



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE ELECTRICIDAD**

**ANÁLISIS DE FLUCTUACIONES DE VOLTAJES EN SERVIDORES  
INFORMATICOS ALIMENTADO POR SISTEMA FOTOVOLTAICO  
HIBRIDO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Eléctrico

**AUTORES:** EDGAR EDUARDO ESPINOZA ANDRADE

ADRIAN ADONIS MURILLO CASTRO

**TUTOR:** ING. JUAN CARLOS LATA PhD.

**Guayaquil – Ecuador**

**2023**

**Resolución CS. N°166-09-2021-07-21**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **EDGAR EDUARDO ESPINOZA ANDRADE** con documento de identificación N°**0950207860** y **ADRIAN ADONIS MURILLO CASTRO** con documento de identificación N°**0955742101**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

EDGAR EDUARDO ESPINOZA  
ANDRADE  
0950207860



---

ADRIAN ADONIS MURILLO  
CASTRO  
0955742101

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **ADRIAN ADONIS MURILLO CASTRO** con documento de identificación N° **0955742101** y **EDGAR EDUARDO ESPINOZA ANDRADE** con documento de identificación N° **0950207860**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores Artículo Académico : **ANÁLISIS DE FLUCTUACIONES DE VOLTAJES EN SERVIDORES INFORMATICOS ALIMENTADO POR SISTEMA FOTOVOLTAICO HIBRIDO**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO ELÉCTRICO, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

EDGAR EDUARDO ESPINOZA  
ANDRADE  
0950207860



---

ADRIAN ADONIS MURILLO  
CASTRO  
0955742101

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, **Juan Carlos Lata García** con documento de identificación N° **0301791893** docente de la Universidad **Politécnica Salesiana**, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE FLUACTUACIONES DE VOLTAJES EN SERVIDORES INFORMATICOS ALIMENTADO POR SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO**, realizado por **EDGAR EDUARDO ESPINOZA ANDRADE**, con documento de identificación N° **0950207860** y por **ADRIAN ADONIS MURILLO CASTRO** con documento de identificación N° **0955742101**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Artículo Académico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

**Juan Carlos Lata García, PhD**  
**0301791893**

# Análisis de Fluctuaciones de Voltajes en Servidores Informáticos Alimentado por Sistema Fotovoltaico Híbrido

Edgar Espinoza A.  
Universidad Politécnica Salesiana  
Grupo de investigación GIPI  
Guayaquil, Ecuador  
[eespinozaa1@est.ups.edu.ec](mailto:eespinozaa1@est.ups.edu.ec)

Adrián Murillo C.  
Universidad Politécnica Salesiana  
Grupo de investigación GIPI  
Guayaquil, Ecuador  
[amurilloc2@est.ups.edu.ec](mailto:amurilloc2@est.ups.edu.ec)

Juan Lata-García  
Universidad Politécnica Salesiana  
Grupo de investigación GIPI  
Guayaquil, Ecuador  
[jlata@ups.edu.ec](mailto:jlata@ups.edu.ec)

**Resumen**— En este estudio, se investigaron las variaciones de voltaje en servidores informáticos alimentados por un sistema fotovoltaico híbrido que combina paneles solares y almacenamiento de energía. Aunque esta fuente de energía sostenible se implementó para los servidores, se encontró que las fluctuaciones de voltaje podrían afectar su rendimiento y durabilidad. El análisis se centró en medir y evaluar estas fluctuaciones a lo largo del tiempo, identificando patrones relacionados con el clima y la generación solar. Ante desafíos como cambios en la carga del sistema y fluctuaciones en la demanda eléctrica, se propuso la adopción de microgrids inteligentes, redes eléctricas locales con energía renovable y tecnología de gestión avanzada, para garantizar un suministro eléctrico constante y mejorar la resiliencia de los sistemas de servidores en entornos cambiantes.

**Palabras claves**— fluctuaciones de voltaje, servidores informáticos, Sistema fotovoltaico híbrido, Fluctuaciones de rendimiento

## -Nomenclatura

$H_t$	Irradiación total ajustada en una superficie inclinada (W/m <sup>2</sup> )
$I_{bh}$	Irradiación solar directa en una superficie horizontal (W/m <sup>2</sup> )
$\theta_i$	Angulo de incidencia solar
$I_{dh}$	Irradiancia difusa ajustada en una superficie horizontal (W/m <sup>2</sup> )
$\theta_z$	Angulo Zenital Solar
$\beta$	Angulo de inclinación de la superficie
$P_t$	Potencia total
$P_s$	Potencia solar
$N$	Numero de módulos fotovoltaicos
$S$	Proyección de L en el plano horizontal (m)
$T$	Tiempo solar (h)
$T_r$	Hora solar del amanecer (h)
$T_s$	Tiempo solar del atardecer (h)

$F_s$	Factor de sombra
$V_{avg}$	Valor promedio del fenómeno
$A$	Amplitud
$\rho_g$	Reflectancia del suelo
$f_{PF}$	Factor de reducción
$Y_{PF}$	Capacidad nominal del arreglo (kW)
$m$	Angulo de hora (°)

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el creciente interés por la energía renovable ha llevado al desarrollo e implementación de sistemas fotovoltaicos híbridos como una alternativa sostenible para la alimentación de servidores informáticos.[1] Estos sistemas aprovechan la energía solar a través de paneles fotovoltaicos y, en algunos casos, se combinan con otras fuentes de energía renovable o almacenamiento de energía para garantizar un suministro constante.[2] Sin embargo, la integración de sistemas fotovoltaicos híbridos en la infraestructura informática plantea desafíos en términos de la estabilidad y calidad del suministro de energía, particularmente en relación con las fluctuaciones de voltaje.[3]

Las fluctuaciones de voltaje son cambios no deseados en la magnitud de la tensión eléctrica suministrada a los servidores informáticos.[4] Estas fluctuaciones pueden tener un impacto significativo en el rendimiento, la confiabilidad y la vida útil de los servidores, lo que lleva a interrupciones del servicio, pérdida de datos y costos adicionales de mantenimiento.[5] Por lo tanto, es crucial comprender y analizar en detalle las fluctuaciones de voltaje en servidores alimentados por sistemas fotovoltaicos híbridos, a fin de desarrollar estrategias adecuadas de mitigación y control.[6]

Se realizó un análisis exhaustivo de las fluctuaciones de voltaje en servidores informáticos alimentados por un sistema fotovoltaico híbrido.[7] Un aspecto esencial de este estudio involucró la evaluación del impacto generado por las variaciones de voltaje en la funcionalidad y estabilidad de los servidores. Los resultados no solo ratificaron el influjo directo de las fluctuaciones en la operatividad de los sistemas, sino que también resaltaron la manera en que estas variabilidades pueden inducir retardo, pérdida de información y períodos de inoperancia imprevistos.[8] La información recabada en esta fase resulta fundamental para comprender la envergadura de los

efectos y para orientar la implementación de estrategias destinadas a preservar la integridad y la disponibilidad de los datos.[9] En última instancia, el propósito subyacente de este artículo consiste en proponer una perspectiva global sobre la forma en que las oscilaciones de voltaje pueden incidir en los servidores de bases de datos y, por consiguiente, en las actividades empresariales en su totalidad. Mediante el análisis de tres escenarios diferentes, aspiramos a contribuir al

## II. FLUCTUACIONES DE VOLTAJE GENERADAS POR EL PANEL SOLAR

Las fluctuaciones en la cantidad de energía producida por los paneles solares debido a una serie de factores ambientales y climáticos. Estos cambios tienen un impacto directo en la cantidad de electricidad generada por un sistema fotovoltaico en un momento específico. Algunos de los factores clave que contribuyen a estas variaciones en la producción de energía solar incluyen:

- Irradiación solar
- Ángulo de Incidencia Solar
- Efectos de la Sombra
- Variaciones Estacionales

La ecuación que describe la irradiación solar total incidente en una superficie inclinada puede expresarse como la suma de la irradiación solar directa, la irradiación solar difusa y la irradiación solar reflejada sobre dicha superficie:

$$H_t = I_{bh} \cdot \cos(\theta_i) + I_{dh} \quad [11]$$

Donde:

$H_t$  es la irradiación solar total incidente en la superficie inclinada.  $I_{bh}$  es la irradiación solar directa que llegaría a una superficie horizontal.  $\theta_i$  es el ángulo de incidencia solar, es decir, el ángulo entre la dirección de los rayos solares y la

normal de la superficie inclinada.  $I_{dh}$  es la irradiación solar difusa que llegaría a una superficie horizontal.

La ecuación tiene en cuenta el ángulo de incidencia solar y la inclinación de la superficie en relación con el sol para calcular

la cantidad total de radiación solar incidente. La irradiación solar directa se ajusta por el factor  $\cos(\theta_i)$  debido a que los rayos solares deben atravesar una mayor distancia atmosférica en un ángulo de incidencia mayor.

### A. Angulo de Incidencia Solar

La ecuación para el ángulo de incidencia solar ( $\theta_i$ ) en una superficie inclinada se puede expresar en función del ángulo zenital solar ( $\theta_z$ ) y el ángulo de inclinación de la superficie ( $\beta$ ) de la siguiente manera:

$$\cos(\theta_i) = \sin(\theta_z) \cdot \sin(\beta) + \cos(\theta_z) \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\phi - \phi_s)$$

Donde:

$\theta_i$  es el ángulo de incidencia solar, es decir, el ángulo entre la dirección de los rayos solares y la normal de la superficie.  $\theta_z$  es

reforzamiento de la resistencia de estos sistemas críticos en un entorno energético en constante evolución y desafío.

Los resultados y las recomendaciones derivadas de este estudio podrían ser de gran utilidad para diseñadores, administradores de centros de datos y profesionales del campo de las energías renovables interesados en mejorar la estabilidad y confiabilidad de los sistemas informáticos alimentados por energía solar.[10]

superficie, es decir, el ángulo entre la superficie y la horizontal.  $\phi$  es la longitud del lugar.

Esta ecuación tiene en cuenta la geometría del sol y la superficie inclinada para calcular el ángulo bajo el cual los rayos solares inciden sobre dicha superficie.

### B. Efectos de la Sombra

El impacto de la sombra en un sistema fotovoltaico se refiere a cómo la presencia de áreas con falta de luz, ya sean parcial o completamente oscurecidas, sobre los paneles solares influye en su capacidad para generar electricidad. Se expresa de la siguiente manera:

$$P_t = P_s \cdot (1 - F_s) \quad [12]$$

Donde:

$P_{total}$  es la potencia total de salida del panel solar después de considerar los efectos de la sombra.  $P_{sol}$  es la potencia nominal de salida del panel solar en condiciones de plena radiación solar.  $F_{sombra}$  es el factor de sombra que representa la fracción

de área del panel que está sombreada en un momento dado.

### C. Variaciones Estacionales

La ecuación que describe las variaciones estacionales en un fenómeno climático o ambiental, como la temperatura, puede ser expresada de manera general como:

$$V(t) = V_{avg} + A \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot (t - t_0)}{T}\right) \quad [13]$$

Donde:

el ángulo zenital solar, es decir, el ángulo entre la dirección del sol y la vertical del lugar.  $\beta$  es el ángulo de inclinación de la

$V(t)$  es el valor del fenómeno en un momento específico  $t$ .  $V_{avg}$  es el valor promedio del fenómeno a lo largo del período de tiempo considerado.  $A$  es la amplitud de las variaciones estacionales.  $t_0$  es el desplazamiento en el tiempo que determina el punto de inicio de las variaciones estacionales es la duración del período de tiempo completo de las variaciones estacionales (generalmente un año).

Esta ecuación es una representación simplificada de las variaciones estacionales y se basa en el uso de una función coseno para modelar los cambios periódicos a lo largo del año. La amplitud ( $A$ ) determina la magnitud de las variaciones y  $t_0$  ajusta el punto de partida de las mismas.

#### A. *Servidores Informáticos*

El servidor de base de datos, o database server, es un componente esencial que combina hardware y software especializado para administrar eficientemente grandes conjuntos de datos. Su función principal es proporcionar información a aplicaciones web y otros dispositivos utilizando el modelo cliente-servidor.

Los usuarios acceden a los datos a través de clientes de bases de datos, autenticándose con credenciales. Los niveles de privilegios varían, desde administración completa hasta solo lectura de datos.

La estructura del servidor de bases de datos se divide en dos aspectos esenciales. Por un lado, la parte de respaldo almacena archivos y datos digitales, y por otro lado, los servicios para los clientes facilitan la interacción con los datos almacenados. Las bases de datos contenidas en el servidor juegan un papel crítico en la gestión y supervisión de volúmenes sustanciales de información en contextos empresariales, institucionales, universitarios o bancarios. Estas bases de datos almacenan y organizan datos de usuarios y clientes, tales como información personal, registros financieros y calificaciones, entre otros.

La disponibilidad de la base de datos está íntimamente ligada al correcto funcionamiento del hardware y software subyacente. Problemas en el hardware, como fallas en componentes como la memoria RAM o la unidad central de procesamiento (CPU), pueden afectar el acceso a los datos. Asimismo, inconvenientes en el servidor SQL[14] pueden impactar negativamente la accesibilidad del servicio. En conjunto, la función de almacenamiento y recuperación de un servidor de base de datos asegura la administración eficiente y la accesibilidad de datos críticos para una amplia gama de aplicaciones y usuarios.



Fig.1. Servidor informático

#### B. Elementos de un Servidor de base de datos

La Unidad Central de Procesamiento (CPU) en un servidor de base de datos experimenta cambios en su nivel de uso debido a la actividad global del servidor y las consultas que se están realizando en ese momento. La carga que la CPU enfrenta se ve afectada por factores como la cantidad de solicitudes en proceso, la complejidad de las consultas, la cantidad de usuarios que acceden simultáneamente y la existencia de índices y técnicas de optimización.[15]La Memoria RAM es esencial para ejecutar operaciones y almacenar datos temporalmente en caché. Su necesidad varía según la base de datos y las consultas en ejecución.

El espacio requerido para el almacenamiento se determina por el tamaño actual de la base de datos y su capacidad de

expansión a futuro. El consumo de ancho de banda en una red se modifica de acuerdo al volumen de tráfico que fluye entre el servidor y los clientes. El Software de Base de Datos (DBMS) emplea recursos para llevar a cabo operaciones internas y para la optimización del sistema.

La ejecución de Procedimientos Almacenados y Triggers consume recursos, especialmente la CPU y la memoria.

#### C. Uso de Servidores de Base de datos

Los servidores de bases de datos desempeñan un rol esencial en diversos contextos y aplicaciones. Son empleados en:

**Aplicaciones Empresariales:** Para administrar información crucial de negocios, como datos de clientes, inventarios, transacciones financieras y recursos humanos. Esto posibilita un acceso seguro y eficiente a datos críticos.

**Aplicaciones Web:** Almacenan datos en línea, en sitios web y aplicaciones, incluyendo blogs, tiendas en línea, redes sociales y servicios de reserva. Esto permite la edición y acceso a través de interfaces web.

**Aplicaciones Móviles:** Almacenan información para sincronizarla entre dispositivos y ofrecer una experiencia fluida a los usuarios en aplicaciones móviles.

**Gestión de Inventarios y Logística:** son empleados por las soluciones de gestión de inventarios y logística con el propósito de rastrear el flujo de productos y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro.

### III. CASO DE ESTUDIO

#### A. Lugar de estudio

El objetivo principal de este estudio consiste en analizar las variaciones en el voltaje a través de la implementación de un sistema de energía solar en un entorno específico. Para llevar a cabo esta investigación, se eligió lugar de estudio el edificio City Office, en cuyo séptimo piso se encuentra el servidor principal. Dado que este edificio desempeña un papel fundamental en las operaciones diarias, para lo cual se busca incorporar una solución de energía solar utilizando paneles solares para contrarrestar las fluctuaciones de voltaje y garantizar un suministro confiable.



Fig.2. Modulo Solar Utilizado



B. Datos meteorológicos base de datos de radiación solar

TABLA# 1  
DATOS METEOROLOGICOS

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	°C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobElf kWh/m <sup>2</sup>
Enero	145.2	26.6	84.4	138.8
Febrero	129.1	26.5	80.1	135.6
Marzo	154.2	27.0	88.8	156.1
Abril	152.0	26.4	80.1	149.7
Mayo	153.5	24.8	76.4	154.9
Junio	139.2	24.5	71.0	144.5
Julio	122.1	24.1	68.9	148.5
Agosto	120.1	24.1	75.3	153.4
Septiembre	120.1	79.0	79.0	151.7
Octubre	120.0	67.6	67.6	154.3
Noviembre	107.7	77.5	77.5	140.4
Diciembre	114.3	89.4	89.4	137.1
Año	1463,2	517,50	938,5	1765.0

C. Modelado de componentes

Un sistema fotovoltaico híbrido combina la energía solar generada por paneles solares con otras fuentes de

energía, como baterías para almacenamiento y, en ocasiones, la red eléctrica convencional

D. Panel fotovoltaico

La energía proveniente del sol es una tecnología ampliamente empleada en todo el mundo debido a su capacidad para promover un desarrollo sostenible en

diversos aspectos: medioambiental, económico y social. En la búsqueda de un enfoque específico, se implementan módulos solares de tipo monocristalino con una capacidad de generación máxima de 300 vatios en condiciones óptimas.

Para estimar la producción máxima de energía de un panel solar bajo condiciones reales de funcionamiento, se emplea una fórmula matemática que considera diversos factores y parámetros de operación.

$$P_{pf} = f_{pf} * Y_{PF} * \frac{I_t}{I_s} \quad [16]$$

Donde:

$f_{PF}$  es el factor de reducción,  $Y_{PF}$  es la capacidad nominal del arreglo PF (kW)  $I_t$  es la radiación global incidente en la superficie del panel (kWh/m<sup>2</sup>),  $I_s$  es 1000 W/m<sup>2</sup>. Las características del módulo fotovoltaico se logran analizar en la tabla 2.

TABLA# 2  
CARACTERISTICA DEL PANEL FOTOVOLTAICO

Modulo Fotovoltaico	
Fabricante	LG
Modelo	LG410N3K-V6
Máxima Potencia STC (max)	400W
Voltaje de circuito abierto (Voc)	42.8V
Corriente de corto circuito (Isc)	19.05A
Dimensiones (mm)	1.880 mm x 1.042 mm x 40 mm
Costo de capital	US\$\$
Tipo de célula	Monocristalino
Tiempo de vida	25 años

E. Batería de plomo ácido.

la energía generada por fuentes renovables, que no es consumida en ese momento, se almacena en un conjunto de baterías. Esta energía almacenada puede utilizarse durante las horas nocturnas o en momentos de alta demanda cuando la generación renovable no está disponible. Las baterías elegidas para este estudio son del tipo plomo-ácido, que son especialmente adecuadas para sistemas híbridos de energía renovable. Estas baterías tienen una vida útil de alrededor de 15 años, con 2000 ciclos de carga y descarga, y una eficiencia energética del 85%.

En el marco de este enfoque, se simula el funcionamiento de un banco de baterías utilizando una configuración genérica de batería de plomo-ácido. Esta batería tiene una capacidad nominal de 1 kWh, una tensión de 12 V y una capacidad máxima de 83,4 Ah. Los parámetros adicionales incluyen una relación de potencia de 0,403, una constante de velocidad de 0,827 (1/h) y una corriente máxima de carga de 16,7 A.[17]

Basándose en la cantidad de energía generada por fuentes renovables y la demanda de energía de la carga, es posible calcular cómo se cargará y descargará la batería. Esto se realiza mediante ecuaciones que describen el proceso de carga y descarga en función de las condiciones específicas del sistema.

$$E_{bat}(t) \times n_{cbat}$$

$$SOC(t-1) + \frac{E_{bat}(t) \times n_{cbat}}{P_{bat}} \times 100 \quad [18]$$

$$SOC(t-1) + \frac{E_{bat}(t) \times n_{dbat}}{P_{bat}} \times 100 \quad [19]$$

F. Inversores

En el contexto de analizar las variaciones de voltaje en servidores informáticos mediante un sistema fotovoltaico híbrido, los inversores de voltaje, también llamados inversores de energía juegan un papel esencial. Su función principal radica en convertir la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en

corriente alterna (AC) utilizable, permitiendo abastecer tanto a los servidores como, en caso necesario, a la red eléctrica convencional.[18]

En el marco de este sistema híbrido fotovoltaico, orientado al caso específico de los servidores informáticos, los inversores asumen una función aún más crucial. Además de su cometido tradicional de conversión energética, estos dispositivos pueden encargarse de supervisar la carga y descarga de las baterías de almacenamiento. Esto contribuye a mantener la estabilidad en la oferta de electricidad en el entorno de los servidores, salvaguardándolos de posibles oscilaciones perjudiciales.[15]

### E. Controlador de carga

Los controladores MPPT toman su nombre de "Maximum Power Point Tracking" (Seguimiento del Punto de Máxima Potencia). El regulador Victron SmartSolar 100/50 es una unidad de control potente equipada con tecnología MPPT. El algoritmo MPPT desarrollado por Victron tiene la capacidad de identificar el punto óptimo de rendimiento de los paneles solares, lo que resulta en un aumento del 20% en la eficiencia diaria en comparación con los reguladores PWM convencionales. La inclusión de tecnología Bluetooth permite supervisar el estado del sistema solar de manera sencilla desde cualquier dispositivo, proporcionando información sobre el rendimiento en tiempo real, así como datos diarios, históricos, el estado de la batería y el consumo total de la instalación.[19]

El algoritmo de carga MPPT optimiza la producción de energía al adaptar la salida del campo fotovoltaico mediante ajustes rápidos y precisos. Esto asegura que el panel solar se mantenga en equilibrio con las fluctuaciones de temperatura, lo que resulta en una mejora de hasta un 30% en eficiencia en comparación con el método PWM. Además, este regulador de voltaje puede controlar el voltaje de entrada del panel solar (hasta 100V) para cargar baterías de voltajes más bajos (12/24/48V).

TABLA# 3  
CARACTERISTICAS DEL CONTROLADOR DE CARGA

Smart Solar 100/50	
Tensión de la batería	Selección automática 12/24v
Potencia FV máxima 24V	700W
Máxima corriente de c. circuito	60A
Corriente de carga nominal	50A
Eficacia máxima	98%
Comunicación sencilla	Bluetooth
Dimensiones	130x186x70mm
Peso	1.3Kg

### E. Pruebas experimentales

Resumiendo, la información sobre las pruebas experimentales se procedió con la instalación del sistema fotovoltaico, lo que nos permite obtener datos periódicamente acerca de los distintos ángulos de inclinación y la dirección. El diagrama de flujo a continuación ilustra el procedimiento a ser seguido. Además, es importante destacar que, durante este proceso de recolección de datos, se observaron fluctuaciones notables en el voltaje debido a las variaciones en la intensidad de la radiación solar.

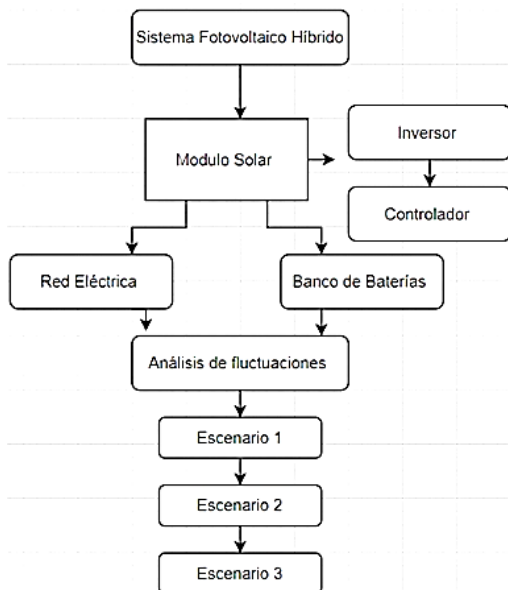


Fig.3.Esquema Experimental

## IV. DISCUSION DE RESULTADOS

En el marco de esta investigación, se ha ejecutado una simulación exhaustiva que abarca tres escenarios diversos de fluctuaciones de voltaje en servidores informáticos que operan bajo el respaldo de un sistema fotovoltaico híbrido. Los resultados generados facultaron un análisis enriquecido de los efectos potenciales en el desempeño de los servidores en cada una de estas circunstancias.[5] A continuación, se presentan las observaciones esenciales correspondientes a cada escenario, junto con sus ramificaciones implicativas.

TABLA# 4  
RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTAL

T(Horas)	Escenario 1 (V)	Escenario 2 (V)	Escenario 3 (V)
0	118.3	120.0	120.0
3	118.1	118.4	120.0
6	118.9	119.6	120.0
9	122.8	120.0	70.0
12	119.6	117.2	120.0
15	119.9	120.6	120.0
18	119.0	117.8	120.0
21	119.4	120.0	120.0
24	119.2	118.1	120.0

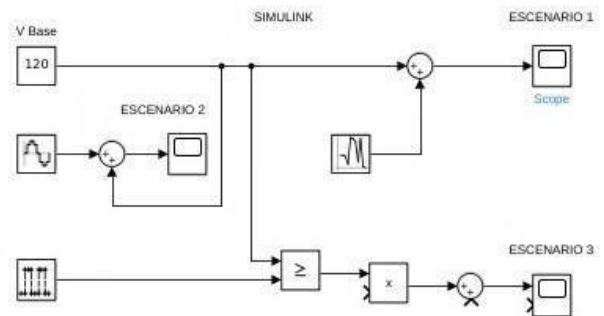


Fig.4. Diagrama en Simulink

### Escenario 1: Cambios en la Carga del Sistema

Durante el análisis del Escenario 1, la variación en la carga eléctrica del sistema, que se expresa como un porcentaje de su capacidad máxima, surge debido a los cambios en la utilización de dispositivos y equipos dentro de una red empresarial.[20] Esta variabilidad ejerce una influencia directa en el voltaje suministrado a los servidores de bases de datos, generando fluctuaciones correspondientes en el nivel de voltaje. Por ejemplo, en momentos de mayor carga, como a las 3 horas cuando la actividad laboral temprana eleva la carga al 90%, se observa una caída en el voltaje a 120.5 V. En contraste, en periodos de menor demanda, como a las 9 horas cuando la utilización de equipos disminuye la carga al 80%, se mantiene el voltaje en 120.4 V. Asimismo, a las 15 horas, con una carga del 70% debido al uso de dispositivos, el voltaje se incrementa a 119.9 V.

Este ejemplo resalta la relación intrínseca entre la variación en la carga eléctrica del sistema y las fluctuaciones en el voltaje suministrado a los servidores de bases de datos, subrayando su interconexión en las operaciones de estos sistemas.



*Escenario 2: Demanda Fluctuante en la Red Eléctrica*

Durante el análisis del Escenario 2, la variabilidad en la demanda eléctrica a lo largo del día, influenciada por cambios en los patrones de consumo, desencadena una directa repercusión en el voltaje proporcionado a los servidores de bases de datos. Conforme la demanda eléctrica fluctúa, el voltaje experimenta oscilaciones en concordancia. Por ejemplo, en las primeras horas del día, la demanda eléctrica aumenta al 90% debido a las actividades empresariales tempranas, lo que conduce a un voltaje de 124.2 V. Contrariamente, hacia las 9 horas, la demanda eléctrica disminuye al 80% al reducirse el consumo, manteniendo el voltaje en 120.0 V. Luego, a las 15 horas, la demanda eléctrica vuelve a incrementarse al 70%, debido a la operación de equipos industriales, generando un aumento en el voltaje a 120.6 V[21]



*Escenario 3: Variaciones en la Generación Solar*

Durante el análisis del Escenario 3, se observa una caída de voltaje significativa en un momento crítico a las 9 horas. El voltaje disminuye drásticamente de 122.8 V a 70.0 V en comparación con el voltaje base de 120.0 V. Esta caída de voltaje podría atribuirse a la presencia repentina de nubes que bloquean la radiación solar en el sistema de generación de energía solar que alimenta a los servidores de bases de datos.

En condiciones soleadas, los paneles solares generan una energía eléctrica constante. Sin embargo, la aparición abrupta de nubes densas bloquea la radiación solar y reduce la generación de energía de manera rápida. Esta disminución en la generación de energía tiene un efecto directo en el suministro de voltaje a los servidores, lo que resulta en la caída de voltaje observada.[22]



VARIABLES	CRITERIOS A CONSIDERAR	NORMATIVA
Niveles de Voltaje	±8% del voltaje nominal	ARCONEL 005/18
Factor de Potencia	Valor mínimo de 0.92p.u.	ARCONEL 004/18
Flicker	El 95% o más de los registros no deben superar la unidad. $P_v \leq 1$ y $P_i \leq 0.65$	IEC 61000-4-15 IEC 61000-3-3
Armónicos de Voltaje	THD del 8% Individual 5%	IEEE 519-2014
Armónicos de Corriente	TDD no debe sobrepasar el % obtenido del resultado del cálculo - Relación SCR con la ecuación 1 y 2	IEEE 519-2014
Desequilibrio de Voltaje	Menor al 2% para todos los niveles de voltaje	ARCONEL 005/18 IEEE 1159
Interrupciones	< 3 min Corta duración > 3 min de larga duración	EN 50160
Transitorios	Impulso: < a 50ns: 1ms - 50ns: > a 1ms Oscilatorios: 5kHz a 5 MHz: 0,3ms - 5µs	IEEE 1159
Variaciones de Corta Duración	Elevaciones (Swell): 0.5 ciclos - 1 min Huecos (Sag): 0.5 ciclos - 1 min	IEEE 1159
Variaciones de Larga Duración	Sobrevoltaje: mayor al 110% > 1 min Bajo Voltaje: menor al 90% > 1 min	IEEE 1159
Variaciones en la Frecuencia	Normal: ±1% (59.4 - 60.6 Hz) Crítica: -6%, +4% (56.4 - 62.4Hz)	EN50160

Fig.5.Normativas de Variaciones de Voltaje

V. CONCLUSIONES

En este estudio, hemos llevado a cabo una simulación exhaustiva de tres escenarios que investigan las variaciones en el voltaje en servidores informáticos que funcionan con un sistema fotovoltaico híbrido. Cada uno de estos escenarios nos ha ofrecido una perspicaz comprensión de cómo estas fluctuaciones pueden influir en el funcionamiento y el rendimiento de los servidores en contextos críticos.

Una posible estrategia amplia para prevenir las variaciones en el voltaje consiste en adoptar la instalación de una microgrid inteligente. Es una red eléctrica de ámbito local, incorpora tanto fuentes de energía renovable como sistemas de almacenamiento de energía. Adicionalmente, emplea tecnologías de gestión de alto nivel y sistemas de control que operan en tiempo real. El propósito de esta configuración es asegurar la confiabilidad y estabilidad del suministro eléctrico al orquestar de manera eficiente los recursos disponibles y responder de forma adaptativa a las condiciones cambiantes.

## REFERENCIAS

- [1] IIGE, “Balance Energético Nacional 2021,” *Minist. Energía y Minas*, p. 181, 2022, [Online]. Available: [https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance\\_Energético\\_Nacional\\_2021-VF\\_opt.pdf](https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Balance_Energético_Nacional_2021-VF_opt.pdf)
- [2] O. Vega, *Energías renovables Energías renovables*. 2015. [Online]. Available: <http://repiica.iica.int/B3661e/B3661e.pdf>
- [3] I. Candial Benavente, “Análisis de un sistema fotovoltaico híbrido doméstico,” *Univ. Carlos Iii Madrid Esc. Politécnica Super.*, p. 102, 2015, [Online]. Available: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23575/TFG\\_Ismael\\_Candial\\_Benavente\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/23575/TFG_Ismael_Candial_Benavente_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [4] WWF, *Informe de la Energía Renovable*. 2011. [Online]. Available: [http://awsassets.panda.org/downloads/informe\\_energia\\_renovable\\_2010\\_esp\\_final\\_opt\\_1.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/informe_energia_renovable_2010_esp_final_opt_1.pdf)
- [5] J. Mora, “Fluctuaciones de Tension y Flicker,” *Girona*, vol. 1, p. 15, 2002, [Online]. Available: [http://eia.udg.es/~secse/curso\\_calidad/curso5\\_fluctuaciones\\_flicker.pdf](http://eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso5_fluctuaciones_flicker.pdf)
- [6] E. B. Bastidas Chiluisa, D. Javier, I. F. Llerena, and W. Rodrigo, “Análisis de Perturbaciones Rápidas de Voltaje (Flicker) y su incidencia en el,” pp. 1–175, 2021.
- [7] M. Valencia, “Escuela de Ingeniería Escuela de Ingeniería,” *Agroindustrial Sci. Agroind Sci*, vol. 4, p. 176, 2019, [Online]. Available: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2501>
- [8] A. D. E. L. A. S. Variaciones, R. D. E. V. Como, and C. D. E. L. A. Energia, “Nstituto olitécnico nacional,” 2005.
- [9] J. D. Tutosaus, “sistemas Web,” *EnANPAD*, vol. 6, no. 3, pp. 1–17, 2017.
- [10] R. Caro, V. López, and G. Miñana, “informáticos a través de EMSI,” 2013.
- [11] P. Pereira, “2. La Radiación Solar 2.1.,” pp. 5–13, 2011.
- [12] R. Buitrago, “La Energía del Sol,” *ConCiencia*, no. 14, pp. 8–9, 2005, doi: 10.14409/cc.v1i14.2184.
- [13] H. R. Variability, “Tema 6 Series temporales,” pp. 1–29, 2011.
- [14] B. CHAVARRIA and E. GUDIÑO, “Implementación de un servidor web y un diseño de una página utilizando herramientas de software libre para el dispensario ‘Sagrada Familia,’” *Rev. EIA*, ISSN 1794-1237, vol. Volumen 17, pp. 1–10, 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1007>
- [15] O. A. Medellín Solís, “Servidores En Cómputo,” 2016.
- [16] AMCOP, “Informe De Calculos Para Sistema Solar Fotovoltaico,” *Cálculos STMA FV para Proy. AMCOP*, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica>.
- [17] Prosumidores, “Inversores y baterías,” *Acad. las Renov.*, pp. 1–30, 2018, [Online]. Available: <https://www.santafe.gob.ar/ms/academia/wp-content/uploads/sites/27/2019/12/Módulo-4-Inversores-reguladores-baterías.pdf>
- [18] G. A. Pavón Narváez and J. A. Bucheli Ávila, “Cálculo del rendimiento de baterías en sistemas fotovoltaicos usando criterios de eficiencia energética,” *Univ. Politécnica Sales. Sede Quito*, vol. 0, pp. 1–15, 2018.
- [19] J. A. Ladrón de Guevara, “Diseño y Cálculo de una instalcion fotovoltaica aislada,” p. 90, 2018, [Online]. Available: [http://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_JORGE\\_ALVARADO\\_LADRON\\_DE\\_GUEVARA.pdf](http://oa.upm.es/52204/1/PFC_JORGE_ALVARADO_LADRON_DE_GUEVARA.pdf)
- [20] B. L. Rommel Alexis and E. A. Llanes Cedeño, “La Generación De Energía Eléctrica Para El Desarrollo Industrial En El Ecuador a Partir Del Uso De Las Energías Renovables,” *Univ. Cienc. y Tecnol.*, vol. 24, no. 104, pp. 36–46, 2020, doi: 10.47460/uct.v24i104.364.
- [21] S. N. Bragagnolo, J. C. Vaschetti, F. Magnago, and J. C. Gomez-Targarona, “Demand management in smart networks. Perspective and control of users and suppliers,” *Inf. Tecnol.*, vol. 31, no. 3, pp. 159–170, 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000300159.
- [22] D. Messina, R. Contreras, L. René, and S. Pavez, “Tendencias en materia de digitalización del sector eléctrico,” pp. 1–36, 2022, [Online]. Available: [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)







