

# Metodología para la evaluación de elementos electromecánicos de infraestructura crítica para centros de datos en la administración Pública Federal. Caso de estudio: Entidad de la Administración Pública Federal

Jorge Moisés Cibrián De Gante<sup>1</sup>, Rómulo Hernández Ferrer<sup>1</sup> y Víctor Hugo Ramírez Acosta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Posgrado CIATEQ, A.C., Av. Del retablo No. 150, Col. Constituyentes Fovissste, Querétaro, jorge.cibrian.18@gmail.com ; rhernand@ciateq.mx ; victor.ramirez@ciateq.mx

## Resumen

La creciente inquietud de instituciones y gobiernos en torno a la resiliencia de la infraestructura crítica electromecánica que brinda servicio a los centros de datos resalta que el propósito de lograr una disponibilidad constante sigue presentando desafíos considerables, especialmente en lo que concierne al panorama de la industria en su conjunto. Es necesario que la infraestructura crítica electromecánica sea redundante para garantizar la disponibilidad de la información y aplicativos institucionales, así como evitar pérdidas de información que afecten los procesos organizacionales. Actualmente no hay una guía para atender los elementos normativos con los que debe contar un centro de datos de alta disponibilidad Tier II, a menos que se pague a una institución certificadora para hacer una auditoría y obtener una certificación. La finalidad de este proyecto es realizar una metodología de evaluación de elementos electromecánicos de infraestructura crítica para centros de datos de alta disponibilidad a fin de conocer el nivel de cumplimiento contra los estándares nacionales e internacionales que permita detectar las áreas de oportunidad para plantear proyectos y acciones de mejora que incrementen el nivel de disponibilidad del centro de datos y que permitan administrar los riesgos de incidencias de la infraestructura. Esta metodología fue aplicada a un caso de estudio de una entidad de la administración pública federal que determinó el nivel de disponibilidad Tier del centro de datos, teniendo como resultado la propuesta de implementación de un proyecto para cumplir con los requerimientos técnicos mínimos del marco de gestión de seguridad de la información para instituciones de la administración pública federal. Esta metodología servirá para cualquier tipo de industria o institución que requiera hacer una evaluación propia de sus instalaciones y que no tenga el presupuesto requerido para conocer la disponibilidad de su centro de datos.

**Palabras clave**— Centro de datos, elementos electromecánicos, infraestructura crítica, metodología evaluación, topología Tier

## Abstract

The growing concern of institutions and governments regarding the resilience of critical electromechanical infrastructure emphasizes that the goal of achieving constant availability continues to pose significant challenges, especially in the context of the industry as a whole. It is essential for the electromechanical critical infrastructure serving the data center to be redundant to ensure the availability of institutional information and applications, preventing information losses that could impact organizational processes. Currently, there is no guide to address the regulatory elements that a Tier II high-availability data center should have, unless payment is made to a certifying institution to conduct an audit and obtain certification. The purpose of this project is to develop a methodology for assessing the electromechanical critical infrastructure of high-availability data centers to determine the level of compliance with national and international standards identifying areas of opportunity to propose projects and improvement actions that increase the level of data center availability and enable the management of infrastructure incident risks. This methodology was applied in a case study within a federal public administration entity, determining the Tier availability level of the data center. The outcome led to a proposal for implementing a project aimed at meeting the minimum technical requirements outlined in the Information Security Management Framework for federal public administration institutions. This methodology will be applicable to any industry or institution requiring an independent evaluation of its facilities, particularly for those lacking the budget required to assess the availability of their data center.

**Keywords**— Critical infrastructure, data center, electromechanical elements, methodology evaluation, Tier topology

## I. INTRODUCCIÓN

Un centro de datos es fundamental para las operaciones de Tecnología de la Información (TI) de una empresa. Es un recinto destinado a la gestión de la información de los sistemas esenciales de la organización, en el que se aloja, procesa y distribuye la información de los diferentes procesos. Hoy en día, los centros de datos se han convertido en una base crítica para el desarrollo socio-económico de los países ya que, gracias a estos, la integración de los sistemas informáticos y su comunicación con los usuarios permiten enlaces a nivel global.

Se denomina centro de proceso de datos (CPD) o centro de

datos (CD) a aquella ubicación donde se concentran todos los recursos necesarios para el procesamiento de la información de una organización [1].

Otra definición más específica de un centro de datos menciona que es un edificio o parte de un edificio cuya función primaria es albergar un cuarto de cómputo y sus áreas de soporte tales como oficinas, salas de TI, acometidas y cuartos eléctricos, mecánicos, centro de operaciones, almacén y recepción de materiales, preparación de equipos. [2]

Un centro de datos es la instalación física que hace posible la informática empresarial, y aloja lo siguiente:

- Infraestructura electromecánica crítica como son: alimentación ininterrumpible, subestaciones eléctricas, generadores de emergencia, aire acondicionado de precisión y dispositivos de refrigeración
- Sistemas informáticos que son conjuntos organizados de hardware y software que las empresas utilizan para gestionar y ejecutar sus operaciones de manera eficiente y efectiva.
- Infraestructura de comunicaciones, servidores, redes y el hardware necesario para asegurar la conexión permanente de los sistemas informáticos

Estos centros de datos a fin de brindar un servicio continuo deben de tener una infraestructura crítica que soporte la operación de estos las 24 horas los 365 días.

Los componentes del centro de datos requieren una importante infraestructura electromecánica para soportar el hardware y software del centro. Entre estos, se incluye el sistema de alimentación principal como subestaciones en alta, media y baja tensión fuentes de alimentación ininterrumpidas (UPS), sistemas de extracción de aire, sistemas de refrigeración, sistemas de supresión de incendios, generadores de emergencia, transferencias eléctricas automáticas y estáticas (ATS y STS).

## II. COMPONENTES CRÍTICOS DE UN CENTRO DE DATOS

Los componentes del centro de datos requieren una importante infraestructura electromecánica para soportar el hardware y software del centro [3]. Parte del objetivo de este trabajo tiene como finalidad evaluar estos componentes desde el punto de vista de las normativas internacionales y conocer el nivel de disponibilidad que se tienen en los centros de datos. La infraestructura electromecánica crítica que brinda servicio a los centros de datos es la siguiente:

- Subestaciones eléctricas en alta, media y baja tensión
- Plantas de emergencias o generadores
- Tableros de paralelismo y sincronía
- UPS'S
- Transferencias ATS, STS
- HVAC de precisión [4]

## III. CERTIFICACIONES DE CENTRO DE DATOS

En su definición más general, los estándares internacionales son referencias, producto de la documentación de la experiencia de diferentes organizaciones y son algunas veces para uso interno, otras para uso de un grupo de personas, un grupo de compañías o una industria en particular. Establecer estándares internacionales ayudan a resolver problemas que surgen cuando varios grupos se reúnen, cada uno con una amplia base de usuarios haciendo alguna cosa bien establecida, que entre ellos es mutuamente incompatible.

Existen una gran variedad de organizaciones que emiten periódicamente nuevos estándares para la edificación de centros de cómputos. Las principales organizaciones como International Computer Room Experts Association (ICREA), American National Standards Institute (ANSI), Telecommunications Industries Association (TIA), UpTime Institute, Building Industry Consulting Service International

(BICSI), Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) entre otras, también hay que tener en cuenta la necesidad de conocer los estándares internacionales que sigue el proveedor, así como las buenas prácticas a nivel de seguridad y certificaciones que posea ver Tabla I [5], [6], [7].

TABLA I  
REQUERIMIENTOS TIER

	Tier 1	Tier 2	Tier 3	Tier 4
Componentes de capacidad mínima para soportar la Carga de TI	N	N+1	N+1	N ante fallas
Redes de distribución: red troncal de energía eléctrica	1	1	1 activo + 1 reserva	2 activos simultáneamente
Distribución de energía crítica	1	1	2 activos simultáneamente	2 activos simultáneamente
Concurrentemente Mantenable	NO	NO	SI	SI
Toerante a fallos	NO	NO	NO	SI
Refrigeracion continua	NO	NO	NO	SI

El diseño del centro de datos debe estar basado en estándares para un óptimo funcionamiento, administración y excelente mantenimiento, para lo cual el planteamiento debe seguir como mínimo las siguientes normas y recomendaciones: norma ICREA Std-131-2019, estándar TIA STD-942, norma NMX-J-C-I-489-ANCE-ONNCE-NYCE-2021 e infraestructura para centros de datos Tier standard: topología (UpTime Institute) ver Tabla I [8], [9].

## IV. NORMATIVIDAD APLICABLE A CENTROS DE DATOS DE ENTIDADES DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA FEDERAL

El acuerdo para las instituciones de la administración pública federal (APF) publicado en el diario oficial de la federación el 06 de septiembre del 2021 establece un marco de gestión de seguridad de la información (MGSI): confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información generada, recibida, procesada, almacenada y compartida por dichas Instituciones.

Para el rubro de centro de datos, se deberá dar cumplimiento a 7 controles mínimos, y entre ellos se encuentra el control número 6 que establece “Todo centro de datos deberá cumplir en su diseño, estructura, desempeño, fiabilidad y medidas de seguridad equivalentes, como mínimo, el equivalente al estándar Tier II”. Derivado de lo anterior, las instituciones de la Administración Pública Federal, deberán dar cumplimiento a la lista de verificación del estándar Tier II que se describe en el módulo de la Implementación del MGSI en el rubro de centro de datos

## V. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para muchas organizaciones debería ser de vital importancia tomar en cuenta las medidas respectivas para la implementación de un centro de datos donde los elementos electromecánicos de infraestructura crítica tengan una alta disponibilidad. Pero ¿Qué estándares y regulaciones clave serían los más adecuados para evaluar un centro de datos de alta disponibilidad, para garantizar la continuidad del sistema y la preservación de la

integridad y funcionalidad de los equipos de TI? ¿Cuál sería la metodología para evaluar la alta disponibilidad, apoyándose en los estándares y regulaciones previamente establecidos, con el fin de conocer el nivel de disponibilidad de la infraestructura crítica electromecánica de un centro de datos?

Derivado de los resultados de una encuesta realizada a través del portal del Instituto Nacional de Acceso a la Información (INAI) aplicado a instituciones de un segmento de la Administración Pública Federal, se identificó que el 68% de las instituciones encuestadas presentan una problemática común: La interrupción total o parcial de los procesos de TI derivado de la falta de disponibilidad o ausencia de los elementos electromecánicos críticos que afectan la operación del centro de datos.

Son varios los factores que causan esta problemática, pero la causa raíz se debe a que sus centros de datos no cumplen en su diseño, estructura, desempeño, fiabilidad y medidas de seguridad equivalentes, como mínimo, el equivalente al estándar Tier II (componentes y dispositivos electromecánicos sin capacidad redundante).

## VI. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Diseñar una metodología de evaluación de los elementos electromecánicos de infraestructura crítica de centros de datos de alta disponibilidad Tier II, alineado a los estándares nacionales e internacionales aplicable a un caso de estudio de una entidad de la Administración Pública Federal.

El resultado de la metodología de evaluación le permitirá a la entidad conocer el nivel de cumplimiento de los elementos electromecánicos de infraestructura crítica contra los estándares nacionales e internacionales, permitiendo identificar sus áreas de oportunidad para planificar acciones de mejora que incrementen el nivel de disponibilidad del centro de datos administrando el riesgo de incidentes de la infraestructura.

## VII. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio propuesto se dividirá en tres enfoques: una investigación de tipo bibliográfico, otra mediante una encuesta y el último de campo. La investigación de naturaleza bibliográfica tiene como objetivo recopilar toda la información esencial referente a los elementos de estudio fundamentales para el proyecto [10]. En esta fase, se analizarán las normativas, estándares y tecnologías establecidas para la implementación y la integración de centros de datos de alta disponibilidad, el resultado de esta investigación ayudará a definir claramente los requerimientos técnicos mínimos con las que debe contar un centro de datos tipo Tier II o superiores.

La manera en que se obtendrán las experiencias y conocimientos relacionados al caso de estudio y a la metodología diseñada será mediante la aplicación de una encuesta. En el contexto de la investigación cuantitativa, una encuesta es un procedimiento en el que el investigador reúne información utilizando un cuestionario previamente diseñado, sin alterar el entorno o el fenómeno en el que se recopila la información. Los resultados se presentan de diversas formas, como trípticos, gráficos, tablas o escritos. Los datos se obtienen

mediante una serie de preguntas estandarizadas dirigidas a una muestra representativa.

Por otro lado, la investigación de campo se empleará para llevar a cabo un análisis exhaustivo de los elementos electromecánicos de infraestructura crítica actual de un centro de datos en un caso de estudio de la Administración Pública Federal. Asimismo, se utilizará la metodología diseñada para evaluar el equipo tecnológico en uso evaluando contra los estándares internacionales investigados y finalmente, para recolectar información que proviene de las experiencias y opiniones del personal gerencial y técnico de la empresa.

La investigación de campo es un proceso metódico, riguroso y lógico de recopilación, análisis y presentación de datos, fundamentado en una estrategia de recolección directa de información de la realidad, esencial para el desarrollo de la investigación.

Este tipo de investigación está influenciado por el lugar en el que se lleva a cabo, ya que se realiza en el mismo entorno donde los eventos ocurren. En el contexto de nuestro estudio, esto se refiere a la ubicación del centro de datos en las instalaciones de las oficinas centrales de la institución, situadas en la ciudad de Querétaro en el centro del país.

## VIII. APLICACIÓN DE ENCUESTA

En esta investigación aplicaremos una encuesta descriptiva que tienen como objetivo registrar o documentar las actitudes o condiciones actuales en centros de datos. Su propósito es describir la situación en la que se encuentra una población específica en el momento en que se lleva a cabo la encuesta.

Se realizó una encuesta a través del INAI en la plataforma nacional de transparencia a 317 instituciones de la Administración Pública Federal, que de acuerdo a la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Federal, fueron atendidas todas las solicitudes de información presentadas a través del Portal Nacional de Transparencia, donde se les envió un cuestionario técnico con un total de 24 preguntas con base a los estándares indicados en las normas ICREA Std-131-2019 y UpTime Institute Tier standard: topología, para identificar si es de su conocimiento las normatividades nacionales e internacionales que regulan la administración, operación y mantenimiento de los centros de datos, si cuentan con alguna certificación y/o si conocen el nivel de disponibilidad de sus centros.

En la Fig. 1 se puede observar que el 91% de los encuestados su centro de datos no cuenta con ninguna certificación a pesar de que la mayoría de los encargados de la operación y mantenimiento de estos conocen las normatividades y regulaciones como se observa en la Fig. 2 Como se puede observar en la Fig. 4 más del 70% de los encuestados operan y mantienen sus centros de datos sin ningún tipo de normatividad, regulación y certificación esto debido a que para algunas organizaciones estas certificaciones son muy costosas y dependen de que área específica se desea evaluar en el centro de datos, estas empresas operan sin ninguna certificación y por ende no utilizan las mejores prácticas poniendo en riesgo sus operaciones. Algunas de estas certificaciones más importantes son la ICREA, UpTime Institute, TIA-942

¿El centro de datos que operas tiene alguna certificación?

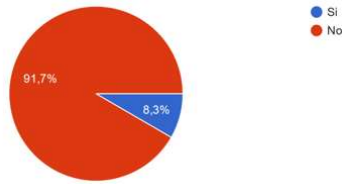


Fig. 1. Certificación centros de datos

¿Conoces las normativas nacionales o internacionales que regulan los centros de datos?

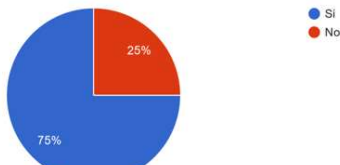


Fig. 2. Normas centros de datos

¿Conoces cuánto cuesta una certificación nacional o internacional para centro de datos?

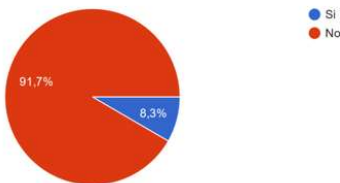


Fig. 3. Costo certificación centro de datos

¿Utilizas alguna normativa nacional o internacional para operar y mantener tu centro de datos ?

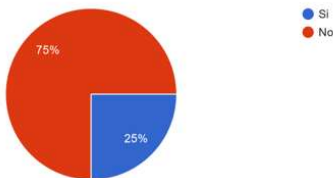


Fig. 4. Utilización normas centros de datos

¿Los sistemas que operas en el centro de datos tienen redundancia N+1?

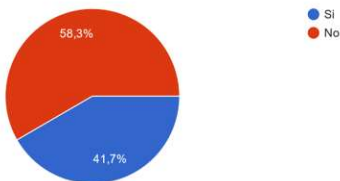


Fig. 5. Redundancia N+1 centro de datos

¿Los sistemas que operas en el centro de datos tienen redundancia 2N?

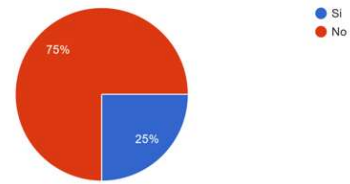


Fig. 6. Redundancia 2N centro de datos

¿Los sistemas que operas en el centro de datos tienen redundancia 2(N+1)?

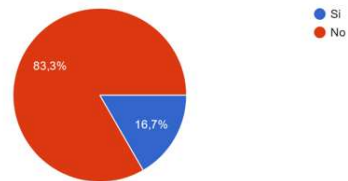


Fig. 7. Redundancia 2(N+1) centro de datos

De acuerdo a los resultados de la encuesta relacionado a los niveles de redundancia de los centros de datos la mayor parte de estos solo cuentan con un nivel básico “N” lo cual indica que, en caso de alguna falla en los elementos electromecánicos de infraestructura crítica o interrupción planeada, los usuarios, así como los procesos de TI se ven afectados. Este nivel de redundancia corresponde a un Tier I. Como se ve en las Fig. 5, 6 y 7 la mayoría no cuenta con redundancias N+1, 2N y 2(N+1).

¿Cuál ha sido la principal causa de interrupción en tu centro de datos ?

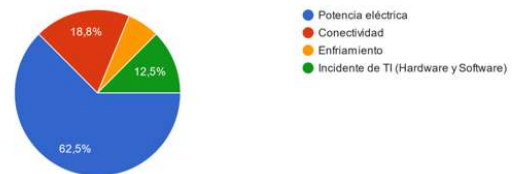


Fig. 8. Principales causas de Interrupciones

Como se observa en la Fig. 8 la principal causa de interrupciones en los centros de datos de los encuestados es debido a problemas con las alimentaciones eléctricas lo cual tiene coincidencia con la encuesta global del UpTime Institute de los últimos 3 años [11], [12], [13]. Estas fallas se deben a que los sistemas no son redundantes, no tienen la infraestructura necesaria para afrontar cortes de energía, ya que si estos sistemas estuvieran certificados el impacto sería menor al conocer las mejores prácticas y los sistemas necesarios para afrontar estas condiciones de falla. Esta es una de las principales razones de este estudio, apoyar a las instituciones que se encuentran en esta condición y no puedan pagar una certificación para conocer su nivel de disponibilidad, sus áreas de oportunidad y de mejora, así como los equipos necesarios para poder estar en el estándar de cumplimiento de alta disponibilidad requerido para el tipo de organización

IX. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Normalmente la metodología de evaluación de los centros de datos se debe de hacer conforme a la referencia o normatividad que se desea cumplir y esto depende de la decisión de los directivos de cada empresa y de las exigencias de los clientes, en este caso se diseñó una metodología de evaluación conforme a las diferentes normatividades aplicables para evaluar puntos en común y puntos adicionales que no se incluyen en cada normatividad, para esto se realizó una evaluación mediante un cuestionario técnico que se aplicó a un caso de estudio de una Entidad de la Administración Pública Federal.

X. EVALUACIÓN DE CUESTIONARIO TÉCNICO

Para el desarrollo y aplicación del cuestionario técnico con base a las normas ICREA Std-131-2019, estándar TIA-942, norma NMX-J-C-I-489-ANCE-ONNCE-NYCE-2021 e infraestructura para centros de datos Tier standard: topología (UpTime Institute), se realiza mediante una hoja de Excel habilitada con macros ver Fig. 9, donde se encuentran 124 reactivos los cuales dependiendo de la cantidad de respuestas aplicables determinaremos el nivel de disponibilidad del centro de datos ver Tabla II.

TABLA II  
RESPUESTAS APLICABLES VS TIER

Nivel de Tier	No. respuestas
Tier 1	53
Tier 2	76
Tier 3	91
Tier 4	96

Esta evaluación se hará conforme a cada sistema que componen los centros de datos desde el punto de vista electromecánico, es decir se evaluarán los sistemas eléctricos críticos como son:

- Acometida y alimentadores principales
- Tableros eléctricos
- Transformadores
- Circuitos derivados
- Protección contra descargas atmosféricas
- Supresores de transientes
- Sistema de puesta a tierra
- UPS, baterías
- Generadores
- Power Distribution Unit (PDU)
- Equipos mecánicos de climatización
- Filtros de aire y documentación de ingeniería

XI. RESULTADOS

Esta metodología fue aplicada a un caso de estudio específico para comprobar su eficiencia, se realizó la evaluación de elementos electromecánicos de infraestructura crítica utilizando la metodología diseñada a un centro de datos en una

Entidad de la Administración Pública Federal. Esta evaluación se reportó en un informe de evaluación de centro de datos donde se incluyen: introducción, descripción de la metodología, los datos básicos del centro de datos evaluado, objetivo de la evaluación, normatividades aplicables, puntos evaluados, procedimiento de la evaluación, resultado de evaluación, nivel de cumplimiento por Tier, nivel de cumplimiento de acuerdo con normatividades, recomendaciones propuestas normas de referencias y conclusiones, como se muestra en la Fig. 10.

CONACYT

CIATEO

Metodología para la evaluación de elementos electromecánicos de infraestructura crítica para centros de datos en la administración Pública Federal.  
Caso de estudio: Institución educativa de la Administración Pública Federal  
Esta metodología puede ser aplicada a diversas instituciones de la administración pública federal que cuenten con un centro de datos e instituciones de la industria privada.

Instrucciones: se debe de leer cada uno de los reactivos del cuestionario técnico, marcar con una "X" los reactivos que apliquen al centro de datos evaluado. Los reactivos que no apliquen deberán dejarse en blanco

Como obtener los resultados: para correr la macro se presiona alt+R, de forma automática tendrá el nivel de tier dependiendo el número de respuestas obtenidas  
Como interpretar los resultados: de forma automática en la pestaña de recomendaciones obtendrá las áreas de oportunidad para incrementar su nivel de disponibilidad Tier

TOPICOS	124	TOTAL	123
Acometida de Energía eléctrica con alimentadores independientes de otras cargas en sistema SVA (Simple vía de alimentación) en baja tensión.	X		
Acometida en baja o mediana tensión y grupo electrogénico fijo (que podrá ser compartido con el resto del inmueble) se consideran redundantes entre si	X		
2 acometidas independientes en mediana tensión o baja tensión (de diferentes subestaciones del proveedor de energía) y no se requiere de grupo electrogénico	X		
Una acometida y un sistema de generación propio a tiempo completo los 24h del día los 365 días del año.	X		
Una acometida en mediana tensión o alta tensión y grupos electrogénicos fijos y exclusivos para el centro de datos con redundancia N+1	X		
Varias acometidas independientes en mediana tensión o alta tensión y grupo electrogénico fijo exclusivo para el centro de datos sin redundancia con alimentadores en sistema SVA (trayectorias A y B)	X		
Una acometida (en mediana tensión o alta tensión) y grupos electrogénicos fijos para uso exclusivo del centro de datos, con redundancia 2N. Se deberán instalar transformadores en redundancia 2N	X		
Varias acometidas independientes (de diferentes subestaciones del proveedor de energía) en mediana tensión o alta tensión y grupos electrogénicos exclusivos y fijos, con redundancia N+1 o 2N, para uso exclusivo del centro de datos. En ambos caso o más acometidas (de diferentes subestaciones o circuitos del proveedor de energía) en mediana tensión o alta tensión) y grupos electrogénicos fijos para uso exclusivo del centro de datos, con redundancia 2N con alimentadores en sistema SVA (trayectorias A y B)	X		
Una acometida en mediana tensión o alta tensión y grupos electrogénicos fijos y exclusivos, con redundancia 2(N+1)	X		
Transformadores en zona de acometida en redundancia 2N	X		
Los alimentadores eléctricos deberán ser independientes a otras cargas y patrón desde subestación más próxima o desde la acometida de baja tensión. Todos los tableros deberán estar debidamente identificados	X		
Tableros eléctricos relacionados al centro de datos deben encontrarse en un ambiente controlado AC/DC	X		
Medición de parámetros eléctricos en sitio	X		
Medición remota de parámetros eléctricos	X		
Monitoreo térmico de barras de tableros eléctricos	X		
Análisis termográfico anual de la instalación eléctrica	X		
Análisis termográfico semestral de la instalación eléctrica	X		
Transformadores de aislamiento tipo K13	X		
PDU con medición y transformador de aislamiento tipo K13	X		
Circuitos derivados de energía inintermitente no mayores a 50 m de longitud desde el PDU o tablero de distribución de energía.	X		
Conductores con aislamiento de baja emisión de humos y cero halógenos	X		
Toma corriente con sistema de puesta a tierra aislada	X		
Toma corriente de servicio de energía normal	X		

LEVEL	No de respuestas	TIER LEVEL=
Tier 1	53	TIER LEVEL= TIER 4
Tier 2	76	
Tier 3	91	
Tier 4	96	

TOPICOS	TOTAL
Evaluación	Todos los alimentadores deberán estar identificados en ambos extremos indicando el origen y destino
Pruebas semestrales de impedancia a tierra de los electrodos	Proveer un medio para evitar el efecto galvani de los electrodos de puesta a tierra.
Tener malla de referencia para evitar la interferencia electromagnética o ruido eléctrico en las líneas de energía eléctrica.	Redundancia 2N, doble banco de baterías en cada UPS
Reserva de combustible mínimo para 12 horas de autonomía	Reserva de combustible mínimo para 48 horas de autonomía.
Reserva de combustible mínimo para 72 horas de autonomía.	Redundancia 2N (sin redundancia en cada SVA) ( según configuración)
Redundancia 2(N+1)	Redundancia 2(N+1)
Tránsito (ATS) en polos (S fase y neutro)	Mantenimiento anual con protocolos de pruebas estáticas de toda la infraestructura eléctrica
Mantenimiento anual con protocolos de pruebas estáticas de toda la infraestructura eléctrica	Mantenimiento con protocolos de pruebas estáticas trimestrales de toda la infraestructura

Fig. 9. Metodología de evaluación de centro de datos

Con base en la aplicación de la metodología de evaluación y los resultados obtenidos del mismo para el caso de estudio específico de un centro de datos en una Entidad de la Administración Pública Federal se logró determinar un nivel de disponibilidad tipo TIER I de acuerdo con la topología evaluada y a los distintos equipos electromecánicos instalados en sitio contando con una evaluación de 66 reactivos de 124. Teniendo como resultado:

- 12 recomendaciones de mejora para cumplir al 100% con TIER 1
- 20 recomendaciones de mejora para cumplir al 100% con TIER 2
- 34 recomendaciones de mejora para cumplir al 100% con TIER 3
- 40 recomendaciones de mejora para cumplir al 100% con TIER 4



3. INFORME DE EVALUACIÓN DE CENTRO DE DATOS

Fecha	29/01/2024		
<b>Datos generales del centro de datos a evaluar</b>			
Nombre de la empresa	CIATEQ		
Sector	Tecnologías de la Información		
Departamento	Administración Centro de Datos		
Municipio	Querétaro	Estado	Querétaro
Capacidad instalada (KW)	UPS1: 13.5 KW UPS2: 13.5 KW		

<b>Objetivo de la evaluación:</b> determinar el nivel de disponibilidad de la infraestructura crítica electromecánica para centros de datos para conocer el nivel de cumplimiento contra la normatividad aplicable, los estándares nacionales e internacionales que permita detectar las áreas de oportunidad para plantear proyectos y acciones de mejora que incrementen el nivel de disponibilidad del centro de datos administrando el riesgo de incidentes de la infraestructura.
<b>Normatividades aplicables:</b> La metodología de evaluación se basa en las normas TIA-942-2005, NMX-J-C-1-489-ANCE-ONNCOE-NYCE-2014, ICREA-STD-131-2019 y Uptime Institute
<b>Puntos evaluados:</b> se evaluaron los sistemas eléctricos críticos como son acometida y alimentadores principales, tableros eléctricos, transformadores, circuitos derivados, protección contra descargas atmosféricas, supresores de transientes, sistema de puesta a tierra, UPS, baterías, generadores, PDU y documentación de ingeniería. De equipos mecánicos se evaluará climatización, filtros de aire y documentación de ingeniería
<b>Procedimiento de evaluación:</b> cuestionario técnico que consta de 124 reactivos los cuales dependiendo de la cantidad de respuestas contestadas se determinará el nivel de disponibilidad del centro de datos evaluado

Fig. 10. Informe de evaluación y resultados

La principal observación es la ausencia de generador de energía eléctrica externo que opere en caso de una falla de la acometida principal de energía, soportando la carga crítica por un tiempo indefinido mientras se tenga combustible para el mismo. Este punto de mejora incrementaría en al menos 20 reactivos la metodología pasando de 56 a 76 y con esto poder estar dentro del nivel de disponibilidad Tier II, garantizando la continuidad operativa de todos los sistemas de TI durante un evento de ausencia de energía.

Como se puede observar en la Tabla III de acuerdo a la metodología de evaluación aplicada al caso de estudio se determinó el porcentaje del nivel de cumplimiento para cada Tier. Específicamente el cumplimiento para el nivel de disponibilidad Tier II fue del 74%, el cual es el nivel mínimo requerido por el MGSI para las instituciones de la APF.

TABLA III.  
NIVEL DE TIER CASO DE ESTUDIO  
Nivel de cumplimiento por Tier

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Reactivos requeridos	53	76	91	96
Reactivos contestados	41	56	57	56
Porcentaje de cumplimiento	77%	74%	63%	58%

XII. CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados y a la comparación contra las normatividades de regulación para centros de datos podemos confirmar que el sitio evaluado cumple con lo siguiente:

Los elementos electromecánicos de infraestructura crítica evaluados utilizando la metodología diseñada aplicada a un centro de datos en una Entidad de la Administración Pública Federal indican que el centro de datos es nivel Tier I, no cumpliendo con los acuerdos y el MGSI que asegura la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información generada, recibida, procesada, almacenada y compartida por los centros de datos. El nivel mínimo de cumplimiento de acuerdo a la normatividad aplicable a centros de datos de entidades de la Administración Pública Federal debe ser Tier II

Este es un centro de datos Tier 1 básico sin redundancia. Tiene una ruta única para la distribución de la energía y los sistemas de refrigeración no cuenta con componentes redundantes. Es susceptible a las interrupciones no planificadas. Tiene equipo de distribución de energía y refrigeración y dos UPS's. Tiene UPS's de sistema de módulo único y tienen muchos puntos de fallo únicos. La infraestructura debe estar completamente apagada sobre una frecuencia anual para realizar trabajos de mantenimientos correctivos y mantenimientos preventivos. Los errores de operación o fallas espontáneas de los componentes de la infraestructura del sitio provocarán una interrupción del centro de datos [14]. Las cargas críticas pueden estar expuestas a las interrupciones durante el mantenimiento preventivo o correctivo. El centro de datos cuenta con un nivel I - II con una disponibilidad de entre 95% y 99% ver Tabla IV [15].

Con base a la aplicación de la metodología de evaluación y los resultados obtenidos del mismo para el caso de estudio específico de un centro de datos de la Administración Pública Federal, se generó en conjunto con los responsables técnicos de la Entidad y el área de especialidad una propuesta de proyecto para la atención de la recomendación I Tier II. Dicha propuesta consiste en la implementación de una planta de emergencias con cobertura no sólo para el centro de Datos, sino que también se contempla cubra los consumos de toda la Entidad. El punto de referencia indica: Una acometida y un sistema de generación de energía eléctrica de emergencia y/o stand by propio a tiempo completo las 24h del día los 365 días del año. Esto de acuerdo a la referencia de la norma ICREA-STD-131-2019 REF 420.1.7.2 Configuración general para nivel de disponibilidad Tier II [15].

TABLA IV.  
CLASIFICACIÓN DE NIVELES ICREA

NIVEL	SALA DE COMPUTO	DISPONIBILIDAD
I	Sala de cómputo en ambiente Certificado QADC (Quality Assurance Data Center)	95%
II	Sala de cómputo en ambiente Certificado de clase mundial WCQA (World Class Quality Assurance).	99%
III	Sala de cómputo confiable con Ambiente Certificado de clase mundial S-WCQA (Safety World Class Quality Assurance)	99.90%
IV	Sala de cómputo de alta seguridad con certificación HS-WCQA (High Security World Class Quality Assurance).	99.99%
V	Sala de cómputo de alta seguridad y alta disponibilidad con Certificación de clase mundial HSHA-WCQA (High Security, High Available World Class Quality Assurance)	99.999%

La finalidad de este proyecto fue realizar una metodología de evaluación de elementos electromecánicos de infraestructura crítica para centros de datos de alta disponibilidad para conocer el nivel de cumplimiento contra los estándares nacionales e internacionales que permitiera detectar las áreas de oportunidad para plantear proyectos y acciones de mejora que incrementen el nivel de disponibilidad del centro de datos administrando el riesgo de incidentes de la infraestructura.

Esta metodología servirá para cualquier tipo de industria o institución que requiera hacer una evaluación propia de sus instalaciones y que no tenga el presupuesto requerido para conocer la disponibilidad de su centro de datos.

#### REFERENCIAS

- [1] Galván, V. G. "Data center - una mirada por dentro ISBN 978-987-33-3467-2". República Argentina: Ediciones Índigo 2013.
- [2] Ramírez, E. P. "Importancia de la planeación y diseño de los centros de datos en la industria". Ciudad de México 2017.
- [3] Cisco "Centro de datos y virtualización" [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html)
- [4] Susana Patiño, C. M. "Evaluación de seguridad informática basada en ICREA e iso27001". Universidad, ciencia y tecnología Vol. 21, N.º 85, ISSN 2542-3401, (pp. 129-139). Diciembre 2017.
- [5] Carpio Castro, D. M. "Análisis de la infraestructura del data center actual de una mediana empresa, para determinar las posibles vulnerabilidades, desarrollando una propuesta de diseño para la implementación de un data center de alta disponibilidad basado en los estándares." Guayaquil – ecuador 2016.
- [6] UpTime Institute "Infraestructura para centros de datos Tier Standard: Topología" 2018.
- [7] Lazo Moreno J.F. "Implementación de un micro data center monitoreable, para obtener ahorro en la Infraestructura para TI de las empresas" Lima, Perú 2021.
- [8] Asociación de Industrias de Telecomunicaciones "Estándar ANSI/TIA-942-2005. In A. d. Telecomunicaciones, Estándar ANSI/TIA-942-2005" De abril de 2005
- [9] Association, International Computer Room Experts "ICREA -Std-131-2019". 2019
- [10] Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., & Betancourt-Buitrago, L. A. "Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización" ISSN: 0012-7353. DYNA 81 (184), ISSN 0012-7353 Printed, ISSN 2346-2183 Online, pp. 158-163. April, 2014 Medellín.
- [11] UpTime Institute "Encuesta global de centros de datos de UpTime Institute". Seattle, WA 98107 Estados Unidos 2022
- [12] UpTime Institute. "Encuesta global de centros de datos de UpTime Institute. Seattle, WA 98107 Estados Unidos September 2023.
- [13] UpTime Institute "UpTime Institute Global Data Center Survey". Seattle, WA 98107 Estados Unidos 14 September 2022
- [14] Asociación de Industrias de Telecomunicaciones "Estándar ANSI/TIA-942-2005. In A. d. Telecomunicaciones, Estándar ANSI/TIA-942-2005" De abril de 2005
- [15] Association, International Computer Room Experts "ICREA -Std-131-2019". 2019