

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DISEÑO DE MÓDULOS ENTRENADORES LÓGICOS CON
CONEXIÓN INALÁMBRICA A DISPOSITIVOS MÓVILES PARA EL
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA,
ÁREA DE SISTEMAS DIGITALES**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

JEFFERSON VINICIO TOAPANTA CASTRO

jefferson.toapanta@epn.edu.ec

KEVIN ARIEL VITERI GUANO

kevin.viteri@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. VIVIANA CRISTINA PÁRRAGA VILLAMAR, MSC.

viviana.parragav@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. FABIO MATÍAS GONZÁLEZ GONZÁLEZ, MSC.

fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2020

DECLARACIÓN

Nosotros, Jefferson Vinicio Toapanta Castro y Kevin Ariel Viteri Guano, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación -COESC-, somos titulares de la obra en mención y otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregamos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Jefferson Vinicio Toapanta Castro

C.I. 1726018136



Kevin Ariel Viteri Guano

C.I. 1722634084

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por JEFFERSON VINICIO TOAPANTA CASTRO Y KEVIN ARIEL VITERI GUANO, bajo nuestra supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "González", is positioned above a horizontal line. The signature is cursive and includes a horizontal stroke at the end.

Ing. Viviana Párraga MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Fabio González MSc.

CODIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con mucho cariño a mis padres. Gracias papá, aunque hemos pasado momentos difíciles, has estado apoyándome, motivándome a seguir adelante, como tú dices “métele ñeque chamo”. Gracias madre por estar siempre pendiente de mí, demostrándome tu cariño y apoyo incondicional a pesar de mis errores.

Esto es por ustedes y para ustedes, gracias por su esfuerzo y sacrificio a lo largo de toda mi vida, gracias por todo.

Finalmente quiero dedicar esto a todas las personas que no creyeron que lo lograría, que no confiaban en mi estilo de vida y pese a eso lo logré.

Jefferson Toapanta

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación va dedicado a mis padres por haberme formado como una persona de bien, inculcándome valores y apoyándome en todos mis proyectos. Todo lo que tengo se lo debo a ustedes.

Gracias Ma y Pa.

Kevin Viteri

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Ximena Castro y Luis Toapanta, quienes a pesar de todos mis errores han sabido apoyarme para culminar con esta etapa de mi vida. Gracias por comprenderme en los momentos que más lo necesité.

A mi hermana Estefanía quien con sus palabras me ha brindado fortaleza para no desfallecer en este camino. Gracias por apoyarme en todo.

A mi abuelita Mami Luz por haberme acompañado en cada pequeño logro a lo largo de mi vida.

Gracias a todos ustedes he visto de lo que puedo ser capaz, me han enseñado que por más largo que sea el camino, al final tiene su recompensa, que todo dolor es temporal pero las experiencias y lo aprendido quedan grabados en ti.

A mis amigos: Kevin, Jefferson, Fabricio, Byron y Sebastián, quienes me han brindado su amistad desinteresada y con quienes he compartido momentos inolvidables. Gracias perros.

Agradezco a todas las personas que conocí a lo largo de esta etapa, que, aunque muchas de ellas ya no estén conmigo sé que de una u otra forma aportaron para que yo pueda cumplir con esto.

Jefferson Toapanta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres JUAN y VERÓNICA, quienes me han inculcado el valor del trabajo duro y la perseverancia para alcanzar todas mis metas. Gracias por estar siempre presentes en mi vida y aconsejarme sabiamente cuando lo he necesitado.

A mis hermanos JUAN DANIEL y JUAN LUIS, por todos los ánimos, apoyo, comprensión y preocupación que me han demostrado durante toda mi vida, ustedes son lo más importante que tengo.

A mis tíos OLGER Y MARGARITA por todo el apoyo que me han brindado. Me han enseñado que a pesar de las adversidades se puede salir adelante con esfuerzo y dedicación.

A mi abuelita YOLANDA, que a pesar de la distancia siempre ha estado pendiente de mis logros, agradecerle por ese infinito amor que me ha brindado, además me ha enseñado a ser una buena persona.

A mi mejor amiga MAYERLI, una chica extraordinaria, que siempre estuvo a mi lado en varios momentos difíciles los últimos 5 años de esta bonita experiencia como es la etapa universitaria.

A mi compañero de tesis JEFFERSON, quien ha demostrado ser una persona admirable y un excelente profesional, gracias por toda la ayuda brindada tanto en el ámbito académico como en el personal.

A mi grupo de amigos: JEFF, VINI, BYRON, FABRI y SEBAS con los cuales compartí varias de mis mejores experiencias en la universidad, gracias por estar siempre presentes ante cualquier problema o necesidad. Es un gusto haberlos conocido.

A la ingeniera VIVIANA PÁRRAGA, quien me ha sabido aconsejar y guiar durante toda mi etapa universitaria, ganándose mi admiración y confianza.

Kevin

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN	XIV
<i>ABSTRACT</i>	XV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación.....	4
1.3 Objetivo general	5
1.4 Objetivos específicos.....	5
1.5 Marco teórico.....	5
2. METODOLOGIA	30
2.1 Método exploratorio.....	30
2.2 Método analítico	30
2.3 Método aplicativo y experimental.....	31
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.1. Diseño de los circuitos medidores comprobadores y generadores de los módulos entrenadores lógicos.....	34
Distribución de pines de la placa Arduino	36
Diseño de la fuente de alimentación.....	40
Diseño de circuitos de protección	46
Diseño del circuito comprobador de <i>displays</i> de ánodo común y cátodo común.	50
Diseño del circuito probador de diodos LED	54

Diseño del circuito comprobador de compuertas lógicas	55
Diseño del circuito comprobador de transistores TBJ.....	57
Diseño del circuito detector de estados lógicos, frecuencímetro, señal de reloj e interfaz gráfica.	60
Diseño del voltímetro	61
Diseño del circuito de la interfaz inalámbrica	62
3.2. Elección del mejor diseño para el módulo completo	62
Circuitos del módulo.....	62
Caja del módulo	71
3.3. Diseño de la interfaz gráfica de la pantalla.	78
3.4. Diseño de la interfaz de comunicación entre el módulo y el dispositivo móvil....	89
3.5. Pruebas de funcionamiento.....	96
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
4.1 Conclusiones.....	100
4.2 Recomendaciones.....	101
5. BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Funcionamiento de un transformador.....	6
Figura 1.2: Funcionamiento del puente de diodos.....	7
Figura 1.3: Etapas para convertir CA a CC	8
Figura 1.4: Relé electromecánico de 5 Voltios	9
Figura 1.5: Circuito de protección con relé.....	10
Figura 1.6: Diodo Zener 1N4733A	11
Figura 1.7: Diodo 1N4007.....	11
Figura 1.8: Transistor TBJ tipo PNP	13
Figura 1.9: Encapsulado de compuertas lógicas 74XX	14
Figura 1.10: Distribución de pines, placa de Arduino MEGA 2560	15
Figura 1.11: Módulo ESP8266 ESP01	16
Figura 1.12: Pantalla <i>Nextion</i> de 3,2 pulgadas.....	18
Figura 1.13: Configuración de un circuito integrado 555 en modo astable	19
Figura 1.14: Entorno gráfico de ISIS del programa Proteus	21
Figura 1.15: Interfaz principal del programa <i>Nextion Editor</i>	22
Figura 1.16: Interfaz de <i>SketchUp</i>	23
Figura 1.17: Interfaz <i>Sublime</i>	24
Figura 1.18: Esquema de una red WLAN	25
Figura 1.19: Canales dentro de la banda de frecuencia de 2,4 GHz	28
Figura 2.1: Diagrama de flujo de la metodología.....	33
Figura 3.1: Distribución de pines de la placa Arduino	37
Figura 3.2: Diseño del circuito de alimentación.....	44
Figura 3.3: Señales en la conversión AC – DC.....	46
Figura 3.4: Diagrama del circuito de protección, fuentes externas.	48
Figura 3.5: Protección general.....	50
Figura 3.6: Circuito comprobador del <i>display</i> 7 segmentos AC.....	51
Figura 3.7: Circuito comprobador del <i>display</i> 7 segmentos CC.....	52
Figura 3.8: Circuito comprobador de diodos LED.....	54
Figura 3.9: Circuito comprobador de compuertas lógicas.	56
Figura 3.10: Circuito comprobador de transistores TBJ.	60
Figura 3.11: Protecciones para el medidor de voltaje.	61

Figura 3.12: Circuito de la interfaz gráfica.....	62
Figura 3.13: Primer circuito diseñado para el comprobador de transistores TBJ.....	63
Figura 3.14: Circuito final del comprobador de transistores	63
Figura 3.15: Primer circuito diseñado para el comprador de compuertas lógicas.....	64
Figura 3.16: Circuito final del comprobador de compuertas	64
Figura 3.17: Diseño PCB 3D de la <i>shield</i>	65
Figura 3.18: Diseño esquemático de los circuitos comprobadores, generadores y medidores.....	66
Figura 3.19: Primer diseño PCB del panel de comprobación.	67
Figura 3.20: Diseño final de la PCB del panel frontal.	67
Figura 3.21: Diseño esquemático de los comprobadores, panel frontal del módulo.	68
Figura 3.22: Diseño PCB 3D de las fuentes de energización.....	69
Figura 3.23: Diseño esquemático de las fuentes.....	70
Figura 3.24: Primer diseño de la caja del módulo entrenador.	72
Figura 3.25: Diseño final y medidas de la caja del módulo.....	72
Figura 3.26: Parte frontal de la caja diseñada.....	73
Figura 3.27: Parte frontal inferior.	74
Figura 3.28: Distribución interna, vista lateral.	74
Figura 3.29: Distribución interna, vista superior.	75
Figura 3.30: Distribución interna, vista frontal.	75
Figura 3.31: Parte posterior de la caja diseñada.....	77
Figura 3.32: Pantalla de inicio del <i>software Nextion Editor</i>	78
Figura 3.33: Configuración inicial.....	79
Figura 3.34: Configuración del tipo de fuente.....	79
Figura 3.35: Fuentes agregadas.....	80
Figura 3.36: Imágenes usadas en la interfaz gráfica.....	80
Figura 3.37: Páginas añadidas.	81
Figura 3.38: Configuración de imagen de fondo.....	82
Figura 3.39: Configuración del fondo de la página 7.	83
Figura 3.40: Encabezado de las páginas.	83
Figura 3.41: Información necesaria para el registro.	84
Figura 3.42: Información útil para el usuario.	85
Figura 3.43: Pantalla principal de la interfaz gráfica.....	85
Figura 3.44: Página del comprobador de LEDs y <i>display</i> de 7 segmentos.....	86

Figura 3.45: Página del comprobador de compuertas lógicas.....	86
Figura 3.46: Interfaz gráfica del voltímetro.....	87
Figura 3.47: Interfaz gráfica del generador de frecuencia.....	87
Figura 3.48: Página de comprobación de transistores TBJ.....	88
Figura 3.49: Página del administrador.....	88
Figura 3.50: Medidas aproximadas del laboratorio.....	90
Figura 3.51: Plano del laboratorio.....	91
Figura 3.52: Código de colores de intensidad de señal.....	92
Figura 3.53: Intensidad de señal de cada módulo.....	93
Figura 3.54: Gráfico de interferencia.....	94
Figura 3.55: Código de la estructura básica HTML.....	95
Figura 3.56: Código del formulario <i>web</i>	95
Figura 3.57: Código para añadir el logotipo de la Universidad.....	95
Figura 3.58: Interfaz de la página <i>web</i>	96
Figura 3.59: Puerto virtual Proteus.....	97
Figura 3.60: Puerto virtual <i>Nextion Editor</i>	97
Figura 3.61: <i>Sketch</i> de la placa Arduino.....	98
Figura 3.62: Programa Nextion.....	99
Figura 3.63: Programa Proteus.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características más relevantes del LM7809	7
Tabla 1.2: Etapas de la conversión AC a DC	8
Tabla 1.3: Características del relé	10
Tabla 1.4: Características del diodo 1N4733A	11
Tabla 1.5: Características diodo 1N4007	12
Tabla 1.6: Características del diodo 1N4148.....	12
Tabla 1.7: Características del transistor 2N3906.....	13
Tabla 1.8: Operaciones lógicas de los circuitos integrados 74XX.....	14
Tabla 1.9: Especificaciones técnicas del Arduino MEGA 2560.....	16
Tabla 1.10: Características del módulo ESP8266	17
Tabla 1.11: Características pantalla <i>Nextion</i> de 3.2 pulgadas.....	18
Tabla 1.12: Características del integrado NE555	19
Tabla 1.13: Módulos que conforman el programa Proteus	20
Tabla 1.14: Herramientas del programa <i>Nextion Editor</i>	22
Tabla 1.15: Herramientas de <i>SketchUp</i>	23
Tabla 1.16: Herramientas de <i>Sublime</i>	24
Tabla 1.17: Elementos de una red inalámbrica	25
Tabla 1.18: Familia del estándar IEEE 802.11	27
Tabla 1.19: Diferencias entre la tecnología <i>Bluetooth</i> y WiFi.....	28
Tabla 3.1: Circuitos requeridos en el módulo.	34
Tabla 3.2: Pines de energización del Arduino MEGA 2560.	38
Tabla 3.3: Asignación de pines para el comprobador de compuertas lógicas.....	38
Tabla 3.4: Asignación de pines del puerto digital.....	39
Tabla 3.5: Asignación de pines de la interfaz gráfica e inalámbrica.....	40
Tabla 3.6: Consumo de elementos del módulo	41
Tabla 3.7: Consumo de elementos pasivos en un circuito de practica de laboratorio	42
Tabla 3.8: Elementos y función del circuito de alimentación.....	44
Tabla 3.9: Elementos y función del circuito de protección.	48
Tabla 3.10: Instancias del comprobador de cortocircuito.....	49
Tabla 3.11: Distribución de pines del circuito comprobador de <i>display</i> 7 segmentos AC.	51

Tabla 3.12: Distribución de pines del circuito comprobador de <i>display</i> de 7 segmentos CC.	53
Tabla 3.13: Especificaciones de terminales y elementos del circuito comprobador de compuertas.....	56
Tabla 3.14 Funcionamiento del comprobador de transistores.	59
Tabla 3.15: Elementos internos del módulo.	76
Tabla 3.16: Detalle de imágenes usadas en la interfaz gráfica.....	81
Tabla 3.17: Uso de las páginas de la interfaz gráfica.	82

RESUMEN

En este documento se desarrolla el diseño de módulos entrenadores lógicos con conexión inalámbrica a dispositivos móviles para el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, área de Sistemas Digitales de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT).

En la primera sección se describen los déficits que presenta el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica de la ESFOT y los problemas que estos representan para los estudiantes durante la ejecución de las prácticas en el laboratorio. El marco teórico describe los diferentes elementos, programas y conceptos básicos que fueron utilizados para la realización del proyecto.

La segunda sección trata sobre la metodología aplicada en el desarrollo del presente proyecto, mediante la exploración y análisis del equipamiento en el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica de la ESFOT.

La tercera sección hace referencia a resultados y discusión en donde se desarrolla: el diseño de circuitos comprobadores, generadores y medidores de magnitudes eléctricas, la elección del mejor diseño para el módulo completo, el diseño de la interfaz gráfica y el diseño de la página *web*.

Finalmente se determinan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas e imágenes anexadas, las cuales respaldan el documento descrito.

PLABRAS CLAVES: Módulos entrenadores, circuitos comprobadores, interfaz táctil e inalámbrica, Sistemas Digitales.

ABSTRACT

In the following document, the design of logical training modules with wireless connection to mobile devices is developed for the Electrical and Electronic Technology Laboratory, area of Digital Systems of the Technologists Training School for its acronyms in Spanish (ESFOT).

In the first section, the deficits presented in the Electrical and Electronic Technology Laboratory and the subsequent issues for the students during the execution of the laboratory practices, are described. The theoretical framework describes the different elements, programs and basic concepts that were used to carry out the project.

The second section is about the methodology applied in the development of this project, through the exploration and analysis of the equipment in the ESFOT Electrical and Electronic Technology Laboratory.

The third section refers to results and discussion, which contains: the design of testers, generators and measuring circuits of electrical quantities, the choice of the best design for the complete module; moreover, the graphic interface and web page designs.

Finally, the conclusions, recommendations, bibliographic references and attached images are included, which support the described document.

Keywords: Logical Training Modules, Testing circuits, Touch and wireless interface, Digital Systems.

1. INTRODUCCIÓN

La Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT) tiene como objetivo formar profesionales que puedan desenvolverse de la mejor manera en el mundo laboral, para lo cual en la carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones se llevan a cabo materias que contienen componentes prácticos que ayudan a complementar lo que se aprende en las aulas de clases. Actualmente, la carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones que se encuentra en transición, a Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones, presenta un déficit de equipamiento en el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, específicamente en el área de Sistemas Digitales.

El diseño de los módulos entrenadores lógicos permite al estudiante comprobar componentes como son compuertas lógicas de doble entrada con numeración 74xx, transistores TBJ, *displays* de 7 segmentos de ánodo y cátodo común. También tiene otras aplicaciones como detectar si el circuito implementado por el estudiante se encuentra en cortocircuito, medidor de frecuencia, voltaje y comprobador de estados lógicos.

Cabe recalcar que cada módulo cuenta con una pantalla táctil de 3,2 pulgadas la cual ayuda a la interacción del estudiante con el mismo, además de una interfaz inalámbrica para el registro del estudiante, permitiendo saber al encargado del laboratorio las personas que estuvieron haciendo uso del mismo. El registro del estudiante se realizará mediante una página *web*, misma que es importante en el caso de producirse alguna avería por parte del estudiante al módulo, este pueda ser identificado.

El proyecto satisface las necesidades de un estudiante al momento de realizar las prácticas de laboratorio con circuitos analógicos y digitales, permitiendo reducir el tiempo de presentación de los circuitos al profesor correspondiente, este beneficio ayudará a que los profesores no sobrepasen las horas de clases revisando algún fallo en los circuitos implementados por los estudiantes.

1.1 Descripción del problema

Desde el inicio de la carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones en la ESFOT, ahora en plan de transición a Tecnología Superior en Redes y Telecomunicaciones [1], el campo teórico recibido en el transcurso del aprendizaje tecnológico se complementa con el campo práctico [2]. Para lo cual se realizan prácticas en los laboratorios cumpliendo con objetivos establecidos y así comprender de mejor manera los contenidos adquiridos.

Con la experiencia obtenida al cursar la asignatura de Sistemas Digitales (TET317), comprendida en la malla curricular de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones, Pensum 2010 [3], se considera existente un déficit en cuanto a equipamiento del laboratorio, problema que se verá reflejado en el componente práctico de la asignatura de Electrónica Analógica y Digital (TRTR246), comprendida en la malla curricular de Tecnología en Redes y Telecomunicaciones, Pensum 2017 [1].

El equipamiento actual del Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, consta únicamente de fuentes de voltaje, lo que no es suficiente para que el estudiante pueda desarrollar de forma adecuada las prácticas en el laboratorio o solventar algún problema que se presente al momento de la implementación de un circuito. Dicho problema afecta el aprendizaje práctico [2].

En base a lo antes expuesto, se ha observado que existen varios factores que dificultan el desarrollo correcto de una práctica de laboratorio como a continuación se describe: el tiempo, la mala implementación de un circuito, la falta de complementos que permitan desarrollarla de forma eficiente, o la adquisición de dispositivos electrónicos que no se ajustan a las necesidades del estudiante. Esta última circunstancia es crítica, debido a que, si no se posee un instrumento o método de comprobación, que le permita al estudiante saber si el elemento comprado funciona de manera adecuada, no se logrará el objetivo de la práctica.

Por ejemplo, un circuito combinacional está formado por funciones lógicas elementales: AND, OR, NOT, XOR, XNOR, NAND, NOR, [4], tiene un determinado número de entradas y salidas, estas últimas dependen solamente de la combinación de sus entradas. Para

verificar si una compuerta está funcionando correctamente se utiliza un comprobador [5] o se revisan los estados lógicos de las salidas del integrado y se los comparan con la tabla de verdad de cada compuerta, siendo un factor que incide significativamente en el uso poco eficiente del tiempo y un equipo extra que el propio estudiante tiene que llevar a las prácticas.

También se debe considerar que la verificación del funcionamiento de un circuito viene dada por parte del profesor, haciendo que el mismo tenga un papel fundamental en el desarrollo y cumplimiento de los objetivos de las prácticas. Los módulos entrenadores lógicos permiten acortar el tiempo que los estudiantes emplean en el desarrollo de una práctica, haciendo que el profesor cuente con el tiempo necesario para revisar las prácticas de todos los estudiantes sin sobrepasar el tiempo de clase establecido.

Para solucionar los inconvenientes presentados se diseñaron módulos entrenadores lógicos con fuentes de voltaje DC, frecuencímetro, voltímetro, generador de señal de reloj, LED de corto circuito y comprobadores de: transistores TBJ, LEDs, *displays* de 7 segmentos de ánodo y cátodo común, compuertas lógicas 74xx de doble entrada y de estados lógicos.

Estos módulos facilitan a los estudiantes y profesores a obtener una respuesta inmediata de las posibles fallas y posteriores soluciones de los circuitos implementados en el desarrollo de las prácticas.

Para el fácil manejo por parte de los estudiantes, los módulos están dotados de una pantalla táctil de 3,2 pulgadas para poder manipular el módulo con una interfaz gráfica y de una conexión inalámbrica IEEE 802.11b, la cual, mediante un dispositivo móvil permite llevar un registro del estudiante que use el módulo.

1.2 Justificación

Los módulos diseñados están divididos en 3 partes fundamentales, las cuales son: circuitos generadores, comprobadores y medidores de magnitudes eléctricas, también constan de circuitos de protección, justamente para evitar sobrecargas que puedan dañar el módulo por completo.

Los dispositivos generadores como fuente de voltaje, suministran 5 VDC, ya que dicho voltaje es utilizado para tecnologías como TTL y CMOS, donde se necesita de estados lógicos para su funcionamiento, 1 lógico corresponde a un rango de voltaje DC entre 4.75 a 5.25 y 0 lógico corresponde a un rango de voltaje que va desde 0 VDC a 0.8 VDC, tanto para la tecnología TTL como para CMOS [6]. La alimentación del módulo está diseñada de tal manera que existen dos fuentes externas para alimentar circuitos implementados por los estudiantes y una fuente que alimenta a los circuitos del módulo.

Los circuitos comprobadores pueden ser usados como un método de protección del circuito implementado, por lo que antes de colocar el dispositivo electrónico se podrá verificar su funcionamiento, ya sea de un transistor, una compuerta, un *display* o LEDs.

Los elementos medidores son complementos, que ayudan a medir magnitudes eléctricas [7]. El módulo cuenta con un voltímetro, el cual permite medir la diferencia de potencial eléctrico [8] en algún punto de los circuitos implementados, un frecuencímetro que sirve para medir la frecuencia a la que está trabajando un circuito [9].

La finalidad del presente proyecto fue diseñar los circuitos complementarios que formarán parte de cada uno de los módulos entrenadores lógicos, los cuales cuentan con: circuitos comprobadores, generadores y medidores de magnitudes eléctricas.

Los beneficiados son todos los estudiantes que se encuentren cursando el componente práctico de la asignatura de Electrónica Analógica y Digital (TRTR246), logrando desarrollar destrezas tales como; reconocimiento de operación lógica por compuerta, comprobación del funcionamiento de LEDs, transistores y *displays* de 7 segmentos de ánodo y cátodo común [10].

1.3 Objetivo general

Diseñar módulos entrenadores lógicos con conexión inalámbrica a dispositivos móviles para el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, área de Sistemas Digitales.

1.4 Objetivos específicos

- Diseñar los circuitos medidores, comprobadores y generadores de los módulos entrenadores lógicos.
- Determinar el mejor diseño del módulo completo.
- Diseñar la interfaz gráfica de la pantalla.
- Diseñar la interfaz de comunicación entre el módulo y dispositivo móvil.
- Realizar pruebas de funcionamiento mediante simulaciones de cada parte del módulo.

1.5 Marco teórico

- **Transformador de voltaje 110 VAC - 24 VAC**

Un transformador de voltaje es un dispositivo eléctrico estático que contiene dos devanados de corriente alterna, enrollados en un núcleo magnético hecho principalmente de placas de acero, unidas y aisladas entre sí mediante silicio [11].

El transformador de voltaje consta de un devanado primario, definido como el transformador primario, por el cual ingresa la energía eléctrica, el otro devanado sirve como un transformador secundario el cual es el encargado de aumentar o reducir el voltaje de entrada [11].

En la Figura 1.1 se puede observar un transformador reductor de voltaje. La tensión que ingresa por el núcleo primario será mayor, aproximadamente 110 a 120 VAC, debido a que es un transformador reductor en este proyecto en particular el voltaje obtenido a la salida

del transformador es de 24 voltios de extremo a extremo y con un *tap* central, el cual permite dividir el voltaje en dos valores de tensión de 12 voltios AC.

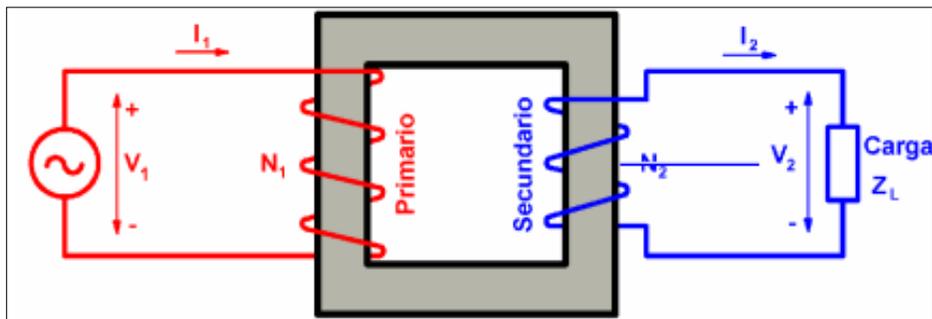


Figura 1.1: Funcionamiento de un transformador [11].

Las características del transformador de voltaje utilizado en el proyecto son las siguientes:

- Voltaje de entrada 110/120 VAC.
- Voltaje de salida 24 - 12 VAC con *tap* central.
- Corriente de salida 3 Amperios.

o **Puente de rectificador**

El puente rectificador es un circuito electrónico que sirve para convertir tensión alterna en continua. El puente de diodos está conformado por 4 diodos que permiten aprovechar tanto la parte positiva, como la parte negativa de la señal sinusoidal en la corriente alterna, los cuatro diodos permiten convertir la corriente alterna en una corriente unidireccional [12].

En la Figura 1.2 se puede observar el puente de diodos completo, permitiendo corregir la onda completa sinusoidal que ingresa en el mismo. El semiciclo positivo de la onda sinusoidal ingresa en el puente de diodos por los diodos D1 y D3 provocando una tensión unidireccional, el semiciclo negativo la corriente ingresa por el D4 y D2 debido a que se tiene una corriente negativa que ingresa por el polo negativo de cada diodo provocando la polarización directa de los mismos, a la salida de dichos diodos se obtiene una corriente negativa que ayude a cerrar el circuito, esto ayuda a que tanto el ciclo positivo como negativo puedan ser aprovechados en la conversión de corriente alterna a corriente continua, normalmente se agrega un capacitor electrolítico con el fin de filtrar la señal y aplanar el rizado, obteniendo una corriente constante.

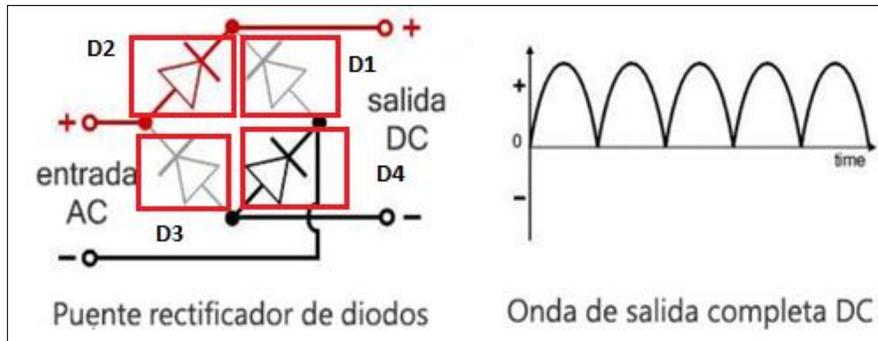


Figura 1.2: Funcionamiento del puente de diodos [13].

○ **Regulador de voltaje LM7809**

Un LM7809 es un dispositivo electrónico que permite limitar el voltaje que ingresa al dispositivo obteniendo una tensión determinada para un equipo. El voltaje restante suministrado por la fuente es absorbido por el regulador de voltaje y disipado en forma de calor, es importante colocar un disipador de calor de acuerdo al regulador de voltaje [14].

Las características técnicas del regulador de voltaje LM7809 se detallan en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1: Características más relevantes del LM7809 [15]:

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Voltaje máximo de entrada.	35 (VDC)
Voltaje de salida.	9 (VDC)
Corriente de salida.	1 (A)
Temperatura de funcionamiento.	-55 (°C) a 150 (°C)

○ **Circuito conversor de voltaje AC / DC**

Conjunto de dispositivos, que trabajan de forma conjunta para convertir un voltaje de entrada alterno a un voltaje de salida continuo. La conversión de voltaje tiene como objetivo transformar una tensión alterna a una de tensión continua para que pueda ser utilizada en la energización de componentes o circuitos que requieran un voltaje continuo en específico,

la mayoría de dispositivos electrónicos requieren corriente continua para lo cual se debe seguir varias etapas para la transformación de voltajes como se puede observar en la siguiente figura 1.3.

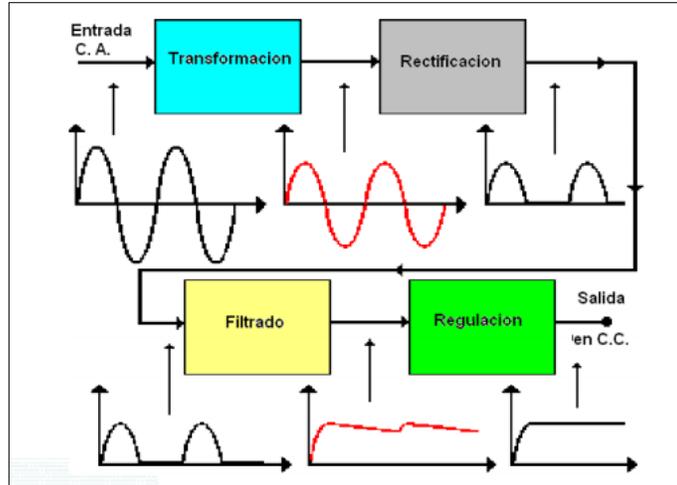


Figura 1.3: Etapas para convertir CA a CC [16].

○ **Etapas de un circuito transformador de voltaje AC/DC**

La mayoría de dispositivos electrónicos funcionan con voltaje continuo, por tal motivo es necesario transformar el voltaje convencional de un toma corriente a valores de tensión continua que puedan ser controlados, como se puede apreciar en la Tabla 1.2 existen varias etapas en la transformación de voltaje AC a voltaje DC.

Tabla 1.2: Etapas de la conversión AC a DC [16] [17]:

ETAPA	FUNCIÓN
Transformación	Su principal función es transformar la tensión eléctrica proveniente de la red eléctrica a otro valor, con el fin de poder trabajar dicha tensión.
Rectificación	Etapa encargada de rectificar la señal que proviene del devanado secundario del transformador mediante la construcción de un puente de diodos, ya sea de media onda o de onda completa.

Continua →

ETAPA	FUNCIÓN
Filtrado	En esta etapa se busca suprimir el componente de la corriente eléctrica alterna proveniente de la etapa de rectificación, está compuesta por uno o varios capacitores que permiten obtener una tensión constante.
Regulación	Etapa que busca reducir y mantener constante un valor de tensión de salida, independiente a la entrada, ésta puede estar constituida por reguladores lineales, por conmutación o con componentes discretos.

- **Relé electromecánico SRD-05VDC**

El relé electromecánico funciona como un interruptor eléctrico, permite el paso de la corriente cuando se encuentra normalmente cerrado o prohíbe el paso de la corriente cuando se encuentra normalmente abierto, es accionado electromagnéticamente, no de forma manual. El relé contiene una bobina que produce un campo magnético, cuando la bobina se energiza produce que el contacto que se encuentra en normalmente abierto se cierre [18]. En la Figura 1.4 se muestra el relé de 5 (VDC) electromecánico.

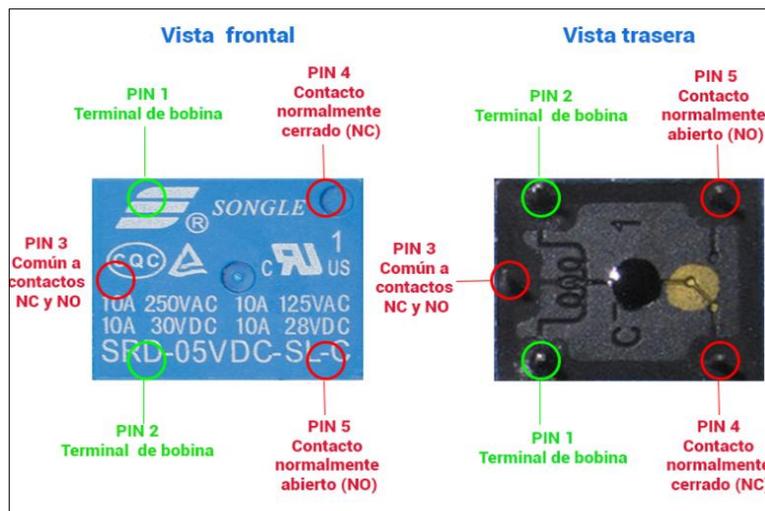


Figura 1.4: Relé electromecánico de 5 Voltios [19].

Las principales características del relé electromecánico se describen en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3: Características del relé [19]:

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tipo	Relevador 5 VDC
Voltaje máximo en AC	240 VAC a 7A ó 125 VAC a 10 A
Corriente nominal de bobina	71.4 (mA)
Voltaje para activación	5 (VDC)
Temperatura de operación	-25 °C a 70 °C
Material de la caja	Plástico

○ **Circuito de protección**

Conjunto de dispositivos que buscan proteger al circuito ante una eventual falla como sobre tensión o corto circuito, se puede utilizar varios dispositivos como medida de protección, entre ellos se tiene fusibles, relés, interruptores diferenciales, puestas a tierra, etc.

El relé de protección funciona por inducción o atracción magnética, está diseñado para activarse de forma automática si detecta un fallo como es el sobre voltaje, inversión del flujo de potencia, sobre frecuencia o baja frecuencia [20].

El circuito como se puede observar en la Figura 1.5, conformado por un relé, LEDs indicadores y un botón de reseteo es mejor en comparación a otros circuitos de protección, debido su bajo costo, fácil implementación y grandes rangos de tolerancia.

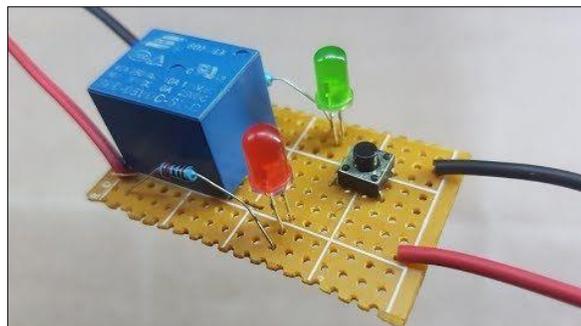


Figura 1.5: Circuito de protección con relé [21].

- **Diodo Zener 1N4733A**

Un diodo *Zener* es otra forma de diodo, pero se utiliza para un propósito diferente. Son utilizados principalmente en circuitos de protección o como reguladores de tensión y cuenta con un encapsulado DO-41 como se puede observar en la Figura 1.6.



Figura 1.6: Diodo Zener 1N4733A [22].

Las características del diodo 1N4733A se detallan en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Características del diodo 1N4733A [22].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Voltaje nominal de <i>Zener</i> V_z	5.1 V
Disipación de potencia P_z	1000 mW
Consumo de corriente	49 mA
Tolerancia	$\pm 5\%$

- **Diodo 1N4007 y 1N4148**

Los diodos se utilizan en una gran cantidad de dispositivos electrónicos, generalmente son utilizados para convertir la corriente alterna en continua y cuenta con un encapsulado DO-41 como se puede observar en la Figura 1.7.



Figura 1.7: Diodo 1N4007 [23].

Las características del diodo 1N4007 se detallan en la tabla 1.5.

Tabla 1.5: Características diodo 1N4007 [23].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tensión inversa pico máxima	1KV
Tensión máxima en un circuito rectificador	500 Vef
Rango de temperatura	-65°C a +125°C
Corriente directa	1 A
Corriente máxima pico	30 A
Velocidad de conmutación	Lenta

Las características del diodo 1N4148 se detallan en la tabla 1.6.

Tabla 1.6: Características del diodo 1N4148 [24].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tensión inversa pico máxima	1 V
Tensión máxima	75 V
Corriente directa	300 mA
Corriente máxima pico	1 A
Velocidad de conmutación	4 ns

- **Transistor 2N3906**

Es un Transistor de Unión Bipolar (BJT por sus siglas en inglés) de tipo PNP, generalmente utilizado en amplificación de baja potencia. Diseñado para baja corriente eléctrica, puede operar moderadamente rápido y cuenta con un encapsulado TO-92 como se puede observar en la Figura 1.8. [25]

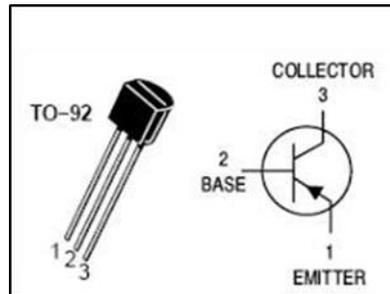


Figura 1.8: Transistor TBJ tipo PNP [25].

Las características del Transistor 2N3906 se describen en la tabla 1.7.

Tabla 1.7: Características del transistor 2N3906 [25].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	
Voltaje colector-emisor	40 VDC	
Voltaje colector-base	40 VDC	
Voltaje emisor-base	5 VDC	
Corriente colector	200 mA	
Ganancia	I_c	β
	10 mA	100
	50 mA	60
	100 mA	30
	200 mA	25

○ **Circuitos integrados 74XX**

Circuitos integrados digitales de la familia 74XX, diseñados a partir de la familia TTL (Lógica Transistor - Transistor), el encapsulado de cada compuerta contiene 14 pines, 7 por lado, su principal objetivo es obtener resultados lógicos ya sea 0 lógico o 1 lógico, a partir de operaciones binarias. Las operaciones binarias que la familia de circuitos integrados 74XX puede realizar se detallan en la Tabla 1.8 [26]:

Tabla 1.8: Operaciones lógicas de los circuitos integrados 74XX [26]:

COMPUERTA LÓGICA	INTEGRADO	OPERACIÓN LÓGICA
AND	7408	$Q = A * B$
OR	7432	$Q = A + B$
NOT	7404	$Q = \overline{Q}$
NAND	7400	$Q = \overline{A * B}$
NOR	7402	$Q = \overline{A + B}$
XOR	7486	$Q = (A + B) * (\overline{A} + \overline{B})$
XNOR	74266	$Q = \overline{(A + B) * (\overline{A} + \overline{B})}$

El encapsulado de las compuertas lógicas de doble entrada pertenecientes a la familia 74XX es similar, teniendo en cuenta que el pin 7 del circuito integrado corresponde a GND como se puede ver en la Figura 1.9, mientras que el pin 14 corresponde VCC.

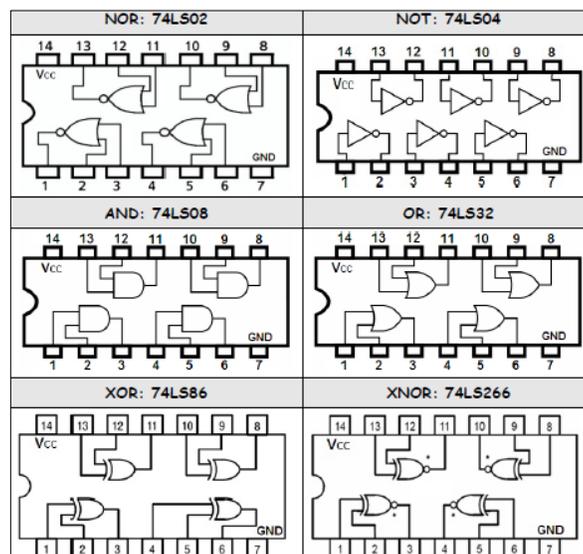


Figura 1.9: Encapsulado de compuertas lógicas 74XX [27].

- **Placa Arduino MEGA 2560**

Arduino es una plataforma de desarrollo fácil de usar, de *hardware* y *software* libre, tanto su diseño, como su código son de acceso público. Las placas de Arduino tienen microcontroladores programables ATMEL, contienen una interfaz de entrada que permite al microcontrolador interactuar con diferentes sensores o actuadores, también tiene una interfaz de salida que permite al microcontrolador enviar información a los actuadores permitiendo un lazo de retroalimentación. El principal lenguaje de programación en las placas Arduino está basado en C++ debido a su fácil comprensión [15].

La placa de Arduino MEGA 2560 es la más completa dentro del amplio catálogo que Arduino ofrece, está construida sobre el microcontrolador ATmega 2560 de 8 bits, además es la placa de Arduino que más pines tiene, con 54 de entrada y salida, entre los cuales 14 pines ofrecen salidas PWM (*Pulse Wide Modulation*), además cuenta con 16 pines que sirven como entradas analógicas y 4 puertos seriales (UARTs) [28], en la Figura 1.10 se puede observar la distribución de pines del Arduino ATMEGA 2560.

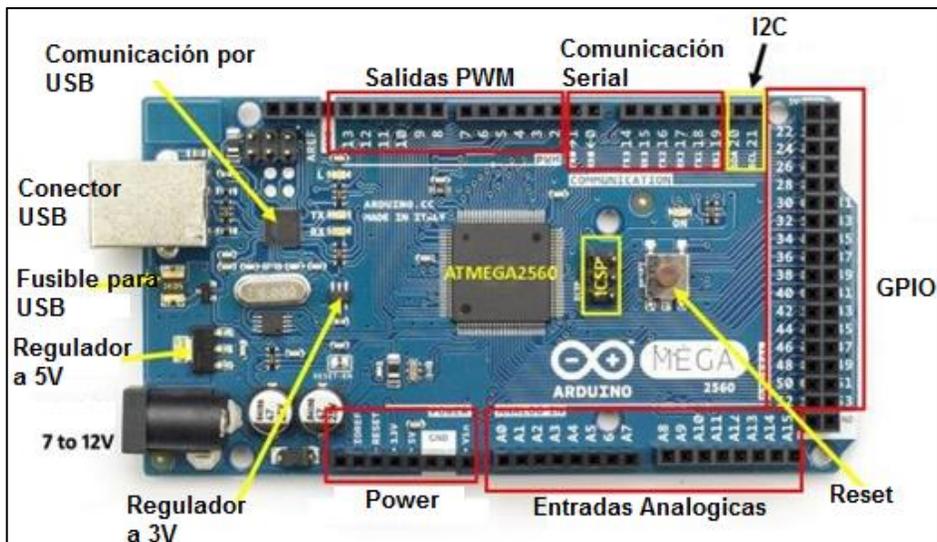


Figura 1.10: Distribución de pines, placa de Arduino MEGA 2560 [29].

En la Tabla 1.9 se puede observar las especificaciones técnicas que ofrece la placa de Arduino MEGA 2560.

Tabla 1.9: Especificaciones técnicas del Arduino MEGA 2560 [28].

ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN
Voltaje de operación	5 VDC
Voltaje de entrada	6 VDC - 12 VDC
Número de pines digitales	54 pines de Entrada/Salida
Pines PWM	14 pines
Pines analógicos	16 pines
Corriente por pin	40 mA
Memoria <i>flash</i>	256 KB
Memoria SRAM	8 KB
Memoria EEPROM	4 KB
Frecuencia del oscilador	16 MHz

- **Módulo WiFi ESP8266**

Fabricado por la compañía Espressif, el módulo ESP8266 es un integrado que agrupa distintos componentes gracias a la tecnología SoC (*System on Chip*), el principal propósito de este integrado es la conectividad inalámbrica mediante WiFi, con gestión de pila TCP/IP [30]. En la Figura 1.11 se puede observar el módulo ESP8266 ESP01.

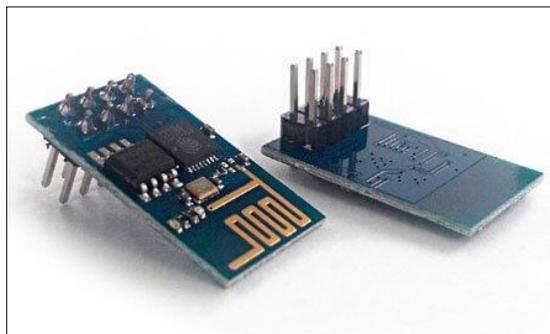


Figura 1.11: Módulo ESP8266 ESP01 [30].

La versión ESP01 del módulo ESP8266 es la más básica, sin embargo, cuenta con comunicación integrada basada en el estándar IEEE 802.11 b/g/n, incluye un procesador de 32 bits que trabaja a una frecuencia de 80 MHz [30].

El módulo ESP01 puede funcionar como estación o como punto de acceso, todas estas configuraciones se las puede realizar mediante programación. El modo punto de acceso crea una red WiFi en la que se puede configurar su nombre, su contraseña, el número máximo de estaciones conectadas simultáneamente e incluso el canal de funcionamiento [31]. En la Tabla 1.10 se puede apreciar las características más importantes del módulo ESP8266.

Tabla 1.10: Características del módulo ESP8266 [30].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Procesador	Tensilica L106 de 32 bits
Arquitectura del procesador	Tipo RISC
Voltaje de operación	3 VDC a 3.6 VDC
Consumo de corriente	80 mA
Frecuencia del procesador	80 MHz a 160 MHz
Memoria para instrucciones	32 KB
Memoria de datos	80 KB
Memoria <i>flash</i> externa	Hasta 16 MB
Protocolos que soporta	TCP/IP e IEEE 802.11 b/g/n
Protocolos de seguridad inalámbrica	WPA/WPA2

- **Pantalla Nextion de 3,2 pulgadas**

Pertenece a un amplio catálogo de productos de la familia *Nextion*, sin embargo, por su tamaño y versatilidad la hacen idónea en trabajos que no requieran una pantalla de gran resolución, la pantalla *Nextion* de 3,2 pulgadas usa comunicación serial para interactuar con el microcontrolador [32], en la Figura 1.12 se puede apreciar la pantalla *Nextion* TFT de 3,2 pulgadas.



Figura 1.12: Pantalla *Nextion* de 3,2 pulgadas [32].

Las características técnicas de la pantalla se describen en Tabla 1.11.

Tabla 1.11: Características pantalla *Nextion* de 3.2 pulgadas [32].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Voltaje de alimentación	5 VDC
Corriente de alimentación	85 mA
Resolución	400x240 pixeles
Colores	RGB 65k
Tipo de pantalla	TFT
Memoria <i>flash</i>	4 MB
Área visual	69,60 mm de largo x 41,76 mm de ancho

○ **Circuito integrado 555**

El integrado 555 es un circuito multipropósito que puede ser configurado de modo *astable* o monoestable. El modo de configuración *astable* permite al circuito integrado funcionar de forma libre, es decir, el circuito integrado funciona como un generador de señales rectangulares. El modo de configuración monoestable permite al circuito integrado generar

un pulso rectangular mediante la activación externa del circuito integrado [33]. La frecuencia de dichas señales dependerá del valor de las resistencias R1, R2 y del capacitor C1, mientras que su salida será por el pin 3 del circuito integrado 555 como se puede observar en la Figura 1.13.

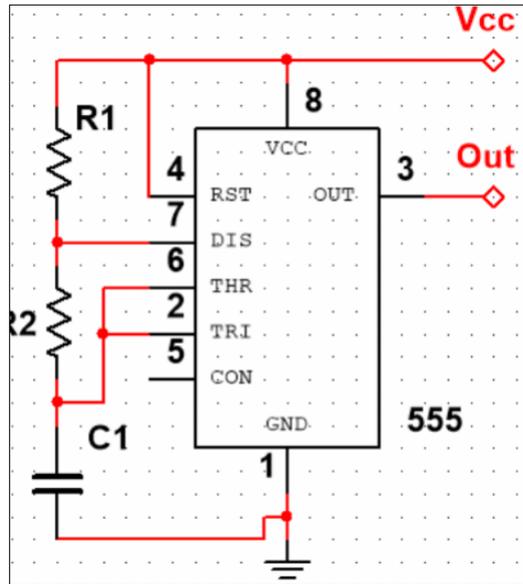


Figura 1.13: Configuración de un circuito integrado 555 en modo astable [33]

Las características del circuito integrado SE555 se detallan en la tabla 1.12.

Tabla 1.12: Características del integrado NE555 [34].

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Voltaje de entrada	4.5 – 15 VDC
Corriente de entrada	3 – 66 mA
Corriente de salida	200 mA
Máxima disipación de potencia	600 mW
Frecuencia máxima (astable)	500 KHz a 2MHz
Temperatura de operación	0°C a 70°C

- **Software Proteus**

Programa usado para la creación de circuitos electrónicos, está compuesto por cuatro módulos que permiten el diseño, simulación, depuración y construcción de circuitos, a continuación, en la Tabla 1.13 se detalla cada uno de los módulos que conforman la aplicación Proteus [35].

Tabla 1.13: Módulos que conforman el programa Proteus [35].

MÓDULO	DESCRIPCIÓN
ISIS	Encargado de realizar el diseño de los circuitos electrónicos, permite el uso de más de 6.000 dispositivos digitales y analógicos, los circuitos pueden ser simulados en tiempo real mediante el módulo VSM.
ARES	Módulo que permite crear placas PCB, contiene el encapsulado de cada componente del circuito diseñado, caso contrario permite la creación del encapsulado necesario, permite colocar de forma automática las pistas dentro del circuito diseñado.
PROSPICE	Módulo más importante, es el encargado de simular el circuito generado en un plano de ISIS, se basa en el estándar SPICE3F5.
VSM	Sistema Virtual de Simulación (VSM por sus siglas en inglés), es el módulo encargado de simular el circuito generado en tiempo real, donde también se pueden cargar los programas para diferentes microcontroladores.

El programa Proteus tiene una serie de herramientas que permite generar circuitos eléctricos y electrónicos de forma sencilla, dispone de un área de trabajo extensa en la cual se puede diseñar varios circuitos conectados entre sí, se puede diseñar diferentes componentes para incluirlos en las librerías del programa, dichos componentes pueden ser creados por organizaciones independientes con el fin de simular circuitos como pueden ser las placas de Arduino, sensores, capacitores, etc. Ver Figura 1.14.

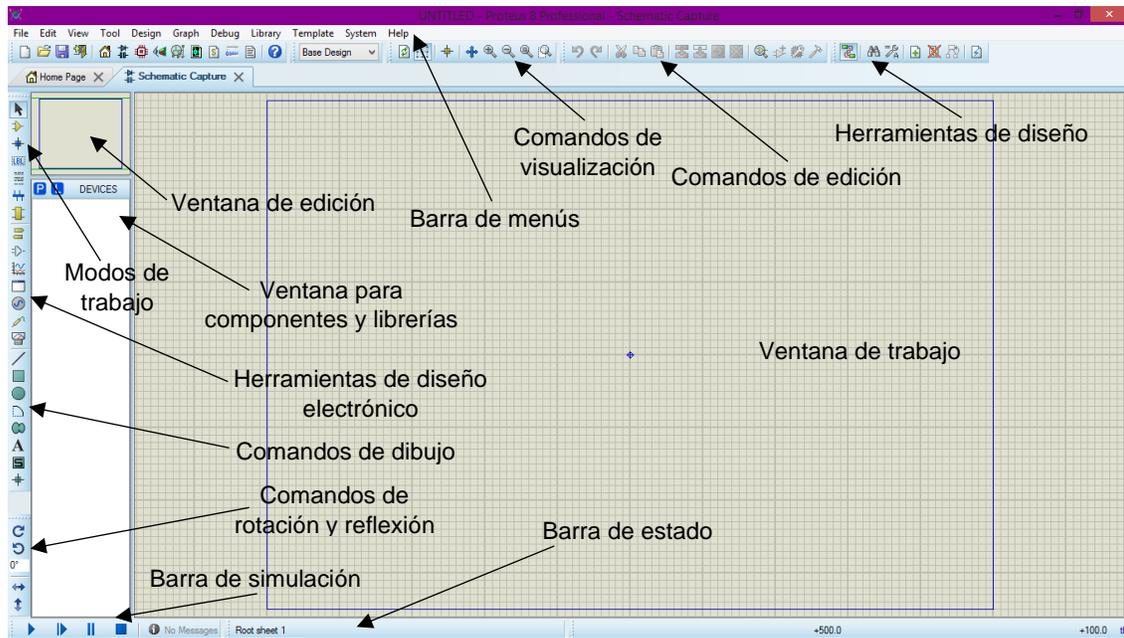


Figura 1.14: Entorno gráfico de ISIS del programa Proteus [36].

Si bien es cierto el *software* Proteus es un programa muy completo, sin embargo, carece de varias librerías que complementen su uso. Para el diseño de los módulos fueron necesarias las librerías de las placas Arduino, para la correcta simulación de los circuitos fue necesario instalar dichas librerías en la carpeta “LIB” del programa Proteus. Las librerías fueron obtenidas de: <http://www.skulltrap.co/2017/08/descargar-librerias-arduino-para.html>.

- **Plataforma de desarrollo *Nextion Editor***

Nextion Editor es un programa que permite el diseño de interfaces gráficas para dispositivos Nextion HMI, contiene una serie de herramientas que facilitan la interacción entre el ser humano y la máquina [37], a continuación, en la Figura 1.15 se puede observar la interfaz principal del *software Nextion Editor*.

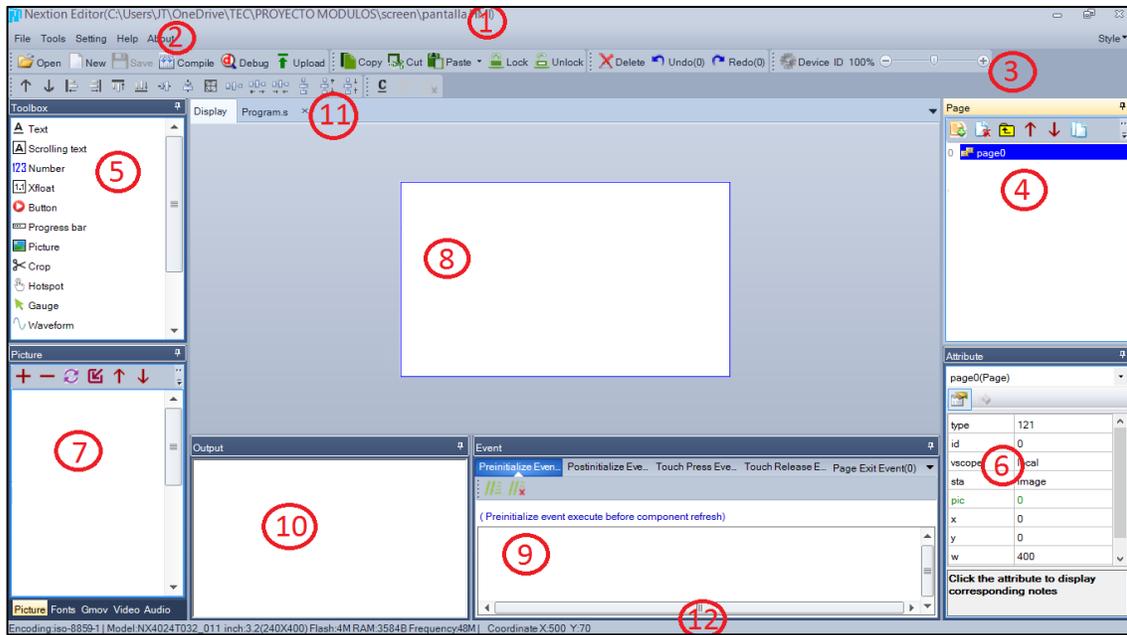


Figura 1.15: Interfaz principal del programa *Nextion Editor* [37].

Las distintas herramientas que ofrece *Nextion Editor* se enlistan en la Tabla 1.14.

Tabla 1.14: Herramientas del programa *Nextion Editor* [37].

NÚMERO	HERRAMIENTA
1	Barra de título
2	Menú principal
3	Barra de herramientas
4	Panel de páginas
5	Panel de caja de herramientas
6	Panel de atributos
7	Panel de recursos de imagen
8	Lienzo de diseño
9	Código de evento de usuario
10	Salida
11	<i>Display</i>
12	Barra de estado

- **Software SketchUp**

SketchUp es un *software* de modelado 3D basado en caras lo que permite realizar diseños de una manera muy sencilla. En la Figura 1.16 se muestra la interfaz de trabajo del programa.

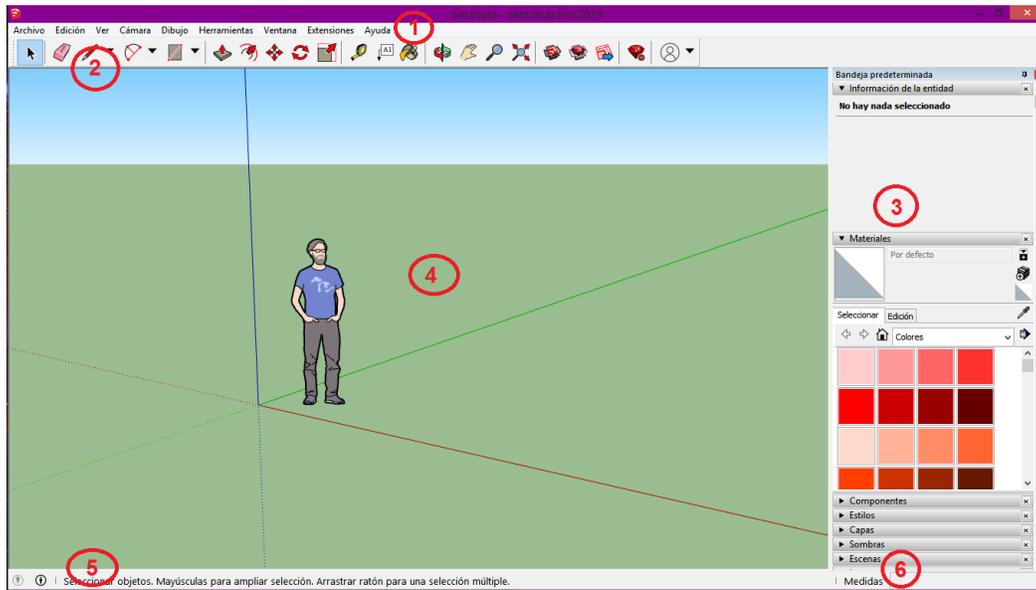


Figura 1.16: Interfaz de *SketchUp*.

Las distintas herramientas que ofrece *SketchUp* se enlistan en la Tabla 1.15.

Tabla 1.15: Herramientas de *SketchUp* [38].

NÚMERO	HERRAMIENTA
1	Barra de menús
2	Barra de herramientas
3	Herramientas de capas
4	Espacio de trabajo 3D
5	Barra de estatus
6	Caja VCB (información dimensional)

- **Software Sublime Text**

Sublime es un editor de código multiplataforma, soporta varios lenguajes entre los cuales se encuentran: C, C++, HTML, Java, SQL, PHP y muchos más, por defecto cuenta con una combinación de 22 colores y con un *Minimap* como se puede observar en la Figura 1.17.

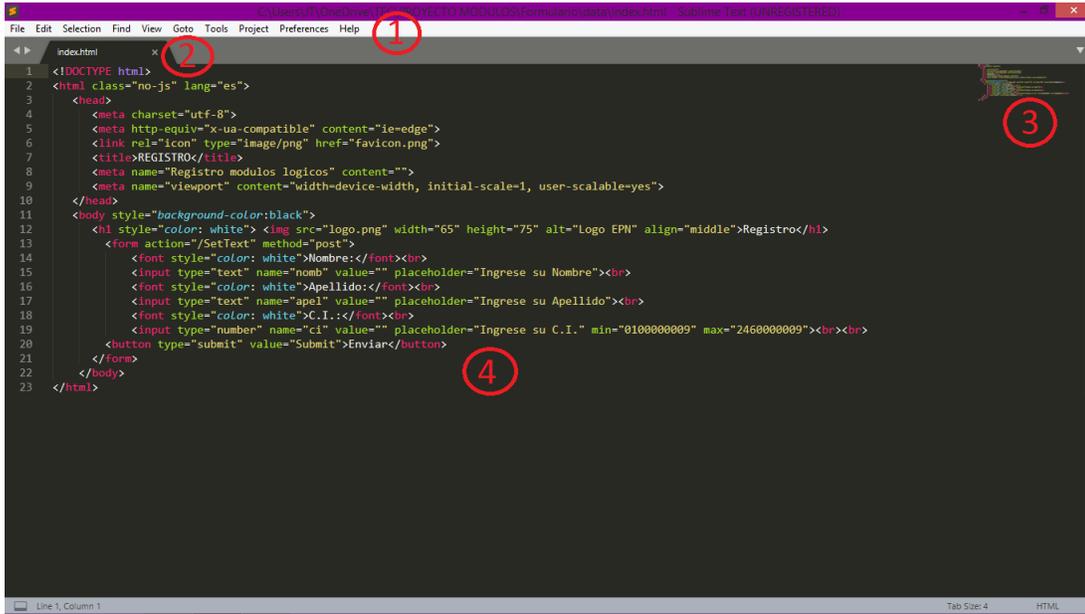


Figura 1.17: Interfaz *Sublime*

Las herramientas con las que cuenta Sublime Text se enlistan en la Tabla 1.16:

Tabla 1.16: Herramientas de *Sublime* [39].

Número	Herramienta
1	Barra de menú
2	Pestañas
3	<i>Minimap</i>
4	Hoja de código

- **Red WLAN**

Una WLAN es una red de área local inalámbrica usada principalmente en espacios reducidos debido a que no requiere un medio de transmisión alámbrico para comunicar diferentes dispositivos. Las redes WLAN permiten a sus usuarios la habilidad de moverse dentro de un rango típico de 100 metros sin perder conectividad. Se basan en el estándar IEEE 802.11 y son conocidas bajo el nombre de WiFi [40], en la Figura 1.18 se puede ver el esquema de una red WLAN tipo infraestructura.



Figura 1.18: Esquema de una red WLAN [40].

- **Elementos de una red inalámbrica**

Una red inalámbrica se compone de varios elementos para su correcta operación, en la Tabla 1.17 se describe cada uno.

Tabla 1.17: Elementos de una red inalámbrica [40].

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Estación (STA)	Dispositivo móvil con la capacidad de conectarse a una red inalámbrica.
Punto de acceso (AP)	Dispositivo que permite a otros dispositivos conectarse a una red cableada mediante WiFi u otros estándares.

Continua →

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Conjunto de servicios básicos (BSS)	Conjunto de dos o más estaciones, conectadas a un mismo nodo central (AP).
Conjunto de servicios básicos extendidos (EBSS)	Conjunto de BSS interconectados entre sí, aparecen como un solo BSS en la capa de control de enlace lógico.
Conjunto de servicios básicos independientes (IBSS)	Un IBSS hace referencia a un BSS que no tiene acceso a una red cableada, se le conoce como red ad-hoc sin puntos de acceso, por tal motivo no puede conectarse a otra BSS.
Sistema de distribución (DS)	Instrumento que permite el intercambio de tramas entre BSS o con redes cableadas.

○ **Infraestructura de una red inalámbrica**

En redes inalámbricas existen dos tipos de infraestructura, ad-hoc e infraestructura.

- **Modo ad-hoc**

Red inalámbrica, en la cual todos los dispositivos se comunican directamente entre sí, sin la necesidad de un punto de acceso que administre la información, las redes ad-hoc son ideales para pequeños grupos de dispositivos en un área limitada, sin embargo, con la conexión de más dispositivos a la red la vuelve menos eficiente provocando la desconexión al azar de varios dispositivos, las redes ad-hoc no pueden conectarse a una red alámbrica ni a Internet [40].

- **Modo infraestructura**

Red inalámbrica, en la cual todos los dispositivos se encuentran interconectados entre sí mediante un punto de acceso, los puntos de acceso generalmente son *routers* o *switches* que permiten la conexión de los dispositivos móviles a una red cableada, el conjunto de

varios puntos de acceso conectados a una red troncal permite a los usuarios moverse libremente entre los rangos de cobertura de los diferentes puntos de acceso sin perder la conexión [40].

- **Familia de estándares IEEE 802.11x**

El estándar IEEE 802.11 creado en 1997, es una serie de especificaciones en la subcapa de control de acceso al medio (MAC) y en la capa física del modelo OSI, para la implementación de redes de área local inalámbricas (WLAN), funcionan en bandas de frecuencias 2,4 GHz, 5GHz y 60 GHz. El estándar IEEE 802.11 y sus características integran la base para los productos de redes inalámbricas que usa la identificación WiFi [40]. En la tabla 1.18 se puede observar las principales características de la familia del estándar IEEE 802.11 en una red WLAN.

Tabla 1.18: Familia del estándar IEEE 802.11 [40].

TIPO DE RED	NOMBRE	ESTÁNDAR	BANDA DE FRECUENCIA	RANGO NOMINAL	VELOCIDAD DE TX MÁXIMA
WLAN	WiFi	IEEE 802.11	2,4 / 5 GHz	100 m	1 Mbps
		IEEE 802.11a	2,4 GHz	100 m	48 Mbps
		IEEE 802.11b	2,4 GHz	100 m	11 Mbps
		IEEE 802.11g	2,4 GHz	100 m	54 Mbps
		IEEE 802.11n	2,4 / 5 GHz	250 m	600 Mbps
		IEEE 802.11ac	5 GHz	250 m	1,3 Gbps

- **Ventajas de WiFi sobre Bluetooth**

La tecnología WiFi presenta una serie de ventajas con respecto a la tecnología *Bluetooth*, tanto en el ancho de banda, cobertura, etc. En la tabla 1.19 se describen las principales diferencias entre dichas tecnologías de conexión inalámbrica.

Tabla 1.19: Diferencias entre la tecnología *Bluetooth* y WiFi [41].

CARACTERÍSTICA	BLUETOOTH	WiFi
Frecuencia	2.4 GHz	2,4 / 5 GHz
Ancho de Banda	24 Mbps	1 Gbps
Seguridad	Baja	Media
Cobertura	1 a 5 metros	> 10 metros
Consumo de energía eléctrica	Bajo	Alto

Como se puede observar en la tabla la tecnología WiFi presenta algunas ventajas con respecto a la tecnología *Bluetooth* siendo el ancho de banda la principal diferencia, además, la tecnología WiFi permite al usuario configurar el punto de acceso con límite de tiempo [41].

La tecnología *Bluetooth* ocupa todo su ancho de banda para conectar tan solo un dispositivo siendo esta una grave desventaja cuando se quiere conectar varios dispositivos con Bluetooth ya que provoca interferencia y transmisión errónea de datos [42].

Por otro lado, el estándar 802.11b, ofrece una solución óptima ante el problema de la interferencia, dicho estándar, como se puede observar en la Figura 1.19 permite dividir la banda de frecuencia de 2,4 GHz en 13 diferentes canales. En América, el rango de frecuencias va desde 2,412 GHz hasta 2,467 GHz, cada canal tiene 22 MHz para transmitir, sin embargo, dispone de 5 MHz para transmitir sin producir solapamiento de la señal [42].

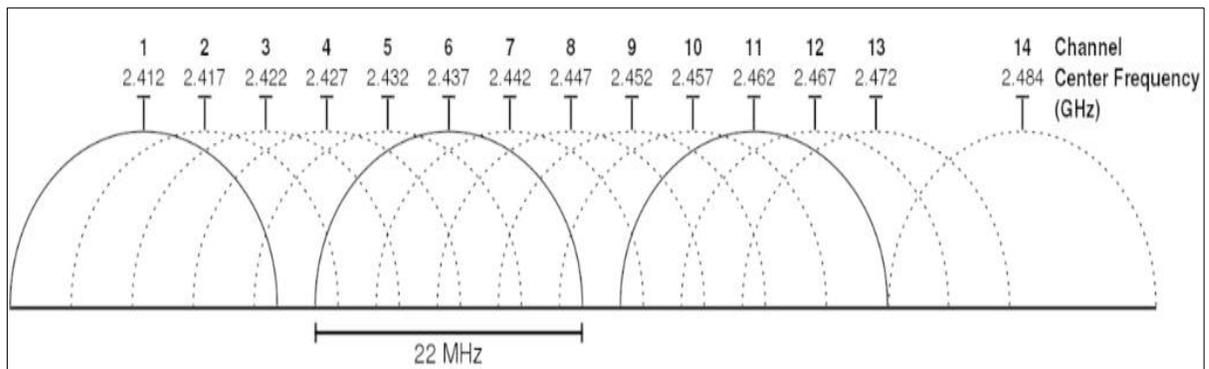


Figura 1.19: Canales dentro de la banda de frecuencia de 2,4 GHz [42].

- **Página *web***

Una página *web* se considera un documento que está disponible en Internet, la página *web* debe seguir ciertos estándares, dependiendo del tipo de programación a utilizarse, por ejemplo, HTML. Se puede ingresar a las páginas *web* mediante un navegador *web* que tiene como finalidad interpretar el código y entregar al usuario la información de manera visual. Las páginas *web* deben estar alojadas en un servidor *web* o *host*, el cual tiene la función de entregar el contenido cuando sea requerido por la red [43].

Existen dos tipos de páginas *web*, las estáticas y las dinámicas. Las páginas *web* estáticas son las más antiguas, debido a que su contenido es fijo y no soportan muchas actualizaciones, por otra parte, las páginas *web* dinámicas actualmente son las más usadas debido a que ofrecen varios servicios como la interacción en tiempo real con la página, etc. Los principales elementos de una página *web* son el texto, imágenes, videos [43].

2. METODOLOGIA

En el presente proyecto se usaron los métodos exploratorio, aplicativo, analítico y experimental.

Para la realización del proyecto en primer lugar se procedió a la exploración de falencias en lo referente a equipamiento, que tienen los estudiantes en la ejecución correcta de las prácticas en el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, específicamente en el área de Sistemas Digitales. Aplicando conceptos adquiridos a lo largo de la carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones, se diseñaron circuitos con todos los componentes necesarios en los módulos entrenadores lógicos. En el diseño de los circuitos se llevó a cabo una serie de experimentos con varios circuitos y componentes que permitieron la selección adecuada de los mejores circuitos, para tener un funcionamiento óptimo.

2.1 Método exploratorio

El método exploratorio es un proceso que permite recopilar información relacionada con el problema a ser investigado, ayuda al investigador a tener un primer acercamiento del tema a estudiarse.

Aplicando el método exploratorio, mediante experiencias obtenidas al cursar el componente práctico de la materia de Sistemas Digitales, se obtuvo información acerca de los errores que los estudiantes cometen durante la implementación de circuitos en el laboratorio, además se evidenció la falta de complementos como son dispositivos de medición o comprobación de componentes, entre otros.

2.2 Método analítico

Con la información obtenida mediante el método analítico, se logró establecer las principales falencias que tienen los estudiantes en la correcta ejecución de las prácticas en

el laboratorio, específicamente en el área de Sistemas Digitales, lo cual ayudó a determinar los requerimientos para la elaboración de los módulos entrenadores lógicos.

El diseño de los módulos entrenadores lógicos se llevó a cabo usando la metodología analítica, iniciando con el dimensionamiento de la fuente de poder, que suministrará energía a los demás circuitos, para lo cual se tomó en cuenta el requerimiento de corriente y voltaje de: placa Arduino MEGA 2560, módulo WiFi ESP8666, circuito integrado 555 (comprobador de transistores TBJ) y pantalla táctil *Nextion* de 3,2 pulgadas.

La comprobación de todos los componentes usados durante el desarrollo de una práctica de laboratorio como son los transistores, circuitos integrados de la familia 74XX, LEDs, *displays* de 7 segmentos de ánodo y cátodo común, entre otros, que serán procesados mediante una placa de Arduino MEGA 2560. Las limitaciones de los diferentes comprobadores, generadores y medidores de magnitudes eléctricas vienen dadas por las capacidades del Arduino y su respectiva programación.

El registro de los estudiantes previo al uso de los módulos entrenadores se la realizará a través de una página *web*, el módulo entrenador lógico genera una red WiFi a la cual el estudiante deberá conectarse desde un dispositivo móvil, después, ingresar en la dirección IP del módulo mediante un navegador y colocar sus datos para el correcto registro. Mientras el estudiante no se registre, no podrá hacer uso de los módulos entrenadores.

Los estudiantes pueden interactuar con el módulo mediante una pantalla táctil, en dicha pantalla encontrarán varios menús indicando cada una de las funciones del módulo.

2.3 Método aplicativo y experimental

Mediante la metodología aplicada se diseñaron circuitos en el *software* Proteus que permitió la correcta simulación de circuitos electrónicos en tiempo real y aplicando conocimientos adquiridos durante la carrera de Tecnología en Electrónica y Telecomunicaciones que fueron de ayuda para el correcto diseño.

Con el método experimental se realizó en primer lugar pruebas, simulaciones del funcionamiento de cada circuito por separado, una vez que se estableció cuáles serían los circuitos que integran el módulo se procedió a unirlos en un solo documento donde se los procedió a simular de forma conjunta.

Una vez realizada la simulación y verificando el correcto funcionamiento se diseñó una interfaz que permitiera al estudiante registrarse con sus datos personales antes utilizar los módulos, se eligió la opción de un módulo WiFi debido a que ofrece mejor conexión y mayores opciones ante la interferencia de señales que funcionen en la frecuencia de 2,4 GHz.

Para la interfaz gráfica de la pantalla se experimentó con varios diseños, obteniendo una pantalla principal amigable con el estudiante y muy práctica debido a que en el menú principal el estudiante logrará observar qué tipo de funcionalidad necesita, con menús secundarios, ayudando a la correcta elección de la función requerida.

Durante el diseño de los circuitos para los módulos entrenadores se evidenció la necesidad de colocar protecciones ante un posible corto circuito, sobre voltaje, polarización invertida del instrumento de medición, en este caso un voltímetro.

Para una mayor comprensión de la metodología que se utilizó, la Figura 2.1 explica cada uno de los métodos usados para el presente proyecto.

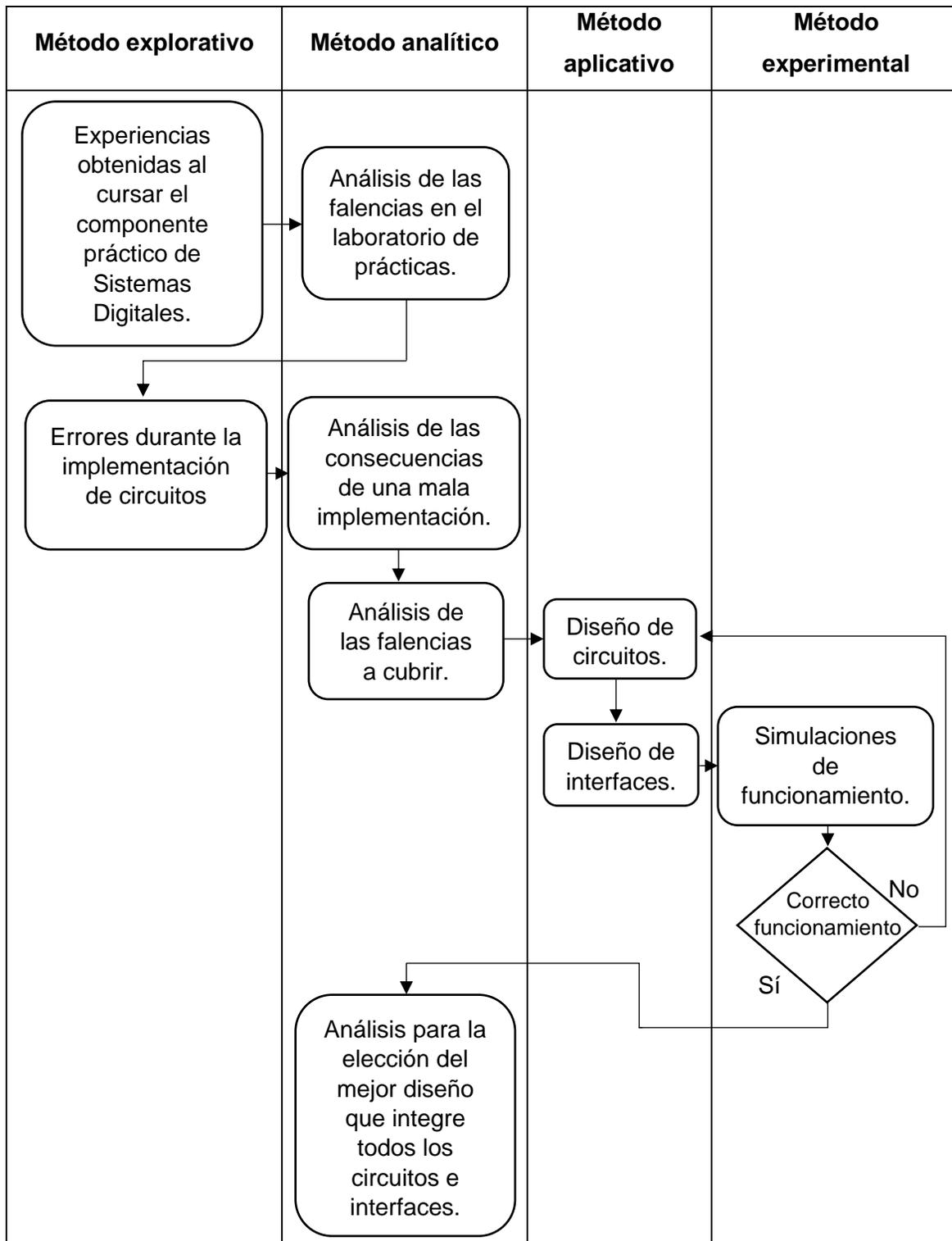


Figura 2.1: Diagrama de flujo de la metodología.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente documento se explican los circuitos electrónicos diseñados para el módulo entrenador lógico, la programación y posterior implementación de dichos módulos corresponden a otros proyectos de titulación que se complementan con este.

3.1. Diseño de los circuitos medidores comprobadores y generadores de los módulos entrenadores lógicos.

En base a experiencias previas y observaciones obtenidas al cursar la asignatura de Sistemas Digitales, se pudo llegar a la conclusión que los estudiantes necesitan un módulo que les facilite la ejecución de las prácticas de laboratorio.

Para la realización de los diferentes diseños que integran los módulos se tomó en cuenta los requerimientos determinados en el proyecto de titulación encargado de la programación [44]. Además, el requerimiento principal para el diseño de los comprobadores fue que se consideren pines consecutivos de la placa Arduino. De igual manera, se consideró las limitaciones que presentan los comprobadores y medidores de magnitudes eléctricas, ligadas a la programación y capacidades de la placa Arduino.

El módulo consta de una serie de circuitos que se detallan en la Tabla 3.1, dichos circuitos ayudarán al estudiante a reconocer elementos dañados dentro de su circuito o la mala implementación de este, los datos recolectados por el módulo son procesados por una placa de Arduino MEGA 2560, la cual actuará según sea el caso.

Tabla 3.1: Circuitos requeridos en el módulo.

CIRCUITO	FUNCIÓN
Comprobador de compuertas lógicas 74XX	Comprobar el funcionamiento de las compuertas lógicas de doble entrada de la familia 74xx, identifica la numeración de la compuerta y

Continua →

CIRCUITO	FUNCIÓN
	comprueba si funciona correctamente.
Comprobador de diodos LED	Comprobar el funcionamiento de diodos LED que sirven como indicadores en los circuitos implementados en el laboratorio.
Comprobador de <i>displays</i> de 7 segmentos	Comprobar el correcto funcionamiento de los <i>displays</i> de siete segmentos ya sea ánodo o cátodo común.
Comprobador de transistores TBJ	Reconocer el tipo de transistor TBJ, ya sea NPN o PNP, también ayuda a reconocer si el transistor está averiado o funciona correctamente.
Comprobador de cortocircuitos	Reconocer si el circuito implementado en el laboratorio se encuentra en cortocircuito.
Medidor de frecuencia	Reconocer la frecuencia de trabajo de los circuitos implementados en el laboratorio.
Medidor de voltaje	Medir la tensión en cualquier punto de los circuitos implementados en el laboratorio de Electrónica Analógica y Digital.
Señal de reloj	Generar una señal de reloj (onda cuadrada) para la sincronización de circuitos que lo requieran.

Nota: La realización de todos los circuitos esquemáticos y diseños de PCB se los realizó con el *software* Proteus.

Distribución de pines de la placa Arduino

Un punto importante para el diseño de los circuitos que conforman el módulo es la distribución de pines de la placa Arduino MEGA, esta cuenta con 54 pines de entrada y salida, se realizó la distribución uniforme aprovechando las funciones de cada pin.

Una vez establecidos los circuitos requeridos por cada módulo, se realizó una distribución de pines correspondiente a la de la Figura 3.1, donde se puede observar que se utilizó varios pines consecutivos.

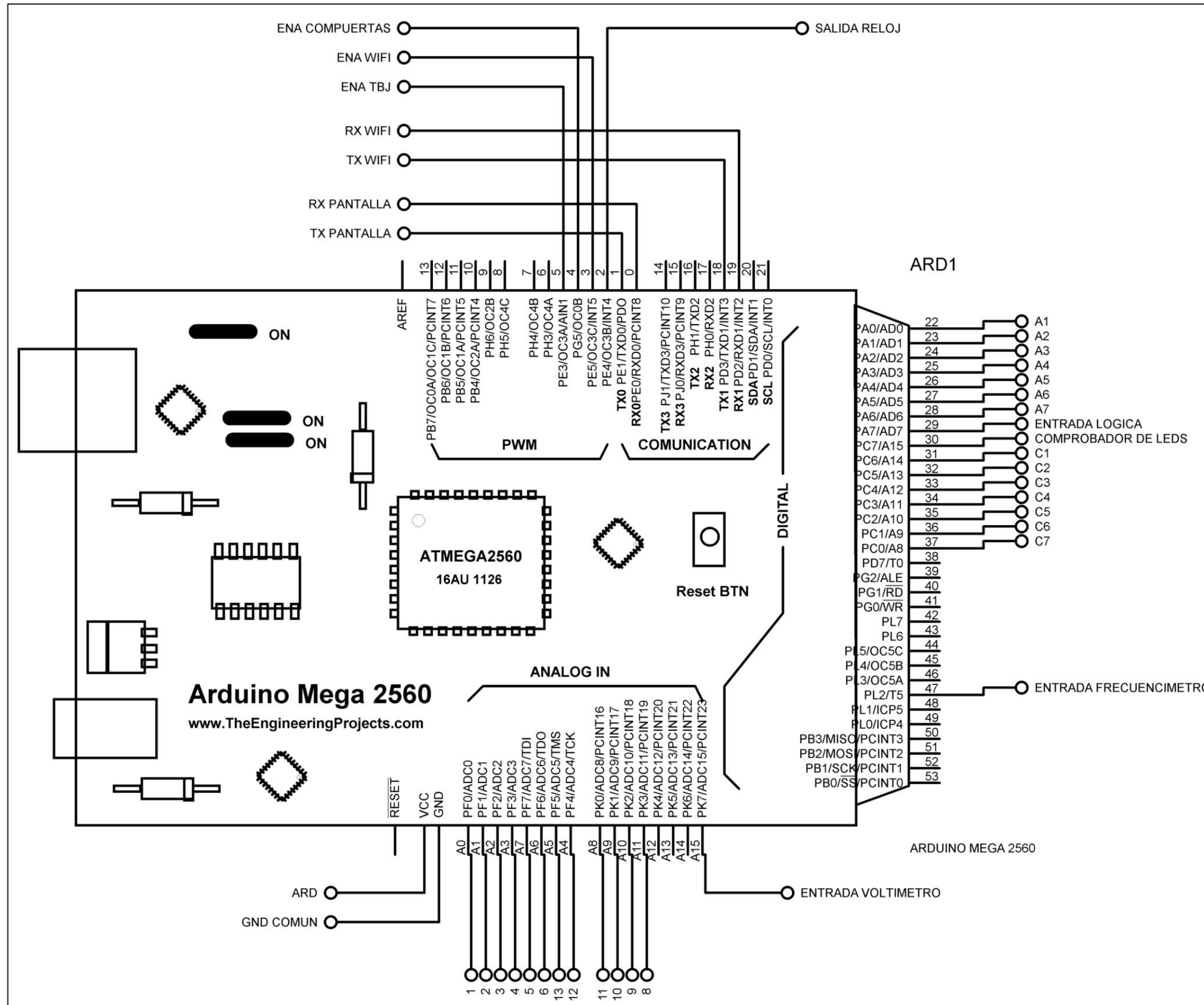


Figura 3.1: Distribución de pines de la placa Arduino

A continuación, en las Tablas 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5, se describe la función de cada pin utilizado, según las etiquetas que se observan en la Figura 3.1.

Tabla 3.2: Pines de energización del Arduino MEGA 2560.

PIN	TERMINAL	FUNCIÓN
VCC	ARD	Entrada de alimentación del Arduino, procedentes de la fuente de alimentación.
GND	GND COMÚN	Punto de referencia 0 (VDC) para la placa Arduino MEGA 2560 y todos los circuitos complementarios.

Tabla 3.3: Asignación de pines para el comprobador de compuertas lógicas.

PIN	TERMINAL	FUNCIÓN
A0	1	Entrada / Salida de la primera compuerta del integrado 74XX.
A1	2	Entrada / Salida de la primera compuerta del integrado 74XX.
A2	3	Salida / Entrada de la primera compuerta del integrado 74XX.
A3	4	Entrada / Salida de la segunda compuerta del integrado 74XX.
A7	5	
A6	6	Salida / Entrada de la segunda compuerta del integrado 74XX.
A5	13	Entrada / Salida de la tercera compuerta del integrado 74XX.
A4	12	
A8	11	Salida / Entrada de la tercera compuerta del integrado 74XX.
A9	10	Entrada / Salida de la cuarta compuerta del integrado 74XX.
A10	9	
A11	8	Salida / Entrada de la cuarta compuerta del integrado 74XX.
A15	ENTRADA VOLTÍMETRO	Lee el valor de la tensión en cualquier parte de un circuito externo.

Tabla 3.4: Asignación de pines del puerto digital.

PIN	TERMINAL	FUNCIÓN
PA0	A1	Enciende el segmento a del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA1	A2	Enciende el segmento b del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA2	A3	Enciende el segmento c del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA3	A4	Enciende el segmento d del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA4	A5	Enciende el segmento e del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA5	A6	Enciende el segmento f del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA6	A7	Enciende el segmento g del <i>display</i> de 7 segmentos de ánodo común.
PA7	ENTRADA LÓGICA	Detecta si hay 0 o 1 lógico en la entrada del pin.
PC7	PROBADOR DE LEDS	Envía una señal 0 o 1 lógico para probar un diodo LED.
PC6	C1	Enciende el segmento a del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.
PC5	C2	Enciende el segmento b del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.
PC4	C3	Enciende el segmento c del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.
PC3	C4	Enciende el segmento d del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.
PC2	C5	Enciende el segmento e del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.
PC1	C6	Enciende el segmento f del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.

PIN	TERMINAL	FUNCIÓN
PC0	C7	Enciende el segmento g del <i>display</i> de 7 segmentos cátodo común.
PL2	ENTRADA FRECUENCÍMETRO	Detecta la frecuencia que se ingrese por el pin, de un circuito externo.

Tabla 3.5: Asignación de pines de la interfaz gráfica e inalámbrica.

PIN	TERMINAL	FUNCIÓN
PE0	RX PANTALLA	Recibe los datos de la pantalla <i>Nextion</i> de 3,2 pulgadas.
PE1	TX PANTALLA	Transmite datos desde la placa Arduino hasta la pantalla <i>Nextion</i> de 3,2 pulgadas.
PE4	SALIDA RELOJ	Genera una señal de reloj para circuitos externos.
PE5	ENA WIFI	Energiza el módulo WiFi ESP8266
PG5	ENA COMPUERTAS	Energiza el circuito comprobador de compuertas lógicas.
PE3	ENA TBJ	Energiza el circuito comprobador de transistores.
PD2	RX WIFI	Recibe los datos generados por el módulo WiFi ESP8266.
PD3	TX WIFI	Envía datos hacia el módulo WiFi ESP8266.

Diseño de la fuente de alimentación

La fuente de alimentación constituye una parte fundamental en cualquier circuito electrónico, sin embargo, debe cumplir con todos los requerimientos que el circuito necesite, la fuente debe ser capaz de alimentar a todos los elementos pasivos, es decir a aquellos elementos o circuitos que requieran de corriente eléctrica para su correcto funcionamiento.

En la Tabla 3.6 se tienen los elementos que requieren de una fuente de voltaje DC para funcionar.

Tabla 3.6: Consumo de elementos del módulo [45] [46] [47] [48].

ELEMENTO	VOLTAJE REQUERIDO	CORRIENTE IDEAL REQUERIDA	CORRIENTE REAL REQUERIDA
Arduino MEGA 2560	6 - 12 VDC	93 mA	0.29 A
Pantalla Nextion 3,2 pulgadas	5 VDC	85 mA	81.4 mA
Módulo WiFi ESP8266-01	3,3 VDC	200 mA	185.7 mA
Circuito integrado 555	9 VDC	66 mA	0.71 A
Circuitos externos (implementados por los estudiantes)	5 VDC		750 mA

Según la tabla antes mencionada, se requiere una fuente de voltaje que se encuentre entre un mínimo de 3,3 a 12 voltios, estos valores son relativos, debido a que elementos como la pantalla y el módulo WiFi se alimentarán de las salidas de voltaje reguladas por parte del Arduino MEGA, por tal motivo los voltajes tomados en cuenta para el diseño de la fuente corresponden a un rango de entre 9 a 12 voltios.

La fuente que alimenta el Arduino y sus componentes conectados necesita suministrar 0.44 Amperios correspondiente a la suma de la corriente ideal requerida, esta corriente corresponde a la dada por el fabricante de cada dispositivo.

Se consideró un máximo de 750 mA y 5 VDC para el consumo de circuitos que los estudiantes implementen durante las prácticas, estos valores vienen dados por el consumo de los diferentes elementos de los circuitos que se implementan en las prácticas del laboratorio [10] como se describe en la Tabla 3.7:

Tabla 3.7: Consumo de elementos pasivos en un circuito de practica de laboratorio [49] [50] [51] [52].

ELEMENTO	CONSUMO IDEAL DE CORRIENTE	VOLTAJE TÍPICO DE ALIMENTACIÓN
Compuerta lógica 74xx	80 mA por compuerta	5 VDC
Display de 7 segmentos rojo	12 mA por segmento	3.3 - 5 VDC
Diodo LED rojo, azul o blanco	20 mA	3.3 - 5 VDC
Diodo LED verde o amarillo	4 mA	3.3 - 5 VDC
Transistor TBJ	Dependerá de la siguiente fórmula $I_c = \beta * I_b$	Dependerá de la aplicación, siendo este caso correspondiente a un valor de voltaje lógico.

Se debe tener en cuenta que un solo circuito implementado en el laboratorio puede contener incluso 5 elementos iguales de los mencionados en la Tabla 3.7.

La corriente real consumida por el módulo es de 1.26 Amperios, correspondiente a la suma de la corriente real requerida, todos los valores fueron obtenidos de las mediciones reales en los diferentes componentes del módulo. **Ver ANEXO A.**

En base a los consumos tanto de voltaje y corriente se optó por un transformador de 24 (VAC) / 3 (Amperios) con *tap* central, el cual permitió tener dos etapas de 12 VAC.

Debido a que todos los dispositivos del módulo entrenador lógico requieren voltaje de corriente continua se aplicó una etapa de rectificación con puentes de diodos, como se puede observar en la Figura 3.2, etapa 1.

Cálculo del Voltaje de rizado

$$V_{pp} = 8.37 V * \sqrt{2}$$

$$V_{78xx} = 9 V$$

$$V_{\text{rizado}} = V_{pp} - V_{78xx} = 2.84 \text{ V}$$

Ecuación 3.1: Formula para el cálculo del voltaje de rizado.

Cálculo de capacitores para la filtración de la señal AC a CC

$$I = 0.75 \text{ A}$$

$$V_{\text{rizado}} = 2.84 \text{ V [45]}$$

$$F = 60 \text{ Hz}$$

$$C = \frac{I}{2 * F * V_r} = \frac{0.75 \text{ A}}{2 * 60 \text{ Hz} * 2.84 \text{ V}} = 2200,35 \text{ uF}$$

Ecuación 3.2: Formula para el cálculo de los capacitores usados en la conversión de voltaje AC a CC.

Para una mejor etapa de filtración se decidió colocar dos capacitores, uno de 2200 uF en la entrada de los reguladores de voltaje, además, otro capacitor de 0.33 uF en la salida de los reguladores de voltaje, los cuales son valores comerciales de capacitores para que sumados den un total de 2200.33 uF que se aproxima al valor calculado de 2200.35 uF.

$$C1 = 2200 \text{ uF}$$

$$C2 = 0,33 \text{ uF}$$

El primer capacitor de 2200 uF tiene la función de disminuir la tensión que ingresa hacia el regulador de voltaje 78xx, mientras que el capacitor de 0.33 uF permite reducir el efecto de rizado para tener una señal continua a la salida del regulador de voltaje 78xx. Para especificaciones más detalladas sobre el uso de los capacitores y sus valores, se anexa la hoja de datos dada por el fabricante del regulador de voltaje. **Ver ANEXO B.**

Para la regulación de los voltajes obtenidos a la salida del transformador se utilizó un regulador de voltaje LM7809 y LM7805 que regulan a 9 y 5 voltios respectivamente, como se puede apreciar en la Figura 3.2, etapa 3. Los 9 voltios son empleados para alimentar el integrado 555 y la placa Arduino, como ya se mencionó antes, todos los voltajes dependientes a 5 y 3,3 voltios correspondientes a circuitos internos del módulo, se obtendrán de las salidas reguladas del Arduino. Mientras que los 5 voltios provenientes del LM7805 serán empleados para alimentar los circuitos externos empleados por los estudiantes.

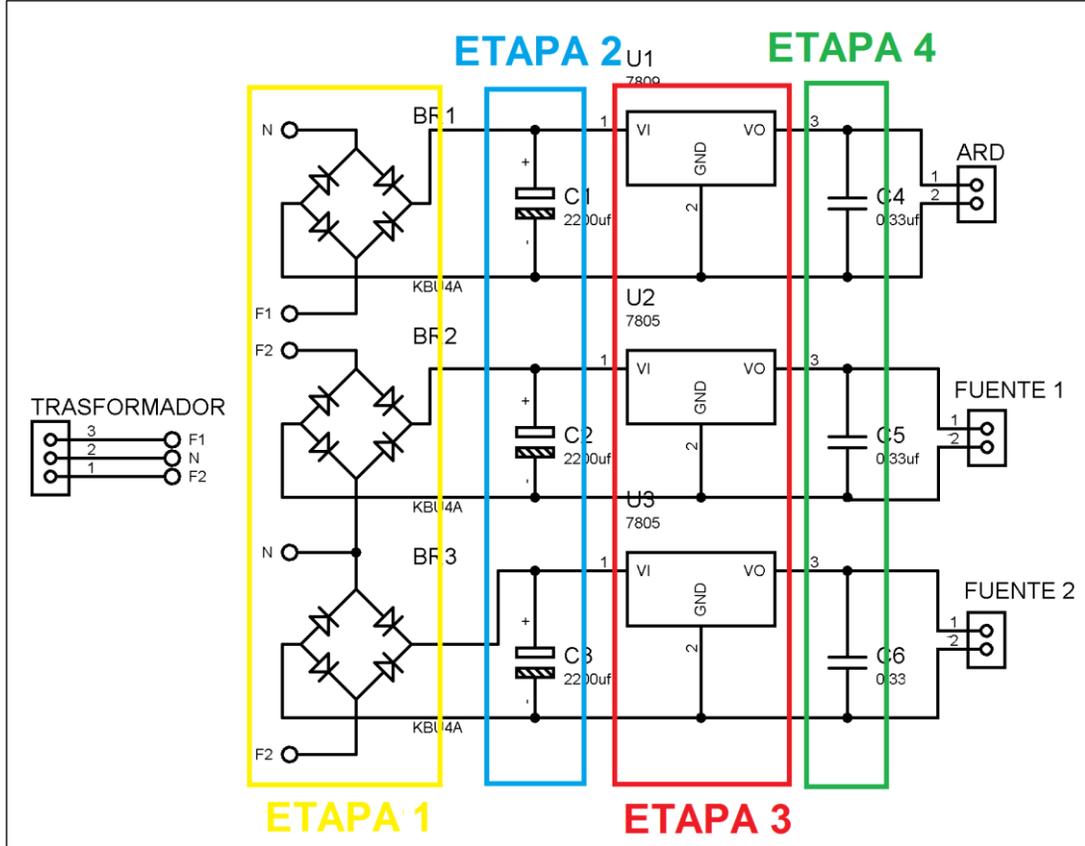


Figura 3.2: Diseño del circuito de alimentación.

El transformador entrega un total de 24 VAC, que gracias al *tap* central del transformador se obtiene un valor aproximado a 12 VAC por cada uno de los terminales F1 y F2, es importante recalcar que los pines con la etiqueta “N” corresponden a GND solo del secundario del transformador, ya que después de la etapa de rectificación Figura 3.3, etapa 1, cada fuente por separado tendrá su propia GND.

En la Tabla 3.8 se detallan los dispositivos electrónicos usados y la función de cada uno.

Tabla 3.8: Elementos y función del circuito de alimentación.

ELEMENTO	FUNCIÓN
Transformador (F1, F2, N)	Conectan los cables de la fuente de 24 (VAC) con los puentes de diodos, dividiendo el voltaje

Continua →

ELEMENTO	FUNCIÓN
	mediante el <i>tap</i> central (N) del transformador.
Puente de diodos (BR1, BR2, BR3)	Convierten los voltajes de corriente alterna provenientes del transformador en voltajes de corriente continua.
Capacitor electrolítico (C1, C2, C3)	Se encargan de reducir el efecto de rizado de la señal transformada por los puentes de diodos.
Reguladores de tensión (U1, U2, U3)	Regulan el voltaje con salidas de voltaje estándar de 9 (VDC) y 5 (VDC) respectivamente.
Capacitor cerámico (C4, C5, C6)	Se encargan de estabilizar la señal para que sea continua y sin picos de voltajes producidos por el efecto de rizado.
Borneras (ARD, J1, J2)	Salida de voltaje para la placa Arduino MEGA y salidas de voltaje para circuitos externos respectivamente.

En la Figura 3.3 se puede apreciar la señal de cada etapa de la conversión de voltaje de corriente alterna a corriente continua. En primer lugar, la señal antes de la conversión del voltaje se puede apreciar con color amarillo, corresponde al voltaje en corriente alterna. La segunda señal, de color azul corresponde a la señal obtenida en la salida del puente de diodos. La señal de color rojo corresponde a la señal una vez regulada mediante un regulador lineal de voltaje. La última señal corresponde a la cuarta etapa en la cual a través de un capacitor cerámico se logra obtener una señal de voltaje continuo el cual servirá para la alimentación de los circuitos o dispositivos que requieran una fuente de voltaje DC en los módulos entrenadores.

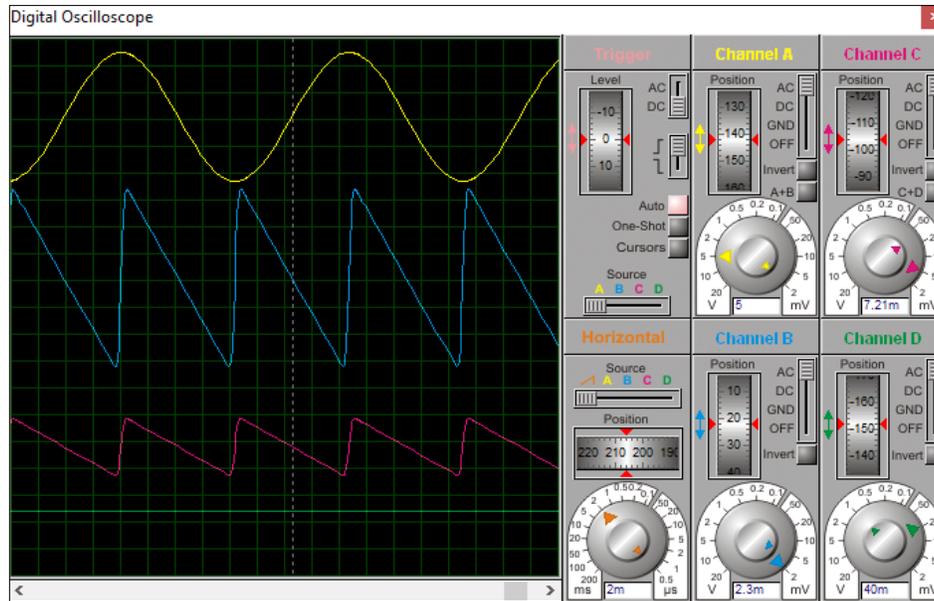


Figura 3.3: Señales en la conversión AC – DC.

La fuente de 9 VDC con 1,5 Amperios alimentará a la placa de Arduino MEGA 2560 y al circuito integrado 555, la placa de Arduino será la encargada de energizar los circuitos internos como el módulo WiFi, la pantalla *Nextion* de 3,2 pulgadas y todos los circuitos comprobadores.

Por otro lado, las dos fuentes de 5 VDC con 0,75 Amperios cada una, alimentarán circuitos externos, esto quiere decir, a los circuitos que los estudiantes implementen en el laboratorio.

Diseño de circuitos de protección

Muchas veces los circuitos implementados por los estudiantes sufren ciertos fallos, los cuales conllevan a cortocircuitos dentro del mismo, por tal motivo es necesario tomar en cuenta las protecciones para evitar daños en los módulos entrenadores lógicos.

Los cortocircuitos son frecuentes en los circuitos electrónicos implementados en el laboratorio, así como también los sobre voltajes o corrientes inversas, los factores antes mencionados pueden averiar a la placa de Arduino, el transformador de voltaje, la pantalla táctil o incluso a los reguladores de voltaje, a continuación, se presentan las protecciones diseñadas para el módulo entrenador.

El circuito en cuestión se diseñó con el fin de proteger las fuentes de voltaje del módulo ante cortocircuitos, provocados por la implementación errónea de los circuitos electrónicos de los estudiantes en el laboratorio.

El valor de tensión con el que funciona este circuito es de 5 VDC, así que se eligieron elementos que funcionen a ese voltaje, es por ello que se utilizó el relé SRD 05VDC. Para obtener el valor de la resistencia de protección de los diodos LEDs se utilizaron los valores de voltaje y corriente de la Tabla 3.7.

$$V_{max} = 5 V; V_{min} = 3.3 V$$

$$V_{led} = V_{max} - V_{min} = 1.7 V$$

Ecuación 3.3: Formula para el cálculo de la tensión en los diodos LEDs.

Debido a que la corriente consumida por un LED rojo y verde no es la misma, se realizó un promedio de la corriente.

$$I_r = 20mA; I_v = 4mA$$

$$I = \frac{I_r + I_v}{2} = 12 mA$$

Ecuación 3.4: Formula para el promedio de la corriente en los diodos LEDs.

Con los valores de voltaje y corriente antes obtenidos, se realiza el cálculo de la resistencia de protección.

$$R = \frac{V_{max} - V_{led}}{I} = 275 \Omega$$

Ecuación 3.5: Formula para el cálculo de la resistencia de protección de los diodos LEDs.

La resistencia comercial más cercana es de 330 Ω [53].

De acuerdo al valor de corriente de la Tabla 1.3, la bobina de un relé consume 71.4 mA, se utilizó un diodo 1N4007 cuya corriente DC máxima es de 1 Amperio.

Con este circuito, el estudiante también puede saber si su circuito implementado se encuentra o no en cortocircuito. El diseño del circuito se muestra en la Figura 3.4.

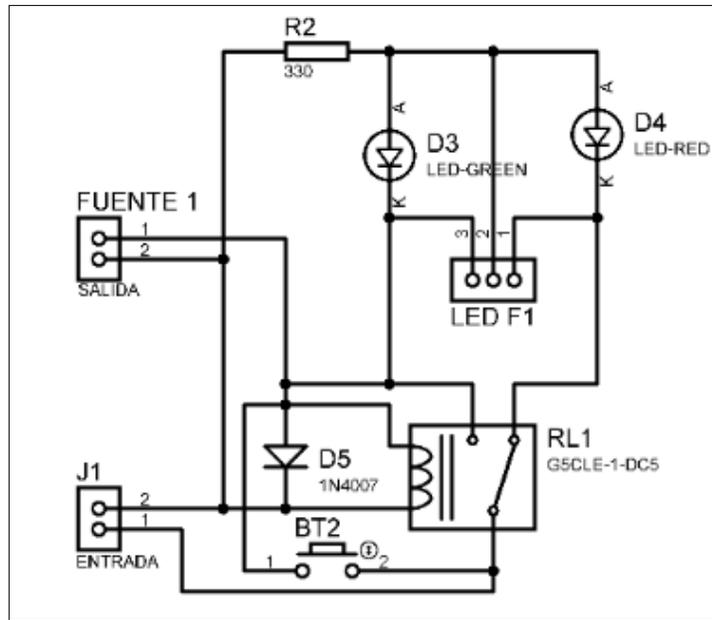


Figura 3.4: Diagrama del circuito de protección, fuentes externas.

En relación con el diseño del circuito de protección para el módulo entrenador lógico en la Tabla 3.9 se detallan los dispositivos electrónicos a usar en el circuito y la función que corresponde a cada uno.

Tabla 3.9: Elementos y función del circuito de protección.

ELEMENTO	FUNCIÓN
Borneras dobles (J1, Fuente 1)	Entrada y salida de alimentación, respectivamente, del circuito de protección.
Diodo 1N4007 (D5)	Polarizado inversamente conectado a los terminales de la bobina del relé para evitar que corrientes inversas salgan del mismo.
Diodo LED (D3, D4)	Indican el estado de funcionamiento del circuito de protección.
Relé electromagnético (RL2)	Se encarga de cambiar de estado según sea el caso, ya sea normalmente abierto o normalmente cerrado.

Continúa →

ELEMENTO	FUNCIÓN
Botón (BT2)	Permite que el circuito vuelva a su estado normal después de provocarse un cortocircuito.
Resistencia – cuarto de vatio (R2)	Limita la tensión que ingresa a los diodos LED para evitar averiarlos.

La función del detector de cortocircuito se basa en un relé electromecánico de 5 voltios, al obtener la etapa rectificadora y regulada en la entrada J1, se obtienen las siguientes instancias descritas en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Instancias del comprobador de cortocircuito.

INSTANCIA	ACCIÓN
Inicial (Módulo encendido por primera vez)	Al encender por primera vez el módulo, el contacto normalmente cerrado NC del relé se encuentra en dicha posición, haciendo que el LED D4 (rojo) se encienda, indicando que en la salida FUENTE no existe voltaje.
Funcionamiento normal	Cuando el usuario presiona el botón BT2 la bobina del relé se activa haciendo que los contactos NA Y NC se inviertan; como resultado enciende el LED D3 (verde) y apaga el LED D4 (rojo), indicando que se tiene voltaje en la salida FUENTE.
Cortocircuito	Cuando se produce un cortocircuito (unión directa de positivo y negativo) por parte del usuario, la corriente busca el camino de retorno a GND con la menor resistencia posible, siendo este el mismo cortocircuito, como resultado la bobina del relé se desenergiza, volviendo a la instancia inicial y haciendo que el ciclo se repita.

NOTA: El diseño del detector de cortocircuito es el mismo tanto para la Fuente 1 como para la Fuente 2.

De igual manera se tomó en consideración una protección para todo el módulo, ubicando un fusible de 4A (considerando las mediciones respectivas del **ANEXO B**) en el primario del transformador, junto a un interruptor general como se muestra en la Figura 3.5.

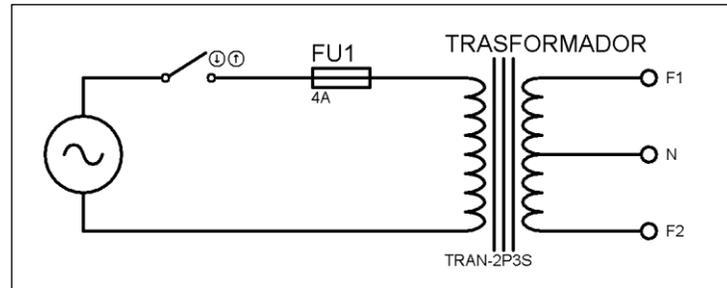


Figura 3.5: Protección general.

Diseño del circuito comprobador de *displays* de ánodo común y cátodo común.

De acuerdo a los datos de voltaje y corriente proporcionados en la Tabla 3.7 se realizaron los cálculos necesarios para las resistencias de protección, teniendo en cuenta un voltaje de alimentación de 5 voltios.

$$I = 12 \text{ mA}; V_{max} = 5 \text{ V}; V_{min} = 3.3 \text{ V}$$

$$V_{disp} = V_{max} - V_{min} = 1.7 \text{ V}$$

Ecuación 3.6: Formula para el cálculo de la tensión en los *displays*.

$$R = \frac{V_{max} - V_{disp}}{I} = 275 \Omega$$

Ecuación 3.7: Fórmula para el cálculo de las resistencias de protección de los *displays* de ánodo y cátodo común.

La resistencia comercial más cercana es de 330 Ω [53].

Para el circuito comprobador de *displays* de 7 segmentos ánodo común, se usó el puerto de pines digitales, desde el pin 22 hasta el pin 28 del Arduino MEGA 2560 y es energizado por 5 VCC como se puede observar en la Figura 3.6.

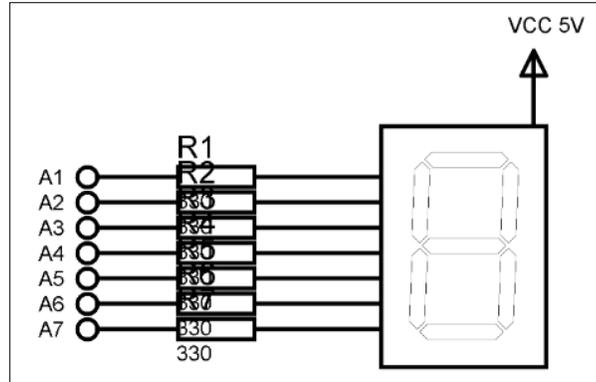


Figura 3.6: Circuito comprobador del *display* 7 segmentos AC.

La asignación de pines del circuito comprobador de *display* de 7 segmentos de ánodo común se detalla en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11: Distribución de pines del circuito comprobador de *display* 7 segmentos AC.

TERMINAL	FUNCIÓN
A1	Se conecta directamente al pin 0 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento “a” del <i>display</i> de 7 segmentos AC.
A2	Se conecta directamente al pin 1 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento “b” del <i>display</i> de 7 segmentos AC.
A3	Se conecta directamente al pin 2 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento “c” del <i>display</i> de 7 segmentos AC.
A4	Se conecta directamente al pin 3 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento “d” del <i>display</i> de 7 segmentos AC.
A5	Se conecta directamente al pin 4 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento “e” del <i>display</i> de 7 segmentos AC.

Continúa →

TERMINAL	FUNCIÓN
A6	Se conecta directamente al pin 5 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento "f" del <i>display</i> de 7 segmentos AC.
A7	Se conecta directamente al pin 6 del puerto A, de la placa Arduino, enciende el segmento "g" del <i>display</i> de 7 segmentos AC.
VCC 5V	Punto en común donde se unen todos los diodos del <i>display</i> de 7 segmentos, el terminal se conecta al pin que entrega 5V de la placa del Arduino MEGA 2560.

El comprobador del *display* de 7 segmentos de cátodo común, es similar al comprobador de *display* de 7 segmentos de ánodo común, pero con lógica inversa, se colocó un paquete de resistencias "respack" con el mismo valor antes calculado conectado directamente a tierra, como se puede ver en la Figura 3.7, el cual permitirá proteger el *display* de 7 segmentos.

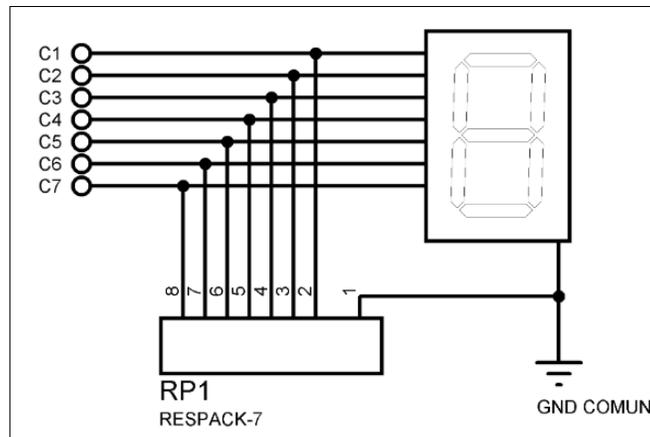


Figura 3.7: Circuito comprobador del *display* 7 segmentos CC.

La distribución de pines se especifica en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: Distribución de pines del circuito comprobador de *display* de 7 segmentos CC.

TERMINAL	FUNCIÓN
C1	Se conecta directamente al pin 6 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “a” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
C2	Se conecta directamente al pin 5 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “b” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
C3	Se conecta directamente al pin 4 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “c” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
C4	Se conecta directamente al pin 3 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “d” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
C5	Se conecta directamente al pin 2 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “e” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
C6	Se conecta directamente al pin 1 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “f” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
C7	Se conecta directamente al pin 0 del puerto C, de la placa Arduino, enciende el segmento “g” del <i>display</i> de 7 segmentos CC.
GND COMUN	Punto en común de todos los segmentos del <i>display</i> 7 segmentos de cátodo común, el pin va conectado directamente al GND COMUN.

Diseño del circuito probador de diodos LED

El circuito comprobador de LEDs corresponde a una salida digital del Arduino MEGA 2560 con su respectiva resistencia de protección conectada a LEDs en paralelo. Ver figura 3.8.

Para obtener el valor de la resistencia de protección del probador de LEDs se utilizaron los valores de voltaje y corriente de la Tabla 3.7.

$$V_{max} = 5 V; V_{min} = 3.3 V$$

$$V_{led} = V_{max} - V_{min} = 1.7 V$$

Ecuación 3.8: Fórmula para el cálculo del voltaje que consume un diodo LED.

Debido a que la corriente consumida por un LED depende de su color, se realizó un promedio de la corriente dependiendo de los colores más típicos.

$$I_r = 20mA; I_v = 4mA$$

$$I = \frac{I_r + I_v}{2} = 12 mA$$

Ecuación 3.9: Fórmula para el cálculo del valor de corriente que consumirá el diodo LED.

Con los valores de voltaje y corriente antes obtenidos se realiza el cálculo de la resistencia de protección colocada en la Figura 3.8.

$$R = \frac{V_{max} - V_{led}}{I} = \frac{5 v - 1,7 v}{12 mA} = 275 \Omega$$

Ecuación 3.10: Fórmula para el cálculo de la resistencia de protección para el diodo LED.

La resistencia comercial más cercana es de 330 Ω [53].

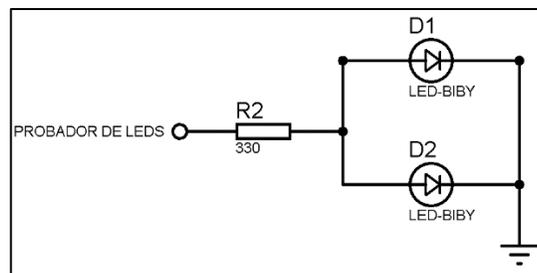


Figura 3.8: Circuito comprobador de diodos LED.

Diseño del circuito comprobador de compuertas lógicas

El comprobador de compuertas lógicas se ubica en el puerto analógico del Arduino MEGA 2560 (estos necesariamente funcionando como pines digitales), cuenta con un transistor encargado de habilitar y deshabilitar el comprobador solo cuando sea necesario, evitando, de esta manera consumos de corriente innecesarios, ver Figura 3.9.

Un transistor puede ser utilizado como un interruptor electrónico, funcionando solo en corte como circuito abierto y en saturación como circuito cerrado.

Para calcular el valor de la resistencia que va conectada en la base del transistor se utilizó los valores de la Tabla 1.6 y 3.7.

$$V_{dc} = 5 V; I_{comp} = 80 mA; \beta = 25; V_{be} = 0.7 V$$

Para obtener la corriente de base I_b , se selecciona la corriente que circulará por el colector y se la divide para la menor ganancia del transistor, debido a que generalmente cada integrado 74xx internamente tiene 4 compuertas, el valor de corriente se multiplica por 4.

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{80 mA * 4}{25} = 12.8 mA$$

Ecuación 3.11: Fórmula para el cálculo de la corriente de base

Para calcular la resistencia de base R_b se usó la siguiente fórmula:

$$R_b = \frac{V_{dc} - V_{be}}{I_b} = \frac{5 V - 0.7 V}{12.8 mA} = 335.9 \Omega$$

Ecuación 3.12: Fórmula para el cálculo de la resistencia de base.

La resistencia comercial más cercana es de 330 Ω [53].

Para evitar que malas polarizaciones por parte del estudiante al momento de colocar la compuerta para hacer la comprobación respectiva, se utilizó el diodo 1N4007 mismo que cuenta con una capacidad de corriente de 1 A, que resulta más que suficiente para la corriente de una compuerta.

Para comprobar la funcionalidad de una compuerta, será necesario comparar la tabla de verdad obtenida a través del Arduino MEGA con la de la compuerta correspondiente.

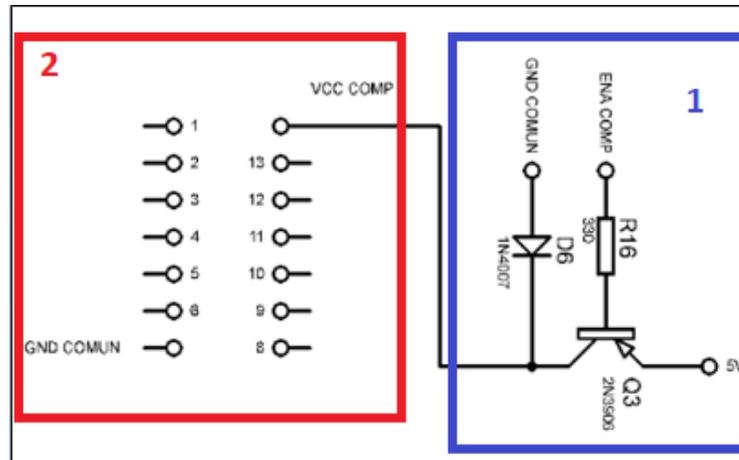


Figura 3.9: Circuito comprobador de compuertas lógicas.

La distribución de pines de la primera etapa se describe en la tabla 3.13:

Tabla 3.13: Especificaciones de terminales y elementos del circuito comprobador de compuertas.

TERMINALES Y ELEMENTOS	FUNCIÓN
GND COMUN	Punto de referencia a tierra en común para todo el circuito.
ENA COMP	Terminal que se encarga de recibir una señal desde la placa Arduino Mega, activando o desactivando el circuito comprobador.
5V	Terminal conectado al pin de 5 VDC de la placa Arduino MEGA 2560.
Diodo 1N4007 (D6)	Protección contra corrientes inversas producidas por la mala ubicación de la compuerta en el comprobador.
Resistencia 330 ohm (R16)	Reduce la intensidad que ingresa por la base del transistor.

Continua →

TERMINALES Y ELEMENTOS	FUNCIÓN
Transistor 2N3906 (Q3)	Actúa como conmutador teniendo dos estados, un estado de corte y otro de saturación.
1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12,13	Terminales correspondientes a las diferentes compuertas internas de los integrados.

Diseño del circuito comprobador de transistores TBJ

De igual manera que el circuito comprobador de compuertas, cuenta con un transistor que habilita y deshabilita el comprobador, haciéndolo solo cuando sea necesario, para evitar consumos de corriente innecesarios. Ver Figura 3.10.

Al igual que para el comprobador de compuertas, también se utilizó un transistor como interruptor electrónico en este circuito. Los cálculos para obtener el valor de la resistencia de base son los siguientes:

$$V_{ARD} = 9\text{ V}; I_{ne555} = 0.71\text{ A}; \beta = 25; V_{be} = 0.7\text{ V}$$

Para obtener la corriente de base I_b , se procede a seleccionar la corriente que circulará por el colector y se la divide para la menor ganancia del transistor:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0.71\text{ A}}{25} = 28.4\text{ mA}$$

Ecuación 3.13: Fórmula para el cálculo de la corriente de base

Para calcular la resistencia de base R_b se utilizó la siguiente fórmula:

$$R_b = \frac{V_{ARD} - V_{be}}{I_b} = \frac{9\text{ V} - 0.7\text{ V}}{28.4\text{ mA}} = 292.25\ \Omega$$

Ecuación 3.14: Fórmula para el cálculo de la resistencia de base.

La resistencia comercial más cercana es de 330 Ω [53].

De igual manera para evitar que malas polarizaciones por parte del estudiante al momento de hacer la comprobación respectiva, se utilizó el diodo 1N4007 mismo que cuenta con una capacidad de corriente de 1 A.

El integrado NE555 se encuentra en su configuración *astable* lo que quiere decir que, en conjunto con una serie de elementos pasivos, se obtendrá una señal cuadrada a su salida. El voltaje se obtiene del pin "ARD".

El funcionamiento del circuito comprobador de transistores corresponde a la Tabla 3.14, teniendo en cuenta que los LEDs D10 Y D11 se mantendrán intermitentes alternadamente a una frecuencia aproximada de 2 Hz.

Para determinar la frecuencia de aproximadamente 2Hz se realizaron los siguientes cálculos:

$$R7 = 100 \Omega; R6 = 33 \text{ k}\Omega; C1 = 10 \mu F; K = 0,693$$

$$T_{on} = K * (R7 + R6) * C1$$

$$T_{on} = 0,693 * (100\Omega + 33 \times 10^3 \Omega) * 10 \mu F = 229,9383 \times 10^{-3} \text{ Segundos}$$

Ecuación 3.15: Fórmula para el cálculo para la frecuencia de encendido del circuito integrado 555.

$$T_{off} = K * R6 * C$$

$$T_{off} = 0,693 * 33 \text{ k}\Omega * 10 \mu F = 228,69 \times 10^{-3} \text{ Segundos}$$

Ecuación 3.16: Fórmula para el cálculo para la frecuencia de apagado del circuito integrado 555.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off}$$

$$T_{total} = 229,9383 \text{ mS} + 228,69 \text{ mS} = 458,61283 \text{ mS}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{458,61283 \text{ ms}} = 2.18 \text{ Hz}$$

Ecuación 3.17: Fórmula para el cálculo de la frecuencia del circuito integrado 555.

Tabla 3.14 Funcionamiento del comprobador de transistores.

LED INTERMITENTE	FUNCIÓN
Rojo y verde	Transistor averiado o comprobador abierto (no existe ningún TBJ para comprobar).
Rojo	Transistor funciona y corresponde a un TBJ NPN.
Verde	Transistor funciona y corresponde a un TBJ PNP.

Cada LED se encenderá después de 1 Hz esto debido a que el 555 entrega una señal de reloj constante de 2 Hz por lo tanto cuando el 555 entregue un 1 lógico, el LED verde se encenderá mientras que cuando el integrado 555 entregue un 0 lógico se apagará el LED verde y se procederá a encender el LED rojo.

Debido a que el voltaje necesario para energizar el integrado 555 son 9 VDC se realizó un divisor de voltaje, para reducirlo hasta un valor lógico, dicho valor será utilizado para encender los diodos LED.

$$V_{divisor} = 9V * \frac{R9}{R9 + R10} = 9V * \frac{100\ \Omega}{100\ \Omega + 100\ \Omega} = 4.5V$$

Ecuación 3.18: Fórmula para el cálculo del divisor de voltaje para encender los diodos leds del circuito integrado 555.

De igual manera se realizó un divisor de voltaje para la entrada del terminal B (Base) del transistor.

$$V_{b\ divisor} = 9V * \frac{R8 + R10}{R8 + R9 + R10} = 9V * \frac{100\ \Omega + 100\ \Omega}{100\ \Omega + 100\ \Omega + 100\ \Omega} = 6V$$

Ecuación 3.19: Fórmula para el cálculo del voltaje de base en el transistor del circuito integrado 555.

Cuando se coloca un transistor en los terminales E (Emisor), B (Base) y C (Colector) la señal proveniente del pin 3 del integrado 555 ingresará por el terminal E (Emisor) y B (Base), esta señal estará constantemente enviando un voltaje positivo y negativo de 6

voltios. Dependiendo del tipo de transistor que se quiera comprobar, ya sea PNP o NPN, este se saturará permitiendo el paso de corriente entre colector y emisor.

Los diodos 1N4148 serán los encargados de conmutar el encendido o apagado de los LEDs según sea el transistor PNP o NPN, se puede utilizar diodos normales como los 1N4007, pero se escogió estos por su rápida velocidad de conmutación. A pesar de que la señal generada por el 555 no es tan rápida, se obtuvo mejores resultados con los diodos 1N4148.

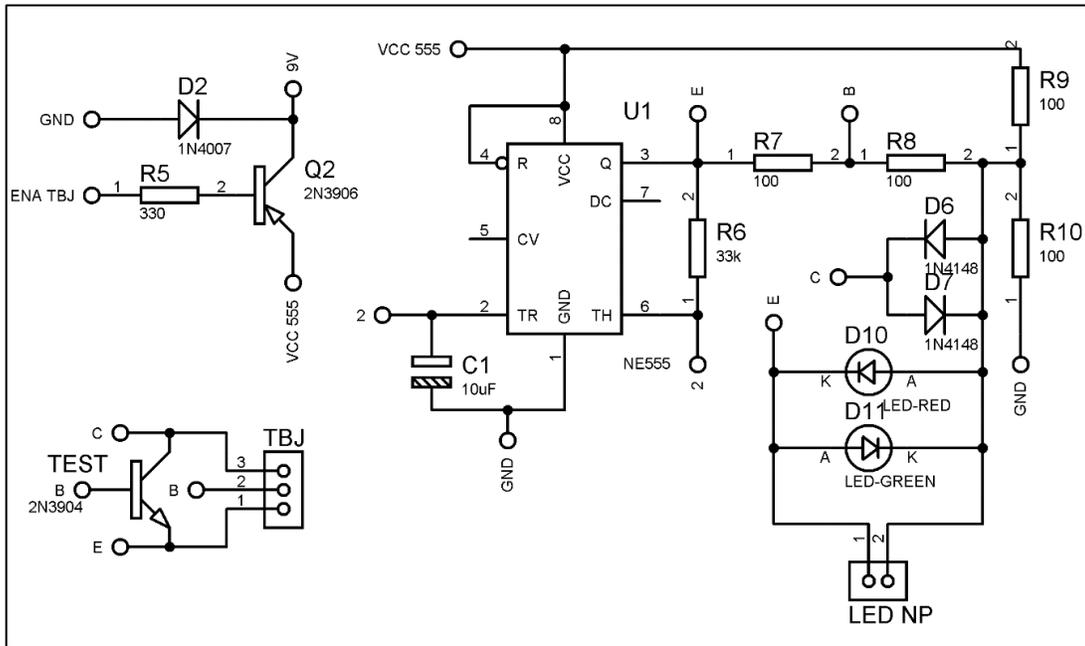


Figura 3.10: Circuito comprobador de transistores TBJ.

Diseño del circuito detector de estados lógicos, frecuencímetro, señal de reloj e interfaz gráfica.

Los siguientes circuitos sólo son accesos directos a los pines de la placa Arduino por lo que no es necesario colocar elementos extra. Estos servirán como salida de señales o entrada de señales, que, para una mejor accesibilidad, se los ubicó fuera del Arduino.

La principal función del frecuencímetro es medir la frecuencia que un circuito externo genera, por tal motivo se conecta directamente al pin digital configurado como entrada de la placa Arduino MEGA 2560. La frecuencia mínima y máxima que puede medir depende de la velocidad de reloj de la placa Arduino y de otros factores como la programación. A

tener en cuenta es que mientras mayor sea la frecuencia a medir, menor será la precisión de la lectura.

La salida de reloj permite a la placa Arduino generar una señal de onda cuadrada la cual será usada en el circuito externo implementado por el estudiante. Se conecta directamente desde la placa Arduino hacia cualquier circuito externo y al igual que el frecuencímetro sus parámetros estarán limitados tanto por las capacidades del Arduino como por su programación.

Para la interfaz gráfica se tomó en cuenta los pines necesarios, los cuales son: VCC, GND, Rx y Tx, pines que como se mencionó antes, se ubican fuera de la placa Arduino para tener un fácil acceso.

Todas estas salidas o entradas se encontrarán disponibles a través de espadines o de los mismos conectores banana hembra del frontal del módulo.

Diseño del voltímetro

El circuito del voltímetro corresponde a una entrada analógica del Arduino MEGA, que, a diferencia de las anteriores entradas, este si necesita de elementos externos, todos para proteger la placa Arduino.

El diodo D3 correspondiente a un Zener 1N4733 con un voltaje de corte de 5.1 VDC se encuentra conectado inversamente a la entrada del voltímetro cumpliendo la función de conducir voltajes que exceden su nivel de corte a tierra, evitando que el sobre voltaje dañe el Arduino. De igual manera el diodo D5 conectado en la entrada negativa del voltímetro protege al Arduino de polarizaciones inversas. Ver Figura 3.11.

Los rangos de voltaje admitidos van desde 0 VDC a 5 VDC, estos rangos y la precisión de estos valores dependerán de las capacidades de la placa Arduino y su programación.

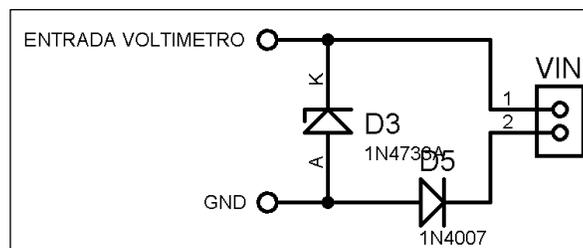


Figura 3.11: Protecciones para el medidor de voltaje.

Diseño del circuito de la interfaz inalámbrica

El módulo WiFi trabaja a un voltaje de 3,3 VDC, obtenidos de las salidas reguladas del Arduino. Al solo enviar datos a la placa Arduino y no recibirlos, no es necesario cambiar el valor lógico de la comunicación serial por parte del Tx del Arduino.

Para habilitarlo y deshabilitarlo según sea necesario, se utilizó el pin “Enable” Ver Figura 3.12 y al ser un módulo cuyo nivel de voltaje máximo es 3,3 V se realizó un divisor de voltaje para no dañar el módulo.

$$V_{divisor} = V_{in} * \frac{R2 + R3}{Rt} = 5 V * \frac{10 K\Omega + 10 K\Omega}{10 K\Omega + 10 K\Omega + 10 K\Omega} = 3.3 V$$

Ecuación 3.20: Fórmula para el cálculo del divisor de voltaje para el módulo WIFI.

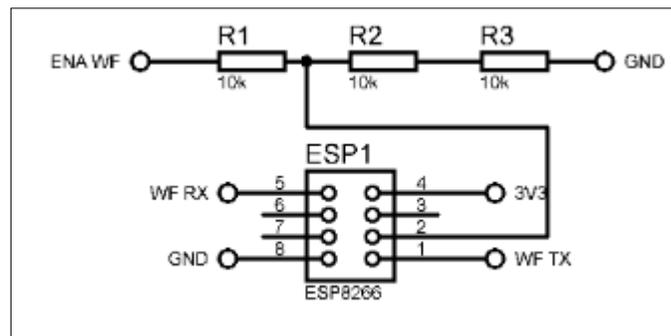


Figura 3.12: Circuito de la interfaz gráfica.

3.2. Elección del mejor diseño para el módulo completo

Circuitos del módulo

El módulo entrenador lógico comprende varios circuitos, sin embargo, en un inicio se diseñó cada circuito por separado, como se puede observar en la Figura 3.13, la cual contiene el circuito comprobador de TBJ con una fuente de alimentación externa. Este circuito permite comprobar el correcto funcionamiento de un transistor TBJ, sin embargo, está diseñado para funcionar de forma continua.

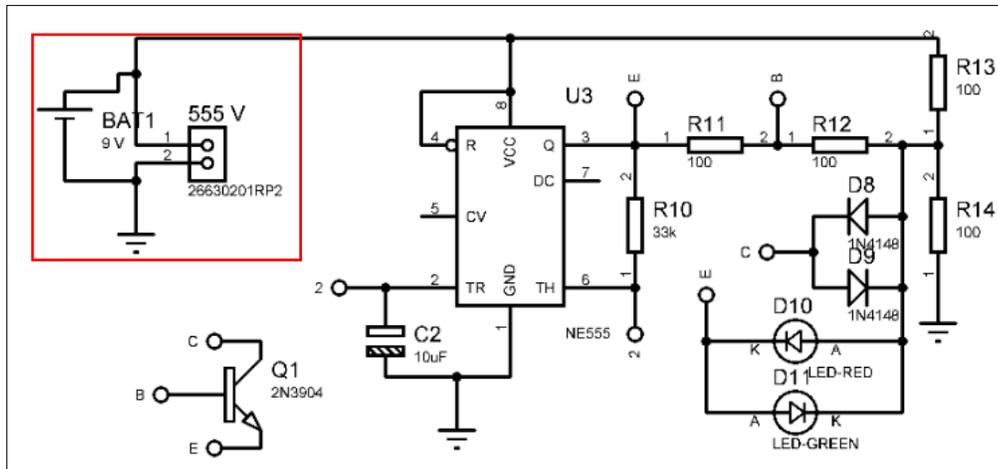


Figura 3.13: Primer circuito diseñado para el comprobador de transistores TBJ.

El circuito de la Figura 3.14, en comparación al circuito de la Figura 3.13 es mejor, debido a que no funciona de forma continua. Es decir, solo funciona cuando recibe una señal externa enviada desde la placa Arduino, permitiendo evitar un consumo excesivo de corriente eléctrica.

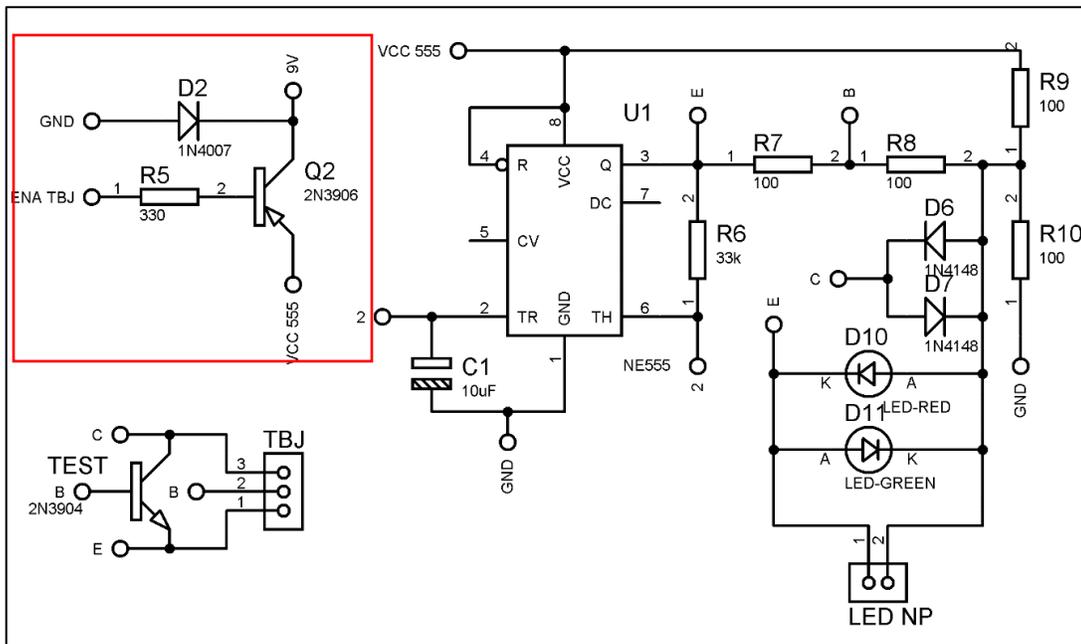


Figura 3.14: Circuito final del comprobador de transistores.

Por otra parte, el circuito comprobador de compuertas lógicas también se diseñó de forma separada como se puede observar en la Figura 3.15, el circuito funciona de forma continua, además los terminales que se encuentran dentro del recuadro rojo se conectan

directamente en la placa de Arduino Atmega 2560 para ser energizados. Sin embargo, el circuito de la Figura 3.16 cuenta con un transistor que permite encender o apagar el circuito dependiendo de la señal recibida de la placa Arduino Atmega 2560.

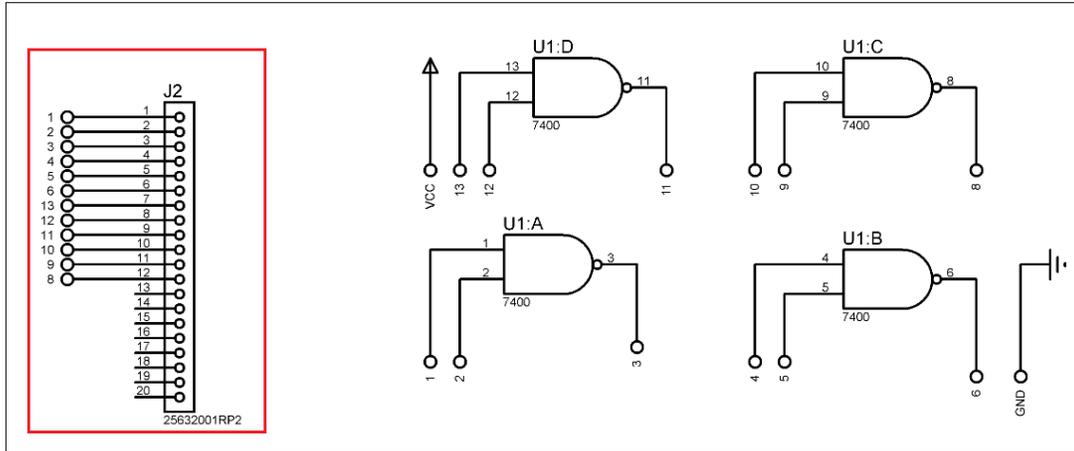


Figura 3.15: Primer circuito diseñado para el comprobador de compuertas lógicas.

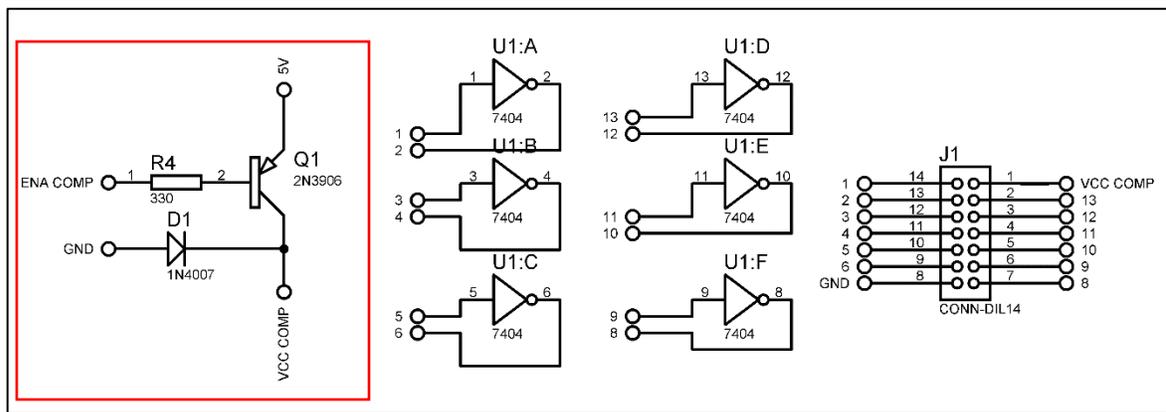


Figura 3.16: Circuito final del comprobador de compuertas

NOTA: Los diseños de las Figuras 3.15 y 3.16 contienen diferentes compuertas solo a modo de interpretar a utilización de una compuerta lógica.

Para un mejor manejo y distribución de los circuitos diseñados en el punto 3.1 del presente documentos, se decidió realizar 3 PCB unificadas. El PCB de la fuente, que cuenta con los circuitos para la transformación, rectificación y regulación de voltaje, PCB *shield*, que corresponde a la integración de todos los circuitos comprobadores y el PCB de los comprobadores en donde el estudiante colocará los elementos a ser comprobados.

Para tener una mejor integración de todos los circuitos con la placa Arduino MEGA se realizó una “*shield*” la cual contendrá todos los circuitos mencionados en el punto 3.1, de esta, se distribuirán las diferentes entradas y salidas de cada característica del módulo.

Con la herramienta 3D *Visualizer* proporcionada por el programa Proteus se puede obtener una vista 3D del diseño de la PCB. Ver imagen 3.17.

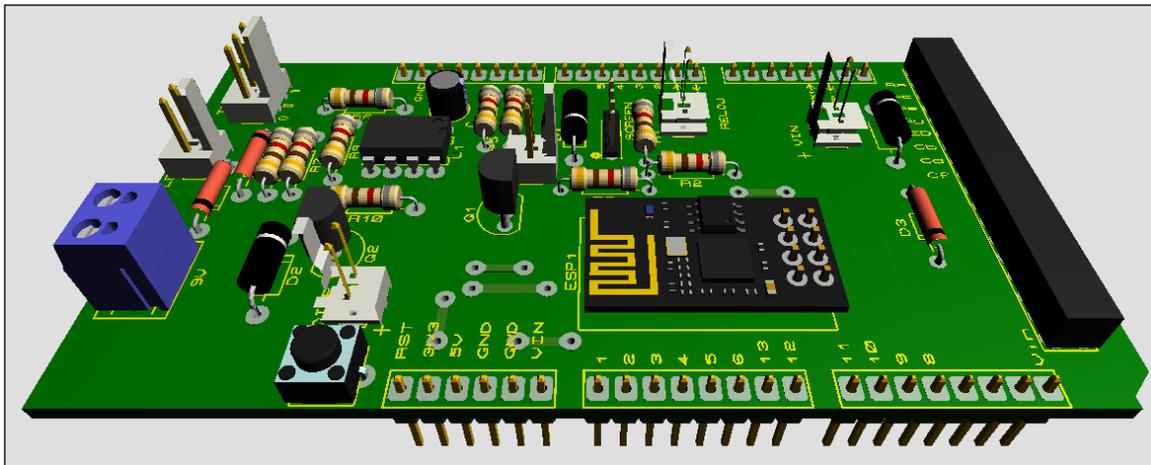


Figura 3.17: Diseño PCB 3D de la *shield*.

NOTA: Los espacios y distancias entre los pines del Arduino MEGA fueron proporcionados por la misma librería que permitió simular dicha placa en Proteus.

El diseño esquemático correspondiente a la PCB denominada “*shield*” se presenta en la Figura 3.18.

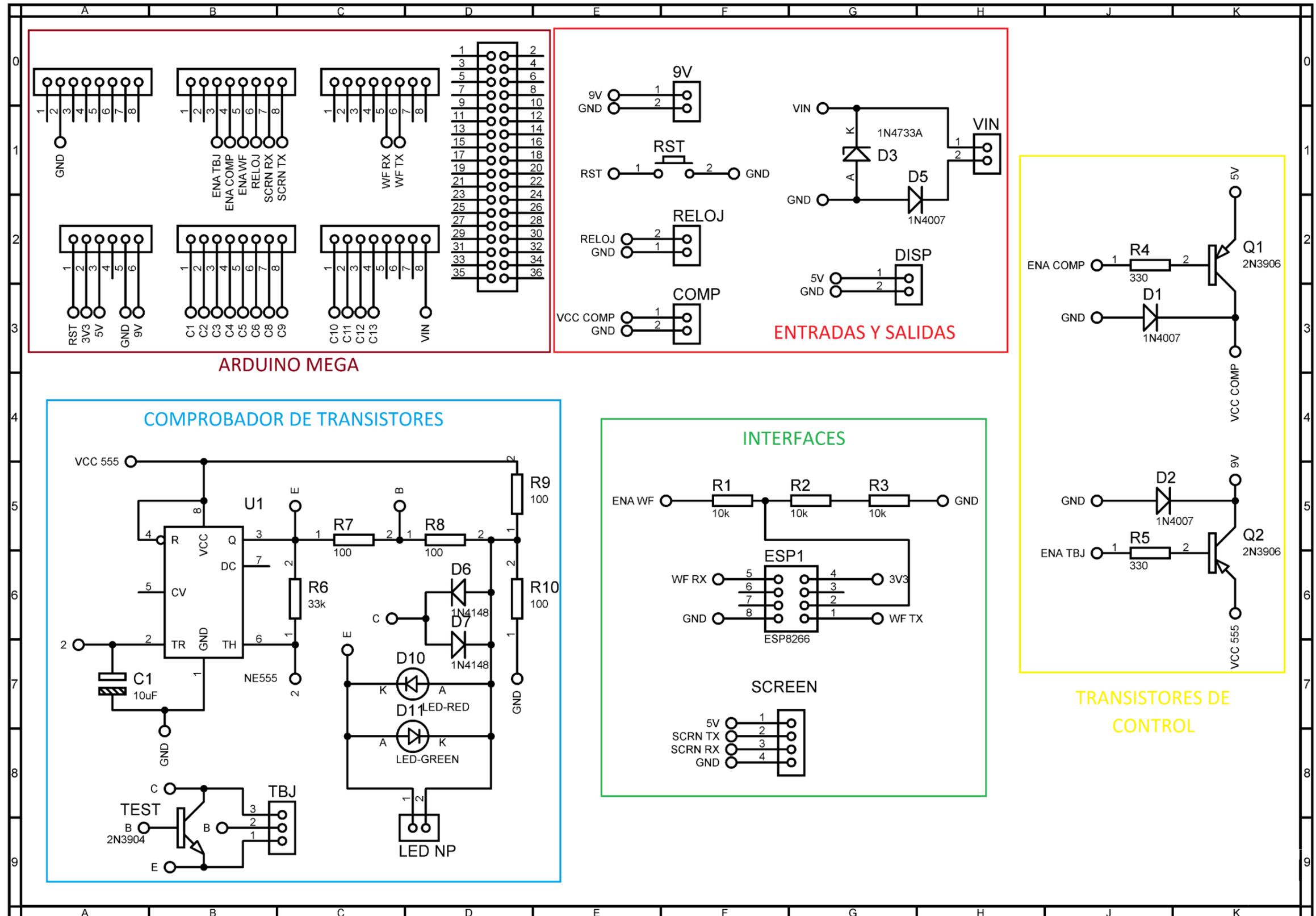


Figura 3.18: Diseño esquemático de los circuitos comprobadores, generadores y medidores.

El primer diseño de la placa PCB de los comprobadores se encontró unificada como se puede observar en la Figura 3.19. Sin embargo, se decidió cambiar la posición del comprobador de transistores TBJ para poder dividir la placa PCB en dos con el fin de ocupar menos espacio en el panel y además permitir acceder de mejor manera hacia las borneras de comprobación de transistores bipolares como se puede observar en la Figura 3.20.

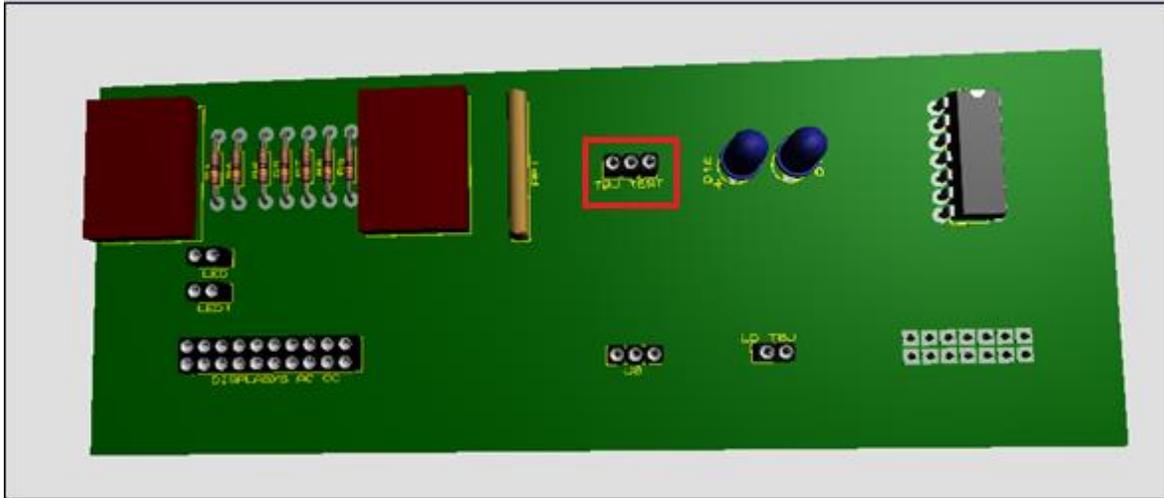


Figura 3.19: Primer diseño PCB del panel de comprobación.

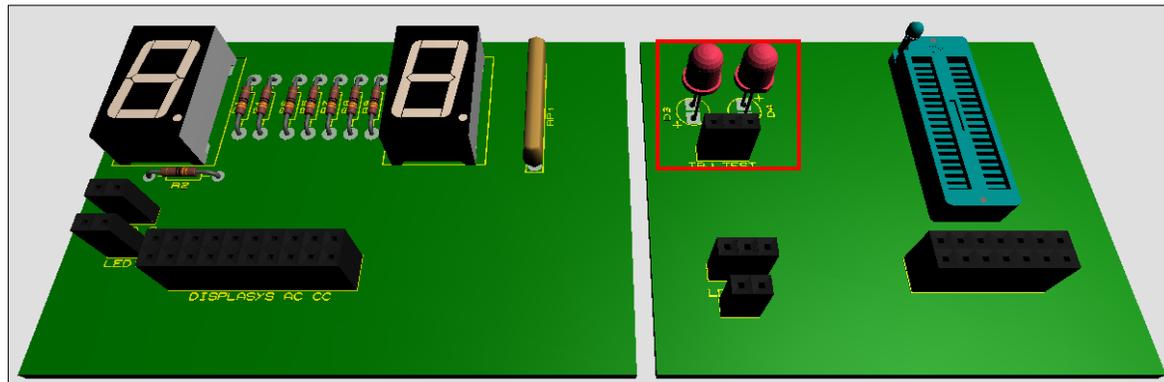


Figura 3.20: Diseño final de la PCB del panel frontal.

El diseño esquemático correspondiente a la PCB del panel frontal se presenta en la Figura 3.21.

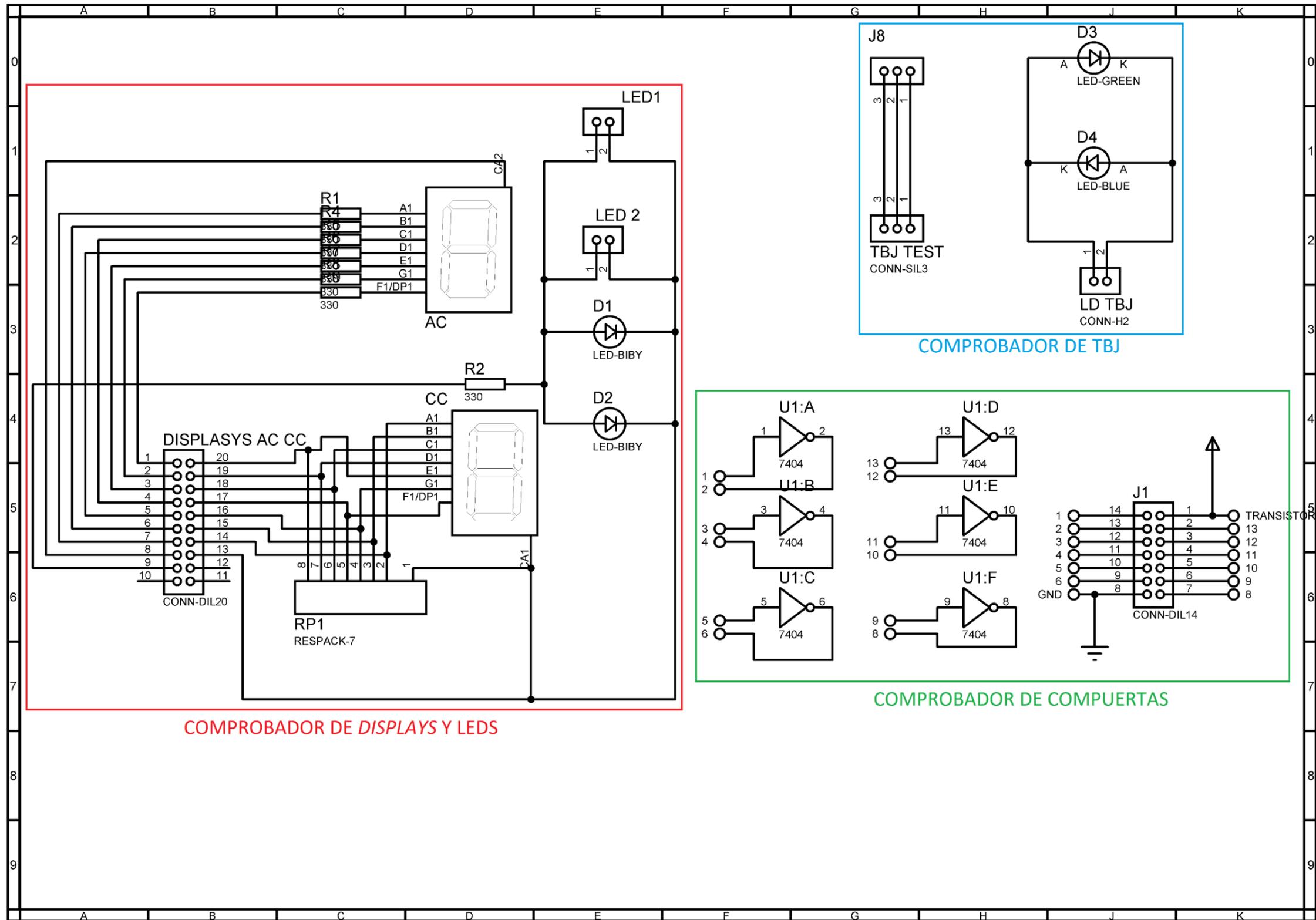


Figura 3.21: Diseño esquemático de los comprobadores, panel frontal del módulo.

El diseño correspondiente a la etapa de transformación, rectificación y regulación también se lo realizó en conjunto con el diseño detector de cortocircuito como se puede observar en la siguiente Figura 3.22.

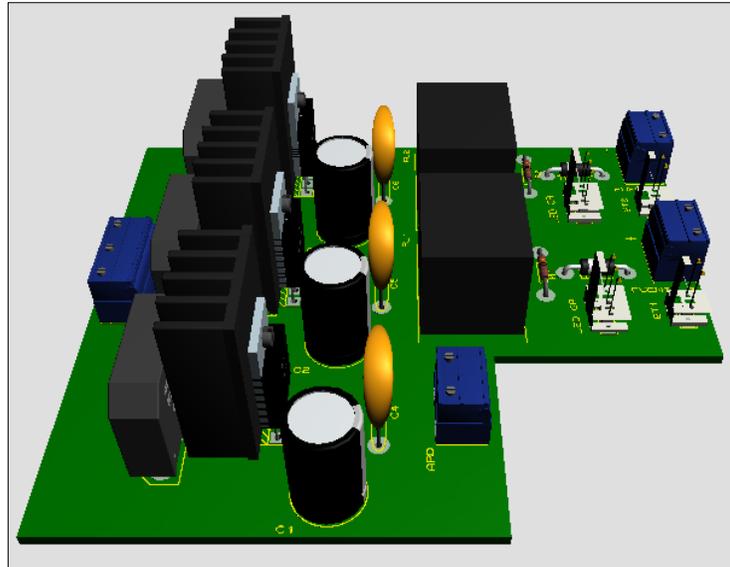


Figura 3.22: Diseño PCB 3D de las fuentes de energización.

El diseño esquemático correspondiente a la PCB de la fuente se presenta en la Figura 3.23.

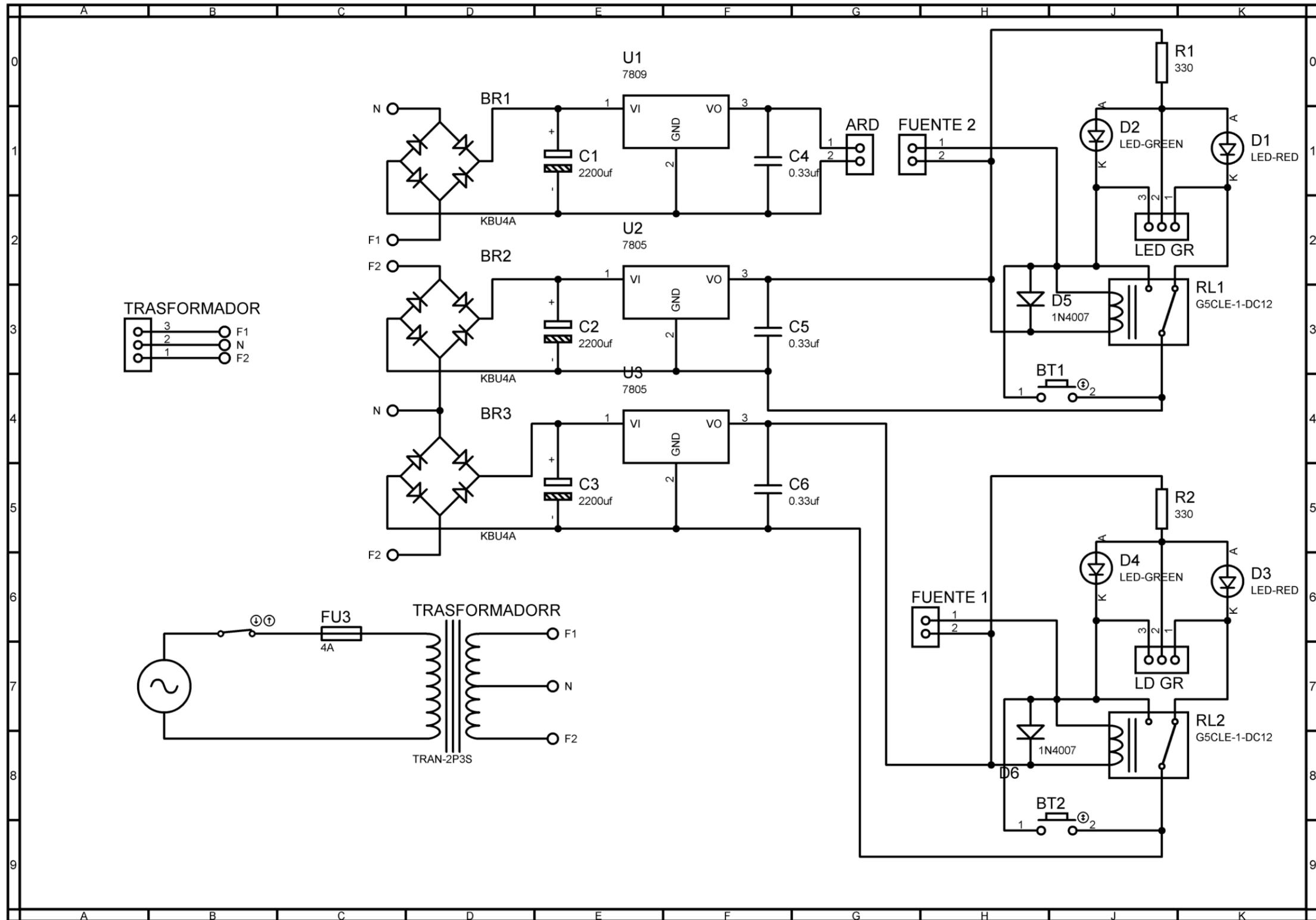


Figura 3.23: Diseño esquemático de las fuentes.

Caja del módulo

Para la realización del diseño de la caja del módulo se utilizó la herramienta de modelado 3D *SketchUp*, importando los modelos 3D que proporciona Proteus. Ver Figura 3.17, 3.20, 3.22, de esta manera se obtuvo medidas exactas para su diseño.

Se tomó en consideración la disposición de las diferentes PCB, la comodidad del estudiante para la utilización de la pantalla táctil y las diferentes salidas y entradas del módulo.

Para el diseño de la caja se obtuvo un diseño solo con dos paneles, uno para conectores banana y otro para la pantalla y comprobación de los elementos como se puede observar en la Figura 3.24. Sin embargo, este diseño presenta complicaciones cuando el estudiante proceda a comprobar los elementos por la inclinación del panel de comprobación, además, en el panel frontal inferior, no se aprovecha el espacio, debido a la distribución de las borneras.

Para solventar estos inconvenientes se diseñó otra caja con tres paneles, en el primer panel se encuentra solo la pantalla, el segundo panel contiene los circuitos comprobadores y finalmente el tercer panel que contiene todas las borneras para las fuentes externas, generador de frecuencia, comprobador de estado lógico, frecuencímetro y voltímetro como se puede observar en la Figura 3.25.

Debido a que el modelo de la primera caja no tiene un diseño óptimo, se entra en detalle sobre el segundo diseño de la caja.

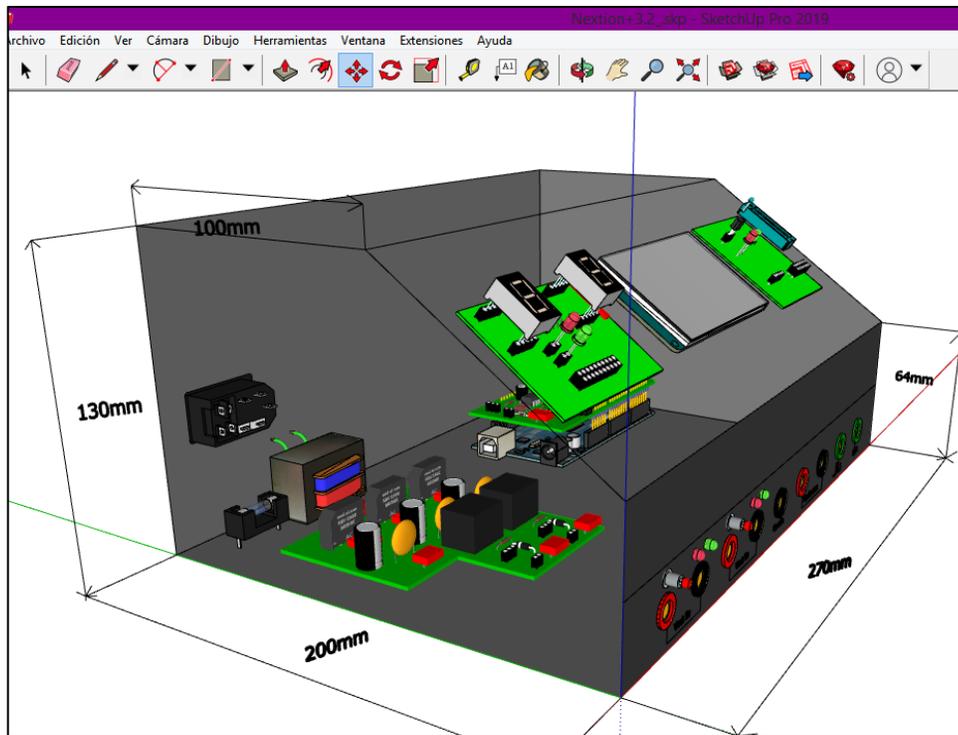


Figura 3.24: Primer diseño de la caja del módulo entrenador.

El del diseño de la Figura 3.25 en comparación al primer diseño de la caja, tiene un tamaño reducido, además le permite al estudiante tener un apoyo firme para colocar los componentes a ser comprobados.

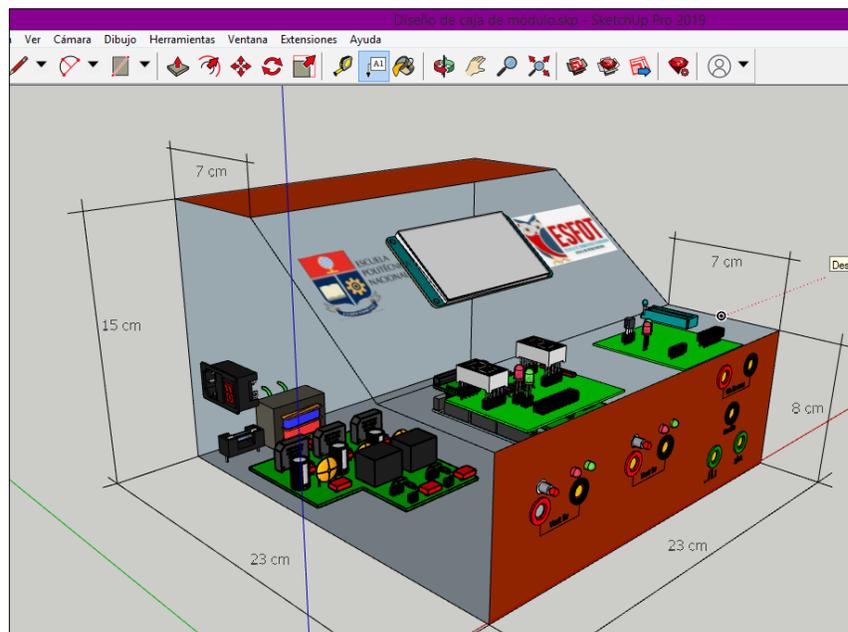


Figura 3.25: Diseño final y medidas de la caja del módulo.

A continuación, se describe la distribución de cada uno de los circuitos en la caja.

Frontal: En la parte frontal de la caja se distribuyen los diferentes comprobadores, como son: comprobador de LEDs y *displays* de ánodo y cátodo común, comprobador de compuertas lógicas y de transistores TBJ. Figura 3.26.

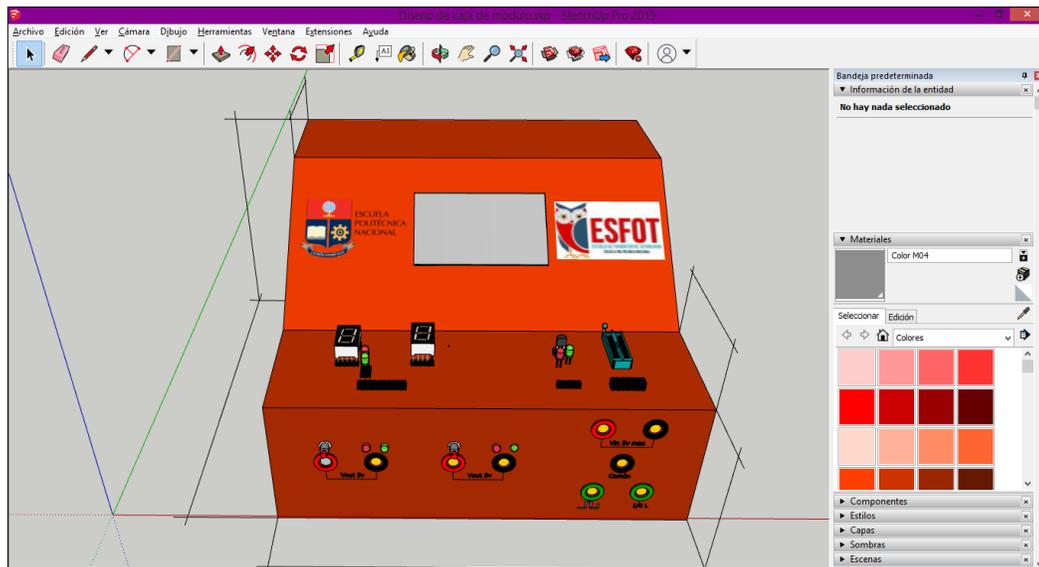


Figura 3.26: Parte frontal de la caja diseñada.

Frontal inferior: Se ubicó también las diferentes entradas y salidas que tiene el módulo para el uso de cada una de sus características. Ver Figura 3.27. Las 2 primeras entradas y salidas corresponden a las fuentes de 5 VDC para circuitos externos, con sus respectivos LEDs indicadores de funcionamiento y su botón de reinicio. La salida “Común” corresponde al GND necesario para la utilización de las salidas de color verde, correspondientes a la señal de reloj y el comprobador de estados lógicos. La salida “Vin 5v max” corresponde al multímetro del módulo.

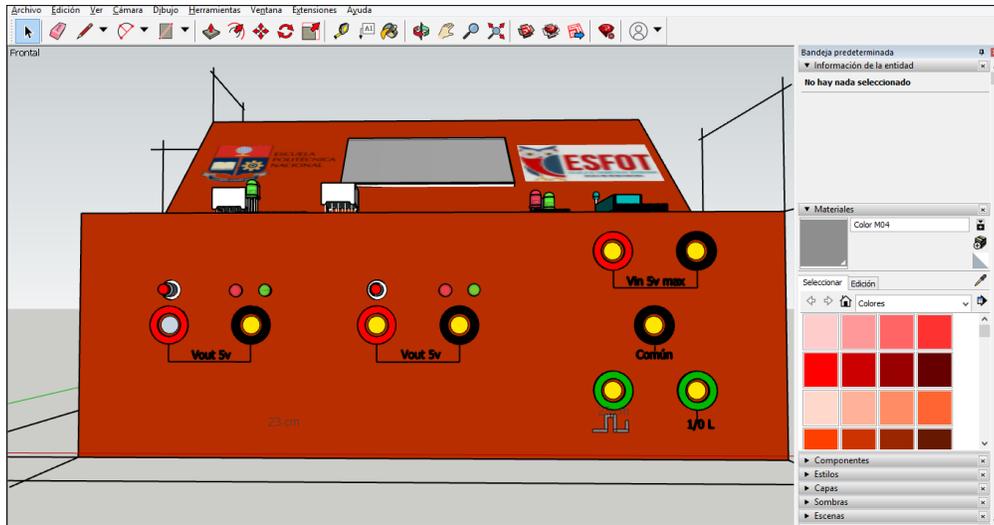


Figura 3.27: Parte frontal inferior.

En la Figura 3.28, se puede observar la distribución interna de los diferentes circuitos.

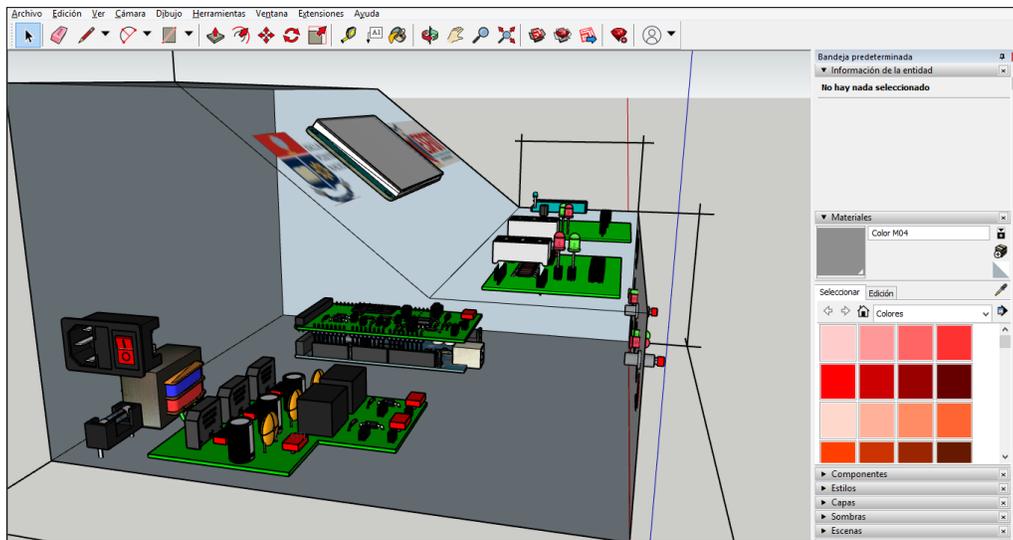


Figura 3.28: Distribución interna, vista lateral.

A continuación, en las Figuras 3.29 y 3.30 se enlistan los componentes internos de la caja.

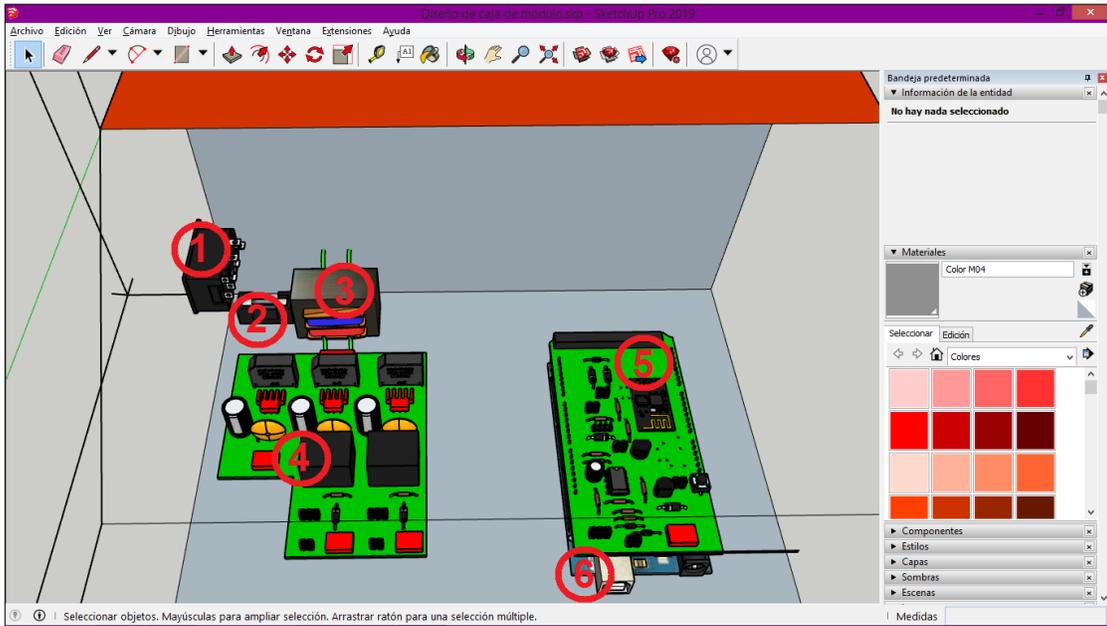


Figura 3.29: Distribución interna, vista superior.

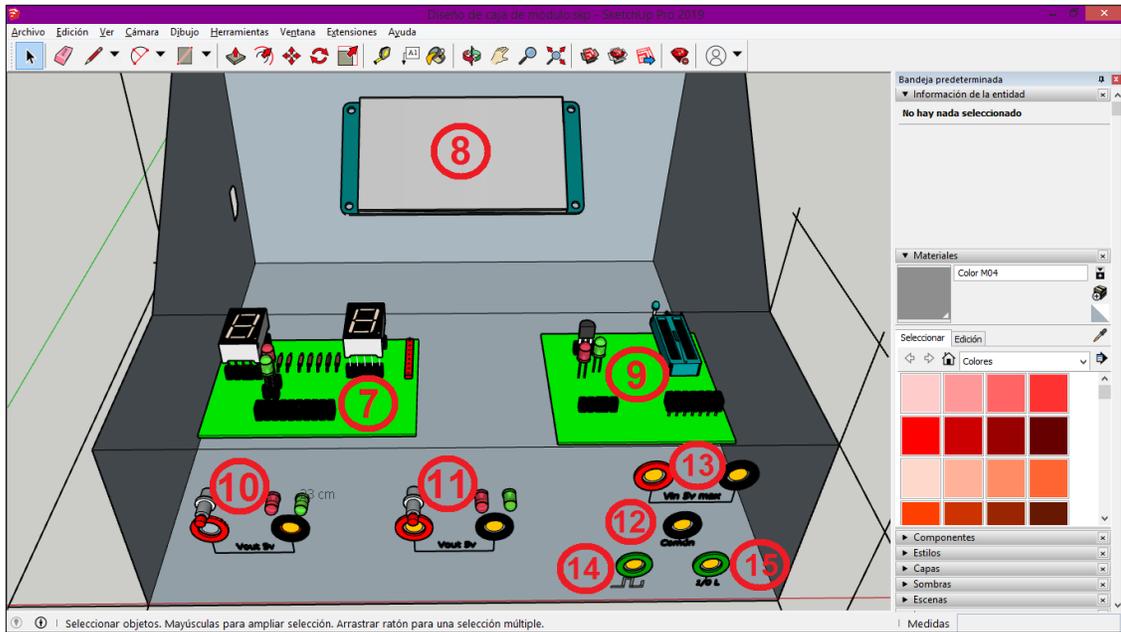


Figura 3.30: Distribución interna, vista frontal.

A continuación, en la tabla 3.15 se describe la distribución de componentes en la caja diseñada.

Tabla 3.15: Elementos internos del módulo.

COMPONENTE	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Fuentes	1	Interruptor general y toma de alimentación.
	2	Fusible de protección.
	3	Transformador.
	4	PCB de las fuentes de energización.
<i>Shield</i>	5	Corresponde a la integración de los circuitos en una sola PCB.
Arduino	6	Encargado de procesar la información.
Circuitos comprobadores	7	Comprobador de <i>displays</i> y LEDs.
	9	Comprobador de transistores y compuertas lógicas.
Pantalla	8	Pantalla Nextion de 3,2"
Entradas y salidas	10	Fuente 1: Salidas, LEDs indicadores y botón de reinicio.
	11	Fuente 2: Salidas, LEDs indicadores y botón de reinicio.
	12	Toma común general para señal de reloj y comprobador de estados lógicos.
	13	Entradas del voltímetro.
	14	Salida de señal de reloj.

COMPONENTE	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	15	Entrada de comprobador de estados lógicos.

Posterior: La parte posterior se puede observar en la Figura 3.31, donde se encuentra el conector para el cable de alimentación y el interruptor que enciende todo el módulo.

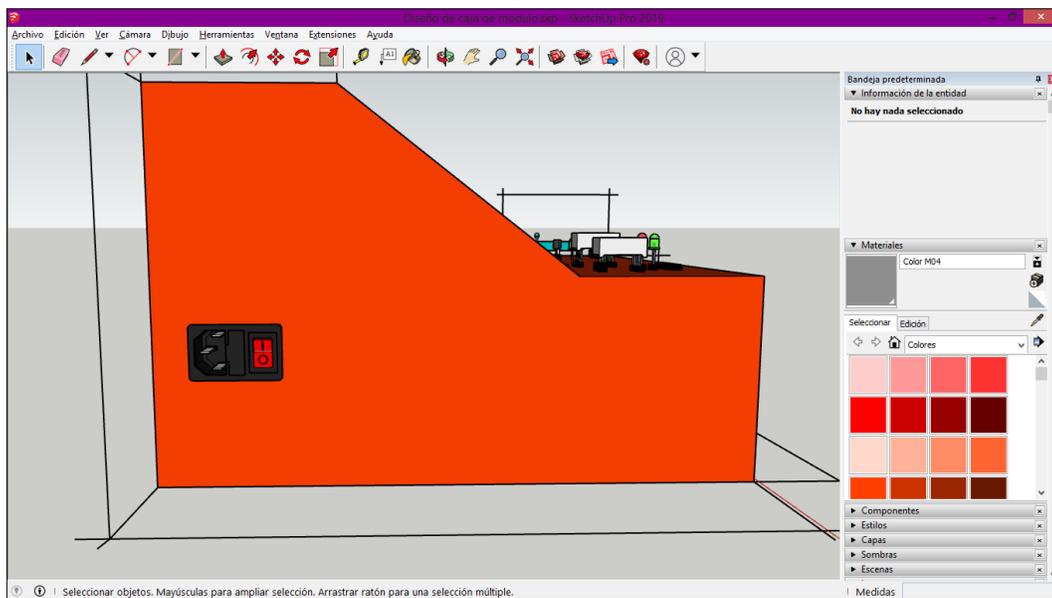


Figura 3.31: Parte posterior de la caja diseñada.

3.3. Diseño de la interfaz gráfica de la pantalla.

Para el diseño de la interfaz gráfica que se muestra en la pantalla se utilizó el *software* proporcionado por el mismo fabricante, *Nextion Editor*. Se puede descargar el *software* directamente desde su página *web* oficial, al instalarlo se muestra una pantalla de inicio como la de la Figura 3.32.



Figura 3.32: Pantalla de inicio del *software* *Nextion Editor*.

Para elaborar el diseño de la interfaz gráfica se realizó una serie de pasos que se describen a continuación:

a) El primer paso es crear un nuevo proyecto, seleccionando la opción “New”, es importante guardarlo, se despliega una pantalla como se observa en la Figura 3.31, donde se escoge el diseño de la pantalla, en este caso corresponde al modelo “Basic” de 3,2 pulgadas, con una memoria *flash* de 4Mb.

Se seleccionó la orientación de la pantalla, para un uso más eficiente de la pantalla se determinó usarla de forma horizontal. Cuando se finalizó con las configuraciones iniciales se mostró el espacio de trabajo con un área de pantalla de 240x400 *pixeles*.

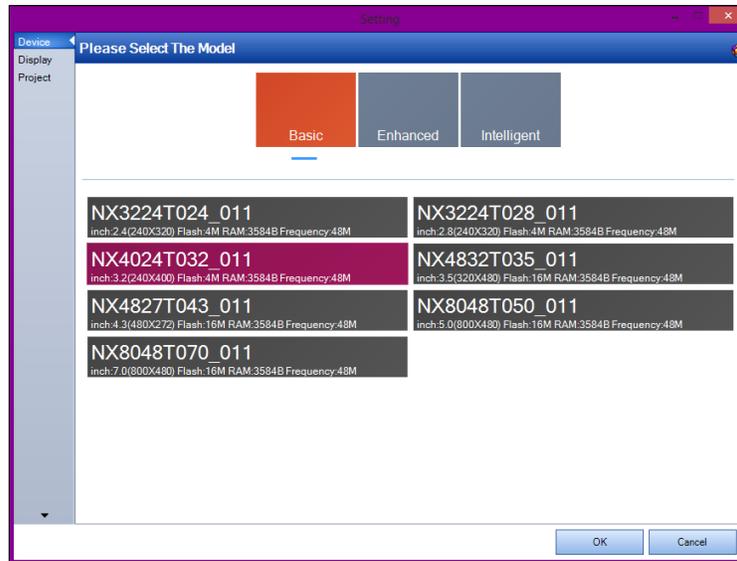


Figura 3.33: Configuración inicial.

b) El segundo paso fue agregar los tipos de fuente a usarse en el proyecto. En la barra se encuentra diferentes tipos de fuente, como se puede ver en la Figura 3.34 se seleccionó la opción *Tools/FontGenerator* para elegir los tipos de fuentes, en este caso se seleccionó dos tipos de fuente, “*ArialRounded*” y “*TimesNewRoman*” con un tamaño de 22 y 16 respectivamente, debido a que son fácilmente legibles.

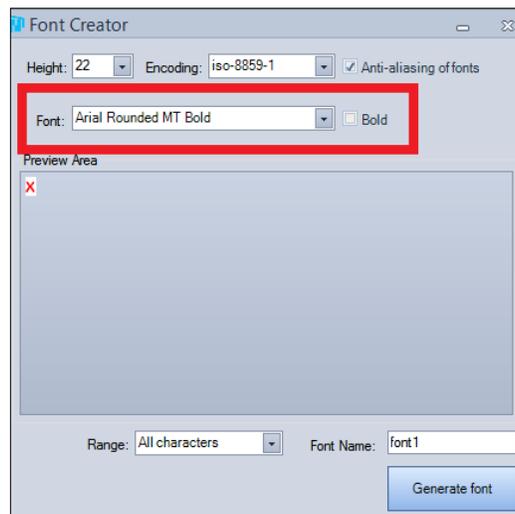


Figura 3.34: Configuración del tipo de fuente.

c) Una vez terminado de seleccionar, nombrar y guardar los tipos de fuente a usarse, las mismas se verán agregadas en la parte inferior derecha sección “*Fonts*”, ver Figura 3.35.

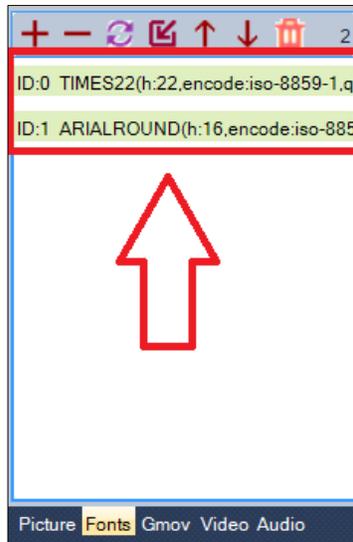


Figura 3.35: Fuentes agregadas.

d) Se procedió a añadir todas las imágenes a utilizarse en el proyecto desde la parte inferior izquierda, con la opción “*Pictures*” como se muestra en la Figura 3.36.

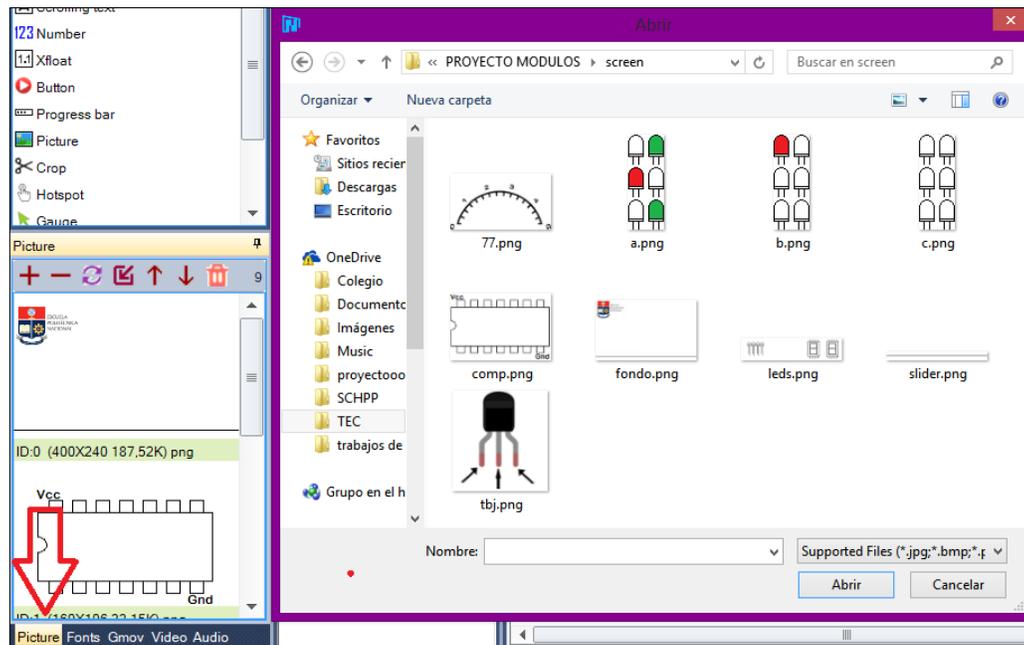


Figura 3.36: Imágenes usadas en la interfaz gráfica.

El uso de cada imagen se detalla en la Tabla 3.16:

Tabla 3.16: Detalle de imágenes usadas en la interfaz gráfica.

NOMBRE	FUNCIÓN
77.png	Muestra la posición del “ <i>gauge</i> ” en el voltímetro.
a.png	Utilizadas para mostrar el funcionamiento del comprobador de transistores TBJ.
b.png	
c.png	
comp.png	Muestra la posición en la que se deberá ubicar las compuertas lógicas.
fondo.png	Utilizada como fondo en la pantalla principal y en cada uno de los sub menús.
LEDs.png	Muestra la ubicación en la que se deberá colocar los <i>displays</i> de 7 segmentos AC Y CC.
slider.png	Utilizado para el fondo de la <i>slider</i> de la señal de reloj.
tbj.png	Muestra la posición en la que se deberá ubicar el TBJ para ser comprobado.

e) En la parte superior derecha, sección “*Page*” se añadió todas las páginas que contiene la interfaz, se seleccionó la opción “*add*” la cual permite añadir páginas y se añadió un total de 7 páginas como se muestra en la Figura 3.37.

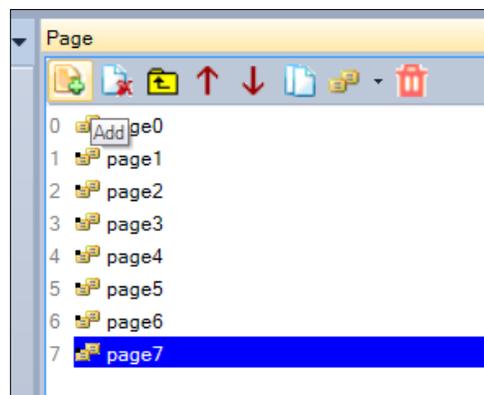


Figura 3.37: Páginas añadidas.

En la Tabla 3.17 se especifica el uso que de cada página.

Tabla 3.17: Uso de las páginas de la interfaz gráfica.

NOMBRE	FUNCIÓN
Page0	Muestra el nombre de la red, la contraseña y la dirección IP a la que el usuario deberá conectarse para realizar el registro.
Page1	Muestra el menú principal con las diferentes funciones que tiene el módulo.
Page2	Muestra el sub menú de los LEDs y <i>displays</i> .
Page3	Muestra el sub menú del comprobador de compuertas.
Page4	Muestra el sub menú del voltímetro.
Page5	Muestra el sub menú del generador de señal de reloj.
Page6	Muestra el sub menú del comprobador de compuertas.
Page7	Muestra el modo <i>Debug</i> donde se enlistan los usuarios registrados.

f) Se añadió la imagen “fondo.png” en cada una de las páginas, excepto la página número 7 ya que al ser un modo *Debug* (no visible por el usuario), no fue necesario. Para esto en la parte inferior izquierda, se seleccionó la página y se cambió el atributo “sta” por “image” y en “pic” se seleccionó el fondo de pantalla como se muestra en la Figura 3.38.

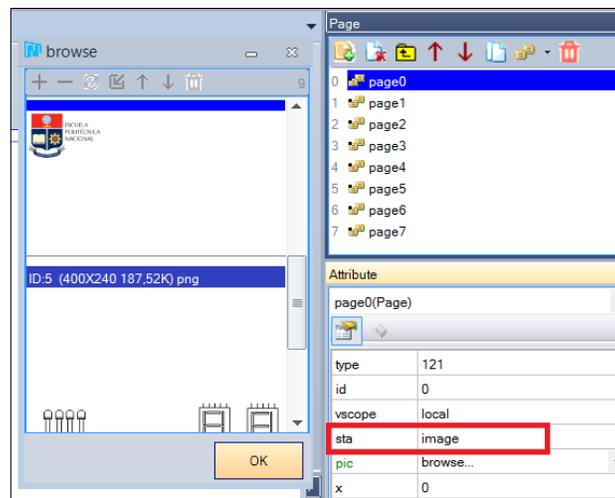


Figura 3.38: Configuración de imagen de fondo.

Para la página número 7 se cambió el atributo “sta” por “solid color” y en “bco”, seleccionado el color negro como se muestra en la Figura 3.39.

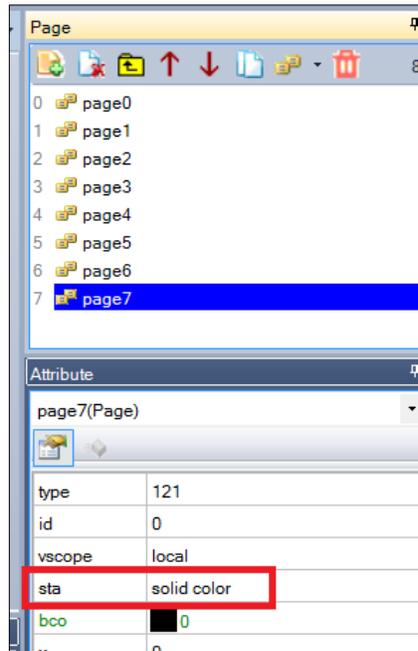


Figura 3.39: Configuración del fondo de la página 7.

g) Con la herramienta “Text” ubicada en la parte superior izquierda se añadió un encabezado con el siguiente texto: “ESFOT ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS” Figura 3.40, este texto se lo añadió en todas las páginas excepto en la séptima.

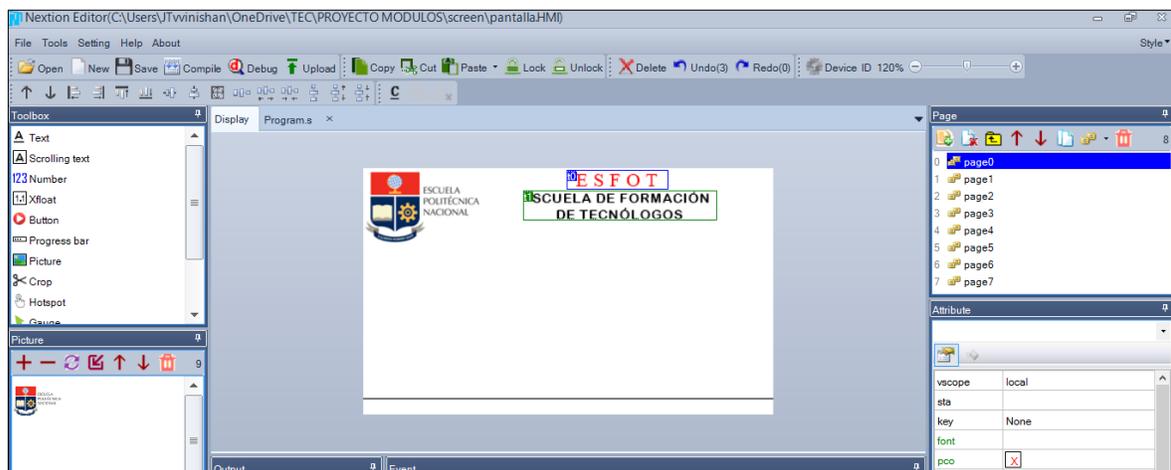


Figura 3.40: Encabezado de las páginas.

Se añadieron los botones para las imágenes y textos en cada una de las páginas para que cumplan con las funciones descritas en la Tabla 3.15.

Presentación de la interfaz gráfica

La interfaz gráfica contiene una serie de menús y submenús, los cuales permitirán al usuario interactuar con los circuitos antes diseñados, cada página diseñada para la interfaz se describe a continuación.

Page0: Esta página muestra el nombre y la contraseña de red, a la que el usuario se deberá conectar para su registro, así como la dirección IP a la que deberá ingresar para llevar a cabo esta acción. En la parte inferior se añadió un cuadro de texto en blanco para mostrar mensajes de error. Obteniendo un diseño como se muestra en la Figura 3.41.

The image shows a registration form with the following elements:

- Logo of ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL on the left.
- Header text: **ESFOT** and **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**.
- Input field labeled **ssid** with the text "Nombre de la red".
- Input field labeled **pass** with the text "Contraseña".
- Input field labeled **ip** with the text "IP".
- A large empty input field at the bottom labeled **mensaje de error**.

Figura 3.41: Información necesaria para el registro.

NOTA: En la parte inferior de todas las pantallas se mostrará información útil para el usuario, en este caso se añadió 3 cuadros de texto para mostrar: frecuencia medida, estado lógico medido y señal de reloj generada, esta información será útil de la página 1 a la 6, como se puede observar en la Figura 3.42.



Figura 3.42: Información útil para el usuario.

Page1: Esta página muestra el menú principal, el cual permite acceder a los sub menús de las diferentes características del módulo. Agregando los respectivos botones para las opciones de: LEDs, compuertas, transistores, voltímetro y señal de reloj, se obtuvo una interfaz gráfica como se muestra en la Figura 3.43, también se agregó un cuadro de texto en blanco donde se mostrará el nombre del usuario.

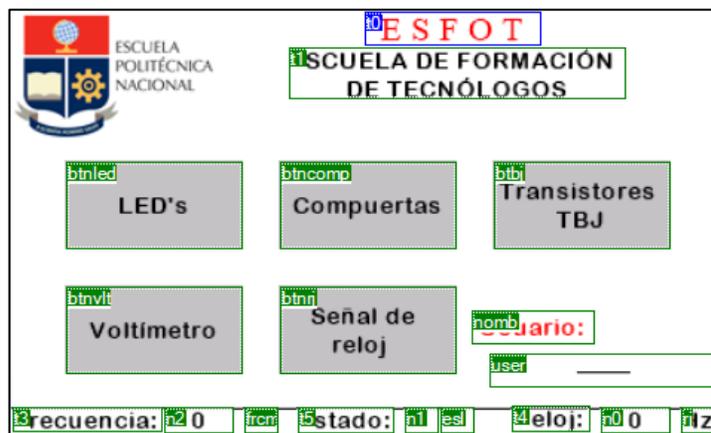


Figura 3.43: Pantalla principal de la interfaz gráfica.

Page2: En esta página se muestra la ubicación en la cual el usuario deberá colocar los *displays* y LEDs para su correcta comprobación de funcionamiento, se utilizó la imagen “LEDs.png” y bajo esta se agregó un botón “atrás” como se observa en la Figura 3.44, que permitirá regresar hasta la página principal.

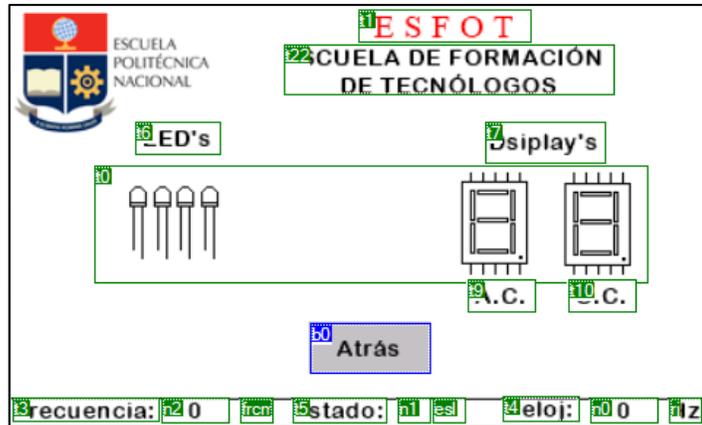


Figura 3.44: Página del comprobador de LEDs y *display* de 7 segmentos.

NOTA: El botón denominado “atrás” será añadido en todas las páginas de los sub menús, permitiendo al usuario retroceder de la página actual hasta el menú principal.

Page3: En esta página se muestra la ubicación en la cual, el usuario deberá colocar la compuerta lógica para su respectiva comprobación de funcionamiento, también cuenta con un botón “comprobar” y un cuadro de texto en blanco para mostrar el tipo de compuerta que pertenece, en la figura 3.45 se muestra la página diseñada.

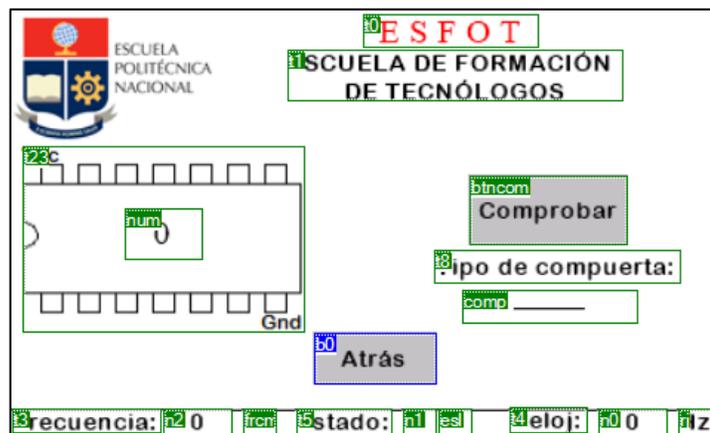


Figura 3.45: Página del comprobador de compuertas lógicas.

Page4: En esta página se muestra el denominado “gauge” agregado desde la barra lateral izquierda de herramientas con el fondo de imagen “77.png”, se acompaña de un cuadro numérico como muestra la Figura 3.46, que en conjunto muestran el valor del voltaje medido.

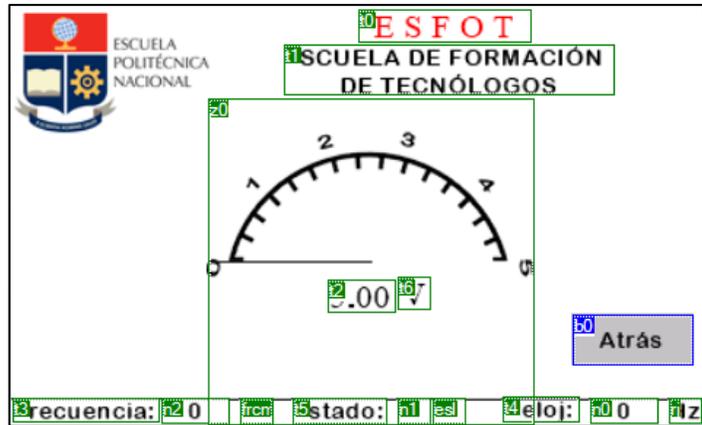


Figura 3.46: Interfaz gráfica del voltímetro.

Page5: En esta página se muestra una “slider” agregado, desde la barra lateral izquierda de herramientas, con el fondo de imagen “slider.png”, en esta página se escoge una señal de reloj de entre 1 a 10 Hercios. Ver Figura 3.47.



Figura 3.47: Interfaz gráfica del generador de frecuencia.

Page6: Esta página muestra la ubicación adecuada del transistor TBJ para su correcta comprobación de funcionamiento, para esto se agregaron las imágenes “tbj.png”, “a.png, b.png, c.png” con el fin de informar al usuario acerca del proceso de comprobación como se muestra en la Figura 3.48, correspondiente al circuito comprobador de transistores TBJ, al encenderse el LED verde y rojo alternadamente significa que el TBJ se encuentra averiado o que el comprobador está abierto (no existe ningún TBJ para comprobar), el parpadeo solo del LED rojo indicará que el transistor funciona y corresponde a un TBJ PNP, el parpadeo solo del LED verde indicará que el transistor funciona y corresponde a un TBJ NPN.

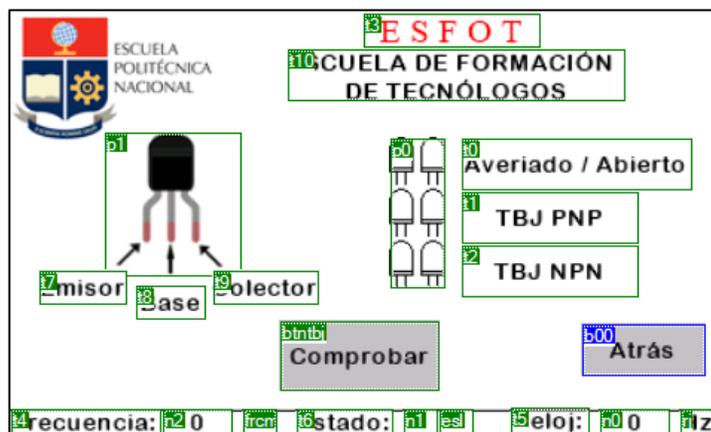


Figura 3.48: Página de comprobación de transistores TBJ.

Page7: Esta página corresponde al modo *Debug*, un requerimiento más por parte de la programación, modo en el que solo la persona que administre el laboratorio o los módulos tendrá acceso, aquí se agregó cuadros de texto con títulos de la información a mostrar y cuadros de texto vacíos en los que se mostrarán los nombres de los usuarios registrados, así como el número de usuarios como se muestra en la Figura 3.49.

Todos los datos serán procesados y almacenados en la memoria EEPROM del Arduino MEGA.

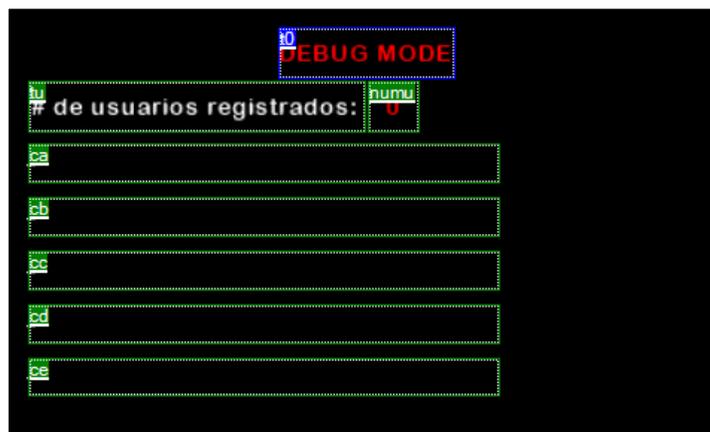


Figura 3.49: Página del administrador.

3.4 Diseño de la interfaz de comunicación entre el módulo y el dispositivo móvil

Para la interfaz inalámbrica se tomó en cuenta: tecnología, interferencia entre módulos, facilidad de conexión e información necesaria para que el usuario realice su registro.

En primera instancia se optó por usar un módulo *Bluetooth*, el cual permitiría a los estudiantes conectarse con los módulos entrenadores mediante una aplicación móvil, sin embargo, al usar esta tecnología se tenía la necesidad de crear dicha aplicación, lo que implica también la distribución de la misma y teniendo en cuenta los diferentes sistemas operativos en los dispositivos móviles, usar un módulo *Bluetooth* resultaba complicado.

Es por ello que se optó finalmente por usar un módulo WiFi que, funcionando como punto de acceso, se pueda realizar el registro del usuario a través de un navegador *web*, sin la necesidad de tener alguna aplicación extra. La ventaja principal de la tecnología 802.11 es que, a pesar de funcionar en la misma frecuencia que la tecnología *Bluetooth*, esta cuenta con la posibilidad de funcionar en 13 canales diferentes, evitando así la interferencia.

Análisis para el uso de la tecnología WiFi como comunicación entre el módulo y el dispositivo móvil.

Debido a la situación actual del país no se pueden realizar pruebas en las instalaciones de la Universidad, por lo tanto, el siguiente análisis es un estimado.

Para este análisis es necesario considerar las dimensiones del área en la cual van a funcionar las redes y posibles obstáculos e interferencias.

- Dimensiones.

Con la ayuda de *Google Maps* se obtuvieron medidas aproximadas del área del Laboratorio de Sistemas Digitales (LAB 20), ver Figura 3.50.



Figura 3.50: Medidas aproximadas del laboratorio.

Como se puede observar, se tiene un área de $66,93\text{m}^2$, se procedió a aproximar este valor para obtener el siguiente:

$$a = 11\text{m}; b = 6\text{m}$$

$$\text{Área} = a * b = 66\text{m}^2$$

Ecuación 3.21: Fórmula para el cálculo para establecer el área del Laboratorio.

Con la ayuda del mismo programa utilizado para el diseño de la caja, se realizó un plano del laboratorio, ver Figura 3.51.

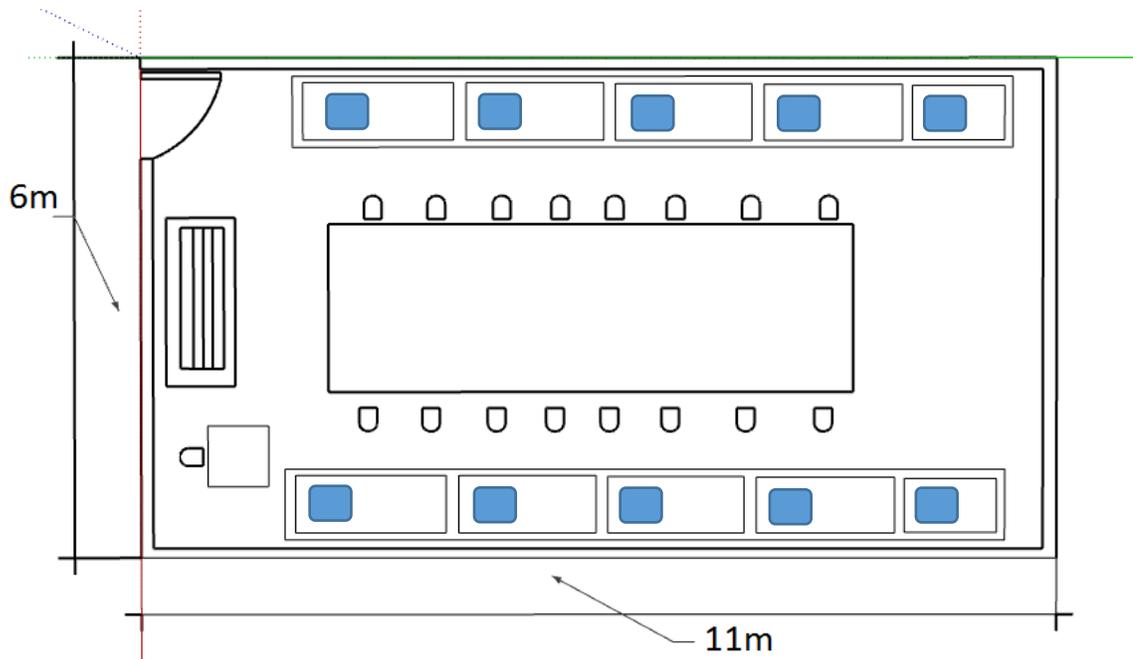


Figura 3.51: Plano del laboratorio

En el plano de la Figura 3.51 se ubican de color azul cada módulo, estimando que existen 20 alumnos que utilicen el laboratorio al mismo tiempo. Antes de realizar un análisis de interferencia entre las redes WiFi generadas, se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Como se ha mencionado a lo largo de este documento, un módulo entrenador lógico genera su propia red WiFi independiente de otras redes, el estudiante deberá conectarse a dicha red y realizar el registro con sus datos personales.
- Desde que se enciende un módulo toma aproximadamente 27 segundos en presentar toda la información necesaria para que el estudiante se conecte a la red e ingrese a la página de registro.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se realiza un análisis de interferencia entre módulos.

- **Obstáculos e interferencias.**

El Laboratorio de Sistemas Digitales se encuentra principalmente conformado por mesas y bancas, donde los estudiantes realizan sus prácticas. Al tener en cuenta que el estudiante tiene su espacio de trabajo y cada módulo se encontrara en el mismo, los obstáculos que se podrían presentar entre el usuario y el módulo son prácticamente nulos.

La interferencia que causa utilizar varios dispositivos en una misma frecuencia se trata de mitigar haciendo uso de una característica de la tecnología WiFi, misma que permite dividir en diferentes canales el uso de la misma frecuencia, que en este caso corresponde a 2.4GHz.

Para analizar la interferencia entre módulos se utilizó una aplicación móvil, misma que se puede conseguir en *Play Store* con el nombre de “*WiFi Analyzer and Surveyor*”. Permite analizar las redes WiFi que se encuentran cerca, su canal de funcionamiento, su frecuencia, entre otras características.

El código de colores de la intensidad de señal dada por la aplicación corresponde a la Figura 3.52. La intensidad de señal expresada en dB indica cuan menor o mayor es esta potencia respecto a la potencia de 1mW.

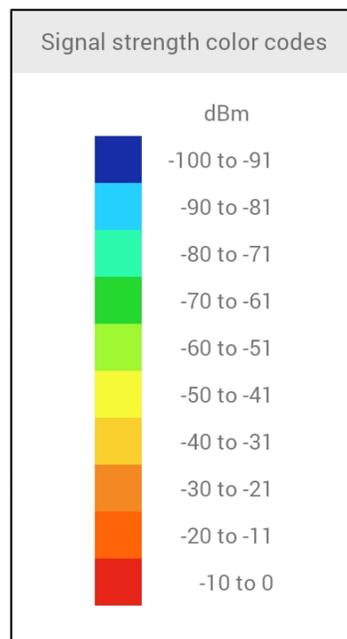


Figura 3.52: Código de colores de intensidad de señal.

Se procede a cargar el plano que se realizó para este análisis, se selecciona la ubicación en la que se encuentra cada punto de acceso y se ubica en el centro del plano.

NOTA: Como se mencionó, debido a la situación actual del país, no se puede realizar este estudio en las instalaciones de la Universidad, por lo que las distancias entre módulos y el área en donde se encuentran los mismos, es un estimado.

La distancia aproximada entre módulo es de 1,5m y 5m como se puede observar en la Figura 3.53. Para comprender de una forma sencilla la escala de dBm se entenderá como buena intensidad de señal con un número negativo bajo, mientras que, si este número negativo es mayor, corresponderá a una señal débil. Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se observa la intensidad de señal de red WiFi de cada módulo, teniendo como referencia el punto central del plano.

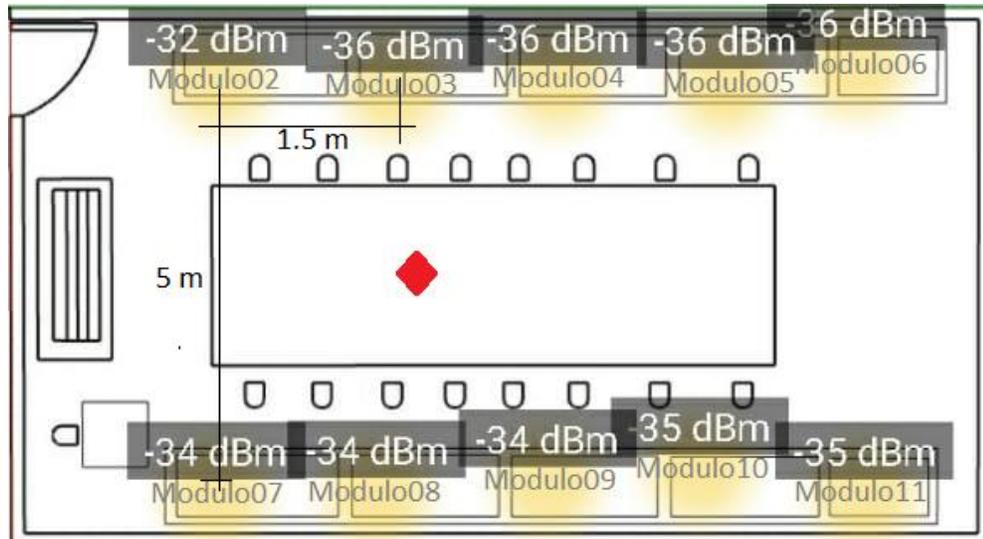


Figura 3.53: Intensidad de señal de cada módulo.

La ampliación también permite analizar la interferencia que existe entre cada red WiFi. En la sección “*Interference*” se observa el gráfico del canal en el que funciona cada red. En La Escuela Politécnica Nacional, la única red inalámbrica establecida de forma permanente corresponde a “EPN-LA100” por lo que dependiendo el canal en el que funcione esta red, existirá interferencia con el módulo que se encuentre en el mismo canal.

Una de las formas de tratar de mitigar la interferencia por uso de varios dispositivos en una misma frecuencia fue distribuir la red de cada módulo en un canal diferente,

como se puede observar en la Figura 3.54. Se puede evidenciar que existe *overlapping* entre cada canal



Figura 3.54: Gráfico de interferencia

Otro método que se aplicó para tratar de mitigar la interferencia fue que las redes WiFi solo se encuentren disponibles durante el registro del usuario, después del registro, el módulo WiFi se deshabilitará, finalizando toda comunicación externa y apagando la red.

A pesar de realizar estas formas de tratar de mitigar la interferencia, la misma sigue presente, causada por otros dispositivos funcionando en la misma frecuencia o por los mismos módulos debido al *overlapping*, sin embargo, en las pruebas de funcionamiento no se presentó ningún inconveniente respecto a pérdidas de conexión o de datos.

Diseño de la página web

La página web fue escrita en HTML en el programa Sublime Text, la estructura básica del código HTML se puede observar en la Figura 3.55.

```
<!DOCTYPE html>
<html class="no-js" lang="es">
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <meta http-equiv="x-ua-compatible" content="ie=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1, user-scalable=yes">
  <title></title>
</head>

<body>
|
</body>

</html>
```

Figura 3.55: Código de la estructura básica HTML.

De acuerdo a los requerimientos, se utilizó un formulario con los 3 campos, correspondiente a la estructura que se puede observar en la Figura 3.56.

```
<form action="" method="">
  <font >Nombre:</font><br>
  <input type="text" name="nomb" value="" placeholder="Ingrese su Nombre"><br>
  <font >Apellido:</font><br>
  <input type="text" name="apel" value="" placeholder="Ingrese su Apellido"><br>
  <font >C.I.:</font><br>
  <input type="number" name="ci" value="" placeholder="Ingrese su C.I."><br><br>
  <button type="submit" value="Submit">Enviar</button>
</form>
```

Figura 3.56: Código del formulario web.

Para darle estética a la página se añadió el logo de la Universidad, el cual se incluyó con la siguiente línea como se puede observar en la Figura 3.57:

```

```

Figura 3.57: Código para añadir el logotipo de la Universidad

Para complementar con la estética de la página, utilizando el atributo “*Style*” se le dio un color de fondo negro a la página y el texto en color blanco. El código final se muestra en el **ANEXO D** y el diseño final se puede observar en la Figura 3.58.



Figura 3.58: Interfaz de la página *web*.

La página *web* es almacenada en el módulo WiFi ESP8266 y esté funcionando como un AP el usuario se conectará a la red generada y podrá acceder a la página *web* diseñada.

3.5. Pruebas de funcionamiento.

Para realizar las respectivas pruebas de funcionamiento se utilizó el mismo *software* en el que fue diseñado cada circuito e interfaz. Se procedió a realizar las respectivas conexiones, con la ayuda de puertos virtuales se logró realizar la conexión de Proteus, con *Nextion Editor*. Ver Figura 3.59.

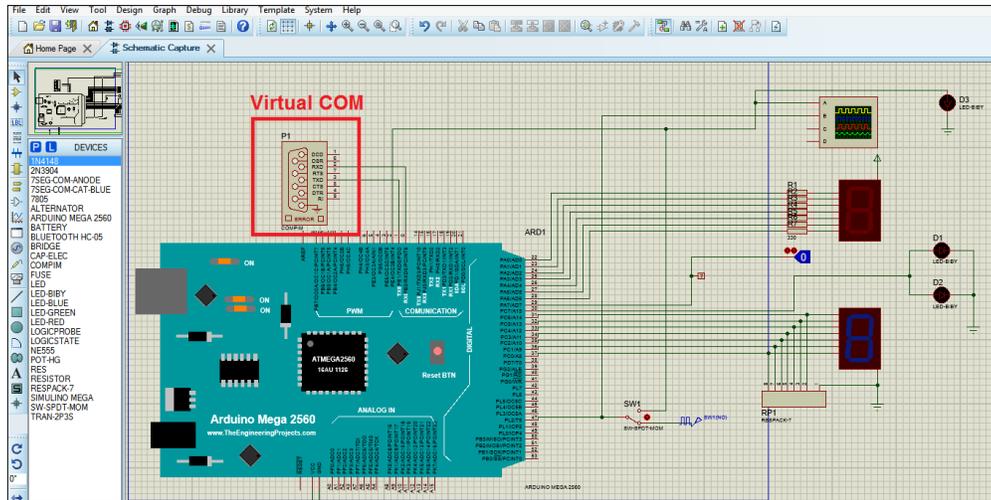


Figura 3.59: Puerto virtual Proteus.

Con la herramienta *Debug* del editor *Nextion* se realizó la configuración del puerto virtual COM1 como se observa en la Figura 3.60:

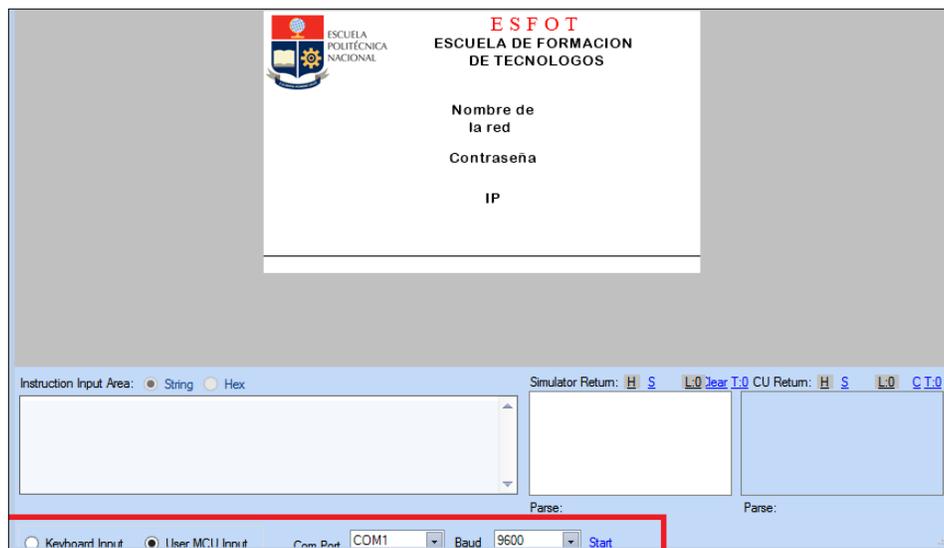


Figura 3.60: Puerto virtual *Nextion Editor*.

NOTA: Los puertos COM de la abreviación *Communication* corresponden a puertos seriales que tiene cualquier computadora, los cuales permiten que periféricos se conecten a la misma mediante cable. La virtualización de estos puertos, en este caso, permite enlazar la comunicación de dichos programas sin necesidad de conectar ningún elemento externo.

Integrando la parte de programación y diseño del presente proyecto, se realizó la carga y simulación del *sketch* para comprobar todos los diseños. Ver Figura 3.61.

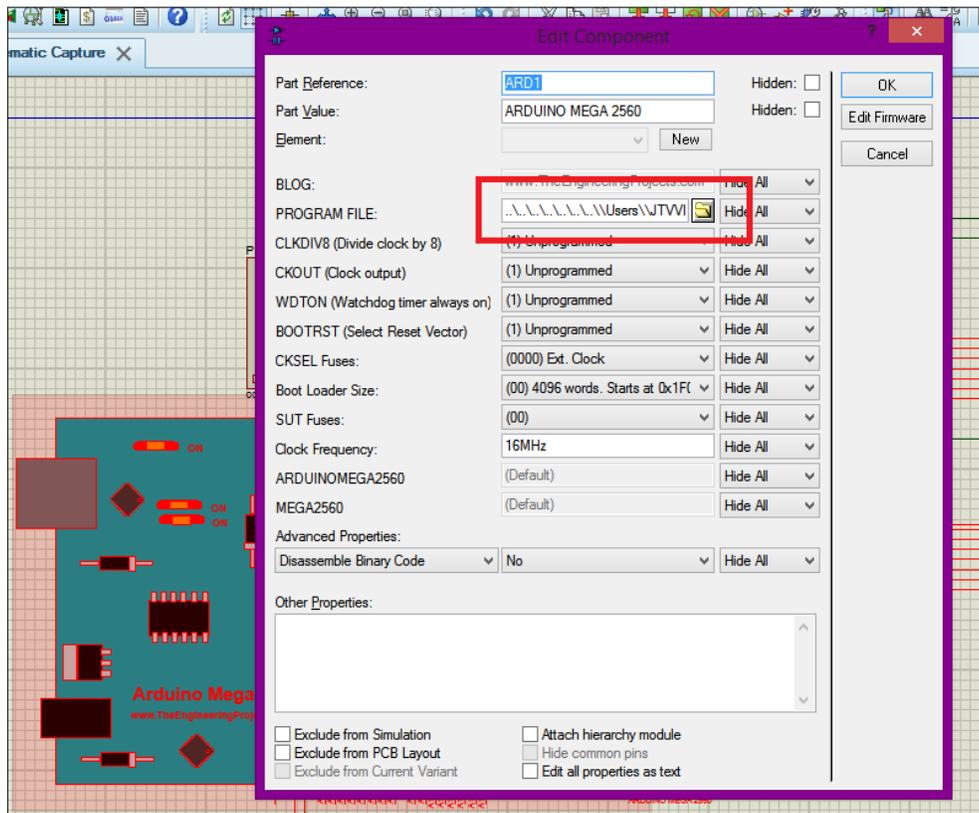


Figura 3.61: *Sketch* de la placa Arduino.

El funcionamiento en conjunto de los dos programas mencionados anteriormente se puede observar en la Figura 3.62 y 3.63:

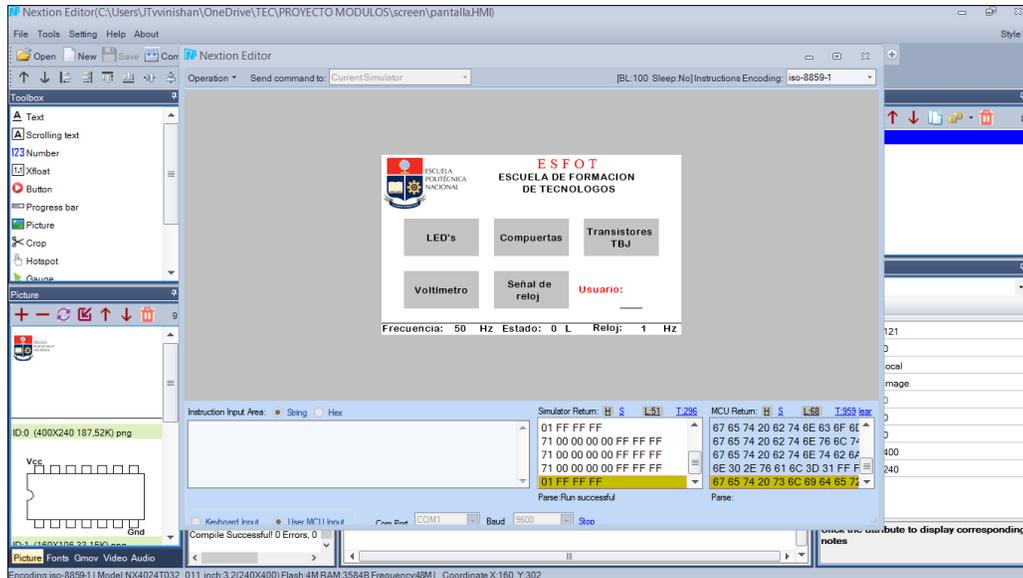


Figura 3.62: Programa Nexion

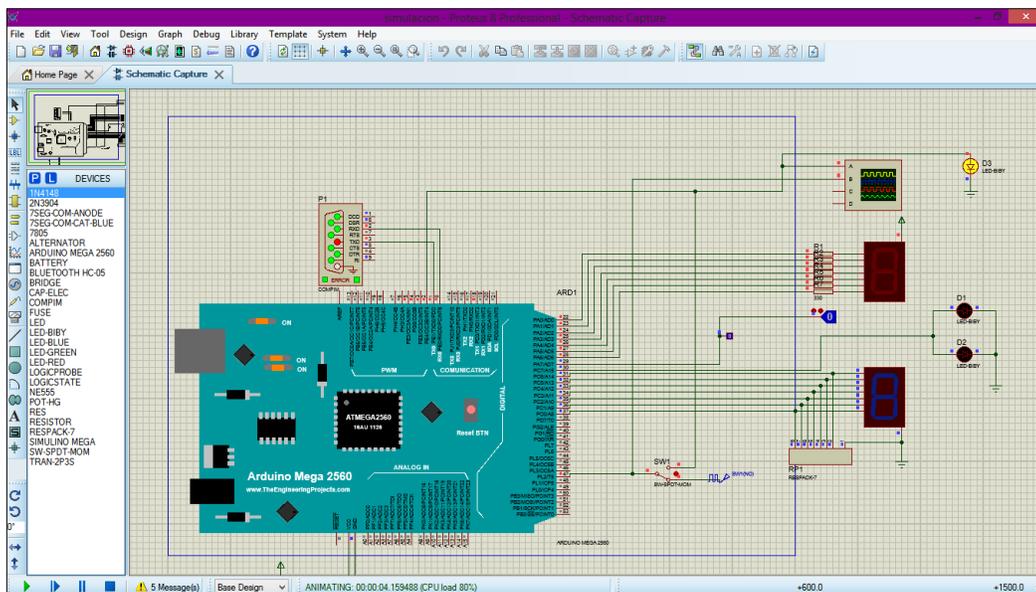


Figura 3.63: Programa Proteus

A pesar de obtener resultados exitosos en las pruebas de funcionamiento se decidió realizar la implementación física de todos los circuitos, esto debido a que existieron varios de ellos que no se pudieron simular, ver **ANEXO E**.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se determinaron las principales falencias que los estudiantes presentan en las prácticas de laboratorio, las cuales consisten principalmente en la avería de elementos usados durante la implementación de circuitos electrónicos dentro del laboratorio, entre los elementos que más se averían en el laboratorio se tienen compuertas lógicas, transistores TBJ, *displays* de 7 segmentos y diodos LED, además, otra falencia que presenta el laboratorio es la falta de implementos de medición, que permitan realizar medidas tanto de voltaje, frecuencia o estados lógicos.

En base a las falencias presentadas, se diseñó una serie de circuitos electrónicos que permitieran comprobar el correcto funcionamiento de los elementos que presentan averías con mayor frecuencia en el Laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, además, se realizó el diseño de circuitos de medición de magnitudes eléctricas, complementándolos con circuitos generadores de voltaje y frecuencia.

- La tecnología *Bluetooth* permite trabajar con pocos dispositivos conectados entre sí a una velocidad optima sin tener interferencias siempre y cuando no exista otra red Bluetooth cerca, mientras que la tecnología WiFi permite trabajar con varios dispositivos que interactúan entre sí, reduciendo las interferencias ya que puede trabajar entre una serie de 13 canales.
- Los circuitos diseñados cuentan con medidas de protección como son fusibles y diodos, los cuales ayudarán a prolongar la vida útil de los módulos entrenadores ante cortocircuitos, polarización inversa de los circuitos externos y sobre voltajes.
- El diseño de las fuentes de voltaje fue realizado de tal manera que cada una de ellas cuente con un retorno (GND) interdependiente, esto para evitar, que al producirse un cortocircuito se vean afectadas entre fuentes. Las pruebas de funcionamiento reales de la fuente dieron como resultado que al darse un corto

circuito en cualquier toma de 12 VAC del secundario del transformador toda la tensión en sus terminales de salida caía a cero, provocando que lo que sea que esté conectado en la otra toma de 12 VAC se vea afectado, es por eso que fue necesario tener una GND por cada fuente. Para lograr esto, se creyó conveniente rectificar nuevamente una salida de 12 voltios del secundario del transformador, como se pudo observar en la Figura 3.2, obteniendo así un aislamiento entre las diferentes fuentes. Realizando esta segunda rectificación en una de las salidas del secundario, se tiene como resultado la división de la corriente suministrada por el transformador, esta al ser de 3 amperios, queda dividida de tal manera que teóricamente se tiene 1,5 Amperios para la alimentación de los circuitos internos y 0,75 Amperios por fuente, para alimentación de circuitos externos.

- Finalmente, se concluye que el presente proyecto permite a los estudiantes realizar prácticas de laboratorio de manera eficiente. Aprovechando los diferentes comprobadores para verificar el funcionamiento de elementos propensos a sufrir daños en un circuito implementado dentro del laboratorio, evitando de esta manera pérdidas innecesarias de tiempo y agilizando las prácticas de laboratorio para lograr cumplir con los objetivos propuestos. Utilizando las fuentes de voltaje que proporciona cada módulo, evita que el estudiante tenga que llevar su propia fuente o la comparta con otro estudiante. Usando el generador de frecuencias para circuitos que la requieran, permite al estudiante dedicarse específicamente a la implementación del circuito de la práctica.

4.2 Recomendaciones

- Se debe tener en cuenta varios factores para establecer una comunicación inalámbrica entre dispositivos móviles. Para determinar que tecnología usar, se recomienda realizar un estudio de: necesidades, interferencias y cobertura.
- Los diferentes programas de diseño de circuitos proporcionan funcionalidades tales como simulación en tiempo real, esta característica permite tener una idea del funcionamiento de un circuito, sin embargo, se recomienda realizar la implementación física de los circuitos que se diseñan, esto para comprobar su

funcionamiento real, y a su vez, se aconseja realizar las medidas necesarias y realizar las respectivas correcciones de ser el caso.

- La funcionalidad de un circuito es muy importante, en especial cuando éste, es utilizado como un complemento para la implementación de otros circuitos, es por tal motivo que se debe tomar en consideración las posibles fallas que pueden darse en los módulos por la mala utilización de los mismos. Para evitar esto se sugiere utilizar elementos de protección como fusibles, diodos, etc, logrando asegurar la integridad del circuito y su correcto funcionamiento, prolongando su vida útil.
- Es recomendable que los estudiantes lean y entiendan el manual de instrucciones del módulo entrenador antes de su uso, ayudándolos a familiarizarse con los elementos que este contiene y su correcto funcionamiento para evitar inconvenientes o mal uso de los módulos durante las prácticas de laboratorio.
- Se recomienda a la persona encargada de la supervisión de los estudiantes revisar de forma periódica las credenciales registradas en cada módulo entrenador lógico, con el fin de tener evidencia del uso de cada módulo.
- Se recomienda desarrollar a futuro una aplicación móvil desde la cual se pueda tener el control de todas las personas que den uso del módulo, de igual manera, se recomienda incorporar un módulo ADC que permita tener una mejor resolución en el voltímetro.
- Se recomienda que en actualizaciones futuras del módulo entrenador lógico, se incluyan fuentes de voltaje variable, para permitirle al estudiante utilizar elementos que requieran valores de voltaje distintos a los lógicos.
- Se recomienda a las personas que realicen el uso del módulo entrenador lógico energizar el mismo solo con 110 VAC debido a que cada módulo cuenta con un transformador de 110 VAC a 12 VAC con *tap* central, para evitar quemar el transformador de voltaje.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. P. Nacional, «ESFOT,» 2017. [En línea]. Available: <https://esfot.epn.edu.ec/index.php/oferta-academica/tecnologia-superior-en-redes-y-telecomunicaciones>. [Último acceso: 18 Marzo 2020].
- [2] «Tecnología Educativa,» 4 Mayo 2012. [En línea]. Available: <http://tecnologiaeducativazaineuvm.blogspot.com/2012/05/importancia-de-las-practicas-de.html>. [Último acceso: 18 Marzo 2020].
- [3] E. P. Nacional, «ESFOT,» 2010. [En línea]. Available: <https://esfot.epn.edu.ec/index.php/oferta-academica/et>. [Último acceso: 18 Marzo 2020].
- [4] Anónimo, «EcuRed,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Circuito_combinacional. [Último acceso: 10 Abril 2020].
- [5] J. Estupiñan, «calameo,» [En línea]. Available: <https://es.calameo.com/books/00091590957243a78b14b>. [Último acceso: 15 Abril 2020].
- [6] «EcuRed,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Tecnología_TTL.
- [7] «FinalTest,» [En línea]. Available: <https://www.finaltest.com.mx/product-p/art-8.htm>.
- [8] «Definicion,» [En línea]. Available: <https://definicion.de/voltimetro/>.
- [9] David, «Aprenda Electronica ya,» 8 Febrero 2013. [En línea]. Available: <http://aprendaelectronicaya.blogspot.com/2013/02/el-frecuencimetro.html>. [Último acceso: 9 Abril 2020].
- [10] ESFOT, «Silabo Electrónica Analógica y Digital,» Quito, 2019.
- [11] M. Rodríguez, «unican.es,» 2012. [En línea]. Available: <https://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Trafos.pdf>. [Último acceso: 22 Junio 2020].
- [12] J. Vázquez, «CDMX Electrónica,» 03 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.cdmxelectronica.com/para-que-sirve-un-puente-rectificador/>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [13] J. Padial, «curiosoando,» 02 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://tecnoticias.net/2019/02/02/solucion-de-problemas-de-un-puente-rectificador-de-diodo/>. [Último acceso: 29 Junio 2020].

- [14] C. Veloso, «E TOOLS,» 9 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://www.electrontools.com/Home/WP/regulador-de-voltaje-7805/>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [15] STMicroelectronics, «JAMECO ELECTRONICS,» Agosto 2006. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/JUKE.JUKE-PC/Downloads/LM78XX.pdf>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [16] D. Ramírez, «Elextrocomponentes S.A.,» Noviembre 2010. [En línea]. Available: http://www.sase.com.ar/2011/files/2010/11/SASE2011-Fuentes_de_alimentacion.pdf. [Último acceso: 29 Junio 2020].
- [17] «Paginas.fisica.uson,» [En línea]. Available: http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Instrumentacion%20II/Documentos/Regulacion%20voltaje.pdf. [Último acceso: 02 10 2020].
- [18] SEAS, «BlogSEAS,» 22 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [19] «CDMX Electrónica,» [En línea]. Available: <https://www.cdmxelectronica.com/producto/relevador-5v-dc-srd-5vdc-sl-c/>. [Último acceso: 29 Junio 2020].
- [20] «Wiki,» [En línea]. Available: https://es.qwe.wiki/wiki/Protective_relay. [Último acceso: 29 Junio 2020].
- [21] C. Morales, «Youtube,» 06 Julio 2019. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=rQIv-HFGEYc&list=PLR9Y0od-c4suf2h3t_iFJ8IOkQnYH5Cy4. [Último acceso: 29 Junio 2020].
- [22] Microside, «Microside,» [En línea]. Available: <https://store.microside.com/collections/diodos/products/diodo-zenner-5-1v-1n4733a>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [23] EcuRed, «EcuRed,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Diodo_1N4007. [Último acceso: 21 10 2020].
- [24] Inventable, «Inventable,» 21 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.inventable.eu/2018/03/21/diodo-1n4148/>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [25] Teslabem, «Teslabem,» [En línea]. Available: <https://teslabem.com/tienda/2n3906-transistor-pnp-40v-0-2a/#:~:text=El%20N3906%20es%20un%20uso,operar%20a%20moderadamente%20altas%20velocidades..> [Último acceso: 21 10 2020].
- [26] H. Torres, «HETPRO,» 22 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/compuertas-logicas/>. [Último acceso: 29 Junio 2020].

- [27] Desconocido, «Compuertas lógicas,» 02 Junio 2014. [En línea]. Available: <http://proyectocompuertaslogicas.blogspot.com/2014/06/compuertas-logicas-objetivo-general.html>. [Último acceso: 30 Junio 2020].
- [28] C. Veloso, «ETOOLS,» 19 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.electrontools.com/Home/WP/arduino-mega-2560-caracteristicas/>. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [29] J. Hussain, «ResearchGate,» 08 Agosto 2015. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Block-Diagram-1-ArduinoMEGA2560-The-Arduino-Mega-2560-is-a-type-of-microcontroller_fig5_281538436. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [30] L. Llamas, «Luis Llamas,» 24 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/esp8266/>. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [31] A. Core, «ESP8266,» [En línea]. Available: <https://esp8266-arduino-spanish.readthedocs.io/es/latest/esp8266wifi/soft-access-point-class.html>. [Último acceso: 29 10 2020].
- [32] HVIDESING, «HVIDESING,» [En línea]. Available: https://www.hvidesign.com/index.php?main_page=product_info&products_id=469823. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [33] N. C. Braga, «<http://www.incb.com.mx>,» 26 Febrero 2016. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/ronaldo/Downloads/Como%20Funciona%20El%20Circuito%20Integrado%20555.pdf>. [Último acceso: 20 Octubre 2020].
- [34] «ElectroCrea,» [En línea]. Available: <https://electrocrea.com/products/temporizador-ne555>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [35] Silesmor, «SlideShare,» 25 Febrero 2013. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/silesmor/proteus-16764342>. [Último acceso: 09 Julio 2020].
- [36] G. Santiago, «Simplesoft Mx,» 21 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://simplesoftmx.blogspot.com/2014/01/proteus-entorno-grafico-isis.html>. [Último acceso: 09 Julio 2020].
- [37] Nextion, «Nextion,» [En línea]. Available: https://nextion.tech/editor_guide/. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [38] Swotster, «Swotster,» [En línea]. Available: <https://www.swotster.com/es/lessons/sketchup-es-google-es/leccion-1-introduccion-a-sketchup-1/>. [Último acceso: 28 07 2020].
- [39] F. Manuel, «Genbeta,» 10 02 2014. [En línea]. Available: <https://www.genbeta.com/herramientas/sublime-text-un-sofisticado-editor-de-codigo-multiplataforma>. [Último acceso: 05 10 2020].

- [40] J. Salazar, «TECH pedia,» 2006. [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf. [Último acceso: 12 Julio 2020].
- [41] W. Hoogenraad, «ITpedia,» 12 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://es.itpedia.nl/2018/07/12/wifi-en-bluetooth-wat-is-het-verschil/>. [Último acceso: 29 Octubre 2020].
- [42] E. Pérez, «XATAKA,» 27 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/servicios/que-existen-distintos-canales-wifi-como-podemos-configurarlos-para-evitar-interferencias#:~:text=En%20el%20caso%20de%20Europa,canales%20y%20en%20otras%2014..> [Último acceso: 22 Julio 2020].
- [43] O. Begoña, «ABOUT ESPAÑOL,» 01 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.aboutspanol.com/que-es-una-pagina-web-3202308>. [Último acceso: 12 Julio 2020].
- [44] P. Bahamonde, *Programación de módulos entrenadores lógicos con conexión inalámbrica para el laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica área de Sistemas Digitales.*, Quito, 2020.
- [45] Prometec, «Prometec.net,» [En línea]. Available: <https://www.prometec.net/consumos-arduino/>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [46] Nextion, «Nextion.tech,» [En línea]. Available: <https://nextion.tech/datasheets/nx4024t032/>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [47] L. Llamas, «Luisllamas.es,» 27 05 2017. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-wifi-esp8266-esp01/>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [48] T. Instruments, «Ti.com,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/161279/TI/NE555/106/4/NE555.html>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [49] J. C. Rangel, «slideshare,» 03 03 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/Jockrlos2289/ttlcmos>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [50] cdmxelectronica, «cdmxelectronica.com,» [En línea]. Available: <https://cdmxelectronica.com/producto/display-7-segmentos-rojo-catodo-comun/>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [51] D. Ribes. [En línea]. Available: <https://www.pinterest.es/pin/256071928795621926/>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [52] Areatecnologia, «Areatecnologia.com,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/TUTORIALES/EL%20TRANSISTOR.htm>. [Último acceso: 05 10 2020].

- [53] Fernando, «Pinterest,» [En línea]. Available: <https://www.pinterest.com.mx/pin/836965911968944924/>. [Último acceso: 21 10 2020].
- [54] D. Escobar, *Construcción de módulos entrenadores lógicos con conexión inalámbrica a dispositivos móviles para el laboratorio de Tecnología Eléctrica y Electrónica, área de Sistemas Digitales.*, Quito, 2020.
- [55] S. Supplies, «alldatacheet,» 19 04 2019. [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/1144826/SS/7805/55/2/7805.html>. [Último acceso: 05 10 2020].
- [56] Apple, «Support.apple.com,» [En línea]. Available: <https://support.apple.com/es-es/HT201542#:~:text=S%C3%ADntomas%20de%20interferencia%20inal%C3%A1mbrica&text=El%20dispositivo%20no%20se%20conecta,puntero%20es%20err%C3%A1tico%20o%20salta>. [Último acceso: 05 10 2020].

ANEXOS

**ANEXO A: MEDICIONES REALES DEL CONSUMO DE
CORRIENTE.**

**ANEXO B: HOJA DE DATOS DEL REGULADOR DE
VOLTAJE 78XX**

**ANEXO C: MEDICIÓN REAL DE CONSUMO TOTAL DE
CORRIENTE DEL MÓDULO.**

**ANEXO D: CÓDIGO HTML DEL DISEÑO DE LA PÁGINA
*WEB.***

**ANEXO E: CIRCUITOS IMPLEMENTADOS PARA
VERIFICAR SU FUNCIONAMIENTO.**

ANEXO F: MANUAL Y RECOMENDACIONES DE USO.