

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
PARA MONITOREO DE SISTEMA FOTOVOLTAICOS DE LA INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**ANDRÉS FELIPE ORTIZ CARDONA
JULIAN RESTREPO YEPES
JECSSON JAVIER VILLERO GARCIA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2023**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
PARA MONITOREO DE SISTEMA FOTOVOLTAICOS DE LA INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**ANDRÉS FELIPE ORTIZ CARDONA
JULIAN RESTREPO YEPES
JECSSON JAVIER VILLERO GARCIA**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista

Asesor

Mateo Rico García

MSc. en automatización y control industrial

Co- Asesor

Andrés Felipe Ramírez Barrera

Msc. en Administración

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2023**

Contenido

Introducción	7
1. Planteamiento del problema	9
1.1 Descripción	9
1.2 Formulación	10
2. Justificación	11
3. Objetivos	13
3.1 Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos	13
4. Referentes teóricos	14
4.1 Generación de energía	14
4.2 Tecnología Fotovoltaica	16
4.2.1. Paneles solares de telurio de cadmio (CdTe).....	16
4.2.2. Paneles solares de cobre y diseleniuro de indio (CIGS).....	16
4.2.3. Células Fotovoltaicas Orgánicas (OPV).....	17
4.2.4 Paneles solares híbridos.....	17
4.3 Energía Solar fotovoltaica	17
4.3.1. Tipos de plantas fotovoltaicas	18
4.4 Sistema de transferencia de energía eléctrica	20
4.4.1. Características generales	21
4.5 Energía Renovables	21
4.5.1. Tipos de energía renovable	22
4.6 Sensores	24
4.7 Metrología	25
4.8 Instrumentación	26
4.9 Control	27

4.10	Automatización	27
4.11	Software	28
4.12	DAQ	29
4.13	Hardware	30
4.14	Dashboard	30
4.15	Procesamiento	31
4.16	Metodologías de investigación	32
4.17	Ética y privacidad	33
4.18	Validación y verificación	34
4.19	Fuentes confiables	34
4.20	Estándares y buenas prácticas	34
4.21	Documentación	34
4.22	Análisis y limpieza de datos	35
5.	Metodología	36
5.1	Tipo de proyecto	36
5.2	Método	36
6.	Resultados del proyecto	38
7.	Conclusiones	63
8.	Recomendaciones	65
9.	Referencias bibliográficas	66
10.	Anexos	68

Lista de figuras

figura 1, ¿cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?	19
figura 2, sensor de irradiación solar	25
figura 3, magnitudes y unidades básicas definidas por el sistema internacional de unidades.	26
figura 4, equipos de instrumentación.	27
figura 5, elementos actuales de un sistema de adquisición de datos DAQ	29
figura 6, dashboard sistema generación solar	31
figura 7, proyecto Instalación paneles solares por la empresa HYBRYTEC	39
figura 8, proyecto instalación de paneles solares por la empresa ERCO ...	40
figura 9, módulo ESP32-S3-WROOM-1	41
figura 10, plataforma Arduino IDE	42
figura 11, sensor de corriente ACS758	42
figura 12, sensor de voltaje	43
figura 13, sensor de temperatura DHT21	44
figura 14, sensor de irradiación solar	45
figura 15, influxdb	46
figura 16, rabbit mq	47
figura 17, grafana Dashboard	47
figura 18, panel solar	48
figura 19, características técnicas del panel solar.	49
figura 20, pruebas preliminares en tabla de pruebas	50
figura 21, SADQ ensamblado	51
figura 22, sistema sadq en funcionamiento	51
figura 23, ingreso a plataforma Amazon web services	52
figura 24, se ingresa contraseña	53
figura 25, selección de servidor	53
figura 26, se selecciona instancias	54
figura 27 , selección de SADQ	54

figura 28, Servidor en parte superior derecha debe de aparecer ciudad donde se crea el servidor	55
figura 29, conectar	56
figura 30, conectarse a la instancia.	57
figura 31, visualización de Ubuntu	58
figura 32, red, contraseña y dirección	59
figura 33, dashboard en tiempo real del sistema de adquisición de datos	60
figura 34, visualización de contenedor influxdb que permite importar un archivo csv	61
figura 35, archivo csv presentado en Excel	62

Lista de Anexos

Anexo A. Archivo csv en Excel registro de voltaje	68
Anexo B. Archivo csv en Excel registro de temperatura	69
Anexo C. Código para cargar en esp32 utilizando plataforma ARDUINO IDE, activación sensores y comunicación servidor SADQ	70

Resumen

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MONITOREO DE SISTEMA FOTOVOLTAICOS DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

ANDRÉS FELIPE ORTIZ CARDONA

JULIAN RESTREPO YEPES

JECSSON JAVIER VILLERO GARCIA

La finalidad de este proyecto tiene como objetivo primordial, diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos a pequeña escala como prototipo funcional para monitorear los sistema fotovoltaicos de la Institución Universitaria Pascual Bravo, el propósito de esta herramienta es monitorear y analizar las variables que convergen en un sistema de generación solar en tiempo real, por medio de conjunto de técnicas de medición que posibiliten un diagnóstico más acertado del funcionamiento del sistema.

Para la realización de este proyecto fue indispensable adquirir un servidor web, utilizamos Amazon web services (AWS), que nos permite utilizar 750 horas de manera gratuita, ya después de consumir las horas estipuladas en contrato, se procede a cobro por tarjeta de crédito, se utiliza Linux como sistema operativo para desarrollar el software de adquisición de datos, específicamente Ubuntu como plataforma que maneja el servidor AWS se utiliza una plataforma de desarrollo Docker que es en donde se crean los contenedores que tendrán las imágenes y software de los servicios que utilizaremos con intermediarios de software o middleware como telegraf, influxdb, rabbitmq, grafana , para generar adquisición de datos y su debida visualización.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se procede a complementar la parte de adquisición de datos en la utilización de hardware por medio de un módulo con microcontrolador que cuenta con soporte WI-FI orientado a internet de las cosas o por sus siglas en inglés (IoT), se trata del ESP32-S3-WROOM-1, que permite conectar diversos sensores como voltaje en DC, corriente en DC, temperatura y radiación, además de realizar medición y registro de magnitudes escalares en tiempo real por medio de un entorno de programación de objetos en lenguaje C++ en una plataforma de desarrollo llamada ARDUINO IDE.

Una vez se tiene sincronizado el hardware y software de adquisición de datos, se procede a recopilar información del funcionamiento del sistema de generación para monitorear en tiempo real, proyectar generación y se ilustra en una dashboard que permite realizar análisis exhaustivos para la respectiva toma de decisiones.

Palabras claves: AWS, Software, hardware, rabbitmq, influxdb, telegraf, middleware, dashboard, ARDUINO IDE, C++, GRAFANA

Abstract

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF DATA ACQUISITION SYSTEM FOR MONITORING OF PHOTOVOLTAIC SYSTEM OF THE UNIVERSITY INSTITUTION PASCUAL BRAVO

**ANDRES FELIPE ORTIZ CARDONA
JULIAN RESTREPO YEPES
JECSSON JAVIER VILLERO GARCIA**

The purpose of this project has as its primary objective, to design and implement a small-scale data acquisition system as a functional prototype to monitor the photovoltaic system of the Pascual Bravo University Institution, the purpose of this tool is to monitor and analyze the variables that converge in a solar generation system in real time, by means of a set of measurement techniques that allow a more accurate diagnosis of the operation of the system.

For the realization of this project it was essential to acquire a web server, we use Amazon web services (AWS), which allows us to use 750 hours for free, and after consuming the hours stipulated in the contract, we proceed to charge by credit card, Linux is used as an operating system to develop data acquisition software, specifically Ubuntu as a platform that manages the AWS server uses a Docker development platform that is where the containers are created that will have the images and software of the services that we will use with software or middleware intermediaries such as telegraf, influxdb, rabbitmq, grafana, to generate data acquisition and its due visualization.

Taking into account the above, we proceed to complement the data acquisition part in the use of hardware by means of a module with microcontroller that has WI-FI support oriented to the internet of things or for its acronym in English (IoT), it is the ESP32-S3-WROOM-1, which allows to connect various sensors such as DC voltage, DC current, temperature and irradiance, in addition to measuring and recording scalar magnitudes in real time through an object programming environment in C++ language on a development platform called ARDUINO IDE.

Once the data acquisition hardware and software is synchronized, information on the operation of the generation system is collected to monitor it in real time, project generation and is illustrated in a dashboard that allows exhaustive analysis for the respective decision making.

Keywords: AWS, Software, hardware, rabbitmq, influxdb, telegraf, middleware, dashboard, ARDUINO IDE, C++, GRAFANA

Glosario

Arduino: es una plataforma que permite crear código abierto por medio de dispositivos electrónicos basada en software y hardware libre

AWS: Es una nube que permite almacenar, gestionar y analizar datos además de presentar un paquete robusto de aplicaciones para desarrolladores de software.

CPP: sus siglas traducen C más, más, es un lenguaje de programación orientado a la programación de objetos.

Dashboard: tablero de datos digital

GRAFANA: visualizador de datos, permite crear dashboard facilitando la interpretación y comprensión de datos

Hardware: elemento físico que constituye un sistema informático

Influxdb: se puede comprender como un sistema que gestiona bases de datos sirviendo para visualizar y detectar datos como por ejemplo de internet de las cosas.

IOT: por sus siglas en inglés traduce internet de las cosas, se puede comprender como la interconexión de dispositivos electrónicos a por medio de internet, estos dispositivos se encuentran equipados con sensores, actuadores y tecnología con acceso red que permite recopilar y compartir datos.

Middleware: intermediador de software que permite un enlace entre diferentes componentes y sistemas, se puede entender como un conjunto de

programas y servicios que facilita la comunicación e interacción entre componentes de software y aplicaciones.

Rabbitmq: sistema de comunicación informática que permite mensajería entre objetos.

Software: es en términos generales un programa informático dotado de algoritmos para la realización de tareas específicas.

Telegraf: es un agente ligero de código abierto que permite recopilar, procesar y escribir

Introducción

Un sistema de adquisición de datos es un proceso que se utiliza para recopilar información, de una manera simple, se puede comprender como un operario técnico en un proceso industrial al realizar el registro de temperatura de una caldera en una hoja de papel, está realizando una muestra de datos , en nuestro caso particular las formas de adquisición de datos han tenido grandes avances y el proceso de escritura manual ha sido reemplazada por tecnología que ha simplificado esta actividad haciendo más confiable, preciso y versátil la toma de datos, en la implementación de un sistema de adquisición se pueden encontrar términos tales como convertidores digitales y analógicos que son los encargados de recopilar señales, protocolo de comunicaciones que permiten transportar la información recolectada y frecuencia de muestreo que es cada cuanto se realiza la recolección de datos.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos (DAQ) que brinda la capacidad de identificar los comportamientos y fallas que transcurren en un determinado escenario, se pretende usar para la adquisición de datos y monitorear los sistemas fotovoltaicos que se encuentra instalados en la Institución Universitaria Pascual Bravo, esto es con la finalidad de identificar las magnitudes que convergen en el sistema de generación alternativo tales como voltaje, corriente, temperatura e irradiación y, así establecer parámetros para mantenimiento preventivo y predictivo además de realizar ajustes con respecto a la eficiencia del sistema en donde se puede fijar una toma de decisiones que determinan por medio de carácter científico y técnico el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

El interés de realizar de este proyecto es identificar el comportamiento del sistema de generación debido a que se tiene como un activo en la institución

y no se tiene información acerca de su funcionamiento, es decir, cuales paneles no están bien posicionados como por ejemplo debajo de un árbol, presenten acumulación de polución en el vidrio del panel afectando la capacidad de generación, panel averiado y cuales se pueden ajustar para mejorar su funcionamiento, lo anteriormente descrito se puede solucionar con un sistema de adquisición de datos y monitoreo, acercando a una solución al lograr visualizar el comportamiento en estado real por medio de indicadores y un sistema de alertas y eventos lo cual permite contrastar la eficiencia del sistema y registrar los niveles de generación que se tienen previstos en los datos de funcionamiento nominal suministrados por el fabricante, en lo competente al diseño del sistema se realizara la creación de un tablero digital (dashboard) y en donde esperamos como resultado por medio de indicadores, cifras y estadísticas de funcionamiento, se puede decidir instalar un nuevo sistema de generación en el campus universitario para suplir o complementar la demanda de energía dentro del campus.

Como eje central de este proyecto es indispensable levantar información con respecto a la cantidad de paneles que se encuentran instalados en la Institución Universitaria Pascual Bravo ¿cuántos de estos paneles están en funcionamiento? ¿activados o desactivados? ¿Cuál es la configuración del sistema instalado? si se encuentra conectado a la red o desconectado de la red, tipo de controladores que regulan los paneles, el estado de estos, selección de sistema de datos, periféricos, almacenamiento y tratamiento de datos.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

La Institución Universitaria Pascual Bravo, posee un sistema de generación fotovoltaico que no recibe monitoreo y que es fundamental para prevenir y predecir daños, por lo tanto, no se tienen los valores reales de eficiencia o rendimiento. La falta de un sistema de adquisición de datos se traduce en que no se identifican las magnitudes que participan en el proceso del sistema de generación de energía eléctrica tales como voltaje, corriente, irradiación y temperatura lo que es causante de la degradación de los componentes en el sistema acortando su vida útil afectando de manera directa el funcionamiento de este. (Núñez, 2020)

La institución no posee un esquema para cuantificar los tipos de sistemas fotovoltaicos implementados en la Institución universitaria Pascual Bravo por lo que no es posible identificar un porcentaje de rendimiento óptimo de los paneles del sistema fotovoltaico implementados en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

No se dispone de un sistema de adquisición de datos que permita identificar las magnitudes que intervienen en la generación fotovoltaica y se tiene gran probabilidad de que existan paneles que no estén funcionando a un margen del 100%, lo que traduce en un sistema de generación ineficiente.

La Institución Universitaria Pascual Bravo no cuenta con un sistema de monitoreo para la generación fotovoltaica y no se tiene información real del comportamiento del activo eléctrico lo que no permite la toma de decisiones en pro de aprovechar la totalidad de su funcionamiento.

1.2 Formulación

¿Es posible monitorear y realizar análisis de datos en el sistema de generación solar fotovoltaico instalado en la Institución Universitaria Pascual Bravo por medio de un sistema de adquisición de datos?

2. Justificación

Si los eventos y errores en los sistemas de generación de energía instalados en el campus no pueden controlarse de manera correcta y precisa, pueden afectar los activos que inicialmente componen el costo de la rentabilidad del proyecto. Con esto en mente, implementar un sistema de recolección de datos y monitoreo en una instalación institucional puede predecir daños significativos a los equipos existentes, y se pueden lograr reducciones de costos al proteger los activos a través de programas de mantenimiento predictivo, ya que al conocer los indicadores del panel y operar los equipos instalados, se puede determinar un cronograma de mantenimiento preventivo, basado en la condición de operación de la planta o equipo. Así mismo, Colombia, un país en desarrollo, debe estar a la vanguardia en la implementación de tales tecnologías de control y recopilación de datos en su sector manufacturero para aumentar la eficiencia de manera automatizada y enviar datos en tiempo real por medio de Sensores, transmisores, convertidores de señal, computadoras y otros campos.

Los sistemas de adquisición de datos (DAQ) pueden brindar beneficios significativos en el monitoreo en tiempo real, la mejora de la eficiencia, la resolución de problemas y el diagnóstico, la automatización de tareas, la flexibilidad y la escalabilidad. Es valioso en una amplia gama de aplicaciones en la industria, la medicina, la investigación científica y otras áreas donde la recopilación y el análisis de datos son esenciales para tomar decisiones informadas y optimizar los procesos. Tomando en cuenta los puntos anteriores, este proyecto es muy beneficioso para la comunidad Pascualina, ya que es posible que los futuros estudiantes de educación técnica profesional adquieran habilidades relacionadas con el funcionamiento óptimo de los sistemas de energía solar y afiancen sus conocimientos en este campo de la electricidad, sistemas e indicadores.

También es útil porque las herramientas, el diseño y la concesión de licencias se dejarán en manos de los estudiantes para los ejercicios de laboratorio que se utilizarán en el proceso de formación. Los costos internos frente a las instituciones de educación superior ahora se reducirán, ya que el sistema ayudará en gran medida a optimizar el funcionamiento de los recursos existentes, así como también permitirá obtener un mayor contexto y metodología práctica para el conocimiento adquirido, lo que obligará a su uso en los sectores industrial y social.

Se diseñará, implementará y entregará un sistema de toma de datos orientado a procesos industriales, elaboración de mapas de control, tendencias gráficas, historial de alarmas con el objetivo de validar la información de los procesos de producción de energía solar en tiempo real.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos para monitoreo de sistemas fotovoltaicos de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

3.2 Objetivos específicos

Esquematizar los tipos de sistemas fotovoltaicos instalados en la I.U Pascual Bravo.

Estructurar un sistema de instrumentación para cuantificar magnitudes escalares como voltaje, corriente, temperatura e irradiación, en la interacción con los sistemas fotovoltaicos.

Incorporar un sistema de procesamiento de señales y visualización de las magnitudes medidas.

Realizar Gestión y archivo de datos, almacenamiento y procesado ordenado de datos, de forma que por medio de software o dispositivo electrónico se pueda tener acceso a la información.

4. Referentes teóricos

4.1 Generación de energía

La energía solar se produce cuando los rayos del sol chocan en la superficie de los paneles solares, que a su vez la transforma en electricidad para el uso en nuestros hogares. Este proceso fotovoltaico es una breve explicación de cómo se produce energía solar esencialmente.

El paso más importante en el proceso es al momento de la instalación de los paneles solares, ya que estos son los encargados de la producción y transformación de la energía solar en electricidad. Un panel solar está construido con placas de silicio monocristalino o policristalino incrustados en un marco de aluminio y recubiertas por una carcasa de cristal y un doble encapsulado.

Cuando la luz de sol atraviesa sobre la fina capa de silicio de la superficie del panel, desprenden electrones de los átomos de silicio. Como los electrones poseen carga negativa se van a sentir atraídos por las celdas de silicio en su parte positiva, creando una corriente eléctrica que luego es encapsulada por el cableado del panel solar que está en la parte inferior de este. Si la carga es superior a 1,2 eV (electronvoltios). A este proceso se conoce como efecto fotovoltaico y por ende entre más luz solar incide en los paneles en consecuencia más electrones serán liberados y así producirá más energía y esto depende de la ubicación y orientación del sol.

Las placas de calidad tienen más eficiencia en absorber mayor energía en el mismo tiempo de exposición que otras placas, una vez que los electrones son capturados en paneles individual es, la corriente final es la corriente continua (CC); que seguidamente debe ser convertida a corriente continua (CA) para ser consumida de uso final. Esta conversión de corriente se realiza

por dispositivos llamados inversores, inversores en string, micro inversores.
(Sotysolar, 2021)

4.2 Tecnología Fotovoltaica

Generalmente los paneles solares utilizados y en el mercado son fabricados a partir de silicio cristalino, pero existen otros tipos de paneles solares que también producen electricidad del sol. Todas estas tecnologías solares están dentro de la familia de paneles de película delgada, y son una parte muy pequeña del mercado de la energía solar en general. Esto en virtud principalmente a que no son beneficiosos en la actualidad. Futuramente, estas alternativas pueden ser las tecnologías que dominan la energía solar, pero actualmente los paneles solares de silicio son los poseedores de la industria. (Sotysolar, 2021)

4.2.1. Paneles solares de telurio de cadmio (CdTe).

Los paneles de Telurio de Cadmio son una opción al panel solar tradicional y se distinguen por su bajo coste con respecto al de silicio cristalino. Esto es consecuente a que su calificación de eficiencia energética es baja y a que su reciclaje genera bastantes dudas entre la comunidad ecologista.

Su estructura a base de materiales singulares también evita que se puedan elaborar masivamente. Por otro lado, los paneles CdTe captan la luz solar en una longitud de onda menor, por lo que concentra ondas solares con eficiencia de energía que los paneles de silicio.

4.2.2. Paneles solares de cobre y diseleniuro de indio (CIGS).

Su ciencia está basada en el cobre que permite a estos paneles tenga la relevancia con respecto a la de los paneles CdTe, lo que convierte a los paneles CIGS en una alternativa promisorio para el futuro, ya que su alto valor de producción no lo hace asequible para el público.

4.2.3. Células Fotovoltaicas Orgánicas (OPV).

A diferencia de emplear un material inorgánico como el silicio o el cobre, las células OPV emplean cubiertas delgadas de vapor orgánico para producir una corriente eléctrica a partir de la luz solar.

4.2.4 Paneles solares híbridos. Una de las tecnologías más convincentes y prometedoras es el panel solar híbrido, que es capaz de producir electricidad y agua caliente sincrónicamente a partir de la energía solar. Se constituye de un sistema fotovoltaico para la producción de electricidad y de un sistema hidráulico para la producción de agua caliente, que reduce las pérdidas de energía y maximiza la producción fotovoltaica al reducir la temperatura del panel. Esto permite fusionar las dos tecnologías en un solo panel, complaciendo de manera más eficiente el consumo de energía eléctrica y térmica de ambas tecnologías.

4.3 Energía Solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se fundamenta en la energía renovable y limpia que captura la radiación solar para producir electricidad. Se basa en el llamado efecto fotoeléctrico, por el cual se precisan materiales capaces de concentrar fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, produciendo corriente eléctrica.

Para tal efecto, se utiliza un dispositivo semiconductor llamado celda o célula fotovoltaica, que normalmente es de silicio monocristalino, policristalino o amorfo, o bien otros materiales semiconductores de recubrimiento finos. Las de silicio monocristalino se logran a partir de un único cristal de silicio puro y alcanzan la máxima eficiencia, entre un 18 % y un 20 % de media.

Las de silicio policristalino se hacen en bloque a partir de varios cristales, por lo que son más económicas y tienen una utilidad media de entre el 16 % y el 17,5 %. Por último, las de silicio amorfo presentan una red cristalina desordenada, lo que trae como consecuencia peores utilidades (eficiencia media de entre un 8 % y un 9 %) pero también un precio menor. (Sotysolar, 2021)

4.3.1. Tipos de plantas fotovoltaicas

Hay dos tipos de plantas fotovoltaicas: las que están conectadas a la red y las que no. Dentro de las primeras existen, a su vez, otras dos clases:

Central fotovoltaica: Hace referencia a toda la energía producida a partir de los paneles solares que se interconectan a la red eléctrica

Generador con autoconsumo: En esta la electricidad producida es gastada por el propio productor (en una vivienda, por ejemplo) y el resto se vierte a la red. simultáneamente, el productor toma de la red la energía que le haga falta para cubrir sus necesidades cuando la unidad no está produciendo lo suficiente.

Estas instalaciones con conexión a la red cuentan con tres elementos básicos:

Paneles fotovoltaicos: se relaciona a las celdas fotovoltaicas montadas entre capas de silicio que captan la radiación solar y transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones).

Inversores: convierten la corriente eléctrica continua que producen los paneles en corriente alterna, apta para el consumo.

Transformadores: la corriente alterna generada por los inversores es de baja tensión (380-800 V), por lo que se utiliza un transformador para elevarla

a media tensión (hasta 36 kV). Las instalaciones no conectadas a la red operan en isla y suelen encontrarse en lugares remotos y explotaciones agrícolas para satisfacer demandas de iluminación, servir de apoyo a las telecomunicaciones y bombear los sistemas de riego. Estas plantas aisladas requieren dos elementos adicionales para funcionar:

Baterías: encargadas de almacenar la energía producida por los paneles y no demandada en ese instante para cuando sea necesario.

Reguladores: protegen la batería contra sobrecargas y previenen un uso ineficiente de la misma. OPV aún no están siendo utilizadas de manera extensiva debido a la baja eficiencia y la corta vida útil en comparación con otras tecnologías de panel.



figura 1, ¿cómo funcionan las plantas fotovoltaicas?

Fuente: <https://www.migueliez.com/pa/energia-fotovoltaica-una-apuesta-de-presente-y-pensando-en-el-futuro>

4.4 Sistema de transferencia de energía eléctrica

Una condición fundamental de los sistemas de distribución de energía eléctrica de comisión crítica es fundamental de que funcionen de manera automática. La transferencia rápida y fiable del sistema de una fuente de energía a otra durante ciertos eventos del sistema es necesaria para el logro de los objetivos de confiabilidad para dicho sistema y la instalación a la que sirve.

El diseño de un sistema de transferencia automática es minúsculamente considerado “menos importante” que otros aspectos del diseño de todo el conjunto del sistema eléctrico.

El cambiar de una fuente a otra es la práctica mediante la cual un bus de carga que comprende a la mayoría de los motores de inducción la transfiere a una fuente de energía alternativa en cualquier planta de energía o planta industrial cuando la fuente de alimentación normal falla o aparece la necesidad de ser disparada para asegurar el continuo funcionamiento de una planta.

Toda transferencia de una fuente a otra inadecuada e insegura puede ocasionar graves daños a los motores, a sus cargas conectadas y a la constancia del proceso. El servicio de transferencia, por ende, tiene que funcionar a una velocidad muy alta y de forma segura para no tener ningún impacto económico negativo en el funcionamiento de los equipos de la planta. Las condiciones de transferencia varían según cada planta, de acuerdo con sus cargas conectadas y con sus prácticas de operación.

Los sistemas de transferencia automáticos tendrán que estar operativos para minimizar la interrupción de energía mediante la transferencia de la carga de la fuente principal a una fuente alternativa cuando la fuente principal falla o no está operativa temporalmente. Las configuraciones de

autobuses variarán de una planta a otra. Por su parte, los esquemas de transferencia pueden realizarse de forma automática o manualmente.

4.4.1. Características generales

En las utilidades críticas de potencia, la variación más frecuente es usar dos interruptores de circuito principales y un enlace de barra. En consecuencia, se tienen los dos buses secundarios separados en dos piezas diferentes de equipo. Otra variación es la disposición principal a principal, que descarta el interruptor de enlace de barras y simplemente tiene los dos buses secundarios conectados todo el tiempo. En esta ordenación, una fuente de energía principal lleva toda la carga, mientras que el segundo bus es únicamente una fuente de energía de reserva. De esta manera, la disposición principal a principal es análoga a un interruptor de transferencia automática (ATS).

4.5 Energía Renovables

La energía renovable se origina a través de los recursos naturales, por ende, no contamina el medioambiente y es inagotable; porque ciertos recursos como el sol son abundantes o porque existen recursos que pueden localizarse y explotar en cualquier parte del mundo.

Características de la energía renovable.

Las tres características más importantes de la energía renovable son:

- No contamina

Es todo proceso de producción o captación de energía que no produce residuos contaminantes, es decir, elimina la posibilidad de contaminación, ya que se reducen a ceros todos los residuos peligrosos para el medio ambiente.

- No se agota

Esta es una energía inagotable, porque proviene de recursos completamente naturales y renovables, cuya disponibilidad puede mantenerse en el tiempo, incluso cuando se utiliza en grandes proporciones.

- Es competitiva

Porque una vez realizada la inversión, funciona y su costo es relativamente bajo. Además, es una forma de energía que puede tener diferentes usos contribuyendo a un desarrollo económico sostenible.

4.5.1. Tipos de energía renovable

La energía renovable se caracteriza por ser muy diversa, pero dentro de las más utilizadas encontramos:

- **Energía solar:** La energía solar se genera de la captación de la luz o del calor del sol. Las formas de uso de la energía solar pueden ser muy variadas.

- **Solar Fotovoltaica:** Capta y transforma en forma directa la luz del sol y se convierte en electricidad, a través de paneles fotovoltaicos.

- **Solar Termoeléctrica:** De igual forma se conoce como termosolar, en este caso la energía solar se utiliza para generar calor y usarse para cocinar y calentar. La energía del sol se concentra con la ayuda de espejos o lentes.

- **Energía eólica:** Es la energía generada aprovechando la fuerza del viento, que mueve los molinos conectados a generadores de electricidad.

La energía eólica se utiliza para poner en funcionamiento grandes parques energéticos, de la misma manera se puede implementar a pequeñas escalas como lo son las mini eólica que mueve generadores de

potencia inferior a 100 KW, lo que permite aplicarse a las necesidades de consumo de zonas aisladas y de difíciles accesos a las redes de energías comerciales.

- **Energía hidráulica:** Es la energía producida a través de las corrientes de ríos o de agua dulce, se conoce como energía hidroeléctrica. Normalmente se captan grandes cantidades de agua por medio de represas para generar energía cinética que en consecuencia la fuerza del agua que mueve las turbinas que producen electricidad. Desde la antigüedad este tipo de proceso ha sido la forma más usada hasta estos tiempos de producir energía eléctrica.

- **Biomasa y biogás:** Esta forma de energía se elabora mediante el uso de materia orgánica. Se fabrica por combustión de desechos orgánicos de origen animal o vegetal, de una manera medioambiental y ahorrativa. Como fuente energética también produce energía eléctrica y energía calórica.

- **Energía geotérmica:** Energía almacenada como calor en la tierra que se puede utilizar para generar calor y energía. Estas fuentes son depósitos dentro de la superficie terrestre, generalmente volcanes muy eficientes y a la mano.

- **Energía mareomotriz:** La energía del mar u océano es obtenida de las es la coacción constante de las mareas o de las olas, por medio de la cual se producirá electricidad.

Ventajas de la energía renovable

Los beneficios del uso de energías no renovables son numerosos y se pueden resumir en los siguientes:

No producen gases de efecto invernadero, la cual es una de las soluciones más eco ambientales para producir energía. No contaminar las denomina como una de las mejores alternativas para proteger y preservar la humanidad en todos los sentidos. Los recursos naturales como el agua, el sol, y el viento son omnipresentes en todo el mundo, a diferencia de los combustibles fósiles, que solo se encuentran en ciertas partes del planeta por lo que países no los tienen les toca importarlos de otras partes.

Como las fuentes provienen de los recursos naturales, pueden ser usados tantas veces como se requiera. Por ello, se consideran una opción sostenible para el futuro energético de la humanidad.

4.6 Sensores

Los sensores son un conjunto de dispositivos físicos, los cuales son capaces de variar ante una eventual magnitud externa tales como la física y la magnitud química, estas variables son transformadas por un transductor en variables eléctricas las cuales varían dependiendo del rango del medio que está efectuando el sensor y el rango al cual han sido predisuestos. Estos sensores se pueden clasificar como analógicos y digitales en función a su voltaje de salida (transductor), dicho lo anterior un sensor debe ubicarse de forma estratégica para garantizar un alto grado de exactitud y precisión ya que esto es fundamental porque de estos dependerá en gran medida el buen funcionamiento, operación y fidelidad de un idóneo proceso.
(MecatronicsLATAM, 2021)



figura 2, sensor de irradiación solar

Fuente: <https://www.tecmes.com/sensor-de-radiacion-solar-ts-304-2/>

4.7 Metrología

La metrología como ciencia encargada de las mediciones, surge por necesidad de encontrar una unificación en las mediciones, debido a esto nace un organismo internacional encargado de estandarizar y normalizar las diferentes medidas, estableciendo que las medidas sean las mismas en diferentes países y tengan mayor exactitud y menor incertidumbre. El patrón de una medida es el valor real estandarizado, las calibraciones en los instrumentos hacen la garantía en las medidas y cumplimiento con las normas internacionales. Inicialmente se realiza una práctica de calibración a un instrumento de medición de temperatura para verificar su medición. (Graciela, 2022)

Magnitud básica	Unidad básica	
	Nombre	Símbolo
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	ampère	A
temperatura termodinámica	kelvin	K
cantidad de sustancia	mol	mol
intensidad luminosa	candela	cd

figura 3, magnitudes y unidades básicas definidas por el sistema internacional de unidades.

Fuente: Diseño propio

4.8 Instrumentación

Las instrumentaciones nacieron en los tiempos muy remotos, la urgente obligación humana de medir todas las variables que relacionamos con el medio ambiente, por lo que Creus (2010) menciona: Al inicio de la era industrial, el funcionamiento de estos procesos era llevado a cabo de la inspección manual de los variables únicamente equipos sencillos, termómetro, manómetro, válvula manual, etc., cuya inspección era apto debido a procesos relativamente sencillos. Sin embargo, la creciente complejidad con la que se desarrollan exige su progresiva automatización mediante herramientas de medida y control. (Gutiérrez Hinestroza, 2017)

Actualmente la actualización industrial se encuentra en proceso de desarrollo donde los dispositivos de hoy en día son mucho más rápidos y funcionales para manejar procesos de comunicación libre de cargos entre ellos.



figura 4, equipos de instrumentación.

Fuente: <https://ingelologica.com/index.php/2018/09/03/instrumentacion-industrial/>

4.9 Control

El control eléctrico es una técnica de regulación de energía a los elementos o dispositivos, en principio, se debe disponer de un conjunto de elementos físicos interconectados con el propósito de regular la energía demandada, realizando la tarea de control o acción de control. Con base en lo indicado anteriormente, puede hacerse una clasificación general de los controladores según el tipo de energía:

- Neumáticos
- Hidráulicos
- Mecánicos
- Eléctricos

4.10 Automatización

Es el proceso y la implementación de tecnología a un sistema mecánico que interviene la mano del hombre, se integra al sistema la capacidad de realizar su trabajo automáticamente limitando o eliminando la intervención del hombre, incorporando nuevos procesadores y sensores. (Garrell, 2019)

4.11 Software

Es la parte digital de un ordenador, son los programas, instrucciones, se puede comprender como los sistemas operativos y programas basados en ser aplicaciones que permiten que un ordenador pueda desarrollar operaciones de gran complejidad, liderando por medio de comandos componentes físicos tales como hardware con órdenes y datos.

4.12 DAQ

Es un software especializado en adquisición de datos y monitoreo que permite realizar mediciones de fenómenos físicos como diferencia de potencial, flujo de electrones, temperatura, sonido, presión, irradiancia, shock y vibración, revoluciones por minuto, peso y consiste principalmente en sensores, hardware de medida y un ordenador con software programable en donde las señales pasan inicialmente por un dominio analógico y posteriormente a un dominio digital como medios flash, unidades de disco duro. (Maloy Smith, 2020)

Los sistemas de adquisición de datos actuales se componen principalmente de:

- Sensores
- Convertidor analógico-digital
- Computadora con software DAQ
- Acondicionamiento de señales



figura 5, elementos actuales de un sistema de adquisición de datos DAQ

Fuente: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-adquisicion-de-datos>

4.13 Hardware

Son todos los componentes físicos de un dispositivo en nuestro caso es un ordenador, aquello que es tangible, es decir componentes materiales como CPU, memoria RAM, teclado, componentes externos que son llamadas periféricos tales como mouse, teclado, monitor e impresora y componentes internos que son cables, circuitos, dispositivos de almacenamiento.

4.14 Dashboard

Un dashboard es una herramienta que permite la gestión de la información debido a que puede monitorear, analizar y mostrar de manera visual indicadores clave de desempeño (KPI), datos fundamentales y métricas para hacer un seguimiento del estado de un proceso específico.

Se puede pensar que el dashboard es como una especie de "resumen" que recopila información, en nuestro caso datos de diferentes fuentes y los presenta de una manera más digerible para que salte a la vista lo más importante. Algunas características que se deben tener para este centro de control:

El Personalizado, el dashboard debe contener únicamente los KPI que sean más relevantes para el proceso que nos ocupa. Para orientarlo, podemos pensar en las preguntas principales a las que queremos responder. Por ejemplo, cuáles son las principales fuentes de tráfico a nuestra web, cómo está funcionando nuestro embudo de ventas o cuáles son los 5 productos que nos generan más ingresos.

Visual, La idea de un dashboard es que podamos obtener la información que buscamos a golpe de vista. Por ello, los datos se presentan en forma de gráficos y debemos contar con indicadores rápidos a través de claves de color, flechas hacia arriba o abajo o cifras destacadas, por ejemplo.

Práctico, la función principal de un dashboard debe ser orientar las acciones para facilitar la información necesaria y así poder saber cuáles son los siguientes pasos para seguir y mejorar los resultados. (Ortiz , 2022)



figura 6, dashboard sistema generación solar

Fuente: <https://community.home-assistant.io/t/monitor-your-solar-pv-system-in-home-assistant-energy-dashboard-vs-energy-management/342710>

4.15 Procesamiento

Es la manipulación de elementos de datos con la finalidad de producir información significativa en donde la misión principal es la de manejar cantidades muy grandes de antecedentes y transformar en información valiosa y relevante para definir una posterior toma de decisiones y se lleva a cabo en aproximadamente 6 pasos los cuáles son: (NEXT_U, 2021)

1. Recopilación: se consiguen de diferentes fuentes pueden ser de texto o imágenes

2. Preparación de los datos: se conoce como preprocesamiento y tiene que ver con la organización de la recopilación de los datos.
3. Entrada de datos: es donde se ingresan los datos y se traducen a un idioma de comprensión.
4. Procesamiento: Se puede realizar por medio de técnicas de filtrado, algoritmos automáticos de aprendizaje, visualización y puede variar según el origen de los datos a procesar.
5. Interpretación: se puede entender que en esta etapa ya se encuentran listos los datos y pueden ser interpretados y usados.
6. Almacenamiento: pueden ser almacenados para usarlos en un futuro y se pueden acceder cuando sea necesario.

Existen 4 tipos de procesamientos y son:

1. Proceso manual: consiste en el trabajo de personal humano en donde se registra, clasifica y ordena los datos de manera escrita
2. Proceso mecánico: se utilizan máquinas para registrar y esto sustituye el proceso manual
3. Proceso electromecánico: aunque la información se pueda manejar de una de las actividades se ve cubierta por una máquina.
4. Procesos electrónicos: es el proceso más moderno y la participación humana es innecesaria esto es debido a que la computadora tiene las facultades de realizar procesos de manera autónoma si se encuentra previamente configurada. (Beynon-Davies, 2018)

4.16 Metodologías de investigación

Es importante seguir metodologías rigurosas y bien establecidas al recopilar datos. Esto incluye la definición clara de los objetivos de la adquisición de datos, la selección adecuada de la muestra o población de estudio, el diseño apropiado del cuestionario o instrumento de recolección

de datos, y la implementación cuidadosa del proceso de recopilación. (Binda, 2013)

4.17 Ética y privacidad

La adquisición de datos debe llevarse a cabo de manera ética y cumpliendo con las leyes y regulaciones aplicables en materia de privacidad y protección de datos. Esto implica obtener el consentimiento informado de los participantes, proteger la confidencialidad y anonimato de los datos, y seguir políticas y normativas de privacidad vigentes.

4.18 Validación y verificación

Es importante validar y verificar la calidad de los datos recopilados. Esto puede implicar la verificación de la exactitud de los datos mediante la revisión de los registros y la detección y corrección de errores, así como la validación de la consistencia y coherencia de los datos con respecto a los objetivos de la adquisición de datos.

4.19 Fuentes confiables

Es esencial obtener datos de fuentes confiables y verificadas. Esto puede incluir fuentes oficiales, bases de datos reconocidas, literatura científica revisada por pares, encuestas realizadas por organismos reconocidos, entre otros.

4.20 Estándares y buenas prácticas

Seguir estándares y buenas prácticas en la adquisición de datos puede garantizar la calidad y consistencia de los datos. Esto incluye el uso de estándares de codificación y categorización, el uso de cuestionarios validados, y la adhesión a las normas de la disciplina o campo de estudio específico.

4.21 Documentación

Es importante documentar y registrar todo el proceso de adquisición de datos, incluyendo los métodos utilizados, las fuentes de datos, los procedimientos de recolección y cualquier otro detalle relevante. Esto puede facilitar la reproducibilidad de los resultados y la auditoría de los datos adquiridos.

4.22 Análisis y limpieza de datos

Antes de analizar los datos, es necesario realizar una limpieza y validación exhaustiva de los mismos. Esto implica identificar y corregir errores, eliminar datos inconsistentes o atípicos, y asegurarse de que los datos sean aptos para el análisis.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Este proyecto es una investigación teórica-práctica en donde se presenta un clúster que contiene el sistema de adquisición de datos y todos los elementos que metodológicamente se aprendieron en el proceso académico de formación profesional, en las asignaturas de automatización y control lógico programable, generación de energía, sistemas automáticos de control, uso racional y eficiente de la energía, para posteriormente ser aplicado en un contexto real y ser implementado dentro del campus institucional para que permita fortalecer el proceso formativo de los estudiantes que encuentren interés en el diseño e implementación de sistemas de adquisición de datos enfocados en la generación solar fotovoltaica.

5.2 Método

Para la ejecución de este proyecto, es necesario cumplir con indicaciones y aplicar lo aprendido en el proceso formativo; teniendo esto claro el método a seguir es, realizar la correcta instalación del software ADQ, así como alimentar eléctricamente el portátil para su correcto funcionamiento. Posteriormente realizaremos la adquisición de cada uno de los elementos que conforman el área a implementar el proceso, en nuestro caso es el sistema de generación solar instalado en el campus de la institución universitaria Pascual Bravo, utilizando el software, establecer los parámetros para la instalación de software y por consiguiente crear el acceso para el software y finalmente, se establecerá un cronograma de actividades, en el cual se determinarán los plazos para llevar a cabo cada uno de los procesos, desde la adquisición de los materiales hasta la instalación del archivo de programación y la posterior entrega para su respectiva revisión.

Dentro de cada actividad realizada se documentará el trabajo en una bitácora en la cual se tendrá cada aprendizaje adquirido en la ejecución de este proyecto, permitiendo un aporte significativo a los laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo de la facultad de ingeniería, permitiendo conocer las magnitudes que ocurren en el sistema de generación. Para finalizar, este será entregado a la institución junto con los demás archivos pertenecientes al proyecto.

6. Resultados del proyecto

Se realiza e implementa un sistema de adquisición de datos con la capacidad de monitorear un sistema de generación fotovoltaico de pequeña escala instalado en la institución universitaria Pascual Bravo, logrando identificar el comportamiento de los paneles solares aplicado para la toma de decisiones y analizar si el sistema es eficiente, además de pensar en estrategias para mejorar si es necesario y alcanzar niveles de generación óptimos, definir los tipos de sistemas fotovoltaicos implementados en la I.U pascual bravo en donde un sistema de captación de datos adaptado con sensores específicos permiten la medición de las magnitudes escalares como voltaje, corriente, temperatura e irradiación, aplicado en los sistemas fotovoltaicos, realizar el procesamiento de señales y visualización de las magnitudes medidas, visualizar y organizar la información obtenida y presentarla por medio de un dashboard que ilustrara en tiempo parcial el estado del sistema de generación y analizar los datos para realizar los respectivos ajustes.

Inicialmente se realiza el levantamiento de información con el fin de cumplir con el primer objetivo específico como lo es el de esquematizar los tipos de sistemas fotovoltaicos instalados en la institución universitaria Pascual Bravo, en donde se encuentran instalados los sistemas de generación solar fotovoltaica, se encuentran dos instalaciones, una en la cubierta del bloque 6 y otro en las cubiertas del bloque 24 biblioteca y administrativo 25.

En el bloque 6 se realizó el primer proyecto en el año 2016, tuvo un tiempo de ejecución de 6 meses, la potencia instalada fue de 51 kilovatios pico (kWp), se instalaron 200 paneles de una potencia de 255 vatios pico (Wp) y 2 inversores Fronius de 22.7 Kilovatios (kW) , el tipo de sistema que se instaló fue interconectado a la red eléctrica y se describe como un sistema solar fotovoltaico de 51 kilovatios pico (kWp) conectado a la red

para autogeneración, se estimó que la generación específica del proyecto sería de 1.366 kilovatios hora/ kilovatios pico/año (kWh/kWp/año), la generación anual proyectada es de 69,67 Megavatios hora/Año. Se dejan de emitir 25 toneladas de CO₂/año y la empresa que desarrollo el proyecto fue hybritec evolution. (Hybriytec, 2016)



figura 7, proyecto Instalación paneles solares por la empresa HYBRYTEC

Fuente: <https://hybrytec.com/casos-de-exito/>

En el año 2020 en agosto se realiza la entrega de sistema de generación fotovoltaico instalado en el bloque 24 biblioteca y 25 administrativo, se realizó Proyecto de generación de energía solar fotovoltaica para la Institución Universitaria Pascual Bravo en Medellín, Antioquia, Colombia.

Es un sistema interconectado de 44 Kilovatios pico (kW, se instalaron 110 paneles de una potencia de 400 vatios pico (Wp), la generación anual proyectada es de 59,71Megavatios hora/año (MWh/año). (ERCO ENERGY, 2020)



figura 8, proyecto instalación de paneles solares por la empresa ERCO

Fuente: <https://erco.energy/co/proyectos/sistemas-solares-para-empresas-pascual-bravo-medellin-44kwp>

Se estructura un sistema de instrumentación para cuantificar magnitudes escalares como voltaje, corriente, temperatura que interactúa con los sistemas de generación fotovoltaicos, para ello se realiza un sistema de adquisición de datos basado en internet de las cosas o por sus siglas en inglés IoT, para la ejecución se utiliza una placa ESP32-S3-Wroom-1.

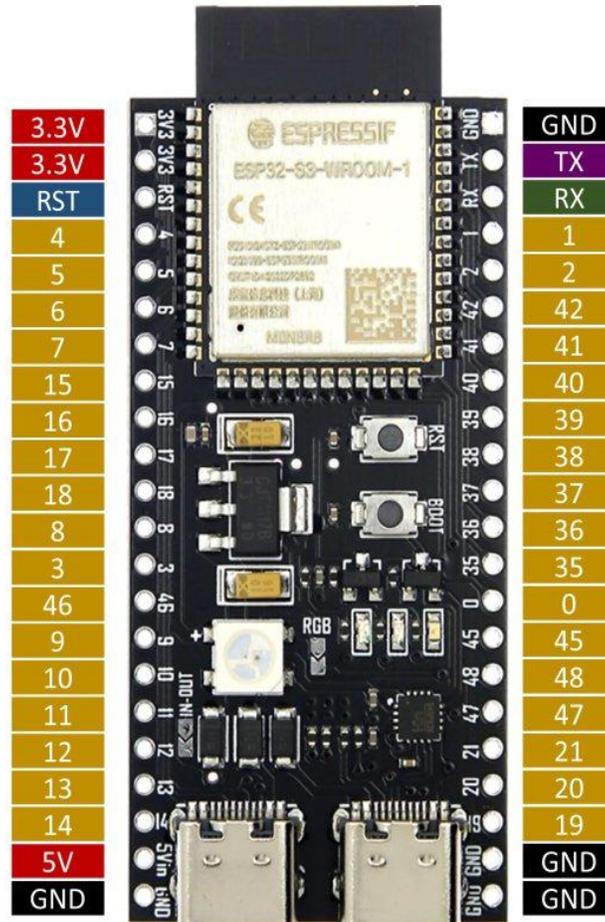


figura 9, módulo ESP32-S3-WROOM-1

Fuente: <https://99tech.com.au/product/esp32-s3-yd/>

Se utiliza la plataforma de ARDUINO IDE para realizar la programación que se traduce en el software que define las funciones en el hardware ESP32, que es un dispositivo electrónico que permite monitorizar el funcionamiento específico de un proceso, en nuestro caso lo utilizamos para registrar el comportamiento de un panel solar instalado en el pascual bravo y con base en los registros y comportamiento de este se puede establecer el funcionamiento de los sistemas a estudiar.



```

Sensor_Pipefnishproyectodegrado.ino
257 int sensor_value = analogRead(VOL1_READ_SENSOR_PIN);
258 // Convertir el valor leído en una medida de voltaje (en mV)
259 int voltage_value = sensor_value * ADC_REFERENCE_VOLTAGE / 1024 / VOLTAGE_DIVIDER_RATIO;
260 // Devolver el valor convertido
261 return voltage_value;
262 }
263 int read_uv_sensor() {
264 // Enviar una solicitud de lectura al sensor
265 Wire.beginTransmission(GYML8511_ADDRESS);
266 Wire.write(0x00);
267 Wire.endTransmission();
268 // Esperar 1 ms para que el sensor pueda realizar la lectura
269 delay(1);
270 // Leer los datos enviados por el sensor
271 Wire.requestFrom(GYML8511_ADDRESS, 2);
272 // Combinar los datos en un solo valor de 16 bits
273 int uv_raw = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
274 // Convertir el valor crudo en una medida de rayos UV
275 int uv_value = map(uv_raw, 0, 1023, 0, 15);
276 // Devolver el valor convertido
277 return uv_value;
278 }

```

Salida Monitor Serie X
No conectado. Selecciona una placa y un puerto para conectarlo automáticamente.

figura 10, plataforma Arduino IDE

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/software>

Para ello dotamos de sensores el dispositivo de adquisición de datos como sensor de corriente directa de referencia ACS758ECB-200B-PFF-T que nos permite identificar el flujo de electrones que entrega el controlador de carga al obtener por medio del panel solar.

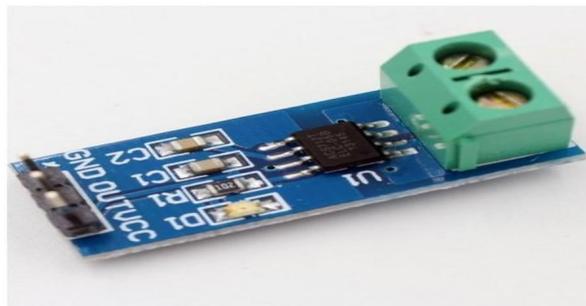


figura 11, sensor de corriente ACS758

Fuente: https://www.bigtronica.com/sensores/voltaje-corriente/736-sensor-de-corriente-30a-5053212007362.html?search_query=ACS712&results=3

Sensor de voltaje de referencia PZEM-004T que nos permite identificar la diferencia de potencial generada por el panel y centralizado por el controlador de carga.



figura 12, sensor de voltaje

Fuente: https://www.bigtronica.com/sensores/voltaje-corriente/1129-modulo-sensor-de-voltaje-5053212011291.html?search_query=sensor+de+voltaje&results=1408

Sensor de temperatura de referencia DHT21 que nos permite identificar la temperatura ambiente y aproximar las pérdidas que se pueden presentar en el panel.



figura 13, sensor de temperatura DHT21

Fuente: https://www.bigtronica.com/sensores/temperatura/917-sensor-de-humedadtemperatura-dht21-5053212009175.html?search_query=dht21&results=1

Sensor UV de referencia GYML 8511, que nos sirve para identificar el nivel de radiación solar y establecer la proyección de generación diaria.

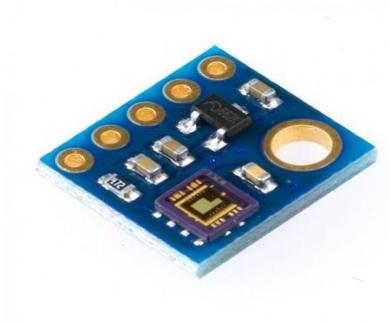


figura 14, sensor de irradiación solar

Fuente: https://www.bigtronica.com/sensores/luz/868-sensor-luz-uv-gy-8511-5053212008680.html?search_query=8511&results=2

Para la realización de este proyecto fue indispensable adquirir un servidor web, utilizamos Amazon web services (AWS), que nos permite utilizar 750 horas de manera gratuita, ya después de consumir las horas estipuladas en contrato, se procede a cobro por tarjeta de crédito, se utiliza Linux como sistema operativo para desarrollar el software de adquisición de datos, específicamente Ubuntu como plataforma que maneja el servidor aws, se utiliza la plataforma de desarrollo Docker que es en donde se crean los contenedores que tendrán las imágenes o software de los servicios que utilizaremos como telegraf, influxdb, rabbitmq, grafana , para generar adquisición de datos y su debida visualización.

Utilizamos un protocolo de publicación que posibilita hacer telemetría y recepción de datos de los sensores además de que también se pueden controlar, se utiliza Influxdb como una base de datos que permite un almacenamiento rápido además de permitir procesamiento de datos.

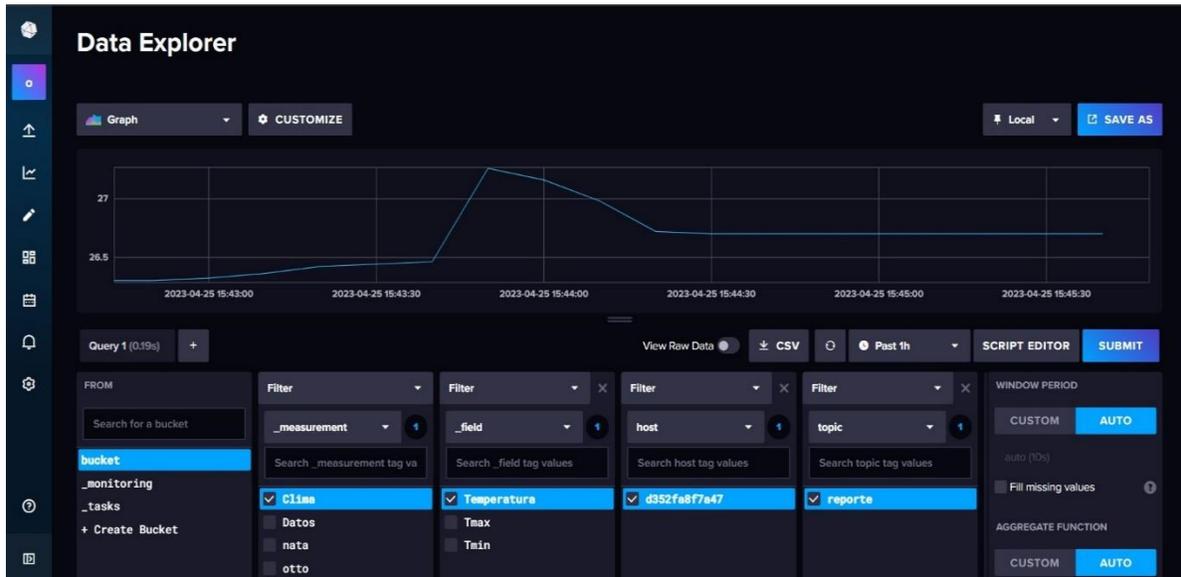


figura 15, influxdb

Se utiliza rabbitMq inmerso en el marco de desarrollo de aplicaciones, que funcionar de manera autónoma y tiene la facilidad de comunicarse con diversos sistemas. Por lo general los desarrolladores de software utilizan RabbitMQ como un servicio de mensajería, o como intermediario de mensajería.

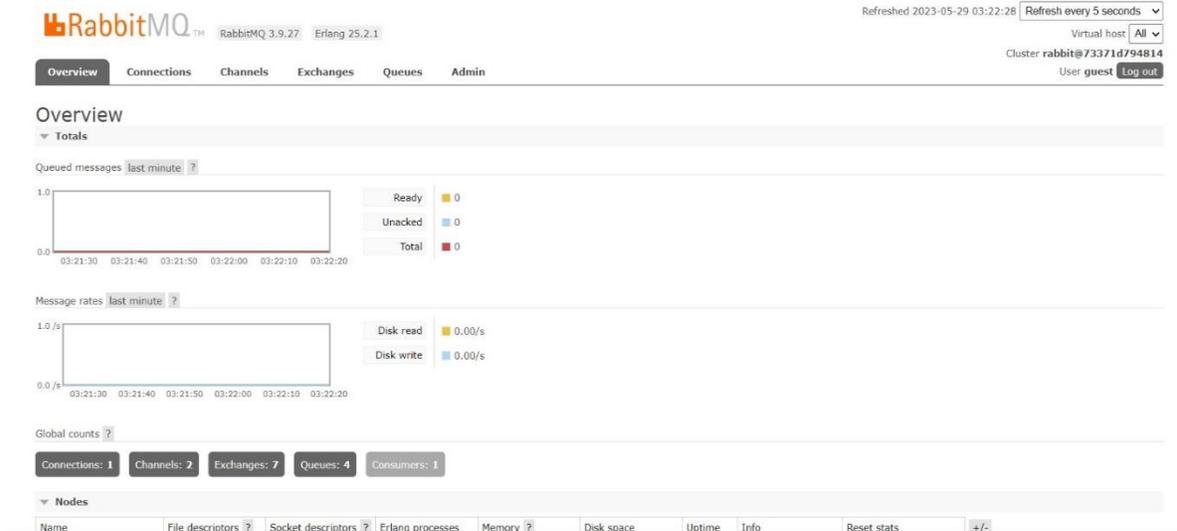


figura 16, rabbit mq

Se utiliza grafana que es una plataforma interactiva y open source que sirve para la visualización de datos elaborada por Grafana Labs. Esta plataforma facilita a los usuarios para ver sus datos por medio de gráficos y tablas que se integran en varios paneles de control (o en uno) para facilitar la comprensión e interpretación.



figura 17, grafana Dashboard

También se utiliza Telegraf que es un mediador de software entre influxdb y rabbitmq, se puede comprender como un agente servidor basado en complementos que recopilar e informan las métricas, es la primera pieza de pila nombrada TICK (Telegraf, InfluxDB, Chronograf, Kapacitor). Este servicio capta datos tale como la utilidad de disco duro, carga del sistema, utilidad de la memoria RAM, carga de la CPU, entre otros recursos más.

Se utiliza un módulo solar fotovoltaico modelo ST-M que cuenta con especificaciones de pruebas técnicas tales como:

- Irradiancia y célula de temperatura 1000WM^{-2} (AM1.5) Significa masa de aire del espectro. 25°C temperatura
- Panel es de 20watts
- Voc: 21 voltios.
- Vop: 18 voltios.
- Dimensiones de panel son 48.5cm de largo x 35 de ancho



figura 18,panel solar

Voc 21V		Voc 41.5	
Vpb	18V	Vpm	34.5
5W	70W	5W	70W
10W	80W	10W	80W
15W	90W	15W	90W
20W	95W	20W	95W
25W	100W	25W	100W
30W	110W	30W	110W
35W	120W	35W	120W
40W	130W	40W	130W
45W	140W	45W	140W
50W	150W	50W	150W
55W	200W	55W	200W
60W		60W	200W

figura 19, características técnicas del panel solar.

Contextualizando acerca de los paneles solares, las siglas VOC y VOP se describen como las siguientes características:

VOC (Voltaje de Circuito Abierto): significa "Voltaje de Circuito Abierto" en inglés, se refiere al voltaje máximo que tiene la posibilidad de generar un panel solar cuando no se encuentra conectado a ninguna carga. Este voltaje se obtiene en las terminales del panel cuando no hay corriente circulando a través de el mismo.

VOP (Voltaje de Punto de Máxima Potencia): significa "Voltaje de Punto de Máxima Potencia"; es el voltaje en donde de las terminales del panel solar, se encuentran en el punto en donde se obtiene la máxima potencia de salida del panel. El punto de máxima potencia se alcanza cuando la corriente y el voltaje se encuentran en un equilibrio óptimo para obtener la mayor cantidad de energía del panel.

Estos parámetros son importantes al dimensionar y diseñar un sistema de paneles solares, ya que determinan la capacidad de generación de energía de un panel en condiciones ideales. El VOC y el VOP son características eléctricas clave que se utilizan para calcular la corriente y la potencia máxima que puede proporcionar un panel en diferentes condiciones de funcionamiento, como la radiación solar y la temperatura ambiente.

Se realizan pruebas preliminares

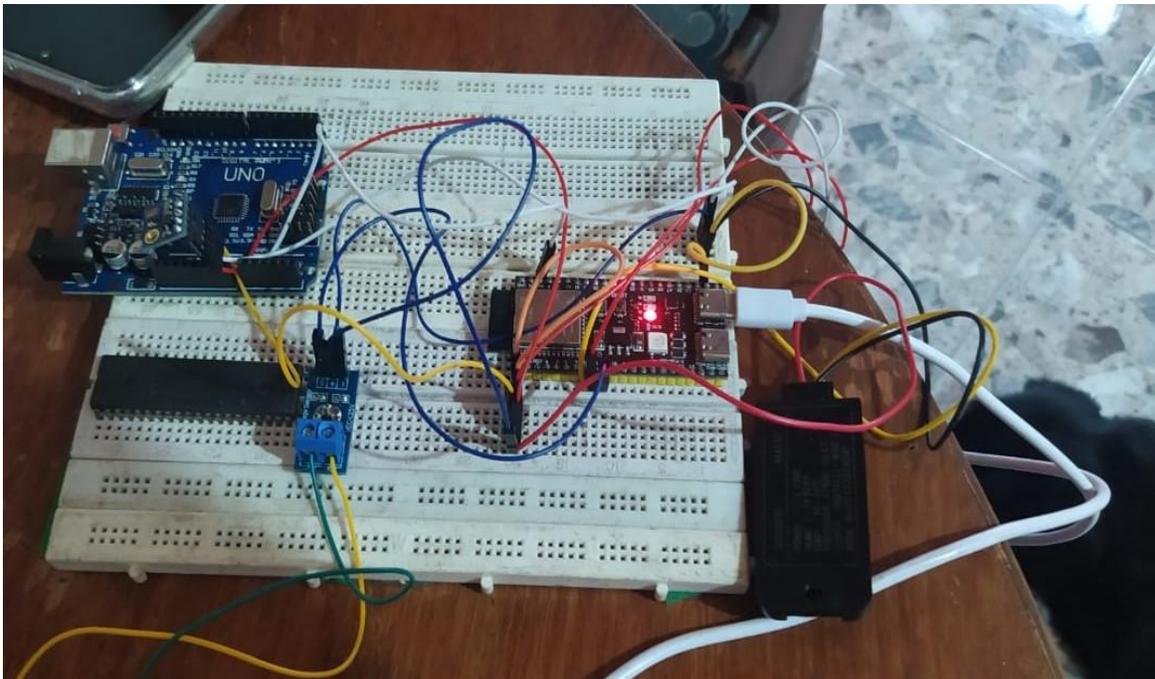


figura 20, pruebas preliminares en tabla de pruebas

Para el montaje de lo anteriormente se utiliza una carcasa de router y se adapta con el Esp32 y las respectivas salidas y entradas del sistema de adquisición de datos.

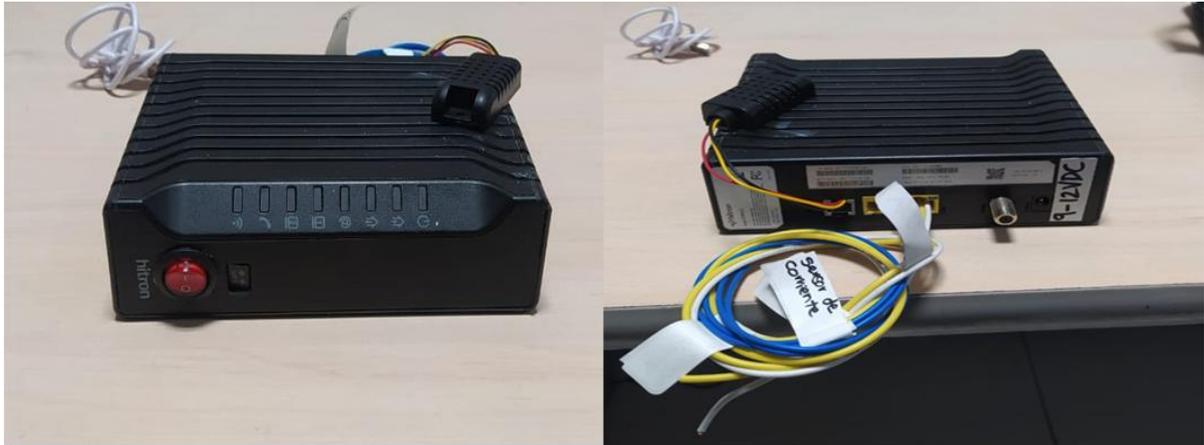


figura 21, SADQ ensamblado

Sistema SADQ en funcionamiento

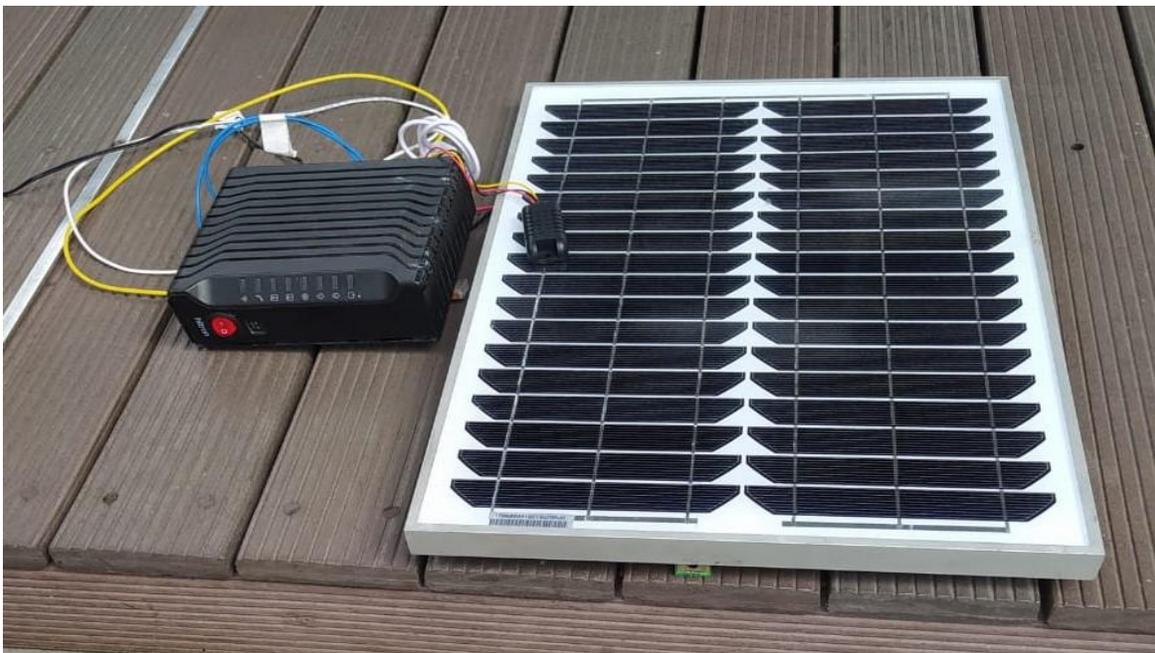


figura 22, sistema sadq en funcionamiento

Para iniciar el sistema se debe ingresar en el buscador web, en nuestro caso es Google, indicamos la página web de Amazon Web Services (AWS)

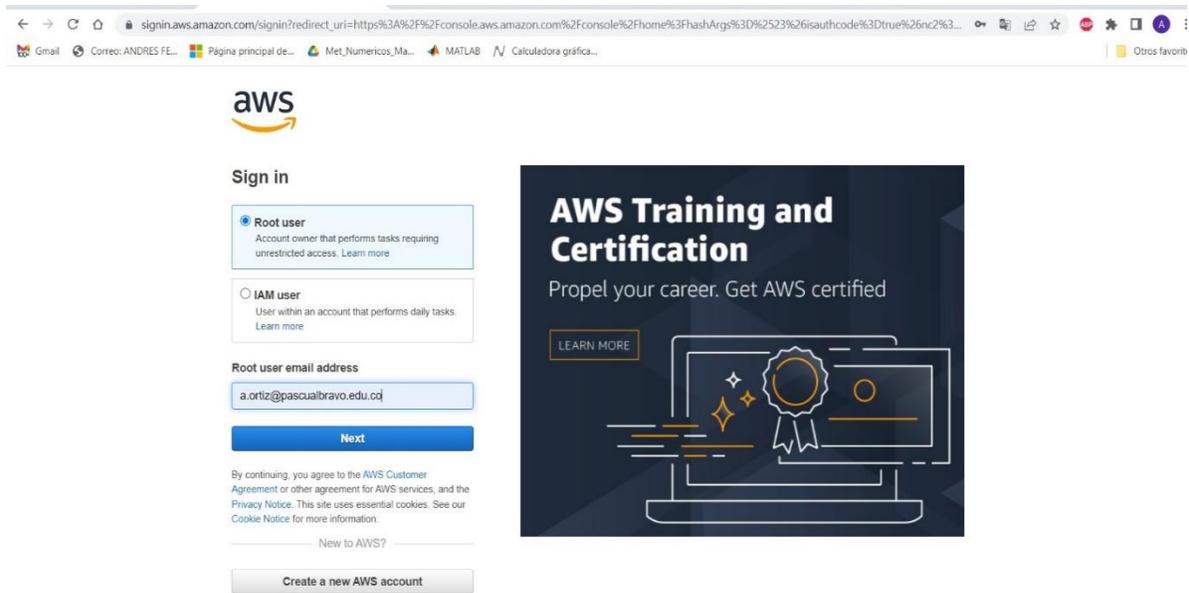


figura 23, ingreso a plataforma Amazon web services

Para ingresar en el servidor se utiliza correo electrónico, utilizamos el correo institucional de uno de nuestros compañeros, el correo de ingreso va en la opción de usuario raíz y se ingresa el correo electrónico, con la respectiva contraseña:

- Usuario: a.ortiz@pascualbravo.edu.co
- Contraseña: Sadq12345678

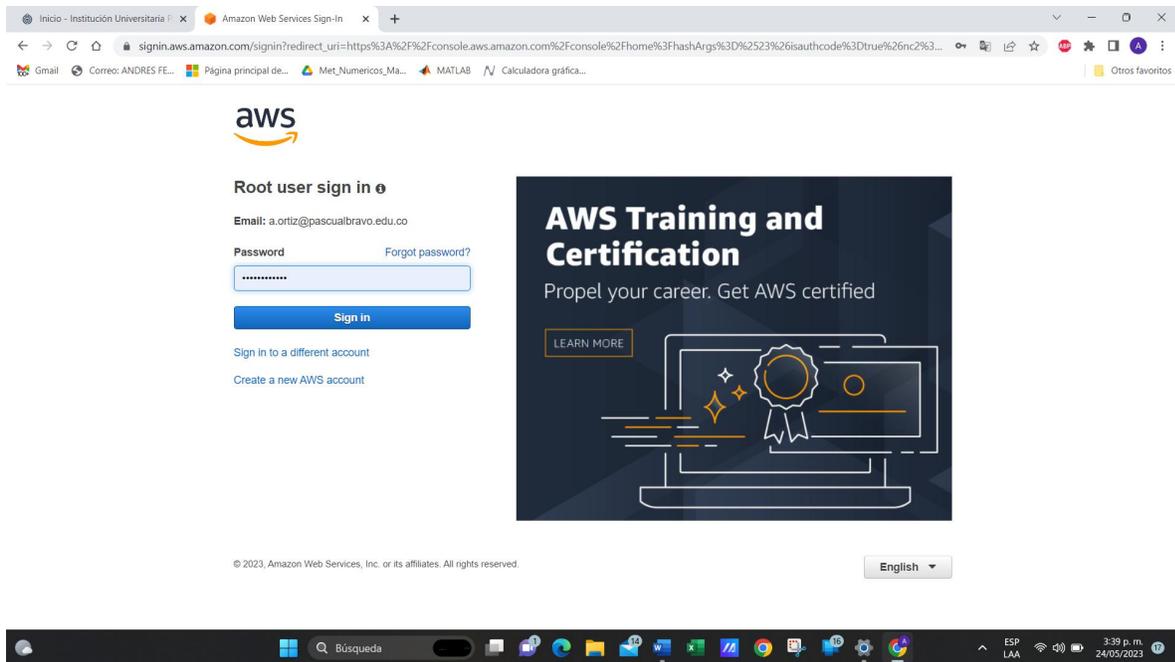


figura 24, se ingresa contraseña

Se procede a seleccionar el servidor, el EC2.

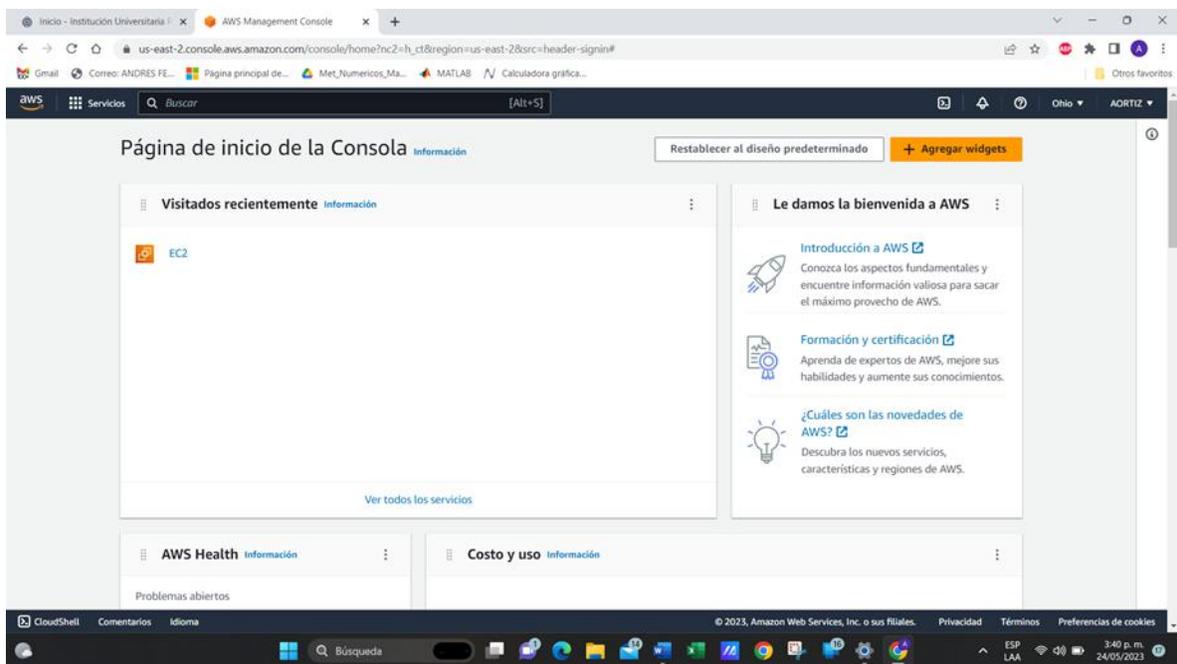


figura 25, selección de servidor

Se selecciona la sección desplegable Instancias

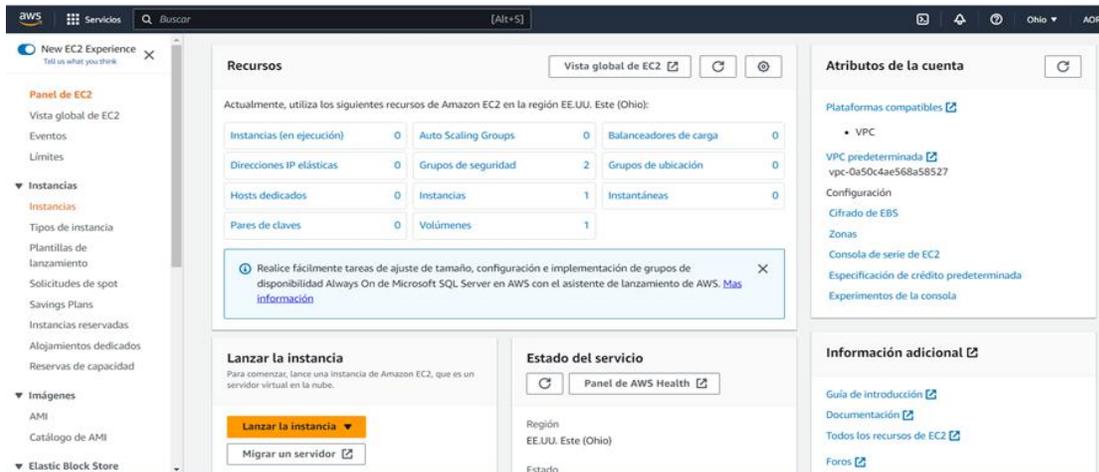


figura 26, se selecciona instancias

Se selecciona SADQ en la casilla

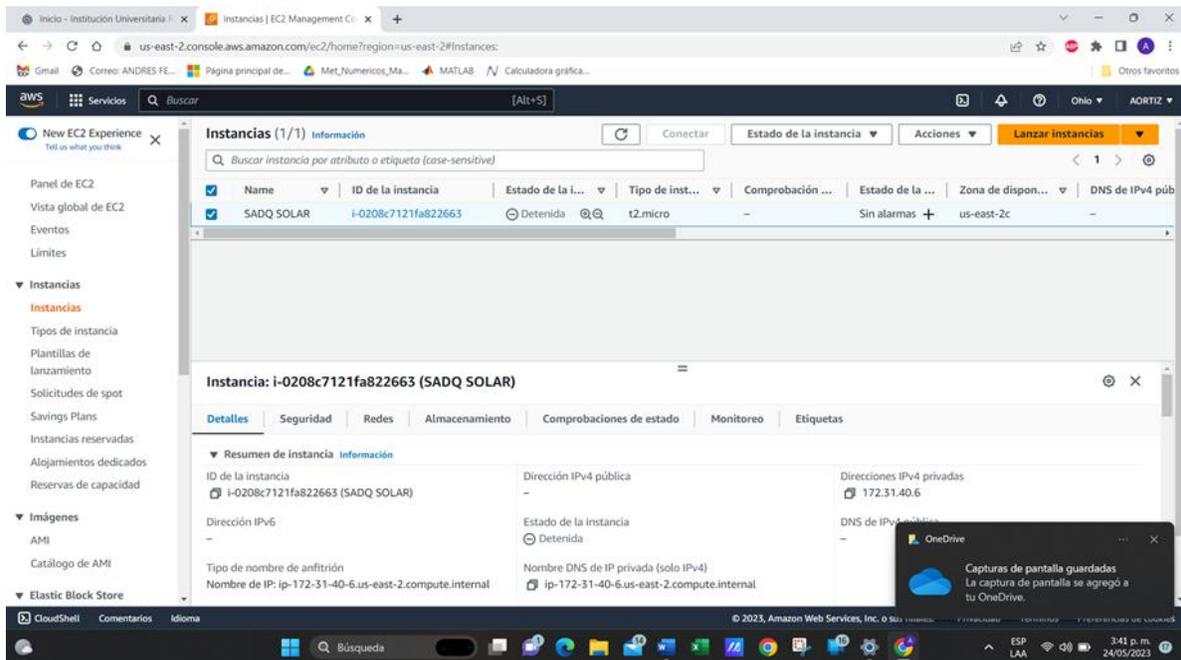


figura 27, selección de SADQ

Se verifica que el servidor se encuentra en la ciudad en donde se estableció el servidor, en nuestro caso es en OHIO, Se selecciona el botón desplegable de estado de instancia y se pulsa en iniciar instancia, cuando se desee detener la instancia y que no siga registrando utilidad del servidor se pulsa en detener instancia, si se desea terminar el servidor, se pulsa en terminar instancia y automáticamente elimina toda la información que se tenga registrada.

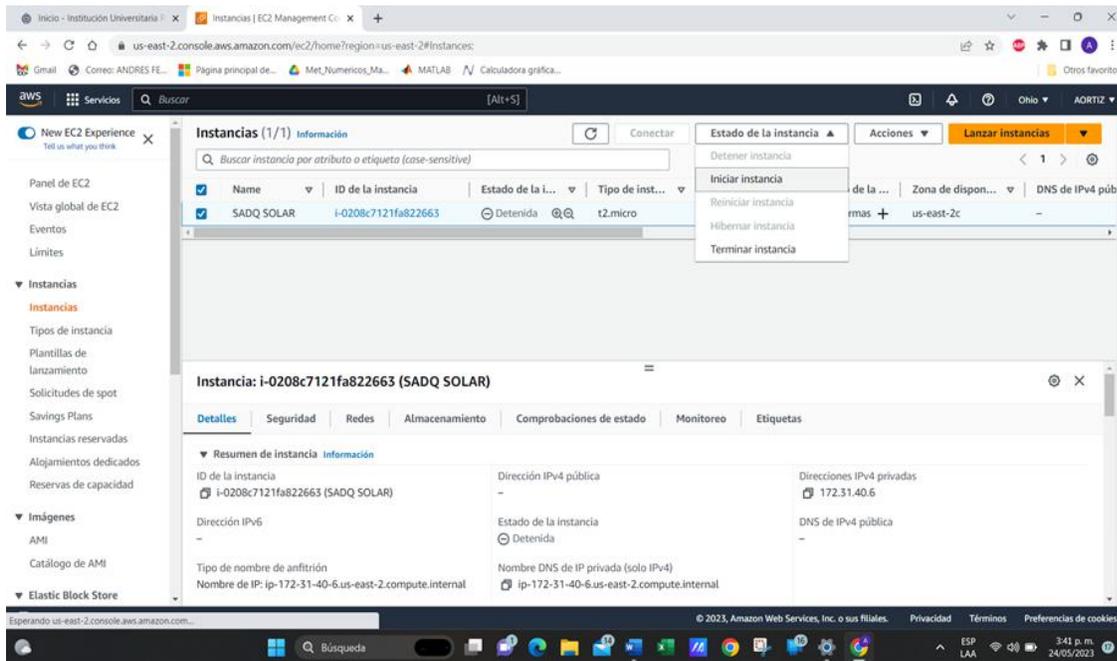


figura 28, Servidor en parte superior derecha debe de aparecer ciudad donde se crea el servidor

Una vez nos aparece el botón de conectar en la parte superior central, se pulsa y se espera un mensaje de conectado correctamente, pulsamos en conectar.

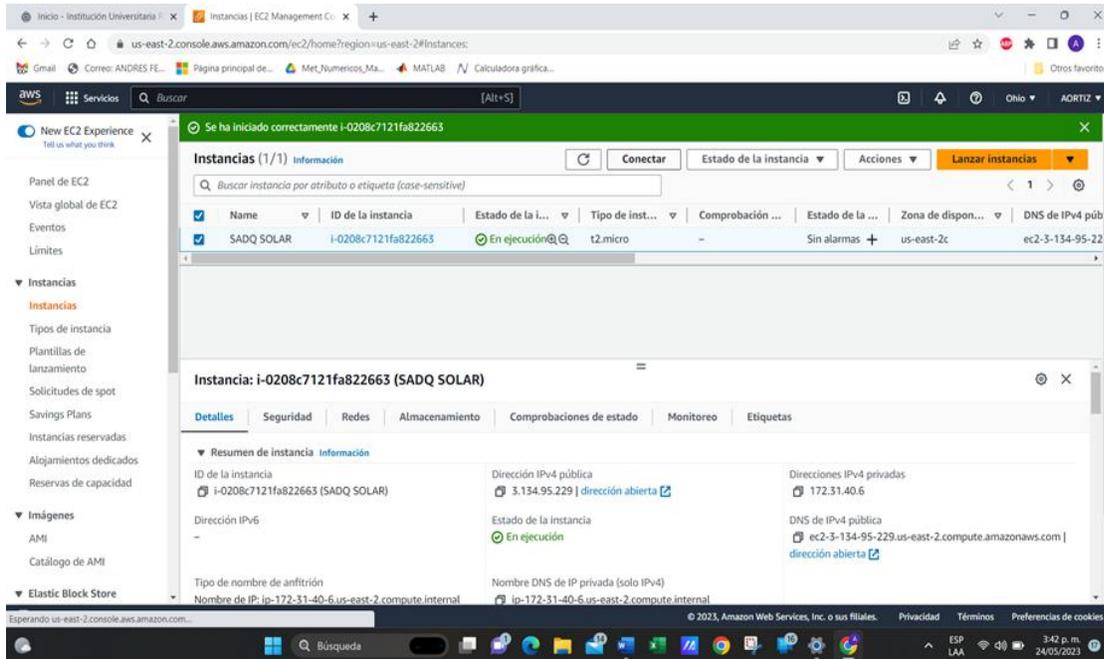


figura 29, conectar

Aparecerá una ventana denominada conectarse a la instancia, el nombre de usuario es Ubuntu y pulsamos en conectar.

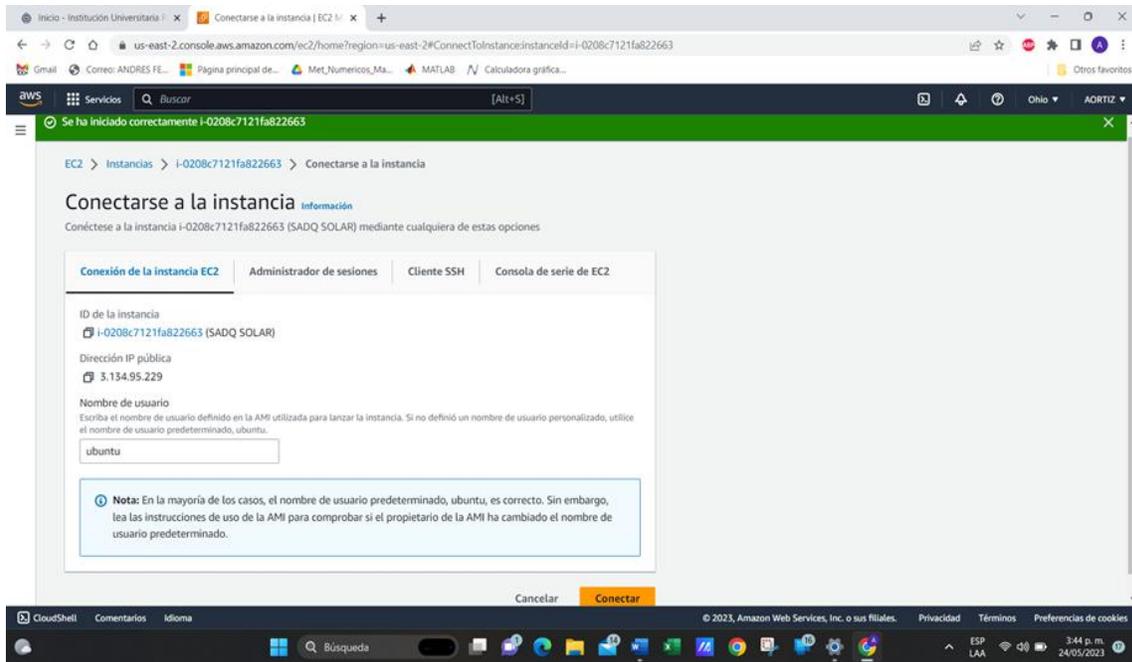
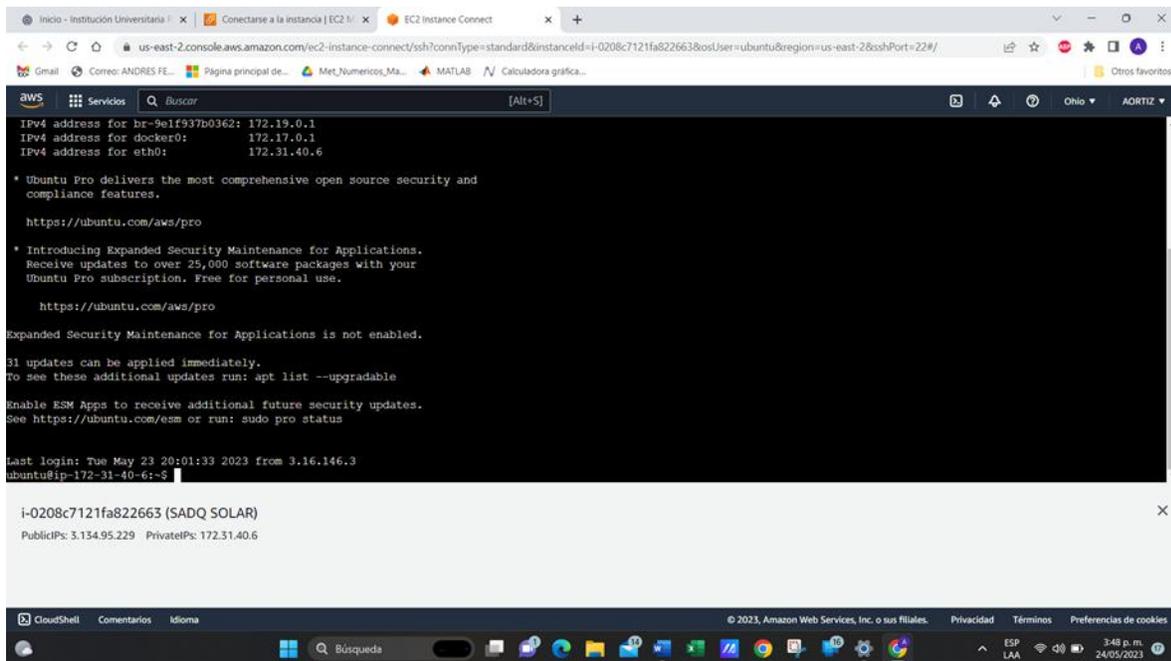


figura 30, conectarse a la instancia.

El software iniciará, procedemos a introducir los comandos de cd docker, que se utiliza para ingresar a la carpeta donde tenemos el software de adquisición de datos, por consiguiente introducimos el comando sudo docker compose up, que nos brinda la activación del software de adquisición de datos dotándolo como super usuario, previamente ya iniciamos el ESP32 que es el hardware del sistema.



```
IPV4 address for br-9e1f937b0362: 172.19.0.1
IPV4 address for docker0: 172.17.0.1
IPV4 address for eth0: 172.31.40.6

* Ubuntu Pro delivers the most comprehensive open source security and
compliance features.
https://ubuntu.com/aws/pro

* Introducing Expanded Security Maintenance for Applications.
Receive updates to over 25,000 software packages with your
Ubuntu Pro subscription. Free for personal use.
https://ubuntu.com/aws/pro

Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.
31 updates can be applied immediately.
To see these additional updates run: apt list --upgradable

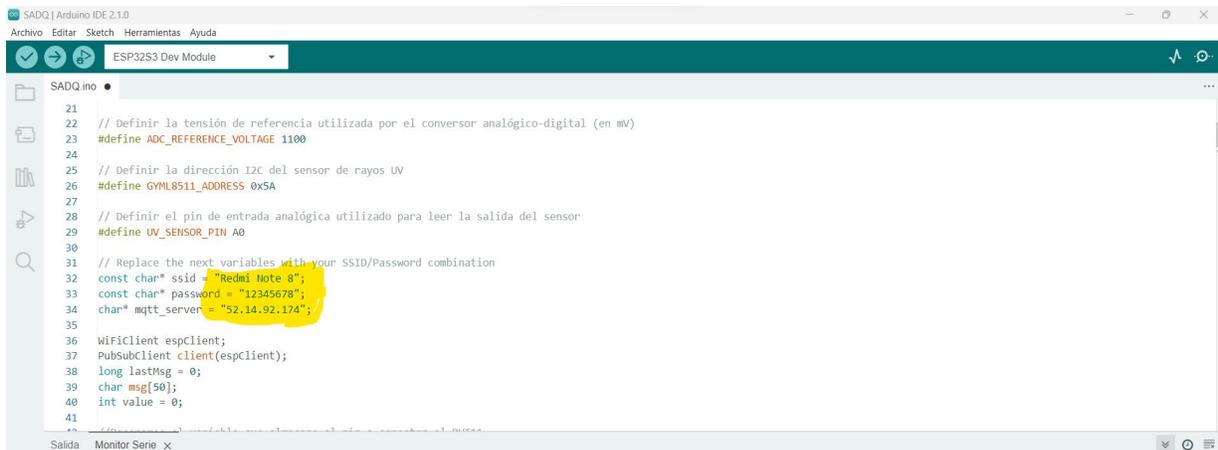
Enable ESM Apps to receive additional future security updates.
See https://ubuntu.com/esm or run: sudo pro status

Last login: Tue May 23 20:01:33 2023 from 3.16.146.3
ubuntu@ip-172-31-40-6:~$
```

i-0208c7121fa822663 (SADQ SOLAR)
PublicIPs: 3.134.95.229 PrivateIPs: 172.31.40.6

figura 31, visualización de Ubuntu

Se procede a copiar el PublicIPs, que es la dirección IP del software que creamos y lo copiamos en la dirección de código en la plataforma Arduino IDE, establecemos la red en la cual se va a conectar el sistema de adquisición de datos con su respectiva contraseña, procedemos a cargar la programación en el ESP32 y iniciamos con la recolección de datos.



```
21
22 // Definir la tensión de referencia utilizada por el conversor analógico-digital (en mV)
23 #define ADC_REFERENCE_VOLTAGE 1100
24
25 // Definir la dirección I2C del sensor de rayos UV
26 #define GYML8511_ADDRESS 0x5A
27
28 // Definir el pin de entrada analógica utilizado para leer la salida del sensor
29 #define UV_SENSOR_PIN A0
30
31 // Replace the next variables with your SSID/Password combination
32 const char* ssid = "Redmi Note 8";
33 const char* password = "12345678";
34 char* mqtt_server = "52.14.92.174";
35
36 WiFiClient espClient;
37 PubSubClient client(espClient);
38 long lastMsg = 0;
39 char msg[50];
40 int value = 0;
41
```

figura 32, red, contraseña y dirección

Para la visualización del dashboard, escribimos la IPS que nos brinda el servidor, en el navegador que utilizemos y se complementa con “ :3000”, nos redireccionará a la página de grafana, en donde el usuario es admin y la contraseña es admin, una vez ya se inicia sesión en grafana se procede pulsar un menú desplegable en donde se pulsa dashboard, se selecciona general y ya podemos visualizar en tiempo real el comportamiento del sistema de adquisición de datos, si se desea, se puede compartir una URL en donde multiusuarios pueden ver el dashboard.



figura 33, dashboard en tiempo real del sistema de adquisición de datos

Para la visualización de registro de datos de manera tangible disponemos de un archivo csv que nos brinda el contenedor de influxdb, se adquiere de la siguiente manera, seleccionamos la IPS que nos brinda el servidor, escribimos la IPS que nos brinda el servidor, en el navegador que utilicemos y se complementa con “ :8086”, nos redireccionará a la página de influxde, en donde el usuario es adminsadq y la contraseña es adminsadq, se realizan la selección de los ficheros como se observa en la siguiente imagen y se procede a pulsar el botón de csv indicador de descarga.

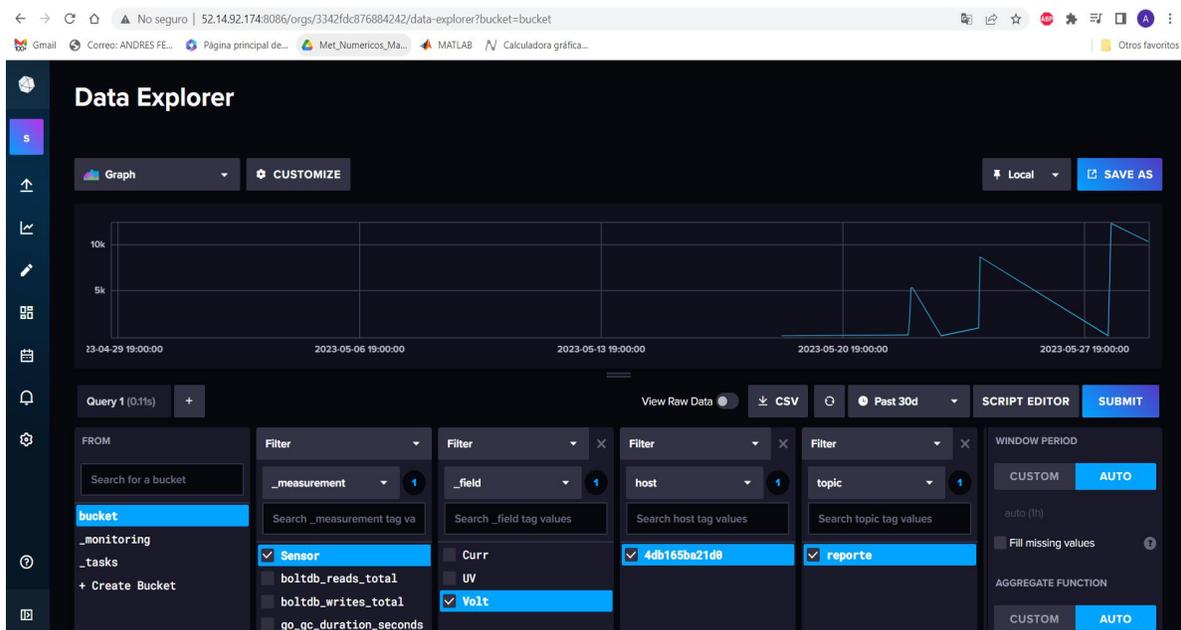


figura 34, visualización de contenedor influxdb que permite importar un archivo csv

Para la visualización del archivo csv, utilizamos Excel, la opción de datos, importar datos de archivo csv, y se proceden a organizar, queda de la siguiente manera, en este caso es el archivo de las mediciones realizadas del voltaje DC.

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
#group	false	false	true	true	false	false	true	true	true	true
#datatype	string	long	dateTime:RFC3339	dateTime:RFC3339	dateTime:RFC3339	double	string	string	string	string
#default	mean									
result	table	_start	_stop	_time	_value	_field	_measurement	host	topic	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-19T05:00:00Z	4.102409638554217	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-22T21:00:00Z	96.26694915254237	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-22T22:00:00Z	1716.0249343832022	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-22T23:00:00Z	5247.5837837837835	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-23T00:00:00Z	5292.647540983607	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-23T20:00:00Z	5.195121951219512	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-23T21:00:00Z	4.181818181818182	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-24T22:00:00Z	868.5554202192449	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-24T23:00:00Z	8672	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-28T16:00:00Z	12.969121140142517	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-28T17:00:00Z	5298.078078078078	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-28T18:00:00Z	12369.459649122808	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	
0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	10359.008403361344	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte	

figura 35, archivo csv presentado en Excel

7. Conclusiones

Teniendo en cuenta la información que logramos recolectar dentro del proceso de ejecución de la investigación, es válido afirmar que el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos es fundamental para determinar el estado actual de los equipos y la instalación fotovoltaica permitiendo visualizar el comportamiento de las variables que participan en un proceso de generación en tiempo real.

La utilización de esta herramienta nos permite identificar la viabilidad de un proyecto en el margen de competitividad de las empresas que oferten el servicio de generación solar fotovoltaica, puesto que facilita una operación más tangible teniendo en cuenta que se puede realizar proyecciones con respecto a la generación solar.

La realización de este proyecto de investigación nos acerca a complementar lo que se aprende en la academia y contrastar con la práctica en un escenario real.

Se logra realizar un sistema de adquisición de datos de pequeña escala que permite cuantificar magnitudes escalares y se equipara con un sistema robusto de generación debido a que las variables son las mismas en los sistemas de generación solar, teniendo en cuenta con lo anteriormente descrito se pueden encontrar diferencias con respecto a tecnología de elaboración de los paneles, eficiencia y comportamiento, el sistema de adquisición de datos que diseñamos posibilita monitorear y analizar el comportamiento del sistema de generación que se utilice.

Un sistema de adquisición de datos permite optimizar un proceso académico o productivo industrial ya que nos permite realizar un ajuste en el

análisis de las variables y enfocar un proyecto de entrada en la versión más optimizada de un proyecto.

8. Recomendaciones

Para la realización del proyecto es necesario personal calificado en Ingeniería eléctrica con competencias en automatización, control industrial, procesamiento de datos, electrónica digital, comunicaciones industriales, generación de energía, métodos numéricos para la optimización del sistema de generación, internet de las cosas.

La implementación de un sistema de adquisición de datos es acorde a las dinámicas actuales de la 5ta revolución industrial en donde el manejo de datos se vuelve una herramienta indispensable en cualquier proceso de aprendizaje o productivo.

Este proyecto tiene la viabilidad de ser potencializado y mejorado, adhiriendo funciones y sensores que permitan una mayor capacidad de análisis que facilite toma de decisiones y promuevan el mejoramiento continuo de los procesos a examinar.

El tipo de proceso de captación de datos se puede establecer en un proceso industrial definiendo y estableciendo las variables pertinentes para la necesidad del proceso a ejecutar.

9. Referencias bibliográficas

- MecatrónicaLATAM. (04 de 05 de 2021). *MecatrónicaLATAM*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/>
- Beynon-Davies, P. (2018). *Sistemas de bases de datos*. Reverté.
- Binda, N. U.-B. (2013). Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. *Revista de Ciencias económicas*, 179-187.
- ERCO ENERGY. (2020). *Proyecto instalación paneles solares*. Medellín. Obtenido de <https://erco.energy/co/proyectos/sistemas-solares-para-empresas-pascual-bravo-medellin-44kwp>
- Garrell, A. &. (2019). *La industria 4.0 en la sociedad digital*. Marge books.
- Graciela, M. A. (2022). *La Metrología Industrial en el mejoramiento de la calidad de los procesos industriales y el medio ambiente*. In andux2022.
- Gutiérrez Hinestroza, M. D. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*.
- Hybrytec. (2016). *Instalación proyecto solar*. Medellín. Obtenido de www.hybrytec.com/casos-de-exito/
- Maloy Smith, G. (01 de 03 de 2020). *Dewesoft*. Obtenido de Dewesoft: <https://dewesoft.com/es/daq/que-es-adquisicion-de-datos>
- NEXT_U. (2021). *NEXT_U*. Obtenido de NEXT_U: <https://www.nextu.com/blog/que-es-procesamiento-datos-rc22/>
- Núñez, J. R. (2020). Metodología de diagnóstico de fallos para sistemas fotovoltaicos de conexión a red. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 94-105.
- Ortiz , D. (09 de 27 de 2022). *Cyberclick*. Obtenido de Cyberclick: <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/que-es-un-dashboard#:~:text=Un%20dashboard%20es%20una%20herramienta,campa%C3%B1a%20o%20un%20proceso%20espec%C3%ADfico.>
- Sotysolar. (21 de 04 de 2021). *Sotysolar*. Obtenido de <https://sotysolar.es/blog/como-se-produce-la-energia-solar>

Valdiviezo, R. O. M., Gorozabel, O. A. L., Indio, . (2023). *Mecanismos para el procesamiento de big data. Limpieza, transformación y análisis de Datos*. Polo del Conocimiento.

10. Anexos

Anexo B. Archivo csv en Excel registro de voltaje

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
#group	false	false	true	true	false	false	true	true	true	true
#datatype	string	long	dateTime:RFC3339	dateTime:RFC3339	dateTime:RFC3339	double	string	string	string	string
#default	mean									
	result	table	_start	_stop	_time	_value	_field	_measurement	host	topic
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-19T05:00:00Z	4.102409638554217	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-22T21:00:00Z	96.26694915254237	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-22T22:00:00Z	1716.0249343832022	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-22T23:00:00Z	5247.5837837837835	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-23T00:00:00Z	5292.647540983607	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-23T20:00:00Z	5.195121951219512	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-23T21:00:00Z	4.181818181818182	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-24T22:00:00Z	868.5554202192449	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-24T23:00:00Z	8672	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-28T16:00:00Z	12.969121140142517	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-28T17:00:00Z	5298.078078078078	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-28T18:00:00Z	12369.459649122808	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	2023-05-29T19:54:26.440329923Z	10359.008403361344	Volt	Sensor	4db165ba21d0	reporte

Anexo C. Archivo csv en Excel registro de temperatura

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7	Column8	Column9	Column10	Column11
#group	false	false	true	true	false	false	true	true	true	true
#datatype	string	long	dateTime:RFC3339	dateTime:RFC3339	dateTime:RFC3339	double	string	string	string	string
#default	mean									
	result	table	_start	_stop	_time	_value	_field	_measurement	host	topic
	0		2023-04-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-19T05:00:00Z	27.330030030029903	Temperatura	Clima	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T21:00:00Z	30.431501057082464	Temperatura	Clima	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T22:00:00Z	28.952755905511502	Temperatura	Clima	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:00:00Z	28.16617250673856	Temperatura	Clima	4db165ba21d0	reporte
	0		2023-04-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:11:22.689450433Z	2023-05-22T23:11:22.689450433Z	27.783898305084694	Temperatura	Clima	4db165ba21d0	reporte

Anexo D. Código para cargar en esp32 utilizando plataforma ARDUINO IDE, activación sensores y comunicación servidor SADQ

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
#include <DHT.h>
//sensor de temperatura
#define DHTTYPE DHT21
int pinDHT = 15;
DHT dht(pinDHT, DHTTYPE);

// Definir el pin de entrada analógica utilizado para leer la salida del sensor
de corriente
#define CURRENT_SENSOR_PIN 16

// Definir la sensibilidad del sensor (en mV/A)
#define SENSOR_SENSITIVITY 66

// Definir el pin de entrada analógica utilizado para leer la salida del sensor
de voltaje
#define VOLTAGE_SENSOR_PIN 17

// Definir la relación de división de voltaje del divisor de resistencia
#define VOLTAGE_DIVIDER_RATIO 0.5

// Definir la tensión de referencia utilizada por el conversor analógico-
digital (en mV)
#define ADC_REFERENCE_VOLTAGE 1100

// Definir la dirección I2C del sensor de rayos UV
```

```
#define GYML8511_ADDRESS 0x5A

// Definir el pin de entrada analógica utilizado para leer la salida del sensor
de ultravioleta
#define UV_SENSOR_PIN A0

// Replace the next variables with your SSID/Password combination
const char* ssid = "Redmi Note 8";
const char* password = "12345678";
char* mqtt_server = "54.227.208.136";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;

//Decaramos el variable que almacena el pin a conectar el DHT11
float temperature = 0;
float tmax = 0;
float tmin = 100;

// LED Pin
const int ledPin = 4;

void setup () {

  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
```

```
// Iniciar la comunicación I2C
Wire.begin();

setup_wifi();
client.setServer(mqtt_server, 1883);
client.setCallback(callback);

pinMode(ledPin, OUTPUT);
// Configurar el pin del sensor como entrada analógica
pinMode(CURRENT_SENSOR_PIN, INPUT);
pinMode(VOLTAGE_SENSOR_PIN, INPUT);
}

void setup_wifi() {
  delay(10);
  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
```

```

void callback(char* topic, byte* message, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived on topic: ");
  Serial.print(topic);
  Serial.print(". Message: ");
  String messageTemp;

  for (int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)message[i]);
    messageTemp += (char)message[i];
  }
  Serial.println();

  // Feel free to add more if statements to control more GPIOs with MQTT

  // If a message is received on the topic esp32/output, you check if the
message is either "on" or "off".
  // Changes the output state according to the message
  if (String(topic) == "esp32/output") {
    Serial.print("Changing output to ");
    if(messageTemp == "on"){
      Serial.println("on");
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
    }
    else if(messageTemp == "off"){
      Serial.println("off");
      digitalWrite(ledPin, LOW);
    }
  }
}
}

```

```
void reconnect() {  
  // Loop until we're reconnected  
  while (!client.connected()) {  
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");  
    // Attempt to connect  
    if (client.connect("ESP8266Client")) {  
      Serial.println("connected");  
      // Subscribe  
      client.subscribe("esp32/output");  
    } else {  
      Serial.print("failed, rc=");  
      Serial.print(client.state());  
      Serial.println(" try again in 5 seconds");  
      // Wait 5 seconds before retrying  
      delay(5000);  
    }  
  }  
}
```

```
void loop () {  
  
  if (!client.connected()) {  
    reconnect();  
  }  
  client.loop();  
  
  long now = millis();  
  if (now - lastMsg > 1000) {  
  
    lastMsg = now;
```

```
// Leer el valor del sensor de corriente
int current_value = read_current_sensor();
// Imprimir el valor leído en la consola serial
Serial.print("Valor de corriente: ");
Serial.print(current_value);
Serial.println(" mA");

// Leer el valor del sensor de voltaje
int voltage_value = read_voltage_sensor();
// Imprimir el valor leído en la consola serial
Serial.print("Valor de voltaje: ");
Serial.print(voltage_value);
Serial.println(" V");

// Leer el valor del sensor de rayos UV
int uv_value = read_uv_sensor();
// Imprimir el valor leído en la consola serial
Serial.print("Valor de rayos UV: ");
Serial.println(uv_value);

temperature = dht.readTemperature();

Serial.println("Temperatura: " + String(temperature) + "°C");

char tempString[8];
dtostrf(temperature, 1, 2, tempString);
String Temperature= String(tempString);
String temp="Clima Temperatura=";
String tempT=temp+Temperature;
char temptotal[50];
```

```
tempT.toCharArray(temptotal, 25);
client.publish("reporte", temptotal);

if (temperature > tmax){
  tmax = temperature;
}
if (temperature < tmin){
  tmin = temperature;
}
//PUBLICAR VALORES MAXIMOS Y MINIMOS DE TEMPERATURA
char TmaxString[8];
dtostrf(tmax, 1, 2, TmaxString);
String Tmax= String(TmaxString);
String temmax="Clima Tmax=";
String temmaxT=temmax+Tmax;
char temmaxtotal[50];
temmaxT.toCharArray(temmaxtotal, 20);
client.publish("reporte", temmaxtotal);
Serial.println("---");

char TminString[8];
dtostrf(tmin, 1, 2, TminString);
String Tmin= String(TminString);
String temmin="Clima Tmin=";
String temminT=temmin+Tmin;
char temmintotal[50];
temminT.toCharArray(temmintotal, 20);
client.publish("reporte", temmintotal);
Serial.println("---");
delay(1000);
```

```
//Publicar corriente, voltaje y sensor uv
char CurrentString[8];
dtostrf(current_value, 1, 2, CurrentString);
String Cur= String(CurrentString);
String Curr="Sensor Curr=";
String Curre=Curr+Cur;
char current[50];
Curre.toCharArray(current, 20);
client.publish("reporte", current);
Serial.println("---");
delay(1000);
```

```
char VoltageString[8];
dtostrf(voltage_value, 1, 2, VoltageString);
String Vol= String(VoltageString);
String Volt="Sensor Volt=";
String Volta=Volt+Vol;
char voltage[50];
Volta.toCharArray(voltage, 20);
client.publish("reporte", voltage);
Serial.println("---");
delay(1000);
```

```
char UVString[8];
dtostrf(uv_value, 1, 2, UVString);
String UVs= String(UVString);
String UVse="Sensor UV=";
String UVsen=UVse+UVs;
char uvsensor[50];
UVsen.toCharArray(uvsensor, 20);
client.publish("reporte", uvsensor);
```

```

Serial.println("---");
delay(1000);

////////////////////////////////////
}
}
int read_current_sensor() {
    // Leer el valor de la entrada analógica
    int sensor_value = analogRead(CURRENT_SENSOR_PIN);
    // Convertir el valor leído en una medida de corriente (en mA)
    int current_value = ((sensor_value - 512) * 3300) / 1024 /
SENSOR_SENSITIVITY;
    // Devolver el valor convertido
    return current_value;
}
int read_voltage_sensor() {
    // Leer el valor de la entrada analógica
    int sensor_value = analogRead(VOLTAGE_SENSOR_PIN);
    // Convertir el valor leído en una medida de voltaje (en mV)
    int voltage_value = sensor_value * ADC_REFERENCE_VOLTAGE / 1024 /
VOLTAGE_DIVIDER_RATIO;
    // Devolver el valor convertido
    return voltage_value;
}
int read_uv_sensor() {
    // Enviar una solicitud de lectura al sensor
    Wire.beginTransmission(GYML8511_ADDRESS);
    Wire.write(0x00);
    Wire.endTransmission();
    // Esperar 1 ms para que el sensor pueda realizar la lectura
    delay(1);
}

```

```
// Leer los datos enviados por el sensor
Wire.requestFrom(GYML8511_ADDRESS, 2);
// Combinar los datos en un solo valor de 16 bits
int uv_raw = (Wire.read() << 8) | Wire.read();
// Convertir el valor crudo en una medida de rayos UV
int uv_value = map(uv_raw, 0, 1023, 0, 15);
// Devolver el valor convertido
return uv_value;
}
```