

Plataforma Didáctica para la Inducción de Fallas Eléctricas en un Circuito

Eléctrico RLC para el Laboratorio de Electrónica Análoga

Tomihu Leteriel Parodys Chamorro

José Carlos Gutiérrez Segovia

Fredys Viloría Obregón

Director

Universidad Del Magdalena

Programa De Ingeniería Electrónica

Santa Marta D.T.C.H

2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por darme sabiduría para culminar mis estudios, a mi padre y madre por su apoyo incondicional, cariño y paciencia que fue el motor principal, durante el recorrido estudiantil, a mi esposa e hijo por ser la luz del camino recorrido, los cuales siempre fueron mi fortalece para nunca rendirme, a mis asesores de tesis Fredy Viloría y José Manuel Casas, por brindarme sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia, su perseverancia el cual ha sido fundamental para la elaboración de mi proyecto.

A mi compañero de tesis Tomihu Parodys por su invaluable amistad y apoyo incondicional en la realización de este proyecto, a mi familia, mis amigos de estudios, mis amigos del trabajo, que siempre me brindaron su apoyo incondicional. A todos ellos quiero dedicarle esta tesis y darle las gracias por ayudarme alcanzar mis sueño y mis metas.

JOSE CARLOS GUTIERREZ SEGOVIA

AGRADECIMIENTOS

Me resulta imposible resumir en tan pocas líneas mis más sinceros agradecimientos hacia las personas que participaron directa o indirectamente en la consecución de la presente tesis de grado para optar al título de ingeniero electrónico. Sirvan estas líneas para expresar mi gratitud primero que todo a:

Dios porque cuando uno cree en Dios y en sí mismo, el proceder en la vida siempre será positivo; y es ese mismo positivismo el que lo lleva a uno a alcanzar sus objetivos y metas propuestas.

A mi padre Gustavo Parodys a mi madre Nubia Chamorro, por su apoyo incondicional y la paciencia que siempre me han tenido durante todo el recorrido estudiantil, a mi esposa e hijo por ser mi motor, mi fortaleza para nunca rendirme y siempre seguir adelante, a mis directores de tesis Fredy Vilorio y José Manuel Casas, por brindarme sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia y perseverancia el cual ha sido fundamental para la elaboración de este proyecto.

A mi compañero de tesis José Carlos Gutiérrez por su invaluable amistad y apoyo incondicional en la realización de este proyecto, a mi familia, mis amigos de estudios, que siempre me brindaron su apoyo incondicional. A todos ellos quiero dedicarle esta tesis y darle las gracias por ayudarme alcanzar mis sueño y mis metas.

TOMIHU PARODYS CHAMORRO

Tabla De Contenido

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS.....	8
ALCANCES Y LIMITACIONES	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
ANTECEDENTES	11
Bases Teóricas	15
Electricidad	15
Electrónica.....	15
Fallas en Circuitos	16
Localización y Resolución de Fallas.....	17
Resistencia Shunt.....	19

Amplificador de Instrumentación para Medir Tensión.....	20
Aplicaciones.....	22
Teorías del Aprendizaje	22
Los Fundamentos de Gestalt	23
Los Fundamento del Cognitvismo	24
Los Fundamentos del Constructivismo	25
Diseño Instruccional.....	26
Software Educativo.....	27
Funciones del Software Educativo	28
Clasificación de Software Educativo.....	29
Generalidades sobre Objetos de Aprendizajes	30
Definición de Objeto de Aprendizaje.....	31
Laboratorio Virtual (Lv).....	32
La Simulación	33
Contenido Educativo Digital.....	33
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	34
Metodología.....	35

Diagrama Pictórico a Bloques de la Plataforma Didáctica.....	39
Arquitectura del Proyecto.....	40
Diagrama a Bloques del Circuito Eléctrico del Experimento.....	42
Diagrama de Circuito Eléctrico.....	43
Diagrama Detallado del Circuito de Experimento	43
Estado de Fallas	45
Fuente de Voltaje	46
Etapa de Control.....	48
Sensor de Voltaje	49
Modelo de Condicionamiento de la Señal de Voltaje	51
Sensor de Corriente	52
Acondicionamiento Corriente y Voltaje.....	55
Arquitectura Web y de Datos	56
Comunicación Serial y Trama de Datos	57
Diagrama de Flujo de Programa Arduino	58
Interface Gráfica Usuario	59
CAPÍTULO V: RESULTADOS	61

Impactos Esperados.....	62
Resultado de los Test	63
Circuitos de Instrumentación	64
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....	67
Conclusiones	68
Trabajos a Futuro.....	70
Bibliografía	72
Anexos.....	76

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Resistencia Shunt.....	19
Figura 2 Amplificador de Instrumentación.....	20
Figura 3 Fases del Diseño Instruccional.	26
Figura 4 Modelo Pictórico de Bloques de la Plataforma Didáctica.....	39
Figura 5 Vista en Físico y Composición Interna del Proyecto.....	39
Figura 6 Diagrama General de la Arquitectura del Proyecto.....	40
Figura 7 Circuito Base de Experimentación.	42
Figura 8 Diagrama Eléctrico del Circuito.....	43
Figura 9 Diagrama Detallado de Circuito del Experimento.....	44
Figura 10 Estado de Falla.....	45
Figura 11 Diseño de Fuente Voltaje con Reguladores.....	46
Figura 12 Regulador de Voltaje LM7812	47
Figura 13 Regulador de Voltaje LM 7912	47
Figura 14 Regulador de Voltaje LM2596	48
Figura 15 Diagrama de La Etapa de Control.	49
Figura 16 Diagrama de Sensores de Voltaje.....	50
Figura 17 Diagrama Amplificador de Instrumentación.....	51
Figura 18 Rectificador De Precisión.....	51
Figura 19 Acondicionamiento de la señal de Voltaje y Ganancia.....	52
Figura 20 Diagrama de Sensores de Corriente.....	53

Figura 21 Diagrama del Amplificador de Instrumentación INA 2126.	54
Figura 22 Detector de Pico.....	54
Figura 23 Etapa de Acondicionamiento de la señal de corriente.....	55
Figura 24 Modelo de flujo de datos	56
Figura 25 Trama de datos para la comunicación serial entre el raspberry y el arduino.....	57
Figura 26 Diagrama de flujo de arduino para obtener señales y enviarlos a raspberry PI.....	58
Figura 27 Interface gráfica de usuario web para plataforma didáctica.....	59
Figura 28 Prueba de laboratorio de plataforma didáctica.....	60
Figura 29 Test de prueba de funcionamiento de sensor de voltaje.....	64
Figura 30 Test de Mediciones de voltaje y corriente.....	65
Figura 31 Test de Favorabilidad de la Plataforma Didáctica.....	66

RESUMEN

El proyecto hace parte de la línea de investigación en “Didáctica de la Ingeniería” del Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería MAGMA INGENIERÍA, dentro del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena

Este proyecto tiene como finalidad el diseño y desarrollo de una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC para el laboratorio de electrónica análoga, donde el estudiante al realizar la práctica de laboratorio monte o arme un circuito RLC al cual se le induce una falla eléctrica (corto circuito – circuito abierto), permitiéndole al estudiante observar los comportamiento de la corriente y el voltaje de cada componente al ser inducido por una falla eléctrica. De tal forma que se facilite y se enriquezca el proceso de aprendizaje de conceptos relacionados con los circuitos eléctricos RLC.

Esta plataforma didáctica integra una parte de **software y hardware**, el cual le permite al estudiante poder interactuar de una forma real, permitiendo que el método de aprendizaje sea sencillo y fácil de entender, para afianzar sus conocimientos teóricos y prácticos.

CAPÍTULO I: IDENTIFICACIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El progreso de las comunicaciones unido a la evolución de herramientas y procesos informáticos, han transformado la forma en que se comparten la información y las ideas, generando cambios trascendentales en los sistemas educativos actuales, principalmente en la educación superior (Bravo et al., 2009). Este surgimiento ha permitido en los últimos años incursionar enormemente en los procesos de formación profesional de la educación superior. El crecimiento exponencial de estas tecnologías permitió el avance de nuevos software como método de enseñanza, utilizados principalmente en la elaboración de laboratorios específicos. Éstos son cada día más potentes y con la capacidad de simulación interactiva, las cuales han contribuido a desarrollar habilidades cognitivas en el estudiante.

En La Universidad del Magdalena, específicamente el programa de Ingeniería Electrónica cuenta con software licenciado, que cumple con ciertos términos de uso, establecidos por el fabricante. Estas herramientas son consideradas Herramientas Institucionales usadas en las cátedras del programa, que al mismo tiempo son fundamentales para el progreso académico.

Sin embargo, ninguna de estas herramientas computacionales tiene la opción de **inducir, simular las distintas fallas eléctricas** ocurridas en el montaje del circuito eléctrico para analizar los efectos de las mismas, dado que no se han encontrado soluciones comerciales en el mercado que ofrezcan software educativo y/o hardware como material didáctico para la enseñanza de fundamentos de circuitos y electrónica con base en la inducción de fallas, existen muchos interrogantes relacionados con el diseño y desarrollo de una solución educativa de este tipo,

además no hay antecedentes, ni evidencias sobre las repercusiones del uso de una solución de este tipo en el desarrollo de las competencias básicas de estudiantes de ingeniería electrónica.

Desde el punto de vista de la enseñanza de los Circuitos, la realización de prácticas experimentales sobre sistemas reales es de suma importancia ya que, no solamente ayuda a los estudiantes a asimilar los conceptos teóricos; sino que también, desvela otros aspectos difíciles de abordar de forma teórica. Este tipo de enseñanza genera una necesidad insaciable de conocimiento y representa desafíos importantes en los procesos de educación, entrenamiento, actualización y mejoramiento de habilidades (Moreno *et al.*, 2009).

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué forma se puede desarrollar una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC?

JUSTIFICACIÓN

La Universidad del Magdalena, fue creada con el fin de formar recurso humano de nivel superior, orientado a satisfacer las necesidades de la región y del país. Para el cumplimiento de este objetivo, específicamente en el programa de Ingeniería Electrónica, es necesario que el estudiante desarrolle los conocimientos teóricos en las distintas prácticas de los laboratorios; siendo esta la mejor forma de complementar las ideas expuestas en las aulas de clase con la experimentación del comportamiento físico (real) de la misma.

La implementación de la plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC dará solvencia a las prácticas de algunas de las temáticas vistas en la asignatura de Circuitos II, dinamizando la clase a partir de la interacción del estudiante y así mismo despejando dudas encontradas en temas como:

El comportamiento del circuito al ser inducida una falla eléctrica como lo es, un corto circuito, circuito abierto.

De igual manera, facilitará al docente a cargo de la asignatura mencionada anteriormente, el desarrollo óptimo de la cátedra y así mismo el buen desempeño por parte de los estudiantes, puesto que se tendrá las herramientas necesarias para abordar de mejor forma la temática.

Por otra parte, este proyecto servirá como una dotación a los laboratorios de Ingeniería Electrónica, logrando así una mejoría en la calificación de las instalaciones del alma mater, debido a que en estos momentos se está en un proceso de acreditación institucional.

En este sentido se hace necesario el desarrollo de un diseño e implementación de una plataforma (placa) didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC, donde el estudiante pueda montar o armar en la plataforma un circuito (RC, RL, RLC), donde posteriormente por medio de una interfaz y hardware se le induce una falla eléctrica (cortocircuito, circuito-abierto), de tal forma que el estudiante haciendo mediciones con su Multímetro pueda comprobar y verificar el comportamiento del circuito eléctrico.

Ante estas situaciones, le permite al estudiante como al educador tener nuevas herramientas para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje sobre conceptos básicos de circuito eléctrico RLC.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollo de una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC que permita enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en circuitos eléctricos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

✓ Establecer los requerimientos de software necesarios y definir la plataforma de desarrollo más adecuada, para realizar el diseño y la implementación de una placa didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito RL, RC, RLC.

✓ Implementar una parte de software que nos permita realizar una interfaz para controlar la placa didáctica.

✓ Socializar la plataforma educativa diseñada en cursos de fundamentación en circuitos eléctricos y-o electrónica con el fin de hacer una evaluación de la placa educativa diseñada y así poder establecer un plan de mejoras al mismo.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Como primera instancia se desarrolló una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC para el laboratorio de electrónica análoga del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena.

En el desarrollo del proyecto se debe tener claro que solo se trabajara con circuito RL, RC, RLC para la inducción de fallas eléctricas sin embargo, el software donde se encuentra la interfaz gráfica y procesamiento de los datos podrá ser modificado y actualizado con nuevas temáticas y fallas, las veces que lo requiera el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena.

En cuanto a los inconvenientes encontrados en el desarrollo de este proyecto, podemos mencionar el presupuesto económico que acarrea la compra de algunos materiales.

Otra limitación, es la demora en la adquisición de algunos materiales como por ejemplo la Raspberry pi, módulos de relay, regulador de voltajes LM 2526, arduino mega. Puesto que a nivel departamental es difícil conseguirlos, aumentando así el tiempo de implementación de este proyecto.

Esta plataforma didáctica integra una parte de **software y hardware**, el cual le permite al estudiante poder interactuar de una forma real.

No se va a trabajar en dominio en frecuencia ni diagramas de fase de las mediciones realizadas por los instrumentos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Desde el inicio de los tiempos el hombre ha tratado de transmitir a sus futuras generaciones el conocimiento que ha logrado en el transcurso de su vida, con el fin de permitir un desarrollo constante de su sociedad. Sobre implementación de plataformas para la inducción de fallas eléctricas en un circuito de una forma didáctica no es algo nuevo, desde hace varios años se han venido haciendo investigaciones al respecto, algunas son mucho más cercanas a lo que se desea lograr en este trabajo de grado que otras, pero todas aportan información importante para el desarrollo de esta.

En el 2012 en la Universidad del Magdalena se desarrolló la tesis de grado “Diseño conceptual de un mediador didáctico multimedia para la enseñanza de fundamentos de electricidad y electrónica basado en la simulación, localización y resolución de fallas.” Bajo la dirección del ingeniero PhD John Alexander Taborda Giraldo, la cual sentó todas las bases y fundamentación teórica para el desarrollo de este proyecto de grado.

En 1981 Radoslaw Biernacki y John Bandler publicaron el artículo “Localización de fallas múltiples en circuitos análogos”. En este trabajo como su nombre lo indica abarcaron la detección de múltiples fallos en circuitos analógicos lineales. El método que propusieron se basó en mediciones de tensiones debidas a excitaciones de corriente aplicadas a una sola frecuencia y con ello lograr la ubicación de un fallo o de múltiples fallas.

En el 1994 la IEEE¹ publicó un documento bajo el nombre de “Prueba de fallos múltiples en circuitos análogos”, realizado por Naim Ben Hamida y Bozena Kaminska, ellos básicamente en este trabajo propusieron un método nuevo basado en el cálculo de sensibilidad y en la teoría de gráfico, para las pruebas de producción de circuitos analógicos, estas pruebas se considera que es una tarea muy difícil y esa dificultad se debe principalmente a la falta de modelos de fallo y la accesibilidad a los nodos internos. Con estas pruebas de sensibilidad ellos lograron fácilmente calcular la capacidad de prueba de circuitos analógicos y modificar el circuito con el fin de aumentar su capacidad de prueba utilizando el método que desarrollaron.

En el 2007, en la Universidad de Tecnología de Hefei, publicaron un artículo llamado “Aplicación de Multisim8 en la simulación de fallos Circuitos”. En este trabajo se basaron en la búsqueda y localización de fallas a través del software Multisim8, para ello usaron 3 pasos primero dibujar el circuito. Después, inyectar fallos y por ultimo simular y registrar resultados. Con ello lograron demostrar que Multisim8 es un buen instrumento para realizar simulación de fallas en los circuitos, además de que el proceso es simple y los resultados son de gran interés.

En el 2010 la IEEE² publicó el artículo “Circuito analógico de simulación de fallas basada en Saber”, desarrollado por Ting Gao, Yufeng Sun y Guangyan Zhao. En este artículo ellos proponen que aunque hay muchos software de simulación de circuitos, ellos eligieron saber pero este podría ser utilizado ampliamente en otro software de simulación de circuitos analógicos y digitales. Aquí presentaron modelos nuevos que hasta entonces no se habían propuesto, con

¹ Institute of Electrical and Electronics Engineers

² Institute of Electrical and Electronics Engineers

tres métodos de inyección de fallas con el fin de lograr inyección automático. Este método lo verifican por medio de un ejemplo real de ingeniería y con ello demostrar que el método y la interfaz funcionan y es muy útil.

El programa de ingeniería eléctrica de la facultad de ingeniería de la Universidad de la República en Montevideo, Uruguay, llevo a cabo la implementación de una herramienta didáctica llamada ‘CORNER’³, desarrollada en el IIE⁴ en un proyecto de beca de intercambio financiado por ISTEAC, luego incluyeron a Si MEEP⁵ en su plan general de desarrollo de herramientas didácticas en el área de la electrónica de Potencia. En dicha investigación plantearon que al tener una herramienta didáctica como Si MEEP se obligaba a poner un énfasis en el aspecto cualitativo del funcionamiento de los circuitos mostrados en CORNER, que normalmente son tediosos de explicar en los cursos teóricos.

En la educación a distancia se hace más necesario el desarrollo y la utilización de herramientas didácticas como lo son los EVA⁶, dentro de estos se encuentran los llamados laboratorios virtuales. En una universidad en México se realizó un trabajo denominado ‘Implementación de Laboratorios Virtuales para la enseñanza de las Ingenierías’ que propuso la implementación de “Laboratorios virtuales”, utilizando software para simulación y aplicaciones

³ Herramienta didáctica basada en electrónica de potencia.

⁴ Instituto de Ingeniería Eléctrica, Montevideo, Uruguay

⁵ Simulador especialmente dedicado a maquinas eléctricas y electrónica de potencia.

⁶ Entornos virtuales de aprendizaje

de instrumentación virtual, sobre una plataforma de internet, donde los estudiantes dispondrían de ambientes virtuales remotos para la experimentación intensiva y masiva, de prácticas implementadas en la enseñanza del área de ingeniería.

Bases Teóricas

A continuación se enuncian las teorías y los conceptos más relevantes útiles para llevar a cabo este proyecto de grado como lo son:

Electricidad

La electricidad es un fenómeno físico, con el cual podemos obtener energía o potencia, para darle vida a un aparato eléctrico. Esta ha estado enfocada a la utilización masiva de electrones, que es un componente básico de la materia. Hoy en día la electricidad es una de las formas de energía que más relevancia tiene en cuanto al desarrollo tecnológico, porque es de muy fácil generación y distribución.

La electricidad y la electrónica son dos cosas diferentes, pero que están relacionadas entre sí. De forma sencilla podríamos decir que la electricidad y la electrónica están ligadas, porque la electrónica es la electricidad llevada cosas más pequeñas.

Electrónica

Por su parte la electrónica es un campo amplio de la ingeniería que se encarga del estudio y aplicación del comportamiento de los electrones en diversos medios, como el vacío, los gases y los semiconductores, sometidos a la acción de campos eléctricos y magnéticos. Otra forma de decirlo es que la electrónica estudia cómo controlar pequeñas corrientes eléctricas para hacer que

funcionen los aparatos electrónicos a través de la generación, transmisión, recepción entre otros.

Un circuito eléctrico está constituido por una interconexión de elementos eléctricos que están unidos entre sí de forma que pueda fluir una corriente eléctrica en él, estos elementos pueden ser tanto consumidores de energía los cuales se les conoce como pasivos, como también posibles productores de energía los cuales se les conoce como activos. Los elementos activos excitan al circuito haciendo que se produzca una determinada respuesta en forma de unos valores de tensión y de corriente en el circuito. Estos valores se pueden calcular mediante una herramienta matemática conocida como teoría de circuitos.

Se puede decir que la teoría de circuitos ha proporcionado un lenguaje propio de la ingeniería electrónica. Este lenguaje no siempre es fácil de asimilar para las personas que inician cursos de circuitos, electricidad y electrónica o afines, por lo que la localización y resolución de fallas es todavía más dispendioso de asimilar. Sin embargo hay textos que ayudan de cierta forma a la localización de fallas, pero muy posiblemente no de una forma didáctica.

Fallas en Circuitos

Una falla es un defecto que en el campo de la electrónica lo vamos a definir como una o varias anomalías que se presentan en un circuito, lo cual provoca el mal funcionamiento de este. Estas son muy comunes en los estudiantes, tanto principiantes, como para expertos y avanzados.

Hay una gran variedad de posibles fallas que se podrían presentar en un circuito, que están relacionadas con el diseño del circuito, el montaje del circuito, condiciones externas que afectan el circuito, entre otros. Sin embargo a lo largo de este documento se harán referencia a

las fallas más frecuentes, que son: cortocircuito y circuito abierto.

Localización y Resolución de Fallas.

La localización de fallas es la aplicación de razonamiento lógico combinado con un conocimiento de la operación de un circuito o sistema para corregir un funcionamiento defectuoso”. Hay diferentes formas de abordar las fallas, pero la metodología que se trabajara en este proyecto es un aporte por el autor THOMAS L. FLOYD del libro ‘Principios de circuitos eléctricos’.

Corto Circuito: Se puede determinar que el cortocircuito siempre va hacer un hecho inesperado según el autor, que se puede presentar cuando dos elementos conductores tocan un objeto extraño, tal como soldadura o por sujeción accidental de dos alambres que conectan dos secciones de un circuito. Esta situación es particularmente común en circuitos con una alta densidad de componentes, por el cual nosotros lo vamos a tomar como referencia en nuestro proyecto que es parte fundamental para provocar una falla mediante éste, y también nos brinda un método para la localización de falla corto. (Floyd, 2007)

Localización de un corto: Un corto es muy difícil de localizar. Como en cualquier situación de localización de fallas, es una buena idea examinar visualmente el circuito defectuoso. En el caso de que haya un corto en el circuito, con frecuencia se encuentra que la causa es la sujeción de alambres, una rebaba de soldadura, o el contacto entre dos conductores.

En función de la falla de un componente, los cortos son menos comunes que las aberturas en muchos tipos de componentes. (Floyd, 2007)

Cuando en un circuito en serie ocurre un corto, en esencia no hay voltaje a través de la parte que está en cortocircuito.

Un corto tiene resistencia cero o casi cero, aunque de vez en cuando pueden ocurrir cortos con valores de resistencia significativos. Para localizar un corto, se mide el voltaje a través de cada resistor hasta que se tiene una lectura de 0 V. Este es el método directo y no utiliza división a la mitad. Para aplicar el método de división a la mitad, se debe conocer el voltaje correcto que hay en cada punto del circuito y compararlo con los voltajes medidos. (Floyd, 2007)

Circuito Abierto: Se puede decir que la falla circuito abierto es la más común y fácil de darse ya que, se puede ver muy comúnmente en los interruptores, el cual provoca una ruptura en la trayectoria de la corriente y se crea un circuito abierto. (Floyd, 2007)

Localización de una abertura: Para la localización de falla el autor implementa un método llamado (APM) el cual se designa mediante el análisis, planificación y medición.

Como es sabido, las mediciones de voltaje en general son las más fáciles de realizar porque no se tiene que desconectar nada. (Floyd, 2007)

Resistencia Shunt

Una manera directa de conocer la corriente es el uso de la resistencia Shunt, término que se deriva de la palabra inglesa shunt, y que significa derivación, es una resistencia relativamente pequeña, pero de valor constante. El shunt sirve para ampliar los límites de medición de la intensidad de corriente de algunos aparatos de medida y se conecta en serie al circuito a medir, mientras que en paralelo al shunt se conecta el instrumento de medida. En tal caso la corriente a medir crea una derivación que es registrada por el instrumento de medición.

Una consideración de diseño es que el voltaje sobre la resistencia shunt sea 20 veces menor que el voltaje del elemento que se le va a medir la corriente.

La idea es medir la corriente de la resistencia sin ser afectada por el sistema de medición.

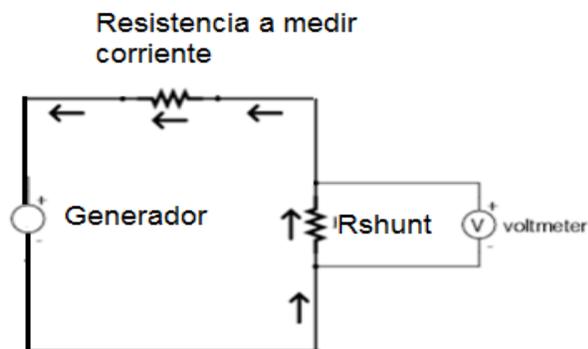


Figura 1 Resistencia Shunt.
Fuente: Elaboración propia.

$$V_I = \frac{V_i \cdot V_r}{V_r + V_{rshunt}} \quad (1)$$

$$\text{Si } v_r \gg V_{rshunt} \quad (2)$$

$$V_r \approx V_i \quad (3)$$

$$I_R = \frac{v_i}{R} = \frac{V_{Rshunt}}{Rshunt} \approx \frac{v_i}{R} \quad (4)$$

Amplificador de Instrumentación para Medir Tensión

El amplificador de instrumentación es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales. Ya que es un amplificador diferencial, puede trabajar como inversor y como no inversor. La operación que realiza es la resta de sus dos entradas multiplicadas por un factor.

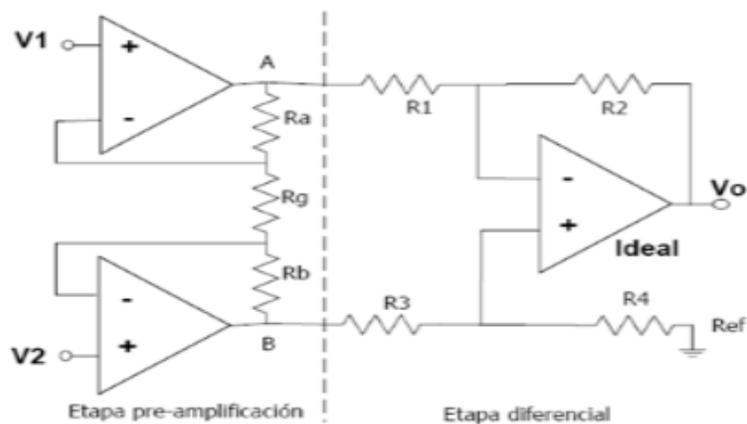


Figura 2 Amplificador de Instrumentación

Donde $R_a=R_b$, $R_1=R_3$ y $R_2=R_4$

Teniendo en cuenta lo anterior y adicionalmente R_1 es igual a R_1 , entonces el voltaje de salida está dado por la siguiente ecuación:

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \quad (5)$$

Pero si por el contrario, R_1 es diferente a R_2 , entonces el voltaje de salida será:

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \left(1 + \frac{2R_1}{R_g} \right) \frac{R_3}{R_2} \quad (6)$$

Los amplificadores de instrumentación deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Ganancia: seleccionable, estable, lineal.
- Entrada diferencial: con CMRR (Razón de rechazo en modo común) alto.

- Error despreciable debido a las corrientes y tensiones de offset
- Impedancia de entrada alta
- Impedancia de salida baja

Estos amplificadores permiten elaborar circuitos de acondicionamiento de señal, para minimizar los efectos del ruido que pueden provocar errores de medición.

Aplicaciones.

Se usa para acondicionar la salida de un puente de Wheatstone.

Es usado para amplificar señales eléctricas biológicas, por ejemplo en electrocardiogramas.

Como parte de circuitos para proporcionar alimentación a corriente constante en fuentes de alimentación.

Los Amplificadores de instrumentación vienen generalmente en encapsulados y unos muy usados son los INA los cuales fabrica Texas Instruments.

Para la implementación y desarrollo en esta etapa del proyecto se usó el amplificador de instrumentación INA 2126.

Teorías del Aprendizaje

La función principal de las teorías del aprendizaje es ayudar a comprender, entender, predecir y controlar las conductas de los seres humanos y tratar de describir los procesos mediante los cuales los seres humanos acceden al conocimiento. Su estudio se enfoca en la adquisición de habilidades, en el razonamiento y en la obtención de conceptos. Diversos investigadores en esta área como psicólogos y pedagogos han contribuido con diversas teorías que han sido adaptadas al campo pedagógico, determinando las implicaciones de las teorías.

El desarrollo de entornos virtuales para aprendizajes debe emplearse en las mejores teorías, dado que existen diversas formas de aprender e igualmente diversos métodos de enseñanza, lo cual se puede definir en distintas teorías del aprendizaje. El desarrollo de una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico, plantea el uso fundamental de tres teorías del aprendizaje los cuales son: La Gestalt, la cognitiva, y el constructivismo (Sánchez *et al.*, 2006).

Los Fundamentos de Gestalt

La Teoría de la Gestalt es una corriente de pensamiento dentro de la psicología moderna surgida a principios del siglo XX en Alemania, cuyos máximos representantes fueron Max Wertheimer, Wolfgang Köhler y KurtKoffka.

La Teoría de la Gestalt significó un gran avance en su época, luego las leyes formuladas dejaron de usarse y fueron objeto de severas críticas. Fundamentalmente, se les cuestiona

subestimar y desatender las variables históricas y los aportes del observador.

Autores como Ernst Gombrich, Maurice Merleau-Ponty, Antón Herenzweig, GyörgyLigeti, José Jiménez, entre muchos otros, desde la sociología, la estética o el psicoanálisis han reparado en estas limitaciones. Sin embargo, este cuerpo teórico ha tenido escasa incidencia en las prácticas pedagógicas. Hoy las contribuciones de la Teoría de la Gestalt son nuevamente rescatadas reconociéndoles su utilidad práctica. Pero, en la actualidad, se las entiende más como principios o condiciones generales de la percepción que como leyes propiamente dichas (Ciafardo, 2012).

En ese orden de ideas ésta teoría se refiere a la percepción de las figuras, palabras o representaciones que dan a entender un mensaje, es decir cómo se perciben en la mente los objetos conocidos en la vida diaria, así mismo el ser humano usa la percepción en el proceso de aprendizaje (Martinez, 2012).

Los Fundamento del Cognitivismo

Este modelo de teorías asume que el aprendizaje se produce a partir de la experiencia, pero a diferencia del *conductismo*, lo concibe no como un simple traslado de la realidad, sino como una representación de dicha realidad, poniendo en énfasis, el modo en que se adquieren tales representaciones del mundo.

El cognitivismo abandona la orientación mecanicista pasiva del conductismo y concibe

al sujeto como procesador activo de la información a través del registro y organización de dicha información para llegar a su reorganización y reestructuración en el aparato cognitivo del aprendiz. Aclarando que esta reestructuración no se reduce a una mera asimilación, sino a una construcción dinámica del conocimiento. Es decir, los procesos mediante los que el conocimiento cambia, en términos piagetianos. La acomodación de las estructuras de conocimiento a la nueva información. (Educarchile, 2012). En resumen la teoría del aprendizaje cognitiva establece que; el aprendizaje se suministra a través de transformaciones discretas del conocimiento, más aun que los cambios en la probabilidad de la solución y que también la obtención del conocimiento se refiere a una actividad mental y una estructuración por parte del estudiante.

Los Fundamentos del Constructivismo

El progreso de la tecnología a través de los tiempos ha permitido a la educación un trascendental desarrollo en modelos de aprendizajes provocando transformaciones en las metodologías de enseñanzas y la creación de herramientas que permiten la construcción del conocimiento de forma óptima. El constructivismo es una teoría que propone que el ambiente de aprendizaje debe sostener múltiples perspectivas o interpretaciones de realidad, construcción de Conocimiento, actividades basadas en experiencias ricas en contexto (Hernández, R. V., 2008).

Al desarrollar una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico, los estudiantes podrán expandir sus conocimientos al utilizar nuevas

herramientas que le permitan el aprendizaje constructivista. Los laboratorios didácticos ayudan a afianzar las teorías relacionadas con la temática cursada, al mismo tiempo sumerge al estudiante en el mundo de las tecnologías de un forma innovadora, creativa y divertida. Esta particularidad ofrece al estudiante construir su propio conocimiento y que el docente cumpla la función de guía.

Diseño Instruccional

Para el desarrollo de la plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctrica en un circuito eléctrico RLC se ha planificado su elaboración basado en un modelo sistemático de diseño Instruccional, siendo un proceso sistemático, es claro que está estructurado a través de una secuencia ordenada y organizada para lograr los objetivos propuestos. En la actualidad hay gran variedad de modelos de diseños instruccionales, pero todos tienen características similares que pueden ser sintetizadas en lo que se ha denominado el modelo ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) (Torres, 2001).

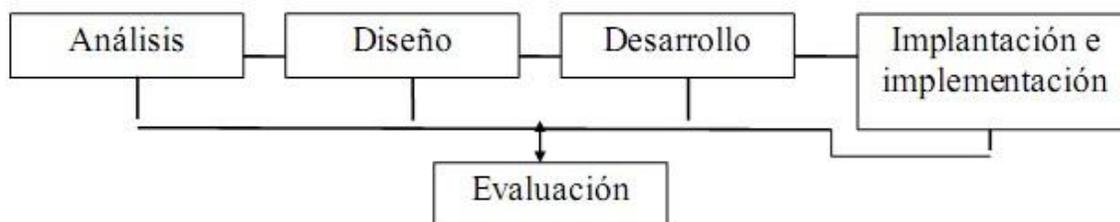


Figura 3 Fases del Diseño Instruccional.

En la figura 3. Se ilustra el resumen de un modelo de diseño Instruccional, en el que se hace un análisis de las necesidades y objetivos a cumplir, luego se diseña, se desarrolla e implementa para alcanzar los objetivos y finalmente se evalúa las actividades.

El modelo sistémico de diseño Instruccional, nos ofrece una perspectiva diferente de instrucción en la cual, los diferentes componentes del sistema de enseñanza, profesor, estudiante, material, y entorno de aprendizaje, interactúan para lograr los objetivos de la instrucción (Torres, 2001). Estos modelos pueden ser aplicados en diferentes ambientes, reuniendo elementos esenciales en el diseño y brindando procedimientos, estrategias, actividades y requerimientos que proporcionen entendimiento a la información que acogerán.

Software Educativo

Se define como software educativo a “los programas de computación realizados con la finalidad de ser utilizados como facilitadores del proceso de enseñanza” (Cataldi, 2000). Esto acarrea algunas características como son: la facilidad de empleo, la interactividad y la posibilidad un aprendizaje autónomo. La implementación de tecnologías en el sector educativo, tiene como finalidad la de nutrir, ordenar y comunicar la información al beneficiario, esto se realiza gracias al avance continuo de las tecnologías específicamente en el desarrollo de equipos de cómputo y de programas que permiten el control y la ejecución de sus tareas.

Funciones del Software Educativo

La función del software educativo se determina de acuerdo a la forma en que se utilice y el uso que se le dé al software. A continuación, se presentará de manera simplificada algunas funciones que se pueden aplicar en el desarrollo de software educativo (Reyes).

Informativa: Presentan contenidos que proporcionan una información estructuradora de la realidad. Representan la realidad y la ordenan. Son ejemplos, las bases de datos, los simuladores, los tutoriales.

Instructiva: Promueven actuaciones de los estudiantes encaminadas a facilitar el logro de los objetivos educativos, el ejemplo son los programas tutoriales.

Motivadora: Suelen incluir elementos para captar el interés de los alumnos y enfocarlo hacia los aspectos más importantes de las actividades.

Evaluadora: Al evaluar implícita o explícitamente, el trabajo de los alumnos.

Investigadora: Los más comunes son: las bases de datos, los simuladores y los entornos de programación.

Expresiva: Por la precisión en los lenguajes de programación, ya que el entorno informático, no permite ambigüedad expresiva.

Lúdica: A veces, algunos programas refuerzan su uso, mediante la inclusión de elementos lúdicos.

Innovadora: Cuando utilizan la tecnología más reciente.

Clasificación de Software Educativo

Para el desarrollo de un software educativo es conveniente constituir una taxonomía, que permita clasificar las esenciales inclinaciones en el ámbito educativo, estas dependerán las determinaciones aplicadas en el diseño. A continuación, se trataran de forma resumida algunas clasificaciones de software educativo para la el desarrollo de una herramienta de apoyo en la enseñanza. Según (Reyes, 2012) podemos clasificarlas de la siguiente forma:

De Referencia: Este material se utiliza como apoyo didáctico y como medio de ejercitación de los conocimientos adquiridos, es muy útil en el reforzamiento del aprendizaje y en la realimentación de los estudiantes.

Instruccional: Son ambientes educativos que promueven el aprendizaje auto dirigido.

De Apoyo: Son programas de apoyo al proceso escolar, se utiliza para laborar material didáctico, son altamente flexibles, están abiertos para que los profesores modifiquen o enriquezcan, en caso de ser necesario, los contenidos de acuerdo a sus estrategias y necesidades específicas.

De Apoyo al Aprendizaje: Estas herramientas promueven el aprendizaje dirigido, mediante el descubrimiento personal o grupal, explota ciertas características lúdicas para hacer

más amena la experiencia y así mismo facilitar la permanencia de los conocimientos adquiridos.

Juegos: Son abiertamente herramientas utilizadas en un ambiente constructivista, donde los estudiantes aplican sus conocimientos para fortalecer y construir estructuras cognitivas.

Esta clasificación es basada en un modelo denominado NOM (Niveles, Orientación y Modalidad de uso).

Este modelo fue diseñado con la intención de eliminar las faltas de información y por lo tanto los usos triviales o mal dirigidos de la computadora como herramienta integral en el proceso educativo (Reyes, 2012). Este modelo estructura el uso de tecnologías de forma general, ofreciendo al estudiante desarrollar sus temáticas dentro y fuera de las aulas de clases, brindando soluciones prácticas. El diseño y desarrollo del software no se rige exactamente por la clasificación anterior, esta puede tener diferentes variantes o pueden ser combinadas, pero lo fundamental es que el software impacte en el proceso educativo de los beneficiarios.

Generalidades sobre Objetos de Aprendizajes

El avance tecnológico ha influido en nuestras vidas en varios entornos de nuestra sociedad y principalmente en la educación. El hecho de emplear Internet para el aprendizaje ha permitido una gran diversidad de oportunidades de comunicación inimaginables en un aula típica, que han generado nuevas formas de enseñar y aprender.

Estas posibilidades de comunicación han promovido una nueva forma de tratar la información en fragmentos, permitiendo su reutilización sin que haya ningún inconveniente de

compatibilidad entre plataformas. Como consecuencia de ello, aparece el concepto de objetos de aprendizajes (OA).

La idea de volver a utilizar recursos para disminuir los costos que vienen desde el ámbito del *software*. La reutilización del *software* es considerada por muchos autores como uno de los enfoques más adecuados para incrementar la productividad, ahorrar tiempo y reducir los costos de su desarrollo (García, 2000).

Compartir objetos de aprendizaje de alta calidad a través de Internet, desarrollado por pocos y usado por muchos permite un desarrollo costo-efectivo y el despliegue de estos caros recursos (Vargo, Nesbit, Belfer&Archambault, 2003).

De lo anterior se puede decir que una de las principales razones de la aparición del concepto de objetos de aprendizajes se genera por factor económico. Debido a la necesidad de volver a utilizar los recursos y por ende disminuir todos los costos de producción.

Otra razón que ha forjado este concepto se da debido a la estructura que se muestran los contenidos en internet. Esta es de tipo asociativo y jerárquico, los contenidos se relacionan con otros a través de enlaces, conduciendo no siempre a información de interés (Morales, 2007).

Definición de Objeto de Aprendizaje

Actualmente existen varias definiciones de este concepto (IEEE LOM, 2002; Polsani, 2003; Wiley, 2000; Moreno & Bailly-Baillière, 2002) y la mayoría de ellas le denominan

Objeto de aprendizaje (OA) o su equivalente en inglés *LearningObject*(LO). (Morales,2007).

La definición más conocida es la de LTSC (IEEE LOM, 2002) “entidad digital o no digital que puede ser utilizada, reutilizada o referenciada mientras el aprendizaje sea soportado por tecnologías”. Además, puntualiza que entre los elementos que determinan este proceso de aprendizaje mediado por la tecnología se encuentran:

- ✓ Objetivos de aprendizaje
- ✓ Contenidos multimedia
- ✓ Contenidos didácticos
- ✓ Software didáctico y herramientas de software
- ✓ Personas, organizaciones o eventos

Laboratorio Virtual (Lv)

Es un sistema computacional que pretende aproximar el ambiente de un laboratorio tradicional (LT). Los experimentos se realizan paso a paso, siguiendo un procedimiento similar al de un LT: se visualizan instrumentos y fenómenos mediante objetos dinámicos (applets de Java o Flash, cgi-bin, javascripts, etc.), imágenes o animaciones. Se obtienen resultados numéricos y gráficos, tratándose éstos matemáticamente. Para la obtención de los objetivos perseguidos en la planificación docente de las asignaturas (Rosado & Herreros,

2005).

La Simulación

Es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital; estos comprenden cierto tipo de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real, a través de largos periodos de tiempo (Bu,95).

Contenido Educativo Digital

En la Dirección de Tecnología del Instituto Politécnico Nacional de México, definen a los contenidos educativos digitales como: “materiales multimedia digitalizados que invitan al alumno a explorar y manipular la información en forma creativa, atractiva y colaborativa” (IPNM, 2009). José Luis Rodríguez Ilera (Rodríguez, *et. al.*, 2005) de la Universidad de Barcelona dice al respecto, que los contenidos educativos digitales deben “ser capaces de funcionar de manera auto instructiva (como un curso de repaso) y reconfigurables o adaptables por el profesor para sus propósitos” (Torres & Guzmán, 2010).

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

Metodología

El principal objetivo de este proyecto de grado es el desarrollo de una plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico RLC.

Por tal razón, Este tema se desarrolla a partir de la carencia de material didáctico que permita a los estudiantes del programa de ingeniería electrónica de la universidad del magdalena y carreras afines asimilar los conocimientos adquiridos durante sus clases teóricas y ponerlos en práctica en el laboratorio.

Para el desarrollo de este proyecto se van a tener en cuenta las fases genéricas del ciclo de vida de cualquier proyecto: concepción, diseño detallado, implementación y análisis e interpretación de los resultados. A continuación veamos detalladamente cada una de estas fases.

Concepción: Esta fase comprende indagar más acerca de la problemática y profundizar la temática que se va a desarrollar, consultando fuentes bibliográficas, web gráfica, tutores y personas que están directamente relacionadas con esta área y con la problemática, a fin de encontrar vías que conlleven a la planeación o al diseño de un modelo que permita de una manera organizada y segura la solución del problema que se planteó en el inicio de la investigación.

Para ello es indispensable la visión integradora de la planificación estratégica. Concretamente, es necesario tener muy en claro la misión de la investigación antes de abordar cualquier proyecto.

Esta fase identifica ciertas actividades como:

1. Investigación bibliográfica.
2. Recolección y organización de la información.
3. Análisis de la información recolectada.

Diseño detallado: El diseño detallado de cada medio para la invención consiste en dibujar planos, preparar modelos; identificar los colaboradores, dimensionar los recursos financieros, espacio físico, conocimientos requeridos, interacciones con el entorno, etc.

En esta fase del proyecto el propósito es utilizar arduino como una herramienta que nos permita realizar o tener el control sobre una plataforma didáctica donde se va a montar los circuitos (RL, RC, RLC) para posteriormente someterlos o inducirle las diferentes fallas eléctricas (Corto Circuito, Circuito Abierto).

Implementación: Definidos todos los elementos anteriores, procedemos a elaborar el proyecto de acuerdo a los plazos definidos y con procesos de evaluación a lo largo de la implementación para facilitar la detección a tiempo de problemas, debilidades y limitaciones.

El propósito de esta etapa es implementar y combinar la parte de software (arduino) y hardware (plataforma didáctica), esta fase identifica ciertas actividades como:

1. Implementación de la plataforma didáctica.
2. Realizar las diferentes pruebas para evaluar el funcionamiento correcto

Análisis e interpretación de los resultados: El análisis de los datos comprende todos aquellos procedimientos requeridos para evaluar e interpretar la información recopilada, para ello se compara la información “antes” de la ejecución del proyecto con la situación “después” de su ejecución, efectuándose pruebas de hipótesis para determinar si las diferencias son significativas.

Esta es la etapa final del proyecto, en la cual se analizarán cada uno de los resultados de las pruebas realizadas en nuestra plataforma didáctica para la inducción de fallas eléctricas en un circuito eléctrico.

Esta fase identifica ciertas actividades como:

1. Evaluación del desempeño de la plataforma didáctica realizada.
2. Elaboración del informe final del proyecto.

CAPITULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

Diagrama Pictórico a Bloques de la Plataforma Didáctica

El proyecto está basado en un sistema de embebido conformado por un Raspberry pi, un Arduino mega, unas tarjetas electrónicas de relays, un sistema de sensores de corriente, de voltaje diseñados, y una plataforma mecánica donde el estudiante puede colocar los componentes.

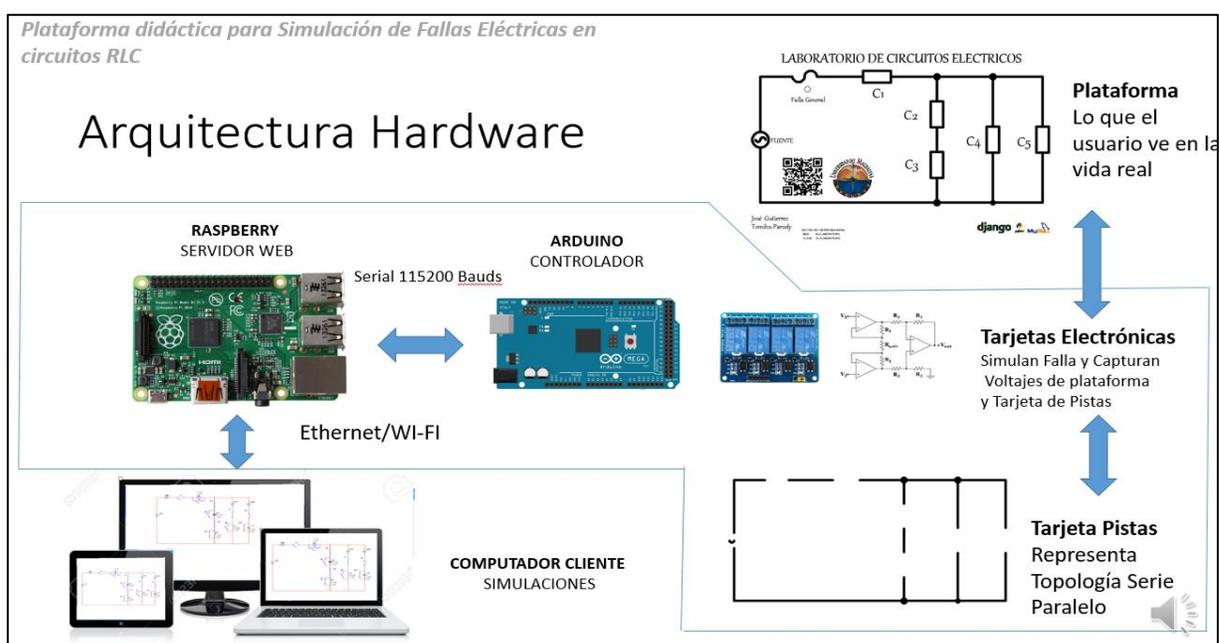


Figura 4 Modelo Pictórico de Bloques de la Plataforma Didáctica.

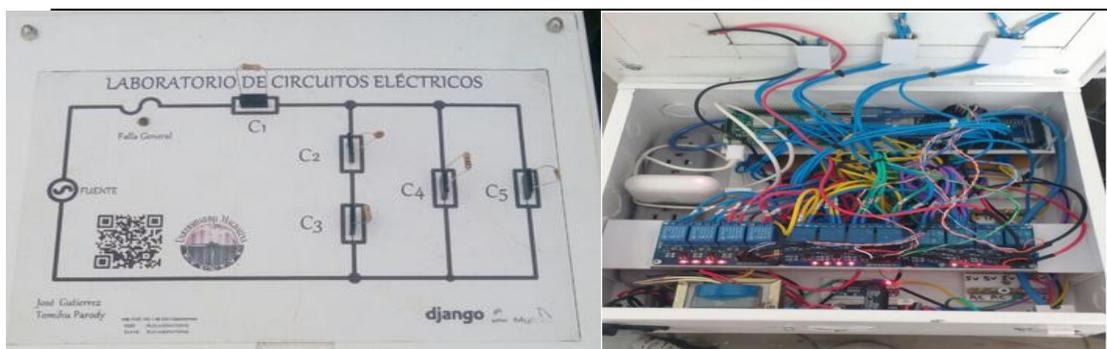


Figura 5 Vista en Físico y Composición Interna del Proyecto.

Arquitectura del Proyecto

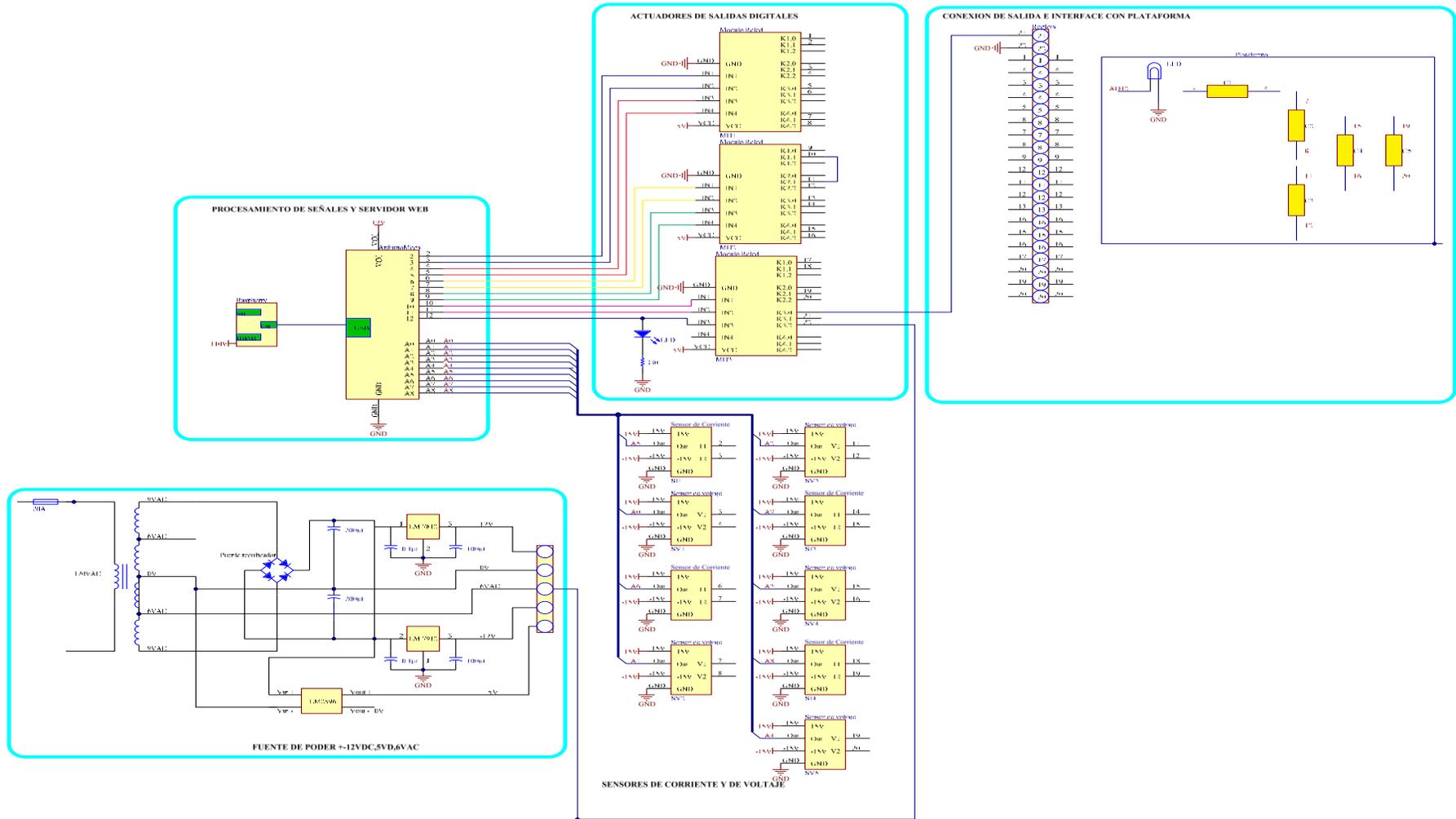


Figura 6 Diagrama General de la Arquitectura del Proyecto

El diagrama de conexión de bloque es la representación gráfica de todo el proyecto, aquí se muestra cada uno de los procesos que influyen en este, como lo son:

Raspberry Pi: Es la que nos sirve de servidor web y nos permite interactuar con la página web.

Arduino: Este permite la comunicación entre la raspberry pi y la etapa de control, que está conformada por módulos de relays.

Etapa de control: Como su nombre lo indica está constituida por los módulos de relays, sensores de voltaje y sensores de corriente que permiten tener la lectura de corriente, voltaje y control de los switch.

Plataforma: Es donde se realiza el montaje de cada circuito (RL, RC, RLC) para a realizar la práctica de laboratorio.

Pista: Es donde llegan las conexiones de la etapa de control hacia la plataforma.

Diagrama a Bloques del Circuito Eléctrico del Experimento

En la siguiente figura se observa el circuito base del experimento, se puede decir que es lo que el usuario ve, donde C1 hasta C5 representan los componentes a utilizar para desarrollar la práctica de laboratorio.

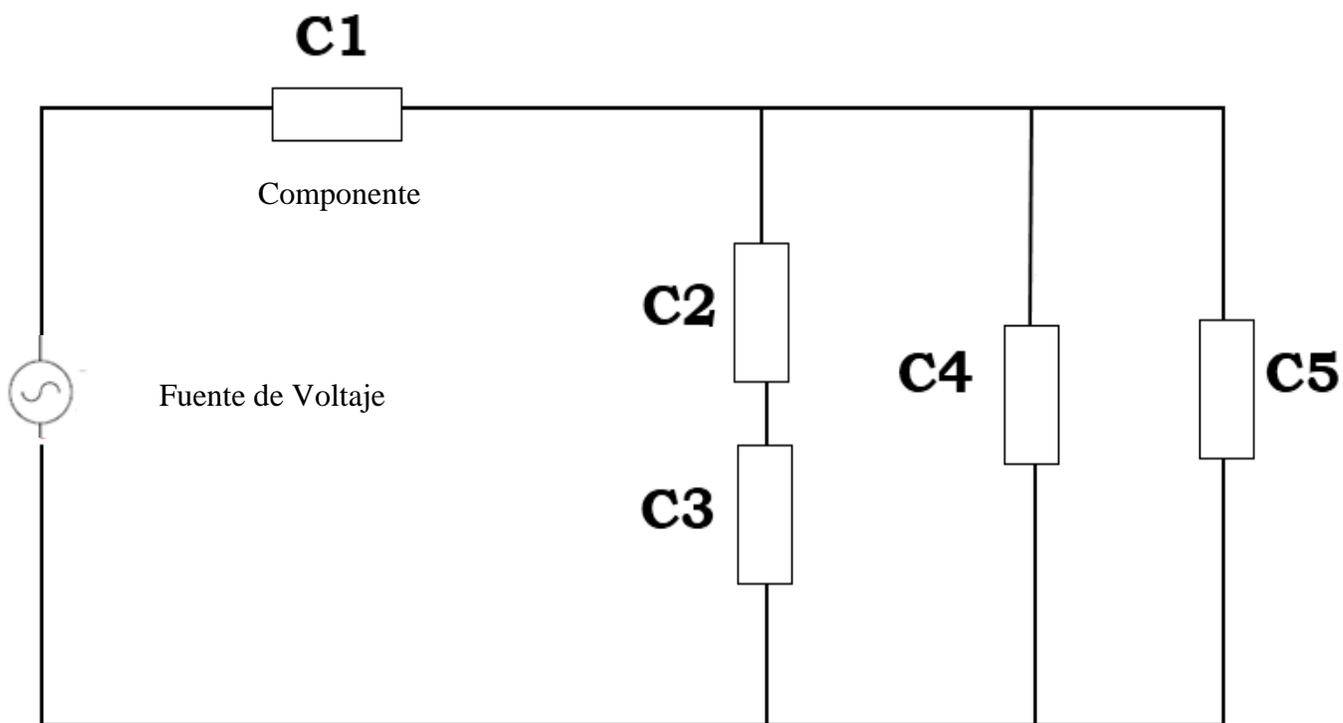


Figura 7 Circuito Base de Experimentación.

Diagrama de Circuito Eléctrico

En la siguiente figura se puede observar los sensores de voltaje, identificado con la letra (V) y de corriente, con la letra (A), además se ilustra los diferentes actuadores para simular la acción de corto circuito y de circuito abierto, representado en este caso con la letra (S).

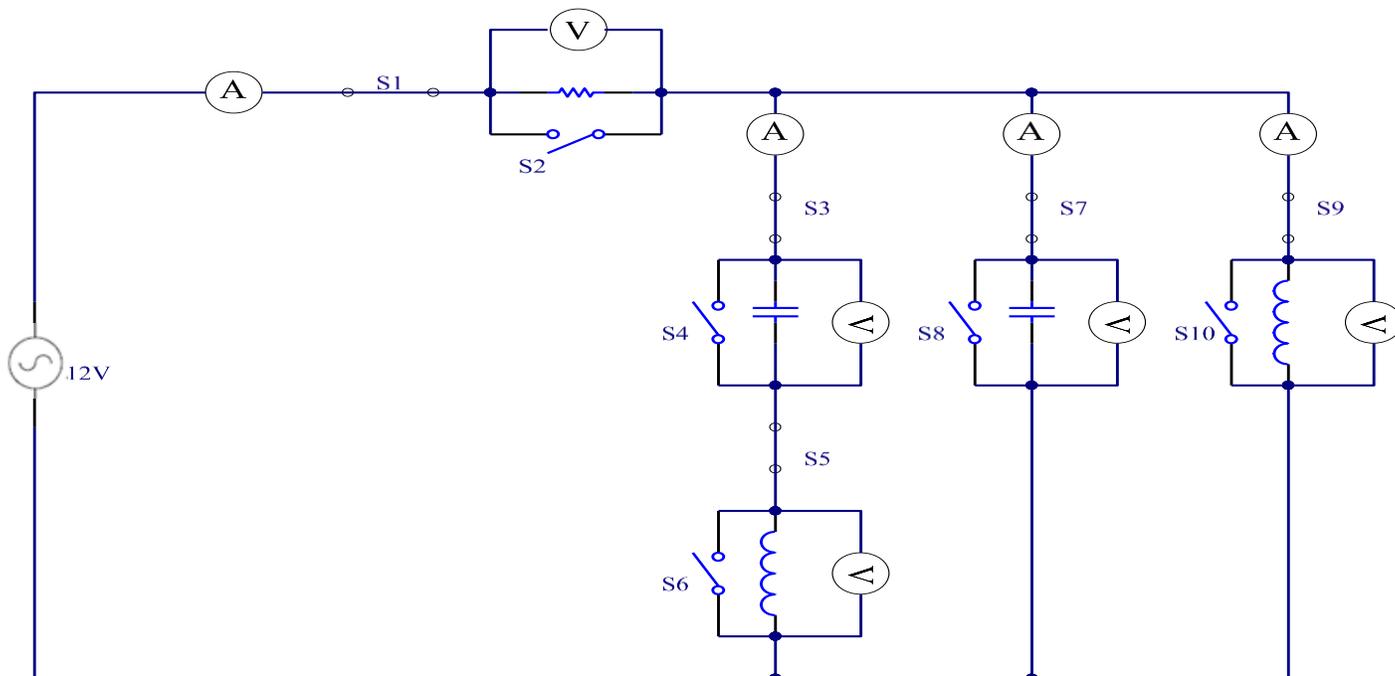


Figura 8 Diagrama Eléctrico del Circuito.

Diagrama Detallado del Circuito de Experimento

En la siguiente figura se ilustra el diagrama detallado del circuito, donde se muestra los actuadores e instrumentación empleada, obsérvese que las tres últimas figuras representan el mismo circuito, la figura 7 muestra lo que ve el estudiante, la figura 8 muestra una abstracción de la instrumentación y los actuadores mientras que la figura 9 es la ingeniería de detalle. Para una mayor ampliación en detalle consultar sensores de corriente y voltaje para conocer su topología.

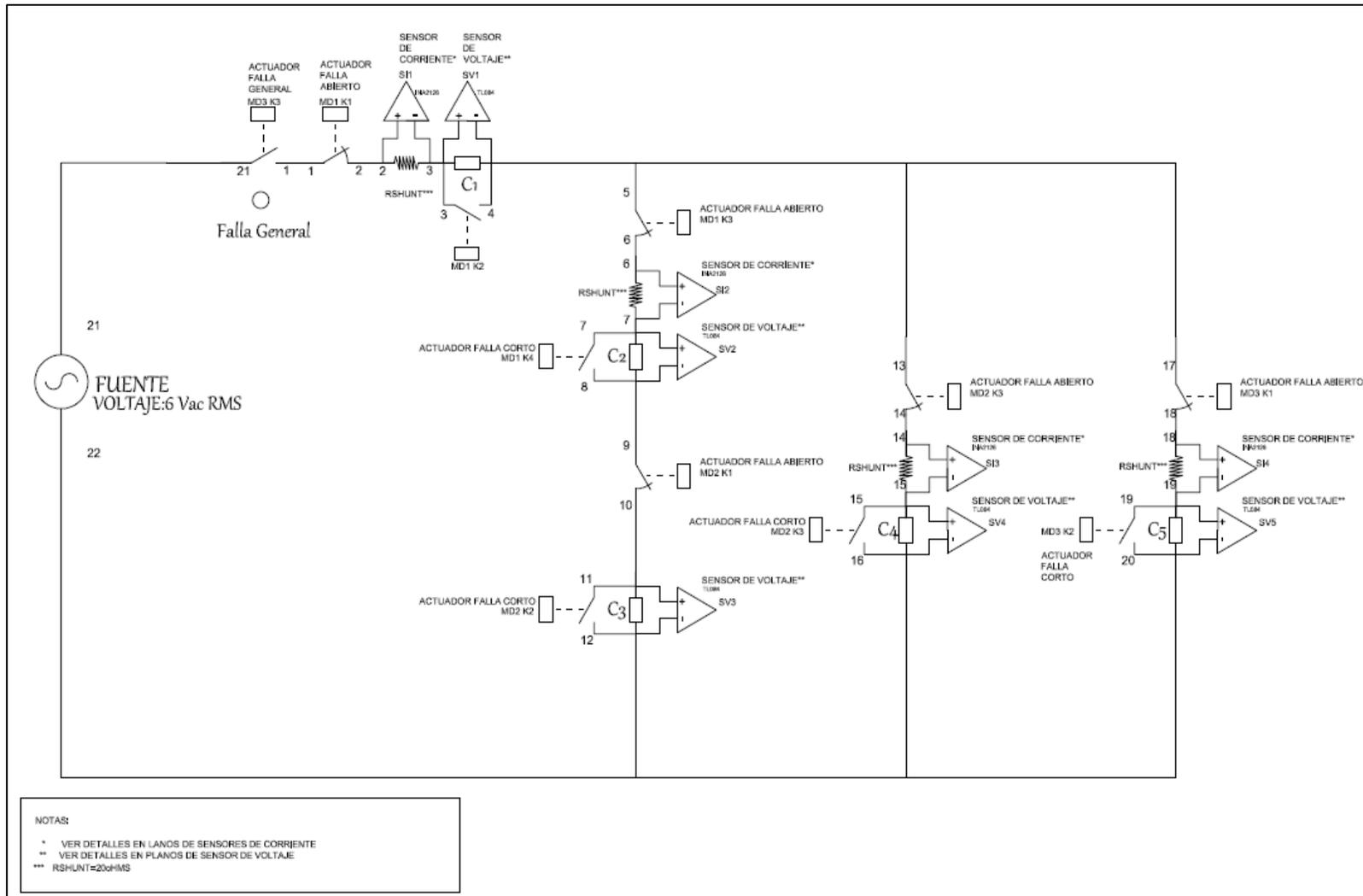


Figura 9 Diagrama Detallado de Circuito del Experimento.

Estado de Fallas

En este proyecto la falla es una parte fundamental ya que, son la que nos van a dar las pautas para ver que pasa en cada componente despues de ser inducida, el estado sin falla hace referencia a que el circuito no presenta ningun inconeveniente. La falla circuito abierto es donde se presenta la ruptura de la corriente y se representa cuando se abre el primer switch (S1) de cada componente y la falla corto circuito es donde se hace la union de dos cable y se representa cuando se cierra segundo un switch (S2) de cada componente .

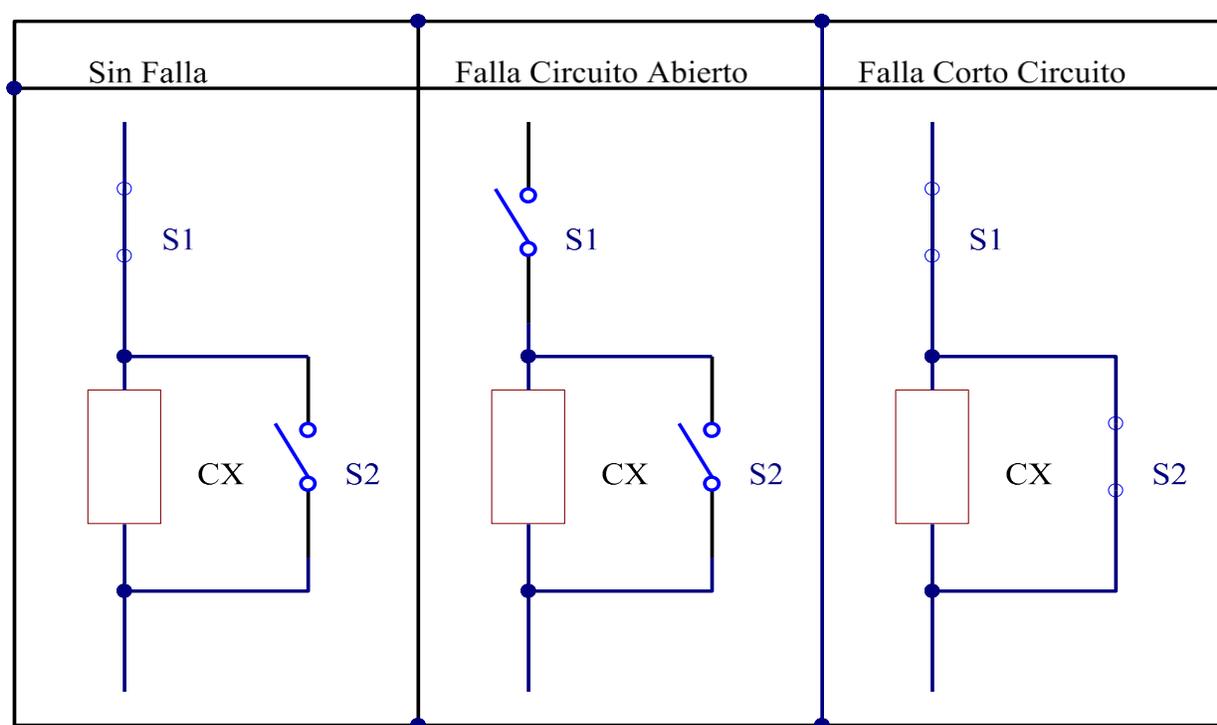


Figura 10 Estado de Falla.

Fuente de Voltaje

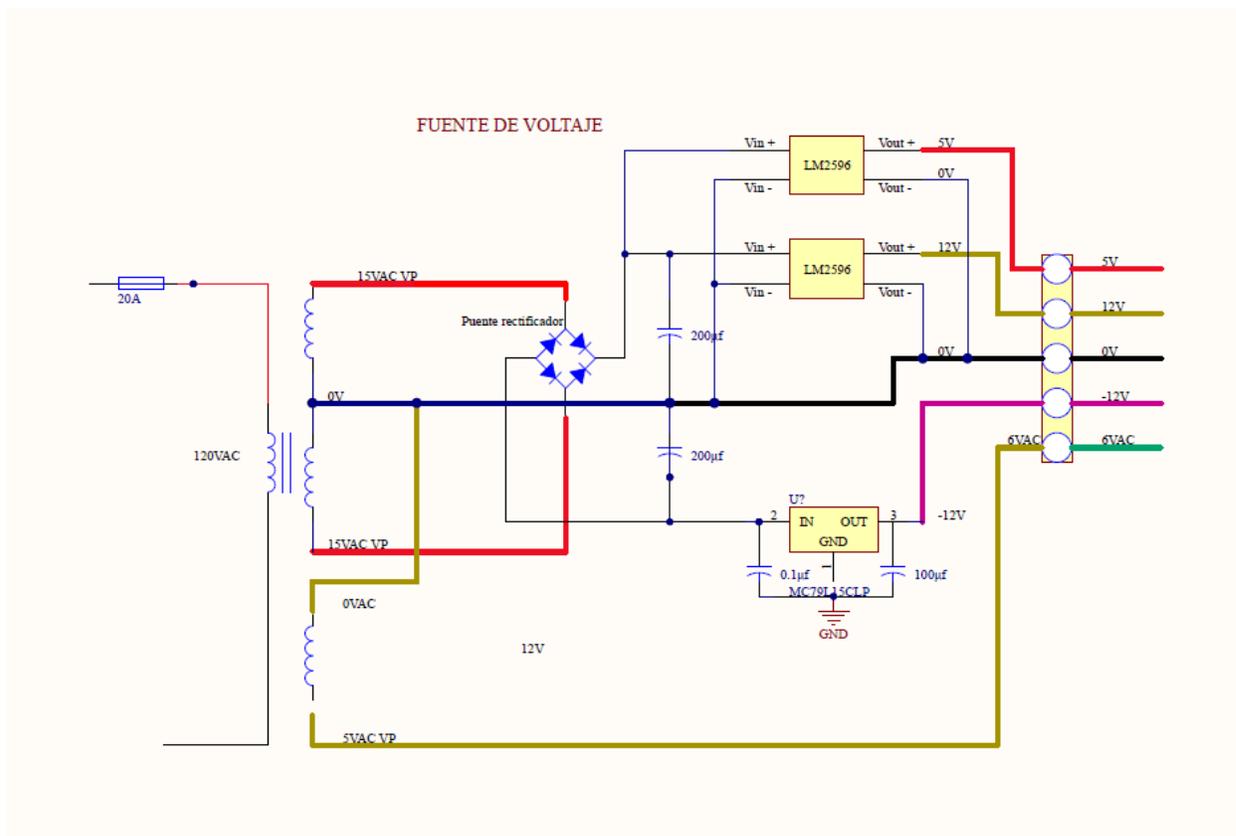


Figura 11 Diseño de Fuente Voltaje con Reguladores.

La fuente de alimentación nos permite tener varios niveles de tensión para alimentar cada uno de los dispositivos electrónicos usados en este proyecto, estos estarán comprendidos por 12VDC, -12VDC, 5VDC y 3VAC

Transformador AC: de 120VAC el cual nos sirve para la alimentación de la fuente y nos brinda cuatro salidas de voltaje que son 12VAC, -12VAC, 3VAC.

Puente Rectificador: permite la conversión de la corriente alterna en corriente continua.

Regulador de Voltaje: este nos permite tener un nivel de voltaje constante, de allí se nos dio la necesidad de tener unos voltajes constante, que nos servirán para algunos componentes de este proyecto,

Regulador LM7812: este nos brinda un nivel de voltaje constante de 12V que son requeridos en nuestro circuito para alimentar los sensores de corriente y sensores voltaje.

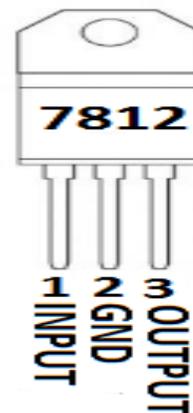
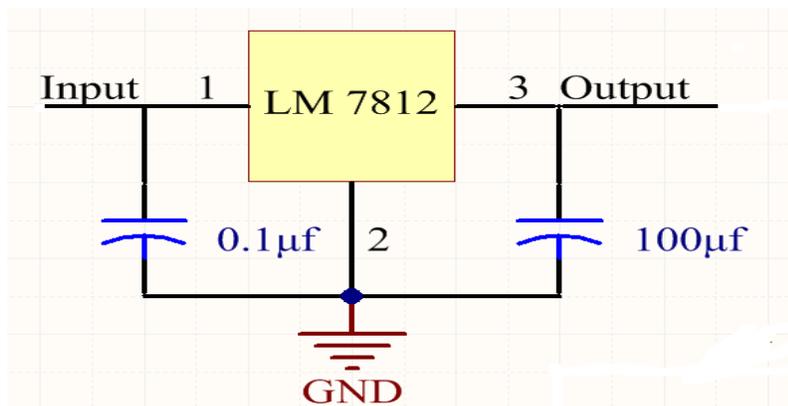


Figura 12 Regulador de Voltaje LM7812

Fuente: elaboración propia

Regulador LM7912: este nos brinda un nivel de voltaje constante de -12V que son requeridos en nuestro circuito para alimentar los sensores de corriente y sensores voltaje.

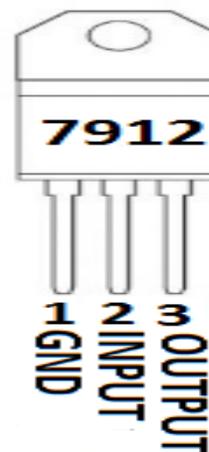
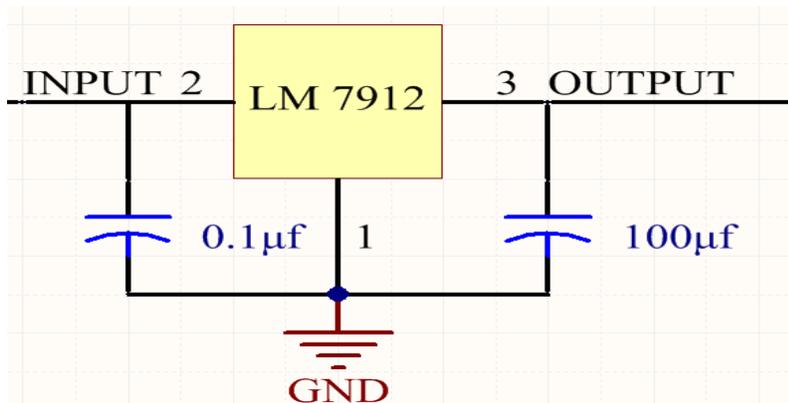


Figura 13 Regulador de Voltaje LM 7912

Fuente: elaboración propia

Regulador LM2596: este nos brinda un nivel de voltaje constante de 5V que son requeridos en nuestro circuito para alimentar los módulos de relays.

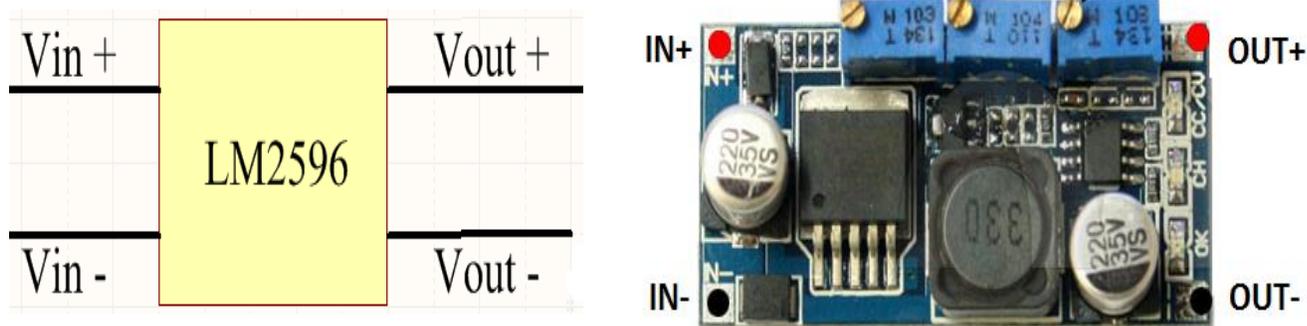


Figura 14 Regulador de Voltaje LM2596

Fuente: elaboración propia

Condensador nos sirve para evitar la señal rizada que viene después del puente rectificador, estos son los condensadores de $200\mu\text{f}$, y condensador $0.1\mu\text{f}$ nos sirve para adecuar la señal DC.

Etapa de Control

Es la que nos permite proveer conexión de las lecturas de corriente, voltaje y control de los switch de cada componente conectado a los terminales 1 y 4, está constituida por los módulos de relays, sensores de voltaje y sensores de corriente. Sirve de interface para que la unidad de procesamiento (Arduino) capture los valores de voltaje y de corriente provenientes de cada

componente y también que ejecute las órdenes de falla y de circuito abierto provenientes de esta unidad de procesamiento.

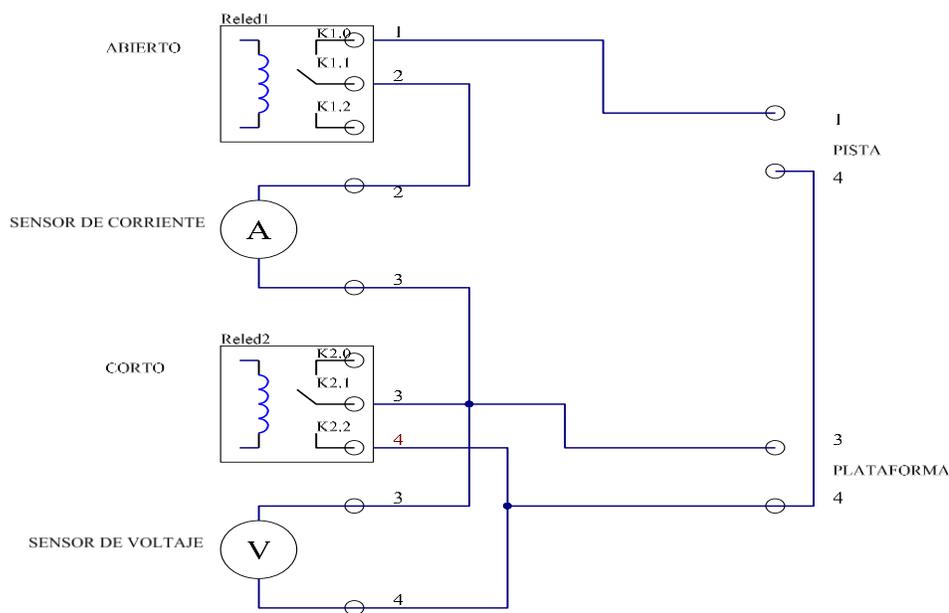


Figura 15 Diagrama de La Etapa de Control.

Fuente: elaboración propia

Está compuesto por

Sensor de Corriente (A): es el que nos permite tomar la lectura de la corriente en cada componente (C1, C2, C3, C4 Y C5 de la figura 7) se denota por A de amperímetro

Sensor de Voltaje (V): es el que nos permite tomar la lectura de voltaje en cada componente, se denota por V de voltímetro,

Módulo de Relays : es el que nos permite controlar los switch para poder inducir la falla en cada componente.

Sensor de Voltaje

En la siguiente figura se observa el diagrama que es utilizado y diseñado como sensor de voltaje, el cual permite tomar la lectura de voltaje en cada uno de los componentes, está conformado por dos etapas que son Amplificador de instrumentación y Rectificador de precisión

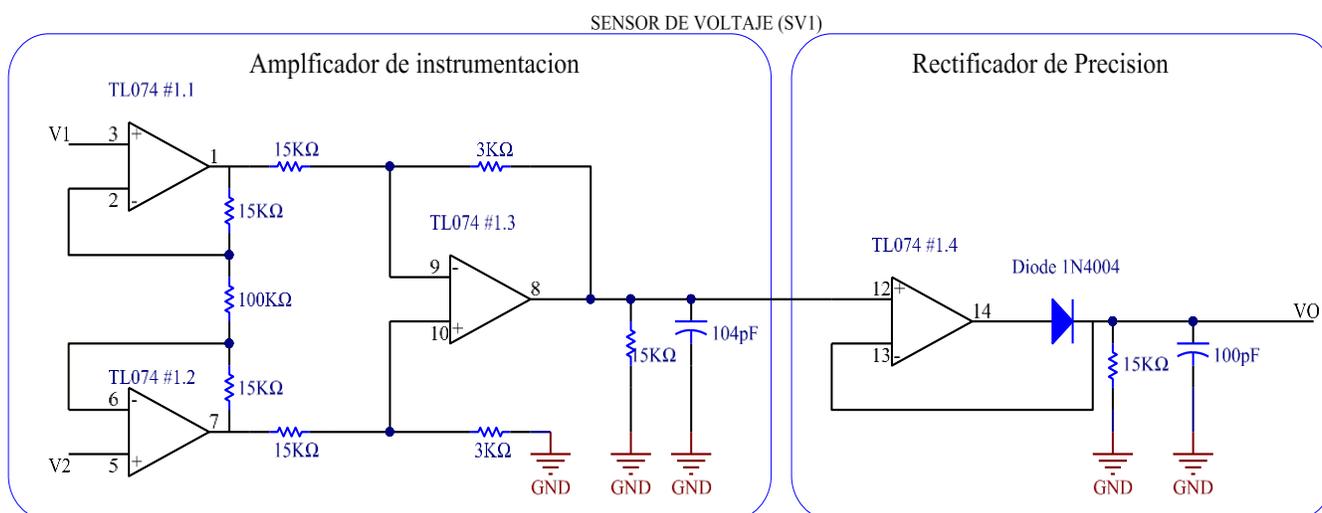


Figura 16 Diagrama de Sensores de Voltaje.

Fuente: elaboración propia

Amplificador de Instrumentación: es un dispositivo creado a partir de amplificadores operacionales. Está diseñado para tener una alta impedancia de entrada y un alto rechazo al modo común (CMRR). Se puede construir en base a componentes discretos o se puede encontrar encapsulado (por ejemplo el INA114).

En este caso que se utilizó el circuito integrado TL 074 que es un amplificador operacional cuádruple con entradas J-FET de alto voltaje y transistores bipolares en un circuito integrado monolítico. Los dispositivos cuentan con altas velocidades, polaridad de entrada baja y corriente offset, bajo coeficiente de tensión de compensación de temperatura.

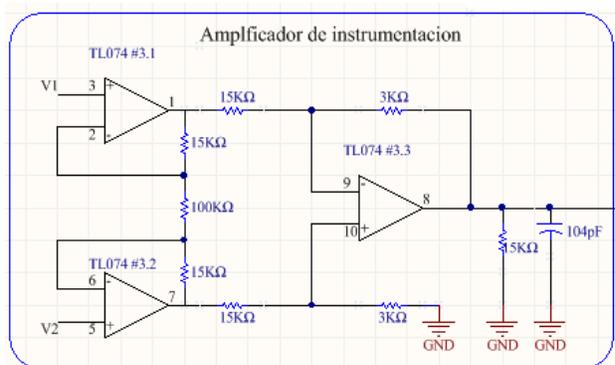
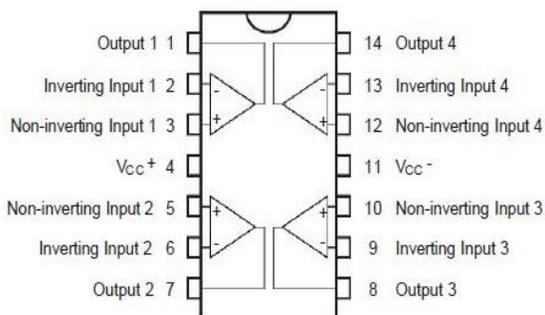


Figura 17 Diagrama Amplificador de Instrumentación.



Rectificador de Precisión: esta etapa consta de un amplificador en el cual la señal es recortada y filtrada para que nos entregue una componente dc para posteriormente poder ser procesada.

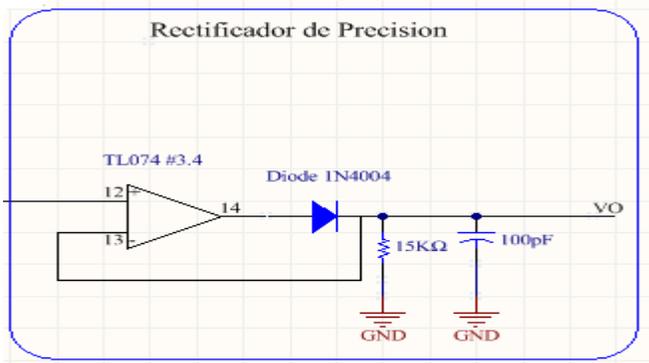
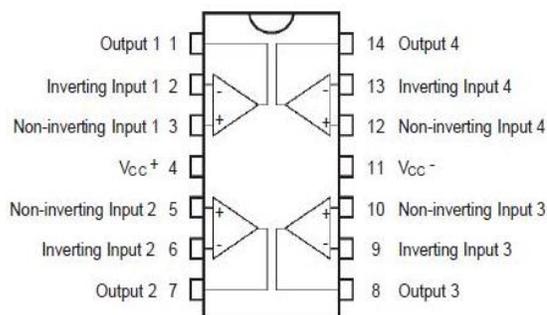


Figura 18 Rectificador De Precisión.

Fuente: elaboración propia



Modelo de Condicionamiento de la Señal de Voltaje

En la siguiente figura se muestra el modelo de condicionamiento de la señal de voltaje, la ganancia de la función de transferencia en estado estable la cual esta expresada de la siguiente

manera:

$F(v)=0.26*1.41*1024/5V=75.07/V$, es decir que 1V es representado en el registro del micro controlador con el valor de 75.07, para hallar su valor en Voltios debemos implementar la función inversa en el micro controlador de la siguiente forma.

$$i=F^{-1}(v)=F(v)/75.07$$

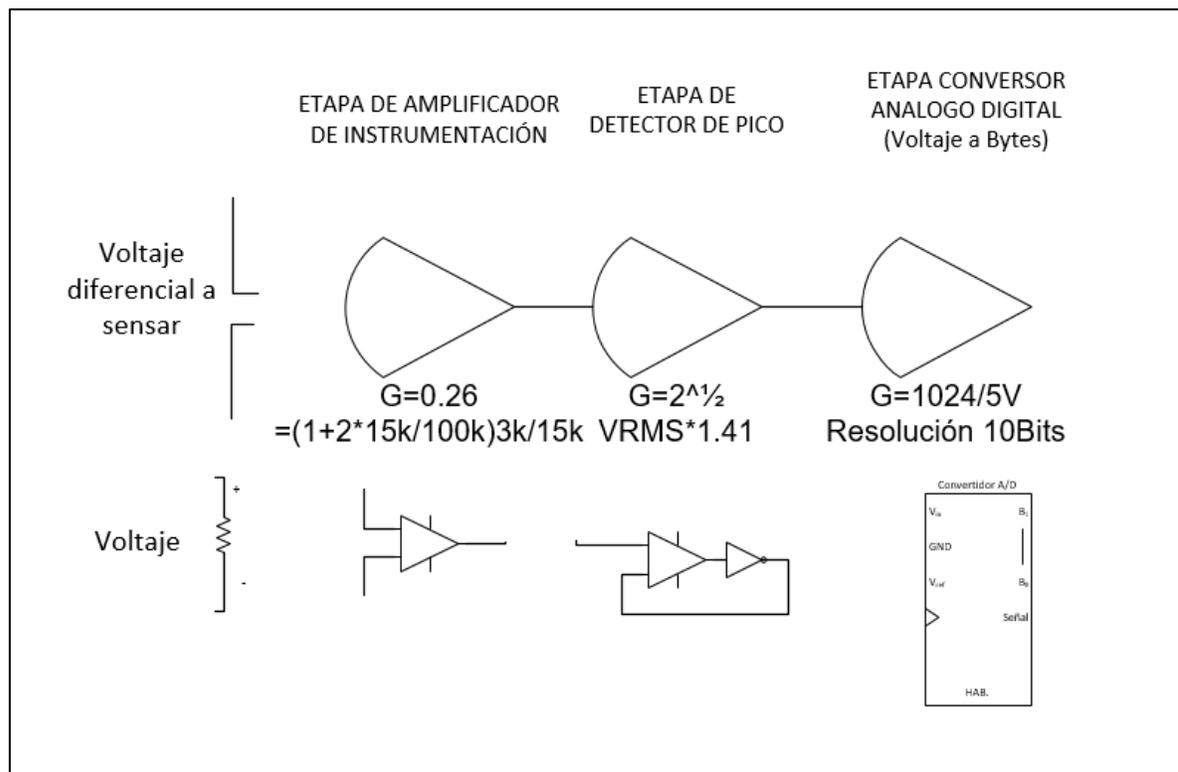


Figura 19 Acondicionamiento de la señal de Voltaje y Ganancia.

Sensor de Corriente

En la siguiente figura se ilustra el diagrama utilizado como sensor de corriente, este dispositivo como su nombre lo indica permite tomar una lectura de la corriente que circula en

cada componente, está compuesto por las siguientes etapas las cuales son: Amplificador de instrumentación, Rectificador de media onda y resistencia shunt.

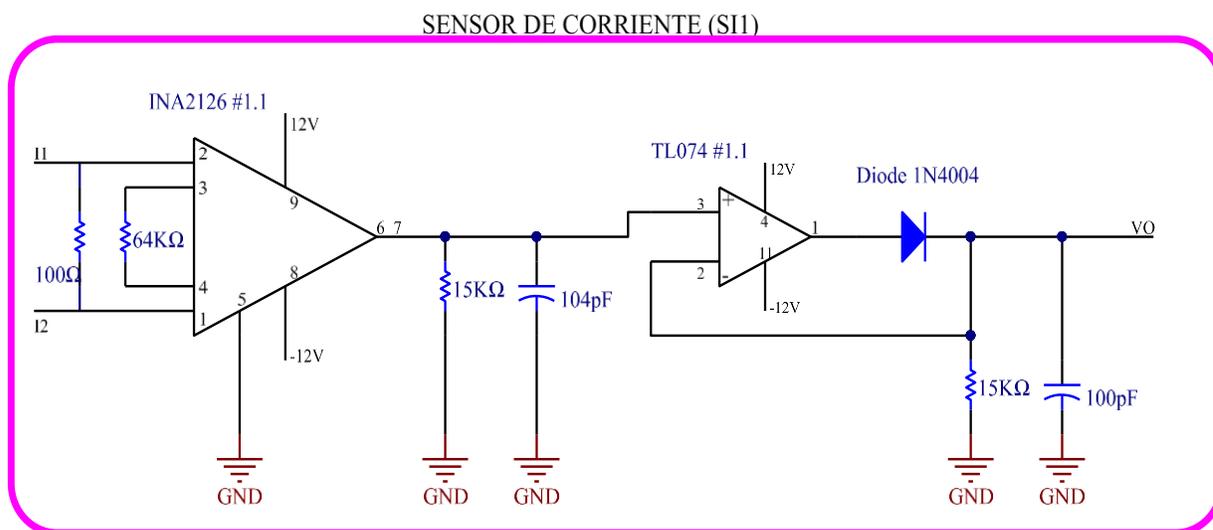


Figura 20 Diagrama de Sensores de Corriente.

Fuente: elaboración propia

En esta etapa se hizo uso del circuito integrado **INA 2126** que es un amplificador de instrumentación de precisión para la adquisición precisa de la señal diferencial de bajo ruido. Su diseño de dos amplificadores operativos ofrece un excelente rendimiento con una baja corriente de reposo ($175 \mu\text{A} / \text{canal}$). Combinado con un amplio rango de voltaje de operación de $\pm 1.35 \text{ V}$ a $\pm 18 \text{ V}$, el **INAx126** es ideal para sistemas portátiles de instrumentación y adquisición de datos, la ganancia se puede ajustar de $5 \text{ V} / \text{V}$ a $10000 \text{ V} / \text{V}$ con una sola resistencia externa. Los circuitos de entrada recortados por láser proporcionan una baja tensión de desplazamiento ($250 \mu\text{V}$ máximo), una baja desviación de voltaje ($3 \mu\text{V} / ^\circ \text{C}$ máximo) y un excelente rechazo en modo común.

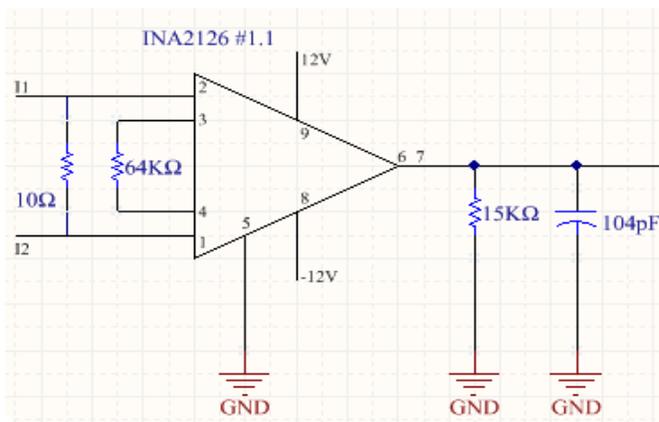
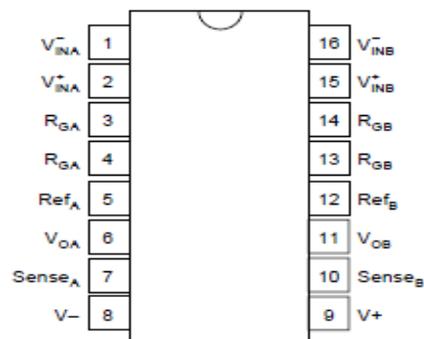


Figura 21 Diagrama del Amplificador de Instrumentación INA 2126.

Fuente: elaboración propia



Rectificador de media onda y detector de pico: esta etapa se hace uso de un amplificador en el cual la señal se recorta y se adecua a una componente dc para posteriormente poder ser procesada.

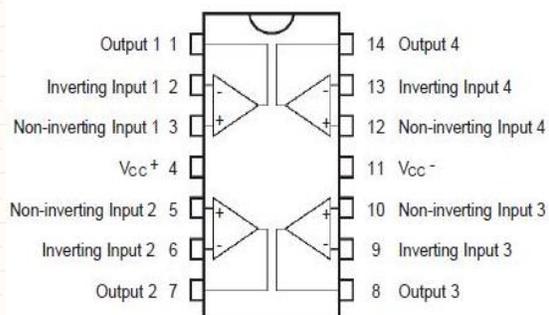
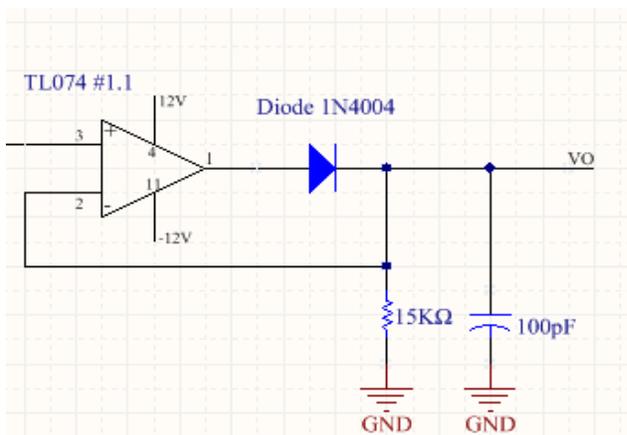


Figura 22 Detector de Pico.

Fuente: elaboración propia

Acondicionamiento Corriente y Voltaje

La siguiente figura muestra la Etapa de Acondicionamiento de la señal de corriente la ganancia de la función de transferencia en estado estable es:

$F(i) = 20\text{mv/ma} * 6.25 * 1.41 * 1024/5\text{V} = 36096/\text{ma}$, es decir que 1ma es representado en el registro del micro controlador con el valor de 36096, para hallar su valor en mili amperios debemos aplicar la función inversa en el micro controlador.

$$i = F^{-1}(i) = F(i)/36096$$

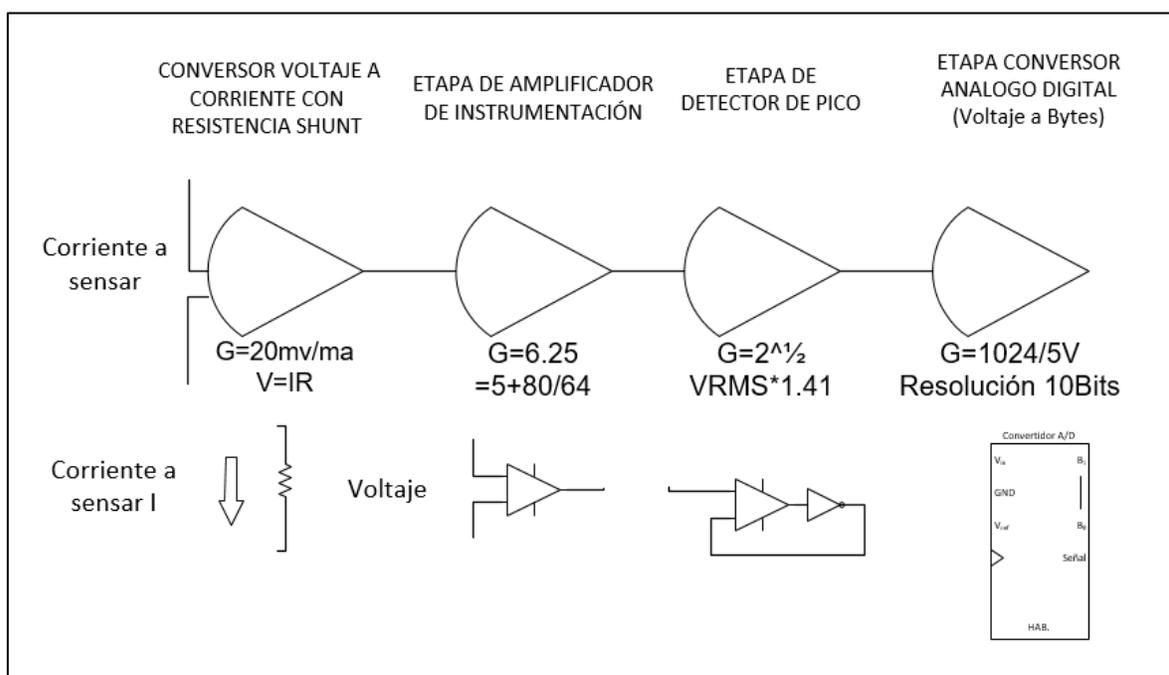


Figura 23 Etapa de Acondicionamiento de la señal de corriente la ganancia de la función de transferencia.

Arquitectura Web y de Datos

Se utilizó un servidor web basado en el framework Django y exposición de servicios con API REST Django. El servidor web está alojado en la raspberry pi 3 modelo B v1.1, con un servidor, apache, base datos mysql, y programación Python, a continuación se muestra el modelo de flujo de datos del sistema.

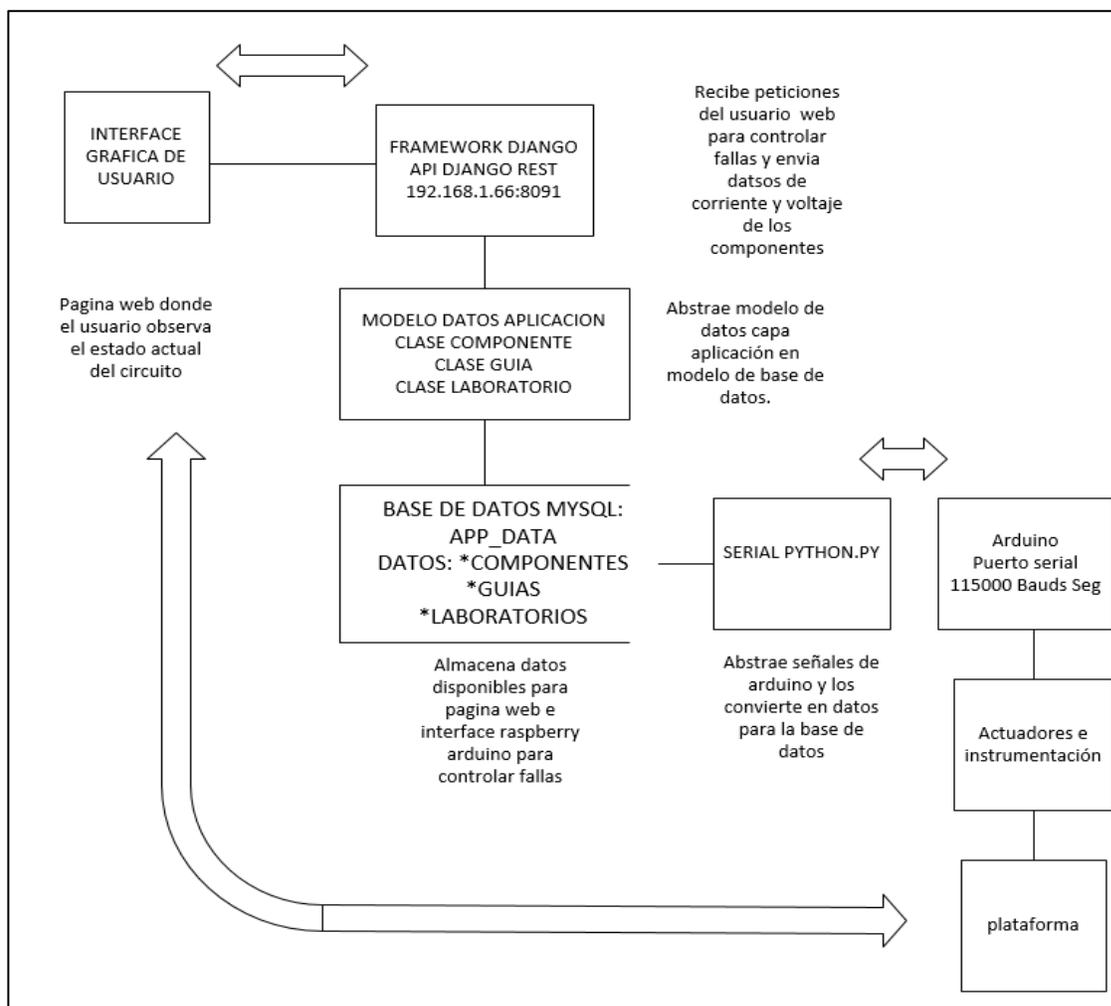


Figura 24 Modelo de flujo de datos.

Comunicación Serial y Trama de Datos

La especificación de trama para control y adquisición de datos incluye la siguiente tabla. Donde al arduino se le envían 2 tipos de comando, uno llamado falla donde se le da la orden de cerrar o abrir los actuadores de falla y un comando de lectura que indica al arduino que debe enviar los valores actuales de voltaje y de corriente del circuito para ser mostrados en la interface gráfica del usuario.



Figura 25 Ilustración 1 trama de datos para la comunicación serial entre el raspberry y el arduino.

Tabla 1

Descripción de salidas y comandos enviados. Si se envía el comando +, 1, F, 1, 1,- se induce falla en el componente 1 tanto abierta como de corto circuito

Byte Inicio	C.IDENTIFICADOR	Comando	TRAMA		Byte de Parada	Accion Ejecuada	
			Estado Corto	Estado Abierto		Activar Actuador* o Medir Sensor**	Activar Actuador* o Medir Sensor**
+	1	F	0=Sin Corto;1=Corto	0=Cerrado;1=Abierto	-	MD1 IN2*	MD1 IN1*
+	2	F	0=Sin Corto;1=Corto	0=Cerrado;1=Abierto	-	MD1 IN4*	MD1 IN3*
+	3	F	0=Sin Corto;1=Corto	0=Cerrado;1=Abierto	-	MD2 IN2*	MD2 IN1*
+	4	F	0=Sin Corto;1=Corto	0=Cerrado;1=Abierto	-	MD2 IN4*	MD2 IN3*
+	5	F	0=Sin Corto;1=Corto	0=Cerrado;1=Abierto	-	MD3 IN2*	MD3 IN1*
+	1	L	x	x	-	A5**	A0**
+	2	L	x	x	-	A6**	A1**
+	3	L	x	x	-	A6**	A2**
+	4	L	x	x	-	A7**	A3**
+	5	L	x	x	-	A8**	A4**

Diagrama de Flujo de Programa Arduino

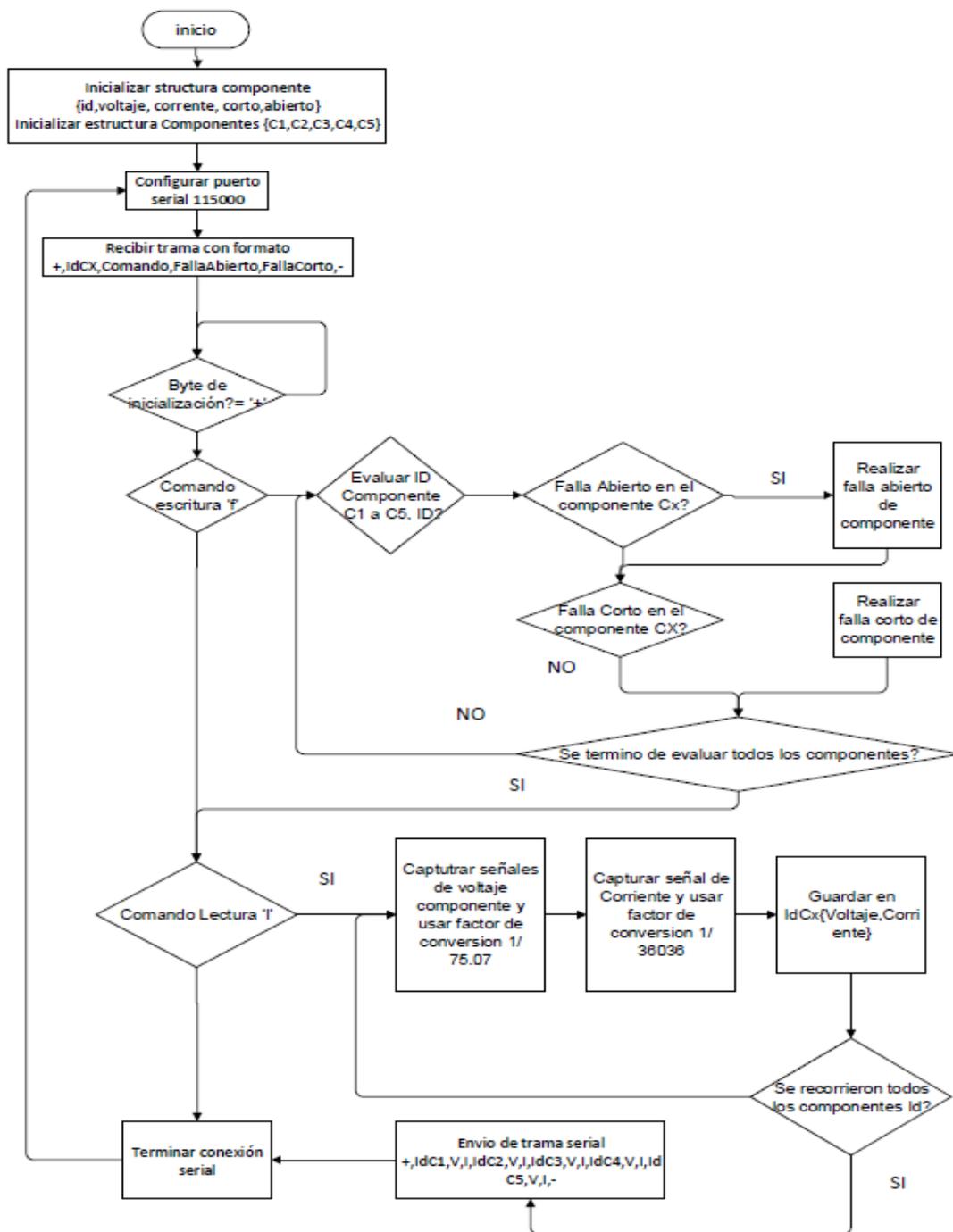


Figura 26 Diagrama de flujo de arduino para obtener señales y enviarlos a raspberry PI

Interface Gráfica Usuario

The image shows a web-based user interface for an electrical circuit simulation laboratory. The interface is divided into several sections:

- Navigation:** A top navigation bar with "INICIO" (highlighted) and "SOPORTE".
- Header:** A large teal banner with the text "BIENVENIDOS AL LABORATORIO DE FALLAS DE CIRCUITOS ELECTRICOS LRC".
- Central Content:** A circuit diagram with various components and measurement points. The circuit includes a voltage source V1, resistors R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, capacitors C1, C2, and inductors L1, L2. Measurement points are labeled E10, E11, and E12. The diagram also shows current and voltage values for several components, such as V: 0.03V, I: 18.57mA for R1, and V: 1.1V, I: 15.88mA for C1.
- Left Sidebar:** A "Laboratorio" section with a "Control Falla Abierto" button and a "Control Falla Corto" button. A "Guía de Laboratorio" button is also present.
- Right Sidebar:** A "Laboratorio" section with a "Selección de Laboratorio" button and a list of links: "RC SERIE", "RC PARALELO", "RL SERIE", "RL PARALELO", and "RLC serie Completo". Below this is a "Manuales" section with links for "Medir Voltaje" and "Simular Falla".
- Bottom Section:** A PDF viewer displaying a document titled "RL_PARALELO.pdf" (page 1 of 6). The document content is "GUIA DE LABORATORIO DE INDUCCION DE FALLA ELECTRICA EN CIRCUITO RL PARALELO".

Figura 27 Interface gráfica de usuario web para plataforma didáctica.

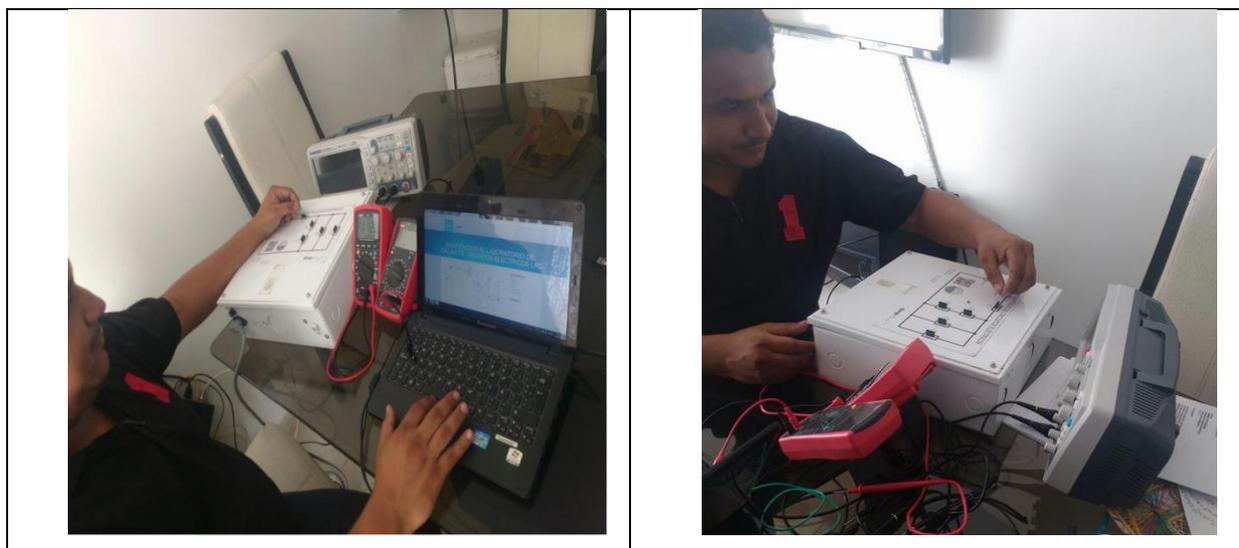


Figura 28 Prueba de laboratorio de plataforma didáctica.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

Impactos Esperados

A mediano plazo se espera que el proyecto tenga repercusión en las actividades realizadas por los estudiantes de ingeniería electrónica más específicamente los que cursan la asignatura de circuitos AC puedan afianzar y corroborar en el laboratorio de electrónica análoga y digital de la Universidad del Magdalena donde permanecerá esta herramienta todo lo aprendido y asimilado dentro y fuera de las aulas de clase.

En actividades de Investigación del grupo MAGMA INGENIERÍA, ya que a partir de estos proyectos se pueden consolidar resultados de investigación y productos tecnológicos innovadores que posicionan al el grupo a nivel nacional e internacional.

Adicional al informe del trabajo de grado, se espera elaborar alguno de los siguientes productos:

- ✓ Ponencia para ser enviada a un evento científico nacional o internacional, con resultados parciales o finales de la investigación.
- ✓ Artículo científico, con los resultados finales de la investigación, enviado a una revista nacional reconocida por Colciencias.

Resultado de los Test

Con el fin de cumplir con los objetivos específicos de este proyecto de grado se realizaron varios test y encuestas a varios estudiantes del programa de ingeniería electrónica de la Universidad del Magdalena, con el fin de socializar la plataforma didáctica y evaluar su funcionamiento y aporte que esta hace a la contribución del enriquecimiento del aprendizaje de forma didáctica al someter circuitos RC,RL,RLC a fallas eléctricas (corto - circuito, circuito abierto) estos estudiantes se encuentran cursando las asignaturas de circuitos AC(Corriente alterna) y electrónica I, algunos de estos estudiantes a los que se le realizo el test y la encuesta; ya han cursado estos cursos, incluso también se le realizo a egresados del programa de electrónica.

Estos test sirvieron para mejorar nuestra plataforma didáctica en muchos aspectos.

A continuación se muestra los test técnicos de exactitud y precisión del sistema adquisición de datos y acondicionamiento de la señal.

Circuitos de Instrumentación

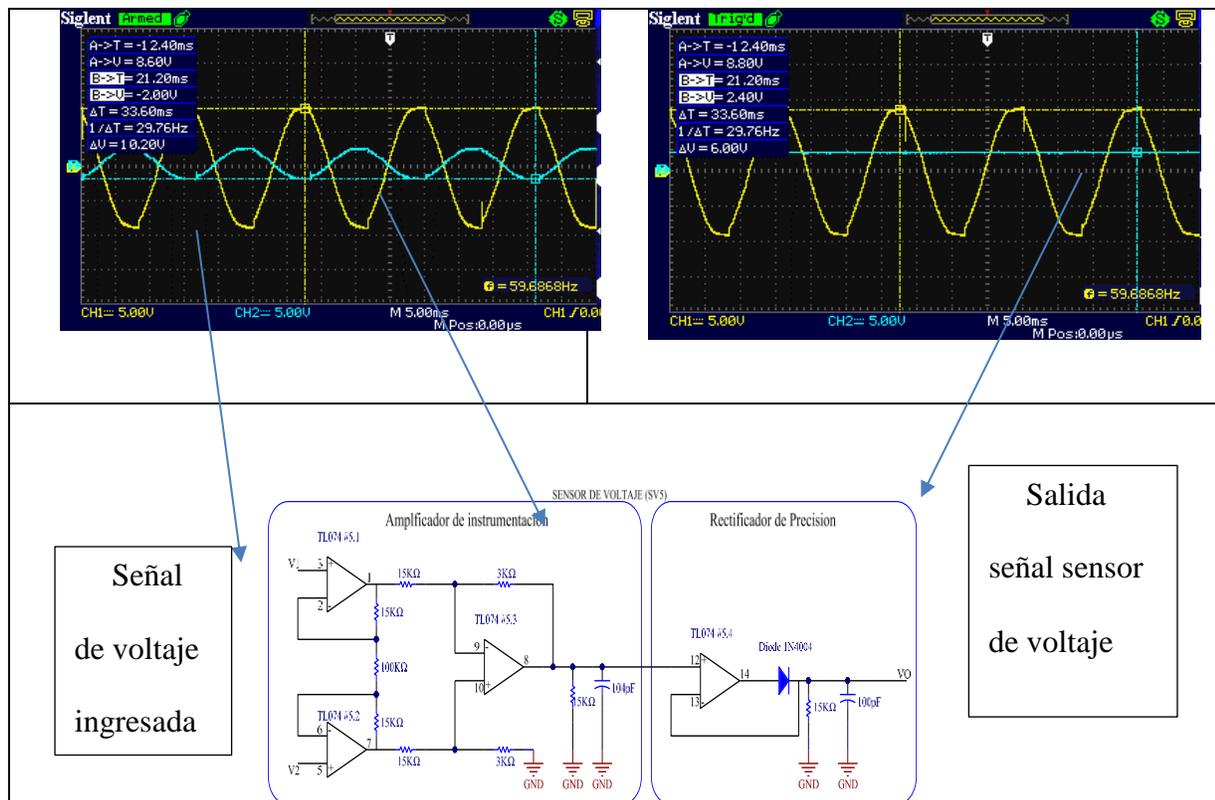


Figura 29 Test de prueba de funcionamiento de sensor de voltaje, la ganancia teórica fue de: $G=0.26=0.36$,

ganancia practica: 0.27 error porcentual relativo: 2.7%

COMPONENTE					VOLTAJE					CORRIENTE					Tipo de falla
C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4	C5	
R 1K	R1K	R1K	R2K	R1K	2.08V - 2.04v	1.04V - 1.1v	0.49V - 056v	1.29V - 134v	1.55V - 1.43v	2.54ma - 2.24ma	0.55ma - 0.45ma	0.55ma - 044ma	1.57ma - 1.43ma	1.71ma - 1.65ma	Sin Falla
R 1K	53mh	C47pf	0	0	0.07v - 0.03v	0V - 0.03V	3.65v - 3.51v	0V - 0V-	0V - 0V	0.8ma - 0.08ma	0.8ma - 0.08ma	0.8ma - 0.08ma	0ma	0ma	SIN FALLA
R 1K	53mh	C47pf	0	0	0v - 0.002v	0v - 0.003v	3.61v - 3.52v	0V - 0V-	0V - 0V	0.8m -0 .08ma	0.99ma - 0.08ma	1.02ma - 0.08ma	0ma	0ma	Corto Componente C1
R 1K	53mh	C47pf	0	0	0.01v - 0.003	0V - 0.03V	3.55v - 3.51v	0V - 0V-	0V - 0V	0.77 - 0.08ma	0.86ma - 0.09ma	0.91ma - 0.08ma	0ma	0ma	Corto Componente C2
R 1K	53mh	C47pf	0	0	3.49v - 3.36v	0.11v - 0.11v	0v - 0.003v	0V - 0V-	0V - 0V	3.51ma - 3.41ma	1.05ma - 3.45ma	3.4ma - 2.11ma	0ma	0ma	Corto Componente C3

Figura 30 Test de Mediciones de voltaje y corriente.

En la anterior tabla se muestran los resultados de los Test de Mediciones de voltaje y corriente. Mostrados por la interface web vs herramientas de medición calibrada UT-139C, se concluye que el valor mas bajo de error ocurre para voltajes altos, con un 1.9%, con un medio de 3.86%, y con valores muy bajos de confiabilidad para valores bajos de voltaje con hasta errores del 133%. Los valores en negrita son hacen referencia a los valores tomados por el instrumento.

Test de favorabilidad de la plataforma didáctica

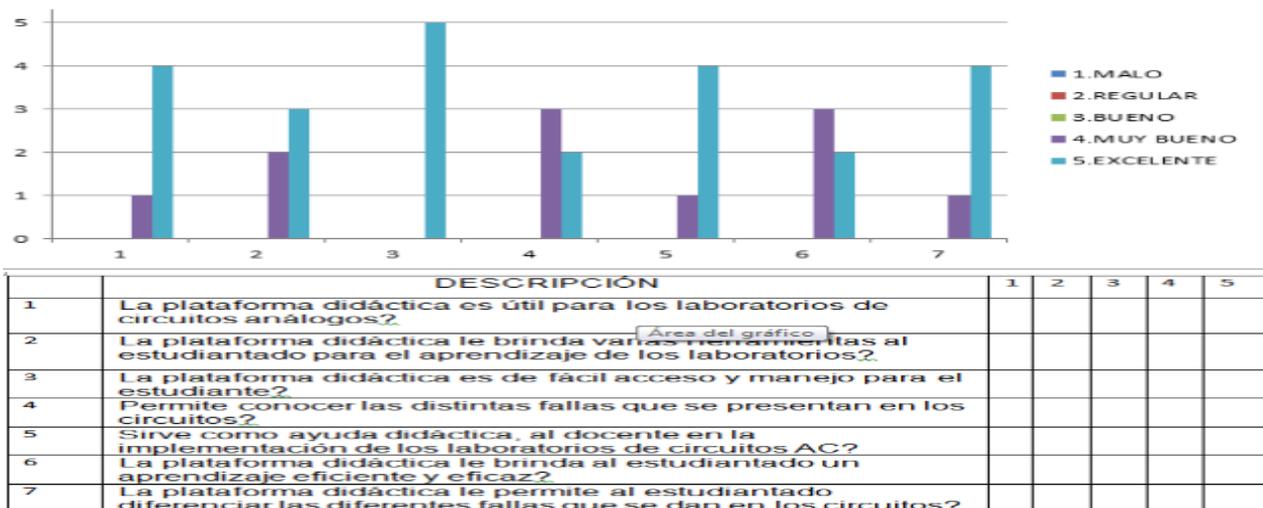


Figura 31 Test de Favorabilidad de la Plataforma Didáctica

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES

Se Puede concluir del proyecto elaborado que es una plataforma didáctica diseñada para que el estudiante pueda interactuar con los circuitos RL, RC, RLC de una forma didáctica, compuesta por una parte de software y otra parte de hardware de adquisición de datos.

Es una plataforma didáctica para circuitos RLC porque:

- Se pueden medir los parámetros de un circuito RLC como los son voltaje y corriente en un error relativo porcentual del 2.6%, brindando al estudiante una retroalimentación fiable de la realidad del circuito RL y RC, consolidando su proceso de aprendizaje.
- El estudiante puede modificar los estados de falla del circuito RLC como parámetros del experimento y observarlos en el circuito real y no en simuladores. Observando que ocurre cuando se provoca un corto circuito o un circuito abierto o cerrado brindando enriquecimiento en los procesos de enseñanza-aprendizaje
- El sistema embebido con programación en alto nivel con el uso del Modelo Vista Controlador de Django y API REST y de programación con Arduino (Processing) y Raspberry (Python), permite tener flexibilidad en actualizar el contenido educativo del experimento y sus guías.
- En la socialización, la interface web ha sido bien aceptada por ser un método muy interactivo (propio de una plataforma didáctica), para la inducción fallas e inclusión implícita de otros conocimientos como lo son los circuitos Ac, leyes de Kirchhoff y ley de ohm, que enriquecen el contexto de aprendizaje del estudiante.

- En los test realizados algunos estudiantes expresaron la necesidad de esta herramienta, ya que en muchas ocasiones en sus clases teóricas no les enseñan a localizar fallas y por ende también se les complica la solución de estos.
- Se pudo notar a lo largo de este trabajo que existe una gran falencia en los estudiantes de los primeros semestres del programa de ingeniería electrónica en el tema de localización y resolución de fallas.
- Es un software educativo basado en apoyo de aprendizaje basado en laboratorio virtual con la adición de adquisición de información de la vida real constituyéndolo como Informativo, Instructivo, Motivador, Lúdico e Innovador:

Trabajos a Futuro

- Este trabajo de grado sienta bases para diversos trabajos a futuros en esta área, para el programa de ingeniería electrónica de la Universidad del Magdalena, en primer lugar se aspira que se desarrolle una fase posterior a este trabajo donde vengan muchas mejoras por ejemplo la realización de gráficas para interpretar el comportamiento de la corriente y el voltaje en un circuito RL, RC, RLC al ser sometido a fallas eléctricas (corto - circuito - circuito abierto).
- Otra fase posterior u otro trabajo de grado complementario con este trabajo serían la realización de una plataforma didáctica para la comprobación de la ley de ohm
- También se pretende motivar a los estudiantes a seguir realizando trabajos donde diseñen y/o desarrollen material didáctico para otras materias, como por ejemplo, laboratorios virtuales donde se implementen aparatos que el laboratorio no tiene en estos momentos y otra variedad de aplicaciones, con el objetivo de suplir las necesidades de los estudiantes y el programa en general.
- Ya teniendo la plataforma didáctica para inducir fallas en un circuito RL; RC, RLC, se deja abierta la posibilidad de realizarle cambios a la plataforma didáctica en general.
- Después con el desarrollo de esta plataforma depurada, se espera que con su utilización, permitirá la formación de profesionales con fundamentos más sólidos en electricidad y electrónica, y con ello lograr que tengan mayores competencias en localizar y resolver fallas eléctricas en distintos entornos.

- Además se espera que esta plataforma a mediano y largo plazo, como ya lo habíamos comentado, sirva como base, para que desde el Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena, se generen libros, programas, simuladores, publicaciones entre otros, que ayuden a enriquecer los procesos de enseñanza - aprendizaje de electricidad y electrónica.
- Se espera que a mediano plazo el desarrollo de esta plataforma didáctica tenga repercusión en las actividades académicas de la institución, ya que creemos que puede ser un buen soporte para algunas de las asignaturas del programa. Y de esta forma, formar profesionales con bases y competencias en la localización y resolución de fallas.

BIBLIOGRAFÍA

- Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky. *Electrónica: Teoría de Circuitos*, sexta edición, Pearson.
- Thomas L. Floyd. *Principios de circuitos eléctricos*, octava edición, Pearson.
- PSPICE como complemento a una formación básica en electrónica.
- Universidad Politécnica de Madrid Carpeno A., Lopez S., Arriaga J.
- Implementación de Laboratorios Virtuales para la enseñanza de las Ingenierías, Sánchez.
- Desarrollo de un prototipo didáctico como alternativa pedagógica para la enseñanza del concepto de inducción electromagnética (2007), Duarte J., Gutiérrez J., Fernández F.
- Application of Multisim8 in the Circuits Fault Simulation, China, Universidad Tecnológica de Hefei, Lu Chang, Hua Wang, Lingfei Wang, Yong Liu Dawei.
- Multiple-fault circuit simulation in unified dynamic electric power system simulation software, Beijing, China, China Electric Power Research Institute, Tang Yong, Liu Wen-zhuo, Song Xin-li, Wu Guo-yang.
- Principios de análisis instrumental, Douglas A. Skoog, Stanley R.
- Principios de electricidad y electrónica I, Antonio Hermosa Donate.
- Electrónica general, Pablo Alcalde San Miguel.
- Bravo, E. C., Bacca, E. B., Calvache, B. A., Cardona, J. E., y Buitrago, J. A. (2009). Laboratorio distribuido con acceso remoto para la enseñanza de la robótica. *Educación en Ingeniería*, 7,51-61.

- Moreno, J., Vicari R. M., y Ovalle, D. A. (2009). Hacia una taxonomía en la educación asistida por computador. *Educación en Ingeniería*, 9, 27-36.
- Meneses Benavides, G. A., y Ordosgoitia Morales, C. E. (2009). Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, Abp. *Educación en Ingeniería*, 7, 62-73.
- Toro, J., Devia, A., Barco, H., y Rojas, E. (2001). Curso.
- Menéndez, L., Mandado, E., Salaverría, A., y Dacosta, J. (2006). Virtual Electronics Laboratory: A new tool to improve Industrial Electronics. *IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on*, 5445-5448.
- Bisták, P. (2009). Matlab and Java Based Virtual and Remote Laboratories for Control Engineering. *Control and Automation, 2009.MED '09. 17th Mediterranean Conference on*, 1439-1444.
- Sánchez, J., Morilla, F., Dormido, S., Aranda, J., y Ruipérez, P. (2002). Virtual and remote control labs using Java: a qualitative approach. *Control Systems Magazine, IEEE*, 22, 8-20.
- Cabrera, M., Fernandez-Prades, C., Vargas, F., Vargas, J.A., Fernandez, A., y Gasull, A. (2006). LaViCAD: Laboratorio Virtual de Comunicaciones Analógicas y Digitales. *Congreso Internacional de Docencia Universitaria e Innovación, CIDUI06*.
- Rosado, L., y Herreros, J. R. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la física. *Didácticas de la Física y sus Nuevas Tendencias*, 2-5.(95).
- Definición de Simulación. In R. C. Bu, *Simulación un Enfoque Práctico* (p. 12). Mexico: LimusaS.A.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Mexico: Pearson

Education.

- Torres, I. D., Guzmán, J. A., y Jimenez, J. A. (2010). Una experiencia de aplicación para la gestión de información de contenido educativo con tecnologías XML. *Educación en Ingeniería*, 10,137-148.
- García Matías, Josué Neftalí. Método alternativo para el desarrollo de software educativo basado en prácticas efectivas
- Sánchez, G. V. (2010). Laboratorio Virtual (p. 17). Pereira, Colombia: Corporación Instituto De Administración Y Finanzas (Ciaf).
- Ciafardo, M. Consultado en enero 2, 2012, La Teoría de la Gestalt en el marco del Lenguaje Visual. Disponible en:
<http://publicaciones.fba.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2011/08/CIAFARDO-Mariel-La-Teoria-de-la-Gestalt-en-el-marco-del-Lenguaje-Visual.pdf>.
- Hernández, R. V. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje (p. 17). Catalunya, España: Universidad y Sociedad del Conocimiento, 5, 26 – 35.
- Jonassen, David h. (1994). Thinking Technology: Toward a constructivist design model. *EducationalTechnology*.
- Torres, S. G. (2001). Espacios Virtuales De experimentación Cooperativa Caso De Estudio: Laboratorio Virtual De Cinemática (p. 50). Pachuca de soto, México: Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo.
- Cataldi, Z. (2000). Metodología De Diseño, Desarrollo Y Evaluación De Software Educativo (p. 15). La plata Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- García, F. J. (2000). Modelo de Reutilización Soportado por Estructuras Complejas de Reutilización Denominadas Mecanos (p.15). Salamanca, España. Universidad de Salamanca.

- Vargo J., Nesbit J., Belfer, K. & Archambault, A. (2003). Learning object evaluation: computer-mediated collaboration and inter-rater reliability, *International Journal of Computers and Applications* Vol 25 N°3.
- Morales Morgado Erla Mariela (2007). Consultado en enero 3, 2012, Gestión del conocimiento en sistemas e-learning, basado en objetos de aprendizaje, cualitativa y pedagógicamente definidos.
- Moreno, F. & Bailly-Baillièrè M. (2002). Diseño instructivo de la formación on-line. Aproximación metodológica a la elaboración de contenidos (p.74). Barcelona, España: Editorial Ariel Educació
- Gutiérrez Colorado Daniel Arturo (2003). Desarrollo y prueba de un sistema multimedia educativo enfocado a cubrir los estilos individuales de aprendizaje del modelo vark (p. 16). Monterrey, México: Tecnológico de Monterrey.
- Axling, T. (1998), "Collaborative Configuration in Virtual Enviroments", *Virtual Reality: Research, Development and Applications*, (p.59-70). Bretagne, Francia: Universidad de Bretagne.
- Nielsen J., and Mack (1994), *"Usability Inspection Methods"*, JhonWiley and Sons (p. 41). Nueva York, Estados Unidos

Anexos

MODELO MODELS

```

from __future__ import unicode_literals

from django.db import models

# Create your models here.

class Componente(models.Model):
    nombre=models.CharField(max_length=30)
    identificador=models.IntegerField()
    valortipo=models.FloatField()
    corriente=models.FloatField()
    voltaje=models.FloatField()
    corto=models.BooleanField()
    abierto=models.BooleanField()
    #tipocomponente=models.ForeignKey(TipoComponente)

    def __str__(self):
        return self.nombre
class Guia(models.Model):
    identificador=models.IntegerField()
    nombre=models.CharField(max_length=30)
    documento=models.FileField(upload_to='guias/',default='settings.MEDIA_ROOT/guias/
archivo.pdf')
    imagen=models.FileField(upload_to='lab/',default='settings.MEDIA_ROOT/lab/archivo.j
pg')

    def __str__(self):
        return self.nombre
class Laboratorio(models.Model):
    identificador=models.IntegerField()
    nombre=models.CharField(max_length=30)
    componentes=models.ManyToManyField(Componente)
    guias=models.ManyToManyField(Guia)

    def __str__(self):
        return self.nombre

```

MODELO VIEWS

```

#import RPi.GPIO as GPIO
import time
import io
import os
import MySQLdb
import serial

from django.shortcuts import render,render_to_response
import datetime
#from django.shorcuts import render
from django.http import HttpResponse,Http404
from django.views.decorators.csrf import csrf_exempt
from rest_framework.renderers import JSONRenderer
from rest_framework.parsers import JSONParser
from rest_framework import status,permissions
from rest_framework.views import APIView
from rest_framework.response import Response
from rest_framework.decorators import api_view,permission_classes

from django.template import Template,Context
from django.template.loader import get_template
from circuito.models import Componente,Guia,Laboratorio
from circuito.serializers import ComponenteSerializer
#GPIO.setmode(GPIO.BCM)
#GPIO.setwarnings(False)
#ENCODER=17
#RELAY1=4
#estado=0

#GPIO.setup(ENCODER,GPIO.IN)
#GPIO.setup(RELAY1,GPIO.OUT)
class JSONResponse(HttpResponse):
    """
    An HttpResponse that renders its content into JSON.
    """
    def __init__(self, data, **kwargs):
        content = JSONRenderer().render(data)
        kwargs['content_type'] = 'application/json'
        super(JSONResponse, self).__init__(content, **kwargs)

```

```

def foo(request):
    return HttpResponse("Hola mundo")

def horas(request):
    Led=False
    return render_to_response('horas.html',{'led':Led,'Hora':datetime.datetime.now()})
def HorasOffset(request,offset):
    valor=int(offset)
    dt=datetime.datetime.now()+datetime.timedelta(hours=valor)
    Led=False
    return render_to_response('horas.html',{'led':Led,'Hora':dt})
def circuitos(request):
    C=Componente.objects.all()
    Led=False
    return render_to_response('horas.html',{'Componentes':C,'led':Led})

def search(request):
    C=Componente.objects.all()

    for item in C:

        query2=request.GET.get(str(item.identificador),"")
        if query2=="1":

            #GPIO.output(RELAY1,GPIO.HIGH)
            Led=True
            item.corto=True

        elif query2=="0":
            #Led=GPIO.output(RELAY1,GPIO.LOW)
            Led=False
            item.corto=False
        else:
            Led=False

    for item in C:
        #Componente.objects.filter(id=item.id).update(identificador=item.identificador)
        item.save()
    Led=False
    return render_to_response('horas.html',{'Componentes':C,'led':Led})
def laboratorios(request):
    C=Componente.objects.all()
    G=Guia.objects.all()

```

```

        return render_to_response('horas.html',{'Componentes':C,'Guias':G})
def laboratoriosguias(request,lab='9'):
    C=Componente.objects.all()
    G=Guia.objects.all()
    guia=Guia.objects.get(pk=lab)

    return render_to_response('horas.html',{'Componentes':C,'lab':lab,'Guias':G,'guia':guia})

def sse(request):
    return render_to_response('ClienteSSE.html')

#@csrf_exempt
#@api_view(['GET','POST'])
@permission_classes((permissions.AllowAny,))
class Componentes_list(APIView):
    """
    List all code snippets, or create a new snippet.
    """

    def get(self,request,format=None):
        Componentes = Componente.objects.all()
        serializer = ComponenteSerializer(Componentes, many=True)
        return Response(serializer.data)

    def post(self,request,format=None):

        serializer = ComponenteSerializer(data=request.data)
        if serializer.is_valid():
            serializer.save()
            return Response(serializer.data, status=status.HTTP_201_CREATED)
        return Response(serializer.errors, status=status.HTTP_400_BAD_REQUEST)

#@api_view(['GET','PUT','DELETE'])
@permission_classes((permissions.AllowAny,))
#@csrf_exempt
class Componente_detail(APIView):
    """
    Retrieve, update or delete a code snippet.
    """

```

```
def get_object(self, pk):
    try:
        return Componente.objects.get(pk=pk)
    except Componente.DoesNotExist:
        return Http404

def get(self,request, pk,format=None):
    serializer = ComponenteSerializer(self.get_object(pk))
    return Response(serializer.data)

def put(self,request, pk,format=None):

    serializer = ComponenteSerializer(self.get_object(pk), data=request.data,partial=True)
    if serializer.is_valid():
        serializer.save()
        return Response(serializer.data)
    return Response(serializer.errors, status=status.HTTP_400_BAD_REQUEST)

def delete(self,request,pk,format=None):
    componente=self.get_object(self, pk)
    componente.delete()
    return Response(status=status.HTTP_204_NO_CONTENT)
```

MODELO URL

```

from django.conf.urls import url,include
from django.contrib import admin
from circuito import views
from django.views.static import serve

from django.conf import settings
from django.conf.urls.static import static
from django.contrib.auth.models import User
from rest_framework import routers, serializers, viewsets
from rest_framework.urlpatterns import format_suffix_patterns

# Serializers define the API representation.
class UserSerializer(serializers.HyperlinkedModelSerializer):
    class Meta:
        model = User
        fields = ('url', 'username', 'email', 'is_staff')

# ViewSets define the view behavior.
class UserViewSet(viewsets.ModelViewSet):
    queryset = User.objects.all()
    serializer_class = UserSerializer

# Routers provide an easy way of automatically determining the URL conf.
router = routers.DefaultRouter()
router.register(r'users', UserViewSet)

urlpatterns = [
    url(r'^$', admin.site.urls),
    url(r'^admin/', admin.site.urls),
    url(r'views/(\d{1,2})/$', views.HorasOffset),
    url(r'hora/$', views.horas),
    #url(r'media/(?P<path>.*)$', serve,settings.MEDIA_ROOT),
    url(r'circuito/$', views.circuitos),
    url(r'laboratorios/$', views.laboratoriosguias),
    url(r'laboratorios/(?P<lab>\w+)/$', views.laboratoriosguias),
    #url(r'laboratorios/(?P<lab>\w{2,3})/(?P<tipolab>\w+)/$', views.laboratorios),
    url(r'sse/$', views.sse),
    url(r'^api/', include('rest_framework.urls',namespace='rest_framework')),
    url(r'^Componentes/$', views.Componentes_list.as_view()),

```

```

    url(r'^componente/(?P<pk>[0-9]+)/$', views.Componente_detail.as_view()),
]+static(settings.MEDIA_URL,document_root=settings.MEDIA_ROOT)

urlpatterns=format_suffix_patterns(urlpatterns)

```

APLICACIONES INSTALADAS

```

from __future__ import unicode_literals

from django.apps import AppConfig

class CircuitoConfig(AppConfig):
    name = 'circuito'

```

ARCHIVO SETTINGS.PY

```

"""
Django settings for LabDjango project.

Generated by 'django-admin startproject' using Django 1.10.5.

For more information on this file, see
https://docs.djangoproject.com/en/1.10/topics/settings/

For the full list of settings and their values, see
https://docs.djangoproject.com/en/1.10/ref/settings/
"""

import os

# Build paths inside the project like this: os.path.join(BASE_DIR, ...)
BASE_DIR = os.path.dirname(os.path.dirname(os.path.abspath(__file__)))

# Quick-start development settings - unsuitable for production

```

```

# See https://docs.djangoproject.com/en/1.10/howto/deployment/checklist/

# SECURITY WARNING: keep the secret key used in production secret!
SECRET_KEY = 'g^cosfwq-&f&&%h(!_d_puszq0&tj04@4cm-p+yuslrp7yh$h7'

# SECURITY WARNING: don't run with debug turned on in production!
DEBUG = True

ALLOWED_HOSTS = ['192.168.1.66','127.0.0.1']

# Application definition

INSTALLED_APPS = [
    'django.contrib.admin',
    'django.contrib.auth',
    'django.contrib.contenttypes',
    'django.contrib.sessions',
    'django.contrib.messages',
    'django.contrib.staticfiles',
    'circuito',
    'rest_framework',
]

MIDDLEWARE = [
    'django.middleware.security.SecurityMiddleware',
    'django.contrib.sessions.middleware.SessionMiddleware',
    'django.middleware.common.CommonMiddleware',
    'django.middleware.csrf.CsrfViewMiddleware',
    'django.contrib.auth.middleware.AuthenticationMiddleware',
    'django.contrib.messages.middleware.MessageMiddleware',
    'django.middleware.clickjacking.XFrameOptionsMiddleware',
]

ROOT_URLCONF = 'LabDjango.urls'

TEMPLATES = [
    {
        'BACKEND': 'django.template.backends.django.DjangoTemplates',
        'DIRS': [os.path.join(BASE_DIR,'templates').replace("\\','/)],
        'APP_DIRS': True,
        'OPTIONS': {
            'context_processors': [
                'django.template.context_processors.debug',

```

```

        'django.template.context_processors.request',
        'django.contrib.auth.context_processors.auth',
        'django.contrib.messages.context_processors.messages',
        #'django.core.context_processors.media',
    ],
},
],
]

```

```
WSGI_APPLICATION = 'LabDjango.wsgi.application'
```

```
# Database
```

```
# https://docs.djangoproject.com/en/1.10/ref/settings/#databases
```

```

DATABASES = {
    'default': {
        #ENGINE: 'django.db.backends.sqlite3',
        #NAME: os.path.join(BASE_DIR, 'db.sqlite3'),
        'NAME': 'APP_DATA',
        'ENGINE': 'django.db.backends.mysql',
        'USER': 'root',
        'PASSWORD': 'raspberry',
        'OPTIONS': {
            'init_command': "SET sql_mode='STRICT_TRANS_TABLES'",
        }
    }
}

```

```
# Password validation
```

```
# https://docs.djangoproject.com/en/1.10/ref/settings/#auth-password-validators
```

```

AUTH_PASSWORD_VALIDATORS = [
    {
        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.UserAttributeSimilarityValidator',
    },
    {
        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.MinimumLengthValidator',
    },
    {
        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.CommonPasswordValidator',
    },
    {

```

```

        'NAME': 'django.contrib.auth.password_validation.NumericPasswordValidator',
    },
]

```

```

# Internationalization
# https://docs.djangoproject.com/en/1.10/topics/i18n/

```

```
LANGUAGE_CODE = 'en-us'
```

```
TIME_ZONE = 'EST'
```

```
USE_I18N = True
```

```
USE_L10N = True
```

```
USE_TZ = True
```

```

# Static files (CSS, JavaScript, Images)
# https://docs.djangoproject.com/en/1.10/howto/static-files/

```

```
STATIC_URL = '/static/'
```

```

STATICFILES_DIRS = (
    os.path.join(BASE_DIR, "static"),
)

```

```
MEDIA_ROOT= os.path.join(BASE_DIR, "media")
```

```
MEDIA_URL= '/media/'
```

```

REST_FRAMEWORK={
    'DEFAULT_PERMISSION_CLASSES':[
        'rest_framework.permissions.DjangoModelPermissionsOrAnonReadOnly'
    ]
}

```

MODELO CONEXIÓN SERIAL BASE DE DATOS MY SQL

```

import MySQLdb

import time
import serial
import os
import sys

class ComponenteSerial():
    nombre=None
    identificador=None
    valortipo=None
    corriente=None
    voltaje=None
    corto=None
    abierto =None
    #tipocomponente=models.ForeignKey(TipoComponente)
    def __init__(self,Identificador,Corto,Abierto,C,V):
        self.nombre=""
        self.identificador=Identificador

        self.valortipo=""
        self.corriente=C
        self.voltaje=V
        self.corto=Corto
        self.abierto=Abierto

    def __str__(self):
        return self.nombre

DB_HOST = 'localhost'
DB_USER = 'root'
DB_PASS = 'raspberry'
DB_NAME = 'APP_DATA'

def run_query(query=""):
    datos = [DB_HOST, DB_USER, DB_PASS, DB_NAME]

    conn = MySQLdb.connect(*datos) # Conectar a la base de datos
    cursor = conn.cursor()      # Crear un cursor
    cursor.execute(query)      # Ejecutar una consulta

```

```

if query.upper().startswith('SELECT'):
    data = cursor.fetchall() # Traer los resultados de un select
else:
    conn.commit()          # Hacer efectiva la escritura de datos
    data = None
cursor.close()           # Cerrar el cursor
conn.close()            # Cerrar la conexi
return data
def update_many(C):
    datos = [DB_HOST, DB_USER, DB_PASS, DB_NAME]

    conn = MySQLdb.connect(*datos) # Conectar a la base de datos
    cursor = conn.cursor()      # Crear un cursor

    for item in C:
        query="UPDATE circuito_componente SET voltaje='%f',corriente='%f' where
id='%d';"%(item.voltaje,item.corriente,item.identificador)
        cursor.execute(query)    # Ejecutar una consulta

    if query.upper().startswith('SELECT'):
        data = cursor.fetchall() # Traer los resultados de un select
    else:
        conn.commit()          # Hacer efectiva la escritura de datos
        data = None
    cursor.close()           # Cerrar el cursor
    conn.close()            # Cerrar la conexi
    return data
def actualizar(Identificador,Voltaje,Corriente):

    V=Voltaje
    C=Corriente
    query="UPDATE circuito_componente SET voltaje='%f',corriente='%f' where
id='%d';"%(V,C,Identificador)
    result=run_query(query)
    print result
def updateComponente(C):

    V=Voltaje
    C=Corriente
    query="UPDATE circuito_componente SET voltaje='%f',corriente='%f' where
id='%d';"%(V,C,Identificador)
    result=run_query(query)
    print result
C1=ComponenteSerial(1,0,0,0,0)
C2=ComponenteSerial(2,0,0,0,0)

```

```

C3=ComponenteSerial(3,0,0,0,0)
C4=ComponenteSerial(4,0,0,0,0)
C5=ComponenteSerial(5,0,0,0,0)
F1=ComponenteSerial(6,0,0,0,0)
C=[C1,C2,C3,C4,C5,F1]

```

```
while 1:
```

```

    arduinoPort = serial.Serial("/dev/ttyACM0", 115200,timeout=1)
    arduinoPort.flushInput()
    arduinoPort.flushOutput()
    ##*/ Enviar datos hacia circuito real:
    #Consultar Base de datos y guardar query en Componentes
    query="SELECT id,corto,abierto FROM circuito_componente;"
    Componentes=run_query(query)
    #Enviar estado de Falla por puerto serial
    for Componente in Componentes:

        for Cx in C:
            if Cx.identificador==Componente[0]:
                Cx.corto=Componente[1]
                Cx.abierto=Componente[2]
                #Enviar estado de falla de Componentes.

                #Trama="Inicio='+',Componente,ComandoEscritura='f',FallaCorto,FallaAbierto,Fin='-'"
                #time.sleep(0.01)
                arduinoPort.write(b'+,%d,f,%d,%d,-'
'%(Cx.identificador,Cx.corto,Cx.abierto))

                ##fin seccion fin enviar datos circuito real

                ##*/ Recibir datos desde circuito real:

                #Comando para solicitud de Voltajes y Corrientes de todos los Componentes.
                #Trama:"Inicio='+',X,ComandoLectura='l',X,X,Fin='-'"
                time.sleep(0.1)
                arduinoPort.write(b'+,1,l,1,1,-')

                tic=time.time()
                getSerialValue = arduinoPort.readline()# Leer datos enviados de lectura
                #Resultado esperado con todos valores de voltaje y corriente ordenados por componente
                '+,1,Vc1,Ic1,2,Vc2,Ic2,3,Vc3,Ic3,4,Vc4,Ic4,5,Vc5,Ic5,-'
                at=time.time()-tic
                print 'tiempo '+str(at)
                print getSerialValue

```

```

    if getSerialValue and (getSerialValue[-2]=='-') and getSerialValue[0]=='+': #
Verificacion de trama si hay valores y termina en "-"

    print getSerialValue

    #
    #**seccion destinada a convertir cadena recibida a una lista de componentes "C"
que sera guardado en base de datos.
    #
    cadena=getSerialValue.split(",")# Convertir string en una lista indexable
=[+,id1,Vc1,Ic1,id2,Vc2,Ic2,id3,Vc3,Ic3,id4,Vc4,Ic4,id5,Vc5,Ic5,-]
    print str(len(cadena))

    try:
        if len(cadena)==17:
            # Verificacion de que que la lista sea mayor que 3
                for i in range(1,len(cadena)-1,3):
                    #
                    accediendo de 3 en 3 a los indices de la lista para obtener el id de cada componente.
                    identificador=int(cadena[i])
                    for item in C:
                        #Guardando trama en lista de Componentes "C"
                            if item.identificador==identificador:
                                item.voltaje=float(cadena[i+1])
                                item.corriente=float(cadena[i+2])
                                #print str(item.identificador)+'
'+str(item.voltaje)+' '+str(item.corriente)

                                result=update_many(C)
            #Guardando Componentes "C" en base de datos.
            #print result
            ## Fin de recibir datos de tarjeta serial

    except:
        print 'un error ocurrio'
        x=raw_input('un error ocurrio')
        raise

    else:
        time.sleep(15)

        arduinoPort.close()

```

MODELO SERIALIZER

```
from rest_framework import serializers
from circuito.models import Componente

class ComponenteSerializer(serializers.ModelSerializer):
    class Meta:
        model=Componente
        fields=('nombre','identificador','valortipo','corriente','voltaje','corto','abierto')
```

ARDUINO

```

/*
  AnalogReadSerial
  Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial monitor.
  Attach the center pin of a potentiometer to pin A0, and the outside pins to +5V and ground.

  This example code is in the public domain.
  */
struct Component
{int Id;

float Voltaje;
float Corriente;
boolean Corto;
boolean Abierto;
};

struct ComponentPin
{int Id;
char PinCorto;
char PinAbierto;
char PinVoltaje;
char PinCorriente;
};
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 115200 bits per second:
  Serial.begin(115200);

}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  float Voltaje=0;
  float Corriente=0;
  ComponentPin C1,C2,C3,C4,C5,F1;

```

```
Component Cv1,Cv2,Cv3,Cv4,Cv5;  
C1.Id=49;  
C2.Id=50;  
C3.Id=51;  
C4.Id=52;  
C5.Id=53;  
F1.Id=54;
```

```
C1.PinCorto=3;  
C2.PinCorto=5;  
C3.PinCorto=7;  
C4.PinCorto=8;  
C5.PinCorto=11;  
F1.PinCorto=13;
```

```
C1.PinAbierto=2;  
C2.PinAbierto=4;  
C3.PinAbierto=6;  
C4.PinAbierto=9;  
C5.PinAbierto=10;  
F1.PinAbierto=12;
```

```
C1.PinVoltaje=A0;  
C2.PinVoltaje=A1;  
C3.PinVoltaje=A2;  
C4.PinVoltaje=A3;  
C5.PinVoltaje=A4;
```

```
C1.PinCorriente=A5;  
C2.PinCorriente=A6;  
C3.PinCorriente=A6;  
C4.PinCorriente=A7;  
C5.PinCorriente=A8;
```

```
//Configuracion de pines
```

```
pinMode(C1.PinCorto,OUTPUT);  
pinMode(C2.PinCorto,OUTPUT);  
pinMode(C3.PinCorto,OUTPUT);  
pinMode(C4.PinCorto,OUTPUT);  
pinMode(C5.PinCorto,OUTPUT);  
pinMode(F1.PinCorto,OUTPUT);
```

```
pinMode(C1.PinAbierto,OUTPUT);  
pinMode(C2.PinAbierto,OUTPUT);
```

```
pinMode(C3.PinAbierto,OUTPUT);
pinMode(C4.PinAbierto,OUTPUT);
pinMode(C5.PinAbierto,OUTPUT);
pinMode(F1.PinAbierto,OUTPUT);
```

```
ComponentPin C[]={C1,C2,C3,C4,C5,F1};
```

```
Cv1.Id=1;
Cv2.Id=2;
Cv3.Id=3;
Cv4.Id=4;
Cv5.Id=5;
```

```
Cv1.Corto=0;
Cv2.Corto=0;
Cv3.Corto=0;
Cv4.Corto=0;
Cv5.Corto=0;
```

```
Cv1.Abierto=0;
Cv2.Abierto=0;
Cv3.Abierto=0;
Cv4.Abierto=0;
Cv5.Abierto=0;
```

```
Cv1.Voltaje=0;
Cv2.Voltaje=0;
Cv3.Voltaje=0;
Cv4.Voltaje=0;
Cv5.Voltaje=0;
```

```
Cv1.Corriente=0;
Cv2.Corriente=0;
Cv3.Corriente=0;
Cv4.Corriente=0;
Cv5.Corriente=0;
Component Cv[]={Cv1,Cv2,Cv3,Cv4,Cv5};
int Vector[11];
```

```
while(1){
```

```

if (Serial.available() > 0) {
// get incoming byte:
int inByte = Serial.read();
delay(3);

while(inByte==43)
{
  if(Serial.available()>9)
  {

    for(int i=0;i<10;i++)
    {
Vector[i]=Serial.read();
//Serial.print(Vector[i]);
}

// Serial.print(Vector[0]);
//   Serial.print(Vector[1]);
//   Serial.print(Vector[2]);
//   Serial.print(Vector[3]);
//Serial.print(Vector[4]);
//Serial.print(Vector[5]);
//Serial.print(Vector[6]);
// Serial.print(Vector[7]);
//Serial.print(Vector[8]);

if( Vector[3]== 102)// Verificar si el comando enviado es f
{
  for(int i=0;i<6;i++)
  {

    if(Vector[1]==C[i].Id)

    {

      if(Vector[5]==49)
        {digitalWrite(C[i].PinCorto,LOW);
        }
      else if(Vector[5]==48)
        {
          digitalWrite(C[i].PinCorto,HIGH);
        }
      if(Vector[7]==49)
        {digitalWrite(C[i].PinAbierto,LOW);

```

```

    }
    else if(Vector[7]==48)
    {
        digitalWrite(C[i].PinAbierto,HIGH);
    }
}

}
else if(Vector[3]== 108)
{
    //Capturar Voltajes de todas las entradas analogas.
    for(int i=0;i<5;i++)
    { Voltaje= analogRead(C[i].PinVoltaje);
      Corriente = analogRead(C[i].PinCorriente);
      Cv[i].Voltaje= Voltaje/75.30;//factor de ganancia 0.26 amp instrumentacion *
1024/5 * sqrt(2)
      if(Corriente>=1000)
      {
          Cv[i].Corriente=0; // cuando se satura el operacional tomamos en cuenta que las
entradas de corriente estan flotantes osea no fluye corriente de acuerdo a la restriccion del
manual en Tinstrument, ina 2126 pag 14.(input bias current)
      }
      else
      {
          Cv[i].Corriente = Corriente/36.2;// la adaptacion de la senal en ma para ingresar al
micro involucra que la corriente se multiplique por : 20 =factor de ganancia resistencia shunt para
convertir amperios a voltaje, por 6,25=ganancia Opamp instrumentacion
          // por 1.41=ganancia recortador y detector de pico, por 204.6 =conversion en el micro que
convierte 5V en 1024 (resolucion de 10bits)
          // y dividido por 1000 para expresarlo en miliamperios, factor de conversion
g=36168/1000=36.2
          //es decir por la etapa adaptacion de la senal convierte 1ma en
36.2 ma por lo tanto para normalizar hay que dividir el valor medido entre 36.2ma
      }
      delay(2);
    }
}
// print out the value you read:
Serial.print("+,");
for(int i=0;i<5;i++)
{
    Serial.print(Cv[i].Id);
    Serial.print(",");
    Serial.print(Cv[i].Voltaje);

```

```
    Serial.print(",");
    Serial.print(Cv[i].Corriente);
    Serial.print(",");
    }

    Serial.print("\n");
    //Serial.println(" -");
    delay(3);    // delay in between reads for stability
  }
  inByte=0;
}

}

}
```