



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN PROYECTO
SMART CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

BOHORQUEZ SUAREZ RICARDO JAVIER
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN
PROYECTO SMART CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE MACHALA

BOHORQUEZ SUAREZ RICARDO JAVIER
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO TITULACIÓN
PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

SUPERVISIÓN Y CONTROL DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN PROYECTO SMART
CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

BOHORQUEZ SUAREZ RICARDO JAVIER
INGENIERO DE SISTEMAS

NOVILLO VICUÑA JOHNNY PAUL

MACHALA, 17 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
2020

Validar porcentaje de coincidencias

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, BOHORQUEZ SUAREZ RICARDO JAVIER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado SUPERVISIÓN Y CONTROL DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN PROYECTO SMART CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

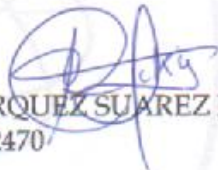
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de diciembre de 2020


BOHORQUEZ SUAREZ RICARDO JAVIER
0705052470

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico a mis padres y hermanos, por inspirarme y darme fuerza para culminar la carrera y alcanzar esta meta tan anhelada.

A mi esposa y mis hijos, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, y sin su apoyo incondicional, simplemente, esto no se hubiera dado.

Sr. Bohórquez Suárez Ricardo Javier

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer la ayuda que muchas personas y colegas me han prestado y dado el apoyo durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.

A todas esas autoridades y personal de nuestra Escuela, por brindar ese apoyo durante toda la etapa universitaria.

A mis maestros, en especial a mi Tutor y amigo Ing. Johnny Novillo, con su guía y perseverancia ha sido el motor para culminar este proyecto y esta etapa de la vida.

Sr. Bohórquez Suárez Ricardo Javier

RESUMEN

El gasto energético de electricidad a nivel nacional va en aumento según el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, esto es muy preocupante ya que el mal uso de la energía eléctrica representa la utilización de otros recursos para producirla, como los combustibles derivados del petróleo que se quema en las centrales termoeléctricas y por ende provoca que aumente la contaminación, y por otra parte, el pago adicional en la planilla eléctrica de este consumo innecesario.

En la Universidad Técnica de Machala hay dispositivos, como luces encendidas en horarios en donde la luz natural alcanza los lúmenes adecuados para no necesitar de ellos para realizar las labores en dicho lugar, mientras en otros lugares existe la carencia de iluminación; adicional a esto, otros equipos electrónicos que aunque no se estén usando y permanezcan apagados consumen una energía para mantener un modo standby muy común en estos tiempos, ni hablar de los que permanecen encendidos la mayor parte del día.

El presente trabajo tiene como uno de sus objetivos principales el ahorro de energía eléctrica y la adecuada iluminación o control de los dispositivos eléctricos que se encuentren en las instalaciones, ya sea controlando el consumo o automatizando circuitos para el corte del suministro eléctrico.

El proyecto Smart Campus es una iniciativa propia de los docentes que ha venido siendo desarrollada desde el año 2018, propone utilizar domótica en los laboratorios, donde se ha realizado un análisis de las cargas eléctricas y consumo de energía cuando se utilización de las instalaciones, cabe recalcar que los

estudiantes de otros semestres ya iniciaron el proyecto y ya han instalado todo el cableado de red, cajas de control y demás componentes que se necesitan para que pueda darse implementación en el siguiente paso.

Mi compañero de trabajo de titulación, realizó el diseño de hardware e implementación de una tarjeta controladora. De acuerdo a este antecedente, se optó por desarrollar un servidor web que controle por medio de automatización, las instalaciones eléctricas de acuerdo a los horarios, el encendido de los equipos y luces, garantizado un ahorro eficiente de energía y el uso correcto de los recursos del Campus, además de medir el consumo de cada laboratorio y almacenar información de forma histórica en una base de datos instalada en un servidor o computador de Control, este sistema será interno y no podrá accederse a él desde el internet.

La aplicación web cuenta con tecnologías como Node.js para la creación de un api REST y servidor de páginas web que ayudarán a la administración del sistema llamado también front-end, el gestor de base de Datos relacional utilizado es MySQL un robusto motor que almacenará la información y para la base de datos noSQL que proporcionará un transporte de la data entre los dispositivos IOT el protocolo MQTT.

Este sistema ha sido diseñado siguiendo la metodología SCRUM, que permite llevar un control del desarrollo permitiendo correcciones que no impliquen mayor esfuerzo o sobre planificación. Esto con el propósito de ofrecer un mejor control del proyecto, y acertar en la toma de decisiones

Palabras claves: Node.js, base de datos, front-end, back-end, metodología SCRUM.

ABSTRACT

The energy expenditure of electricity at the national level is increasing, according to the Ministry of Energy and Non-Renewable Natural Resources, this is very worrying and that the misuse of electrical energy represents the use of other resources to produce it, such as petroleum-derived fuels that it is burned in thermoelectric plants and thus causes pollution to increase.

At the Technical University of Machala there are devices such as lights on at times where natural light reaches the appropriate lumens so that they do not need them to carry out work in that place, while in other places there is a lack of lighting. In addition, certain computers remain on for most of the day. The present work has as one of its objectives the saving of electrical energy and the adequate lighting or control of the electrical devices found in the facilities.

The Smart Campus project has been being developed since 2018, it proposes to use home automation in the laboratories, where an analysis of the electrical charges has been carried out due to the use of the facilities, it should be noted that students from other semesters have installed everything network cabling, and control boxes.

My tesis's co-worker, has maded the hardware design and implementation of a controller card, according to this antecedent, it was decided to develop a web server that controls automations of the electrical installations according to the schedules, the switching-on of equipment and lights, guaranteed efficient energy savings and correct use of Campus resources, in addition to measuring the consumption of each laboratory and storing information historically.

This web application has technologies such as Node.js for the creation of a REST api, and web page server for the administration of the system or front-end, the relational database manager used is MySQL and for the noSQL database the MQTT protocol.

This system has been designed following the SCRUM methodology, which allows a development control to be carried out, allowing corrections that do not involve much effort or re-planning, this with the purpose of offering better control of the project, and correct decision-making

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	14
1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS.....	16
1.1. CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN	16
1.2. ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTOS.....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO A SATISFACER.....	18
2. CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	19
2.1. DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO TECNOLÓGICO.....	19
2.1.1. Capa de Presentación.....	19
2.1.2. Capa de Proceso.....	19
2.1.3. Capa de Modelo.....	20
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROTOTIPO.....	20
2.2.1. Metodología SCRUM.....	20
2.2.2. Plataforma web.....	21
2.3. OBJETIVOS DEL PROTOTIPO.....	25
2.3.1. Objetivo general.....	25

2.3.2. Objetivos específicos.....	25
2.4. DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	25
2.4.1. Tecnologías utilizadas.....	25
2.4.2. Diseño de Interfaces.....	26
2.5. ENSAMBLE Y EJECUCIÓN DEL PROTOTIPO.....	32
2.5.1. Página Principal e inicio de sesión.....	32
2.5.2. Menú Principal	33
2.5.3. Menú Sensores.....	34
2.5.4. Histórico.....	36
2.5.5. Automatización.....	38
2.5.6. Administrador.....	40
3. CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO.....	41
3.1. Plan de Evaluación.....	41
3.2. Evaluación de adquisición de señales.....	42
3.3. CONCLUSIONES.....	45
3.4. RECOMENDACIONES.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de mediciones obtenidas con instrumentos.....	43
Tabla 2. Medición de consumo, cálculo de margen de error.....	44
Tabla 3. Medición de voltajes, cálculo de margen de error.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1: Diseño de Vistas – ventana principal	26
Imagen 2: Diseño de Vistas – inicio de sesión.....	27
Imagen 3: Diseño de Vistas – menú principal.....	27
Imagen 4: Diseño de Vistas – ventana de selección de unidad de control.....	28
Imagen 5: Diseño de Vistas – ventana de gráficas en tiempo real.....	28
Imagen 6: Diseño de Vistas – ventana configuración de dispositivos.....	27
Imagen 7: Diseño de Vistas – ventana de consumos históricos.....	27
Imagen 8: Diseño de Vistas – ventana de registros de actividades.....	28
Imagen 9: Diseño de Vistas – ventana de automatización.....	28
Imagen 10: Diseño de Vistas – ventana de usuarios.....	29
Imagen 11: Diseño de Vistas – ventana de registro de usuarios.....	30
Imagen 12: Diseño de Vistas – ventana principal.....	31
Imagen 13: Diseño de Vistas – ventana principal.....	32

Imagen 14: Diseño de Vistas – Configuración de Dispositivos.....	33
Imagen 15: Diseño de Vistas – Visualizador de señales eléctricas.....	33
Imagen 16: Diseño de Vistas – Gestión de áreas.....	34
Imagen 17: Diseño de Vistas – Gráficas de consumo.....	35
Imagen 18: Diseño de Vistas – Log del Sistema.....	36
Imagen 19: Diseño de Vistas – Configuración de Automatización.....	37
Imagen 20: Diseño de Vistas – Estado de Circuitos.....	38
Imagen 21: Diseño de Vistas – Usuarios.....	39
Imagen 22: Diseño de Vistas – Usuarios.....	40

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un elemento imprescindible en la actualidad para todas las tareas de la vida cotidiana, en el desarrollo de las actividades de cualquier organización, la tecnología se ha incrementado y así mismo el consumo de energía eléctrica a nivel mundial, por ende, el costo de la vida [1].

El ahorro de energía eléctrica es fundamental para la disminución de gastos que se generan por un alto consumo. Aunque se necesite electricidad durante la mayor parte del día, hay momentos en los que se desperdicia por el simple hecho de que no existe personal disponible para estar pendiente de bajar el interruptor o apagar ciertos artefactos o equipos [2].

El presente proyecto propone implementar un sistema de monitoreo del consumo eléctrico en las instalaciones de la Carrera de Ingeniería de Sistemas, tanto en las aulas como en los laboratorios, mediante la instalación de tableros de monitorización basados en una arquitectura software-hardware modular. Gracias a la cual existen diferentes equipos colectando información que transmiten a un nodo central para el procesamiento, visualización y eventualmente en el futuro generar diferentes alertas atendiendo a unas reglas predeterminadas de todo el edificio.

Todo el conjunto está diseñado aprovechando las ventajas open-source, principalmente emplea Arduino y Raspberry Pi en el lado hardware, y Linux en el procesamiento, visualización y alarmas. El diseño pretende proteger o al menos minimizar posibles riesgos de seguridad con equipos de medida, ya que el equipo estará conectado a etapas de alta potencia.

El Capítulo 1 contextualiza de forma general la factibilidad del proyecto y detalla todos los requerimientos que se implementan en la propuesta de la aplicación.

En el Capítulo 2 se detalla el desarrollo en sí, una primera parte detallando las tecnologías a utilizar, seguido un diseño preliminar de la interfaz gráfica, y finalizando con la implementación del prototipo.

El Capítulo 3 evidencia las pruebas de evaluación que se realizaron para constatar que el software cumple con su cometido. Finalmente se detallan las conclusiones y recomendaciones emitidas por el desarrollador.

1. CAPÍTULO I. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS

1.1. CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INTERVENCIÓN

El uso de la energía supone una de las principales causas de emisión de gases de efecto invernadero: la contaminación y cambio climático. Por esto es muy necesario poner cartas en el asunto y buscar soluciones que disminuyan el consumo energético [1].

La sociedad actual, depende absolutamente de los combustibles fósiles, tanto para transporte, industria o la vida cotidiana, según los estudios esto provoca el aumento de olas de calor, con temperaturas cada vez más exageradas, tanto frío como calor, y el aumento de la desertificación [1].

El uso adecuado de la energía en el Campus de la Carrera de Sistemas reduciría el consumo, lo que equivaldría a miles de dólares anuales, que podríann ser utilizados en mejoras institucionales o compra de nuevas tecnologías.

Para la implementación del proyecto se dividió en cuatro etapas, en la primera se realizó un análisis preliminar del proyecto, propuesto por los Docentes de la institución. En la segunda etapa se desarrolló un estudio de consumo de equipos por medio de la medición y pruebas de primeros prototipos de los estudiantes de materias afines como Redes Eléctricas y Microprocesadores. La tercera etapa, en base a los resultados, se realizó la mencionada propuesta de desarrollar la parte de hardware e instalación del equipo para control con el software planteado.

Finalmente, la cuarta etapa es instalar en todos los laboratorios y aulas del Campus, las tarjetas de control. Esta etapa está prevista para realizarla en un futuro, por estudiantes bajo la guía de los Docentes.

El desarrollo de la propuesta busca que, una vez comprobados los resultados en la Carrera de Ingeniería de Sistemas, se implemente a toda la universidad y luego se

proyecte a la creación de viviendas sustentables el cuidado del medio ambiente y ayudando a disminuir el impacto ambiental.

1.2. ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTOS

El proyecto Smart Campus requiere un sistema web que permita el registro de consumos eléctricos, esta información debe ser almacenada en una base de datos de forma histórica, para ser consultada a través de gráficos estadísticos filtrados por fecha y según área y circuitos instalados [3]. Esta información debe ser obtenida de las tarjetas de control a través de un protocolo que permita que se envíe la información por streaming de datos, a través de una red LAN instalada previamente en las aulas y laboratorios.

La página web debe contar con un control de usuarios, que registre el ingreso y salida al sistema, así como también las modificaciones que realicen en la configuración general de todo el sistema. Todo esto se debe guardar como un Registro o Log.

El sistema debe tener la capacidad de agregar nuevas tarjetas de Control a la configuración en general. Estas nuevas áreas deben ser configuradas inicialmente para poder funcionar correctamente [3] [4].

El software debe permitir automatizar los circuitos derivados de cada área, estableciendo horarios en donde permanecerá habilitado o deshabilitado el suministro de energía eléctrica.. Esta configuración podrá ser deshabilitada, sin ser eliminada [4].

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL REQUERIMIENTO A SATISFACER

Es necesario que el proyecto cuente con un Tablero de Control Web, que administre todas las funcionalidades implementadas en las tarjetas de control, con el propósito de maximizar el tiempo de respuesta y la importancia de visualizar la información para la toma de decisiones de administradores y seguidores del proyecto [5] [6].

Es importante que el sistema sea implementado mediante un Servidor web, porque permite visualizar la información en dispositivos móviles, computador de escritorio, laptops, etc, es decir, cualquier dispositivo que pueda cargar un navegador web [6].

La implementación de un gestor de base de datos, en donde se almacenará la información, es necesaria para almacenar la información crítica y así obtener resultados a través de gráficas de los resultados esperados [7] [8].

2. CAPÍTULO II. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1. DEFINICIÓN DEL PROTOTIPO TECNOLÓGICO

La propuesta tecnológica está basada en una arquitectura de 3 capas :

- Capa de Presentación
- Capa de Controlador
- Capa de Modelo

2.1.1. Capa de Presentación

La capa de presentación o interfaz de usuario, es la que interactúa con el usuario final y le presentan el sistema. Consiste en el formulario y los controles, esta capa es responsable de obtener los datos de una capa, mostrarlos, validar la entrada de datos y enviarlos a la siguiente [9] [10].

Las peticiones de datos se realizan a través del protocolo HTTP y la comunicación con el api REST se hace con los siguientes métodos de comunicación:

- **GET.** - Se envía una petición al servidor y la información viaja directamente en la URL, no es aconsejable enviar información crítica, ya que es visible, tampoco se puede enviar archivos, es decir datos binarios.
- **POST.** - Esta petición a diferencia de GET radica en que la información se envía en el body del HTTP Request, por lo cual no puede ser visible, permite el envío de datos binarios como archivos e imágenes y no tiene límite de cantidad de información.

2.1.2. Capa de Proceso

O Lógica de Negocios, esta capa integra todas las funciones y reglas del sistema, esta capa está integrada por:

- Reglas de Negocio
- Validación de Datos
- Comunicación entre entidades
- Transacciones
- Excepciones
- Servicios
- Control de uso

2.1.3. Capa de Modelo

O también capa de Datos, permite vincular objetos de bases de datos, a objetos en lenguajes de programación para aumentar el nivel de abstracción y facilitar el acceso a los datos de la capa de datos. Según las necesidades de cada aplicación, se deben utilizar varias tecnologías de persistencia.

Gestionará todo lo relacionado con la base de datos y la creación, edición y eliminación de datos de la base de datos.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROTOTIPO

2.2.1. Metodología SCRUM

El nombre de esta metodología significa trabajo en equipo [11], siguiendo el mismo propósito. Consiste principalmente en realizar iteraciones y mantener el control en todo tipo de proyectos. Además, se puede utilizar con otras metodologías ágiles

para mejorar la eficiencia de desarrollo [12]. La metodología SCRUM divide el trabajo en pequeñas tareas llamadas sprints, que son de vital importancia porque ayuda a seguir el progreso .

Los tiempos de cada sprint son para 2 semanas [13], y planificar una iteración consta de 2 partes:

Selección de requisitos (duración: 2 horas). El cliente proporciona al equipo una lista priorizada de requisitos del proyecto. El equipo pregunta al cliente si tiene dudas y selecciona los requisitos de mayor prioridad que desea poder completar en la iteración, para que puedan ser entregados cuando el cliente lo solicite.

Plan de iteración (duración: 2 horas). El equipo desarrolla una lista de tareas iterativas necesarias para cumplir con los requisitos seleccionados. Trabajar juntos para estimar la carga de trabajo, los miembros del equipo asignan sus propias tareas e incluso organizan su propio trabajo en grupos para compartir conocimientos y resolver conjuntamente objetivos complejos específicos.

En el proceso iterativo [14], el coordinador (Scrum Master) asegura que el equipo pueda mantenerse enfocado para lograr sus objetivos. Elimina los obstáculos que el equipo no pueda resolver por sí solo y protege al equipo de perturbaciones externas que puedan afectar los objetivos.

Por último, en la revisión se presentan los requisitos completados al Cliente, y luego un análisis de cómo mejorar la productividad. El coordinador es el encargado de eliminar obstáculos.

2.2.2. Plataforma web

2.2.2.1. HTML

HTML es un lenguaje utilizado para definir contenido web. Básicamente, es un conjunto de etiquetas que se utilizan para definir texto y otros elementos que componen una página web, como imágenes, listas, videos, etc [15].

Una característica es que son hipertexto, esto significa que la página no es un elemento aislado, sino que está vinculada a otras páginas a través de enlaces o enlaces de hipertexto. A través de estos enlaces, el usuario puede hacer clic en el texto para navegar a otra página [16] [17] .

2.2.2.2. JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación o scripting que permite implementar funciones complejas en las páginas web [18]. Ayuda a que la página no solo se visualice estáticamente, sino que muestre información oportuna, también mostrará actualizaciones de contenido, animaciones gráficas en 2D y 3D, desplazamiento del reproductor de video [19], etc.

JavaScript es la tercera capa de tecnologías web estándar, las otras son HTML y CSS.

El núcleo del lenguaje JavaScript [20], contiene algunas funciones de programación de uso común que le permiten realizar las siguientes operaciones:

- Almacenar valores útiles en variables.
- Operaciones sobre fragmentos de texto o cadenas, como concatenación.
- Ejecutar código a modo de funciones a eventos que ocurren dentro de la página web.

2.2.2.3. Node.js

Es un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, open source basado en el lenguaje de programación JavaScript asíncrono y la capa del servidor con arquitectura de E/S de datos impulsada por eventos basada en el motor V8 de Google [21] [22].

Su creación está enfocada a crear programas de red altamente escalables (como servidores web). Su creador es Ryan Dahl, y su evolución fue patrocinada por Joyent, que también firmó un contrato con Dahl desde 2009.

Node.js funciona en un único hilo, usando entradas y salidas asíncronas, las cuales pueden ejecutarse por miles sin ningún problema, siendo un diseño altamente concurrente en donde todas las operaciones deben tener una función de callback,

Basado en el motor V creado para Google Chrome, siendo software libre desde 2008. Está escrito en C ++ y compila el código fuente JavaScript en código máquina en lugar de interpretarlo en tiempo real. Node.js incluye libuv para manejar eventos asíncronos.

2.2.2.4. MySQL

Una empresa sueca llamada MySQL AB desarrolla MySQL por primera vez en 1994. La empresa estadounidense de tecnología Sun Microsystems obtuvo más tarde el control total cuando la adquirió en 2008 [23].

El gigante estadounidense de la tecnología Oracle adquirió Sun Microsystems en 2010, y MySQL ha sido propiedad de Oracle. MySQL es un sistema de administración de bases de datos relacionales (RDBMS) de código abierto con un modelo cliente-servidor [23] [24]. RDBMS es una aplicación o servicio que se utiliza para crear y administrar bases de datos basadas en los modelos relacionales.

En la estructura Cliente-Servidor uno o más dispositivos llamados clientes se conectan al servidor a través de una red determinada. Cada cliente puede realizar una solicitud desde la interfaz gráfica de usuario, y, siempre que ambas partes distingan las instrucciones, el servidor producirá el resultado deseado [24]. Los principales procesos que se dan en el entorno MySQL son los mismos, son:

- MySQL crea una base de datos para almacenar y procesar datos y definir la relación entre cada tabla.
- Los clientes pueden realizar solicitudes escribiendo declaraciones SQL específicas en MySQL.
- La aplicación del servidor responderá a la información solicitada y la información aparecerá frente al cliente.

2.2.2.5. MQTT

MQTT significa MQ Telemetry Transmission, aunque primero se llamó Transmisión de telemetría de Message Queue Server siendo un protocolo de comunicación máquina a máquina de cola de mensajes [25].

Se fundamenta en la pila TCP/IP como base de comunicación. Para MQTT, cada conexión se mantiene abierta y se "reutiliza" en cada comunicación. Por ejemplo, esto es diferente de las solicitudes HTTP 1.0, en las que cada transmisión se completa a través de una conexión. Fue creado en 1999 por el Dr. Andy Stanford-Clark de IBM y el Dr. Arlen Nipper de Arcom (ahora Eurotech) como un mecanismo para conectar equipos utilizados en la industria del petróleo. Aunque originalmente era un formato propietario, se liberó en 2010 y se convirtió en el estándar en 2014 [26].

2.3. OBJETIVOS DEL PROTOTIPO

2.3.1. Objetivo general

Desarrollar un Sistema de Web desarrollado en Node.js para el control y monitoreo de consumos energéticos.

2.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar las interfaces preliminares usando el software Balsamiq Mockups.
- Desarrollar un back-end tipo servidor con el framework Node.js.
- Establecer una red de datos noSQL mediante la utilización del protocolo mqtt.
- Evaluar el sistema informático mediante la comparación de los resultados obtenidos y los medidos con herramientas de medición como osciloscopios y multímetros.

2.4. DISEÑO DEL PROTOTIPO

2.4.1. Tecnologías utilizadas

La creación de la aplicación web se realizó utilizando las siguientes tecnologías:

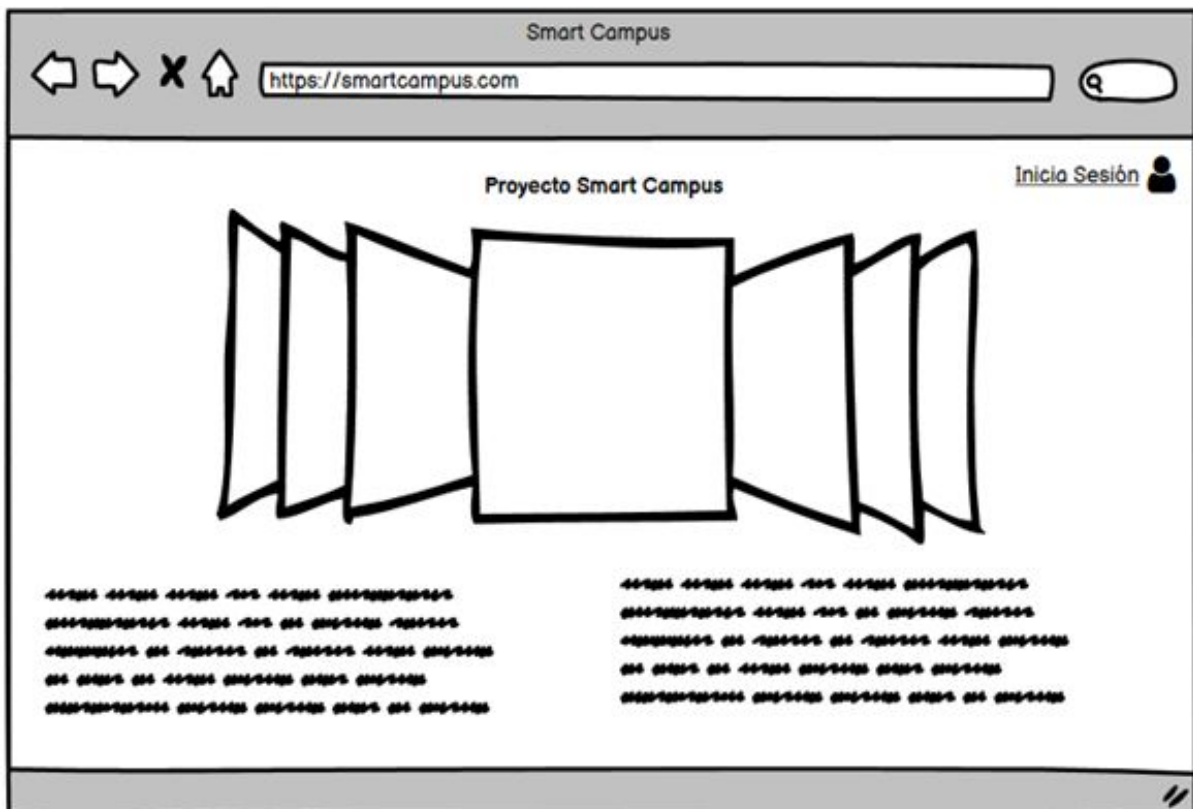
- Node.js
- Express
- Html
- Javascript
- MySQL
- MQTT

2.4.2. Diseño de Interfaces

Realizar un diseño preliminar permite asegurar todos los requerimientos de la interfaz gráfica, funciones y encontrar a través de la revisión, errores o plantear nuevas funciones no contempladas para el correcto funcionamiento. El diseño de las interfaces se muestra a continuación:

2.4.2.1. Página de inicio

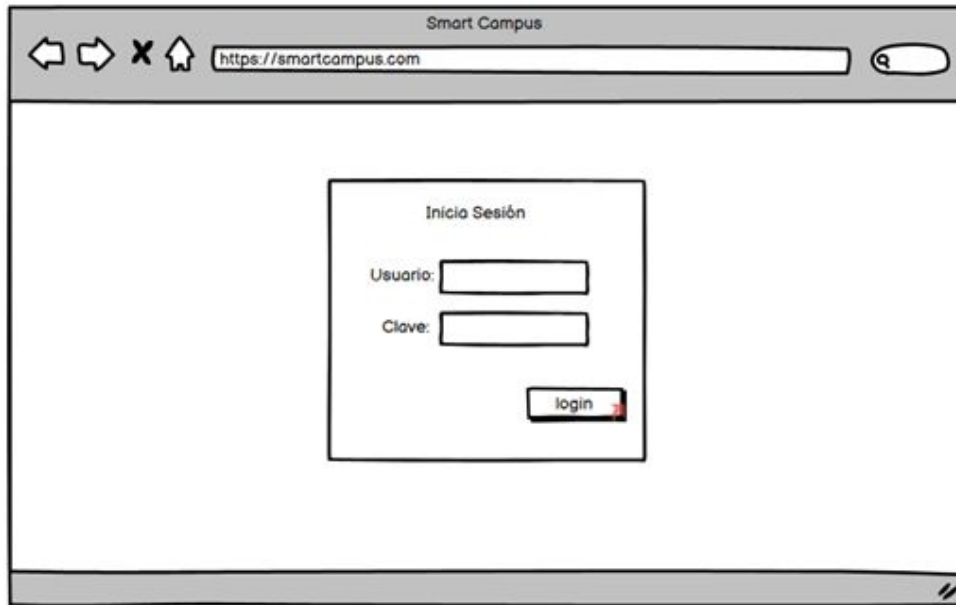
Imagen 1: Diseño de Vistas – ventana principal



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.2. Login de Ingreso al Sistema

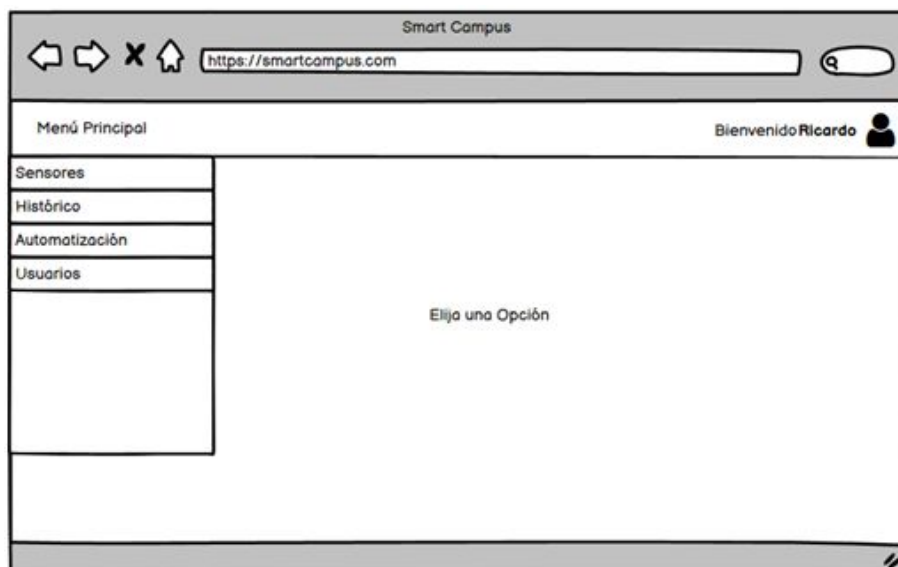
Imagen 2: Diseño de Vistas – inicio de sesión



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.3. Ventana de menú

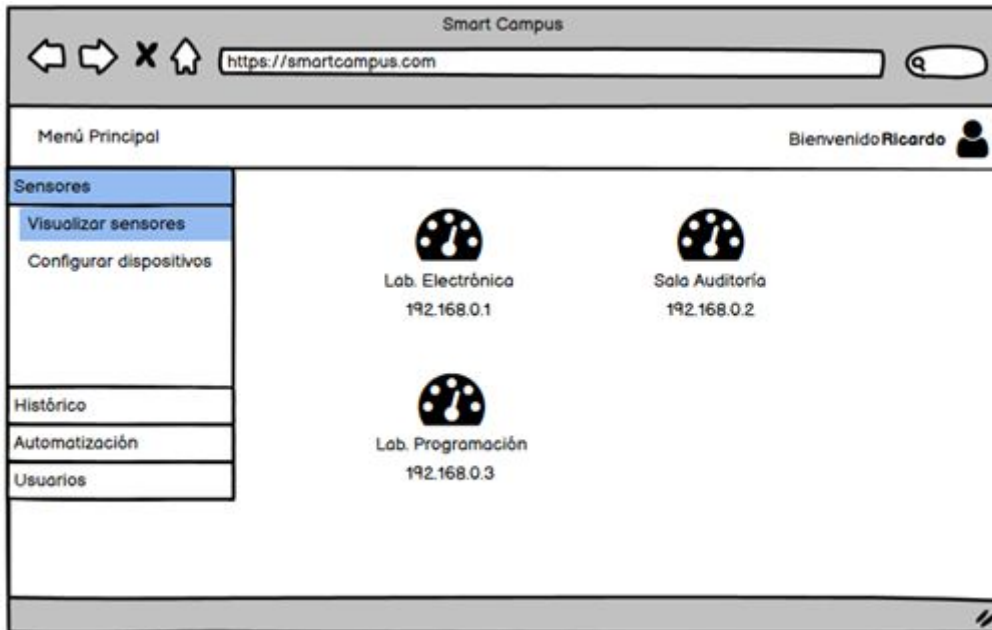
Imagen 3: Diseño de Vistas – menú principal



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.4. Selección de Unidades de Control

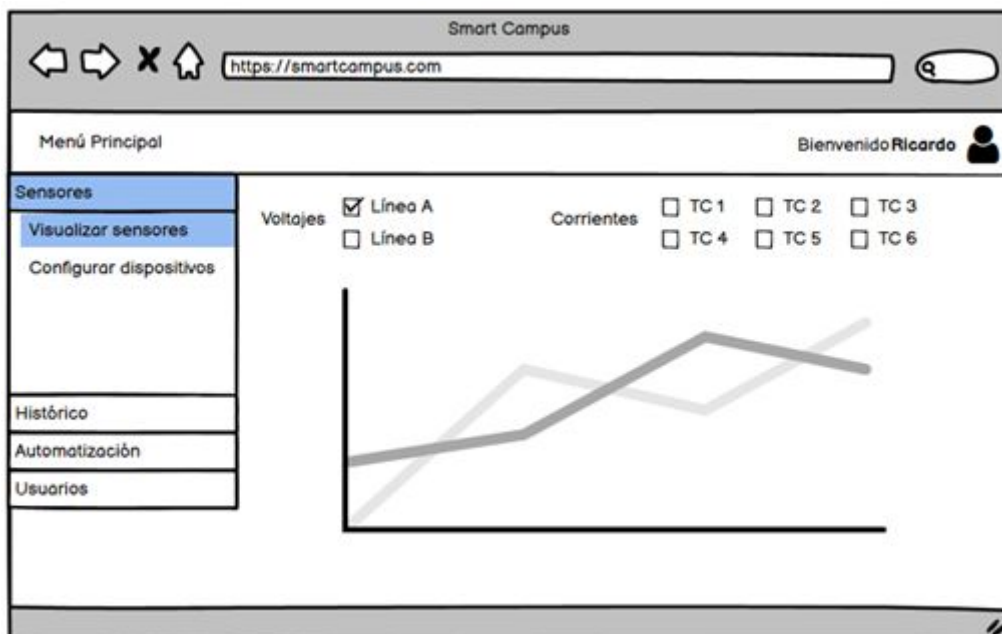
Imagen 4: Diseño de Vistas – ventana de selección de unidad de control



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.5. Panel de Gráficas estadísticas

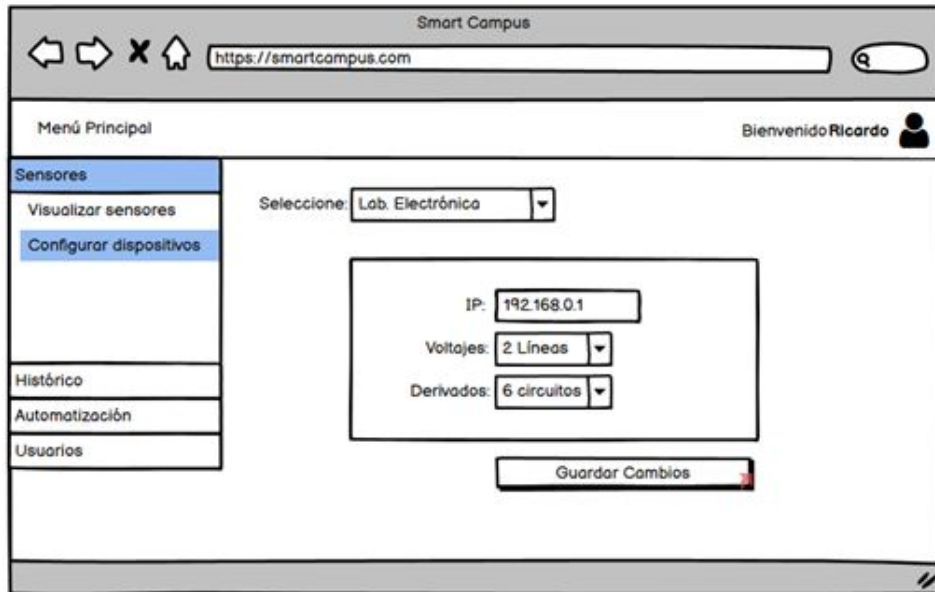
Imagen 5: Diseño de Vistas – ventana de gráficas en tiempo real



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.6. Configuración de Unidades de Control

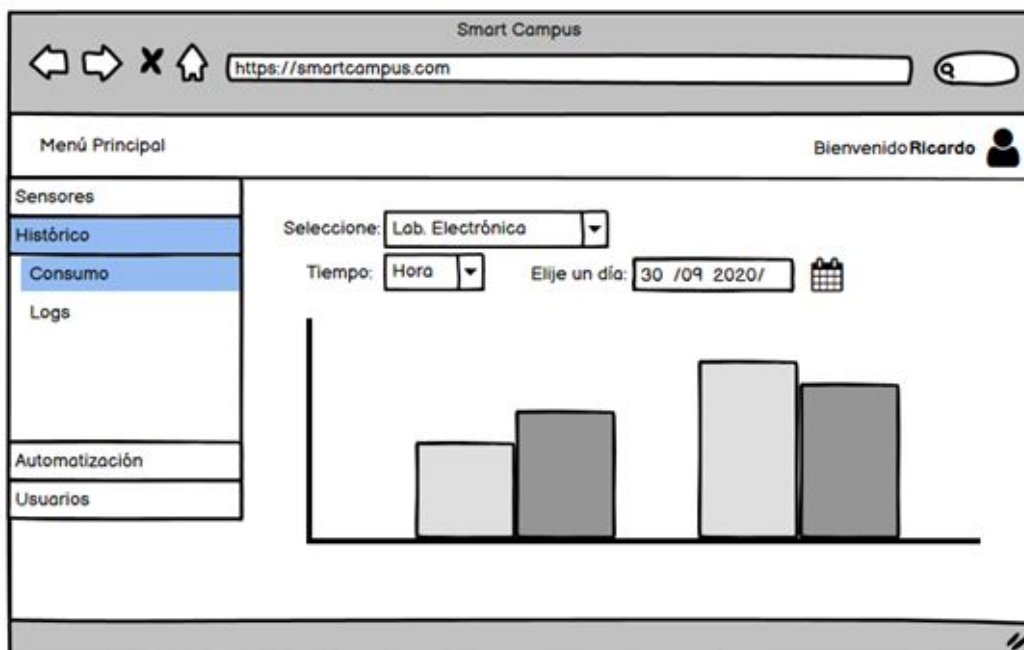
Imagen 6: Diseño de Vistas – ventana configuración de dispositivos



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.7. Ventana de Consumos Históricos

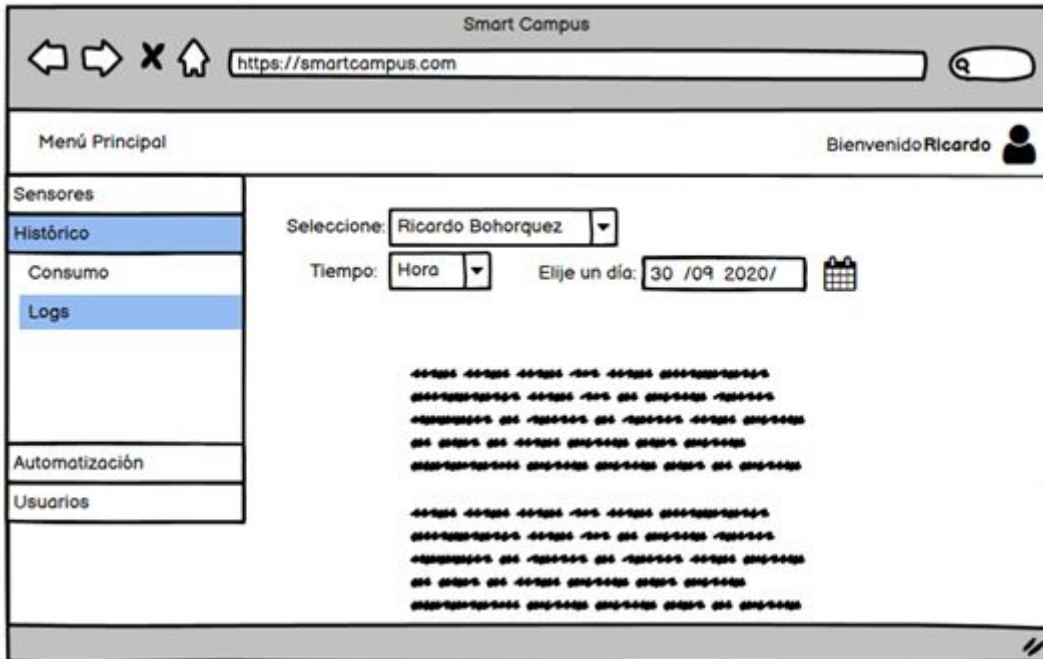
Imagen 7: Diseño de Vistas – ventana de consumos históricos



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.8. Log del Sistema

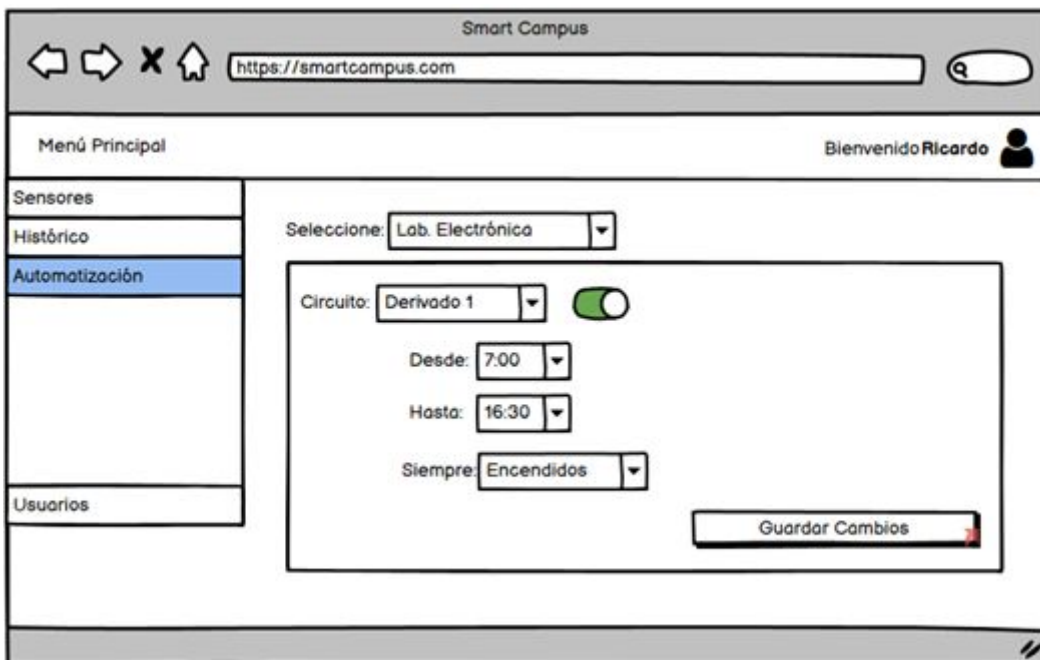
Imagen 8: Diseño de Vistas – ventana de registros de actividades



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.9. Automatización

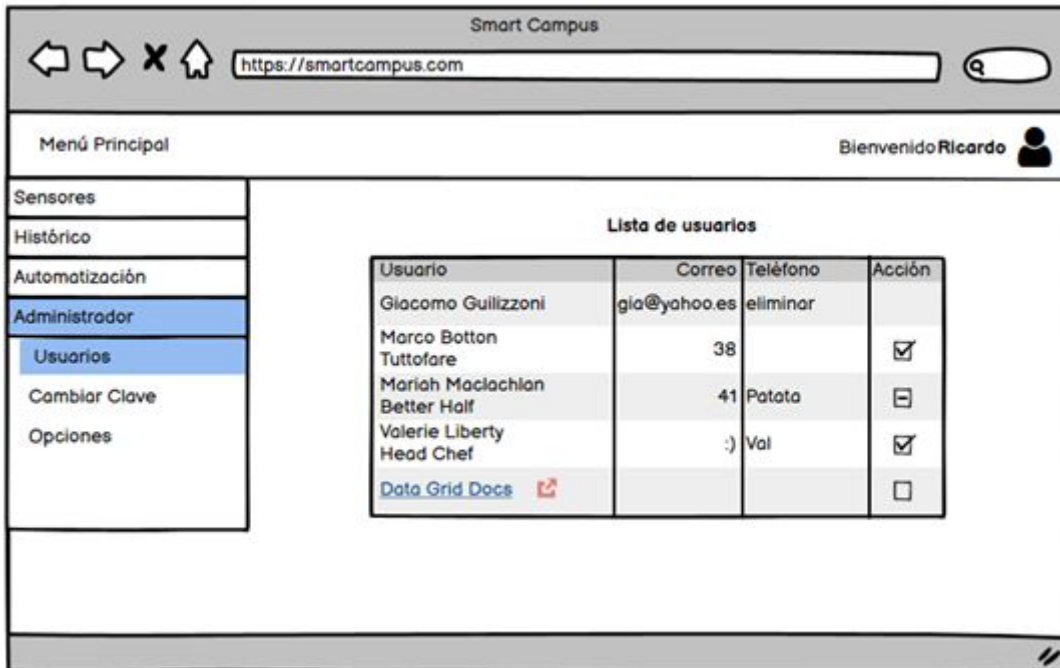
Imagen 9: Diseño de Vistas – ventana de automatización



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.10. Ventana de Usuarios

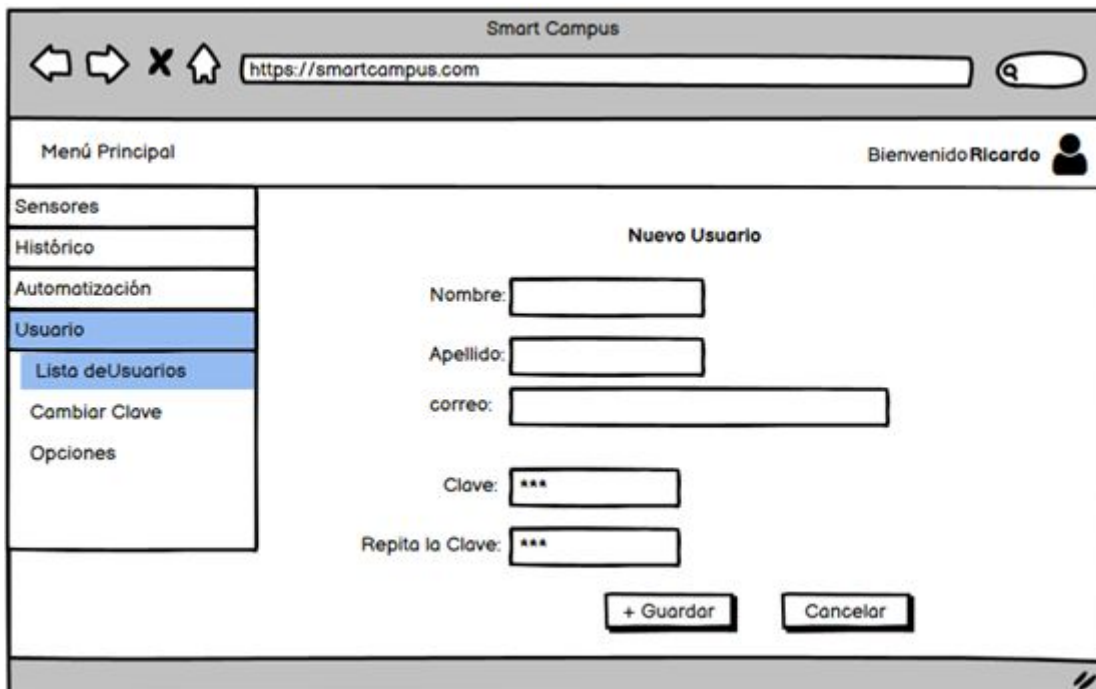
Imagen 10: Diseño de Vistas – ventana de usuarios



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.11. Ventana de Creación de Usuarios

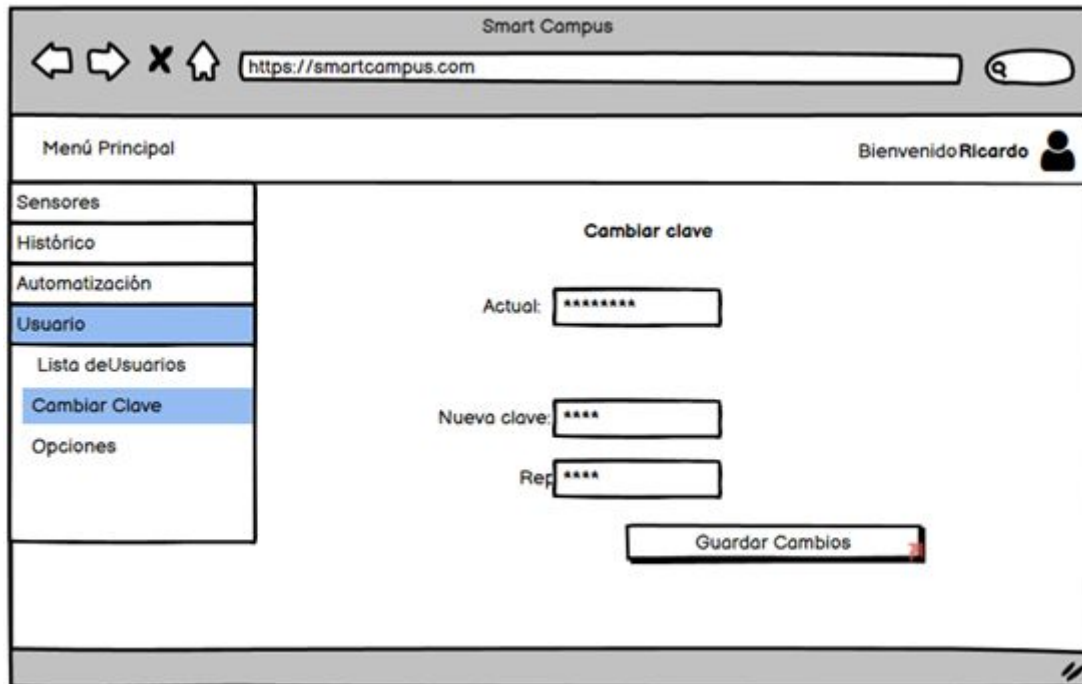
Imagen 11: Diseño de Vistas – ventana de registro de usuarios



Fuente: Elaboración del autor

2.4.3.11. Ventana de Cambio de Clave

Imagen 12: Diseño de Vistas – ventana principal



Fuente: Elaboración del autor

2.5. ENSAMBLE Y EJECUCIÓN DEL PROTOTIPO.

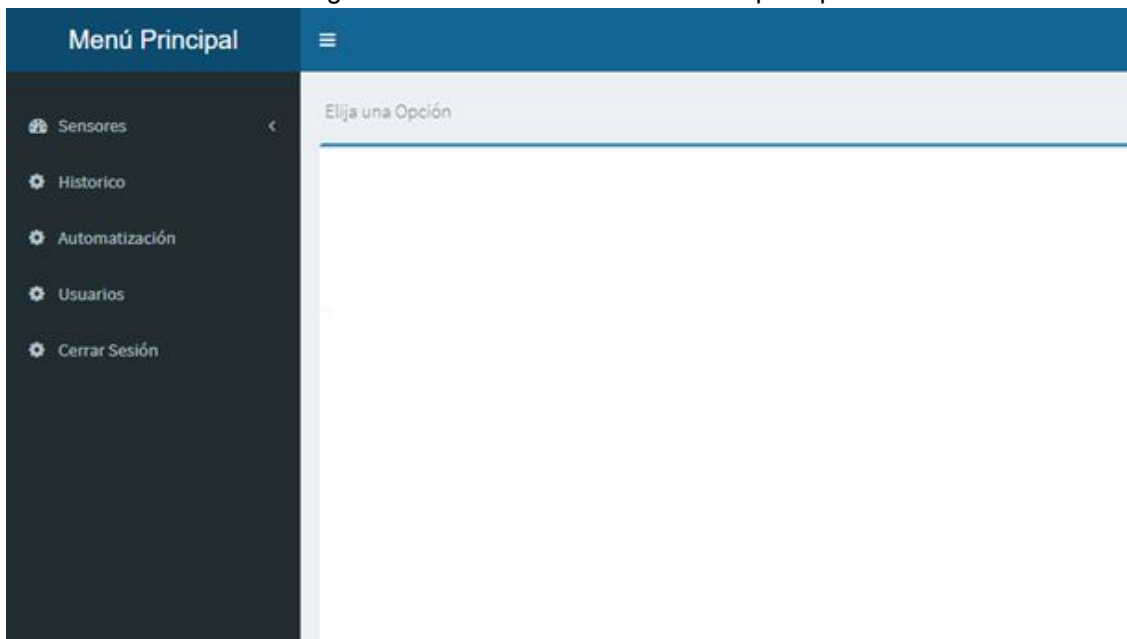
En este punto se exponen los procesos principales del sistema web desarrollado para control y administración del Smart Campus, también se describe la funcionalidad de cada una de los requerimientos solucionados.

2.5.1. Página Principal e inicio de sesión

Es la página inicial del sistema, si no ha iniciado sesión todavía, saldrá esta ventana donde se muestra información en general del proyecto, en la parte superior derecha (**Figura 18**), se encuentra el botón de inicio de sesión.

Para iniciar sesión, dirigirse al link en la parte superior derecha de la ventana principal, se redirige a la ventana de Login (**Figura 13**), se ingresa las credenciales previamente registradas para acceder al menú principal.

Imagen 13: Diseño de Vistas – ventana principal



Fuente: Elaboración del autor

2.5.2. Menú Principal

Esta ventana contiene todas las herramientas para el control del proyecto. Estas opciones están detalladas en la lista expandible en la parte izquierda de la página (**Figura 13**). Entre las funciones implementadas están las siguientes:

- Sensores
- Histórico
- Automatización
- Administrador
- Cerrar sesión

En el apartado de Sensores (**Figura 13**) hay 2 submenús: visualizar sensores y configurar dispositivos. Este permite administrar todos los módulos de control de las

diferentes áreas en donde esté implementado el prototipo, agregar nuevos dispositivos y modificar característica a los ya añadidos anteriormente.

El menú Histórico es una sección de recuperación de información, cada dispositivo integrado guarda información en la base de datos, y también los logs de inicio de sesión y configuración del dispositivo.

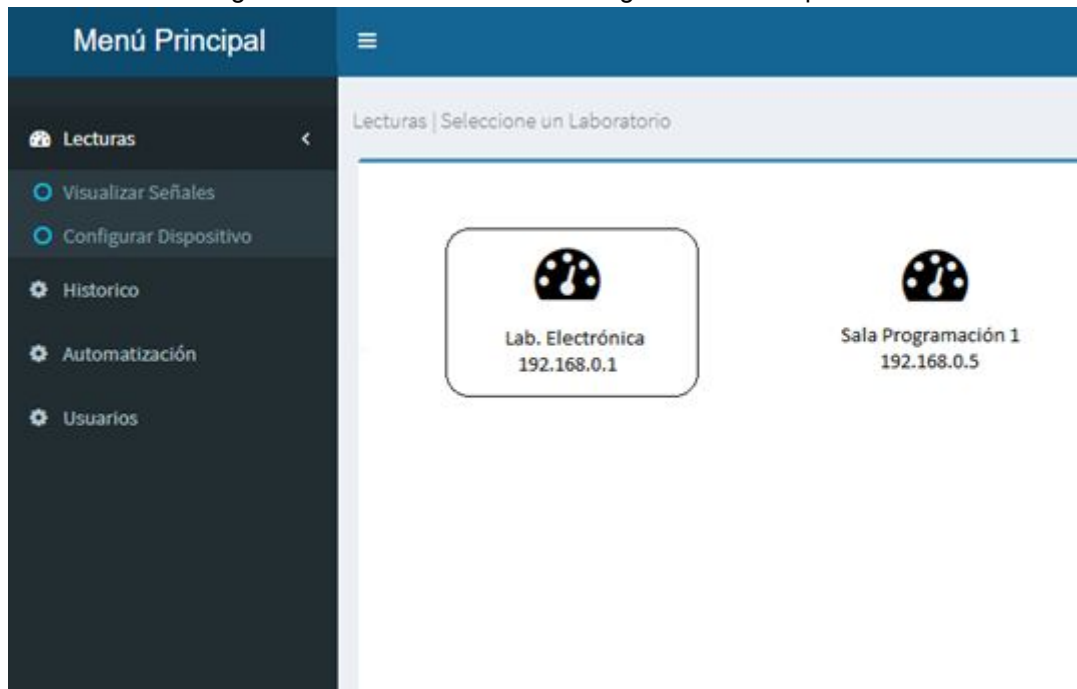
El menú Automatización permite establecer una configuración de suministro de energía al circuito derivado de cada área. Esta configuración está dada por un horario en donde se suministrará energía o se detendrá el suministro.

En el menú Administrador se registra nuevos usuarios, cambio de clave y configuraciones generales del sistema.

2.5.3. Menú Sensores

Permite visualizar en tiempo real las señales eléctricas que envían los sensores de cada tarjeta al servidor. Para visualizar estas señales, primero hay que seleccionar un área que están identificadas con un nombre y una dirección ip, que representan a una tarjeta instalada. Cada tarjeta tiene 2 entradas de señales que registran el voltaje y hasta 8 entradas de corriente; esto se configura en el submenú Configurar Dispositivos (**Figura 14**).

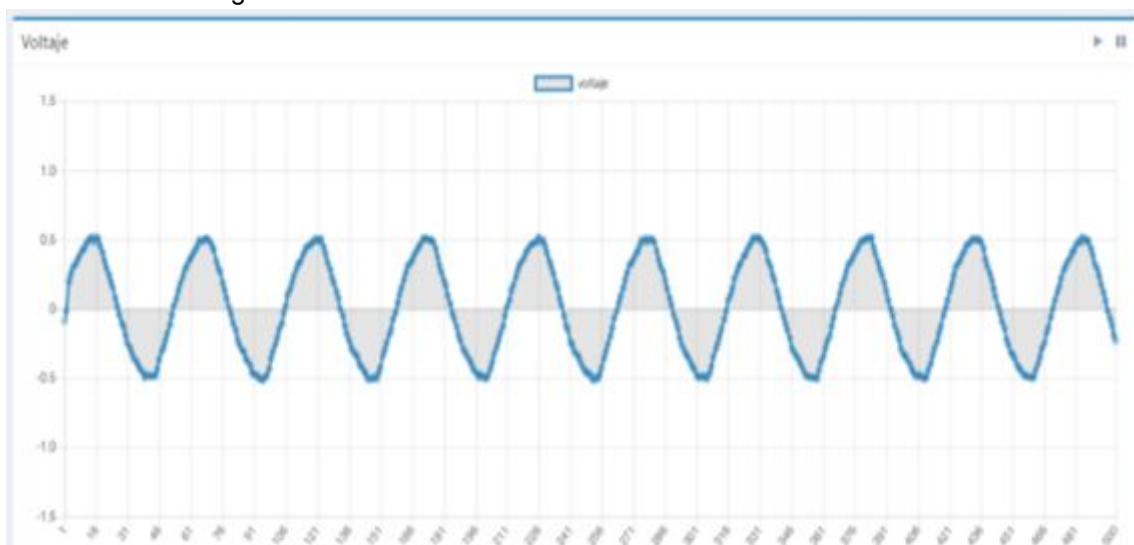
Imagen 14: Diseño de Vistas – Configuración de Dispositivos



Fuente: Elaboración del autor

En la gráfica se visualiza las formas de ondas, se puede seleccionar la entrada con las opciones de la parte superior de la ventana (**Figura 15**)

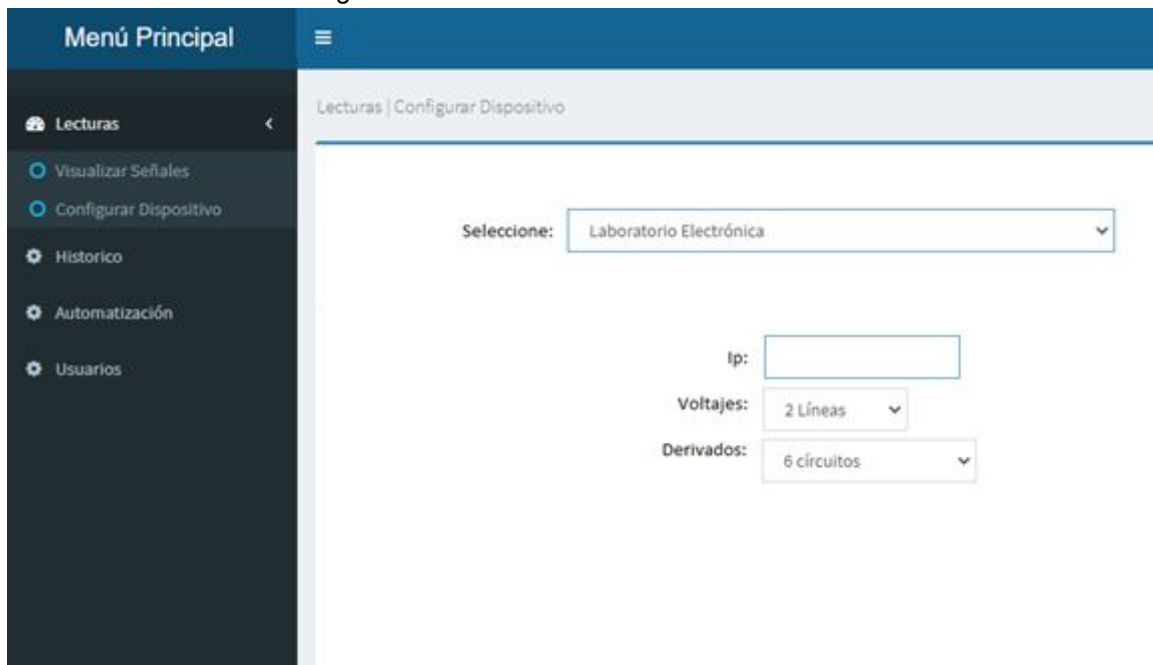
Imagen 15: Diseño de Vistas – Visualizador de señales eléctricas



Fuente: Elaboración del autor

Para configurar un dispositivo seleccionamos un área, que están identificadas con un nombre, por ejemplo: “Lab. de Electrónica”. Aquí se puede gestionar una dirección ip, el número de líneas de voltaje existentes y el número de circuitos derivados a controlar, esta configuración debe realizarse en cada área agregada individualmente (**Figura 16**).

Imagen 16: Diseño de Vistas – Gestión de áreas.



Fuente: Elaboración del autor

También permite agregar nuevas áreas a controlar. Cabe mencionar que la dirección ip es única y no puede ser utilizada por 2 áreas, ya que acarreará problemas en la comunicación con el servidor, puesto que solo se registrará información de la que tenga verdaderamente la ip configurada en el adaptador de red de la tarjeta de control, perdiendo así la información del otro dispositivo. Un área que no se necesite, puede ser eliminada del sistema, así también deshabilitada para detener la automatización y no guardar el consumo.

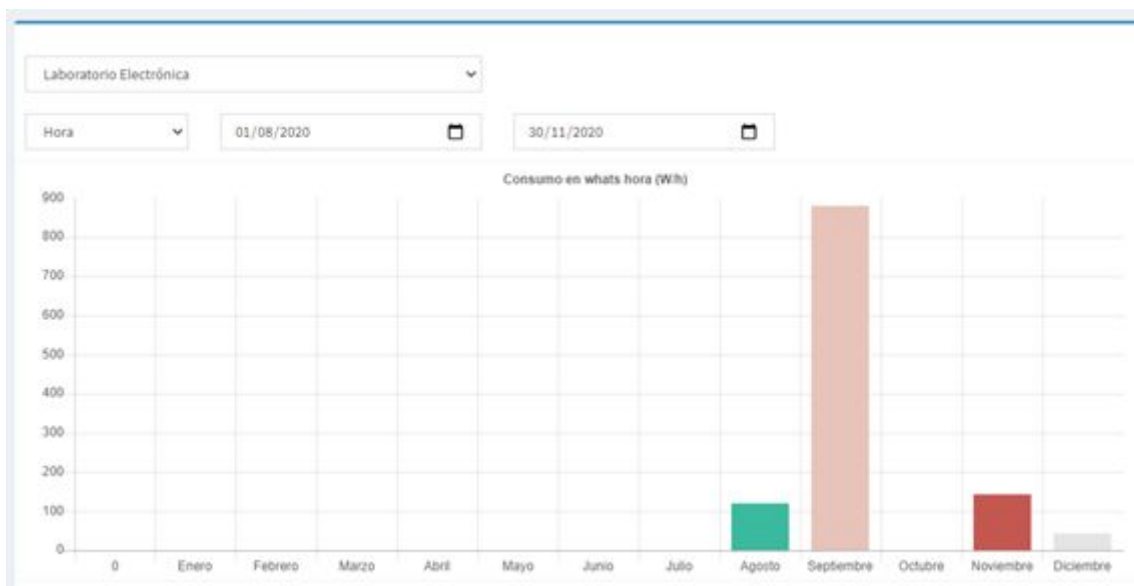
2.5.4. Histórico

Este menú visualiza en gráficos de barras el consumo de cada área, una gráfica por cada circuito derivado que se tenga registrado en el sistema será desplegada aquí, con la posibilidad de limitar los datos por medio un rango de fechas, y agrupación de los datos por hora, días y meses.

2.5.4.1. Consumo

Para visualizar la información sobre el consumo de energía eléctrica, se debe seleccionar el submenú Consumo. Dentro de esta ventana (**Figura 17**), seleccionar el área de interés, y elegir tiempo; que determina si los datos se agrupan por hora, día o mes. Por último, seleccionar la fecha correspondiente y dar clic en visualizar, en ese momento se mostrará la información.

Imagen 17: Diseño de Vistas – Gráficas de consumo.



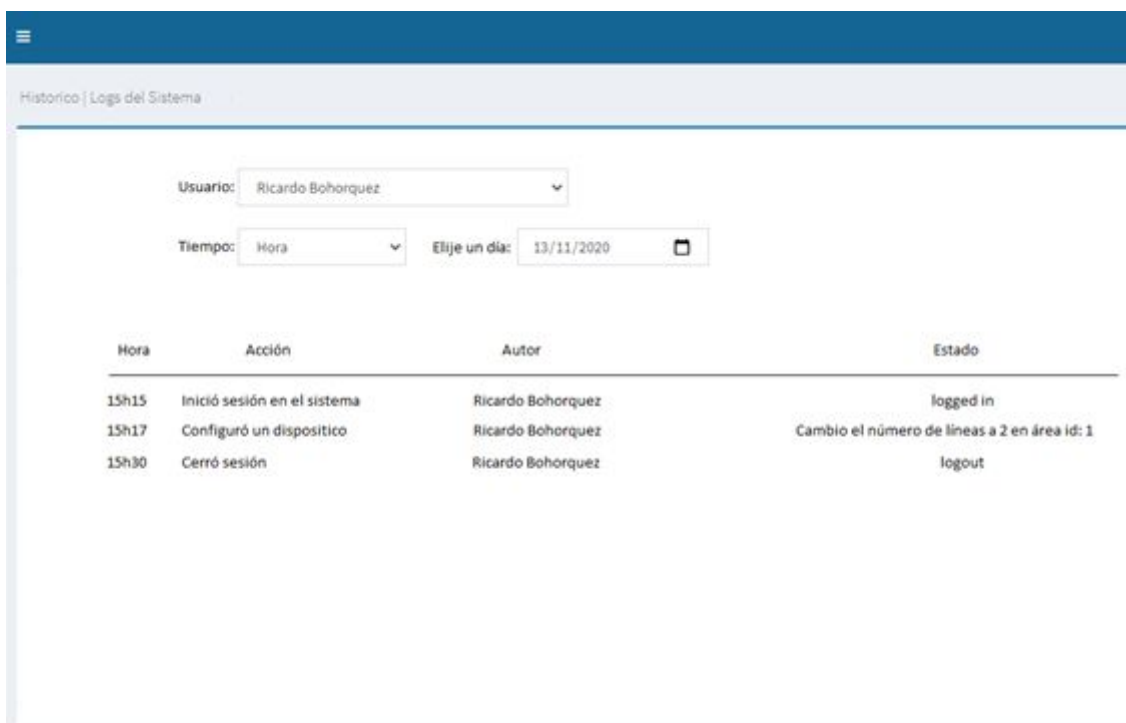
Fuente: Elaboración del autor

Se mostrará una gráfica por cada circuito derivado que tenga registrado el área seleccionada.

2.5.4.2. Logs

El log es un historial de mensajes o sucesos que se dan mientras el dispositivo esté encendido. También permite registrar inicios de sesión, y configuraciones realizadas en cada área, con la posibilidad de identificar al usuario que realizó estos cambios **(Figura 18)**.

Imagen 18: Diseño de Vistas – Log del Sistema.



Historico | Logs del Sistema

Usuario: Ricardo Bohorquez

Tiempo: Hora Elije un día: 13/11/2020

Hora	Acción	Autor	Estado
15h15	Inició sesión en el sistema	Ricardo Bohorquez	logged in
15h17	Configuró un dispositivo	Ricardo Bohorquez	Cambio el número de líneas a 2 en área id: 1
15h30	Cerró sesión	Ricardo Bohorquez	logout

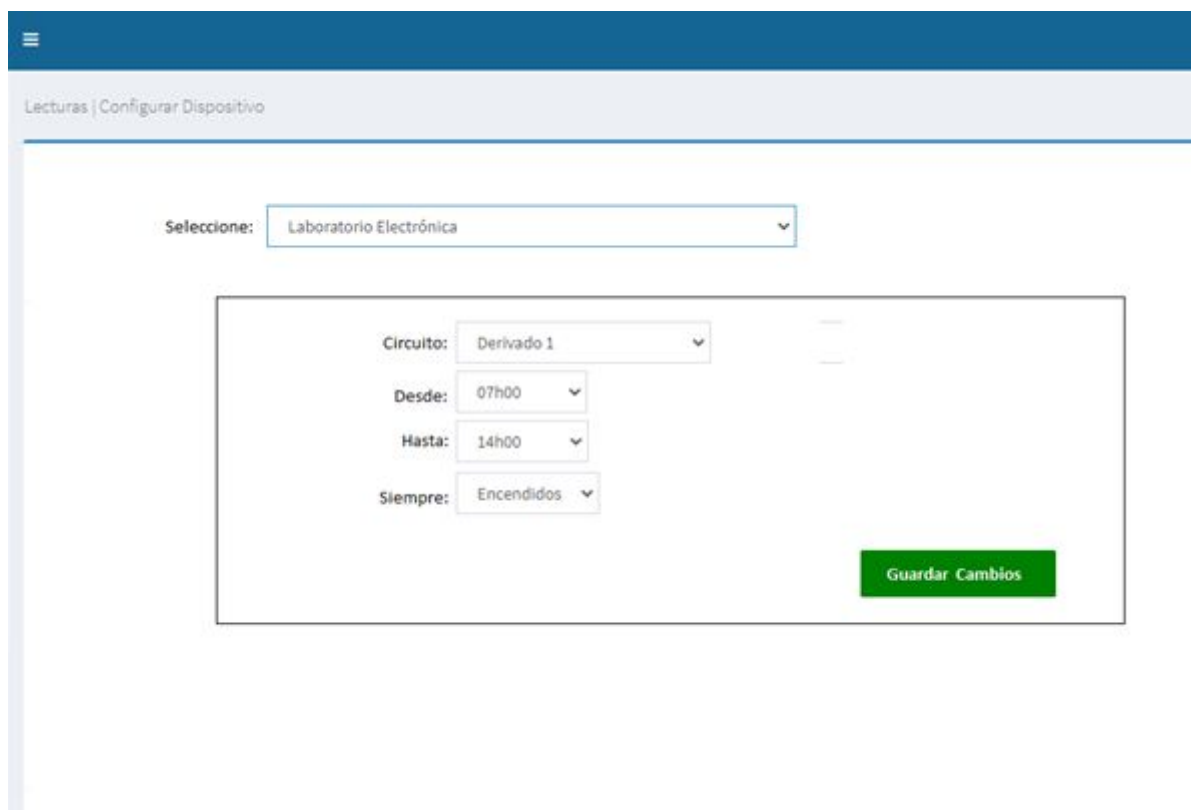
Fuente: Elaboración del autor

Esta información puede ser filtrada por usuario, un rango de fechas, área o tipo de log, todo esto para poder identificar un problema o verificación de una configuración en específica.

2.5.5. Automatización

La automatización permite controlar individualmente el suministro de energía de cada circuito derivado en todas las áreas registradas, si no se tiene presente una configuración, es decir si no hay un registro de configuración guardado, el circuito simplemente permanecerá encendido (**Figura 19**)

Imagen 19: Diseño de Vistas – Configuración de Automatización.



The screenshot shows a web interface for configuring a device. At the top, there is a blue header with a hamburger menu icon and the text 'Lecturas | Configurar Dispositivo'. Below the header, there is a form with the following elements:

- A dropdown menu labeled 'Seleccione:' with the value 'Laboratorio Electrónica'.
- A central box containing:
 - A dropdown menu labeled 'Circuito:' with the value 'Derivado 1'.
 - A dropdown menu labeled 'Desde:' with the value '07h00'.
 - A dropdown menu labeled 'Hasta:' with the value '14h00'.
 - A dropdown menu labeled 'Siempre:' with the value 'Encendidos'.
 - A green button labeled 'Guardar Cambios'.

Fuente: Elaboración del autor

Para guardar una configuración, seleccionar el área identificada con un nombre o ip, luego seleccionar un circuito derivado; si la configuración ya está registrada se

cargará automáticamente la información, de lo contrario el horario predeterminado aparecerá desde las 6h00 a 18h00 y siempre encendidos.

Imagen 20: Diseño de Vistas – Estado de Circuitos.



Fuente: Elaboración del autor

El control de la parte superior permite habilitar o deshabilitar la automatización, y finalmente con el botón Guardar Cambios, se almacenará en la base de Datos. Esta configuración se aplicará inmediatamente después de ser guardada.

2.5.6. Administrador

El menú del administrador permite gestionar el ingreso y manipulación de configuraciones a los usuarios (**Figura 21**).

Imagen 21: Diseño de Vistas – Usuarios.



Fuente: Elaboración del autor

En el submenú usuarios se listan todos los usuarios registrados, con la posibilidad de editar sus datos. Esta ventana aparecerá, solo si la persona que inició sesión es un administrador de nivel 1.

Al crear un nuevo usuario, se utiliza una contraseña por defecto, luego el propio usuario tendrá que cambiarla cuando inicie sesión. Entre los datos almacenados, se encuentra nombres y apellidos, teléfono y correo (**Figura 21**)

Imagen 22: Diseño de Vistas – Gestión de Usuarios.

Cedula:

Nombres: Apellidos:

Ciudad: Dirección:

Correo: Telefono:

Nivel:

Fuente: Elaboración del autor

Las opciones generales permiten definir algunos aspectos básicos, entre ellos, la cantidad de muestras por segundo a promediar en el consumo de los circuitos derivados, horario a ingresar el sistema, entre otros.

3. CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO


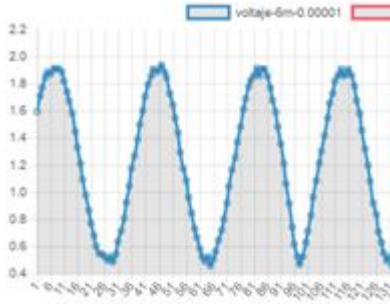
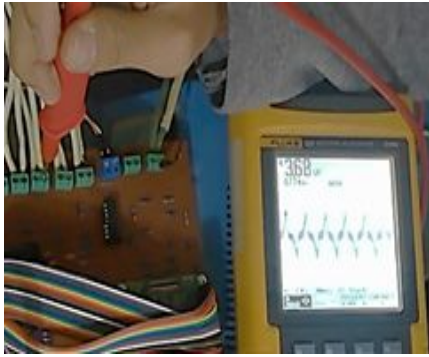
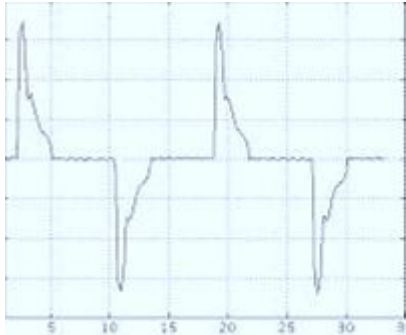

3.1. Plan de Evaluación

Luego del desarrollo de la aplicación, se elaboró un plan para realizar pruebas y verificar que su funcionamiento es el correcto. Las pruebas van dirigidas primero a la adquisición de señales, en donde se debe comprobar con dispositivos de medición como osciloscopios y multímetros la información que se visualiza en la pantalla; y por otro lado, evaluar el servidor web donde se debe comprobar que se muestre la información requerida, sin pérdidas de información o medidas erróneas.

3.2. Evaluación de adquisición de señales.

Para validar la adquisición de señales se procede a comparar las señales que obtiene la tarjeta controladora y que son visualizadas en el tablero de control web, con las obtenidas con un osciloscopio. A continuación se detallan en una tabla comparativa.

Tabla 3.1. En la siguiente tabla se evidencia el voltaje medido por el multímetro y el obtenido por el tablero de control.

#	Descripción	Valores obtenidos	
		Osciloscopio Multímetro	Página web
1	Línea 1 (voltaje)		
2	Sensor TC 1 TC A (corriente)		
3	Voltaje de entrada		

La verificación de los cálculos que realiza el software, son contrastados en la tabla 3.2, donde se utiliza un multímetro con la finalidad de comparar el voltaje medido con la y la información desplegada en la consola de dispositivo electrónico Raspberry Pi.

Tabla 3.2. Cálculo de errores en mediciones de voltaje.

Mediciones de Voltaje				
#	Valor por Multímetro	Valor obtenido en Tarjeta de Control	Voltaje de error	% Error
1	126.8 V	127.32 V	-0.52 V	-0.41%
2	126.9 V	127.32 V	-0.42 V	-0.33%
3	128.4 V	128.01 V	0.39 V	0.30%
4	129.4 V	128.66 V	0.74 V	0.57%
5	127.4 V	127.96 V	-0.56 V	0.44%
6	127.2 V	126.88 V	0.32 V	0.25%
7	127.0 V	126.62 V	0.38 V	0.30%

El error calculado (Tabla 3.2) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$e = \frac{V_1 - V_2}{V_1} * 100$$

Donde V1 es el voltaje medido por el multímetro y V2 es el voltaje que muestra la consola de la Raspberry Pi. En promedio el error es igual a $\pm 0,5\%$.

También se evalúa la precisión con que se calcula el consumo, donde para calcular la potencia en watts se multiplica el voltaje promedio que midió el multímetro por la corriente circulando por el cable de energía. Contrastando esta información con la calculada por las rutinas del firmware, se presentan los resultados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Gráfica de consumos históricos.

Consumo rango de 10min			
Valor por Multímetro	Valor obtenido en Tarjeta de Control	Potencia de error	% Error
35.6 W	33.23 W	2.37 W	6.66 %
3.8 W	3.98 W	-0.18W	-4.73 %
115.22 W	118.79 W	-3.57 W	-3.10 %
116.70 W	115 W	1.58 W	1.35 %
121.06 W	118.56 W	2.5 W	2.07 %

El error en el consumo calculado (Tabla 3.2) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$e = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

Donde $W1$ es el consumo en watts medido por el multímetro y $W2$ es el consumo en watts que muestra la consola de la Raspberry Pi. El error es menor al 7%.

3.3. CONCLUSIONES

- La herramienta de software Balsamiq Mockups fue de mucha productividad, permitió obtener las vistas de todas las ventanas en el mejor tiempo posible, y gracias a su extenso almacén de gráficos y símbolos fue posible obtener resultados de calidad.
- Node.js permitió crear un servidor web robusto y completo, se acortó el tiempo de desarrollo en funciones y es de fácil entendimiento.
- MQTT es el estándar preferido para proyectos IOT, su arquitectura permite agregar a muchos dispositivos en poco tiempo, teniendo a todos conectados y actualizados gracias a su diseño de publicador-subscriptor.
- La evaluación del software demuestra que las rutinas aplicadas y fórmulas desarrolladas son altamente precisas, permiten obtener la información acertada con un pequeño margen de error, que puede corregirse con las futuras revisiones.

3.4. RECOMENDACIONES

- Utilizar un framework mejora el rendimiento de una aplicación, gracias a que estos están constantemente depurados y actualizados por la comunidad. Además de que la curva de aprendizaje es pequeña y las librerías permiten el ahorro de códigos de programación, creando funciones robustas y seguras.
- Al momento de elegir una metodología, se debe tener en cuenta el tipo de aplicación se está desarrollando. SCRUM permite a un equipo pequeño y en

poco tiempo, desarrollar un software robusto, que va mejorando en cada sprint.

- El módulo de automatización, aunque permite controlar el suministro de energía por horarios, no notifica por algún medio como correo o mensaje de texto cuando se va a cortar el suministro; pudiendo crear desde equivocaciones hasta pérdida de información y por lo tanto, se debería implementar en el futuro.
- El consumo de energía es medido y almacenado, pero no se notifica cuando se ha llegado a un límite. Esta actualización permitiría estar al tanto por medio de un mensaje de texto, lo cual evitaría revisar el Histórico y ahorrar así, algo más de tiempo.

Bibliografía

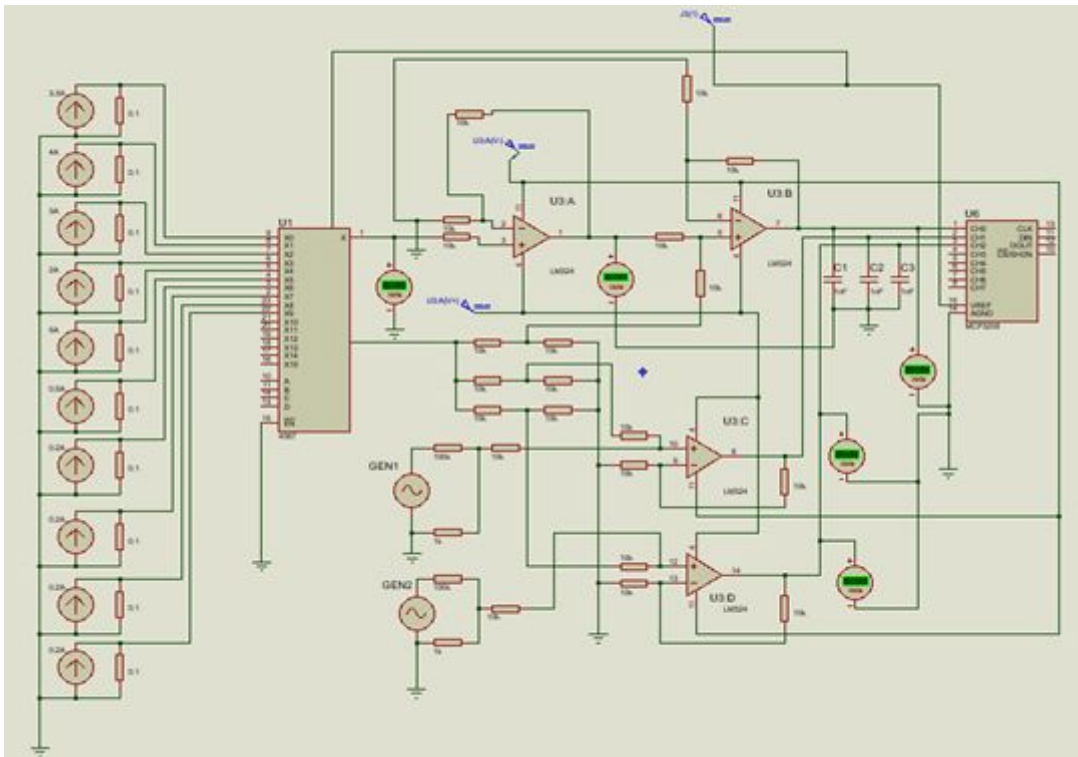
- [1] G. A. Ballesteros Vladimir, «Modelo de educación en energías renovables desde el compromiso y la actitud energética,» *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 28, nº 52, pp. 27-42, 2019.
- [2] C. R. Barreto Nieto Carlos, «Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: Una evaluación empírica con datos panel,» *Ecos de Economía*, vol. 16, nº 35, pp. 73-89, 2012.
- [3] G. Claudia, «Identificación de los pilares que direccionan a una institución universitaria hacia un smart-campus,» *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, vol. 9, nº 1, pp. 127-145, 2018.
- [4] R. J. SANCHEZ Brayan, «Smart Campus: Trends in cybersecurity and future development,» *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 27, nº 47, pp. 104-112, 2018.
- [5] P. A., «Innovación tecnológica de un sistema integral para monitorear el consumo eléctrico,» *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 01, nº 22, pp. 9-16, 2019.
- [6] O. Byron, «Monitoring system for the electrical consumption management using services in networks (nets) AD-HOC AND IOT,» *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 11, nº 2, pp. 184-192, 2019.
- [7] M. Mamani y M. Villalobos, «Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola,» *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, vol. 25, nº 4, pp. 599-618, 2017.
- [8] «IIoT y sistemas de control: oportunidades, desafíos y arquitecturas,» *Ciencia e Ingeniería*, vol. 38, nº 3, pp. 209-214, 2017.

- [9] A. Ochoa, «Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad del aire,» *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 12, nº 1, pp. 189-204, 2018.
- [10] C. P. Castillo Sandra, «Diseño e implementación de un software para la trazabilidad del proceso,» *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 20, nº 3, pp. 523-536, 2019.
- [11] A. P. Mariño Sonía, «Implementación de SCRUM en el diseño del proyecto del Trabajo Final de Aplicación,» *Scientia et Technica*, vol. 19, nº 4, pp. 413-418, 2014.
- [12] H. S. Loay Alnaji, «Performance-Measurement Framework to Evaluate Software Engineers for Agile Software-Development Methodology,» *European Journal of Business and Management*, vol. 7, nº 2, pp. 183-190, 2015.
- [13] M. Cossentino y V. Hilaire, *Handbook on Agent-Oriented Design Processes*, Alemania: Springer, 2014.
- [14] J. Holguera, «Scrum (II). Desarrollando ágilmente,» *Sólo programadores*, vol. 9, nº 162, pp. 14-19, 2008.
- [15] F. Rubio, «Instalación de un servidor web-SSL,» *Computer Hoy*, vol. 3, nº 16, pp. 73-78, 2001.
- [16] M. José, «Supervisión mediante una topología cliente-servidor con estación de ingeniería y servidor web,» *Automática e instrumentación*, vol. 13, nº 419, pp. 54-55, 2010.
- [17] Computer Hoy, «Cómo instalar un servidor web con PHP y MySQL,» *Computer Hoy*, vol. 1, nº 213, pp. 118-123, 2006.

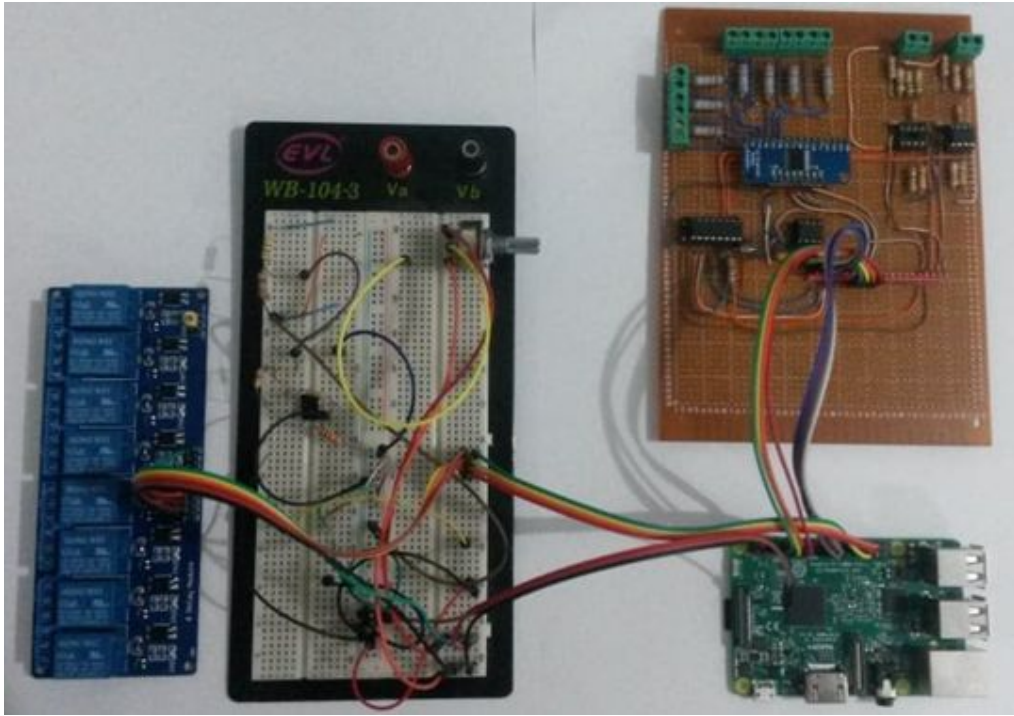
- [18] R. Lerner, «Javascript,» *Mundo Linux: Sólo programadores Linux*, vol. 8, nº 93, pp. 48-51, 2006.
- [19] H. Quintana, «Implementación de aplicaciones isomórficas con Javascript,» *Interfases*, vol. 8, nº 8, pp. 143-161, 2015.
- [20] J. Keogh, JavaScript, España: ANAYA MULTIMEDIA, 2005.
- [21] A. Sancho, «Desarrollo de una aplicación de "Web Mapping" con teselas vectoriales en la plataforma NODEJS,» *Mapping*, vol. 24, nº 193, pp. 6-17, 2019.
- [22] G. Alexis, «Desarrollo de un sistema basado en la nube para el monitoreo de un nido de aves, su ambiente y comportamiento, siguiendo el paradigma del Internet de las Cosas,» *Tecnología en Marcha*, vol. 33, nº 3, pp. 32-44, 2020.
- [23] I. Gilfillan, MySQL, España: ANAYA MULTIMEDIA, 2003.
- [24] P. DuBois, MySQL, España: Pearson Educación, 2001.
- [25] C. Romero, «Monitorización web de señales industriales usando sistemas embebidos,» *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, vol. 16, nº 1, pp. 46-62, 2016.
- [26] D. Matabuena, «Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica,» de *Actas del XIII Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica*, Tenerife, 2018.
- [27] M. Davis y J. Phillips, PHP y MySQL, España: ANAYA MULTIMEDIA, 2008.

Anexos

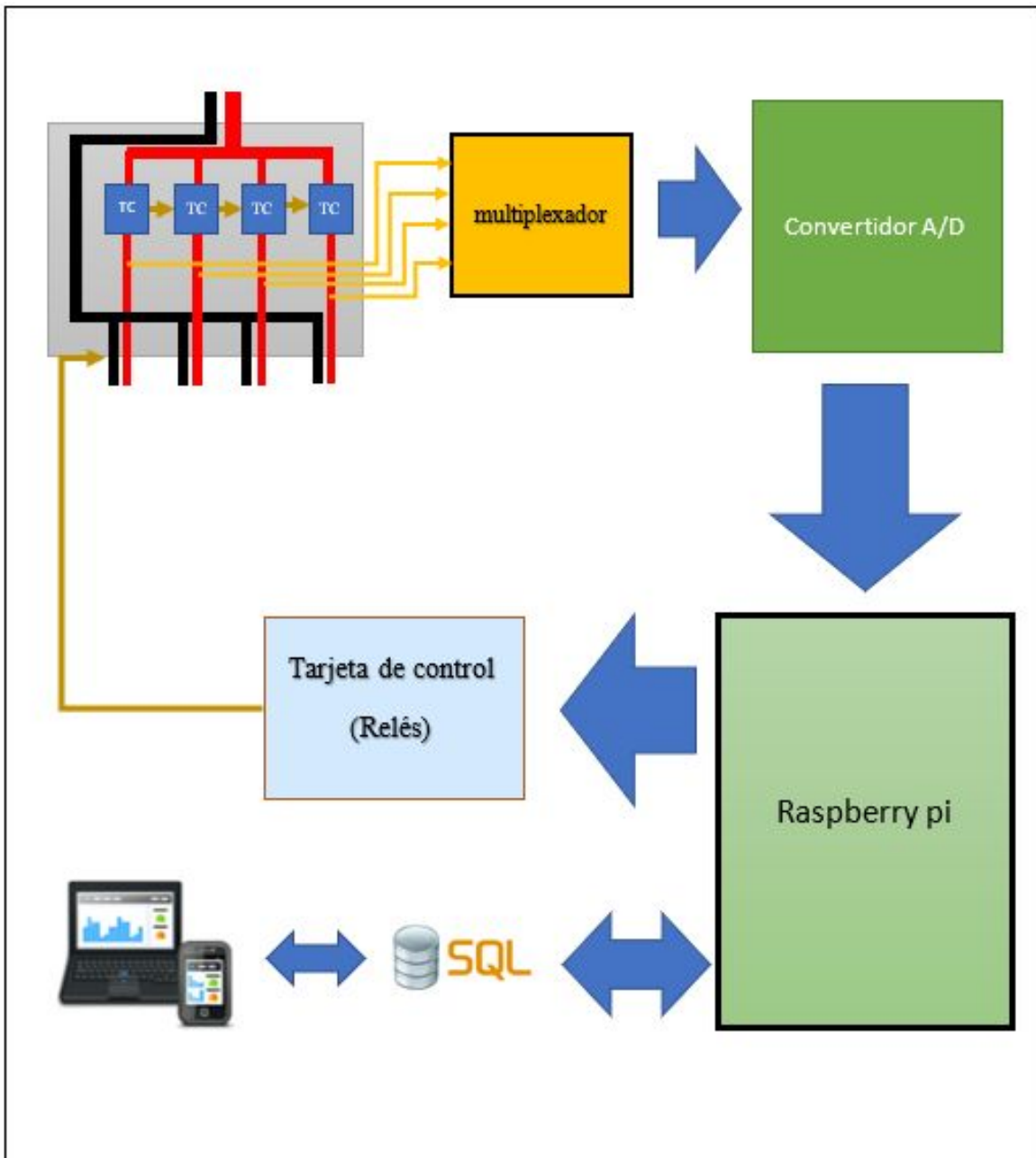
Anexo 1: Diagrama de Componentes



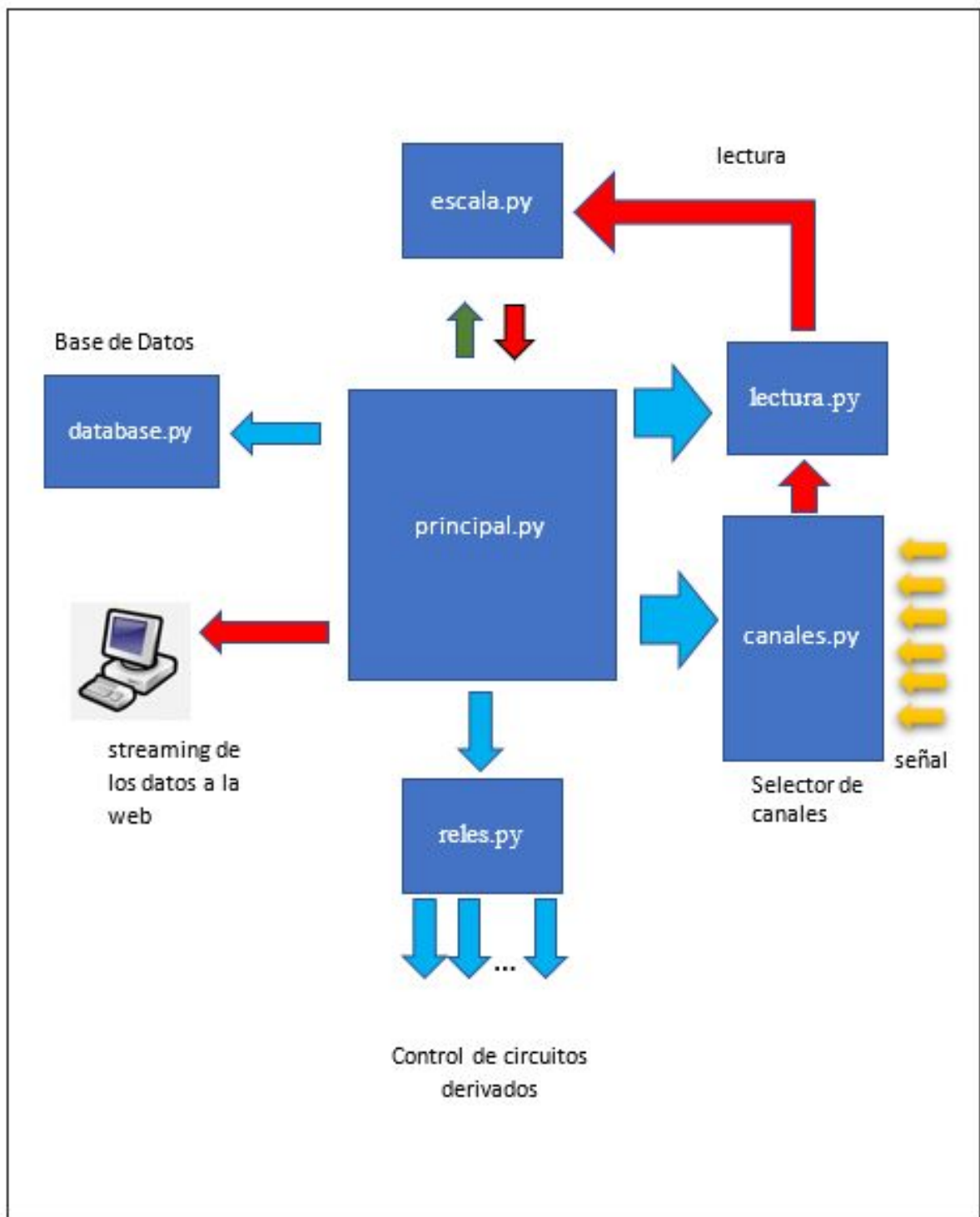
Anexo 2: Prototipo inicial



Anexo 3: Arquitectura de hardware



Anexo 4: Diagrama de flujo firmware



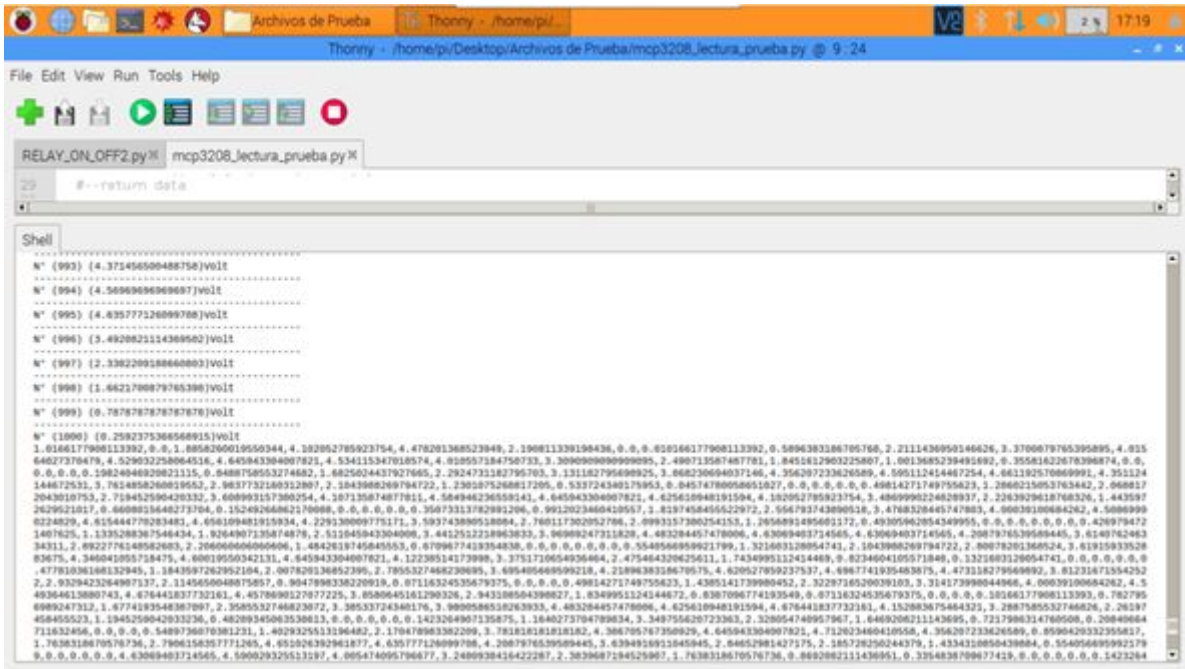
Anexo 5: Prueba de firmware



Anexo 6: Conexión en tablero de Control



Anexo 7: Medición de Bobinas

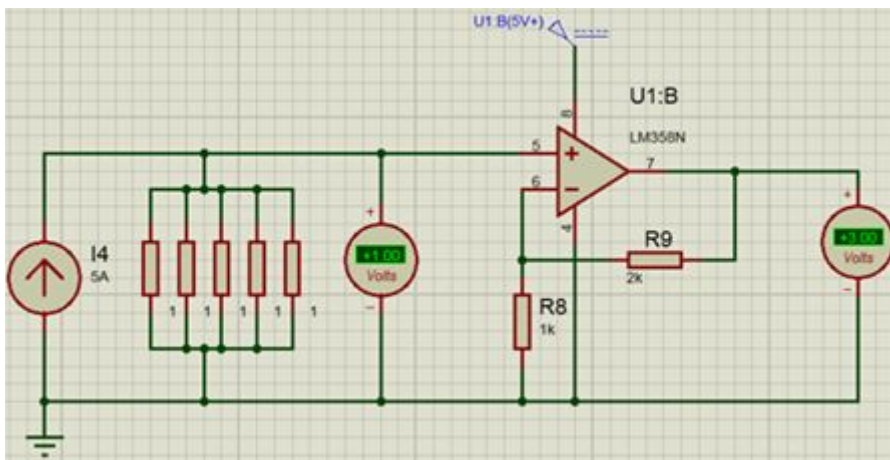


Anexo 8: Calculo de voltaje offset

$$V_{out} = 1 \left(1 + \frac{2K}{1K} \right)$$

$$V_{out} = 1 (1 + 2)$$

$$V_{out} = 3v$$



Anexo 9: Pruebas de funcionamiento

