

**UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN
ENERGÉTICA EN LA EMPRESA
DATACENTER S.A. BAJO LA NORMA ISO
50001, ENTRE EL PERIODO DE SEPTIEMBRE
DEL 2017 A ABRIL DEL 2018**

**PROYECTO DE GRADUACION PARA
OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERIA
INDUSTRIAL**

**SUSTENTANTE
BRYAN XATRUCH GARCÍA**

**TUTOR
MGA. ANA CATALINA LEANDRO SANDÍ**

SAN JOSÉ, ABRIL 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo Byan Xatuch García, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 4-0214-0938 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Diseño de un sistema de Gestión Energética en la empresa Datacenter S.A. bajo la norma ISO 50001, entre el periodo de setiembre del 2017 a abril del 2018, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 25 días del mes de junio del año dos mil 18.

Xatuch

Firma del estudiante

Cédula 4-0214-0938

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 25 de mayo de 2018.

Señores
Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante **Bryan Xatruch García**, cédula de identidad número 4-0214-0938, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DATACENTER S.A. BAJO LA NORMA ISO 50001, ENTRE EL PERIODO DE SEPTIEMBRE DEL 2017 A ABRIL DEL 2018"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.


En mi calidad de tutora, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría de todos los capítulos del documento y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos, conclusiones y recomendaciones, las cuales fueron concluidas a satisfacción por la estudiante.

De los resultados obtenidos por la postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	8%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	16%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		85%

En virtud de la calificación obtenida, se aprueba el proyecto de graduación, por lo que se puede realizar el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


Ana Catalina Leandro Sandí
Cédula: 3-0398-0478
IPI-22762

Heredía, 25 de mayo de 2018.

Señores
Escuela de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En mi carácter de tutora del trabajo presentado por el estudiante **Bryan Xatruch García**, cédula de identidad número 4-0214-0938, titulado **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DATACENTER S.A. BAJO LA NORMA ISO 50001, ENTRE EL PERIODO DE SEPTIEMBRE DEL 2017 A ABRIL DEL 2018"**, para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado para lectura y para la evaluación por parte del jurado examinador.

Atentamente,



Ana Catalina Leandro Sandí
Cédula: 3-0398-0478
IPI-22762

CARTA DEL LECTOR

Heredia, 18 de junio de 2018.

Señores
Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Bryan Xatruch García, cédula de identidad 4-0214-0938 me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DATACENTER S.A. BAJO LA NORMA ISO 50001, ENTRE EL PERÍODO DE SEPTIEMBRE DEL 2017 A ABRIL DEL 2018, el cual ha elaborado para optar por el grado de Licenciatura.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente, lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y el análisis de datos; la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre estos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública posterior a la revisión del Filólogo establecida.

Atentamente,



Nombre del profesor...Federico Salazar Jiménez.

Cédula...1-0914-0803

Carné del Colegio 1782.

Firma.....

CARTA DEL FILÓLOGO

San José, 29 de junio del 2018

Señores
UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
Ingeniería Industrial

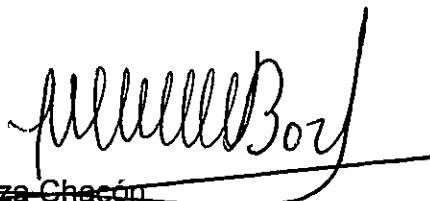
Estimados señores:

El estudiante BRYAN XATRUCH GARCÍA, cédula número 4 0214 0938 me ha presentado para efectos de corrección de estilo, el trabajo de investigación denominado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA DATACENTER S.A. BAJO LA NORMA ISO 50001, ENTRE EL PERIODO DE SEPTIEMBRE DEL 2017 A ABRIL DEL 2018" el cual ha elaborado para optar por el grado académico de LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

He revisado, de acuerdo con los lineamientos de la corrección de estilo señalados por la Universidad, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y los vicios de dicción que se traducen al escrito y he verificado que se han realizado todas las correcciones indicadas en el documento.

Por consiguiente, doy fe que este trabajo se encuentra listo para ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente



Prof. Mario Boza Chacón
Filólogo. Cédula 103580444
Carné Colegio de Licenciados y
Profesores Número 5034

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de contenido	2
Índice de figuras	4
Índice de tablas	5
Agradecimiento	6
Dedicatoria	7
Carta del tutor.....	8
Carta del lector.....	10
Resumen Ejecutivo	11
CAPÍTULO I:	14
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	15
1.2 Descripción breve de la organización.....	17
1.3 Planteamiento del problema	21
1.3.1 Idea del problema	21
1.3.2 Definición del problema.....	21
1.3.3 Justificación del problema.....	23
1.4 Objetivos de la investigación	25
1.4.1 Objetivo general.....	25
1.4.2 Objetivos específicos	25
1.5 Alcances y Limitaciones	26
1.5.1 Alcances	26
1.5.2 Limitaciones	27
CAPÍTULO II:	28
2.1 Marco Conceptual General relativo a la carrera	29
2.1.1 ISO 50001 – Sistemas de gestión de la energía.....	29
2.1.2 Antecedentes nacionales e internacionales del consumo energético ...	30
2.1.3 Eficiencia energética.....	33
2.1.4 Sistemas de Gestión Energética.....	33
2.1.5 Requisitos e implementación de la norma ISO 50001	34
2.1.6 Cálculo de porcentaje de cumplimiento	35
2.1.7 <i>PUE (Power Usage Effectiveness)</i>	35
2.1.8 Potencia Eléctrica	36
2.1.9 Consumo Eléctrico.....	37
2.1.10 Generadores de Energía Eléctrica.....	38
2.1.11 Prueba de Hipótesis.....	39

2.1.12	Análisis de Regresión Lineal Múltiple	40
2.1.13	Límites de control de calidad	42
2.2	Marco Conceptual Atinente a la Gestión del proyecto	43
2.3	Marco Conceptual Referente al Impacto del Proyecto	45
2.4	Antecedentes de Proyectos	47
CAPÍTULO III:		49
3.1	Metodología para la definición del problema	52
3.2	Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.....	53
3.3	Metodología propuesta para el proyecto de investigación.....	55
3.4	Metodología para la Implementación del Proyecto.....	56
3.5	Metodología para la Verificación, Aseguramiento, Control y Seguimiento del Proyecto	58
CAPÍTULO IV:		61
4.1	Planificación Energética	65
4.1.1	Revisión Energética	65
4.1.2	Línea de Base Energética.....	85
4.2	Evaluación de cumplimiento actual con la Norma ISO 50001	102
4.2.1	Porcentaje de cumplimiento.....	109
CAPÍTULO V:		111
5.1	Definición de Controles y Verificación	112
5.1.1	Propuestas de diseño para los no cumplimientos de la norma	113
5.1.2	Plan de Implementación.....	124
5.1.3	Costo del proyecto	134
CAPÍTULO VI:		138
6.1	Conclusiones.....	139
6.2	Recomendaciones.....	141
BIBLIOGRAFÍA		142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de Datacenter S.A.	18
Figura 2. Energía facturada en los últimos 6 meses.....	68
Figura 3. Diagrama Pareto - Consumo Energético por Sistemas.....	80
Figura 4. Diagrama de dispersión. Relación Lineal - Variable X1 / Variable Y	89
Figura 5. Diagrama de dispersión. Relación Lineal - Variable X2 / Variable Y	90
Figura 6. Diagrama de dispersión. Relación Lineal - Variable X3 / Variable Y	91
Figura 7. Comparativo de consumo energético estimado contra real.....	99
Figura 8. Gráfico Ishikawa - Incumplimiento con la norma	106
Figura 9. Nivel de cumplimiento ISO 50001	109
Figura 10. Diagrama Gantt - Plan de acción	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología del proyecto	57
Tabla 2. Inventario de equipos de consumo significativo	64
Tabla 3. Consumo energético suministrado por Generadores de Energía	67
Tabla 4. Balance del consumo energético - agosto 2017 a enero 2018	69
Tabla 5. Consumo energético de UPS - enero 2018	74
Tabla 6. Potencia nominal de Equipos de Climatización	76
Tabla 7. Cálculo de consumo para el Sistema de Climatización.....	77
Tabla 8. Registros de KW - Medidor de energía	79
Tabla 9. Consumo total estimado por suites - enero 2018.....	83
Tabla 10. Comportamiento de variables en los últimos 13 meses	87
Tabla 11. Resultados de Regresión Lineal Múltiple (coeficientes).....	93
Tabla 12. Resultados de Regresión Lineal Múltiple (estadísticas).....	94
Tabla 13. Resultados de Regresión Lineal Múltiple (ANOVA)	97
Tabla 14. Validación de resultados	98
Tabla 15. Lista de chequeo de cumplimiento actual - ISO 50001	102
Tabla 16. Plan de Implementación.....	125
Tabla 17. Costo de capacitación.....	135

AGRADECIMIENTO

Inicialmente le agradezco a Dios por haberme permitido concluir mis estudios y desarrollar el proyecto de graduación para optar el grado de Licenciatura, ya que, sin la ayuda de Él, esto no hubiera sido posible. Al mismo tiempo, estoy sumamente agradecido por tener una familia tan unida que en conjunto logramos superar las adversidades que se presenten día con día. El apoyo y motivación que entregaron fue fundamental para continuar desarrollando el proyecto y así poder concluir esta etapa de mi vida. Gracias a mis padres, a mi hermano y mi hermana por estar conmigo en este momento y así poder conmemorar este momento juntos. Por último, quiero agradecerles a todos los profesores que estuvieron en mi carrera universitaria, en especial a mi tutora Ana Catalina Leandro Sandí por las tutorías que fueron de gran ayuda para poder desarrollar el proyecto.

DEDICATORIA

Quiero dedicarles este proyecto de graduación a mis padres Johnny y Norma por haberme inculcado principios y valores que determinaron mi forma de ser y jugaron un papel muy importante en el desarrollo de este proyecto. Dentro de los tantos destaco el esfuerzo y la perseverancia, los cuales fueron clave para continuar con la meta, principalmente en los momentos más difíciles. Asimismo, también les dedico el presente proyecto a mis hermanos que también se caracterizan por ser profesionales luchadores para alcanzar sus sueños.

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto trata sobre el diseño de un Sistema de Gestión Energética basado en los requerimientos establecidos en la norma internacional ISO 50001. El motor que conllevó a realizar dicho estudio es la oportunidad de negocio de la empresa para mejorar su posicionamiento en el mercado y además expandir su carta de clientes. El proyecto tuvo desarrollo en el centro de datos llamado Datacenter S.A. ubicado en San José, Costa Rica. El concepto de un centro de datos consiste en una estructura diseñada para instalar equipos de almacenamiento de información, en la cual se le ofrece al cliente un ambiente controlado y a prueba de desastres.

El Datacenter S.A. es un centro de datos de tipo *Colocation*, el cual opera a través del arrendamiento de espacios en donde el cliente puede instalar sus equipos de almacenamiento de información. El centro de datos se encarga de garantizar la continuidad operativa del sistema, sin importar cualquier incidente externo o interno que pueda ocasionar que el sistema falle. Este servicio se le denomina como *Uptime*. Para poder brindar dicho servicio es necesario contar con profesionales de preparación técnica, tanto en ramas como mantenimiento, como también electricistas.

Durante el análisis del proyecto se determinaron procesos para evaluar el estado actual de la compañía, entre estos el establecimiento de la línea base energética. Con ésta se pudo determinar que el consumo energético se encuentra muy cercano a lo estimado ya que el error máximo obtenido fue de 5,38% y de

esta forma se determinó que el consumo en los últimos meses ha sido el adecuado. Sin embargo, al no haber control ni puntos de comparación con respecto al consumo de energía, no es posible detectar cuando el centro de datos fue eficiente en el uso, o en caso contrario, cuando tuvo un desempeño ineficiente.

Algunas propuestas se refieren a controles procedimentales, con el fin de registrar las actividades que conciernen al consumo de energía dentro de las facilidades. Además, se plantea un Indicador de Desempeño Energético para notificarle a la compañía que es necesario realizar una revisión de las operaciones por tener un desempeño ineficiente. Dentro de los beneficios que esto aporta a la compañía es la detección de bajo rendimiento operacional y poder accionar para frenar y generar planes de acción ante las causas que provocan el problema. Las revisiones por parte del equipo encargado permitirán que se planteen objetivos para buscar mayor eficiencia energética.

En cuanto a la implementación, la compañía está dispuesta a adoptar el sistema. Sin embargo, la restricción con esto es que un sistema no se implementa de la noche a la mañana debido a que conlleva a etapas para evaluar el acatamiento de los procedimientos. La implementación se plantea efectuarla en tres etapas, a corto, mediano y largo plazo. La única que se pudo cubrir en el periodo del proyecto es la de corto plazo, sin embargo, se plantea el plan para implementar las etapas del mediano y largo plazo.

En conclusión, se puede decir que el proyecto se pudo completar y cumple con las expectativas de la compañía. El Sistema de Gestión Energética le permitirá a la compañía poder optar por la obtención de la certificación ISO 50001. Esta herramienta de mejora continua incentiva a la empresa a mejorar su situación operativa actual y además mejor posicionamiento ante sus competidores. Con el tiempo y conforme se vaya fortaleciendo el sistema, la empresa podrá desarrollar proyectos de mejora continua con respecto al consumo de energía eléctrica, permitiendo mayor versatilidad en tipos de proyectos.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La energía es un tema sumamente amplio que se está abordando a lo largo de todo el mundo en los últimos años. Su enfoque se ha dado principalmente por la preocupación existente sobre la preservación de los recursos naturales, así como también la concientización del uso apropiado de estos. Como es bien conocido, los recursos naturales son agotables y el uso desmedido de ellos provocaría el adelantamiento de la fecha en que se agoten. En otras palabras, no es conveniente el derroche de los recursos naturales porque son fundamentales para nuestra subsistencia.

El proyecto abordará diferentes capítulos estructurados con el fin de que el lector pueda ser testigo de la implementación de este proyecto. Serán un total de 6 capítulos con información valiosa para llevar a cabo el estudio que dará paso a la implementación. La composición del proyecto será como se describe a continuación.

El Capítulo I comprenderá el problema del proyecto, en el cual se abordarán los diferentes puntos que justifican y explican la problemática actual. De forma continua, se comprenderá el Capítulo II, el cual trata sobre el Marco Teórico, en este capítulo se detallará toda la información técnica que respalda al proyecto. Luego, se abordará el Capítulo III, el Marco Metodológico, tal y como lo describe su nombre, se explicará todo lo relacionado a la metodología del proyecto, al abordar puntos como el tipo de investigación y la metodología para la

implementación del proyecto. El proyecto será abordado a través la metodología del Ciclo de Deming (PHVA), el cual establece que se debe realizar un plan (Planear), llevar a cabo el plan (Hacer), evaluar resultados (Verificar) y realizar cambios (Actuar).

Los Capítulos IV, V y VI constan del estudio del proyecto. El Capítulo IV contemplará el diagnóstico de la situación actual, al brindar datos que evidencian la problemática actual o la oportunidad de mejora. De forma consecutiva, en el Capítulo V, se abordará las propuestas del proyecto, en donde se detallarán el plan de acción y el periodo en que se sintetizará. Por último, el Capítulo VI abordará las conclusiones y recomendaciones generadas a lo largo del proyecto. Esta información será de gran utilidad para mejorar los resultados del proyecto con vistas en el futuro en función del crecimiento de la compañía.

La línea de investigación del proyecto hace referencia a la Sostenibilidad Industrial al ser un proyecto enfocado a racionalizar el uso de los recursos naturales. En el caso del proyecto presente, se desarrollan una serie de controles para gestionar el uso de la energía eléctrica en una compañía de alto consumo energético. El proyecto podrá servir de incentivo a la comunidad para desarrollar proyectos de esta índole y así promover la conciencia ambiental en las empresas así lograr un país más verde.

1.2 DESCRIPCIÓN BREVE DE LA ORGANIZACIÓN

El centro de datos forma parte de un grupo empresarial con diferentes organizaciones en el país. La primera entidad de la compañía fue fundada hace más de 20 años y desde entonces se ha caracterizado por ser una empresa desarrolladora de software. Fue fundada con poco capital económico pero gran capacidad intelectual, lo cual ha sido esencial en el crecimiento y liderazgo de la empresa. Actualmente su alcance se ha expandido, al proporcionar productos y servicios de tecnología de información para los sectores financieros, gubernamentales y privados.

No obstante, a pocos años de ser fundada dio su primer paso internacional con proyectos en El Salvador y Panamá. Fue tal el éxito que tres años después alcanzó extenderse por toda la región y estaba presente en 16 países. A los clientes que se les brindaban los servicios eran de diversas ramas, tales como Industrias, Comercios, Banca, entre otros.

Los planes de crecimiento aún no cesaban y fue por esto que, después del cambio de siglo, fue la primera empresa de software costarricense en tener su propio edificio situado en un complejo. El complejo alberga el primer centro de continuidad de negocios para colocación de computadoras con redundancia en energía y comunicaciones. En la actualidad, se compone de 2 edificios Clase A, un búnker y acometidas redundantes tanto eléctricas como de comunicaciones. Es

una combinación de ingeniería estructural, comunicaciones, energía, procedimientos de seguridad y operación continua.

El centro de datos cuenta con profesionales de diversas áreas y grados, todos con su posición definida. La estructura está definida por el departamento de recursos humanos en donde cada posición cuenta con funciones necesarias para el funcionamiento apropiado del centro de datos. En la figura 1 se muestra la estructura organizacional general de la empresa Datacenter S.A.

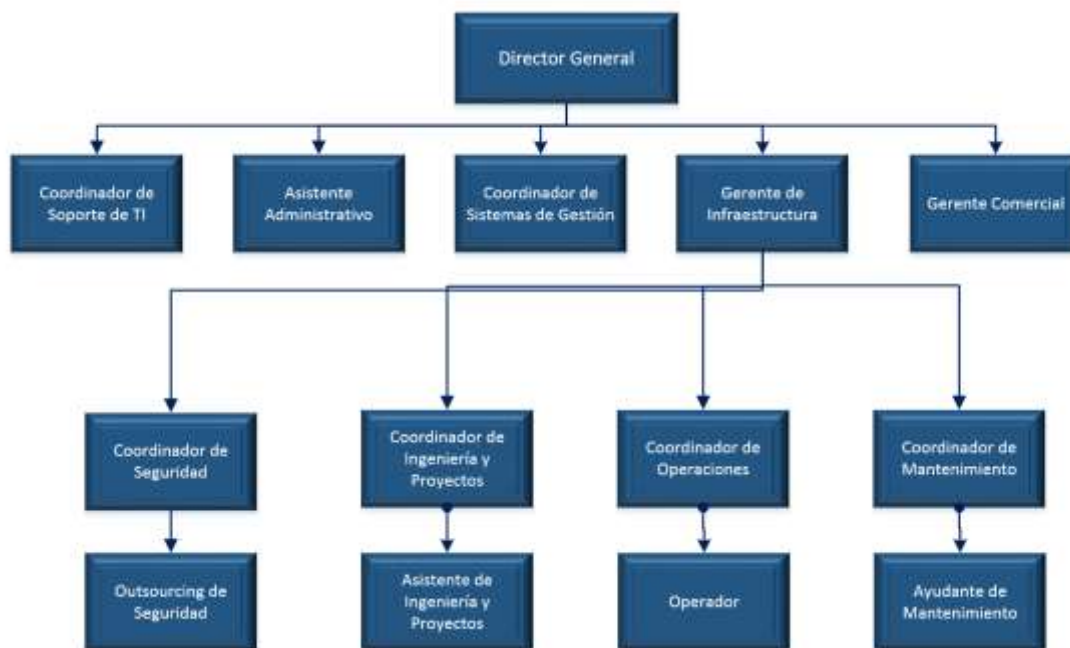


Figura 1. Organigrama de Datacenter S.A.

Fuente: Información suministrada por la compañía.

Desde el punto de vista organizacional, la compañía no parece ser muy grande. Cada uno de los puestos son muy técnicos y requieren de profesionales

especialistas y con amplia experiencia. Los roles de cada posición varían uno de otro y sus funciones son muy específicas, pero aun así todos funcionan dentro de la misma línea para que el centro de datos opere con regularidad y cumpla los servicios establecidos en los contratos con los clientes. La cantidad total del personal es relativamente poca, siendo en su totalidad 26 colaboradores que trabajan directos en la empresa. El alcance del proyecto pretende ser para toda la organización, sin embargo, el diseño inicial se hará para implementarse en el área de operaciones para luego extenderlo a toda la organización. Dicho de otro modo, se excluirá al departamento de finanzas. Esto significa que el total de colaboradores impactados en el diseño será de 24 personas.

Origen del Datacenter

El origen del *Datacenter* se dio por las tendencias y demandas del mercado percibidas por la compañía. Se realizó el proceso de investigación y después del análisis de factores determinantes, se tomaron decisiones de ubicación y diseño del proyecto, lo que dio paso a la creación del primer *Datacenter*. Fue hasta el año 2006 en que se inauguró el *Datacenter*, el cual es un inmueble en forma de búnker. Hoy en día, el parque tecnológico evolucionó hasta transformarse en un centro de continuidad de negocios y recuperación ante desastres.

El *Datacenter* integra un centro de continuidad de negocios compuesto por varios inmuebles para colocación de computadoras y resguardo de datos. Es decir, alberga computadoras y equipos que son centros primarios de operación o

de respaldo que almacenan sistemas de misión crítica. Es por esta razón, que la edificación es Clase A de acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica y está provisionado con redundancia de energía eléctrica y telecomunicaciones, las cuales provienen de diferentes rutas y además cuentan con su propio generador. El servicio de *Colocation* que ofrece la compañía consiste en el arrendamiento de espacio físico especializado para almacenar equipo electrónico de procesamiento, almacenamiento y comunicación de datos. El centro de datos posee certificaciones de calidad y operación, personal y de infraestructura, lo que refuerza la seguridad y confianza de los clientes para el servicio brindado.

Los servicios que ofrece el *Datacenter* a sus clientes se pueden congregar en tres tipos. El Servicio de *Colocation* en Data Center se refiere a la infraestructura diseñada y construida con el fin específico de albergar centro de datos, en un edificio Clase A de acuerdo al Código Sísmico de Costa Rica, con sistemas de energía y enfriamiento, telecomunicaciones, monitoreo y seguridad. Por otro lado, están los Servicios Administrativos, los cuales son servicios de infraestructura técnica (procesamiento, almacenamiento, memoria RAM), administración de servicios (administración, configuración, gestión de incidentes, gestión de respaldos), administración de aplicaciones, entre otros. De último se encuentran las Salas y Estaciones de Trabajo para continuidad de negocios, lo que significa de manera integral, la infraestructura diseñada con el fin específico de ser utilizada como sitio primario o alternativo para que el cliente ejecute labores relacionadas con la continuidad del negocio.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Idea del problema

Este proyecto sirve para que en la empresa se implementen controles sobre el consumo energético necesario para las operaciones cotidianas. Dicho control permitirá segmentar las zonas o procesos que consumen más energía y por consiguiente son más costosas. La empresa podrá definir futuros proyectos de mejora donde se aborden las zonas más críticas en relación con su costo y así implementar mejoras de mayor impacto. Además, se le podrá dar seguimiento en el tiempo a los resultados obtenidos de todo cambio que se haga y así poder analizar el impacto en el consumo energético. Los análisis para toma de decisiones pasarán a ser más exhaustivos porque se considera el desempeño energético en el último año y determinar si ha sido eficiente y acorde con los servicios proporcionados.

1.3.2 Definición del problema

La problemática de la compañía surge a raíz de una carencia, la cual se puede generalizar en que no hay métricas definidas para evaluar la eficiencia en el consumo de energía. La falta de información sobre este campo obstaculiza efectuar un análisis detallado para detectar oportunidades de mejora que pueden mejorar la situación de la empresa. La energía es el segundo insumo más importante (el primero es el factor humano) para la compañía porque es el motor

para que funcionen sus sistemas. El sistema no solamente brindaría un diagnóstico sobre la situación actual del centro de datos, sino también va a permitir que la organización conozca cuáles sistemas tienen mayor consumo y por ende son más costosos. A estos se les puede dar prioridad para proyectos de ahorro energético y obtener mayores ganancias.

La idea del proyecto es impulsada como una oportunidad de negocio de tipo de mejora continua. La problemática realmente reincide en que la compañía no tiene la metodología para evaluar su desempeño energético en el tiempo. Por supuesto, se llevan indicadores donde el consumo energético es partícipe, no obstante, ninguno indica específicamente si el consumo de la energía fue óptimo de acuerdo con los resultados obtenidos en el mes. El proyecto para la compañía no solamente implica beneficios operacionales, sino también el fortalecimiento de la excelencia que los ha caracterizado ante sus clientes y además una mejor posición competitiva en el mercado.

Costa Rica es un país que goza de gran riqueza natural y condiciones climáticas favorables para la obtención de energía. En comparación con diferentes zonas del mundo, Costa Rica tiene un costo de la energía por debajo de los países que tienen acceso más limitado a los recursos naturales. Este supuesto ha creado en la conciencia de los costarricenses que la energía se considere como económica en el país y que por esto no se le dé la importancia del caso al evaluar disminución de costos. El problema con este prejuicio es que las empresas opten por desarrollar proyectos para disminuir otros costos y no uno para ser más eficientes

en la utilización de la energía ya que la tarifa de kWh no es tan elevada comparándola con otros países de la región, por lo tanto, no se le da el enfoque para proyectos de disminución de costo. Por lo tanto, el investigador se plantea la siguiente pregunta:

¿De qué manera se puede gestionar el consumo energético para las operaciones del centro de datos Datacenter S.A., en el periodo de setiembre del 2017 a abril del 2018?

1.3.3 Justificación del problema

Por otro lado, el impacto social no puede pasar inadvertido. El sistema que se pretende diseñar en el proyecto permitirá segmentar y darle trazabilidad al consumo energético, lo que permitirá detectar y analizar cuándo hay alguna desviación en un proceso. Las mejoras no solamente tendrán un impacto económico, sino también ambiental. Al proponer proyectos para reducir la demanda de energía para las operaciones, también se podría evaluar el impacto en cuanto emisión de gases de efecto invernadero y por lo tanto se contribuiría con la preservación del medio ambiente. Aunado a esto, si la empresa tiene dentro de sus planes obtener la certificación de Carbono Neutral, el camino por recorrer para su obtención será menor.

En ese mismo sentido, se puede considerar el aporte a la comunidad científica. Los estudiantes de la Universidad Hispanoamericana podrán gozar de información referente a implementación de sistemas con base en normas internacionales, lo cual es muy provechoso para la carrera de Ingeniería Industrial. Hoy en día es habitual que en las empresas se lleven a cabo procesos de certificación para reforzar su estructura y lograr mayor confianza con el cliente, siendo la falta de información un obstáculo constante en estos procesos de certificación. Es normal que las certificaciones sean lideradas por un equipo de trabajo direccionado a lograr esa meta, y dentro de éste es usual que haya uno o varios ingenieros industriales. El proyecto le proporcionará al estudiante herramientas de recolección de datos y también métricas de análisis que pueden ser útiles para futuras investigaciones.

El proyecto además surge como parte del plan estratégico de la compañía. Al ser un ente que consume gran cantidad de energía para ejecutar sus operaciones, los “*stakeholders*” se han mostrado comprometidos por mejorar la imagen de la compañía y continuar a la vanguardia en el mercado. Por esta razón, la creación de un sistema que gestione el consumo energético se ha convertido en una necesidad para la compañía. La implementación de un Sistema de Gestión Energética les demuestra a los clientes el compromiso de mejora continua mediante la innovación en sus procesos.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un Sistema de Gestión Energética para el centro de datos a través de los requerimientos de la norma ISO 50001 con el fin de mejorar la posición comercial de la empresa y reforzar el compromiso en preservar el medio ambiente.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el nivel de cumplimiento actual de la organización con base en los requerimientos de la norma ISO 50001.
- Desarrollar un plan de acción para cumplir con los requisitos de la norma.
- Definir indicadores del desempeño energético.
- Capacitar al personal en los procedimientos del SGE.
- Generar el Manual de Gestión Energética.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

La implementación del proyecto abarcará toda el área de las instalaciones del parque tecnológico donde se encuentra ubicado Datacenter S.A., área la cual ha mantenido operaciones desde su inauguración. El impacto, por otro lado, será no solamente a lo interno, sino que también a lo externo. Al disminuir el consumo energético se está contribuyendo con el ambiente en cuanto a la disminución de la emanación de gases de efecto invernadero, por lo que se tendrá un impacto positivo en el medio ambiente. A lo interno, la compañía se beneficiará al poder controlar más efectivamente sus procesos y así evaluar el impacto energético de propuestas que aumenten su rentabilidad.

El proyecto se aborda en un espacio temporal definido por las regulaciones internas de la universidad. De acuerdo con las políticas establecidas por la universidad, el proyecto debe concretarse en un periodo de 7 meses. Es por esta razón que las etapas del proyecto están estructuradas, con el fin de que el estudiante pueda completar total o parcialmente el proyecto en el periodo establecido.

1.5.2 Limitaciones

La disponibilidad del personal involucrado no es siempre la deseable. Si bien es cierto, los colaboradores de cualquier institución van a tener sus responsabilidades a cargo para cumplir con su trabajo y por lo tanto las de investigación no son prioridad. Esto genera atrasos que perjudican el avance de la investigación para poder ser completada. La limitación impacta principalmente a la recolección de datos para los análisis que se llevan a cabo en el desarrollo del proyecto.

El proceso de planificación energética requiere que se mida el consumo de energía que ocurre dentro de las facilidades. Para esto, es deseable tener equipos de medición que otorguen en tiempo real la cantidad de energía consumida. Sin embargo, por la compañía cuenta con un amplio inventario de equipos, por lo que no se posee la cantidad suficiente de equipos para medir en tiempo real el consumo de cada equipo. En consecuencia, se decide calcular el consumo de los Aires Acondicionados de Precisión con base en la potencia placa, lo cual es un método válido, pero no 100% preciso.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

La sección a continuación contiene todos los conceptos y definiciones técnicas sobre temas abordados en el proyecto. La información contemplará la información técnica que le permitirá al lector entrar en contexto y comprender términos que son utilizados. Así también, se detalla la teoría sobre los cálculos llevados a cabo en los otros capítulos para los análisis efectuados a lo largo del proyecto.

2.1.1 ISO 50001 – Sistemas de gestión de la energía

La ISO 50001 es una norma internacional que evalúa el control en el consumo energético en las instalaciones.

El objeto de la Norma UNE-EN ISO 50001:2011 es especificar los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, que incluye conceptos como la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. (Carretero & García, 2015, p.17).

Todos los días las empresas consumen energía para llevar a cabo sus operaciones, aunque no siempre se le dé la atención que corresponde. La

estructuración de los procesos con base en su consumo energético permite analizar cuáles son más y menos costosos. A este análisis se le denomina “desempeño energético”, y puede ser definido acorde al tipo de empresa y tipos de operaciones. El seguimiento de este indicador y establecimiento de metas le genera a la compañía nuevos retos para buscar la mejora continua dentro de su forma de operar.

La norma ISO 50001 al formar parte de la familia de normas ISO, tiene gran similitud con algunas de ellas. Las normas que tienen mayor correspondencia con ésta son la ISO 9001, ISO 14001 e 22000. A raíz de que estas normas comparten requisitos similares, se puede optar por implementar un sistema integrado que cubra todos los requerimientos y así disminuir la complejidad de tener sistemas operando por aparte. De igual manera, dependerá del negocio y de la decisión que se tome al respecto.

2.1.2 Antecedentes nacionales e internacionales del consumo energético

Los recursos naturales son de gran importancia en la economía de cada país, puesto que existen compañías que se encargan de vender energía generada a partir de estos. En el caso de las compañías proveedoras de energía eléctrica, normalmente definen categorías de tarifas según el consumo mensual de electricidad de la institución, expresada en KWh. Tal es el caso en Nicaragua

donde el sector industrial va decayendo por el elevado costo de la energía eléctrica.

En Nicaragua se hizo un estudio que determinó que en promedio el 30% de los costos operativos de las compañías recae en la factura eléctrica y esto obstaculiza el crecimiento de las industrias dentro del país vecino.

Nicaragua no solo se encuentra en desventajas con Guatemala, pues si se compara con Costa Rica, donde la industria eléctrica es íntegra, es decir que no hay mercado, la energía en el sector industrial es un 15 por ciento más barata que en este país. (Calero y González, 2017)

El presidente de la Cámara de Industria de Nicaragua manifestó que, al tener la energía más cara, se iban a implementar medidas de eficiencia energética y que también algunas entidades están optando por generar su propia energía. “También están ejecutando el proyecto implementación de un Sistema de Gestión de la Energía, basado en la norma internacional ISO 500 01, que reducirá el consumo energético” (Calero y González, 2017). El Sistema de Gestión Energética es la clave para la continuidad de operaciones en Nicaragua y seguir generando empleo a los ciudadanos.

Por otro lado, una de las compañías más reconocidas en el nivel mundial en relación con el suministro de equipos para la gestión eléctrica se ha dado la tarea en crear conciencia entre sus clientes sobre el uso eficiente de la energía. Su

principal preocupación está relacionada con la emisión de gases de efecto invernadero y el impacto que esto trae al ambiente. Según los datos brindados por la compañía, el consumo eléctrico en el mundo ha aumentado en un 45% desde el año 1980 y está proyectado a crecer en un 70% para el año 2030. Estos datos por supuesto que son alarmantes y es por esto que ciertos mercados maduros, como lo son Norteamérica, Europa y Japón, continuarán ejerciendo cambios en su legislación para reducir el consumo energético y convertirse en un país ecológico.

Costa Rica no se ha quedado atrás con la iniciativa de contribuir con el medio ambiente. El país tiene un compromiso internacional desde el 2009 donde se fijó la meta de ser una nación carbono neutral para el 2021. Los factores que en el país aportan a la generación de GEI (Gases de Efecto Invernadero) son los combustibles fósiles, consumo y producción de energía, residuos, entre otros. A pesar de que se ha impulsado a las empresas en el país a contribuir con esta iniciativa, la meta se ve cada vez más cuesta arriba. Cabe mencionar que esto no quiere decir que no se han implementado medidas dentro de las compañías para disminuir la emanación de GEI, sin embargo, el país enfrenta la problemática del transporte y sus efectos adyacentes.

El gobierno de Costa Rica ha informado al sector industrial sobre medidas que pueden adoptar para ser más eficientes en su consumo energético. Tal es la medida que se han invertido millones de colones para migrar en utilizar energías renovables. Además, se han publicado formas en que las empresas pueden ajustar sus instalaciones de tal manera que el consumo energético ocasionado principalmente por iluminación, climatización y calefacción sea más eficiente,

siendo así más económico para la empresa y para el país. En conjunto, se encuentre en proceso un proyecto de ley donde se establece que la tarifa eléctrica sufrirá una reducción para las empresas que se certifiquen bajo la norma ISO 50001, y de esta manera incentivar la implementación de sistemas de gestión de la energía con un enfoque en la mejora continua.

2.1.3 Eficiencia energética

La eficiencia energética se define como la adopción de hábitos de consumo para reducir la cantidad de energía empleada en la obtención de servicios y productos finales. Dicho de otro modo, es el empleo óptimo de la energía para obtener resultados deseables en los servicios que la requieren.

2.1.4 Sistemas de Gestión Energética

“Un Sistema de Gestión Energética (SGEn) es el conjunto de elementos de una organización, interrelacionados o que interactúan, para establecer una política y unos objetivos energéticos y para alcanzar dichos objetivos” (Asociación Española para la Calidad, 2018). La ISO 50001 contiene de forma general todos los requerimientos necesarios para lograr la certificación internacional, la cual garantiza el funcionamiento eficaz del sistema en función del manejo de la energía. Dentro de sus apartados, existen unos cuantos que son los más importantes porque tratan sobre el control operativo que debe implementar la empresa, y estos son denominados como las columnas vertebrales del sistema.

En términos generales, el SGEEn abarca desde los procedimientos para la recolección de datos, hasta el análisis que realiza la jefatura para la toma de decisiones.

2.1.5 Requisitos e implementación de la norma ISO 50001

Los requisitos son todas aquellas obligaciones que debe poseer la empresa para hacer constar que cumplen con un sistema efectivo en cuanto a la gestión del uso de la energía. La norma 50001 abarca todos los requerimientos, desde los documentales, hasta los operativos. Los operativos son aquellos utilizados para dar una visión del estado de la compañía y así tomar decisiones que pueden cambiar el rumbo de ésta, donde su mayoría conforman la sección 4.4 Planificación Energética. Las 5 secciones que componen los requisitos de la norma son los siguientes:

- Requisitos generales
- Responsabilidad de la dirección
- Política energética
- Planificación energética
- Implementación y operación

2.1.6 Cálculo de porcentaje de cumplimiento

El nivel de cumplimiento con respecto a la norma internacional se realiza con el fin de obtener un punto de partida sobre los requerimientos que se cumplen satisfactoriamente y los que no se cumplen. El propósito es brindarle a la compañía el porcentaje global de cuántos requerimientos están cubiertos y cuántos no, y así poder medir en el tiempo el avance que se va logrando con los cambios implementados. Actualmente no existe una fórmula exacta para medir esto, sin embargo, se utiliza el siguiente criterio para el proyecto en desarrollo.

Si cumple = 1

Cumple parcialmente = 0,5

No cumple = 0

Una vez emitido el criterio para cada “debe” establecido en la norma, se realiza el conteo y se calculó el porcentaje de cumplimiento con respecto del total.

2.1.7 PUE (Power Usage Effectiveness)

El PUE es una métrica exclusiva para los centros de datos y se emplea para medir el rendimiento energético de los mismos.

Existe un baremo que mide lo eficiente (o no) que es un centro de datos, y este es el PUE (Power Usage Effectiveness), y se calcula dividiendo la

energía total del datacenter entre la energía consumida por los servidores. Cuanto más se aproxima la cifra resultante a 1, más eficiente será el centro de datos, lo que se traducirá en un mayor ahorro para la empresa.

(Rojas, 2013)

La fórmula para calcular el valor del *PUE* es la siguiente:

$$PUE = \frac{\text{Total kW facturados}}{\text{Total kW consumidos por equipos TI}}$$

2.1.8 Potencia Eléctrica

Se refiere a la velocidad en que un equipo consume la energía. “Si la energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que lo contiene” (García, 2015). Tal como lo indica el fragmento, es la cantidad de energía absorbida por un elemento dentro de un tiempo establecido. La unidad de medida para la Potencia Eléctrica se conoce como el Vatio, o también conocido como Watt (W).

2.1.9 Consumo Eléctrico

El consumo eléctrico es básicamente lo que dicta su nombre, el consumo total de energía eléctrica.

El importe por el Término de Energía de la factura representa el coste por el consumo eléctrico realizado durante el período de facturación. Por tanto, representa el coste real por pagar por la electricidad consumida por nuestra vivienda, que se mide en kilovatios-hora (kWh).

(Blasco, 2018)

Es unidad de medida de kilovatios-hora es la utilizada en el nivel mundial para representar el consumo eléctrico total y suele generar confusión debido a que se tiende a considerar que el valor hace referencia a un promedio de consumo por hora, lo cual estaría incorrecto. Los equipos que funcionan con electricidad brindan entre sus especificaciones la placa con la cantidad de Watts (W) o Kilowatts (KW) necesaria para que puedan funcionar, y esto se conoce como Potencia Eléctrica. En algunos casos, se puede determinar la cantidad de consumo eléctrico de un equipo mediante la potencia eléctrica, o al menos un aproximado de cuánto estará consumiendo en un periodo de tiempo mediante la potencia en las especificaciones (placa).

1. En caso de conocer la Potencia Eléctrica y el % de eficiencia del equipo:

$$\textit{Consumo Eléctrico} = \frac{\textit{Potencia} * \textit{Periodo}}{\% \textit{ de Eficiencia}}$$

2. En caso de solo conocer la Potencia Eléctrica del equipo:

$$\textit{Consumo Eléctrico} = \textit{Potencia} * \textit{Periodo}$$

3. En caso de solo conocer la Potencia nominal (placa)

$$\textit{Consumo Eléctrico} = \textit{Potencia nominal} * \textit{Periodo}$$

2.1.10 Generadores de Energía Eléctrica

Los Generadores de Energía son máquinas que funcionan con un motor para generar corriente eléctrica. En la actualidad existen diferentes tipos de generadores, como lo son los mecánicos, solares, térmicos, entre otros. Los generadores mecánicos funcionan con combustible fósil especial debido a que se ocupa ciertas propiedades para que el motor funcione a la perfección. La capacidad de energía eléctrica que puede proporcionar el generador va a variar ya que existen diferentes tipos actualmente. Para estimar la cantidad de corriente eléctrica que pueden proporcionar se debe llevar a cabo el siguiente cálculo.

$$\text{Corriente Eléctrica} = \frac{\text{Volumen} * \text{Densidad del combustible} * \text{Poder calorífico del combustible}}{3,6}$$

en donde:

- **Volumen.** La unidad de medida es en m³, y 1.000 litros equivalen a 1 m³.
- **Densidad del combustible.** La unidad de medida es en kg/m³. De acuerdo con la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), la densidad del Diésel 50 es de 839,55 kg/m³.
- **Poder calorífico.** La unidad de medida es en MJ/kg. Para el Diésel 50, el poder calorífico es de 45,57 MJ/kg.
- **1kWh = 3,6 MJ**

2.1.11 Prueba de Hipótesis

“Procedimiento basado en evidencia de la muestra y la teoría de la probabilidad para determinar si la hipótesis es una afirmación razonable (Lind, Marchal, Wathen, 2015, p.283). Los pasos para llevar a cabo una prueba de hipótesis se resumen en:

1. Establecer la hipótesis nula (H₀) y la alternativa (H₁)
2. Seleccionar nivel de significancia
3. Identificar estadístico de prueba
4. Formular regla de decisión

5. Tomar decisión con respecto de la hipótesis nula
6. Interpretar resultado de la prueba

2.1.12 Análisis de Regresión Lineal Múltiple

Es el análisis estadístico que permite explicar o predecir de mejor manera un valor deseado. El valor deseado es denominado como variable dependiente y los predictores que influyen en la predicción se denominan variables independientes. La ecuación genérica para el análisis es la siguiente:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k$$

Donde:

Y = variable dependiente

a = intersección del valor Y cuando todas las X son iguales a 0

b = es la cantidad en que Y cambia cuando la variable X aumenta o disminuye en 1 unidad.

X = variable independiente

k = cantidad de variables independientes

Los resultados del análisis estadístico son evaluados mediante varias pruebas que determinan si los resultados son confiables y pueden utilizarse para el propósito deseado. Los utilizados para el Análisis de Regresión Lineal Múltiple son los siguientes:

Coefficiente de determinación múltiple. Es el porcentaje de variación que las variables independientes explican la variable dependiente. Se representa como R^2 , y su valor se encuentra entre 0 y 1.

Coefficiente de determinación ajustado. Al agregar más variables independientes a la ecuación, se aumenta el % de predicción. Por lo tanto, el coeficiente de determinación ajustado aumenta debido a la cantidad total de variables independientes y no porque la inclusión de una nueva sea un buen factor. Se representa como R^2 ajustada y su valor se encuentra entre 0 y 1.

Prueba global. Es la prueba que se realiza para comprobar si las variables independientes son útiles para calcular la variable dependiente. Se formula en forma de pregunta y mediante la prueba de hipótesis se investiga si es posible que las variables independientes tengan coeficientes de regresión cero. En caso de que todos los coeficientes de regresión sean 0, se concluye que no son útiles para estimar la variable dependiente y por lo tanto se deben plantear otras variables independientes.

2.1.13 Límites de control de calidad

Es la herramienta estadística empleada para determinar cuándo un proceso le afecta o no variabilidad existente dentro de él. Todo proceso posee diferentes tipos de factores que afectan la variabilidad en los resultados obtenidos y depende de las medidas que adopten los encargados de los procesos el poder controlar, en la medida de lo posible, el impacto que tienen en los resultados. De esta manera, se recurre a la utilización de esta herramienta y así poder mantener el control de los procesos dentro de los límites establecidos. La herramienta de calidad se utiliza para muestras con distribución normal o binomial, y se fijan dos límites, uno superior y otro inferior.

Los tipos de gráficos de control que existen son los X-R y los X-S. Los gráficos X-R se refiere a gráficos de rangos y se emplean para control de muestras donde cada uno representa a un subgrupo, siendo el valor de cada uno la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo del subgrupo. En el caso de los gráficos X-S son los gráficos empleados para una característica de un producto, en el cual se grafican las medias de un subgrupo y se calculan los límites al utilizar el conjunto de medias y la desviación estándar promedio. Ambos tipos de gráficas son muy útiles y utilizadas actualmente por muchas industrias, y por esta razón, actualmente existen paquetes de software encargados de facilitar los cálculos para determinar los límites y graficar las muestras.

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTIÓN DEL PROYECTO

La mejora continua es la filosofía en la que una compañía demuestra sus deseos de superarse y romper barreras para ser más competitiva dentro del mercado. El implementar un sistema de gestión no solamente le permite a la compañía llevar control sobre sus procesos, sino también es una expresión de excelencia hacia sus clientes. La confiabilidad se le genera al cliente al demostrarle que se cumple con estándares que rigen el control de sus procesos, lo cual se logra a través de la certificación de normas, siendo las ISO las más conocidas en el mundo en cuanto a sistemas de gestión. El ciclo de Deming es fundamental para el proceso de planeamiento y mejora continua que aplica en la implementación de las normas ISO y demás normas sobre sistemas de gestión (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009), por lo que se utiliza como metodología para el desarrollo de este proyecto.

El ciclo de Deming, o también conocido como ciclo PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar), se compone de 4 fases de acuerdo con sus siglas. La primera fase se refiere a toda la parte de planeamiento del proyecto. Correa (2004) afirma. “Se identifica el problema y se definen sus características en el marco de su actuación preliminar (diagnóstico), desde este punto se elabora colectivamente un plan de actuación estratégico (...)” (p.64). Esta sección es la más importante del proceso porque no solamente se identifica el problema, sino

también el plan de acción por implementar para solucionar tal problema, siendo así el punto de partida para las demás fases.

La segunda fase es la de Hacer, en la cual se realizan las mediciones y toma de datos para conocer la situación actual de la compañía y además proponer alternativas de mejora. La tercera fase es la de verificación, en la cual se evalúan los resultados obtenidos y se definen las acciones para llevar a la compañía a donde se quiere llegar, en este caso a obtener un sistema de gestión robusto y acorde con las operaciones de la compañía. Dentro de los puntos fuertes que se evalúan están los errores que están siendo cometidos e impiden lograr las metas planteadas en la fase uno. Por último, se completa el ciclo con la última fase, actuar, y en esta se implementan los ajustes necesarios para cumplir con lo planeado y poner el sistema por funcionar

El Ciclo de Deming al ser muy utilizado en proyectos de mejora continua, es un ciclo que comienza una y nuevamente. De esta manera, la evolución se convierte en una constante dentro de la compañía y logra superarse cada vez que se completa el ciclo. “Si bien podemos caer en la tentación de decir “que la herramienta no presenta un grado de dificultad alto”, no por eso significa que la herramienta no sea poderosa.” (Borrego, 2009).

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

El impacto del proyecto se ajusta a los planes estratégicos de la compañía. Se tiene dentro de la mira contar con un sistema eficiente que regule el consumo de energía a un corto plazo. El optar por la certificación ISO 50001 es de gran interés dentro de la compañía por todos los beneficios que aportaría a la estructura y por supuesto el ahorro potencial que se estimaría de los análisis implícitos en el desarrollo del proyecto. La Asamblea Legislativa de Costa Rica (2017) afirma:

La reforma que se propone se centra en disposiciones fundamentales relacionadas con la estructura organizativa; mecanismos de sostenibilidad y financiamiento, como la obligación de los distribuidores de energía de establecer programas de uso racional de la energía para los usuarios finales con financiamiento de la tarifa, cuyo contenido se definirá por parte del Minae; el suministro de información para la planificación energética, del uso racional de la energía y de la eficiencia energética; la educación energética para un cambio cultural e información energética en el etiquetado para la defensa del consumidor; la implementación de los sistemas de calidad para la regulación de equipos, vehículos y maquinaria, etc.; la promoción e incentivos por plazos determinados para los equipos más eficientes; las sanciones y algunos ajustes en las disposiciones transitorias y finales. (p.2)

Los costos de operación se verían impactados si el proyecto de ley es aprobado al recibir financiamiento en la tarifa eléctrica. El ajuste que tendrían que hacer las compañías proveedoras de energía en su tarifa para poder brindar financiamiento en este punto, permitiría la reducción de los costos de operación del centro de datos.

El Minae establecerá un programa gradual obligatorio de uso racional de la energía y la eficiencia energética, destinado a las empresas privadas con consumos anuales de energía mayor de 240.000 kilovatios-hora de electricidad, 360.000 litros de derivados de petróleo o un consumo total de energía equivalente a doce terajulios, mediante la certificación de la Norma INTE ISO-50001 Gestión de Energía. (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2017, p.8)

Según el artículo 6 del proyecto de ley, la compañía deberá certificarse ante la Norma INTE ISO-50001 debido a que sus consumos anuales exceden los 240.000 KWh. El alcance económico del proyecto pretende disminuir la cantidad de KWh consumidos para así disminuir el monto de la factura eléctrica, principalmente con modificaciones en los sistemas que contribuyen más en el incremento de la energía consumida.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS

La certificación ISO 50001 es un tema que es muy reciente en el país. Gracias a los recursos y fuentes de energía con que cuenta Costa Rica, ha sesgado el pensamiento sobre eficiencia energética. Por esta razón, las compañías instaladas en el país han optado por incentivar buenas prácticas en cuanto a utilización de la energía, pero difícilmente se diseña un sistema que permita gestionar el uso de energía y además evaluar oportunidades de mejora. Aunado a esto, actualmente en Costa Rica solo existe un ente encargado de certificar compañías en la ISO 50001, el cual es INTECO.

La Nación publicó en el año 2012 que la compañía multinacional Intel obtuvo la certificación ISO 50001. El ente que lo certificó fue NSAI de Irlanda, ya que en ese momento acababa de llegar la norma al país.

El certificado –otorgado el mes pasado por la empresa NSAI de Irlanda– permitirá a la compañía, con sede en Belén, Heredia, mejorar los costos operativos, reducir la huella ambiental y reforzar sus programas de conservación de los recursos naturales. (Arce, 2012)

La rentabilidad de la compañía se vio afectada positivamente, y así lo mencionó la gerente de Asuntos Corporativos. “Esta norma nos reta a seguir en esa línea donde; por ejemplo, cualquier nuevo producto que se lance al mercado tendrá un ahorro energético superior al modelo anterior” (Arce, 2012). Se estima

que el ahorro que Intel obtuvo en el año 2011 fue de 4 millones de KW/h. Esto muy llamativo el llevar a cabo un proyecto para gestionar el uso de la energía, ya que no solamente se cuida el ambiente, sino que también se aumenta la rentabilidad de la compañía.

CAPÍTULO III:
MARCO METODOLÓGICO

La investigación de información que se realiza antes y durante el proyecto es esencial para comprobar que el proyecto cuenta con bases teóricas. El enfoque que se le da a la investigación dependerá de la naturaleza del proyecto y el análisis que se desarrolle. Años atrás, existían solamente 2 enfoques, el cuantitativo y el cualitativo, pero cómo ha avanzado, los procesos de investigación y los proyectos que se desarrollan, se originó uno que en síntesis es una combinación de los 2, el enfoque mixto.

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, y así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

(Hernández-Sampieri y Mendoza, 2008, citado por Sampieri, R, *Metodología de la Investigación*, 2014, p.534).

Según el fragmento citado anteriormente, el enfoque mixto consta de un análisis integrado de los enfoques cuantitativo y cualitativo, por lo que esta investigación califica como un enfoque mixto por los puntos que se evaluarán en su análisis y propuestas. Para ampliar este punto se da como ejemplos la creación de la política energética y los análisis de los consumos energéticos, siendo la creación de la política parte del enfoque cualitativo, y los análisis parte del enfoque cuantitativo. Cabe mencionar que la investigación abordará temas en específico

que se vieron a lo largo de la carrera, por lo tanto, se categoriza como micro investigación

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto está basado en lo que corresponde a una propuesta de mercado que posee la compañía. Hoy en día, al haber tanta y una creciente competencia en el mercado, se busca constantemente la mejora continua y así mantenerse al margen de los cambios en el mercado. Actualmente, la compañía ha reflejado rentabilidad por su buena operatividad, personal altamente capacitado y por mantener un horizonte bien definido, el cual es ser el mejor centro de datos de toda América. Dentro de sus planes estratégicos, se encuentra la obtención de la certificación ISO 50001, la cual está planteada para lograrse en el año 2018.

Está de más explicar el antecedente que conlleva al desarrollo de este proyecto por ser una meta de toda la organización. La viene propuesta impulsada desde la posición más alta del centro de datos ya que el mismo Director General es el primer empleado de la compañía en apoyar la propuesta. Aunado a esto, surgió en el año 2017 un proyecto de ley que implica una reducción en las tarifas de cobro para las empresas costarricenses que obtengan la certificación ISO 50001. El proyecto de ley promovió con mayor fuerza el impulso de desarrollar un Sistema de Gestión Energética ya que el principal costo operativo de la compañía es la factura eléctrica. Es por este motivo, que el 15 de julio del 2017, el Director General determinó como problema para el centro de datos la “carencia de no poseer un Sistema de Gestión Energética”.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DE PROYECTO.

La metodología para la recopilación, procesamiento y análisis de los datos se realiza mediante la extracción de información de la compañía. El centro de datos se encuentra actualmente certificado con la norma ISO 9001, por lo tanto, llevan registros de sus procesos y son almacenados en una plataforma digital. La información necesaria se extraerá para llevar a cabo los análisis respectivos en el desarrollo del proyecto. Además, se emplea el análisis estadístico conocido como Análisis de Regresión Lineal Múltiple, el cual es fundamental para plantear la Línea de Base Energética para comprobar que los resultados son confiables.

Los datos que se analizan en el proyecto son los correspondientes al consumo energético y se obtienen de diferentes maneras. En el caso del consumo abarcado por los Servicios Generales se calcula la diferencia del valor registrado que se obtuvo cada mes del medidor de consumo energético instalado en el tablero que provee electricidad a estos servicios. En el caso de los equipos de UPS, se obtiene el registro de la Potencia Eléctrica de dichos equipos y se calcula el consumo mensual mediante la fórmula establecida en el Marco Teórico. Por último, en el caso de los equipos de climatización, no se cuenta con la cantidad suficiente de medidores para instalarlos en los tableros de estos equipos, por lo que se realiza el cálculo con respecto de la Potencia indicada en la placa de cada uno.

La selección de muestras se efectúa con base en lo recomendado en diferentes fuentes de referencia, siendo la muestra recomendada un año completo. En el caso de los Servicios Generales, solamente se tienen registros de 6 meses debido a que el medidor fue instalado 6 meses atrás.

3.3 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad, se recuerda al estadístico estadounidense Edward Deming por su gran aporte en aspectos relacionados en calidad total. Una frase que quedó marcada para la historia es la siguiente *“No se puede mejorar lo que no se controla; no se puede controlar lo que no se mide; no se puede medir lo que no se define”*. La frase hace referencia a que el camino hacia la mejora tiene sus etapas y funcionan de forma sistemática. Es por esto que él creó una metodología denominada Ciclo de Deming o Ciclo PHVA, la cual permite plantear, implementar y modificar para lograr una meta en específico, lo que la hace una metodología muy útil en implementación de proyectos.

La compañía cuenta con certificación ISO 9001, lo que indica que la empresa ya cuenta con antecedentes en cuanto a creación e implementación de sistemas de gestión. La confianza en el ciclo de Deming incrementó dado los buenos resultados que se obtuvieron en la implementación del Sistema de Gestión de Calidad, por lo tanto, se decidió utilizarlo como base para el proyecto. Además de esto, la propia norma ISO 50001 recomienda utilizarlo como método, siendo así la seleccionada para llevar a cabo este proyecto. Sin embargo, la metodología se utilizará principalmente para el plan de implementación de cambios ya que en la etapa de Línea Base y Diagnóstico se evaluará, si existen o no, los puntos de la norma.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

La implementación del proyecto se hará de acuerdo con las pautas indicadas en la ISO 50001. Al ser una norma internacional, es confiable que los requisitos estipulados en ella lideren a una implementación fructífera y orientada a los resultados. Las premisas de la implementación se tomarán de la sección 4.5 de la norma ISO 50001, la que comprende los requisitos de Implementación y operación. A pesar de que la compañía no cuenta con algún mecanismo para implementación de nuevas iniciativas, se apoya siempre y cuando sea un proyecto viable que aporte al crecimiento de la compañía.

El punto fundamental que establece la norma es que el personal esté comprometido y coopere para lograr los resultados esperados, por lo que es de suma importancia la formación del personal. INTECO (2011) afirma “La organización debe identificar las necesidades de formación relacionadas con el control de sus usos de energía significativos y con la operación de su SGE_n” (p.10). El personal involucrado en tomar y llevar registros sobre los consumos de energía deberá estar calificado para estas funciones, de lo contrario recibirán formación o se le pasará a otro colaborador más calificado. Asimismo, se le comunicará a toda la organización sobre el sistema con el fin de que todos estén involucrados en su funcionamiento y laborar bajo la mira de alcanzar las metas establecidas en el plan de desempeño energético. La Tabla 1 muestra la metodología utilizada por el investigador.

Tabla 1. Metodología del proyecto

Metodología PHVA para el Diseño del Sistema de Gestión Energética	
Etapa	Requisito de la norma
Requisitos Generales	4.1 Requisitos Generales
	4.2 Responsabilidad de la gerencia
	4.2.1 Alta gerencia
	4.2.2 Representante de la gerencia
	4.3 Política energética
Planificar (P)	4.4 Planificación energética
	4.4.1 Generalidades
	4.4.2 Requisitos legales y otros requisitos
	4.4.3 Revisión energética
	4.4.4 Línea base energética
	4.4.5 Indicadores de desempeño energético
	4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía
Hacer (H)	4.5 Implementación y operación
	4.5.1 Generalidades
	4.5.2 Competencia, formación y toma de conciencia
	4.5.3 Comunicación
	4.5.4 Documentación
	4.5.5 Control operacional
	4.5.6 Diseño
	4.5.7 Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía
Verificar (V)	4.6 Verificación
	4.6.1 Seguimiento, medición y análisis
	4.6.2 Evaluación de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos
	4.6.3 Auditoría interna del SGEN
	4.6.4 No-conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva
	4.6.5 Control de registros
Actuar (A)	4.7 Revisión por la gerencia
	4.7.1 Generalidades
	4.7.2 Información de entrada para la revisión por la gerencia
	4.7.3 Resultados de la revisión por la gerencia

Fuente: el investigador

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Como todo sistema, no será duradero si no se le da control y seguimiento a lo largo del tiempo. El seguimiento se le dará a través de revisiones programadas. A grandes rasgos, se evaluará el cumplimiento de los objetivos, se revisará la política y las metas, se crearán medidas de contingencia en caso de ser necesario y se informarán las decisiones tomadas con base en la evaluación. Dicho de otro modo, se le brindará como opción a la empresa la programación de reuniones para evaluar el funcionamiento del sistema, así como también consultas o propuestas de mejora. Para llevar el control de las operaciones, se revisará en reuniones semanales el consumo energético que hubo en la semana anterior y así evaluar situaciones que difieren del comportamiento habitual.

Por supuesto, la documentación es primordial para llevar trazabilidad del sistema. Se crearán documentos oficiales para plasmar la información base, como lo es la política energética, los alcances, las limitantes, los objetivos, entre otros, y tendrán revisiones periódicas. INTECO (2011) afirma “La organización debe asegurar que las características claves de sus operaciones que determinan el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados” (p.13). Tal y como se establece en la norma, se deberán realizar revisiones periódicas para medir el desempeño durante el periodo y tomar planes de acción para lograr o mejorar las metas planteadas en el sistema.

Por otro lado, también se crearán machotes oficiales para llevar los registros de las mediciones del consumo energético y que luego sean utilizados para análisis. Todo cambio que se le realice a algún documento llevará un proceso previo de aprobaciones para que luego no se convierta en un problema a la hora de realizar las auditorías internas. “Debe desarrollar un plan y un cronograma de auditorías al considerar el estado y la importancia de los procesos y las áreas por auditar, así como los resultados de auditorías previas” (INTECO, 2011, p.14). Tanto los documentos, registros y resultados de auditorías serán almacenados en la plataforma virtual establecida por la compañía, de esta manera se tendrá disponible cualquier información que el auditor requiera en su debido proceso de auditoría. Asimismo, se le dará capacitación al personal encargado de llenar los registros para que conozcan la información que deben introducir y así evitar falta de información por errores humanos.

Con el fin de robustecer el sistema de gestión energética, se creará un diagrama de Gantt con las fechas y la descripción de los puntos por evaluar, al obtener así control sobre la programación de las revisiones y evitar confusiones en fechas. Este diagrama contemplará las revisiones más a largo plazo, por lo que no estarán reflejadas las reuniones semanales donde se evalúan el desempeño en energía de la semana anterior. El encargado de dar seguimiento, modificar documentos, plantear cambios en información base, aprobar documentos y resguardar la información relacionada al sistema, será el Coordinador de Sistemas de Gestión. Esta posición será el encargado de coordinar todo para auditorías venideras, y así cumplir con todos los requisitos e información solicitada por parte

del auditor. De igual manera, coordinará al personal para que puedan agendar el espacio y así estar presentes en estos procesos de revisión de cumplimiento. De esta manera, todas las áreas podrán estar enteradas sobre situaciones y eventos que arriesguen la continuidad del sistema.

El comité encargado de las revisiones le facilitará los resultados de las auditorías a la dirección. De acuerdo con la norma ISO 50001, requiere revisión por parte de la alta dirección todo lo relacionado a: cambios en el desempeño energético, cambios en la política, cambios en los indicadores de desempeño energético, cambios en objetivos y metas y cambios en asignación de recursos. La comunicación de estos puntos se compartirá de forma resumida en un documento de “minutas de reuniones” para cada evaluación del sistema. La alta dirección estará a cargo de dar la última aprobación para cada cambio u observación escalada en el informe.

CAPÍTULO IV:
LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

Para llevar a cabo el diagnóstico de la situación actual en la empresa es importante hacer primero un inventario de los equipos que más consumen energía eléctrica. Es fundamental este paso para poder entender la distribución y el uso que se le da a la energía que se adquiere en las facilidades, ya que el Sistema de Gestión Energética se crea para gestionar justamente el consumo energético de las instalaciones. En el centro de datos existen equipos y dispositivos con diferentes fines que en conjunto permiten la operatividad de las instalaciones. De esta manera, se decide agruparlos en subsistemas para facilitar el análisis y control que se desea implementar. Los subsistemas son los siguientes:

- 1) Sistemas de Climatización
- 2) UPS
- 3) Servicios Generales

El subsistema al que pertenecen cada equipo va a depender de su función, consumo de energía y la incidencia en sí dejara de operar. Comenzando con las UPS, estos equipos son críticos que se mantengan operando, de lo contrario significaría un incumplimiento al servicio brindado al cliente y por eso este fallo provocaría la queja del cliente. Por este motivo, las UPS instaladas en todas las suites del centro componen el subsistema denominado como UPS.

El segundo servicio crítico en el centro de datos es el control de la atmósfera dentro de las suites. Este control lo realizan equipos especiales para centros de datos, los cuales se componen de Aires Acondicionados de Precisión y de

Humidificadores. Los Aires Acondicionados de Precisión tienen la capacidad de mantener la temperatura de la suite entre un rango muy reducido de temperatura con respecto al establecido, de ahí su nombre de precisión. A diferencia de aires acondicionados comunes, estos consumen una gran cantidad de energía por esta función particular ya que los aires acondicionados regulares operan dentro de un rango mucho más amplio de temperatura en que mantienen la suite con respecto a la temperatura establecida. Además, se agrega que el fallo de los Aires Acondicionados de Precisión provocaría que, en poco tiempo, tanto las UPS como los equipos de los clientes fallen. De esta manera, se define otro subsistema denominado Aires Acondicionados de Precisión.

Por último, se define el tercer subsistema que abarca los que se denominan como Servicios Generales. Estos servicios componen todos los dispositivos no críticos para la operación y que el fallo de alguno no tendría impacto en la función principal del centro de datos. Los equipos y dispositivos que forman este subsistema son las lámparas o bombillos para la iluminación, los aires acondicionados de confort y el abastecimiento de energía a todas las tomas corrientes de las salas y oficinas.

El servicio del centro de datos tiene como parte de sus pilares, la seguridad que se le brinda al cliente en cuanto a que sus equipos continuarán funcionando ante cortos de electricidad. En otras palabras, existe un sistema planeado de redundancia energética para que los equipos siempre tengan alguna fuente que los abastezca de energía. Este concepto crea que en cada cuarto o *suite* en donde

se instalan los equipos de los clientes, se trabajen con dúos de equipos para mantener un equipo de respaldo. Por lo tanto, el inventario de equipos o dispositivos que consumen energía se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Inventario de equipos de consumo significativo

Equipo / Artefacto	Cantidad por suite	Total de suites	Total en edificio
1. Aires acondicionados de precisión	2	8	16
2. Humidificadores	2	8	16
3. UPS	2	8	16
4. Lámparas	-	-	50
5. Aires acondicionados de confort	-	-	7

Fuente: registros de la compañía

El inventario de los equipos en las facilidades muestra la cantidad de equipos que consumen energía diariamente. Se puede observar que la iluminación demanda la mayor cantidad de equipos para cubrir todas las áreas de la empresa y poder contar con servicio de iluminación. Los aires acondicionados están ubicados en diferentes puntos de las instalaciones para mantener en áreas de paso y oficinas un ambiente fresco y dentro del rango de temperatura deseado. Por último, los equipos dentro de las *suites* son los más costosos y más críticos para la operación del centro de datos, los cuales son los Aires Acondicionados de Precisión y las UPS. Por motivo de la redundancia energética con que opera el centro de datos, se tienen 2 en cada una, es decir, 2 UPS y 2 aires acondicionados, y así tener uno de respaldo en caso de que alguno falle. A pesar de esto, solamente 1 se encuentra encendido en el momento.

4.1 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

El análisis para la planificación energética se debe comenzar por realizar el estudio sobre los procesos de consumo energético. Esta etapa se determina como la fase medular de la implementación de la norma ya que el estudio del comportamiento energético es la base para los demás requerimientos de la norma. El objetivo de la Planificación Energética es poder exponer y analizar el uso y consumo de la energía una vez ingresa a las facilidades. De acuerdo con la norma, el primer paso es la Revisión Energética, en el cual se detallan los procesos de consumo energético y se evalúan tanto de forma individual, como en conjunto.

4.1.1 Revisión Energética

La Revisión Energética consiste en una valoración energética de los equipos, personas, sistemas, etc; que más influyen en el consumo de energía, o al menos una valoración del comportamiento energético presente en la compañía. Dentro de los indicadores que maneja la compañía en su actualidad se encuentre el *PUE*, el cual es por sus siglas en inglés “Power Usage Effectiveness” y se detallará un poco su cálculo en la sección de 4.2.2 Línea de Base Energética. En el caso de las indicaciones de la norma ISO 50001, del punto “A” en la sección de la Revisión Energética se menciona que se debe “analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos” y para esto se deben abarcar los siguientes puntos:

- *Identificar las fuentes de energía actuales*
- *Evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía*

Los dos fragmentos anteriores indican que la empresa debe identificar de donde proviene la energía que ingresa en las facilidades y luego evaluar el uso y el consumo que se le da una vez la energía ha ingresado en las instalaciones. El centro de datos cuenta con dos tipos en cuanto fuentes de energía, la energía eléctrica comprada, la cual se obtiene del proveedor denominado como Centro Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), y la energía eléctrica obtenida de los Generadores de energía. Los Generadores se tienen como medida alternativa en caso de que todas las dos fuentes externas eléctricas (acometidas) fallen, esto como parte de la “redundancia energética” que posee el centro de datos. La energía se genera por medio de un Generador de Energía Eléctrica que funciona con combustible Diésel 50 y tiene una capacidad de mantener las operaciones del centro de datos por 24 horas.

A los generadores de energía se les realiza todos los mantenimientos establecidos por el proveedor para que operen en forma efectiva en el momento que sean requeridos. Asimismo, con el fin de mantenerlos activos, se hace el cambio como fuente primaria de energía por unos minutos y así garantizar que funcionan correctamente. Los registros de las compras de gasolina Diesel 50 se utilizarán para determinar el consumo energético generado por los Generadores de Energía, al utilizar la fórmula establecida en el marco teórico. En la tabla 3 se

consolida la información para estimar la cantidad de energía suministrada por los Generadores de Energía.

Tabla 3. Consumo energético suministrado por Generadores de Energía

Mes	Litros adquiridos (L)	Conversión (m ³) 1000 L = 1 m ³	Densidad Diesel 50 (839,55 kg/m ³)	Poder calorífico Diesel 50 (45,57 MJ/kg)	Total de energía eléctrica generada 1kWh = 3,6 MJ
ene-17	60,42	0,06	50,72	2311,44	642,07
feb-17	11,81	0,01	9,91	451,66	125,46
mar-17	37,50	0,04	31,48	1434,69	398,52
abr-17	117,36	0,12	98,53	4490,04	1247,23
may-17	8,33	0,01	7,00	318,82	88,56
jun-17	26,39	0,03	22,15	1009,59	280,44
jul-17	151,39	0,15	127,10	5791,88	1608,86
ago-17	131,25	0,13	110,19	5021,40	1394,83
sep-17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
oct-17	221,53	0,22	185,98	8475,27	2354,24
nov-17	73,61	0,07	61,80	2816,24	782,29
dic-17	8,33	0,01	7,00	318,82	88,56
ene-18	167,36	0,17	140,51	6402,95	1778,60

Fuente: registros de compras de combustible de la compañía

La tabla 3 muestra en su sexta columna el total de KWh que el centro de datos utilizó y que no se ve reflejado en las facturas que provee el Centro Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Es importante conocer estos valores para generar el balance de energía y así obtener la visual real de todo el consumo de energía que hay en cada periodo. La sumatoria de la cantidad de kWh que el proveedor externo (CNFL) más la cantidad de energía que los generadores entregaron, indicarán la cantidad de energía eléctrica que se consumió en el centro de datos.

La energía eléctrica comprada por el otro lado, se adquiere del proveedor costarricense con el nombre de CNFL. La corriente eléctrica entra al complejo tecnológico por dos acometidas externas que vienen de diferentes sectores con el fin de tener un respaldo en caso de que alguna de ellas deje de proveer energía. La energía ingresa de dos fuentes externas para tener una alternativa en caso de que alguna deje de proveer energía en algún momento. Todos los días 15 del mes se cambia la fuente externa primaria y esto ocasiona que se tenga que cancelar 2 facturas a finales del mes. En el gráfico a continuación se muestra el consolidado de los KW facturados en los meses de agosto del 2017 a enero del 2018.

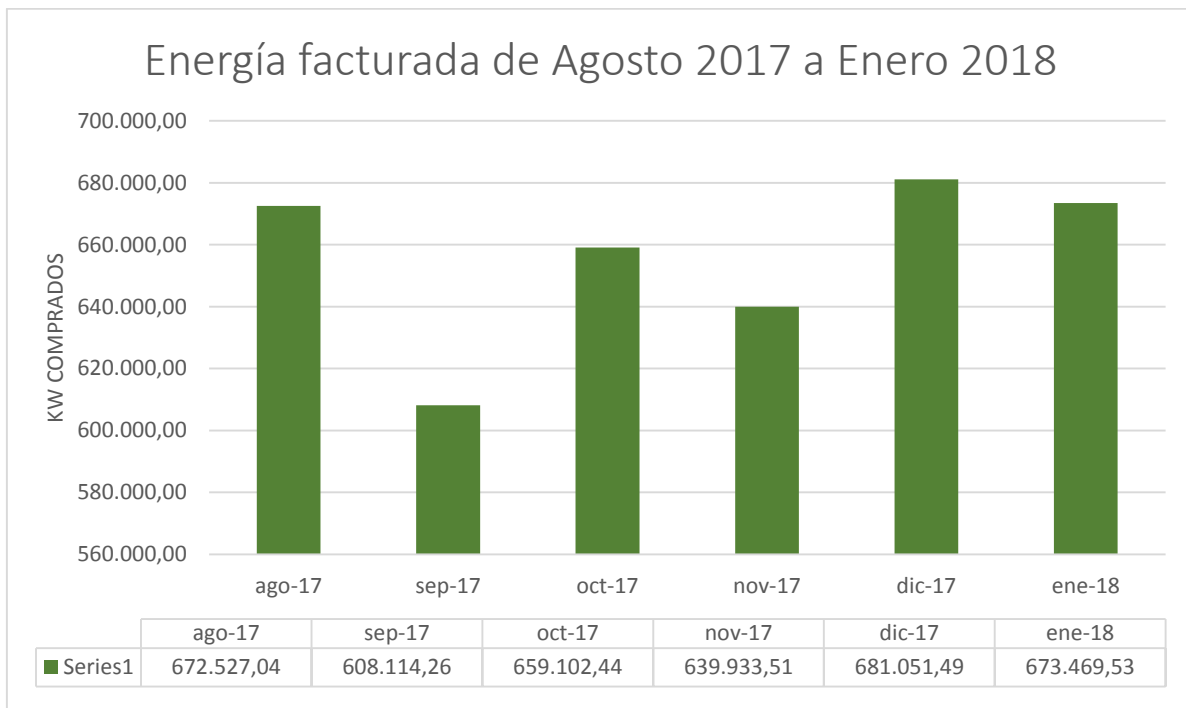


Figura 2. Energía facturada en los últimos 6 meses

Fuente: consolidado de facturas CNFL

El consumo total facturado en los últimos 6 meses se muestra sin alguna variación anormal con valores muy distantes unos de otros. Se puede observar una variación que va en un rango de 608.114,26 KW a 681.051,49 KW, lo que indica que los meses de menor y mayor consumo de la muestra fueron septiembre y diciembre respectivamente. A estos valores hace falta agregarles la energía eléctrica suministrada por los generadores de energía para obtener el balance total y obtener el consumo energético real del centro de datos. Para exponer este punto, se muestra a continuación el Balance de Energía total para los últimos 13 meses y también el porcentaje de variación que hubo entre el mes previo y el siguiente.

Tabla 4. Balance del consumo energético - agosto 2017 a enero 2018

Mes	Total kWh facturados CNFL	Total kWh Generadores	Total consumo energético [kWh]	Variación %
ene-17	617.286,80	642,07	617.928,87	-
feb-17	552.939,45	125,46	553.064,91	-10,5%
mar-17	659.489,46	398,52	659.887,98	19,3%
abr-17	596.992,18	1.247,23	598.239,41	-9,3%
may-17	607.858,05	88,56	607.946,61	1,6%
jun-17	588.273,87	280,44	588.554,31	-3,2%
jul-17	657.588,10	1.608,86	659.196,96	12,0%
ago-17	672.527,04	1.394,83	673.921,87	2,2%
sep-17	608.114,26	0,00	608.114,26	-9,8%
oct-17	659.102,44	2.354,24	661.456,68	8,8%
nov-17	639.933,51	782,29	640.715,80	-3,1%
dic-17	681.051,49	88,56	681.140,05	6,3%
ene-18	673.469,53	1.778,60	675.248,13	-0,9%

Fuente: registros provisionados por la empresa

La tabla 4 muestra la información tabulada de los consumos del mes de enero del 2017 a enero del 2018. En la quinta columna se muestra el porcentaje de variación con respecto del mes anterior, siendo positivo si hubo un aumento o negativo en caso de que haya habido una disminución. El porcentaje más alto de variación se muestra en el mes de marzo (19,3%) y el más bajo en el mes de febrero del 2017 (-10,5%). Definitivamente en el mes de febrero del 2017 ocurrió algo en el consumo que provocó esa disminución considerable del consumo, lo cual fue que algunos racks se desocuparon por unos días porque el cliente cambió los equipos que deseaba mantener en el centro de datos. Por este motivo, es importante conocer los factores que influyen directamente en el consumo de energía y así tener una idea clara de cuáles hábitos son beneficiosos y cuáles son contraproducentes.

Como ya fue mencionado, las facilidades se alimentan de 2 fuentes externas conocidas como acometidas A y acometida B. Al entrar al complejo, la energía pasa por un sistema inteligente que se encarga de distribuir la energía en todo el centro de datos para que los sistemas se encuentren siempre funcionando. En otras palabras, si deja de percibir energía de una acometida, hace el cambio y activa la vía de la segunda acometida. En caso de que las dos fallen, manda la señal para que rápidamente se encienda uno de los Generadores de Energía y se obtenga la energía de esta fuente alternativa. Los destinos a los que se dirige la energía son los cuartos mecánicos, en donde una parte de la energía sigue el fluido hasta las UPS, otra parte se direcciona a los tableros de los Aires Acondicionados de Precisión, y la última al tablero que distribuye la energía a lo

que consiste como Servicios Generales. Con esta información, se decide dividir en 3 grupos los sistemas que requieren energía para su operación:

- UPS
- Aires acondicionados de precisión
- Servicios Generales

Las UPS son los equipos conocidos popularmente como “baterías” que tienen como propósito almacenar energía para poder suplir los equipos conectados a ellas en caso de que la fuente primaria falle. Dentro del centro de datos todos los racks se encuentran conectados a una UPS para asegurar la continuidad de las operaciones en cualquier situación. El centro de datos posee 8 suites con “N” cantidad de racks disponibles para rentar. Cada suite posee 2 UPS, siendo 1 suficientemente capaz de cubrir el requerimiento energético de la suite por aproximadamente 11 minutos. La otra se tiene como medida de contingencia, y para garantizar su funcionamiento, se alterna mes con mes la que está conectada a los equipos mientras que la otra permanece con 50% de carga en modo *stand by*. Cada equipo de estos tiene una eficiencia del 80%, lo que quiere decir que el 20% de la energía que pasa a través de ésta se desperdicia.

Los sistemas de climatización se componen de los humidificadores y los aires acondicionados de precisión, los cuales vienen siendo un tema ajeno al contexto de las UPS, pero de igual manera altos consumidores de energía por el

sistema especializado en controlar de forma precisa la temperatura del cuarto. Los equipos se encuentran ubicados en los cuartos mecánicos que están en medio de cada dos suites y su función es principalmente extraer el aire caliente generado por los equipos e inyectar aire frío a la suite. Cada suite cuenta con dos aires acondicionados de precisión instalados como contingencia en caso de que uno falle. Asimismo, en cada *suite*, un aire acondicionado se encuentre enlazado a la energía proveniente de la acometida A y el otro enlazado en la energía proveniente de la acometida B.

En caso similar a como se opera con las UPS, los aires acondicionados de precisión son alternados, solo que de forma semanal. Un punto importante es que dentro de las suites también se regula el porcentaje de humedad relativa para mantenerla dentro de los parámetros establecidos y evitar algún daño en los equipos o el personal por choques de estática. Es por esto que en cada suite está colocado un equipo que se le conoce como Humidificador, encargado de regular el porcentaje de humedad relativa dentro del ambiente de la suite.

Por último, se tiene el consumo de lo que corresponde los Servicios Generales. Este abarca los servicios de iluminación de pasillos, áreas de oficina y parqueo, el consumo de energía de los aires acondicionados de confort y energía requerida de la toma corriente de las salas y oficinas. Se puede inferir en que el consumo energético es muy inferior en comparación con los sistemas de UPS de las suites y los Aires Acondicionados de Precisión, pero de igual manera no se debe omitir su consumo. La energía a todos estos servicios generales proviene de

un tablero ubicado en el cuarto mecánico que tiene instalado un medidor que muestra mes a mes el consumo de energía acumulado. Es importante destacar que el valor que muestra el medidor es acumulativo, lo que quiere decir que muestra todo el consumo de energía a lo largo del tiempo que lleva instalado.

Ahora bien, se conocen las fuentes de consumo energético, siendo el siguiente paso el análisis de su impacto. La data se obtendrá de diferentes medios dependiendo del sistema, por ejemplo, para el caso de las UPS se toma el registro de la potencia real requerida por los equipos alimentados por la UPS. Este dato se visualiza en el *display* de la pantalla de la UPS y muestra los kW (potencia eléctrica) demandados por los equipos conectados a ella para operar en ese preciso momento. La experiencia a lo largo del tiempo ha demostrado que la variación en la cantidad de kW requeridos por los equipos es muy baja a menos que se conecte nuevos equipos a la UPS. Los datos son tomados por los operadores de forma diaria y se registran para el cálculo y revisión diaria del PUE.

A continuación, el cálculo del consumo energético de las UPS para el mes de enero del 2018, tomando como referencia el promedio de los valores registrados por los operadores.

Equipo	Potencia promedio (KW)	Días del mes	% de Eficiencia	Consumo de Corriente Eléctrica (KW/h)
UPS 1	0,00	31	80%	0,00
UPS 3	1.365,83	31	80%	52.925,91
UPS 5	1.701,52	31	80%	65.934,00
UPS 7	1.442,58	31	80%	55.900,13
UPS 9	1.094,68	31	80%	42.418,94
UPS 11	1.096,24	31	80%	42.479,44
UPS 13	1.406,79	31	80%	54.513,00
UPS 15	2.328,55	31	80%	90.231,47
Total				404.402,88

Tabla 5. Consumo energético de UPS - enero 2018

Fuente: registros proporcionados por la empresa

La información suministrada en la Tabla 3 permite conocer los consumos de los equipos UPS en el mes de enero, pero antes se deben considerar ciertos aspectos. El primero es que el consecutivo de las UPS están basadas en los equipos que funcionaron en el mes ya que como fue mencionado antes, cada *suite* cuenta con dos UPS dentro del cuarto, y se alternan cada mes. Dicho de otro modo, las UPS 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 y 16 permanecen con poca carga pero sin estar conectadas al flujo eléctrico durante el mes, por lo tanto, no tuvieron consumos de energía. Otro punto muy importante es que la suite 1 no se encuentra ocupada, entonces todos los equipos permanecen apagados.

El consumo de energía para cada suite va a depender en gran parte de la ocupación de los racks puesto que entre más equipos estén siendo alimentados, mayor será la demanda de energía. Ahora bien, un punto muy importante es tomar en cuenta la eficiencia de las UPS debido a que el valor registrado indica la

cantidad de KW suministrados durante el mes y sería un error omitir la energía desperdiciada por pérdidas de transformación producto de la eficiencia de la UPS. Por esta razón, se procede a calcular el consumo eléctrico a través de la fórmula correspondiente.

Tomando como ejemplo el cálculo para la UPS 3, se obtendría lo siguiente:

$$\text{Corriente Eléctrica UPS 3} = \frac{1.365,83 \text{ KW} * 31 \text{ días}}{0,8}$$

$$\text{Corriente Eléctrica UPS 3} = \mathbf{52.925,91 \text{ KW/mes}}$$

Este proceso es replicado para todas las UPS que tuvieron consumo en el mes y de esta manera se obtiene el consumo energético de cada una. El porcentaje de eficiencia se mantiene al ser todas las UPS el mismo modelo y por ende tener las mismas especificaciones. En total el sistema de UPS sumó un consumo total de energía de **404.402,88 KW/mes.**

El siguiente sistema en evaluar es el de climatización de las suites. Los equipos que forman parte de este sistema son los Aires Acondicionados de Precisión y los Humidificadores. A diferencia de las UPS, los equipos no muestran el requerimiento de potencia o alguna otra medida que ayude a estimar el cálculo, por lo que se procede a hacer la estimación de acuerdo con las especificaciones

del proveedor, ubicadas en la etiqueta a un costado del equipo. La información obtenida es la siguiente.

Tabla 6. Potencia nominal de Equipos de Climatización

Equipo	Modelo	Suites	Potencia eléctrica [kW]	Potencia nominal [kW]
Aire Acondicionado de Precisión	X1	1 a la 6	30,31 - 41,01	35,66
Aire Acondicionado de Precisión	Y1	7 y 8	25,79 - 34,90	30,35
Humidificador	H1	1 a la 8	8,12 - 12,18	10,15

Fuente: información en placa de sistemas de climatización

De acuerdo con la placa de los equipos, el consumo de cada uno va a depender de la cantidad de BTU necesaria para mantener la sala en la temperatura deseada y del tiempo de operación del equipo, es decir el tiempo en que funcionó el compresor. Por este motivo se calculó el potencial nominal y se utiliza como factor de estimación para el consumo de los equipos. A continuación, se detalla el cálculo sobre el consumo energético mensual del equipo.

$$\text{Corriente Eléctrica} = \text{Consumo nominal} * \text{horas del mes}$$

Tabla 7. Cálculo de consumo para el Sistema de Climatización

Equipo	Consumo nominal [KW/mes]	Uso [h/mes]	Consumo [kWh/mes]
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 1	35,66	720	0
Humidificador	10,15	720	0
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 2	35,66	720	25675,2
Humidificador	10,15	720	7308
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 3	35,66	720	25675,2
Humidificador	10,15	720	7308
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 4	35,66	720	25675,2
Humidificador	10,15	720	7308
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 5	35,66	720	25675,2
Humidificador	10,15	720	7308
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 6	35,66	720	25675,2
Humidificador	10,15	720	7308
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 7	30,35	720	21852
Humidificador	10,15	720	7308
Aire Acondicionado de Precisión - Suite 8	30,35	720	21852
Humidificador	10,15	720	7308
Total			223236

Fuente: información en la placa de los equipos

El cálculo aproximado del consumo energético para el Sistema de Climatización representa un aporte muy similar al de las UPS. Como se puede observar, el cálculo del consumo estimado muestra que su consumo nominal aparenta ser significativo por su alta demanda de KW al mes. Se realizó el cálculo mediante esta estimación debido a que la empresa no cuenta con la cantidad suficiente de medidores para conectarlos a la fuente de energía que suministra cada equipo y así obtener el conteo real del consumo eléctrico. No obstante, es un método válido y muy utilizado en la industria eléctrica.

A este punto solamente hace falta estimar el consumo asociado a los servicios generales. Es importante estimarlos para determinar los procesos significativos al consumo energético y que por lo tanto requieren de mayor atención. La proveniencia de la electricidad que alimenta estos sistemas está aislada de los sistemas de UPS y climatización de las suites por motivo de diseño de infraestructura.

La compañía cuenta con un medidor portátil de consumo eléctrico. Dicho dispositivo es instalado en el tablero y proporciona un conteo real de la energía que pasa a través del circuito. El equipo lleva 6 meses instalado en el tablero que distribuye la energía a los servicios generales con el fin de recolectar datos sobre su consumo y poder estimar su porcentaje de significancia para el estudio de este proyecto. Similar a los medidores que se encuentra en los hogares, éste va registrando los KW desde el momento en que se instaló hasta la fecha, por lo tanto, se puede obtener el valor del consumo real al calcular la diferencia entre el valor registrado en el mes anterior contra el presente. Cabe destacar que el registro se tomó el mismo día y a la misma hora de cada mes y así abarcar solamente el mes en cuestión. El equipo utilizado cumple con los mantenimientos y calibraciones establecidas por el proveedor por lo que se puede afirmar que las mediciones son confiables.

A continuación, se muestra en la tabla 8 los datos registrados en los últimos 6 meses en el medido de energía:

Tabla 8. Registros de KW - Medidor de energía

Mes	Valor registrado el 01 del mes [KW]	Diferencia [KW]
ago-17	0	0
sep-17	29539	29539
oct-17	61609	32070
nov-17	91849	30240
dic-17	120277	28428
ene-18	152159	31882
Promedio		30431,8

Fuente: registros llevados por el investigador

Los resultados muestran que el consumo es relativamente similar en cada mes. Esto indica que no ha habido eventos que influyan considerablemente en los últimos 6 meses. Comparando el resultado del consumo del mes de enero con respecto al consumo de los sistemas UPS y sistemas de climatización no es tan representativo, pero igualmente significa que una porción del consumo es destinada a servicios administrativos y de infraestructura. El inciso b de la sección de Revisión Energética de la norma establece que se deben identificar las áreas de uso significativo de energía con base en los resultados del análisis del uso y consumo de energía, y para esto se decide utilizar la herramienta ingenieril conocida como diagrama de Pareto.

A continuación, se grafican los resultados anteriores, consolidados en el diagrama de Pareto para obtener una visión más clara sobre cuáles son las áreas de uso significativo de la energía.

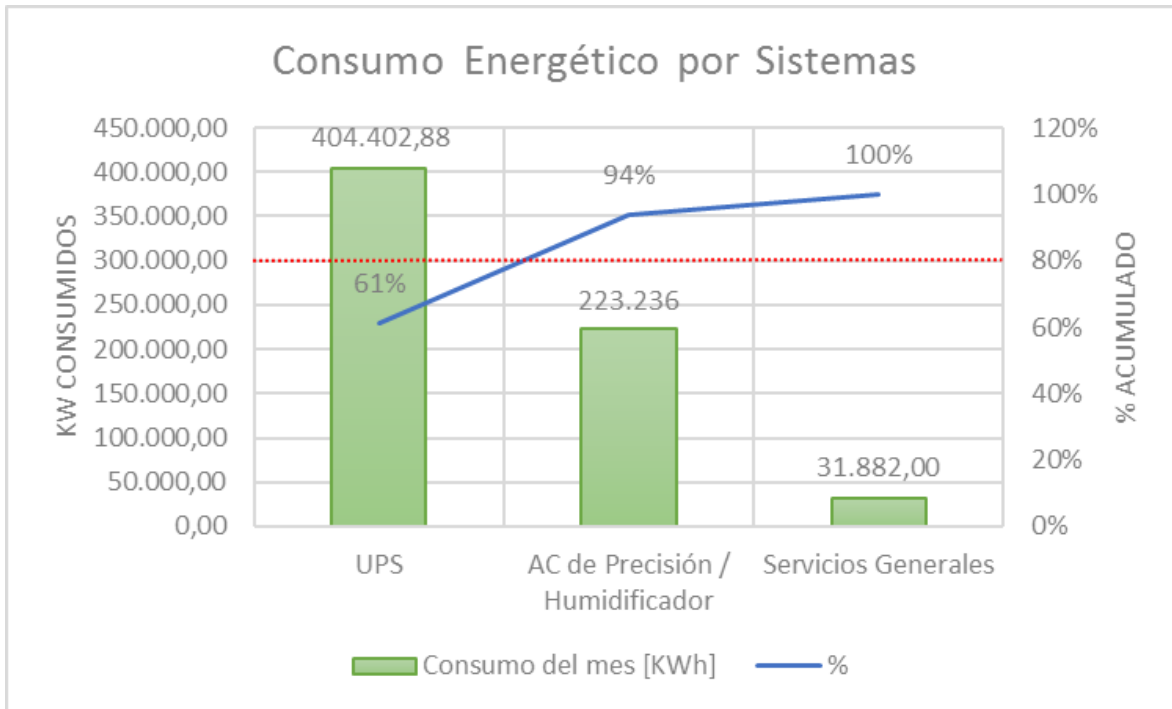


Figura 3. Diagrama Pareto - Consumo Energético por Sistemas

Fuente: información consolidada por el investigador

El Diagrama Pareto muestra de forma consolidada el total de los consumos de los tres sistemas detallados anteriormente. La figura 6 permite observar la distribución que tiene la energía una vez que ingresa a la red del centro de datos. Tómese en consideración que la línea roja punteada traza el 80%. Los dos sistemas que juntos abarcan el 80% y un poco más, son el de las UPS y el de climatización, por lo que se puede determinar que son concluir de uso significativo.

La principal observación es que el sistema que más consume energía forma parte de la redundancia energética en el centro de datos, lo que quiere

decir que lo que más está costando dinero son los equipos de respaldo de energía que forma parte del servicio de continuidad de negocios. Esta característica lo que indica es que se está pagando un alto costo por brindarle al cliente un servicio Uptime constante, lo cual es un buen indicador porque no hay señal de que se esté generando algún consumo desviado del servicio esencial del centro de datos.

Al consolidar el total de los consumos de los sistemas se obtiene que el total de energía requerida en el mes de enero se estima en 658.070,68 KW. La factura por el mes de enero más la energía suministrada por los generadores de energía señala que la cantidad total de energía comprada en el mes de enero se establece por un valor de 675.248,13 kW, lo que quiere decir que hay una diferencia negativa de 17.177,45 kW, es decir, una diferencia de -2,54 %. Se determina que la diferencia es relativamente poca y por eso se puede confiar en la metodología empleada para estimar el consumo energético de estos equipos.

El punto b de la sección de revisión energética en la norma señala que se debe identificar las áreas de uso significativo de la energía, basado en los resultados obtenidos del análisis del uso y consumo pasados y presentes. Los usos significativos por sistemas muestran que el consumo yace en los sistemas de UPS y los de Climatización debido a que ambos abarcan el 95% del requerimiento energético, no obstante, se desea visualizar los usos significativos desde el enfoque de las suites. Cada suite varía su consumo por la cantidad de racks ocupados y la capacidad de los equipos instalados de los

clientes. La cantidad de consumo por suite permite visualizar cuáles están más cargadas, lo que quiere decir que están ocupadas con equipos más costosos para la empresa. En la tabla a continuación se muestra el consumo total de energía por suite.

Tabla 9. Consumo total estimado por suites - enero 2018

Total de Energía consumida - Suites		
Sistema	Consumo directo [KW/mes]	%
Suite 1	0,00	0
Aire Acondicionado de Precisión	0,00	
Humidificador	0,00	
UPS	0,00	
Suite 2	85.909,11	12,76%
Aire Acondicionado de Precisión	25.675,20	
Humidificador	7.308,00	
UPS	52.925,91	
Suite 3	98.917,20	14,69%
Aire Acondicionado de Precisión	25.675,20	
Humidificador	7.308,00	
UPS	65.934,00	
Suite 4	88.883,33	13,20%
Aire Acondicionado de Precisión	25.675,20	
Humidificador	7.308,00	
UPS	55.900,13	
Suite 5	75.402,14	11,20%
Aire Acondicionado de Precisión	25.675,20	
Humidificador	7.308,00	
UPS	42.418,94	
Suite 6	75.462,64	11,21%
Aire Acondicionado de Precisión	25.675,20	
Humidificador	7.308,00	
UPS	42.479,44	
Suite 7	83.673,00	12,42%
Aire Acondicionado de Precisión	21.852,00	
Humidificador	7.308,00	
UPS	54.513,00	
Suite 8	119.391,47	17,73%
Aire Acondicionado de Precisión	21.852,00	
Humidificador	7.308,00	
UPS	90.231,47	
Servicios Generales	30.431,80	4,52%
Subtotal	658.070,69	97,71%
Total (factura eléctrica)	673.469,53	100%

Fuente: cálculos hechos previamente por el investigador

Los valores mostrados en la Tabla 9 muestra la distribución de la energía en las suites del centro de datos. Es evidente que el consumo entre las suites se encuentra balanceado con excepción de la Suite 1 que actualmente se encuentra desocupada. Además, la diferencia en consumo recae en la energía demandada por la UPS siempre y cuando el requerimiento de energía de los Aires Acondicionados de Precisión y el Humidificador se mantengan dentro del margen nominal. Cabe mencionar que para el análisis se consideró un consumo nominal de los equipos de climatización debido a que la empresa no cuenta con los equipos para medir en tiempo real el consumo de los equipos del Sistema de Climatización.

Una vez identificadas las fuentes de energía y definidos los sistemas de uso significativo, se debe determinar la forma de evaluar el desempeño energético en el tiempo. De esta forma se podrá cubrir en el periodo de revisión el punto c de la Revisión Energética en el que se establece que se deben identificar, priorizar y registrar oportunidades de mejora del desempeño energético. La forma propuesta para medir el desempeño energético es mediante la creación de una o varias Líneas Bases Energéticas. La creación de una Línea Base Energética permite evaluar el desempeño mediante el planteamiento de una ecuación que permite estimar el consumo futuro con base en factores directamente relacionados con el consumo energético. En el siguiente punto se emplea el desarrollo de la Línea Base Energética con base en los datos de los últimos 6 meses.

4.1.2 Línea de Base Energética

La norma ISO 50001 establece en el requisito 4.4.4 Línea de base energética que la organización debe establecer una línea de base energética inicial basada en los resultados de la revisión energética. De acuerdo con el enunciado de la norma, es requisito crear una o varias Líneas de Base Energética, según sea el caso y el enfoque que se quiera para su análisis. La compañía al tener sistemas bien identificados y relacionados unos con otros, se decide crear solamente 1 línea de base. Aunado a esto, la complejidad que conlleva el cálculo para la construcción de ésta es alto y por ende se decide crear 1 en la cual se abarquen las variables independientes que afectan al consumo de energía.

El propósito de la Línea de Base Energética es obtener una fórmula matemática en la que se puedan introducir ciertas variables del mes y obtener el consumo estimado, por lo tanto, es necesario buscar la relación lineal (en caso de que haya) entre las variables que se introducen en la ecuación y el resultado (consumo de energía). El análisis estadístico útil para este tipo de cálculos es el Análisis de Regresión Lineal Simple o Regresión Lineal Múltiple (en caso de que haya más de 1 variable) porque se analiza la relación histórica entre variables independientes y la variable dependiente (resultado). “Para el cálculo de los coeficientes se puede usar regresión lineal simple o múltiple, utilizando una de las muchas herramientas de software existentes...” (Arroyo, 2016).

El primer paso para conllevar el análisis es la definición de las variables que van a entrar a la ecuación. Como se pretende estimar el total de kWh consumidos en el mes, ésta pasa a ser la variable dependiente. Por el otro lado, después de una lluvia de idea con los diferentes coordinadores de las áreas, se definieron las siguientes variables como posibles influyentes de la variable dependiente (total KW):

- Potencia entregada de UPS [kW]
- Días facturados del mes [días]
- Tiempo de operación de Generadores de Electricidad [horas]

Las variables anteriores son definidas como las variables independientes. El término de independientes se refiere a que son variables que no tienen relación entre ellas, pero afectan en conjunto a la variable dependiente. Al ser variables independientes, cada una afecta de diferente manera a la variable dependiente porque pueden estar relacionadas positiva o negativamente, al igual que también influye la proporción en que afecta a la variable dependiente.

Se tomó la decisión de agregar la variable de Potencia entregada de UPS por ser el sistema de mayor incidencia de acuerdo con los resultados de la Revisión Energética. Los días facturados se toma plantea como segunda variable independiente por el hecho de que se puede obviar que entre mayor sea el tiempo de operación, mayor será la cantidad de energía consumida. Por último, se

plantea el tiempo en que los Generadores de Electricidad operan por ser una fuente de energía que no está siendo reflejada en la factura mensual, pero de igual manera se cree que puede tener influencia en el comportamiento de la energía requerida. A continuación, se muestran los registros de las variables planteadas para llevar a cabo el Análisis de Regresión Lineal. La información se obtuvo de base de datos del *Datacenter*, tomando los valores registrados en los últimos 13 meses.

Tabla 10. Comportamiento de variables en los últimos 13 meses

Mes	Potencia Entregada UPS [kW] (X ₁)	Días mes (X ₂)	Horas Generador (X ₃)	Total consumo energético [kWh] (Y)
ene-17	9.987,16	31,00	1,45	617.928,87
feb-17	8.840,99	28,00	0,28	553.064,91
mar-17	10.107,28	31,00	0,90	659.887,98
abr-17	10.050,73	30,00	2,82	598.239,41
may-17	9.759,61	31,00	0,20	607.946,61
jun-17	10.132,62	30,00	0,63	588.554,31
jul-17	9.811,65	31,00	3,63	659.196,96
ago-17	10.439,37	31,00	3,15	673.921,87
sep-17	9.719,85	30,00	0,00	608.114,26
oct-17	10.477,66	31,00	5,32	661.456,68
nov-17	10.104,72	30,00	1,77	640.715,80
dic-17	10.813,45	31,00	0,20	681.140,05
ene-18	10.436,20	31,00	4,02	675.248,13

Fuente: registros de la compañía

Como se puede observar, entre paréntesis se indica con una “X” si la columna corresponde a una variable independientes, mientras que con una “Y” a la variable dependiente. Se desea estimar la cantidad de KWh que se consumen en cada mes con el valor de las potencias de las UPS, los días del mes y las horas de operación de los generadores de electricidad. La unidad de medida para la variable X1 (Potencia entregada) es en KW, para la variable X2 (Días del mes) es en días y para la variable X3 (Horas de operación de generadores) es en horas. La variable X3 (Horas Generador) son las horas en que, durante el mes, las instalaciones operaron con electricidad generada por los generadores de electricidad. En la mayoría de los casos, ocurrió de esta manera por mantenimientos necesarios y programados.

Al evaluar individualmente cada variable independiente contra la variable dependiente se obtienen los siguientes resultados:

Relación Lineal entre Potencia entregada de las UPS contra los KWh facturados:

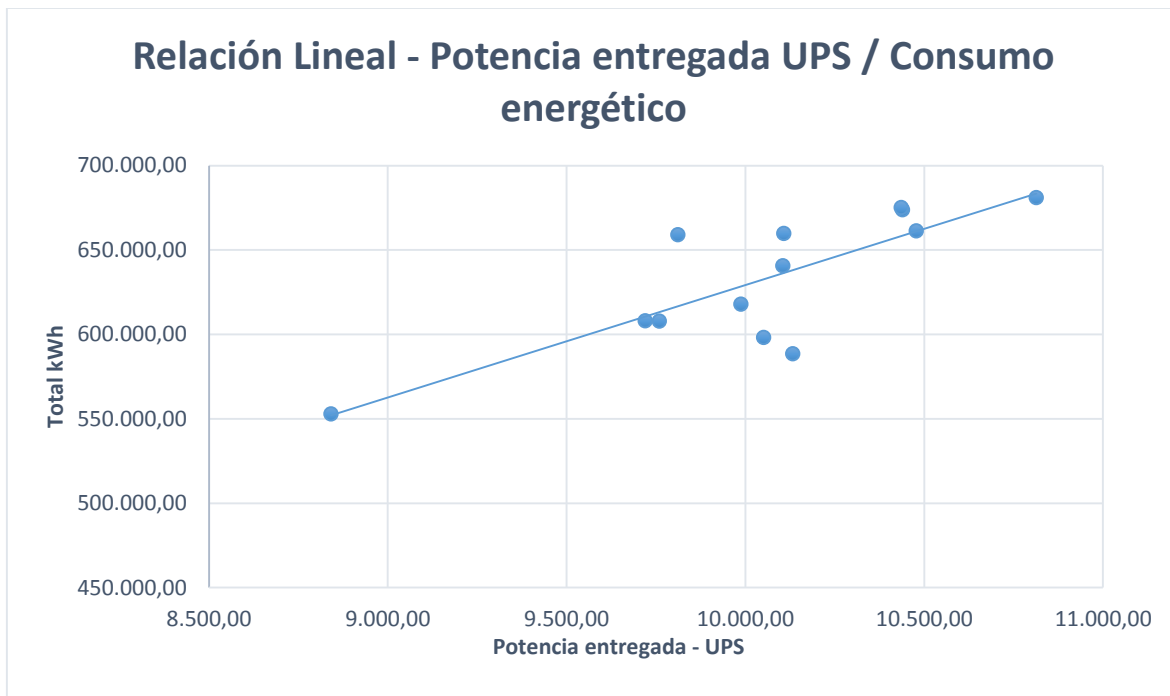


Figura 4. Diagrama de dispersión. Relación Lineal - Variable X1 / Variable Y

Fuente: registros de la compañía

Relación Lineal entre los días del mes contra los KWh facturados:

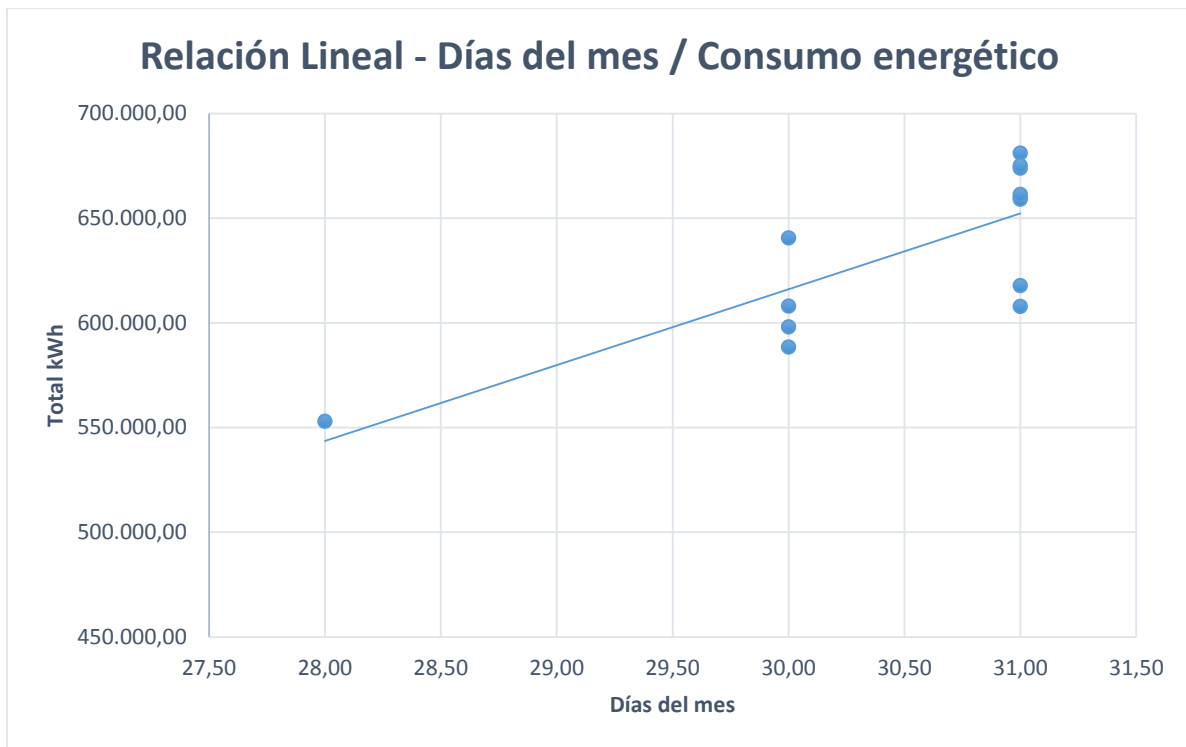


Figura 5. Diagrama de dispersión. Relación Lineal - Variable X2 / Variable Y

Fuente: registros de la compañía

Relación Lineal entre las horas de operación de los generadores de electricidad contra los KWh facturados:

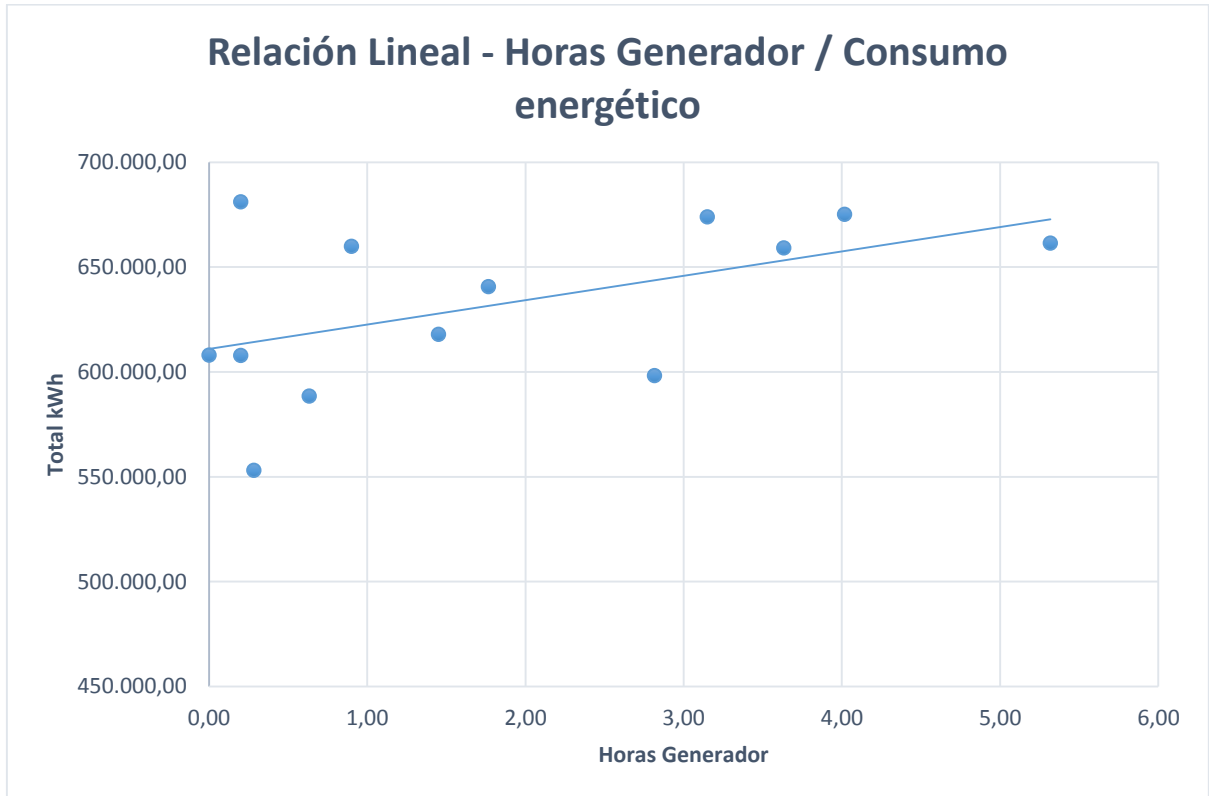


Figura 6. Diagrama de dispersión. Relación Lineal - Variable X3 / Variable Y

Fuente: registros de la compañía

Basados en los resultados de los gráficos se observa que individualmente las variables tienen comportamientos distintos. Por ejemplo, el gráfico en la figura 7 muestra una relación fuerte al tener la mayoría de los valores muy cercanos a la línea de tendencia, mientras que, por el otro lado, el gráfico de la gráfica 9 muestra valores más dispersos y por ende una relación débil. Un punto muy importante es que de acuerdo a lo observado en los gráficos, la relación para todas las variables

es positiva ya que la línea de tendencia va de menor a mayor en ambos ejes. En caso de ser un análisis individual se seleccionaría la variable de Potencia Entregada como la más apta para predecir comportamientos de futuro, pero al ser un análisis múltiple, no es de mucha utilidad visualizar las relaciones en planos X y Y porque la relación del análisis pasa a ser tridimensional por el hecho de tener más de dos variables. “Cuando un análisis de regresión múltiple incluye más de dos variables independientes, no se pueden emplear gráficas para explicarlo porque están limitadas a tres dimensiones” (Lind, Marchal y Wathen, 2015, p.425).

En resumen, este caso se compone de tres variables independientes y 1 variable dependiente, por lo tanto, la ecuación de Regresión Lineal Múltiple es la siguiente:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

Al observar la información sobre la ecuación, se puede observar que los valores de “a” y los coeficientes “b” son desconocidos en este momento. El método para el cálculo de los factores “b” es a través de los Mínimos Cuadrados, y una vez obtenido estos valores, se puede calcular el factor “a”. Estos cálculos son un poco tediosos, por lo tanto, se utiliza un paquete de software para llevarlos a cabo. En este caso se aprovecha el paquete de Excel de “Análisis de datos”, y se calcula con un Nivel de confianza del 95%. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 11. Resultados de Regresión Lineal Múltiple (coeficientes)

	<i>Coeficientes</i>	<i>Error típico</i>
Intercepción	-287107,2082	245930,5127
Variable X 1 (Potencia entregada UPS)	35,73199439	20,93938989
Variable X 2 (Días mes)	18145,86846	11465,8763
Variable X 3 (Horas Generador)	4208,311914	4122,553345

Fuente: cálculos en Microsoft Excel

Con base en los resultados del análisis, se formula la siguiente ecuación:

$$Y = -287.107,21 + 35,73 * X_1 + 18.145,87 * X_2 + 4208,31 * X_3$$

Las observaciones de los resultados indican que la intersección en el eje y cuando todas las X son 0 es en -287.107,21. Así también, se puede observar que tanto influye cada factor en el consumo total de KWh (variable dependiente). Por ejemplo, para la variable X2 (Días del mes) se puede apreciar que cuando este factor aumenta en 1, los KWh aumentan en 18.145,87 kWh, siempre y cuando los demás factores se mantengan constantes. Los resultados se ajustan a la realidad y coinciden con el comportamiento premeditado ya que es lógico que entre más días tenga el mes, mayor será el consumo de energía eléctrica. Antes de utilizar la ecuación planteada como la definitiva, se debe evaluar la relación entre la variable dependiente contra las independientes.

La primera evaluación se hace con respecto al “Error estándar de estimación múltiple”. Este indica el error típico que hay cuando se predice con la

ecuación. En la Tabla 11 a continuación se muestra el resultado para este valor, además de otra información para diferentes análisis.

Tabla 12. Resultados de Regresión Lineal Múltiple (estadísticas)

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0,871389493
Coeficiente de determinación R ²	0,759319648
R ² ajustado	0,679092864
Error típico	22601,55812
Observaciones	13

Fuente: cálculos de Excel

Se puede observar que se obtuvo para el Error típico un valor de 22.601,56. Al ser el error que se tiene para la variable dependiente, su unidad de medida es la misma, por lo tanto, el Error típico se estima que es de 22.601,56 kWh. El resultado es favorable ya que para ninguno de los casos representa más del 5% y por eso el error de cálculo se estima relativamente bajo.

El siguiente análisis para determinar si la ecuación de regresión lineal es confiable es el Coeficiente de determinación múltiple. Este se muestra en la Tabla 11 como “Coeficiente de correlación múltiple”, y se refiere al porcentaje de variación de la variable dependiente “y” que es explicada por las variables independientes ingresadas en la ecuación. Entre sus principales características se tiene que es un valor entre 0 y 1, siendo un valor cercano a 1 una relación fuerte entre las variables y un valor cercano a 0 como una relación débil entre las variables. En los resultados se muestra que la relación entre la variable

dependiente y las variables independientes es fuerte puesto que se obtuvo un valor de 0,8713; por lo que se puede deducir que el planteamiento de las variables independientes es acertado.

Por otro lado, el aumentar cantidad de variables independientes puede tender a aumentar la R^2 (Coeficiente de determinación múltiple), por lo se realiza también el cálculo del Coeficiente de determinación ajustado. Este coeficiente se determina para equilibrar el efecto del número de variable independientes en el coeficiente de determinación múltiple y se puede observar en la Tabla 11 como R^2 ajustado. El valor obtenido es 0,759 y como se puede apreciar, la diferencia con el coeficiente de determinación R^2 es muy pequeña y por ende la cantidad de variables independientes es aceptable.

Prueba Global

La capacidad en que las variables independientes X pueden explicar el comportamiento de la variable dependiente Y se realiza a través de la Prueba Global. Se conoce también como prueba del modelo de regresión múltiple y básicamente se comprueba si es posible que todas las variables independientes tengan coeficientes de regresión 0. Para abordar de forma más clara la prueba, se expresa en forma de pregunta y sería la siguiente: ¿es posible estimar la variable dependiente sin basarse en las variables independientes? Para responder a esta interrogante, se comprobará si las variables independientes sirven para calcular el

consumo energético del mes, y para esto se formula hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

Hipótesis nula

$$H_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

Hipótesis alternativa

$$H_1 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \neq 0$$

En caso de afirmarse la hipótesis nula, todos los coeficientes de regresión son 0 y por ende no serían útiles para estimar la variable dependiente. Mientras tanto, si se afirma la hipótesis alternativa, los coeficientes de regresión son diferentes a 0 y por lógica se confirma que son útiles para predecir la variable dependiente (KWh consumidos). Para comprobar la hipótesis nula se emplea la distribución F y se muestra a continuación la fórmula para el cálculo de la prueba.

$$F = \frac{SSR/k}{SSE/[n-(k+1)]}$$

donde:

SSR: suma de los cuadrados de la regresión

SSE: suma de los cuadrados del error o residuo

k: número de variables independientes

n: número de observaciones de la muestra

Al igual que los resultados obtenidos del Análisis de Regresión Lineal, el paquete de software tiene dentro de sus funciones este análisis. Se aprovecha la

función del software y se muestra en la siguiente tabla (Tabla 12) el resultado obtenido para la prueba global en la columna con el encabezado “F”.

Tabla 13. Resultados de Regresión Lineal Múltiple (ANOVA)

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	3	14504516923	4834838974	9,46466517	0,003815335
Residuos	9	4597473867	510830429,7		
Total	12	19101990790			

Fuente: cálculos en Excel

La regla de decisión de la prueba global es no rechazar la hipótesis nula (coeficientes de regresión = 0) si el valor calculado de F es menor o igual al valor crítico de F, el cual varía dependiendo de los grados de libertad en el numerador (regresión) y los grados de libertad del denominador (residuos). Para este análisis, se obtiene que para grados de libertad de numerador igual a 3, denominador igual a 9 y con un nivel de significancia de 0,05; lo que quiere decir que el valor crítico de F (prueba global) es 3,86. Como el resultado obtenido de F es 9,22 y está por fuera del rango entre 3,86 y -3,86; se rechaza la hipótesis nula, lo que quiere decir que los coeficientes de regresión no son 0 y por ende tienen la capacidad de explicar la variación de la variable dependiente.

Validación de los resultados

Para corroborar finalmente los resultados del Análisis de Regresión Lineal, se procede en validar los resultados. Para esto, se comparan los resultados estimados para los meses previos con respecto de los resultados reales, de esta forma se podrá conocer el margen de error en cada estimación. A continuación, se muestran los resultados.

Tabla 14. Validación de resultados

Fórmula Regresión Lineal Múltiple:							
$Y = -287.107,21 + 35,73 X_1 + 18.145,87 X_2 + 4.208,31 X_3$							
Mes	Potencia Entregada UPS [KW] (X_1)	Días (X_2)	Cortes [h] (X_3)	Resultado - Regresión Lineal	Consumo energético real [kWh]	Diferencia [kWh] Real - Resultado	% Dif.
ene-17	9.987,16	31,00	1,45	638.378,03	617.928,87	-20.449,16	-3,31%
feb-17	8.840,99	28,00	0,28	538.075,50	553.064,91	14.989,41	2,71%
mar-17	10.107,28	31,00	0,90	640.355,43	659.887,98	19.532,55	2,96%
abr-17	10.050,73	30,00	2,82	628.254,89	598.239,41	-30.015,48	-5,02%
may-17	9.759,61	31,00	0,20	624.986,61	607.946,61	-17.040,00	-2,80%
jun-17	10.132,62	30,00	0,63	621.992,97	588.554,31	-33.438,66	-5,68%
jul-17	9.811,65	31,00	3,63	641.294,57	659.196,96	17.902,40	2,72%
ago-17	10.439,37	31,00	3,15	661.690,44	673.921,87	12.231,44	1,81%
sep-17	9.719,85	30,00	0,00	604.578,62	608.114,26	3.535,64	0,58%
oct-17	10.477,66	31,00	5,32	672.176,45	661.456,68	-10.719,77	-1,62%
nov-17	10.104,72	30,00	1,77	625.765,51	640.715,80	14.950,29	2,33%
dic-17	10.813,45	31,00	0,20	662.642,37	681.140,05	18.497,68	2,72%
ene-18	10.436,20	31,00	4,02	665.224,46	675.248,13	10.023,67	1,48%

Fuente: cálculos del estudiante

Como se puede apreciar en los cálculos, la variación entre el valor estimado y el valor real es bajo. Se puede apreciar que el mes que obtuvo la estimación más alejada del valor real, siendo una diferencia negativa, fue la sexta muestra que presentó una diferencia del -5,68%. Al obtener valores tan cercanos a los valores reales se puede confiar en la ecuación de regresión lineal y utilizarlo como método para predecir y evaluar consumos futuros. Para representar esto de mejor manera se muestra el siguiente gráfico a continuación.

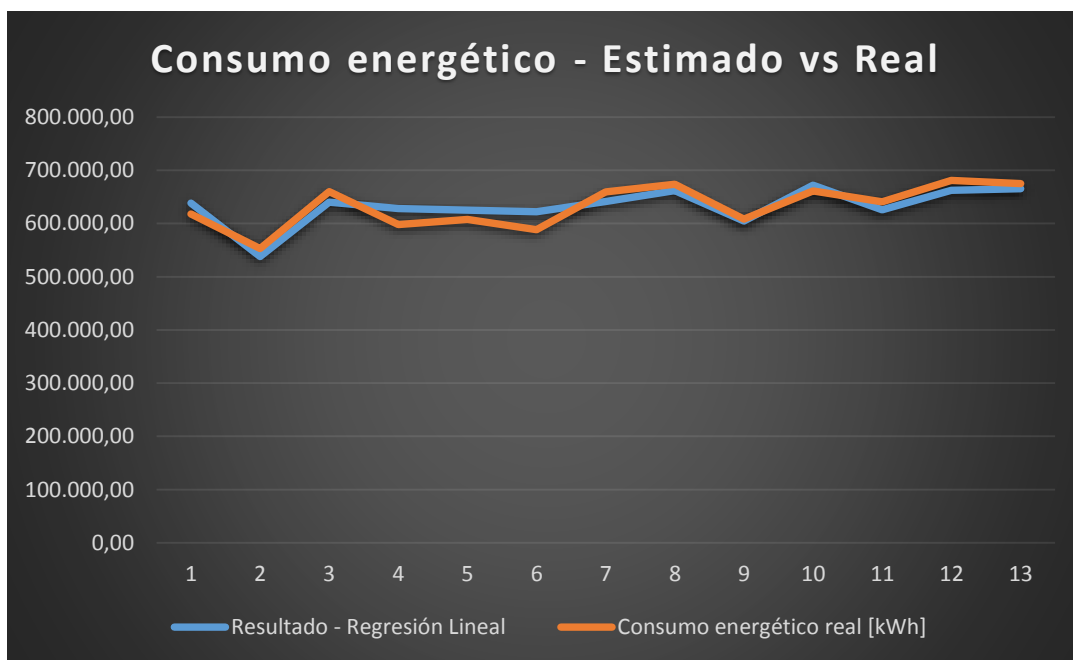


Figura 7. Comparativo de consumo energético estimado contra real

Fuente: cálculos del estudiante

La Línea Base Energética estimada a través de la Regresión Lineal Múltiple es confiable y puede utilizarse como método para predicciones de consumos a futuro. Además, el desempeño de la compañía en estos 13 meses ha sido

relativamente estable por la baja variación entre las predicciones y los consumos reales. Para el caso de futuras evaluaciones de desempeño, se puede utilizar la Línea Base Energética y comparar los resultados obtenidos contra ésta y así determinar si la compañía fue eficiente o no en cuanto a la utilización de la energía eléctrica.

Anteriormente, se ha estado utilizando el indicador PUE como medida para analizar el consumo energético del mes. Este método, muy utilizado por centros de datos en el nivel mundial, es un indicador que relaciona la cantidad total de energía consumida en el mes y la cantidad de energía entregada a los equipos de TI. La compañía ha puesto sus esfuerzos en mantener este indicador lo más cercano a 1.

Un PUE igual a 1 denota que toda la energía consumida por un centro de datos va destinada a los equipos de TI, y esto significaría que toda la energía se está utilizando para el propósito en que fue construido. Por supuesto, es una meta que con la tecnología hoy en día es imposible de alcanzar porque se ocupan sistemas de refrigeración y demás controles para que los sistemas de TI funcionen en condiciones óptimas. No obstante, se pueden implementar mejoras en los sistemas operativos para ser más eficientes y acercar este indicador a 1. Como ejemplo, se muestra el PUE del mes de enero del 2018 en la fórmula a continuación.

- Consumo energético de UPS en enero 2018 = 404.402,88 kWh
- Consumo energético total en enero 2018 = 673.469,53 kWh

$$PUE \text{ enero} = \frac{675.248,13 \text{ kWh}}{404.402,88 \text{ kWh}} = 1,669$$

Para poder calcular este indicador es necesario saber la cantidad de kW que consumieron los equipos de TI, considerándose equipos de TI como las UPS y los equipos a los que se mantiene con energía. El método que se emplea para obtener este cálculo es mediante el registro semanal de los kW requeridos por los equipos conectados a todas las UPS, se promedian los registros y se multiplica por los días del mes y se divide por el porcentaje de eficiencia de la UPS. Con esto se obtiene el consumo total de los equipos de TI, mientras que para el total de kWh del centro de datos se toma la cantidad establecida en el cobro de la factura del proveedor de energía (CNFL).

4.2 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO ACTUAL CON LA NORMA ISO 50001

Para llevar a cabo un diagnóstico se debe evaluar el nivel de cumplimiento del centro de datos con respecto de la norma ISO 50001. Para esta evaluación se identificaron los requisitos de la norma y se revisaron uno por uno mediante una entrevista con el Coordinador de Sistemas de Gestión. Si bien es cierto, la gran mayoría de las normas ISO tienen correspondencia entre ellas, por lo tanto, se identificaron algunos puntos que actualmente se cumplían total o parcialmente. El motivo se debe a que el centro de datos es certificado con la norma ISO 9001, por lo que hay ciertos aspectos compartidos por ambas normas que permitirán acortar la lista de requisitos por cubrir. Cada requisito es evaluado en una entrevista con el Coordinador de Sistemas de Gestión y se detallan a continuación los resultados.

En la tabla a continuación se muestra el resumen de los resultados de la evaluación de cumplimiento de la norma ISO 50001.

Tabla 15. Lista de chequeo de cumplimiento actual - ISO 50001

#	Requisito	Sección de la norma	Revisión	Cumple
1	La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGEN de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.	Requisitos Generales	Actualmente el centro de datos no posee un Sistema de Gestión Energética.	No
2	La organización debe definir y documentar el alcance y los límites de su SGEN.	Requisitos Generales	No se tiene el alcance ni los límites para un posible SGEN.	No
3	La alta dirección debe definir, establecer, implementar y mantener una política energética.	Requisitos Generales	No se ha definido la política energética. Actualmente solo existe la política de calidad.	No
4	Designar un representante de la dirección y aprobar la creación de un equipo de gestión de la energía.	Requisitos Generales	El representante de la dirección sería una tarea llevada por el Coordinador de Sistemas de Gestión. Por el otro lado, no se ha definido quienes conformarían el equipo de gestión.	Parcialmente

#	Requisito	Sección de la norma	Revisión	Cumple
5	Suministrar los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el SGE y desempeño energético.	Requisitos Generales	La empresa cuenta con el recurso humano capaz de mantener un Sistema de Gestión Energética. Así también, posee equipos especiales para la operación con tecnología de punta.	Sí
6	La alta dirección debe designar un representante de la dirección con las habilidades y competencia adecuadas.	Requisitos Generales	La representación la llevaría a cabo el Coordinador de Sistemas de Gestión.	Sí
7	La alta dirección debe definir la política energética.	Política energética	Actualmente no está definida.	No
8	La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética.	Planificación energética	Actualmente no está desarrollado.	No
9	La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables relacionados con su uso y consumo de energía.	Planificación energética	La compañía cumple con todas las leyes del país en materia de consumo energético.	Sí
10	La organización debe desarrollar, registrar y mantener revisiones energéticas para analizar el uso y consumo de la energía.	Planificación energética	Diariamente se llevan reportes sobre el indicador PUE. Sin embargo, no se tiene una visual del comportamiento de cada sistema en específico.	Parcialmente
11	La organización debe establecer una línea base energética utilizando la información de la revisión energética inicial.	Planificación energética	No ha sido implementada en la actualidad	No
12	La organización debe identificar los IDens apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético.	Planificación energética	No han sido definidos.	No
13	La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización.	Planificación energética	No se han definido.	No
14	La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y operación.	Implementación y operación	Actualmente no se realiza el proceso de planificación energética.	No
15	La organización debe asegurarse de que cualquier persona que realice tareas para ella o en su nombre, relacionada con usos significativos de la energía, sea competente tomando como base una educación, formación, habilidades o experiencia adecuadas.	Implementación y operación	El personal contratado pasa a través de un proceso de selección riguroso para garantizar que los empleados cumplan con el perfil y puedan desempeñar las actividades, por lo tanto, si se cumple con el requerimiento.	Sí
16	La organización debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético	Implementación y operación	Diariamente se le informa a todo el personal el valor PUE por medio de un correo que el operador en turno envía.	Parcialmente
17	La organización debe establecer e implementar un proceso por el cual toda persona que trabaje para, o en nombre de la organización, pueda hacer comentarios o sugerencias para la mejora del SGE.	Implementación y operación	No se ha implementado un proceso de sugerencias.	No
18	La organización debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del SGE y su interacción.	Implementación y operación	La organización almacena los registros tanto el físico como en digital.	Parcialmente

#	Requisito	Sección de la norma	Revisión	Cumple
19	Los documentos requeridos por esta Norma Internacional por el SGEN deben controlarse.	Implementación y operación	Al igual como sucede con los documentos que pertenecen al Sistema de Gestión de Calidad, se controlarían de la misma forma y así asegurar que a cualquier documento o registro se le pueda dar el control y trazabilidad apropiado.	Parcialmente
20	La organización debe identificar y planificar aquellas operaciones y actividades de mantenimiento que estén relacionados con el uso significativo de la energía y que son coherentes con su política.	Implementación y operación	Los mantenimientos son planeados y controlados por el Coordinador de Mantenimiento, por lo tanto, se cumple satisfactoriamente con el requerimiento.	Sí
21	La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden impactar su desempeño energético.	Implementación y operación	En caso de que un proyecto pueda impactar el consumo energético, se toma en cuenta posibles ahorros en el consumo energético del proceso.	Parcialmente
22	La organización debe establecer e implementar criterios para evaluar el uso y consumo de la energía.	Implementación y operación	El único criterio actual es el PUE, por lo que se considera un cumplimiento parcial.	Parcialmente
23	La organización debe asegurar que las características claves de sus operaciones que determinan el desempeño energético se sigan, se midan y se analicen a intervalos planificados.	Verificación	En la actualidad se registra diariamente la potencia energética de las UPS y también la energía entrante de las fuentes (acometidas - generadores de energía). Estos registros son los que alimentan el cálculo del PUE, por ende, se considera como cumplimiento satisfactorio este requerimiento.	Sí
24	La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados.	Verificación	Se realizan auditorías planificadas para evaluar los diferentes controles de las certificaciones con que cuenta el centro de datos. Se cumple parcialmente debido a que la revisión energética no es tan detallada.	Parcialmente
25	La organización debe tratar las no conformidades reales y potenciales haciendo correcciones y tomando acciones correctivas y preventivas.	Verificación	Las no conformidades son evaluadas de acuerdo al procedimiento establecido por la compañía.	Sí
26	La organización debe definir e implementar controles para la identificación, recuperación y retención de los registros.	Verificación	Los registros son almacenados físico y virtualmente. Estos son accesibles para todo el personal de la compañía.	Sí
27	La organización debe revisar, a intervalos planificados, el SGEN de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.	Revisión por la dirección	No existe actualmente un SGEN en el centro de datos.	No

Fuente: el autor

Los resultados obtenidos muestran que actualmente existe una brecha para cumplir con todos los requerimientos establecidos por la norma. El total de los cumplimientos satisfactorios es de 8, de los cumplimientos parciales es de 11, y el de los no cumplimientos fue de 8, para un total de 27 requisitos de la norma. Los requisitos que se cumplen parcialmente se debe a que actualmente existen procesos que se adaptan al requisito de la norma y solo se requeriría modificar el proceso actual. Es decir, no habría que crear algún proceso desde los cimientos. En el caso de los “No cumplimientos” se determinaron varios motivos como principales causas de su no cumplimiento. Las causas se consolidan en el gráfico de espigas de pescado mostrado a continuación.

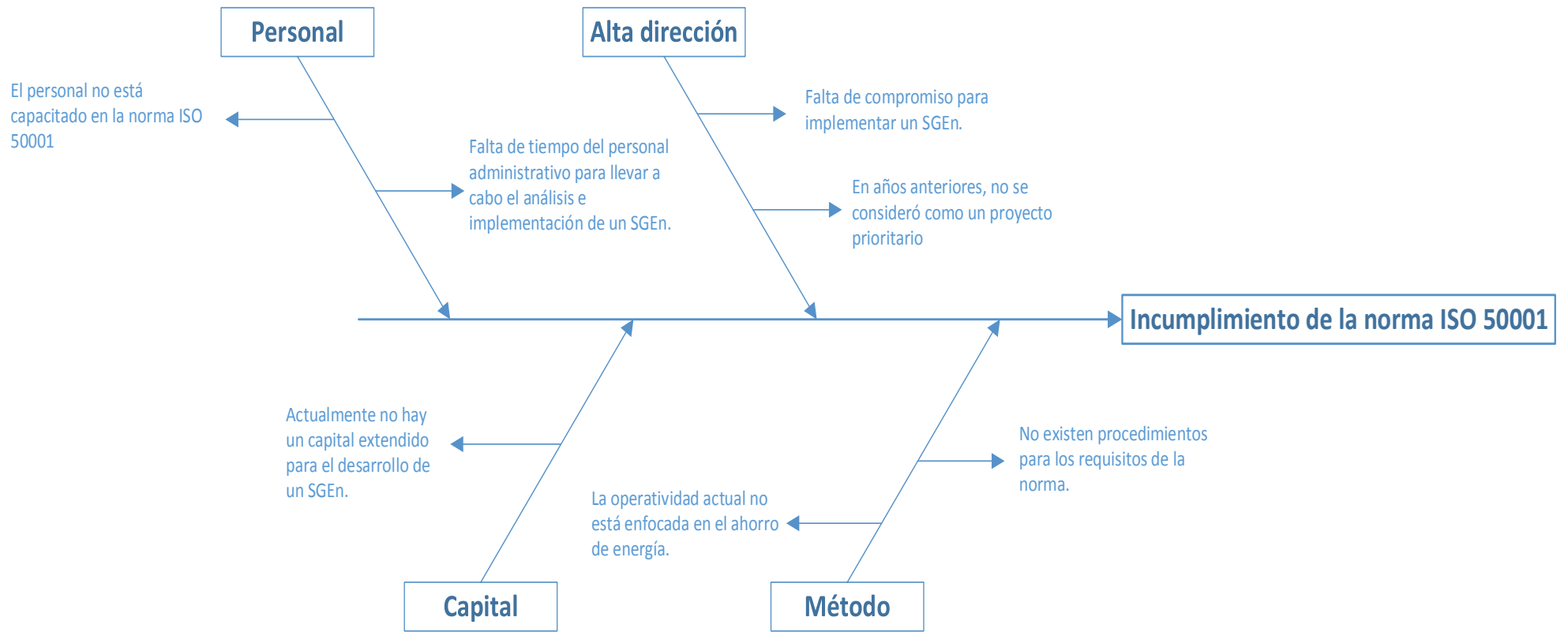


Figura 8. Gráfico Ishikawa - Incumplimiento con la norma

Fuente: entrevista con el Coordinador de Sistemas

De acuerdo con el gráfico Ishikawa, el incumplimiento de la norma ISO 50001 tiene varias causas del por qué no se ha implementado en la compañía. Desde el punto de vista de la gerencia, se resume en que no hubo iniciativa por desarrollar un sistema para controlar y evaluar la energía que se consumía en el centro de datos. Su enfoque ha sido primordialmente en fortalecer el servicio del centro de datos al obtener certificaciones de excelencia operativa y en la gestión del recurso humano. Toda certificación ha sido impulsada por la dirección, lo cual ha sido fundamental para lograrlas por la disposición del capital y el compromiso por lograr el objetivo, por lo tanto, es fundamental que la iniciativa comience desde la alta dirección y se propague en forma de cascada hacia todos los colaboradores. Por esta razón, el personal carece de capacitación sobre la norma ISO 50001.

Al no haber conocimiento del personal ni dirección de la alta gerencia sobre implementar un Sistema de Gestión Energética, es evidente que no va a haber un enfoque para implementar controles del consumo energético. Evidentemente, la consecuencia será la falta de procesos enfocados a controlar y mantener en Sistema de Gestión Energética. Además, el proceso de diseño del sistema requiere gran cantidad de tiempo y varias evaluaciones con los departamentos impactados, por lo que se requiere la coordinación de reuniones para evaluar el diseño del sistema y tomar en cuenta los puntos de vista de todos los departamentos involucrados. De esta manera, se concluye que para impulsar y desarrollar un SGE es fundamental el compromiso de la alta gerencia, del personal y del tiempo de los colaboradores, ya que de esta manera el personal se

va a involucrar mayormente y lograr así mitigar las trabas que pueden frenar el desarrollo del proyecto.

Una vez que se obtiene el compromiso de la gerencia, se puede fraccionar en tres etapas el funcionamiento de un sistema en la compañía. El primero es el diseño, el cual es toda la recopilación de la información para luego crear el bosquejo de lo que sería el sistema. Luego, pasa a la segunda etapa, la de implementación. En esta etapa se le informa al personal sobre los cambios que se van a implementar y se capacita para que el funcionamiento sea el correcto.

Por último, se tiene lo que es la etapa de control. En esta etapa participan todas las revisiones y evaluaciones de seguimiento en el cual se evalúan los procesos del sistema y se definen redefinen metas. Ya a este punto, el sistema ha sido aceptado por el personal y puede ser evaluado para obtener la certificación de la norma correspondiente. Es fundamental que los cimientos del sistema sean robustos y bien definidos ya que, de esta manera, el proceso fluirá de forma lineal y acortará el proceso de certificación. Por este motivo, el proceso de Diseño se puede considerar como el más importante, con mayor demanda de tiempo y el que debe hacerse con mayor mesura.

4.2.1 Porcentaje de cumplimiento

El porcentaje de cumplimiento es sumamente importante porque permite visualizar en el tiempo el avance para lograr el principal objetivo. Es usual que se utilice para fija metas en la línea del tiempo relacionadas con el cumplimiento. El gráfico a continuación muestra el nivel de cumplimiento de acuerdo con la evaluación preliminar de la norma ISO 50001.

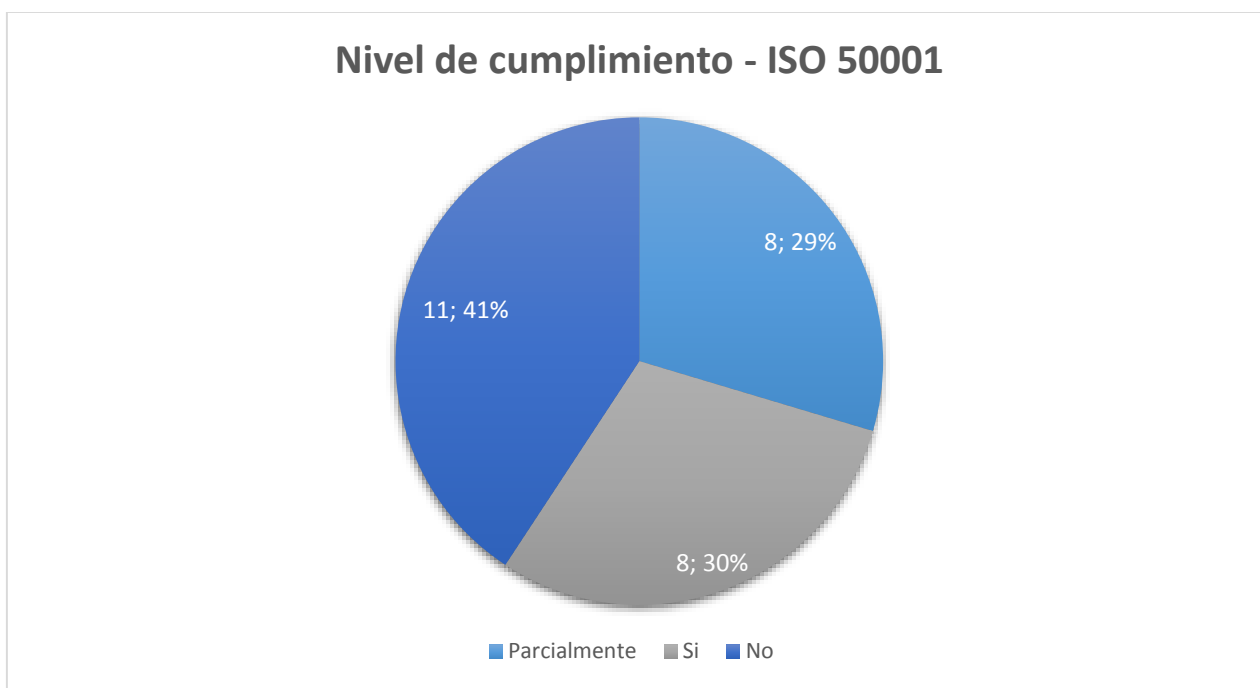


Figura 9. Nivel de cumplimiento ISO 50001

Fuente: entrevista con el Coordinador de Sistemas de Gestión

La entrevista que se le realizó al Coordinador de Sistemas de Gestión exponen que la compañía no cumple satisfactoriamente con todos los requisitos expresados en la norma. Los resultados muestran que ocho requisitos se cumplen

satisfactoriamente y ocho se cumplen parcialmente, abarcando un total de 59% de cumplimiento de la norma. De acuerdo con la metodología planteada en el Marco Teórico para la evaluación total de cumplimiento de la norma, cada cumplimiento parcial suma 0,5 y los cumplimientos satisfactorios suman 1. De esta manera, se obtiene como puntuación general un 12 de 27, al dar como resultado un cumplimiento de un 44%.

Como se mostró en la tabla 15, se tomaron en cuenta todos los fragmentos de la norma que mencionan un “debe”, sin embargo, esto no quiere decir que todos deban cumplirse para obtener la certificación. Para agregar un poco más a esto, cabe destacar la aplicación e interpretación de los puntos van a depender de cada empresa y de su tipo de mercado, así como también el plazo en diseñar e implementar un SGEN. Un punto muy importante es el planteamiento de un plan de acción para abordar los puntos y definir periódicamente el plazo en que se van a evaluar. Por esta razón, se realiza el proceso de propuestas a implementar para así cumplir con los requerimientos de la norma en un porcentaje mayor al actual.

En conclusión, la evaluación realizada mediante la lista de chequeo muestra, como es de esperarse, que la empresa no califica actualmente para certificarse ISO 50001. Por lo tanto, es importante el abordar los puntos de la norma que no están siendo cubiertos y definir la forma en que se planean cumplir. El siguiente paso basado en la metodología PHVA es el referente a implementar cambios, es decir, el de “Hacer”. En este se va a proceder al diseño del Sistema de Gestión Energética y el periodo en que se va a implementar en la compañía.

CAPÍTULO V: PROPUESTAS

5.1 DEFINICIÓN DE CONTROLES Y VERIFICACIÓN

En toda norma internacional se requiere un plan de acción para los requerimientos que no se cumplen satisfactoriamente con el fin de mitigar o eliminar las brechas en los requisitos. Esta parte del sistema es de gran importancia y puede extenderse tanto como se requiere con el fin de garantizar un sistema robusto y con poco margen de error. En el capítulo IV se pudo observar el comportamiento de la energía en las instalaciones, desde que ingresa o se genera, hasta que se usa. Se encontró que los equipos que representan un consumo de más del 80% de la energía son los subsistemas críticos para ofrecer el servicio de *Colocation* a los clientes, siendo estos el Sistema de Climatización y las UPS. Esta información es muy válida ya que indica cuáles son los equipos que requieren de controles y enfoque en el momento de implementar el Sistema de Gestión Energética.

Además de esto, se pudo evaluar el consumo de energía en los últimos meses. De acuerdo con la evaluación del consumo en el último año, se pudo observar a través de la Línea de Base Energética, que la energía consumida en el centro no ha mostrado casos de desperdicio elevado, lo cual es señal de la eficiencia energética del centro de datos y del buen manejo de los equipos.

Por el otro lado, dentro de los resultados obtenidos en el diagnóstico mostrado en el capítulo IV se encontró que el cumplimiento general de la norma está en un 44%, tomando en cuenta cumplimientos satisfactorios y cumplimientos parciales. Esto quiere decir que 11 requisitos de la norma no están siendo

cumplidos y ocho se cumplen parcialmente, por lo que estos son los principales puntos para accionar y definir la forma en que se desean cubrir. Es por este motivo que se proponen los siguientes planes de acción para cada “no cumplimiento” y “cumplimiento parcial” hallado en el proceso de Diagnóstico.

5.1.1 Propuestas de diseño para los no cumplimientos de la norma

Requisito 1. La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGEEn de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

El requisito de la norma no se cumple por el simple hecho de que actualmente no existe un Sistema de Gestión Energética. Como se puede observar, el requisito es meramente en términos generales, por lo que el cumplimiento de todos los demás requisitos va a conllevar al cumplimiento de este. Por lo tanto, el plan de acción con este punto se define en lograr el cumplimiento de todos los requisitos de la norma ISO 50001 en un plazo de seis meses.

Requisito 2. La organización debe definir y documentar el alcance y los límites de su SGEEn.

Para este punto se toma como base el alcance del proyecto. El alcance del Sistema de Gestión Energética se extenderá a todo el personal directo e indirecto que trabaje para la compañía. Asimismo, abordará todos los procesos que requieran energía o que tengan impacto en el uso de la energía. En cuanto a los límites, desde el punto de vista geográfico, aplicará exclusivamente para la edificación que compone el centro de datos. Tanto el alcance como los límites se registrarán en el documento madre (Manual del Sistema de Gestión Energética) y se espera que sea implementado en el corto plazo, definiendo este como un periodo de tres meses.

Requisito 3. La alta dirección debe definir, establecer, implementar y mantener una política energética.

Requisito 7. La alta dirección debe definir la política energética.

La política energética es el documento escrito que captura el compromiso de la compañía en mantener y mejorar el Sistema de Gestión Energética. De acuerdo con la norma, la política definida debe asegurar que:

- Sea apropiada a la naturaleza y a la magnitud del uso y del consumo de energía
- Incluya un compromiso de mejora continua del desempeño energético

- Incluya un compromiso para asegurar la disponibilidad de información
- Incluya un compromiso para cumplir con los requisitos legales aplicables
- Proporcione el marco de referencia para establecer y revisar los objetivos energéticos
- Apoye la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes
- Se documente y se comunique a todos los niveles de la organización
- Se revise regularmente

Se propone el siguiente texto como propuesta de política energética para cumplir con el requisito de la norma. Cabe mencionar que como la compañía ya contaba con una política de calidad por su certificación en ISO 9001. De este modo, se consolidan los requisitos de ambas normas y se crea una política denominada como “Política de Sistemas de Gestión”.

“Somos una organización dedicada a desarrollar y ofrecer servicios de Colocation en Data Centers, estaciones de trabajo para la continuidad de negocios y servicios administrativos de Data Center.

Nos comprometemos con la satisfacción de los requerimientos de operación continua de nuestros clientes, como también con los requisitos de las demás partes interesadas, legales y reglamentarias; mejorando continuamente las instalaciones, la calidad del servicio, las capacidades del personal y el desempeño energético según la magnitud de nuestro uso y consumo de energía.

Asimismo, estamos comprometidos en brindar la disponibilidad de información y recursos para alcanzar los objetivos y metas de los Sistemas de Gestión.”

La política conllevaría un proceso de evaluación y aprobación por parte de la gerencia. El tiempo que conlleva este proceso es subjetivo, sin embargo, se estima que sea aprobado en el corto plazo. De esta manera se plantea que su implementación este completa dentro de los primeros tres meses en que comienza el proceso de introducción del Sistema de Gestión Energética.

Requisito 4. Designar un representante de la dirección y aprobar la creación de un equipo de gestión de la energía.

La organización posee una estructura definida y ordenada en donde cada posición tiene sus tareas a cargo y así para permitir el funcionamiento óptimo del centro de datos. La posición de “Coordinador de Sistemas de Gestión” tiene como principal función velar por el funcionamiento de los Sistemas de Gestión, dando trazabilidad al cumplimiento de los requisitos de todas las normas. Esta posición es la figura responsable de informar a la alta dirección sobre los resultados obtenidos en los Sistemas de Gestión, por lo tanto, se asigna como el representante de la dirección para mantener el Sistema de Gestión Energética. Asimismo, se requiere del soporte del departamento de Operaciones y de Proyectos, por lo que se propone que el equipo debe estar conformado además por el Coordinador de Operaciones y el Coordinador de Ingeniería y Proyectos. De

esta manera, ofrecerán sus evaluaciones para cualquier cambio o variación del Sistema de Gestión Energética.

El tiempo en que se estima que el equipo esté conformado y operando es en el corto plazo, es decir, dentro de los primeros tres meses de implementación del proyecto.

Requisito 8. La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética.

Requisito 10. La organización debe desarrollar, registrar y mantener revisiones energéticas para analizar el uso y consumo de la energía.

Requisito 11. La organización debe establecer una línea base energética utilizando la información de la revisión energética inicial.

Los requisitos 8,10 y 11 se agrupan ya que los cuatro están enlazados porque conforman el proceso de Planificación Energética. La propuesta es básicamente tal y como se detalla el proceso utilizado en el capítulo IV. Asimismo, se comparte en los anexos el Manual de Gestión Energética para explicar todo lo relacionado a la recolección, registro y control de los archivos que alimentan el proceso de Planificación Energética.

Requisito 12. La organización debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético.

En la norma ISO 50001 (2011) se establece que. “La organización debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético” (p.09). Como se mencionó en el capítulo IV, la compañía cuenta actualmente con un único indicador que relaciona la cantidad de energía utilizada en toda la operación con respecto de la fracción consumida por los equipos de Tecnología de Información, el PUE. Un punto muy importante establecido en la norma es ISO 50001 (2011) es. “Los IDEns deben revisarse y compararse con la línea de base energética de forma apropiada” (p.10). El enunciado confirma que debe existir una relación directa entre la Línea Base Energética y los Indicadores de Desempeño Energético, por lo tanto, se define el indicador basado en los resultados llevados a cabo en el estudio.

Las compañías definen indicadores con el propósito de medir sus métricas y definir un rumbo hacia los objetivos que se plantean. Estos indicadores son normalmente numéricos y se definen para cuantificar el avance o la recesión con respecto de un tema en particular. Un indicador de desempeño energético se define para representar la eficiencia de las operaciones en cuanto a lo que se refiere al uso de la energía. La Línea de Base Energética refleja la cantidad de energía eléctrica que debió consumirse con base en los resultados o las variables, por lo tanto, la diferencia entre el valor estimado de la Línea Base contra el consumo real reflejará la relación de las entradas con las salidas.

Mes a mes se revisará el cociente entre la Línea Base Energética contra la energía comprada en el mes, el cual se obtendrá del medidor instalado en el cuarto mecánico principal, el cual se encarga de distribuir la energía entrante en todas las facilidades. Esto quiere decir que en el caso de que haya un consumo menor al esperado, indicará que la compañía fue más eficiente en su operación e incurrirá en un ahorro, mientras que en el caso contrario en donde el consumo sea mayor que el estimado, indicará que la compañía no fue eficiente en su modo de operar y por ende reflejará un costo adicional del mes en cuestión. Es importante establecer un punto de referencia que permita detectar cuando el desempeño energético estuvo altamente deficiente. De esta manera, poder dar una alerta a la compañía y así accionar sobre cualquier situación que esté incrementando en gran medida el consumo energético, y así evitar que pase desapercibido.

De acuerdo con los resultados del análisis donde se definió la Línea de Base Energética, el error positivo más alejado que se obtuvo en la validación fue de - 2,96%. Esto quiere decir que, de toda la muestra, ninguna estimación tuvo un error mayor al 2,96%, por lo que se puede utilizar como punto límite para evaluaciones futuras. De esta manera, se plantea como límite superior del IDEn en 1,0296; por lo que un valor superior a este indicaría que la diferencia no se atribuye a un error estadístico, sino a que el consumo no estuvo en función del uso y por ende hubo un desperdicio de energía. Para los casos en que suceda esto, se propone realizar un análisis de las causas raíz que pudieron propiciar el incremento en el consumo y así obtener la o las causas que ocasionaron un mayor costo para la compañía.

Requisito 13. La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización.

Este proceso requiere de una revisión con la alta gerencia y el equipo encargado de gestionar el SGEEn, para evaluar los resultados de los primeros meses del sistema y con base en esto definir metas energéticas.

Requisito 14. La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y operación.

Requisito 16. La organización debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético

Este requisito se cubre una vez que se comience a implementar el SGEEn en la compañía debido a que el sistema se implementará basado en el proceso de planificación energética llevada a cabo en el capítulo IV. La comunicación sobre el desempeño energético se efectuaría por medio del correo electrónico, al igual de como ocurre actualmente con la comunicación del PUE.

Requisito 17. La organización debe establecer e implementar un proceso por el cual toda persona que trabaje para, o en nombre de la organización, pueda hacer comentarios o sugerencias para la mejora del SGEEn.

Para este requisito, se propone crear una dirección de correo electrónico donde toda persona que trabaje en la compañía pueda hacer sugerencias para promover la mejora continua del sistema. La persona encargada de acceder, revisar, evaluar y responder a dichas sugerencias sería el Coordinador de Sistemas de Gestión, y para esto deberá revisar diariamente la dirección de correo.

Requisito 18. La organización debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del SGEEn y su interacción.

Los documentos y registros del Sistema de Gestión de Calidad son almacenados tanto en físico como en la plataforma virtual de la compañía. Por lo tanto, se propone que los documentos y registros correspondientes al SGEEn sean también almacenados y controlados de esta manera.

Requisito 19. Los documentos requeridos por esta Norma Internacional por el SGEEn deben controlarse.

El Coordinador de Sistemas de Gestión será el encargado controlar y darle trazabilidad a la documentación perteneciente al sistema. Al igual que los documentos del Sistema de Gestión de Calidad, todo cambio o actualización deberá pasar por un proceso de aprobaciones antes de ser utilizado como documento oficial.

Requisito 21. La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden impactar su desempeño energético.

Para este requisito se incluirá dentro de la documentación de evaluación de proyectos, un espacio para evaluar si el proyecto va a tener impacto en el desempeño energético. De ser así, se plantea llevar a cabo un análisis del por qué y de qué manera impacta el desempeño energético y registrarlo en el documento pertinente a la evaluación del proyecto.

Requisito 22. La organización debe establecer e implementar criterios para evaluar el uso y consumo de la energía.

El criterio que se plantea inicialmente es con respecto al IDEn propuesto en el requisito 12. Se propuso el IDEn que relaciona el uso de la energía con respecto al consumo, por lo que se hace la relación entre la Línea Base Energética y el consumo real de la energía. El criterio para evaluar si se usó eficientemente la energía es la diferencia entre lo que indica la Línea Base Energética y el consumo real. Es decir, si el consumo de energía fue mayor a lo que indica la Línea de Base Energética, se define como pérdidas que se calcularían en dinero. Mientras que si la diferencia es negativa, se podría definir como eficiencia operativa y por lo tanto, ganancias que igualmente se reflejarían en dinero.

Requisito 24. La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados.

Inicialmente se propone que, en el primer año, las auditorías sean realizadas en separado con respecto de las auditorías del Sistema de Gestión de Calidad. Esto porque es posible que lleven más tiempo por la curva de aprendizaje en que entrará la compañía. Posiblemente sea un proceso en donde surgirán diferentes situaciones en que todos aprenderán y posiblemente se modifiquen procesos. Por lo tanto, para el primer año de implementación se plantea una auditoría interna de revisión a los tres meses de haber implementado totalmente el sistema, y luego seis meses después para poder tener data suficiente para evaluar mejoras al sistema.

Requisito 27. La organización debe revisar, a intervalos planificados, el SGE de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continua.

Se plantea que a la alta gerencia se le presente un informe sobre los resultados de las revisiones energéticas cada seis meses. El informe lo presentaría el representante de dirección junto con el equipo designado para mostrarle la información de los resultados de las revisiones energéticas, indicadores de desempeño energético, distribución del uso de la energía, entre otros, para así revisar y replantear objetivos y metas energéticas.

5.1.2 Plan de Implementación

El proceso de implementación se llevará a cabo por medio de tres etapas. Se propone realizarlo de esta manera para mitigar la resistencia al cambio que pueden provocar los cambios. La primera etapa consiste en la toma de conciencia de la alta gerencia, el personal administrativo y operadores. En esta se les presentará en qué consiste la norma, los requisitos que indica, el nivel de cumplimiento actual, el plan para cubrir los requerimientos no cumplidos y el equipo a cargo del sistema. La duración de la etapa se estima de tres meses por temas de coordinación de reuniones y presentación del material.

La segunda etapa del proceso será para el proceso de capacitación, y desarrollo documental. En esta se crearán y oficializarán los documentos que formarán parte del SGE. Además, se capacitará al personal encargado de registrar los datos, así como también se definirá la ruta virtual en donde se le dará mantenimiento a estos documentos. La duración de esta etapa se estima que sea de cuatro meses.

Por último, la tercera etapa consistirá en el proceso de verificación y rectificación. En esta etapa se comenzará a operar al 100% con el sistema y se evaluará después de los primeros tres meses cualquier cambio o mejora que deba realizarse inmediatamente. A partir de esta etapa se podrá comenzar con el proceso de certificación con la entidad externa. La duración para esta etapa se

estima en tres meses de operación y 1 mes de evaluación, teniendo un total de duración de cuatro meses.

Ahora bien, se debe ubicar en cual etapa se van a ubicar los requerimientos que actualmente no se cumplen de la norma. Por lo tanto, en la Tabla 16 se muestra el detalle sobre la etapa en que el plan de acción del requerimiento se accionará. Cabe mencionar que la asignación de la etapa se basa en lo que establece el plan de acción, es decir, en donde es más pertinente que se lleve a cabo el plan de acción.

Tabla 16. Plan de Implementación

Requisito	Plan de acción	Etapa
La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGEEn de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.	Implementar un Sistema de Gestión Energética.	3
La organización debe definir y documentar el alcance y los límites de su SGEEn.	Incluir en el Manual de Gestión Energética el alcance basado en el definido dentro del proyecto.	2
La alta dirección debe definir, establecer, implementar y mantener una política energética.	Implementar Política Energética propuesta en el proyecto.	2
Designar un representante de la dirección y aprobar la creación de un equipo de gestión de la energía.	Asignar los cargos según lo estipulado en el proyecto.	1
La alta dirección debe definir la política energética.	Implementar Política Energética propuesta en el proyecto.	2

Requisito	Plan de acción	Etapa
La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética.	Implementar proceso de Planificación Energética.	2
La organización debe desarrollar, registrar y mantener revisiones energéticas para analizar el uso y consumo de la energía.	Implementar proceso de Planificación Energética.	2
La organización debe establecer una línea base energética al utilizar la información de la revisión energética inicial.	Implementar proceso de Planificación Energética.	2
La organización debe identificar los IDEn apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético.	Implementar IDEn propuesto como forma de medir el desempeño energético.	2
La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización.	Definir objetivos y metas energéticas basado en el desempeño de los primeros meses de implementación.	3
La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y operación.	Evaluar planes de acción en la etapa 3 (si aplica).	3
La organización debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético	Comunicar por medio del correo electrónico la información relacionada con el desempeño energético.	3

Requisito	Plan de acción	Etapas
La organización debe establecer e implementar un proceso por el cual toda persona que trabaje para, o en nombre de la organización, pueda hacer comentarios o sugerencias para la mejora del SGEEn.	Crear correo electrónico donde toda persona pueda hacer comentarios sugerencias formales para la mejora del SGEEn.	2
La organización debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos principales del SGEEn y su interacción.	Almacenar la información de los elementos del SGEEn en físico y en digital.	2
Los documentos requeridos por esta Norma Internacional por el SGEEn deben controlarse.	Asignar como responsabilidad del Coordinador de Sistemas de Gestión, controlar y darle trazabilidad a la documentación del SGEEn.	1
La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional en el diseño de instalaciones nuevas, modificadas o renovadas, de equipos, de sistemas y de procesos que pueden impactar su desempeño energético.	Incluir dentro de las evaluaciones de proyectos el impacto que podrá tener el desempeño energético.	2
La organización debe establecer e implementar criterios para evaluar el uso y consumo de la energía.	Implementar IDEn propuesto como forma de medir el desempeño energético.	2
La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados.	Definir un cronograma de auditorías según los tiempos propuestos en el proyecto.	3

Requisito	Plan de acción	Etapas
La organización debe revisar, a intervalos planificados, el SGE de la organización para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas.	Presentarle un informe a la gerencia sobre los resultados obtenidos en los últimos seis meses.	3

Fuente: el autor

El tiempo total estimado en que el plan de acción se completará es en 10 meses. Un detalle muy importante es que las etapas 1 y 2 forman parte del proceso de la metodología “Hacer” debido a que se implementarán los cambios en la compañía. Consecutivamente se avanza a la siguiente etapa de la metodología denominado “Verificar”. Los requisitos que forman parte de esta etapa son todos los que requieren revisiones o recolección de datos del Sistema de Gestión Energética. Luego de que se concluyan estas etapas, se continua con el proceso de “Actuar” para accionar los cambios obtenidos de la primera revisión y promover la mejora continua del sistema.

En la Figura 10 se muestra el Diagrama Gantt con el cronograma de la implementación de los planes de acción.

Requisito de la norma ISO 50001	Plan de acción	2018										2019				
		Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero				
La organización debe comunicar internamente la información relacionada con su desempeño energético	Comunicar por medio del correo electrónico la información relacionada con el desempeño energético.															
La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados.	Definir un cronograma de auditorías según los tiempos propuestos en el proyecto.															
La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGen de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.	Implementar un Sistema de Gestión Energética.															

Figura 10. Diagrama Gantt - Plan de acción

Fuente: el autor

De acuerdo con el plan de acción, el SGEEn estaría corriendo sus primeros meses de prueba a finales del 2018 e inicios del 2019. Como resultado, no se va a poder cumplir con la aspiración de cerrar el 2018 con el SGEEn ya funcionando al 100%. Las causas que provocaron el retraso en la implementación del sistema se atribuye al exhaustivo análisis que debió hacerse en el proceso de planeación, así como también los tiempos dedicados a la capacitación del personal y creación de documentos. Sin embargo, se cumple con el objetivo general del proyecto y se proyecta que para el año 2019 el sistema esté implementado en el centro de datos y se pueda optar por la certificación en la norma ISO 50001.

En resumen, se obtuvo del diagnóstico que actualmente se cumple con el 30% de los requerimientos de la norma. El avance del cumplimiento según el diagrama Gantt se resume a continuación:

- 1) Para junio del 2018: un 52% de cumplimiento
- 2) Para diciembre del 2018: un 78% de cumplimiento
- 3) Para abril del 2019: un 100% de cumplimiento

5.1.3 Costo del proyecto

Si bien es cierto, todo proyecto tiene un costo asociado. En el caso de la implementación del Sistema de Gestión Energética, el costo está reflejado de dos fuentes, el costo de la capacitación y el costo de la certificación. Para estimar el costo de capacitación, se calcula el costo por hora del colaborador al que se le imparte la capacitación. Los montos salariales son basados en la última revisión de los salarios mínimos dictados por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. En la tabla 17 se desglosa el cálculo del costo de la capacitación.

Tabla 17. Costo de capacitación

Costo de capacitación		
Detalle	Valor	Totales (₡)
Salario mensual - Coordinador	₡ 644.689,30	
*Horas laboradas por mes	189	
*Salario / hora	₡ 3.411,05	
*Horas de capacitación	15	
*Cantidad de Coordinadores	6	
Total costo-capacitación Coordinadores		306.994,90
Salario mensual - Asistente / Ayudante	₡ 473.642,47	
*Horas laboradas por mes	189	
*Salario / hora	₡ 2.506,04	
*Horas de capacitación	15	
*Cantidad de Asistente / Ayudante	3	
Total costo-capacitación Asistentes / Ayudantes		112.772,02
Salario por jornada - Operador	₡ 13.141,39	
*Salario / hora (jornada de 12 horas)	₡ 1.095,12	
*Horas de capacitación	10	
*Cantidad de Operadores	6	
Total costo-capacitación Operadores		65.706,95
Salario mensual - Gerentes	₡ 1.000.000,00	
*Horas laboradas por mes	189	
*Salario / hora	5.291,01	
*Horas de capacitación	3	
*Cantidad de Gerentes	2	
Total costo-capacitación Gerentes		31.746,03
Salario mensual - Director General	₡ 2.000.000,00	
*Horas laboradas por mes	189	
*Salario / hora	₡ 10.582,01	
*Horas de capacitación	3	
Total costo-capacitación Director		31.746,03
Costo total por capacitación		₡ 548.965,93

Fuente: el autor

Los tiempos de capacitación son basados en las horas de los entrenamientos o presentaciones que se tienen planeadas. La primera capacitación será con el Director General, el Gerente Comercial y el Gerente de Infraestructura. A estos se les explicará el plan de acción para cada requerimiento no cumplido de la norma, la toma de conciencia con respecto del uso de la energía, el rol que tendrá cada uno y los tiempos proyectados para una implementación efectiva. Además, se les presentará el costo por implementar el Sistema de Gestión Energética y los responsables de asegurar su operación. Al ser una presentación inicial, se estima que tome aproximadamente tres horas.

El segundo plan de capacitación es dirigido a los Coordinadores, Asistentes y Ayudante. A este grupo se le impartirá la misma información brindada al director y a los gerentes, así como también los roles que tendrá cada uno. Además de eso, se realizarán dos reuniones más en las cuales se plantearán y revisarán los documentos que formarán parte del sistema. En otras palabras, se modificarán documentos actuales para incluir consideraciones sobre el consumo energético, así como también se crearán nuevos en caso de ser necesario. Se estima un total de tres sesiones de capacitación para este grupo, por lo que se estima un total de 15 horas de la jornada laboral.

El tercer plan de capacitación va dirigido a los Operadores del centro de datos. Este grupo será el último al que se le impartirá la capacitación por el motivo de que también se les entrenará en las nuevas tareas que deben llevar a cabo. Por supuesto que, para este punto, ya se debe contar con los documentos

aprobados para registrar los datos del SGEEn. Se plantea que el tiempo total de capacitación para los Operadores sea de 10 horas, divididas en dos sesiones, una para exponerles el Sistema de Gestión Energética, y otra para capacitarlos el procedimiento de qué y cómo registrar la información necesaria para el SGEEn.

El contenido de la capacitación que se le ofrecerá a Datacenter S.A. se desglosa a continuación:

- Norma ISO 50001 y Concientización del uso de la energía.
- Nivel de cumplimiento y plan de acción para los “No cumplimientos”.
- Roles y responsabilidades.
- Manual de Sistema de Gestión Energética.
- Toma y almacenamiento de registros.
- Línea de Base Energética e Indicador de Desempeño Energético.
- Política energética.
- Revisiones energéticas.

Es indispensable que se cubran todos los puntos mencionados ya que básicamente abarcan los requisitos de la norma internacional ISO 50001. Si bien es cierto, ningún sistema es perfecto, por lo que siempre habrá brechas que requieren atención para imponer la mejora continua. Sin embargo, el implementar el Sistema de Gestión Energética le permitirá a la empresa participar por la certificación internacional y así mejorar su posicionamiento en el mercado.

**CAPÍTULO VI:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 CONCLUSIONES

- 1) Se logró detectar mediante el estudio del proyecto que la compañía tiene brechas en su administración del uso y consumo de la energía que le impiden optar por la certificación de la norma ISO 50001 debido a que el cumplimiento actual es del 44.4%
- 2) El SGEEn tiene como proyección estar completo a inicios del 2019 de acuerdo al plan de acción y a las propuestas planteadas en el proyecto.
- 3) Una forma de simplificar el análisis del consumo energético del centro de datos es a través de la agrupación de subsistemas, siempre y cuando posean características similares.
- 4) Es indispensable crear conciencia en los colaboradores sobre el uso de la energía para fomentar la cultura de ahorro energético y así fortalecer la mejora continua del SGEEn.
- 5) Se pudo observar que la Línea de Base Energética tiene un papel muy importante con los requisitos de la norma, por lo que es muy importante que sea definida apropiadamente.
- 6) La sostenibilidad del sistema va a depender del alineamiento de todos los colaboradores por cumplir con los requisitos de la norma. Así también, debe

haber un compromiso por acatar los cambios en aras de mejorar algún aspecto del sistema. El proceso de capacitación del personal se impartirá paulatinamente para lograr mejor adaptación.

- 7) El Indicador de Desempeño Energético propuesto es de gran utilidad por establecer la relación entre el consumo adecuado al uso y el consumo real, sirviendo como referencia en cuanto a eficiencia energética.
- 8) Sin lugar a duda el SGEEn le permitirá a la empresa expandir el portafolio de proyectos que podrán ser implementados, permitiendo mayor flexibilidad para su crecimiento como empresa.
- 9) El Manual de Gestión Energética será el documento madre que contiene las pautas explicativas sobre el funcionamiento del SGEEn. En este se referencian los diferentes documentos que forman parte del sistema, sin embargo, por temas de confidencialidad de información, el manual adjunto no hace referencia a ningún documento propio de la empresa.

6.2 RECOMENDACIONES

- 1) Se le recomienda a la empresa apoyar la implementación del proyecto y adaptarlo al funcionamiento operativo de la actualidad.
- 2) Dado el crecimiento desenfrenado de las empresas en la actualidad, es muy importante brindar los recursos necesarios para obtener la certificación internacional en la norma y así obtener ventaja sobre sus competidores.
- 3) Se le recomienda a la empresa la adquisición de más equipos de medición de uso de consumo de energía para determinar en tiempo real y de forma más precisa, la energía que consumen los equipos del subsistema de climatización ya que actualmente se calcula mediante un diferencial entre las cantidades.
- 4) Como la empresa subcontrata servicios de *Outsourcing* para la seguridad y la limpieza, se recomienda extenderles el programa de capacitación a este personal.
- 5) Priorizar en la empresa el proyecto de certificación ISO 50001 como proyecto de mejora continua y comunicárselo a las partes interesadas.

BIBLIOGRAFÍA

Arroyo, Federico. (2016). *5 pasos para construir una línea de base energética*.

Disponible en:

<http://proyectosycertificaciones.com/2016/05/5-pasos-construir-una-linea-de-base-energetica/>

Arce, S. (2012). *Intel logró certificación en gestión energética*. Periódico La Nación.

Disponible en:

http://www.nacion.com/economia/Intel-logro-certificacion-gestion-energetica_0_1277072425.html

Borrego, D. (2009). *Herramienta para la mejora continua: Ciclo Deming*.

Disponible en:

<http://www.herramientasparapymes.com/herramienta-para-la-mejora-continua-ciclo-deming>

Carretero Peña A., y García Sánchez, J. (2015). *Gestión de la eficiencia*

energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. 1era ed. España:

AENOR.

Correa, C. (2004). *Gestión y evaluación de calidad*. Bogotá: Cooperativa Editorial

Magisterio.

González, D., & Calero, M. (22 de Agosto de 2017). *Sector industrial de Nicaragua se hunde por el elevado costo de la energía eléctrica*. Recuperado el 2017, de La Prensa: <http://www.laprensa.com.ni/2017/08/22/nacionales/2284010-sector-industrial-de-nicaragua-se-hunde-por-el-elevado-costode-la-energia-electrica>

González González, N. (2009). *Diseño del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional, bajo los requisitos de la Norma NTC-OHSAS 18001 en el proceso de Fabricación de Cosméticos para la empresa WILCOS S.A.* (Tesis inédita de Bachillerato). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado.; Baptista Lucio, M.; (2010). *Metodología de la Investigación*. 5ta ed. México D.F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la Mejora de la Calidad*. Montevideo: Uruguay. **Disponible** en: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>

INTE/ISO 50001:2011. *Sistemas de Gestión de Energía – Requisitos con orientación para su uso*, Editada e impresa por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica [INTECO], Costa Rica, (2011).

Lind, Douglas A; Marchal, William G; Wathen, Samuel A. (2015). *Estadística aplicada a los negocios y la economía. 16ª ed.* México, D.F. Ed McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Reforma Integral de la Ley N.º 7447. Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía, Costa Rica, 28 de marzo de 2017.

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación.* 6ta ed. México: Editorial McGraw-Hill.

Wikipedia. (2014). *Power usage effectiveness.* **Disponible en:**

https://es.wikipedia.org/wiki/Power_usage_effectiveness

Rojas, E. (2013). *El PUE: la medida de la eficiencia de los datacenters.*

Disponible en:

<https://www.muycomputerpro.com/2013/02/26/pue-medida-eficiencia-datacenters>

Asociación Española para la Calidad. (2018). *Sistema de Gestión Energética.*

Madrid. **Disponible en:**

<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/sistemas-de-gestion-energetica>

Blasco, Luciana. (2018). *Guía para entender el recibo de la luz*. México.

Disponible en:

<http://www.rastreator.com/tarifas-energia/guias/entender-el-recibo-de-la-luz.aspx>

García, Jose Antonio E. (2015). *Qué es la Potencia Eléctrica*. Madrid. **Disponible**

en:

http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_potencia/ke_potencia_elect_1.htm

Falcó, Rojas, Arturo Ruiz. (2006). *Control Estadístico de Procesos*. Madrid.

Disponible en:

<http://web.cortland.edu/matresearch/ControlProcesos.pdf>

RECOPE, (2015). *Estadística de Especificaciones Diésel 50*. Costa Rica.

Disponible en:

<https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2013/07/Estadistica-de-Especificaciones-Diesel50.pdf>