

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**ANALÍTICA DE DATOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS DE UN
SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO UTILIZANDO FIREBASE Y
HERRAMIENTAS DE LA SUITE GOOGLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN CONECTIVIDAD EN REDES Y TELECOMUNICACIONES**

DAVID ALEJANDRO ALVAREZ MULLO

dalrezman@gmail.com

DIRECTOR: PhD. ANA MARÍA ZAMBRANO VIZUETE

ana.zambrano@epn.edu.ec

Quito, mayo 2023

AVAL

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Alejandro Álvarez Mullo, bajo mi supervisión.

PhD. Ana María Zambrano
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, David Alejandro Álvarez Mullo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Ing. David Alejandro Álvarez Mullo

DEDICATORIA

El presente Proyecto de Titulación se lo encomiendo a Dios, ya que por medio de su gracia ha permitido que lo pueda concluir.

A mi esposa Daysi, que con su apoyo, confianza y amor me ha alentado a seguir adelante para alcanzar esta meta y buscar nuevos horizontes.

A mi hija Antonellita, que alegra nuestras vidas y nos motiva cada día a ser mejores.

A mis padres que siempre me han brindado su apoyo.

A toda mi querida familia, que ha estado pendiente por sus muestras de cariño y estima.

David Alejandro Álvarez Mullo

AGRADECIMIENTO

A Dios y la virgen María que han permitido que se haga realidad este proyecto de Titulación.

A toda mi familia, que siempre deposito la confianza y cariño para culminación del presente Proyecto de Titulación.

A la Dra. Ana María Zambrano, directora de este trabajo de Titulación por la paciencia y ayuda brindada a lo largo de este tiempo para que pueda ser culminado de la mejor manera el presente trabajo.

Al personal de la Escuela Politécnica Nacional, de quienes sigo aprendiendo.

A mis amigos del Ministerio de Energía, que me han dado las facilidades para culminar el presente Trabajo de Titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General	1
1.2 Objetivos Específicos	1
1.3 Alcance	2
1.4 Marco Teórico	5
1.4.1 Componentes y variables de un sistema Fotovoltaico Aislado	5
1.4.2 Metodología ASUM-DM.....	7
1.4.4 Tarjetas de procesamiento y sensores <i>IoT</i>	10
1.4.5 Herramientas de la Suite de Google.....	15
2.1 Diseño	19
2.1.1 Planteamiento de Actividades Metodología <i>ASUM-DM</i>	19
2.1.2 Diseño Escenario Estático.....	23
2.1.3 Diseño Escenario Dinámico.....	31
2.2 Reportes.....	38
3 Implementación	40
3.1 Actualización de tareas conforme la metodología <i>ASUM-DM</i>	40
3.2 Escenario Estático.....	41
3.3 Escenario Dinámico	45
4 Análisis de Resultados.....	50
4.1 Escenario Estático.....	50
4.2 Escenario Dinámico	54
4.3 Análisis y comparación del Escenario Estático y Dinámico.....	57

4.4	Consideraciones de mantenimiento en un sistema fotovoltaico aislado..	59
5	Conclusiones y Recomendaciones.....	60
6	BIBLIOGRAFIA.....	62
7	ANEXOS.....	65
	ORDEN DE EMPASTADO.....	66

RESUMEN

La documentación del presente Trabajo de Titulación, responde a la necesidad de realizar un proceso de analítica de datos considerando las variables de un sistema fotovoltaico aislado para un escenario estático y dinámico del origen de los datos.

En el capítulo uno se define el Objetivo General, Objetivos Específicos y Alcance del Trabajo de Titulación. También, en el desarrollo del Marco Teórico se estudia los componentes de un sistema fotovoltaico aislado, la metodología para analítica de datos, los elementos electrónicos utilizados en el Prototipo y las principales herramientas de la *Suite de Google* para la obtención de gráficos y reportes.

En el capítulo dos se estudian las principales tareas y actividades de la metodología de analítica de datos seleccionada y que son aplicables para un sistema fotovoltaico aislado considerando el Escenario Estático y el Escenario Dinámico.

En el capítulo tres se describe el trabajo de implementación realizado bajo la metodología descrita, considerando una base de datos relacional para el Escenario Estático y una base de datos en tiempo real usando para el Escenario Dinámico, para lo cual, se utiliza una placa electrónica y sensores *IoT* programadas en Arduino. Se procede a generar los reportes gráficos mediante las herramientas de la *Suite de Google*.

En el capítulo cuatro se analizan los resultados obtenidos de los reportes gráficos para ambos escenarios.

Finalmente, en el capítulo cinco se plantean las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo de este Trabajo de Titulación.

PALABRAS CLAVE: Analítica de Datos, *Arduino*, Base de datos en tiempo real, sistema fotovoltaico aislado, sensores *IoT*, herramientas de la *Suite de Google*.

ABSTRACT

The documentation of this Degree Project responds to the need to carry out a data analysis process considering the variables of an isolated photovoltaic system for a static and dynamic scenario of the origin of the data.

Chapter one defines the General Objective, Specific Objectives and Scope of the Degree Work. Also, in the development of the Theoretical Framework, the components of an isolated photovoltaic system, the methodology for data analysis, the electronic elements used in the Prototype and the main tools of the Google Suite for obtaining graphics and reports are studied.

Chapter two studies the main tasks and activities of the selected data analytics methodology and that are applicable to an isolated photovoltaic system considering the Static Scenario and the Dynamic Scenario.

Chapter three describes the implementation work carried out under the described methodology, considering a relational database for the Static Scenario and a real-time database used for the Dynamic Scenario, for which an electronic board is used and IoT sensors programmed on Arduino. We proceed to generate the graphic reports using the tools of the Google Suite.

Chapter four analyzes the results obtained from the graphic reports for both scenarios.

Finally, in chapter five the conclusions and recommendations obtained during the development of this Degree Project are presented.

KEYWORDS: Data Analytics, Arduino, Real-time database, isolated photovoltaic system, IoT sensors, Google Suite tools.

1 INTRODUCCIÓN

El uso de energías limpias resulta imprescindible en el mundo para evitar consecuencias más severas del cambio climático, y se estima que para el año 2050 se tendrá una mezcla energética basada en energía renovable [1], las cuales necesitan de las tecnologías de la información y comunicación para su operación y gestión.

Dentro de las energías renovables se encuentra la energía solar, la cual está teniendo un uso más acentuado en vista de que los costos de sus componentes han disminuido en los últimos 10 años [2].

En el presente Proyecto de Titulación se realizará un análisis de datos de dos localidades que usan un sistema fotovoltaico aislado, se tendrá un **Escenario Estático** y un **Escenario Dinámico**. Para el primer escenario del análisis de datos **estáticos** se tomarán en cuenta un histórico de las mediciones realizadas de un Proyecto de sistemas fotovoltaicos en zonas aisladas de la provincia de Sucumbíos. El no disponer de este análisis de los datos, en estas zonas aisladas, ocasiona que se omitan las consideraciones y criterios convenientes sobre el comportamiento de los componentes del sistema fotovoltaico para su operación y mantenimiento; por otro lado, también podría ocasionar una avería en los elementos del sistema fotovoltaico, perdiendo la inversión realizada en el proyecto y generando una interrupción permanente en la única fuente de energía eléctrica de las zonas aisladas. Para el segundo **Escenario Dinámico** se realizará la implementación de un prototipo para la adquisición en tiempo real de los datos de las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico instalado en una vivienda que no tiene acceso al servicio público de energía eléctrica en las afueras de la ciudad de Quito, lo que permitirá tener identificar un posible fallo con anticipación.

1.1 Objetivo General

El objetivo principal del presente Proyecto de Titulación es:

Analizar los datos de un sistema fotovoltaico aislado en los entornos estáticos y dinámicos utilizando Firebase y herramientas de la Suite Google.

1.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del presente proyecto de titulación son:

- Analizar el funcionamiento de un sistema fotovoltaico aislado.

- Analizar los escenarios de los ambientes dinámico y estático de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado.
- Implementar un prototipo para la adquisición y tratamiento de datos de un sistema fotovoltaico aislado.
- Analizar los resultados obtenidos de los reportes gráficos de los datos dinámicos y estáticos.

1.3 Alcance

Se ha determinado que se tomarán datos de dos localidades. La primera del proyecto “**EC-M1063: SOLUCIONES SOSTENIBLES DE ENERGÍA RENOVABLE FUERA DE RED PARA COMUNIDADES AISLADAS DE ECUADOR**” [3] coordinado por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (actual Ministerio de Energía y Minas); el cual actualmente no está operativo en vista que se presentó un fallo severo de comunicaciones y se tuvo un histórico de datos desde enero de 2020 hasta junio de 2020. La segunda localidad corresponde a una vivienda que no tiene acceso al servicio público de energía eléctrica y usa un sistema fotovoltaico aislado.

Es importante citar que, las variables en un sistema fotovoltaico aislado son similares independiente de su ubicación, por lo tanto, se puede llegar a analizar el comportamiento de futuros proyectos y los proyectos en curso; dicha información será importante para la planificación de proyectos similares en nuestro país, resultando así un estudio fructífero. Como ya se ha recalcado, el presente Proyecto de Titulación se divide en dos etapas: un Entorno **Estático** y **Dinámico** de datos de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado tomando en cuenta una metodología de analítica de datos madura como lo es *ASUM-DM* [4], la misma que ha sido utilizada en el proyecto de titulación “*Propuesta metodológica de analítica de datos para estudio y análisis de tráfico en redes de telecomunicaciones*” [5]; sin embargo, para el presente Proyecto de Titulación se tendrán las siguientes consideraciones:

Entorno Estático:

- Para la primera etapa, se realizará un análisis de datos históricos provenientes de un sistema fotovoltaico aislado del proyecto “**EC-M1063: SOLUCIONES SOSTENIBLES DE ENERGÍA RENOVABLE FUERA DE RED PARA COMUNIDADES AISLADAS DE ECUADOR**”, ubicado en la provincia de Morona Santiago con datos de los componentes de un sistema fotovoltaico tomando en

cuenta las mediciones de voltaje, corriente, temperatura y humedad; desde febrero 2020 hasta junio de 2020 con una temporalidad aproximada de 10 minutos. Estos datos se encuentran almacenados en una base de datos MySQL, que son parte de un sistema de monitoreo instalado.

- Se realizará una descripción del proyecto indicado, dentro de la cual se detallará la estructura de la base de datos, tablas y campos donde la información se encuentra almacenada. Esto permitirá determinar los datos más consistentes a estudiar. De ser el caso, se hará una limpieza de datos con el fin de visualizar adecuadamente las variables a ser estudiadas.
- Se realizará el análisis del comportamiento de las variables eléctricas (voltaje en la batería y en el panel) así como de la temperatura y humedad mediante el uso de las herramientas de la Suite de Google [6]: como Google *Sheet* [7], que permitirá procesar los datos históricos y generar gráficas del estado de cada componente del sistema fotovoltaico. Además mediante el uso de Google Script [8] , se podrá escribir funciones avanzadas para describir el estado de las variables de los componentes del sistema fotovoltaico aislado.

Entorno Dinámico:

- Para esta etapa se justificará el criterio de selección de los componentes del prototipo hardware que permita analizar los datos en tiempo real de las variables: temperatura, humedad, corriente y voltaje de un sistema fotovoltaico aislado que se instalará en una vivienda en el suroriente de Quito (donde no se tiene acceso a cobertura del sistema público de energía eléctrica).
- Para la adquisición de datos se considerará como referencia la utilización de un dispositivo *Arduino mega 2560* [9] con un módulo *ESP2286* [10] y sensores *IoT* [11] (a determinar) para la medición de las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado, para lo cual se tomará como referencia la Figura 1.1:

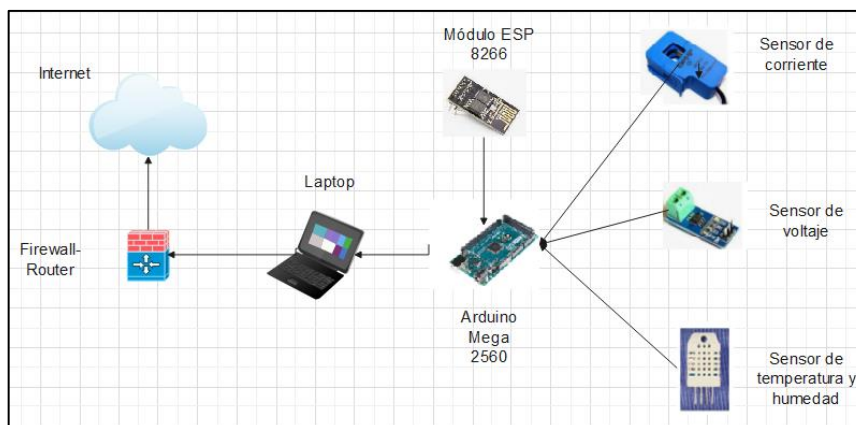


Figura 1.1 Arquitectura de adquisición de datos.

Se tomarán en cuenta las siguientes variables en los elementos del sistema fotovoltaico aislado, conforme se detalla en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1 Variables en los elementos del sistema fotovoltaico.

Variables consideradas	Elementos de sistema fotovoltaico
Voltaje, temperatura y humedad	Panel fotovoltaico
Voltaje	Batería

- Para el tratamiento y almacenamiento de datos se considerará la utilización de la herramienta *Firebase* [12], que permitirá conocer en tiempo real los valores de las variables a monitorear para identificar posibles fallos en el sistema. Se realizará el almacenamiento de los datos en *Firebase* mediante una tarjeta electrónica para habilitar el envío de información en tiempo real, dicha tarjeta estará conectada con los sensores *IoT* que permitan medir los datos definidos en la Tabla 1.1.
- Se instalará el prototipo para la lectura de datos dinámicos en la localidad donde se encuentra ubicado el sistema fotovoltaico aislado y se realizará el afinamiento requerido.
- Finalmente, se mostrarán los resultados obtenidos mediante reportes gráficos tanto para los datos estáticos como dinámicos para establecer tendencias de comportamiento en el voltaje de la batería y el voltaje, temperatura y humedad del panel.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Componentes y variables de un sistema Fotovoltaico Aislado

Un sistema fotovoltaico aislado transforma la energía solar en energía eléctrica, cuyos elementos son: generador fotovoltaico, regulador de carga, inversor y batería, conforme se indica en la Figura 1.2; los cuales pueden ser monitoreados mediante la lectura de las variables de voltaje, corriente, temperatura y humedad. Una característica importante de los sistemas fotovoltaicos aislados es que no requieren de ninguna conexión a la red pública eléctrica, por lo que se utilizan en ambientes de áreas rurales de difícil acceso, explotaciones agrícolas y ganaderas, sector de telecomunicaciones, entre otros.

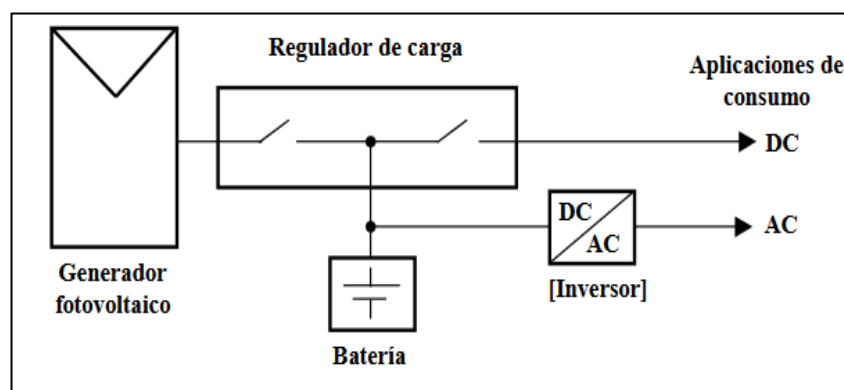


Figura 1.2 Esquema unifilar de generación de un sistema fotovoltaico aislado [13].

Los paneles solares tienen un tiempo de vida de aproximadamente de 10 años, según sea la garantía del fabricante y dependiendo del material de construcción puede ser un poco más.

Existen baterías dedicadas para los sistemas fotovoltaicos aislados de 12 y 24 voltios, que permiten almacenar la energía eléctrica por rangos de tiempo más amplios y su tiempo de vida útil es superior a dos años.

Otro factor importante en consideración es que, el inversor es propenso de experimentar pérdidas debido al proceso de conversión de energía eléctrica continua a energía eléctrica alterna.

El regulador de carga es conocido también como concentrador porque es el elemento donde convergen los elementos del sistema fotovoltaico, por lo que no resultaría ser el más importante, al contrario, todos los elementos son necesarios para que el sistema funcione de manera correcta. En otros modelos de concentradores se puede incluir un puerto de red

que permitiría obtener los valores de los *Logs* del comportamiento del concentrador y sus elementos interconectados. Dicho modelo se usa en instalaciones de gran volumen.

En la Tabla 1.2 se describe el funcionamiento de cada elemento de un sistema fotovoltaico aislado y las consideraciones que se tienen para la medición de las principales variables que permitan dar un diagnóstico del estado de un sistema fotovoltaico.

Tabla 1.2 Variables en los elementos de un sistema fotovoltaico.

Elemento	Función	Variables
Panel Fotovoltaico	Son módulos fotovoltaicos que transforman la energía eléctrica solar en energía continua.	Permite la lectura de voltaje , corriente y potencia .
Batería	Las baterías almacenan la energía transformándola en energía Electroquímica.	Permite la lectura de voltaje, corriente y potencia.
Regulador/concentrador	Permite proteger a la batería contra sobrecarga y sobre descarga.	Permite la lectura de voltaje, corriente y potencia.
Inversor	Convierte la corriente continua de la instalación fotovoltaica en corriente alterna para la alimentación.	Permite la lectura de corriente continua y alterna.
Carga	Corresponden a los elementos en corriente alterna a energizar.	Permite la lectura de voltaje, corriente y potencia alterna.

1.4.2 Metodología ASUM-DM

La metodología CRISP-DM (*Cross-Industry Standard Process for Data Mining*) puede ser utilizada como metodología y como modelo de proceso para proyectos de minería de datos, la cual es impulsada por la *IBM Corporation*¹. En 2015, *IBM Corporation*, propuso una renovada metodología llamada “*Analytics Solutions Unified Method for Data Mining/Predictive Analytics*” (ASUM-DM) que se basa en *CRISP-DM*, y es parte de la metodología general *ASUM (Analytics Solutions Unified Method)* incorporada en los productos y soluciones analíticas de *IBM* [14].

Se tomará como referencia la metodología citada en la Figura 1.3 en vista que ha sido ampliamente utilizada y en la cual se considera la dimensión de analítica de datos con resultados satisfactorios para una red de telecomunicaciones [15].

En relación a la dimensión de gestión de proyectos, se tienen las fases de Inicio, Planificación y Cierre, que consideran 22 actividades definidas, las mismas que se actualizarán para acoplarse al presente Trabajo de Titulación.

Por otro lado, la metodología en mención es de uso general para analítica de datos en diferentes tipos de negocio, pudiendo estos ser grandes o pequeñas organizaciones, por lo que, se pueden identificar en cada fase de análisis, los siguientes roles con actividades específicas como se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3 Descripción de roles en ASUM-DM.

Roles	Principal descripción
Científico de datos	Responsable de comprender el negocio, comprender los datos y preparar los datos.
Arquitecto empresarial	Responsable de diseñar y validar la infraestructura.
Administrador del proyecto	Responsable de planificación y coordinación general del proyecto.
Desarrollador	Responsable de la construcción y evaluación del modelo.

¹ International Business Machines Corporation es una reconocida empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría.

En la Figura 1.3 se indica de forma gráfica las principales actividades de la metodología descrita con sus Fases de Inicio, Planificación y Ejecución; así como la de Cierre.

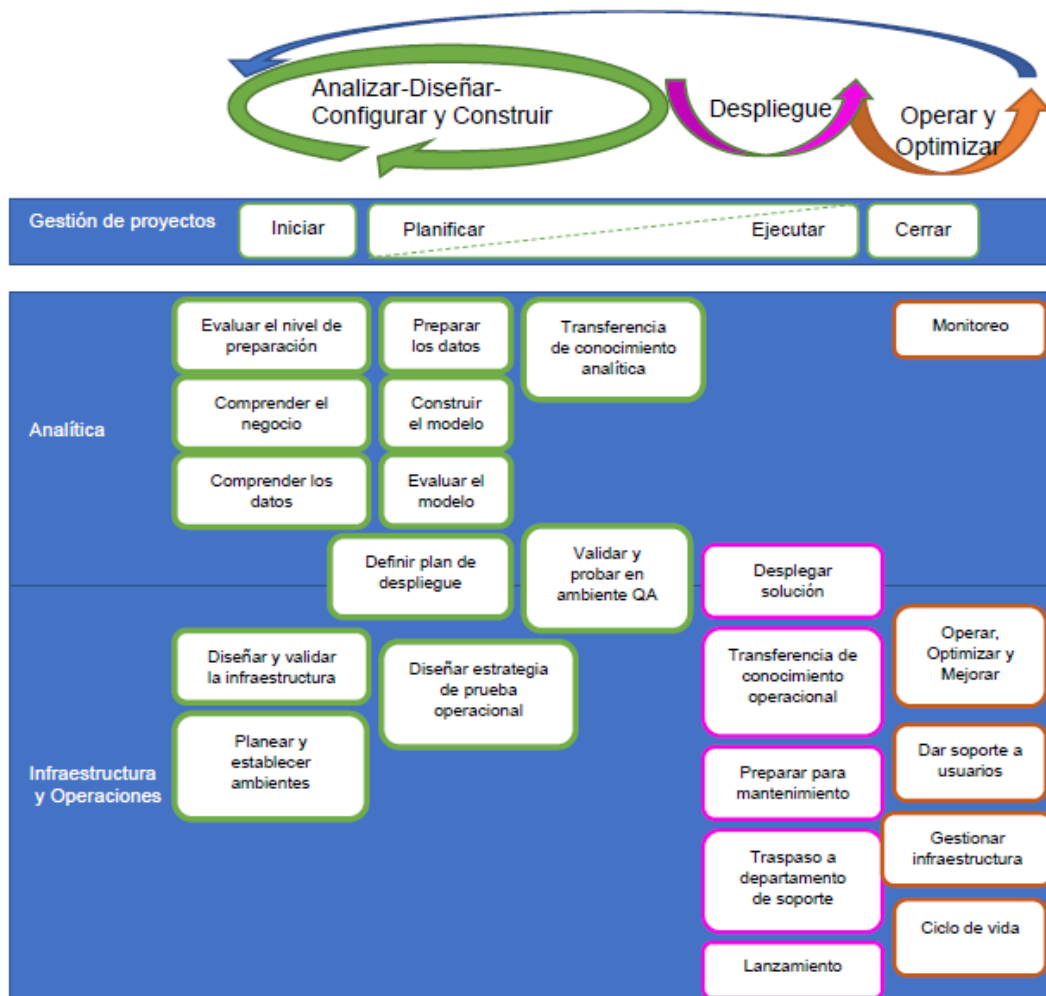


Figura 1.3 Modelo ASUM DM [16].

Las principales tareas de Analítica de Datos aplicables que se pueden considerar para el análisis de un sistema fotovoltaico aislado son:

Fase de Inicio:

- **Evaluar el nivel de preparación:** En esta etapa se revisa el estado actual y el detalle del proyecto, en la cual identifican los recursos para su ejecución; se definen las expectativas del cliente.

- **Comprender el negocio:** En esta etapa se busca el entendimiento del proyecto enfocados en los requerimientos, riesgos y planes de contingencia desde la perspectiva empresarial, determinando los objetivos de la minería de datos, alineándose con los objetivos del negocio y alcanzándolos.
- **Comprender los datos:** Se compone de la búsqueda, acceso, recolección, descripción y exploración de los datos provenientes de las distintas fuentes disponibles con el fin de evaluar la calidad de los mismos.

Fase de Planificación y Ejecución:

- **Preparar los datos:** Dentro del proceso de minería de datos, actúa como filtro de los datos, seleccionando, limpiando, integrando, generando nuevos datos y formateando los mismos para las consiguientes tareas de análisis.
- **Construir el modelo:** A este punto se plantea el escenario de iteración empleando la estructura de datos construida para formar un modelo que se ajuste a los requerimientos preestablecidos, lo que implica la modificación de los parámetros que intervienen, lo que puede generar nuevos requerimientos y varios modelos.
- **Evaluar el modelo:** Estudia y pondera los modelos obtenidos con base en los resultados y sus características como su lógica, complejidad, efectividad, adherencia a los requerimientos.

Fase de Cierre:

- **Monitoreo:** Se realizan tareas de mantenimiento y se crean puntos de control posteriores a la implementación que facilitan un uso exitoso de la solución durante el ciclo de vida de la solución.

El uso de esta metodología, para soluciones de analítica de datos asegura en un alto porcentaje el éxito del proyecto, siendo un factor importante la calidad de los datos, debido a que los elementos involucrados en el ciclo de vida de los ejercicios de analítica mantienen directrices, reglas y lineamientos establecidos para cumplir con un propósito en particular. En este caso será conocer el estado de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado para tener un criterio más adecuado para las actividades de operación y mantenimiento.

Las ventajas del uso de esta metodología son [17]:

- Establecer una forma probada para llevar un problema a una solución de analítica.

- Alinear la analítica con la intención estratégica de la organización.
- Lograr eficiencia en algún aspecto del negocio.

El presente Trabajo de Titulación constituye una propuesta que aborda aspectos como guía de buenas prácticas para ejercicios de analítica, recomendaciones y demás relacionados con el comportamiento de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado.

1.4.3 Base de Datos en Tiempo Real *Firebase* [18]

Es una base de datos *No SQL (Not Only SQL)* que pertenece al modelo no relacional, que guarda los datos en formato JSON mediante pares *nombre – valor* en forma de árbol; y de esta forma se pueden implementar métodos para lectura y escritura de datos en tiempo real, los cuales se almacenan en la nube.

Para el diseño de una base de datos con *Firebase* se debe considerar un modelo plano de base de datos, porque al realizar consultas de la información de un nodo, se recupera todos los nodos secundarios, con un acceso de 10 MB como longitud máxima de *String* en sus nodos, 768 bytes como longitud límite de una clave y permite anidar hasta 32 niveles de profundidad.

Las bases de datos *NoSQL* son estructuras que permiten almacenar información en aquellas situaciones en las que las bases de datos relacionales generan ciertos problemas debido principalmente a problemas de escalabilidad y rendimiento de las bases de datos relacionales donde se dan cita miles de usuarios concurrentes y con millones de consultas diarias.

1.4.4 Tarjetas de procesamiento y sensores *IoT*

A continuación, se estudia a breves rasgos las características necesarias de las tarjetas de procesamiento y sensores *IoT* para la realización del prototipo correspondiente a este Trabajo de Titulación.

Las tarjetas de procesamiento son placas de desarrollo totalmente abiertas, a nivel de software y hardware, que permiten facilitar la programación de un microcontrolador y los sensores *IoT* permiten cuantificar las variables físicas.

a) *Arduino Mega*

El *Arduino Mega 2560* es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador *ATmega2560* [19], el cual tiene 54 entradas/salidas digitales, de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas *PWM* (*Modulación por Ancho de Pulso*), 16 entradas analógicas, 4 *UARTs* (*Transmisor-Receptor Asíncrono Universal*), un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de placas compatibles para *Arduino UNO*.

En la Figura 1.4 se muestra la forma física de la tarjeta *Arduino Mega 2560* con sus entradas y salidas, puertos de comunicación y voltajes de operación en corriente continua de 5 y 3.3 voltios para alimentación de los sensores *IoT*.



Figura 1.4 Tarjeta Arduino Mega 2560 [20].

Se utilizará el IDE de Arduino 1.8.19 o superior para la programación de los microcontroladores; éste permitirá establecer la comunicación de los dispositivos *IoT* (Internet de las cosas) para la adquisición y procesamiento de las mediciones en tiempo real de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado.

b) *Node MCU*

Es una pequeña placa Wifi lista para usar en cualquier proyecto *IoT*, sobre la cual está instalada el microcontrolador ESP8266 y expone todos sus pines en los laterales. Además,

ofrece más ventajas como la incorporación de un regulador de tensión integrado, así como un puerto USB de programación. Se puede programar mediante el *IDE* de Arduino, en la Figura 1.5 se indica el aspecto físico de la tarjeta ESP8266.



Figura 1.5 Tarjeta Node MCU [21].

Para el presente Trabajo de Titulación se utiliza la librería ***ESP8266Firebase.h*** en el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) de *Arduino* para poder enviar los datos de los sensores *IoT* hacia la base de datos *No SQL* [22].

c) *Sensores IoT*

Son dispositivos que convierten la magnitud de entrada (temperatura, humedad, presión, etc.) en una señal eléctrica medible e interpretable por los dispositivos electrónicos, y capaz de ser almacenada en una base de datos para su posterior uso y proceso [23].

Para el presente Trabajo de Titulación se utiliza un sensor de temperatura y humedad llamado *DHT22*, que es un sensor digital relativo de buen rendimiento y de bajo costo; y es compatible con las plataformas *Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu*, muy sencillo tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo *Single bus* [24] . En cuanto al hardware, solo es necesario conectar el pin VCC de alimentación a 3-5V, el pin GND a Tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital en nuestro Arduino. En la Figura 1.6 se muestra el aspecto físico del sensor.



Figura 1.6 Sensor de temperatura y humedad DHT22.

A continuación, se detallan las características técnicas del sensor en la Tabla 1.3 y es importante señalar que ese sensor permite tener valores de sensibilidad bajos tanto para las mediciones de temperatura como de humedad.

Tabla 1.3 Características del sensor de temperatura y humedad.

Características	Valor
Voltaje de Operación:	3V - 6V DC
Rango de medición de temperatura:	40°C a 80 °C
Resolución Temperatura:	0.1°C
Rango de medición de humedad:	De 0 a 100% RH
Precisión de medición de humedad:	2% RH
Resolución Humedad:	0.1%RH
Tiempo de sensado:	2s
Interface digital:	Single-bus (bidireccional)

Se describe el sensor ACS712, que es un circuito integrado de sensor de corriente lineal de *Efecto Hall*, que permite realizar mediciones de corriente; requiere de un voltaje de suministro de 5V y producirá una salida de voltaje analógico proporcional a la corriente de medición que está detectando. En la Figura 1.7 se puede observar las características físicas del sensor para la medición de voltaje.[25]

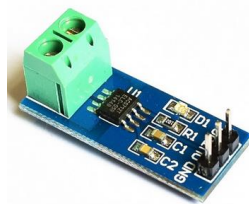


Figura 1.7 Sensor de corriente ACS712 .

Por otro lado, en la Tabla 1.4 se muestran las principales características eléctricas de operación y con relación al presente Trabajo de Titulación, se considera el valor el rango de medición de 0 a 12 voltios de corriente directa, que corresponde al voltaje de la batería del sistema fotovoltaico.

El sensor de corriente ACS712 es utilizable para la medición de la corriente en la batería y corriente de un panel de un sistema fotovoltaico aislado.

Tabla 1.4 Características del sensor de corriente.

Características	Valor
Voltaje de Operación	3.3V - 5V DC
Resolución	10 Bits
Rango de valores de salida digital	0-1024
Rango de voltaje de entrada analógica	0-3.3V

Se utiliza el sensor de voltaje FZ0430 [26], que es un dispositivo simple, que permite medir un voltaje máximo de 25 voltios de corriente directa y está constituido por dos resistores uno de 7.5K Ω y otro de 30k Ω , con lo cual se reduce el voltaje medido en una proporción de 0.2; en la Figura 1.8 se muestra el aspecto físico del sensor señalado.

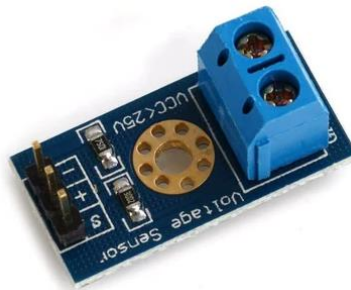


Figura 1.8 Sensor de voltaje FZ0430 [26].

En la Tabla 1.5 se muestra el diagrama de conexión de sus pines.

Tabla 1.5 Pines de conexión para el sensor de voltaje.

Pines	Referencia
+	Positivo (3.3 a 5V)
-	Negativo
S	Señal

Para el presente Trabajo de Titulación se considera la lectura de las variables de temperatura, humedad y voltaje en el panel solar, el voltaje en la batería y la corriente en la carga, porque permitirán evaluar de forma rápida el estado del sistema y emitir criterios de mejora en su plan de operativo de mantenimiento.

1.4.5 Herramientas de la Suite de Google

La Suite de Google tiene un completo paquete de herramientas o aplicaciones que le permiten trabajar de manera más eficiente y productiva a una organización. Las principales herramientas que se abordan en el presente estudio se muestran en la Tabla 1.6.

Tabla 1.6 Suite de Google [27].

Herramienta	Descripción
AppSheet	Es una herramienta de la nube de Google que permite que los integrantes de una organización compilen y amplíen aplicaciones sin necesidad de programar o codificar.
Google Sheet	Es un editor de hojas de cálculo online gratuito.
Apps Scripts	Automatiza, integra y amplía <i>Scripts</i> en la nube de <i>Google</i> .

Para la elaboración de los reportes y gráficos en el presente Proyecto de Titulación se utiliza *Google Sheet*, que incluye herramientas que permiten generar gráficos mediante funciones específicas, conforme se indican en la Tabla 1.7.

Los reportes pueden ser generados desde hoja de *Google Sheet*, que permite la impresión en formato *PDF*, con lo cual será factible la selección de las columnas que contengan los valores requeridos para el análisis de las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado.

Por otro lado, con las funciones disponibles el *Google Apps Script* se puede enviar mediante correo electrónico este tipo de reportes.

Una opción importante que presente *GoogleSheet*, es que permite utilizar las funcionalidades de una table dinámica de *Microsoft Excel*, lo que facilitará la actividad de generación de un reporte específico.

Tabla 1.7 Tipos de gráficos en *Google Sheet* [28].

Tipo de gráfico	Descripción
Líneas	Gráficos que muestran datos en un lapso de tiempo con su comportamiento.
Combinado	Permiten mostrar cada serie de datos como un tipo de marcador diferente.
Áreas	Permiten hacer seguimiento de forma gráfica de una o más series de datos.
Columnas	Permiten mostrar una o más categorías o grupos de datos, en particular si cada categoría presenta subcategorías.
Barras	Permiten mostrar la diferencia entre los datos de una o más categorías.
Circular	Permiten mostrar datos como porciones de un todo.
Dispersión	Permiten mostrar coordenadas numéricas en el eje horizontal y vertical.

De los tipos de gráficos señalados se escogerá aquella que permita mostrar una tendencia en el tiempo para el análisis de las variables de un sistema fotovoltaico aislado.

Por otro lado, con el uso de *Google Apps Script* es posible crear y modificar información obviando el uso de las interfaces convencionales de los servicios; estos servicios pueden ser *Google Sheet*, *Gmail*, entre otros. Estos disponen de una serie de *APIs* (*Application Programming Interface*), las cuales se pueden utilizar a través de otro programa mediante sus métodos y propiedades. La sintaxis que utiliza *Google Apps Script* para modificar información de los servicios indicados es *JavaScript*.

***Google Apps Script* [29]**

Es una plataforma de desarrollo de aplicaciones rápida que agiliza y facilita la creación de aplicaciones empresariales que se integran con la *Suite de Google*. Utiliza el lenguaje de programación *JavaScript* [40] y permite el acceso a bibliotecas integradas para los servicios de *Gmail*, Calendario, *Drive* y muchas más mediante el uso de una *API*. No se requiere la

instalación de una aplicación. *Google Apps Script* proporciona un editor de código en el navegador y la secuencia de comandos se ejecutan en los servidores de *Google*.

La *API* de *Google Apps Scripts* se trabaja con el fraccionamiento de sus recursos, dependiendo del propósito que se utilice. Los recursos disponibles se indican en la Tabla 1.8, la cual se describe a continuación.

Tabla 1.8 Tipos de recursos API en *Google Apps Sheet* [30].

Recursos API	Función
Project	Es una representación de un proyecto de secuencia de comandos. La API proporciona métodos para crear, leer, supervisar y modificar proyectos.
Projectcs.deployments	Es una representación de una implementación de secuencia de comandos. La API proporciona métodos para crear, enumerar, actualizar y borrar implementaciones de proyectos de secuencias de comandos.
Projects.versions	Es una representación de una versión de proyecto de secuencia de comandos. La API proporciona métodos para crear y leer versiones de proyectos.
Processes	Es una representación de la ejecución de una función de secuencia de comandos. La API proporciona métodos para enumerar procesos existentes y recopilar información sobre ellos, como el tipo y el estado actual.
Scripts	El extremo que proporciona métodos para ejecutar funciones de Apps Script de forma remota.

Para el uso de las *APIs* es importante considerar una autenticación para la conexión segura con una base datos externa.

2 METODOLOGÍA

En este capítulo se utiliza la metodología *ASUM-DM* [31] para realizar el análisis de datos considerando el Escenario Estático y el Escenario Dinámico de un sistema fotovoltaico aislado, así como también, se describirán las principales tareas y actividades a realizar.

Para el caso del **Escenario Estático** se realiza una preparación de los datos históricos (de enero a febrero de 2020), lo que implica realizar un proceso de depuración y filtrado para la selección del panel fotovoltaico mediante criterios de comparación de las condiciones de operación normal y la verificación de datos ausentes; de tal forma que se presentan los datos más consistentes previo a su análisis. También se diseña el modelo entidad relacional que mejor se acople a los requerimientos planteados y que permitan generar las gráficas de análisis correspondientes.

Para el caso del **Escenario Dinámico** se diseña la arquitectura de hardware de conexión para el acoplamiento de los dispositivos electrónicos que se utilizan para la adquisición de datos en tiempo real (datos dinámicos), así como se establece la estructura de datos en tiempo real en la herramienta *Firebase* mediante la programación del *Script* en el *IDE de Arduino*.

Para el caso de la etapa de implementación se realiza las siguientes actividades conforme se detalla a continuación:

En el **Escenario Estático**, se realiza las consultas en la base de datos *MySQL* que permitan presentar los valores que cumplan las condiciones de operaciones de un sistema fotovoltaico aislado y que presente menos valores nulos para la determinación de los datos más consistentes.

Para trasladar los datos del Escenario Estático al ambiente de la *Suite de Google*, se publica la base de datos para que sea accedida de forma segura.

En el **Escenario Dinámico**, se escribe la codificación del prototipo para la adquisición y procesamiento de los datos dinámicos, para lo cual se utiliza una tarjeta electrónica con sensores *IoT* que permitan la integración a una base de datos en nube (*Firebase*), desde la cual se podrá tener una gestión más adecuada para analizar los datos en tiempo real.

2.1 Diseño

En este apartado se seleccionan las actividades que mejor se enmarquen de la metodología descrita *ASUM-DM*, en especial énfasis con la adquisición, procesamiento y tratamiento de los datos en tiempo real.

Los datos de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado permiten definir su estado para el Escenario Estático y el Escenario Dinámico.

2.1.1 Planteamiento de Actividades Metodología *ASUM-DM*

En el marco de la metodología *ASUM-DM*, descrita en el **Apartado 1.4.2 Metodología ASUM-DM**, se realiza un análisis de las actividades para determinar la relación de las mismas y que sean aplicables para los dos ambientes de analítica de datos que se realizan. En la Fase de **“Inicio de Analítica de Datos”** del presente Trabajo de Titulación se consideran las tareas de “Revisión del detalle del Proyecto” y la “Identificación de los recursos” para la actividad denominada **“Preparación para la Implementación”**, las cuales son comunes para ambos Escenarios de análisis, Dinámico y Estático; mientras que para la actividad de **“Comprender el negocio”** se tienen las tareas de: “Definición de los objetivos del Proyecto” y la “Determinación de los criterios de éxito del Proyecto”, que son comunes para ambos Escenarios. En la actividad de **“Comprender los datos”** se tienen cuatro tareas, de las cuales la “Recopilación de datos iniciales” es aplicable únicamente para el Escenario Dinámico porque se realizará la adquisición y procesamiento de los datos en tiempo real, mientras que las tareas de “Descripción de los Datos”, “Exploración los Datos” y “Verificación la calidad del Dato” son comunes para ambos Escenarios.

De lo expuesto, se puede resumir en la Tabla 2.1 las actividades y tareas consideradas en la Fase de Inicio para el Escenario Estático, las mismas que son similares para el Escenario Dinámico.

Para la nomenclatura de la metodología aplicada se utiliza la abreviación de *SFA* para referirse a un sistema fotovoltaico aislado.

Tabla 2.1 Fase de Inicio para Escenario Estático.

Actividades	Tareas	Descripción
Preparación para la implementación	Revisar detalles del proyecto	Se analizarán los requerimientos y se identificarán los puntos clave durante en el proyecto.
	Identificar recursos	Se identificarán los recursos adecuados para que puedan ser asegurados.
Comprender el negocio	Definir objetivos del Proyecto	Se recomendarán las mejores prácticas para un plan de mantenimiento y operación de un SFA en base a los resultados obtenidos de un Proceso de analítica de datos.
	Determinar criterios de éxito del proyecto	Se realizarán las mediciones de los sensores IoT con las condiciones de operación.
Comprender los datos	Recopilar datos iniciales	No aplica.
	Describir los datos	Se realizará la descripción del formato y cantidad de los datos adquiridos, así como su evaluación de los requisitos de operación.
	Explorar Datos	Se realizarán las consultas necesarias que permitan la distribución de atributos clave.
	Verificar la calidad del Datos	Se verificará que los datos estén completos, que sean correctos y si existen valores faltantes.

Para la Fase de Planificación y Ejecución, se muestran en la Tabla 2.2, el resumen de tareas consideradas para realizar un proceso de analítica de datos de las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico en el Escenario Estático.

Entre las variables que se analizan están: voltaje, corriente, humedad y temperatura; las mismas que serán definidas en los **requerimientos de analítica de datos**.

Tabla 2.2 Fase Planificación y Ejecución para Escenario Estático.

Actividades	Tareas	Descripción
Preparación de los Datos	Selección de Datos	Se utilizarán criterios para la selección de los datos que permitan cumplir con los objetivos de la analítica de datos.
	Limpieza de Datos	Se enfocará a determinar tipo de ruido afectaron los datos y si se excluirán datos para el análisis.
	Construcción de Datos	De requerir se podará construir nuevos datos derivados de las características o atributos existentes.
	Integración de los Datos	Se podrán generar nuevas tablas a partir de las consultas sobre las tables existentes.
	Formato de los Datos	Los datos deberán cumplir con un formato específico para la generación de un reporte.
	Creación de reporte de preparación de datos	Se realizará un resumen de las actividades de preparación de los datos.

Para la Fase de Cierre se muestran en la Tabla 2.3, la única actividad considerada para ambos Escenarios, tanto Estático como Dinámico y se revisarán los resultados obtenidos como se detalla.

Tabla 2.3 Fase de Cierre Escenario Estático.

Actividad	Tareas	Descripción
Operación y optimización	Monitoreo	Se supervisará los resultados obtenidos para garantizar su precisión.

Lo descrito en los párrafos y tablas que anteceden, permiten describir de forma ordenada el comportamiento de las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado en el Escenario Estático; mientras que para el Escenario Dinámico se indica en la Tabla 2.4 las actividades y tareas consideradas en la Fase de Inicio.

Los recursos disponibles para cada ambiente de análisis varían de acuerdo a los elementos necesarios para la implementación del prototipo.

Tabla 2.4 Fase de Inicio para análisis Escenario Dinámico.

Actividades	Tareas	Descripción
Preparación para la implementación	Revisar detalles del proyecto	Se analizarán los requerimientos y se identificarán puntos clave durante en el proyecto.
	Identificar recursos	Se identificarán los recursos adecuados para que puedan ser asegurados.
Comprender el negocio	Definir objetivos del proyecto	Se recomendarán las mejores prácticas para un plan de mantenimiento y operación de un SFA en base a los resultados obtenidos de un proceso de analítica de datos.
	Determinar criterios de éxito del proyecto	Se realizarán las mediciones de los sensores IoT con las condiciones de operación.
Comprender los datos	<i>Recopilar datos iniciales</i>	<i>Se realizará la adquisición de los datos correspondientes a las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico.</i>
	Describir los datos	Se realizará la descripción del formato y cantidad de los datos adquiridos, así como su evaluación de los requisitos de operación.
	Explorar Datos	Se realizarán las consultas necesarias que permitan la distribución de atributos clave.
	Verificar la calidad del Dato	Se verificará que los datos estén completos, que sean correctos y si existen valores faltantes.

Para la tarea de “recopilación de datos iniciales” dentro de la actividad “**Comprender los datos**”, se considera el diseño y desarrollo del prototipo para la adquisición y procesamiento de datos.

La Fase de Planificación y Ejecución se muestran en la Tabla 2.5, en la cual se detallan las actividades y tareas consideradas.

Tabla 2.5 Fase Planificación y Ejecución para Escenario Dinámico.

Actividades	Tareas	Descripción
Preparación de los Datos	Selección de Datos	Se utilizarán criterios para la selección de los datos que permitan cumplir con los objetivos de la analítica de datos.
	Limpieza de Datos	Se enfocará a determinar tipo de ruido afectaron los datos y si se excluirán datos para el análisis.
	Construcción de Datos	De requerir se podrá construir nuevos datos derivados de las características o atributos existentes.
	Integración de los Datos	Se podrán generar nuevas tablas a partir de las consultas sobre las tablas existentes.
	Formato de los Datos	Los datos deberán cumplir con un formato específico para la generación de un reporte.
	Creación de reporte de preparación de datos	Se realizará un resumen de las actividades de preparación de los datos.

Para la Fase de Cierre se muestran en la Tabla 2.6 la única actividad considerada:

Tabla 2.6 Fase de Cierre para Escenario Dinámico.

Actividad	Tareas	Descripción
Operación y optimización	Monitoreo	Se supervisarán los resultados obtenidos para determinar patrones de comportamiento.

2.1.2 Diseño Escenario Estático

Mediante la aplicación de la metodología descrita en la sección anterior se realiza el diseño para analítica de datos considerando el uso de los datos históricos de las mediciones realizadas en el Proyecto de Zonas Aisladas durante el período de enero a junio del 2020.

Es importante considerar que dentro de cada fase se definieron actividades y tareas detalladas en el Apartado 2.1.1 **Planteamiento de Actividades Metodología ASUM-DM**, las cuales se simplificaron como aporte en el presente Trabajo de Titulación y se describen a continuación las fases consideradas para el análisis de los datos estáticos:

Fase Inicio

En este Apartado se describe la situación actual del proyecto y se realiza un resumen de los requerimientos actuales, así como también se identificarán los recursos y limitaciones del proyecto, por lo que, siguiendo las actividades de metodología se tiene:

a) Preparación para la implementación

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (actual Ministerio de Energía y Minas), a través del convenio de cooperación técnica con el Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN, del Grupo BID), coordina la ejecución del proyecto “*EC-M1063: SOLUCIONES SOSTENIBLES DE ENERGÍA RENOVABLE FUERA DE RED PARA COMUNIDADES AISLADAS DE ECUADOR*”, con el objetivo general de mejorar la calidad de vida de las poblaciones de la Región Amazónica Ecuatoriana [3]. Dicho Proyecto en zonas aisladas se ha venido desarrollando en dos etapas: la primera consistió en la instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades aisladas de la región amazónica desde el año 2012 y la segunda consistió en la instalación de un sistema de monitoreo en enero del 2020 a cargo de una empresa consultora española, llamada *QualifyingPhotoVoltaics* [32].

Se realiza una descripción de la terminología utilizada para comprender el origen de los datos:

- SAD: Sistema de Adquisición de Datos.
- Módulo LoRa-mesh: Es una tecnología de radio de largo alcance y baja potencia que se emplea en gran medida en escenarios de Internet de las Cosas (IoT).
- Enlace satelital M2M Hughes 9502: Proporciona una conectividad fiable sobre la red de banda ancha global de Inmarsat (BGAN) para IP SCADA y aplicaciones "machine to machine" (M2M) [45].

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Morona Santiago y está formado por tres bloques bien diferenciados:

- **Sistema de adquisición de datos (SAD)** : ubicado en cada una de las viviendas de las zonas aisladas, cuya función es la adquisición y transmisión de los datos medidos hasta un concentrador de comunidad.

- **Pasarela LoRa-mesh:** se ha instalado uno por comunidad y cuya función es recoger los datos generados y enviar al decodificador de datos.
- **Decodificador y procesamiento de datos:** plataforma de visualización, cuya función es realizar los cálculos necesarios sobre los datos recibidos y almacenarlos en una base de datos en *MySQL*.

Para la identificación del origen y ubicación del panel fotovoltaico se conservará la información importante asociada al mismo, la cual se representa en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Nomenclatura de datos Escenario Estático.

Sigla	Descripción	Valores de Operación
Data_time	Describe la fecha y hora de las mediciones realizadas.	Fecha y hora de la medición.
CT	Se refiere al identificador del concentrador asociado una vivienda.	Entre 1 y 100.
IN	Se refiere al identificador del Sistema de Adquisición de Datos asociado una vivienda.	Entre 1 y 100.
V_BAT	Voltaje en la batería.	Entre 0 y 2500 Centívoltios (cV) en C.C.
V_FV	Voltaje en el panel.	Entre 0 y 2500 Centívoltios (cV) en C.C.
I_DC	Corriente de consumo.	Entre 0 y 15000 Miliamperios (mA) en C.C.
V_DC	Voltaje de consumo.	Entre 0 y 2500 Centívoltios (cV) en C.C.
IFV	Corriente en el panel.	Entre 0 y 12000 Miliamperios (mA) en C.C.
V_AC	Voltaje de inversor.	Entre 0 y 30000 Centívoltios (cV) en C.A.

I_AC	Corriente del inversor.	Entre 0 y 5000 Miliamperios (mA) en C.A.
TM	Temperatura	0 a 150 °C.
HM	Humedad	0 a 100%.

De los valores de operación presentados en la Tabla 2.7, es preciso señalar que cien centi voltios equivale a un voltio de corriente continua, de tal forma que tiene:

$$100 \text{ centívoltio} = 1 \text{ voltio}$$

Del mismo modo, para el caso de los valores de corriente en continua se tiene la siguiente equivalencia para los valores en mili amperios, como se indica:

$$1000 \text{ miliamperios} = 1 \text{ amperio}$$

Para el valor de la temperatura se considera que corresponde el mismo valor sentido tanto para el panel fotovoltaico, así como la temperatura del ambiente en vista de que constituyen un mismo sistema.

Los únicos valores considerados en C.A. (corriente alterna) corresponden al voltaje e intensidad de inversor, en vista que al mismo se conectará los elementos que se deseen energizar.

A continuación, se presenta un resumen del flujo de los datos desde su generación, procesamiento, almacenamiento y visualización.

En la Figura 2.1, en la cual, se observa que las viviendas se encuentran interconectas en malla con un módulo *LoRa-mesh* [33] y a su vez convergen en un concentrador de datos para el envío de información mediante un enlace satelital, que recibe los datos en un servidor para su decodificación y procesamiento.

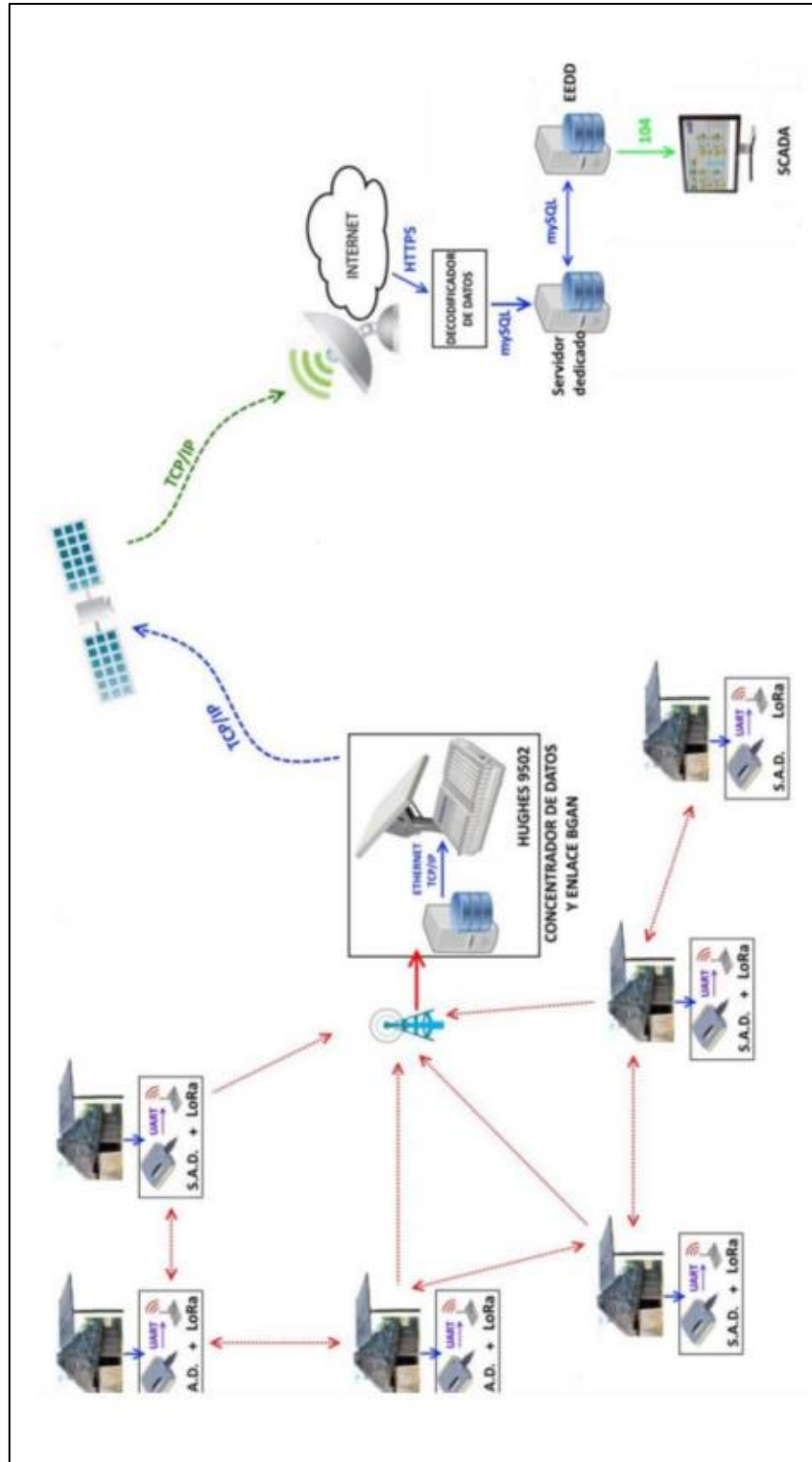


Figura 2.1 Esquema general del flujo de datos Escenario Estático.

Los requerimientos funcionales que se tienen en relación con los objetivos del presente Trabajo de Titulación para analítica de datos estáticos son:

- Realizar una depuración de la base de datos en MySQL.
- Seleccionar el panel fotovoltaico que presente datos más consistentes.
- Generar los reportes gráficos de las variables de voltaje, corriente, temperatura y humedad mediante el uso de *Google App Script*.

b) Comprender el negocio

En esta sección se describen los objetivos del Proyecto de Analítica de Datos y las principales consideraciones a tener para cumplir con los mismos.

En el **Apartado 1.4.1 Componentes y variables de un sistema Fotovoltaico Aislado**, se describió el funcionamiento de un sistema fotovoltaico aislado, por lo que se tienen los siguientes objetivos en función de mantener operativo un sistema fotovoltaico aislado:

- Maximizar la inversión realizada en la adquisición de un sistema fotovoltaico aislado.
- Identificar patrones de comportamiento de las principales variables eléctricas (voltaje, corriente, temperatura y humedad) para recomendar las mejores prácticas de un plan de mantenimiento y operación de un sistema fotovoltaico aislado.

Los principales criterios de éxito para el Proceso de analítica de datos son:

- Verificar la calidad del dato mediante el cumplimiento de las condiciones de operación y la depuración descrita la sección que antecede.
- Identificar patrones de comportamiento para las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico asilado.

c) Comprender los datos

En este punto se diseña la base de datos en *MySQL* conforme los requerimientos señalados en el apartado a) de la sección anterior y considerando que la base de datos original en *MySQL* tiene una cantidad de tablas y campos que no son de utilidad y en cumplimiento de los objetivos del presente Trabajo de Titulación, se tomará en cuenta el panel fotovoltaico que presente los datos más consistentes para su análisis, de tal modo que la información del resto de paneles no será considerada.

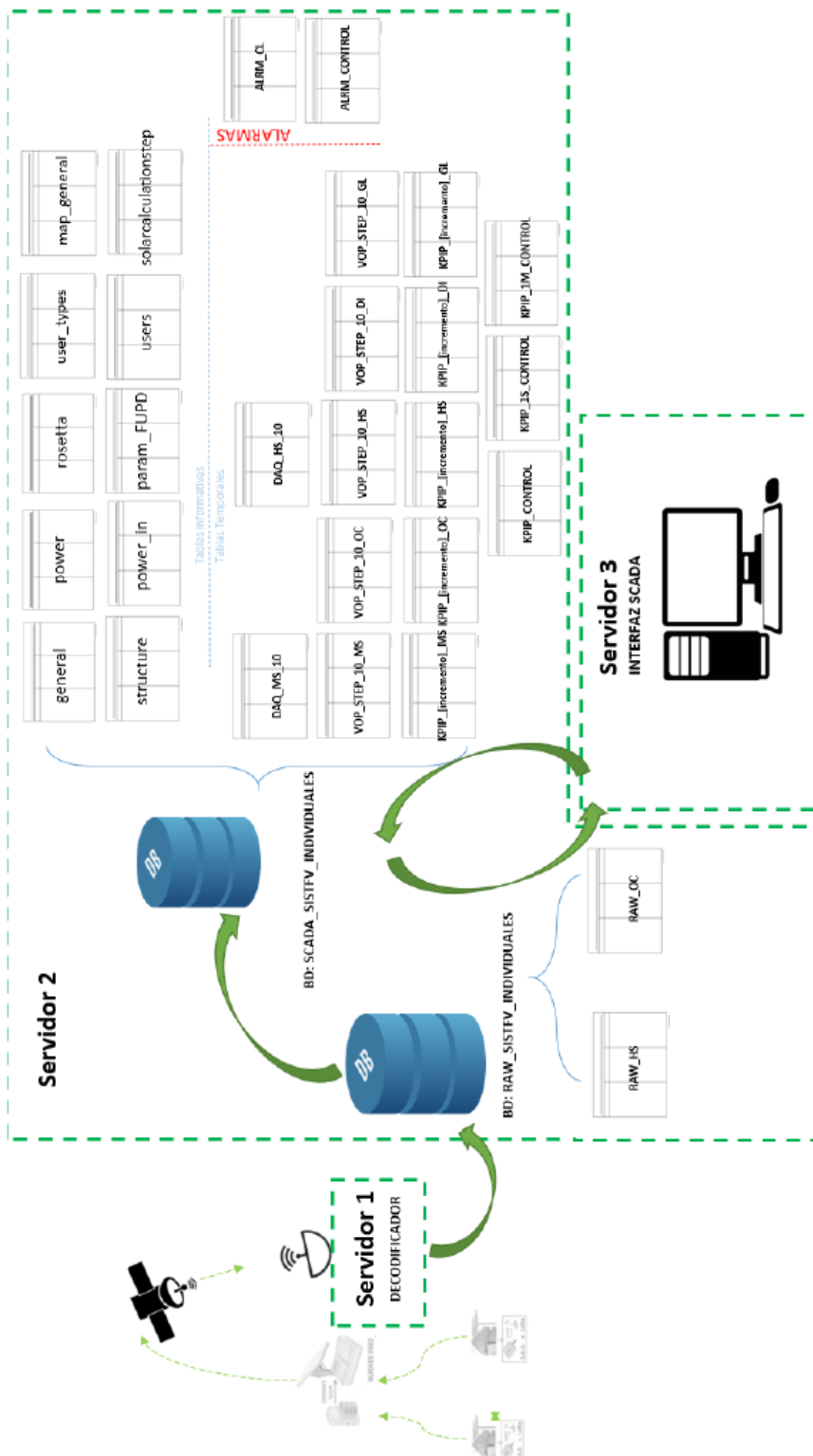


Figura 2.2 Esquema de la base de datos original.

En la Figura 2.2 se indican los servidores que procesan los datos en el marco del Proyecto en Zonas Aisladas, en el cual se pueden diferenciar tres servidores, el servidor 1

corresponde a la fuente de almacenamiento de los datos decodificados, el servidor 2 contiene los datos de las condiciones de operación y las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico aislado; mientras que el servidor 3 contiene una interfaz gráfica de acceso, es importante indicar que el sistema descrito se encuentra deshabilitado por un fallo en el sistema de comunicaciones.

Por otro lado, en el Escenario Estático se cuenta con los valores de todas las variables de los componentes de un sistema fotovoltaico, las cuales incluyen voltaje, temperatura, humedad y corriente.

En la Figura 2.3 se detalla el modelo relacional propuesto para cumplir con el objetivo de analítica de datos del presente Trabajo de Titulación, el cual fue elaborado con la herramienta *Power Designer 16.7* [34].

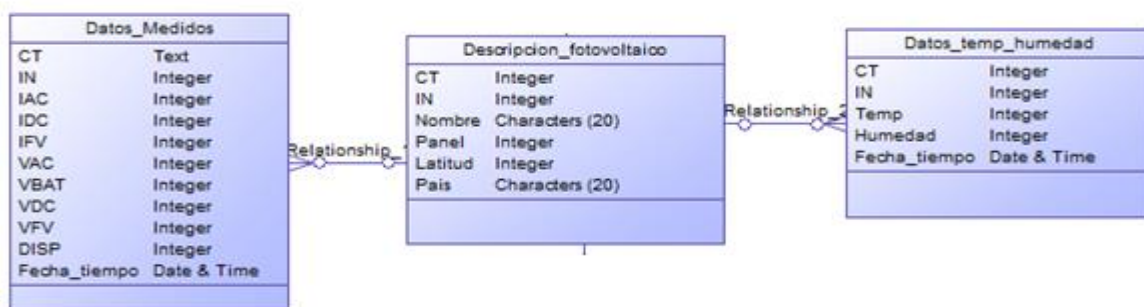


Figura 2.3 Diagrama entidad relacional propuesto.

2.2.1.2 Fase Planificación y Ejecución

El principal desafío del presente Trabajo de Titulación, consiste en determinar las mejores condiciones de operación para garantizar la disponibilidad del sistema voltaico aislado, en base al nuevo diseño de la base de datos planteada, sobre el cual se realizará la selección de datos, que en base a los requerimientos definidos corresponden a las variables de voltaje, corriente, temperatura y humedad de un panel fotovoltaico que presente menos datos ausentes; así como se realiza una limpieza de Datos mediante la comparación de los rangos de operación de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado, verificando que estos se ajusten dentro de lo establecido en Tabla 2.7.

Se implementa el modelo Relacional que permita generar los reportes requeridos acorde a los objetivos del Presente Proyecto de Titulación y se integran los datos que se encuentren

en horas similares, de tal forma que sean mínimos los datos ausentes. Esto incluye también unificar los datos que se encuentran en periodos similares.

Se verifica que todos los datos cumplan con un formato estándar para que puedan ser procesados con normalidad y se crea un reporte para las variables de corriente en la carga, voltaje en la batería, voltaje en el panel, así como de temperatura y humedad.

Los resultados esperados permitirán tener un mejor criterio para la definición de la planificación de los mantenimientos preventivos y correctivos para los sistemas fotovoltaicos instalados.

2.2.1.3 Fase de Cierre

Una de las principales actividades a realizar en esta etapa es la denominada “monitoreo” que es la identificación del comportamiento en el tiempo de las variables de corriente, voltaje, temperatura y humedad de un sistema fotovoltaico aislado que permitan conocer sus condiciones de operación normal, así como para determinar los casos en que se produzca una disponibilidad debido a un fallo en un componente o a una situación adversa que pueda presentarse.

2.1.3 Diseño Escenario Dinámico

Se tomarán en cuenta las actividades y tareas descritas en el **Apartado 2.1.1 Planteamiento de Actividades Metodología ASUM-DM**, el cual describe la metodología a utilizar para realizar el proceso de analítica de datos para el Escenario Dinámico, las cuales son similares con el Escenario Estático, con la diferencia principal en el origen de los datos, el cual se desarrollará en la actividad de *Comprensión de los datos*.

2.1.3.1 Fase Inicio

Para el análisis de los Datos Dinámicos se consideran las mismas actividades y tareas descritas en el **Apartado 2.1.1 Planteamiento de Actividades Metodología ASUM-DM**, con la deferencia que se realizará un proceso de adquisición y procesamiento de datos.

a) *Preparación para la implementación.*

Los requerimientos que se tienen en este apartado para realizar el proceso de Analítica de Datos en el Escenario Dinámico, inician por realizar una breve descripción del sistema fotovoltaico aislado, el cual se instaló en una vivienda privada en el sur oriente del Distrito Metropolitano de Quito, en la cual no se tiene acceso al servicio público de energía eléctrica

y la principal carga estimada para el sistema en mención corresponde un cuatro luminarias led, un equipo de comunicaciones satelital, un router inalámbrico y dos cámaras IPs.

Los principales recursos a utilizar en el Escenario Dinámico son: una cuenta de *Gmail* para el acceso a la *Suite de Google*, un sistema fotovoltaico aislado, una tarjeta electrónica con sensores *IoT* para la medición de temperatura, humedad, voltaje y corriente; así como un enlace al servicio de Internet con una capacidad mínima de 2MB, un equipo de cómputo de buenas características (mínimo un procesador Intel i7, memoria de RAM 8 MB y disco duro de 512MB).

El recurso humano con sus principales roles para realizar las actividades en la presente Fase de Inicio y las subsecuentes, son las que se mencionó en el **Apartado 1.4.2 Metodología ASUM-DM**, sin embargo, se actualiza con los nombres de las personas que serán responsables para el presente Trabajo de Titulación en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Roles para análisis de datos en Escenario Estático y Dinámico.

Roles	Principal descripción
Científico de datos Ing. David Alejandro Álvarez Mullo PhD. Ana María Zambrano Vizuite	Responsable de comprender el negocio, comprender los datos y preparar los datos.
Arquitecto empresarial Ing. David Alejandro Álvarez Mullo PhD. Ana María Zambrano Vizuite	Responsable de diseñar y validar los resultados esperados.
Administrador del proyecto Ing. David Alejandro Álvarez Mullo	Responsable de planificación y coordinación general del proyecto.
Desarrollador Ing. David Alejandro Álvarez Mullo	Responsable de la programación.

b) Comprender el negocio.

La comprensión del negocio comprende la definición de objetivos del proyecto, así como la determinación de los criterios de éxito del mismo; y tomando en cuenta que el prototipo a implementar será para monitorear de forma temporal el sistema fotovoltaico aislado instalado en una vivienda ubicada en el sur oriente del Distrito Metropolitano de Quito, se emitirán las recomendaciones para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo

y gestión de un sistema fotovoltaico aislado, con el fin de proteger la inversión realizada y maximizar el tiempo de vida útil del sistema.

c) *Comprender los datos*

Para la compresión de los datos en el Escenario Dinámico, se considera la actividad de recopilación de datos, en la cual, se ha diseñado la arquitectura para la adquisición de datos en tiempo real y se describe en la Figura 2.4, en la cual se evidencian los componentes electrónicos y su interconexión para realizar las mediciones de las variables en tiempo real desde los dispositivos *IoT* hacia la tarjeta electrónica, este diseño implica que se realizará una interconexión entre la tarjeta *Arduino Mega 2560* y el módulo *ESP 8266*, sin embargo se puede optimizar el diseño planteado utilizando una sola tarjeta que incluya un módulo inalámbrico, como la tarjeta *NodeMCU ESP8266*, como se muestra en la Figura 2.4.

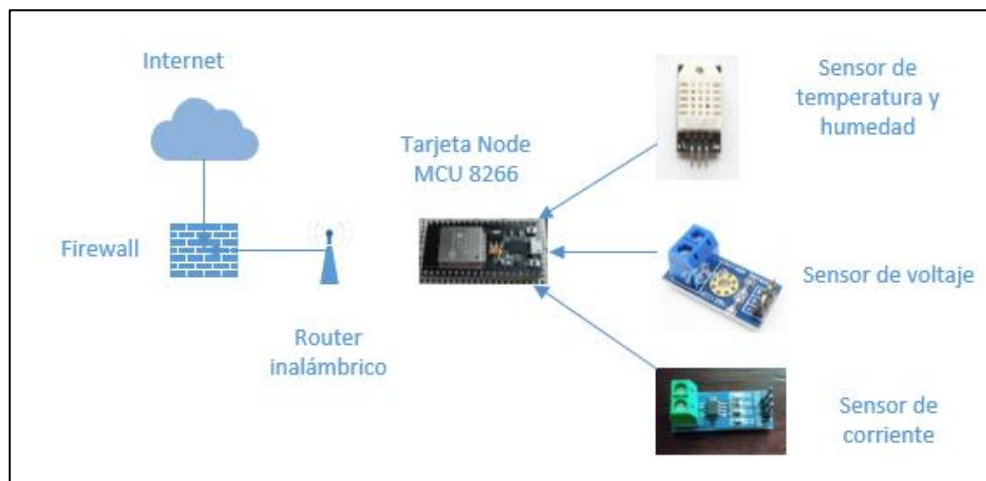


Figura 2.4 Arquitectura de adquisición de datos optimizada.

A continuación, se describen los pasos a seguir para realizar la configuración de la tarjeta *NodeMCU ESP8266* con los sensores *IoT* para la adquisición y procesamiento de datos, tomando en cuenta la arquitectura señalada:

- Instalación del programa Arduino IDE.
- Instalación de los controladores para la tarjeta electrónica ESP8266.
- Instalación de paquetes necesario para la programación.
- Desarrollo del código para la lectura de las variables de temperatura y humedad mediante el sensor *DHT22*.

- Desarrollo del código para la lectura de las variables de voltaje y corriente.

Se define el proceso de adquisición de los datos de cada variable, para ello se mostrará cómo van cambiando en el tiempo. Los tipos de datos que se manejan para temperatura y humedad son digitales, mientras que para las variables de voltaje y corriente son analógicos, debido a la característica de fabricación de cada sensor.

Para la etapa de programación en el IDE de Arduino se consideran un ambiente de verificación de los componentes previa implementación, primero se realiza para la comprobación del funcionamiento de cada sensor, mediante la conexión de la tarjeta electrónica *NodeMCU ESP8266* de forma directa, por lo que se tienen los siguientes diagramas de conexión, para el caso del sensor de temperatura y humedad se presenta en la Figura 2.5.

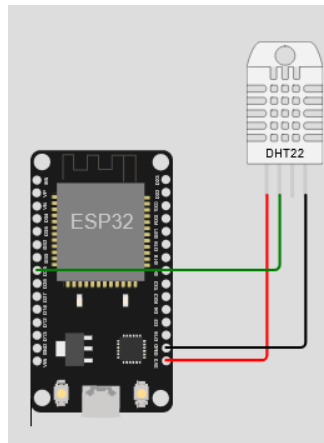


Figura 2.5 Sensor de Temperatura y Humedad con placa electrónica.

Para la verificación de funcionamiento correcto del sensor de voltaje se realiza una prueba de medición directa de la placa electrónica hacia una batería de 9 voltios con el propósito de descartar fallos en el sensor que puedan ser de fábrica, como se indica en la Figura 2.6.

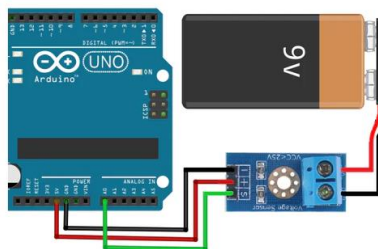


Figura 2.6 Sensor de voltaje con placa electrónica [35].

De forma similar se procederá para el sensor de corriente, para lo cual se deberá colocar una carga para realizar la medición correspondiente, conforme se indica en la Figura 2.7.

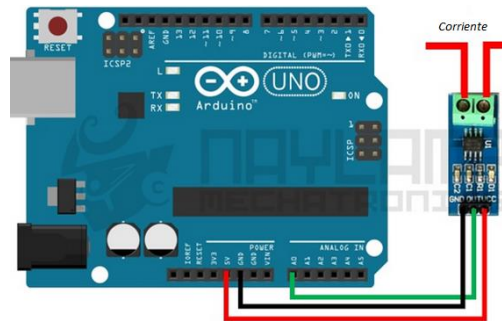


Figura 2.7 Sensor de corriente con placa electrónica [36].

Para la implementación, se realiza la integración con la base de datos en la nube (*Firestore*) para el envío de datos en tiempo real de las mediciones en los elementos de un sistema fotovoltaico aislado, por lo que, se ha diseñado para el presente Trabajo de Titulación un diagrama de flujo representado en la Figura 2.8 para su programación en el *Arduino IDE*.

Se realiza la conexión del sensor de temperatura y humedad a un puerto digital en la tarjeta Node MCU8266, mientras que para el sensor de voltaje y corriente se utilizará un puerto analógico de la tarjeta *NodeMCU ESP8266*. Se colocará una resistencia de 10K Ω como divisor de voltaje para protección del sensor de temperatura y humedad.

Se iniciará con la definición de librerías expuestas en el **Apartado 1.4.4 Tarjetas de procesamiento y sensores IoT**, después se realiza la definición las variables de temperatura y humedad para su lectura, así como se realiza una comparación del estado de cada lectura para determinar si existen fallos, seguidamente se realiza la autenticación para la conexión a la red Wifi mediante el nombre y contraseña de la red inalámbrica local.

Se hará uso de una cuenta en *Gmail*, la cual permitirá acceder a los servicios de la *Suite de Google*, de forma específica para la creación de un proyecto en *Firestore*, el cual se llamará "dataset".

Un proyecto en *Firestore* permite la interacción con otros aplicativos mediante el uso de las *APIs de Google* para poder tener una base de datos como servicio, lo cual resulta bastante práctico y útil para implementaciones donde no se tenga infraestructura base, para el presente Trabajo de Titulación se hará el uso del API de *Firestore* para la conexión con la tarjeta que se programará en el IDE de Arduino.

En la Figura 2.8 se indica el flujo para la adquisición de datos y envió a *Firestore*.

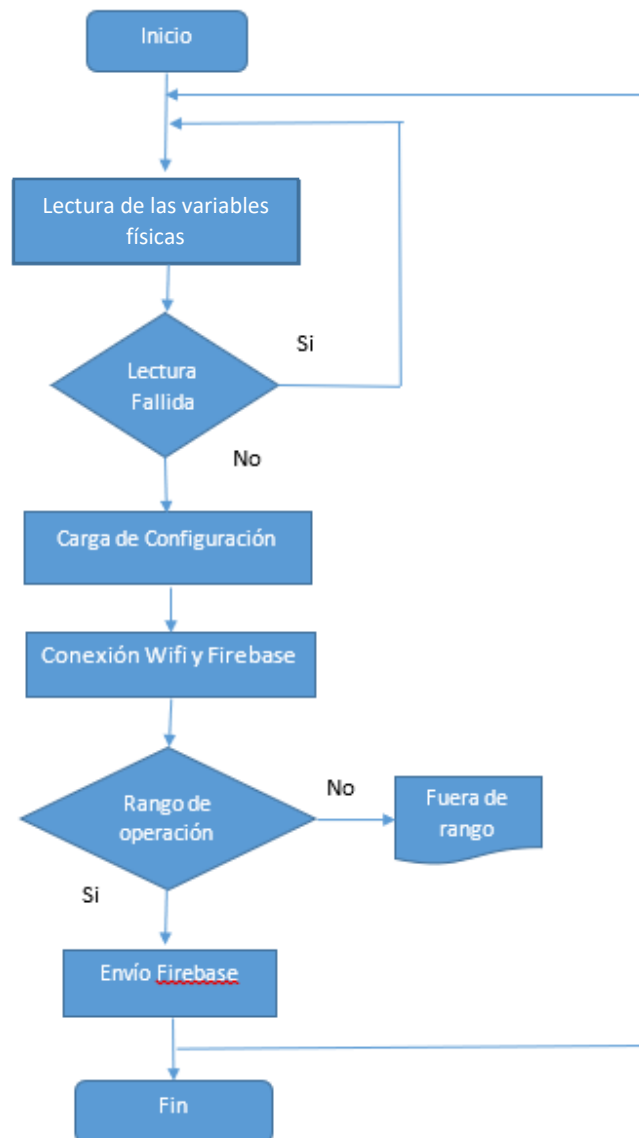


Figura 2.8 Diagrama de flujo para la adquisición de datos y envió a *Firestore*.

Se utiliza el mismo diagrama de flujo para la programación de los sensores de corriente y de voltaje, con la diferencia que se utilizará la tarjeta *NodeMCU 32 (Node MicroController Unit)* porque dispone de ocho puertos analógicos, de los cuales se hará uso de dos para cada sensor, en embargo como se indicó en el **Apartado 1.4.4 Tarjetas de procesamiento y sensores IoT**, la tarjeta *NodeMCU ESP8266* dispone de un solo puerto analógico, por lo que no es viable el uso de la misma.

Continuando con la metodología, para las tareas de descripción y exploración de los datos se toma como referencia los valores de operación descritos en la **Tabla 2.7 Nomenclatura de datos Escenario Estático**, en vista que las condiciones de operación son similares para ambos casos, se realiza un ajuste a los datos para que estos sean consistentes con los valores medidos y representen de forma correcta las variables por analizar.

2.1.3.2 Fase Planificación y Ejecución

Para la presente fase se realiza la preparación de los datos, y se toma como actividad la construcción de los datos, que iniciará con la descarga de los datos en *Firebase*, los cuales tendrán la siguiente estructura {DATA_PARENT} = {DATA_BASE} + “/(DEVICE_ID)” + String (timestamp) en formato *JSON*, en donde los datos serán almacenados en el siguiente directorio raíz {DATA_PARENT}, mientras que para el identificador único del dispositivo se utilizará {DEVICE_ID} y como se trata de una estructura tipo árbol conforme se describió en el **Apartado 1.4.3 Base de Datos en Tiempo Real *Firebase***; será necesario realizar los ajustes a los datos para que pueda ser ingresados en la base de datos *MySQL* y se utilizará el método set() para el envío paso de argumentos, el código completo se puede ver en el ANEXO 1.

De forma seguida se realiza las tareas de selección y limpieza de datos para determinar los datos más consistentes del monitoreo realizado, lo que implicará realizar las consultas de datos faltantes y seleccionar los cumplan las condiciones de operación; para el efecto, se ha harán una serie de consultas a la base de datos en *MySQL*, hasta tener unos valores de temperatura, humedad, voltaje y corriente coherentes conforme el comportamiento de los elementos.

Otro factor importante a considerar en los datos es la temporalidad de los mismos, donde se podrán comparar los valores en diferentes períodos de tiempo para encontrar similitudes y diferencias, para ello se realizarán las consultas respectivas en la base de datos *MySQL*.

2.1.3.3 Fase Cierre

Para la fase de cierre del proyecto se considera realizar una comparación de los resultados obtenidos en base a los reportes gráficos, sobre los cuales se identificarán patrones comunes de comportamiento para un día, una semana y un mes, para las variables de temperatura, humedad, voltaje y corriente.

2.2 Reportes

Para la generación de reportes gráficos en el Escenario Estático y Dinámico se hará uso de la arquitectura de *Google Apps Script*, sobre la cual se realiza la conexión a la base de datos en *MySQL* y se exportan los datos a *Google Spreadsheet*, conforme se detalla en la Figura 2.9, en donde es importante señalar que base de datos estará publicada con los controles de seguridad adecuados.

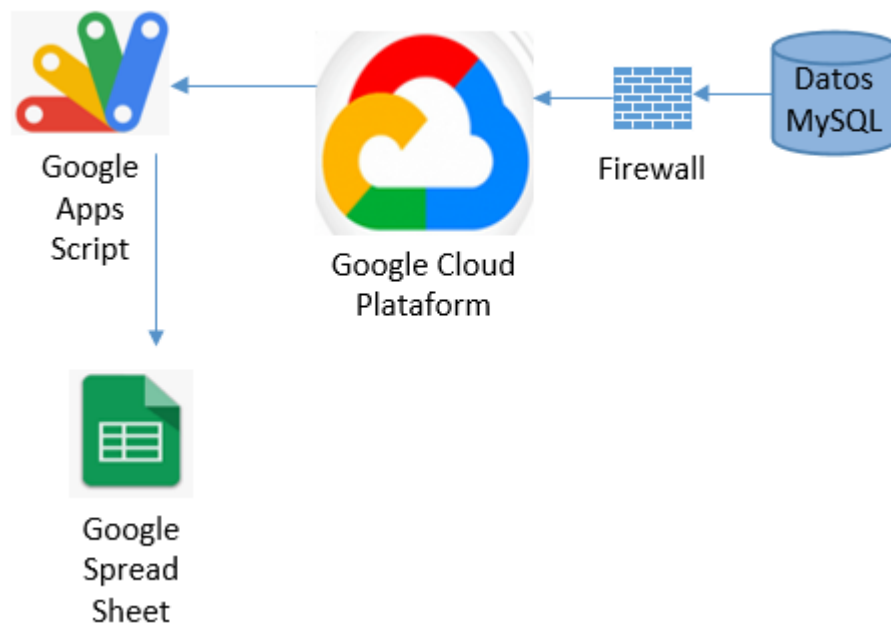


Figura 2.9 Diagrama de flujo para consultar desde *Google Apps Script* en *MySQL*.

Se realizará un *NAT (Network Address Translation)* en el *Firewall* del Ministerio de Energía y Minas para realizar la publicación de la base de datos en *MySQL*, con los siguientes datos de configuración que se detallan en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Publicación de la base de datos.

Parámetro	Valor
Dirección IP pública	190.152.52.4
Dirección IP privada	172.16.200.231
Puerto TCP/IP	28098

El puerto de conexión por defecto a una base de datos *MySQL* es el *TCP 3306* y con el propósito de evitar escaneos se selecciona el puerto *TCP 28098*.

Una vez que se cuentan con los datos depurados de las variables de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado en *Google Spreadsheets*, se procede con la generación de los reportes gráficos, para lo cual, se programará en *Google Apps Scripts* bajo el siguiente esquema, conforme se indica en la Figura 2.10.

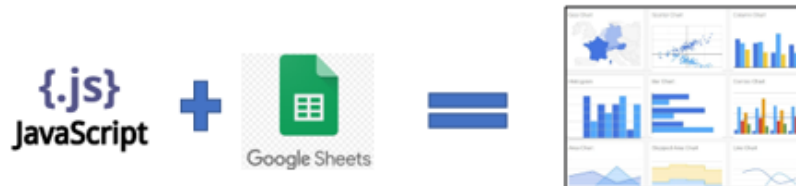


Figura 2.10 Esquema general para el reporte gráfico en *Google Sheets*.

Se torna compleja la descripción de una arquitectura específica en porque la programación se realiza en el ambiente de *Google Cloud Plataform*, razón por la cual en el **Apartado de Implementación** explicará las principales funciones utilizadas.

Se considerarán tres tipos de reportes para cada variable de un sistema fotovoltaico aislado, los cuales serán diario, semanal y mensual, porque permitirá determinar el cambio de su estado de forma individual específica como general.

Por defecto un proyecto en *Firebase* se tiene un plan *Spark*, el cual no tiene costo de facturación pero tiene un límite en la carga de información que es de 10GB mensuales, sin embargo el plan *Blaze* permite la integración con Google Cloud para extender el proyecto pero tiene un costo de facturación mensual conforme los recursos de espacio utilizados. [37]. En la Figura 2.11 se puede ver de forma resumida la diferencia de los dos tipos de planes que dispone de forma inicial *Firebase*.

Spark	Blaze
Sin costo \$0 por mes	Prepago
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuotas de uso de Database, Firestore, Storage, la Autenticación telefónica, Hosting y Test Lab. ✗ Capacidad para extender tu proyecto con Google Cloud 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incluye el uso sin costo, el cual se calcula diariamente. Después, pagas solo por lo que use tu proyecto. ✓ Capacidad para extender tu proyecto con Google Cloud
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se incluyen en todos los planes Analytics, Notifications, Crash Reporting, asistencia y mucho más 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se incluyen en todos los planes Analytics, Notifications, Crash Reporting, asistencia y mucho más

Figura 2.11 Planes en *Firebase*.

3 Implementación

En el presente apartado se procede a describir el trabajo de implementación realizado bajo la metodología descrita en el apartado anterior, el cual consistió para el Escenario Estático en realizar la configuración y depuración de la base de datos en *MySQL* con los valores históricos de las variables de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado (Proyecto en Zonas Aisladas), así como la publicación de base de datos para que pueda ser consultada mediante *Google Apps Script* y sus datos visualizados en *Google Spreadsheets*. Se exponen las herramientas utilizadas para la generación de reportes realizados en un ambiente de la *Suite de Google*; mientras que para el Escenario Dinámico se realiza la implementación del prototipo con la tarjeta *NodeMCU ESP32* y con los sensores *IoT* para la medición de las variables de temperatura, humedad, corriente y voltaje, cuyos valores son tratados para que puedan ser incorporados en la *Suite de Google* para la generar los reportes necesarios.

3.1 Actualización de tareas conforme la metodología ASUM-DM

En vista que la metodología ASUM-DM abarca de forma detallada todas las aristas para un proceso de analítica de datos, se procederá con la actualización de tareas que cumplan funciones similares para que puedan ser agrupadas en una determinada actividad para la implementación del presente Trabajo de Titulación.

Para la Fase de Inicio, se podrán agrupar las tareas de “Explorar Datos” y la de “Verificar la calidad del Dato” en la actividad de “Comprender los Datos” en vista que durante la exploración de los datos se podrá verificar que los datos sean consistentes, íntegros, válidos y oportunos.

Para la Fase de Planificación y Ejecución, se podrán agrupar las tareas de “Selección de Datos” y “Limpieza de Datos” en vista que las consultas realizadas en la base de datos serán similares para la selección de los datos y a la vez se verificará si es adecuado realizar una exclusión de los mismos para determinar si afectará en el resultado final. Para la tarea de “Construcción de Datos” se podrá completar datos faltantes con atributos similares a los existentes, esto aplicado para ambos Escenarios de Análisis. Para la tarea de “Integración de los Datos” no se realizará modificaciones al diseño contemplado en el **Apartado 2.1.2 Diseño Escenario Estático** y en el **Apartado 2.1.3 Diseño Escenario Dinámico**.

La tarea de “creación de reporte” se realizará utilizando las herramientas de la *Suite de Google* para el Escenario Estático y el Escenario Dinámico y en la misma tarea se revisará el formato necesario para la generación del reporte.

3.2 Escenario Estático

La implementación correspondiente al Escenario Estático para la Fase de Inicio y la Fase de Planificación y Ejecución han sido integradas por las actividades y tareas actualizadas en el **Apartado 3.1 Actualización de tareas conforme la metodología ASUM-DM.**

Fase de Inicio

Para la depuración de la base de datos en *MySQL* de los datos históricos provenientes del Proyecto “**EC-M1063: SOLUCIONES SOSTENIBLES DE ENERGÍA RENOVABLE FUERA DE RED PARA COMUNIDADES AISLADAS DE ECUADOR**”, se instaló la herramienta *MySQL Workbench 8.0 Community*, la cual permitirá gestionar de manera visual una base de datos *MySQL*, conforme se indica en la Figura 3.1.

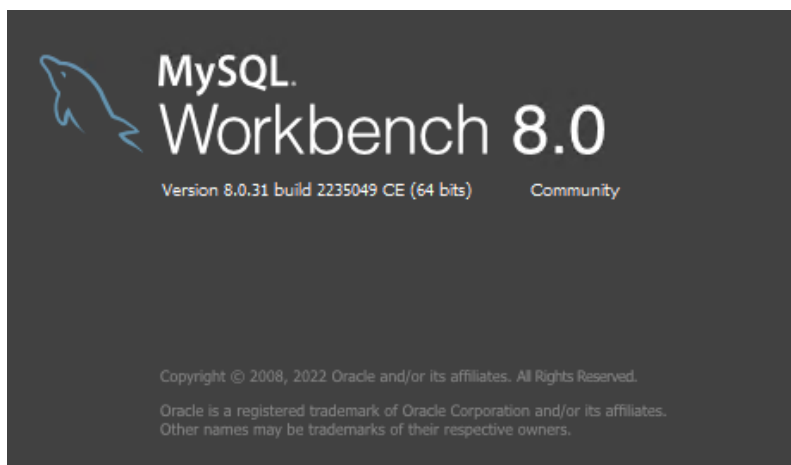


Figura 3.1 Versión de *MySQL Workbench* para depuración de la base de datos.

Para la creación de la base de datos se utilizó el comando “create database” y la carga de información se realizó mediante la importación de los datos del panel fotovoltaico asilado, en la Figura 3.2 se indica el nombre de la base de datos y sus principales tablas.



Figura 3.2 Tablas de la base de datos en *My SQL*.

Para la exploración de los datos programa han realizado las siguientes consultas de manera iterativa y sistemática, Código 1.1: consultas realizadas en *MySQL WorkBench*.

```
1 • show databases
2 ❌ use datos;
3 • select * from panel where IdConcentrador = 1 && IdSAD = 8 && IAC = 51 && IFV =0;
4 • SELECT * FROM daq_ms_10 WHERE HM IS NULL OR HM = '' /*valores nulos para HM*/
5 ❌ select * from daq_hs_10 where CT = '1' && daq_hs_10.IN = '8' && IAC > '' /* Valores no nulos para corriente de carga*/
6 select * from daq_hs_10 where CT = '1' && daq_hs_10.IN = '8' && IAC > '' && daq_hs_10.date_time = '2020-01-18'
7 select * from daq_hs_10 where VBAT BETWEEN 0 and 2500 /* Valores de operación del voltaje de la batería*/
8 select * from daq_hs_10 where VFV BETWEEN 0 and 2500 /* Valores de operación del voltaje del panel*/
9 select * from daq_hs_10 where VFV BETWEEN 0 and 2500 && CT = '1' && daq_hs_10.IN = '5' /* Valores de operación del voltaje
10 select * from daq_ms_10 where HM BETWEEN 0 and 100 /* Valores de operación humedad del sistema fotovoltaico*/
11 select * from daq_ms_10 where TA BETWEEN 0 and 80 /* Valores de operación temperatura del sistema fotovoltaico*/
```

Código 1.1 Consulta para exploración de datos.

De las consultas realizadas se determinó que el panel fotovoltaico aislado con información más consiste corresponde al identificador igual al número cinco, del cual se usaron los datos disponibles para la creación de la base de datos en *MySQL* considerando el diagrama relacional expuesto en la Figura 2.3.

Para realizar la integración de la base de datos con la *Suite de Google*, se realizó la publicación de la base de datos con los parámetros descritos en la Tabla 2.9 y en la Figura 3.4 se muestra la configuración realizada en el Firewall Sophos.

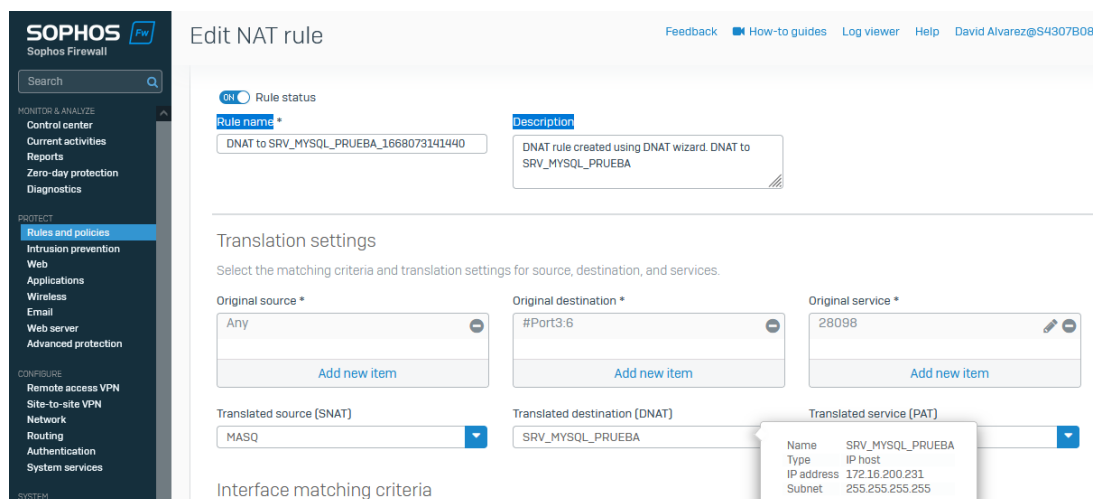


Figura 3.4 Configuración de la publicación de la base de datos *MySQL*.

Parar la conexión con la base de datos en *MySQL* publicada se configuró en *Google Apps Script* una cadena de conexión mediante el uso del servicio *JDBC (Java Database*

Connectivity) que permite la interacción con bases de datos externas, en la Figura 3.5 se muestran los parámetros de conexión, en donde se detalló: el nombre de la base de datos, la dirección IP pública, el puerto *TCP/IP* y el usuario con los permisos de lectura en la base de datos.

```

var server = '190.152.52.4'; // Dirección IP Pública
var port = '28098'; // Puerto de Conexión
var dbName = 'prueba'; // Nombre de la Base de Datos
var username = 'remoto'; // Usuario de la base de Datos
var password = 'R3m0t0.2022$'; // Clave del usuario
var url = 'jdbc:mysql://' + server + ':' + port + '/' + dbName;
function openConnection() {
    // Cadena de conexión
    var url = "jdbc:mysql://" + server + ":" + port + "/" + dbName;
    // Conexión Abierta
    return conn = Jdbc.getConnection(url, username, password);
}

```

Figura 3.5 Conexión *JDBC* en *Google Apps Script*.

Una vez que se realizó de forma satisfactoria la conexión con la base de datos en *MySQL*, se procedió con el envío de los datos hacia un *Google Spreadsheet* activo, conforme se indica en el código descrito en la Figura 3.6.

```

21 function getResults(sqlQuery){
22     var start = new Date(); // Obtiene la hora de inicio de Script
23     var connection = openConnection();
24     var statement = connection.createStatement();
25     var starttime = new Date(); // Obtiene la hora de inicio de Script
26     var results = statement.executeQuery(sqlQuery); // crea una instancia del objeto para la consulta
27     // Google Sheets Details
28     var doc = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet(); // Devuelve la hoja de cálculo actualmente activa
29     var cell = doc.getRange('a1'); // getRange(row, column, numRows, numColumns)
30     var row = 0; // inicializa la primera fila en cero
31     var getCount = results.getMetaData().getColumnCount(); // Recuento el número de columnas en la tabla.
32     for (var i = 0; i < getCount; i++){
33         cell.offset(row, i).setValue(results.getMetaData().getColumnName(i+1)); // El nombre de la columna de la tabla Mysql se buscará y agregará en
hoja de cálculo
34     }
35     var row = 1;
36     while (results.next()) {
37         for (var col = 0; col < results.getMetaData().getColumnCount(); col++) {
38             cell.offset(row, col).setValue(results.getString(col + 1)); // Los datos de la columna de la tabla Mysql se obtendrán y agregarán
39         }
40         row++;
41     }
42     results.close();
43     statement.close();
44     connection.close();
45     var end = new Date(); // Obtener la hora de finalización del script
46     Logger.log('Time elapsed: ' + (end.getTime() - start.getTime())); // Para generar un registro de secuencias de comandos. Para ver el registro,
haga clic en Ver.
47 }

```

Figura 3.6 Envío de datos a *Google Spreadsheet*.

Mediante el uso de la función *NewChart* en *Google Apps Script*, ha sido posible generar un gráfico tipo línea en *Google Spreadsheet* a partir de los datos previamente almacenados, conforme se detalla en la Figura 3.7.

```
function myFunction(){
}
function Grafico1(){
var spreadsheet = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();
var sheet = spreadsheet.getSheets()[0];
var Grafico1 = sheet.newChart().setChartType(Charts.ChartType.LINE).addRange(sheet.getRange('A2:H145')).setPosition(10, 10, 0, 0).build();
sheet.insertChart(Grafico1);
}
```

Figura 3.7 Generación de gráficos usando la función *NewChart*.

Para la generación de los reportes en formato pdf se ha realizado una plantilla que se muestra en la Figura 3.8.


				
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CONECTIVIDAD EN REDES Y TELECOMUNICACIONES ANÁLITICA DE DATOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO UTILIZANDO FIREBASE Y HERRAMIENTAS DE LA SUITE GOOGLE				
Reporte de Datos de un Sistema Fotovoltaico Aislado:				
Fecha:	12/01/2023			
Escenario Estático	<input type="checkbox"/>			
Elemento:	Corriente Carga D ▼			
Escenario Dinámico	<input type="checkbox"/>			
Elemento:	Voltaje Bateria ▼			
date_time	Corriente Carga D			

Figura 3.8 Plantilla para la generación de reporte.

Con el propósito de seleccionar las variables de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado y se ha utilizado la siguiente función *createFile*, que permite generar desde *GoogleSpreadsheet* un documento pdf que puede ser almacenado en *Google Drive*, conforme se muestra en Código 1.2.

```

1 function onOpen() { //creación del Menú en GoogleSheet
2   var ui = SpreadsheetApp.getUi();
3   ui.createMenu('Reportes')
4     .addItem('Enviar reportes', 'sendReports')
5     .addToUi();
6 }
7 function sendReports(){ //Definición de Variables
8   const VARIABLES = 0;
9   const MAIL = 1;
10  const STATUS = 2;
11  const FECHA = 3;
12  //Obtener Datos de la Hoja
13  var SS = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet();
14  var sheetReportes = SS.getSheetByName('Reporte');
15  var sheetReportesEnviados = SS.getSheetByName('ReportesEnviados');
16  var data = sheetReportesEnviados.getDataRange().getValues();
17  data.shift();
18  //Carpeta para almacenar los PDFs
19  var folder = DriveApp.getFolderById('1655MgaBI9kRbR00fdQv2WkbPXrqGAYXy');
20  data.map((row, index)=>{
21    | console.log('fila: ' + row + ' index: ' + index);
22  })
23 }

```

Código 1.2 Generación de un reporte con una plantilla establecida.

3.3 Escenario Dinámico

La implementación correspondiente al Escenario Dinámico para la Fase de Inicio ha sido integrada por las actividades y tareas que se detallaron en el **Apartado 2.1.3 Diseño Escenario Dinámico**, por lo que, se toma como referencia las mismas para la implementación del prototipo.

Se describen los principales requerimientos del presente Proyecto de Titulación, en referencia al Escenario Dinámico, en el cual se han identificado que es necesario principalmente conocer el valor de las siguientes variables en el tiempo para diagnosticar y monitorear el estado actual de un sistema fotovoltaico aislado, conforme se detalla en la Tabla 3.1.

Se considera la instalación del prototipo en la vivienda donde no se tiene acceso al servicio de energía eléctrica para que pueda censar las variables de un sistema fotovoltaico aislado.

Tabla 3.1 Variables a ser analizadas.

Variables	Justificación
Voltaje de Batería	Corresponde al valor de carga o descarga en el tiempo que tendrá la batería en el tiempo y permitirá identifica si los valores de voltaje están en el rango de operación correcto.
Corriente en el inversor	Corresponde al valor de la intensidad de corriente que al momento está circulando por la carga que usa el sistema fotovoltaico aislado y es que pasa por el inversor.
Temperatura del panel	Corresponde al valor de temperatura que tiene el sistema fotovoltaico aislado.
Humedad de panel	Corresponde al valor de humedad que tiene el sistema fotovoltaico aislado.

Los recursos que se han requerido para la implementación del Escenario Dinámico son los siguientes:

Los elementos de hardware:

- Computador con buenas características (512GB en SSD y 2.4GHz en procesador Intel Core i7).
- Placa electrónica.
- Sensores *IoT* para medición de temperatura, humedad, voltaje y corriente.
- Sistema Fotovoltaico Aislado instalado en una zona aislada.
- Acceso al servicio de Internet Satelital con un ancho de banda mínimo de 5MB.

Los elementos en software:

- Cuenta de *Google*.
- Acceso de la *Suite de Google*.

Una vez descritos los recursos necesarios para la implementación del prototipo, se procede con el detalle del acople de los componentes electrónicos y la codificación del funcionamiento lógico.

El acople de los elementos electrónicos se los muestra en la Figura 3.9, en la cual se muestra la tarjeta *NodeMCU ESP32* con el sensor de temperatura y humedad *DTH22*, el sensor de voltaje *FZ0430* y el sensor *ACS712* de corriente, conforme se lo definió en el **Apartado 2.1.3 Diseño Escenario Dinámico**.

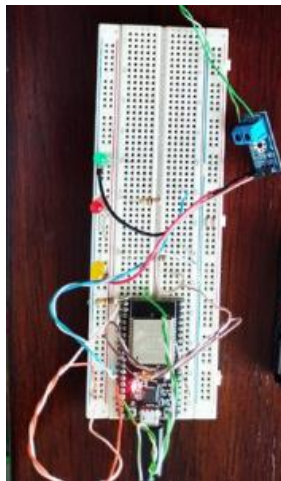


Figura 3.9 Tarjeta *NodeMCU ESP8266* con el sensor *DTH22*.

Los sensores de voltaje y corriente se integraron a la tarjeta *NodeMCU ESP32*, conforme se muestra en la Figura 3.10 y en vista de que dichos sensores se conectan a puertos analógicos, por lo cual fue necesario el uso de otra tarjeta electrónica adicional.



Figura 3.10 Tarjeta *NodeMCU ESP32* con los sensores *IoT*.

La codificación utilizada para censar los datos de temperatura, humedad, voltaje y corriente se la realizó bajo de referencia del diagrama de flujo señalado en la Figura 2.8, por lo que la placa adecuada para la implementación resultó ser la *NodeMCU ESP32* y parte del código [42] que ha sido adaptado se presenta en la Figura 3.11, el cual inicia con la definición de librerías, que fueron detalladas en el **Apartado 1.4.4 Tarjetas de procesamiento y sensores IoT**.

```
#include <DHT.h> //
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include <Wire.h>
#include <Arduino.h> //
#include <WiFi.h>
#include "time.h"
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"
```

Figura 3.11 Definición de librerías en *Arduino IDE*.

Para la configuración de un proyecto en *Firebase*, se realizó mediante el uso de una cuenta de correo electrónico en *Gmail*, se tomó la siguiente referencia como guía [43] y en la Figura 3.12 se muestra la cuenta de *Gmail* utilizada, al cual es *berthamullo77@gmail.com*.

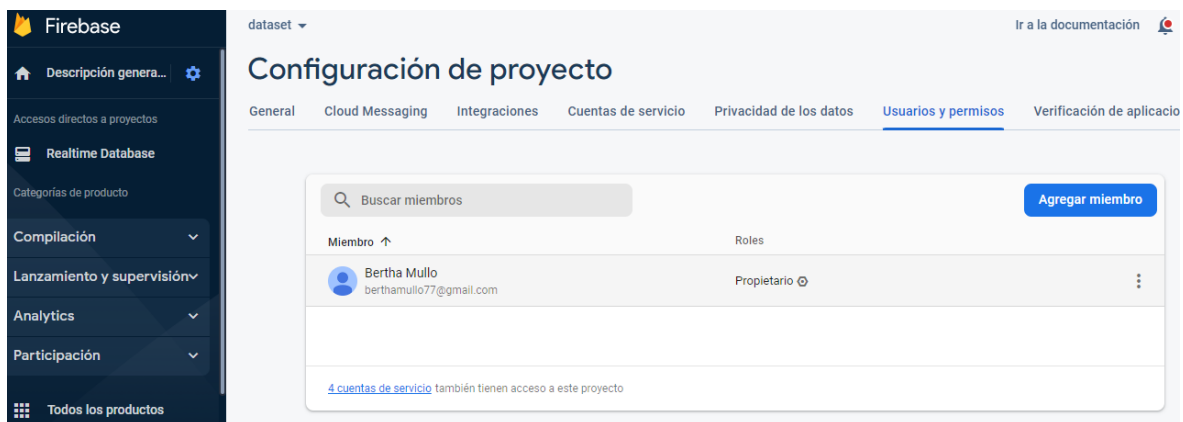


Figura 3.12 Cuenta de *Gmail* para configuración de *Firebase*.

De forma seguida, se tiene la definición de las credenciales para la conexión *Wifi*, así como la autenticación de la *API* del proyecto de *Firebase* y las credenciales de la cuenta de *Gmail* utilizada, conforme se detalla en la Figura 3.13.

```

#define WIFI_SSID "linksys" //"RedmiNote"
#define WIFI_PASSWORD "linksys12345" //"12345678" -
#define API_KEY "AIzaSyAjwLnixEddaadldAESTFp5d2l4czXA1Ak"
#define DATABASE_URL "https://dataset-a5503-default-rtdb.firebaseio.com"
#define USER_EMAIL "berthamullo77@gmail.com"
#define USER_PASSWORD "Bertha.1960"

```

Figura 3.13 Autenticación de API de *Firebase*.

Un aspecto importante a tomar en cuenta en el proyecto de *Firebase*, son las reglas de seguridad para que los datos puedan ser almacenados sin problema, conforme se indica en la Figura 3.14.

```

1+ {
2+   "rules": {
3+     ".read": "auth != null",
4+     //".write": "auth != null",
5+     "Sensors": {
6+       "log": {
7+         "Node1-ESP-23E2C0": {
8+           ".indexOn": "time"
9+         }
10+       }
11+     }
12+   }
13+ }

```

Figura 3.14 Reglas de seguridad en *Firebase*.

Para el envío de datos hacia *Firebase* se ha utilizado un solo proyecto llamado “dataset” el cual, está integrado a la tarjeta *NodeMCU 32* que permiten la conexión con los sensores de temperatura, humedad, voltaje y corriente porque permite la lectura de sensores digitales y analógicos.

La estructura de almacenamiento en *Firebase* tiene un formato *JSON*, en la Figura 3.15 se muestra el directorio que se ha utilizado conforme se lo indicó en el Apartado 2.1.3 Diseño Escenario Dinámico.

```

https://dataset2-ed817-default-rtdb.firebaseio.com/
└─ UserData
  └─ 5zBqUwEhIsTaX02q2BHETUyIjgq1 + 🗑
    └─ readings
      └─ 1678647316

```

Figura 3.15 Acceso a la base de datos en tiempo real.

Los datos medidos han sido exportados en formato *JSON* y convertidos para que puedan ser visualizados en *Google Spreadsheet* para su posterior análisis mediante un reporte gráfico.

4 Análisis de Resultados

En este capítulo se describen los resultados obtenidos a lo largo de la implementación realizada en el **Apartado 3 IMPLEMENTACIÓN**, para ambos Escenarios Estáticos y Dinámico, hasta llegar a obtener los reportes gráficos que permitan comprender el comportamiento normal de los elementos de un sistema fotovoltaico aislado, así como identificar características que puedan causar un daño en el sistema y brindar las recomendaciones para la elaboración de un plan de operación y mantenimiento de un sistema fotovoltaico aislado.

4.1 Escenario Estático

Para la obtención del diagnóstico de un sistema fotovoltaico aislado es preciso conocer el estado de sus elementos y componentes, por lo cual, se han generado los siguientes reportes gráficos en base los datos procesados.

Gráfico de Voltaje en la Batería

En la Figura 4.1 se puede observar que el voltaje en la batería no presenta cambios de valores en el horario de 08h00 a 16h00 en un día con clima normal y se mantiene en un valor aproximado de 1302 centívolts, es decir 13,02 voltios ; por lo que la carga se ha realizado de forma correcta y se puede apreciar que se presenta una discontinuidad en la gráfica, la cual corresponde a valores no sensados por un factor externo en el intervalo de 16h00 a 20h00.

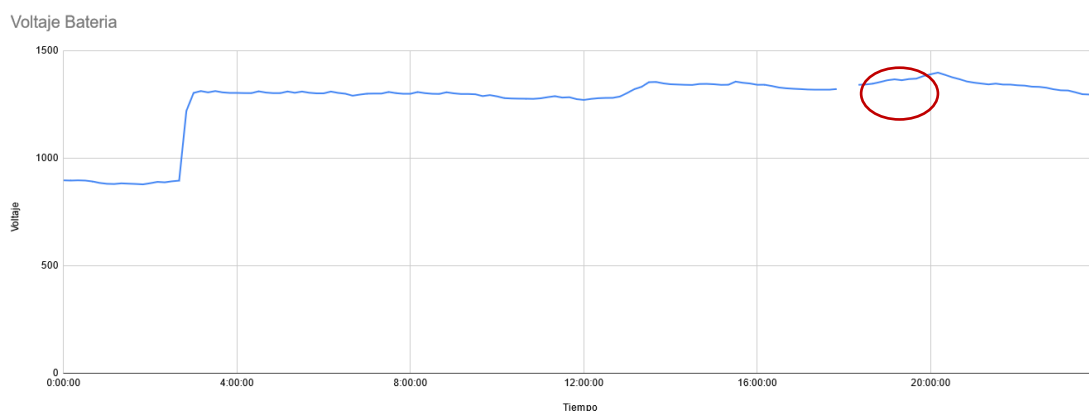


Figura 4.1 Reporte gráfico del Voltaje en la Batería.

Gráfico de voltaje en el Panel Fotovoltaico

En la Figura 4.2 se muestra los valores de voltaje que tiene el Panel Fotovoltaico, el cual presenta un valor promedio de 1293 centivoltio ó 12,93 voltios, el cual indica que sus celdas se han cargado de forma correcta y por los valores aproximadamente continuos, se puede deducir que la carga de la batería está completa, sin embargo, para horas donde no existe la presencia de luz solar, el panel ya no produce energía, razón por la cual se pueden reflejar en valores ausentes, que no significan un error en la lectura sino más bien un valor no censado diferente de cero.

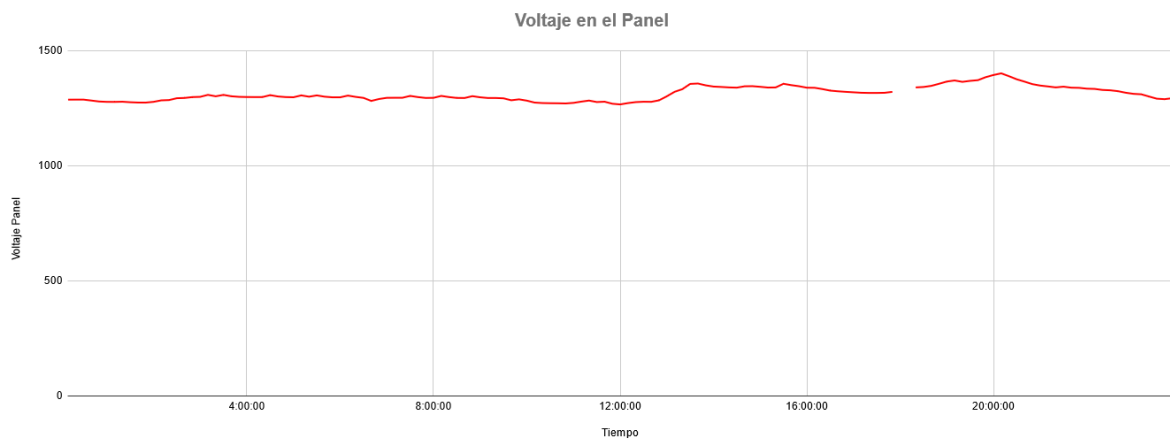


Figura 4.2 Gráfico del Voltaje en el Panel Fotovoltaico.

Gráfico de corriente en la carga

En la Figura 4.3 se puede observar el comportamiento de la carga, es decir la salida del convertidor de corriente directa hacia corriente alterna, la cual se conecta a la carga efectiva del sistema que se conecta a una luminaria y un equipo electrónico pequeño como un radio, cuyo valor pico máximo de corriente es 2800mA, en el intervalo de 08h00 a 12h00, sin embargo, a partir de las 14h00 aproximadamente no se presenta un valor de carga variable y su valor se reduce al mínimo, las líneas continuas en cero significan que la carga del sistema fue nula.

En vista de que la batería se encuentra cargada, se cuenta con el suficiente voltaje para que el inversor pueda proveer de corriente alterna en horas donde el voltaje de panel es nulo, por lo que se puede observar en la Figura 4.3 que en horas superiores a las 20h00 es posible entregar corriente en la carga.

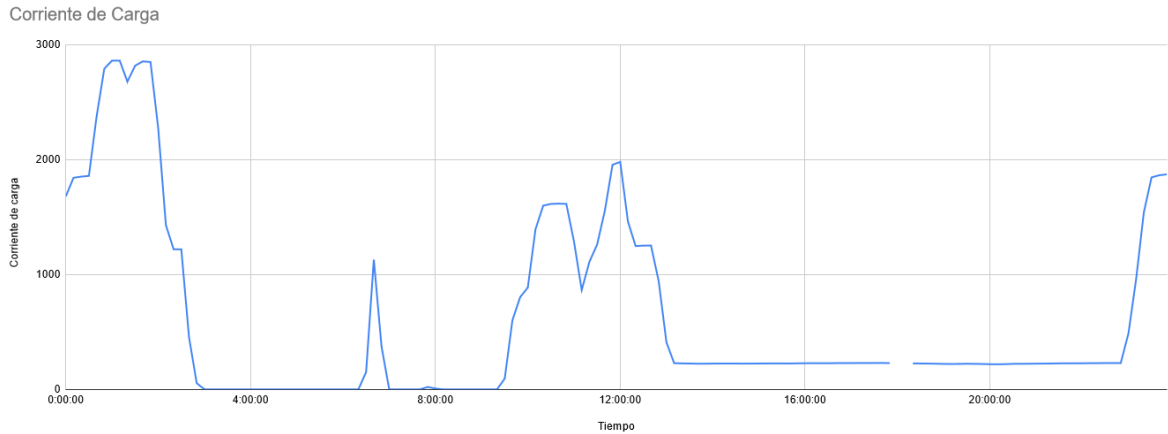


Figura 4.3 Reporte gráfico del corriente en la carga.

Gráfico de la Temperatura

En la Figura 4.4 se puede determinar que el valor de temperatura del sistema fotovoltaico aislado, se mantiene un rango de temperatura que va desde los 24°C hasta los 29°C aproximadamente, teniendo su pico máximo en el medio día de tal forma que el panel fotovoltaico genera voltaje de corriente directa en su mayor capacidad. Los valores no continuos representan una ausencia de datos en el proceso de censado, y no se ha realizado un procedimiento de completado para evidenciar que las condiciones ambientales presentes son adversas, las cuales dificultan la medición.

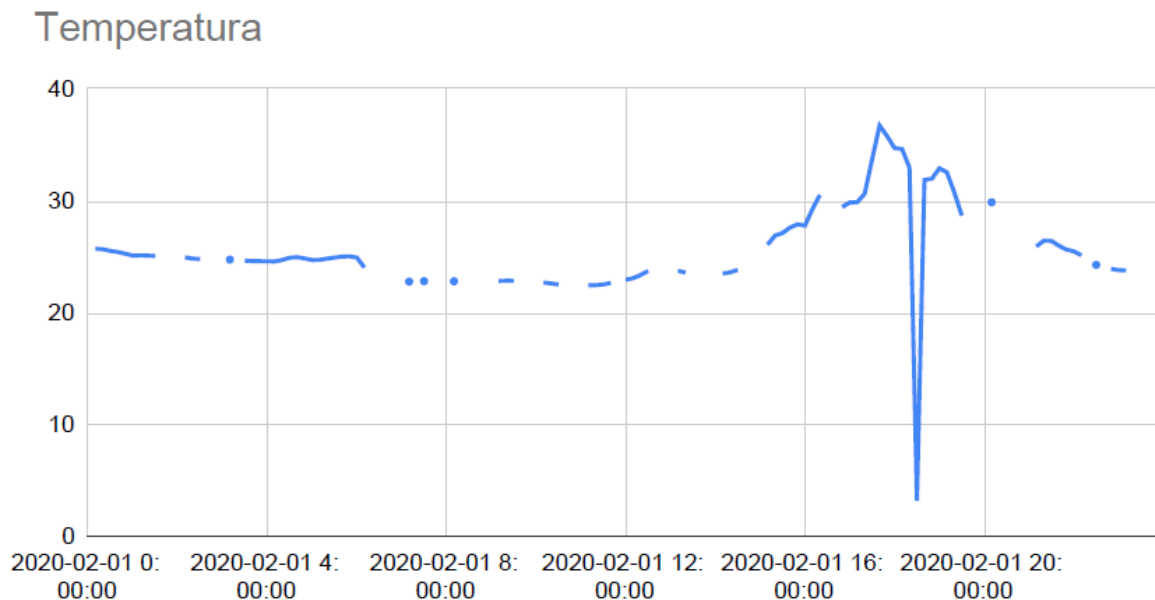


Figura 4.4 Reporte gráfico de temperatura.

Gráfico de la Humedad

En la Figura 4.5 se puede visualizar que la humedad varía en un rango del 45% al 97%, lo cual, representa un porcentaje normal y en este caso se tiene valores completos de humedad para cada componente en el tiempo.

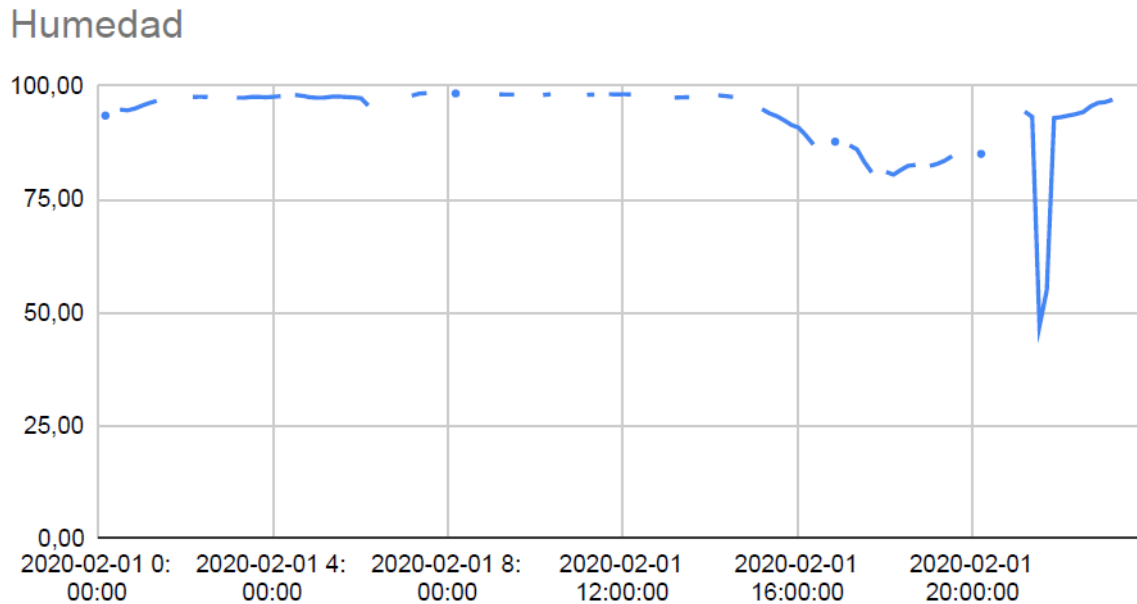


Figura 4.5 Reporte gráfico de humedad.

En la Figura 4.6 se puede observar un extracto del reporte en formato pdf para el componente de voltaje en la batería de un sistema fotovoltaico aislado, el cual presenta valores de medición de cada 10 minutos y con valores similares por cada medición.

En otra hoja de cálculo de *GoogleSpreadsheet* se tiene los valores de cada variable a consultar, es importante indicar que se deberá realizar la consulta y selección previa la generación de reporte pdf, para lo cual se ha usado la función *NewChart*, definida en el Apartado **3.2 Escenario Estático**.

Se considera realizar una consulta en *GoogleSpreadsheet* por cada tipo de variable, previa la acción de convertir en formato pdf los reportes seleccionados, esto con el fin de que se pueda identificar los valores por separado de cada variable.


				
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA				
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CONECTIVIDAD EN REDES Y TELECOMUNICACIONES				
ANÁLITICA DE DATOS ESTÁTICOS Y DINÁMICOS DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO				
UTILIZANDO FIREBASE Y HERRAMIENTAS DE LA SUITE GOOGLE				
Reporte de Datos de un Sistema Fotovoltaico Aislado:				
Fecha:	12/01/2023			
Escenario Estático	<input checked="" type="checkbox"/>			
Elemento:	Voltaje Batería H			
Escenario Dinámico	<input type="checkbox"/>			
Elemento:	Voltaje Batería			
date_time	Voltaje Batería H			
2020-02-01 0:00:00	1306.17			
2020-02-01 0:10:00	1304.12			

Figura 4.6 Extracto del reporte pdf del Voltaje en la Batería.

4.2 Escenario Dinámico

Para la determinación de las curvas en el escenario Estático, se realizó la exportación de los datos en formato *JSON* para que pueda ser leídos y procesados para la generación de gráficos en *Google Apps Script*.

Gráfico del voltaje de la batería

Para la Figura 4.7 del voltaje de la batería se puede apreciar que los horarios de carga tienen alcanzan un valor máximo aproximadamente a medio día, pasadas las 15h00 y se puede evidenciar que los valores censados están completos porque no existen valores nulos o en cero.

Gráfico Voltaje Batería en una 1 hora

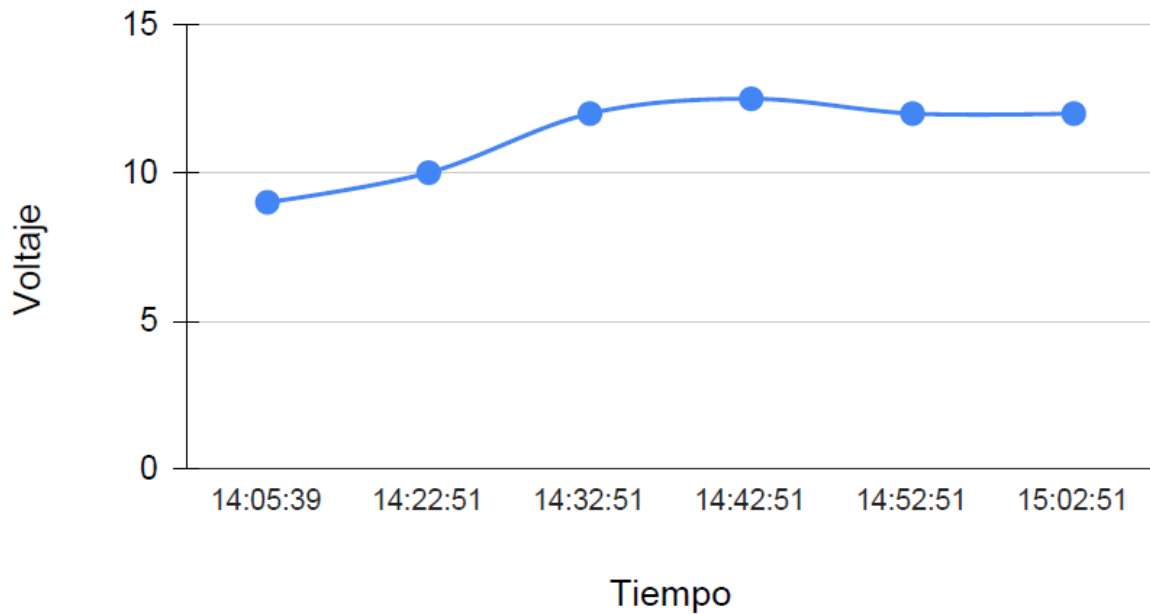


Figura 4.7 Gráfico de voltaje de batería.

Gráfico de Temperatura

Para la Figura 4.8 se puede apreciar que cerca de las 14h00 inicia un incremento de la temperatura hasta cerca de los 25 °C, sin embargo, se presentan valores no coherentes en vista que nuestro país no se tiene temperaturas muy bajas como 0°C , por lo cual será necesaria la revisión de los datos previa generación del gráfico, por otro lado, también se tiene datos no cesados por un motivo evento no registrado.

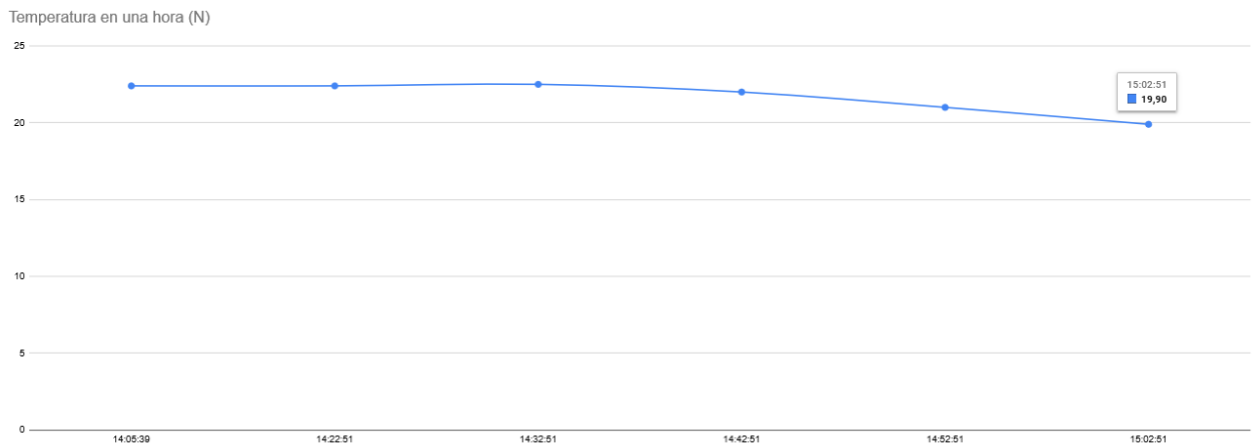


Figura 4.8 Gráfico de temperatura.

Gráfico de Humedad

Para la Figura 4.9 se tiene un comportamiento similar al presentado en la Figura 4.5, en vista que las condiciones de humedad no presentan cambios muy drásticos, sin embargo, no se presenta un valor no censado en el tiempo debido a un error en la lectura.

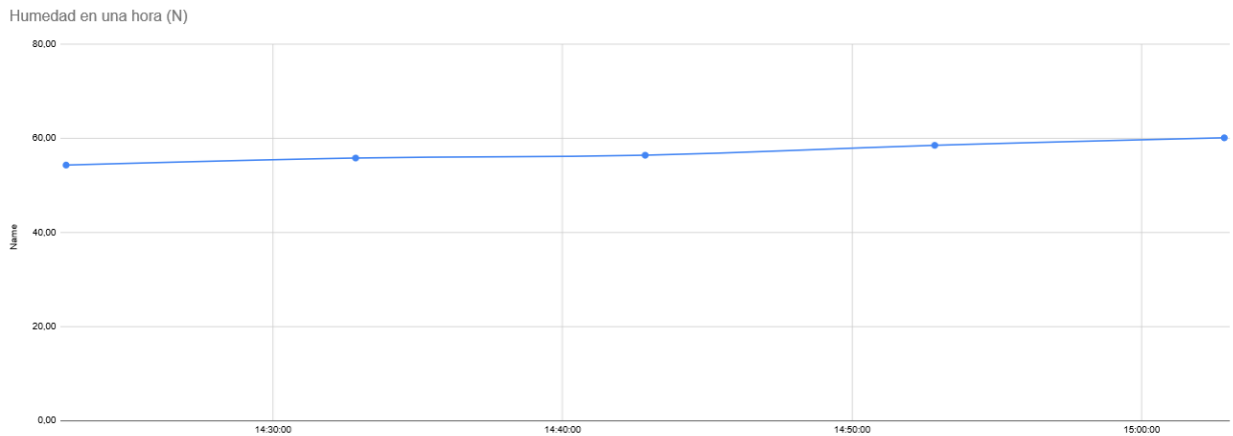


Figura 4.9 Gráfico de voltaje de humedad.

Gráfico de corriente.

En la Figura 4.10 se presenta como varía la corriente de la batería de forma ascendente en el tiempo, con la premisa de ir incrementando su valor hasta llegar al pico máximo a las 19h00 aproximadamente, lo cual indica que se ha conectado un dispositivo en el inversor como carga, éste pudiendo ser una luminaria o una lámpara, el cual estuvo apagado desde las 05h00 hasta las 10h15.

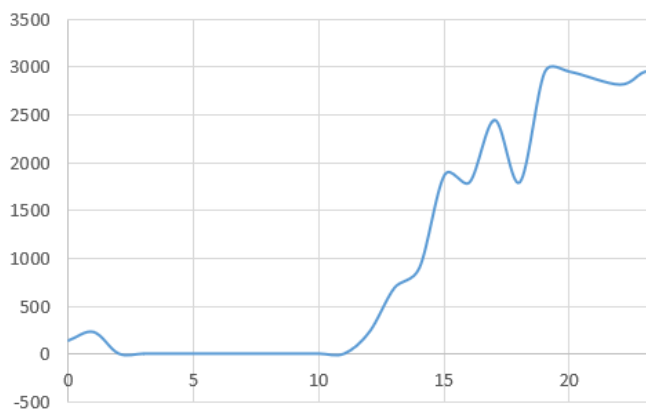


Figura 4.10 Gráfico de corriente en la batería.

Voltaje Panel

En la Figura 4.11 se presenta el voltaje del panel, sensado en una hora donde se tiene un día soleado y se puede identificar que la carga máxima es de aproximadamente 22 voltios, razón por la cual su conversión de luz solar a voltaje de corriente continua es en su valor máximo, en el horario de 14h10 hasta las 15h10.

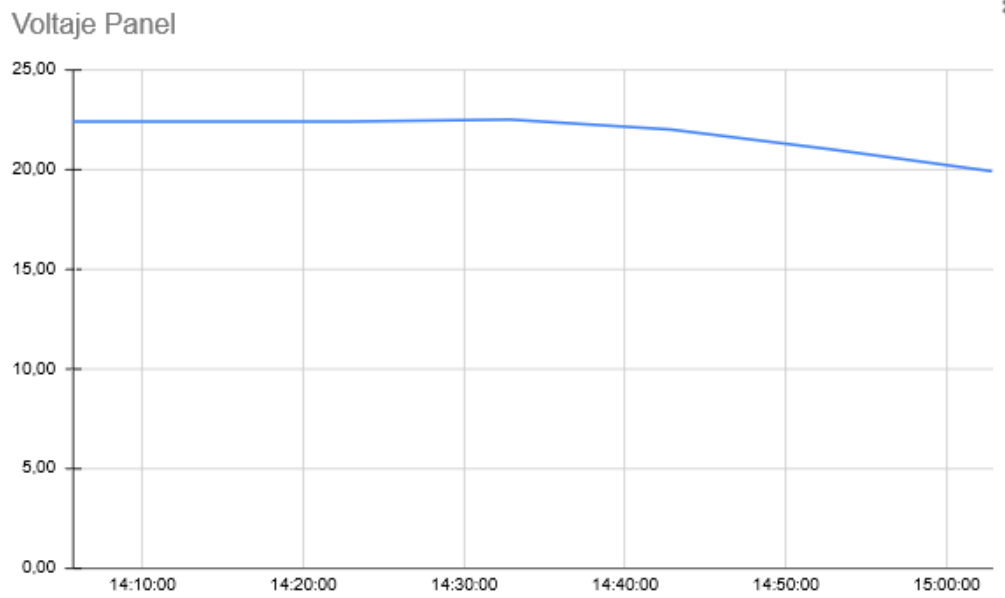


Figura 4.11 Gráfico del voltaje en el panel.

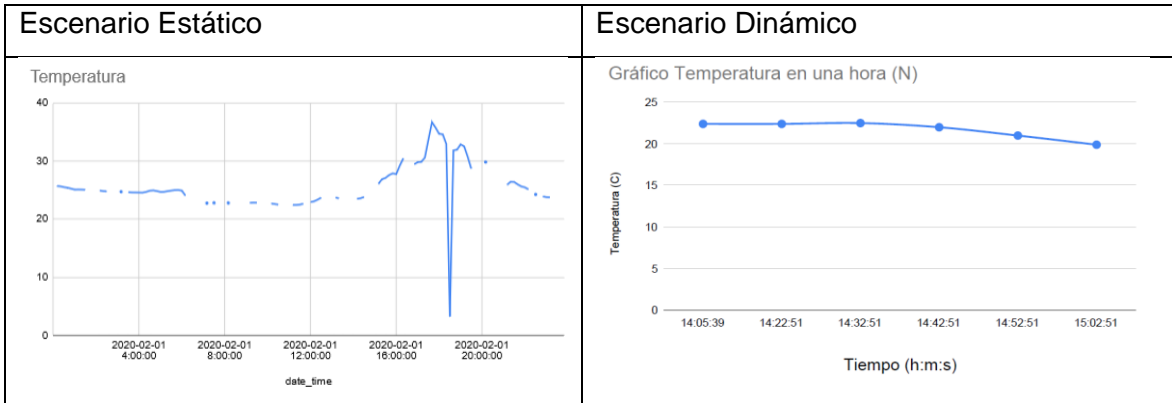
4.3 Análisis y comparación del Escenario Estático y Dinámico

Se presenta una comparación del comportamiento de las principales variables seleccionadas en el presente Trabajo de Titulación, las cuales son temperatura, humedad, voltaje y corriente.

Análisis de Temperatura

Para la variable de temperatura se muestra en la Tabla 4.1 la comparación de los resultados obtenidos para el Escenario Estático y Dinámico.

Tabla 4.1 Comparación de la temperatura.

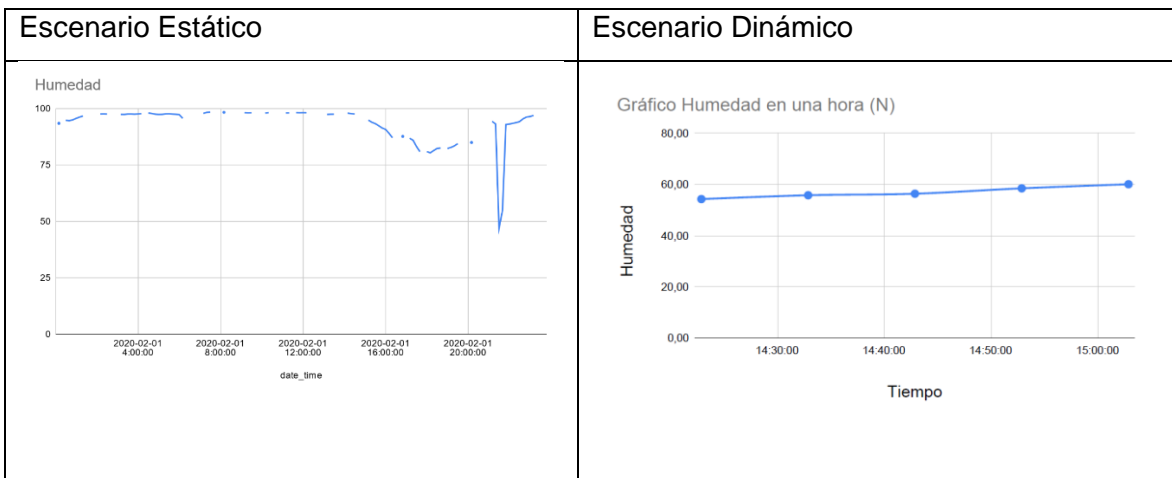


El valor mínimo de temperatura censado para el Escenario Dinámico corresponde a 21°C durante el día, en vista que la ubicación del sistema fotovoltaico se encuentra en la región sierra centro del país, lo que evidencia que un clima frío en comparación con el valor de mínimo de temperatura censado para el Escenario Estático que cual corresponde a 22.94 °C en el proyecto de Zonas Aisladas de la región amazónica.

Análisis de Humedad

Para la variable de humedad se muestra en la Tabla 4.2 la comparación de los resultados obtenidos para el Escenario Estático y Dinámico para diferentes fechas de censado y en diferentes condiciones ambientales.

Tabla 4.2 Comparación de la Humedad.

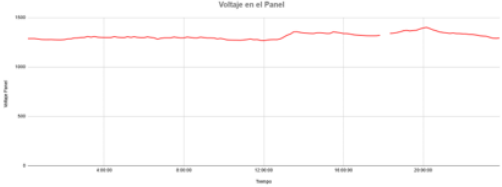
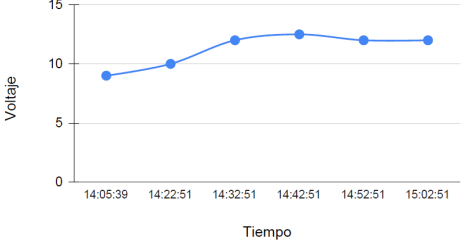


Para el Escenario Dinámico se evidencia que los valores medidos de humedad son constantes, con un valor promedio de humedad correspondiente al 60%, mientras que para el Escenario Estático se presentan valores no censados que no corresponden a un valor cero porque la humedad no es cero ese instante, sin embargo, para los valores censados se tiene un valor promedio de 96%.

Análisis del Voltaje en la Batería

Para la variable de voltaje se muestra en la Tabla 4.3 la comparación de los resultados obtenidos para el Escenario Estático y Dinámico.

Tabla 4.3 Comparación de voltaje en la batería.

Escenario Estático	Escenario Dinámico														
	<p data-bbox="863 842 1134 864">Gráfico Voltaje Batería en una 1 hora</p>  <table border="1" data-bbox="863 875 1326 1115"> <caption>Datos del Gráfico Voltaje Batería en una 1 hora</caption> <thead> <tr> <th>Tiempo</th> <th>Voltaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14:05:39</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>14:22:51</td> <td>10.0</td> </tr> <tr> <td>14:32:51</td> <td>12.0</td> </tr> <tr> <td>14:42:51</td> <td>12.5</td> </tr> <tr> <td>14:52:51</td> <td>12.0</td> </tr> <tr> <td>15:02:51</td> <td>12.0</td> </tr> </tbody> </table>	Tiempo	Voltaje	14:05:39	9.0	14:22:51	10.0	14:32:51	12.0	14:42:51	12.5	14:52:51	12.0	15:02:51	12.0
Tiempo	Voltaje														
14:05:39	9.0														
14:22:51	10.0														
14:32:51	12.0														
14:42:51	12.5														
14:52:51	12.0														
15:02:51	12.0														

Para la batería en el Escenario Estático se tiene una carga constante de su valor nominal (1300cV) por lo que su estado es correcto, y el panel esta entregando el voltaje adecuado para su carga, mientras que para el Escenario Dinámico se deberá revisar la batería puesto que presenta valores por debajo de su valor nominal.

4.4 Consideraciones de mantenimiento en un sistema fotovoltaico aislado

Las principales consideraciones a tomar en cuenta para la elaboración de un plan de mantenimiento y gestión de un sistema fotovoltaico aislado consisten en determinar el estado de sus componentes, en el presente Trabajo de Titulación se consideró realizar un análisis de comportamiento del voltaje de la batería, puesto que debe permanecer en un estado de voltaje constante para una carga completa y mantener un valor promedio que permita abastecer la carga del sistema, de los resultados obtenidos se recomienda que:

El componente del inversor en un sistema fotovoltaico aislado es el más susceptible a sufrir daños por lo que se pudo verificar en el gráfico de la corriente en la carga, el uso del mismo, el cual es recomendable que se lo revise en sitio, por lo menos cada cuatro meses de uso.

La limpieza del panel fotovoltaico es otro factor importante a considerar para mantener la eficiencia del panel, puesto que el polvo en el mismo obstaculiza que los rayos de sol penetren directamente, y la ubicación deberá ser adecuada para que cargue durante el mayor tiempo posible, se recomienda una limpieza cada seis meses de un sistema en producción en condiciones ambientales normales [38].

Un nivel muy bajo de carga en las baterías con respecto a su valor nominal es un indicador que pronto se tendrá que realizar un cambio de batería, en el gráfico de batería obtenido en el Escenario Estático se pudo observar que la batería se encuentra trabajando de forma correcta en vista que su valor de carga es constante. Dependerá del uso del tiempo para el cambio de una batería.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Mediante la generación de reportes gráficos sobre la plataforma *Apps Script* se ha logrado identificar el comportamiento de las principales variables de un sistema fotovoltaico aislado para lo cual se han realizado una depuración de la base de datos en *MySQL* y obtenido los datos más consistentes para su procesamiento en el ambiente de la *Suite de Google*.
- Mediante la generación del reporte gráfico del temperatura y humedad se puede determinar que las mejores condiciones de carga del panel fotovoltaico y la batería ocurren desde las 08h00 hasta las 12h00 en un día normal, sin embargo, esto puede variar dependiendo si el día está nublado o lluvioso, lo que repercute en el tiempo que de energía disponible en el sistema con carga permanente.
- La integración de la base de datos en *MySQL* con *Google Spreadsheets* requirió de la publicación de la base de datos mediante un firewall con los controles de seguridad adecuados en vista que las herramientas de la *Suite de Google* trabajan en un ambiente Cloud y el base de datos se encontraba en un ambiente local, para

el efecto, las consultas realizadas en *Apps Script* se realizaron de forma exitosa y el paso de los datos del sistema fotovoltaico aislado para el Escenario Estático y Dinámico fue correcto.

- El uso de la tarjeta *Arduino Mega 2650* con un módulo *ESP 8266* se vio limitada por la complejidad de la comunicación serial y sincronización entre ambos dispositivos, razón por la cual se optó como alternativa el uso de una tarjeta *NodeMCU ESP8266*, la cual tiene incorporado el módulo inalámbrico de comunicaciones, por lo que resultó factible su configuración para el propósito planteado, así como el uso de la tarjeta *NodeMCU 32* que básicamente son similares con la diferencia que incorpora más puertos analógicos de entrada y salida, para la integración de los sensores de corriente y voltaje.
- En el uso de la *Suite de Google* y sus herramientas facilitan el trabajo de prescindir de servidores físicos para la adquisición y procesamiento de los datos, resultando contar con una base de datos como servicio en *Firebase*, lo que podría ser complementado en un futuro estudio para el desarrollo de una aplicación con más sensores para la gestión de sistemas fotovoltaicos aislados u otro tipo de sistema.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda en lo posible el uso de tarjetas originales porque los drivers por defecto en el programa *Arduino IDE Drivers* son los adecuados mientras que con el uso de tarjetas genéricas como la *NodeMCU ESP8266* y *NodeMCU 32* requieren de la búsqueda de un driver apropiado para que pueda ser reconocidas y utilizadas de forma normal, sin embargo, para el presente Proyecto de Titulación se realizaron las configuraciones respectivas para que trabajen correctamente.
- El ancho de banda que se ha utilizado en el enlace satelital debe ser por lo menos de unos 2MB de capacidad simétricos en vista que por la cantidad de información enviada el canal puede llegar a saturarse.
- El ancho de banda de que se utiliza para realizar la consulta en la base de datos *MySQL* desde el *Google Apps Script* debe también ser lo más estable posible, es decir sin tiempo de latencia muy altos para que se ejecuten con normalidad las consultas con la cantidad de información a procesar.

- Una situación adversa en el desarrollo del presente de Trabajo de Titulación se da por la logística que se requiere para realizar en vista a la vivienda donde se encuentra instalado el sistema fotovoltaico aislado, en especial por el difícil acceso, razón por la cual, se recomienda probar el prototipo con un panel fotovoltaico accesible para desarrollo.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] «Informe de la Energía Renovable». https://wwf.panda.org/wwf_news/?199641/Informe-de-la-Energia-Renovable (accedido 22 de mayo de 2022).
- [2] «El costo de las renovables se reduce drásticamente y supera la opción más barata de combustibles fósiles | CMNUCC». Accedido: 9 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/news/el-costo-de-las-renovables-se-reduce-drasticamente-y-supera-la-opcion-mas-barata-de-combustibles>
- [3] «ECUADOR SOLUCIONES SOSTENIBLES DE ENERGIAS RENOVABLES FUERA DE RED PARA COMUNIDADES AISLADAS EN ECUADOR (EC-M1063)». <https://1library.co/document/yew85l4y-ecuador-soluciones-sostenibles-de-energias-renovables-fuera-de-red-para-comunidades-aisladas-en-ecuador-ec-m1063.html> (accedido 15 de enero de 2022).
- [4] «ASUM-DM Teaser». http://i2t.icesi.edu.co/ASUM-DM_External/index.htm#cognos.external.asum-DM_Teaser/tasks/sps_select_modeling_techniques_19A455F5.html?proc=_0eKIHlt6EeW_y7k3h2HTng&path=_0eKIHlt6EeW_y7k3h2HTng,_0eHEyVt6EeW_y7k3h2HTng,_0eHEyFt6EeW_y7k3h2HTng,_0eGdx1t6EeW_y7k3h2HTng (accedido 18 de julio de 2022).
- [5] M. A. Orbe Ordoñez, «Propuesta metodológica de analítica de datos para estudio y análisis de tráfico en redes de telecomunicaciones», dic. 2018, Accedido: 14 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19046>
- [6] «Google Workspace | Aplicaciones empresariales y herramientas de colaboración». <https://workspace.google.com/intl/es-419/> (accedido 15 de enero de 2022).
- [7] «Hojas de cálculo de Google: hojas de cálculo en línea para empresas | Google Workspace». <https://workspace.google.com/intl/es-419/products/sheets/> (accedido 15 de enero de 2022).
- [8] «Apps Script – Google Apps Script». <https://www.google.com/script/start/> (accedido 15 de enero de 2022).
- [9] «Snapshot». Accedido: 15 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://arduino.cl/producto/arduino-mega-2560/>
- [10] «ESP8266 todo lo que necesitas saber del módulo WiFi para Arduino», 20 de septiembre de 2016. <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/> (accedido 15 de enero de 2022).
- [11] «Servicios del Internet de las cosas totalmente gestionados de Google Cloud», Google Cloud. <https://cloud.google.com/solutions/iot?hl=es> (accedido 15 de enero de 2022).

- [12] «Firebase». https://firebase.google.com/?hl=es-419&gclid=CjwKCAiA24SPBhB0EiwAjBgkhpZPKtr-qivaMoKkFSvFUAr-SxXqwwlArywOHAWPI-vQWK7qtCYojhoCz7IQAvD_BwE&gclid=aw.ds (accedido 15 de enero de 2022).
- [13] «Snapshot». Accedido: 14 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-50-Esquema-unifilar-de-un-sistema-de-generacion-fotovoltaicaBateria_fig3_39425082
- [14] «ResearchGate Link». Accedido: 15 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326307750_Towards_an_Improved_ASUM-DM_Process_Methodology_for_Cross-Disciplinary_Multi-organization_Big_Data_Analytics_Projects_13th_International_Conference_KMO_2018_Zilina_Slovakia_August_6-10_2018_Proceeding
- [15] «Snapshot». Accedido: 14 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19046>
- [16] S. Angée, S. Lozano, E. Montoya-Munera, J. Ospina Arango, y M. Tabares, «Towards an Improved ASUM-DM Process Methodology for Cross-Disciplinary Multi-organization Big Data & Analytics Projects: 13th International Conference, KMO 2018, Žilina, Slovakia, August 6–10, 2018, Proceedings», 2018, pp. 613-624. doi: 10.1007/978-3-319-95204-8_51.
- [17] Á. Martín Otero y Á. Martín Otero, «Predicción de nubes a corto plazo para una plataforma solar a partir de datos radiométricos», 2018. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/49467/> (accedido 11 de marzo de 2022).
- [18] «Firebase». Accedido: 15 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://firebase.google.com/?hl=es-419&gclid=CjwKCAiA24SPBhB0EiwAjBgkhpZPKtr-qivaMoKkFSvFUAr-SxXqwwlArywOHAWPI-vQWK7qtCYojhoCz7IQAvD_BwE&gclid=aw.ds
- [19] «Manual de procedimiento de instalación de los equipos_v3 17-06-2019 POrellana», Google Docs. https://docs.google.com/document/d/1RuHRhiW9stMg7x8cLEBtiSF2gP3FI2x4TkRgZ37Rclo/edit?usp=drive_web&ouid=111096478135542327980&usp=embed_facebook (accedido 11 de agosto de 2020).
- [20] «Snapshot». Accedido: 25 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://arduino.cl/arduino-mega-2560/>
- [21] «Módulo NodeMcu V3 Lua WiFi ESP8266», AV Electronics. <https://avelectronics.cc/producto/modulo-node-mcu-lua-wifi-esp8266/> (accedido 25 de mayo de 2022).
- [22] «Snapshot». Accedido: 25 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-node-mcu-lua-wifi-esp8266/>
- [23] «Snapshot». Accedido: 15 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: https://cloud.google.com/solutions/iot?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=latam-LATAM-all-es-dr-SKWS-all-all-trial-p-dr-1011454-LUAC0015803&utm_content=text-ad-none-any-DEV_c-CRE_534914370913-ADGP_Hybrid%20%7C%20SKWS%20-%20PHR%20%7C%20Ttxt%20~%20IoT_General-KWID_43700065192374895-kwd-300656117218&utm_term=KW_iot-ST_IOT&gclid=CjwKCAiA24SPBhB0EiwAjBgkhpZPKtr-qivaMoKkFSvFUAr-SxXqwwlArywOHAWPI-vQWK7qtCYojhoCz7IQAvD_BwE&gclid=aw.ds
- [24] «Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22 (AM2302)», Naylamp Mechatronics - Perú. <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/58-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht22-am2302.html> (accedido 26 de mayo de 2022).
- [25] «Sensor de Corriente ACS712 - 5A BricoGeek | BricoGeek.com». <https://tienda.bricogeek.com/sensores/1147-sensor-de-corriente-ac712-5a.html> (accedido 13 de marzo de 2023).

- [26] «Módulo Sensor FZ0430 Medidor de Voltaje Breakout», Carrod. <https://www.carrod.mx/products/modulo-sensor-fz0430-medidor-de-voltaje-breakout> (accedido 10 de octubre de 2022).
- [27] «Snapshot». Accedido: 25 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://liika.com/g-suite/faqs/que-aplicaciones-o-herramientas-ofrece-g-suite>
- [28] «Tipos de gráficos de Hojas de cálculo de Google - Ayuda de Editores de Documentos de Google». <https://support.google.com/docs/answer/190718?hl=es-419> (accedido 13 de marzo de 2023).
- [29] «sites.google.com/a/artazaromo.com/ikttic/gas?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1». Accedido: 13 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/a/artazaromo.com/ikttic/gas?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>
- [30] «Apps Script | Google Developers». <https://developers.google.com/apps-script?hl=es-419> (accedido 13 de marzo de 2023).
- [31] «ASUM-DM Teaser». Accedido: 18 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: http://i2t.icesi.edu.co/ASUM-DM_External/index.htm#cognos.external.asum-DM_Teaser/tasks/sps_select_modeling_techniques_19A455F5.html?proc=_0eKIHlt6EeW_y7k3h2HTng&path=_0eKIHlt6EeW_y7k3h2HTng,_0eHEyVt6EeW_y7k3h2HTng,_0eHEyFt6EeW_y7k3h2HTng,_0eGdx1t6EeW_y7k3h2HTng
- [32] «Monitorización en la Amazonía», QualifyingPhotoVoltaics. <https://www.qpv.es/noticias/ecuador-instalacion> (accedido 22 de julio de 2020).
- [33] «Rojas - Diseño de protocolo de redes Mesh basado en LoRa.pdf». Accedido: 13 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/173566/Mejias%20-%20Diseno%20de%20un%20protocolo%20de%20redes%20Mesh%20basado%20en%20LoRa.pdf?sequence=2>
- [34] «Versión de Prueba de PowerDesigner». https://www.powerdesigner.biz/ES/powerdesigner/probar-powerdesigner-source_adwpd8.html?gclid=Cj0KCQjwk7ugBhDIARIsAGuvGpZJM_MuUwMiftwKmWncI9sLtcz zsj8jMNUrenJfIWWEWsZk0Uakw4aAgocEALw_wcB (accedido 13 de marzo de 2023).
- [35] «Sensor de Voltaje FZ0430 con Arduino», Arca Electrónica, 25 de enero de 2019. <https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/sensor-de-voltaje-fz0430-con-arduino> (accedido 13 de marzo de 2023).
- [36] «AC/DC current measurement using ACS712 sensor and NodeMCU ESP-12E micro-controller.» <https://www.romn.io/2020/05/a-simple-approach-to-measure-acdc.html> (accedido 9 de julio de 2022).
- [37] «Firebase Pricing», Firebase. <https://firebase.google.com/pricing?hl=es-419> (accedido 13 de marzo de 2023).
- [38] «Alejo - DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA A.pdf». Accedido: 30 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf

7 ANEXOS

En complemento a lo citado en los capítulos 3 y 4, se tienen los siguientes anexos.

ANEXO I. Programación de la tarjeta Arduino y en *Google Apps Script*.

https://drive.google.com/drive/folders/10rOmrLSThb04quJ_CWbs0R5Z55DWid57?usp=sharing

ANEXO II. Reportes gráficos.

https://drive.google.com/drive/folders/1t7uY536hDi2gj_cg997rscBDjijk55d8?usp=sharing

ANEXO III. Reportes pdf.

https://drive.google.com/drive/folders/1KkXSmJdHPHCISn_bmKMH23cwzTHspf2k?usp=sharing

ANEXO IV. Fotografías de los elementos del sistema fotovoltaico aislado.

<https://drive.google.com/drive/folders/18SY1zDoF7gi3ukhV4MsW9uZmlaI0Cfax?usp=sharing>

ORDEN DE EMPASTADO