



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E SCIENTIA HOMINIS SALUS "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA ADQUISICIÓN Y MONITOREO DE DATOS DE LA CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR PARA LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

ÁNGEL DARÍO CASTELLANO NARVÁEZ

angel.castellano@epn.edu.ec

MARÍA JOSÉ VALENCIA JUMBO

maria.valencia@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. MARCO ESTEBAN YACELGA PINTO, MSc.

marco.yacepgap@epn.edu.ec

CODIRECTOR: ING. JOSÉ ADRIÁN ZAMBRANO MIRANDA

jose.zambrano@epn.edu.ec

Quito, agosto 2019

AVAL

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Ángel Darío Castellano Narváez y María José Valencia Jumbo, bajo nuestra supervisión.

NOMBRE DIRECTOR

ING. MARCO ESTEBAN YASELGA PINTO

NOMBRE CODIRECTOR

ING. JOSÉ ADRIÁN ZAMBRANO MIRANDA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Ángel Darío Castellano Narváez y María José Valencia Jumbo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejamos constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

ÁNGEL DARÍO CASTELLANO NARVÁEZ

MARÍA JOSÉ VALENCIA JUMBO

DEDICATORIA

Este trabajo le dedico a mi familia. A mis padres Medardo Castellano y Genoveva Narváez quienes me han brindado su apoyo y amor incondicional. A mis hermanas Daniela y Maricela y de manera especial a mi esposa Majito y a mi hijo Sebastián.

Ángel Darío Castellano Narváez

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación le dedico a mi hijo Sebastián, a mis padres Lupe Jumbo y Máximo Valencia por su amor incondicional. A mi esposo Ángel por su compañía y apoyo en todos los momentos.

A mis hermanos Karlita, Andy y Jasmine.

María José Valencia Jumbo

AGRADECIMIENTO

Las palabras que busco no existen pues mi agradecimiento a mis padres no tiene comparación, no solo por permitirme culminar este trabajo sino porque siempre están en cada paso que doy. Gracias doy a Dios por permitir que ellos existan, gracias doy a Sebastián y a María por cambiar el sentido de mi vida y ser el motor de todo lo que hago, gracias doy a mi familia por mantener la confianza en mí, gracias doy a esta Universidad que formado me ve hoy.

Ángel C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, a Dios. A mi familia. A mis padres, Lupe Jumbo y Máximo Valencia por su enseñanza y guía para lograr ser una mejor persona cada día, por brindarme su apoyo y cariño para salir adelante.

A Angelito por estar siempre presente con tus palabras de aliento para poder continuar en los momentos difíciles.

A mis tíos que, aunque están en el extranjero siempre han estado pendiente de nosotros.

A mis hermanos Karla, Vanessa, Jasmine y Andy, por ser parte especial de mi vida y ayudarme a lo largo de este camino.

A Medardo Castellano y Genoveva Narváez por ser como unos padres para mí.

Expresar mi agradecimiento a mis directores Ing. Marco Yacelga e Ing. Adrián Zambrano por su orientación y confianza para poder culminar con éxito el presente trabajo.

María José Valencia

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.2 ALCANCE	2
1.3 MARCO TEÓRICO	3
1.3.1 ESTACIÓN METEOROLÓGICA.....	3
1.3.2 TIPOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	4
1.3.3 ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA E.P.N.....	4
1.3.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PRODUCTIVITY 2000.....	12
1.3.5 COMUNICACIÓN DEL PROTOTIPO	18
1.3.6 APLICACIÓN WEB.....	21
1.3.7 APLICACIÓN MÓVIL.....	22
1.3.8 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO	22
1.3.9 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	24
2. METODOLOGÍA.....	25
2.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	25
2.2 REQUERIMIENTOS DE LA ETAPA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO	

DE DATOS.....	26
2.2.1 REQUERIMIENTOS DEL DATALOGGER CR1000.....	27
2.2.2 REQUERIMIENTOS DEL PLC PRODUCTIVITY 2000	28
2.2.3 REQUERIMIENTOS DEL SERVIDOR	28
2.2.4 REQUERIMIENTOS DE LA BASE DE DATOS.....	29
2.3 SELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO.....	29
2.3.1 SELECCIÓN DEL PROTOCOLO PARA LA CONEXIÓN ENTRE EL PLC PRODUCTIVITY 2000 Y EL SERVIDOR	29
2.3.2 SELECCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	31
2.3.3 SELECCIÓN DEL SERVIDOR.....	33
2.3.4 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO	35
2.3.5 SELECCIÓN DEL FRAMEWORK.....	37
2.4 REQUERIMIENTOS DE LA ETAPA DE PRESENTACIÓN Y MONITOREO	39
2.4.1 ANÁLISIS DE MYENLIGHTEN UN SOFTWARE PARA EL MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS.....	39
2.4.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS APLICACIÓN WEB.....	43
2.4.3 DIAGRAMA DE CASOS DE USO.....	50
2.4.4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS APLICACIÓN MÓVIL.....	62
2.5 DIRECCIONAMIENTO DE RED	68
2.6 PLANIFICACIÓN DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO SEGÚN LA METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN.....	68
2.6.1 TABLEROS KANBAN.....	68
2.7 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA.....	69
2.7.1 TABLERO KANBAN	69
2.7.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED LOCAL IPV4.....	71
2.7.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA ETAPA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.....	74
2.7.4 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN PLC	79
2.7.5 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN BASE DE DATOS.....	87

2.7.6	ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN SERVIDOR	93
2.7.7	PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE DATOS	102
2.7.8	ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN APLICACIÓN WEB.....	102
2.7.9	ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN APLICACIÓN MÓVIL.....	114
2.7.10	IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL, ANDROID	118
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	123
3.1	ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN RESULTADOS.....	123
3.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.	127
3.2.1	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DATALOGGER.....	127
3.2.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PLC	131
3.2.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO SERVIDOR.....	134
3.2.4	BASE DE DATOS.....	136
3.2.5	FINALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN.....	137
3.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE DATOS	139
3.3.1	PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, APLICATIVO WEB.....	139
3.3.2	PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, APLICATIVO MÓVIL.....	146
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
4.1	CONCLUSIONES	150
4.2	RECOMENDACIONES.....	152
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	154
	ANEXOS.....	160

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad la elaboración de un prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos de la captación de radiación solar, el cual realice funciones de adquisición, almacenamiento, monitoreo y presentación de datos de sensores meteorológicos.

Para lo cual, se ha implementado la conexión entre el datalogger CR1000 y el PLC Productivity2000 mediante un enlace serial RS-232. Asimismo, se ha establecido la conexión a la base de datos de Firebase de Google mediante scripts realizados en Python y alojados en un servidor Raspberry Pi.

Este proceso se realiza para obtener y almacenar los datos de los sensores meteorológicos y posteriormente publicarlos en la aplicación Web implementada utilizando el framework Angular, así como en la aplicación Android.

El primer capítulo presenta información teórica de los elementos que conforman el prototipo de monitoreo desarrollado. De igual manera, el segundo capítulo muestra la metodología Kanban, la cual fue empleada para el desarrollo de este proyecto técnico, dividida en dos fases. La fase de diseño donde se incluyen los requerimientos, módulos, roles y diagramas de los componentes del sistema y la fase de implementación del prototipo.

El tercer capítulo muestra los resultados de las pruebas aplicadas al sistema. Así mismo el capítulo cuatro contiene conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a lo largo de la realización de este proyecto técnico.

Finalmente, el quinto capítulo contiene las referencias bibliográficas.

PALABRAS CLAVE: Datalogger, PLC, Firebase, Python, Angular, Android

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to prepare a prototype system for acquiring and monitoring data on the collection of solar radiation, which performs acquisition, storage, monitoring and presentation of meteorological sensor data.

For which, the connection between the CR1000 datalogger and the Productivity2000 PLC has been implemented through an RS-232 serial link. In addition, the connection to the Google Firebase database has been established through various scripts made in Python, which are located on a server connected to the PLC using the Modbus protocol. This process is performed to obtain and store meteorological sensor data and then publish them in the Web application implemented using the Angular framework, as well as in the Android application.

The first chapter is a summary of: Datalogger, sensors, PLC, server, databases, connection protocols, framework and programming methodologies.

The second chapter presents the Kanban methodology, which was used for the development of this technical project, divided into two phases. The design phase consists of the requirements, modules, roles and design of the components of the system and the implementation phase corresponds to the implementation of the prototype.

In the third chapter the results of the tests applied to the system are presented and then an analysis of the results is made.

The fourth chapter contains conclusions and recommendations that were obtained throughout the realization of this technical project.

The fifth chapter contains the bibliographical references.

KEYWORDS: Datalogger, PLC, Firebase, Python, Angular, Android

1. INTRODUCCIÓN

Las facultades de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, implementaron una estación meteorológica en el año 2017, con el fin de obtener datos para futuras investigaciones.

El enfoque de este proyecto es desarrollar un prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos para la estación meteorológica anteriormente mencionada, basado en software libre sin costo de licencia, conformado por una aplicación Web y Android, que realice las siguientes actividades: recopilar, almacenar y presentar la información obtenida.

Por otra parte, en este capítulo se realiza una descripción general sobre las estaciones meteorológicas y sus componentes. Además, se recopila información de servidores, bases de datos, protocolos de conexión, aplicaciones Web, Android y la metodología que se implementará para el desarrollo de las aplicaciones.

También, se presenta información sobre el registrador de datos datalogger Campbell CR1000, debido a que en el capítulo 2, se define integrar este componente al prototipo de sistema a desarrollar e implementar, ampliando el alcance de este proyecto.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio técnico es:

Desarrollar un prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos de la captación de radiación solar para la Escuela Politécnica Nacional.

Los objetivos específicos de este estudio técnico son:

- Analizar la fundamentación teórica necesaria que permita llevar a cabo el proyecto propuesto en este documento.
- Diseñar los módulos que conforman el prototipo de sistema de adquisición y monitoreo de datos.
- Implementar los módulos previamente diseñados que conforman el prototipo de sistema de adquisición y monitoreo de datos.
- Analizar los resultados de las pruebas de funcionamiento del prototipo de sistema implementado.

1.2 ALCANCE

El presente trabajo de titulación pretende desarrollar un prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos, de la estación meteorológica implementada por las facultades de Ingeniería Mecánica y de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

En la Figura 1.1, se muestra el esquema del prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos.

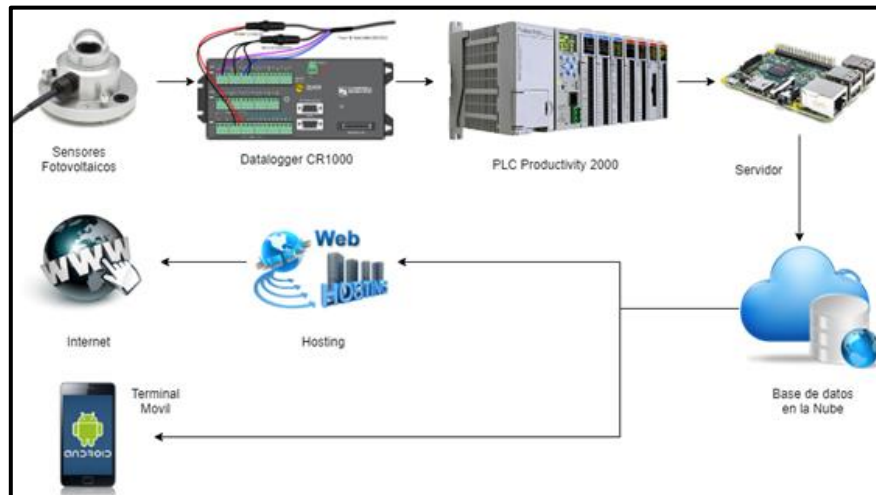


Figura 1.1. Esquema del prototipo de adquisición y presentación de datos.

El prototipo de sistema consta de:

Sensores: se utilizarán para la adquisición de datos.

Datalogger: almacenará los datos de forma local de los sensores conectados, así como, el envío de los datos hacia el PLC.

PLC (Controlador Lógico Programable): se configurará y programará el mismo, para que realice la conexión con el servidor y registre la información recibida en espacios de memoria.

Servidor: se utilizará para gestionar la información y establecer la comunicación con el PLC mediante un protocolo de conexión, para posteriormente almacenarla en una base de datos.

Base de Datos: almacenará la información obtenida mediante los sensores.

Hosting: alojará la aplicación Web.

Dispositivo con sistema operativo Android: se instalará la aplicación móvil.

Para la presentación de datos se desarrollará tanto una aplicación Web como una aplicación móvil para dispositivos Android. Estas aplicaciones utilizarán interfaces gráficas para la presentación de la información, considerando a su vez criterios de diseño que abarquen los requerimientos solicitados por los desarrolladores del proyecto.

Una de las primeras interfaces gráficas a desarrollar, será la de "INICIO", la cual contendrá la información del proyecto, así como permitirá iniciar sesión. Cabe recalcar, que la interfaz "INICIO" permitirá autenticar dos tipos de usuarios, administrador e investigador.

Usuario Administrador: este perfil de usuario tendrá acceso a todos los módulos y funcionalidades del sistema.

Usuario Investigador: este perfil de usuario solo tendrá acceso a los módulos de Radiación Solar y Notificaciones, debido a que este perfil se orienta al público en general.

Consecuentemente, se implementarán los siguientes módulos, dejando abierta la posibilidad de implementar módulos adicionales de ser necesario:

- **Módulo de Usuario:** este módulo permitirá visualizar, crear, eliminar y modificar datos de los usuarios, con el fin de acceder a la información solo a usuarios registrados.
- **Módulo de Reportes:** en este módulo se podrá visualizar y generar reportes en periodos definidos, los cuales serán generados en formato csv.
- **Módulo de Radiación Solar:** este módulo permitirá seleccionar y presentar de forma gráfica y numérica, las variables meteorológicas medidas en la estación.
- **Módulo de Notificaciones:** en este módulo se podrá visualizar y generar notificaciones dependiendo de la cantidad de radiación actual recibida.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Una estación meteorológica es un sistema donde se realizan mediciones y observaciones puntuales de los diferentes parámetros meteorológicos, para establecer el comportamiento atmosférico a través de instrumentación adecuada. [1]

Dicho sistema posee sensores y una unidad de registro y almacenamiento de datos.

1.3.2 TIPOS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Existen varios tipos de estaciones meteorológicas según factores, tales como: tecnología empleada, instrumentación disponible, parámetros meteorológicos y finalidad de uso. A continuación, se detallan tres tipos. [2]

Analógica: Esta estación se caracteriza por poseer instrumentos analógicos para realizar mediciones meteorológicas, que generalmente son: termómetro (temperatura), barómetro (presión atmosférica) e higrómetro (humedad).

Digital: Esta estación está conformada por dispositivos electrónicos que emiten señal digital. Además, los modelos avanzados registran valores históricos, permiten pronosticar el tiempo, proporcionan salida para ordenadores, así como, datos en tiempo real, que también generan alarmas de hielo, lluvia, tormenta o viento, entre otros.

Portátil: Es una estación meteorológica digital diseñada específicamente para ser fácilmente transportable, por lo que funciona mediante baterías o energía solar.

1.3.3 ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE LA E.P.N.

La Escuela Politécnica Nacional implementó una estación meteorológica en el año 2017, la cual se encuentra ubicada en la terraza del edificio de Química – Eléctrica, dentro del Campus Universitario. (Ver Figura 1.2).

La estación meteorológica posee los siguientes componentes principales:

- Sensores
- Sistema de Adquisición de Datos (Datalogger Campbell CR1000)



Figura 1.2. Estación Meteorológica EPN

1.3.3.1 Sensores de la estación meteorológica

Los sensores son dispositivos que captan señales físicas, tales como: señales mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas u otras alteraciones del entorno, con el fin de cuantificarlas y manipularlas. [3]

La estación meteorológica descrita anteriormente consta de sensores de luz, temperatura, humedad, viento y precipitación.

A continuación, se describen los sensores utilizados en esta estación para la obtención de datos, puntualizando especificaciones técnicas de cada uno:

Pirheliómetro

El pirheliómetro es un instrumento cuya función principal consiste en medir la radiación solar directa en incidencia normal. Físicamente, su diseño consiste en un tubo negro por dentro, que capta un estrecho haz de luz, a través de un ángulo de apertura muy pequeño y en el fondo posee un sensor formado por pares termoeléctricos que miden la intensidad de radiación solar (Ver Figura 1.3).

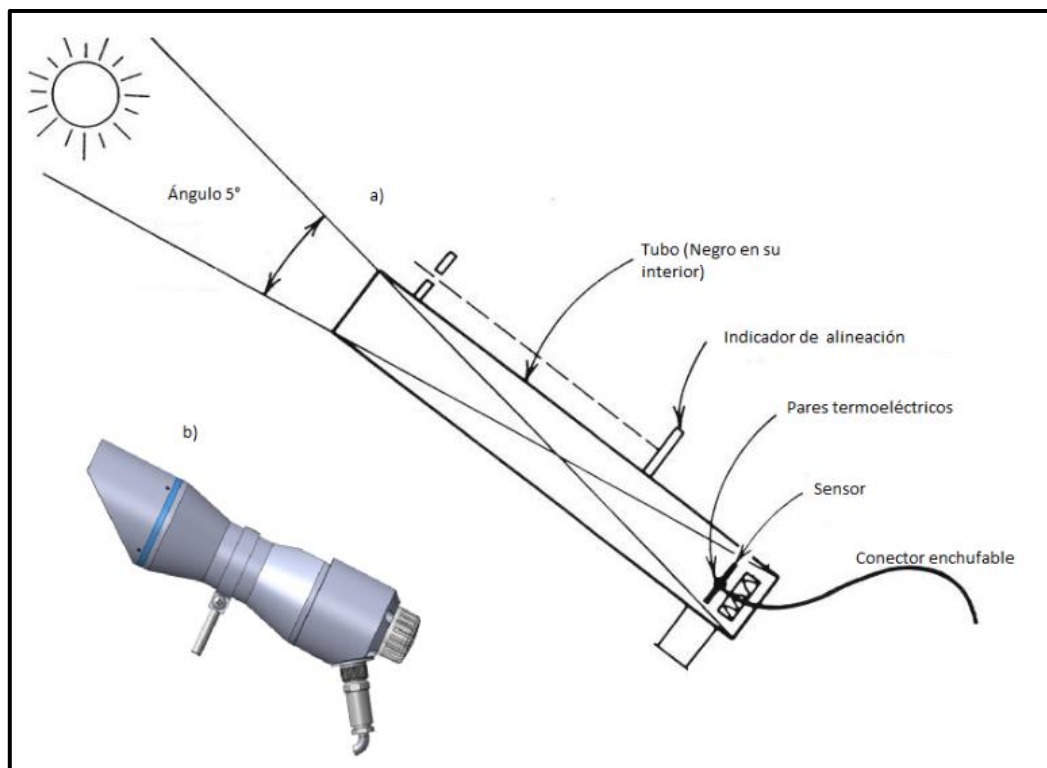



Figura 1.3. a) Esquema de un pirheliómetro. b) Foto de Pirheliómetro MS – 57 [4]

Generalmente, el pirheliómetro se lo utiliza junto con un sistema de seguimiento solar para mantener el instrumento orientado al sol. [4]

La Tabla 1.1 presenta especificaciones técnicas del pirheliómetro.

Tabla 1.1. Especificaciones del Pirheliómetro EKO MS-57

Especificaciones	Pirheliómetro EKO MS-57	Gráfico
Clasificación ISO 9060 ¹	Primera clase	 <p>Figura 1.4. Pirheliómetro MS – 57</p>
Rango de temperatura de trabajo ²	-40 °C a +80 °C	
Rango de longitud de onda ³	200 nm - 4000 nm	

Piranómetro

El piranómetro, también conocido como solarímetro o actinómetro, es un instrumento que mide la radiación solar que incide sobre una superficie horizontal. Adicionalmente, es capaz de medir espectros muy amplios de radiación electromagnética que varían entre la luz visible, radiación ultravioleta (UV) e infrarroja (IR) (entre 280 - 4000 nanómetros). (Ver Figura 1.5)

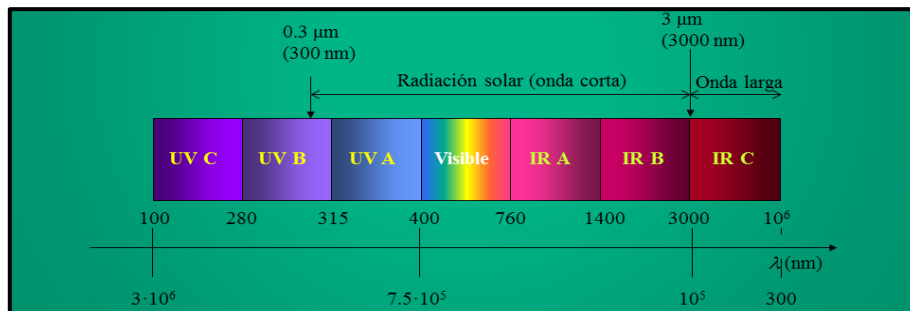


Figura 1.5. Espectro electromagnético. [5]

¹ **Norma ISO 9060:** Esta norma clasifica la calidad de los piranómetros y pirheliómetros en función de las especificaciones de rendimiento, la cual describe las siguientes tres categorías: estándar secundario, primera clase, y segunda clase, las mismas que están descritas de mayor a menor calidad. [52]

² **Rango de temperatura de trabajo:** Es uno de los factores que más incertidumbre producen a la hora de medir, puesto que la temperatura ambiente puede afectar la sensibilidad del dispositivo.

³ **Rango de longitud de onda:** Es aquel factor que permite conocer en que rango trabaja el dispositivo.


Estas mediciones son posibles gracias a una termopila, protegida por una cúpula de cristal, la cual está formada por sectores blancos y negros capaces de absorber la radiación solar. Particularmente, cuando el aparato es expuesto a la radiación solar, los sectores negros se vuelven más cálidos que los blancos y la diferencia de temperatura produce un voltaje proporcional a la radiación solar incidente. [6]

La Tabla 1.2 presenta especificaciones técnicas del piranómetro modelo MS-40, así como, la Tabla 1.3 del modelo MS-80.

Tabla 1.2. Especificaciones del Piranómetro EKO MS-40

Especificaciones	Piranómetro EKO MS-40	Gráfico
Clasificación ISO 9060	Estándar Secundario	 <p>Figura 1.6. Piranómetro MS - 40 [7]</p>
Rango de temperatura de trabajo	-40 °C a +80 °C	
Rango de longitud de onda	285 - 3000 nm	

Tabla 1.3. Especificaciones del Piranómetro EKO MS – 80


Especificaciones	Piranómetro EKO MS – 80	Gráfico
Clasificación ISO 9060	Estándar Secundario	 <p>Figura 1.7. Piranómetro MS - 80 [8]</p>
Rango de temperatura de trabajo	-40 °C a +80 °C	
Rango de longitud de onda	285 - 3000 nm	

Radiómetro UVS-AB-T UV

El radiómetro UVS-AB-T es un dispositivo que mide la radiación en dos bandas espectrales a través de un sensor, el cual produce una salida separada por cada banda. Es decir, tiene dos salidas de voltaje analógicas por cada banda, donde mide la radiación UV-A y UV-B. [9]

La región UV cubre los rangos de longitud de onda de 100 - 280 nm (UVC), 280 - 315 nm (UVB) y 315 - 400 nm (UVA). Sin embargo, para muchas aplicaciones, solo es necesario controlar la irradiancia "UV total", la cual representa solamente los rayos UVA y UVB combinados.

Tabla 1.4. Especificaciones del Radiómetro UVS-AB-T UV

Especificaciones	Radiómetro UVS-AB-T UV	Gráfico
Clasificación ISO 9060	Segunda clase	 <p>Figura 1.8. Radiómetro UVS-AB-T [9]</p>
Rango de temperatura de trabajo	-40 °C a +50 °C	
Rango de longitud de onda	280 a 315 nm / 315 a 400 nm	

Seguidor Solar

Un seguidor solar es un dispositivo que sigue el movimiento del sol durante el día de este a oeste. Es utilizado para orientar paneles y receptores solares con el fin de aumentar la producción de energía, ya que, al mantenerlos perpendiculares al sol, se refleja menos luz solar y se absorbe más energía. [10]

- **Sun Tracker de EKO Instruments STR-21G**

El modelo de alta precisión STR-21G, tiene configuración automatizada a través de un receptor GPS incorporado. Además, es compatible con varios tipos de sensores de medición y dispone de un pequeño trípode para el equipo de medición, el cual es ajustable para la alineación fina del pirheliómetro.

El STR-21G posee un rastreador que se ajusta automáticamente a la posición del sol mediante un sensor solar. Posteriormente, dicho dispositivo sigue la ruta solar y reubica con precisión su posición tan pronto como aparezca el sol para capturar la radiación. [11]

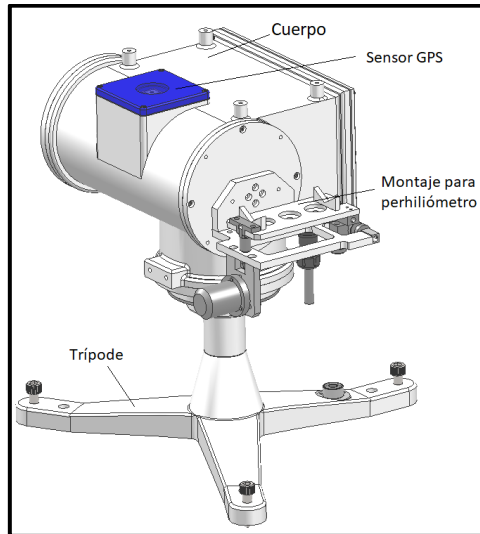


Figura 1.9. Seguidor Solar STR – 21 G [11]

Sensor de Temperatura y Humedad Relativa

El sensor de temperatura y humedad relativa es un dispositivo que mide la temperatura basado en la variación de la resistencia del platino con la temperatura que presenta el sensor. Mientras que la humedad relativa se la mide a través de un capacitor de estado sólido y polímero plástico, el cual tiende a absorber humedad. Además, varía sus características eléctricas, respondiendo a variaciones de humedad, de tal manera que al absorber humedad disminuye la capacidad. [12]

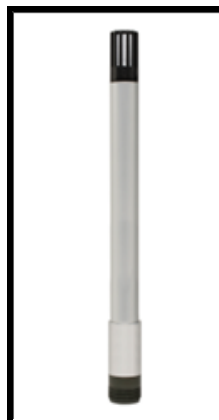


Figura 1.10. Sensor de Temperatura y Humedad Relativa 083E [12]

Anemómetro

El anemómetro es un dispositivo meteorológico que mide la velocidad del viento. Asimismo, existen varios tipos de anemómetros entre los que se encuentra el anemómetro hélice, el cual es uno de los más utilizados por su simplicidad, exactitud, y robustez para soportar grandes velocidades del viento. Cabe recalcar que, este dispositivo obtiene la velocidad del viento, la cual es proporcional a la rotación del eje de la hélice. [13]



Figura 1.11. Anemómetro Hélice 034B [13]

Pluviómetro

Un pluviómetro es un instrumento que se utiliza para medir la cantidad e intensidad de precipitación que golpea la superficie de la tierra. En particular, la estación meteorológica de la EPN utiliza el pluviómetro para medir la cantidad de lluvia que recibe su área en un período de tiempo determinado.



Figura 1.12. Pluviómetro

1.3.3.2 Registrador de datos

Un Datalogger es un instrumento de precisión empleado para medir señales eléctricas y convertirlas a unidades que se pueden interpretar a través de la ingeniería. Los datos se almacenan en la memoria interna del datalogger a la espera de su transferencia a una PC, por medio de un dispositivo de almacenamiento externo o un enlace de comunicaciones. [14]

Características del registrador de datos Campbell CR1000 [15]

- El registrador de datos CR1000 incluye: una unidad de procesamiento central (CPU), reloj, memoria, fuente de alimentación y firmware para comunicación. Además, contiene un software de usuario CRBasic, el mismo que es utilizado para su programación.
- Asimismo, posee entradas, salidas analógicas y digitales, las cuales soportan varios tipos de sensores, entre ellos: sensores analógicos (corriente, voltaje, termocuplas, etc.), sensores digitales, entre otros.
- Por otro lado, el software del datalogger CR1000 se encarga de los datos, programas y configuraciones. Además, gestiona el enlace de comunicaciones a través de los distintos puertos que contiene el CR1000 y como resultado, permite varios tipos de conexiones, tales como: conexiones seriales, ethernet, vía módem, mediante Modbus, PakBus, etc.
- Finalmente, la memoria del datalogger CR1000 consta de los siguientes medios de almacenamiento: una memoria SRAM con batería interna de respaldo, una flash interna y una tarjeta CF (CompactFlash) externa⁴.
- Por defecto, la memoria de almacenamiento está organizada como memoria de anillo, es decir cuando está llena, los datos más antiguos se sobrescriben con los datos más recientes.

Software para configurar el datalogger CR1000 [15]

Para la configuración del registrador CR1000 se presenta dos opciones de software disponible, la primera opción tiene una licencia gratuita, mientras que la segunda opción su licencia tiene costo.

PC200W

Es un software para Windows, el cual admite únicamente la conexión en serie directa al

⁴ **CF**: Es un tipo de memoria externa utilizada para el CR1000.

CR1000 a través de cableado. Adicionalmente, utiliza ShortCut para la adquisición de datos y se encuentra disponible sin cargo en www.campbellsci.com/downloads.

Short Cut

Short Cut es un software, basado en menús que presentan listas de algoritmos de medición, procesamiento y control, entre los que se puede elegir. En otras palabras, el programador toma decisiones y Short Cut escribe el código CRBasic requerido para realizar las tareas. Además, Short Cut crea un diagrama de cableado para simplificar la conexión de sensores y dispositivos externos y está incluido en el paquete del PC200W.

LoggerNet

Es un software para Windows, que incluye funciones de PC200W, CRBasic Editor y admite todo el hardware de comunicaciones de Campbell Scientific. Es especialmente adecuado para aplicaciones que requieren telecomunicaciones o recuperación de datos utilizados en grandes redes de registradores de datos. Este software a diferencia de la opción anterior tiene un costo de licencia, aunque posee una versión demo con duración de treinta días www.campbellsci.com/downloads.

CRBasic Editor

CRBasic Editor se incorpora en LoggerNet, el cual es una variante del programa CRBasic de PC200W. Este programa es un editor de texto que facilita la creación y modificación del archivo ASCII, que a su vez constituye el programa de aplicación CR1000.

Los elementos fundamentales de CRBasic Editor incluyen lo siguiente: variables, constantes, instrucciones comunes (conocidos como "comandos" en BASIC), e instrucciones especiales como: instrucciones de medición. Cabe recalcar, que estos cuatro elementos deben colocarse correctamente dentro de la estructura del programa que se va a configurar.

1.3.4 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PRODUCTIVITY 2000

1.3.4.1 Definición

Un controlador lógico programable (PLC) es un sistema industrial de control informático, que monitorea continuamente el estado de los dispositivos de entrada y toma decisiones basadas en un programa personalizado para controlar el estado de los dispositivos de salida. [16]

1.3.4.2 Estructura básica

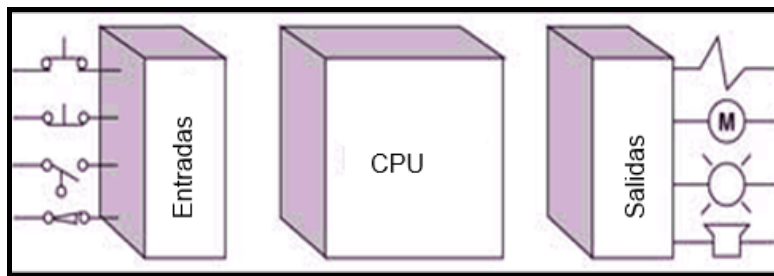


Figura 1.13. Estructura en bloques de un PLC [16]

Como se muestra en la Figura 1.13, el PLC está conformado por: [17]

- **Bloques de entrada:** Los bloques de entrada se encargan de adaptar y codificar las señales de entrada, de manera que sean comprensibles para el CPU.
- **Unidad de Procesamiento Central (CPU):** El CPU es el cerebro del PLC y su función consiste en interpretar las instrucciones del programa de usuario, el cual se almacena en la memoria "no volátil". Como resultado, este programa no se perderá si se elimina la energía. Además, el CPU permite comunicarse con otros dispositivos que pueden incluir dispositivos de E/S, dispositivos de programación, redes e incluso otros PLC.
- **Bloques de salida:** Los bloques de salida se encargan de la decodificación de señales procedentes del CPU, de manera que las amplía y las envía a los dispositivos de salida, tales como: bombillos, sirenas, equipo electrónico entre otros.

1.3.4.3 Funcionamiento

En particular, existen cuatro pasos básicos en el funcionamiento de todos los PLC que ocurren continuamente en un ciclo repetitivo.

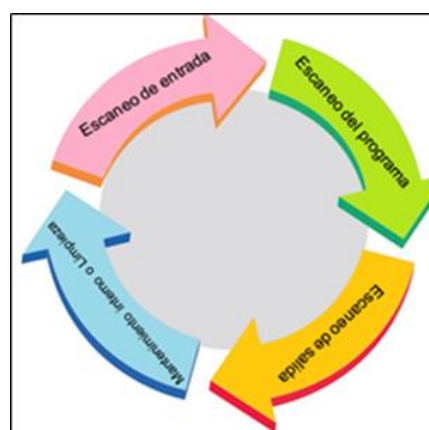


Figura 1.14. Funcionamiento Básico del PLC

En la Figura 1.14, se muestra el funcionamiento básico del PLC anteriormente descrito y se lo especifica a continuación:

- **Escaneo de entrada:** El PLC utiliza la información de todos los dispositivos de entrada que están conectados a este los envía a la memoria.
- **Escaneo del programa:** Luego, ejecuta la lógica de programa creado por el usuario.
- **Escaneo de salidas:** Posteriormente, se envía la información resultante de la ejecución del programa, el cual está almacenado en la memoria del PLC, hacia las tarjetas de salida para activar o desactivar los dispositivos de salida que están conectados al PLC.
- **Mantenimiento interno o limpieza:** Este paso incluye comunicaciones con terminales de programación, diagnósticos internos, limpieza de variables, y en conclusión todo lo que necesite el PLC para mantener la integridad del sistema.

1.3.4.4 Diagrama de escalera

El diagrama de escalera o lógica de escalera es un lenguaje de programación gráfica, es decir, la programación se realiza combinando diferentes elementos gráficos, llamados símbolos en lugar de texto, los cuales son muy similares a los que se utiliza en diagramas eléctricos. [18]

Contactos

A continuación, se presenta una pequeña descripción de los contactos utilizados para realizar el diagrama de escaleras en el PLC.

- **Contacto abierto:** este contacto sigue el mismo estado del elemento de campo al cual está asociado.

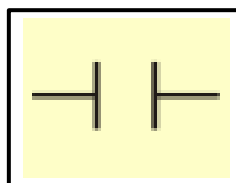


Figura 1.15. Símbolo de contacto abierto [19]

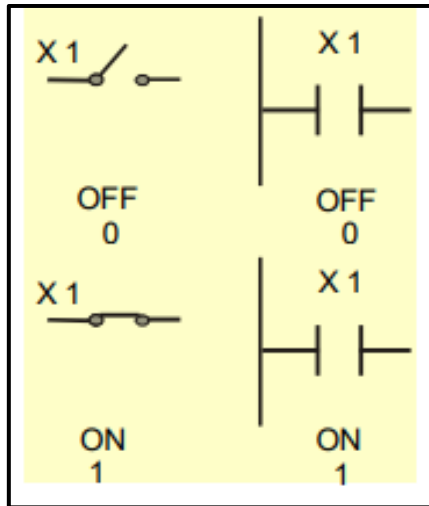


Figura 1.16. Estados de un contacto normalmente abierto [19]

- **Contacto cerrado:** este contacto muestra un estado contrario al estado del elemento de campo al cual está asociado.

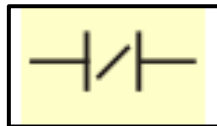


Figura 1.17. Símbolo del contacto cerrado [19]

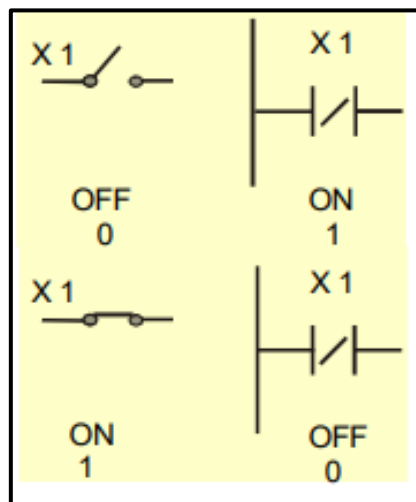


Figura 1.18. Estados de un contacto cerrado [19]

Salidas

Las salidas sirven para activar a un dispositivo de salida o a un contacto interno. Se las representan de la siguiente manera. (Ver Figura 1.19).

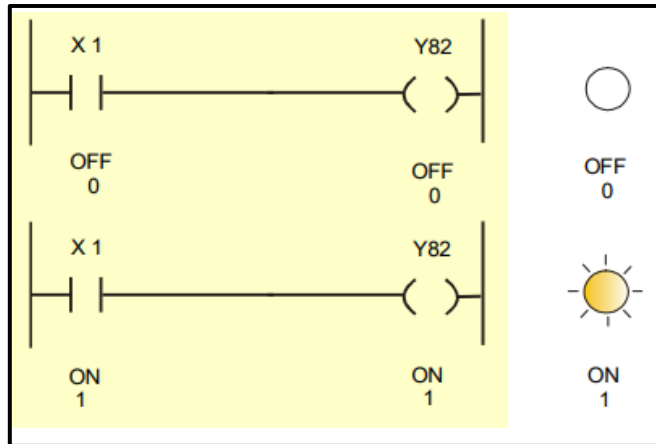


Figura 1.19. Salida normal [19]

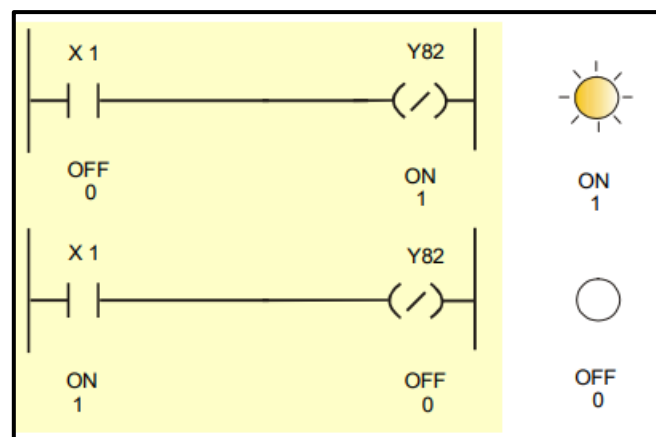


Figura 1.20. Salida negada [19]

1.3.4.5 Módulos

La Figura 1.21, muestra un ejemplo de un módulo de I/O para el PLC Productivity 2000.

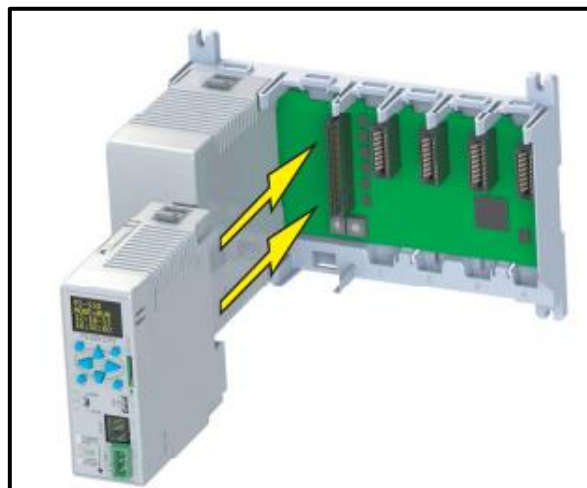


Figura 1.21. Módulo I/O PLC Productivity 2000 [20]

Módulo P2-550 Productivity 2000

Cada base del sistema Productivity 2000 está conformado de un módulo de CPU, el cual almacena y ejecuta el programa del usuario. De hecho, este módulo ofrece hasta 50 MB de memoria interna, pantalla OLED de alta resolución para mensajes de texto, ranura para tarjetas microSD, puertos Ethernet 10/100Base-T, protocolo RS-232 y RS-485 (Terminal de 3 pines), puerto micro USB, una batería y también con indicadores de estado.

Módulos de I/O

Los módulos de entrada o salida son tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre el CPU del PLC y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir datos, o para el control de las máquinas presentes en el proceso. [21]

Una variedad de módulos de I/O discretas y analógicas están disponibles para su uso en el sistema P2000, donde cada módulo de I/O se identifica como un módulo de "Entrada", "Salida" o "Entrada / Salida" en su panel frontal.

Módulos de Memoria

Los módulos de memoria se pueden agregar al sistema del PLC a medida que surja la necesidad de un mayor tamaño de memoria. También, se agregan estos módulos de expansión al sistema del PLC, conforme se incrementa la cantidad de módulos de I/O, o el programa de software aumenta.

1.3.4.6 Software

Productivity Suite

Este software de programación está diseñado para permitir una programación rápida y fácil de los programas de lógica de escalera, que además permite la configuración del Hardware. [20]

Por otro lado, es un software de programación para Windows, y está disponible para descargarse gratuitamente en: <https://support.automationdirect.com/downloads.html>.

Requisitos para la instalación

- Computadora con Vista, Windows 7 o superior con Windows 8, 8.1, 10.
- 300 MB de espacio libre en el disco duro.
- Memoria RAM igual a 2 GB o superior.

- Unidad de CD-ROM o DVD para instalar software desde el CD.
- Puerto USB o Ethernet para la transferencia del proyecto a la CPU.

1.3.5 COMUNICACIÓN DEL PROTOTIPO

1.3.5.1 Puertos de comunicación del datalogger CR1000

CS (Campbell Scientific) I/O Port: Es un puerto de nueve pines, etiquetado como CS I/O, el cual es utilizado para comunicarse con una PC o módem a través de las interfaces de comunicación, módems o periféricos de Campbell Scientific.

Puerto RS-232: Puerto de nueve pines, etiquetado como RS-232, que normalmente se utiliza para comunicarse con una PC, en el cual se ejecuta el software de soporte del registrador de datos.

Puerto Periférico: Este puerto es proporcionado para la conexión de algunos módulos de tarjeta de memoria CF de Campbell Scientific y enlace de hardware de red IP.

Puertos SDI-12: Estos puertos soportan varios tipos de sensores inteligentes, donde cada puerto requiere un terminal, admite hasta 16 sensores con una velocidad de 1200 baudios.

Puertos SDM: Estos puertos admiten varios sensores digitales de Campbell Scientific y sensores inteligentes. Asimismo, cada puerto SDM es configurado desde los terminales C1, C2 y C3.

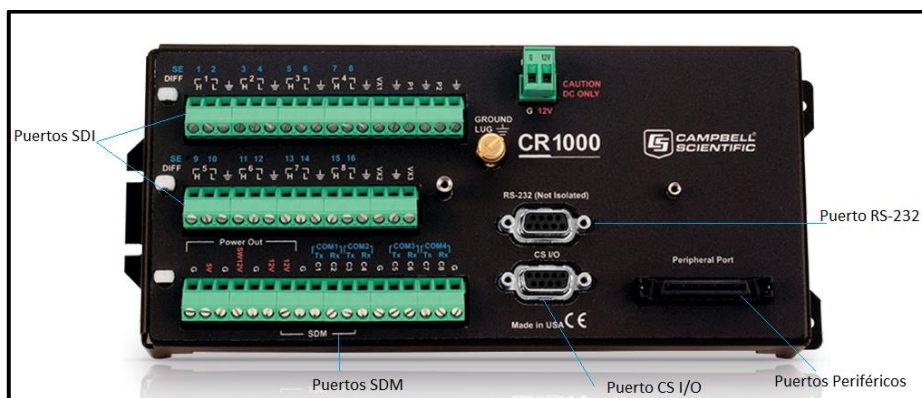


Figura 1.22. Puertos del Datalogger Campbell CR 1000 [15]

Puerto Ethernet: Este puerto no incluye el Datalogger CR1000, por esta razón, se conecta al puerto periférico anteriormente mencionado, el dispositivo (NL115) (Ver Figura 1.23). dicho equipo, permite al registrador de datos comunicarse a través de una red local o una conexión de Internet dedicada a través de TCP / IP.



Figura 1.23. Dispositivo NL 115 conectado al puerto periférico [15]

1.3.5.2 Protocolos de comunicación del datalogger CR1000

PakBus es el protocolo nativo del CR1000, el cual realiza de manera transparente las comunicaciones punto a punto y de red entre las PC y los registradores de datos de Campbell Scientific. Igualmente, Modbus es un protocolo SCADA⁵ de red estándar de la industria que opera opcionalmente en el CR1000 a través de las interfaces RS-232, CS I/O y puertos COM.

En sistemas Modbus un maestro inicia consultas a un esclavo (el dispositivo de medición) y posteriormente, el esclavo responde suministrando datos o realizando una acción. En particular, los esclavos solo responden a las consultas del maestro.

RS-232: La comunicación entre el CR1000 y el equipo de terminación del circuito de datos se realiza a través del interfaz serial RS-232 en forma de series temporales de bits. Además, los datos pueden fluir en ambos sentidos al mismo tiempo, debido a que, tanto la transmisión como la recepción de los datos ocurren en diferentes circuitos.

1.3.5.3 Puertos de comunicación del PLC Productivity 2000

RS-232: El puerto RS-232 con un conector RJ-12 está ubicado en la parte frontal inferior derecha del CPU. Este puerto se puede utilizar para comunicaciones entrantes y salientes ASCII, donde dicha característica se utiliza típicamente para enviar y recibir cadenas de datos a través de ASCII IN y ASCII OUT. (Ver Figura 1.24) [20]

La Figura 1.25, muestra el conector y la distribución de pines para establecer comunicación serial.

⁵ **SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition):** Es un sistema que tiene como finalidad supervisar y controlar remotamente una instalación, integrando datos, los mismos que son recogidos desde diferentes sensores, autómatas (PLCs) y equipos mediante diferentes protocolos. [53]

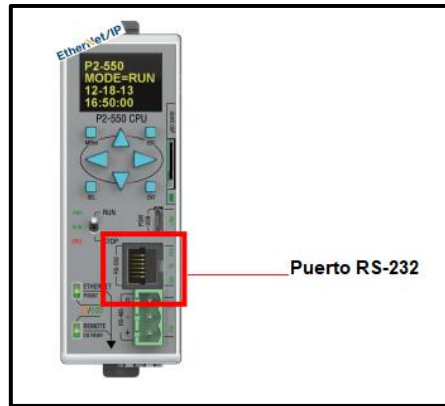


Figura 1.24. Puerto RS-232 del Módulo CPU del Productivity 2000 [20]

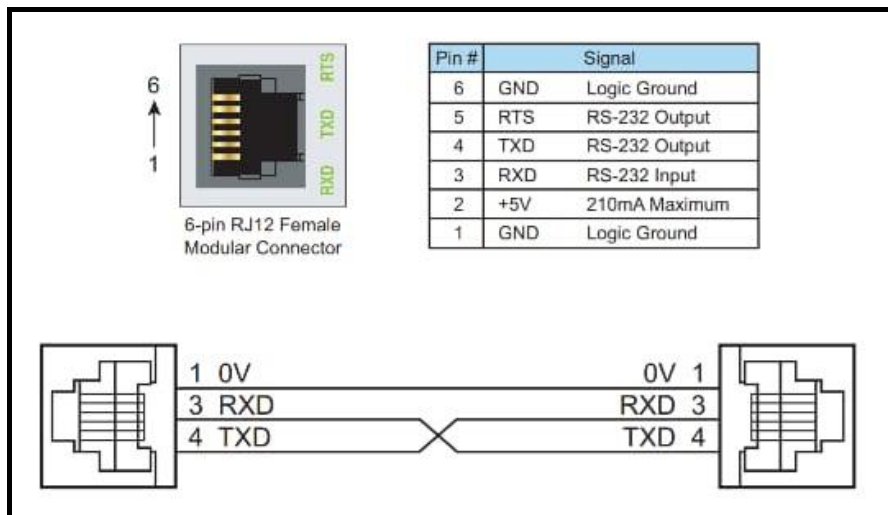


Figura 1.25. Distribución de pines comunicación Serial [20]

Ethernet externo: Corresponde a un puerto Ethernet 10/100Base-T con un conector RJ-45 que se utiliza para conectar una PC con el software de programación Productivity Suite. (Ver Figura 1.26)

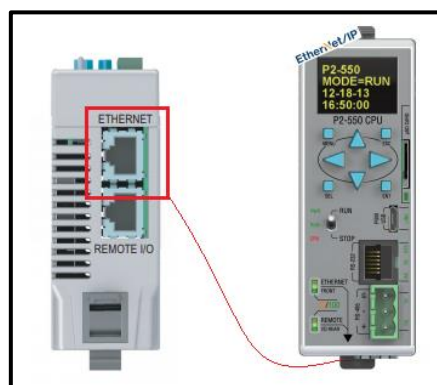


Figura 1.26. Puerto Ethernet del Módulo CPU del Productivity [20]

El puerto Ethernet 10/100 Base-T se utiliza para la configuración del equipo y el establecimiento de la comunicación Modbus TCP / IP.

Por otro lado, la comunicación Modbus se da mediante los protocolos TCP / IP o UDP / IP, los mismos que utilizan un número de puerto específico. A continuación, se presentan los puertos predeterminados que utiliza el sistema Productivity 2000 en la Figura 1.27.

Port	Port Number (Decimal Format)	TCP or UDP	Configurable
Programming Software CPU Discovery	8888	UDP	No
Programming Software Connection and Project Transfer	9999	UDP	No
Modbus Client Connections (MRX, MWX, RX and WX instructions)	502	TCP	Yes
Modbus Server Connections	502	TCP	Yes
GS-Drive Discovery	28784	UDP	No
GS-Drive Connection	502	TCP	No
Remote I/O Discovery	8887	UDP	No
Remote I/O Connection	8887	UDP	No
Email Instruction	25	TCP	No
EtherNet/IP	44818	TCP	Yes
EtherNet/IP	2222	UDP	No*

* Adapters may choose to respond using another port number.

Figura 1.27. Número de Puertos de comunicación [20]

1.3.6 APLICACIÓN WEB

Una aplicación web es un software que se encuentra alojado en un servidor, al cual accede el cliente a través de internet o una intranet por medio de navegadores web. Consecuentemente, la aplicación web realiza tareas, procesos sin necesidad de tener instalado dicho software de manera física en el computador. [22]

El aumento de uso de internet ha influido en la adopción de aplicaciones web, ya que estas brindan al sistema la capacidad de optimizar operaciones, aumentar la eficiencia y reducir costos. Además, poseen la ventaja de trabajar en múltiples plataformas y ser fácilmente accesibles desde cualquier lugar.

En la Figura 1.28, se muestra la estructura básica de una aplicación web.



Figura 1.28. Estructura básica de una aplicación web [22]

1.3.7 APLICACIÓN MÓVIL

Una aplicación móvil es un software diseñado para ejecutarse en un teléfono inteligente o Tablet, los cuales, sirven para proporcionar a los usuarios servicios similares a los accedidos en las PC. [23]

Por otro lado, en este proyecto se desarrolló una aplicación nativa, este tipo de aplicaciones se desarrollan para un sistema operativo en específico, en este caso el sistema operativo Android.

1.3.8 HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Las herramientas consideradas para el desarrollo del presente trabajo consisten en: el lenguaje de programación utilizado, el sistema gestor de base de datos y el framework, los cuales facilitan el desarrollo de los diferentes módulos de la aplicación

1.3.8.1 Sistema gestor de bases de datos SGBD

El sistema gestor de bases de datos es un software que permite crear y mantener una base de datos, el cual actúa como una interfaz entre los programas de aplicación y el sistema operativo. El objetivo de un SGBD consiste en proporcionar un entorno eficiente a la hora de almacenar y recuperar información de la base de datos. Además, este software facilita el proceso de definir, construir y manipular bases de datos para diversas aplicaciones. [24]

De hecho, el SGBD se puede categorizar en grupos, tales como bases de datos relacionales y bases de datos no relacionales, las cuales se detallan a continuación: (Ver Tabla 1.5).

Tabla 1.5. Características de Base de Datos SQL y No SQL

Bases de Datos Relacionales	Bases de Datos No Relacionales (No SQL)																		
<p>La Base de datos es un conjunto de tablas, las cuales operan según el modelo relacional de datos. [25]</p> <p>El modelo relacional se basa en el concepto matemático que se representa gráficamente en una tabla con filas y columnas, en la cual las filas corresponden a los registros individuales y las columnas a los atributos de esos registros. [26]</p> <p>Las tablas se utilizan para guardar información sobre los objetos que se van a representar en la base de datos. [26]</p>	<p>Las bases de datos no relacionales se describen como un sistema de almacenamiento de información que no cumple con el esquema entidad relación y no impone una estructura de datos ya que, en lugar de tablas, las bases de datos No SQL están orientadas a documentos.</p> <p>Además, No SQL, significa "No solo SQL", es decir, abarca una amplia gama de alternativas a las bases de datos relacionales, lo cual permite utilizar los datos de manera más flexible. [27]</p>																		
<p style="text-align: center;">Bases de datos relacionales</p> <table border="1" data-bbox="242 1249 794 1491" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Columna</th> <th>Columna</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Fila</th> <td>Registro</td> <td>Registro</td> </tr> <tr> <th>Fila</th> <td>Registro</td> <td>Registro</td> </tr> </tbody> </table> <p>Figura 1.29. Esquema de una base de datos relacional</p>		Columna	Columna	Fila	Registro	Registro	Fila	Registro	Registro	<p style="text-align: center;">Bases de datos no relacionales</p> <table border="1" data-bbox="826 1249 1350 1585" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Campo</th> <th>Campo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Documento</th> <td>Datos del documento</td> <td>Datos del documento</td> </tr> <tr> <th>Documento</th> <td>Datos del documento</td> <td>Datos del documento</td> </tr> </tbody> </table> <p>Figura 1.30. Colección de datos</p>		Campo	Campo	Documento	Datos del documento	Datos del documento	Documento	Datos del documento	Datos del documento
	Columna	Columna																	
Fila	Registro	Registro																	
Fila	Registro	Registro																	
	Campo	Campo																	
Documento	Datos del documento	Datos del documento																	
Documento	Datos del documento	Datos del documento																	

1.3.9 METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Una metodología de desarrollo de software es una estructura que se utiliza para planificar y controlar el proceso de desarrollo de un sistema informático eficiente. El objetivo principal de las metodologías de desarrollo consiste en aumentar la calidad del software que se produce en todas y cada una de sus fases de desarrollo.

Las metodologías de desarrollo se dividen en dos grupos de acuerdo con las características y objetivos que persiguen, los cuales son: tradicionales y ágiles.

1.3.9.1 Metodologías tradicionales

Con respecto a las metodologías tradicionales existe un gran énfasis en una planificación exhaustiva para enfrentar los riesgos, es decir, asume que los problemas están bien definidos y que se puede llegar a una solución óptima mediante una planificación extensa y por adelantado. También, asume que los procesos son predecibles y pueden optimizarse.

Los objetivos de las metodologías tradicionales abarcan lo siguiente: comprender a fondo las necesidades de los usuarios, crear un diseño sólido, desarrollar software sin problemas e implementar un sistema funcional que satisfaga las necesidades del usuario. Asimismo, estas metodologías se enfocan especialmente en el control del proceso, mediante una rigurosa definición de roles, actividades, artefactos, herramientas y notaciones para el modelado y documentación detallada. [28]

1.3.9.2 Metodologías Ágiles

Los métodos ágiles adoptan el modelo de control de proceso empírico, el cual, está destinado a procesos que no están bien definidos o son impredecibles, ya que los procesos de desarrollo de software son muy complejos y de naturaleza variable. Asimismo, estas metodologías se caracterizan por ciclos iterativos cortos, los cuales brindan la flexibilidad y velocidad necesarias para adaptarse a los cambios en los requisitos del cliente a través de la retroalimentación constante del equipo de trabajo. [29]

Por último, no existe una metodología de software universal, puesto que, ésta se debe adaptar a cada proyecto considerando algunos aspectos como: recursos, equipo de desarrollo, entre otros.

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se realiza el análisis del prototipo, así como sus requerimientos relacionados a las aplicaciones web y móvil. Dichas aplicaciones utilizan historias de usuario y se identifican los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Asimismo, las personas que trabajan en el proyecto Junior “Ganancia energética de un sistema fotovoltaico debido a seguimiento solar en uno y dos ejes en regiones ecuatoriales con aplicación a sistemas de movilidad: caso de bicicletas eléctricas”, proporcionaron toda la información necesaria para la identificación y documentación de requerimientos.

También, se presenta la selección de conexión entre el Datalogger CR1000 y el PLC Productivity 2000, la selección del servidor, el protocolo para la conexión entre el PLC y el servidor, la base de datos, la metodología a utilizar y el framework. Igualmente, se presenta el direccionamiento de red y se incluye el diseño de la aplicación web y móvil.

2.1 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

En esta sección se presentan las características que contendrá el prototipo de sistema a desarrollarse e implementarse, así como sus componentes. Además, se presentan los requerimientos y el esquema definido en el alcance del plan presentado y aprobado para la ejecución del proyecto. (Ver Figura 2.1)

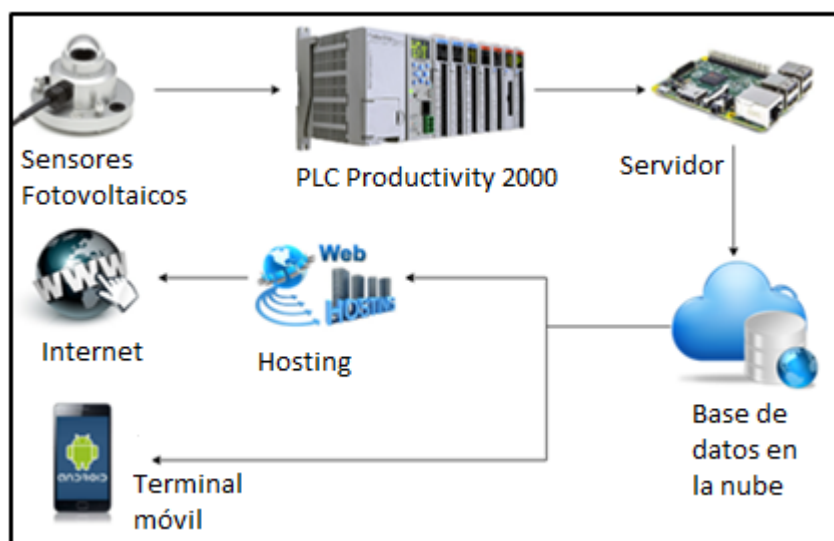


Figura 2.1. Esquema del prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos.

Por otro lado, la Figura 2.2, muestra el esquema solicitado y definido posteriormente a la primera entrevista mantenida con el director y responsable del proyecto.

Dicha figura muestra la incorporación de un nuevo dispositivo al prototipo de sistema planteado, lo cual amplía el alcance de este trabajo. Se trata de un registrador de datos (Datalogger CR1000), el cual es utilizado para la captación de datos de los sensores debido a que proporciona una mayor precisión en los valores comparados con los valores leídos directamente en el PLC.

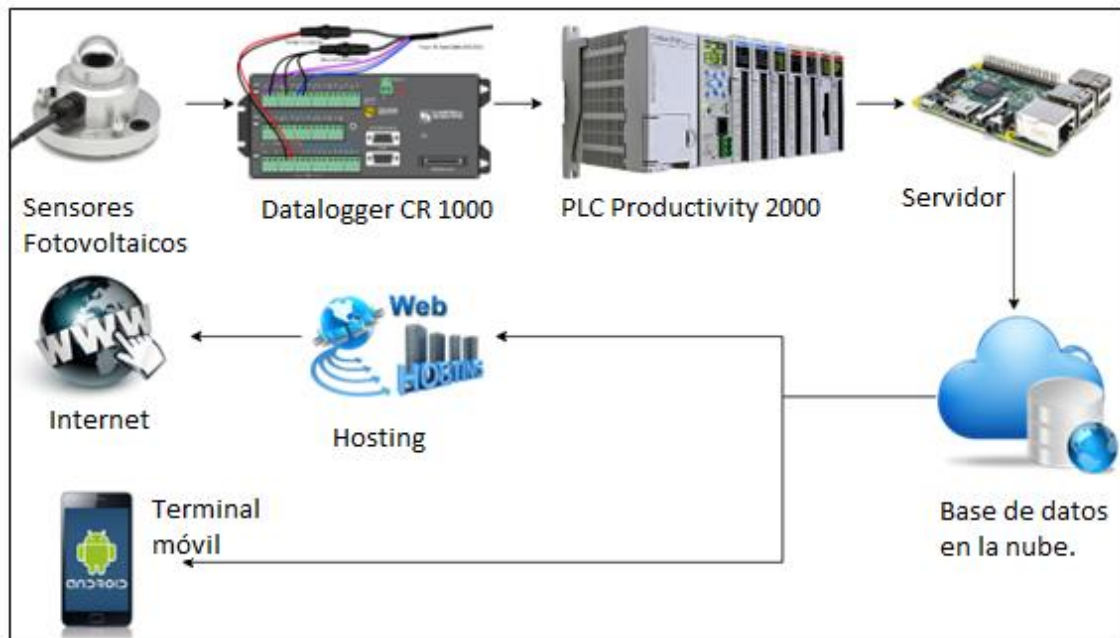


Figura 2.2. Esquema actualizado del prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos.

Para una mejor comprensión de los requerimientos solicitados, se analizará al prototipo en dos etapas que se presentan a continuación:

- Adquisición y almacenamiento de datos.
- Presentación y monitoreo de datos.

2.2 REQUERIMIENTOS DE LA ETAPA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

Los requerimientos de esta etapa se organizaron de acuerdo con los componentes que la conforman:

- Registrador de datos (Datalogger CR1000).

- Controlador lógico programable (Productivity 2000).
- Servidor
- Base de Datos.

La Figura 2.3 muestra los componentes que pertenecen a esta etapa.

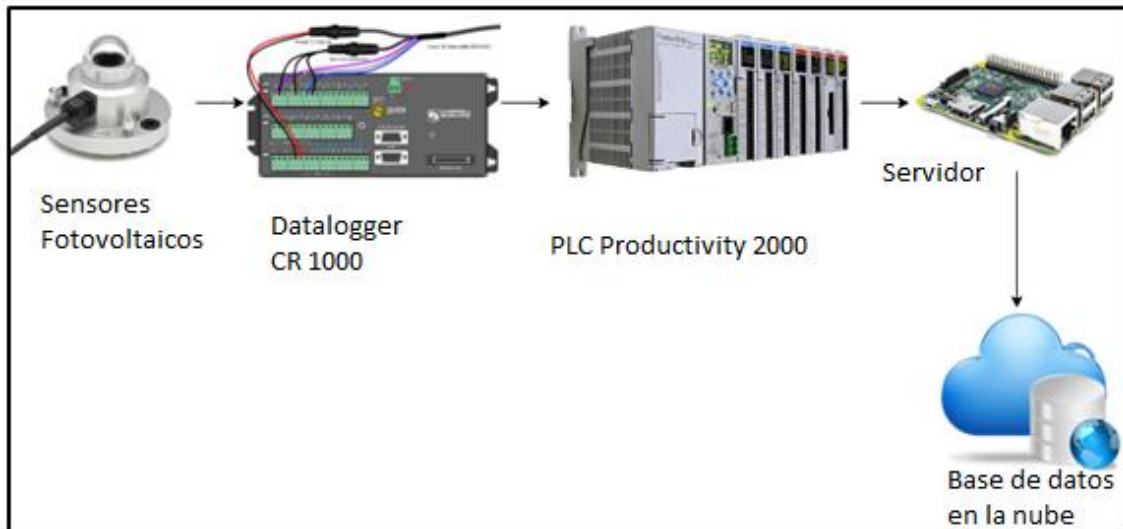


Figura 2.3. Elementos que conforman la etapa de adquisición y almacenamiento

La identificación de requerimientos en la etapa de adquisición y almacenamiento se definió de acuerdo con el alcance del proyecto y la funcionalidad de cada componente a través de algunas reuniones con las personas a cargo del proyecto.

2.2.1 REQUERIMIENTOS DEL DATALOGGER CR1000

Requerimiento 1:

Todos los sensores meteorológicos deben estar conectados directamente al registrador de datos, a fin de obtener los valores con mayor precisión.

Requerimiento 2:

Almacenar los valores captados por los sensores en la memoria interna del registrador de datos, los cuales serán escritos con las siguientes frecuencias: 1, 5, 15, 60 minutos y 24 horas. En otras palabras, se debe generar 5 registros de datos acorde a cada frecuencia durante el tiempo que el sistema se encuentre operativo.

Requerimiento 3:

Establecer conexión con el controlador lógico programable para el envío de los registros de 1 y 5 minutos. Este requerimiento se presenta, debido a que en la estación meteorológica se desarrolla otras implementaciones adicionales a este trabajo, las

mismas que necesitan que los datos se actualicen cada minuto. Cabe mencionar que el registro de un minuto no se lo utilizará en el presente prototipo.

2.2.2 REQUERIMIENTOS DEL PLC PRODUCTIVITY 2000

Requerimiento 4:

Establecer conexión con el registrador de datos CR1000 para la lectura de los registros de 1 y 5 minutos que el datalogger envía.

Requerimiento 5:

Identificar los datos enviados por el datalogger y almacenar en los espacios de memoria interna del PLC.

Requerimiento 6:

Establecer comunicación con el servidor.

2.2.3 REQUERIMIENTOS DEL SERVIDOR

Requerimiento 7:

Establecer comunicación con el controlador lógico programable para la lectura de los datos almacenados en los espacios de memoria del PLC que corresponden al registro de 5 minutos.

Requerimiento 8:

Establecer conexión con la base de datos

Requerimiento 9:

Almacenar en la base de datos la información obtenida tras la realización del requerimiento 7.

Requerimiento 10:

En base al registro de 5 minutos, crear registros de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas con el fin de proporcionar escalas mayores que permitan visualizar los datos en un mayor intervalo de tiempo.

Requerimiento 11:

Bajo consumo de energía y ocupe poco espacio para su instalación.

Requerimiento 12:

Debe tener al menos un puerto ethernet.

Requerimiento 13:

Permitir ejecutar varios programas o scripts.

2.2.4 REQUERIMIENTOS DE LA BASE DE DATOS

Requerimiento 14:

Establecer conexión con el servidor.

Requerimiento 15:

Almacenar la información recibida.

Requerimiento 16:

Facultar la publicación de los datos.

Requerimiento 17:

Permitir el desarrollo tanto aplicaciones web, como aplicaciones móviles.

2.3 SELECCIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROTOTIPO

En esta sección se presenta el hardware y software a utilizar en la implementación del prototipo, los mismos que serán considerados en el análisis de requerimientos de la siguiente etapa, la de presentación y monitoreo.

2.3.1 SELECCIÓN DEL PROTOCOLO PARA LA CONEXIÓN ENTRE EL PLC PRODUCTIVITY 2000 Y EL SERVIDOR

Se requiere seleccionar un protocolo que permita la comunicación entre el servidor y el PLC, además cumpla con las siguientes características:

- Protocolo sin costo comercial.
- Trabaje sobre una red Ethernet
- Conocido ampliamente en la industria.
- Configuración sencilla.
- Sea un protocolo confiable.
- Garantice la transmisión de los datos.

2.3.1.1 Opciones por considerar

- Modbus.
- Profibus.

Modbus [30]

- Protocolo sin costo comercial.
- Permite la comunicación sobre una red Ethernet.
- El tipo de comunicación es Maestro / Esclavo.
- Es utilizado por varias compañías.
- Protocolo ampliamente conocido, el cual no posee configuraciones complejas.

Profibus [31]

- Protocolo sin costo comercial.
- Permite la comunicación sobre una red Ethernet.
- El tipo de comunicación es maestro/esclavo y peer to peer.
- Protocolo robusto y diseñado para automatizar plantas enteras.
- Funciona extremadamente bien en aplicaciones de múltiples proveedores.

2.3.1.2 Comparación de opciones

En la Tabla 2.1 se presenta la comparación entre las dos opciones consideradas, donde se observa la importancia del requerimiento, la misma que es definida en las entrevistas mantenidas con los encargados el proyecto, así como se verifica si las opciones cumplen con la característica analizada.

Tabla 2.1. Opciones para escoger el protocolo para la conexión entre el PLC Productivity 2000 y el servidor.

Requerimientos	Importancia	Protocolo Modbus		Protocolo Profibus	
		Cumple	Valor	Cumple	Valor
Permitir comunicar al PLC con el servidor.	1	Si	1	Si	1
Protocolo sin costo comercial.	1	Si	1	Si	1
Permita comunicaciones sobre una red Ethernet	1	Si	1	Si	1
Conocido ampliamente en la industria	0.7	Si	1	Si	1
La configuración del protocolo no sea compleja	0.6	Si	1	Si	0.8
Sea un protocolo confiable.	1	Si	1	Si	1
TOTAL			100%		97.74%

2.3.1.3 Modelo de cálculo

La ecuación 1.1 permite calcular el porcentaje de cumplimiento de las características solicitadas de forma específica para cada opción a considerar. Esta ecuación se definió tomando en cuenta la importancia del requerimiento y el cumplimiento de este según cada alternativa analizada, la importancia la define el dueño del requerimiento mientras que el valor del cumplimiento se da acorde al análisis de las características de la opción evaluada. Como ejemplo se muestra los cálculos de la selección del protocolo para la conexión entre el plc productivity 2000 y el servidor, mediante la Tabla 2.6.

$$\text{Porcentaje} = \frac{\sum_{n=1}^n \text{Importancia}_i \times \text{Eficiencia}_i}{\sum_{n=1}^n \text{Importancia}_i} \times 100\% \quad (1.1)$$

$$\text{Modbus}\% = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (0.7 \times 1) + (0.6 \times 1) + (1 \times 1)}{1 + 1 + 1 + 0.7 + 0.6 + 1} \times 100\%$$

$$\text{Modbus}\% = \frac{5.3}{5.3} \times 100\%$$

$$\text{Modbus}\% = 100\%$$

$$\text{Profibus}\% = \frac{(1 \times 1) + (1 \times 1) + (1 \times 1) + (0.7 \times 1) + (0.6 \times 0.8) + (1 \times 1)}{1 + 1 + 1 + 0.7 + 0.6 + 1} \times 100\%$$

$$\text{Profibus}\% = \frac{5.18}{5.3} \times 100\%$$

$$\text{Profibus}\% = 97.74\%$$

2.3.1.4 Conclusión del Análisis

En base a la tabla 2.1, se concluye que el porcentaje de cumplimiento de las características solicitadas del protocolo Modbus es mayor al del protocolo Profibus, por lo cual Modbus es el protocolo seleccionado. Además, existe documentación que nos permite entender y aplicar el protocolo enfocado a los objetivos del proyecto.

2.3.2 SELECCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Se requiere seleccionar la base de datos donde se guarde la información que reciben los sensores.

2.3.2.1 Requerimientos generales

- Capacidad de almacenamiento de datos mayor o igual a 1GB.
- Almacenamiento en la nube.

- Fácil acceso a los datos desde cualquier dispositivo, web o móvil.
- Permita conexiones simultáneas sin disminuir la calidad de las aplicaciones.
- Multiplataforma.
- Sin costo comercial o a su vez costo conveniente.

2.3.2.2 Opciones por considerar

- MySQL.
- Cloud Firestore de Firebase.
- MongoDB Atlas.

MySQL [32]

- La capacidad de almacenamiento de las tablas MySQL mayor a los 2 GB, sin embargo, dependerá del sistema operativo en el cual trabaje.
- Es multiplataforma.
- Es una base de datos relacional.
- No tiene costo.

Cloud Firestore de Firebase [33]

- Posee capacidad de almacenamiento mayor a 1 GB.
- Es multiplataforma.
- Es una base de datos NoSQL.
- Es una solución de desarrollo de aplicaciones web y móviles desarrollada por Google.
- Almacena documentos en tiempo real en la nube.
- Los clientes de iOS, Android y JavaScript comparten una instancia de la base de datos en tiempo real y reciben actualizaciones automáticamente con los datos más recientes.
- Posee varios planes, entre ellos el Spark sin recargo.

MongoDB Atlas [34]

- Posee capacidad de almacenamiento mayor a 1 GB.
- Es multiplataforma.
- Es escalable en términos de usuarios.
- Es una base de datos NoSQL.
- Almacena documentos en tiempo real en la nube.
- Utilizada para grandes cantidades de información.

- Utilizada para aplicaciones cuya prioridad es la seguridad.
- Posee dos versiones una gratuita y otra pagada.

2.3.2.3 Comparación de opciones

La Tabla 2.2 presenta la comparación entre las opciones descritas anteriormente.

Tabla 2.2 Opciones para escoger la base de datos.

Requerimientos	Importancia	MySQL		Cloud Firestore de Firebase		MogoDB Atlas	
		Cumple	Valor	Cumple	Valor	Cumple	Valor
Capacidad de almacenamiento de datos mayor o igual a 1GB.	1	Si	1	Si	1	Si	1
Almacenamiento en la nube.	1	No	0	Si	1	Si	1
Fácil acceso a los datos desde cualquier dispositivo, web o móvil.	1	Si	80%	Si	1	Si	1
Permita conexiones simultáneas sin disminuir la calidad de las aplicaciones.	1	Si	70%	Si	1	Si	1
Multiplataforma	1	Si	100%	Si	1	Si	1
Costo conveniente	1	Si	100%	Si	0.9	Si	0.7
TOTAL			75%		98.33%		95%

2.3.2.4 Conclusión del Análisis

La base de datos Cloud Firestore de Firebase es la opción que se ha escogido, debido a que su porcentaje de cumplimiento es el más elevado de las tres opciones analizadas.

2.3.3 SELECCIÓN DEL SERVIDOR

Se requiere un servidor para implementar la comunicación entre el PLC Productivity 2000 y la base de datos Cloud Firestore de Firebase.

2.3.3.1 Requerimientos generales

- Soporta el protocolo Modbus.
- Velocidad de Procesador, Mínimo 1 GHz.
- Conexión a internet cableada o inalámbrica.
- Bajo consumo de energía.
- Ocupar un espacio reducido.
- Facilidad en su mantenimiento.

- Precio conveniente.

2.3.3.2 Opciones por considerar

- Desktop (CPU).
- Mini PC.
- Raspberry Pi.

CPU HP 8300 [35]

- Soporta el protocolo Modbus.
- Velocidad de procesador: 3.2 GHz.
- Soporte modular para inserción de tarjetas (red, gráficos, RAM, CD)
- Consumo de energía en reposo: 2.01 W.
- Consumo de energía en marcha: 49.36 W.
- Dimensiones: 55 cm (Alto) x 8.6 cm (Ancho) x 16 cm (Profundidad).
- Sistema de ventilación incluido.
- Almacenamiento: 500GB.
- RAM: 8 GB.
- Precio en el mercado: 200\$

Mini PC ASUSPRO E420 [36]

- Soporta el protocolo Modbus.
- Velocidad de procesador: 1.8GHz.
- Tarjeta de red alámbrica e inalámbrica.
- Voltaje de alimentación: 9.4 49.36/10W.
- Dimensiones: 2.9 cm (Altura) x 22 cm (Ancho) x 17.5 cm (Profundidad).
- 3 conectores USB 3.0.
- RAM: 2GB.
- Almacenamiento: 500GB.
- Precio en el mercado: 249\$

Raspberry Pi 3 B+ [37]

- Voltaje de alimentación: 19v.
- Velocidad de CPU: 1.2GHz
- Tarjeta de red inalámbrica y cableada.
- Consumo de energía en reposo 1.2 W.
- Consumo de energía en pleno rendimiento 1.8 W.

- Dimensiones: 3 cm (Altura) x 4.6 cm (Ancho) x 12.9 cm (Profundidad).
- 5 conectores USB (3.0 x 2 y 2.0 x 2).
- RAM 1GB.
- Almacenamiento expandible con microSD.
- Precio en el mercado: 110\$

2.3.3.3 Comparación de opciones

A continuación, se presenta en la Tabla 2.3 la comparación entre las opciones analizadas para elegir el servidor a implementar.

Tabla 2.3 Comparación de servidores.

Requerimientos	Importancia	CPU		Mini PC		Raspberry Pi 3 B +	
		Cumple	Valor	Cumple	Valor	Cumple	Valor
Soporta protocolo Modbus.	1	Si	1	Si	1	Si	1
Velocidad de Procesador, Mínimo 1 GHz.	1	Si	1	Si	1	Si	1
Conexión a internet cableada o inalámbrica.	1	Si	1	Si	1	Si	1
Bajo consumo de energía.	1	Si	0.7	Si	0.9	Si	1
Ocupar un espacio reducido.	1	Si	0.7	Si	1	Si	1
Facilidad en su mantenimiento.	1	Si	0.7	Si	0.95	Si	1
Precio conveniente.	1	Si	0.8	Si	0.9	Si	1
TOTAL			85.83%		97.50%		100%

2.3.3.4 Conclusión del Análisis

De la Tabla 2.3, el mini pc Asus y la Raspberry Pi 3 B+ tienen alto porcentaje en el cumplimiento de requisitos planteados, sin embargo, se eligió la Raspberry Pi 3 B+ ya que, además de cumplir con todas las características su precio es el más conveniente.

2.3.4 SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Se requiere seleccionar la metodología para el desarrollo de software del prototipo.

2.3.4.1 Requerimientos generales

- Metodología para utilizar en proyectos tecnológicos y de desarrollo.
- Metodología adaptable a los cambios.
- Reducir el tiempo de desarrollo.
- Facilita el trabajo en grupo.
- Proporcione un seguimiento del tiempo invertido en cada función.

2.3.4.2 Opciones por considerar

- Kanban
- Scrum

Kanban [38] [39]

- Metodología ágil para desarrollo de software.
- Es flexible, ya que prioriza a las tareas entrantes según las necesidades del momento.
- Permite visualizar el avance del trabajo.
- Se enfoca en cumplir con los requerimientos.
- Los requerimientos se cumplen por prioridades.
- El grupo está al tanto del estado del producto mediante la comunicación de los integrantes de este.
- Es eficaz para optimizar tiempos.

Scrum [39] [38]

- Metodología ágil para desarrollo de software.
- No se adapta tan fácilmente ante cambios propuestos por el cliente.
- Existe límites para entrega de sprint's, (periodos entre 15 y 30 días).
- Los requisitos son priorizados.
- Define el cargo de cada miembro del grupo de trabajo, asignando roles y responsabilidades.
- Admite la creación de grupos de trabajo comúnmente auto organizados para motivar la comunicación.
- La documentación está conformada de: Product Backlog, Sprint backlog, Burn Down.

2.3.4.3 Comparación de opciones

En la Tabla 2.4 se presenta la comparación entre las opciones analizadas para elegir la metodología que más convenga al proyecto.

Tabla 2.4 Comparación de metodologías

Requerimientos	Importancia	Kanban		Scrum	
		Cumple	Valor	Cumple	Valor
Metodología para utilizar en proyectos tecnológicos y de desarrollo.	1	Si	1	Si	0.8
Metodología adaptable a los cambios.	1	Si	1	Si	0.9
Reducir el tiempo de desarrollo.	1	Si	1	Si	1
Facilita el trabajo en grupo.	1	Si	1	Si	1
Proporcione un seguimiento del tiempo invertido en cada función.	1	Si	1	Si	1
TOTAL		100%		94%	

2.3.4.4 Conclusión del Análisis

De la Tabla 2.4, la metodología Kanban tiene el mayor porcentaje en el cumplimiento de requisitos planteados, por lo cual se la selecciona para este proyecto.

2.3.5 SELECCIÓN DEL FRAMEWORK

Se requiere seleccionar un framework para el desarrollo de la aplicación web y móvil.

2.3.5.1 Requerimientos generales

- Facilite el acceso a la base de datos (Cloud Firestore de Firebase).
- Permita organizar proyectos.
- Funcione para aplicaciones web y móvil.
- Precio conveniente.

2.3.5.2 Opciones por considerar

- Angular
- Django
- Meteor

Angular [40]

- El funcionamiento de Firebase con Angular es muy conveniente gracias a firebase-tools, los cuales son comandos que permiten interactuar Firebase con Angular.

- Organiza la estructura de cada proyecto.
- Ayuda a crear aplicaciones tipo web, móvil o de escritorio.
- Puede utilizar los siguientes lenguajes de programación: TypeScript, Dart y JavaScript, pero el recomendado por Angular es TypeScript.
- Es un framework gratuito.

Meteor [41]

- Facilita el trabajo con la base de datos MongoDB
- Organiza la estructura de cada proyecto.
- Ayuda a crear aplicaciones tipo web, móvil o de escritorio.
- Trabaja con el lenguaje de programación Python.
- Es un framework gratuito.

Django [42]

- Facilita el trabajo con las bases de datos: PostgreSQL, MySQL, SQLite, Microsoft SQL Server Oracle.
- Organiza la estructura de cada proyecto.
- Ayuda a crear aplicaciones web o móviles.
- Trabaja con el lenguaje de programación JavaScript.
- Es un framework gratuito

2.3.5.3 Comparación de opciones

A continuación, se presenta una tabla comparativa para elegir el framework que más convenga al proyecto.

Tabla 2.5 Comparación del framework.

Requerimientos	Importancia	Angular		Meteor		Django	
		Cumple	Valor	Cumple	Valor	Cumple	Valor
Facilite el acceso a la base de datos (Firebase).	1	Si	1	No	0	No	0
Permita organizar proyectos.	1	Si	1	Si	1	Si	1
Funcione para aplicaciones web y móvil.	1	Si	1	Si	1	Si	1
Precio conveniente	1	Si	1	Si	1	Si	1
TOTAL		100%		75%		75%	

2.3.5.3.1 Conclusión del Análisis

El framework, Angular, es el más conveniente para este proyecto, ya que posee firebase-tools, los cuales son comandos que permiten interactuar a Angular con Cloud Firestore de Firebase, la cual es la base de datos que se seleccionó anteriormente para este proyecto.

2.4 REQUERIMIENTOS DE LA ETAPA DE PRESENTACIÓN Y MONITOREO

Los requerimientos de esta etapa son utilizados para el desarrollo de la aplicación web y móvil. Igualmente, los requerimientos se obtienen a través de dos enfoques: el primero se basa en el análisis y estudio de un software de monitoreo meteorológico vigente en el mercado actual (interfaz gráfica y funcionalidades) y la segunda en un análisis mediante historias de usuario (necesidades funcionales del usuario), las mismas que fueron obtenidas en entrevistas realizadas con las personas a cargo del proyecto.

A continuación, la Figura 2.4, muestra los componentes que pertenecen a esta etapa:

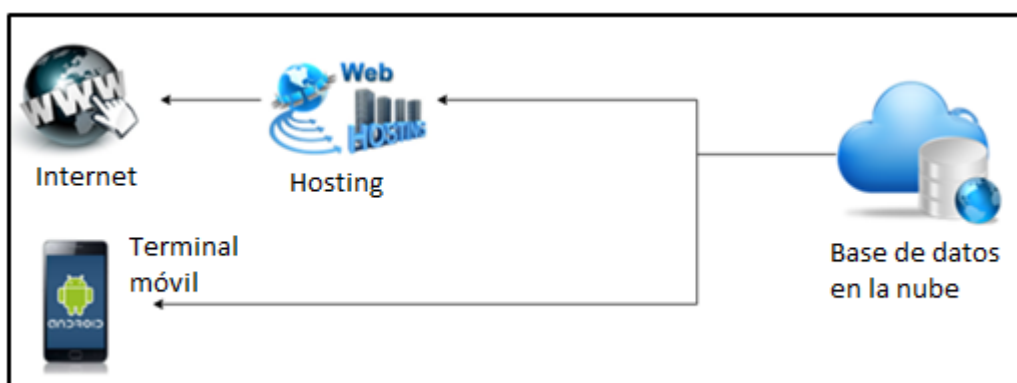


Figura 2.4. Elementos de la etapa de presentación y monitoreo

2.4.1 ANÁLISIS DE MYENLIGHTEN UN SOFTWARE PARA EL MONITOREO Y ADQUISICIÓN DE DATOS.

Actualmente, existen en el mercado programas para monitoreo y adquisición de datos, donde se destaca MyEnlighten, ya que ofrece la posibilidad de monitorear la producción de energía de un sistema de paneles solares en tiempo real a través un navegador web.

En particular, MyEnlighten, es un software utilizado por propietarios de sistemas Enphase⁶, con el cual, el usuario realizará un seguimiento de la producción de energía

⁶Enphase: Es una empresa que ofrece soluciones de energía solar hogareña que combina la

y monitoreará el estado del sistema desde la web. [43]

A continuación, se describe brevemente las características y funcionalidades que posee este programa:

Características y funcionalidades [44]

MyEnlighten posee los siguientes módulos: usuario, principal, descripción general, producción y reportes.

- **Módulo de usuario**

El módulo de usuario permite registrar al cliente o activar su cuenta en Enlighten.

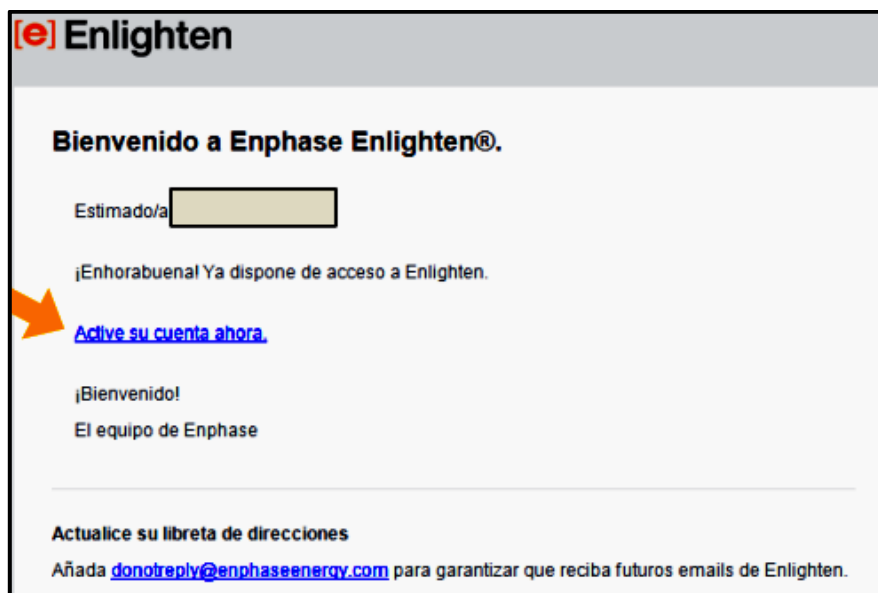


Figura 2.5. Módulo de usuario para activación de cuenta. [44]

- **Login de usuario**

La interfaz de login de usuario se puede observar en la Figura 2.6, la cual permite el acceso a los usuarios registrados, por medio del ingreso de sus credenciales.

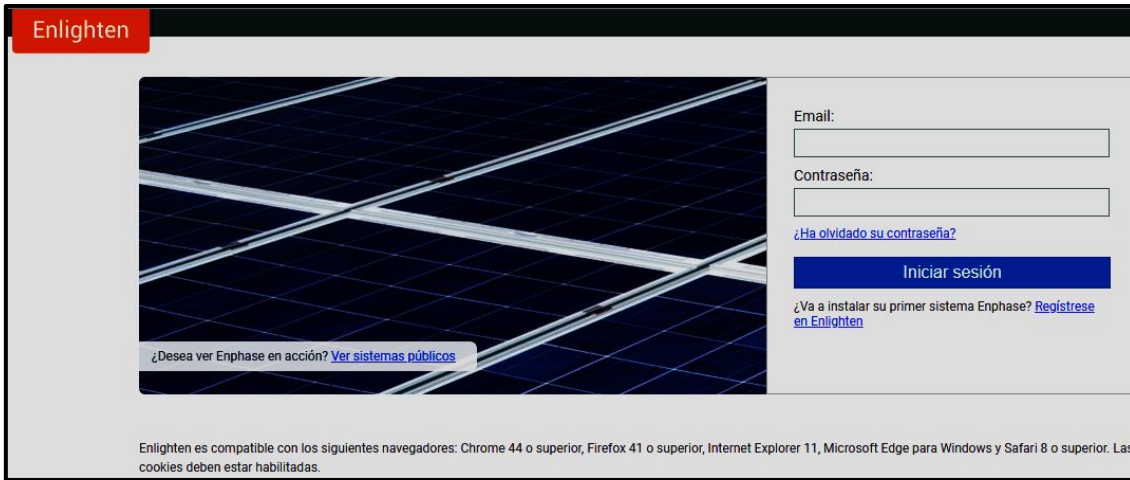


Figura 2.6. Login de usuario [45]

- **Módulo principal**

En la Figura 2.7, se muestra el módulo principal, el cual posee en la parte superior información sobre el funcionamiento del sistema; tales como el estado actual, el tiempo transcurrido desde la última actualización de los datos y la información de la última producción reportada por el sistema.

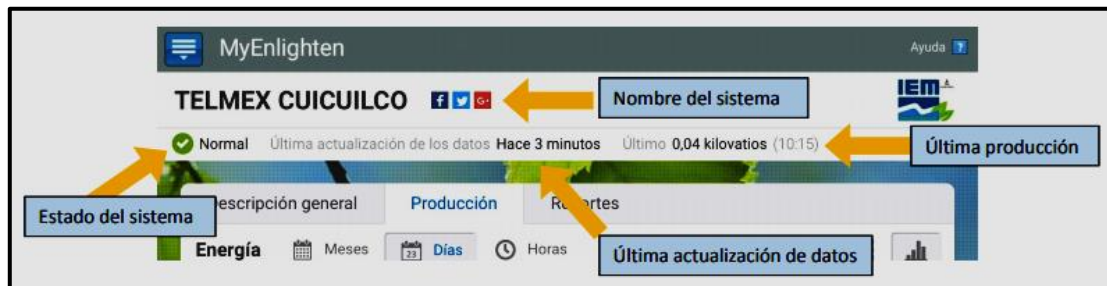


Figura 2.7. Módulo Principal [44]

- **Módulo descripción general**

En la Figura 2.8, se muestra el módulo de descripción general, el mismo que muestra cómo se ha comportado el sistema en el día. En particular, presenta la potencia de generación instantánea de cada panel, la producción de energía máxima generada por el sistema, la energía acumulada hasta el momento. Por último, en la parte inferior muestra los detalles del sistema en la parte inferior.

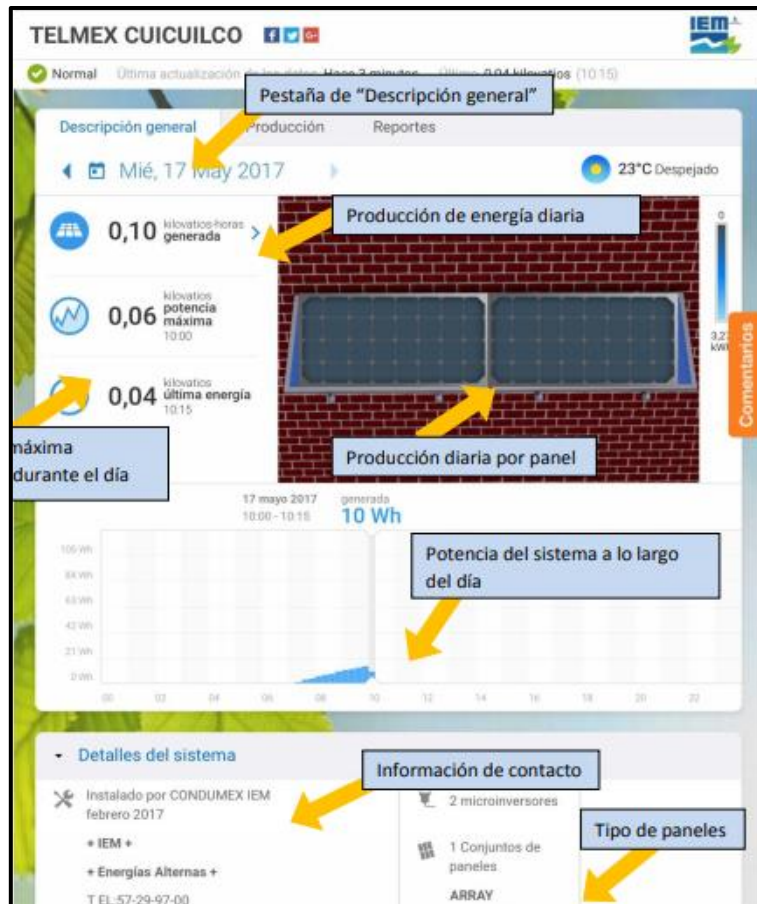


Figura 2.8. Módulo de descripción general [44]

- **Módulo producción**

El módulo producción permite comparar la eficiencia del sistema en intervalos de tiempo correspondientes a: horas, días o meses. Además, el usuario selecciona como mostrar la información, ya sea una gráfica de barras o un mapa de calor.



Figura 2.9. Módulo de producción [44]

- **Reportes**

El módulo de reportes permite visualizar, imprimir, descargar o enviar por correo, información de generación de energía del sistema de paneles solares.

A continuación, la Figura 2.10 muestra un ejemplo de reporte sobre la energía diaria.

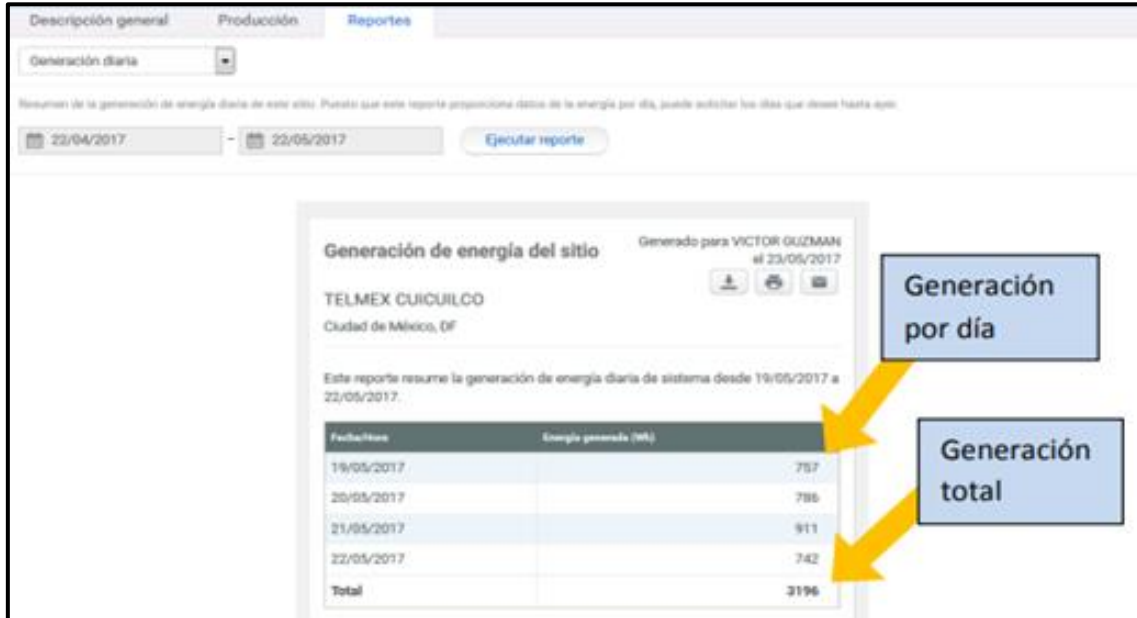


Figura 2.10. Reporte de generación de energía de un día [44]

2.4.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS APLICACIÓN WEB

Los requerimientos para el desarrollo de la aplicación web se recopilaron mediante, historias de usuario.

2.4.2.1 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema. Es decir, la manera en que el sistema reacciona a entradas particulares, de cómo se debe comportar el sistema en situaciones particulares y de lo que el sistema no debe hacer. [46]

En consecuencia, la tabla 2.6 presenta los requerimientos funcionales de la aplicación web.

Tabla 2.6. Requerimientos funcionales, aplicación web

RF	Descripción
RF01	La aplicación web debe manejar tres roles de usuario: administrador, investigador, público.
RF02	La aplicación permitirá a los usuarios registrarse por sí mismos, proporcionándoles el rol de investigador.
RF03	El sistema permitirá restablecimiento de contraseña de usuario.
RF04	El usuario administrador puede crear y visualizar usuarios. Así como modificar sus roles, ya sea investigador o administrador.
RF05	El rol público de usuario permitirá acceder a la información del proyecto, el módulo de radiación solar y el módulo de notificaciones sin necesidad de registro o autenticación.
RF06	El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar
RF07	El sistema mostrará la información de Radiación Global
RF08	El sistema mostrará la información de Radiación Directa
RF09	El sistema mostrará la información de Radiación Difusa
RF10	La aplicación web debe permitir generar Notificaciones.
RF11	La aplicación debe permitir la descarga de información a usuarios con rol de Administrador e Investigador.
RF12	El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas.
RF13	La aplicación web mostrará la información relacionada a viento.
RF14	La aplicación web mostrará la información relacionada a las Radiaciones Ultravioleta.
RF15	La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura.
RF16	La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación.
RF17	La aplicación web mostrará la información relacionada a Humedad Relativa.
RF18	La aplicación web permitirá autenticarse, e identificará automáticamente el rol del usuario logueado.
RF19	La aplicación web permitirá finalizar sesión.

2.4.2.2 Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son aquellos que se refieren a las propiedades emergentes del sistema, tales como: fiabilidad, tiempo de respuesta y capacidad de almacenamiento. Además, definen restricciones del sistema como las representaciones de datos que se utilizan en las interfaces del sistema de forma alternativa. [46]

Tabla 2.7. Requerimientos no funcionales de la aplicación web

RNF	Descripción
RF20	El acceso a descargas debe estar restringido por usuario y contraseña.
RF21	Las contraseñas no pueden estar en texto visible.
RF22	No se puede duplicar un usuario.
RF23	La aplicación móvil será diseñada para el S.O. Android.
RF24	La base de datos debe ser escalable de acuerdo con el número de usuarios.

2.4.2.3 Historias de usuario [39]

Las historias de usuario son una descripción breve de una funcionalidad del software tal y como la percibe el usuario. Además, son utilizadas en los métodos ágiles para la especificación de requisitos.

Adicionalmente, las historias de usuario describen lo que el cliente o el usuario requiere en la implementación. En particular, se escriben con una o dos frases utilizando el lenguaje común del usuario, ya que antes de ser implementadas, se tiene conversaciones con los usuarios. Asimismo, como los cambios son bienvenidos en las metodologías ágiles, no se debe profundizar antes, puesto que en el momento de la implementación estas podrían cambiar desde que fueron escritas.

Ventajas que aportan las historias de usuario:

- Representan requisitos del modelo de negocio que se implementan rápidamente, ya que son muy cortas.
- Mantienen una relación cercana con el cliente.
- Permiten dividir los proyectos en pequeñas entregas.
- Permiten estimar fácilmente el esfuerzo de desarrollo.

Campos de una historia de usuario

Los campos que se consideran más necesarios para describir de una manera adecuada las historias de usuario son:

ID: Identificador único de la historia de usuario.

Descripción: La descripción sintetizada de la historia de usuario debe responder a tres preguntas: ¿Quién se beneficia? ¿Qué se quiere? y ¿Cuál es el beneficio?

Prioridad: Es la importancia que tiene la historia de usuario desde el punto de vista del usuario. Esta puede ser alta, media o baja.

Estimación: Se estima el esfuerzo necesario en tiempo, para la implementación de la historia de usuario.

Título: Título que describe la historia de usuario.

Validación: Estas son las pruebas que el código debe superar para establecer la implementación de la historia de usuario como finalizada.

Persona asignada: En este campo se propone la persona capaz de implementar la historia de usuario.

2.4.2.4 Calidad de las historias de usuario [39]

INVEST es un método que permite a los usuarios y al desarrollador asegurar la calidad de escritura de las historias de usuario, cuando estas cumplen con las siguientes características:

- Independiente
- Negociable
- Valiosa
- Estimable
- Pequeña
- Comprobable

En la Figura 2.11, se observa un ejemplo de una historia de usuario.

Historia de Usuario	
Número: 1	Usuario: Cliente
Nombre historia: Introducción de pedido	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Ángel Castellano – María Valencia	
Descripción: El pedido es procesado e introducido en la base de datos.	
Observaciones:	

Figura 2.11. Ejemplo de una historia de usuario

2.4.2.5 Relación de los requerimientos funcionales con las historias de usuario.

A continuación, la Tabla 2.8 muestra la relación de requerimientos funcionales con las historias de usuarios con el objetivo de mostrar que historia describe cada requerimiento.

Tabla 2.8. Relación de requerimientos funcionales con las historias de usuarios

HU	RF	Descripción
HU01	RF01	La aplicación web debe manejar tres roles de usuario: administrador, investigador, público.
HU02	RF02	La aplicación permitirá a los usuarios registrarse por sí mismos, proporcionándoles el rol de investigador.
HU03	RF03	El sistema permitirá restablecimiento de contraseña de usuario.
HU04	RF04	El usuario administrador puede crear y visualizar usuarios. Así como modificar sus roles, ya sea investigador o administrador.
HU05	RF05	El rol público de usuario permitirá acceder a la información del proyecto, el módulo de radiación solar y el módulo de notificaciones sin necesidad de registro o autenticación.
HU06	RF06	El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar
HU07	RF07	El sistema mostrará la información de Radiación Global
HU08	RF08	El sistema mostrará la información de Radiación Directa
HU09	RF09	El sistema mostrará la información de Radiación Difusa
HU10	RF10	La aplicación web debe permitir generar Notificaciones.
HU11	RF11	La aplicación debe permitir la descarga de información a usuarios con rol de Administrador e Investigador.
HU12	RF12	El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas.
HU13	RF13	La aplicación web mostrará la información relacionada a viento.
HU14	RF14	La aplicación web mostrará la información relacionada a las Radiaciones Ultravioleta.
HU15	RF15	La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura.
HU16	RF16	La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación.
HU17	RF17	La aplicación web mostrará la información relacionada a Humedad Relativa.
HU18	RF18	La aplicación web permitirá autenticarse, e identificará automáticamente el rol del usuario logueado.
HU19	RF19	La aplicación web permitirá finalizar sesión.

2.4.2.6 Relación de los requerimientos no funcionales con las historias de usuario.

Tabla 2.9 Relación de requerimientos no funcionales con las historias de usuarios.

HU	RNF	Descripción
HU20	RF20	El acceso a descargas debe estar restringido por usuario y contraseña.
HU21	RF21	Las contraseñas no pueden estar en texto visible.
HU22	RF22	No se puede duplicar un usuario.
HU23	RF23	Debe soportar simultaneidad de usuarios.
HU24	RF24	La base de datos debe ser escalable de acuerdo con el número de usuarios.

2.4.2.7 Descripción Historias de Usuario.

La Tabla 2.16, muestra las historias de usuario definidas, luego del análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales, mientras que el ANEXO A, contiene el detalle de cada una de ellas.

Tabla 2.10 Historias de usuario de la aplicación web

Código	Descripción
HU01	Asignar usuarios.
HU02	Registro de usuarios.
HU03	Restablecer contraseña.
HU04	Administrar usuarios.
HU05	Accesos del usuario público.
HU06	Variables de radiación solar.
HU07	Información de radiación global.
HU08	Información de radiación directa.
HU09	Información de radiación difusa.
HU10	Notificaciones.
HU11	Descarga de información.
HU12	Variables meteorológicas.
HU13	Viento.
HU14	Radiación ultravioleta.
HU15	Temperatura.
HU16	Precipitación.
HU17	Humedad relativa.
HU18	Autenticación.
HU19	Finalizar Sesión.
HU20	Acceso a descargas.
HU21	Visibilidad de contraseñas.
HU22	Duplicidad de usuarios.
HU23	Simultaneidad de usuarios.
HU24	Base escalable.

2.4.2.8 Módulos del sistema.

A continuación, se presentan los módulos que posee el sistema, así como la relación con las historias de usuario:

- **Módulo 1**

Tabla 2.11 Módulo de usuario.

Módulo de Usuario	HU01	Asignar usuarios
	HU02	Registro de usuarios
	HU03	Restablecer contraseña
	HU04	Administrar usuarios
	HU05	Accesos del usuario público

- **Módulo 2**

Tabla 2.12 Módulo de radiación solar.

Módulo de Radiación Solar	HU06	Variables de radiación solar
	HU07	Información de radiación global
	HU08	Información de radiación directa
	HU09	Información de radiación difusa

- **Módulo 3**

Tabla 2.13 Módulo de notificaciones.

Módulo de Notificaciones	HU10	Notificaciones
--------------------------	------	----------------

- **Módulo 4**

Tabla 2.14 Módulo de presentación.

Módulo de Presentación	HU11	Descarga de información.
	HU12	Variables meteorológicas.
	HU13	Viento.
	HU14	Radiación ultravioleta.
	HU15	Temperatura.
	HU16	Precipitación.
	HU17	Humedad relativa.

- **Módulo 5**

Tabla 2.15 Módulo de sistema.

Módulo de Sistema	HU18	Autenticación
	HU19	Finalizar Sesión
	HU20	Acceso a descargas.
	HU21	Visibilidad de contraseñas.
	HU22	Duplicidad de usuarios.
	HU23	Simultaneidad de usuarios.
	HU24	Base escalable.

2.4.2.9 Prioridades.

La siguiente tabla muestra las prioridades que posee cada módulo en cuanto a las historias de usuario, las mismas fueron establecidas en las entrevistas mantenidas con las personas a cargo del proyecto.

Tabla 2.16 Prioridades.

Módulo	Código	Descripción	Prioridad
Módulo de Usuario	HU01	Asignar usuarios	Alta
	HU02	Registro de usuarios	Media
	HU03	Restablecer contraseña	Baja
	HU04	Administrar usuarios	Alta
	HU05	Accesos del usuario público	Alta
Módulo de Radiación Solar	HU06	Variables de radiación solar	Alta
	HU07	Información de radiación global	Media
	HU08	Información de radiación directa	Media
	HU09	Información de radiación difusa	Media
Módulo de Notificaciones	HU10	Notificaciones	Media
Módulo de Presentación	HU11	Descarga de información	Media
	HU12	Variables meteorológicas	Alta
	HU13	Viento	Alta
	HU14	Radiación ultravioleta	Alta
	HU15	Temperatura	Alta
	HU16	Precipitación	Alta
	HU17	Humedad relativa	Alta
Módulo de Sistema	HU18	Autenticación	Media
	HU19	Finalizar Sesión	Alta
	HU20	Acceso a descargas.	Baja
	HU21	Visibilidad de contraseñas.	Baja
	HU22	Duplicidad de usuarios.	Media
	HU23	Simultaneidad de usuarios.	Baja
	HU24	Base escalable.	Baja

2.4.3 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

El propósito de un diagrama de casos de uso en UML⁷ es demostrar las diferentes formas en que los usuarios (también llamados actores) pueden interactuar con un sistema. [47]

Para el análisis de los requerimientos funcionales se elaboró el diagrama de casos de uso, el cual se muestra en la Figura 2.12. Asimismo, los actores que interactúan con el sistema son: público, investigador y administrador.

⁷UML (Lenguaje Unificado de Modelado): Es un lenguaje que permite visualizar, especificar, construir y documentar un sistema de software. [55]

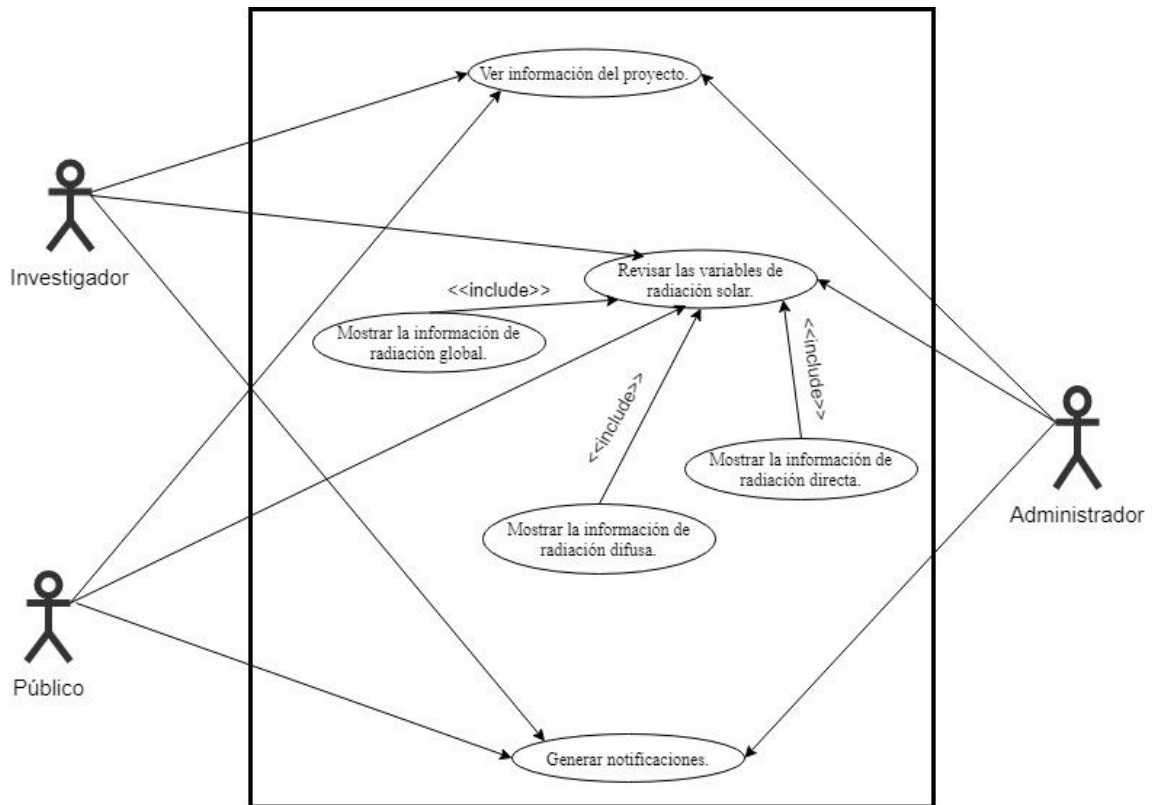


Figura 2.12. Diagrama de casos de uso de presentación de variables de radiación solar.

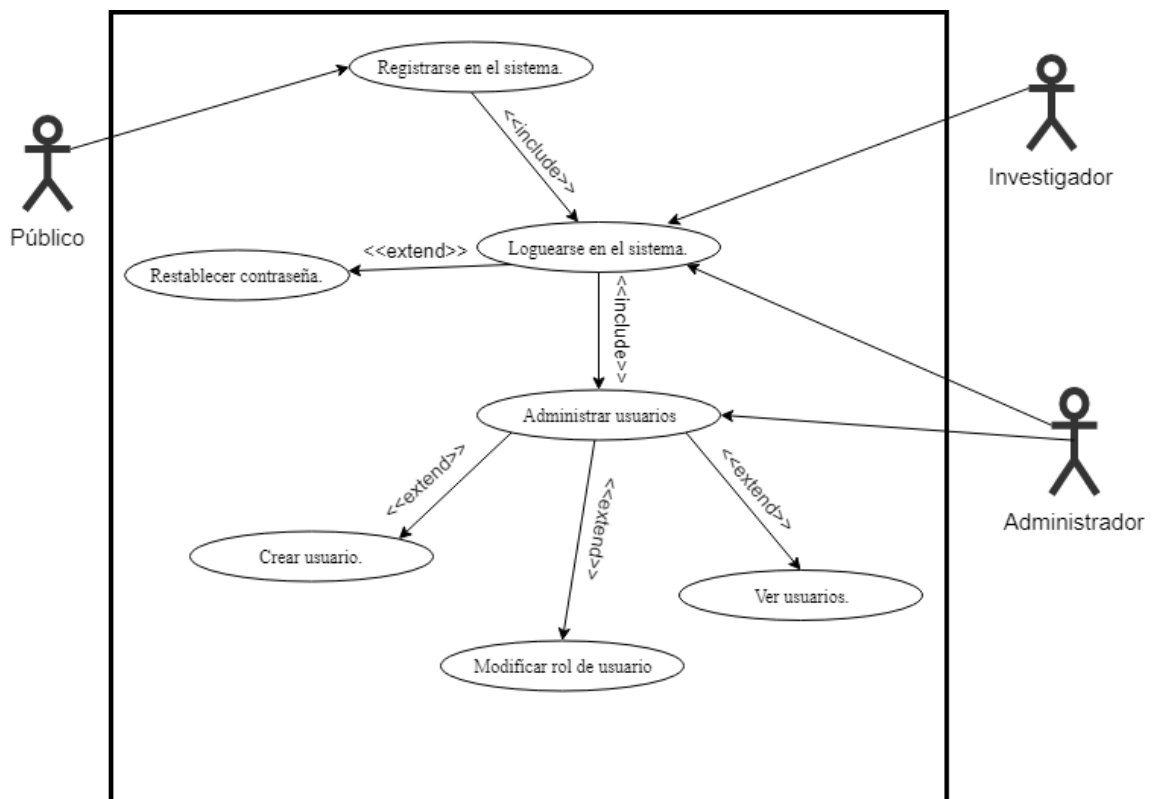


Figura 2.13. Diagrama de casos de uso de administración de usuarios.

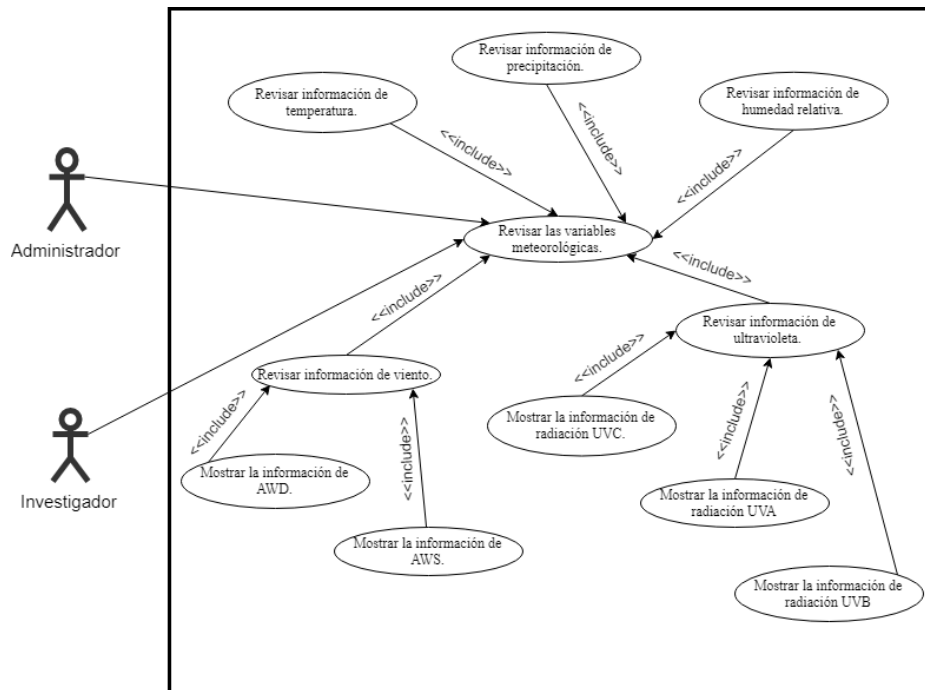


Figura 2.14. Diagrama de casos de uso de presentación de variables

Tabla 2.17. Lista de casos de uso de la aplicación web

Código	Nombre
CU01	Ver información del proyecto
CU02	Revisar las variables de Radiación solar
CU03	Mostrar la información de Radiación Global
CU04	Mostrar la información de Radiación Directa
CU05	Mostrar la información de Radiación Difusa
CU06	Generar Notificaciones
CU07	Registrarse en el sistema
CU08	Loguearse en el sistema
CU09	Restablecer Contraseña
CU10	Ver Usuarios
CU11	Crear Usuario
CU12	Modificar Rol de Usuario
CU13	Revisar las variables meteorológicas
CU14	Revisar información de Viento
CU15	Mostrar la información de AWD
CU16	Mostrar la información de AWS
CU17	Revisar información de Ultravioleta
CU18	Mostrar la información de Radiación UVC
CU19	Mostrar la información de Radiación UVA
CU20	Mostrar la información de Radiación UVB
CU21	Revisar información de Temperatura
CU22	Revisar información de Precipitación
CU23	Revisar información de Humedad Relativa
CU24	Descargar archivos.
CU25	Salir del sistema

2.4.3.1 Roles y permisos

Luego del análisis del diagrama de casos de uso se han definido los siguientes roles y permisos para los actores del sistema:

Roles

- **Administrador:** actor encargado de gestionar la aplicación web. Además, realiza acciones CRUD de los usuarios, gestiona los roles de éstos y tiene acceso a todos los módulos.
- **Investigador:** actor que accede a todos los módulos del sistema exceptuando el de administración de usuarios.
- **Público:** actor que accede a los módulos de radiación solar, notificaciones sin necesidad de loguearse o registrarse.

Permisos

De acuerdo con los roles planteados se definen dos tipos de permisos:

- **Administrador:** tiene todos los permisos en el sistema.
- **Investigador:** no tiene permisos hacia el módulo de administración.
- **Público:** solo tiene permisos para visualizar el módulo de radiación y el de notificaciones.

Un administrador puede asignar rol de administrador a un usuario investigador, o a su vez rol de investigador a un administrador.

2.4.3.2 Diagrama de actividades.

Diagrama General.

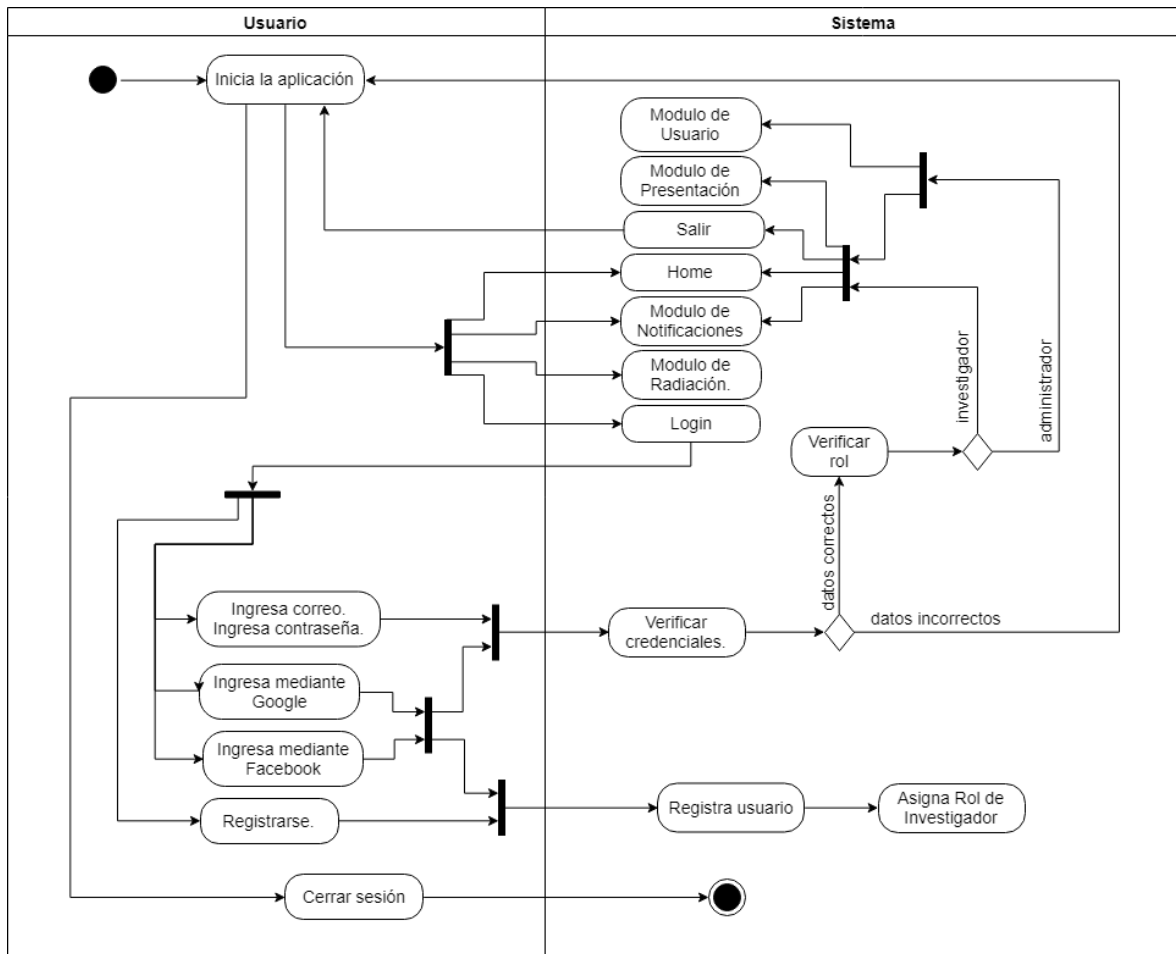


Figura 2.15. Diagrama de actividades general para la aplicación web.

Diagrama para el rol de usuario administrador.

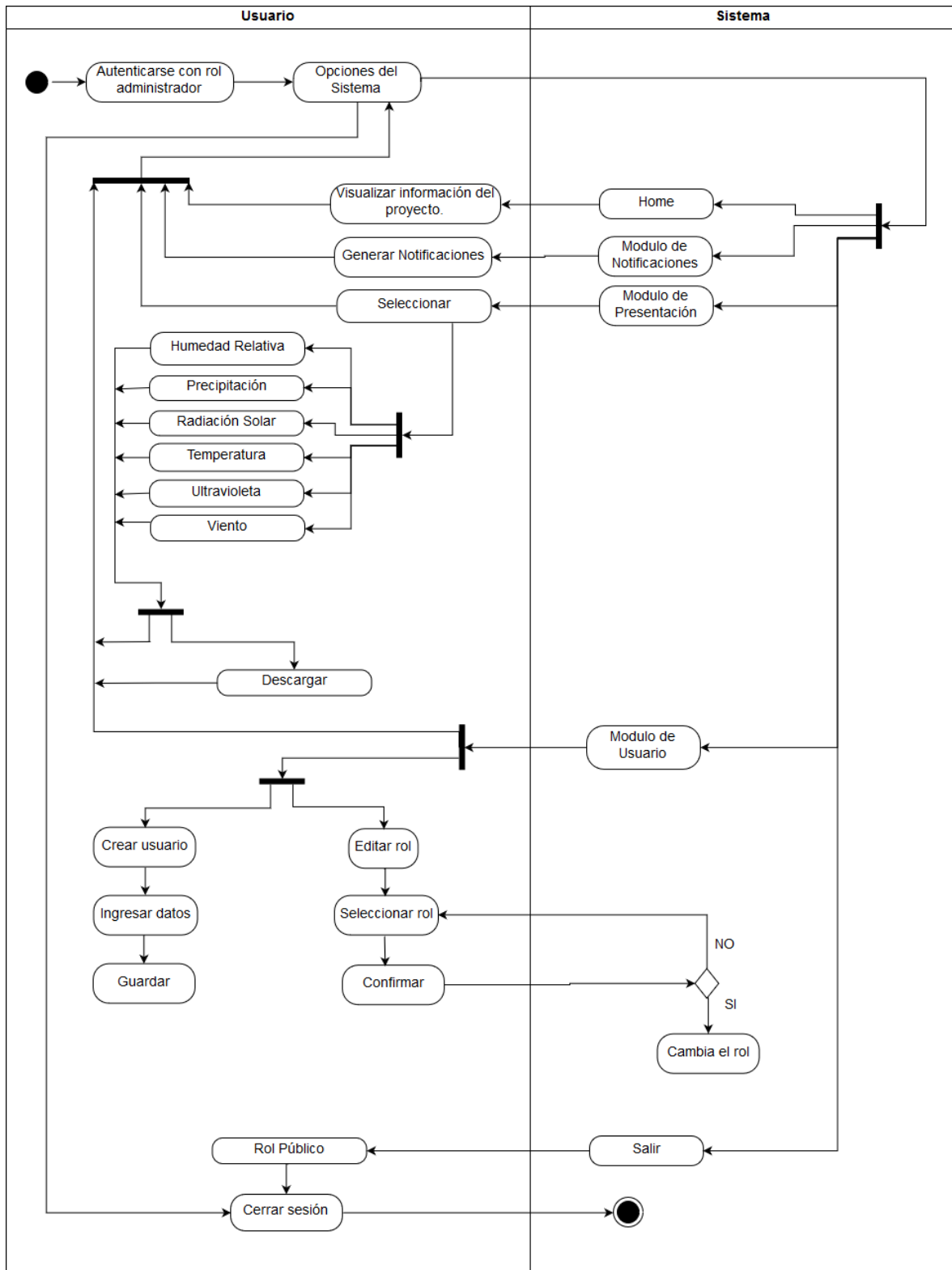


Figura 2.16. Diagrama de actividades usuario administrador.

Diagrama para el rol de usuario investigador.

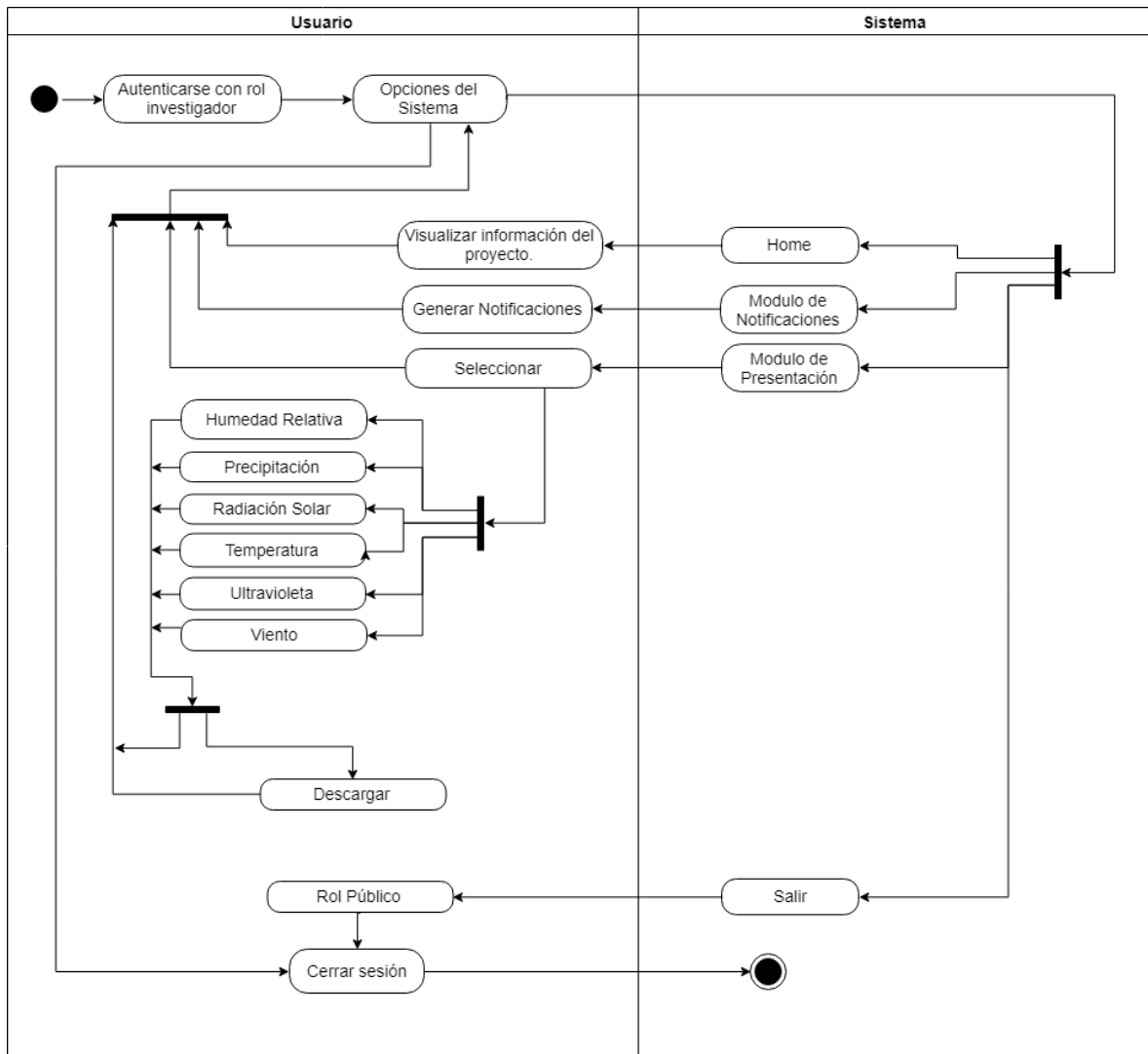


Figura 2.17. Diagrama de actividades usuario investigador.

2.4.3.3 Diagrama de Clases.

La figura 2.18, muestra el diagrama de clases de la aplicación web.

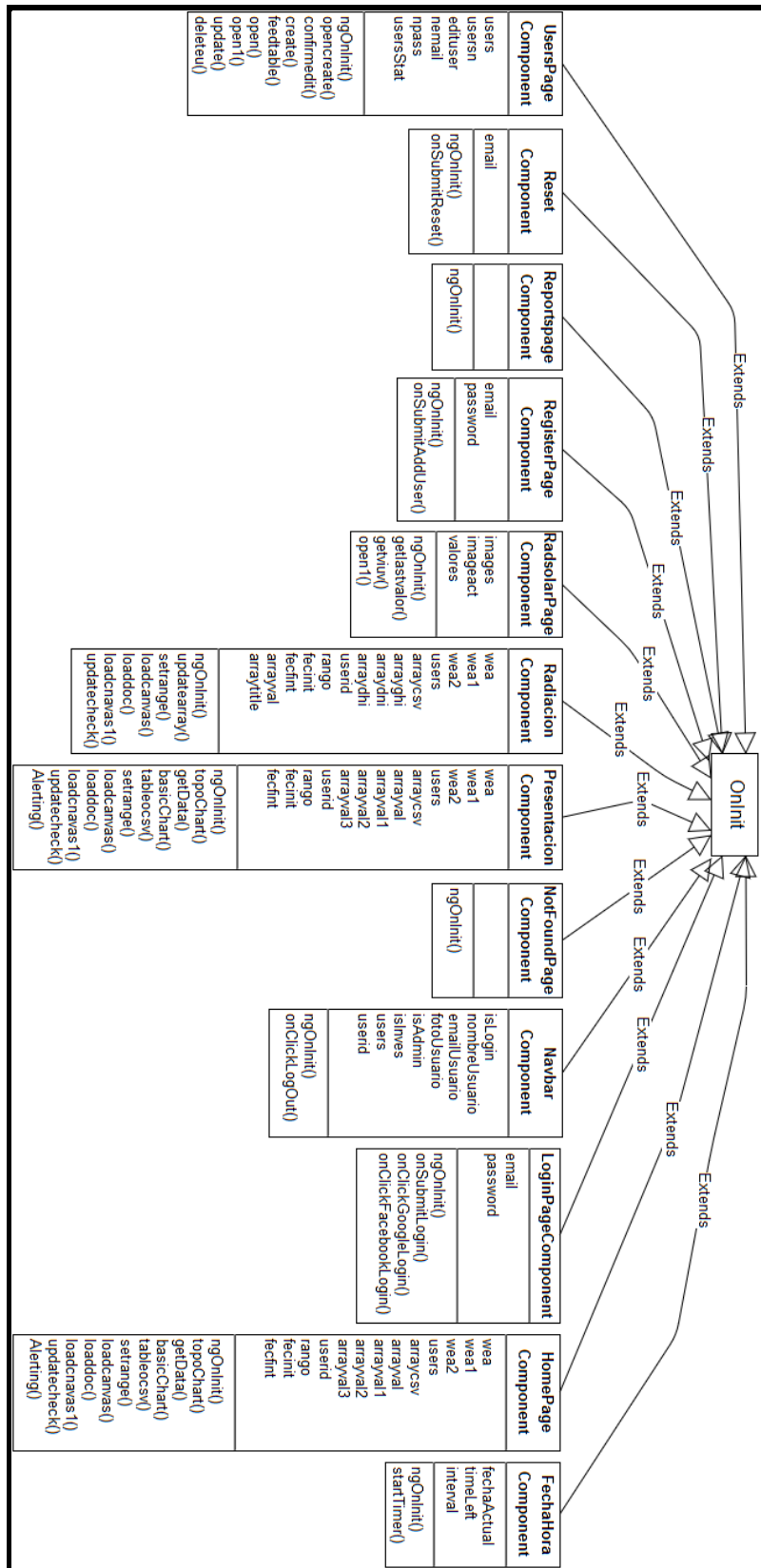


Figura 2.18. Diagrama de clases, aplicación web.

2.4.3.4 Diagrama de asociación de colecciones y documentos.

La Figura 2.19 muestra el diagrama diseñado para el almacenamiento de datos en Cloud Firestore, la base seleccionada.

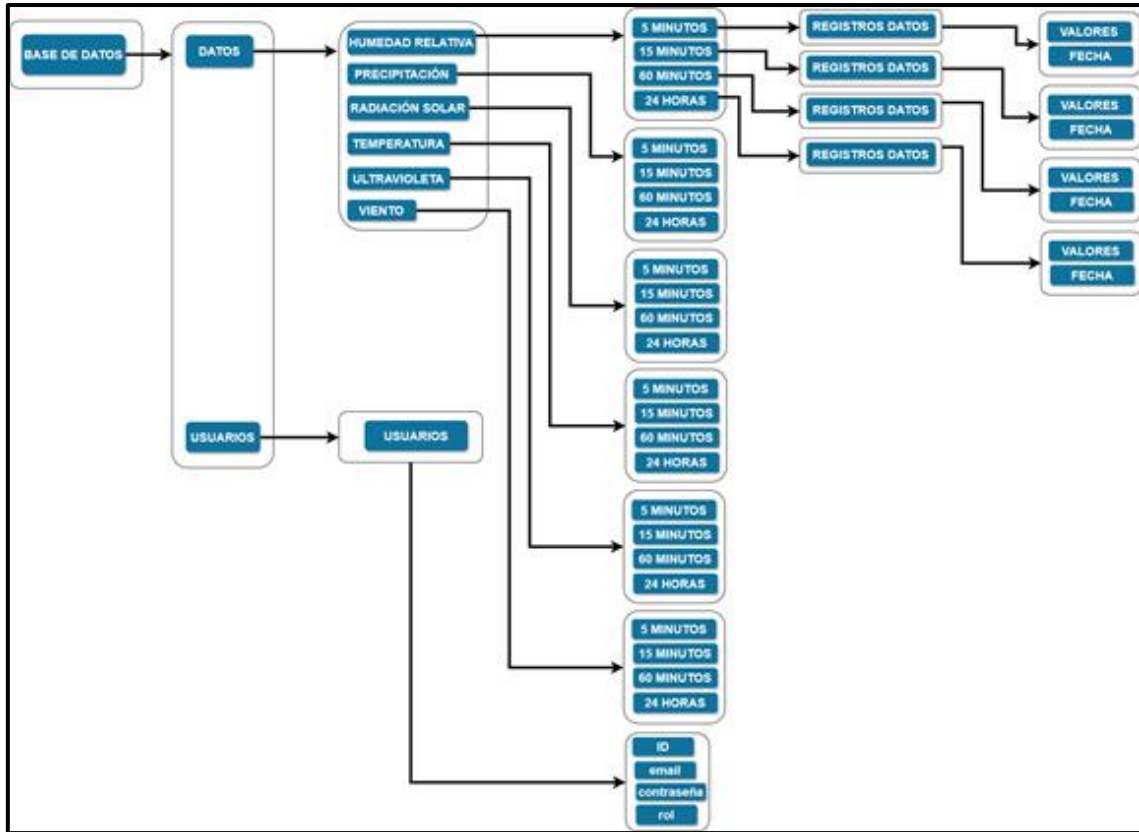


Figura 2.19. Diagrama de asociación de colecciones y documentos.

2.4.3.5 Vistas

A continuación, se presentan las vistas de la aplicación web.

- Home



Figura 2.20. Home

- Radiación Solar

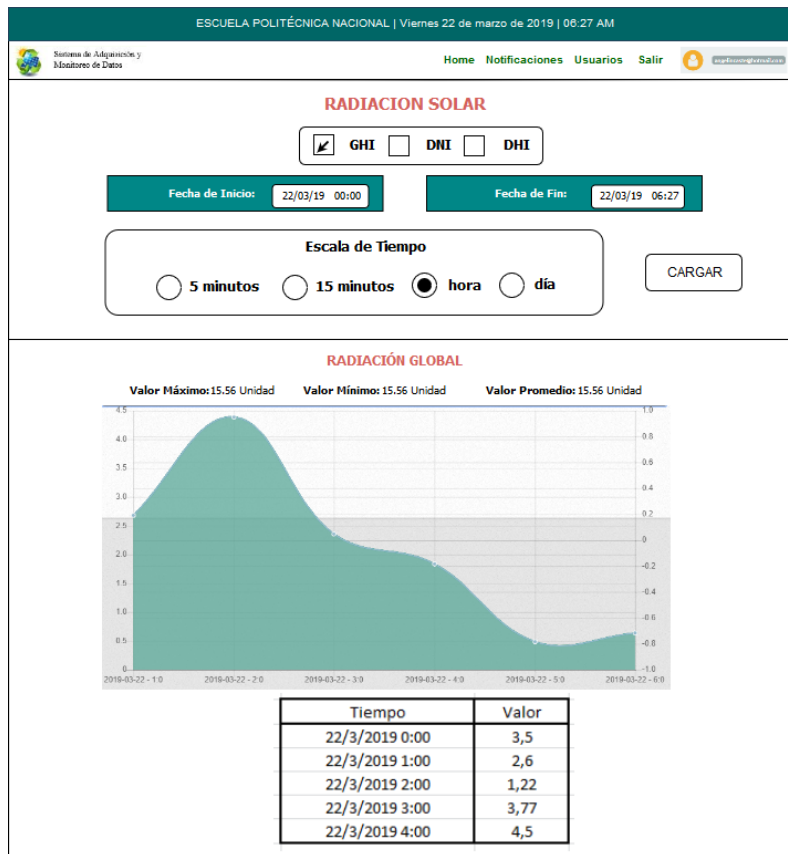


Figura 2.21. Módulo de radiación solar.

- Notificaciones

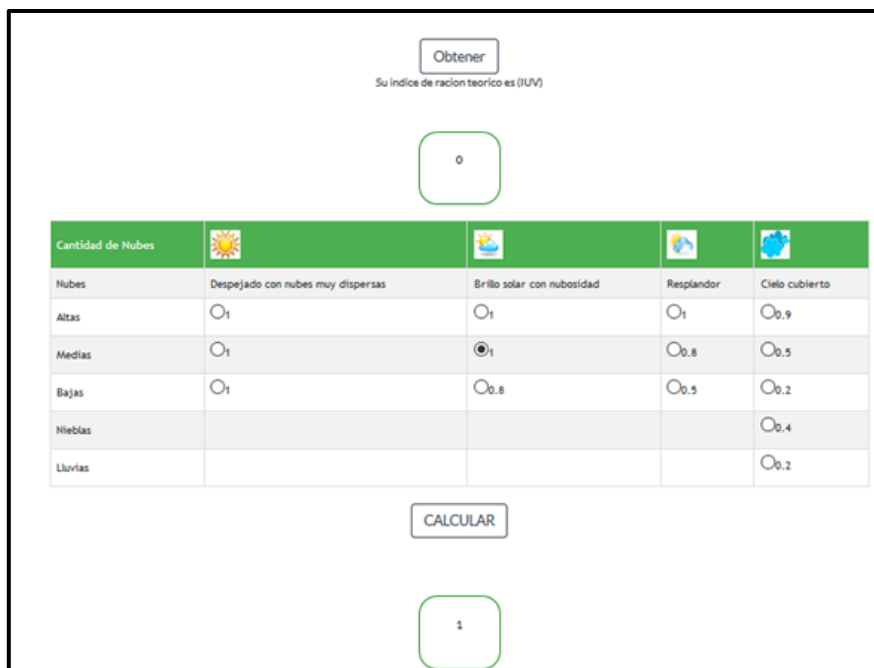


Figura 2.22. Módulo de notificaciones.

- Login



Figura 2.23. Login

- Registro



Figura 2.24. Registro

- **Presentación**

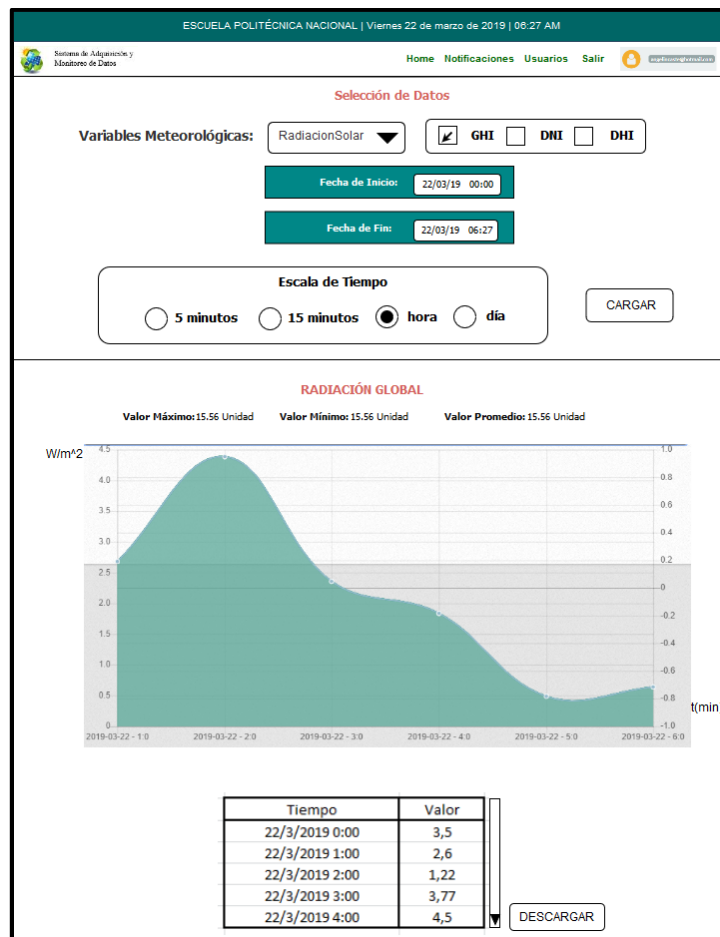


Figura 2.25. Módulo presentación

- **Usuarios**



Figura 2.26. Módulo de usuarios.

2.4.4 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS APLICACIÓN MÓVIL

Los requerimientos para el desarrollo de la aplicación móvil se presentan mediante historias de usuario.

2.4.4.1 Requerimientos Funcionales

Tabla 2.18 Requerimientos funcionales para la aplicación móvil.

RF	Descripción
RF01	La aplicación móvil debe manejar solo el rol de usuario público.
RF02	El rol público de usuario permitirá acceder al módulo de presentación y el módulo de notificaciones.
RF03	El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar
RF04	El sistema mostrará la información de Radiación Global
RF05	El sistema mostrará la información de Radiación Directa
RF06	El sistema mostrará la información de Radiación Difusa
RF07	La aplicación móvil debe permitir generar Notificaciones.
RF08	El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas.
RF09	La aplicación móvil mostrará la información relacionada a viento.
RF10	La aplicación móvil mostrará la información relacionada a las Radiaciones Ultravioleta.
RF11	La aplicación móvil mostrará la información relacionada a temperatura.
RF12	La aplicación móvil mostrará la información relacionada a precipitación.
RF13	La aplicación móvil mostrará la información relacionada a Humedad Relativa.

2.4.4.2 Requerimientos no funcionales.

Tabla 2.19 Requerimiento no funcional, aplicación móvil.

RNF	Descripción
RF14	La aplicación móvil será desarrollada para el sistema operativo Android.

2.4.4.3 Historias de usuario

El listado de historias de usuario se presenta en la Tabla 2.20, mientras que la descripción de estas se adjunta en el ANEXO A.

Tabla 2.20 Listado de historias de usuario.

Código	Descripción
HU01	Usuario público.
HU02	Presentación de información.
HU03	Radiación Solar.
HU04	Radiación Global.
HU05	Radiación Directa.
HU06	Radiación Difusa.
HU07	Generar Notificaciones.
HU08	Variables meteorológicas.
HU09	Viento.
HU10	Radiaciones Ultravioleta.
HU11	Temperatura.
HU12	Precipitación.
HU13	Humedad Relativa.
HU14	Operativo Android.

2.4.4.4 Prioridades.

En la tabla 2.21, se muestra la asignación de prioridades a los requerimientos del usuario, así como también se puede observar la asociación en diferentes módulos.

Tabla 2.21 Lista de prioridades.

Notificaciones	HU07	Generar Notificaciones.	Alta
Presentación	HU02	Presentación de información.	Alta
	HU03	Radiación Solar.	Alta
	HU04	Radiación Global.	Alta
	HU05	Radiación Directa.	Alta
	HU06	Radiación Difusa.	Alta
	HU08	Variables meteorológicas.	Alta
	HU09	Viento.	Alta
	HU10	Radiaciones Ultravioleta.	Alta
	HU11	Temperatura.	Alta
	HU12	Precipitación.	Alta
	HU13	Humedad Relativa.	Alta
Sistema	HU01	Usuario público.	Baja
	HU14	Operativo Android.	Media

2.4.4.1 Diagrama de casos de uso

La Figura 2.27, muestra el diagrama de casos de uso de la aplicación móvil.

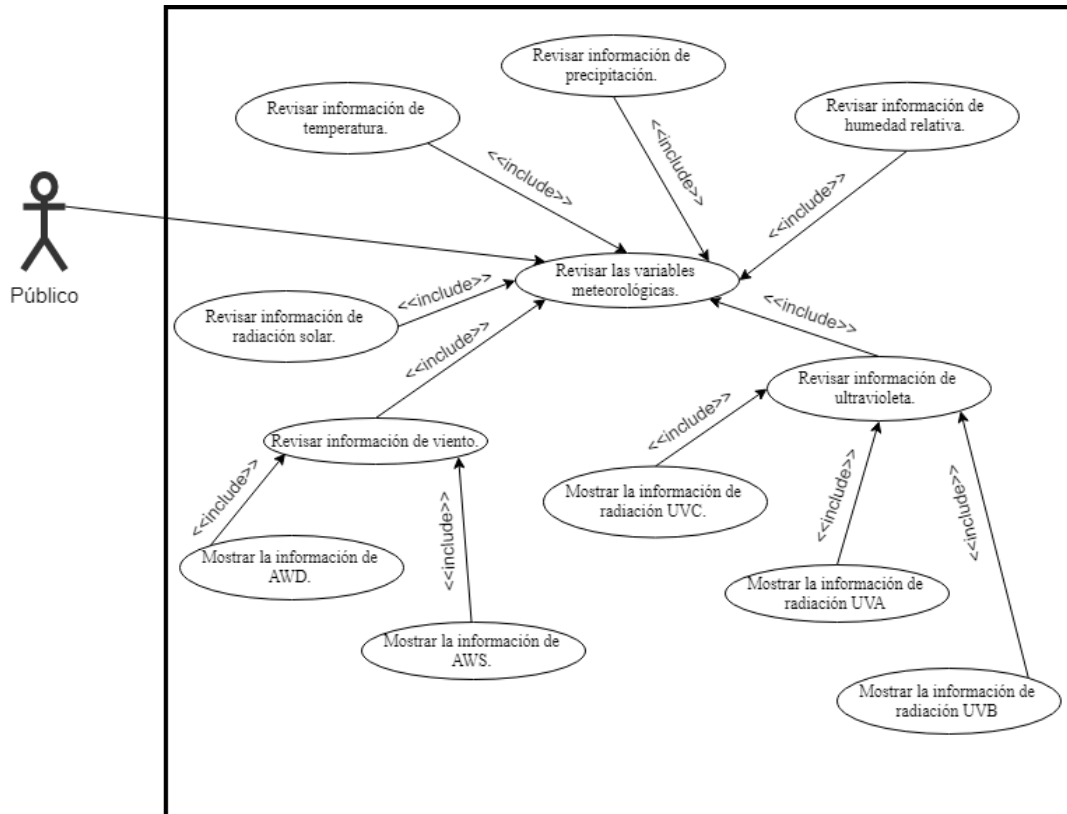


Figura 2.27. Diagrama de casos de uso de la aplicación móvil.

La siguiente tabla muestra la lista de casos de uso de la aplicación móvil.

Tabla 2.22 Lista de casos de uso de la aplicación móvil.

Código	Nombre
CU01	Revisar las variables de Radiación solar
CU02	Mostrar la información de Radiación Global
CU03	Mostrar la información de Radiación Directa
CU04	Mostrar la información de Radiación Difusa
CU05	Generar Notificaciones
CU06	Revisar las variables meteorológicas
CU07	Revisar información de Viento
CU08	Mostrar la información de AWD
CU09	Mostrar la información de AWS
CU10	Revisar información de Ultravioleta
CU11	Mostrar la información de Radiación UVC
CU12	Mostrar la información de Radiación UVA
CU13	Mostrar la información de Radiación UVB
CU14	Revisar información de Temperatura
CU15	Revisar información de Precipitación
CU16	Revisar información de Humedad Relativa

2.4.4.2 Diagrama de actividades.

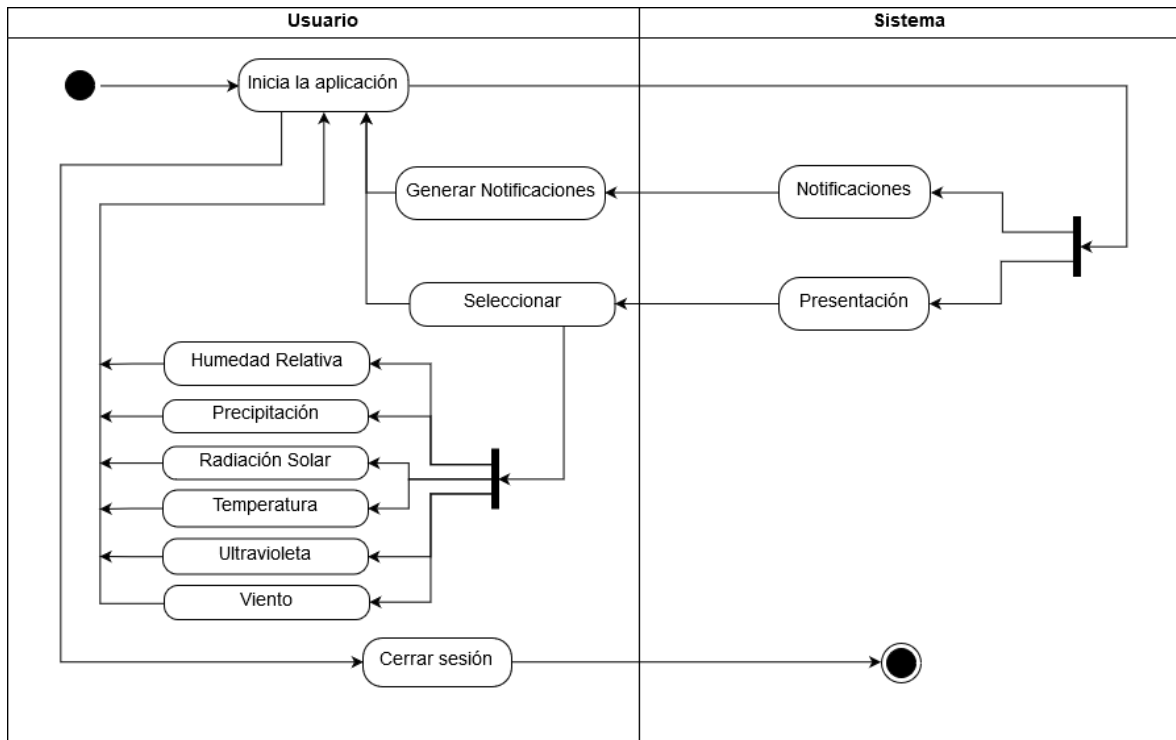


Figura 2.28. Diagrama de actividades general, aplicación móvil.

2.4.4.3 Diagrama de clases.

La Figura 2.29, muestra el diagrama de clase de la aplicación móvil.

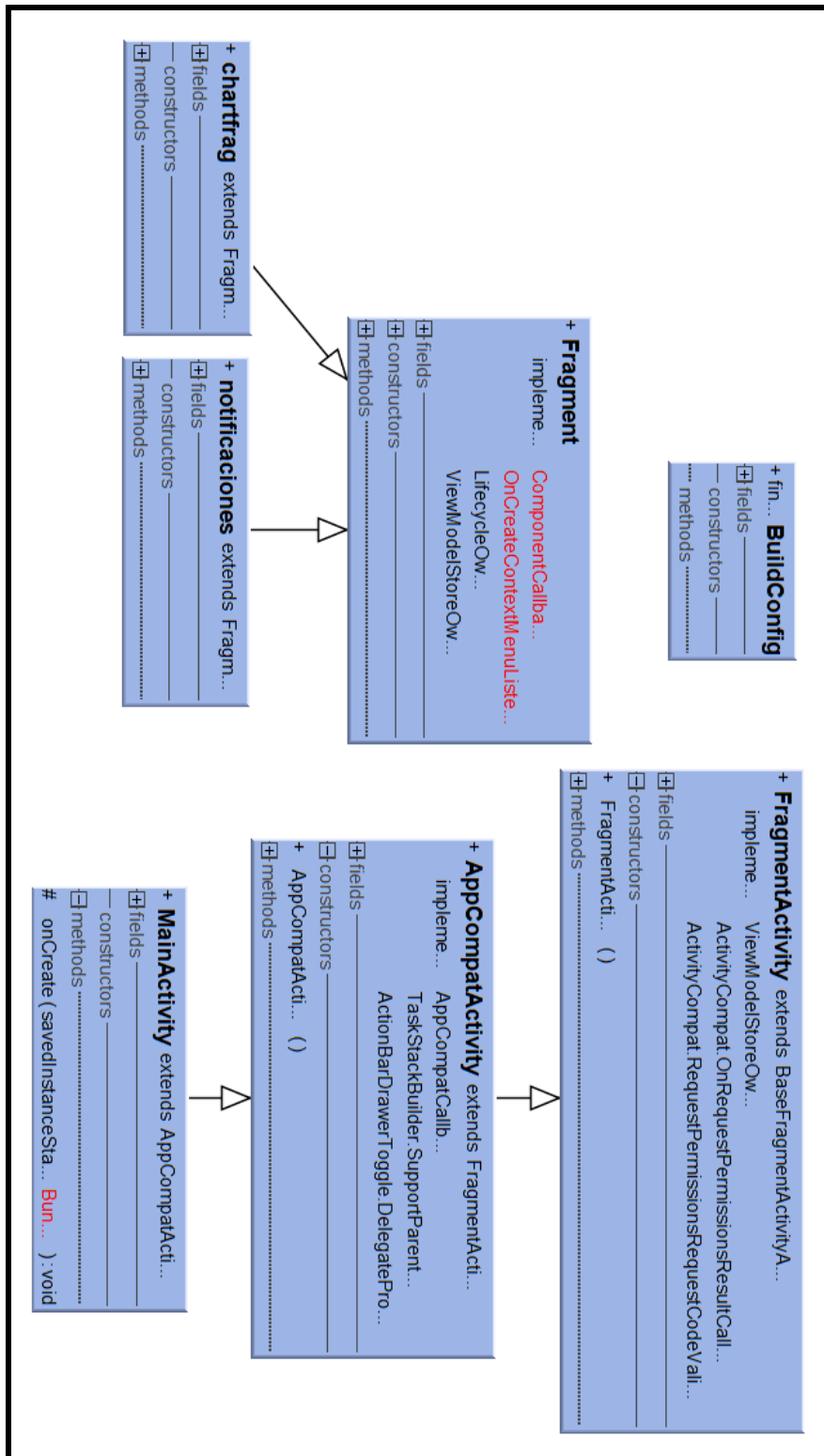


Figura 2.29. Diagrama de clases, aplicación móvil

2.4.4.4 Vistas.

- Presentación

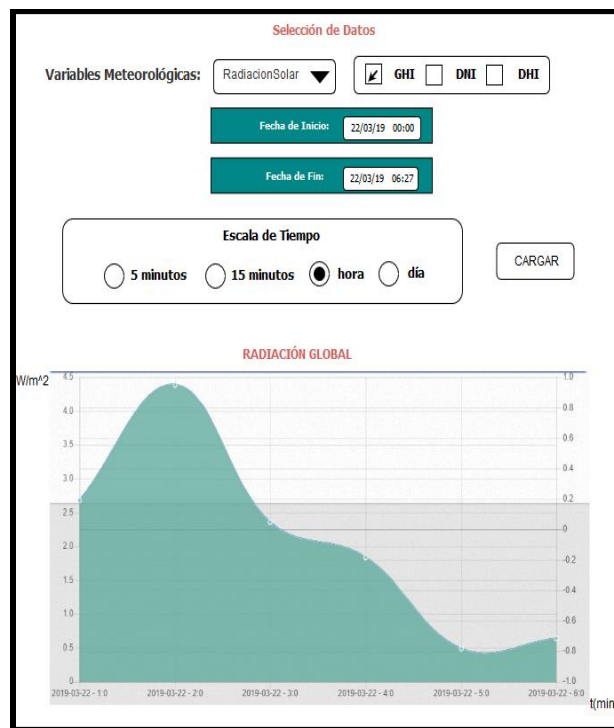


Figura 2.30. Presentación.

- Notificaciones

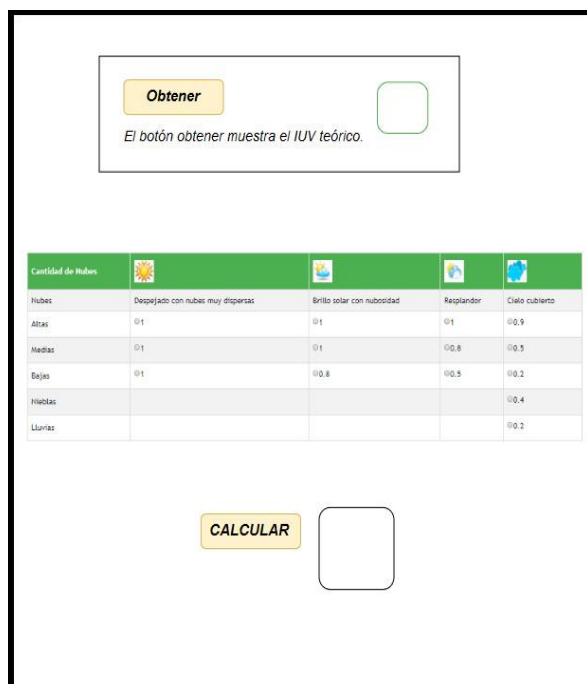


Figura 2.31. Notificaciones

2.5 DIRECCIONAMIENTO DE RED

La Tabla 2.23, contiene el direccionamiento IPv4 implementado en cada uno de los dispositivos que son parte del prototipo de sistema para adquisición y monitoreo de datos de la captación de radiación solar, así como de los dispositivos que forman parte de la estación meteorológica.

Tabla 2.23 Direccionamiento IPv4

Red	192.168.10.0			
Dispositivo	Tipo de Conexión	Dirección IPv4	Máscara	Tipo de Asignación
Gateway	Cableada	192.168.10.4	/24	Estática
Datalogger Campbell CR1000	Cableada	192.168.10.5	/24	Estática
PLC Productivity 2000	Cableada	192.168.10.6	/24	Estática
Raspberry Pi 3 Model B+	Cableada	192.168.10.7	/24	Estática
Raspberry Pi 3 Model B+	Inalámbrica	192.168.10.8	/24	Estática

2.6 PLANIFICACIÓN DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO SEGÚN LA METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN

Según el análisis realizado en la sección 2.3.4, para el presente proyecto se utiliza Kanban como metodología de desarrollo.

2.6.1 TABLEROS KANBAN

Los tableros son herramientas fundamentales de la metodología Kanban, ya que se encargan de regular el flujo de avance de las tareas mediante tarjetas representativas de las actividades, las cuales se mueven de izquierda a derecha indicando el progreso a través de los estados. Particularmente, los estados mínimos en un tablero Kanban son “Pendiente”, “En curso” y “Terminado”, no obstante, en algunos casos es conveniente incluir estados adicionales, tales como: en pausa, validado, entre otros. Asimismo, el orden de los trabajos desde el área “Pendiente”, refleja sus prioridades (Ver figura 2.30).



Figura 2.32. Estructura básica de un tablero Kanban

2.7 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA

Esta sección contiene la implementación de la red LAN, la etapa de adquisición y almacenamiento de datos, así como la etapa de presentación y monitoreo, en base a los criterios definidos en el diseño y la metodología Kanban.

2.7.1 TABLERO KANBAN

Está conformado por dos secciones: la primera sección es “Adquisición y almacenamiento de datos”, la cual incluye el manejo y configuración del datalogger, el PLC, la base de datos y el servidor, mientras que la segunda sección de “Presentación y monitoreo de datos”, está enfocada a los módulos de las aplicaciones web y móvil. (Ver Tabla 2.24).

Tabla 2.24. Tablero Kanban

Adquisición y almacenamiento de datos			Presentación y monitoreo de datos		
Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas	Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas

Asimismo, la tarjeta Kanban tiene los siguientes campos:

- Tarjeta para la sección de “Adquisición y almacenamiento de datos”.

Herramienta:
Descripción:

- Tarjeta para la sección de “Presentación y monitoreo de datos”

Aplicación: Web
 Prioridad:
 Módulo:
 Descripción:

Aplicación: Android
 Prioridad:
 Módulo:
 Descripción:

A continuación, el tablero Kanban para la etapa de adquisición almacenamiento de datos.

Tabla 2.25. Tablero Kanban, adquisición de datos con el Datalogger CR1000

Adquisición y almacenamiento de datos		
Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas
<p>Herramienta: Datalogger Descripción: Configurar la red en el datalogger CR1000.</p>		
<p>Herramienta: Datalogger Descripción: Los sensores meteorológicos deben estar conectados directamente al registrador de datos.</p>		
<p>Herramienta: Datalogger Descripción: Programar el datalogger CR1000 para que almacene los valores captados por los sensores, los cuales serán escritos con las siguientes frecuencias: 1, 5, 15, 60 minutos y 24 horas.</p>		

Herramienta: Datalogger Descripción: El datalogger debe establecer conexión con el controlador lógico programable para el envío de los registros de 1 y 5 minutos.		
---	--	--

2.7.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA RED LOCAL IPV4

En esta sección se presenta el diagrama de red, la tabla de direccionamiento y las configuraciones IP en cada uno de los equipos.

La Figura 2.33, muestra el diagrama de red implementado.

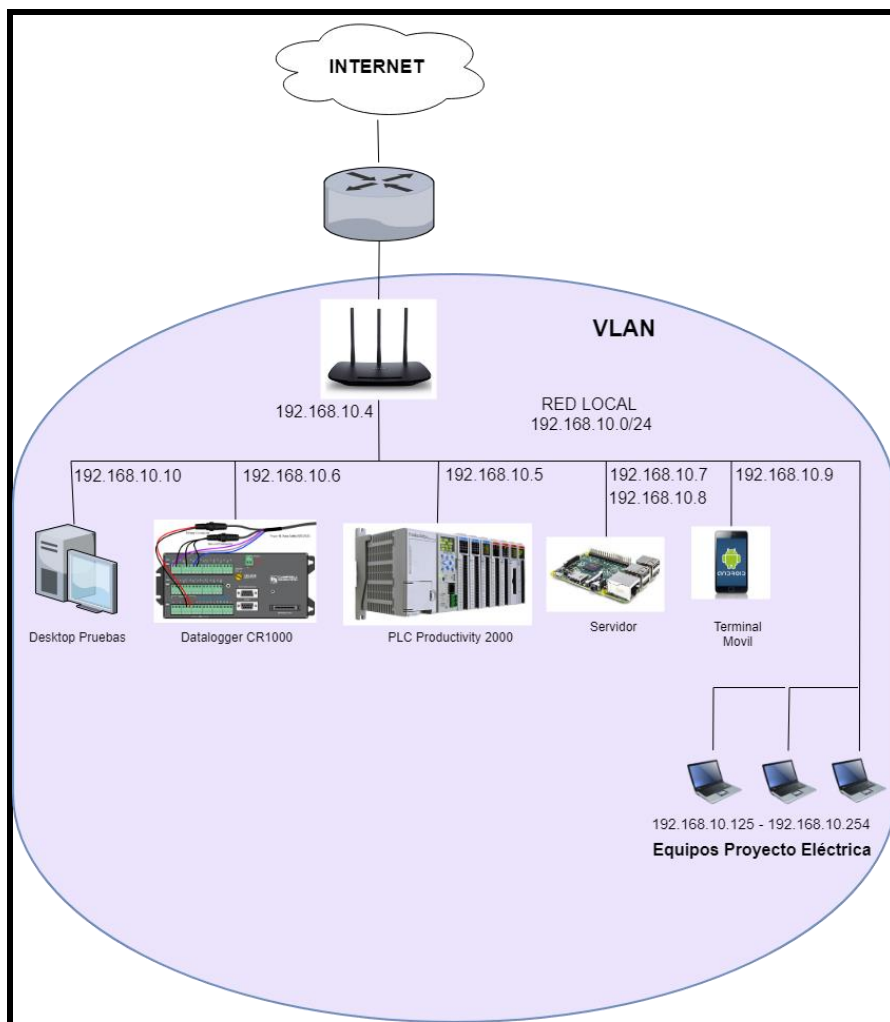


Figura 2.33. Diagrama de red del prototipo

2.7.2.1 Direccionamiento

La Tabla 2.26, contiene el direccionamiento IPv4 implementado en el prototipo.

Tabla 2.26. Direccionamiento IPv4 del prototipo

Red	192.168.10.0			
Dispositivo	Tipo de Conexión	Dirección IPv4	Máscara	Tipo de Asignación
Gateway	Cableada	192.168.10.4	/24	Estática
Datalogger Campbell CR1000	Cableada	192.168.10.5	/24	Estática
PLC Productivity 2000	Cableada	192.168.10.6	/24	Estática
Raspberry Pi 3 Model B+	Cableada	192.168.10.7	/24	Estática
Raspberry Pi 3 Model B+	Inalámbrica	192.168.10.8	/24	Estática
Terminal Móvil	Inalámbrica	192.168.10.9	/24	Estática
Desktop Pruebas	Cableada	192.168.10.10	/24	Estática

2.7.2.2 Configuraciones de red

En esta sección se presentan las configuraciones del direccionamiento IP en los siguientes dispositivos: gateway, datalogger, controlador lógico programable y la raspberry.

Configuración IP del Gateway

El router inalámbrico TP-LINK modelo tl-wr940n (Ver Figura 2.34), es el dispositivo que contiene la configuración de la red LAN cableada e inalámbrica, así como la configuración WAN para la salida a Internet.

Las configuraciones realizadas en este dispositivo se encuentran en el Anexo B.



Figura 2.34. Router TP-LINK (tl-wr940n)

Configuración IP del Datalogger Campbell CR1000

Para la configuración de la dirección IP en este dispositivo, se estableció previamente comunicación serial entre el datalogger y el desktop de pruebas, mediante la interfaz RS232. Posteriormente, se procedió a la configuración IP a través de LoggerNet.

El Anexo B, contiene las configuraciones de la comunicación serial y la configuración IP, las cuales son utilizadas para administración del equipo.

Configuración IP del controlador lógico programable

En el Anexo B, se presentan las configuraciones del direccionamiento IP del controlador Lógico Programable.

Configuración IP del servidor (Raspberry Pi 3 Model B+)

La Figura 2.35, muestra la configuración de la dirección IP correspondiente a la tarjeta de red cableada, acorde al esquema de direccionamiento definido anteriormente (Ver Tabla 2.26).

```
interface eth0
inform 192.168.10.7
static routers=192.168.10.4
static domain_name_servers=8.8.8.8
static domain_search=8.8.8.8
noipv6
```

Figura 2.35. Configuración ip, Interfaz cableada

La Figura 2.36, muestra la configuración de la dirección IP correspondiente a la tarjeta de red inalámbrica, acorde al esquema de direccionamiento definido en la Tabla 2.31.

```
interface wlan0
inform 192.168.10.8/24
static routers=192.168.10.4
static domain_name_servers=8.8.8.8
static domain_search=8.8.8.8
SSID Scinergy_Solar
inform 192.168.0.8
static routers=192.168.10.4
static domain_name_servers=8.8.8.8
```

Figura 2.36. Configuración IP en la interfaz inalámbrica

2.7.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA ETAPA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

Esta sección comprende la implementación del datalogger, el controlador lógico programable, la base de datos y la Raspberry Pi.

En particular, el datalogger CR1000, forma parte del prototipo, una vez finalizada la etapa de análisis de requerimientos.

2.7.3.1 Configuración del datalogger CR1000

Las funciones principales del datalogger en el presente trabajo son:

- Adquisición de datos.
- Registro de datos.
- Envío de datos.

Adquisición de datos

Los sensores meteorológicos están conectados a las entradas del datalogger CR1000 y consecuentemente, este dispositivo llega a ser un componente fundamental en la etapa de adquisición de datos.

Para realizar la configuración del datalogger, primeramente, se instaló el software dedicado "LoggerNet", el cual, se encuentra disponible para su descarga en la página oficial de Campbell, sin embargo, previo a la descarga es necesario registrarse.

Registro de datos

Parte del trabajo que realiza el datalogger es el registro de datos, por lo que es necesario desarrollar un programa que realice dicha función. El programa debe indicar los sensores meteorológicos conectados a él, así como la frecuencia de adquisición de datos de cada uno y además si desea los valores máximos, mínimos o promedio de

estos.

El programa mencionado, existía y fue desarrollado por las personas a cargo de la estación meteorológica, sin embargo, debido a los requerimientos descritos para el presente trabajo de titulación, se sumó líneas de código a éste relacionadas a la creación de las Tablas y la comunicación serial, ya que el datalogger CR1000 procesa un solo programa de configuración.

Adicionalmente, los datos obtenidos mediante los sensores se almacenan en cinco registros o tablas, los cuales son:

- Registro 1: Table1
- Registro 2: Table5
- Registro 3: Table15
- Registro 4: Table60
- Registro 5: Daily

El Anexo B, presenta la parte del programa desarrollado mediante el software “LoggerNet”, correspondiente a la generación de los registros anteriormente mencionados.

Además, la Figura 2.37, presenta la interfaz web del datalogger CR1000, donde se puede visualizar las tablas generadas.



Figura 2.37. Interfaz web Datalogger CR1000

Adicionalmente, la Figura 2.38, presenta la tabla correspondiente a la frecuencia de tiempo de 1 minuto como ejemplo.

Table Name: Table1

Current Record: 34322
Record Date: 2019-04-13 17:03:00.0

AWS	1.855
AWD	37.62
SIG	29.11
Gust	2.677
AvgAT	17.75
AvgRH	46.01
AvgGHI	94.1
AvgDHI	94.3
AvgDNI	4.824
AvgUVA	8.24
AvgUVB	0.121
AvgUVTemp	23.55
AvgUVC	0.026
TotRN_1	0
DailyRN	0
Batt	11.96

Figura 2.38. Tabla con frecuencia de tiempo 1 minuto.

Envío de datos

Los datos del datalogger obtenidos mediante los sensores meteorológicos, posteriormente son registrados en tablas con diferente frecuencia de tiempo, las cuales son enviadas mediante comunicación serial al PLC a través de una interfaz RS-232. Las tablas enviadas son las de 1 minuto y las de 5 minutos.

El Anexo B, contiene los parámetros de configuración del datalogger CR1000 para la comunicación serial. Adicionalmente, la Figura 2.39, presenta la parte del programa correspondiente a la conexión serial y el envío de los datos del Registro 2, Table5, de las siguientes variables: AWS, AWD, AvgAT y AvgRH.

```

If IfTime (0,1,sec) Then

    If Counter = 1 Then
        OutString = Table5.AWS+"a"+" "
    EndIf
    If Counter = 2 Then
        OutString = Table5.AWD+"b"+" "
    EndIf
    If Counter = 3 Then
        OutString = Table5.AvgAT+"c"+" "
    EndIf
    If Counter = 4 Then
        OutString = Table5.AvgRH+"d"+" "
    EndIf

    If Counter = 60 Then
        Counter = 0
    EndIf

    Counter = Counter + 1

    SerialOut (Com4, OutString, "", 0, 100)

EndIf

```

Figura 2.39. Comunicación serial sobre el datalogger CR1000.

Cada dato se encuentra concatenado con un carácter alfanumérico, el mismo que sirve como identificador único para que el receptor pueda reconocer el dato. La Tabla 2.27, muestra la asociación del dato con el carácter.

Tabla 2.27 Relación del dato enviado con el carácter de identificación

Tabla de 5 Minutos										
AWS	AWD	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVC	TotRN_5	AvgDNI	AvgDHI
a	b	c	d	e	f	G	h	i	j	k
Tabla de 1 Minuto										
AWS	AWD	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVC	TotRN_1	AvgDNI	AvgDHI
l	m	n	o	p	q	R	s	t	u	v

En cuanto a la interfaz física que conecta el puerto COM4 del datalogger con el puerto RS-232 del PLC presenta las siguientes características:

- **Longitud:** 8 metros.
- **Conectores:** la Figura 2.40, muestra los extremos del cable utilizado para la

conexión serial, donde se observa que el datalogger utiliza 3 hilos de cobre (Tx, Rx, Gnd) conectados al COM4, mientras que el PLC utiliza un conector RJ-12.

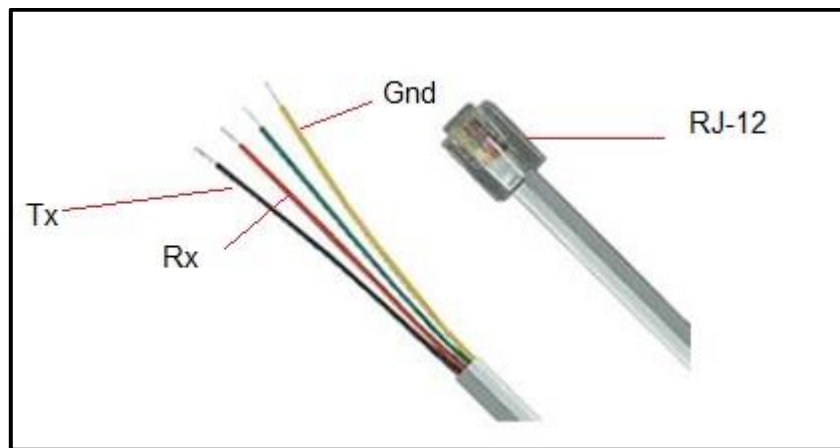


Figura 2.40. Interfaz física para la conexión serial

A continuación, la Figura 2.41, muestra la implementación realizada en cada extremo de los equipos que se comunican.

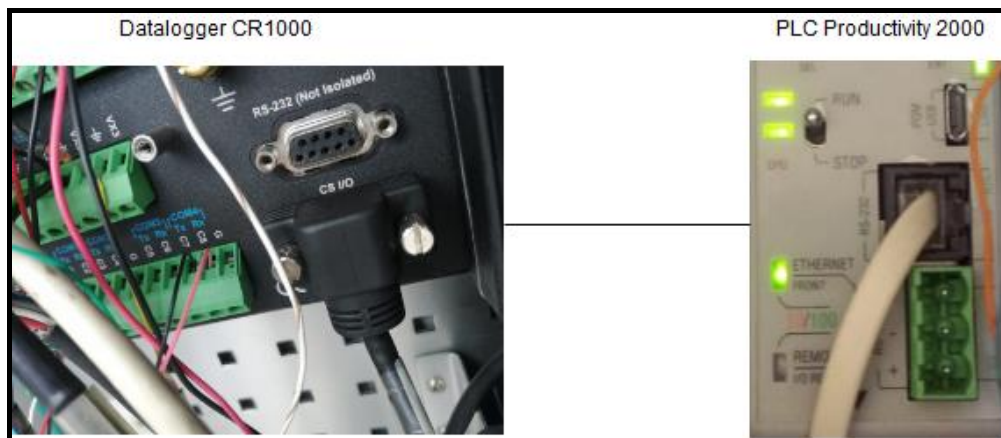


Figura 2.41. Puertos seriales del datalogger y el PLC

2.7.4 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN PLC

Tabla 2.28. Actualización del tablero Kanban, almacenamiento de datos en el PLC

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas
Herramienta: PLC Descripción: Configurar la red en PLC Productivity 2000.	Herramienta: Datalogger Descripción: Configurar la red en el datalogger CR1000.	
Herramienta: PLC Descripción: Programar los espacios de memoria para las respectivas variables meteorológicas en el PLC Productivity 2000.	Herramienta: Datalogger Descripción: Los sensores meteorológicos deben estar conectados directamente al registrador de datos.	
Herramienta: PLC Descripción: Establecer conexión con el registrador de datos CR1000 para la lectura de los registros de 1 y 5 minutos.	Herramienta: Datalogger Descripción: Programar el datalogger CR1000 para que almacene los valores captados por los sensores, los cuales serán escritos con las siguientes frecuencias: 1, 5, 15, 60 minutos y 24 horas.	
Herramienta: PLC Descripción: Identificar los datos enviados por el datalogger y almacenar en los espacios de memoria interna del PLC	Herramienta: Datalogger Descripción: El datalogger debe establecer conexión con el controlador lógico programable para el envío de los registros de 1 y 5 minutos.	
Herramienta: PLC Descripción: Establecer comunicación con el servidor.		

2.7.4.1 Configuración del PLC Productivity 2000

El controlador lógico programable es el dispositivo que tras su implementación permite realizar las siguientes tareas:

- Lectura de datos
- Almacenamiento de datos
- Establecimiento de comunicación mediante el protocolo Modbus

Ante todo, mediante el software “Productivity Suite” se configuró y programó el controlador lógico programable.

“Productivity Suite”, se encuentra disponible para su descarga en la página oficial de Automation Direct. La Figura 2.42, muestra la página oficial de descarga.

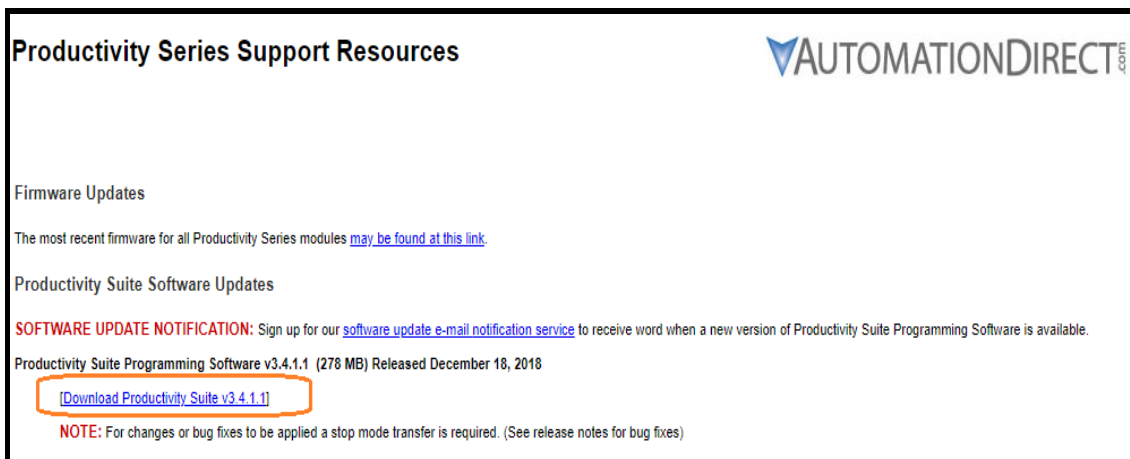


Figura 2.42. Página oficial de descarga de Productivity suite

Lectura y almacenamiento de datos

Para efectuar la lectura y almacenamiento de los datos en los espacios de memoria interna del PLC se deben realizar los siguientes pasos:

- Escanear el puerto serial RS-232
- Identificar el dato acorde al carácter inicial que le precede
- Almacenar el dato recibido

Una vez que el PLC ha escaneado el puerto serial que conecta al datalogger, comienza la identificación del dato mediante el carácter que fue enviado junto al dato como se observa en la Figura 2.39. Asimismo, La Tabla 2.27, muestra la relación del dato enviado con el carácter de identificación. Por otro lado, el almacenamiento de datos se lo realiza acorde a la Tabla 2.29, donde se relaciona la variable al espacio (dirección de la memoria) de memoria del PLC.

Tabla 2.29 Relación variable con el espacio de memoria del PLC

Tabla de 5 Minutos										
AWS	AWD	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVC	TotRN_5	AvgDNI	AvgDHI
400100	400105	400110	400115	400120	400125	400130	400135	400140	400145	400150
Tabla de 1 Minuto										
AWS	AWD	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVC	TotRN_1	AvgDNI	AvgDHI
400155	400160	400165	400170	400175	400180	400185	400190	400195	400200	400205

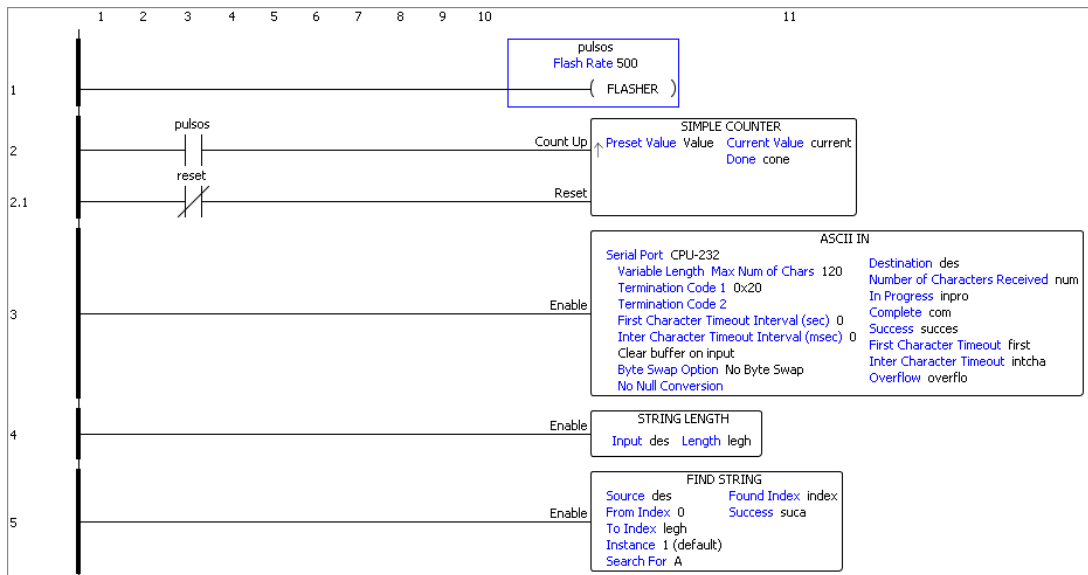
El Anexo B, presenta el programa desarrollado mediante el software “Productivity Suite”, el cual se ejecuta en el PLC.

Comunicación mediante el protocolo Modbus.

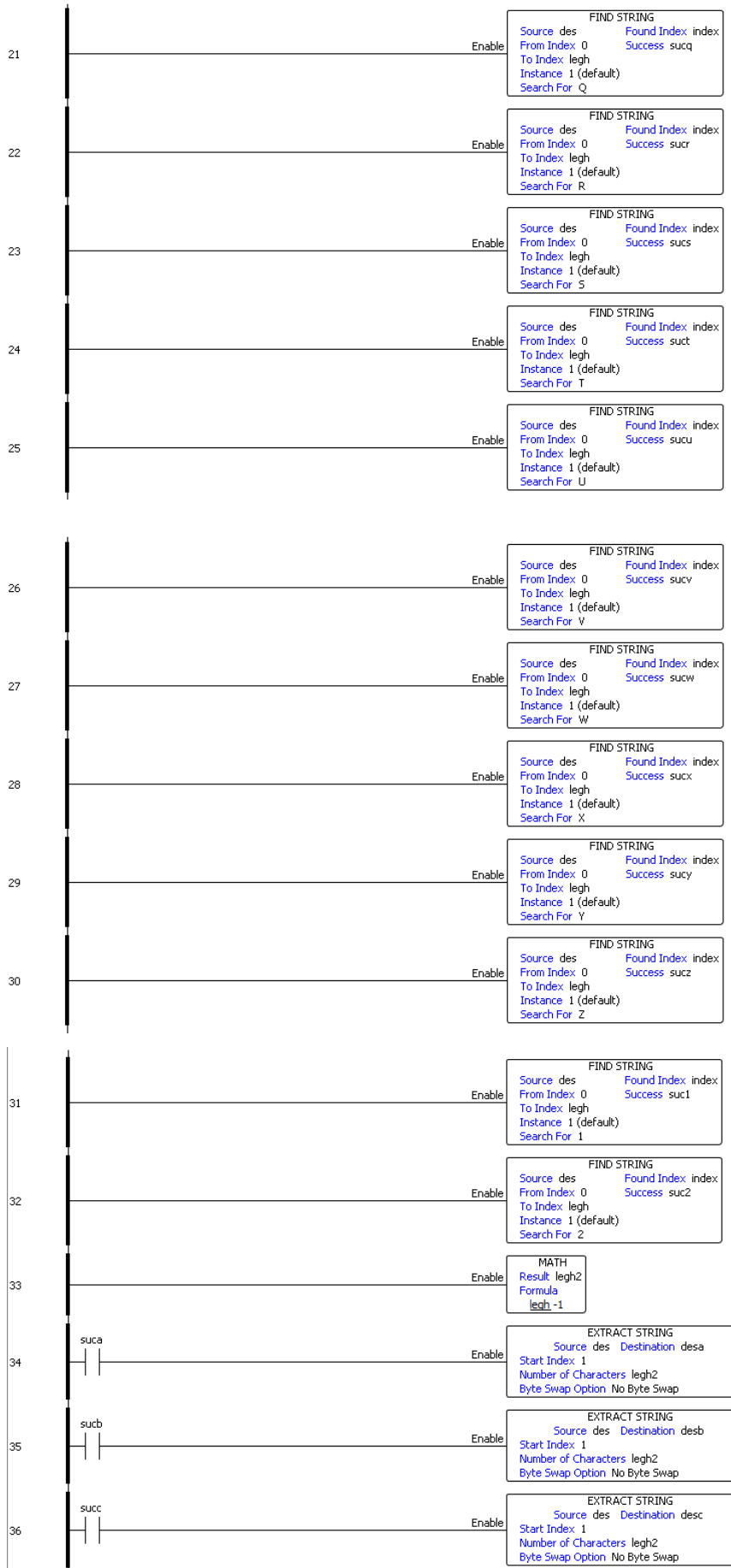
El PLC Productivity 2000, permite establecer diferentes tipos de conexiones. La comunicación implementada con la Raspberry Pi es mediante el protocolo Modbus TCP/IP. Para lo cual, se estableció una dirección IP al PLC y se utilizó el puerto 502, el cual es el puerto por defecto que el PLC utiliza para este tipo de comunicación.

2.7.4.1 Diagrama escalera

La Figura 2.43, presenta el diagrama escaleras del programa implementado.









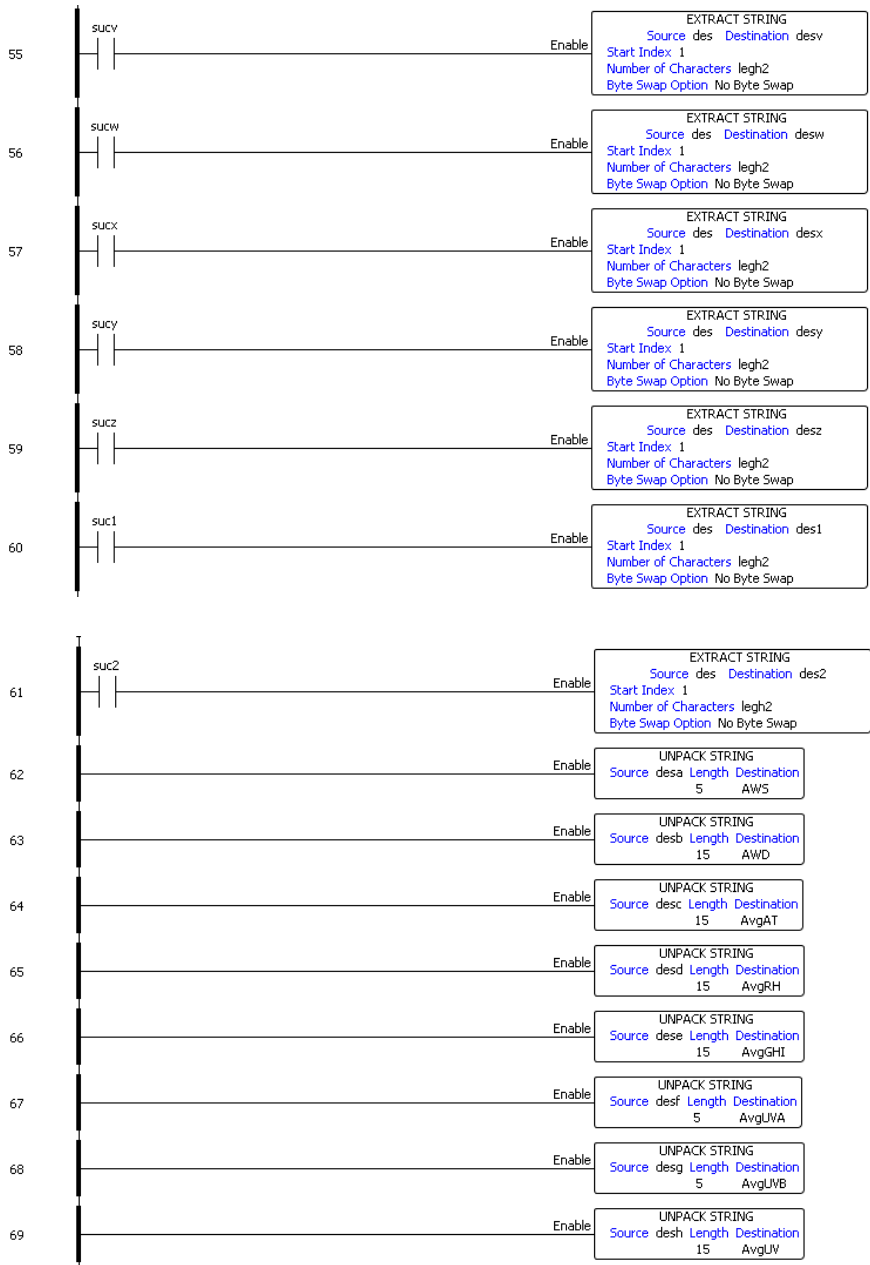




Figura 2.43. Diagrama escaleras correspondiente al programa implementado.

2.7.5 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN BASE DE DATOS

Tabla 2.30. Actualización del tablero Kanban, configuración de la base de datos, almacenamiento de información en la base de datos

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas
Herramienta: Base de datos Descripción: Crear y configurar la base de datos.	Herramienta: PLC Descripción: Configurar la red en PLC Productivity 2000.	Herramienta: Datalogger Descripción: Configurar la red en el datalogger CR1000.
Herramienta: Base de datos Descripción: Establecer conexión con el servidor.	Herramienta: PLC Descripción: Programar los espacios de memoria para las respectivas variables meteorológicas en el PLC Productivity 2000.	Herramienta: Datalogger Descripción: Los sensores meteorológicos deben estar conectados directamente al registrador de datos.
Herramienta: Base de datos Descripción: Almacenar la información recibida.	Herramienta: PLC Descripción: Identificar los datos enviados por el datalogger y almacenar en los espacios de memoria interna del PLC	Herramienta: Datalogger Descripción: Programar el datalogger CR1000 para que almacene los valores captados por los sensores, los cuales serán escritos con las siguientes frecuencias: 1, 5, 15, 60 minutos y 24 horas.
	Herramienta: PLC Descripción: Establecer comunicación con el servidor.	Herramienta: Datalogger Descripción: El datalogger debe establecer conexión con el controlador lógico programable para el envío de los registros de 1 y 5 minutos.
		Herramienta: PLC Descripción: Establecer conexión con el registrador de datos CR1000 para la lectura de los registros de 1 y 5 minutos.

2.7.5.1 Configuración de los servicios de Firebase de Google

Firebase, al ser una plataforma de desarrollo en la nube de Google, se la puede utilizar en diferentes entornos como Android, iOS, web. Asimismo, se encuentra disponible en la dirección electrónica <https://firebase.google.com/>.

Particularmente, es necesaria una cuenta de correo electrónica en Gmail para utilizar Firebase, por esta razón, se creó una cuenta para este proyecto.

Creación de la cuenta en Firebase

El registro y creación de la cuenta, se realizó desde la página principal de Firebase (<https://firebase.google.com/>), sección acceder, en la cual se debe ingresar la dirección de correo Gmail creada previamente, la Figura 2.44, muestra la autenticación mediante esta dirección de correo.

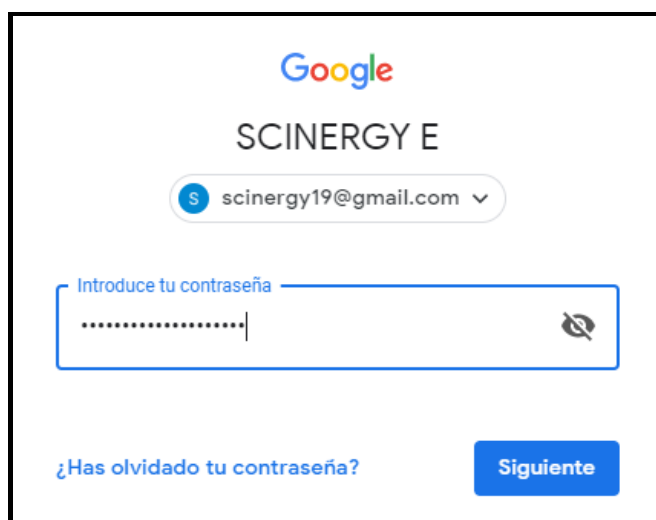


Figura 2.44. Registro en Firebase

Una vez realizada la autenticación, se completa el registro y creación de la cuenta. Así mismo, el plan implementado por defecto y utilizado en este trabajo es el Plan Spark.

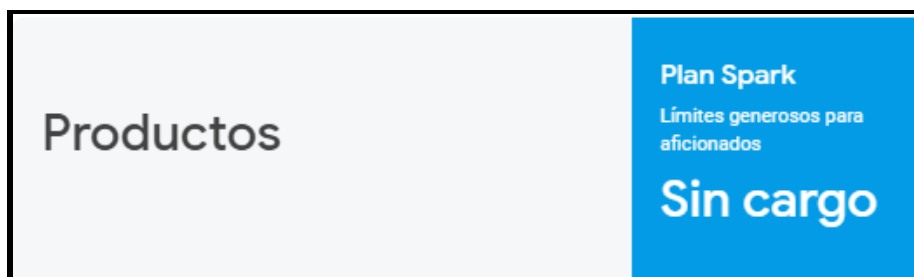


Figura 2.45. Plan de Firebase Spark

Servicios utilizados de Firebase

Los servicios utilizados de Firebase dentro del plan Spark son las siguientes:

- Base de datos (Cloud Firestore)
- Hosting

Cloud Firestore

Cloud Firestore es una base de datos NoSQL orientada a documentos. A diferencia de una base de datos SQL, no hay tablas, en su lugar se almacena los datos en documentos que se organizan en colecciones.

Documentos: En Cloud Firestore, la unidad de almacenamiento es el documento, el cual es un registro liviano que contiene campos con valores asignados. Cada documento se identifica con un nombre y los objetos complejos anidados en un documento se llaman mapas.

Colecciones: Cabe recalcar, los documentos se ordenan en colecciones, que simplemente son contenedores de documentos. Una colección contiene solo documentos y no puede contener campos sin procesar con valores de manera directa ni tampoco otras colecciones.



Figura 2.46. Colección de Cloud Firestore

Referencias: Cada documento de Cloud Firestore se identifica de forma única por su ubicación dentro de la base de datos, mientras que una referencia es un objeto liviano que simplemente apunta a una ubicación en la base de datos. Además, se puede crear una referencia sin importar si existen datos ahí, y crearla no ejecuta ninguna operación de red. Por último, también se puede crear referencias a *colecciones*.

Subcolecciones: Por otro lado, una subcolección es una colección asociada con un documento específico, las cuales permiten estructurar datos de forma jerárquica y

facilita el acceso a los datos.

Por otro lado, la Figura 2.47 presenta las características de la base de datos implementada acorde al plan Spark.

Cloud Firestore	
Datos almacenados	1 GiB total
Ancho de banda	10GiB/month
Operaciones de escritura de documentos	20,000/día
Operaciones de lectura de documentos	50,000/día
Operaciones de eliminación de documentos	20,000/día

Figura 2.47. Características de Cloud Firestore acorde al plan Spark

Hosting: Firebase, dentro del plan gratuito Spark ofrece el servicio de hosting, el mismo que fue utilizado en el presente trabajo, con las características mostradas en la Figura 2.48.

Hosting	
GB almacenados	1 GB
GB transferidos	10 GB/mes
Dominio personalizado y SSL	✓
Varios sitios por proyecto	✗

Figura 2.48. Características del hosting acorde al plan Spark

Creación de Proyecto en Firebase

Una vez autenticados seleccionamos la opción "Añadir proyecto" (Ver Figura 2.49). Seguidamente, se ingresa el nombre del proyecto y se acepta la configuración predeterminada y las condiciones de uso. (Ver Figura 2.50).

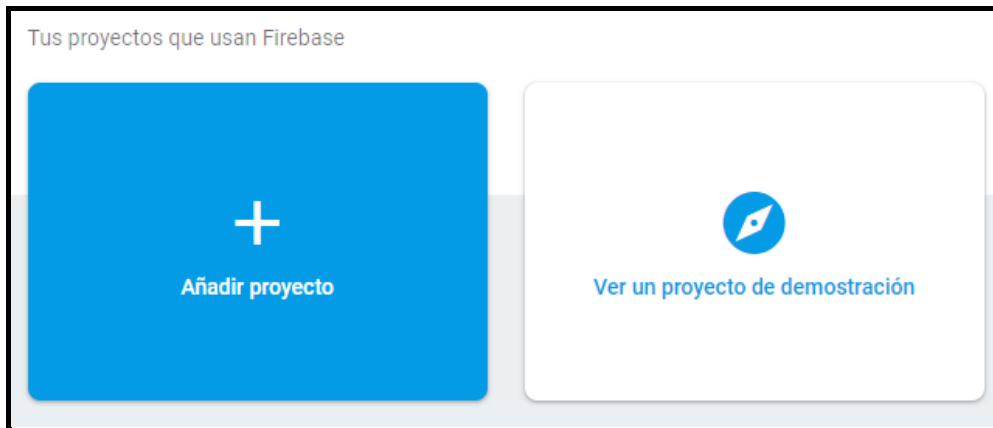


Figura 2.49. Añadir un proyecto en Firebase

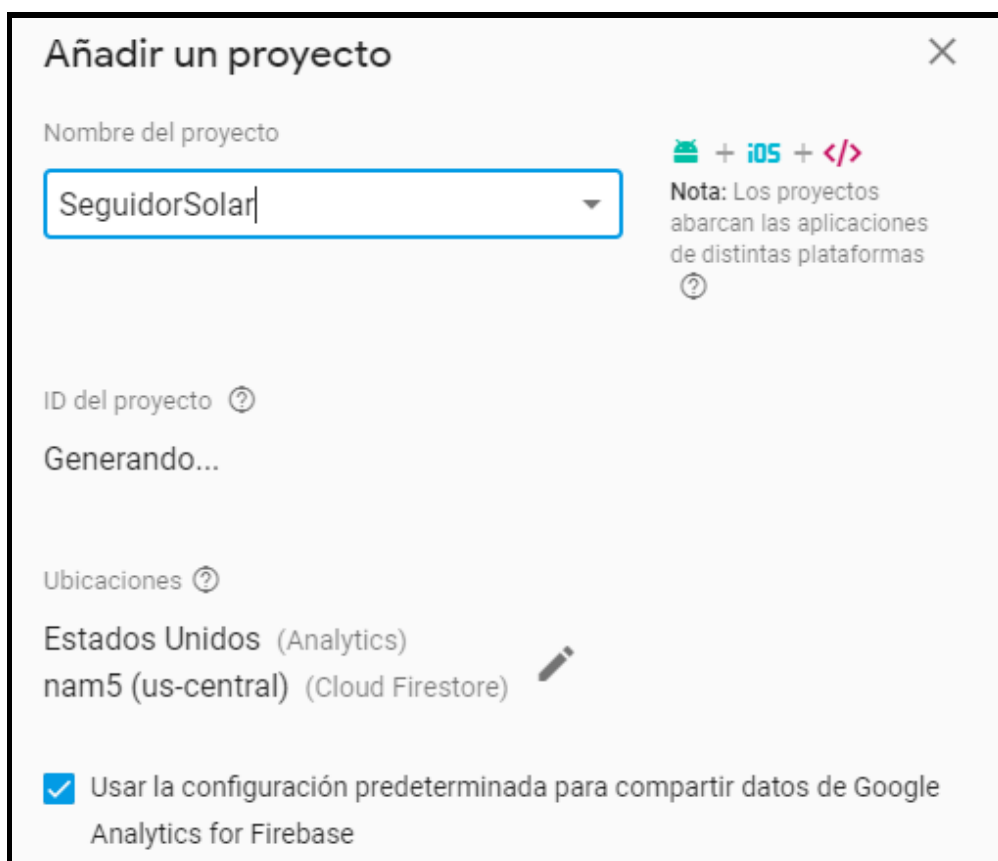


Figura 2.50. Configuración de proyecto en Firebase

A continuación, en la Figura 2.51, se verifica el proyecto creado y para iniciar el proyecto se da un clic sobre él. Después, se ingresa a la vista general del proyecto, donde se configura los diferentes servicios. (Ver Figura 2.52).

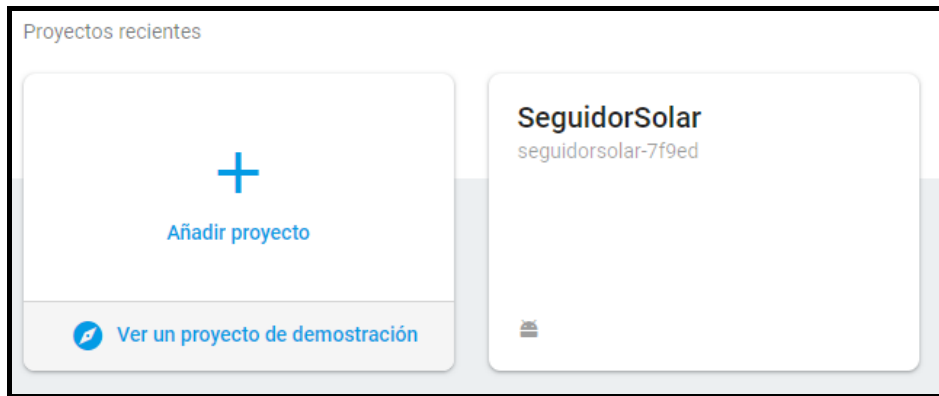


Figura 2.51. Proyecto “SeguidorSolar” en Firebase

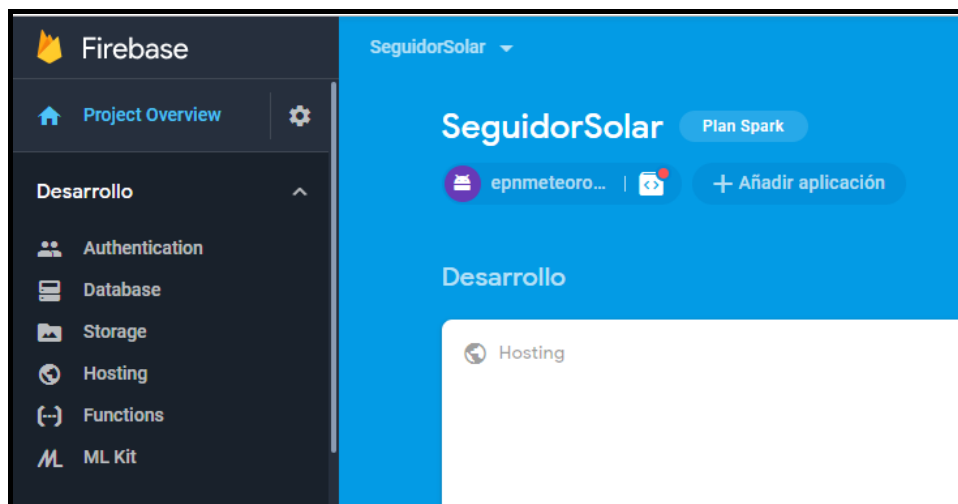


Figura 2.52. Vista general del proyecto “SeguidorSolar”

Finalmente, se procede con la configuración del servicio de base de datos, Cloud Firestore, donde se selecciona “Database” desde la vista general del proyecto. Adicionalmente, se selecciona el modo de prueba, el mismo que permite que cualquier usuario pueda realizar una referencia a la base, así como realizar operaciones de lectura y escritura.

Después, de seleccionar la opción habilitar, la base de datos podrá utilizarse. A continuación, se puede observar en la Figura 2.53, la habilitación de Cloud Firestore dentro del proyecto de Firebase.



Figura 2.53. Habilitación de Cloud Firestore.

Una vez habilitada la base de datos. Firebase proporciona todos los datos necesarios para su conexión en diferentes lenguajes como, por ejemplo: Java, Python, etc.

2.7.6 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN SERVIDOR

Tabla 2.31. Actualización del tablero Kanban, configuración del servidor, almacenar información en la base de datos

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas
Herramienta: Servidor Descripción: Establecer comunicación con el controlador lógico programable para la lectura de los datos almacenados en él, correspondientes al registro de 5 minutos.	Herramienta: Base de datos Descripción: Crear y configurar la base de datos.	Herramienta: PLC Descripción: Configurar la red en PLC Productivity 2000.
Herramienta: Servidor Descripción: Establecer conexión con la base de datos.	Herramienta: Base de datos Descripción: Establecer conexión con el servidor.	Herramienta: PLC Descripción: Programar los espacios de memoria para las respectivas variables meteorológicas en el PLC Productivity 2000.

Herramienta: Servidor Descripción: Mediante un script almacenar información en la base de datos.	Herramienta: Base de datos Descripción: Almacenar la información recibida.	Herramienta: PLC Descripción: Identificar los datos enviados por el datalogger y almacenar en los espacios de memoria interna del PLC
Herramienta: Servidor Descripción: En base al registro de 5 minutos, crear registros de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas para las escalas de las gráficas y almacenarlos en la base de datos.		Herramienta: PLC Descripción: Establecer comunicación con el servidor.

2.7.6.1 Configuración del servidor (Raspberry Pi 3 Model B+)

En esta sección se describe el procedimiento realizado para la instalación de los diferentes elementos de software y las configuraciones requeridas para el funcionamiento de los programas de adquisición de datos en la Raspberry Pi.

Características del servidor

El servidor implementado es una Raspberry Pi 3 Modelo B+, A continuación, se detalla las características más importantes:

- Procesador: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
- Tarjeta Gigabit Ethernet con velocidad de hasta 300 Mbps
- Tarjeta LAN inalámbrica IEEE 802.11 b/g/n/ac a 2.4GHz y 5GHz, Bluetooth 4.2
- Contiene un puerto para tarjeta micro SD, el cual sirve para cargar el sistema operativo y almacenamiento de datos. Además, utiliza una tarjeta micro SD externa de 32 Gb.

Funciones del servidor

El micro servidor (Raspberry Pi) se encarga de las siguientes funciones:

- Utilizar el protocolo TCP/IP mediante Modbus para conectarse al PLC y leer los datos almacenados en el mismo.
- Establecer la conexión con la base de datos Firebase para el almacenamiento y publicación de la información.
- Procesa los datos del registro de 5 minutos con el fin de generar los registros de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas que son las escalas solicitadas en el capítulo de análisis de requerimientos.

Configuración del servidor

Previo a energizar este dispositivo, se debe conocer la distribución de componentes en la Raspberry Pi para realizar correctamente la conexión y así evitar daños en los componentes. Después, se introduce la tarjeta micro SD, se conecta el teclado, el mouse, la pantalla y el cable Ethernet en los puertos correspondientes.

Finalmente, se procede a energizar el dispositivo mediante el cable de poder.

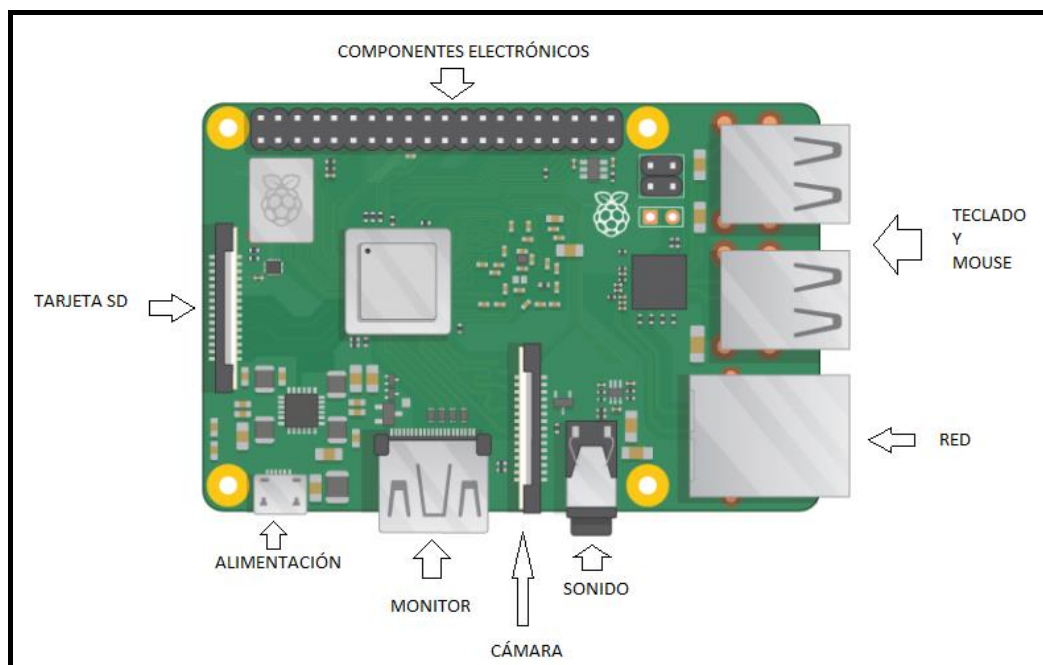


Figura 2.54. Componentes de la Raspberry Pi

Al conectar la Raspberry Pi se enciende un indicador LED rojo, lo cual significa que la Raspberry está alimentada. Luego de unos segundos aparecerá en la pantalla el escritorio del sistema operativo Raspbian instalado en la microSD

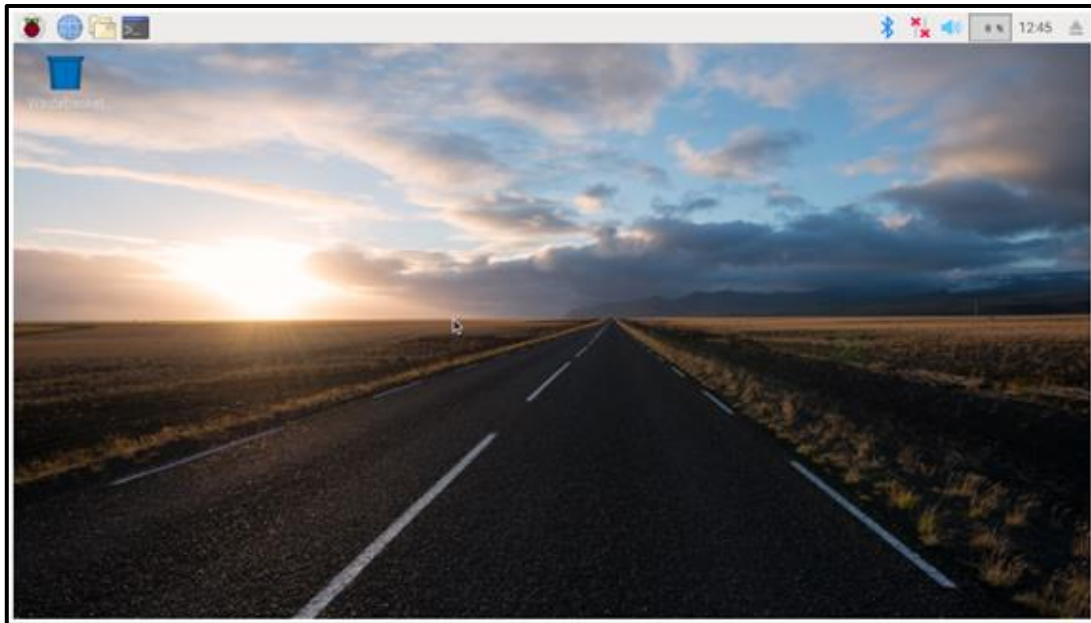


Figura 2.55. Escritorio de Raspbian

La Figura 2.55, muestra la ventana inicial de configuración, donde una vez realizado todos los pasos solicitados, el sistema procederá a verificar las actualizaciones. (Ver Figura 2.56).



Figura 2.56. Ventana inicial de configuración

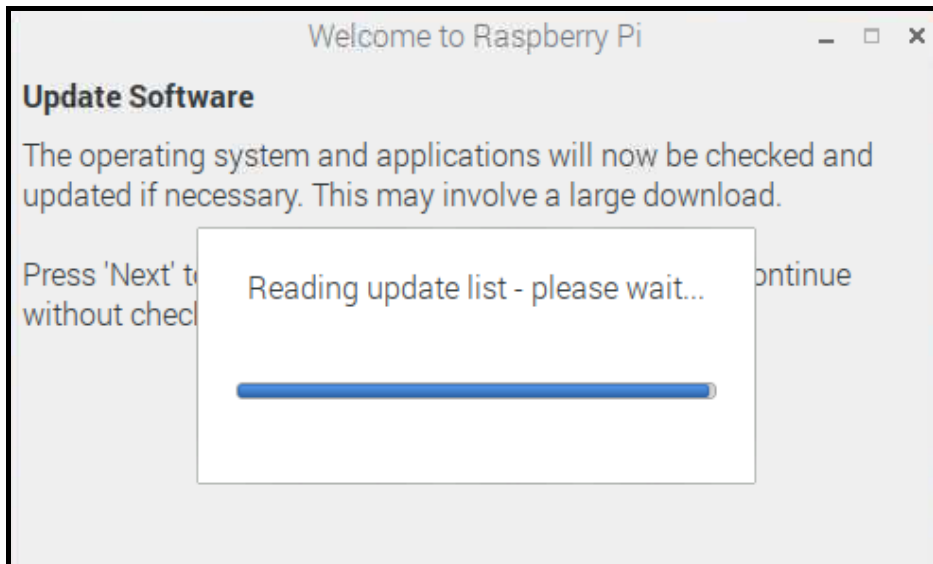


Figura 2.57. Instalación de actualizaciones.

Asimismo, una vez terminadas las actualizaciones el dispositivo se reiniciará (Ver Figura 2.57).

Instalación del sistema operativo

Con el fin de instalar el sistema operativo Raspbian en la tarjeta micro SD, se utilizó el software NOOBS, el cual se encuentra disponible para su descarga en la página oficial de Raspberry Pi.

Además, es importante comprobar que la tarjeta micro SD esté formateada previo a la instalación del sistema operativo. Asimismo, para proceder con la instalación del sistema operativo se descomprime el archivo de descarga del software NOOB y los archivos que contiene se copian en la tarjeta micro SD.

Actualización de Raspbian a su última versión

Raspbian Stretch es la versión actual del sistema operativo, el cual se actualiza mediante el terminal de Raspbian ingresando el comando **sudo apt-get update**. Luego, se debe introducir el comando **sudo apt-get dist-upgrade** para instalar los paquetes de su versión actual.

Instalación Python

La versión de Python instalada es la 2.7.13, la cual está instalada por defecto al actualizar el sistema operativo de la Raspberry Pi a Raspbian Stretch. En general, para instalar Python se utiliza el siguiente comando:

sudo apt-get install python-pip para instalar a la versión 2 de Python, mientras que para instalar la versión 3 se utiliza el mismo comando pero se debe añadir el número tres, de la siguiente manera: **sudo apt-get install python-pip3**.

La Figura 2.58, muestra la ubicación de los scripts desarrollados en Python, los cuales se ejecutan en la Raspberry Pi, donde la ruta es /home/pi/Desktop/TESIS/Python. A continuación, se presenta una lista de los scripts utilizados:

- 1dia.py
- 1hora.py
- 5minutos.py
- 15minutos.py

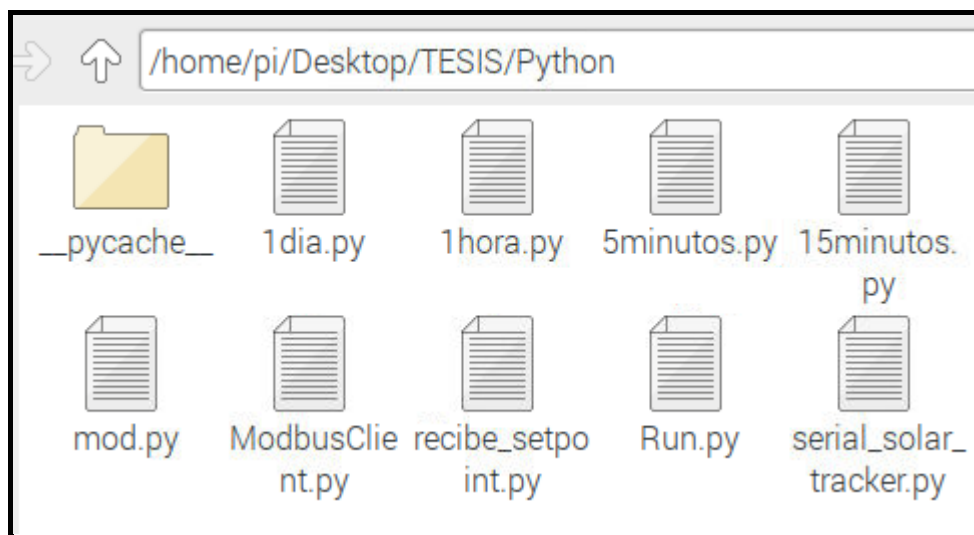


Figura 2.58. Ejemplo de archivos contenidos en la carpeta Python.

Como ejemplo se analiza el script “5minutos.py”, mientras que, en el Anexo C, se encuentra todos los scripts que se ejecutan en el servidor.

```
#Conexión con el PLC
modbusClient = ModbusClient('192.168.10.6', 502)
modbusClient.Connect()
```

Figura 2.59. Establecimiento de la comunicación con el PLC mediante el protocolo modbus.

```
#Autenticación Firebase
cred = credentials.Certificate('/home/pi/Documents/tesis/scripts/seguidorsolar-7f9ed-firebase-adminsdk-5dgr4-be0c679fba.json')
firebase_admin.initialize_app(cred)
db = firestore.client()
```

Figura 2.60. Autenticación con Firebase mediante el archivo .json

```
#Lectura de los datos almacenados en los espacios de memoria del PLC
AWS = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(99, 2))
AWD = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(104, 2))
AvgAT = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(109, 2))
AvgRH = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(114, 2))
AvgGHI = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(119, 2))
AvgUVA = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(124, 2))
AvgUVB = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(129, 2))
AvgUV = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(134, 2))
TotRN = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(139, 2))
AvgDNI = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(144, 2))
AvgDHI = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(149, 2))
print("Leyendos datos..")
```

Figura 2.61. Lectura de los valores de los sensores almacenados en los espacios de memoria del PLC correspondiente a la escala de 5 minutos.

```
#Almacenamiento en cloud firestore de las variables de radiación ultravioleta
doc_ref = db.collection(u'Datos').document("UltraVioleta").collection(u'5 minutos')
.document(str(datetime.datetime(anno, mes, dia, hora, minu, 0, 0)));
doc_ref.set({
u'AvgUVA': round(float(AvgUVA[0]),4),
u'AvgUVB': round(float(AvgUVB[0]),4),
u'AvgUV': round(float(AvgUV[0]),4),
u'hora': datetime.datetime(anno,mes,dia, hora, minu, 0, 0, timezone('Etc/GMT+5'))
})
```

Figura 2.62. Almacenamiento de las variables de radiación ultravioleta en la base de datos Cloud Firestore.

A continuación, se presenta una pequeña descripción de cada script:

- **Tabla 5 min:** este script contiene la conexión del servidor con el PLC, así como la conexión del servidor con la base de datos. Adicionalmente, contiene el registro de los datos correspondientes a la escala de 5 minutos en la colección y documento especificado.

- **Tabla 15 min:** este script contiene la conexión del servidor con la base de datos, donde una vez establecida la conexión se procede a la lectura de los datos alojados en ella. Con los datos leídos se procede a generar la nueva escala, es decir el promedio de tres valores de 5 minutos para generar 1 dato de 15 minutos. Una vez generado el valor se procede a su escritura en la base en la colección y documento especificado.
- **Tabla 60 min:** la función de este script es similar a la del punto anterior, ya que establece conexión con la base y lee los datos almacenados. Sin embargo, en este caso, una vez obtenidos los valores de 15 min se los utiliza para formar la siguiente escala de 60 minutos, es decir se promedia 4 valores de la colección 15 min para crear 1 dato de 60 minutos, el mismo que es registrado en la colección 60 min.
- **Tabla 24 horas:** la idea es similar a los dos puntos anteriormente descritos, ya que se utiliza la colección de 60 minutos para crear una nueva colección de 24 horas, en otras palabras, con 24 datos de la colección de 60 minutos se crea 1 dato para la colección 24 horas.

Cabe recalcar que los scripts anteriormente mencionados se ejecutan en tiempos definidos y se logró esto a través de la configuración del archivo crontab.

Ejecución automática mediante el archivo crontab

Crontab es un archivo de texto que define las tareas programadas para su ejecución y para definir una tarea se debe seguir un formato específico. (Ver Figura 2.63).

```
# * * * * * comando a ejecutar
# T T T T T
# | | | | |
# | | | | |
# | | | | |
# | | | | | día de la semana (0 - 7) (0 a 6 siendo de Domingo a Sábado)
# | | | | | mes (1 - 12)
# | | | | | día del mes (1 - 31)
# | | | | | hora (0 - 23)
# | | | | | minuto (0 - 59)
```

Figura 2.63. Formato del archivo crontab

Además, cabe mencionar que el proceso del sistema operativo que define la ejecución de crontab en consola se denomina cron.

Por otro lado, la Figura 2.64, muestra el archivo crontab de la raspberry

```

0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 * * * * python3 /home/pi/Desktop/TESIS/Python$
2, 17, 32, 47 * * * * python3 /home/pi/Desktop/TESIS/Python/15minutos.py
3 * * * * python3 /home/pi/Desktop/TESIS/Python/1hora.py
23 0000 * * * * python3 /home/pi/Desktop/TESIS/Python/1dia.py
* * * * * python3 /home/pi/Desktop/TESIS/Python/serial_solar_tracker.py

```

Figura 2.64. Archivo Crontab.

2.7.6.2 Comunicación con el PLC mediante Modbus.

Una de las tareas que realiza la Raspberry Pi consiste en comunicarse con el PLC y recopilar los datos almacenados en él para posteriormente subirlos a Firebase.

El archivo “5minutos.py” desarrollado en Python y presente en el Anexo B, contiene la conexión Modbus. De igual manera, la Figura 2.65, muestra las líneas de código necesarias para establecer esta comunicación.

```

# Se importa todos los elementos de la librería ModbusClient.
from ModbusClient import *

# Inicialización de parámetros del PLC, dirección Ip y puerto de conexión.
modbusClient = ModbusClient('192.168.10.6', 502)
# Inicio de la comunicación modbus.
modbusClient.Connect()

# Lectura de las variables almacenadas en los espacios de memoria del PLC.
AWS = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(99, 2))
AWD = ConvertRegistersToFloat(modbusClient.ReadHoldingRegisters(104, 2))

# Finaliza la comunicación.
modbusClient.close()

```

Figura 2.65. Comunicación con el PLC mediante Modbus

2.7.6.3 Conexión y almacenamiento de datos en Firebase

La Figura 2.66, presenta las líneas de código necesarias para la conexión y almacenamiento de datos en Firebase. También, el Anexo B contiene el script “5minutos.py” implementado y que se ejecuta en la Raspberry Pi.

```

# Librerías recomendadas por Firebase para utilizar con Python
import firebase_admin
from firebase_admin import credentials
from firebase_admin import firestore

# Proceso de autenticación con la Base de Datos.
# Lectura del archivo .json que contiene las credenciales para autenticación de
# Firebase
cred = credentials.Certificate('/home/pi/Documents/tesis/scripts/seguidorsolar-7f9ed-
firebase-adminsdk-5dgr4-be0c679fba.json')
# Inicializa la conexión con la base
firebase_admin.initialize_app(cred)
db = firestore.client()

# Selecciona y si no existe crea la colección y el documento donde se van a registrar
# los datos.
doc_ref = db.collection(u'Datos').document("UltraVioleta").collection(u'5
minutos').document(str(datetime.datetime(anno, mes, dia, hora, minu, 0, 0)));

# Escritura de las variables en Firebase
doc_ref.set({
u'AvgUVA': round(float(AvgUVA[0]),4),
u'AvgUVB': round(float(AvgUVB[0]),4),
u'AvgUV': round(float(AvgUV[0]),4),
u'hora': datetime.datetime(anno,mes,dia, hora, minu, 0, 0, timezone('Etc/GMT+5')
)})

```

Figura 2.66. Conexión y almacenamiento con Firebase

2.7.7 PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE DATOS

Esta sección comprende la implementación de las aplicaciones web y móvil acorde a los parámetros de diseño.

2.7.8 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN APLICACIÓN WEB

Tabla 2.32. Actualización del tablero Kanban, presentación de datos, aplicación web

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas
Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: La aplicación web debe manejar tres roles de usuario: administrador, investigador, público.	Herramienta: Servidor Descripción: Establecer comunicación con el controlador lógico programable para la lectura de los datos almacenados en él, correspondientes al registro de 5 minutos.	Herramienta: Base de datos Descripción: Crear y configurar la base de datos.

<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Usuario Descripción: La aplicación permitirá a los usuarios registrarse por sí mismos, proporcionándoles el rol de investigador</p>	<p>Herramienta: Servidor Descripción: Mediante un script almacenar información en la base de datos.</p>	<p>Herramienta: Base de datos Descripción: Establecer conexión con el servidor.</p>
<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Usuario Descripción: El sistema permitirá restablecimiento de contraseña de usuario.</p>	<p>Herramienta: Servidor Descripción: En base al registro de 5 minutos, crear registros de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas para las escalas de las gráficas y almacenarlos en la base de datos.</p>	<p>Herramienta: Base de datos Descripción: Almacenar la información recibida.</p>
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: El usuario administrador puede crear y visualizar usuarios. Así como modificar sus roles, ya sea investigador o administrador.</p>		<p>Herramienta: Servidor Descripción: Establecer conexión con la base de datos.</p>
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: El rol público de usuario permitirá acceder a la información del proyecto, el módulo de radiación solar y el módulo de notificaciones sin necesidad de registro o autenticación.</p>		

<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Global</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Directa</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Difusa</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Notificaciones Descripción: La aplicación web debe permitir generar Notificaciones</p>		

<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Presentación Descripción: La aplicación debe permitir la descarga de información a usuarios con rol de Administrador e Investigador.</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a viento</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a las radiaciones ultravioleta.</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación</p>		

<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a humedad relativa</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Sistema Descripción: La aplicación web permitirá autenticarse, e identificará automáticamente el rol del usuario logueado</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Sistema Descripción: La aplicación web permitirá finalizar sesión.</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: El acceso a descargas debe estar restringido por usuario y contraseña</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: Las contraseñas no pueden estar en texto visible</p>		
<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: El sistema no permitirá duplicidad de usuarios</p>		

<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: El sistema permitirá simultaneidad de usuarios</p>		
<p>Aplicación: Web Módulo: Sistema Descripción: La base de datos debe ser escalable de acuerdo con el número de usuarios</p>		

2.7.8.1 Implementación de la aplicación web

Angular

Angular es un framework que facilita la creación de aplicaciones web, móvil y de escritorio el cual utiliza TypeScript como lenguaje de programación y además cuenta con el respaldo oficial de Google. [48]

TypeScript

TypeScript es un lenguaje de programación de código abierto muy similar a JavaScript y a C#, desarrollado por Microsoft, el cual cuenta con herramientas de programación orientada a objetos. Además, ofrece clases, módulos e interfaces para ayudarlo a construir componentes robustos. [49]

Instalación de Angular 7

Angular 7 se instala en diferentes sistemas operativos y para este prototipo se instaló en el sistema operativo Windows 10. El Anexo D contiene el proceso de instalación de Angular 7.

Editor Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente ligero pero potente que se ejecuta en su escritorio y está disponible para Windows, macOS y Linux. Además, incluye soporte para JavaScript, TypeScript y Node.js. También, tiene extensiones para otros idiomas como: C ++, C #, Java, Python, PHP, Go, entre otros. [50]

Librerías Instaladas

Las librerías utilizadas en este proyecto son:

- node.js
- tools de Firebase

Creación del Proyecto.

Para la creación del proyecto en Angular, se tiene los siguientes pasos: primero, se inicia el editor de código Visual Studio Code y seguidamente la terminal que incluye este editor. Posteriormente, se dirige a la ruta donde se quiere almacenar el proyecto para lo cual se utiliza el comando `cd`. Una vez en la ubicación determinada, se ingresa el siguiente comando: **`ng new TESISAPP-MASTER`** y así el editor empieza la creación del proyecto de Angular. La Figura 2.67, muestra el proyecto creado para este trabajo.

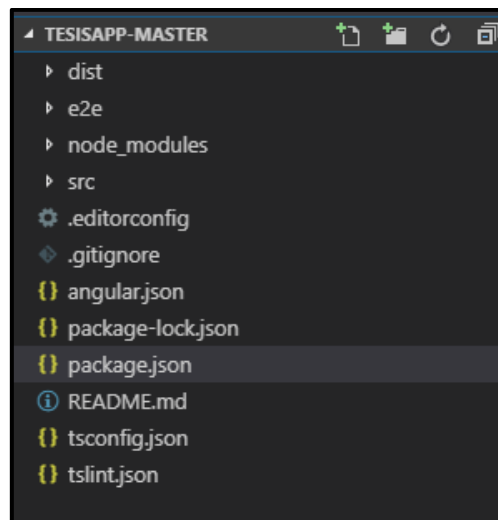


Figura 2.67. Proyecto implementado en Visual Studio Code.

Ejecución del proyecto en visual studio code

La ejecución del proyecto se lo realiza con el siguiente comando: **`ng serve --open`**. A continuación, la Figura 2.68, muestra la ejecución del proyecto, así como la Figura 2.70, muestra la aplicación de forma local, acorde a la dirección y puerto especificado.

```
PS C:\Users\Angel Castellano\Desktop\ANGELC\TesisApp-master> ng serve --open
** Angular Live Development Server is listening on localhost:4200, open your browser on http://localhost:4200/ **
12% building 23/24 modules 1 active ...dules\font-awesome\css\font-awesome.css
```

Figura 2.68. Ejecución del proyecto

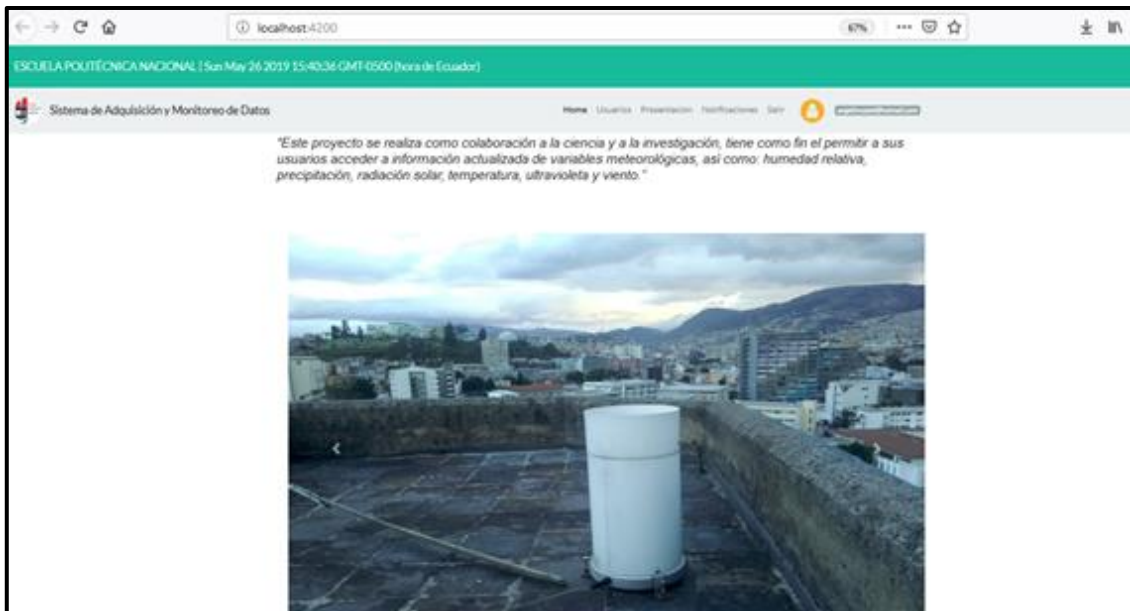


Figura 2.69. Aplicación ejecutada de forma local

Vistas de la aplicación WEB

- Vista del Módulo de Radiación Solar

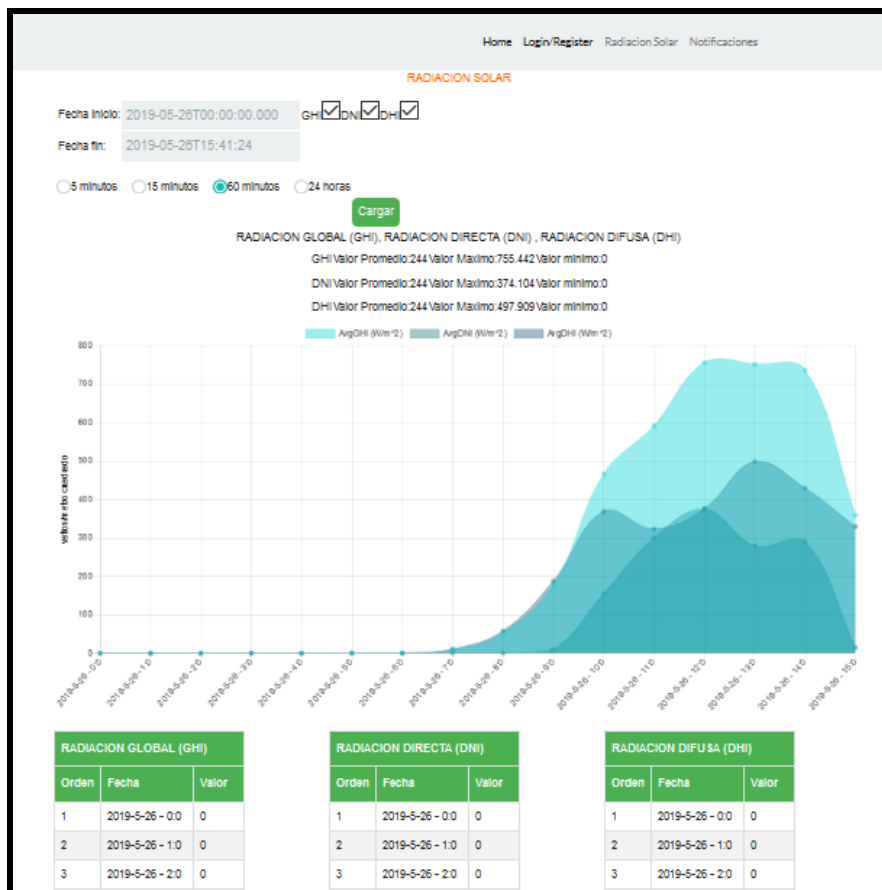


Figura 2.70. Vista del Módulo de Radiación Solar

- **Vista del Módulo de Notificaciones**

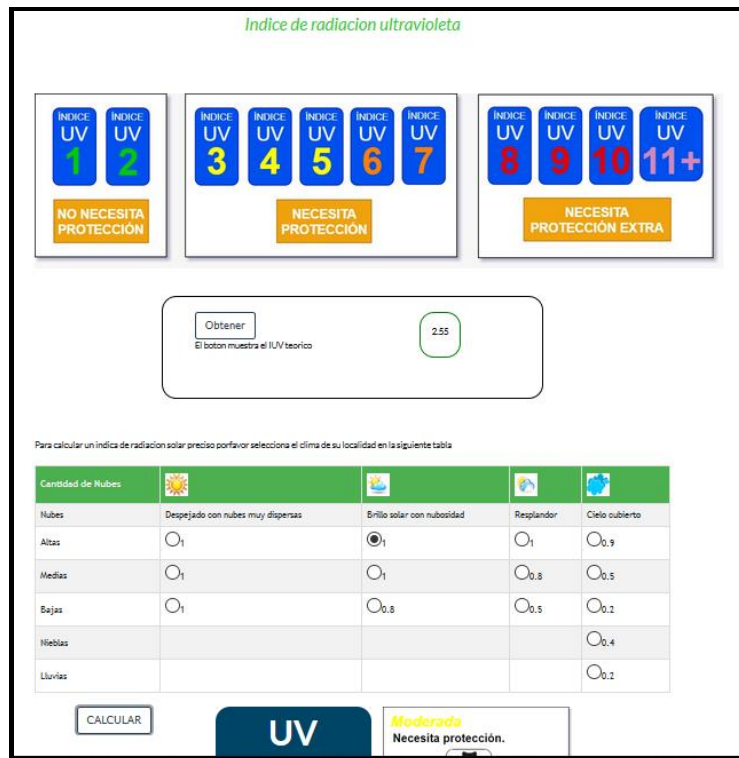


Figura 2.71. Vista del Módulo de Notificaciones

- **Vista del Módulo de Usuarios**

Nombre	Correo	Rol	Accion
	joellara445@gmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
scinergy	scinergy19@gmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	pruebas@pruebas.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	ctonato@inamhi.gob.ec	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
admin	admin@epn.edu.ec	Admin	<input type="button" value="editar"/>
	joellara445@hotmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
Angelín Caste	angelincaste@hotmail.com	Admin	<input type="button" value="editar"/>
Maroo	marco77bofe@hotmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	test6@hotmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	angelincaste19@gmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	emjey76@gmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>

Figura 2.72. Vista del Módulo de Usuarios

- **Vista del Módulo de Reportes**

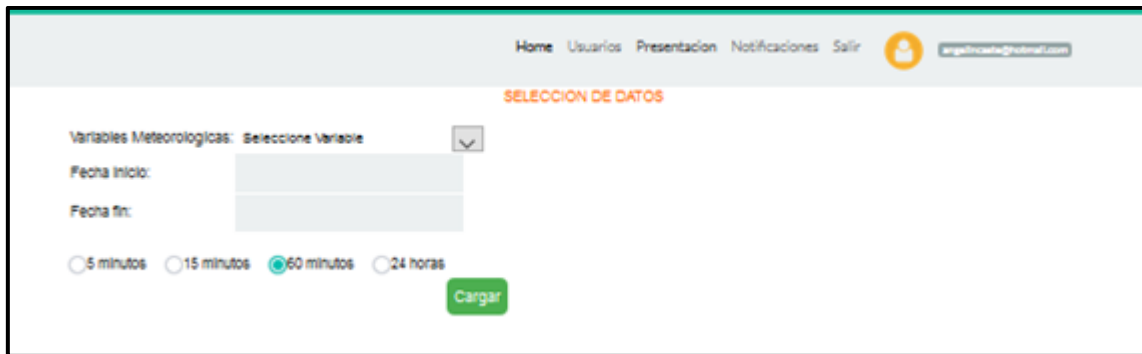


Figura 2.73. Módulo de Reportes

Código de la aplicación WEB

El Anexo E, contiene el código de la aplicación WEB, mientras en la figura 2.74 se presenta parte del código del componente fecha.

```
export class FechaHoraComponent implements OnInit {  
  
    public fechaActual: Date;  
  
    public timeLeft: number = 1;  
    public interval;  
    constructor() {  
  
    }  
  
    ngOnInit() {  
        this.fechaActual = new Date();  
        this.startTimer();  
    }  
  
    startTimer() {  
        this.interval = setInterval(() => {  
            if(this.timeLeft > 0) {  
                this.fechaActual = new Date();  
            } else {  
                this.timeLeft = 1;  
                this.startTimer();  
            }  
        },1000)  
    }  
}
```

Figura 2.74. Código del componente de la fecha.

Manual de Funcionamiento

El Anexo G, contiene el manual de funcionamiento de la Aplicación implementada.

2.7.8.2 Publicación de la Aplicación WEB.

Hosting

Hosting o alojamiento web es el espacio en un servidor donde se aloja un sitio web para publicarlo en Internet. El hosting implementado en este proyecto de titulación es otro servicio que ofrece Firebase, dentro del Plan Spark. A continuación, en la Figura 2.75, se observan los parámetros de implementación en la cuenta de Firebase. Además, el proceso de publicación del proyecto en Angular se lo presenta en el Anexo D.

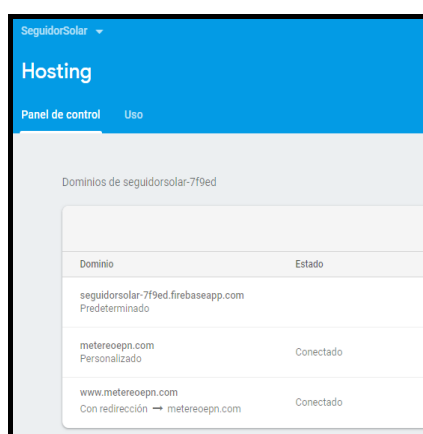


Figura 2.75. Hosting de Firebase

Servidor DNS

El dominio metereoepn.com fue adquirido en GoDaddy, por tal razón se utiliza el servidor DNS de esta cuenta. La Figura 2.76, muestra el Registro A⁸, el mismo que apunta a la dirección del hosting de Firebase.

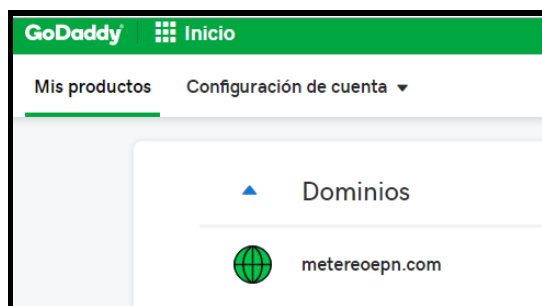


Figura 2.76. Dominio metereoepn.com adquirido en GoDaddy

⁸ Registro A: Este registro convierte nombres de host en direcciones IPV4. [54]

Tipo	Nombre	Valor	TTL
A	@	151.101.1.195	12 horas
A	@	151.101.65.195	12 horas

Figura 2.77. Registros DNS

Certificado SSL [51]

SSL (Secure Sockets Layer o capa de conexión segura) es un estándar de seguridad global que permite la transferencia de datos cifrados entre un navegador y un servidor web. Para establecer esta conexión segura, se instala en un servidor web (hosting web) un certificado SSL también llamado "certificado digital" que cumple dos funciones:

- Autenticar la identidad del sitio web, garantizando a los visitantes que no están en un sitio falso.
- Cifrar la información transmitida.

El certificado implementado en la aplicación web de este proyecto, también lo proporcionó Firebase, dentro del Plan Spark. La Figura 2.78, muestra los detalles del certificado.

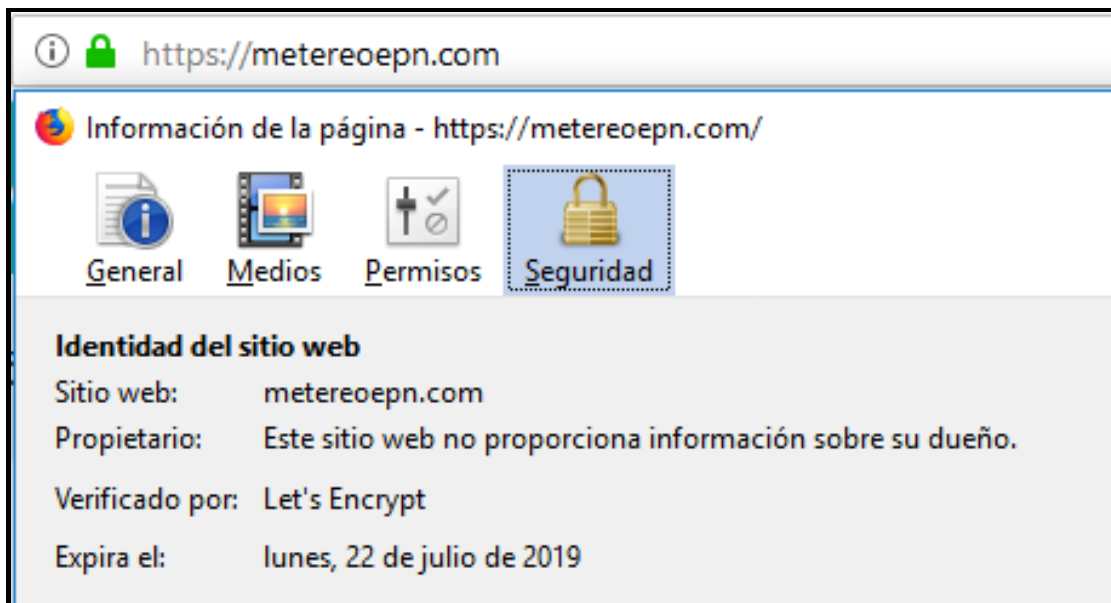


Figura 2.78. Certificado SSL

2.7.9 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN APLICACIÓN MÓVIL

Tabla 2.33. Actualización del tablero Kanban, presentación de datos, aplicación Android

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas terminadas
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Notificaciones Descripción: El sistema permitirá generar notificaciones</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: La aplicación web debe manejar tres roles de usuario: administrador, investigador, público.</p>	<p>Herramienta: Servidor Descripción: Establecer comunicación con el controlador lógico programable para la lectura de los datos almacenados en él, correspondientes al registro de 5 minutos.</p>
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Solar</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Usuario Descripción: La aplicación permitirá a los usuarios registrarse por sí mismos, proporcionándoles el rol de investigador</p>	<p>Herramienta: Servidor Descripción: Mediante un script almacenar información en la base de datos.</p>
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Global</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Usuario Descripción: El sistema permitirá restablecimiento de contraseña de usuario.</p>	<p>Herramienta: Servidor Descripción: En base al registro de 5 minutos, crear registros de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas para las escalas de las gráficas y almacenarlos en la base de datos.</p>
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Directa</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: El usuario administrador puede crear y visualizar usuarios. Así como modificar sus roles, ya sea investigador o administrador.</p>	

<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Difusa</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: El rol público de usuario permitirá acceder a la información del proyecto, el módulo de radiación solar y el módulo de notificaciones sin necesidad de registro o autenticación.</p>	
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar</p>	
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a viento</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Global</p>	
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a las radiaciones ultravioleta.</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Directa</p>	
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Difusa</p>	

<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Notificaciones Descripción: La aplicación web debe permitir generar Notificaciones</p>	
<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a humedad relativa</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Presentación Descripción: La aplicación debe permitir la descarga de información a usuarios con rol de Administrador e Investigador.</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a viento</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a las radiaciones ultravioleta.</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura</p>	

	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a humedad relativa</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Sistema Descripción: La aplicación web permitirá autenticarse, e identificará automáticamente el rol del usuario logueado</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Sistema Descripción: La aplicación web permitirá finalizar sesión.</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: El acceso a descargas debe estar restringido por usuario y contraseña</p>	
	<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: Las contraseñas no pueden estar en texto visible</p>	

2.7.10 IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN MÓVIL, ANDROID

Es un sistema operativo que se basa en Linux para dispositivos smartphones, tablets, Smart Tv e incluso automóviles. Así mismo, es el sistema operativo más utilizado en dispositivos móviles a nivel mundial. Este sistema operativo cuenta con pocos años en el mercado, pero ha tenido una evolución relevante, debido a las versiones que aparecen periódicamente al mercado.

Instalación Android Studio en Windows 10

Antes de realizar la instalación de Android Studio se debe descargar e instalar el compilador de Java, y se lo realiza desde la página oficial de Oracle, <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>.

Una vez instalado el JDK, se debe descargar Android Studio, desde la página oficial de Android SDK, <https://developer.android.com/studio>.

Para realizar la instalación se siguen los siguientes pasos:

1. Primero se ejecuta la aplicación de Android descargada.



Figura 2.79. Mensaje de bienvenida para instalación de Android Studio

2. Por defecto se selecciona Next y a continuación, aparece la ubicación donde se instalará la aplicación, de igual manera la dejamos por defecto.

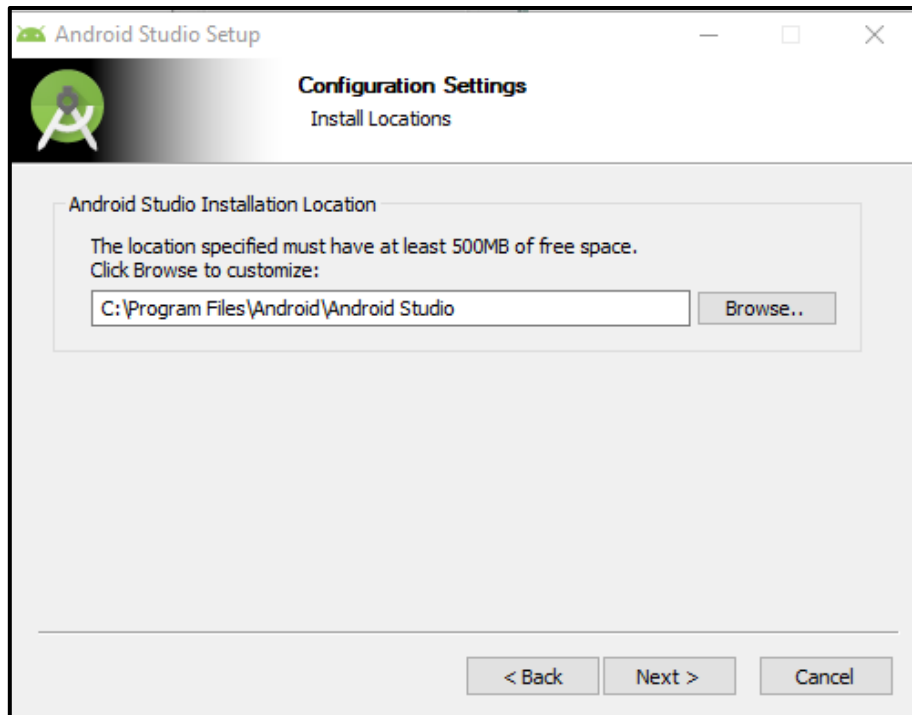


Figura 2.80. Ubicación para instalar Android Studio

3. Finalmente, una vez instalado se ejecuta la aplicación para comenzar la creación del proyecto.

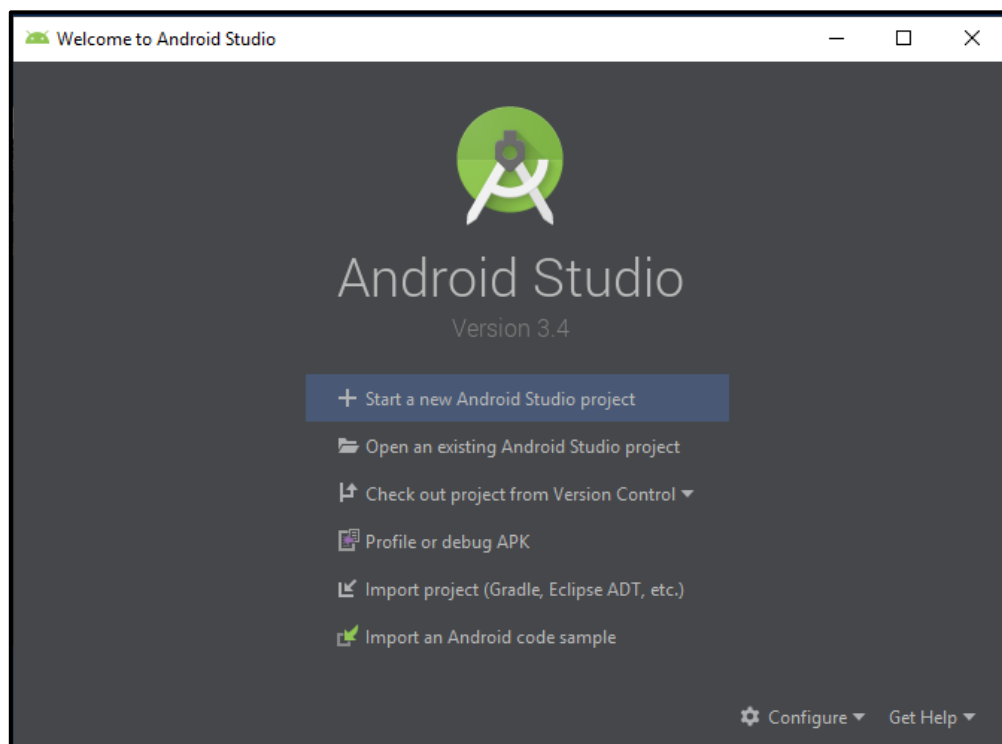


Figura 2.81. Inicio Programa Android Studio

Código de la aplicación móvil.

```
else if(finalu>=3 && finalu<=7){
    Uri alarmSound = RingtoneManager.getDefaultUri(RingtoneManager.TYPE_NOTIFICATION);

    NotificationManager notif=(NotificationManager)getActivity().
    getSystemService(Context.NOTIFICATION_SERVICE);
    Notification notify=new Notification.Builder
    (getActivity()).setContentTitle("AVISO").setContentText("notificacion").
    setSound(alarmSound).setVibrate(new long[] { 1000, 1000, 1000, 1000, 1000 }).
    setContentTitle("Necesita proteccion").
    setSmallIcon(R.drawable.ic_launcher_background).build();

    notify.flags |= Notification.FLAG_AUTO_CANCEL;
    notif.notify(0, notify);
}
```

Figura 2.82. Código correspondiente a la notificación de necesidad de protección.

```
listavar = new ArrayList<>();
spinvariante = (Spinner)v.findViewById(R.id.spinvariante);

//AÑADO LAS VARIANTES
listavar.add("Seleccione Variante");
listavar.add("Humedad Relativa");
listavar.add("Precipitacion");
listavar.add("Radiacion Solar");
listavar.add("Temperatura");
listavar.add("Ultravioleta");
listavar.add("Viento");
```

Figura 2.83. Código de agregación de variables al arreglo correspondiente.

Vistas de la aplicación implementada

- **Módulo de Radiación Solar**

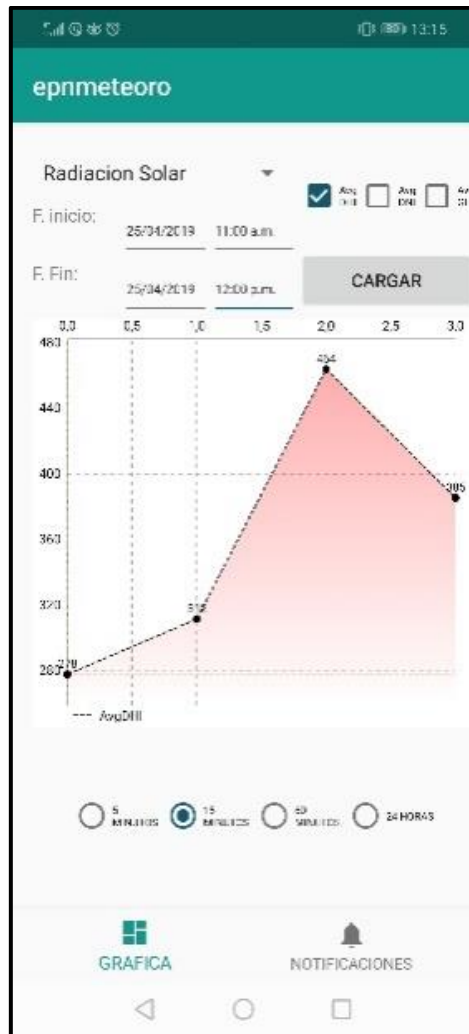


Figura 2.84. Módulo de radiación solar

- **Módulo de Notificaciones**

A continuación, en la Figura 2.85, se presenta el módulo de notificaciones, el cual muestra una estimación del índice de radiación ultravioleta. Asimismo, genera la notificación que indica al usuario la protección que necesita según el índice de radiación en la ciudad de Quito.

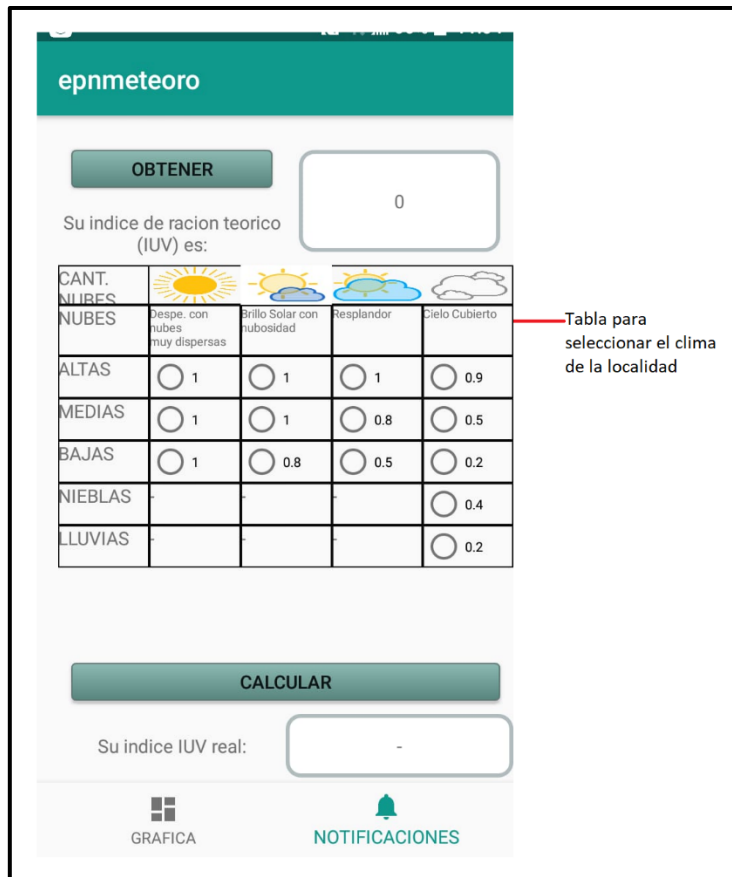


Figura 2.85. Módulo de notificaciones

Código

El programa de la aplicación móvil implementada se encuentra en el Anexo F, mientras que el manual de funcionamiento en el Anexo G.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo contiene las pruebas realizadas durante el proceso de implementación del prototipo desarrollado en este trabajo de titulación. Además, los resultados se presentan acorde a la metodología utilizada y los requerimientos realizados en cada una de las etapas definidas en el Capítulo 2. Seguidamente, se analizan los resultados obtenidos.

3.1 ACTUALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN RESULTADOS

En la Tabla 3.1, se observa el estado actual del Tablero Kanban, previo a la ejecución de este capítulo. En el mismo, se identifican las tareas realizadas, las mismas que son requisitos previos para continuar con este trabajo, así como las tareas pendientes.

Tabla 3.1. Actualización del Tablero Kanban, previo a la fase de Resultados

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas Terminadas
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Notificaciones Descripción: El sistema permitirá generar notificaciones</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: La aplicación web debe manejar tres roles de usuario: administrador, investigador, público.</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Solar</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Usuario Descripción: La aplicación permitirá a los usuarios registrarse por sí mismos, proporcionándoles el rol de investigador</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Global</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Usuario Descripción: El sistema permitirá restablecimiento de contraseña de usuario.</p>

	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Directa</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: El usuario administrador puede crear y visualizar usuarios. Así como modificar sus roles, ya sea investigador o administrador.</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Difusa</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Usuario Descripción: El rol público de usuario permitirá acceder a la información del proyecto, el módulo de radiación solar y el módulo de notificaciones sin necesidad de registro o autenticación.</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a viento</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Global</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a las radiaciones ultravioleta.</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Directa</p>

	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Radiación solar Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Difusa</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Notificaciones Descripción: La aplicación web debe permitir generar Notificaciones</p>
	<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a humedad relativa</p>	<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Presentación Descripción: La aplicación debe permitir la descarga de información a usuarios con rol de Administrador e Investigador.</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a viento</p>

		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a las radiaciones ultravioleta.</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a humedad relativa</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Media Módulo: Sistema Descripción: La aplicación web permitirá autenticarse, e identificará automáticamente el rol del usuario logueado</p>
		<p>Aplicación: Web Prioridad: Alta Módulo: Sistema Descripción: La aplicación web permitirá finalizar sesión.</p>

		Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: El acceso a descargas debe estar restringido por usuario y contraseña
		Aplicación: Web Prioridad: Baja Módulo: Sistema Descripción: Las contraseñas no pueden estar en texto visible

3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE ADQUISICIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS.

En este apartado se valida el correcto funcionamiento y cumplimiento de los requisitos agrupados en la etapa de adquisición y almacenamiento de datos, descritos en el Capítulo 2 apartado 2.2

3.2.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DATALOGGER

Los requerimientos relacionados al Datalogger CR1000 (Registrador de Datos) se presentan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Requerimientos Datalogger

N° de Requerimiento	Detalle de los Requerimientos
Requerimiento 1	Los sensores meteorológicos deben estar conectados directamente al registrador de datos.
Requerimiento 2	El datalogger debe almacenar los valores captados por los sensores, los cuales serán escritos con las siguientes frecuencias: 1, 5, 15, 60 minutos y 24 horas.
Requerimiento 3	El datalogger debe establecer conexión con el controlador lógico programable para el envío de los registros de 1 y 5 minutos.

En la Figura 3.1, se observa el cumplimiento del Requerimiento 1, mediante la conexión física de los sensores al datalogger.



Figura 3.1. Conexión de los sensores al Datalogger

A continuación, se muestra el cumplimiento del Requerimiento 2, donde se observa lo siguiente:

- Resumen de los registros generados



Figura 3.2. Resumen de los registros generados

- Registro 1 minuto

Table Name: Table1																	
TimeStamp	Record	AWS	AWD	SIG	Gust	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgDHI	AvgDNI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVTemp	AvgUVC	TotRN_1	DailyRN	Batt
2019-05-09 12:36:00.0	71492	3.329	172.3	10.33	3.742	17.83	55.67	1277	385.6	897	79.32	2.99	23.99	0.286	0	0	11.96
2019-05-09 12:37:00.0	71493	2.264	164.3	9.41	2.943	17.87	55.3	1059	423.6	615.7	70.1	2.673	24.02	0.25	0	0	11.96
2019-05-09 12:38:00.0	71494	2.597	184.8	21.64	3.476	17.96	55.97	939	423.8	514.4	64.1	2.458	24.05	0.231	0	0	11.96
2019-05-09 12:39:00.0	71495	1.514	98.1	50.44	2.41	18.25	55.58	1028	393.1	636.4	67.35	2.54	24.07	0.243	0	0	11.96
2019-05-09 12:40:00.0	71496	1.811	142	39.08	2.677	18.62	54.26	1215	362.9	849	74.56	2.753	24.1	0.271	0	0	11.96
2019-05-09 12:41:00.0	71497	3.05	134.2	28.18	3.742	18.89	53.17	1225	373.9	837	73.4400	2.685	24.13	0.268	0	0	11.97

Figura 3.3. Tabla de Registro 1 minuto

- Registro 5 minutos

Table Name: Table5																	
TimeStamp	Record	AWS	AWD	SIG	Gust	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgDHI	AvgDNI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVTemp	AvgUVC	TotRN_5	DailyRN	Batt
2019-05-09 11:05:00.0	14279	3.121	71.1200	17.27	4.275	17.46	65.84	421.2	417	4.934	30.97	1.199	23.72	0.1	0	0	11.96
2019-05-09 11:10:00.0	14280	2.645	83.1	40.61	4.008	16.96	68.34	379.4	375	4.821	28.24	1.101	23.56	0.0910	0	0	11.96
2019-05-09 11:15:00.0	14281	3.209	71.82	25.13	4.807	16.71	68.72	330.5	326.1	4.822	24.72	0.96	23.49	0.078	0	0	11.96
2019-05-09 11:20:00.0	14282	2.332	81.4	49.54	4.008	16.63	69.01	308.3	304.9	4.822	23.25	0.906	23.49	0.0720	0	0	11.96
2019-05-09 11:25:00.0	14283	1.493	80	47.98	3.209	16.96	67.7	358.1	355	2.25	26.88	1.059	23.48	0.086	0	0	11.96
2019-05-09 11:30:00.0	14284	0.956	106.2	61.05	2.41	17.64	64.73	380.1	377	0	28.71	1.139	23.5	0.0920	0	0	11.96

Figura 3.4. Tabla de Registro 5 minutos

- Registro 15 minutos

Table Name: Table15																	
TimeStamp	Record	AWS	AWD	SIG	Gust	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgDHI	AvgDNI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVTemp	AvgUVC	TotRN_15	DailyRN	Batt
2019-05-09 07:15:00.0	4744	1.339	137.5	29.13	2.677	12.31	87.2000	97.5	94.9	9.41	6.628	0.0730	23.45	0.019	0	0	11.96
2019-05-09 07:30:00.0	4745	1.77	134.6	34.3	3.209	12.72	83.4	149.3	148.1	3.936	10.17	0.146	23.48	0.029	0	0	11.96
2019-05-09 07:45:00.0	4746	2.458	145.2	22.15	4.275	12.66	83.5	188	180.2	20.75	12.62	0.216	23.48	0.036	0	0	11.96
2019-05-09 08:00:00.0	4747	3.167	162.6	18.11	4.541	12.85	80.2000	291.5	254.7	74.6	17.7	0.331	23.51	0.052	0	0	11.96
2019-05-09 08:15:00.0	4748	2.886	159.1	19.43	4.275	12.84	78.28	204.7	203	1.421	14.72	0.327	23.52	0.044	0	0	11.96
2019-05-09 08:30:00.0	4749	1.997	147.6	25	4.008	13.21	77.31	207.9	201.5	7.9940	14.64	0.352	23.51	0.043	0	0	11.96

Figura 3.5. Tabla de Registro 15 minutos

- Registro 60 minutos

Table Name: Table60																	
TimeStamp	Record	AWS	AWD	SIG	Gust	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgDHI	AvgDNI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVTemp	AvgUVC	TotRN_60	DailyRN	Batt
2019-05-08 14:00:00.0	1169	2.429	81.4	48.08	4.807	18.16	61.85	477.8	459.2	14.95	36.18	1.376	23.52	0.119	0	0	11.96
2019-05-08 15:00:00.0	1170	2.68	73.46	79.42	5.606	17.98	62.6	438.2	376.4	70.47	32.17	1.108	23.54	0.104	0	0	11.96
2019-05-08 16:00:00.0	1171	2.713	66.34	55.08	6.139	17.58	64.74	271.9	252	28.96	21.28	0.623	23.49	0.067	0	0	11.96
2019-05-08 17:00:00.0	1172	2.598	84.1	58.58	6.405	16.8	68.11	153.5	150	6.358	12.65	0.264	23.58	0.038	0	0	11.96
2019-05-08 18:00:00.0	1173	2.096	55.67	59.45	5.606	16.28	67.88	78.07	57.1	82.9	6.057	0.06	23.54	0.018	0	0	11.96
2019-05-08 19:00:00.0	1174	1.695	88.5	53.13	4.541	13.66	85.2000	1.692	1.782	0.141	0.255	0	23.47	0.002	0	0	11.96

Figura 3.6. Tabla de Registro 60 minutos

- Registro 24 horas.

Table Name: Daily

TimeStamp	Record	AWS	AWD	SG	Gust	AvgAT	MaxAT	MinAT	AvgRH	AvgGHI	MaxGHI	AvgDHI	MaxDHI	AvgDNI	MaxDNI	AvgUVA	MaxUVA	AvgUVB	MaxUVB	AvgUVTemp	MaxUVTemp
2019-04-16 00:00:00.0	26	1.75	74.63	54.79	8.2700	14.55	20.4	11.56	73.22	176.1	1482	135.2	754.5	44.86	820	12.5	90	0.427	3.386	23.54	24.29
2019-04-17 00:00:00.0	27	2.807	156.5	81.4	10.13	15.74	22.75	11.59	64.1	263.5	1503	68.72	477.8	259.2	1056	17.96	92.3	0.611	3.594	23.6	24.31
2019-04-18 00:00:00.0	28	1.685	0	0	8	14.45	20.64	11.82	77.45	139.7	1219	100.4	685.5	52.28	800	10.16	76.5100	0.328	2.843	23.5	24.15
2019-04-19 00:00:00.0	29	1.83	0	0	6.938	14.64	22.34	10.42	77.7300	197.1	1316	134.3	626.1	87.9	858	14.06	80.6	0.473	2.823	23.53	24.21
2019-04-20 00:00:00.0	30	1.296	129.6	58.21	6.938	13.18	17.73	10.8	87.7000	121.4	1614	105.8	784.5	21.62	936	9.3	90.9	0.307	3.513	23.44	23.85
2019-04-21 00:00:00.0	31	1.259	97.3	44.72	8.54	13.82	19.67	11.43	85.9	181	1572	146.8	764.4	36.19	907	13.41	91.8	0.466	3.652	23.49	24.16

Figura 3.7. Tabla de Registro 24 horas.

Finalmente, se muestra el cumplimiento del Requerimiento 3, donde se visualiza el envío de datos del Registro de 5 minutos desde el Datalogger (Ver Figura 3.8) hacia el PLC (Ver Figura 3.9).

Table Name: Table5

Current Record: 16090
Record Date: 2019-05-15 18:00:00.0

AWS	1.619
AWD	37.62
SIG	40.2
Gust	2.943
AvgAT	17.33
AvgRH	55.56
AvgGHI	10.4
AvgDHI	9.8900
AvgDNI	4.599
AvgUVA	1.329
AvgUVB	0
AvgUVTemp	23.55
AvgUVC	0.004
TotRN_5	0
DailyRN	0
Batt	11.96

Figura 3.8. Datos en el origen, Datalogger.

11

Enable	Source desa 1.619	UNPACK STRING Length 5 Destination AWS Value 1,61900
Enable	Source desb 37.62	UNPACK STRING Length 15 Destination AWD Value 37,6200
Enable	Source desc 17.33	UNPACK STRING Length 15 Destination AvgAT Value 17,3300
Enable	Source desd 55.56	UNPACK STRING Length 15 Destination AvgRH Value 55,5600
Enable	Source dese 10.4	UNPACK STRING Length 15 Destination AvgGHI Value 10,4000
Enable	Source desf 1.329	UNPACK STRING Length 5 Destination AvgUVA Value 1,32900
Enable	Source desg 0	UNPACK STRING Length 5 Destination AvgUVB Value 0,00000
Enable	Source desh 0.004	UNPACK STRING Length 15 Destination AvgUV Value 0,00400000
Enable	Source desi 0	UNPACK STRING Length 15 Destination TotRN_5 Value 0,00000
Enable	Source desj 4.599	UNPACK STRING Length 15 Destination AvgDNI Value 4,59900
Enable	Source desk 9.889999	UNPACK STRING Length 15 Destination AvgDHI Value 9,89000

Figura 3.9. Datos en el destino, PLC.

3.2.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO PLC

Los requerimientos relacionados al Controlador Lógico Programable (Productivity 2000), se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Requerimientos PLC

N° de Requerimiento	Detalle de los Requerimientos
Requerimiento 4	Establecer conexión con el registrador de datos CR1000 para la lectura de los registros de 1 y 5 minutos.
Requerimiento 5	Identificar los datos enviados por el datalogger y almacenar en los espacios de memoria interna del PLC
Requerimiento 6	Establecer comunicación con el servidor.

El requerimiento 4, se lo puede verificar de igual forma con las Figuras 3.8 y 3.9, presentadas anteriormente, ya que en las mismas se muestra la lectura de los registros de 1 y 5 minutos respectivamente, en el PLC.

Seguidamente se presenta en la Figura 3.11 el almacenamiento de forma local en el PLC, de aquellos datos recibidos de acuerdo con la tabla especificada (Ver Figura 3.10), y así se verifica el cumplimiento del requerimiento 5.

Tabla de 5 Minutos										
AWS	AWD	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVC	TotRN_5	AvgDNI	AvgDHI
400100	400105	400110	400115	400120	400125	400130	400135	400140	400145	400150
Tabla de 1 Minuto										
AWS	AWD	AvgAT	AvgRH	AvgGHI	AvgUVA	AvgUVB	AvgUVC	TotRN_1	AvgDNI	AvgDHI
400155	400160	400165	400170	400175	400180	400185	400190	400195	400200	400205

Figura 3.10. Relación de las variables meteorológicas con los espacios de memoria del PLC

11

Enable	Source desa	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	1.619		5	AWS	1,61900
Enable	Source desb	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	37.62		15	AWD	37,6200
Enable	Source desc	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	17.33		15	AvgAT	17,3300
Enable	Source desd	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	55.56		15	AvgRH	55,5600
Enable	Source dese	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	10.4		15	AvgGHI	10,4000
Enable	Source desf	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	1.329		5	AvgUVA	1,32900
Enable	Source desg	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	0		5	AvgUVB	0,00000
Enable	Source desh	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	0.004		15	AvgUV	0,00400000
Enable	Source desi	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	0		15	TotRN_5	0,00000
Enable	Source desj	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	4.599		15	AvgDNI	4,59900
Enable	Source desk	UNPACK STRING	Length	Destination	Value
	9.889999		15	AvgDHI	9,89000

Figura 3.11. Almacenamiento en el PLC.

Posteriormente, el cumplimiento del requerimiento 6 se presenta en la Figura 3.12, donde se muestra un ejemplo, con el registro de fecha 11/05/2019 y hora 10:30:00.

Tabla 3.4 Requerimientos del Servidor.

N° de Requerimiento	Detalle de los Requerimientos
Requerimiento 7	Establecer comunicación con el controlador lógico programable para la lectura de los datos almacenados en él, correspondientes al registro de 5 minutos.
Requerimiento 8	Establecer conexión con la base de datos.
Requerimiento 9	Almacenar en la base de datos la información.
Requerimiento 10	En base al registro de 5 minutos, crear registros de 15 minutos, 60 minutos y 24 horas para las escalas de las gráficas y almacenarlos en la base de datos.
Requerimiento 11	Bajo consumo de energía y ocupe poco espacio para su instalación
Requerimiento 12	Debe tener al menos un puerto ethernet.
Requerimiento 13	Permitir ejecutar varios programas o scripts.

La Figura 3.12, muestra el cumplimiento del requerimiento 7, donde se observa que se efectúa correctamente la comunicación del servidor con el PLC y la lectura de los datos alojados en él.

Igualmente, en la Figura 3.13, se muestra el cumplimiento del requerimiento 8 y 9, donde se observa, el registro en la base de datos, de las variables de viento AWD y AWS (Ver Figura 3.14), correspondientes al registro de 5 minutos con fecha 11/05/2019 y hora 11:40:00 (Ver Figura 3.15).

Table Name: Table5	
Current Record: 14862	
Record Date: 2019-05-11 11:40:00.0	
AWS	2.927
AWD	63.03

Figura 3.13.Datos del origen (datalogger)

SeguidorSolar Database		Ir a la documentación
Viento	5 minutos	2019-05-11 11:40:00
+ Agregar colección	+ Agregar documento	+ Agregar colección
5 minutos >	2019-05-11 11:40:00	+ Agregar campo
		AWD: 63.03
		AWS: 2.927
		hora: 11 de mayo de 2019, 11:40:00 UTC-5

Figura 3.14 Datos almacenados en Cloud Firestore

La Figura 3.15, muestra el cumplimiento del requerimiento 10.

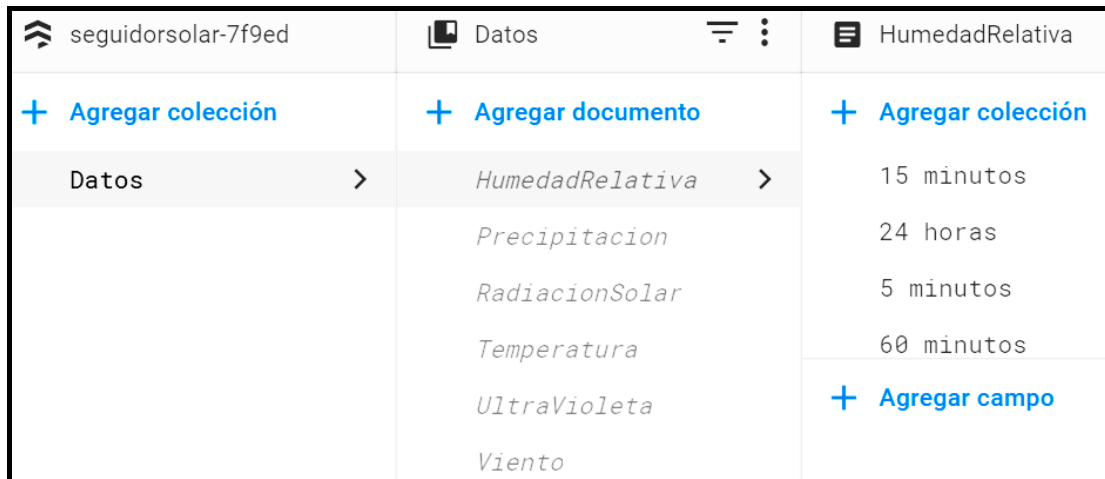


Figura 3.15 Registros almacenados en Cloud Firestore.

Finalmente, los requerimientos 11, 12 y 13, se cumplen con el servidor implementado, ya que la Raspberry Pi3 B+, tiene bajo consumo, posee un puerto ethernet y el sistema operativo instalado permite ejecutar varios scripts a la vez.

3.2.4 BASE DE DATOS

Los requerimientos relacionados a la base de datos (Cloud Firestore) se presentan en siguiente tabla.

Tabla 3.5 Requerimientos Cloud Firestore.

N° de Requerimiento	Detalle de los Requerimientos
Requerimiento 14	Establecer conexión con el servidor.
Requerimiento 15	Almacenar la información recibida.
Requerimiento 16	Facultar la publicación de los datos.
Requerimiento 17	Permitir el desarrollo tanto aplicaciones web, como aplicaciones móviles.

A continuación, la Figura 3.16, presenta la base de datos implementada, Cloud Firestore, cumpliendo así el requerimiento 14 y 15, en la cual se observa las variables meteorológicas ya almacenadas.

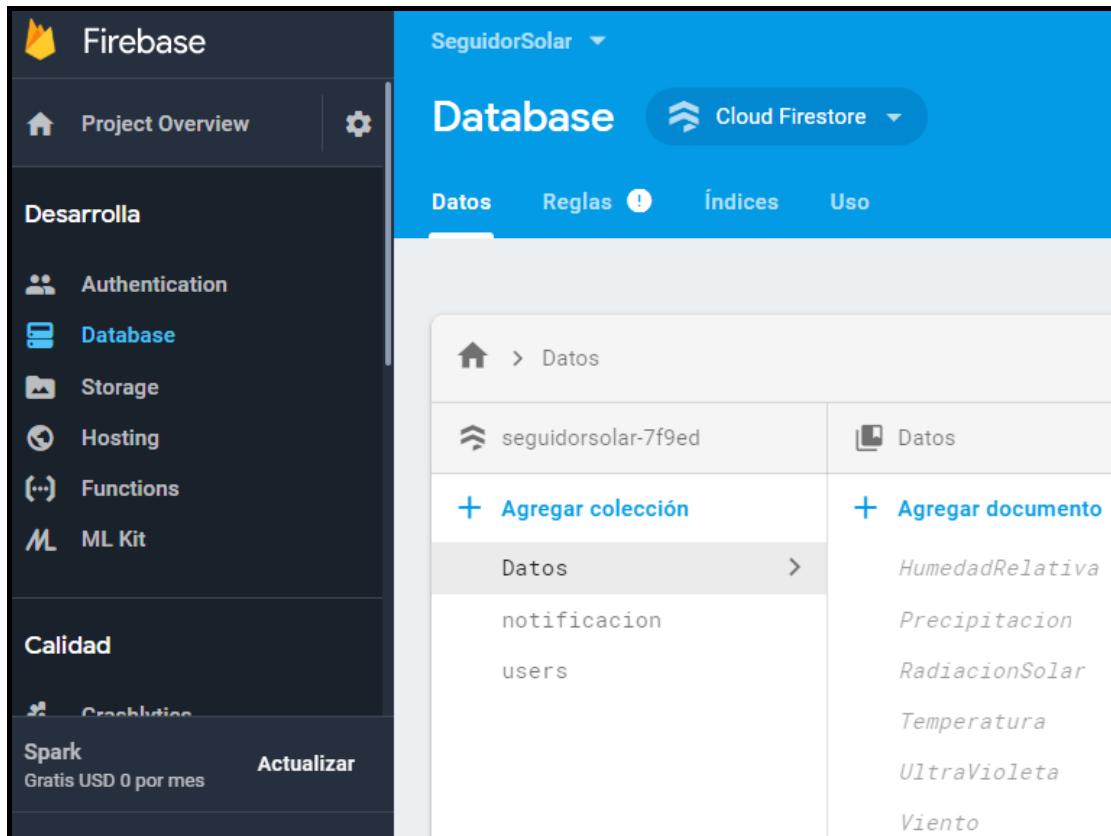


Figura 3.16 Base de datos Cloud Firestore.

La verificación de los requerimientos 16 y 17 se da desde la implementación de Cloud Firestore la base de datos de Firebase, ya que esta es una base que se encuentra publicada y su estructura facilita el desarrollo de aplicaciones web y móvil.

3.2.5 FINALIZACIÓN DEL TABLERO KANBAN

Tabla 3.6. Actualización del tablero Kanban final, tareas culminadas

Lista de tareas	Tareas en progreso	Tareas Terminadas
		<div style="background-color: #f4a460; padding: 10px; border: 1px solid #ccc;"> <p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Notificaciones Descripción: El sistema permitirá generar notificaciones</p> </div>

		<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Solar</p>
		<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Global</p>
		<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Directa</p>
		<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema mostrará la información de Radiación Difusa</p>
		<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas</p>
		<p>Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a viento</p>

		Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a las radiaciones ultravioleta.
		Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura
		Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación
		Aplicación: Android Prioridad: Alta Módulo: Presentación Descripción: La aplicación web mostrará la información relacionada a humedad relativa

3.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA ETAPA DE PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE DATOS

La presente etapa valida el cumplimiento y correcto funcionamiento de los requisitos agrupados en la etapa de presentación y monitoreo de datos, descritos en el Capítulo 2 Apartado 2.4.

3.3.1 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, APLICATIVO WEB

En este subcapítulo se valida el cumplimiento de los requerimientos funcionales relacionados al aplicativo WEB, descritos en el Capítulo 2 Apartado 2.4.2.1. A continuación, se presentan los requerimientos funcionales.

Tabla 3.7 Requerimientos funcionales, aplicación web.

RF	Descripción
RF01	La aplicación web debe manejar tres roles de usuario: administrador, investigador, público.
RF02	La aplicación permitirá a los usuarios registrarse por sí mismos, proporcionándoles el rol de investigador.
RF03	El sistema permitirá restablecimiento de contraseña de usuario.
RF04	El usuario administrador puede crear y visualizar usuarios. Así como modificar sus roles, ya sea investigador o administrador.
RF05	E rol público de usuario permitirá acceder a la información del proyecto, el módulo de radiación solar y el módulo de notificaciones sin necesidad de registro o autenticación.
RF06	El sistema permitirá revisar las variables asociadas a Radiación Solar
RF07	El sistema mostrará la información de Radiación Global
RF08	El sistema mostrará la información de Radiación Directa
RF09	El sistema mostrará la información de Radiación Difusa
RF10	La aplicación web debe permitir generar Notificaciones.
RF11	La aplicación debe permitir la descarga de información a usuarios con rol de Administrador e Investigador.
RF12	El sistema permitirá revisar las variables meteorológicas.
RF13	La aplicación web mostrará la información relacionada a viento.
RF14	La aplicación web mostrará la información relacionada a las Radiaciones Ultravioleta.
RF15	La aplicación web mostrará la información relacionada a temperatura.
RF16	La aplicación web mostrará la información relacionada a precipitación.
RF17	La aplicación web mostrará la información relacionada a Humedad Relativa.
RF18	La aplicación web permitirá autenticarse, e identificará automáticamente el rol del usuario logueado.
RF19	La aplicación web permitirá finalizar sesión.

3.3.1.1 Validación de requerimientos funcionales del módulo de Usuario.

En la tabla 3.8, se presentan los requerimientos funcionales referentes al módulo de usuario.

Tabla 3.8. Requerimientos funcionales del módulo de usuario.

Módulo de Usuario	HU01	Asignar usuarios
	HU02	Registro de usuarios
	HU03	Restablecer contraseña
	HU04	Administrar usuarios
	HU05	Accesos del usuario público

El requerimiento 1, se puede verificar su cumplimiento en la siguiente figura, la misma que corresponde a usuarios registrados en la aplicación web.

pruebas@pruebas.com	Admin	editar
ctonato@inamhi.gob.ec	Investigador	editar
admin@epn.edu.ec	Admin	editar

Figura 3.17 Roles de usuario.

La Figura 3.18 presenta la ventana de registro habilitada con la cual se cumple el requerimiento de registro de usuarios.

Registrarse

Correo

Contraseña

Guardar

Figura 3.18 Registro de usuarios.

De la misma manera la Figura 3.19 muestra la sección habilitada para restauración de contraseña.

Recuperar Contraseña

Ingrese su correo

Enviar Solicitud

Figura 3.19 Recuperación de contraseña.

Finalmente, la Figura 3.20 presenta la interfaz de administración de usuarios, en la cual se puede crear usuarios, así como editar su rol. Por otro lado, se deja abierto al rol público el accesos a los módulos de notificaciones y radiación solar.

<input type="button" value="crear"/>			
Nombre	Correo	Rol	Accion
	joellara445@gmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
scinergy	scinergy19@gmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	pruebas@pruebas.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
	ctonato@inamhi.gob.ec	Investigador	<input type="button" value="editar"/>
admin	admin@epn.edu.ec	Admin	<input type="button" value="editar"/>
	joellara445@hotmail.com	Investigador	<input type="button" value="editar"/>

Figura 3.20 Administración de usuarios.

3.3.1.2 Validación de requerimientos funcionales del módulo de radiación solar.

En la tabla 3.9, se presentan los requerimientos funcionales referentes al módulo de Radiación Solar.

Tabla 3.9 Requerimientos funcionales del módulo de radiación solar.

Módulo de Radiación Solar	HU06	Variables de radiación solar
	HU07	Información de radiación global
	HU08	Información de radiación directa
	HU09	Información de radiación difusa

La Figura 3.21, muestra la información de las variables de radiación solar global, directa y difusa, cumpliendo con los requerimientos definidos.

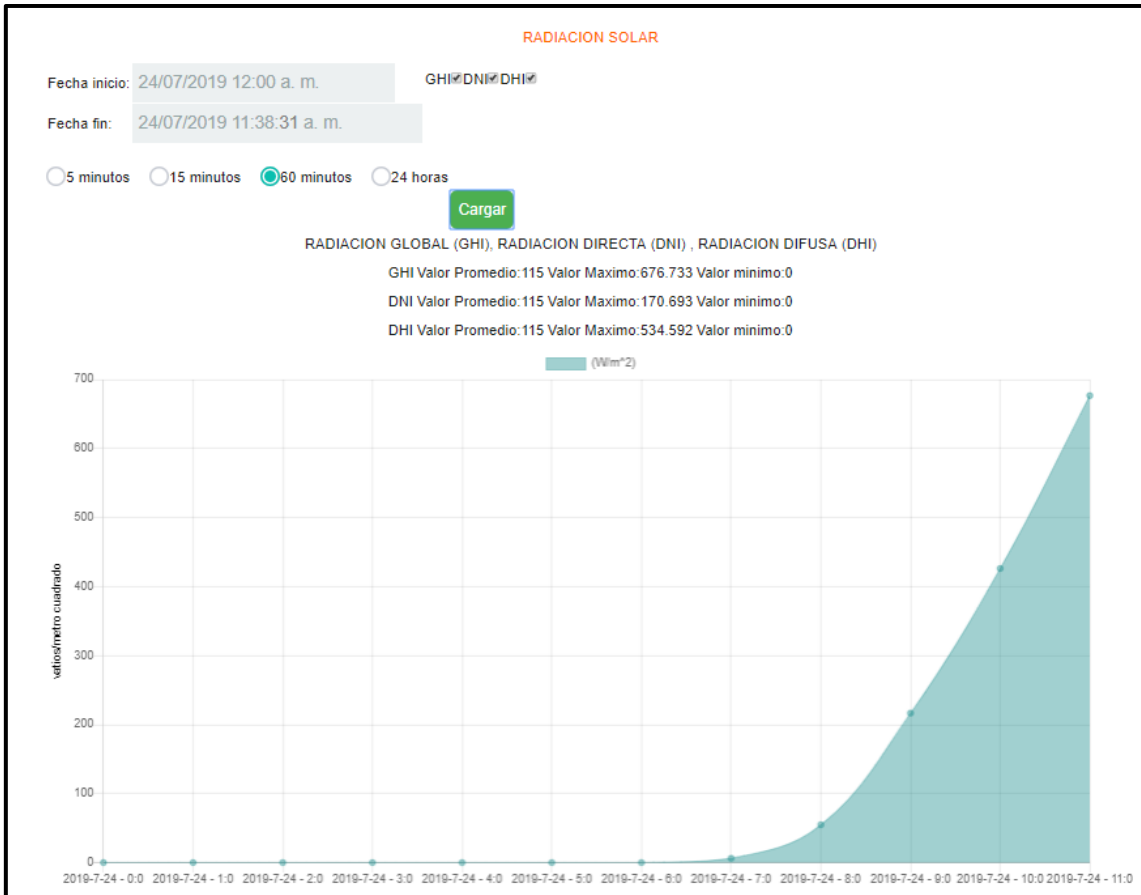


Figura 3.21 Módulo de radiación solar.

3.3.1.3 Validación de requerimientos funcionales del módulo de presentación

En la tabla 3.10, se presentan los requerimientos funcionales referentes al módulo de Presentación.

Tabla 3.10 Requerimientos funcionales del módulo de presentación.

Módulo de Presentación	HU11	Descarga de información.
	HU12	Variables meteorológicas.
	HU13	Viento.
	HU14	Radiación ultravioleta.
	HU15	Temperatura.
	HU16	Precipitación.
	HU17	Humedad relativa.

La Figura 3.22 muestra la interfaz de selección de variables meteorológicas correspondientes al módulo de presentación.

Figura 3.22 Selección de variables.

De la misma manera la Figura 3.23 muestra las variables de humedad relativa, precipitación, radiación solar, temperatura, ultravioleta y viento, permitiendo cumplir con los requerimientos funcionales.

Figura 3.23 Variables meteorológicas.

El cumplimiento del requerimiento de descarga de datos se puede validar en la Figura 3.24.

RADIACION GLOBAL (GHI)			RADIACION DIRECTA (DNI)			RADIACION DIFUSA (DHI)		
Orden	Fecha	Valor	Orden	Fecha	Valor	Orden	Fecha	Valor
1	2019-5-25 - 0:0	0	1	2019-5-25 - 0:0	0.02	1	2019-5-25 - 0:0	0
2	2019-5-25 - 1:0	0	2	2019-5-25 - 1:0	0.001	2	2019-5-25 - 1:0	0
3	2019-5-25 - 2:0	0	3	2019-5-25 - 2:0	0	3	2019-5-25 - 2:0	0
4	2019-5-25 - 3:0	0	4	2019-5-25 - 3:0	0	4	2019-5-25 - 3:0	0

Figura 3.24 Descarga de datos.

3.3.1.4 Validación de requerimientos funcionales del módulo de notificaciones

En la tabla 3.11, se presentan los requerimientos funcionales referentes al módulo de

notificaciones.

Tabla 3.11 Requerimientos funcionales del módulo de notificaciones

Módulo de Notificaciones	HU10	Notificaciones
--------------------------	------	----------------

La Figura 3.25 presenta un ejemplo de notificación, con la cual se valida el cumplimiento del requerimiento anteriormente mencionado.

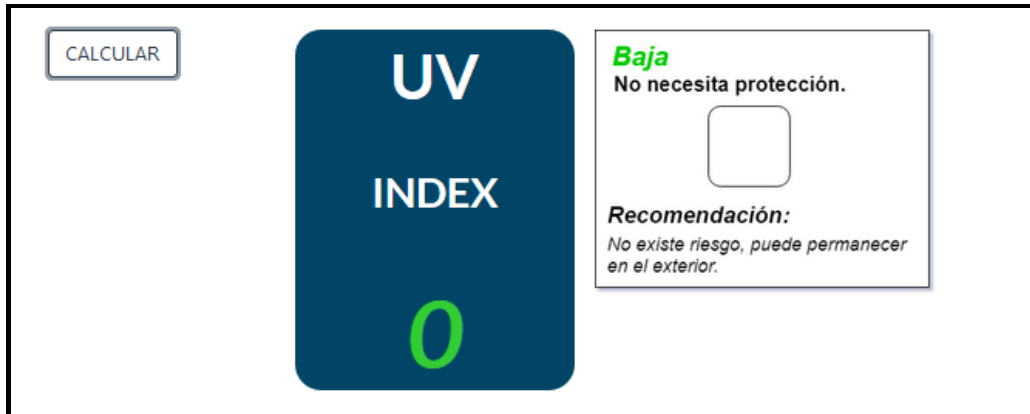


Figura 3.25 Notificación generada.

3.3.1.5 Validación de requerimientos funcionales del módulo de sistema.

En la tabla 3.12, se presentan los requerimientos funcionales referentes al módulo de administración de sesión.

Tabla 3.12 Requerimientos funcionales del módulo de administración de sesión.

Módulo de Sistema	HU18	Autenticación
	HU19	Finalizar Sesión
	HU20	Acceso a descargas.
	HU21	Visibilidad de contraseñas.
	HU22	Duplicidad de usuarios.
	HU23	Simultaneidad de usuarios.
	HU24	Base escalable.

Los requerimientos de autenticación y acceso a descargas ya fueron validados anteriormente, mientras que en la Figura 3.26 se verifica que la contraseña no se encuentre en texto visible cumpliendo con el requerimiento no funcional de no visibilidad de contraseñas.

Inicio de Sesión

Correo
angelincaste@hotmail.com

Contraseña
.....|

Iniciar Sesión

[He olvidado mi contraseña](#)
Iniciar Sesión con: [Google](#) o [Facebook](#)
[¿No tiene cuenta? Regístrese](#)

Figura 3.26 Contraseña no visible.

De igual manera la Figura 3.27, muestra que el sistema no permite registrar un usuario existente comprobando el requerimiento no funcional de duplicidad de usuarios.

The email address is already in use by another account.

Registrarse

Correo
angelincaste@hotmail.com

Contraseña
.....

Guardar

Figura 3.27 El sistema no permite duplicidad de usuarios.

Los requerimientos de simultaneidad de usuarios y escalabilidad en la base de datos fueron implementados cuando se seleccionó la base de datos, ya que Cloud Firestore proporciona estas características.

3.3.2 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, APLICATIVO MÓVIL

En este subcapítulo se valida el cumplimiento de los requerimientos funcionales relacionados al aplicativo móvil, descritos en el Capítulo 2 Apartado 2.4.3.1. En la tabla 3.13, se presentan los requerimientos funcionales de los módulos de presentación, notificación y sistema.

Tabla 3.13 Requerimientos funcionales del módulo de presentación, notificación y sistema del aplicativo móvil.

Notificaciones	HU07	Generar Notificaciones.	Alta
Presentación	HU02	Presentación de información.	Alta
	HU03	Radiación Solar	Alta
	HU04	Radiación Global	Alta
	HU05	Radiación Directa	Alta
	HU06	Radiación Difusa	Alta
	HU08	Variables meteorológicas.	Alta
	HU09	Viento.	Alta
	HU10	Radiaciones Ultravioleta.	Alta
	HU11	Temperatura.	Alta
	HU12	Precipitación.	Alta
	HU13	Humedad Relativa.	Alta
Sistema	HU01	Usuario público.	Baja
	HU14	Operativo Android.	Media

Las Figuras 3.28 y 3.29, muestran la sección de notificaciones y la notificación generada y enviada a través de un mensaje push, comprobando el requerimiento de generación de alertas.



Figura 3.28 Interfaz de notificaciones.

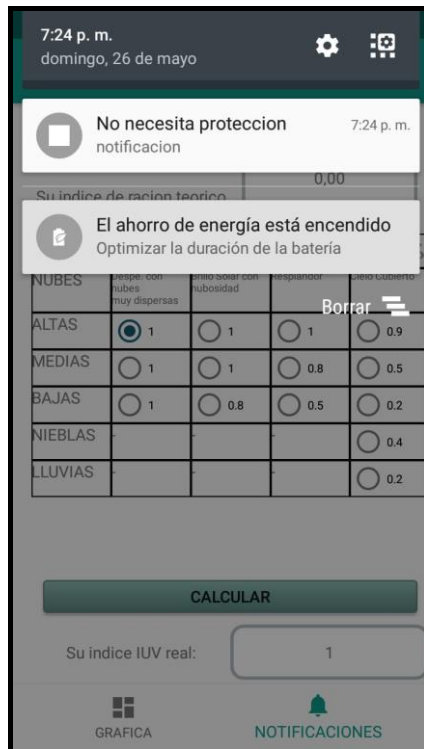


Figura 3.29 Notificación generada y enviada a través de un mensaje push.

La Figura 3.30, presenta el componente de presentación donde podemos verificar que se ha incluido a todas las variables meteorológicas analizadas en la sección de requerimientos.

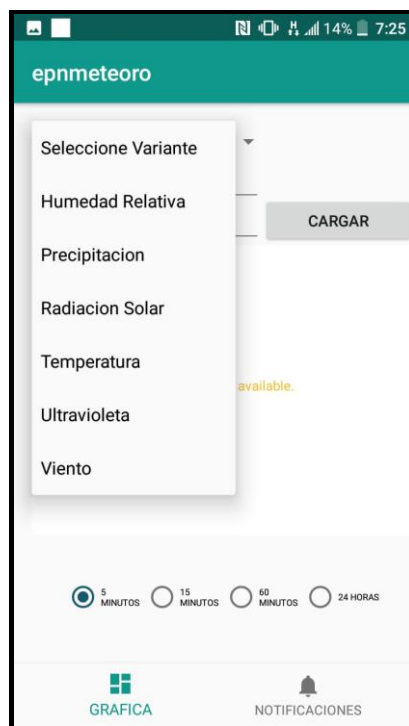


Figura 3.30 Selección de variables meteorológicas.

La Figura 3.31 muestra el cumplimiento del requerimiento de presentación de información, utilizando como ejemplo la selección de la variable meteorológica de radiación solar.

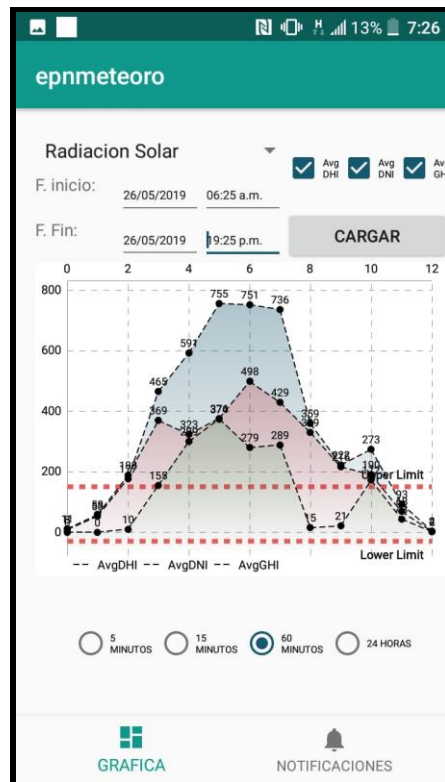


Figura 3.31 Presentación de información de radiación solar.

Finalmente, los requerimientos funcionales de usuario público se cumplen ya que la aplicación Android no presenta alguna restricción de funcionalidades ni maneja ningún rol diferente al público.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La integridad de datos es de gran importancia en el presente trabajo. El uso del protocolo modbus TCP/IP garantizó la comunicación entre el servidor Raspberry Pi y el PLC debido a que utiliza TCP, el cual es un protocolo confiable que utiliza mensajes de confirmación denominados ACK durante el proceso de comunicación, a diferencia de transmisiones como UDP o solo IP conocidas como comunicaciones que realizan el mejor esfuerzo.
- El uso de la metodología Kanban facilitó el desarrollo del presente trabajo. Esta metodología permite planificar y monitorear los requerimientos mediante la utilización del tablero Kanban. Puesto que, organiza y expone las actividades del proyecto dando a conocer el estado actual de cada tarea y favoreciendo la colaboración ante ausencias de algún miembro del equipo, cambios o correcciones de las actividades que se puedan suscitar asociados no solo de la etapa de presentación y monitoreo, la cual incluye el desarrollo de las aplicaciones web y móvil, sino también durante la ejecución de la etapa de adquisición y almacenamiento.
- Se utilizó la base de datos Cloud Firestore de Firebase la cual está sobre la nube de Google, es una base gratuita que permite trabajar en tiempo real, además de los criterios de orden y filtros que utiliza organizando los registros de datos en colecciones y documentos, estos motivos aportaron al trabajo realizado pero la principal razón por la cual se escogió esta base de datos sobre otras es que se encuentra publicada, esta característica es importante para el proyecto realizado ya que no existió la necesidad de tener una base de datos local y luego publicarla en internet.
- Los servicios de base de datos y hosting, destinados para almacenamiento de información y publicación de la aplicación web respectivamente son fundamentales en la ejecución de este prototipo, los mismos fueron implementados gracias a Firebase dentro del plan sin recargos Spark. Este plan cubre en su totalidad los requerimientos de diseño.

- Las cuotas diarias para el servicio de base de datos, Cloud Firestore, dentro del plan sin recargos Spark son 50000 operaciones de lectura de documentos, 20000 operaciones de escritura de documentos y 20000 operaciones de eliminación de documentos. Este número de transacciones se utilizan de manera gratuita en este proyecto. Los datos anteriores son importantes pues si se superan estas cuotas el servicio queda inhabilitado hasta las 00:00 horas del siguiente día, perdiéndose datos de gran importancia.
- Se encontró complicaciones en la implementación de la etapa de almacenamiento y adquisición de datos, entre las más importantes se tiene el envío de datos del datalogger al PLC para lo cual se construyó mediante un cable telefónico la interfaz física para el establecimiento de una comunicación serial; otra de las complicaciones encontradas fue el almacenamiento de los datos en la nube su solución está dada mediante scripts desarrollados en Python y ejecutados sobre una raspberry la cual establece la comunicación con la base de datos. Finalmente, el último inconveniente encontrado con las escalas de las gráficas se solucionó utilizando la escala más pequeña para construir escalas mayores.
- En la implementación del módulo de presentación, donde era necesario el graficar más de una curva simultáneamente se presentó lentitud durante el proceso, ya que, al ser demasiados datos y la escala muy pequeña, los requerimientos de hardware debían ser superiores al igual que el enlace a internet, este inconveniente se solventó con la generación de escalas mayores y la limitación en intervalos de tiempo específicos.
- El módulo de notificaciones está diseñado con el fin de informar al público acerca de la intensidad de la radiación ultravioleta y las medidas preventivas que se debe tomar para evitar lesiones en la piel.
- El cálculo del índice ultravioleta se realiza a partir de la radiación UVB, no obstante, dicho valor es una estimación que difiere del valor real debido a que la estación meteorológica no cuenta por el momento con los instrumentos necesarios para obtenerlo con exactitud. Sin embargo, la funcionalidad del módulo de notificaciones queda implementada.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para la adquisición de información meteorológica se recomienda la utilización de un datalogger debido a que este es un equipo dedicado para la toma de este tipo de datos, ya que su hardware se encuentra incorporado con módulos que interpretan de mejor manera la señal de los sensores a diferencia del PLC en el cual se debe incorporar módulos externos para que cumplan esta función.
- Se recomienda el uso de LoggerNet, pese a que su licencia tiene costo comercial como software de gestión del datalogger CR1000, ya que mediante este software se puede administrar y configurar todas las características del equipo a diferencia de PC200W, que es limitado.
- Se recomienda la implementación de VLANs en escenarios en los cuales se debe compartir el medio físico. Las VLANs permiten crear nuevos dominios de broadcast dando independencia lógica a la red, esto con el fin de dar mayor seguridad y mejor el rendimiento de la red.
- Se recomienda la utilización de Python para la creación de los scripts que se ejecutan en el servidor raspberry Pi3 B+, ya que el sistema operativo instalado en el mismo es Raspbian, el cual es compatible con Python.
- Para la ejecución de los scripts en el servidor raspberry pi, se recomienda el uso del archivo crontab, el cual permite configurar la ejecución de manera automática, eliminando la necesidad de realizarlo de forma manual y así el sistema se recupere frente a situaciones que puedan interrumpir el funcionamiento normal del servidor.
- En situaciones en las cuales se deban efectuar diferentes scripts en un mismo servidor se recomienda realizarlo en intervalos de tiempo diferentes, para evitar interferencias o errores que puedan suscitar en su ejecución como resultado de generar mayor carga al procesador, garantizando de esta manera un correcto desempeño.
- Se recomienda la instalación de un certificado ssl una vez publicada la aplicación web para que autentifique la identidad de la aplicación, así como cifre la información, proporcionando seguridad a la aplicación.

- Para el desarrollo de la aplicación Android se recomienda analizar previamente el grupo de usuarios para el cual se destina la aplicación, para posteriormente proceder con la selección del sdk a utilizar.
- Se recomienda la utilización del navegador web Google Chrome para aplicaciones desarrolladas con Firebase, ya que al ser productos desarrollados por Google tienen gran compatibilidad, a diferencia de Mozilla Firefox que necesita de librerías adicionales para un correcto funcionamiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Instituto PCE , «Estación Meteorológica,» [En línea]. Available: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- [2] Guías Prácticas, «Tipos de Estaciones Meteorológicas,» [En línea]. Available: <http://www.guiaspracticas.com/estaciones-meteorologicas/tipos-de-estaciones-meteorologicas>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- [3] R. Pallás, Sensores acondicionadores de señal, Barcelona (España): Macombo, 2003.
- [4] M. Moro, Instalaciones solares fotovoltaicas 2da Edición, España: Paranifo, SA, 2018.
- [5] Y. Rodríguez, «Prototipo para realizar mediciones de radiación no ionizante,» 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1723/1/TGT-406.pdf>. [Último acceso: 21 Agosto 2018].
- [6] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), «Instrumentos Meteorológica,» [En línea]. Available: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc5/lecc5_p.html. [Último acceso: 15 Septiembre 2018].
- [7] EKO, «Piranómetro MS-40,» [En línea]. Available: <https://eko-eu.com/products/solar-energy/pyranometers/ms-40-pyranometer>. [Último acceso: 20 Agosto 2018].
- [8] EKO, «Piranómetro MS-80,» [En línea]. Available: <https://eko-eu.com/products/solar-energy/pyranometers/ms-80-pyranometer>. [Último acceso: 20 Agosto 2018].
- [9] KIPP & ZONEN, «Radiómetro UVS-AB-T,» [En línea]. Available: <http://www.kippzonen.es/Product/245/UVS-AB-T-Radiometro-UV#.W6mUKWhKjcc>. [Último acceso: 21 Agosto 2018].
- [10] N. Machado, A. Lussón, L. Leysdian, J. Bonzon y O. Escalona, «Seguidor Solar,

optimizando el aprovechamiento de la energía solar,» Agosto 2015. [En línea]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012015000200008. [Último acceso: 15 Julio 2018].

- [11] EKO, «STR-21G Sun Trackers,» [En línea]. Available: <https://eko-eu.com/products/solar-energy/sun-trackers/str-21g-sun-trackers>. [Último acceso: 22 Agosto 2018].
- [12] Cambell Scientific, «Temperature and Relative Humidity Sensor 083E,» [En línea]. Available: <https://www.campbellsci.cc/083e>. [Último acceso: 15 Julio 2018].
- [13] Astronomía, «Anemómetro,» [En línea]. Available: <https://www.astromia.com/glosario/anemometro.htm>. [Último acceso: 22 Julio 2018].
- [14] ONSET, «Registrador de datos,» [En línea]. Available: <http://www.onsetcomp.com/what-is-a-data-logger>. [Último acceso: 07 Agosto 2018].
- [15] Campbell Scientific, «Manual del Datalogger CR1000,» 2000. [En línea]. Available: <https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr1000.pdf>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [16] AMCI, «Advanced Micro Controls,» [En línea]. Available: <https://www.amci.com/industrial-automation-resources/plc-automation-tutorials/what-plc/>. [Último acceso: 2018 Junio 16].
- [17] S. Raúl, Automatismos Industriales. Conceptos y procedimientos, Ulzama, 2014.
- [18] PLC Programming & Automation Online, «PLC Programming,» [En línea]. Available: <http://www.plcademy.com/ladder-logic-tutorial/>. [Último acceso: 10 Julio 2018].
- [19] GECO, «Diagramas escalera para PLC,» [En línea]. Available: [http://gecousb.com.ve/guias/GECO/Sistemas%20De%20Control%20\(PS-4313\)/Material%20Te%C3%B3rico%20\(PS-4313\)/PS-4313%20Diagramas%20de%20Escaleras.pdf](http://gecousb.com.ve/guias/GECO/Sistemas%20De%20Control%20(PS-4313)/Material%20Te%C3%B3rico%20(PS-4313)/PS-4313%20Diagramas%20de%20Escaleras.pdf). [Último acceso: 22 Noviembre 2018].

- [20] Automation Direct, «Manual Productivity 2000,» [En línea]. Available: <https://cdn.automationdirect.com/static/manuals/p2userm/p2userm.pdf>. [Último acceso: 15 Agosto 2018].
- [21] J. C. Villajulca, «Instrumentación y Control.net,» 12 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://instrumentacionycontrol.net/estructura-de-un-plc-modulos-o-interfaces-de-entrada-y-salida-es/>. [Último acceso: 29 Agosto 2018].
- [22] EcuRed, «Aplicación Web,» 31 Mayo 2016. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web. [Último acceso: 17 Junio 2018].
- [23] Lifewire, «Aplicación Móvil,» [En línea]. Available: <https://www.lifewire.com/what-is-a-mobile-application-2373354>. [Último acceso: 19 Agosto 2018].
- [24] Á. Cobo, Diseño y Programación de Bases de Datos, Madrid: Visión Libros.
- [25] IBM, «IBM,» [En línea]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSLKT6_7.6.0/com.ibm.mbs.doc/configur/r_ctr_db_structures.html. [Último acceso: 18 Octubre 2018].
- [26] Tecnicatura en gestión universitaria, «Modelo relacional. Conceptos básicos y fundamentos,» [En línea]. Available: <http://oftgu.eco.catedras.unc.edu.ar/unidad-3/sistemas-de-gestion-de-base-de-datos/modelo-relacional-conceptos-basicos-y-fundamentos/>. [Último acceso: 18 Octubre 2018].
- [27] A. Londoño, «acenswhitepapers,» [En línea]. Available: <https://www.acens.com/wp-content/images/2014/02/bbdd-nosql-wp-acens.pdf>. [Último acceso: 14 11 2018].
- [28] EUMED, «EUMED,» [En línea]. Available: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2009c/584/Metodologias%20tradicionales%20y%20metodologias%20agiles.htm>. [Último acceso: 23 Julio 2018].
- [29] D. Vijaya, «Traditional and Agile Methods,» 23 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://www.scrumalliance.org/community/articles/2013/january/traditional-and-agile-methods-an-interpretation>. [Último acceso: 23 Julio 2018].
- [30] Logicbus, «Protocolo Modbus,» [En línea]. Available: <http://www.logicbus.com.mx/Modbus.php>. [Último acceso: 14 12 2018].

- [31] J. Powell, «Automation.com,» 13 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://www.automation.com/automation-news/article/profibus-and-modbus-a-comparison>. [Último acceso: 14 Diciembre 2018].
- [32] ORACLE, «Oracle MySQL,» [En línea]. Available: https://www.mysql.com/products/enterprise/document_store.html. [Último acceso: 15 Diciembre 2018].
- [33] Google, «Firebase,» [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/pricing/?hl=es-419>. [Último acceso: 14 Diciembre 2018].
- [34] MongoDB, «MongoDB,» [En línea]. Available: <https://www.mongodb.com/cloud/atlas>. [Último acceso: 19 Diciembre 2018].
- [35] HP, «Customer Support HP 8300,» [En línea]. Available: <https://support.hp.com/vn-en/document/c03345460>. [Último acceso: 1 Mayo 2018].
- [36] ASUS, «ASUSPRO E420,» [En línea]. Available: <https://www.asus.com/mx/Commercial-Desktop/ASUSPRO-E420/>. [Último acceso: 3 Mayo 2018].
- [37] Raspberry, «Raspberry Pi 3 B+,» [En línea]. Available: <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>. [Último acceso: 4 Mayo 2018].
- [38] H. Kniberg y M. Skarin, «Kanban and Scrum Marking the most of both,» [En línea]. Available: <https://ress.infoq.com/minibooks/kanban-scrum-minibook/en/pdf/KanbanAndScrumInfoQVersionFINAL.pdf?Expires=1551710328&Signature=NoFToM82KJVvFrzyXZkPnxxzCO4BCOORp6ZIEIx8i6oLO7S2QGY17Q8x5JI1BcsUTjuNUMLXycqoJlUtYm9HPruyBJwSlcdfwfiRJ58prxokp453Zx~t5kulaN5rzGW>. [Último acceso: 5 Mayo 2018].
- [39] S. Manager, «Guía de formación Versión 2.6,» [En línea]. Available: https://www.scrummanager.net/files/scrum_manager.pdf. [Último acceso: 05 Mayo 2018].
- [40] ANGULAR, «ANGULAR,» [En línea]. Available: <https://angular.io/guide/quickstart>. [Último acceso: 5 Enero 2019].

- [41] METEOR, «METEOR,» [En línea]. Available: <https://docs.meteor.com/#/full/>. [Último acceso: 5 Enero 2019].
- [42] Django, «Django,» [En línea]. Available: <https://docs.djangoproject.com/en/2.1/>. [Último acceso: 5 Enero 2019].
- [43] ENPHASE, «ENPHASE,» [En línea]. Available: <https://enphase.com/es-lac/productos-y-servicios/enlighten-y-aplicaciones>. [Último acceso: 7 Enero 2019].
- [44] IEM, «Guía de instalación y uso de la app de monitoreo de energía solar,» [En línea]. Available: https://downloads.telcel.com/pdf/Guia_EnergiaSolarApp.pdf. [Último acceso: 6 Enero 2019].
- [45] ENPHASE, «Login Enlighten,» [En línea]. Available: <https://enlighten.enphaseenergy.com/login>. [Último acceso: 6 Enero 2019].
- [46] I. Sommerville, Ingeniería del Software. Séptima Edición, Madrid: PEARSON EDUCATION S.A., 2005.
- [47] LucidChart, «UML Use Case Diagram,» [En línea]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/uml-use-case-diagram>. [Último acceso: 07 Marzo 2019].
- [48] Angular, «Angular,» [En línea]. Available: <https://angular.io/docs#what-is-angular>. [Último acceso: 13 Febrero 2019].
- [49] TypeScript, «TypeScript,» [En línea]. Available: <https://code.visualstudio.com/docs/typescript/typescript-tutorial>. [Último acceso: 6 marzo 2019].
- [50] Visual Studio Code, «Visual Studio Code,» [En línea]. Available: <https://code.visualstudio.com/docs>. [Último acceso: 6 Marzo 2019].
- [51] VERISIGN, «Certificado SSL,» [En línea]. Available: https://www.verisign.com/es_LA/website-presence/online/ssl-certificates/index.xhtml. [Último acceso: 06 Marzo 2019].
- [52] ISO, «ISO,» [En línea]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9060:ed-1:v1:en>. [Último acceso: 18 Septiembre 2018].

- [53] Sothis, «SCADA,» [En línea]. Available: <https://www.sothis.tech/scada-que-es-y-que-permite-hacer/>. [Último acceso: 20 Octubre 2018].
- [54] Hostinet, «Hostinet,» [En línea]. Available: <https://www.hostinet.com/formacion/general/que-son-dns-tipos-registros/>. [Último acceso: 06 Marzo 2019].
- [55] ECURED, «UML,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu/UML>. [Último acceso: 07 Marzo 2019].

ANEXOS

ANEXO A. Historias de Usuario.

ANEXO B. Programa del Datalogger y Programa del PLC.

ANEXO C. Scripts del Servidor.

ANEXO D. Instalación de Angular 7 y publicación del proyecto.

ANEXO E. Código fuente de la aplicación web.

ANEXO F. Código fuente de la aplicación Android.

ANEXO G. Manuales de funcionamiento.

ORDEN DE EMPASTADO