



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**Propuesta de optimización de la operación y
mantenimiento de la dotación energética de data centers
conforme la norma ANSI/ASHRAE 90.4-10|6**

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Autor: Jiménez Mora, Christian Andrés

Director: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis

LOJA

2024



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2024

Aprobación del director del Trabajo de Integración Curricular

Loja, 15 de octubre de 2024

Doctor

Francisco Alberto Sandoval Noreña

Director de la Carrera de Electrónica y telecomunicaciones
Ciudad.-

De mi consideración:

En calidad de director del presente trabajo de integración curricular, denominado “propuesta de optimización de la operación y mantenimiento de la dotación energética de data centers conforme la norma ANSI/ASHRAE 90.4-10|6”, realizado por Christian Andrés Jiménez Mora, me permito comunicar que, este trabajo ha sido orientado y revisado durante su ejecución y que se ha validado su contenido a través de la herramienta de similitud académica institucional, obteniendo un porcentaje de coincidencia aceptable.

En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Director: Jorge Luis Jaramillo Pacheco, Mgtr

C.I.: 1102866397

Correo electrónico: jorgeluis@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Christian Andrés Jiménez Mora, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del trabajo de integración curricular denominado “propuesta de optimización de la operación y mantenimiento de la dotación energética de data centers conforme la norma ANSI/ASHRAE 90.4-10|6”, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, específicamente de los contenidos comprendidos: Capítulo uno - ingeniería de concepto, estado del arte y de la técnica, Capítulo dos - ingeniería de básica, Capítulo tres - ingeniería de detalle, y Capítulo cuatro - evaluación multicriterio, resultados esperados; siendo Jorge Luis Jaramillo Pacheco director del presente trabajo. También declaro que, la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”, en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Autor: Christian Andrés Jiménez Mora

C.I.: 1104804727

Correo electrónico: cajimenez16@utpl.edu.ec

Dedicatoria

Este trabajo de integración curricular está dedicado con profundo amor y gratitud a mis padres, Jorge y Carmen. Su inquebrantable apoyo, sacrificio y ejemplo han sido mi inspiración constante a lo largo de mi vida académica y profesional.

A mis hermanos, Jorge y Nadya por su aliento incondicional y por compartir conmigo los altibajos de este viaje académico.

A mi mentor Jorge Luis Jaramillo, por su paciencia, comprensión y apoyo durante los momentos difíciles que se presentaron en el desarrollo del trabajo.

A mis amigos y colegas, quienes han sido una fuente invaluable de apoyo emocional. Sus consejos y momentos de distracción fueron fundamentales para mantener el equilibrio durante este proceso.

Agradecimiento

A mis padres y hermanos.

Agradezco a mi director de trabajo de integración curricular, Ing. Jorge Luis Jaramillo, por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus consejos sabios fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos y para superar los desafíos.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera invaluable a la realización de este trabajo de integración curricular.

Índice de contenido

Carátula	I
Aprobación del director de Trabajo de Integración Curricular	II
Declaración de autoría y cesión de derechos.....	III
Dedicatoria.....	V
Agradecimiento	VI
Índice de contenido.....	VII
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción	3
Capítulo uno.....	5
Ingeniería de concepto: estado del arte y de la técnica.....	5
1.1 Generalidades	5
1.2 Optimización de CDPs.....	5
1.2.1 Eficiencia energética en la infraestructura.....	6
1.2.2 Eficiencia energética em la refrigeración.....	6
1.2.3 Eficiencia energética de los equipos.	6
1.3 Normativa aplicable.....	7
Capítulo dos	9
Ingeniería de básica.....	9
2.1 Descripción general del CDP.....	9
2.2 Evaluación del sistema eléctrico.....	9
Capítulo tres.....	15
Ingeniería de detalle.....	15
3.1 Sobre ANSI/ASHRAE 90.4-10 6.....	15
3.2 Envoltente del edificio.....	17
3.2.1 Aislamiento térmico.....	17
3.2.2 Ventanas y puertas eficientes.....	17

3.2.3	<i>Control de infiltraciones de aire</i>	17
3.2.4	<i>Protección contra la radiación solar</i>	17
3.3	Ventilación, calefacción, aire acondicionado	18
3.3.1	<i>Eficiencia energética</i>	18
3.3.2	<i>Controles y autorización</i>	18
3.3.3	<i>Mantenimiento y operación</i>	19
3.3.4	<i>Diseños de ductos y distribución de aire</i>	19
3.4	Sistemas eléctricos	20
3.4.1	<i>Eficiencia energética</i>	21
3.4.2	<i>Resiliencia</i>	21
3.4.3	<i>Seguridad eléctrica</i>	21
3.4.4	<i>Gestión de la energía</i>	21
3.5	Iluminación	24
3.5.1	<i>Eficiencia energética</i>	24
3.5.2	<i>Distribución de la luz</i>	24
3.5.3	<i>Control de iluminación</i>	24
3.5.4	<i>Seguridad y fiabilidad</i>	24
	Capítulo cuatro	26
	Evaluación multicriterial – resultados esperados	26
4.1	Envoltorio del data center	26
4.2	Sistemas eléctricos	28
4.3	Sistema de iluminación	30
4.4	Sistema HVAC	32
	Conclusiones	34
	Recomendaciones	35
	Referencias	36
	Apéndice	38
	Apéndice A. Carga mecánica máxima de diseño componente ELC	38

Apéndice B. Componente de carga mecánica máxima anual MLC39

Índice de tablas

Tabla 1 Geometría del CDP de la empresa Nettplus.....	10
Tabla 2 Resultados de las mediciones eléctricas en el CDP de la empresa Nettplus	13
Tabla 3 Estructura de la normativa ANSI/ASHRAE 90.4.....	16
Tabla 4 Componentes de Pérdida Eléctrica (ELC) Máximos de Diseño para Cargas de TI Inferiores a 100 kW.....	23
Tabla 5 Componentes de Pérdida Eléctrica (ELC) Máximos de Diseño para Cargas de TI igual o superiores a 100 kW	23
Tabla 6 Envoltente del edificio... ..	27
Tabla 7 Sistemas eléctricos	29
Tabla 8 Sistema de iluminación	31
Tabla 9 Sistema HVAC.....	33

Índice de figuras

Figura 1	Gráfica del tráfico global de la empresa Nettplus en un mes	9
Figura 2	Vista general del edificio Nettplus	10
Figura 3	Vista general de la Puerta de ingreso al CDP de la empresa Nettplus	11
Figura 4	Vista general del equipo de aire acondicionado existente en el CDP de Nettplus	12
Figura 5	Vista general del UPS existente en el CDP de Nettplus	12
Figura 6	Vista general del Generador Gen Power existente en el CDP de Nettplus	13
Figura 7	Lámparas de iluminación del CDP.	14

Resumen

Este trabajo de integración curricular tiene por objetivo descubrir oportunidades para fortalecer la eficiencia energética del data center de la empresa Nettplus, bajo los criterios de la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6. La norma busca mejorar la operación y el mantenimiento del CDP, garantizando un entorno más seguro y eficiente. Tras un diagnóstico del diseño y operación del data center se determinan inconformidades u oportunidades, proponiendo algunas soluciones conforme la normativa.

Palabras clave: eficiencia energética, eficiencia energética en data centers.

Abstract

This work of curricular integration aims to discover opportunities to strengthen the energy efficiency of the Netplus data center, under the criteria of the ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 standard. The standard seeks to improve the operation and maintenance of the PDC, ensuring a safer and more efficient environment. After a diagnosis of the design and operation of the data center, non-conformities or opportunities are determined, proposing some solutions according to the standard.

Keywords: energy efficiency, energy efficiency in data centers.

Introducción

La digitalización de la sociedad contemporánea presiona sobre el desempeño de los data centers que soportan el flujo de información a través de plataformas y servicios. Un parámetro básico del desempeño de los data centers o CDP es el tiempo de disponibilidad, que a su vez depende, entre otros, de la dotación de energía de calidad. En este contexto, la dotación ininterrumpida de energía de calidad se vuelve un factor crítico. Entonces, la aplicación de normas internacionales de calidad de gestión de eficiencia energética es un tema de actualidad. (Cañete Bajuelo, 2015) menciona que el empleo de normativas internacionales tienen gran relevancia, ya que su aplicación genera escalabilidad a nivel de red y CDP.

Un CDP es la parte medular de operación de una entidad pública o privada moderna y su funcionamiento requiere de una serie de eslabones como planificación, arquitectura, infraestructura de cableado, sistema eléctrico, infraestructura física, seguridad física y contraincendios; infraestructura mecánica, infraestructura de TI y proceso de instalación, configuración y prueba de equipos. Todo esto con base a normativas como: ANSI/EIA/TIA 942, ANSI/EIA/TIA 568-A y B, ISO/IEC 24764 y/o NEC 10. A estas se suma la normativa TIA-942, que de acuerdo a (Obama Asumu, 2022), proporciona las mejores sugerencias para mejorar la eficiencia energética de los CDP.

Con estos antecedentes y, previa conversación con personal de la empresa Netplus, se decidió analizar la factibilidad de evaluar la dotación energética del CDP que la empresa posee. Para esto se identificó la normativa potencialmente aplicable en esfuerzos como TIA, ASHRAE, ISO, o ANSI. Como resultado, se estableció que la norma ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, reúne los requisitos mínimos de eficiencia energética para el diseño y operación de data centers, con la cual se ofrece criterios básicos para diseñar una propuesta de optimización de la operación y mantenimiento de la dotación energética.

Metodológicamente, la evaluación se desarrolló bajo los principios de ingeniería de desing, abordaje que consta de cuatro fases: ingeniería de concepto, ingeniería básica,

ingeniería de detalle y evaluación multicriterio. En el apartado de ingeniería de concepto se establece el estado del arte sobre la evaluación del diseño y operación de CDPs. En la etapa de ingeniería básica se describe un análisis preliminar del estado del CDP de la empresa. En la ingeniería de detalle se analizan los resultados obtenidos en los cálculos realizados y se revisan presupuestos de intervención. Finalmente, en la evaluación multicriterio se selecciona la mejor opción para la optimización de la operación y mantenimiento de la dotación energética de CDP.

Capítulo uno

Ingeniería de concepto: estado del arte y de la técnica

1.1 Generalidades

Se conoce como **data center o CDP** a las instalaciones que alojan equipos tecnológicos que aseguran la disponibilidad de los servicios de red. Un CDP es un punto clave para las distintas empresas y aloja sus activos de mayor valor. (PACIO, 2014) Los CDP contienen redes de alta gama destinadas a soportar un alto rendimiento, lo que lleva a un **elevado consumo energético** (Hammadi & Mhamdi, 2014).

La gran **demanda de energía** en un CDP proviene de servidores y sistemas de enfriamiento. Si no se controla adecuadamente el enfriamiento, ya sea en exceso o en defecto, la eficiencia de dispositivos y sistemas disminuye, al mismo tiempo que aumenta el gasto energético (Marahatta et al., 2020). De acuerdo a Cowley, B. (2016) es de suma importancia optimizar el control de la temperatura y la refrigeración en las instalaciones, con el fin de reducir tanto el consumo de energía como los gastos operativos.

1.2 Optimización de CDP

La **optimización** en los CDP se refiere a un conjunto de procesos y políticas diseñados para mejorar su funcionamiento, sin que esto tenga un impacto negativo en su eficiencia o rendimiento. Especial interés en la optimización se da a la **eficiencia energética** del CDP, que según (Mejia Ambrosio, 2021) se define como “el cociente entre la energía requerida para realizar una función y la energía primaria de entrada usada para dicha actividad”.

Se puede aplicar varias estrategias para mejorar la eficiencia energética en un CDP, generalmente relacionadas a tres grandes grupos:

- Eficiencia energética en la infraestructura.
- Eficiencia energética en la refrigeración.

- Eficiencia energética de los equipos.

1.2.1 Eficiencia energética en la infraestructura

La infraestructura de TI de un CDP es el mayor consumidor de energía de toda la instalación. El uso de procesadores de bajo consumo que proporcionen una alta eficiencia energética, como en servidores y fuentes de alimentación de alto voltaje es una opción válida para reducir el consumo de energía. Otro elemento importante es el uso de sistemas inteligentes para monitorizar el funcionamiento del CDP.

En el mercado se ofertan varias configuraciones para la infraestructura de racks y servidores, que ayudan a aumentar el rendimiento y mejorar la refrigeración como el cerramiento de pasillos, blanking panels y ordenación del rack.

1.2.2 Eficiencia energética en la refrigeración

La refrigeración es el segundo mayor consumidor de energía por lo que es muy importante mejorar la eficiencia energética y la eficacia de los equipos de aire acondicionado y refrigeración.

Para conseguirlo se pueden utilizar tecnologías innovadoras como sistemas de control para refrigeradores de aire, con capacidad y concentración de refrigeración variables en las zonas más calurosas. Otra opción es el uso de refrigeración líquida, freecooling (tecnología que se basa en utilizar aire exterior a través de una unidad de tratamiento de aire con compuertas controladas) o refrigeración adiabática por aire (con agua).

El uso de tecnologías innovadoras disponibles requiere de un diseño Ad Hoc desde el principio y una inversión importante.

1.2.3 Eficiencia energética en de los equipos

Una medida importante para reducir el consumo de energía de los equipos es el desarrollo de un plan de gestión de energía. El uso de sistemas de control como BMS (Building Management System) o DCIM (Data Center Infrastructure Management)

permite obtener información en tiempo real sobre lo que sucede en el CDP y utilizar esta información para cambiar o mejorar los procesos (Muñoz, J. 2023).

1.3 Normativa aplicable

Para (Díaz, 2017) la optimización energética de un CDP se logra optimizando cada uno de los componentes de los sistemas: refrigeración, aire acondicionado, potencia e iluminación, etc.

Para esto se requiere emplear normativas técnicas enfocadas en la eficiencia. La norma ANSI/TIA 942 “Estándar de Infraestructura de Telecomunicaciones para Data Center” aporta las pautas fundamentales para el diseño, construcción, mantenimiento de un CDP (TIA-942, 2023.)

La American National Standards Institute (ANSI) y la Telecommunications Industry Association (TIA) han desarrollado el estándar global ANSI/TIA 942 para la correcta implementación de CDPs a nivel mundial.

La norma ANSI/BICSI-002 se ocupa básicamente de la planificación, diseño y construcción de sistemas de telecomunicaciones en edificios comerciales. Adicionalmente establece directrices detalladas para la ubicación y diseño de cuartos netamente para telecomunicaciones (ANSI/BICSI, 2014).

La norma NFPA 70 brinda requisitos de seguridad eléctrica y directrices para salidas y protecciones contra incendios en CDPs (NFPA, 2021).

La **ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 “Estándar de Energía para Data Centers”** incluye criterios como estructura del edificio, calefacción, ventilación y aire acondicionado, servicio de calefacción por agua, sistema eléctrico e iluminación. La norma prevé requisitos mínimos de eficiencia energética que garanticen una operación óptima a largo plazo; e incluye medidas para reducir el consumo de energía en equipos como la inserción de sistemas eléctricos de alta eficiencia o la adopción de prácticas de operación y mantenimiento que minimicen las pérdidas. La norma establece requisitos mínimos de eficiencia para diversos componentes eléctricos (como UPS), sistemas de

distribución de energía, iluminación y sistemas de refrigeración. Un apartado especial de la norma aborda la resiliencia y la seguridad eléctrica: diseño para resistir y recuperarse de eventos adversos, como cortes de energía, sobretensiones y fallas en el equipo; la redundancia de los sistemas críticos, la protección contra sobretensiones y la capacidad de respuesta ante emergencias eléctricas.

Una visión práctica de la **ANSI/ASHRAE 90.4-10|6** se encuentra en las pautas para la planificación y el diseño de la infraestructura eléctrica en los CDPs: selección y ubicación adecuadas de equipos eléctricos, dimensionamiento correcto de los conductores y dispositivos de protección, y la implementación de sistemas de gestión de energía para monitorear y controlar el consumo eléctrico. Finalmente, la norma establece requisitos para la documentación y la etiquetación de los sistemas eléctricos, con el fin de facilitar la operación, el mantenimiento y la identificación de problemas potenciales. (ASHRAE, 2022)

Capítulo dos

Ingeniería de básica

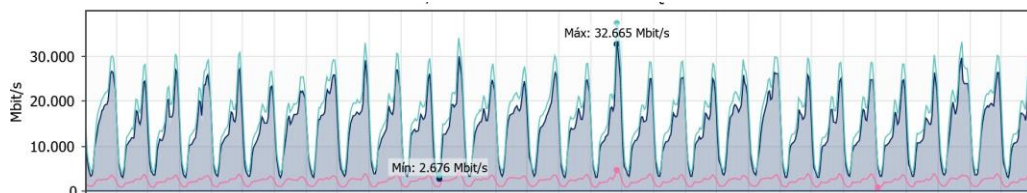
2.1 Descripción general del CDP

Nettplus es una empresa proveedora de servicios de Internet establecida en 2008. La empresa ha operado en el mercado durante 15 años, convirtiéndose en líder en la región suroriental del Ecuador. Actualmente, su cobertura se extiende a las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, incluyendo poblaciones importantes como Yantzaza, El Cisne, Catamayo, Malacatos y Vilcabamba.

Gracias a su expansión, Nettplus ha aumentado significativamente su capacidad de tráfico para satisfacer la creciente demanda de clientes. Actualmente, atiende a más de 20,000 abonados y maneja un tráfico general de 30 GB (ver Figura 1).

Figura 1

Gráfica del tráfico global de la empresa Nettplus en un mes



La empresa proveedora de servicio de internet se ubica en la parte céntrica de la ciudad de Loja, exactamente en las calles Mercadillo y Juan José Peña. En la Figura 2 se muestra una vista general del moderno edificio. En el edificio se encuentra situado el CDP de la empresa, el mismo que aloja servidores que soportan aplicaciones como Google, Facebook y Netflix; así como equipos de borde, racks, OLTs, entre otros.

Figura 2

Vista general del edificio Nettplus



La Tabla 1 resume la geometría del CDP. El espacio es adecuado y, por ahora, es suficiente para cubrir los requerimientos para el alojamiento de los equipos de borde de la empresa. El CDP se diseñó desde una perspectiva funcional sin considerar ninguna normativa aplicable para garantizar la eficiencia energética del mismo.

Tabla 1

Geometría del CDP de la empresa Nettplus

Largo, m	Alto, m	Ancho, m
5.73	2.48	4.01

Nota. Geometría del CDP.

El CDP opera en un entorno cerrado y carece de sistemas de ventilación y refrigeración dedicados. La Figura 3 muestra una vista general de la puerta de acceso a las instalaciones.

Figura 3

Vista general de la Puerta de ingreso al CDP de la empresa Nettplus



Para el enfriamiento se utiliza un equipo de aire acondicionado, marca Carrier modelo 38ckcO48-x5 (ver Figura 4). Este equipo está destinado para mantener una temperatura promedio de 19°C dentro del CDP. El equipo se activa automáticamente cuando la temperatura alcanza los 20.5°C y se desactiva cuando la temperatura baja a 18°C.

El suministro de energía eléctrica se realiza por medio de una red configurada en dos fases de 220 V, a nivel de entrada. Para la distribución, una fase se conecta a tierra para obtener 110 V.

El respaldo eléctrico se realiza a través de un UPS de 15 KVA que trabaja en 220V, el mismo que tiene una capacidad de soporte aproximado de 20 min (ver Figura

5). El soporte se complementa con un generador industrial Gen Power MC33D5, a diésel (ver Figura 6).

Figura 4

Vista general del equipo de aire acondicionado existente en el CDP de Netplus



Figura 5

Vista general del UPS existente en el CDP de Netplus



Figura 6

Vista general del Generador Gen Power existente en el CDP de Netplus



El sistema de aire acondicionado no está conectado al generador. Como resultado, durante los cortes de suministro de energía desde la red pública la temperatura dentro del CDP tiende a aumentar. Esto, potencialmente, podría provocar fallos en el funcionamiento del CDP.

2.2 Evaluación del sistema eléctrico

En esta etapa se analizó el desempeño del sistema eléctrico. Primero que se midió fue corriente y voltaje en las fases (ver Figuras 7 y 8). La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 2

Resultados de las mediciones eléctricas en el CDP de la empresa Netplus

Línea	Voltaje, V	Fase	Corriente (A)
Línea 1	110	Fase 1	19.84
Línea 2	220	Fase 2	15.60

Nota. Mediciones del tablero eléctrico.

Segundo, se analizó el sistema de iluminación del CDP, conformado por 8 lámparas LED (ver Figura 7), dispuestas longitudinalmente.

Figura 7

Lámparas de iluminación del CDP



Capítulo tres

Ingeniería de detalle

3.1 Sobre ANSI/ASHRAE 90.4-10|6

La norma ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 es aplicable a una amplia gama de modelos de CDP, desde instalaciones de pequeña escala hasta grandes centros de datos empresariales. Su enfoque en la **eficiencia energética**, combinado con su flexibilidad y basado en el rendimiento, la convierte en una opción atractiva para cualquier organización que busque optimizar la operación y el mantenimiento de su dotación energética de data centers.

La norma tiene como finalidad que la infraestructura de TI de un CDP opere de manera eficiente desde el punto de vista energético, reduciendo los costos operativos a largo plazo y minimizando el impacto ambiental al disminuir el consumo de energía y las emisiones de carbono.

Además, al cumplir con esta normativa de prestigio internacional, las organizaciones pueden mejorar su reputación y cumplir con los estándares de sostenibilidad, cada vez más exigentes.

La Tabla 3 muestra la estructura general de la norma, cuyos componentes aseguran que el CDP no solo cumpla con los requisitos de la norma.

Tabla 3

Estructura de la normativa ANSI/ASHRAE 90.4

Sección	Contenido
1. Introducción	Propósito. Alcance. Definiciones.
2. Requisitos generales	Clasificación de zonas climáticas.
3. Envoltante del edificio	Coeficiente de Transferencia de Calor. Paredes, techos, pisos, ventanas, puertas. Infiltración de aire.
4. Sistemas de HVAC	Diseño y Mantenimiento. Eficiencia del Sistema HVAC. MLC (Componente de carga mecánica). AMLC (Componente de carga mecánica anualizada).
5. Sistemas de iluminación	Iluminación. Control Automático de Iluminación. Eficiencia Energética de la Iluminación LPD.
6. Sistemas eléctricos	Eficiencia de los Sistemas Eléctricos. Pérdida del Segmento de Servicio.

	Entrante Pérdida del Segmento del UPS. Pérdida del Segmento de Distribución. Eléctrica Equipos informáticos. ELC (Pérdida por componentes eléctricos).
7. Requisitos de monitoreo y control	Sistemas de Monitoreo de Energía. Sistemas de Control Automático.
8. Documentación y mantenimiento	Requisitos de Documentación. Planes de Mantenimiento.
9. Conclusiones y mejoras	Evaluación del Cumplimiento. Recomendaciones para Mejoras.

Nota. Resumen de parámetros de la normativa.

3.2 Envoltente del edificio

La normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 establece requisitos específicos para la envoltente del edificio. La **envoltente** es el sistema físico que separa el interior climatizado del exterior, incluyendo paredes, techos, pisos, ventanas, puertas y aislamiento. La envoltente del edificio es crucial para controlar la transferencia de energía, la humedad y el aire, lo que afecta significativamente al rendimiento energético y al confort interior.

Los principales parámetros que maneja la normativa en relación con la envoltente del edificio son:

3.2.1 Aislamiento térmico

La normativa establece requisitos mínimos para el valor de **resistencia térmica** de los materiales de aislamiento utilizados en paredes, techos y pisos. Este valor varía dependiendo de la zona climática y del tipo de construcción.

3.2.2 Ventanas y puertas eficientes

Se especifican requisitos para los **coeficientes de transferencia de calor** (U-factor) de ventanas y puertas, así como para las propiedades de **hermeticidad**. Esto garantiza que las aberturas en la envoltente del edificio no sean puntos débiles en términos de pérdida de energía.

3.2.3 Control de infiltraciones de aire

La normativa establece límites para la **tasa de infiltración de aire en la envolvente del edificio**, lo que asegura que no haya fugas excesivas de aire no deseado que puedan afectar negativamente al rendimiento energético.

3.2.4 Protección contra la radiación solar

Se puede requerir características específicas, como aleros o elementos de sombreado, para reducir la ganancia de calor solar en el interior del edificio, especialmente en climas cálidos.

Los requisitos mínimos de la envolvente del edificio en la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10[6] se basan en el rendimiento energético y varían según la zona climática. Por ejemplo, en regiones más frías, se pueden exigir valores de aislamiento más altos para reducir las pérdidas de calor, mientras que en áreas cálidas se pueden priorizar las estrategias para minimizar la ganancia de calor.

Para implementar con éxito los requisitos de la envolvente del edificio según la normativa, es crucial realizar cálculos detallados y análisis de diseño. Esto puede incluir evaluaciones de carga térmica para determinar los requisitos de aislamiento y la capacidad de los sistemas de calefacción y refrigeración, así como simulaciones energéticas para evaluar el rendimiento general del edificio.

La implementación adecuada también requiere una selección cuidadosa de materiales y técnicas de construcción, así como una supervisión durante la fase de construcción para garantizar que la envolvente se construya según las especificaciones del diseño y que se minimicen las infiltraciones de aire no deseadas.

Para calcular la pérdida de calor a través de una pared se utiliza la fórmula (1):

$$Q = U \times A \times \Delta T \quad (1)$$

donde:

Q, es la tasa de pérdida de calor, W.

U, es el coeficiente de transferencia de calor, $W/m^2 \cdot K$.

A, es el área de la pared, m^2 .

ΔT , es la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, K.

3.3 Ventilación, calefacción, aire acondicionado

La **HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado)** es un aspecto central en la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, ya que estos sistemas tienen un impacto significativo en la eficiencia energética y el confort interior de un edificio. La HVAC se encarga de mantener condiciones térmicas, de humedad y de calidad del aire adecuadas dentro del edificio, garantizando un ambiente confortable para los ocupantes.

Los parámetros clave que maneja la normativa en relación con la HVAC son:

3.3.1 *Eficiencia energética*

La normativa establece requisitos mínimos de **eficiencia** para los equipos de HVAC, como calderas, enfriadoras, bombas de calor y sistemas de aire acondicionado. Estos requisitos se basan en **coeficientes de rendimiento (COP)** y **eficiencia energética estacional (SEER)**.

3.3.2 *Controles y automatización*

Se exige la instalación de **sistemas de control avanzados** que optimicen el funcionamiento de la HVAC, ajustando la temperatura y la ventilación de acuerdo con la demanda real y las condiciones ambientales.

3.3.3 *Mantenimiento y operación*

La normativa establece requisitos para el **mantenimiento regular de los equipos** de HVAC, así como para la **formación del personal encargado** de operar estos sistemas, garantizando un funcionamiento eficiente a lo largo del tiempo.

3.3.4 Diseño de ductos y distribución de aire

Se especifican **requisitos para el diseño y la instalación de sistemas de distribución de aire**, como ductos y rejillas, para minimizar las pérdidas de energía y garantizar una distribución uniforme del aire acondicionado y la ventilación.

Los requisitos mínimos de la HVAC en la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 se basan en estándares de eficiencia energética y varían según el tipo de equipo y su capacidad. Por ejemplo, se pueden establecer requisitos de eficiencia mínima para calderas, sistemas de enfriamiento y equipos de tratamiento de aire.

La implementación de la HVAC conforme con la normativa requiere de un enfoque integrado, que tenga en cuenta el diseño del edificio, las condiciones climáticas locales y las necesidades específicas de los ocupantes. Se deben realizar cálculos detallados de carga térmica para determinar el tamaño adecuado de los equipos de HVAC y la capacidad del sistema de distribución de aire.

Además, es fundamental seleccionar equipos y componentes con eficiencia energética certificada por organismos reconocidos, como ENERGY STAR, y asegurarse de que la instalación y puesta en marcha se realicen correctamente para garantizar un funcionamiento óptimo.

El cumplimiento de la normativa también requiere un mantenimiento regular de los equipos de HVAC, incluyendo la limpieza de filtros, la lubricación de componentes móviles y la verificación de fugas de aire en los conductos. Asimismo, la formación del personal encargado de operar los sistemas de HVAC es crucial para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro.

HVAC es un aspecto clave regulado por la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, y su implementación adecuada es fundamental para garantizar la eficiencia energética y el confort interior en los edificios comerciales e industriales. El cumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa garantiza un funcionamiento óptimo de los

sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, lo que resulta en menores costos operativos y una menor huella ambiental.

Los requisitos mínimos se ajustan a la eficiencia en la carga mecánica del diseño (MLC) que incluye sistemas de enfriamiento, ventiladores, bombas y rechazo de calor y cumplimiento con las especificaciones de rendimiento y eficiencia de los equipos HVAC.

Para calcular los sistemas HVAC según la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, se utiliza el componente de **carga mecánica** (MLC) y el **componente de carga mecánica anualizada** (AMLC), conforme a las expresiones (2) y (3).

$$MLC = \frac{\text{Potencia de los equipos de TI (ITE) (kW)}}{\text{Potencia del sistema de enfriamiento (kW)}} \quad (2)$$

$$AMLC = \frac{\text{Energía anual de los equipos de TI (ITE) (kWh)}}{\text{Energía anual del sistema de enfriamiento (kWh)}} \quad (3)$$

De acuerdo a la normativa, los límites permitidos se muestran en las tablas 6.2.1.1 y 6.2.1.2. (ver anexos)

3.4 Sistemas eléctricos

La normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 proporciona pautas específicas para optimizar la eficiencia energética, mejorar la resiliencia y garantizar la seguridad eléctrica en los **sistemas eléctricos** de los CDP. Estos sistemas son esenciales para mantener el funcionamiento continuo de los equipos de tecnología de la información (TI) en los centros de datos, asegurando la disponibilidad y confiabilidad de los servicios digitales.

Los sistemas eléctricos en los CDP abarcan una variedad de componentes y dispositivos, desde la alimentación de energía hasta la distribución y protección de la misma. Algunos de los aspectos clave que aborda la normativa son:

3.4.1 Eficiencia energética

La normativa establece requisitos para la **eficiencia de los equipos eléctricos** utilizados en los CDP, como UPS (Sistemas de Alimentación Ininterrumpida),

transformadores y sistemas de distribución de energía. Estos requisitos se centran en reducir las pérdidas de energía y mejorar la eficiencia operativa de los equipos para minimizar el consumo de energía.

3.4.2 Resiliencia

Los sistemas eléctricos en los CDP deben diseñarse para **garantizar una alimentación eléctrica continua y confiable**, incluso en caso de fallos o interrupciones en la red eléctrica externa. Se exige la implementación de **sistemas redundantes**, como UPS y generadores de emergencia, así como la capacidad de conmutación automática para garantizar la continuidad del suministro eléctrico.

3.4.3 Seguridad eléctrica

La normativa establece requisitos para **garantizar la seguridad eléctrica** en los CDP, incluyendo la protección contra sobretensiones, cortocircuitos y otros riesgos eléctricos potenciales. Se requiere la instalación de dispositivos de protección adecuados, como interruptores de circuito y dispositivos de protección contra sobretensiones, así como el cumplimiento de las normativas de seguridad eléctrica aplicables.

3.4.4 Gestión de la energía

La normativa también aborda la **gestión activa de la energía** en los CDP, incluyendo la implementación de sistemas de monitorización y control de consumo eléctrico. Esto puede incluir la utilización de software de gestión de energía para optimizar la carga de trabajo y reducir la demanda de energía durante los periodos de baja actividad.

Los requisitos mínimos de los sistemas eléctricos en los CDP, según la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, se basan en estándares reconocidos y mejores prácticas de la industria. Estos requisitos están diseñados para garantizar un

funcionamiento eficiente y confiable de los sistemas eléctricos, minimizando el impacto ambiental y los costos operativos.

La implementación de los sistemas eléctricos en los CPD, de acuerdo con la normativa, requiere un enfoque integral que tenga en cuenta tanto los aspectos técnicos como los operativos. Es importante realizar cálculos de carga eléctrica para dimensionar adecuadamente los equipos y sistemas eléctricos, así como para diseñar una infraestructura de energía redundante y resiliente.

Los requisitos mínimos se enfocan en el segmento de **pérdida eléctrica** (ELC) incluyendo UPS y distribución ITE. Cumplimiento con las eficiencias de segmentos específicos, como transformadores y paneles de distribución.

Para calcular el componente de pérdida eléctrica del UPS se emplea la expresión (4).

$$ELC = \left(\frac{\text{Pérdida del segmento de servicio entrante}}{\text{Potencia del segmento de servicio entrante}} \right) + \left(\frac{\text{Perdida del UPS}}{\text{Potencia del UPS}} \right) + \left(\frac{\text{Pérdida del segmento de distribución ITE}}{\text{Potencia del segmento de distribución ITE}} \right) \quad (4)$$

La normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 para CDP establece valores mínimos de eficiencia para los componentes eléctricos, tal como lo muestra las Tabla 4 y 5.

Tabla 4

Componentes de pérdida eléctrica (ELC) máximos de diseño para cargas de TI inferiores a 100 kW

Segmento de ELC	Eficiencia Pérdida / Eficiencia (%)	Carga de Diseño IT del 50%	Carga de Diseño IT del 100%
Servicio de Entrada	15.0% / 85.0%	10.0% / 90.0%	11.0% / 89.0%
UPS	9.0% / 91.0%	15.0% / 85.0%	10.0% / 90.0%
Sistema de Distribución de ITE	5.0% / 95.0%	3.0% / 97.0%	4.0% / 96.0%

Nota. Componentes de pérdida eléctrica inferior a 100 kw.

Tabla 5

Componentes de pérdida eléctrica (ELC) máximos de diseño para cargas de TI igual o superior a 100 kW

Segmento de ELC	Eficiencia Pérdida / Eficiencia (%)	Carga de Diseño IT del 50%	Carga de Diseño IT del 100%
Servicio de Entrada	10.0% / 90.0%	10.0% / 90.0%	11.0% / 89.0%
UPS	15.0% / 85.0%	10.0% / 90.0%	10.0% / 90.0%
Sistema de Distribución de ITE	3.0% / 97.0%	4.0% / 96.0%	4.0% / 96.0%

Nota. Componentes de pérdida eléctrica superiores a 100 kW.

3.5 Iluminación

La normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 establece requisitos específicos para la iluminación en los CDP, reconociendo la importancia de la eficiencia energética y el confort visual en estos entornos críticos. La iluminación en los CDP no solo proporciona la luz necesaria para el funcionamiento seguro y eficiente del equipo, sino que también

contribuye al bienestar de los operadores y al rendimiento general.

Los aspectos clave que aborda la normativa en relación con la iluminación son:

3.5.1 Eficiencia energética

La normativa establece requisitos para la **eficiencia energética de las luminarias** utilizadas en los CDP, incluyendo la eficacia luminosa y el control de iluminación. Se promueve el uso de tecnologías de iluminación LED de alta eficiencia para minimizar el consumo de energía y reducir los costos operativos.

- **Distribución de la luz**

Se definen pautas para la **distribución uniforme de la luz** en todo el espacio del CDP, asegurando que no haya áreas mal iluminadas que puedan afectar la visibilidad o la seguridad. Esto puede incluir la instalación de luminarias direccionales o la disposición estratégica de las fuentes de luz para minimizar los puntos oscuros.

- **Control de iluminación**

La normativa requiere la implementación de **sistemas de control de iluminación** que permitan ajustar la intensidad y el horario de funcionamiento de las luminarias según la demanda y las condiciones ambientales. Se promueve el uso de sensores de movimiento, fotocélulas y sistemas de gestión de iluminación para maximizar la eficiencia energética.

- **Seguridad y fiabilidad**

Se establecen requisitos para la **seguridad y fiabilidad de las luminarias** utilizadas en los CDP, asegurando que cumplan con las normativas de seguridad eléctrica y que sean resistentes a condiciones ambientales adversas, como vibraciones o altas temperaturas.

Los requisitos mínimos de iluminación en los CDP, según la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-2016, se basan en estándares reconocidos y prácticas recomendadas por organizaciones como el **Illuminating Engineering Society (IES)**. Estos requisitos están diseñados para garantizar un nivel adecuado de iluminación para las tareas realizadas en el data center, así como para minimizar el consumo de energía

y los costos operativos asociados.

La implementación de los requisitos de iluminación en los CDP, según la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, requiere un diseño cuidadoso y una selección adecuada de luminarias y sistemas de control. Es importante realizar cálculos de diseño de iluminación para determinar la cantidad y disposición óptimas de las luminarias, así como para evaluar el impacto en el consumo de energía y la eficiencia operativa.

Además, se deben seguir las mejores prácticas de instalación y mantenimiento para garantizar un funcionamiento seguro y confiable de las luminarias en el CDP. Esto puede incluir la realización de pruebas periódicas, la limpieza regular de las luminarias y la sustitución de las lámparas defectuosas para mantener un nivel adecuado de iluminación en todo momento.

La implementación adecuada de estos requisitos es fundamental para garantizar un ambiente de trabajo seguro y productivo en los CDP, al tiempo que se minimiza el consumo de energía y los costos operativos.

Los requisitos mínimos de iluminación se basan en la **densidad de potencia de iluminación (LPD) específica** para cada tipo de espacio, uso de tecnologías de iluminación eficientes como LED y control de iluminación automático.

Para calcular la densidad de potencia de iluminación (LPD), se emplea la expresión (5).

$$LPD = \frac{P}{A} \quad (5)$$

donde:

P, es la potencia total de la iluminación instalada, W

A, es el área del espacio iluminado, m²

Capítulo cuatro

Evaluación multicriterial – resultados esperados

El presente capítulo se centra en la evaluación multicriterial entre los fundamentos de operación y mantenimiento de la dotación energética de data centers conforme a la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 y el estado actual del CDP de la empresa Nettplus. Esta evaluación busca determinar en qué medida el data center de Nettplus cumple con los estándares establecidos por la normativa, identificar áreas de mejora y proponer acciones correctivas para garantizar su conformidad.

Para llevar a cabo esta evaluación, se realizó una comparación exhaustiva entre los requisitos y criterios establecidos por la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 y las características y desempeño del data center de Nettplus.

4.1 Envoltente del CDP

El CDP actual es un cuarto cerrado, ubicado dentro de un edificio que no cumple con normativa específica para telecomunicaciones. La envoltente del edificio presenta varias deficiencias en términos de aislamiento térmico, infiltración de aire y control solar. La Tabla 6 destaca las deficiencias en la envoltente del edificio y proporciona una guía clara para implementar mejoras para cumplir con la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6.

Tabla 6

Estado de la envolvente del CDP en análisis

Aspecto	Requisito de la normativa	Estado actual del CDP	Cumple (Sí/No)	Soluciones propuestas
Aislamiento de paredes	Aislamiento adecuado según zona climática	Sin aislamiento	No	Agregar aislamiento adicional en las paredes internas. Utilizar materiales como espuma rígida o paneles aislantes.
Aislamiento de techo	Aislamiento adecuado según zona climática	Sin aislamiento	No	Mejorar el aislamiento del techo con materiales como lana mineral, espuma en spray o paneles de poliuretano.
Aislamiento de suelo	Aislamiento adecuado según zona climática	Sin aislamiento	No	Instalar aislamiento debajo del piso elevado, utilizando paneles aislantes o espuma en spray para reducir las pérdidas térmicas.
Control de infiltraciones	Barreras de aire continuas y sellos en puertas y ventanas	Contiene un sello en la puerta	Si	Implementar sellos adicionales en todas las juntas de puertas y ventanas.
Puertas y sellos	Puertas con sellos adecuados para evitar infiltraciones	No cuenta	No	Realizar pruebas de presión para identificar puntos de infiltración y sellarlos adecuadamente
Transparencia de ventanas	≤ 30% de la superficie de la Pared	Sin ventanas	No	Revisar y mejorar los sellos de todas las puertas.
Ventanas Operables	Limitadas o controladas para evitar pérdidas energéticas	Sin ventanas	Si	No se necesita implementar ventanas.
Protección solar	Sombras, persianas o películas para reducir carga Térmica	Data center aislado de la luz solar	No	Al ser un cuarto cerrado no se necesita aislarlo.

Nota. Tabla comparativa.

4.2 Sistemas eléctricos

La evaluación del estado actual del sistema eléctrico del CDP en análisis reveló que dos fases de alimentación eléctrica no están balanceadas, lo que genera una distribución desigual de carga y puede provocar ineficiencias y posibles fallas. Esta situación resulta en pérdidas energéticas significativas, aumento de los costos operativos y reducción de la eficiencia del sistema.

En lo que respecta a carga, el UPS del CDP tiene una capacidad de 15 kVA, que es aproximadamente equivalente a 15 kW (considerando un factor de potencia de 1). La potencia total de los equipos (ver expresión 6) conectados es de 9.79 kW, que es bien manejada por el UPS, ya que está por debajo de su capacidad máxima.

$$Pot_{Total} = P_{equipos\ borde} + P_{Servidores} + P_{ALT} \quad (6)$$

$$Pot_{Total} = 3.96kW + 5.5kW + 0.33kW$$

$$Pot_{Total} = 9.79kW$$

La Tabla 7 destaca las deficiencias en los sistemas eléctricos del CDP conforme la norma e identifica potenciales mejoras.

Tabla 7

Estado de los sistemas eléctricos del CDP en análisis

Aspecto	Requisitos de la normativa	Estado actual del CDP	Cumple (Sí/No)	Soluciones propuestas
Segmento de servicio Entrante	Eficiencia mínima del 90%	No posee transformador independiente	No	Instalar transformador independiente
Segmento del UPS	Eficiencia mínima del 90%	UPS adecuado para el data center	Si	Actualizar UPS de alta eficiencia
Segmento de distribución ITE	Eficiencia mínima del 95%	Cables eléctricos de 14 hilos	No	Mejorar el diseño de distribución con cables de baja pérdida
ELC total para IT < 100 kW	ELC máximo de 10.2% (100% carga), 11.4% (50% carga)	Sistema de dos fases desbalanceadas	No	Verificar y optimizar todos los componentes del sistema eléctrico
Pérdida en el segmento del UPS	≤ 15% para cargas ≥ 100 kW, ≤ 9% para cargas < 100 kW	Ups antiguos sin mantenimiento	No	Seleccionar UPS con menor pérdida y alta eficiencia
Pérdida en el segmento de distribución ITE	≤ 4% para cargas ≥ 100 kW, ≤ 5% para cargas < 100 kW	Cargas excesivas en una fase	No	Optimizar distribución eléctrica interna del centro de datos
Monitoreo y control	Sistemas de monitoreo de energía y control de eficiencia obligatorios	Sin sistemas de monitoreo	No	Implementar sistemas de monitoreo
Documentación de Cumplimiento	Documentación completa y precisa de todas las eficiencias y pérdidas	Sin documentación	No	Mantener registros detallados y actualizados

Nota. Tabla comparativa de estado actual versus normativa.

4.3 Sistema de iluminación

En el CDP actual la iluminación se proporciona mediante cuatro lámparas LED de 80 W cada una. Aunque las lámparas LED son eficientes en comparación con otras tecnologías de iluminación, es importante evaluar si cumplen con los requisitos de densidad de potencia de iluminación (LPD) establecidos por la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6 y si se pueden implementar mejoras adicionales para optimizar la eficiencia energética.

El LPD se determina a partir de la expresión (5), obteniendo un valor de $5.61 \frac{6}{m^2}$

La Tabla 8 destaca las deficiencias en la iluminación del CDP conforme la norma e identifica potenciales mejoras.

Tabla 8

Estado del sistema de iluminación del CDP en análisis

Aspecto	Requisito de la normativa	Estado actual del CDP	Cumple (Sí/No)	Soluciones propuestas
Densidad de potencia de iluminación (LPD)	≤ 10 W/m ² para salas de servidores	4 lámparas led de 80 w	Si	Optimizar diseño de iluminación
Control automático de iluminación	Sistemas de control automático (sensores de ocupación y luz natural) obligatorios	Posee sensores en el exterior de edificio localizados por zonas (No en el data center)	Si	Adicionar lámparas inteligentes de emergencia al data center
Tecnología de iluminación	Uso de tecnología eficiente como LEDs	Cuenta con 4 lámparas led	Si	Cuenta con lo requerido
Iluminación de emergencia	Iluminación de emergencia eficiente y de bajo consumo	No cuenta con eliminación de emergencia al interior del data center	No	Implementar sistemas de iluminación de emergencia eficientes
Distribución de luz	Diseño de iluminación que minimice sombras y maximice la eficiencia	La iluminación se encuentra de forma longitudinal en el data center	No	Rediseñar distribución de luminarias para una cobertura uniforme
Documentación de cumplimiento	Mantenimiento yreemplazo	Documentación completa y precisa de todas las luminarias y	controles Plan de	mantenimiento regular para

asegurar eficiencia continua	No cuenta con documentación de las luminarias	No	Mantener registros detallados y actualizados
	No cuenta con planes de regularización de eficiencia	No	Establecer un programa de mantenimiento regular de iluminación

Nota. Tabla comparativa de resultados.

4.4 Sistema HVAC

La evaluación del estado actual del HVAC en el CDP reveló que se utiliza un solo aire acondicionado Carrier, modelo 38CKC048-X5, para mantener la temperatura en una sala de 56.98 metros cuadrados. Aunque el equipo de aire acondicionado puede ser adecuado en términos de capacidad de enfriamiento, es crucial evaluar si cumple con los requisitos de eficiencia establecidos por la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6.

El componente de carga mecánica (MLC) y el componente de carga mecánica anualizada (AMLC) se calculan conforme a las expresiones (2) y (3).

El MLC calculado es de 1.43. Según la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, el valor máximo permitido para la zona climática 3A es 0.45. El valor calculado excede este límite significativamente, lo que indica una alta ineficiencia en el diseño del sistema de enfriamiento en relación con la carga de TI.

El AMLC calculado es también de 1.43. Según la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, el valor máximo permitido para la zona climática 3A es 0.33. Nuevamente, el valor calculado excede este límite por un amplio margen, lo que indica una ineficiencia significativa en el uso de energía anual del sistema de enfriamiento en comparación con la energía anual consumida por los equipos de TI.

HVAC no cumple con los requisitos de MLC y AMLC, ni con la eficiencia del sistema de enfriamiento. Se requieren actualizaciones significativas y mejoras en el control y mantenimiento. La Tabla 9 destaca las áreas de cumplimiento y las deficiencias en el sistema HVAC del centro de datos.

Tabla 9

Estado actual del sistema HVAC del CDP en análisis

SISTEMA DE HVAC				
Aspecto	Requisito de la normativa	Estado actual del CDP	Cumple (Sí/No)	Soluciones propuestas
MLC máximo de diseño (100% de carga)	0.45 (zona 3A)	Sin cálculos previos	No	Optimizar diseño y selección de equipos HVAC
MLC máximo de diseño (50% de carga)	0.47 (zona 3A)	Sin cálculos previos	No	Implementar estrategias de carga parcial eficiente
AMLC máximo de diseño (100% de carga)	0.33 (zona 3A)	Sin cálculos previos	No	Implementar controles avanzados y optimización de operación
AMLC máximo de diseño (50% de carga)	0.35 (zona 3A)	Sin cálculos previos	No	Mejorar el control de la eficiencia en cargas parciales
Eficiencia del Sistema de Enfriamiento	Cumplir con las eficiencias especificadas en la norma	Aire acondicionado	Si	El equipo que posee cumple con la función de enfriamiento
Eficiencia de Bombas y Ventiladores	Utilizar bombas y ventiladores con alta eficiencia y control de velocidad variable	No cuenta con bombas ni ventiladores	No	Instalar ventiladores y seleccionar bombas de alta eficiencia
Control de Temperatura y Humedad	Sistemas de control que mantengan las condiciones óptimas de temperatura y humedad	Cuenta con un termómetro incorporado en el set point del aire acondicionado	No	Implementar sistemas de control de precisión y monitoreo continuo
Economizadores	Uso de economizadores cuando sea posible para reducir el uso de energía mecánica	No cuenta con economizadores de energía mecánica	No	Instalar economizadores de aire y/o enfriamiento libre
Mantenimiento y Reemplazo	Plan de mantenimiento regular y actualización de equipos para mantener la eficiencia	No cuenta con plan de mantenimiento.	No	Establecer un programa de mantenimiento y reemplazo regular

Nota. Tabla comparativa de resultados.

Conclusiones

La norma ASHRAE 90.4-2016 "Energy Standard for Data Centers" tiene como punto objetivo el establecer requisitos mínimos de eficiencia energética para el diseño, la construcción y el funcionamiento de un CDP.

De acuerdo a la norma, los sistemas de iluminación deben ser eficientes energéticamente, por lo que se sugiere el empleo de tecnología LED, luces de emergencia y sistemas automáticos de encendido para garantizar la seguridad.

En lo que respecta a sistemas eléctricos, la norma enfatiza en el uso de UPS con eficiencia del 90% o superior, sistemas de monitoreo y gestión de la energía. También sugiere que exista un adecuado balanceo de cargas.

Para el sistema HVAC, la norma propone que exista aire acondicionado y sistemas de refrigeración, control de temperatura, incluyendo estrategias de ventilación.

En el marco de este trabajo se estableció que el CDP en análisis no cumple completamente con la normativa ANSI/ASHRAE 90.4-10|6, debido a la falta un adecuado diseño de: con inconformidades en el sistema eléctrico, sistema HVAC e iluminación.

Recomendaciones

Como resultado final del trabajo se ha establecido una serie de acciones que podrían mejorar el desempeño energético del CDP, cuya implementación dependerá de la planificación a corto, mediano y largo plazo de la empresa.

Referencias

- ASHRAE. (2019). *Plan Estratégico ASHRAE 2019-2024*. Recuperado 3 de noviembre de 2023, de <https://www.ashrae.org/about/ashrae-en-espa%C3%B1ol>
- BICSI. *ANSI/BICSI 002-2014 Óptimas prácticas de diseño e implementación del centro de datos*. (2014). Recuperado 18 de febrero de 2024, de <https://acortar.link/zKQPwA>
- Cowley, B. (2016). Consejos para diseñar y optimizar los centros de datos. Teachtarget, 1-20. <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/>
- Diaz, C. (2017). *Decisiones gerenciales para la optimización energética de un data center* [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada].
- Hammadi, A., & Mhamdi, L. (2014). A survey on architectures and energy efficiency in Data Center Networks. *Computer Communications*, 40 (1), 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2013.11.005>
- Marahatta, A., Chi, C., Kaixuan, J., Zhang, F., & Liu, Z. (2020). Energy Efficient Scheduling Based on Marginal Cost and Task Grouping in Data Centers. *ACM International Conference on Future Energy Systems*, 482-488. <https://doi.org/10.1145/3396851.3402657>
- Mejía, J. (2021). *Diseño de investigación del modelo de instalación eléctrica para un centro de datos de alta eficiencia energética, bajo el estándar ANSI TIA* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Muñoz, J. (2023). *Eficiencia energética en un data center*. Serveo. <https://serveo.com/eficiencia-energetica-data-center>
- NFPA. *Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo*. NFPA 70E. (2024). Recuperado 18 de febrero de 2024, de <https://www.nfpa.org/es/codes-and-standards/7/0/e/70e>
- PACIO, G. (2014). *Data centers hoy. Protección y administración de datos en la empresa*. Alfaomega.

Telecommunications Industry Association. TIA-942 Certification. (s. f.). TIA Online.

Recuperado 3 de noviembre de 2023, de <https://tiaonline.org/products-and-services/tia942certification/>

Apéndice

Apéndice A. Carga mecánica máxima de diseño Componente ELC

Climate Zones as listed in ASHRAE Standard 169	Dry Bulb ASHRAE °F (°C) (use for compliance)	Mean Coincident DB (use for compliance)	Design MLC at 100% and at 50% IT Load
1A	91.8 (33.2)	79.5/86.8	0.46
2A	97.2 (36.2)	79.3/88.2	0.48
3A	93.9 (34.4)	76.2/86.5	0.45
4A	94.0 (34.4)	76.8/86.5	0.45
5A	91.4 (33.0)	76.1/85.2	0.44
6A	90.9 (32.7)	74.9/84.3	0.43
1B	112.5 (44.7)	70.1/99.3	0.55
2B	110.3 (43.5)	75.2/95.8	0.53
3B	108.4 (42.4)	71.2/94.7	0.51
3B, coast	83.7 (28.7)	96.0/76.1	0.44
4B	95.3 (35.2)	64.5/81.3	0.46
5B	98.6 (37.0)	65.0/90.0	0.47
6B	92.9 (33.8)	59.2/77.5	0.47
3C	82.6 (28.1)	64.0/74.9	0.40
4C	85.3 (29.6)	64.8/78.8	0.42
5C	77.3 (25.2)	66.3/75.2	0.38
7	84.3 (29.1)	70.3/87.4	0.40
8	81.3 (27.4)	61.5/73.9	0.38

Nota. Valores del componente mecánico de acuerdo para las zonas climáticas

Apéndice B. Componente de carga mecánica máxima anual

Climate Zones as listed in ASHRAE Standard 169	HVAC maximum annualized MLC at 100% and at 50% ITE load
1A	0.36
1B	0.38
2A	0.35
3A	0.33
4A	0.33
5A	0.33
6A	0.32
2B	0.36
3B	0.35
3B-Coast	0.32
4B	0.36
5B	0.33
6B	0.34
3C	0.32
4C	0.32
5C	0.32
7	0.32
8	0.32

Nota. Valores del componente de carga mecánica máxima anualizada (AMLC).