfica

La Interfaz gráfica de usuario, también conocida como GUI (Graphical User Interface), es un programa que hace las veces de intermediario entre usuario y máquina. Un software que muestra de forma visual todas las acciones posibles en una plataforma, así como la información disponible, para que los usuarios puedan interactuar con mayor facilidad y sin necesidad de disponer de profundos conocimientos de informática.

Existen de varios tipos, como pueden ser GUI o ZUI, además de las interfaces de pantallas táctiles o las naturales, NUI. Todas ellas aparecen con mayor o menor frecuencia en diferentes tipos de dispositivos, además de contar con ciertas peculiaridades que las diferencian entre ellas. (Neoattack, 2020)

Por tanto, existen muchas opciones en cuanto a programas que ofrecen un entorno para el desarrollo de estas interfaces gráficas. La elección del software a utilizar depende de la aplicación para la cual se desarrollará, del sistema operativo en el que se utilizará (Windows, Linux, Mac, Android, entre otros), así como también del lenguaje de programación que se emplea para su diseño. Cabe destacar que algunas de estas herramientas de desarrollo son software libre es decir no se requiere de ninguna suscripción para poder hacer uso de ella, mientras que otras si requieren de la adquisición de una licencia para poder utilizar sus recursos y herramientas. Por tal razón, en el desarrollo de este prototipo se hizo uso de una herramienta de software libre con el propósito de minimizar la inversión requerida. (Neoattack, 2020)



Figura 12. Interfaz Gráfica.

Workana, (2021)

## Capítulo II Análisis y presentación de resultado.

Es preciso tener presente que, en el proceso de investigación y el decidir trabajar este tema conllevó a consultar muchos sitios web para tener la información necesaria con la cual poder lograr la ejecución del tema, sin embargo en el transcurso nos dimos cuenta que en el país Nicaragua no cuenta con normativas que regulen el estado del aislamiento eléctrico, citando el Código de instalaciones eléctricas de Nicaragua, quien se rige bajo el NEC ( National Electrical Code) no se obtuvo la información necesaria.

En cuanto al desarrollo de este prototipo al no tener una normativa clara, hemos avanzado con este trabajo guiándonos de la guía de Megger<sup>1</sup>, donde se aborda la medición de la resistencia de aislamiento y las diferentes consideraciones a valorar. Esta guía dice que la medición de la resistencia se basa en la ley de Ohm, donde al aplicar una tensión continua con un valor conocido e inferior al de la prueba dieléctrica y a continuación medir la corriente en circulación, es posible determinar fácilmente el valor de la resistencia. En principio, la resistencia del aislamiento presenta un valor muy elevado, pero no infinito, por lo tanto, mediante la medición de la débil corriente en circulación el Megahmetro indica el valor de la resistencia del aislamiento con un resultado en k $\Omega$ , M $\Omega$ , G $\Omega$ , incluso en T $\Omega$ ; Esta resistencia muestra la calidad del aislamiento entre dos elementos conductores.

Por tanto, este mismo documento cita que en España, la norma **REBT 2002** prescribe para las instalaciones eléctricas los valores de la tensión de ensayo, así como la resistencia de aislamiento mínima (500 VDC y 0,5 M $\Omega$  para una tensión nominal de 50 a 500 VAC); La regla empírica da un valor mínimo de 1 M $\Omega$  por kV; la guía IEEE relativa a las máquinas rotativas recomienda una resistencia de aislamiento mínima de (n+1) M $\Omega$ , siendo n el número de kV de la tensión de servicio. Teniendo en cuenta que el resultado de la medición de resistencia de aislamiento es proporcional al valor del voltaje de prueba que se le suministre.

---

<sup>1</sup> Guía Megger <https://www.chauvin-arnoux.com/>

Hay que destacar que se tomó en cuenta diferentes conceptos para lograr la realización del mismo, el saber que es un megohmetro, cómo funciona, como se realizan las mediciones, él porque es importante un equipo de medición como este; puedo retomar los puntos antes mencionados desde el 1.1 hasta el 1.1.5 y decir que es un instrumento de medición, el cual permite cuantificar la resistencia de aislamiento siendo un dispositivo clave para el diagnóstico del aislamiento en equipos eléctricos lo cual ayuda a garantizar la seguridad de nuestros hogares al realizar pruebas periódicas en el sistema eléctrico de la vivienda, cabe destacar que hay modelos diferentes con muchas aplicación.

El entender los diferentes conceptos me permite una mejor ejecución de este prototipo ya que es la base fundamental para lograr nuestros objetivos, los cuales nos trazamos para lograr la ejecución desde el punto uno como lo era definir cada concepto de lo que es la medición de la resistencia de aislamiento eléctrico, posteriormente la parte de diseño del esquema primeramente en el simulador para saber si funciona en base a lo planteado, obteniendo resultados positivos seguidamente realizar la programación del microcontrolador y poder mostrar datos en una pantalla LCD, y en la base de datos para guardar la información de las mediciones realizadas.

De igual forma con esta información ya corroborada en el simulador, se realiza en una protoboard para comprobar su funcionamiento en físico y luego realizarlo en la una placa pcb, hasta tener un diseño listo y encapsulado para proceder a realizar las mediciones y saber si todo en conjunto realmente funciona como un todo.

Dando continuidad al tema a desarrollar se muestra la información detallada para lograr un equipo de medición practico y necesario en nuestras viviendas.

## 2.1. Diagrama de bloque del prototipo

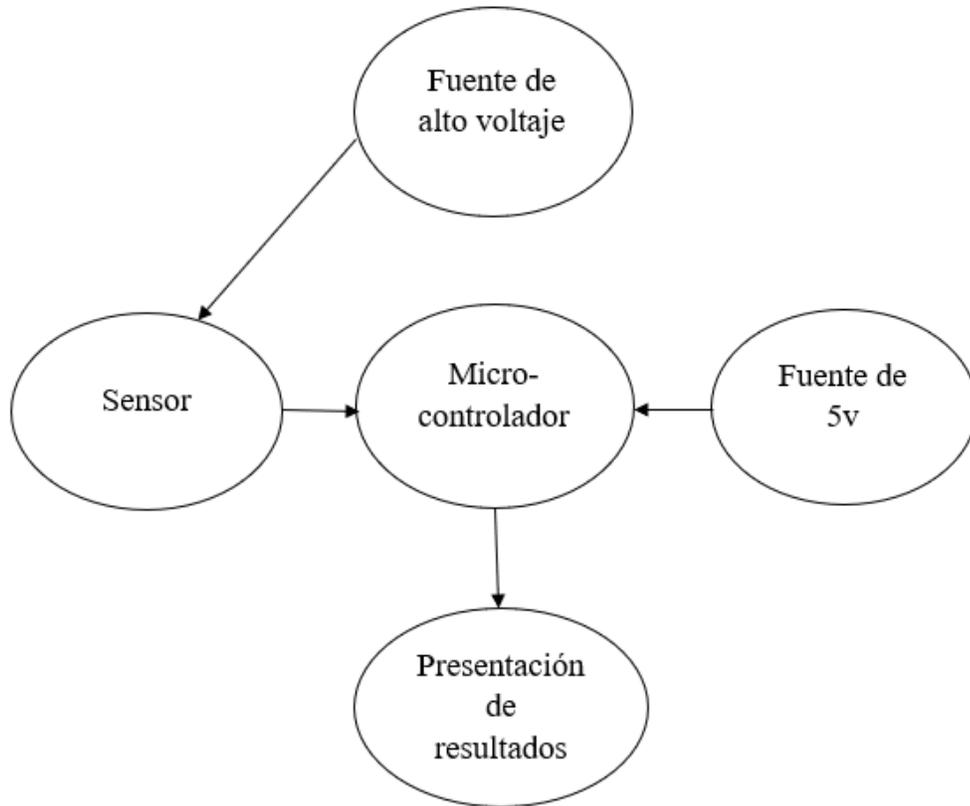


Figura 13. Diagrama de bloque.

Fuente propia 2023

**Fuente de alto voltaje,** Se obtuvo mediante una etapa de potencia, la cual permite obtener alto voltaje en DC. Se realizó un multiplicador de voltaje mediante un arreglo de diodos y capacitores conectados a un autotransformador, logrando que, al pasar voltaje sobre ellos, estos se carguen eléctricamente y se puedan generar a la salida de ellos hasta cuatro veces un voltaje mayor al voltaje inicial, dando como resultado valores entre 750-1000 voltios máximo, siendo este el

rango de voltaje necesarios para realizar las mediciones de la resistencia de aislamiento eléctrico en viviendas.

**Sensor,** Es la etapa donde se obtienen los datos que se le mostrarán al usuario. Esto a través de divisores resistivos, en el proceso de censado se cuenta con dos sensores uno para medir el voltaje de la fuente y el otro para obtener el valor de la resistencia de aislamiento del cable.

**Microcontrolador,** Para este caso se usó un Arduino nano atmega328p, como la unidad de control y procesamiento de datos, al cual se le proporcionó la información e instrucciones del proceso a seguir, con el fin de ejecutar información y luego el usuario pueda observar los datos a través de una pantalla LCD.

**Fuente de 5 voltios,** Necesaria para realizar la conexión de otros dispositivos, como es el Arduino, la pantalla LCD y la microSD, los cuales necesitan voltajes entre 3.3 y 5v para su debido funcionamiento.

**Presentación de resultados,** Para la ejecución de este prototipo se usó una pantalla LCD y una memoria microSD, la LCD permitirá la visualización de datos, en cambio, la microSD guardará los registros de las mediciones.

## **2.2. Arduino nano:**

En la actualidad se encuentra diferentes tecnologías de microcontroladores que cumplen con los recursos necesarios para realizar esta tarea. Sin embargo, cada tecnología tiene ciertas ventajas o desventajas con respecto a otras.

Podemos mencionar dos familias muy conocidas como lo son los PIC de la empresa microchip y los atmega; A continuación, se mencionarán características de ambas tecnologías.

<b>PIC 18F4550</b>	<b>ATMEGA328p</b>
Voltaje de operación: 4.2V a 5.5V	Voltaje de operación: 1.8 a 5.5 VDC.
Comunicación: UART, A/E/USART, SPI, I <sup>2</sup> C, MSSP (SPI/I <sup>2</sup> C)	Arquitectura de CPU: 8 bit AVR
Pines: 40	Memoria flash: 32 KB.
ADC de 10 bits: 13 canales	EEPROM: 2 KB.
I/O disponibles: 35 pines	Frecuencia de operación: 20 Mhz.
EEPROM: 256 Bytes	Pines de IO: 23
Memoria Flash: 32Kb	Canales ADC: 10.
Memoria de datos SRAM: 2048 Bytes	Interfaces: UART, TWI, SPI.
Máxima frecuencia de trabajo: 48 MHz	
Interfaz: USB 2.0 de alta velocidad (12 Mbit/s)	

Figura 14. Tabla comparativa.

Fuente propia 2023.

Se decidió trabajar con el microcontrolador atmega328p implementado en la plataforma Arduino nano por su bajo costo y fácil obtención en el mercado local, aunque el PIC18F4550 cumple con los recursos necesario para este proyecto a parte de su alto costo, es necesario adquirir un programador externo para cargar el firmware desarrollado, adicional necesita otros componentes extras para hacerlo funcionar. Por el contrario, la placa arduino es una placa de desarrollo de tamaño compacto, completa y compatible con protoboard. Teniendo en cuenta que cuenta con 14 pines de entrada y salida digital de los cuales 6 pueden ser

usando con PWM, y 6 de entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión Mini-USB, terminales para conexión ICSP y un botón de reseteo.

Es una placa con el espacio necesario para las respectivas tareas a realizar se decidió que era la idónea, por que cumple con la cantidad de pines, de memoria y periféricos necesario para lograr el objetivo, y por razones estéticas tiene el tamaño y estructura física para lograr un dispositivo compacto.

En la figura 15,16 se muestran dos placas diferentes una respecto a la otra con sus características.

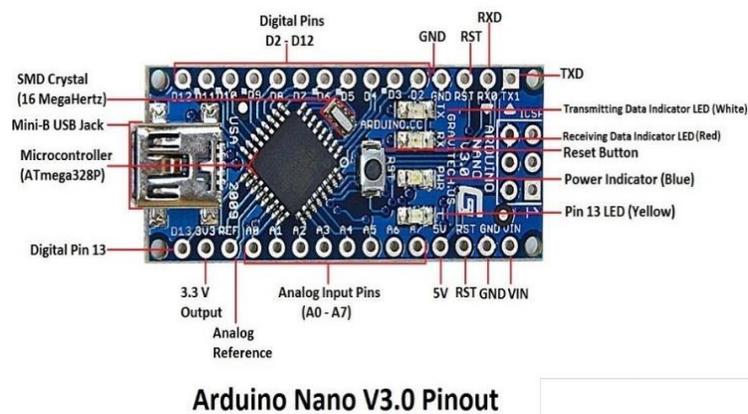


Figura 15. Características de Arduino nano.

Carrod Electrónica, (2014)

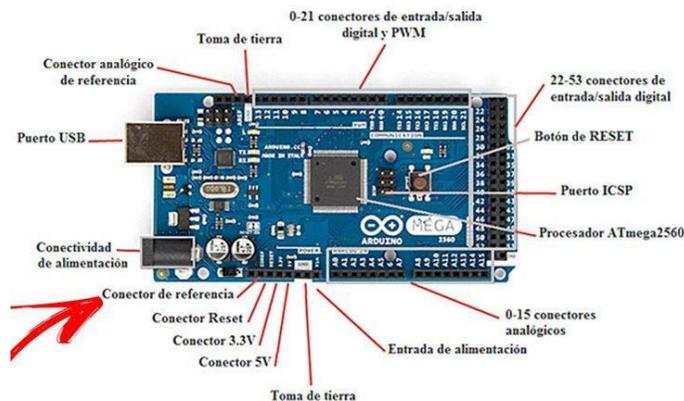


Figura 16. Características de Arduino mega.

Programa facil, (2021)

### 2.3. Pantalla LCD 16X2

Según las necesidades y datos a mostrar luego de analizar cuál sería la mejor opción se decidió que la LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido de 16x2 permite mostrar la información necesaria y requerida por el usuario ya que se puede visualizar el contenido o información de forma gráfica, mediante caracteres o símbolos. Cuando se hace referencia a 16x2 quiere decir que dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una, donde los píxeles de cada símbolo o carácter, varían en función de cada modelo.

En la figura 17 se muestra el modelo a usar con sus características y en la figura 18 otro modelo más grande con fines de comparativos.

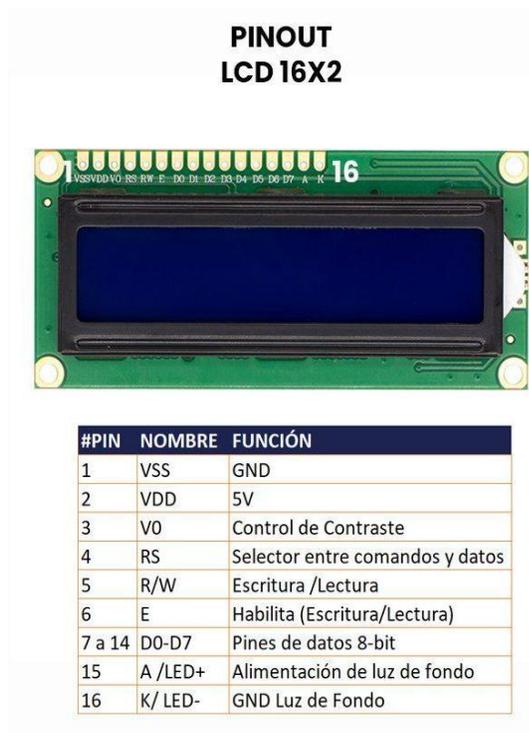


Figura 17. Pantalla LCD 16\*2 y Características.

SIEEG, (2021)



Figura 18. Pantalla LCD 20\*4

LCD 20\*4 SYSPORT, (2021)

## 2.4. Base de datos

Se define como una serie de datos organizados y relacionados entre sí, creando un resguardo de la información obtenida durante las mediciones. Se consideró necesario almacenar datos debido que muchas veces se requiere saber la información y por diferentes razones ya no se está en el lugar donde se realizaron, por ello se consideró necesario guardar la información, ya sea para rendir información o para realizar un reporte del día a día, o bien para monitorear el funcionamiento.

Seguidamente se presenta un ejemplo de lo que sería almacenamiento de datos en un base de datos.

```

16204 DATALOG
File Edit View
La lectura num: 1 ha registrado un valor de Rx= 22.32 MOhm, Vx= 619.57 Volt
La lectura num: 2 ha registrado un valor de Rx= 16.68 MOhm, Vx= 957.03 Volt
La lectura num: 3 ha registrado un valor de Rx= 15.71 MOhm, Vx= 1029.73 Volt
La lectura num: 4 ha registrado un valor de Rx= 29.47 MOhm, Vx= 1074.22 Volt
La lectura num: 5 ha registrado un valor de Rx= 106.96 MOhm, Vx= 1062.28 Volt
La lectura num: 6 ha registrado un valor de Rx= 242.28 MOhm, Vx= 1038.41 Volt
La lectura num: 7 ha registrado un valor de Rx= 316.23 MOhm, Vx= 1013.45 Volt
La lectura num: 1 ha registrado un valor de Rx= 2.86 MOhm, Vx= 506.73 Volt
La lectura num: 2 ha registrado un valor de Rx= 3.89 MOhm, Vx= 572.92 Volt
La lectura num: 3 ha registrado un valor de Rx= 4.62 MOhm, Vx= 621.74 Volt
La lectura num: 4 ha registrado un valor de Rx= 5.23 MOhm, Vx= 661.89 Volt
La lectura num: 5 ha registrado un valor de Rx= 5.69 MOhm, Vx= 691.19 Volt
La lectura num: 6 ha registrado un valor de Rx= 5.99 MOhm, Vx= 711.81 Volt
La lectura num: 7 ha registrado un valor de Rx= 6.23 MOhm, Vx= 727.00 Volt
La lectura num: 8 ha registrado un valor de Rx= 6.46 MOhm, Vx= 742.19 Volt
La lectura num: 9 ha registrado un valor de Rx= 6.58 MOhm, Vx= 749.78 Volt
La lectura num: 10 ha registrado un valor de Rx= 6.71 MOhm, Vx= 758.46 Volt
La lectura num: 11 ha registrado un valor de Rx= 6.78 MOhm, Vx= 762.80 Volt
La lectura num: 12 ha registrado un valor de Rx= 6.84 MOhm, Vx= 766.06 Volt
La lectura num: 13 ha registrado un valor de Rx= 6.89 MOhm, Vx= 770.40 Volt
La lectura num: 14 ha registrado un valor de Rx= 6.94 MOhm, Vx= 771.48 Volt
La lectura num: 15 ha registrado un valor de Rx= 6.95 MOhm, Vx= 773.65 Volt
La lectura num: 16 ha registrado un valor de Rx= 6.96 MOhm, Vx= 774.74 Volt
La lectura num: 17 ha registrado un valor de Rx= 6.98 MOhm, Vx= 775.82 Volt
La lectura num: 18 ha registrado un valor de Rx= 6.97 MOhm, Vx= 775.82 Volt
La lectura num: 19 ha registrado un valor de Rx= 7.00 MOhm, Vx= 776.91 Volt
La lectura num: 20 ha registrado un valor de Rx= 7.51 MOhm, Vx= 775.82 Volt
La lectura num: 21 ha registrado un valor de Rx= 8.06 MOhm, Vx= 760.63 Volt
La lectura num: 22 ha registrado un valor de Rx= 7.83 MOhm, Vx= 743.27 Volt
La lectura num: 23 ha registrado un valor de Rx= 7.81 MOhm, Vx= 731.34 Volt
La lectura num: 24 ha registrado un valor de Rx= 8.08 MOhm, Vx= 715.06 Volt
La lectura num: 25 ha registrado un valor de Rx= 7.85 MOhm, Vx= 699.87 Volt
La lectura num: 26 ha registrado un valor de Rx= 8.11 MOhm, Vx= 690.10 Volt
La lectura num: 27 ha registrado un valor de Rx= 7.55 MOhm, Vx= 673.83 Volt
La lectura num: 28 ha registrado un valor de Rx= 7.79 MOhm, Vx= 669.49 Volt
La lectura num: 29 ha registrado un valor de Rx= 7.98 MOhm, Vx= 654.30 Volt
La lectura num: 30 ha registrado un valor de Rx= 8.46 MOhm, Vx= 639.11 Volt
La lectura num: 31 ha registrado un valor de Rx= 8.33 MOhm, Vx= 619.57 Volt
La lectura num: 32 ha registrado un valor de Rx= 8.55 MOhm, Vx= 598.96 Volt
La lectura num: 33 ha registrado un valor de Rx= 5.78 MOhm, Vx= 601.13 Volt
Ln 398, Col 264

```

Figura 19. Base de datos.

Fuente propia 2023.

## 2.5. Etapa de potencia

En cuanto a la realización de esta etapa se llevó a cabo con la ayuda de un autotransformador el cual se conecta a la red eléctrica 120v, con el fin de que este se induzca magnéticamente y proporcione voltajes manipulables de 0 a 140v, los cuales se conectaran a un arreglo de diodos y capacitores conectados en tres si, con el fin de que estos se carguen y generen a su salida voltajes entre los 750 - 1000 VDC. A este proceso es al que se le llamó etapa de potencia por que se obtuvo alto voltaje a partir de voltajes pequeños; tomando en cuenta que este voltaje es el necesario para llevar a cabo de medición de la resistencia de aislamiento eléctrico en cables domiciliarios.

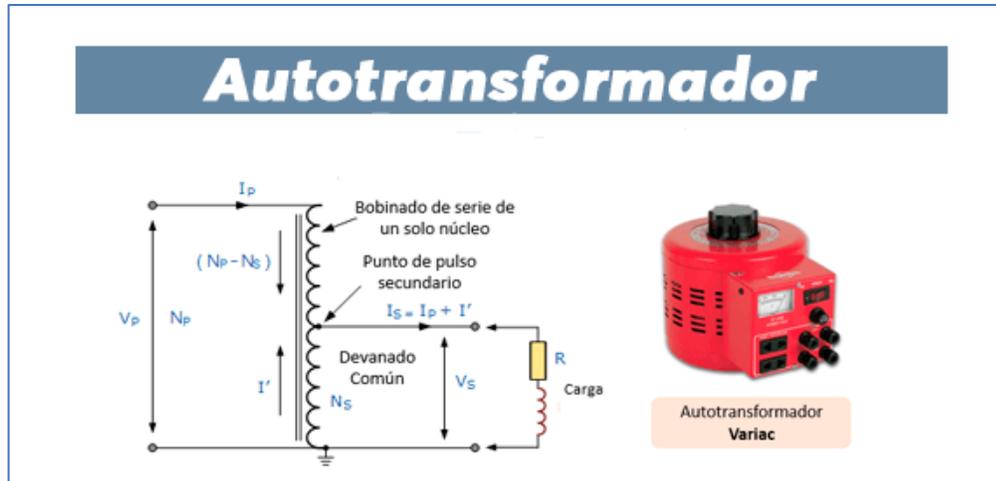


Figura 20. Autotransformador.

Julián, (2022)

## 2.6. Multiplicador de voltaje

En términos generales un multiplicador de voltaje es pasar de un voltaje a otro, ya sea duplicando o cuadruplicando el voltaje inicial. Ahora hay diferentes formas de realizarlo en este caso se usa el voltaje inicial proporcionado por un autotransformador, luego la parte del multiplicador de voltaje permitiendo transformar voltaje AC en DC hasta obtener a la salida del circuito 750 - 1000 voltios máximos, por tal razón se realiza esta etapa con el fin de poder establecer ciertos rangos de voltajes los cuales se puedan manipular según el requerimiento de la medición. En figura 21 se muestra el diagrama de lo que es un multiplicador de voltaje.

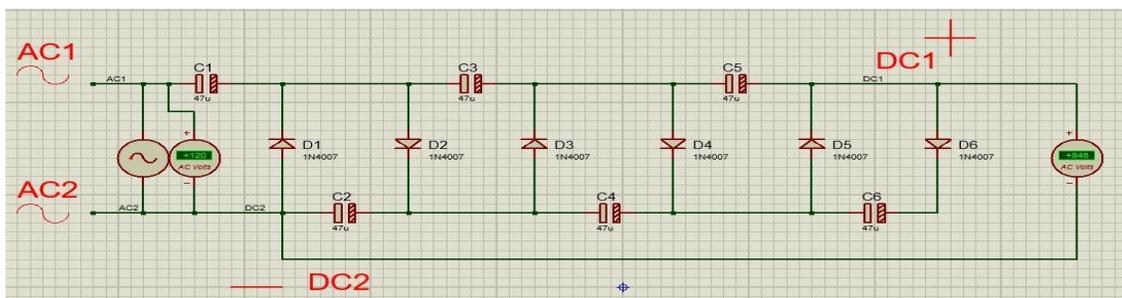


Figura 21. Multiplicador de voltaje.

Fuente Propia 2023.

Un multiplicador de voltaje, utiliza un circuito de fijación y un detector de picos. Su funcionamiento es bien conocido y solo se describirá brevemente. Considérese una tensión de entrada sinusoidal  $V_s = V_m \cdot \sin(\omega t)$ , el cual hace que los capacitores se carguen según el semiciclo de la onda. El diodo de D1 solo conduce en el semiciclo negativo de  $V_s$  y cuando  $V_s > V_{c1}$ , momento en que se carga C1 a  $V_m - V_t$ , siendo  $V_t$  la tensión de conducción de los diodos. El diodo D2 solo conduce durante el semiciclo positivo de  $V_s$  y cuando  $V_s + V_{c1} > V_{c2}$ , y el capacitor C2 se carga a través de C1 a  $2(V_m - V_t)$ .

Sin embargo, se ha supuesto que el capacitor C1 actúa como una fuente de tensión de  $V_m - V_t$  y que contribuye a cargar C2. De hecho, C1 y C2 forman un circuito en serie y comparten  $2(V_m - V_t)$ , así que la tensión en el capacitor C2 será menor que  $2(V_m - V_t)$ .

Si se conecta una resistencia de carga  $R_L$  en paralelo al capacitor C2, la tensión de salida se reduce durante el intervalo de tiempo en que D2 está apagado, y se eleva cuando D2 está encendido. Por tanto, se requiere más tiempo para alcanzar la condición de estado estable, y la tensión de salida promedio será menor, esto se logra mediante la siguiente fórmula:  $\tau = R_L \cdot (C_1 + C_3 + \dots + C_n)$ , dicha  $\tau$  debe ser mucho mayor al período de la onda senoidal de la red.

El circuito doblador de tensión puede ser conectado en cascada dando lugar a los multiplicadores de tensión (MV), para obtener mayor nivel de tensión. El multiplicador de tensión de una etapa puede llamarse multiplicador de tensión por dos ( $MV \times 2$ ). De modo similar se pueden obtener multiplicadores de tensión por 6, 8, etc.

La tensión de salida del multiplicador de tensión de  $n$  etapas está dado por  $V_o = 2 \cdot n \cdot (V_m - V_t)$ . Este es el valor teórico que se debería obtener en ausencia de pérdidas.

Es posible lograr multiplicadores de tensión de varias etapas, de modo que se incrementa la tensión de salida. La tensión de salida puede incrementarse, pero hasta un límite, dado que está limitada la potencia que entrega la fuente. De

hecho, para cierto número de etapas la tensión de salida puede empezar a disminuir. Además, la eficiencia también se debe afectar por el número de etapas del MV. Es deseable investigar cómo influye el número de etapas en la eficiencia del MV.

## 2.7. Esquema del circuito

El propósito de esta investigación es llevar a cabo un prototipo de megohmetro, con la información recopilada y los requerimientos a seguir, se procede a realizar el diseño final, el cual cuenta con varias etapas una en secuencia de la otra, desde el autotransformador hasta los actuadores que permitirán interactuar al usuario con el equipo, tomando en cuenta muchos factores se decidió la forma idónea para llevarlo a cabo, partiendo desde el punto de vista que fuese factible, estético, práctico y sobre todo que los componentes a utilizar se encuentren dentro del país.

Seguidamente en la figura 19 se muestra el diagrama completo a realizar según lo planificado para este proyecto. Diagrama completo desde la etapa de control, potencia hasta la etapa donde se podrán ver los resultados de la medición.

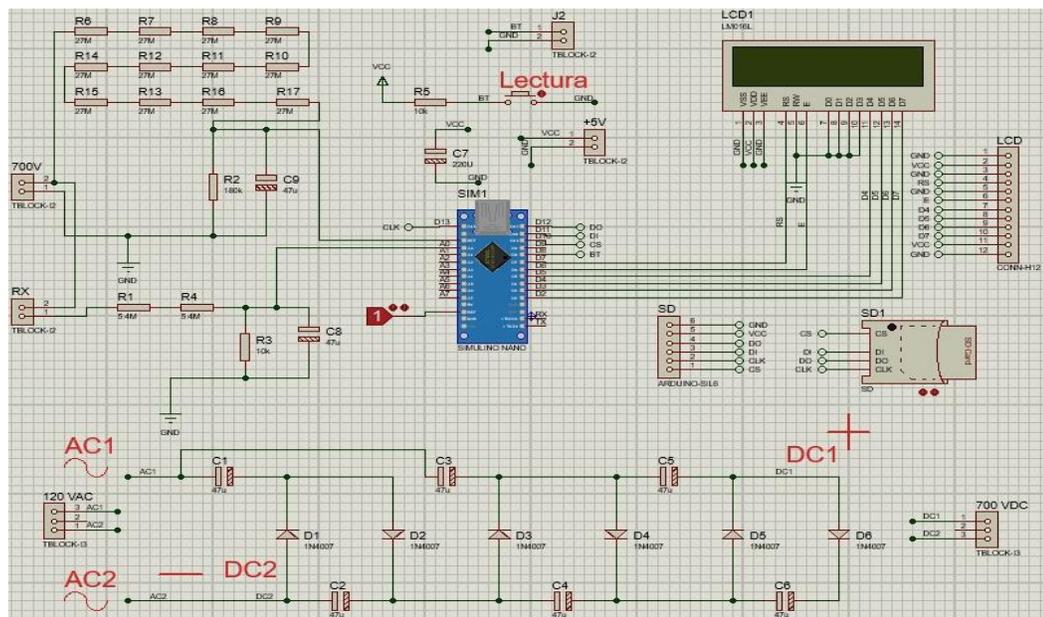


Figura 22. Esquema del circuito.

Fuente propia 2023.

## 2.8. Elaboración de prototipo

Durante el periodo de recopilación de información se determinó que para llevar a cabo el prototipo de megohmetro se usaría la ley de ohm para poder determinar la resistencia de aislamiento eléctrico, se plantea trabajar la parte de medición por medio de las leyes de ohm las cuales enseñan que  $V= I \cdot R$ ,  $I=V/R$ ,  $R=V/I$ , en este caso nuestro objetivo es encontrar la resistencia de aislamiento eléctrico en cables, por lo tanto, se usa la fórmula de  $R=V/I$

Para obtener R necesitamos conocer los demás elementos, primero se consiguió una fuente que permitiera alcanzar entre 750 - 1000V para realizar las mediciones. Se logra obtener esto mediante un autotransformador el cual como su nombre indica se conecta a la red 120v, y se puede manipular partiendo de 0v hasta 140v máximo alcanzando este valor por autoinducción, conectado a la salida un multiplicador de voltaje logrando de esta forma pasar de 120 a 750-1000V que es lo requerido para realizar las mediciones.

un multiplicador es un conjunto de capacitores conectados con diodos, los cuales mediante el paso de la energía se van cargando hasta llegar a un punto donde se obtiene un voltaje máximo o voltaje requerido el cual no varía por sí solo, mientras no se manipule el autotransformador, ya que entre mayor o menor sea el voltaje que se le introduzca así será el resultado a la salida del multiplicador.

Posteriormente se trabaja la parte del censado de información donde se obtienen los datos que se le mostrarán al usuario; a través de la circuitería necesaria para lograr llevar a cabo este proyecto, como parte de ello tenemos el par de sensores resistivos (VX y RX) los cuales cuentan con diferentes funciones; con VX se logra reducir el voltaje proporcionado por el multiplicador a un valor que el microcontrolador pueda leer a través de sus canales de ADC, el otro conjunto de resistencias se utiliza para determinar el valor de la resistencia de aislamiento eléctrico en función del valor obtenido por medio de VX.

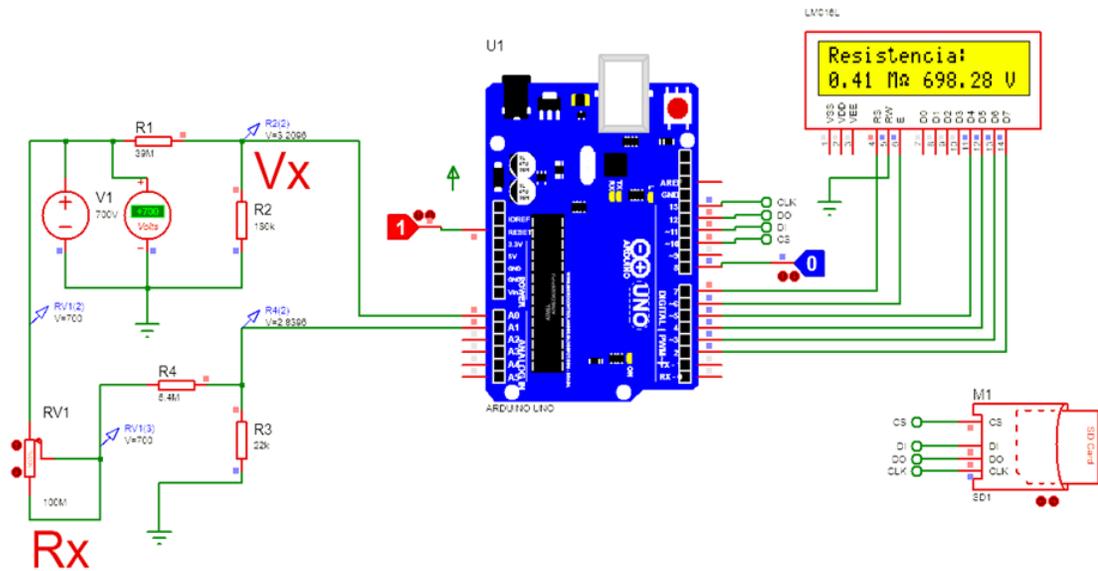


Figura 23. Sensores resistivos VX, RX.

Fuente propia 2023.

Para la primera etapa de censado se asume el valor de  $I = 25 \mu\text{A}$  teniendo como máximo valor 1000V de lectura, ya una vez conociendo la corriente y el voltaje se puede encontrar el valor de R1 Y R2, esto con el objetivo de poder evitar daños al Arduino por sobrevoltaje o sobre corriente, ya que es un microcontrolador que se energiza con 5 voltios máximo.

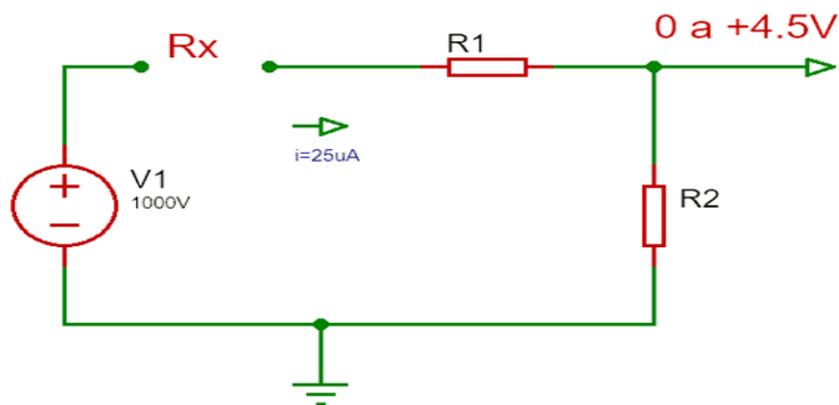


Figura 24. Etapa de censado uno.

Fuente propia 2023.

Como se observa en la imagen hay que encontrar los valores de R1 mediante un divisor resistivo que sería el voltaje de la fuente menos el voltaje a la salida de la resistencia entre la corriente que se asumió es decir  $R1 = 1000V - 4.5V / 25\mu A = 39M\Omega$ .

Para encontrar R2 tenemos el voltaje a la salida de la resistencia entre la corriente.  $R2 = 4.5V / 25\mu A = 180K\Omega$

$R1 = 39M\Omega$  valor encontrado

$R2 = 180K\Omega$  valor encontrado

Voltaje máximo = 1000v

Voltaje a la salida de la resistencia = 4.5v

I asumida =  $25\mu A$

El siguiente divisor resistivo es utilizado para encontrar la RX (resistencia de aislamiento) para ello asumimos que  $RX = 0\Omega$  (cortocircuito) e  $I = 185\mu A$ .

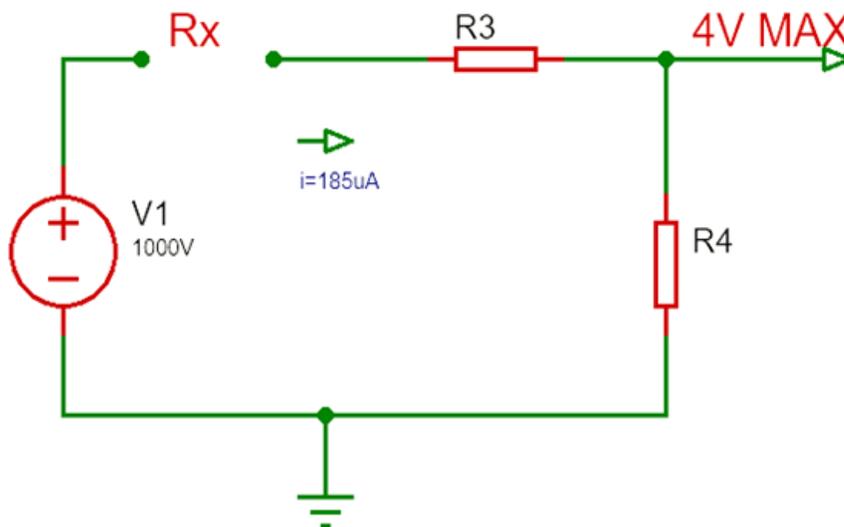


Figura 25. Etapa de censado dos.

Fuente propia 2023.

Ahora para encontrar el valor de R3 tenemos el voltaje de la fuente menos el voltaje después de la resistencia entre la corriente es decir  $R3 = (1000V - 4V) / 185\mu A = 5.3M\Omega$

Para encontrar la R4 usamos el voltaje después de la resistencia entre la corriente de manera que  $R4 = 4V / 185\mu A = 21.6K\Omega$

$R3 = 5.3M\Omega$  valor encontrado

$R4 = 21.6K\Omega$  valor encontrado

Voltaje máximo = 1000v

Voltaje a la salida de la resistencia = 4v

$I = 185\mu A$

Al asumir un  $R_X = 0\Omega$  es decir un cortocircuito, aseguramos que el voltaje que llegue a R4 no supere los +5v ya que es el voltaje máximo. Que soporta Arduino, de esta forma evitamos daños en el microcontrolador.

Considerando un  $R_X \text{ Max} = \infty$  se obtiene una caída de voltaje en R4 igual a 0. Para obtener una lectura válida en el ADC del Arduino debe de existir una caída de voltaje en R4 igual a 5v dividido entre 1024.

$V_{R4} = 5V / 1024 = 0.0048V$  O  $4.8 \text{ mV}$

Ahora bien, el valor máximo de  $R_X$  se obtiene de forma que  $R_X = (1000V - R4 - (4.8mV) (R4) / 4.8mV$ . Donde obtendremos un valor aproximado de  $4.56G\Omega$ , lo cual significa que este valor será el máximo que podamos leer de manera correcta, en pocas palabras el rango de lectura válido será de  $[0\Omega - 4.6G\Omega]$ .

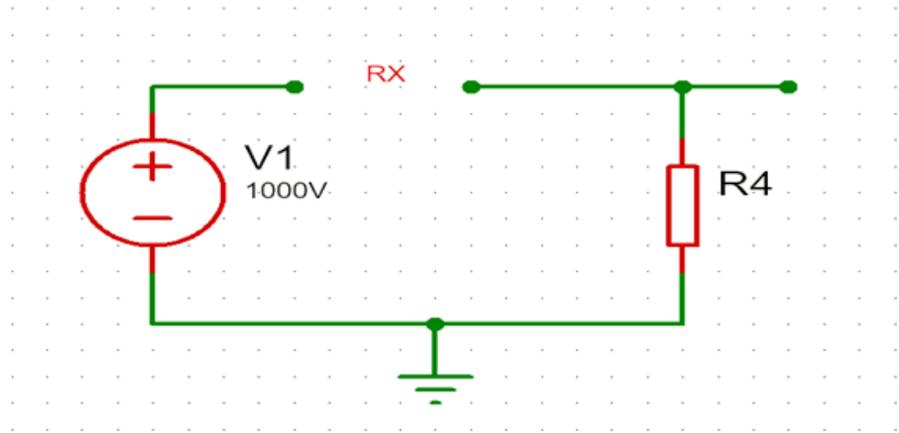


Figura 26. Valor de RX.

Fuente propia 2023.

En el siguiente diagrama se observa los valores antes mencionados para encontrar RX quien en este caso se simula con un potenciómetro trabajando al 100% de su capacidad obteniendo como resultado de la medición valores aceptables para medir con nuestro microcontrolador sin causarle algún daño.

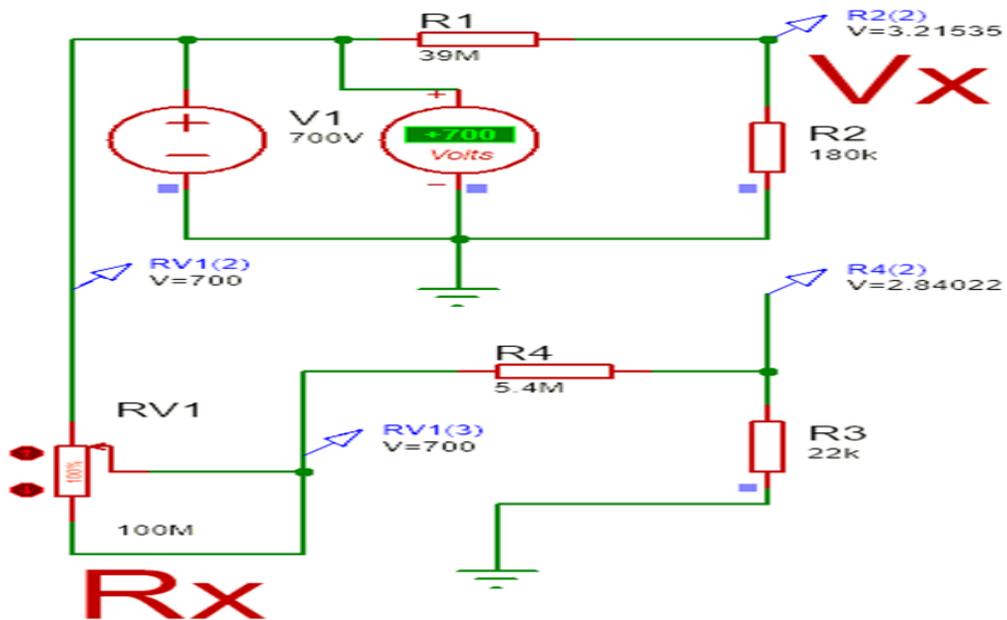


Figura 27. RX simulado con potenciómetro al 100%.

Fuente propia 2023.

Lograda la etapa de potencia, se da paso a la etapa de control donde se estará procesando la información. La parte lógica programable donde se creó un código de programación con los aspectos que se deben tomar en cuenta para obtener la medición de la resistencia de aislamiento eléctrico.

Se usó un microcontrolador en este caso al atmega328p (Arduino) quien es la unidad de control y procesamiento de datos, al cual se le proporciona los datos e instrucciones del proceso a seguir, con el fin de procesar la información y el usuario pueda observar a través de una pantalla LCD.

Seguidamente se implementó una fuente de 5V con el fin de poder energizar dispositivos tales como Arduino, pantalla Lcd, microSD, los cuales necesitan voltajes en el rango de 3.3 a 5V para su funcionamiento ya que no demandan gran cantidad de voltaje para poder operar.

Dando paso a la siguiente etapa, tenemos los actuadores la pantalla LCD y la microSD, como se sabe la LCD permite visualizar datos, en este caso mostrará al operador información de las medidas realizadas. En cambio, la microSD permitirá guardar los registros de las mediciones que el usuario realice, por un tiempo prolongado es decir entre 10 y 15 días, luego se borrará la información e irá almacenando datos recientes.

## **2.9. Lógica de programación del microcontrolador**

Para comprender de la forma en que se trabajó cada etapa de programación tomando en cuenta las instrucciones que se requieren para lograr el objetivo, la cronología en que se realizó la base de datos dentro del programa y su almacenamiento.

Es importante destacar todos los aspectos, secuencia y desarrollo que tiene de lo antes mencionado, por ello se explicará cada punto de este algoritmo a continuación.

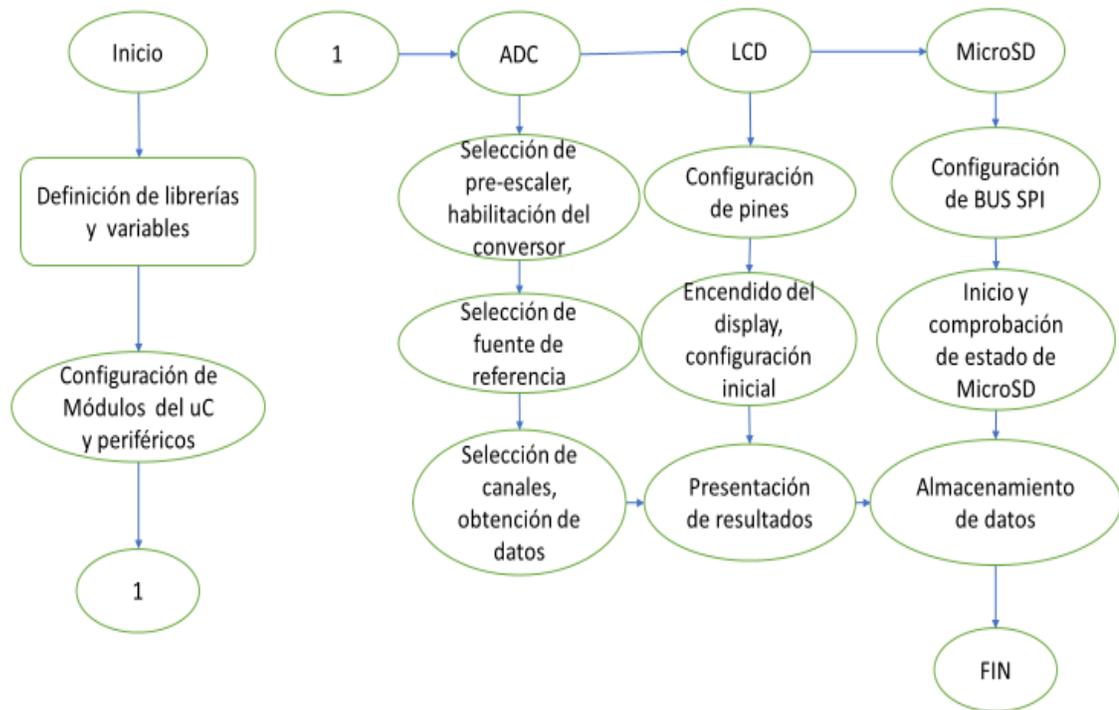


Figura 28. Algoritmo de programación.

Fuente propia 2023.

Cuando se habla de iniciar un programa se toma en cuenta que cada uno tiene diferente lógica, por ende, diferentes variables o librerías a usar ya que dentro de ella tiene distintas herramientas de trabajo a usar porque estas nos permiten realizar funciones compatibles con la programación, esto para facilitar la compatibilidad de uso entre el programa y circuitería externa, en este caso la comunicación con la pantalla LCD y el módulo microSD. Ahora bien, podemos decir que las variables se utilizan para almacenar datos cuyos valores pueden variar dentro de la ejecución, en este caso se utiliza para almacenar valores analógicos.

Para dar inicio a un programa primero se define las librerías a usar porque esta nos permite usar funciones compatibles con la programación, esto con el fin de facilitar la comunicación con las diferentes tecnologías.

Seguidamente se procede a la configuración de cada módulo que se utilizó en este proyecto, como lo es el microcontrolador en este caso atmega328, el módulo microSD y la pantalla LCD.

Posteriormente se encuentra el ADC conversión de entradas analógicas en un valor binario para ser comprendida por el microcontrolador. Cabe mencionar que Arduino nano proporciona ocho entradas analógicas y un ADC de diez bits lo que significa que escala una señal A de 0 - 1023.

Para obtener los valores deseados y sabiendo que para realizar las lecturas se implementó un proceso de reducción de las fuentes, se desarrolla la fórmula de divisor de voltaje con el objetivo de mostrar los valores reales de resistencia y voltaje de las fuentes.

Para ello, una vez realizadas las lecturas a través de los adc del microcontrolador se implementan dos fórmulas obtenidas de desarrollar la ecuación de divisor de voltaje. En caso de  $V_x$ , se obtiene de la siguiente formula:

- 1-  $V_1 = (V_{adc0} * V_{cc}) / 1024.0;$
- 2-  $V_x = V_1 / (R_2 / (R_1 + R_2));$  \*\* $R_1$  y  $R_2$  se definen en el apartado 3.1

En caso de  $R_x$ , se obtiene de la siguiente manera:

- 1-  $V_3 = (V_{adc1} * V_{cc}) / 1024.0;$
- 2-  $R_x = (((v_2 - V_3) * R_4) / V_3) / 1000000) - R_3;$  \* $R_3$  está en serie con  $R_x$ . \*\* $R_3$  y  $R_4$  se definen en el apartado 3.1

Siguiendo el proceso se realiza la asignación de pines de la LCD con el microcontrolador para mostrar los datos, los pines que se utilizan son D4 Y D7 para la TX de datos.

Para iniciar el display se muestra en pantalla el mensaje "Megohmetro" en 5v como configuración inicial, sucesivamente se inicializa la configuración de comunicación SPI utilizado para enviar datos al micro en este caso para almacenar en la microSD y mostrar la información leída. al inicializarse la microSD se comprueba el estado de la misma, en caso de no encontrarse la SD se muestra

en la pantalla un mensaje “card fail” en caso contrario “card correct” una vez comprobado su estado de funcionamiento se puede visualizar los datos obtenidos de las mediciones que se estén realizando, las cuales posteriormente se estarán almacenando en la microSD.

## 2.10. Prototipo final

En la siguiente figura se puede observar el diseño final donde se visualizan las conexiones realizadas del prototipo una vez ya simuladas, montadas en las placas PCB previamente a su montaje en una Protoboard.

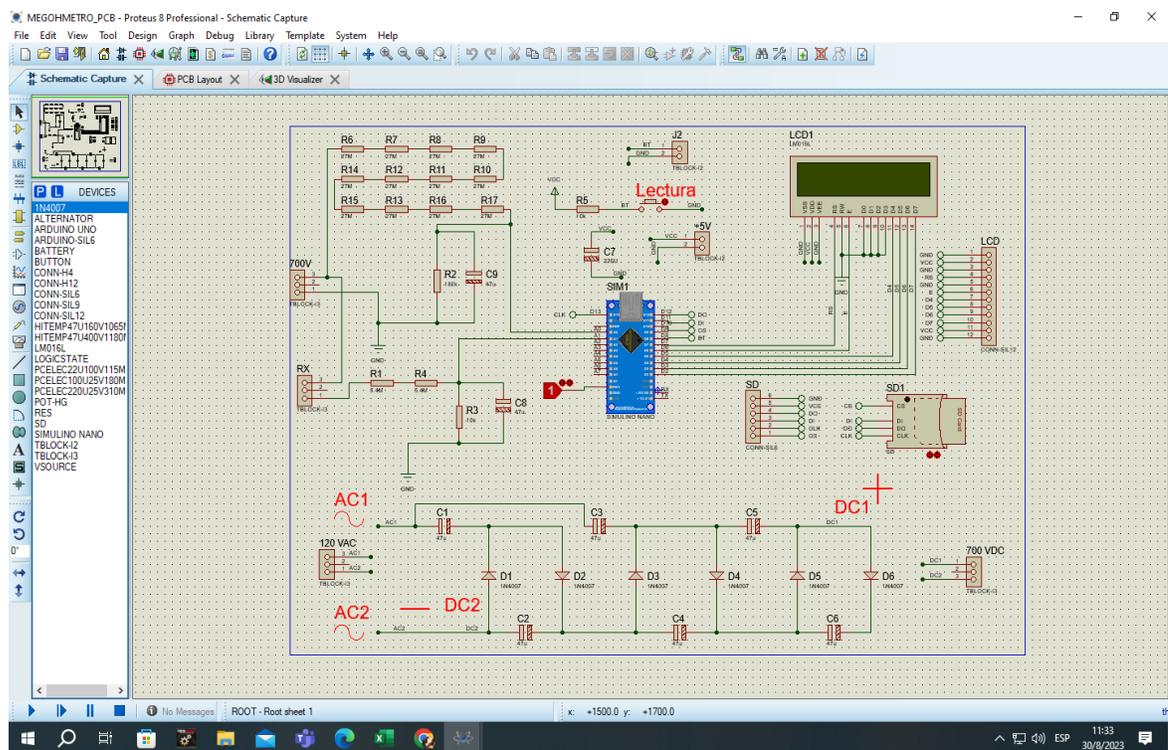


Figura 29. Prototipo final proteus.

Fuente propia 2023.

Una vez realizadas las pruebas necesarias, para saber el correcto funcionamiento tanto en la herramienta de simulación en este caso proteus, como en el breadboard, para definir si los resultados obtenidos son los datos de medición esperados. una vez corroborada la información se realizó el proceso de quemado

de la PCB por medio del método artesanal. (Impresiones de pista, planchado, quemado con ácido nítrico combinado con agua).

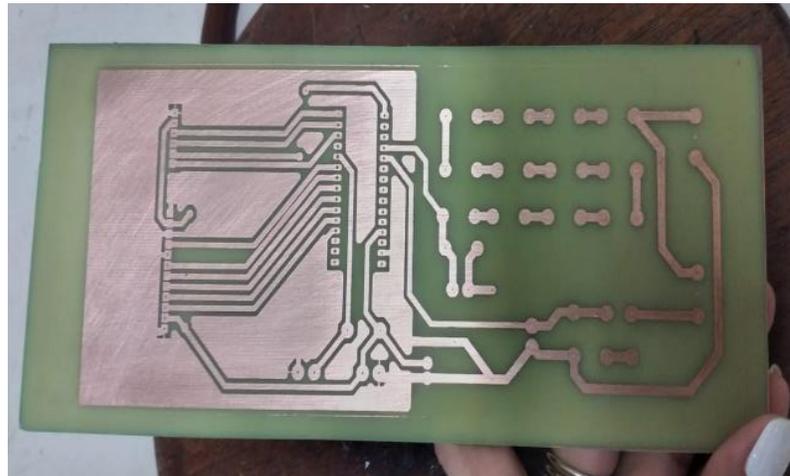


Figura 30. Tarjeta PCB quemada.

Fuente propia 2023.



Figura 31. PCB perforada con componentes.

Fuente propia 2023.

## 2.11. Diseño

Dando inicio al proceso de encapsulado de este prototipo, una vez realizadas las pruebas pertinentes, se decidió la forma en que quedaría el producto final, de forma diagonal para que sean visibles las partes.

Este consta de un autotransformador conectado a dos placas electrónicas, uno y directamente a la placa del multiplicador de voltaje, donde pasamos de 100v a 750 máximo según configuración, posteriormente esta se conecta a la segunda placa en la hay componentes sensibles, como lo es el Arduino nano (unidad de control) pantalla LCD, y el lector de la memoria microSD, conectado junto a diferentes valores de resistencia.

En la placa uno hay seis capacitores de  $0.47 \mu\text{F}$ , 400v conectados en serie con diodos 1N5408 los cuales soportan 1000v, 3A, lo que permite alcanzar el voltaje que se necesita sin cambios de temperaturas, ni sobre voltajes, ya que este último sirve como rectificador o delimitador de voltaje. Como se observa en la placa pcb tiene un par de borneras una a cada lado una de entrada 100-120v y salida 750-1000v.



Figura 32. Diseño del Multiplicador en PCB.

Fuente propia 2023.

En la tarjeta PCB siguiente se encuentra la parte de control, Arduino nano al cual se conectan 12 resistencias en serie de  $3.3\text{M}\Omega$  cada una, completando así un valor de  $39.6\text{M}\Omega$  con el fin de reducir el voltaje en el pin análogo del Arduino, a un

valor que pueda interpretar el adc y que no dañe el microcontrolador, para obtener la lectura del voltaje de RX a través de un divisor de voltaje, que se diseñó para tolerar hasta 1000 voltios y que no supere los 5V a la salida, y realizar una lectura de manera correcta.

Seguidamente hay un par de resistencia de  $2.7M\Omega$  conectadas en serie dando como resultado un valor de  $5.4M\Omega$ , donde se realiza un segundo censado mediante un divisor resistivo sin incluir RX, para medir los 750V.



Figura 33. PCB parte de control.

Fuente propia 2023.

Posteriormente está la parte de la pantalla LCD donde se muestran los resultados partiendo de la información antes mencionada utilizada para la programación del microcontrolador, quien genera los datos que se obtienen a través de las mediciones, permitiendo visualizar la información y almacenar en la memoria microSD.

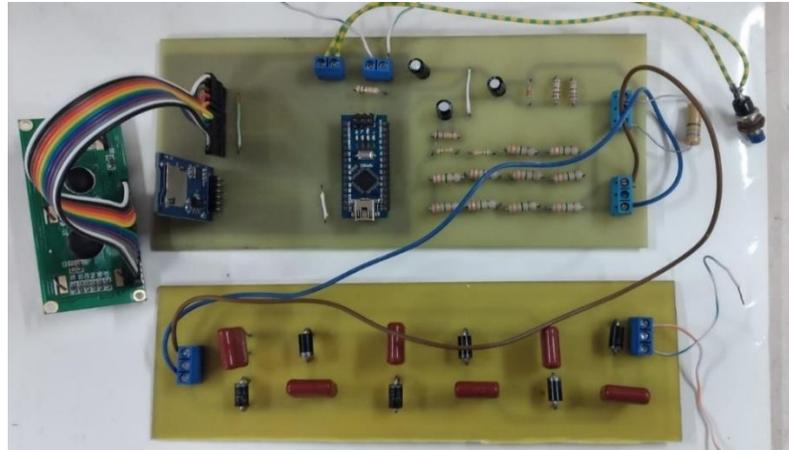


Figura 34. PCB potencia y control conectadas.

Fuente propia 2023.

## 2.12. Herramientas

Al llevar a cabo esta investigación monográfica se hizo uso de medios digitales para comprobar la funcionalidad, antes de pasar a probarlo en una Breadboard, y tarjeta PCB posteriormente.

### 2.12.1. Proteus

Proteus V8.15, ya que es una versión actual, la cual tiene más accesos y compatibilidad con diferentes dispositivos electrónicos. En este caso se usó para simular el circuito, el cual nos permite saber si este funciona o probar de diferentes formas y valores en los componentes, para a la hora de probar en la Breadboard usar los valores correctos de cada dispositivo que se usaron. también si los datos obtenidos en la simulación son cercanos a los obtenidos en físicos. una vez todo esté bien y listo para realizarlo en PCB, la plataforma de simulación permite pasar el esquema a un diagrama donde se realiza la distribución de un espacio específico o determinado de cada uno de los componentes que se van usar, incluso con la opción de visualizar en 3D se muestra cómo sería el resultado final.

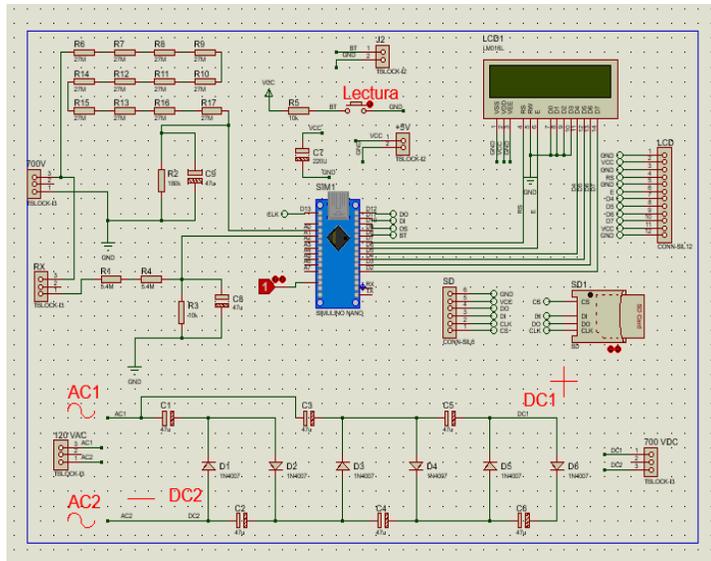


Figura 35. Diagrama Esquemático

Fuente propia 2023

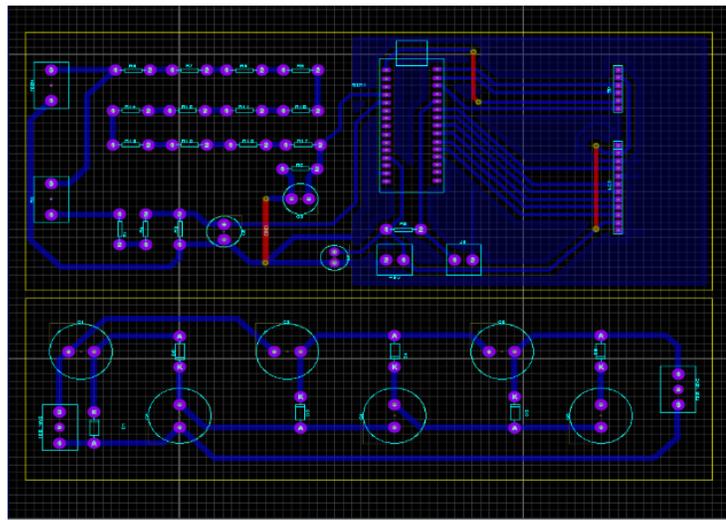


Figura 36. Diseño de las pistas en el simulador.

Fuente propia 2023.

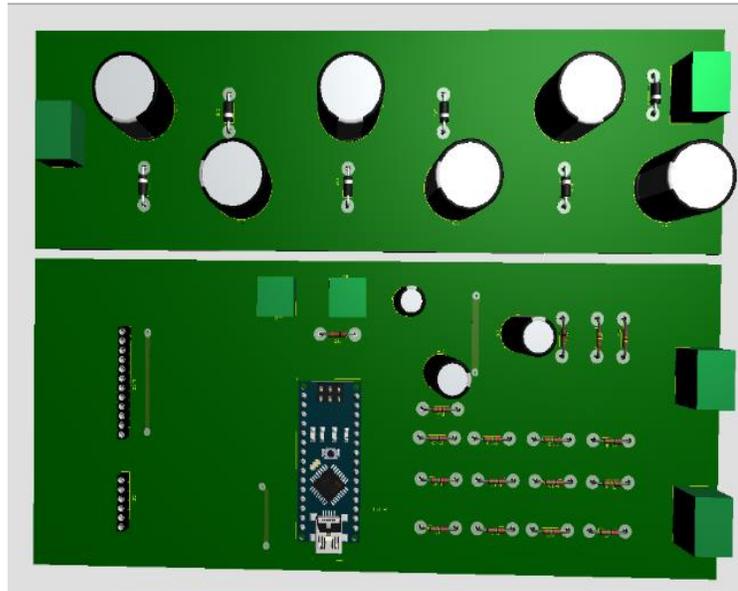


Figura 37. Diseño en 3D.

Fuente propia 2023.

### 2.12.2. Arduino

Otra de las herramientas a utilizar fue la plataforma Arduino IDE, quien es una herramienta de programación de desarrollo integrado, ya que es amigable con el usuario, sin embargo, hay que entender primero la lógica, y secuencia para luego plasmarlo en este.

```
Proyecto_tesis Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Proyecto_tesis
1 #include <SPI.h>
2 #include <SD.h>
3 #include <LiquidCrystal.h>
4
5 Sd2Card card;
6 SdVolume volume;
7 SdFile root;
8
9 const int rs = 7, en = 6, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
10 LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
11
12 const int ChS = 10;
13
14 #define NUMREADINGS 3 //10 los valores para leer
15
16 int readings[NUMREADINGS]; //Las lecturas de la entrada analógica
17 int index = 0; //Indice de la lectura actual
18 int total = 0; // Lectura Total
19 int average = 0; //Media
20 int ds = 9;
21
22 float vcc = 5; // Valor real de la alimentacion de Arduino, Vcc
23 float r1 = 39000000; // 27.82M para 700v 39.82M para 1000v
24 float r2 = 180000; // 180K
25 float v2 = 0;
26
27 int i, Contador = 0;
28 float input_1;
29 float resol= 5.0/1023.0;
30 float vol=700.0;
31 float volt,Rx;
32 File dataFile;
33
34 void setup() {
35
36   lcd.begin(16,2);
37
```

Figura 38. Parte de la programación.

Fuente propia 2023.

### 2.12.3. Comparación

Mediante la investigación realizada se logró crear el prototipo de megohmetro, el cual se tomó en cuenta cada detalle, para llevarlo a cabo, sin duda fue un reto poder ejecutar este proyecto debido a la poca información, y ayuda externa de quienes conocen o han usado este equipo de medición. El poder crear un dispositivo con el fin de aportar a las personas una herramienta que les permita verificar el funcionamiento adecuado de sus sistemas eléctricos, es satisfactorio, y retador desde el punto de vista que es algo que no se usa en nuestro país, no es común, y los que existen solo brindan información de su funcionalidad en sí, mas no de cómo está construido.

Actualmente en la universidad nacional de ingeniería UNI, cuenta con equipos de medición llamados KYORITSU (telurómetro) los cuales se usan para medir resistencia de puesta a tierra y la resistividad del terreno, es lo más cercano posible con lo que se puede hacer referencia, aunque el telurómetro y

megohmetro son dispositivos de medición, cada uno se usa para diferentes funciones, uno para puesta a tierra y el otro para la resistencia de aislamiento. Como teoría en general se conoce que si el aislamiento es menor a cinco puntos cinco  $M\Omega$  ( $>0.5M\Omega$ ) este se considera dañado, con esta información se probó si con el telurómetro se podría hacer esta prueba ya que tiene la función de insulation (aislamiento), teniendo como resultado según la prueba realizada con alambre eléctrico en buen estado.

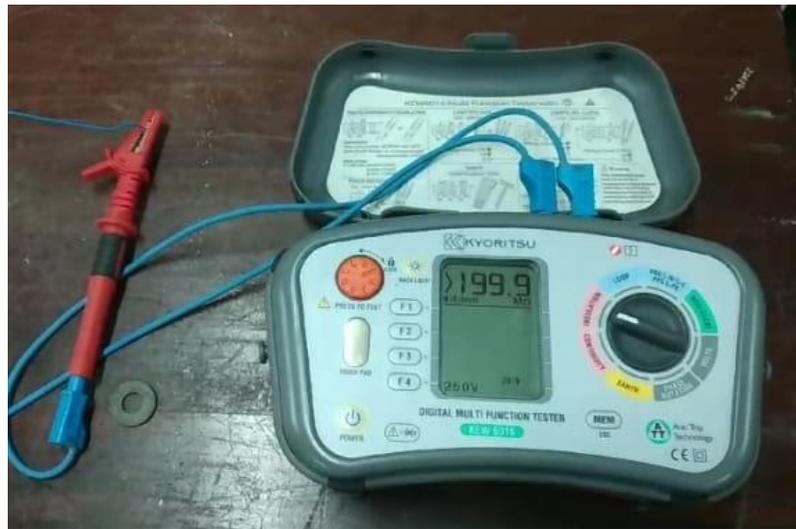


Figura 39. Equipo de medición.

Fuente propia 2023.

Como se observa en esta imagen al aplicarle voltaje a un cable en buen estado, con el telurómetro en la opción insulation obtenemos ese resultado, lo cual se puede tomar como buen aislamiento ya que este puede tender a infinito, o un valor cercano

al que se le esté proporcionando. y como se mencionó anteriormente un valor menor a ( $>0.5M\Omega$ ) se considera mal aislamiento.

Posteriormente se realizó una prueba en un cable con el cobre expuesto en el cual se tiene como resultado cero (0) en las mediciones es decir un aislamiento demasiado bajo, entonces se procedió de la misma forma probar continuidad y se observa que si hay continuidad y una resistencia nula.

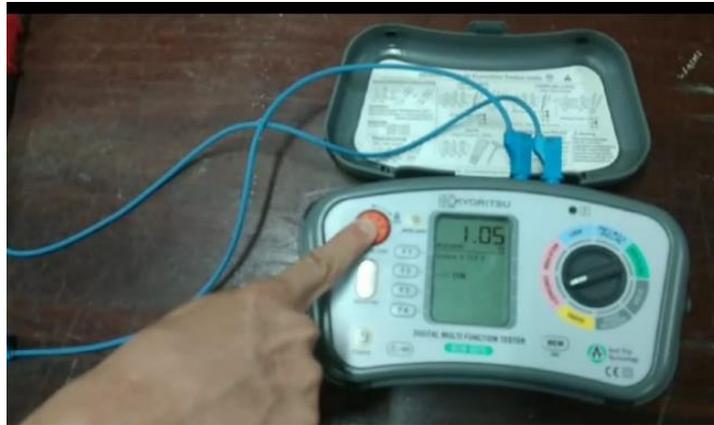


Figura 40. Pruebas con un equipo de medición.

fuentes propia 2023

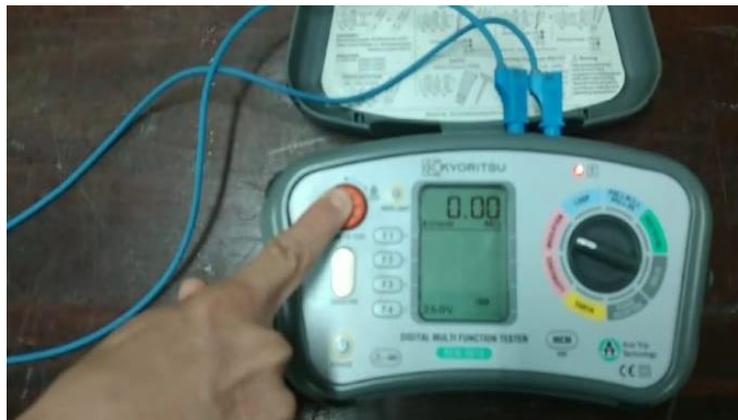


Figura 41. Prueba de continuidad.

Fuentes propia 2023.

De igual forma se realizaron las mismas pruebas con el equipo de medición que se desarrolló para observar cuanta variación había entre un dispositivo de fabricación exterior y del dispositivo desarrollado a través de esta investigación.

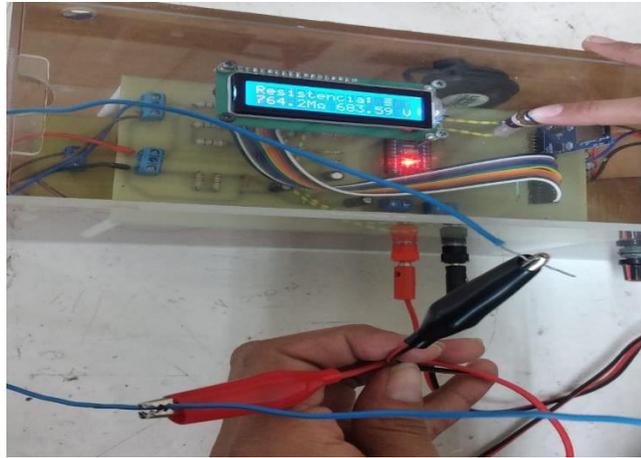


Figura 42. Realización de mediciones.

Fuente propia 2023.

En la figura 42 se realiza la medición de la resistencia de aislamiento en un cable donde se observa que se le introduce un voltaje de 683.59v y da como resultado una medición de 764.2 mega ohmios interpretando ese resultado como un alambre con un buen aislamiento ya que la teoría dice que un buen aislamiento puede tender a infinito o se toma como bueno cuando es mayor a 0.5 mega ohmios.

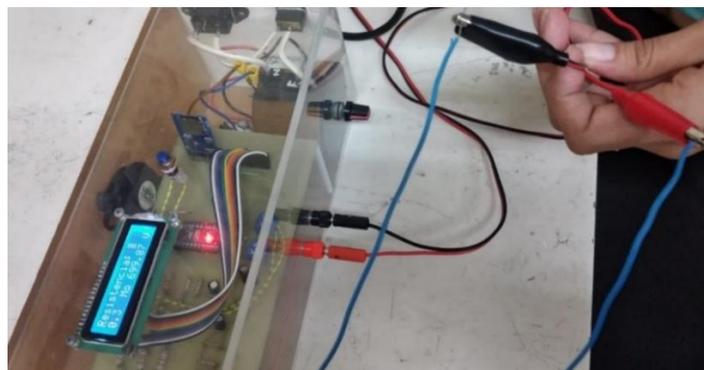


Figura 43. Mediciones con el prototipo.

Fuente propia 2023.

En la figura 43 se realiza la siguiente medición tomada de ambos extremos del cable donde se observa la introducción de 699.87v teniendo como resultado 0.3

maga ohmios considerándose con estos resultados un cable dañado o con un mal aislamiento eléctrico como se hacía mención anteriormente si el resultado es mayor a  $0.5\text{M}\Omega$  es bueno y de caso contrario menor a  $0.5\text{M}\Omega$  es tomado como un mal aislamiento como se aprecia en la imagen.

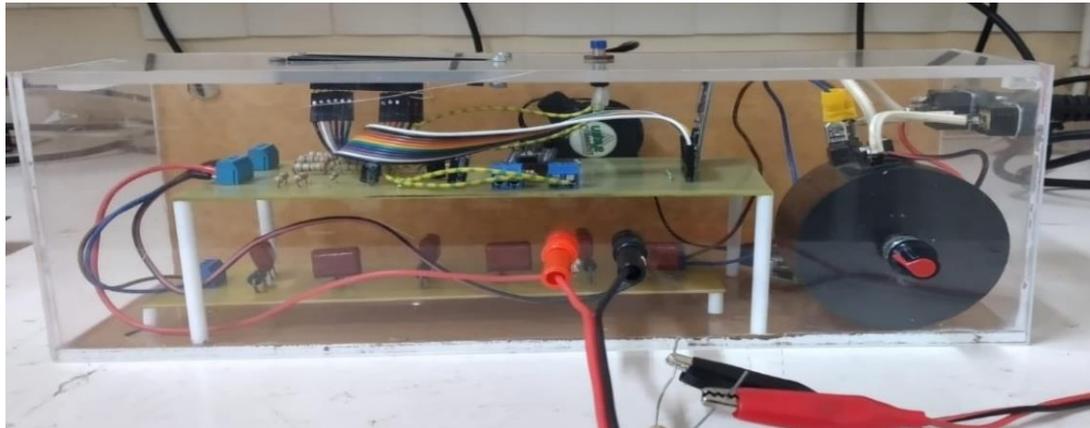


Figura 44. Megohmetro producto final.

Fuente propia 2023.

#### 2.12.4 Presupuesto

Realizar un equipo de medición como el antes mencionado no requiere tanto dinero, a continuación, se detallará una lista de los componentes utilizados con sus respectivos costos individuales y cantidades utilizadas.

Componente	Cantidad	Precio por unidad	Total
Arduino Nano	1	390	390
Lector de memoria microSD	1	180	180
Display LCD 16x2	1	150	150
Memoria microSD 32GB	1	350	350
Terminal bloc 2 pines	2	25	50
Terminal bloc 3 pines	3	35	105
Autotransformador	1	500	500

Capacitores microfaradios cerámico	0.47 400v	6	60	360
Diodos 1n5408		8	25	200
Resistencias de mega 1 watt	3.3	12	6	72
Resistencia de 2.7 mega 1 watt		3	6	18
Resistencia de 180 kilos 1watt		3	9	24
Capacitor electrolítico de 47 microfaradio		3	7.50	22.50
Capacitor electrolítico de 220 microfaradio		2	13	26
Tarjeta pcb de fibra 30x30		1	850	850
Impresiones del esquema		2	50	100
<b>Total</b>				<b>3397.50</b>

Figura 45. Listado de componentes, presupuesto.

Fuente propia 2023.

## **Conclusiones**

Para concluir con este tema podemos decir que se llevaron a cabo los objetivos que se tenían, para el desarrollo de este tema de investigación. Iniciando con la parte teórica que es la de Definir términos de referencia de megohmetro para medir la resistencia de aislamiento eléctrico, tomando en cuenta que hay que apropiarse del tema para desarrollarse debidamente.

Cumpliendo con la secuencia de trabajo se diseñó el esquema del circuito para realizar el prototipo de Megohmetro, ya realizada esta parte se trabajó en la realización de la programación del microcontrolador y base de dato para tener un registro de los datos obtenidos a través de las mediciones realizadas y luego estas poderse observar mediante una pantalla LCD.

Por tanto, se plasmaron los conocimientos haciendo de esto un producto final, con un buen funcionamiento. Teniendo como resultado el diseño de un prototipo de megohmetro el cual permita realizar las mediciones de la resistencia de aislamiento eléctrico en cables, de fácil manejo, y menor costo respecto al valor que este tiene en el mercado.

Recalcando que en este trabajo monográfico podrán encontrarse las herramientas necesarias para realizar este equipo de medición, de calidad, ya que hay un índice elevado de incendios a causa de una mala resistencia de aislamiento en los sistemas eléctricos, recordemos que cuidar nuestra propiedad y el medio en que habitamos es nuestra prioridad, porque hay muchas situaciones lamentable desde pérdidas materiales, como humanas debido a que no se toma en cuenta una revisión periódica del aislamiento en el cableado eléctrico de nuestros hogares, recordemos que este se ve afectado por muchos factores, incluso el 75% de población nicaragüense no cuentan con la verificación de los bomberos y están conectados a la red comercial de forma ilegal.

## **Recomendaciones o mejoras**

- Tomar las medidas necesarias al realizar las mediciones, es decir, todos los equipos de protección personal, debido a que este dispositivo maneja alto voltaje y esto representa un riesgo para la salud del usuario.
- Incluir un sistema de respaldo de energía por medio de baterías de manera que sea independiente de la red eléctrica; pues se entiende que al momento de hacer pruebas en los nuevos sistemas eléctricos en estos no circula aún corriente eléctrica o mejor dicho aún no están conectados al sistema eléctrico comercial.
- Hacer uso de dispositivos más compactos y de fácil obtención en el mercado local de manera que se reduzca considerablemente el tamaño del equipo.
- Implementar un bus I2C para el uso de la LCD o bien por medio del protocolo SPI de manera que se reduzca el uso de pines del microcontrolador y poder dedicar estos a otras mediciones como, por ejemplo, medidor de continuidad, etc.
- Crear una conexión PC-Megohmetro para permitir un mejor manejo de los datos obtenidos en las mediciones, de igual manera se podría desarrollar una interfaz amigable con el usuario.

## **Bibliografía**

- Arduino. <https://arduinohtics.weebly.com/tipos-de-arduino.html>. Obtenido de <https://arduinohtics.weebly.com/tipos-de-arduino.html>: <https://arduinohtics.weebly.com/>
- Arduinohtics. (2022). arduinohtics.weebly. Obtenido de arduinohtics.weebly: <https://arduinohtics.weebly.com/>
- Arduinohtics. (2022). Tipos-de-arduino. Obtenido de Tipos-de-arduino: <https://arduinohtics.weebly.com/tipos-de-arduino.html>.
- Arduino-Tecnología para todos. (2021). Tipos de arduino. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://arduinohtics.weebly.com/tipos-de-arduino.html>
- Artec-ingenieria. (2023). artec-ingenieria. Obtenido de artec-ingenieria: [https://www.artec-ingenieria.com/pdf/Guias\\_Tecnicas\\_Megger/Castellano/Above%201kV\\_U\\_G\\_ESLA\\_V06.pdf](https://www.artec-ingenieria.com/pdf/Guias_Tecnicas_Megger/Castellano/Above%201kV_U_G_ESLA_V06.pdf)
- Artec-ingenieria. (2023). artec-ingenieria. Obtenido de artec-ingenieria: [https://www.artec-ingenieria.com/pdf/Guias\\_Tecnicas\\_Megger/Castellano/Above%201kV\\_U\\_G\\_ESLA\\_V06.pdf](https://www.artec-ingenieria.com/pdf/Guias_Tecnicas_Megger/Castellano/Above%201kV_U_G_ESLA_V06.pdf)
- Axiomet. (2023). axiomet. Obtenido de axiomet: [https://axiomet.eu/es/es/page/2391/Medicion-de-resistencia-de-aislamiento\\_-condicion-para-la-utilizacion-segura-de-la-red/](https://axiomet.eu/es/es/page/2391/Medicion-de-resistencia-de-aislamiento_-condicion-para-la-utilizacion-segura-de-la-red/)
- Carrod Electrónica. (2014). Arduino Nano. Obtenido de [Imagen]: Recuperado por <https://www.carrod.mx/products/nano-v3-0-generico>
- Chauvin Arnoux. (03 de 2010). Aislamiento y causas del fallo del aislamiento. Obtenido de [Imagen]: Recuperada de [https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat\\_guia\\_de\\_medicion\\_de\\_aislamiento.pdf](https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_aislamiento.pdf)

Chauvin-arnoux. (03 de 2010). chauvin-arnoux. Obtenido de chauvin-arnoux:  
[https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat\\_guia\\_de\\_medicion\\_de\\_aislamiento.pdf](https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_aislamiento.pdf)

Chauvin Arnoux. (03 de 2010). Guia de la medicion de aislamiento. Obtenido de [Imagen]: Recuperada de [https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat\\_guia\\_de\\_medicion\\_de\\_aislamiento.pdf](https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_aislamiento.pdf)

De maquinas y herramientas. (29 de Abril de 2018). Maquinas y herramientas. Obtenido de Maquinas y herramientas:  
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/como-elegir-un-megohmetro-de-acuerdo-al-trabajo-a-realizar>

Ecured. (2021). Ecured. Obtenido de Ecured:  
[https://www.ecured.cu/Meg%C3%B3metro#Tipos\\_de\\_Meg.C3.B3hmetros](https://www.ecured.cu/Meg%C3%B3metro#Tipos_de_Meg.C3.B3hmetros)  
<http://www.amperis.com/> <http://www.pce-iberica.es/>

Electropreguntas. (2023). electropreguntas. Obtenido de electropreguntas:  
<https://electropreguntas.com/aprende-como-evaluar-la-resistencia-de-aislamiento-en-cables/>

FARADAYOS. (2015). Medición de la resistencia de aislamiento. Obtenido de [Imagen]: Recuperada de <https://www.faradayos.info/2018/07/medicion-resistencia-aislamieto-megger-megometro.html>

Gouveia, R. (18 de 02 de 2022). Toda materia. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://www.todamateria.com/ley-de-ohm/>

Herramientas de medicion y control. (29 de Abril de 2018). Como elegir un megohmetro. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/como-elegir-un-megohmetro-de-acuerdo-al-trabajo-a-realizar>

JLD EXCEL. (04 de 03 de 2006). Base de dato. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://jldexcel.blogspot.com/2006/03/manejo-de-pequeas-bases-de-datos-en.html>

Julián, C. (24 de 10 de 2022). Autotransformador. Obtenido de [Imagen]: Recuperado por <https://ingtelecto.com/autotransformador/>

Megger. (2022). Megohmetro Analogico. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://www.directindustry.es/prod/megger/product-7346-1959770.html>

Mendoza, M. L. (16 de julio de 2020). openwebinars. Obtenido de openwebinars: <https://openwebinars.net/blog/que-es-un-lenguaje-de-programacion/>

Neoattack. (27 de Agosto de 2020). neoattack. Obtenido de neoattack: <https://neoattack.com/neowiki/interfaz-grafica-de-usuario/>

Programa facil. (2021). Arduino mega. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/>

Seguridad con electricidad. (30 de Noviembre de 2010). Seguridad con electricidad. Obtenido de Seguridad con electricidad: <https://seguridadconelectricidad.blogspot.com/2010/11/resistencia-de-aislamiento-en-cables.html>

SIEEG. (2021). LCD 16\*2. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de <https://sieeg.com.mx/producto/display-16x2-1602a-fondo-azul/>

Soriano, S. (30 de 01 de 2017). Reparacion de electronica industrial. Obtenido de [Imagen]: Recuperada de <https://www.thesergioscorner.com/post/c%C3%B3mo-se-usa-un-medidor-de-aislamiento-o-meg%C3%B3metro>

SYSPORT. (2021). LCD 20\*4. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de [https://sysport.mercadoshops.com.ar/MLA-616606891-display-lcd-2004-backlight-azul-20x4-serie-i2c-arduino-\\_JM](https://sysport.mercadoshops.com.ar/MLA-616606891-display-lcd-2004-backlight-azul-20x4-serie-i2c-arduino-_JM)

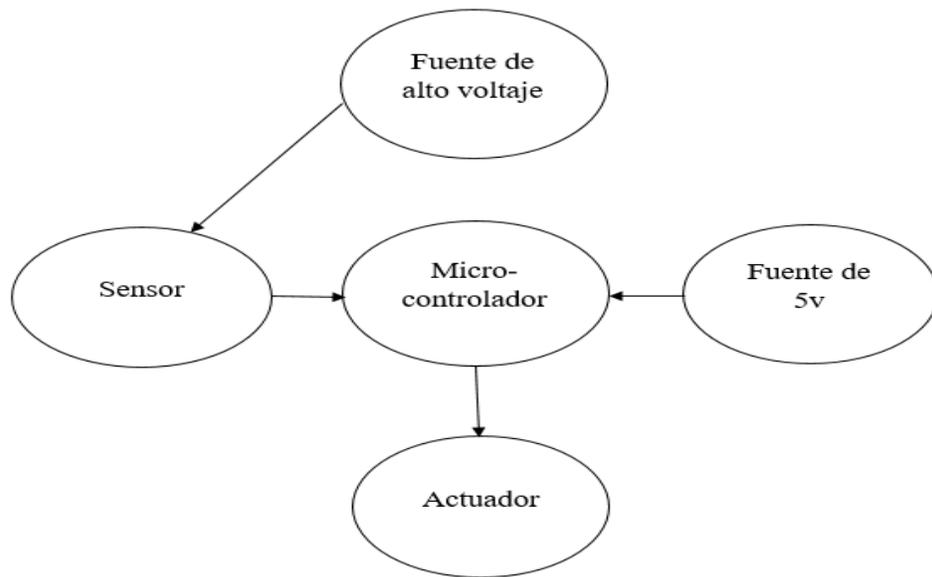
UNE. (28 de 12 de 2012). une.org. Obtenido de une.org:  
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-60811-504-2012-n0050547>

Workana. (2021). Interfaz Grafica. Obtenido de [Imagen]: Recuperado de  
<https://i.workana.com/glosario/que-es-la-interfaz-grafica-de-usuario-gui/>

## Anexos

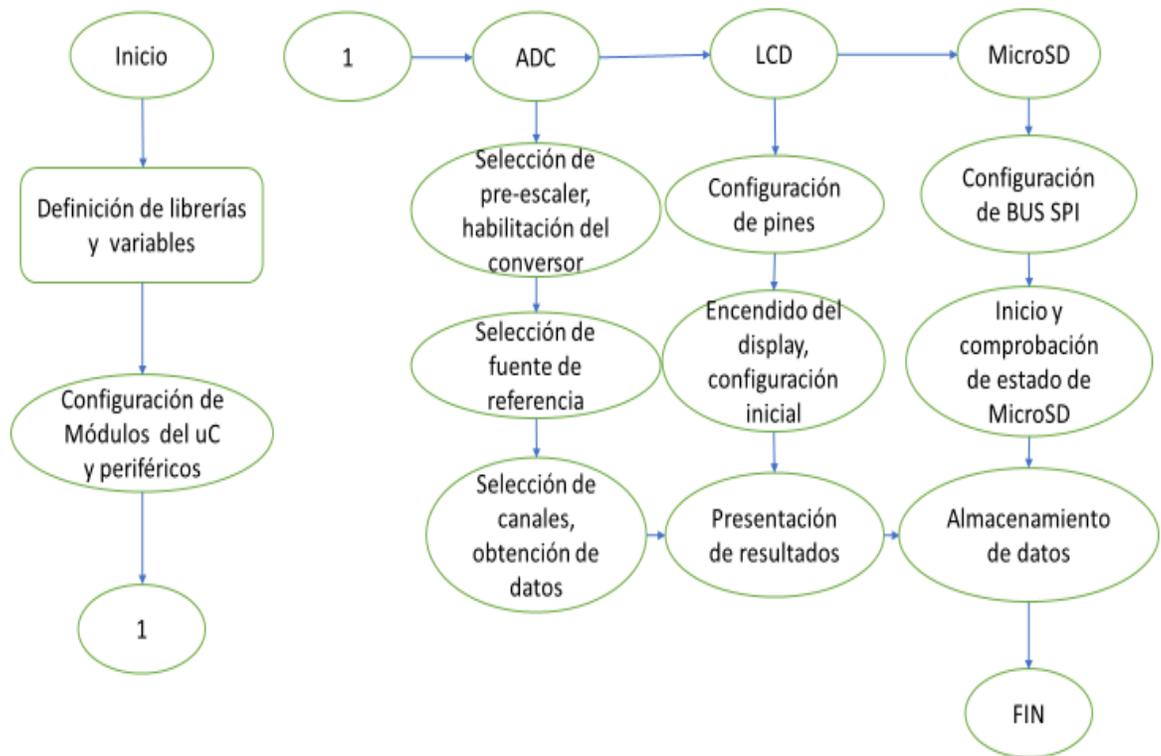
Diagrama de bloque

Secuencia de trabajo

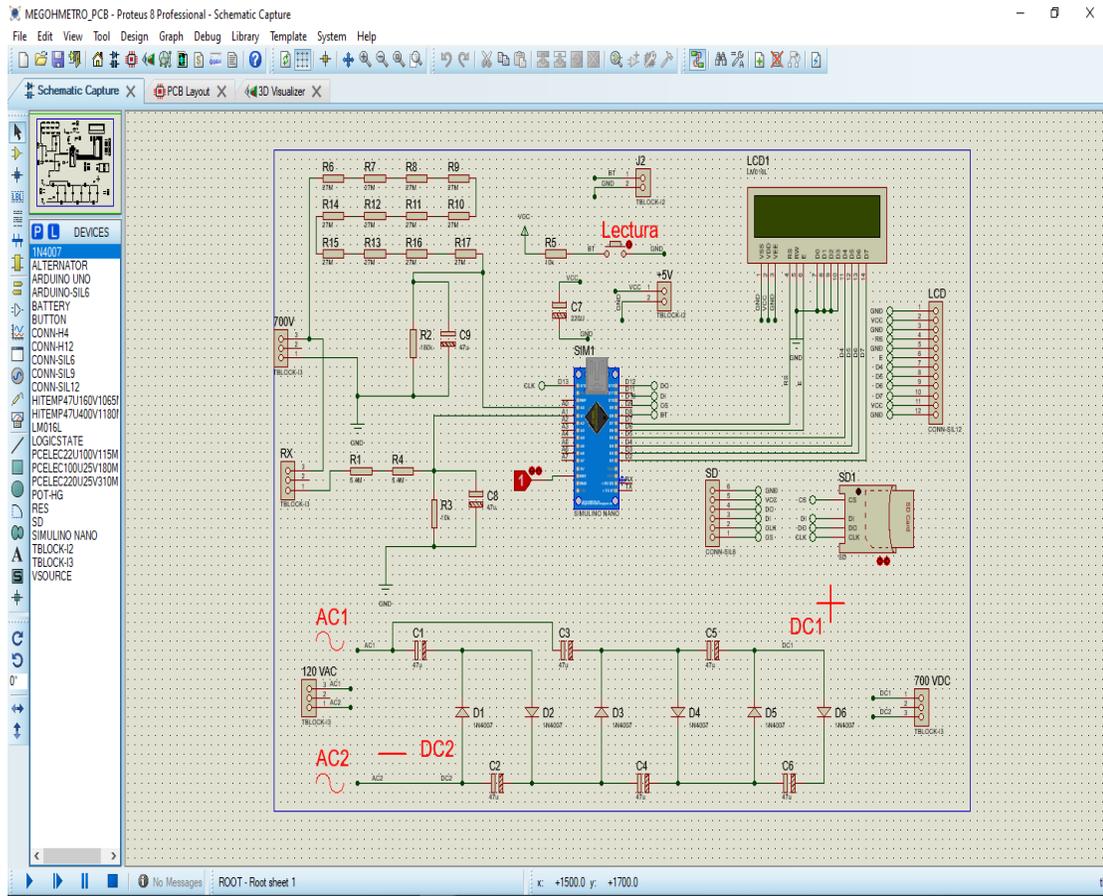


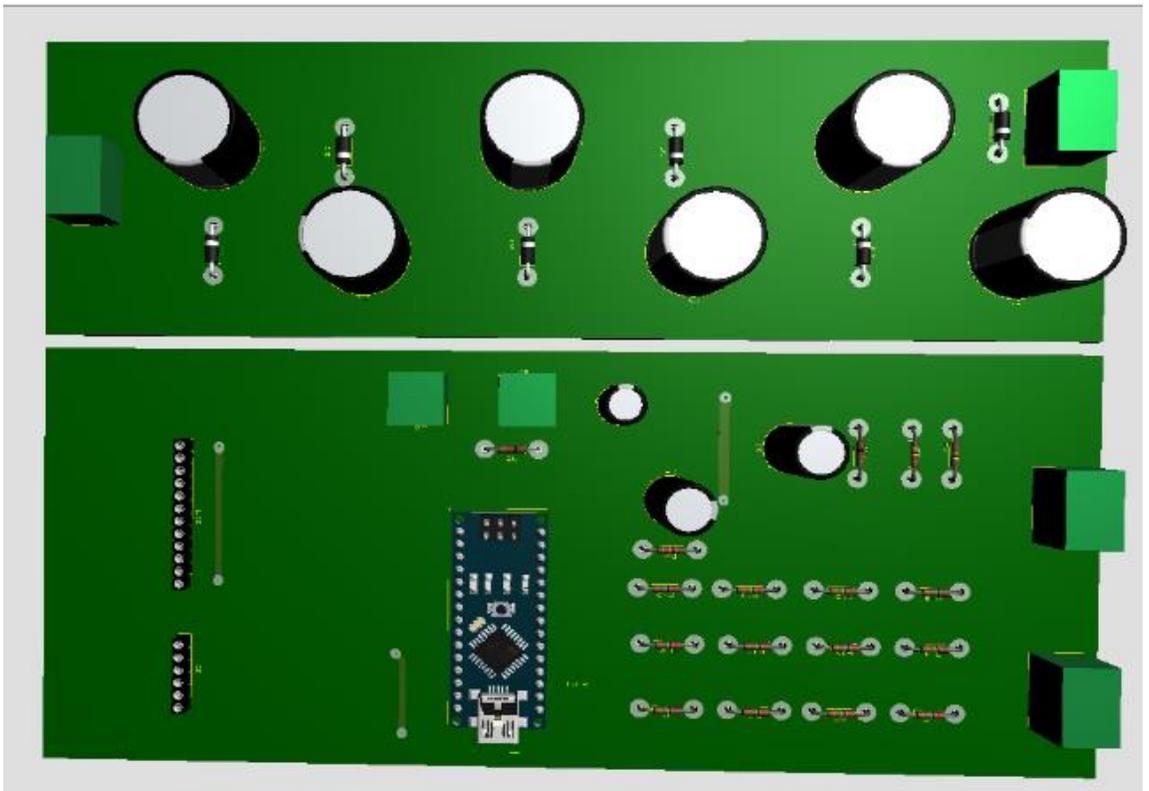
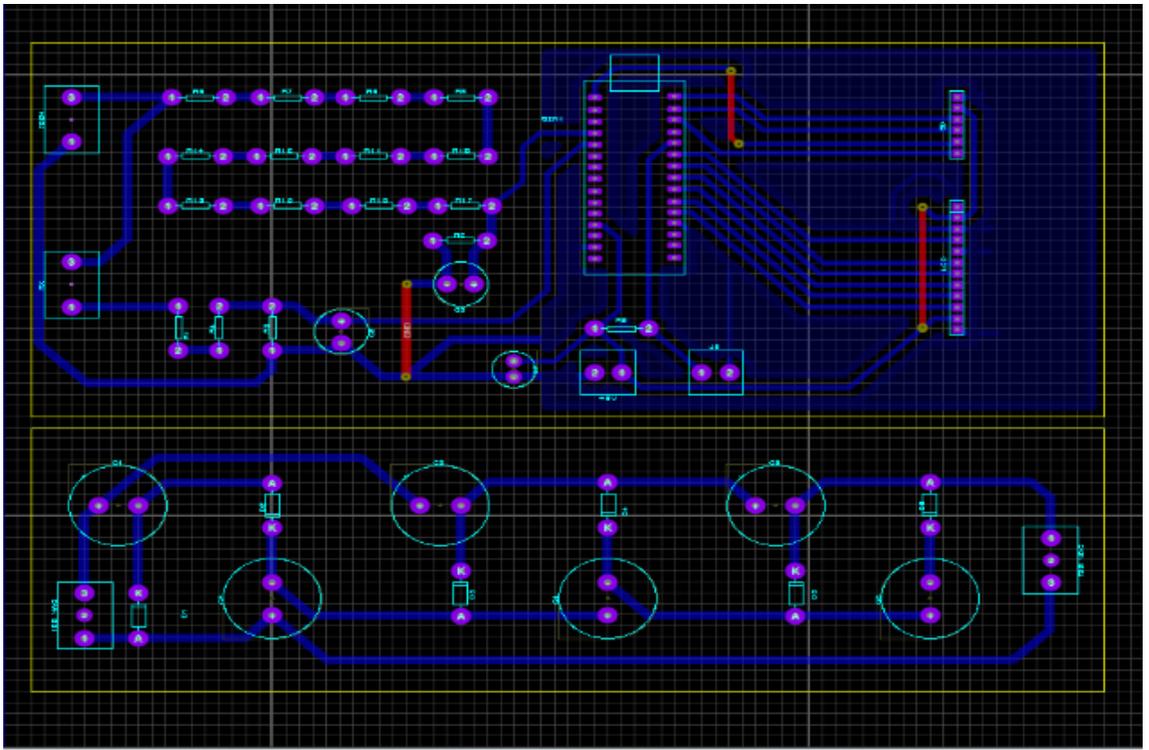
Algoritmo de trabajo.

Secuencia de programación.

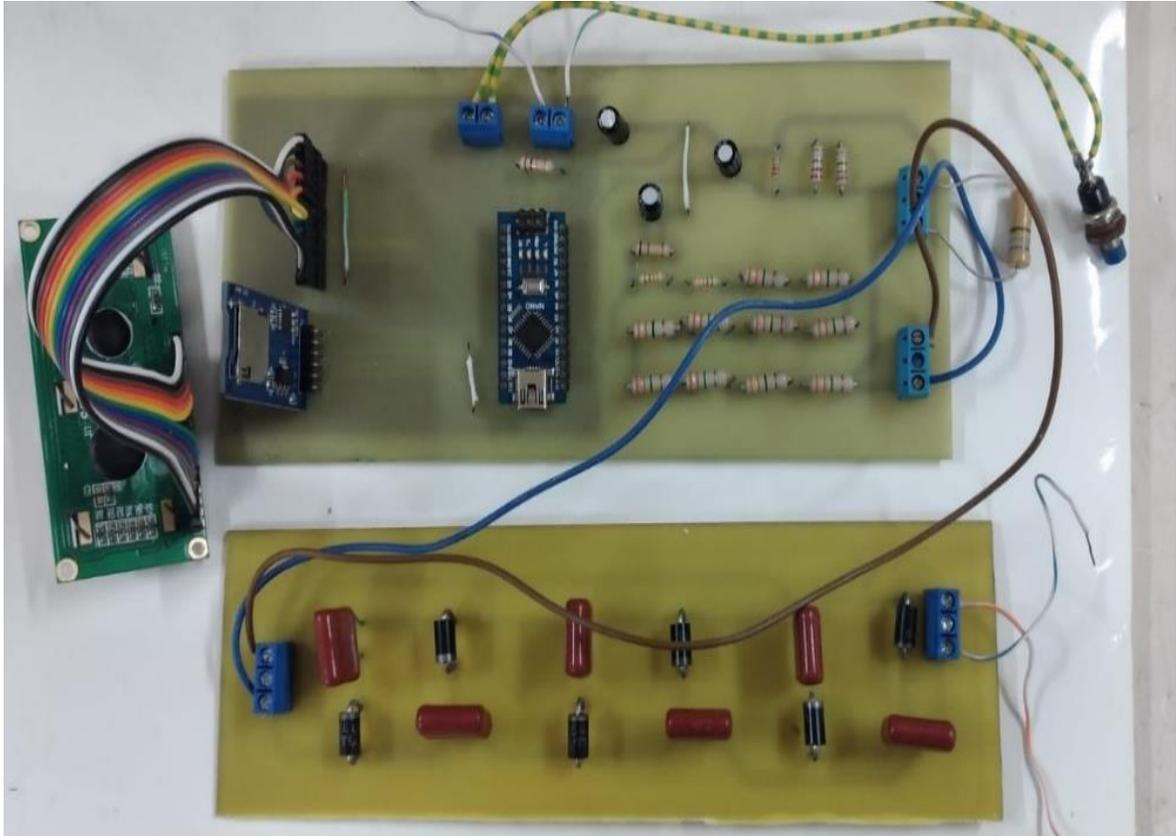


# Diseño de prototipo





# Proceso



## Programación

```
1 #include <SPI.h>
2 #include <SD.h>
3 #include <LiquidCrystal.h>
4
5 Sd2Card card;
6 SdVolume volume;
7 SdFile root;
8
9 const int rs = 7, en = 6, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
10 LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
11 const int ChS = 10;
12
13 #define NUMREADINGS 3 //10 los valores para leer
14
15 int readings[NUMREADINGS]; //Las lecturas de la entrada analógica
16 int index = 0; //Indice de la lectura actual
17 int total = 0; // lectura Total
18 int average = 0; //Media
19 int d8 = 8;
20 float vcc = 5; // valor real de la alimentacion de Arduino, Vcc
21 float r1 = 39000000; // 27.82M para 700v 39.82M para 1000v
22 float r2 = 180000; // 180K
23 float v2 = 0;
24 int i, Contador = 0;
25 float input_1;
26 float resol= 5.0/1023.0;
27 float vol=700.0;
28 float volt,Rx;
29 File dataFile;
```

```
30
31 void setup() {
32   lcd.begin(16,2);
33   for (int i = 0; i < NUMREADINGS; i++) {
34     readings[i] = 0; //Pone toda la matriz a 0
35   }
36   lcd.print("Megohmetro: ");
37   pinMode(A0, INPUT);
38   pinMode(A1, INPUT);
39   pinMode(d8 , INPUT);
40   bool resultado = false;
41   resultado = SD.begin(SPI_HALF_SPEED, ChS);
42   if(!resultado) {
43     lcd.clear();
44     lcd.println("Card failed");
45     return;
46   }
47   else {
48     lcd.clear();
49     lcd.println("Card Correct");
50   }
51 }
52 void loop() {
53   if(digitalRead(d8) == 0){
54     Contador += 1;
55     lcd.setCursor(0,0);
56     lcd.print("Resistencia: ");
57     delay(100);
58     Vol_lectura(0);
```

```

59     delay(10);
60     Rx_lectura(1);
61     lcd.setCursor(0,1);
62     lcd.print(Rx,1);
63     lcd.setCursor(5,1);
64     lcd.print('M');
65     lcd.setCursor(6,1);
66     lcd.print((char)244);
67     lcd.setCursor(8,1);
68     lcd.print(v2);
69     lcd.setCursor(15,1);
70     lcd.print("v");
71     input_l=0;
72     volt=0;
73     Sd_Card();
74 }
75 else {
76     lcd.home();
77 }
78 }
79 void Vol_lectura(short chn) {
80     for(index=0;index<NUMREADINGS;index++) {
81         total -= readings[index]; //Resta la última lectura
82         readings[index] = analogRead(chn); //Lee los valores de A0 y guarda en la matriz
83         total += readings[index]; //Añade la lectura a total
84     }
85     average=total/NUMREADINGS;
86     float v1 = (average * vcc) / 1024.0;
87     v2 = v1 / (r2 / (r1 + r2));
88 }

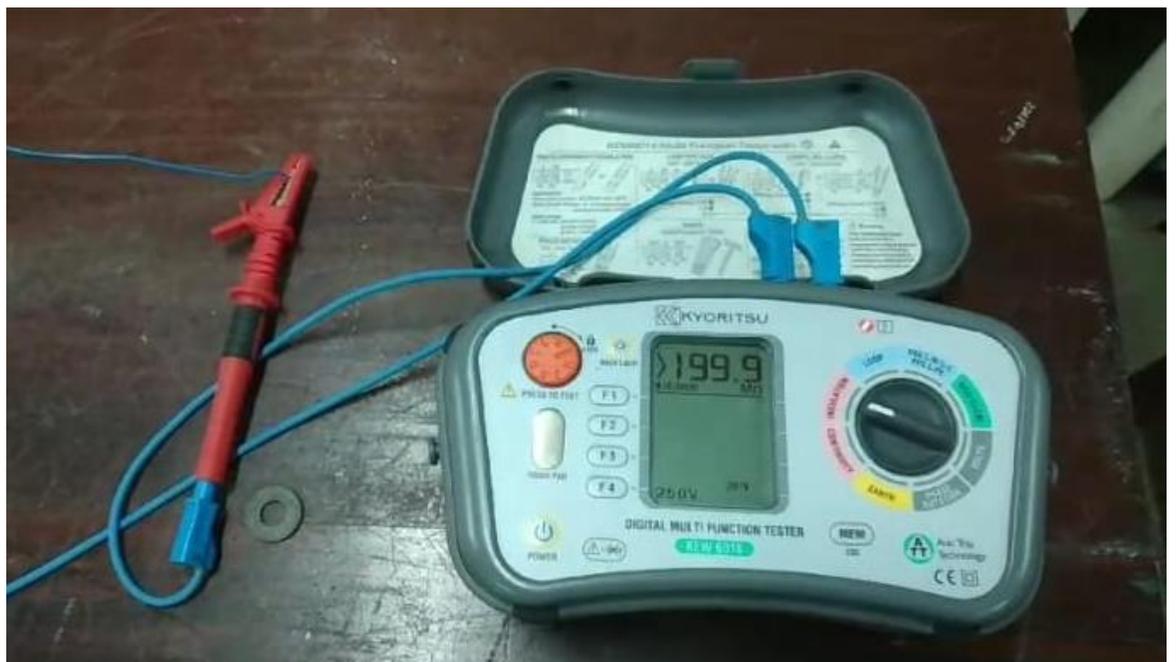
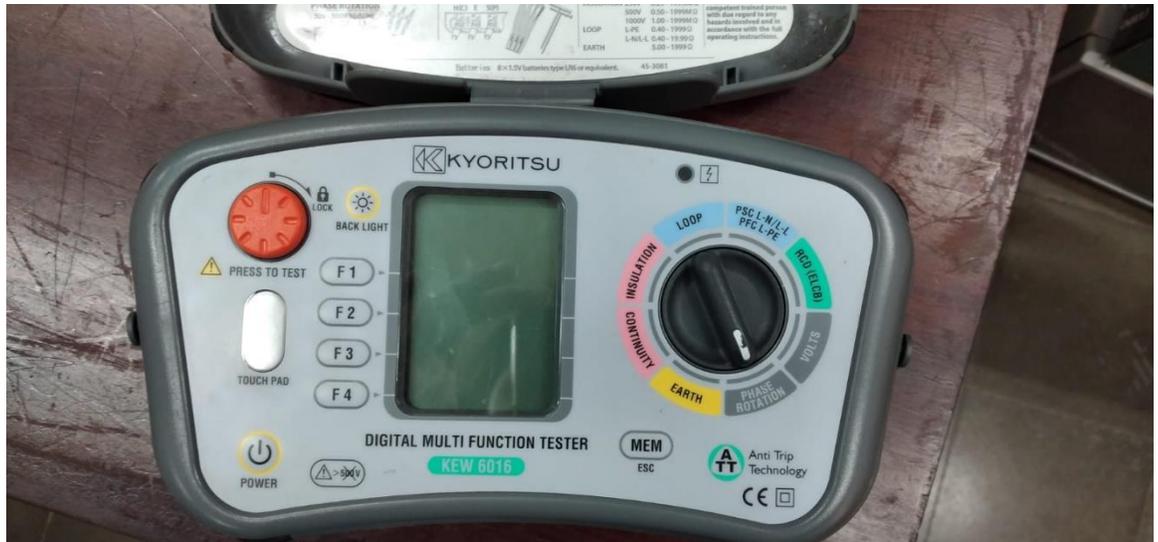
```

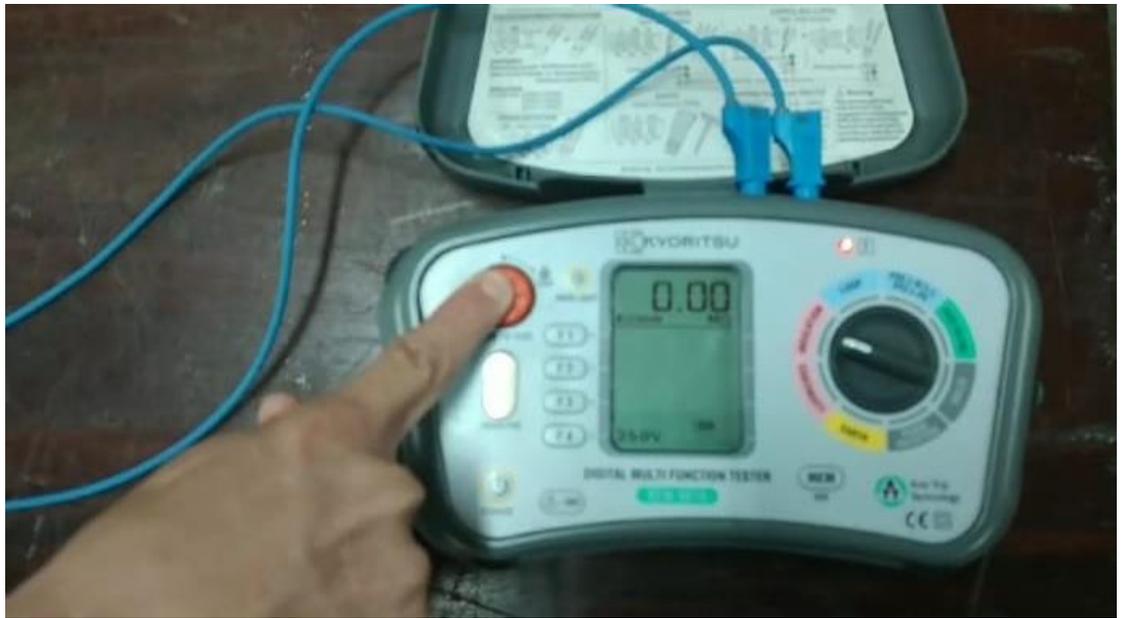
```

89 void Rx_lectura(short chn) {
90   for(i=0;i<NUMREADINGS;i++){
91     input_1 = input_1 + analogRead(A1);
92     delay(200);
93   }
94   input_1 = input_1/3.0;
95   volt= input_1 * resol;
96   Rx= (((v2-volt)*22000)/volt)/1000000)-5.0;
97   //Rx=(((vol-volt)*10000)/volt)/1000000;
98 }
99 void Sd_Card() {
100   File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
101   if (dataFile) {
102     dataFile.print("La lectura num: ");
103     dataFile.print(Contador);
104     dataFile.print(" ha registrado un valor de Rx= ");
105     dataFile.print(Rx);
106     dataFile.print(" MOhm");
107     dataFile.print(", Vx= ");
108     dataFile.print(v2);
109     dataFile.println(" Volt");
110     dataFile.close();
111   }
112 }
113

```

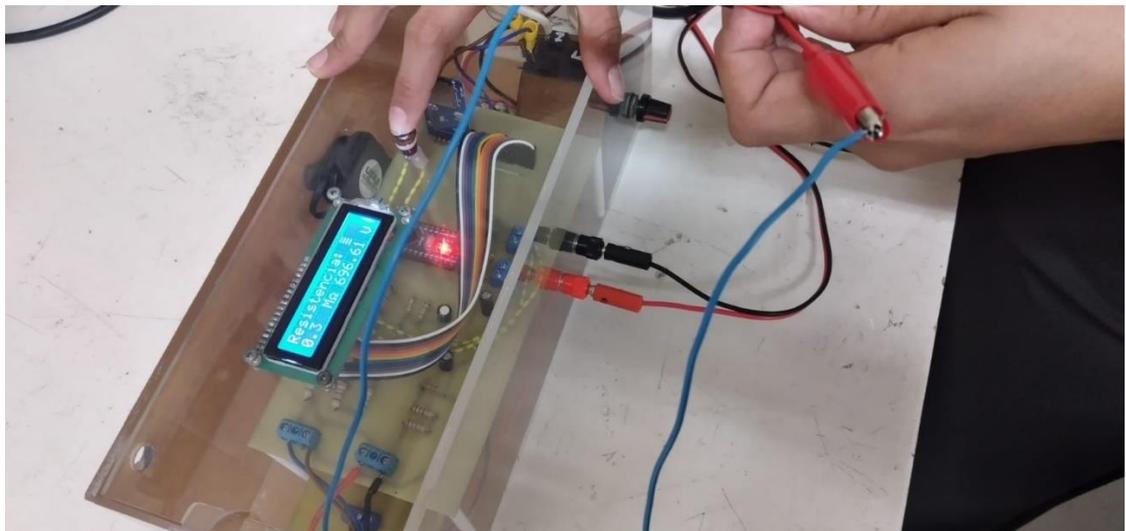
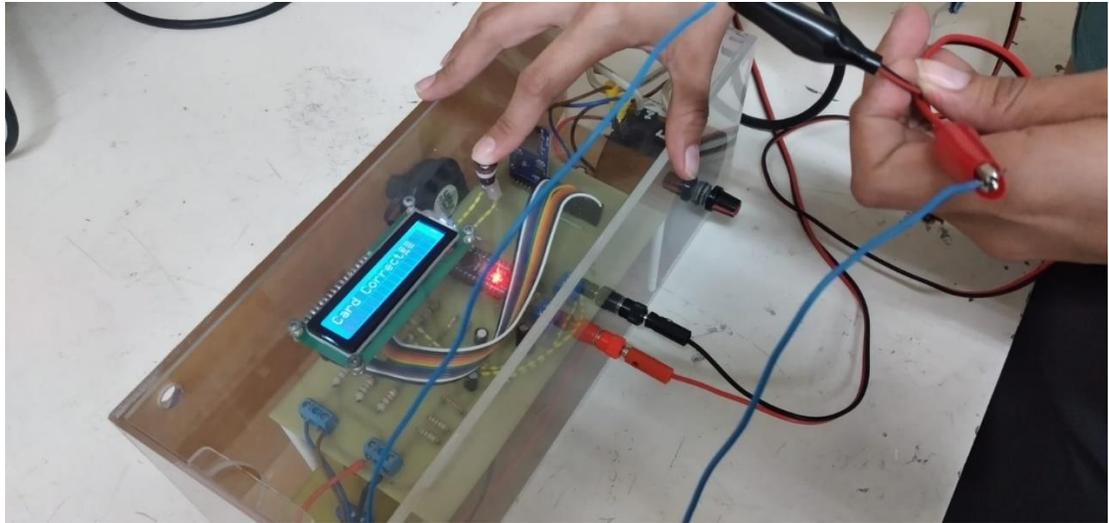
## Equipo de comparación

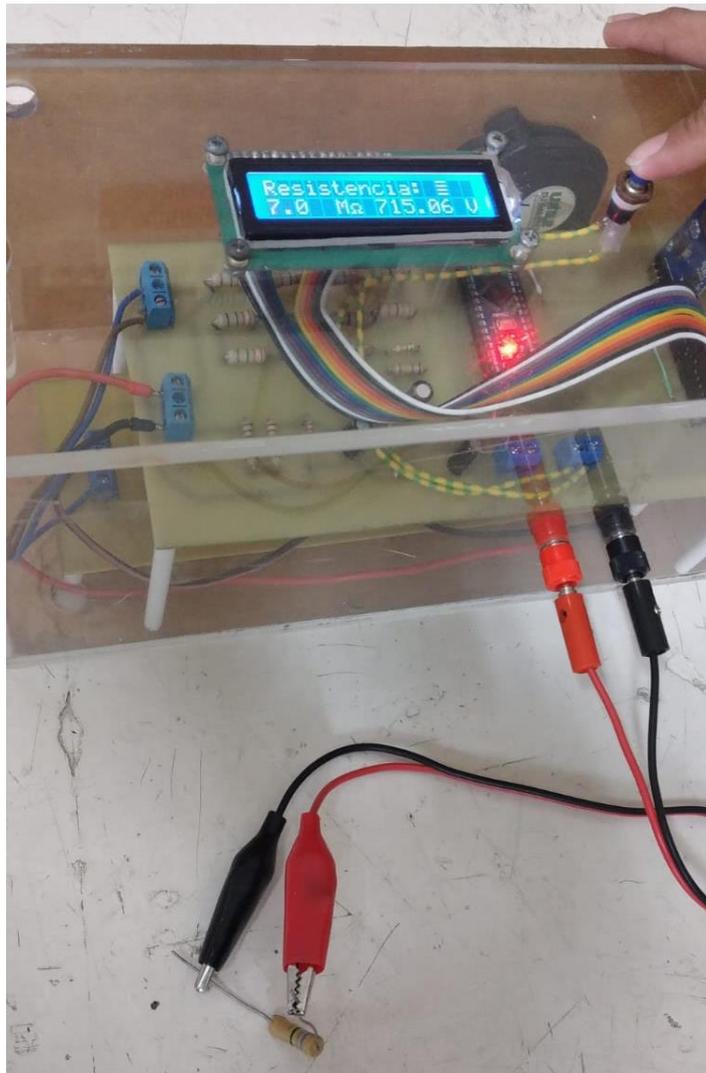
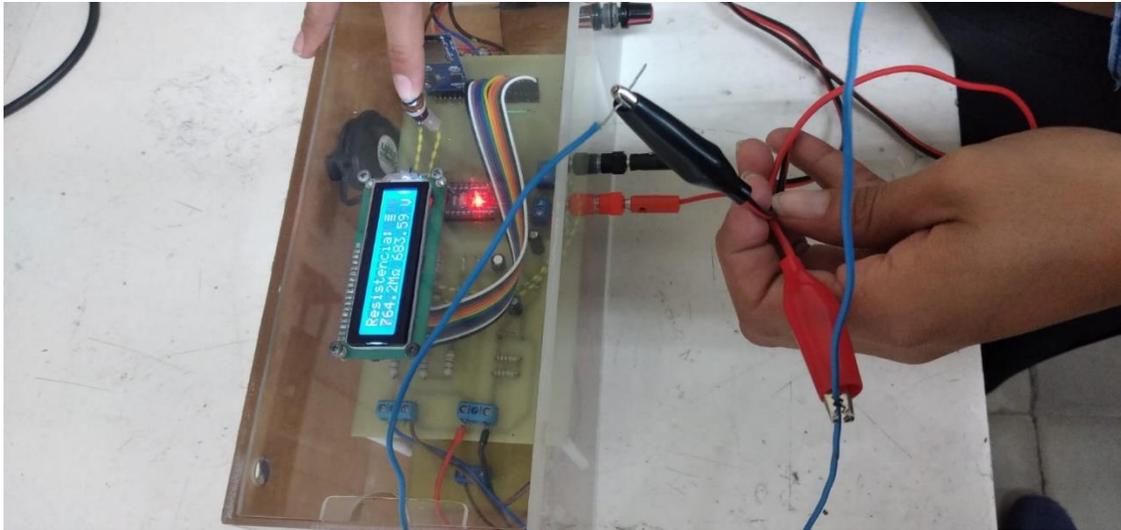




Equipo listo.







## Costos



### COTIZACION N° 1252

FECHA	06/09/2023
VENCIMIENTO	21/09/2023
PAGO	CONTADO

**CLIENTE:** YESENIA GONZALEZ  
**CONTACTO:** Yesenia Gonzalez

**N° RUC:**  
**TELÉFONO:** 8448 2029

**Estimados Señores:**

Atendiendo su amable solicitud, tenemos el gusto de cotizarle los siguientes productos:

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO	TOTAL
1801100072	RESISTOR DE CERAMICA DE 180 KOHM 1/4W	2.00	0.22	0.44
1801100152	RESISTOR DE CERAMICA DE 3.3 MOHM 1/4W	12.00	0.14	1.68
1801100154	RESISTOR DE CERAMICA DE 2.7 MOHM 1/4W	3.00	0.14	0.42
1906100167	DIODO RECTIFICADOR 200V 3A 1N5406	8.00	0.68	5.44
4021000006	CONDENSADOR DE POLIESTER DE 0.47UF 250VAC	8.00	2.70	21.60
4041000022	CONDENSADOR ELECTROLITICO DE 47UF 50V	2.00	0.19	0.38
4041000037	CONDENSADOR ELECTROLITICO DE 220UF 50V	2.00	0.35	0.70
<b>Elaborar cheque a favor de CESAR AUGUSTO CASTILLO ORUE</b> <b>Precios sujetos a cambio sin previo aviso.</b> <b>Total en córdobas sujeto a deslizamiento de la moneda.</b>		<b>SUBTOTAL (USD):</b>		<b>30.66</b>
		<b>DESCUENTO (USD):</b>		<b>0.00</b>
		<b>TOTAL (USD):</b>		<b>30.66</b>
		<b>TOTAL (C\$):</b>		<b>1,119.36</b>

# Items: 7

CUOTA FIJA

**OBSERVACIONES:** MATERIAL SE OFRECE HASTA AGOTAR EXISTENCIAS.

Esperamos que el contenido de la presente le sea de utilidad. No dude en contactarnos ante cualquier pregunta o aclaración al respecto.

Los costos variaron respecto a la proforma por la cantidad de watt que se utilizó y algunos valores cambiaron, siendo estos una referencia.



Siendo esto un proceso la elaboración del prototipo se llevó a cabo por etapas se realizaron cambios por ende no tengo las facturas originales y la tabla detallada de gastos son un aproximado.