

CIBERTIC 2025

Por CUDI

Congreso Internacional de Ciberseguridad,
Tecnologías, Innovación y Ciencia

19 - 22 MAYO

GUADALAJARA, MÉXICO

Hotel Barceló

Analysis of strategies in the implementation of Data Centers, an approach to the reduction of environmental impact.

Emilio Suárez Landa, Cindy Landa Hernández, Juan Carlos Jiménez Márquez, Erika Meneses Rico, Martha Elizabet Domínguez Bárcenas.

Universidad Veracruzana, México.

22 de mayo 2025

Análisis de estrategias en la implementación de data centers, un enfoque a la reducción del impacto ambiental.

Antecedentes

- Los Data Centers se definen de acuerdo con Galván (2013), como aquellas **ubicaciones donde se concentran todos los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización.**
- Para la implementación de los Data Centers, se pueden considerar los siguientes aspectos:
 - **Clasificación.**
 - **Estándares.**
 - **Normativas.**

Antecedentes

Uptime Institute (consorcio de empresas)

- Proporciona información para **cuantificar y calificar el rendimiento** de los Data Centers de manera independiente
- Propone una clasificación de los Data Center con base al termino **TIER (one of several layers or levels)**.
- Menciona que se debería considerar el **factor ecológico** dentro del diseño de los Data Centers, el cual es crucial en el **impacto ambiental**.

Antecedentes

NIVEL	DISPONIBILIDAD DE SERVICIO	TIEMPO DE INACTIVIDAD ANUAL APROX.
TIER I Capacidad básica (sin redundancia)	99.671 %	~28.8 horas
TIER II Componentes redundantes	99.741 %	~22 horas
TIER III Mantenimiento sin interrupciones	99.982 %	~1.6 horas
TIER IV Tolerante a fallas	99.995 %	~26.3 minutos

(Diaz, 2017)

Antecedentes

La huella de carbono es la **“Totalidad de gases de efecto invernadero provenientes, por efecto directo o indirecto, de la actividad de una organización.”** (Real Academia Española, 2014)

Microsoft incrementó sus emisiones en **un 29% desde 2020** y Google en **un 48% desde 2019**, debido al crecimiento de sus Data Centers. Graham (2024)

Antecedentes: Impacto ambiental

Se estima que el consumo del Data Center se aproxima a **1,0959 TWh**.

En promedio un hogar consume **3×10^{-8} TWh (0.00000003 TWh)**. (Olvera, 2022)

$$1.0959 \text{ TWh} \approx 36,530 \text{ TWh} / \text{Hogares} \\ 0.00000003 \text{ TWh}$$

CONSUMO DE DATA CENTER CONVENCIONAL

- Consumo de 1 data center
- Consumo de 36 mil hogares



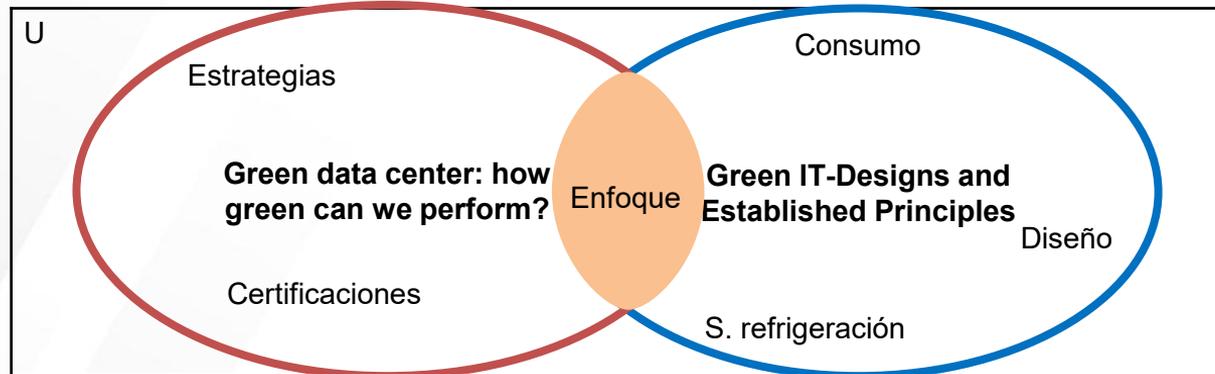
- De acuerdo con Nabil Taha (2023), se proyecta un crecimiento del **18%** en el sector **de Data Centers** para **este año 2025**.

Planteamiento del problema

- Los Data Centers **son responsables** del **4% de emisiones** de CO₂ cada año y se espera que esta cifra aumente hasta en un **14%** anual para el año 2040. (Daunert, 2023)
- El consumo de energía de los **Data Centers representa el 19%** del consumo total del sector TIC. (Fisher-Cox, 2019)
- En la implementación **se consideran estándares y normas**, las cuales **no considera** aspectos con enfoque al medio ambiental.

Planteamiento del problema

Se han propuesto diversas estrategias para la sostenibilidad de los Data Centers, sin embargo, **se encuentran dispersas y carecen de integración, ocasionado falta de directrices claras, para pequeñas empresas u organizaciones** que buscan implementar o actualizar sus Data Centers hacia un enfoque sostenible.



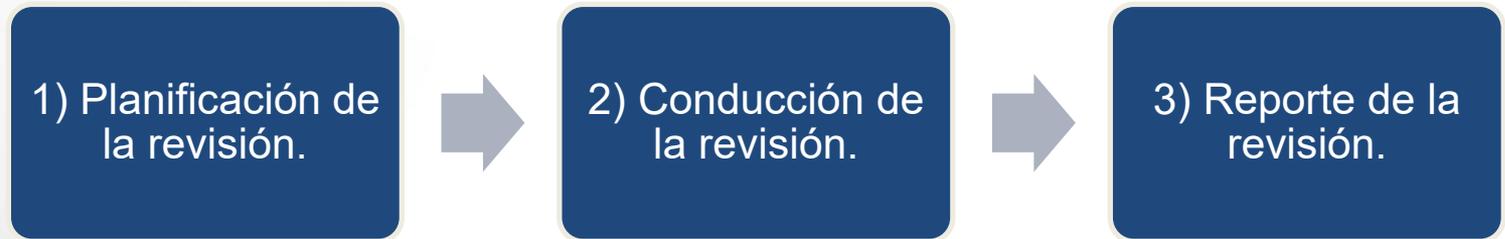
Método de la investigación

- Metodología de revisión de literatura multivocal (MLR) de Garousi et al. (2019).
- Para la estrategia de búsqueda se utilizó Quasi-Gold Standard propuesto por Zhang et al. (2011).

- **Cadena de búsqueda utilizada:**

(("DATA CENTER" OR "DATA CENTRE") NOT (RACK OR UI/UX OR COST)) AND ("CARBON FOOTPRINT") AND ("DESIGN" OR "SUSTAINABILITY" OR "STANDARD" OR "NORMATIVE" OR "PRACTICE" OR "STRATEGIES" OR "FACTOR") NOT (DASHBOARD)

Sensibilidad: **80%** y Precisión: **15.09%**



Pautas de una SLR de acuerdo con Kitchenham y Charters (2007).

Selección de estudios: Criterios inclusión y exclusión

<p>Criterios de inclusión</p>	<p>CI-1. Los artículos deben tener una antigüedad máxima de 5 años tomando como partida el año 2024.</p> <p>CI-2. Artículos disponibles en inglés.</p> <p>CI-3. El abstract debe tener indicios de respuesta a las preguntas de investigación.</p>
<p>Criterios de exclusión</p>	<p>CE-1. Artículos sin relación a los Data Centers.</p> <p>CE-2. No se consideran los artículos, si están limitados a aspectos solo regionales.</p> <p>CE-3. Artículos de clasificaciones exclusivas y/o propietarias.</p>

Selección de estudios: Gestión de la Calidad

La literatura gris **carece de un control de calidad formal** para los contenidos que son publicados, por esta razón, los investigadores deben asegurarse de la calidad de los datos que son seleccionados, Garousi et al. (2019) **propone una tabla de control.**

CRITERIOS DE TABLA DE CONTROL	PREGUNTAS
1.- Metodología.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Tiene la fuente un objetivo claramente establecido? • ¿La fuente tiene una metodología establecida? • ¿El trabajo se refiere a una población o caso en particular?
2.- Objetividad.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen intereses creados? • ¿Las conclusiones están respaldadas por datos?
3.- Fecha.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿El artículo tiene una fecha claramente establecida?
4.- Novedad.	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Enriquece o añade algo único a la investigación? • ¿Fortalece una posición actual?
5.- Tipo de salida.	<ul style="list-style-type: none"> • 1er nivel (Alta 1: Tesis, libros, revistas, etc.). • 2do nivel (Media 0.5: Informes, sitios web, videos, etc.). • 3er nivel (Baja 0: Blogs, presentaciones, tweets, etc.).

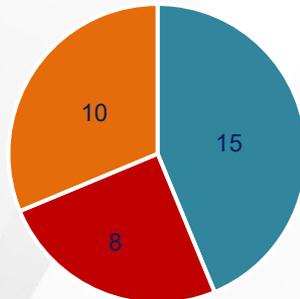
Selección de estudios: Criterios para la selección de estudios

CRITERIOS DE SELECCIÓN	
C1	No se tomaron en cuenta presentaciones.
C2	Si el texto ya se encontró en otra búsqueda, se descartó para evitar lecturas redundantes.
C3	El texto fue de libre acceso.
C4	El artículo cumple con la antigüedad establecida.
C5	El abstract o resumen, mostró indicios de responder alguna pregunta de investigación.
C6	Se realizó la lectura completa de artículo para dar respuesta a alguna pregunta de investigación.

Selección de estudios: Resultados

MOTOR DE BÚSQUEDA	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	CRITERIO 4	CRITERIO 5	GC	CRITERIO 6
IEEE XPLORE	53	53	53	51	19	---	15
ACM DIGITAL LIBRARY	30	28	24	20	10	---	8
GOOGLE SCHOLAR	91	86	74	67	17	10	10
SUMA TOTAL	174	167	151	138	46	---	33

NOTA: GC hace referencia al término, Gestión de la Calidad.



ARTÍCULOS
POR MOTOR DE
BÚSQUEDA

- IEEE
- ACM
- GOOGLE

TOTAL DE ARTÍCULOS

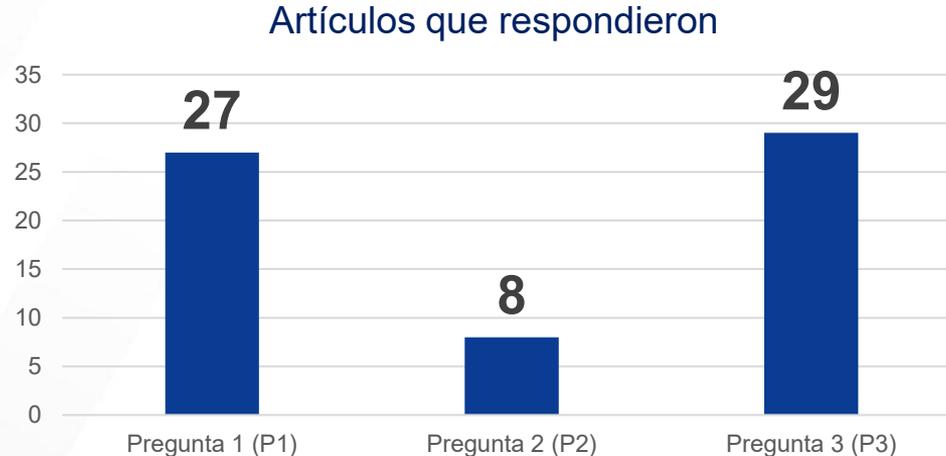
33

Extracción de datos: Plantilla de extracción

Datos Generales		N°: 3
Título:	Free cooling: A paradigm shift in data centers	
Autor(es):	Michael Pawlish, S. Varde Aparna	
Tipo de publicación:	Artículo	
Año:	2010	Fuente IEEE
Palabras claves:	Cooling, Humidity, Decision trees, Equations, Servers, Buildings, Case based reasoning, Decision support systems, Decision trees, Free cooling, Green computing, Sustainability	
Abstract		
<p>The crossroads of sustainable development and data centers are examined due to the growing demand for electricity, and the increasing size of the carbon footprint of data centers worldwide. Free cooling involves using the natural climate to cool the data center as opposed to the more traditional method of using conventional systems such as air-conditioning. In our research, we consider retrofitting a data center as a complex decision-making problem. Case based reasoning and decision trees are two widely used techniques in the area of decision support. We propose to employ these two techniques in the framework of sustainable development to assist decision makers in the evolving design of data centers, with specific reference to free cooling.</p>		
Cita		
<p>M. Pawlish and S. V. Aparna, "Free cooling: A paradigm shift in data centers," 2010 Fifth International Conference on Information and Automation for Sustainability, Colombo, Sri Lanka, 2010, pp. 347-352, doi: 10.1109/ICIAFS.2010.5715685.</p>		
Datos específicos		
<p>Pregunta 1. ¿Cuáles son los factores que influyen en mayor medida al aumento de la huella de carbono en la implementación de data centers?</p>		
<p>Data centers represent a growing 2% of total worldwide energy usage, and the resulting carbon footprint.</p>		
<p>Pregunta 2. ¿Cómo los estándares y normativas identificados en la implementación de data centers, se relacionan directamente a la disminución de la huella de carbono?</p>		

Extracción de datos: Resultados de la extracción

- P1) ¿Cuáles son los factores que influyen en mayor medida al aumento de la huella de carbono en la implementación de Data Centers?
- P2) ¿Cómo los estándares y normativas identificados en la implementación de Data Centers, se relacionan directamente a la disminución de la huella de carbono?
- P3) ¿Cuáles son las estrategias de diseño más efectivas para reducir las emisiones de carbono en los Data Centers?



Síntesis de datos

- Según Popay et al. (2006) en su documento “*Guidance on the Conduct of Narrative Synthesis in Systematic Reviews*”, la síntesis narrativa (descriptiva) **es un proceso que utiliza texto para resumir y explicar los hallazgos de estudios.**
- La elaboración de esta síntesis narrativa en una MLR **permite integrar diferentes perspectivas**, facilitando la comprensión, la conexión entre los datos cualitativos y integrar puntos de vista.

Hallazgos: Pregunta 1

27 artículos responden a **¿Cuáles son los factores que influyen en mayor medida al aumento de la huella de carbono en la implementación de Data Centers?**

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Consumo energético	Los Data Centers consumen el 3% de la electricidad mundial y hasta el 1% del consumo global de energía . (Kurra, 2023; Emmanuel, 2020)
Deficiencia de los sistemas de enfriamiento	La refrigeración en Data Centers representa hasta el 50% del consumo energético total. (Josten, 2022)
Dependencia de energía convencionales	La dependencia de combustibles fósiles en los Data Centers contribuye al 1% del consumo eléctrico global y al 0.3% de las emisiones de carbono . (Kasture, 2024)
Ubicación y condiciones ambientales	Las migraciones de carga entre regiones permiten reducir las emisiones de efecto invernadero en un 23% , optimizando el uso de energía renovable. (Thomas, 2017)
Infraestructura y el diseño del hardware	El diseño de servidores ecológicos debe considerar todo el ciclo de vida para mejorar la sostenibilidad . (Meza, 2010)

Hallazgos: Pregunta 2

8 artículos responden a **¿Qué estándares y normativas identificados en la implementación de Data Centers, se relacionan directamente a la disminución de la huella de carbono?**

ESTÁNDARES Y NORMATIVAS	PRINCIPALES APORTACIONES
IEEE 1100	Directrices para la protección y coordinación de sistemas de energía eléctrica en Data Centers.
ISO/IEC 22237	Estandariza la eficiencia energética y sustentabilidad de los Data Centers.
ASHRAE 90.4	Mejora la eficiencia en refrigeración y consumo eléctrico en Data Centers.
Uptime Institute (2020)	Resalta la importancia del enfriamiento por aire y la densidad de potencia en racks de 8.4 kW.
Software Carbon Intensity (SCI)	Marco para evaluar la eficiencia de carbono mediante métricas como PUE (Eficiencia del Uso de la Energía) y CUE (Eficiencia del Uso de Carbono).

Hallazgos: Pregunta 3

29 artículos responden a **¿Cuáles son las estrategias de diseño más efectivas para reducir las emisiones de carbono en los Data Centers?**

ESTRATEGIAS	BENEFICIOS
Optimización del espacio y eficiencia energética	Implementación de sistemas de contención de aire frío (CACS) y caliente (HACS) para mejorar la ventilación y reducir el consumo energético. (DatacenterDynamics, 2022)
Uso de energías renovables	Reducción del 40% en la huella de carbono en los Data Centers de Facebook en Dinamarca y Suecia al usar energía solar, eólica e hidroeléctrica . (IRENA, 2022)
Diseño modular y escalable	Data Centers submarinos mejoran la eficiencia térmica y reducen el consumo energético. (Hemasri, 2024)
Gestión del calor	Los sistemas HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) deben operar entre 17°C y 24°C y controlar la humedad entre 30% y 50% para garantizar eficiencia según los estándares. (ANSI/TIA-942)
Cableado estructurado	Utilizando fibra óptica multimodo (OM3, OM4, OM5) y monomodo (OS1, OS2), mejora la conectividad , reduce el consumo energético. (ANSI/TIA-942)

Conclusiones

La revisión de los **33 estudios** sobre Data Centers resalta factores clave que contribuyen al impacto en la huella de carbono, como:

- El consumo energético en los Data Centers es el principal responsable de las emisiones de CO₂, debido a su alto requerimiento de energía.
- Los sistemas de refrigeración representan una parte significativa del consumo energético, llegando a utilizar hasta el 40% del total. (Pawlish & Aparna, 2010)
- La dependencia de fuentes no renovables incrementa considerablemente la huella de carbono del Data Center.
- La ubicación de un Data Center en zonas de clima cálido exige un mayor consumo de energía para refrigeración.

Conclusiones

- Identificación del ANSI/TIA-942 y la ISO/IEC 22237 como referencias fundamentales para la implementación eficiente y sostenible de Data Centers.
- Garantizar la eficiencia del hardware mediante certificaciones como ENERGY STAR o EPEAT para mitigar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de los equipos
- Priorización del uso de energías renovables y la optimización de los sistemas de enfriamiento para minimizar el impacto ambiental.
- Ampliación de estudios sobre el impacto de la clasificación TIER I en pequeñas empresas, con el objetivo de establecer guías prácticas adaptadas a sus necesidades específicas.
- Impulsar líneas de investigación enfocada en el diseño innovador de Data Centers, incorporando avances tecnológicos y criterios de sostenibilidad.

Trabajos futuros

- Evaluar el impacto de la inteligencia artificial para optimizar el consumo energético en Data Centers.
- La realización de una guía de sugerencias para la implementación de Data Centers sostenibles.
- Considerar herramientas de código abierto, que permitan calcular la huella de carbono en un Data Center.
- Propuesta de arquitectura de dispositivo IoT para la mejora de la gestión térmica y energética de los Data Centers.
- Diseñar simuladores virtuales educativos para que estudiantes puedan aprender a operar y diseñar Data Centers sostenibles.
- Análisis de costo comparativo en la implementación de Data Centers tradicional y Data Centers sostenibles.

Referencias bibliográficas

- A. T. N. (18 de Febrero de 2022). atn. Disponibilidad y redundancia, dos factores clave en el centro de datos: <https://atn.com.mx/blog/disponibilidad-y-redundancia-en-el-centro-de-datos/>
- ADCKRONE. (s.f.). Referencia técnica Diseño de un centro de datos optimizado. ADCKRONE. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://bracamontedatcenters.weebly.com/uploads/2/5/1/7/2517806/referencia_tecnica.pdf
- Alcalá, R. G. (24 de Octubre de 2022). GACETA UNAM. Cambio climático: un grave problema de la humanidad(5,433).
- Asociación de Industria de Telecomunicaciones. (2005). Estándar de infraestructura de telecomunicaciones para centros de datos. Telecommunications Industry Association.
- Bilbao Mendieta, L. O. (2022). Ficha sector. Data Centers en México 2022. ICEX España Exportación e Inversiones.
- BSI Group. (s.f.). ¿Qué es una norma? -Ventajas y Beneficios para su uso. <https://www.bsigroup.com/es-MX/normas/Informacion-acerca-de-las-normas-/Que-es-una-norma/>
- Cambridge.org. (s.f.). Tier.
- Cibernetica y Electronica S.A de C.V. (s.f.). Cibernetica y Electronica S.A de C.V. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.adder.com.mx/pub/pdf/soluciones/datacenters/ADDER_Infraestructura_Data_Centers.pdf
- Cisco. (26 de Febrero de 2019). CISCO. ¿Qué es un centro de datos?: https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html
- Cloudscene. (s.f.). Cloudscene. <https://cloudscene.com/region/datacenters-in-europe>
- DatacenterDynamics . (08 de Septiembre de 2022). DCD. Estrategias para equilibrar la eficiencia energética del Data Center ante el aumento de la demanda y la implantación de nuevas tecnologías: <https://www.datacenterdynamics.com/es/features/estrategias-para-equilibrar-la-eficiencia-energ%C3%A9tica-del-data-center-ante-el-aumento-de-la-demanda-y-la-implantaci%C3%B3n-de-nuevas-tecnolog%C3%ADas/>
- Daunert, H. (19 de Mayo de 2023). ¿Cómo lograr Data Centers sostenibles y rentables? (E. DCD, Entrevistador)
- Deloitte. (14 de Diciembre de 2021). Deloitte. Qué son los criterios ESG y para qué sirven: <https://www2.deloitte.com/es/es/blog/sostenibilidad-deloitte/2021/que-son-criterios-esg-para-que-sirven.html>

CIBERTIC²⁰₂₅

Por CUDI

Congreso Internacional de Ciberseguridad,
Tecnologías, Innovación y Ciencia

19 - 22 MAYO

GUADALAJARA, MÉXICO

Hotel Barceló

www.cibertix.mx

Emilio Suárez Landa (zs20017815@estudiantes.com.mx)

Juan Carlos Jiménez Márquez (jjimenez@uv.mx)