



## **Infraestructura Cloud Sostenible**

Administración de sistemas informáticos en red / Presencial

Ricardo Evans Llanos

Tutor del TFG

## DEDICATORIA (OPCIONAL)

## Contenido

ABSTRACT .....	4
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
OBJETIVOS .....	8
DESCRIPCIÓN.....	12
DISEÑOS .....	20
TECNOLOGÍA .....	26
METODOLOGÍA.....	27

## ABSTRACT

El objetivo del presente proyecto es implantar un entorno cloud, optimizando el uso de recursos y reduciendo la huella de carbono asociada a dicha implementación. Mediante la integración de la **computación en la Nube Verde (Green Cloud)**, la **automatización de uso de recursos de hardware** y el **cambio a energías renovables**, se aspira demostrar que es posible combinar la eficiencia operativa en un ámbito más ecológico (responsabilidad con el medio ambiente). También se mostrarán cuadros comparativos de los principales proveedores del mercado, una propuesta sobre prácticas sostenibles para la gestión de infraestructuras, y la implementación de herramientas de monitorización.

Se presentará un **marco teórico**, en conjunto con un **plan práctico** que disminuyan en un porcentaje importante las emisiones de carbono frente a lo que conocemos hoy, **sin sacrificar la eficiencia, ni la rentabilidad**. El fin es lograr un diseño que se pueda copiar en cualquier parte, que esté listo para manejar las tareas actuales que consumen gran cantidad de datos y procesamiento, como las de **IA, Análisis de datos (Big Data)**.

The objective of this project is to implement a cloud environment that optimizes resource use and reduces the carbon footprint associated with such an implementation. By integrating **Green Cloud computing, automating hardware resource usage, and changing to renewable energy sources**, the aim is to demonstrate that operational efficiency can coexist with a more ecological approach (environmental responsibility). Comparative tables of the main suppliers in the market will also be shown, a proposal on sustainable practices for infrastructure management and the implementation of monitoring tools.

A **theoretical framework** will be presented, combined with a **practical plan** to significantly reduce carbon emissions compared to current standards, **without compromising efficiency or profitability**. The goal is to achieve a replicable design that can be applied anywhere, ready to handle today's data and processing intensive tasks, such as those in **AI and Big Data analysis**.

## JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La justificación de este proyecto responde a la necesidad de un entorno cloud sostenible, y está basado en los siguientes cuatro aspectos: ambiental, tecnológico, económico y responsabilidad social corporativa.

**Medio ambiente:** El impacto ambiental de los centros de datos es indiscutible, consumen grandes cantidades de energía, en muchos casos dependen de la utilización de fuentes de recursos no renovables y además generan basura tecnológica<sup>1</sup>.

**Tecnológico:** La erupción de la AI, el IoT y el Big Data<sup>2</sup>, requieren cada vez más infraestructuras más potentes. Pero, la eficiencia en cuanto al consumo energético no debe mermar el rendimiento de los sistemas.

**Económico:** Debemos ver este proyecto como una ventaja competitiva. Aunque la inversión inicial en tecnologías avanzadas y la adaptación para utilizar de recursos renovables puede ser importante, a largo plazo se consiguen beneficios por la eficiencia energética y la no utilización de energías de fuentes fósiles<sup>3</sup>.

**Responsabilidad Social Corporativa (RSC):** Las empresas buscan alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU<sup>4</sup> cada vez más, esto no solo mejora la imagen corporativa, sino que también contribuye a cumplir con estos dichos objetivos.

---

<sup>1</sup> (The International Energy Agency IEA, 2023)

<sup>2</sup> (The International Energy Agency IEA, 2023)

<sup>3</sup> (IRENA - International Renewable Energy Agency, 2023)

<sup>4</sup> (Naciones Unidas - The 17 Goals, s.f.)

**Tabla comparativa de Proveedores Cloud Sostenibles**

Proveedor Cloud	Objetivos	Eficiencia Energética	Monitoreo	Certificaciones	Innovación Propuesta
Google Cloud <sup>5</sup>	100% energías renovables desde 2017	Alta	Google Cloud Operations Suite	CarbonNeutral, ISO 14001	-
Microsoft Azure <sup>6</sup>	100% renovables para 2025	Media-Alta	Azure Monitor	CarbonNeutral, ISO 50001	-
AWS (Amazon) <sup>7</sup>	50% renovables, objetivo de 100% para 2025	Media	AWS CloudWatch	ISO 14001, LEED Certification	-
IBM Cloud <sup>8</sup>	55% renovables, objetivo de 75% para 2025	Media	IBM Cloud Monitoring	ISO 14001, Energy Star	-
TFG	100% energías renovables desde el comienzo	Alta	Grafana + Prometheus	ISO 14001, LEED Certification (en proceso)	Automatización avanzada y IA para optimización energética

Tabla 1 – Comparativa de proveedores cloud

### Marcos normativos y legales:

- Internacionales
  - Acuerdo de París (2015)
  - Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU
- Regulaciones Europeas
  - Pacto Verde Europeo (European Green Deal)
  - Directiva de Eficiencia Energética (UE)
- Regulaciones en Estados Unidos
  - Ley de Reducción de la Inflación (Inflation Reduction Act, 2022)
  - Normativas Estatales
- Estándares de la Industria
  - ISO 14001 (Sistemas de Gestión Ambiental)
  - LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental)
- Justificación Legal para Proveedores Cloud
  - Justificación Legal para Proveedores Cloud
  - Regulaciones de Protección de Datos y Sostenibilidad (GDPR)

<sup>5</sup> (Google, 2024)

<sup>6</sup> (Microsoft, 2024)

<sup>7</sup> (Amazon Web Services, 2024)

<sup>8</sup> (IBM, 2024)

## INTRODUCCIÓN

El cloud computing o computación en la nube, viene dando pasos agigantados en los últimos años, y ha cambiado la forma en que las grandes compañías y las personas ponen a disposición o acceden a los recursos tecnológicos. También, impulsado por una necesidad de reducir costos operativos, flexibilidad y escalabilidad. Pero es cambio tiene un impacto medio ambiental muy alto.

Actualmente los centros de datos consumen aproximadamente entre el 1% y 2% de la electricidad global, cifra que podría duplicarse para 2030 debido al ascenso de la IA, el Big Data y el Internet de las Cosas (IoT)<sup>9</sup>. En promedio una búsqueda en ChatGpt necesita 10 veces más que una búsqueda tradicional en Google<sup>10</sup>.

Debido a lo previamente expuesto, ¿cómo podríamos implementar y escalar una infraestructura en la nube sin comprometer aún más en medioambiente?

En el presente proyecto, propongo la implantación entorno cloud eficiente y escalable, pero también como un modelo de sostenibilidad. Integrando energías renovables, hardware de bajo consumo y algoritmos de IA para la gestión energética y que constituyen la base de éste trabajo.

---

<sup>9</sup> (The International Energy Agency IEA, 2023)

<sup>10</sup> (Goldman Sachs, 2024)

## OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es implementar un entorno cloud que optimice el uso de recursos, reduzca el consumo energético y minimice la huella de carbono, dando como resultado que es posible combinar la eficiencia operativa con responsabilidad con el medio ambiente.

Los objetivos a desarrollar son:

1. Comparación de centro de datos tradicionales contra soluciones cloud sostenibles
2. Evaluar el término “sostenibilidad”, utilizando comparativas métricas de proveedores cloud, en cuanto al uso energías renovables y la eficiencia energética
3. Implementar herramientas de monitorización con el fin de medir el consumo energético y la huella de carbono
4. Formular prácticas sostenibles para la gestión de infraestructuras cloud, adicionando la automatización de recursos y el uso de energías renovables (energía solar, enfriamiento líquido, reutilización, reciclaje)
5. Exponer los beneficios de una infraestructura cloud sostenible a través de métricas cuantificables, como la reducción del consumo energético y los costos operativos, durante un periodo de 60 días continuos

**Objetivo 1:** Comparación de centro de datos tradicionales contra soluciones cloud sostenibles

R01 - Recopilación de datos de consumo energético y la huella de carbono de los centros de datos tradicionales.

R01F01 - Investigar y recopilar datos de fuentes confiables

R01F01T01 - Analizar y resumir los datos recopilados

R01F01T01P01 - Confirmar que los datos recopilados sean actuales y provengan de fuentes confiables



R02 - Comparar los datos con los de proveedores cloud sostenibles.

R02F01 - Diseñar tabla comparativa con métricas (consumo energético, uso de energías renovables, etc.)

R02F01T01 - Elaborar una tabla comparativa

R02F01T01P01 - Validar la fidelidad de la tabla comparativa

**Objetivo 2:** Evaluar el término “sostenibilidad”, utilizando comparativas métricas de proveedores cloud, en cuanto al uso energías renovables y la eficiencia energética

R03 - Definición de las métricas (eficiencia energética, certificaciones ambientales, porcentaje de energías renovables, etc.).

R03F01 - Investigar las políticas y prácticas de cada proveedor

R03F01T01 - Recopilar información de los informes de sostenibilidad de cada proveedor.

R03F01T01P01 - Verificar que los datos sean reales

R04 - Evaluar a los principales proveedores de cloud (Google Cloud, Microsoft Azure, AWS, IBM Cloud).

R04F01 - Crear una tabla de evaluación con las métricas definidas

R04F01T01 - Asignar puntuaciones a cada proveedor

R04F01T02 - Elaborar tabla de métricas para el proyecto

R04F01T01P01 - Validar que los resultados seas confiables

**Objetivo 3:** Implementar herramientas de monitorización con el fin de medir el consumo energético y la huella de carbono

R05 - Seleccionar las herramientas de monitorización adecuadas, por ejemplo, DataDog, Grafana + Prometheus, Google Cloud Operations Suite, Azure Monitor, AWS CloudWatch, Trend Micro Cloud One, AppDynamics, etc.

R05F01 - Investigar y comparar sobre las herramientas de monitorización disponibles

R05F01T01 - Instalar y configurar las herramientas de monitorización

R05F01T01P01 - Verificar que las herramientas estén correctamente configuradas

R06 - Configurar las herramientas para medir el consumo energético y la huella de carbono

R06F01 - Configurar las herramientas seleccionadas en la plataforma cloud

R06F01T01 - Crear paneles de control para visualizar las métricas

R06F01T02 - Realizar pruebas de funcionamiento

R06F01T01P01 - Validar las métricas mostradas

**Objetivo 4:** Formular prácticas sostenibles para la gestión de infraestructuras cloud, adicionando la automatización de recursos y el uso de energías renovables (energía solar, enfriamiento líquido, reutilización, reciclaje).

R07 - Escoger prácticas sostenibles aplicables a la gestión de infraestructuras cloud

R07F01 - Investigar mejores prácticas en sostenibilidad cloud

R07F01T01 - Compilar información sobre prácticas sostenibles

R05F01T01P01 - Verificar que las prácticas propuestas sean las correctas

R08 - Proponer el plan de implementación para las prácticas

R08F01 - Desarrollar el plan para la implementación de estas prácticas.

R08F01T01 - Elaboración del documento con las prácticas propuestas y su plan de implementación

R08F01T02 - Presentar el documento para revisión y aprobación

R08F01T01P01 - Validar el plan de implementación

**Objetivo 5:** Exponer los beneficios de una infraestructura cloud sostenible a través de métricas cuantificables, como la reducción del consumo energético y los costos operativos, durante un periodo de 60 días continuos.

R09 - Definir métricas cuantificables para medir los beneficios (por ejemplo, reducción del consumo energético, disminución de costos operativos)

R09F01 - Comparar las métricas antes y después de la implementación

R09F01T01 - Recopilar datos iniciales

R09F01T02 - Implementar el entorno cloud sostenible, incluyendo servidores

R09F01T01P01 - Verificar las métricas

R10 - Recopilar datos antes y después de la implementación de la infraestructura cloud sostenible

R10F01 - Elaborar un informe con los resultados obtenidos

R10F01T01 - Recopilar datos finales y compararlos con los datos iniciales

R10F01T02 - Elaboración de informe de resultados

R10F01T01P01 - Validar los datos obtenidos, perfectamente comparados

## DESCRIPCIÓN

### Arquitectura del Proyecto:

El siguiente diagrama (imagen 1) representa la **estructura general del proyecto**, incluyendo los componentes principales y cómo interactúan entre sí.

Componentes:

1. Frontend: Interfaz de usuario (web o móvil).
2. Servicios Externos: APIs de terceros, ejemplo, OpenAI, proveedores de cloud.
3. Backend /energía: Fuentes energéticas alternativas.
4. Backend: Servidores y servicios cloud.
5. Monitorización: Herramienta Grafana
6. Base de Datos: Almacenamiento de datos
7. Métricas: Herramienta Prometheus para capturar las mediciones de consumo energético y la huella de carbono.

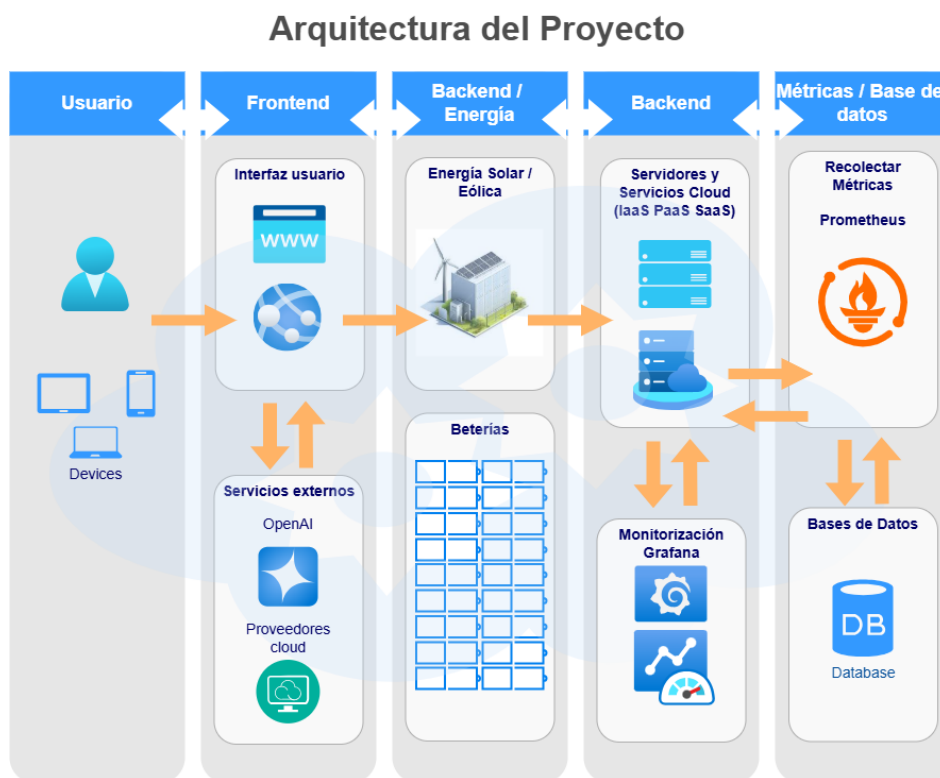


Imagen 1 – Arquitectura del proyecto

## Casos de uso:

### Caso de uso: Inicio de sesión

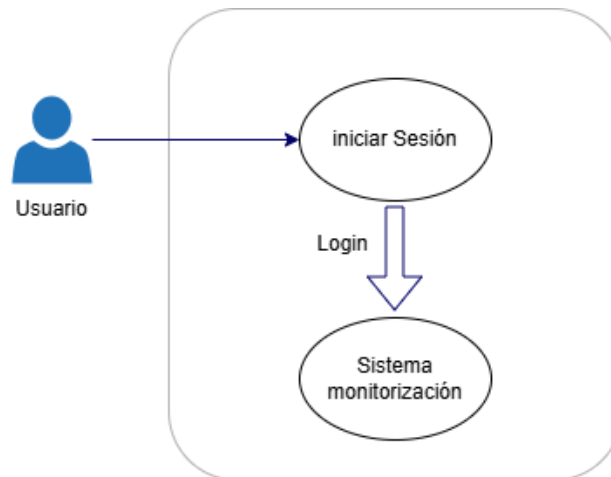


Imagen 2 – Caso de uso: Iniciar sesión

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Inicio de sesión	
<b>PRECONDICIONES:</b>  Debe existir el usuario	<b>POSTCONDICIONES:</b>  El usuario accede al sistema, ingresando sus credenciales, usuario y clave
<b>DATOS ENTRADA</b>  Id usuario  Clave	<b>DATOS SALIDA</b>  Nombre y apellido del usuario  Perfil del usuario  Fecha y hora
<b>TABLAS:</b>  USER	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 2 – Caso de uso: Iniciar sesión	

*Caso de uso: Consultar estado de los Recursos*

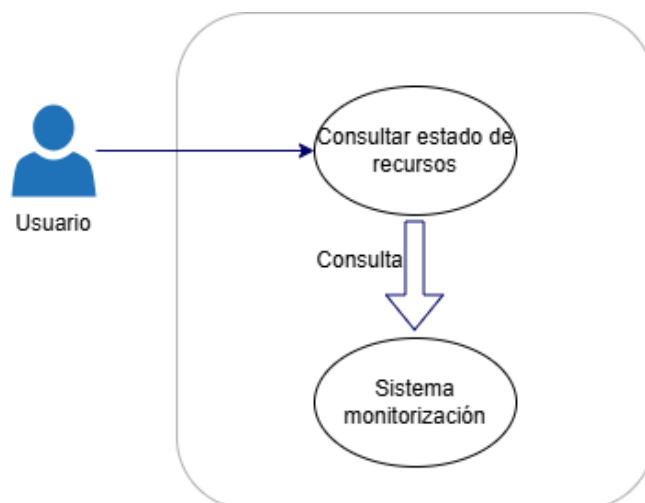


Imagen 3 – Caso de uso: Consultar estado de los recursos

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Consultar estado de los Recursos	
<b>PRECONDICIONES:</b> Usuario logado	<b>POSTCONDICIONES:</b> Cuadro de mando o Dashbord
<b>DATOS ENTRADA</b> Solicitud de consulta de estado de los nodos	<b>DATOS SALIDA</b> Estados de los nodos: Lista de servidores, bases de datos, etc. Consumo energético, huella de carbono
<b>TABLAS:</b> USER, NODO METRICAS, ENERGIA	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 3 – Caso de uso: Consultar estado de los Recursos	

*Caso de uso: Optimizar los recursos*

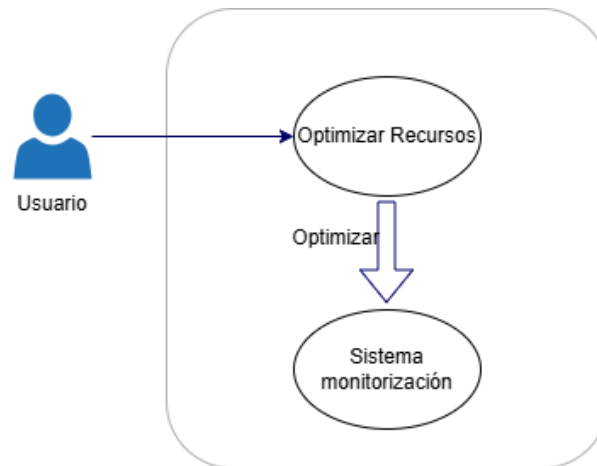


Imagen 4 – Caso de uso: Optimizar los recursos

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Optimizar los recursos	
<b>PRECONDICIONES:</b>  Usuario logado	<b>POSTCONDICIONES:</b>  Cuadro de mando o Dashbord
<b>DATOS ENTRADA</b>  Solicitud del usuario al sistema para optimizar los recursos o nodos	<b>DATOS SALIDA</b>  Lista actualizada de los nodos, con el consumo energético y la huella de carbono optimizado, es decir a la baja.
<b>TABLAS:</b>  USER, NODO  METRICAS, ENERGIA	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 4 – Caso de uso: Optimizar los recursos	

*Caso de uso: Generar reportes*

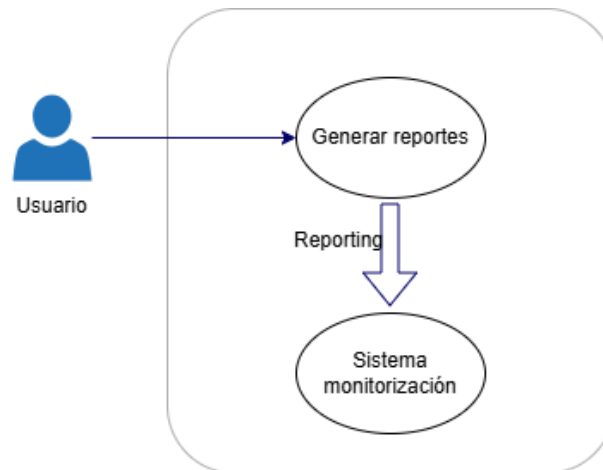


Imagen 5 – Caso de uso: Generar reportes

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Generar reportes	
<b>PRECONDICIONES:</b>  Usuario logado	<b>POSTCONDICIONES:</b>  Cuadro de mando o Dashbord
<b>DATOS ENTRADA</b>  Solicitud del usuario al sistema que genere reportes	<b>DATOS SALIDA</b>  Reportes detallados de los nodos, con el consumo energético y la huella de carbono
<b>TABLAS:</b>  USER, NODO  METRICAS, ENERGIA	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 5 – Caso de uso: Generar reportes	



*Caso de uso: Configurar las Alertas*

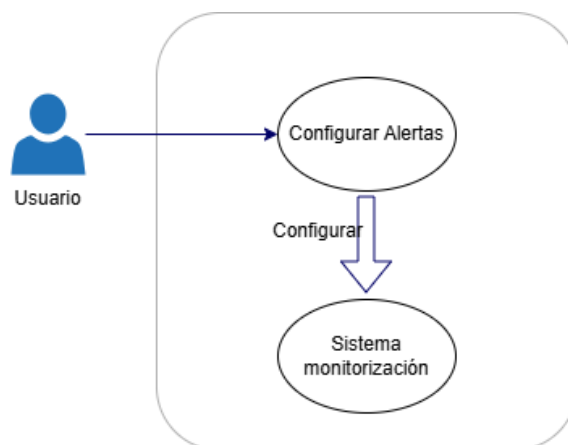


Imagen 6 – Caso de uso: Configurar las Alertas

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Configurar las Alertas	
<b>PRECONDICIONES:</b>  Usuario logado	<b>POSTCONDICIONES:</b>  Cuadro de mando o Dashbord
<b>DATOS ENTRADA</b>  Configuración de umbrales específicos, sobre ele el consumo energético y huella de carbono	<b>DATOS SALIDA</b>  Lista de notificaciones para cuando se superen los umbrales configurados.
<b>TABLAS:</b>  USER, NODO  METRICAS, ENERGIA, ALERTAS	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 6 – Caso de uso: Configurar las Alertas	

*Caso de uso: Recolectar las métricas*

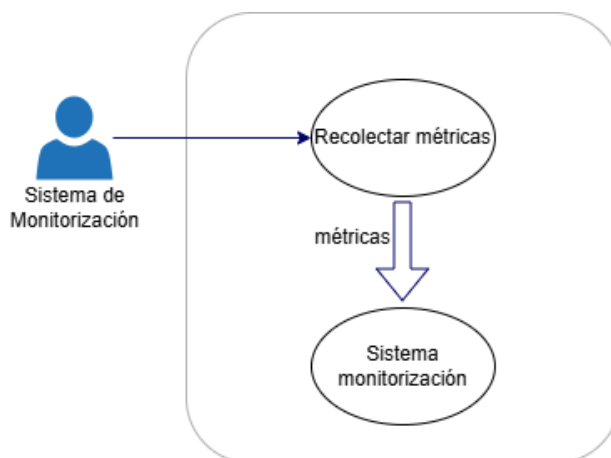


Imagen 7 – Caso de uso: Recolectar las métricas

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Recolectar las métricas	
<b>PRECONDICIONES:</b>  Sistema de monitorización activo y nodos activos	<b>POSTCONDICIONES:</b>  Recolección de métricas de los recursos cloud
<b>DATOS ENTRADA</b>  Métricas sobre el consumo energético y huella de carbono de cada uno de los recursos del cloud	<b>DATOS SALIDA</b>  Métricas de consumo energético y huella de carbono de cada uno de los recursos del cloud
<b>TABLAS:</b>  NODO, METRICAS  ENERGIA	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 7 – Caso de uso: Recolectar las métricas	

*Caso de uso Notificar las Alertas*

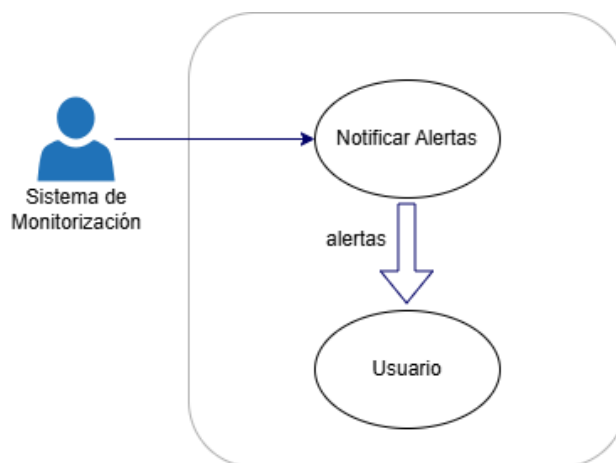


Imagen 8 – Caso de uso: Notificar las Alertas

<b>DESCRIPCIÓN:</b> Notificar las Alertas	
<b>PRECONDICIONES:</b>  Sistema de monitorización activo, nodos activos y umbrales configurados	<b>POSTCONDICIONES:</b>  Umbrales previaconfigurados superados.
<b>DATOS ENTRADA</b>  Métricas sobre el consumo energético y huella de carbono de cada uno de los recursos del cloud versus los umbrales configurados	<b>DATOS SALIDA</b>  Alertas de consumo energético y huella de carbono de cada uno de los recursos del cloud, por encima de los niveles de un sistema cloud sostenible.
<b>TABLAS:</b>  USER, NODO  METRICAS, ENERGIA, ALERTAS	<b>CLASES:</b>
<b>INTERFACES:</b>	
Tabla 8 – Caso de uso: Notificar las Alertas	

## DISEÑOS

### Diagrama E/R (Entidad - Relación):

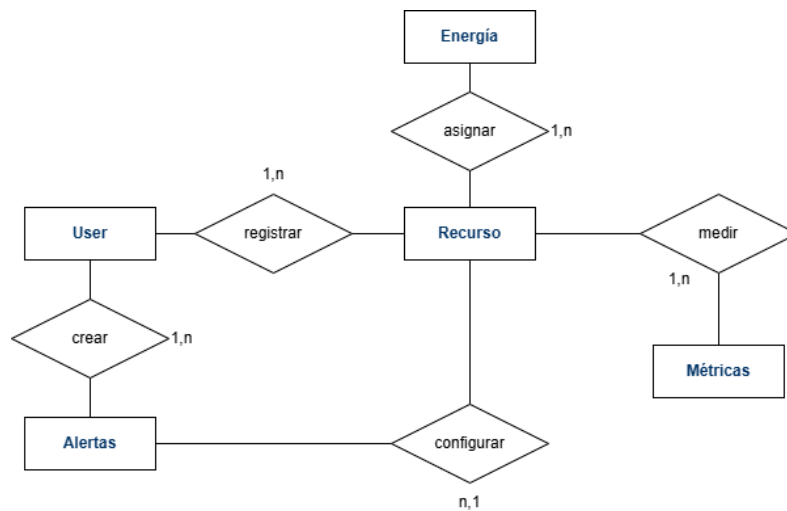


Imagen 9 – Diagrama E/R de la base de datos

### Diagrama de la base de datos:

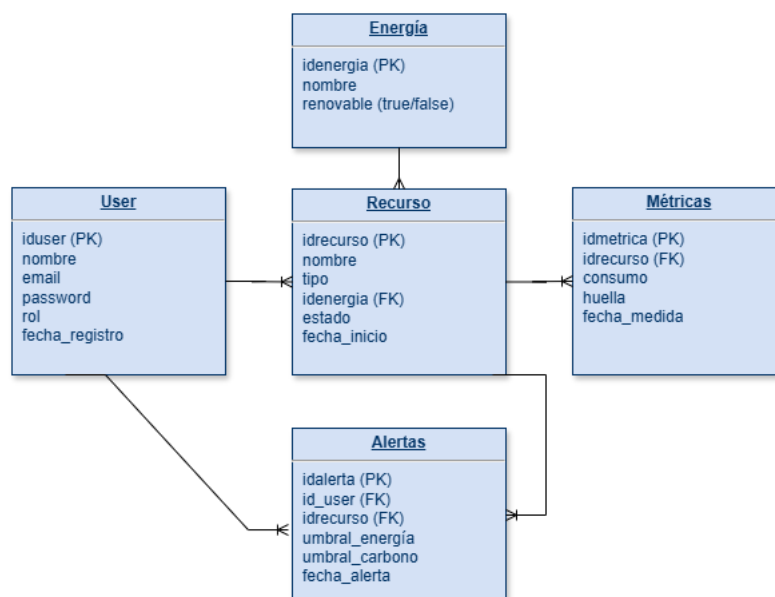


Imagen 10 – Diagrama de la base de datos

## Descripción de las tablas

**Tabla 1: User**

Contiene la información de los usuarios que interactúan con el sistema.

Campo	Tipo de dato	Descripción
iduser	INT (PK)	Código del usuario
nombre	VARCHAR(100)	Nombre completo del usuario
email	VARCHAR(100)	Correo electrónico del usuario
password	VARCHAR(255)	Contraseña cifrada del usuario
rol	VARCHAR(50)	Rol del usuario (admin, usuario, auditor)
fecha_registro	DATETIME	Fecha y hora de registro del usuario.

Tabla 9 – Descripción de las tablas: User

**Tabla 2: Recurso**

Contiene la información de los recursos cloud (servidores, bases de datos, etc.).

Campo	Tipo de dato	Descripción
idrecurso	INT (PK)	Código del recurso / nodo
nombre	VARCHAR(100)	Nombre que describe el recurso
tipo	VARCHAR(50)	Tipo de nodo (servidor, base de datos, etc.)
idenergia	INT (FK)	Tipo de energía utilizada (relación con la tabla Energía)
estado	VARCHAR(50)	Estado actual del nodo (activo, inactivo, etc.)
fecha_inicio	DATETIME	Fecha y hora de creación del nodo

Tabla 10 – Descripción de las tablas: Recurso

**Tabla 3: Métricas**

Registro de los datos de consumo energético y huella de carbono de los nodos

Campo	Tipo de dato	Descripción
idmetrica	INT (PK)	Código de la métrica
idrecurso	INT (FK)	Nodo asociado (relación con la tabla Recursos)
consumo	FLOAT	Consumo energético en kWh
huella	FLOAT	Huella de carbono en kg de CO <sub>2</sub>
fecha_medida	DATETIME	Fecha y hora de la medición

Tabla 11 – Descripción de las tablas: Métricas

**Tabla 4: Alertas**

Registro de los datos de consumo energético y huella de carbono de los nodos

Campo	Tipo de dato	Descripción
idalerta	INT (PK)	Código de la alerta
iduser	INT (FK)	Usuario que configura la alerta (relación con la tabla User)
idrecurso	INT (FK)	Nodo asociado (relación con la tabla Recurso)
umbral_energia	FLOAT	Umbral de consumo para activar la alerta.
umbral_carbono	FLOAT	Umbral de huella para activar la alerta.
fecha_alerta	DATETIME	Fecha y hora de creación de la alerta

Tabla 12 – Descripción de las tablas: Alertas

**Tabla 5:** Energía

Registro de los datos de consumo energético y huella de carbono de los recursos

Campo	Tipo de dato	Descripción
idenergia	INT (PK)	Código del tipo de energía
nombre	VARCHAR(100)	Nombre tipo de energía (solar, eólica, etc.)
renovable	BOOLEAN	Si es renovable o no

Tabla 13 – Descripción de las tablas: Energía

#### Relaciones entre las tablas:

**Recurso - Energía:** Cada Nodo o Recurso está asociado a un tipo de energía a través del campo “idenergia” en la tabla Nodo. Relación uno a muchos

**Recurso - Métricas:** Cada Recurso puede tener múltiples métricas asociadas (consumo energético, huella de carbono, etc.). Relación uno a muchos.

**User - Alertas:** Cada usuario puede configurar múltiples alertas. Relación uno a muchos.

**Recurso - Alertas:** Cada alerta está asociada a un nodo o recurso. Relación uno a muchos.

**Diagrama de flujo de navegación:**

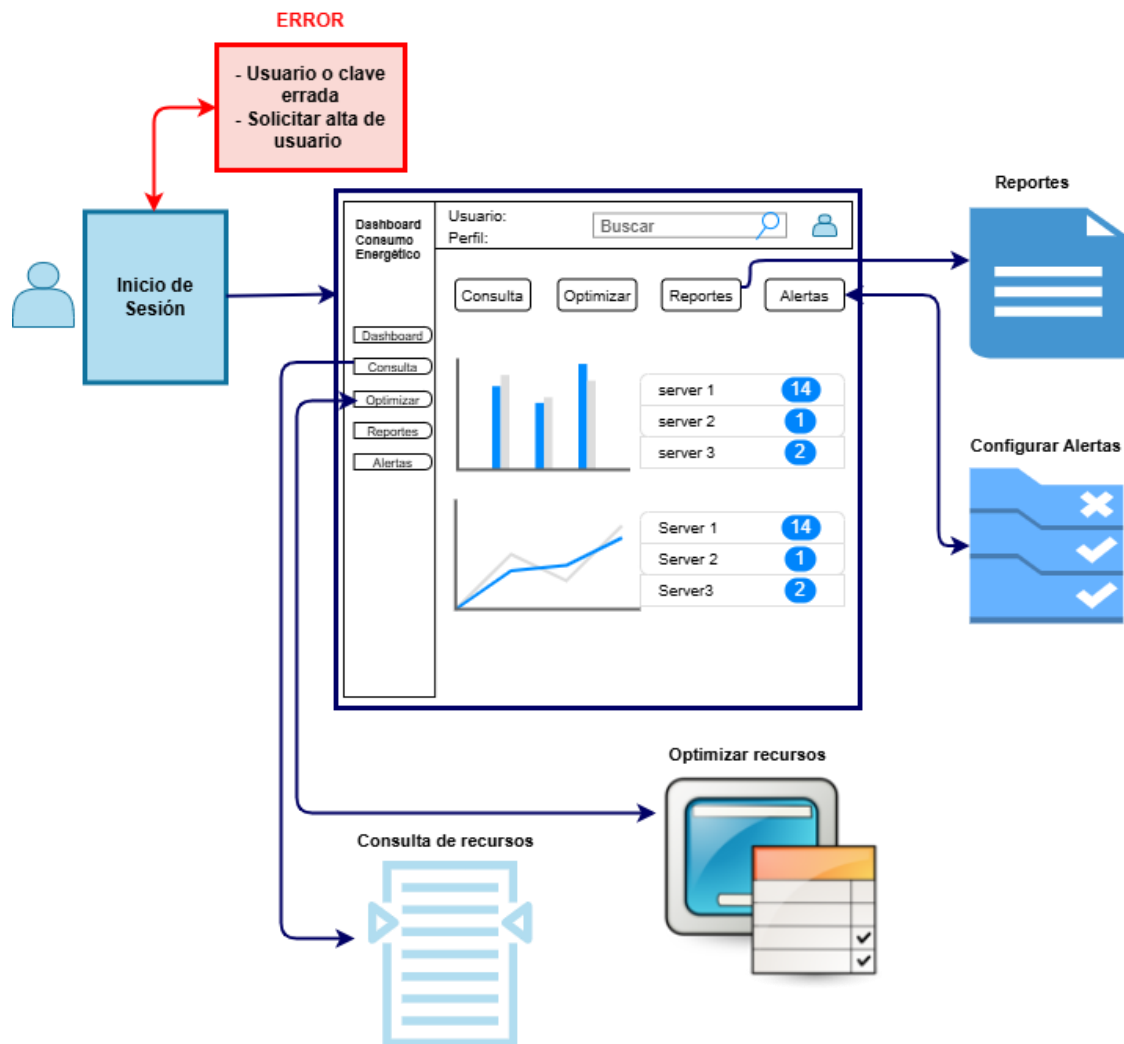


Imagen 11 – Diagrama de navegación





Interfaces:



Imagen 12 – Interfaces Dashboard

## TECNOLOGÍA

Las tecnologías y herramientas utilizadas para este proyecto son:

<b><u>Ubuntu Server:</u></b> Sistema Operativo Ubuntu Server versión 24.04.02 LTS Utilizado para instalar las herramientas de monitoreo y captura de métricas.	
<b><u>Grafana Dashboard:</u></b> Herramienta de monitorización versión 15.05.02 OSS Edition. Utilizado para crear paneles de visualización, como gráficas, listas, etc. de componentes o recursos del entorno cloud.	
<b><u>Prometheus:</u></b> Herramienta de gestión de alertas, métricas y monitoreo de sistemas versión 2.0. Utilizado para la captura de métricas de todos los recursos del entorno cloud, en cuanto a consumo energético y huella de carbono.	
<b><u>MySQL:</u></b>	
<b><u>VMWare:</u></b> Utilizado para implementación o simulación del entorno cloud, en local.	
<b><u>Python:</u></b>	

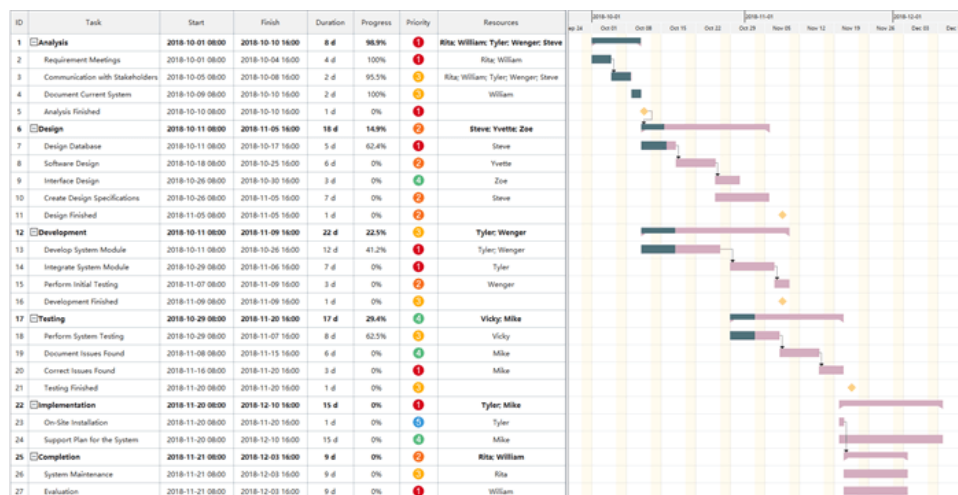
## METODOLOGÍA

**Metodología usada** y justificación de la misma.

Se presentarán dos planificaciones, una valoración inicial y previa a la implementación del proyecto y otra final con el tiempo real dedicado a cada parte del RFTP. Se analizarán las desviaciones.

El tiempo se expresará en horas. Debe existir una totalización final.

**Diagrama de Gantt** (Microsoft Project o similar). Real, contrastable con GIT, RFTP y Casos de uso.



**Presupuesto.** Con detalle de horas, indispensable si se realiza en grupo, y coste total del desarrollo por cada requisito.

**README y GIT.**

## DESARROLLO

- **Objetivo 1:** Comparación de centro de datos tradicionales contra soluciones cloud sostenibles

**R02F01T01:** Elaborar una tabla comparativa

Aspecto a valorar	CPDs Tradicionales		Cloud Sostenibles	
	Nivel	Valores	Nivel	Valores
Consumo Energético (PUE - Power Usage Effectiveness)	Alto	1.8 - 2.5	Bajo	1.1 - 1.5
Huella de Carbono	Alta		Baja	
Uso de Energías Renovables	Bajo		Alto	
Eficiencia Energética	Media		Alta	
Escalabilidad	Limitada		Alta	

Imagen 14 – Tabla comparativa CPD tradicionales vs cloud sostenibles

De los datos recogidos de diversas fuentes, detallamos lo siguiente:

### Consumo Energético

- **Centros Tradicionales:** Tienen un PUE (Power Usage Effectiveness) promedio de 1.8 a 2.5, lo que significa que gran parte de la energía se pierde en refrigeración y otros sistemas auxiliares.<sup>11</sup>
- **Cloud Sostenibles:** Tienen un PUE promedio de 1.1 a 1.5, gracias a la optimización de hardware y sistemas de refrigeración avanzados.<sup>12</sup>

### Huella de Carbono

- **Centros Tradicionales:** Dependen en gran medida de energías no renovables (carbón, gas natural), lo que genera una huella de carbono alta.<sup>13</sup>
- **Cloud Sostenibles:** Utilizan energías renovables (solar, eólica, etc.) y compensan sus emisiones, reduciendo significativamente su huella de carbono.<sup>14</sup>

<sup>11</sup> (Danfoss, s.f.)

<sup>12</sup> (DatacenterDynamics, 2024)

<sup>13</sup> (Siscotec, 2024)

<sup>14</sup> (Google, 2024)

### Uso de Energías Renovables:

- **Centros Tradicionales:** El uso de energías renovables es limitado y depende de la ubicación y políticas locales.
- **Cloud Sostenibles:** Proveedores como Google Cloud y Microsoft Azure ya operan con 100% energías renovables, y otros como AWS e IBM Cloud tienen objetivos claros para lograrlo.<sup>15</sup>

### Eficiencia Energética:

- **Centros Tradicionales:** La eficiencia depende de la antigüedad del hardware y la infraestructura.
- **Cloud Sostenibles:** Utilizan hardware optimizado y técnicas de virtualización para maximizar la eficiencia.<sup>16</sup>

### Escalabilidad:

- **Centros Tradicionales:** La escalabilidad es limitada y requiere inversión en infraestructura física.
- **Cloud Sostenibles:** Ofrecen escalabilidad elástica, permitiendo ajustar los recursos según la demanda sin necesidad de inversión adicional.<sup>17</sup>

### R02F01T01P01: Validar la fidelidad de la tabla comparativa

Los valores fueron extraídos desde las páginas oficiales de los principales proveedores cloud y de informes privados de empresas respetables con bases a informes de Uptime Institute.

**Conclusiones:** Debemos mantenernos en el umbral PUE entre 1 y 1.5, con una huella de carbono baja, y un nivel alto en el uso de energías renovables, eficiencia energética y escalabilidad, para considerarnos un sistema de cloud sostenible.

---

<sup>15</sup> (Microsoft, 2024)

<sup>16</sup> (Amazon Web Services, 2024)

<sup>17</sup> (IBM, 2024)

- **Objetivo 2:** Evaluar a los principales proveedores de cloud (Google Cloud, Microsoft Azure, AWS, IBM Cloud).

**R04F01T01:** Asignar puntuaciones a cada proveedor

Métricas	Google Cloud <sup>18</sup>	Microsoft Azure <sup>19</sup>	AWS (Amazon) <sup>20</sup>	IBM Cloud <sup>21</sup>
Energías Renovables	100% desde 2017	100% para 2025	50%, 100% para 2025	55% 75% para 2025
Eficiencia Energética (PUE)	1.1 - 1.2	1.2 - 1.3	1.2 - 1.4	1.3 - 1.5
Huella de Carbono	Neutral desde 2007	Neutral desde 2012	Compensa emisiones	Compensa emisiones
Certificaciones Ambientales	ISO 14001, CarbonNeutral	ISO 14001, ISO 50001	ISO 14001, LEED Cert.	ISO 14001, Energy Star
Compromiso con ODS de la ONU	Sí	Sí	Sí	Sí
Herramientas de Monitorización	Google Cloud Operations Suite	Azure Monitor	AWS CloudWatch	IBM Cloud Monitoring
Innovación en Sostenibilidad	Enfriamiento por IA	Azure Sustainability Calculator	AWS Customer Carbon Footprint Tool	IBM Environmental Intelligence Suite

**R04F01T02:** Elaborar tabla de métricas para el proyecto

Métrica	Descripción	Unidad de Medida	Objetivo
Consumo Energético	Consumo de energía	kWh	Reducir en un 50% en el primer año.
Huella de Carbono	Emisiones de CO <sub>2</sub> generadas	Ahorro de 10ton CO <sub>2</sub>	Alcanzar la neutralidad de carbono en 2 años.
Porcentaje de Energías Renovables	Porcentaje de energía renovable utilizada	75%	Alcanzar el 100% en 3 años.
Eficiencia Energética (PUE)	Relación entre la energía total consumida y la energía utilizada por los equipos IT.	1.5	Mantener un PUE menor a 1.5.

<sup>18</sup> (Google, 2024)

<sup>19</sup> (Microsoft, 2024)

<sup>20</sup> (Amazon Web Services, 2024)

<sup>21</sup> (IBM, 2024)

<b>Tiempo de Actividad (Uptime)</b>	Disponibilidad	99.9%	Mantener una disponibilidad del 99.9%.
<b>Costes Operativos</b>	Costos asociados	€0.05/kWh	Reducir los costos operativos en un 30% en el primer año.
<b>Cumplimiento de ODS</b>	Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU.	9	Puntuación de 9-10
<b>Satisfacción del Usuario</b>	Grado de satisfacción de los usuarios con el entorno cloud sostenible.	10	Puntuación de 8-10.

**R04F01T01P01:** Validar que los resultados seas confiables

Los valores fueron extraídos desde las páginas oficiales de los proveedores en sus informes de 2024 sobre la sostenibilidad.

- **Objetivo 3:** Implementar herramientas de monitorización con el fin de medir el consumo energético y la huella de carbono

**R05F01T01:** - Instalar y configurar las herramientas de monitorización

**Servidores Ubuntu:**

```

vm25-grafana - VMware Workstation
File Edit View VM Tabs Help
Library
  Powered On
  My Computer
    vm25-grafana
  Home
  vm25-grafana
  [ OK ] Listening on uuid.socket - UUID daemon activation socket.
  [ OK ] Reached target remote-fs.target - Preparation for Remote File Systems.
  [ OK ] Reached target remote-fs.target - Remote File Systems.
  [ OK ] Finished blk-availability.service - Availability of block devices.
  [ OK ] Listening on lxd-installer.socket - Helper to install lxd snap on demand.
  [ OK ] Listening on snapd.socket - Socket activation for snappy daemon.
  [ OK ] Reached target sockets.target - Socket Units.
  [ OK ] Reached target basic.target - Basic System.
  Starting apport.service - automatic crash report generation...
  Starting cloud-config.service - Cloud-init: Config Stage...
  [ OK ] Started cron.service - Regular background program processing daemon.
  Starting dbus.service - D-Bus System Message Bus...
  [ OK ] Started dmesg.service - Save initial kernel messages after boot.
  Starting e2scrub_reap.service - Remove Stale Online ext4 Metadata Check Snapshots...
  [ OK ] Reached target getty.target - Login Prompts.
  Starting polkit.service - Authorization Manager...
  Starting pollinate.service - Pollinate to seed the pseudo random number generator...
  Starting rsyslog.service - System Logging Service...
  [ OK ] Reached target getty-pre.target - Preparation for Logins.
  Starting snapd.seeded.service - Wait until snapd is fully seeded...
  Starting snapd.service - Snap Daemon...
  Starting sysstat.service - Resets System Activity Logs...
  Starting systemd-logind.service - User Login Management...
  Starting systemd-user-sessions.service - Permit User Sessions...
  Starting udisk2.service - Disk Manager...
  [ OK ] Started dbus.service - D-Bus System Message Bus.
  [ OK ] Finished sysstat.service - Resets System Activity Logs.
  [ OK ] Finished e2scrub_reap.service - Remove Stale Online ext4 Metadata Check Snapshots.
  [ OK ] Finished systemd-user-sessions.service - Permit User Sessions.
  Starting plymouth-quit-wait.service - Hold until boot process finishes up...
  Starting plymouth-quit.service - Terminate Plymouth Boot Screen...
  [ OK ] Finished plymouth-quit-wait.service - Hold until boot process finishes up.
  Starting setvtrgb.service - Set console scheme...
  [ OK ] Finished plymouth-quit.service - Terminate Plymouth Boot Screen.
  [ OK ] Finished setvtrgb.service - Set console scheme.
  [ OK ] Started systemd-logind.service - User Login Management.
  [ OK ] Started unattended-upgrades.service - Unattended Upgrades Shutdown.
  [ OK ] Started polkit.service - Authorization Manager.
  Starting ModemManager.service - Modem Manager...
  [ OK ] Started udisk2.service - Disk Manager.
  [ OK ] Finished apport.service - automatic crash report generation.
  [ OK ] Started rsyslog.service - System Logging Service.
  [ OK ] Started ModemManager.service - Modem Manager.
  [ OK ] Finished pollinate.service - Pollinate to seed the pseudo random number generator.
  [ OK ] Finished cloud-config.service - Cloud-init: Config Stage.
  [ OK ] Started snapd.service - Snap Daemon.
  Starting snapd.hold.service - Holds Snappy daemon refresh...
  [ OK ] Finished snapd.hold.service - Holds Snappy daemon refresh.
  [ OK ] Started snap.subiquity.hook.install-e3cfedd0-3412-457f-bf66-3c7ac2f874cc.scope.
  
```

To direct input to this VM, click inside or press Ctrl+G.

```

vm25-grafana - VMware Workstation
File Edit View VM Tabs Help
Library
  Powered On
  My Computer
    vm25-grafana
  Home
  vm25-grafana
  Ubuntu 24.04.2 LTS vm25-grafana tty1
  vm25-grafana login: revans
  Password:
  Welcome to Ubuntu 24.04.2 LTS (GNU/Linux 6.8.0-55-generic x86_64)

  * Documentation:  https://help.ubuntu.com
  * Management:    https://landscape.canonical.com
  * Support:        https://ubuntu.com/pro

  System Information as of Wed Mar  5 11:58:12 AM UTC 2025

  System load:  0.0          Processes:      243
  Usage of /:   31.6% of 19.51GB  Users logged in:  0
  Memory usage: 7%           IPv4 address for ens33: 192.168.20.132
  Swap usage:   0%

  Expanded Security Maintenance for Applications is not enabled.

  28 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

  The programs included with the Ubuntu system are free software:
  the exact distribution terms for each program are described in the
  individual files in /usr/share/doc/*/*copyright.

  Ubuntu comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by
  applicable law.

  To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
  See "man sudo_root" for details.

  revans@vm25-grafana:~$
  
```

To direct input to this VM, click inside or press Ctrl+G.

Base de datos:



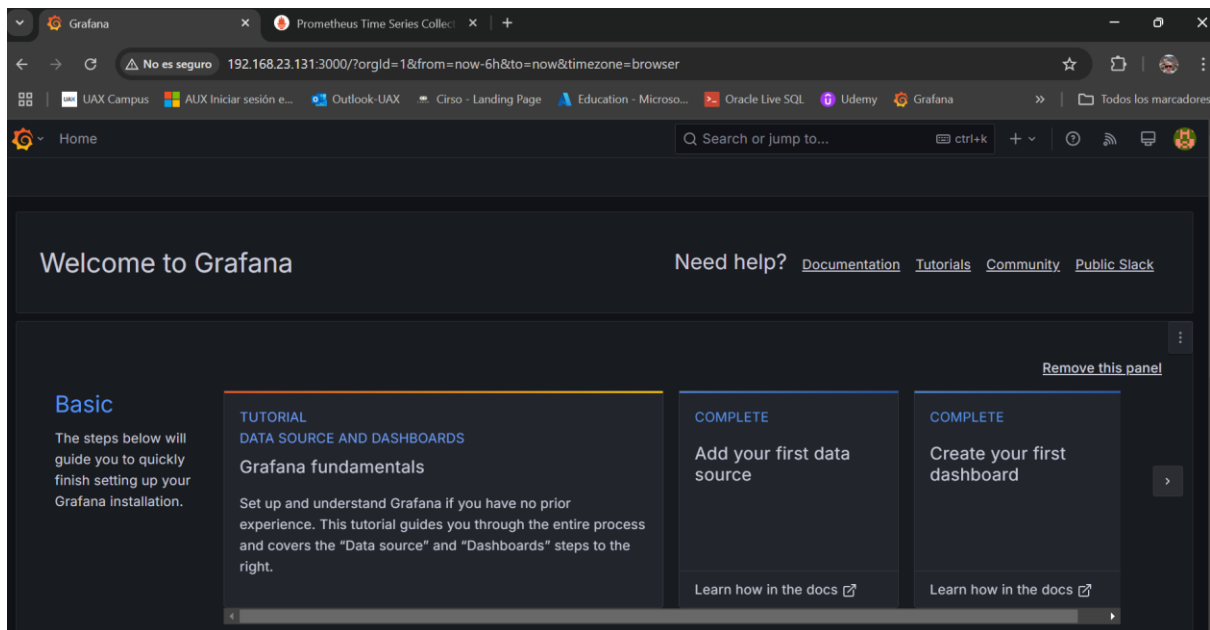
## Instalación de Grafana

```

revans@vm23-ubgrafana:~$ sudo systemctl status grafana-server
grafana-server.service - Grafana Instance
Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/grafana-server.service; disabled; preset: enabled)
Active: active (running) since Wed 2025-03-05 09:17:30 UTC; 30min ago
Docs: https://docs.grafana.org
Main PID: 1435 (grafana)
Tasks: 20 (limit: 4552)
Memory: 283.6M (peak: 290.9M)
CPU: 46.112s
CGroup: /system.slice/grafana-server.service
└─1435 /usr/share/grafana/bin/grafana server --config=/etc/grafana/grafana.ini --pidfile=/run/grafana/grafana-server.pid --packaging=deb cfg:de
1444 /var/lib/grafana/plugins/marcuslissn-csv-datasource/gpx_csv-datasource_linux_amd64

Mar 05 09:20:54 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger=context userId=0 orgId=0 uname= t=2025-03-05T09:20:54.114751018Z level=info msg="Request Completed" met
Mar 05 09:20:59 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-authn.service t=2025-03-05T09:20:59.045461662Z level=info msg="Failed to authenticate request" client=sa
Mar 05 09:20:59 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger=context userId=0 orgId=0 uname= t=2025-03-05T09:20:59.045586359Z level=info msg="Request Completed" met
Mar 05 09:21:44 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger=context userId=1 orgId=1 uname=admin t=2025-03-05T09:21:44.309975722Z level=info msg="Request Completed" met
Mar 05 09:22:55 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-liv t=2025-03-05T09:22:55.343434653Z level=info msg="Initialized channel handler", channel=grafana/dash
Mar 05 09:22:59 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-liv t=2025-03-05T09:22:59.181292713Z level=info msg="Initialized channel handler", channel=grafana/dash
Mar 05 09:27:33 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-cleanup t=2025-03-05T09:27:33.962836413Z level=info msg="Completed cleanup jobs" duration=46.098089ms
Mar 05 09:27:34 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-plugins.update.checker t=2025-03-05T09:27:34.185033587Z level=info msg="Update check succeeded" duratio
Mar 05 09:42:32 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-plugins.update.checker t=2025-03-05T09:42:32.651383593Z level=info msg="Update check succeeded" duratio
Mar 05 09:42:32 vm23-ubgrafana grafana[1435]: logger-cleanup t=2025-03-05T09:42:32.982980486Z level=info msg="Completed cleanup jobs" duration=543.315883ms

revans@vm23-ubgrafana:~$
  
```



## Instalación de Prometheus

```

vm24-ubgrafana - VMware Workstation
File Edit View VM Tabs Help
Library
My Computer
vm24-ubgrafana
vm24-ubgrafana
Created symlink /etc/systemd/system/timers.target.wants/prometheus-node-exporter-mellanox-hca-temp.timer → /usr/lib/systemd/system/prometheus-node-exporter-mellanox-hca-temp.timer.
Created symlink /etc/systemd/system/timers.target.wants/prometheus-node-exporter-nvme.timer → /usr/lib/systemd/system/prometheus-node-exporter-nvme.timer.
Created symlink /etc/systemd/system/timers.target.wants/prometheus-node-exporter-smartmon.timer → /usr/lib/systemd/system/prometheus-node-exporter-smartmon.timer.
Setting up prometheus (2.45.0+ds-ubuntu0.2) ...
Created symlink /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/prometheus.service → /usr/lib/systemd/system/prometheus.service.
Processing triggers for man-db (2.12.0-4build2) ...
Processing triggers for install-info (7.1-3build2) ...
Processing triggers for libc-bin (2.39-0ubuntu8.4) ...
Scanning processes...
Scanning linux images...

Running kernel seems to be up-to-date.

No services need to be restarted.

No containers need to be restarted.

No user sessions are running outdated binaries.

No VM guests are running outdated hypervisor (qemu) binaries on this host.
revans@vm23-ubgrafana:~$ sudo systemctl status prometheus
prometheus.service - Monitoring system and time series database
   Loaded: loaded (/usr/lib/systemd/system/prometheus.service; enabled; preset: enabled)
   Active: active (running) since Wed 2025-03-05 09:52:05 UTC; 21s ago
     Docs: https://prometheus.io/docs/introduction/overview/
   Main PID: 3332 (prometheus)
     Tasks: 0 (limit: 4552)
    Memory: 21.0M (peak: 21.3M)
       CPU: 154ms
   CGroup: /system.slice/prometheus.service
           └─3332 /usr/bin/prometheus

Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.522Z caller=head.go:676 level=info component=tsdb msg="On-disk memory mappable chunks
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.522Z caller=head.go:694 level=info component=tsdb msg="Replaying WAL, this may take a
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.522Z caller=head.go:755 level=info component=tsdb msg="WAL segment loaded" segment=0
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.522Z caller=head.go:792 level=info component=tsdb msg="WAL replay completed" checkpo
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.523Z caller=main.go:1025 level=info fs_type=EXT4_SUPER_MAGIC
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.523Z caller=main.go:1028 level=info msg="TSDB started"
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.523Z caller=main.go:1209 level=info msg="Loading configuration file" filename=/etc/pr
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.524Z caller=main.go:1246 level=info msg="Completed loading of configuration file" fil
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.524Z caller=main.go:989 level=info msg="Server is ready to receive web requests."
Mar 05 09:52:05 vm23-ubgrafana prometheus[3332]: ts=2025-03-05T09:52:05.524Z caller=manager.go:999 level=info component="rule manager" msg="Starting rule mar
lines 1-22/22 (END)
revans@vm23-ubgrafana:~$
  
```

Prometheus Time Series Collect

No es seguro 192.168.23.131:9090/classic/graph

UAX Campus AUX Iniciar sesión e... Outlook-UAX Cirso - Landing Page Education - Microso... Oracle Live SQL Udemu Grafana Todos los marcadores

Prometheus Alerts Graph Status Help

☐ Enable query history

Expression (press Shift+Enter for newlines)

Execute - insert metric at cursor

Remove Graph

Graph Console

◀ Moment ▶

Element	Value
no data	

Add Graph

R05F01T01P01: Verificar que las herramientas estén correctamente configuradas

**R06F01T01:** Crear paneles de control para visualizar las métricas

**R06F01T02:** Realizar pruebas de funcionamiento

**R06F01T01P01:** Validar las métricas mostradas

## TRABAJOS FUTUROS

Para mejorar los trabajos realizados, en siguiente paso es incorporar una herramienta de inteligencia artificial (IA), que tome decisiones en tiempo real cuando se superen los umbrales de control de consumo energético y huella de carbono. Esto dará un salto de calidad, en cuanto a la automatización de los controles y mejorar los resultados en el corto plazo.

## CONCLUSIONES

Conclusión profesional del proyecto.

## REFERENCIAS

- Amazon Web Services. (2024). <https://aws.amazon.com/>. Obtenido de AWS Sustainability: <https://aws.amazon.com/es/sustainability/>
- Danfoss. (s.f.). <https://www.danfoss.com/>. Obtenido de <https://www.danfoss.com/es-es/about-danfoss/insights-for-tomorrow/integrated-energy-systems/data-center-power-consumption/>
- DatacenterDynamics. (05 de diciembre de 2024). <https://www.datacenterdynamics.com/es/>. Obtenido de La empresa revela cifras de PUE por primera vez: <https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/los-centros-de-datos-globales-de-aws-lograron-un-pue-de-115-en-2023/>
- Goldman Sachs. (14 de Mayo de 2024). <https://www.goldmansachs.com>. Obtenido de <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/AI-poised-to-drive-160-increase-in-power-demand>
- Google. (2024). <https://sustainability.google/>. Obtenido de 2024 Environmental Report: <https://sustainability.google/reports/google-2024-environmental-report/>
- IBM. (2024). <https://www.ibm.com>. Obtenido de Sustainability solutions from IBM: <https://www.ibm.com/sustainability>
- IRENA - International Renewable Energy Agency. (Agosto de 2023). <https://www.irena.org>. Obtenido de <https://www.irena.org/Publications/2023/Aug/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2022>
- Microsoft. (2024). <https://cdn-dynmedia-1.microsoft.com/>. Obtenido de 2024 Environmental Sustainability Report: <https://cdn-dynmedia-1.microsoft.com/is/content/microsoftcorp/microsoft/msc/documents/presentations/CSR/Microsoft-2024-Environmental-Sustainability-Report.pdf>
- Naciones Unidas - The 17 Goals. (s.f.). <https://www.un.org>. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
- Siscotec. (2024). <https://siscotec.com/>. Obtenido de Impacto de los centros de datos en el medio ambiente y la sostenibilidad: <https://siscotec.com/blog/xperti-1/impacto-de-los-centros-de-datos-en-el-medio-ambiente-y-la-sostenibilidad-14>
- The International Energy Agency IEA. (2023). <https://www.iea.org>. Obtenido de <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>

