

Estrategias del uso de servidores físicos en PYMES para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad operativa

José Daniel Ruiz Tirado

Universidad Icesi
Maestría en Sostenibilidad
Programas Interdisciplinarios
Junio, 2025
Cali, Colombia

Estrategias del uso de servidores físicos en PYMES para mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad operativa

José Daniel Ruiz Tirado

Trabajo de Grado para optar al título de Máster en Sostenibilidad

Directores del Proyecto

Carlos Andrés Díaz Andrade

Ricardo Moreno Chuquen

Universidad Icesi

Maestría en Sostenibilidad

Programas Interdisciplinarios

Junio, 2025

Cali, Colombia

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	4
Palabras Clave	4
Resumen grafico.....	5
1. Introducción	5
2. Contexto	6
3.Objetivos.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8
4. Metodología	8
4.1 Revisión de literatura-Marcos de referencia y buenas prácticas	8
4.2 Diagnóstico del uso de servidores para establecer una base de consumo energético.....	8
4.3 Desarrollo de estrategias de eficiencia energética enfocadas en el aprovechamiento del servidor	10
5. Resultados y Discusión.....	11
6. Conclusiones.....	22
7.Bibliografía	22

Resumen

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) enfrentan múltiples desafíos para implementar sistemas de gestión energética debido a limitaciones de recursos y conocimiento especializado. Este estudio propone estrategias alineadas con la norma ISO 50001, cuyo enfoque basado en el ciclo PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) permite una mejora continua del desempeño energético sin necesidad de una gran inversión inicial. A partir un diagnóstico energético realizado en una PYME del sector tecnológico, se identificaron patrones de consumo que permitieron establecer una línea base energética y diseñar estrategias específicas para optimizar el uso del servidor. Los resultados muestran que una parte significativa del consumo energético ocurre durante periodos de inactividad, lo que representa una oportunidad inmediata de mejora mediante la programación de apagado automático, monitoreo en tiempo real y racionalización del uso. La implementación de estas medidas permite no solo una reducción directa en el consumo y los costos, sino que también crea las condiciones técnicas y organizacionales para escalar la gestión energética hacia toda la empresa. Se concluye que, al iniciar con un componente clave como el servidor, las PYMES pueden superar barreras comunes y avanzar hacia una implementación gradual, sostenible y adaptable de la norma ISO 50001. Esta aproximación representa una vía efectiva para promover la eficiencia energética, mejorar la competitividad y contribuir a los objetivos de sostenibilidad corporativa.

Palabras Clave

Eficiencia energética, Servidores físicos, PYMES, ISO 50001

Resumen grafico



1. Introducción

La eficiencia energética se ha convertido en aspectos importantes para el desarrollo empresarial. Las pequeñas y medianas empresas (pymes) en Colombia enfrentan desafíos significativos en la gestión de sus recursos energéticos. Una sección de estos son los servidores físicos, esenciales para el almacenamiento y procesamiento de datos, que representan un activo de alto consumo energético. Los centros de datos y servidores representan aproximadamente el 2% del consumo mundial de electricidad (Greenpeace International, 2022). Además, se espera que con el pasar del tiempo aumente debido a la integración de inteligencia artificial en los procesos que llevan a cabo las empresas (Raphael et al., 2023).

Proteltec SAS, es una empresa que ofrece soluciones tecnológicas en la región suroccidental del país, ha identificado que el 90% de sus clientes prefieren utilizar servidores físicos debido a la comodidad directa sobre el hardware y a razones de seguridad con su información. Sin

embargo, esta preferencia presenta un desafío en términos de sostenibilidad y eficiencia energética. La necesidad de las pymes de gestionar de manera más eficiente este recurso representa una oportunidad estratégica para Proteltec de innovar y optimizar el rendimiento de los servidores de sus clientes.

Existen diferentes normativas que proporcionan marcos de referencia para establecer, implementar y mejorar las prácticas de las empresas en el sector energético, Para este proyecto se plantea explorar algunas de esas, como lo es la norma ISO 50001:2018. Esta, en particular permite a las empresas identificar áreas de alto consumo energético, desarrollar estrategias para optimizar el uso de energía y promover una cultura de mejora continua. Otros aspectos para valorar será el poder implementar tecnologías de monitoreo continuo, como lo son sensores de temperatura y voltaje. El uso de estas tecnologías ha demostrado ser efectiva para la identificación de patrones de consumo y en la reducción de consumo energético en servidores físicos(Jones & Brown, 2021). Este Proyecto tiene como objetivo diseñar estrategias para una mejor eficiencia en el uso de los servidores de las pymes, basado en el análisis de patrones de operación y factores que afecten la eficiencia, todo esto con el fin de mejorar el desempeño y promover una gestión sostenible de la energía. La de revisión de marcos de referencia y buenas prácticas en eficiencia energética será fundamental para el desarrollo de las estrategias, así como la implementación de tecnologías de monitoreo y el seguimiento continuo del desempeño energético (Williams, 2020) .

En conclusión, el desarrollo de estrategias basado en la norma y buenas prácticas de eficiencia energética no solo contribuirá a la reducción de costos operacionales dentro pymes, sino que también proporcionará una referencia valiosa para otras organizaciones que buscan mejorar su gestión energética y reducir su impacto ambiental.

2. Contexto

Proteltec es una empresa que ofrece una amplia gama de soluciones tecnológicas a diversas empresas en la región suroccidental del país. Una de sus principales líneas de servicio es el soporte técnico y de mantenimiento en los servidores para sus empresas clientes. Estas empresas son por lo general pequeñas y medianas empresas (pymes). Un aspecto destacable es que el 90% de los clientes de Proteltec poseen servidores físicos en lugar de servidores en la nube. Esta preferencia se debe a diversas razones, incluyendo la seguridad de los datos y a la comodidad de la gestión directa sobre el hardware.

La decisión de estas empresas al mantener servidores físicos presenta un desafío significativo en términos de eficiencia energética y sostenibilidad. Según estudios los servidores físicos en pymes pueden consumir un promedio entre 1000 y 2000 kWh por año (Koot & Wijnhoven, 2021). Además, se estima que el uso de los servidores físicos representa entre el 2% y el 3% del consumo mundial de electricidad. En Colombia, todavía no se ha medido el impacto ambiental que pueden tener estos servidores, pero en otros países de Europa y Estados Unidos es considerable, contribuyendo a los gases de efecto invernadero y al consumo de recursos energéticos (Network King, 2022). De acuerdo con la Unidad de Planeación Minero Energética

(UPME), el impacto ambiental de los servidores físicos debe analizarse desde un enfoque de ciclo de vida, considerando no solo el consumo eléctrico, sino también la energía requerida para su refrigeración, fabricación de componentes y disposición final de los equipos (UPME, 2023).

Esta situación genera una oportunidad para Proteltec de desarrollar una estrategia que ayude a estas pymes a optimizar el uso de la energía en sus servidores. Lo anterior, basado en el análisis de patrones de operación y factores de eficiencia, con el fin de mejorar el desempeño energético y promover una gestión sostenible. ¿Cuáles estrategias pueden hacer que las empresas gestionen de manera más eficiente su recurso energético dentro de su servidor, logrando que estas reduzcan costos y minimicen su impacto ambiental?

3.Objetivos

Objetivo General

Diseñar un plan de uso eficiente de servidores físicos en PYMES para disminuir su consumo energético.

Objetivos Específicos

1. Investigar marcos de referencia y buenas prácticas en eficiencia energética aplicables a servidores físicos en PYMES.
2. Establecer la línea base de consumo energético a manera de diagnóstico para identificar patrones de operación y factores que afectan la eficiencia en los servidores de una PYME.
3. Proponer estrategias de eficiencia energética para la empresa seleccionada basada en el uso de optimo y eficiente del servidor para una PYME cliente de Proteltec.

4. Metodología

En este trabajo se usó una metodología mixta, ya que combina enfoques cualitativos y cuantitativos para ofrecer una perspectiva integral y profunda. Incluye la revisión de literatura, diagnóstico de servidores y desarrollo de un plan basado en análisis de datos.

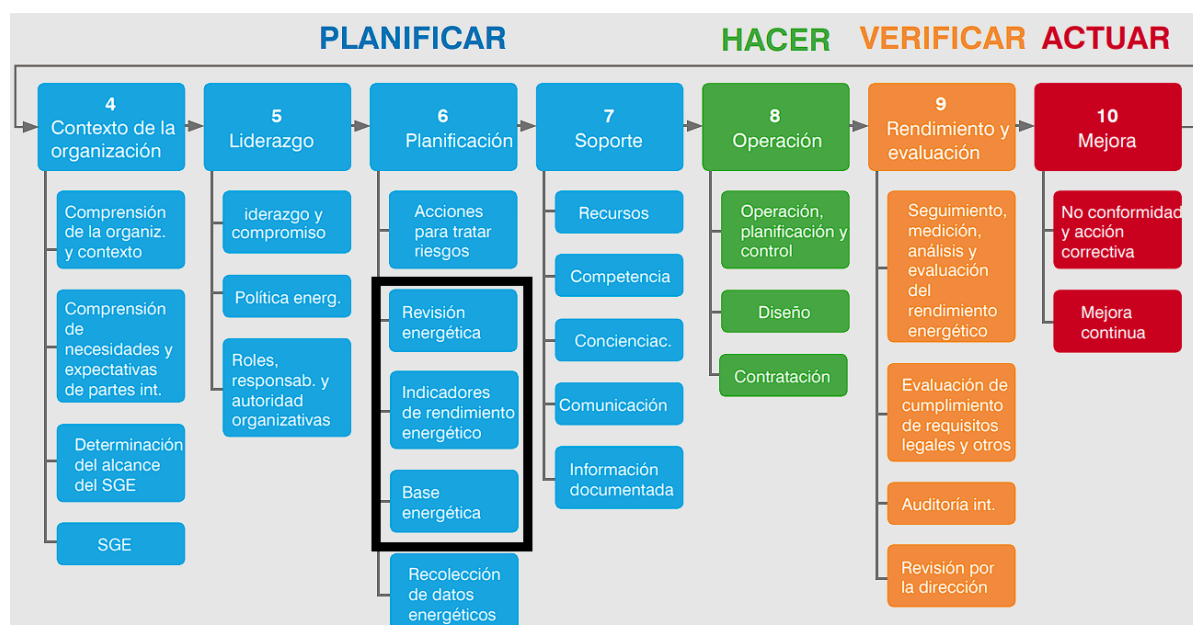
4.1 Revisión de literatura-Marcos de referencia y buenas prácticas

Para investigar los marcos de referencia y las buenas prácticas en eficiencia energética aplicables a servidores físicos en pymes, se llevó a cabo una revisión de la literatura. Se exploraron normas internacionales, como la ISO 50001 o la EN 16247, se analizaron estudios de caso y guías de buenas prácticas. Las fuentes de información incluyeron bases de datos académicas, publicaciones de organizaciones internacionales y estudios de empresas tecnológicas. Este enfoque permitió establecer un sólido fundamento teórico y práctico para el desarrollo del plan de eficiencia para los servidores de nuestros clientes.

4.2 Diagnóstico del uso de servidores para establecer una base de consumo energético

El diagnóstico del uso de servidores en pymes se realizó en base al apartado de planificación de la ISO50001 como se observa en el Diagrama 1. La cual incluyó una revisión energética, indicadores de rendimiento energético y una línea base energética al servidor físico.

Diagrama 1. Imagen extraída de Guía para la implementación de la norma ISO 50001 (n.d.)



La empresa de SATAREM COLOMBIA SAS proporciono los datos necesarios para establecer el diagnóstico relacionado con el uso de su servidor. Para estructurar y analizar la información recopilada, se diseñó una matriz de diagnóstico que incluyo los temas a tratar y las actividades realizadas:

Tabla 1. Matriz con variables para establecer un diagnóstico inicial al servidor

	Temas	Actividades	Método
Revisión energética	Análisis de consumo energético	Recopilación de datos del consumo energético del servidor físico en 1 mes	auditoría energética al servidor y análisis de datos
	Factores que influyen en el consumo	Evaluación del tipo de servidor, la cantidad de usuarios conectados y el software en ejecución	
Indicadores de Rendimiento Energético (EnPIs)	Eficiencia del servidor (kWh/día activo)	Medir el consumo diario en las horas de actividad efectiva del servidor	cálculo de kWh diario a través del software de consumo del servidor
	Horas fantasmas	Medir consumo de energía durante periodos de inactividad	calculo kWh diario en los periodos de inactividad

	Consumo energético por usuario	Dividir el consumo total de energía entre el número de usuarios activos	Calculo a partir del número de usuarios y la eficiencia del servidor
Línea Base Energética	Condiciones operativas	Descripción de como las variables recopiladas pueden afectar el consumo	Análisis y recopilación los datos de la revisión energética e indicadores de rendimiento

La selección de estas variables se ha realizado teniendo en cuenta su relevancia directa en el análisis de la eficiencia energética de los servidores físicos en pymes. La revisión energética es el punto de partida para comprender el desempeño energético actual del servidor físico. Se trata de identificar y analizar dónde, cómo y cuánta energía se está utilizando. En el análisis del consumo energético se estableció una toma de datos diaria del consumo energético del servidor en todo el día durante un mes. Además, se hace una evaluación del tipo de servidor que se tiene, número de usuarios y una lista de softwares que están instalados en el servidor. Por otra parte, los EnPIs (Energy Performance Indicators) permitieron medir y monitorear el consumo energético desde una perspectiva global a una particular.

Para la eficiencia del servidor (**ES**) y las Horas fantasma (**HF**) se utilizó el siguiente calculo:

$$ES = 8 \text{ horas} \cdot \text{valor de consumo en hora activa}$$

$$HF = 16 \text{ horas} \cdot \text{valor de consumo en hora inactiva}$$

Para establecer el consumo energético por usuario (**CU**) se utilizó el siguiente calculo:

$$CU = \frac{\text{Consumo energetico del dia}}{\text{numero de usuarios}}$$

Para el desarrollo de la línea base energética se realizó un análisis comparativo de como datos recopilados durante un mes afectan el consumo energético en el servidor, por consiguiente, los resultados de este análisis proporcionaron información clave para el desarrollo de estrategias de mejora.

4.3 Desarrollo de estrategias de eficiencia energética enfocadas en el aprovechamiento del servidor

Basado en el diagnóstico se identificarán acciones específicas que pueden optimizar la eficiencia energética de los servidores y posteriormente que sirva como piedra angular para la ampliación de las estrategias en toda la empresa. El desarrollo del plan de eficiencia energética incluirá estrategias de gestión energética alineadas con la norma ISO 50001 (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Se establecerán procedimientos de evaluación y un plan de mejora continua que fomente la implementación de tecnologías de monitoreo y la adopción de prácticas más sostenibles. La toma de decisiones para la implementación del plan

se basó en los hallazgos del diagnóstico y el análisis de datos. Se definieron cuales son los indicadores clave del rendimiento energético para monitorear y evaluar el impacto del plan en la eficiencia energética en las PYMES(García & Pérez, 2018).

5. Resultados y Discusión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología de gestión energética en servidores físicos de PYMES. Primero, se expone la revisión de literatura, donde se analizan normas internacionales, casos de implementación en Colombia y retos específicos para pequeñas empresas. Posteriormente, se detallan los hallazgos del diagnóstico energético, incluyendo el establecimiento de una línea base y el cálculo de indicadores clave de rendimiento (EnPIs). Finalmente, se discuten las estrategias de eficiencia energética propuestas, enfocadas en la optimización del consumo del servidor y su papel como punto de partida para la adopción progresiva de la norma ISO 50001 en PYMES.

5.1 Revisión de literatura

La revisión de literatura se soporta en tres ideas principales. Primero, el análisis de normas internacionales como la ISO 50001 y la EN 16247, que establecen metodologías de gestión energética basadas en mejora continua. Luego, se presentan casos de implementación en Colombia. Finalmente, se abordan retos y buenas prácticas para PYMES, identificando obstáculos como la falta de conocimiento y la percepción de altos costos, junto con soluciones accesibles.

En las normas internacionales se estudió la ISO 50001:2018. Esta destaca por el enfoque en la gestión eficiente de la energía, proporcionando un marco detallado que permite a cualquier tipo

de empresa monitorear, optimizar y reducir su consumo energético. La aplicación de esta en los servidores físicos permite identificar actividades de alto consumo y promover estrategias de mejora continua. Un aspecto clave de esta norma es el desarrollo de una política energética, que establece el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la eficiencia energética. Esta política puede ayudar a estas PYMES para la implementación de estrategias que promuevan un uso responsable de los recursos energéticos, especialmente en servidores físicos. Además, la norma fomenta la definición de indicadores clave de desempeño (KPIs) para medir el impacto de estas estrategias. Entre los KPIs que podrían aplicarse es la reducción de mensual del consumo energético y la mejora en la eficiencia operativa de los servidores, permitiendo un monitoreo constante de los resultados obtenidos. Otro aspecto fundamental es su enfoque de mejora continua, basado en el ciclo de Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA). Este tipo enfoque asegura que las estrategias implementadas puedan ajustarse y optimizarse de forma progresiva, adaptándose a las necesidades de las PYMES.

En Colombia , la adopción de ISO 50001 en empresas aún es incipiente si la comparamos con otros estándares de gestión más comunes. La mayoría de los certificados en Colombia corresponden a grandes empresas industriales y del sector energético; la penetración en PYMES, incluyendo las del sector tecnológico, es limitada. Esto se debe en parte a las barreras percibidas: las pequeñas y medianas empresas suelen suponer que la gestión energética avanzada es algo reservado a las grandes corporaciones con mayores recursos (CHEC, 2023). Sin embargo, esta percepción es errónea dado que puede ser más sencillo para una PYME implementar estos principios de eficiencia energética al tener menos niveles jerárquicos y burocracia, las decisiones y cambios se pueden realizar de una forma más rápida (International Trade Centre [ITC], 2015).

En este momento existe un interés creciente, tanto del gobierno como del sector académico, por impulsar la eficiencia energética en todos los sectores como parte de la transición energética nacional (Arévalo Toscano, Cabellos Martínez, & Martínez Amariz, 2023). Por ejemplo, el documento del gobierno *“Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia”* enfatiza medidas de mejora de eficiencia en industrias, edificaciones y otros sectores, lo que incluye indirectamente al sector de TI y telecomunicaciones. No obstante, hasta la fecha pocos casos de PYMES tecnológicas colombianas han trascendido como ejemplos públicos de implementación de esta norma, lo que sugiere un amplio margen de oportunidad. Un caso destacable, aunque del sector público, es el del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, esta entidad implementó un Sistema de Gestión de Energía en sus instalaciones tecnológicas, edificios inteligentes con IoT y Big Data, y logró ser pionera en el país proyectando ahorros de hasta 25% en sus facturas energéticas anuales (Minsait, 2017). Si bien SENA no es una PYME, este proyecto premiado nacionalmente en 2017 demuestra el potencial de aplicar ISO 50001 en entornos de TI locales con resultados tangibles en Colombia. En el sector privado de TI, se espera que con mayor difusión de casos de éxito locales y el acompañamiento de iniciativas gubernamentales (incentivos de UPME y Ministerio de Energía), más PYMES de software y servicios tecnológicos se animen a adoptar sistemas de gestión de energía.

Por otro lado, Diversos artículos académicos y reportes técnicos resaltan los beneficios significativos que la implementación puede traer incluso a empresas pequeñas. A nivel internacional, la Organización Internacional de Normalización (ISO) reportó ahorros energéticos sistemáticos del 5% al 30% en los costos de energía para aquellas empresas que aplican esta norma. Esto implica una reducción importante en gastos operativos, acompañados de la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. En Latinoamérica, un análisis de casos de estudio (incluyendo organizaciones de distintos países) encontró que las principales mejoras logradas con ISO 50001 incluyen: incremento de la productividad, mayor competitividad, reducción del consumo de energía (y costos asociados) y un fortalecimiento de la cultura organizacional en torno al uso racional de la energía (Sanabria, 2021). Como se ha venido hablando, estos beneficios no se limitan a las grandes industrias, las PYMES también pueden lograrlos. Un estudio enfocado en PYMES destaca que esta normativa proporciona pautas para que empresas de cualquier tamaño mejoren su desempeño energético y usen la energía de forma más racional. También es sabido que la inversión inicial en un sistema de gestión de energía puede ser significativa para una pequeña empresa, pero la reducción de costos que se logra a mediano plazo suele compensar esa inversión, pudiendo liberarse recursos que la empresa reinvierte para ser más competitiva (Andrade-Zambrano, Andrade-Zambrano, & Real-Pérez, 2021). En el contexto de este proyecto, mejorar la eficiencia de un centro de datos interno o de un cuarto de servidores puede traducirse no solo en menor consumo eléctrico, sino también en un punto de partida clave para estas PYMES que quieran implementar políticas sostenibles dentro de su visión. Incluso se han observado beneficios no energéticos en PYMES que optimizan sus operaciones bajo este enfoque, como mayor productividad y calidad del servicio, reducción de costos de mantenimiento y un entorno de trabajo más confortable para el personal.

Adicionalmente, esta norma tiene el potencial de integrarse con otros estándares de la ISO 14001: 2015 la cual está orientada hacia la gestión ambiental, la cual permite integrar objetivos de eficiencia energética dentro de un espectro más amplio de sostenibilidad ambiental. Lo cual resulta en muy relevante para las PYMES que buscan una integración para combinar objetivos de eficiencia energética y reducción del impacto ambiental, logrando un enfoque integral que potencie sus operaciones. Otra norma internacional es la directiva 2006/32/CE del parlamento europeo, aunque enfocada más en las políticas europeas, ofrece un ejemplo práctico de como las empresas pueden superar barreras de mercado para implementar medidas de eficiencia energética. Además, introduce la figura de los "proveedores de servicios energéticos", quienes ayudan a las empresas a identificar y ejecutar proyectos de eficiencia energética. Aunque diseñada para Europa, sus principios pueden adaptarse a contextos como el colombiano, ofreciendo un enfoque práctico para mejorar la gestión energética en servidores físicos.

Para que todo lo anterior pueda ser implementado en PYMES es necesario tener unas buenas prácticas y hacer frente a los desafíos que conlleva aplicar este tipo de normas. La primera es el compromiso de la alta dirección, ya que es fundamental que la dirección de la empresa apoye el proyecto desde el inicio, asignando el tiempo, recursos y definiendo la eficiencia energética

como una prioridad estratégica. La segunda es el establecer una evaluación energética inicial; Realizar una auditoría energética o evaluación de la situación actual del servidor, sistemas de climatización y otros equipos TI. Esto incluye medir consumos eléctricos, por ejemplo: kWh consumidos por los servidores, UPS, aires acondicionados, etc. y de esta forma establecer una línea base energética. Una recomendación práctica es entender dónde, cuándo y por qué se consume energía. Por ejemplo, medir el consumo durante horas de inactividad (noches, fines de semana) para poder identificar el consumo base. Como tercero, tenemos la definición de una política y objetivos energéticos. Con la información inicial de la línea base energética, la empresa debe definir una política de gestión de energía alineada con sus objetivos de negocio, se establecen metas concretas, como mejorar la eficiencia del uso de servidores, monitorear el consumo de los equipos empresariales, o la implementación de sistemas de domótica. Lo anterior va conectado con la implementación de mejoras técnicas. Aquí se ejecutan acciones para ahorrar energía. En entornos de TI, buenas prácticas técnicas son descritas como las que se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. La tabla presenta un conjunto de buenas prácticas técnicas enfocadas en mejorar la eficiencia energética en pequeñas y medianas empresas (PYMES). Su aplicación permite reducir el consumo energético, optimizar recursos operativos y facilitar la adopción de un sistema de gestión energética alineado con la norma ISO 50001.

Categoría	Buena práctica técnica
Infraestructura de servidores	Virtualización de servidores para reducir el número de equipos físicos.
Eficiencia de equipos	Actualización de hardware TI por modelos más eficientes energéticamente.
Climatización	Optimización de los sistemas de aire acondicionado en salas técnicas.
Monitoreo energético	Implementación de sensores IoT para medir parámetros eléctricos y térmicos en tiempo real.
Seguimiento y mejora continua	Uso de dashboards o tableros de control para comparar consumo vs metas.

Muchas de estas prácticas no requieren una gran inversión y pueden suponer ahorros inmediatos. Un estudio reporta que incluso sin planear certificarse formalmente, las PYMES pueden usar herramientas de gestión energética (incluyendo software en el servidor para el monitoreo) para tomar buenas decisiones operativas que mejoran su eficiencia (Nahuel et al., 2017). Cabe resaltar que la capacitación y cultura es importante para la aplicación de buenas prácticas, como los son: una gestión eficiente de los servidores, apagado de equipos no críticos cuando no se están usando, el mantenimiento preventivo de los equipos, etc. Crear una cultura empresarial interna donde se valore la eficiencia energética ayuda a sostener las mejoras a lo largo del tiempo.

Por último, los desafíos y barreras que se le pueden llegar a presentar a una PYME al momento de querer adoptar prácticas que van alineadas con la Norma son varios. El principal y que más suele presentarse es la limitación de recursos. A diferencia de una gran empresa, una PYME no tiene un departamento de energía o sostenibilidad. El personal de TI ya se encuentra ocupado en operaciones diarias, debería destinar tiempo adicional a gestionar las estrategias. Además, el costo de implementar mejoras (comprar sistemas de medición, actualizar equipos, licencias para softwares de monitoreo, entre otras) puede ser percibido como alto. Sin embargo, como ya se mencionó, estos costos tienden a recuperarse con los ahorros logrados a mediano plazo (Andrade-Zambrano, Andrade-Zambrano, & Real-Pérez, 2021). Algunas soluciones que ya se han planteado son buscar apoyos gubernamentales o incentivos para aprovechar al máximo las mejoras de bajo costo primero. Otra barrera que se presenta es la falta de conocimiento especializada, ya que implementar un Sistema de Gestión de Energía requiere entender tanto la norma ISO 50001 como aspectos técnicos de consumo energético. Las PYMES en algunos casos carecen de ese conocimiento. Aquí es útil que se apoyen en guías prácticas como el manual “ISO 50001 – Guía práctica para PYMES” desarrollado por ISO/UNIDO/ITC y, de ser posible, en consultores o alianzas con universidades para poder guiarlas paso a paso en este proceso, conscientes de que requieren un enfoque adaptado a sus actividades (Sanabria, 2021). Además, Muchas pequeñas empresas se enfocan en crecer rápido, priorizando la competición y visión a corto plazo. Donde desarrollar productos y atender más clientes es lo que están poniendo en primer lugar, por lo que temas de eficiencia interna pueden quedar relegados. Es clave concientizar que la gestión de la energía no es solo un “costo adicional”, sino una inversión que mejora la rentabilidad y la sostenibilidad del negocio. Las PYMES deben entender que no pueden “no darse el lujo” de ignorar el ahorro energético, dado que las oportunidades de ahorro son grandes y repercuten directamente en sus costos operativos.

5.2 Diagnóstico del uso de servidores para establecer una base de consumo energético

Para el diagnóstico y referencia se utilizó un PYME de Cali clientes de PROTELTEC. La empresa es SATAREM COLOMBIA SAS, esta es una empresa de ingeniería industrial, se centra en el diseño y montaje de maquinaria pesada industrial. Trabaja principalmente para empresas mineras, cementeras e ingenios. Esta empresa posee un servidor físico y lo usan para el almacenamiento de datos, administración de bases de datos y creación redes privadas.

Lo primero que se realizó fue la toma de datos según la **Tabla 1**, todos los resultados se encuentran en el **Anexo 1**. Dentro de la revisión energética se encuentra el análisis de consumo energético y los factores que influyen en el consumo de energía del servidor. El tipo de servidor que usa esta empresa es un Synology ds218+, según el fabricante presenta una potencia de 17.48W, pero su consumo varía de acuerdo con la cantidad de datos almacenados y a la actividad que se realice dentro de este, además tiene vinculado a 27 usuarios correspondientes a los trabajadores de SATAREM. El servidor cuenta con un almacenamiento de 15 TB y siempre se encuentra encendido las 24 horas del día. Maneja un sistema operativo de Windows y tiene diferentes Softwares instalados que usan los usuarios **Anexo 2**.

Como se puede observar en la **Figura 1**, la variación de consumo energético diario (kWh) a lo largo de 30 días es variable dependiendo del día, con valores más altos en días laborales como son de lunes a sábado con un promedio de 0.35 kWh/día y mucho más bajos en los domingos con un promedio de 0.21 kWh/día, cuando el servidor se encuentra en inactividad. La tendencia confirma que el servidor consume más energía al momento de que los empleados están trabajando, el consumo total mensual es de aproximadamente 16.24 kWh. Además, identificar estos patrones es clave para optimizar el uso del servidor, por ejemplo, reduciendo el tiempo de encendido innecesario en horas donde no hay actividad.

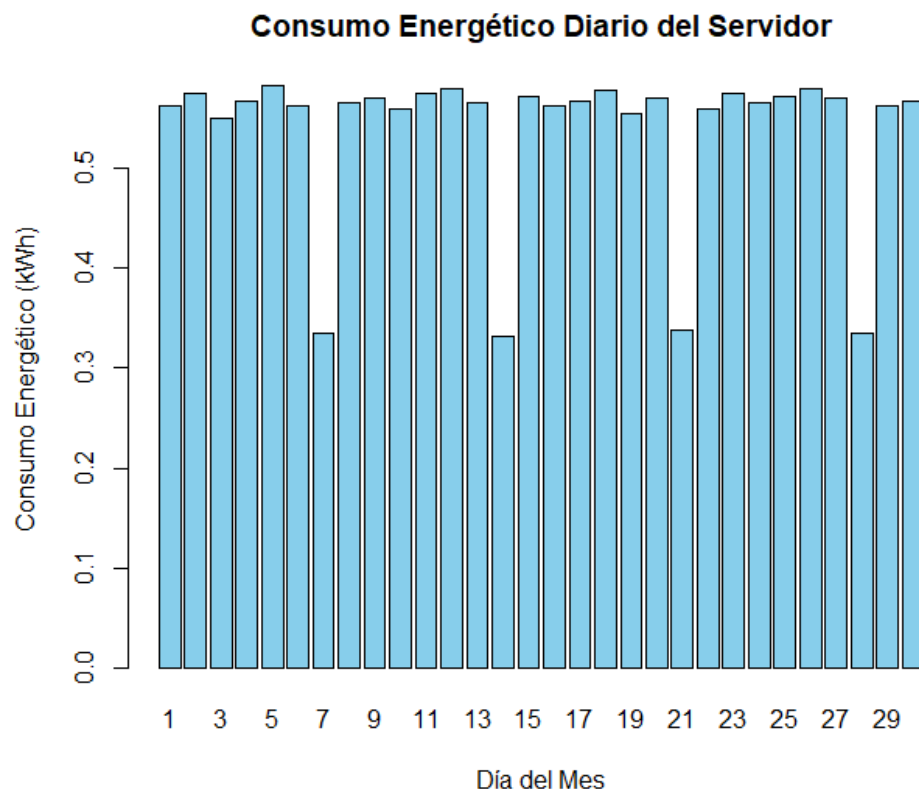


Figura 1. Consumo energético diario del servidor Synology DS218+. Este gráfico representa el consumo energético diario del servidor Synology DS218+ durante un periodo de 30 días. Se observa una variación en el consumo dependiendo del día, con valores más altos en días laborales y menores en los domingos, cuando el servidor permanece encendido pero inactivo.

Uno de los aspectos evaluados fueron los indicadores de desempeño energético (EnPIs), siendo la distribución del consumo energético del servidor un factor clave. Como se muestra en la **Figura 2**, el consumo total se divide en dos categorías principales: el tiempo activo, cuando los servidores están operativos y siendo utilizados por los empleados, y el tiempo inactivo, cuando el servidor permanece encendido sin uso efectivo. Se evidencia que el tiempo inactivo representa un porcentaje significativo del consumo energético (42.9%), lo que indica que los servidores continúan utilizando electricidad incluso cuando no están en funcionamiento. Esto resalta la necesidad de implementar estrategias de reducción del consumo fuera del horario

laboral, como la automatización del apagado en períodos de baja actividad o la optimización de la carga operativa. Asimismo, el gráfico de barras complementa este análisis al visualizar la distribución del consumo energético en horas activas e inactivas a lo largo de los días. Esta representación permite identificar con precisión qué proporción de la energía se destina al uso efectivo del servidor y cuánto se desperdicia en periodos de inactividad, proporcionando información clave para diseñar medidas de optimización energética, como la suspensión del servidor en ciertos horarios o la gestión eficiente del hardware para minimizar el consumo innecesario.

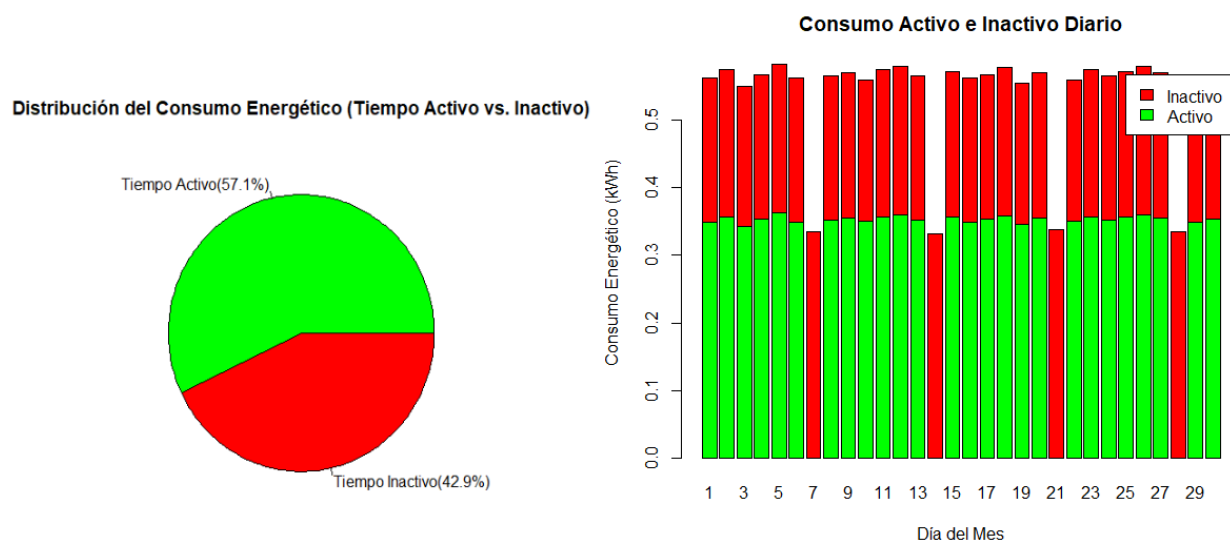


Figura 2. Distribución del consumo energético entre tiempo activo e inactivo y Comparación de consumo activo e inactivo. El grafico de la izquierda muestra el porcentaje del consumo energético que se utiliza durante el tiempo de inactividad es una parte importante de la energía, lo que indica la necesidad de estrategias de optimización para reducir el consumo en periodos sin uso efectivo del servidor. El grafico de la derecha muestra la distribución diaria entre consumo energético en horas activas e inactivas. Se observa cómo una parte significativa del consumo ocurre en momentos de baja actividad, lo que resalta oportunidades de ahorro energético.

En este mismo contexto, otro indicador evaluado fue el consumo energético en horas fantasmas, es decir, el periodo en el que el servidor permanece encendido sin actividad real. Actualmente, el servidor opera 16 horas fuera del horario laboral, incluyendo el domingo, lo que contribuye a un consumo mensual de 6.429 kWh, representando aproximadamente el 42.9% del consumo total. Este alto porcentaje demuestra que se puede lograr una gestión más eficiente mediante estrategias como apagar el servidor en horarios muertos o implementar ajustes en la operación para optimizar el consumo sin comprometer la disponibilidad del servicio. Otro aspecto clave es el consumo energético por usuario, que permite evaluar la eficiencia del servidor en función de la cantidad de personas que lo utilizan activamente. Considerando que el servidor es utilizado por 27 empleados, el consumo diario individual se

estima en 0.0200 kWh, acumulando un total de 0.600 kWh por usuario en un mes. Este indicador es crucial para determinar si la gestión del acceso es óptima o si existen oportunidades para mejorar la eficiencia operativa mediante el monitoreo del uso y la optimización de procesos internos. Además, como se muestra en la **Figura 3** donde se muestra la evolución del consumo energético a lo largo de los 30 días y se pueden identificar tendencias y anomalías, como aumentos inesperados en días específicos. De esta forma Ayuda a establecer la línea base energética, es decir, el punto de referencia contra el cual se medirán los efectos de las estrategias de eficiencia energética que se implementen.

El análisis conjunto de estos indicadores proporciona información fundamental para la gestión energética de servidores físicos en PYMES. La reducción de horas fantasmas, sumada a una mejor distribución del consumo por usuario, permite mejorar la eficiencia operativa, minimizar el impacto ambiental y optimizar los costos. Implementar políticas de monitoreo del consumo, capacitación en eficiencia energética y automatización del uso del servidor puede generar ahorros significativos y favorecer la sostenibilidad empresarial.

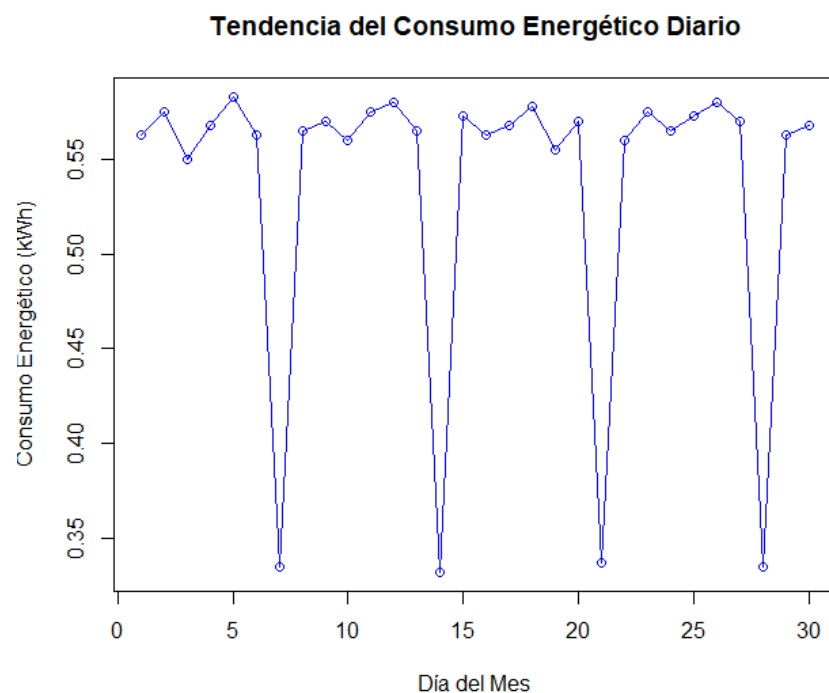


Figura 3. Tendencia del consumo energético diario en el servidor. La evolución del consumo energético a lo largo de 30 días permite identificar patrones de uso y anomalías en la

demanda energética. Este gráfico es clave para el establecimiento de una línea base de consumo y el desarrollo de estrategias de mejora

Con todo lo anterior se pudo establecer una línea base energética a manera de diagnóstico **Tabla 3**, la cual es un punto de referencia que permite medir el desempeño energético del servidor y evaluar el impacto de futuras estrategias de optimización. Para su determinación, se consideraron los datos recopilados en la revisión energética, así como los indicadores de rendimiento energético (EnPIs) calculados, incluyendo la distribución del consumo energético, las horas fantasmas y el consumo por usuario.

Tabla 3. Establecimiento de la Línea Base Energética del Servidor Synology DS218+

Indicador	Descripción	Valor
Consumo energético diario promedio	Promedio de consumo del servidor por día.	0.5406 kWh/día
Consumo energético mensual total	Energía consumida por el servidor en 30 días.	16.24 kWh/mes
Tiempo activo del servidor	Horas operativas en las que el servidor está en uso.	8 horas/día
Tiempo inactivo del servidor	Horas en las que el servidor permanece encendido sin uso	16 horas/día + domingo
Consumo energético en tiempo activo	Energía utilizada cuando el servidor está siendo usado por empleados.	0.3528 kWh/día
Consumo energético en tiempo inactivo	Energía consumida en horas fantasmas.	0.2143 kWh/día
Consumo energético en horas fantasmas	Acumulación mensual de consumo innecesario	6.429 kWh/mes
Consumo energético por usuario	Promedio de energía utilizada por cada empleado	0.0200 kWh/día
Consumo energético mensual por usuario	Energía utilizada por cada empleado en un mes.	0.600 kWh/mes

5.3 Desarrollo de estrategias de eficiencia energética basada en el uso de óptimo y eficiente del servidor para una PYME

Una vez establecida la línea base energética del servidor, se determinó que, al utilizarlo como eje central, cualquier empresa puede aplicar los principios de la ISO 50001 desde un enfoque práctico y progresivo, facilitando su adopción sin necesidad de una gran inversión inicial. En el caso de SATAREM, el servidor físico consume aproximadamente 16.24 kWh al mes, por lo que su optimización representa una oportunidad estratégica para reducir costos energéticos y establecer prácticas de gestión alineadas con la norma en toda la empresa. Este enfoque permite que las PYMES implementen ISO 50001 de manera gradual, comenzando por la mejora de un recurso clave en su infraestructura tecnológica.

El primer paso para esta implementación es establecer el servidor como punto de inicio para la ISO 50001, debido a que es un dispositivo que opera de manera constante y representa un consumo energético continuo. Al centrar los esfuerzos en su optimización y correcto uso, las PYMES pueden aplicar los principios de la norma en áreas clave como:

1. Medición y monitoreo: La mayoría de los servidores modernos permiten un monitoreo constante del consumo energético en toda la empresa. A través de software de gestión energética como SCADA, Databox, SQUAIR y Gestor Energético EDS, junto con la integración de dispositivos IoT, como voltímetros y sensores de consumo, es posible recopilar y analizar datos en tiempo real
2. Registro y análisis de consumo: Al instalar softwares de monitoreo en dispositivos y conectar estos datos al servidor, la empresa puede generar un historial de consumo energético. Esto proporciona información valiosa para tomar decisiones más asertivas, identificar áreas con alto consumo y detectar oportunidades de mejora en la gestión energética.
3. Establecimiento de indicadores clave (EnPIs): Así como se estableció los indicadores para el diagnóstico de la base de línea energética del servidor, es posible establecerla para toda la empresa. En este caso ya no estaría centrado solo en el servidor sino en todos los dispositivos (servidor, computadores, tabletas, etc) y áreas de la empresa (salas de reuniones, salas de diseño, salas de cómputo etc,)
4. Política energética: Una vez teniendo en cuenta lo anterior es posible que las PYMES empiecen a hablar de una política energética en sus empresas y alinearlas con sus objetivos comerciales para que realmente generen un mejor uso de sus herramientas y un menor impacto ambiental
5. Ciclo de mejora continua: Este principio es muy importante y se puede generar a través de llevar a cabo los otros principios. Con ayuda del modelo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) esta y otras PYMES pueden mejorar el desempeño con ajustes periódicos

Estas acciones sirven como un primer paso accesible hacia una gestión energética estructurada que reduce las barreras de adopción de la norma en las PYMES. Ahora bien, A partir del diagnóstico realizado, se plantean las siguientes estrategias que, además de mejorar la eficiencia del servidor, facilitan la implementación progresiva de ISO 50001 en cualquier empresa:

1. Optimización del uso del servidor como primer sistema de gestión energética:
 - Definición de políticas internas para reducción de consumo en tiempos de baja actividad. Lo cual reduciría de un 20-15 % de consumo energético equivalente a 300.000- 360.000 pesos por año.

- Implementación de herramientas de monitoreo teniendo como base el uso del servidor.
2. Creación de la política energética a partir del diagnóstico del servidor:
 - El servidor puede ser el punto de referencia para establecer una política energética inicial, enfocada en mejorar su consumo y expandir la estrategia hacia otras áreas de la empresa.
 - Implementación gradual de la norma, comenzando con ajustes en el servidor y extendiéndose a otros equipos operativos de la empresa.
 3. Monitoreo continuo y gestión de datos energéticos:
 - Integrar sensores (voltaje y temperatura) y software de análisis, con esto la empresa puede tomar decisiones basadas en datos reales, siguiendo el enfoque de la ISO 50001.
 - Estructurar reportes de desempeño energético con la información recopilada, estos son fundamentales en un sistema de gestión energética
 4. Expansión del modelo hacia una gestión energética completa:
 - La empresa puede aprovechar los aprendizajes adquiridos con la gestión del servidor para extender la norma a otras áreas, logrando una adopción integral de la ISO 50001 sin grandes inversiones iniciales.

La implementación de estas estrategias conlleva una serie de beneficios tangibles y estratégicos para las PYMES, los cuales se pueden observar en distintos plazos:

Beneficios más importantes:

1. Reducción de costos operativos: Menor consumo energético se traduce directamente en disminución de gastos mensuales, liberando recursos que pueden ser reinvertidos en innovación o infraestructura.
2. Cumplimiento normativo y acceso a nuevas oportunidades: La adopción de buenas prácticas alineadas con ISO 50001 facilita el cumplimiento de estándares internacionales, lo que puede ser un requisito para licitaciones, alianzas o certificaciones futuras.
3. Mejora en la imagen corporativa y sostenibilidad: La empresa puede proyectarse como una organización comprometida con la eficiencia y el medio ambiente, mejorando su reputación frente a clientes, inversionistas y entidades gubernamentales.

Estos beneficios no sólo refuerzan la sostenibilidad operativa, sino que también proporcionan un marco concreto desde el cual escalar hacia una cultura organizacional más resiliente, eficiente y competitiva. Al usar el servidor como punto de partida, se facilita una transición natural y económica para extender las estrategias de eficiencia energética al resto de la organización, incluyendo estaciones de trabajo, iluminación, sistemas de climatización y demás dispositivos eléctricos. Esto convierte al servidor en una unidad demostrativa que ayuda a superar barreras iniciales y permite que la adopción de la norma ISO 50001 se realice de forma gradual, realista y adaptada a las capacidades de una PYME.

6. Conclusiones

- El servidor físico representa un punto de partida ideal para iniciar la implementación de la norma ISO 50001 en PYMES, al ser un componente de consumo energético constante y medible.
- Las estrategias aplicadas al servidor permiten obtener beneficios rápidos, como la reducción del consumo en horas inactivas, mejoras en eficiencia y ahorro de costos.
- El diagnóstico energético del servidor facilita la recolección de datos útiles para diseñar políticas energéticas y establecer indicadores clave de rendimiento.
- A partir de la experiencia con el servidor, es posible escalar la gestión energética hacia otros equipos y áreas de la empresa, logrando una adopción progresiva, realista y ajustada a las capacidades de las PYMES.
- Iniciar con un enfoque técnico accesible y específico reduce barreras de conocimiento y económicas. Sienta las bases para construir una cultura organizacional orientada a la sostenibilidad energética.

7. Bibliografía

1. Greenpeace International. (2022). Make IT green: Cloud computing and its contribution to climate change.
2. Raphael, D., Ewim, E., Nindwezuor-Ehiobu, N., Orikpete, O. F., Fawole, A. A., & Onunka, C. (2023). Impact of data centers on climate change: A review of energy efficient strategies. *The Journal of Engineering and Exact Sciences (JCEC)*, 9(6). <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss6pp16397-01e>
3. Jones, M., & Brown, L. (2021). Continuous monitoring and energy efficiency improvements in server management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110410.
4. Williams, A. (2020). Server virtualization and energy efficiency: Best practices and outcomes. *Journal of Information Technology*, 35(2), 123–135.
5. Koot, M., & Wijnhoven, F. (2021). Usage impact on data center electricity needs: A system dynamic forecasting model. *Applied Energy*, 291, 116798. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116798>

6. Network King. (2022). Five areas of environmental impact in data centres. Retrieved February 23, 2025, from <https://network-king.net/five-areas-of-environmental-impact-in-data-centres/?form=MG0AV3>
7. International Organization for Standardization (ISO). (2018). ISO 50001:2018 - Energy management systems - Requirements with guidance for use.
8. García, F., & Pérez, L. (2018). Implementación de un sistema de gestión de energía en una pyme de servicios tecnológicos en Colombia. *Revista de Gestión Ambiental*, 26(3), 45–58.
9. CHEC. (2023). Boletín Empresas N°2: Datos sobre certificaciones ISO 50001 en Colombia.
10. International Trade Centre (ITC). (2015). Breaking the energy barrier for smaller firms. Retrieved April 3, 2025, from <https://www.intracen.org/news-and-events/news/breaking-the-energy-barrier-for-smaller-firms>
11. Arévalo Toscano, J., Cabellos Martínez, M. I., & Martínez Amariz, A. D. (2023). Eficiencia energética aplicando la norma ISO 50001:2018, como alternativa de optimización de procesos cambiando los modelos de producción, casos de estudio en Colombia. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
<https://doi.org/10.26507/paper.3016>
12. Minsait. (2017.). El sistema inteligente de gestión de energía desarrollado por Indra para el SENA, en Colombia, recibe el Premio Nacional de Eficiencia Energética. Retrieved April 3, 2025, from <https://www.minsait.com/es/actualidad/media-room/el-sistema-inteligente-de-gestion-de-energia-desarrollado-por-indra-para-el-0>
13. Sanabria, C. A. M. (2021). Análisis del impacto de la implementación de la norma ISO 50001 EN.
14. Andrade-Zambrano, E. E., Andrade-Zambrano, E. E., & Real-Pérez, G. L. (2021). Las PYMES y la eficiencia energética con la ISO 50001. *Polo del Conocimiento*, 6(6), 674–694. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2777>
15. Nahuel, L., Maccarone, J. L., Marchesini, J., García, R. M., Andres, G., & Ciceri, J. (2017). Tecnologías informáticas aplicadas a la autogestión energética en PyMEs. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66206>
16. Guía para la implementación de la norma ISO 50001. (n.d.). [Imagen extraída del sitio sobre la implementación de la norma ISO 50001]. Recuperado el 9 de abril de 2025, de <https://www.nqa.com/es-pe/certification/standards/iso-50001/implementation>
17. Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2023). Plan de gestión ambiental de la Unidad de Planeación Minero Energética. UPME. Recuperado de [PL-GA-001 V1 copia controlada.pdf](#)

ANEXOS

Anexo 1. Registro diario del consumo energético del servidor Synology DS218+. Esta tabla muestra los datos registrados durante 30 días, incluyendo consumo total, consumo en tiempo efectivo, consumo en tiempo inactivo y consumo energético estimado por usuario.

Día	Consumo día kWh	Consumo tiempo efectivo kWh	Consumo tiempo inactivo kWh	Consumo por usuario kWh
1	0.5625	0.3496	0.2129	0.0208
2	0.575	0.3575	0.2175	0.0213
3	0.55	0.3425	0.2075	0.0204
4	0.5675	0.3534	0.2141	0.0209
5	0.5825	0.3625	0.22	0.0215
6	0.5625	0.3496	0.2129	0.0208
7	0.335	0	0.335	0
8	0.565	0.3525	0.2125	0.0209
9	0.57	0.355	0.215	0.0211
10	0.56	0.35	0.21	0.0207
11	0.575	0.3575	0.2175	0.0213
12	0.58	0.36	0.22	0.0215
13	0.565	0.3525	0.2125	0.0209
14	0.3325	0	0.3325	0
15	0.5725	0.3575	0.215	0.0212
16	0.5625	0.3496	0.2129	0.0208
17	0.2675	0.3534	0.2141	0.0209
18	0.5775	0.3591	0.2184	0.0214
19	0.555	0.3453	0.2097	0.0206
20	0.57	0.355	0.215	0.0211
21	0.3375	0	0.3375	0
22	0.56	0.35	0.21	0.0207

23	0.575	0.3575	0.2175	0.0213
24	0.565	0.3525	0.2125	0.0209
25	0.5725	0.3575	0.215	0.0212
26	0.58	0.36	0.22	0.0215
27	0.57	0.355	0.215	0.0211
28	0.335	0	0.335	0
29	0.5625	0.3496	0.2129	0.0208
30	0.5675	0.3534	0.2141	0.209

Anexo 2. Lista de softwares instalados. Se describen los programas instalados en el servidor, indicando su propósito dentro de la operación de la empresa SATAREM y su impacto potencial en el consumo energético.

Nombre del Programa	Descripción y utilidad
Hybrid Share	Permite compartir archivos entre múltiples dispositivos y servidores, optimizando el almacenamiento en la nube y en local.
Node.js	Plataforma para ejecutar aplicaciones web en servidores, útil para desarrollar servicios y aplicaciones internas.
SMS Service	Servicio que permite la integración de notificaciones por SMS, útil para alertas o comunicaciones internas en la empresa.
Universal Viewer	Visor de archivos compatible con múltiples formatos, facilitando la visualización de documentos sin necesidad de software adicional.
Universal Search	Motor de búsqueda avanzado dentro del servidor, permitiendo encontrar archivos rápidamente en almacenamiento local.
Hyper Backup	Solución de respaldo y recuperación de datos, asegurando la protección de información crítica ante fallos o pérdidas accidentales.
Analizador de almacenamiento	Monitorea el uso del almacenamiento del servidor, ayudando a gestionar espacio y detectar archivos innecesarios.
File Station	Administrador de archivos centralizado, permitiendo organización, acceso y gestión eficiente de documentos.

OAuth Service	Sistema de autenticación seguro que permite gestionar permisos y accesos para aplicaciones y usuarios dentro del servidor.
Python2	Lenguaje de programación integrado para ejecutar scripts y automatizar procesos dentro de la empresa.
SAN Manager	Herramienta de gestión de almacenamiento en red, útil para administrar volúmenes y mejorar el rendimiento del servidor
Servicio Secure SignIn	Protección avanzada para acceso seguro al servidor, fortaleciendo medidas de autenticación y seguridad empresarial.
DHCP Server	Gestiona direcciones IP en la red, facilitando la conectividad y administración de dispositivos dentro de la empresa.
USB Copy	Función para copiar archivos de dispositivos USB al servidor de manera rápida y eficiente
Cloud Sync	Sincroniza archivos en la nube con el servidor, permitiendo una gestión centralizada de datos y accesibilidad remota.
Replication Service	Servicio de replicación de datos para asegurar disponibilidad y recuperación ante incidentes.
Synology Drive	Plataforma de almacenamiento y colaboración que permite compartir archivos entre usuarios y dispositivos
Centro de Registros	Monitorea y registra eventos del servidor, útil para auditorías y seguridad informática.
Active Insight Snapshot	Monitorea el estado del servidor en tiempo real, ayudando a detectar posibles problemas antes de que afecten la operación.
VPN Server	Permite crear redes privadas virtuales seguras, facilitando el acceso remoto protegido a los recursos internos de la empresa.
PHP	Lenguaje de programación integrado para desarrollo web y gestión de aplicaciones en el servidor.
Synology Office	Suite de productividad colaborativa que permite crear y editar documentos de forma simultánea entre usuarios.