



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**Propuesta de un sistema de gestión energética para el Departamento de Ingeniería
Química UdeC, basado en la norma ISO 50001.**

Por

Vicente Enrique Guerra Vega

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título profesional de Ingeniero Civil Químico

Profesor Guía

Dr. Claudio Zaror Z.

Profesor Comisión

Dr Fernando Márquez R.

Diciembre 2024

Concepción (Chile)

© 2024 Vicente Enrique Guerra Vega

© 2024 Vicente

Enrique Guerra Vega

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Resumen

Esta memoria de título presenta una propuesta para la implementación de un Sistema de Gestión Energética en el Departamento de Ingeniería Química (DIQ) de la Universidad de Concepción, en conformidad con los desafíos de sustentabilidad establecidos institucionalmente. En este contexto, el objetivo principal de esta memoria es entregar las bases para optimizar el consumo energético, reducir la huella de carbono y proponer un modelo de gestión escalable a nivel institucional, que refuerce los compromisos de sustentabilidad establecidos en el Plan Estratégico UdeC 2021-2030.

Este estudio incluye la cuantificación del consumo de energía que ocurre dentro de las instalaciones físicas del DIQ, pero excluye los consumos energéticos que tienen lugar fuera de dichos límites. Por lo tanto, aquí se cuantifica el consumo eléctrico de los equipamientos utilizados en las diferentes funciones que se realizan en el DIQ. Dicho trabajo se llevó a cabo mediante una auditoría a todos los laboratorios, oficinas, salas de clases y otros espacios comunes del DIQ, donde se catastraron los equipos responsables de consumo eléctrico y sus características técnicas y de uso.

La auditoría energética permitió estimar el consumo eléctrico del DIQ en 350 MWh/año, lo cual tiene una huella de carbono asociada de 84 ton CO₂eq/año, si se considera un suministro eléctrico desde el Sistema Eléctrico Nacional. Este consumo se distribuye principalmente entre laboratorios (55%), sistemas de climatización (25%), equipos misceláneos (15%) e iluminación (5%). Estos datos evidencian que los laboratorios son los principales consumidores, debido al uso intensivo de equipos de alta potencia, muchos de los cuales operan durante largas jornadas.

Las propuestas de mejoramiento incluyen la instalación de un medidor inteligente en la subestación eléctrica para mantener un monitoreo continuo del consumo eléctrico global del DIQ, la modernización de equipos antiguos por alternativas más eficientes y diferentes acciones de gestión para reducir el consumo de electricidad. Entre estas últimas destacan el desarrollo de bitácoras de uso de equipos de alta potencia existentes en laboratorios, control de horarios de operación de dichos equipos y campañas de sensibilización dirigidas a estudiantes, académicos y personal técnico/administrativo para fomentar hábitos de uso eficiente de la energía.

El sistema de gestión propuesto incluye todos los elementos clave de la norma ISO 50001, desde la identificación de riesgos y oportunidades hasta la definición de la Política Energética del DIQ, establecimiento de roles, responsabilidades y mecanismos de evaluación y mejora continua. Se considera especialmente la planificación estratégica, con la integración de objetivos energéticos claros y acciones para alcanzar resultados concretos, utilizando indicadores de desempeño energético, tales como, kWh/año, kWh/m² y kWh/persona, para evaluar y mejorar continuamente el rendimiento del sistema, junto con metas específicas como la reducción del consumo eléctrico en un 5% durante los primeros dos años de implementación.

Este sistema de gestión energética no solo busca optimizar el desempeño energético del DIQ, sino que también tiene el potencial de convertirse en un modelo replicable a nivel institucional. Su implementación contribuirá al fortalecimiento de la cultura organizacional en torno a la eficiencia energética y la sustentabilidad, posicionando a la Universidad de Concepción como líder en estas áreas dentro de las instituciones de educación superior nacional.

Abstract

This title memory presents a proposal for the implementation of an Energy Management System in the Department of Chemical Engineering (DIQ) of the Universidad de Concepción, in accordance with the institutionally established sustainability challenges. In this context, the main objective of this report is to provide the basis to optimize energy consumption, reduce the carbon footprint and propose a scalable management model at institutional level, which reinforces the sustainability commitments established in the UdeC Strategic Plan 2021-2030.

This study includes the quantification of energy consumption that occurs within the physical facilities of the DIQ but excludes energy consumption that takes place outside these boundaries. Therefore, the electrical consumption of the equipment used in the different functions performed at the DIQ is quantified here. This work was carried out through an audit of all laboratories, offices, classrooms and other common areas of the DIQ, where the equipment responsible for electricity consumption and its technical characteristics and use were registered.

The energy audit allowed estimating the electrical consumption of the DIQ at 350 MWh/year, which has an associated carbon footprint of 84 ton CO₂eq/year, if an electrical supply from the National Electrical System is considered. This consumption is mainly distributed among laboratories (55%), air conditioning systems (25%), miscellaneous equipment (15%) and lighting (5%). These data show that laboratories are the main consumers, due to the intensive use of high-power equipment, many of which operate for long days.

Improvement proposals include the installation of a smart meter in the electrical substation to maintain continuous monitoring of the DIQ's overall electricity consumption, the modernization of old equipment for more efficient alternatives, and different management actions to reduce electricity consumption. Among the latter are the development of logs of use of high-power equipment in laboratories, control of operating hours of such equipment and awareness campaigns aimed at students, academics and technical/administrative staff to encourage efficient energy use habits.

The proposed management system includes all the key elements of the ISO 50001 standard, from the identification of risks and opportunities to the definition of the DIQ's Energy Policy, establishment of roles, responsibilities and mechanisms for evaluation and continuous improvement. Special consideration is given to strategic planning, with the integration of clear energy objectives and actions to achieve concrete results, using energy performance indicators, such as kWh/year, kWh/m² and kWh/person, to continuously evaluate and improve system performance, along with specific goals such as reducing electricity consumption by 5% during the first two years of implementation.

This energy management system not only seeks to optimize DIQ's energy performance, but also has the potential to become a replicable model at the institutional level. Its implementation will contribute to strengthening the organizational culture around energy efficiency and sustainability, positioning the Universidad de Concepción as a leader in these areas within the national higher education institutions.

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	10
2	ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	11
2.1	ESTIMACIÓN CONSUMO ENERGÉTICO	11
2.2	MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	12
2.3	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA	12
3	OBJETIVOS Y ALCANCES.....	14
3.1	OBJETIVO GENERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3.3	ALCANCES.....	14
4	METODOLOGÍA	15
4.1	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
4.2	CUANTIFICACIÓN CONSUMO ENERGÉTICO.....	15
4.2.1	Recopilación de información.....	15
4.2.2	Cálculo de consumo	15
4.2.3	Cálculo de Huella de Carbono.....	16
4.3	PROPUESTA DE MEDIDAS.....	16
4.4	DISEÑO DE PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA	17
4.4.1	Análisis inicial.....	17
4.4.2	Planificación.....	18
4.4.3	Operación	18
4.4.4	Evaluación de desempeño	18
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
5.1	CONSUMO ENERGÉTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA	20
5.1.1	Huella de carbono	25
5.2	PROPUESTA DE MEDIDAS DE AUMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	25
5.3	PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA	27
5.3.1	Contexto de la organización.....	28

5.3.2	Liderazgo	29
5.3.3	Planificación.....	31
5.3.4	Apoyo.....	32
5.3.5	Operación	34
5.3.6	Evaluación de desempeño	35
5.3.7	Mejora continua	35
6	CONCLUSIONES.....	36
7	REFERENCIAS.....	37
8	ANEXOS.....	42
8.1	ANEXO A: Detalle Auditoría Energética	43
8.2	ANEXO B: Metodología para el cálculo de la huella de carbono.....	51
8.3	ANEXO C: Caso de estudio	52
8.4	ANEXO D: Resumen medidas literatura.....	53
8.5	ANEXO E: Marco normativo	53
8.6	ANEXO F: Norma ISO 50001.....	54
8.7	ANEXO G: Guía de implementación norma ISO 50001	57

Índice de tablas

Tabla 4.1 Ejemplo de planilla de cálculo para consumo eléctrico	16
Tabla 5.1 Comparación de consumos de energía con estudios reportados en literatura.	23
Tabla 5.2 Partes interesadas.	28
Tabla 5.3 Análisis FODA del DIQ.	29
Tabla 5.4 Riesgos u oportunidades con acciones para ser abordados	31
Tabla 5.5 Objetivos, metas y actividades del SGen.....	32
Tabla 5.6 Matriz de competencias.....	33
Tabla 5.7 Matriz de comunicaciones del SGen.	34
Tabla 8.1 Inventario laboratorio 313.....	43
Tabla 8.2 Inventario laboratorio 324.....	43
Tabla 8.3 Inventario laboratorio 312.....	44
Tabla 8.4 Inventario laboratorio 323.....	44
Tabla 8.5 Inventario laboratorio 314.....	44
Tabla 8.6 Inventario laboratorio 319.....	45
Tabla 8.7 Inventario CLUSTER.....	45
Tabla 8.8 Inventario laboratorio 425.....	45
Tabla 8.9 Inventario laboratorios 415-416.....	46
Tabla 8.10 Inventario laboratorio 426.....	47
Tabla 8.11 Inventario laboratorio 413.....	47
Tabla 8.12 Inventario laboratorio 424.....	47
Tabla 8.13 Inventario laboratorio 103.....	47
Tabla 8.14 Inventario laboratorio 417.....	48
Tabla 8.15 Inventario laboratorio 104-106.....	48

Tabla 8.16 Inventario laboratorio 421-422.....	48
Tabla 8.17 Inventario laboratorio 421-422.....	49
Tabla 8.18 Inventario laboratorio 421-422.....	49
Tabla 8.19 Consumo anual total para laboratorios.....	49
Tabla 8.20 Inventario equipos de iluminación.	50
Tabla 8.21 Inventario equipos de HVAC.....	50
Tabla 8.22 Inventario de equipos misceláneos.....	50
Tabla 8.23 Cálculo de la HC en toneladas de CO2 equivalente (t CO2eq) correspondiente al alcance 2.	51
Tabla 8.24 Identificación de las áreas del DIQ.	52
Tabla 8.25 Resumen de medidas de mitigación.	53

Índice de figuras

Figura 4.1 Esquema de una revisión energética.	19
Figura 5.1 Distribución del consumo eléctrico en el Departamento de Ingeniería Química.	21
Figura 5.2 Diagrama de Pareto para el consumo eléctrico en el DIQ.	22
Figura 5.3 Política energética DIQ.	30
Figura 8.1 Edificio Gustavo Pizarro.	52
Figura 8.2 Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. Fuente: (Agencia de Sostenibilidad Energética (ASE), 2022)	55
Figura 8.3 Proceso de planificación energética según ISO 50001:2018. Fuente:(ASE, 2022)	60
Figura 8.4 Esquema de proceso de tratamiento de no conformidades. Fuente: (ASE, 2022).....	66

Nomenclatura

CE	Consumo energético	kWh, MWh
SGEn	Sistema de Gestión de Energía	
IES	Instituciones de educación superior	
IDEn	Índice de desempeño energético	kWh/m ² /año
USEn	Usos significativos de la energía	
FE	Factor de emisión	kgCO _{2eq} /kWh
SEN	Sistema Eléctrico Nacional	
LBEn	Línea base de energía	
EGEn	Equipo de gestión energética	

1 INTRODUCCIÓN

El consumo de energía es responsable de una significativa emisión de gases de efecto invernadero, debido al uso de combustibles fósiles. Como parte de las estrategias para mitigar el cambio climático, se han establecido políticas de reemplazo de combustibles fósiles por fuentes renovables, así como mejorar la eficiencia de uso de la energía. En este contexto, Chile ha dado pasos importantes para avanzar en esa dirección, con la promulgación de la Ley 21.455 Marco de Cambio Climático y la Ley 21.305 sobre Eficiencia Energética, que representan instrumentos legales que fomentan asertivamente el reemplazo de combustibles fósiles y el incremento de la eficiencia energética en todos los sectores de la sociedad. Al respecto, es importante destacar que la demanda energética en el sector de edificaciones representa cerca de un tercio del consumo energético total, donde los sistemas de calefacción o refrigeración y aparatos tecnológicos son responsables del 75% de dicho requerimiento energético (IEA, 2024). En adición, se espera que el consumo energético (CE) de este sector aumente en más de un 40% en los próximos 20 años (Mariano-Hernández et al., 2021).

Las medidas para reducir el consumo de combustibles fósiles e incrementar la eficiencia energética incluyen cambios tecnológicos y medidas de gestión. Al respecto, la Ley 21.305 establece el requerimiento de los principales consumidores de energía deben implementar un sistema de gestión de energía (SGEn), que permite aumentar eficazmente el rendimiento energético. En este sentido, la norma ISO 50001 es una norma internacional que establece requisitos para gestionar la energía en organizaciones de cualquier tamaño y ha sido utilizada mundialmente para implementar un SGEn (El Majaty et al., 2023; Fichera et al., 2020).

En este contexto, se debe destacar que la Universidad de Concepción es una institución académica comprometida con el desarrollo sustentable y que ha establecido explícitamente su compromiso para contribuir a mitigar el cambio climático, promover una cultura sustentable, gestionar de manera sostenible y eficiente la energía, entre otros objetivos (PEI, 2021). Además, la Universidad de Concepción es parte del “Acuerdo de Producción Limpia Campus Sustentable” junto con el Gobierno de Chile y la Red Campus Sustentable (APL II, 2021). Dentro de este marco institucional, se desarrolló el programa UdeC+Sustentable y la implementación de medidas de eficiencia energética que significaron una reducción de un 7,2% en su CE (Dirección de Servicios, s. f.). Si bien se han implementado medidas con buenos resultados generales, no se constata una experiencia de implementación de un SGEn a nivel institucional, ni los medios necesarios para cuantificar el uso y

consumo de energía para las distintas áreas del campus. En este sentido, se considera de interés la cuantificación del consumo de energía eléctrica y realización de una propuesta de SGEN que sirva de modelo para su escalamiento institucional. Específicamente, el Departamento de Ingeniería Química (DIQ) se posiciona como un buen objeto de análisis para realizar un estudio piloto de esta naturaleza, por sus actividades de docencia (pre y post grado), administración e investigación.

2 ANTECEDENTES TEÓRICOS

En esta sección se resume la información de literatura relacionada con la estimación del consumo energético en instituciones de educación superior (IES), las medidas de mitigación de consumo energético y sistemas de gestión energética propuestos para dichas instituciones.

2.1 ESTIMACIÓN CONSUMO ENERGÉTICO

Son variadas las metodologías encontradas en la literatura para la estimación y análisis del CE, pero estos pueden ser catalogados en dos categorías, métodos de auditoría energética y métodos de simulación estadísticos (Bordbari et al., 2018). En la auditoría energética se utilizan principios físicos para determinar el desempeño energético en un edificio completo o por subnivel de componente, evaluar la manera de consumo de energía en un edificio o una planta; y reconocer oportunidades para reducir la pérdida de energía (Thumann A, 2008). Los métodos de simulación estadísticos en términos generales tienen una alta velocidad de respuesta y precisión, pero esta depende de la calidad y cantidad de datos históricos (Zhao & Magoulès, 2012). Estos métodos dependen a su vez de factores climáticos estacionales o utilización de la energía por lo que se adopta el índice de desempeño energético (IDEn) kWh/m²/año puesto que puede proveer información del desempeño energético global de un edificio o conjunto de estos mismos (Li et al., 2020).

Según la literatura son 3 los métodos de estimación de CE mediante una auditoría energética. Si se tiene un medidor del edificio o campus a estudiar se realiza una medición in-situ a partir de los medidores en cuestión, tal como hizo Chung et al. que determinó que el consumo promedio de 11 edificios en una universidad en Seúl, Corea del Sur, era de 223 kWh/m²/año (Chung & Rhee, 2014). Otro método es la revisión de las cuentas de luz, ejemplificado en el trabajo de Litardo et al. quién revisó 4 edificios de la ESPOL en Guayaquil (Ecuador) y determinó un consumo promedio del orden de 85 kWh/m²/año (Litardo et al., 2021). Por último, cuando no se tiene información de CE se recurre a la revisión de la potencia nominal instalada y su tiempo de uso. Negash Getu et al. estimó el consumo

eléctrico de un edificio en particular (Block B) de la American University of Ras Al Khaimah (AURAK) en India, obteniendo un consumo anual del orden 3,3 GWh (Negash Getu et al., 2016).

El número de estudios que tienen como objetivo determinar y comparar el CE en las universidades ha crecido desde 2019, lo que sugiere una toma de conciencia de los IES en torno a sus consumos energéticos (Quevedo et al., 2024).

2.2 MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO

En la literatura se presentan medidas de gestión y tecnológicas para la mitigación del CE. Las principales medidas incluyen: la instalación de interruptores de corte para equipos, aumento de la eficiencia en iluminación, cambio del punto de referencia en unidades de aire acondicionado (A/C), sustitución de ventanas a marco PVC y doble panel, y disminución del coeficiente global de transferencia de calor (U) en techos y paredes mediante aislantes, (Chung & Rhee, 2014). Negash Getu propuso un cambio en la iluminación, pasando de tubos fluorescentes convencionales a su homólogo LED, obteniendo un ahorro energético de 3,1 MWh, junto con ajustes en la temperatura de referencia de unidades de A/C, uso de sensores de movimiento para iluminación en baños y pasillos, entre otras medidas (Negash Getu et al., 2016). Otros autores concluyen que la concientización en temas de CE, junto con un acceso a la información acerca del consumo en las respectivas instituciones a estudiantes, personal administrativo y docentes tiene repercusiones positivas en el desempeño energético de estas (Almeida et al., 2020; Jami et al., 2021; Xing et al., 2022). Otras propuestas incluyen, además de las anteriores, medidas de gestión tales como apagar artículos electrónicos (computadores, impresoras, otros) cuando estén en desuso y desconectar dichos aparatos al finalizar la jornada (Diaz et al., 2023; Ocampo Batlle et al., 2020).

La tabla 8.25 del ANEXO D resume las medidas de gestión y tecnológicas comúnmente aplicadas para mejoramiento de la eficiencia energética en IES.

2.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

En general, los Sistemas de Gestión de Energía (SGEn) se basan en la norma internacional ISO 50001, cuyo contenido principal se puede encontrar en el ANEXO F.

Un SGEn para edificios fue implementado en la Osaka City University, Japón, para medir y monitorear el CE, usando los medidores de cada empalme para medir consumo eléctrico. Monitoreo vía webcam del estado de la iluminación en cada habitación, el estado del aire acondicionado y el

consumo de gas en el medidor mediante el reconocimiento de caracteres, enviando estos datos a un computador para su control y análisis (Yuan et al., 2015).

En la Universidad Federal de Itajubá, Brazil, se desarrolló una metodología para establecer una línea base de consumo y desempeño energético basado en la norma ISO 50001 para identificar un potencial ahorro en el CE y establecer una estrategia de gestión energética para implementar dentro del campus (Ocampo Batlle et al., 2020).

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina, se desarrolló un proyecto para analizar metodologías para la implantación de SGen basado en la norma ISO 50001 buscando una mejora en el desempeño energético a través de la reducción del CE (Kerkhoff et al., 2020).

En la Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia, se desarrolló una metodología de evaluación energética basada en la norma ISO 50001 para desarrollar una línea base de CE para cada edificio y el sistema de A/C en el edificio principal basado en el establecimiento de las variables relevantes que afectan el CE para cada uso significativo de la energía (Díaz et al., 2023).

De los antecedentes expuestos en párrafos anteriores, se concluye que existe suficiente información en literatura acerca de metodologías para estimar los consumos energéticos en IES, así como una buena base de experiencia en torno a medidas para mejoramiento de la eficiencia energética y SGen en base a ISO 50.001.

3 OBJETIVOS Y ALCANCES

3.1OBJETIVO GENERAL

Proponer un sistema de gestión energética, en base a la norma internacional ISO 50.001:2018, para minimizar el consumo de energía y su huella de carbono del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción.

3.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Cuantificar el consumo de energía en las operaciones del DIQ y su huella de carbono asociada.
2. Proponer medidas tecnológicas y de gestión para reducir el consumo de energía y la huella de carbono asociada.
3. Diseñar un sistema de gestión energética, en base a ISO 50.001, para llevar a cabo las medidas propuestas, e incorporar mecanismos de mejora continua en el DIQ.

3.3ALCANCES

Para los objetivos planteados en este estudio sólo fueron tomados en cuenta los consumos energéticos directos del DIQ, es decir, aquellos que ocurren dentro de las instalaciones físicas del edificio del DIQ. Por lo tanto, se excluyen todos los consumos indirectos de energía que ocurren fuera de dichas instalaciones, tales como los asociados a:

- traslado del personal o estudiantes en locomoción pública o privada
- consumo energético relacionado con la generación de vapor para calefacción
- consumos energéticos relacionados a productos o servicios adquiridos por el DIQ.

Debido a que no existe consumo de combustible dentro de las instalaciones del DIQ, se excluye cualquier consumo o emisión de gases de efecto invernadero que ocurra debido a usos no formales de combustibles.

Este es un estudio de primera aproximación a lo que consumo energético respecta para el DIQ, por lo que sus resultados tienen un margen del $\pm 20\%$.

4 METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología empleada para la realización de este trabajo, para responder las interrogantes planteadas en cada objetivo específico.

4.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A modo de actividad inicial, se realizó una búsqueda bibliográfica en plataformas especializadas como Web of Science, Google Scholar y Scopus. Se utilizaron los siguientes términos: '*energy consumption*', '*universities*', '*energy managment system*' y '*ISO 50001*'.

4.2 CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

4.2.1 Recopilación de información

Para la cuantificación del CE en el DIQ se realizó un inventario en las distintas dependencias del edificio (aulas, oficinas, laboratorios, salas de estudio, lugares comunes, etc.) para identificar los diversos equipos y aparatos, cantidad de estos y tiempo de uso.

Se realizó una visita a los distintos laboratorios del departamento identificando primero, equipos cuyas potencias nominales superaran los 250 W y segundo, equipos de potencia nominal inferior, pero con un uso prolongado en el tiempo. Se determinó en conjunto con los jefes de cada laboratorio los tiempos estimados de uso de dichos equipos, estos fueron presentados como horas al día, horas a la semana y horas al mes.

Se realizó un recuento de computadores y monitores por las distintas oficinas, proyectores en cada sala, elementos de calefacción y acondicionamiento de aire, entre otros, para después estimar un tiempo de uso.

4.2.2 Cálculo de consumo

Para el determinar el CE del DIQ se utilizó la información recopilada para calcular un consumo eléctrico mensual (kWh/mes). Se consideró una base temporal mensual, ya que agrupaba de mejor manera la periodicidad de uso (diaria, semanal y mensual) aportada por los jefes de cada laboratorio, a través de la siguiente expresión:

$$\text{Potencia nominal (W)} * \text{tiempo de uso (horas)} * \text{periodicidad} \\ = \text{consumo electrico mensual (kWh/mes)}$$

Esto fue ingresado en una planilla de Excel para cada laboratorio, en la Tabla 4.1 se ejemplifica lo propuesto anteriormente.

Tabla 4.1 Ejemplo de planilla de cálculo para consumo eléctrico
Laboratorio 313

Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Estufa	5400	75	Semana	1620
Estufa	5400	75	Semana	1620
Hervidor	2000	2	Semana	16
Microondas	1150	1	Semana	5
Horno eléctrico	1600	1	Semana	6
Wisebath	800	5	Semana	16
Fine Therm	450	5	Semana	9
Julabo	2100	1	Mes	2
Calentador de agua	1200	2	Día	48
Julabo + capacidad	2200	5	Semana	44

Para determinar el consumo en los otros espacios se desarrolló un procedimiento análogo.

4.2.3 Cálculo de Huella de Carbono

El procedimiento para el cálculo de huella de carbono se realiza en base a la norma ISO 14064 y GHG Protocol, cuyo procedimiento se detalla en el ANEXO B.

4.3 PROPUESTA DE MEDIDAS

Para llegar a las medidas propuestas de mitigación del CE, se siguió un enfoque metodológico que combinó el análisis de datos obtenidos a través de la auditoría energética y una revisión exhaustiva de casos documentados en la literatura. La auditoría energética realizada en las instalaciones permitió

identificar los principales consumidores de energía mediante el análisis de patrones de uso, medición de consumos específicos y evaluación de la eficiencia de los sistemas existentes.

Paralelamente, la revisión bibliográfica se enfocó en recopilar experiencias previas, estrategias de gestión energética y tecnologías emergentes implementadas en escenarios similares. Este proceso no solo permitió contrastar los hallazgos locales con tendencias globales, sino que también aportó una base para seleccionar medidas adaptadas al contexto del proyecto.

Finalmente, se integraron ambos enfoques, priorizando soluciones factibles y efectivas. Estas incluyen tanto mejoras tecnológicas como acciones de gestión energética, ajustadas a las características específicas de las instalaciones y orientadas a maximizar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental.

4.4 DISEÑO DE PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA

La propuesta de un SGEN para un edificio de un IES, como lo es el DIQ, tiene como base la ISO 50001:2018, homologada por Norma Chilena NCh 50.001:2018 (NCh-ISO 50001, 2018). Este proceso se basó en la recopilación y análisis de información específica del edificio, considerando sus patrones de consumo energético, los principios establecidos en la norma y el marco normativo aplicable. Este último se identifica en el ANEXO E.

El objetivo principal fue diseñar un plan de acción eficiente y adaptable que permitiera optimizar el desempeño energético, identificando áreas críticas y estableciendo estrategias alineadas con las necesidades particulares que plantea la motivación del desarrollo de este trabajo. A continuación, se describen las etapas seguidas en el desarrollo de la propuesta. Una guía de implementación más extensa se puede encontrar en el ANEXO G.

4.4.1 Análisis inicial

En esta etapa es necesario analizar el contexto de la organización y establecer un liderazgo acorde a la norma como base del sistema. De este análisis comprender los factores internos y externos que puedan influir en los resultados esperados del desempeño energético y en la operación del SGEN; identificar a las partes interesadas que influyen en el desempeño energético, para posteriormente evaluar sus necesidades y expectativas. También es necesario contar con un liderazgo comprometido

con el desarrollo del SGE_n, que fomente la difusión y adopción de la política energética propuesta, promoviendo una cultura de eficiencia energética y garantizando la participación de todos los niveles de la organización; y designar un equipo de gestión de la energía, estipulando el rol, responsabilidad y funciones de los integrantes.

4.4.2 Planificación

En esta etapa se debe analizar los riesgos y oportunidades para definir acciones a realizar para abordarlos. A su vez es necesario realizar una revisión de los datos aportados por la auditoría energética, con el fin de identificar los patrones de consumo del DIQ, para determinar los usos significativos de la energía (USE_n), aquellos que representan un consumo sustancial de energía y ofrecen un potencial considerable para la mejora del rendimiento energético. Finalizando con una planificación para la recopilación de datos que asegure una base de datos sólida para el desarrollo e implementación de un SGE_n. Este paso puede verse reflejado en la Figura 4.1.

4.4.3 Operación

La organización debe mantener documentadas las principales actividades para el desarrollo del SGE_n, tomar en cuenta que una parte significativa del potencial de ahorro energético en una organización está vinculada con los aspectos operativos de los equipos, instalaciones, sistemas y procesos que integran los USE_n. La organización debe tomar en cuenta los conceptos de desempeño y eficiencia energéticos al momento de diseñar proyectos dentro del establecimiento, y al momento de adquirir equipos o servicios.

4.4.4 Evaluación de desempeño

En esta etapa es necesaria una buena planificación para el seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGE_n. Revisar periódicamente los IDE_n para evaluar el comportamiento del SGE_n



Figura 4.1 Esquema de una revisión energética.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en este estudio. En primer lugar, se resumen los resultados de la auditoría energética llevada a cabo en el DIQ. En seguida, se presentan las propuestas de mejoramiento de la eficiencia energética. Finalmente, se entrega la propuesta de un SGen basado en NCh-ISO 50001:2018, que pueda servir como piloto para un escalamiento de la propuesta a toda la universidad.

En el ANEXO C se entrega una breve caracterización de las instalaciones físicas del DIQ.

5.1 CONSUMO ENERGÉTICO DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Como resultado de la auditoría energética, se obtuvo que el consumo total anual de electricidad es del orden de 350 (MWh/año). Esto significa un consumo por unidad de área del orden de 78 (kWh/año/m²) y una huella de carbono asociada de 84 (ton CO₂ eq/año).

Estos valores indican que el consumo eléctrico del DIQ es equivalente a 44 – 167 hogares promedio nacional (el límite inferior se obtiene considerando todo el consumo de energía en el hogar, mientras que el límite superior considera solo el consumo de electricidad en cada hogar) (Ministerio de Energía, 2018).

En el ANEXO A se encuentra el detalle de la auditoría energética, mientras que el procedimiento de cálculo de la huella de carbono se presenta en el ANEXO B. La huella de carbono se estimó en base a una huella de 0,24 (ton CO₂ eq/MWh) para la electricidad del SEN.

La distribución del consumo eléctrico se describe en la Figura 5.1, donde se clasifican los consumos de acuerdo a la funcionalidad de los espacios y equipamientos, a saber, laboratorios, HVAC (por su sigla en inglés heating, ventilation and air conditioning), iluminación y misceláneos.

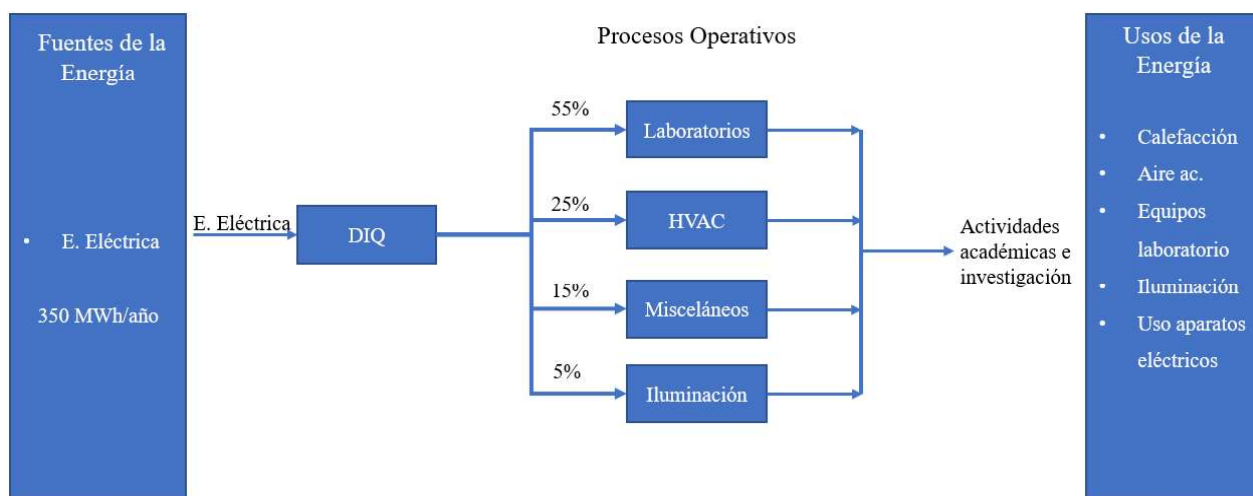


Figura 5.1 Distribución del consumo eléctrico en el Departamento de Ingeniería Química.

En la categoría el ítem “laboratorios” incluye, todo el consumo eléctrico de los equipos de laboratorio, computadores, impresoras y otros que se encuentran dentro esos espacios, exceptuando equipos de aire acondicionado y calefacción. Estos equipos “HVAC” incluyen los equipos de aire acondicionado propiamente tal y estufas eléctricas del tipo domiciliarias. El ítem “iluminación” incluye todos los elementos luminarios del edificio; mientras que “misceláneos” considera el resto de los equipos no incluidos en los ítems anteriores, como equipamiento de oficinas, proyectores, ascensor, entre otros.

Para el desarrollo de este estudio es primordial conocer la distribución de los consumos de energía eléctrica en el DIQ. En este contexto, se cuantificaron los consumos de las 4 categorías mencionadas con anterioridad y se presentaron en un diagrama de Pareto para identificar con mayor facilidad la influencia de cada categoría en el consumo global de energía, tal como se ilustra en la Figura 5.2.

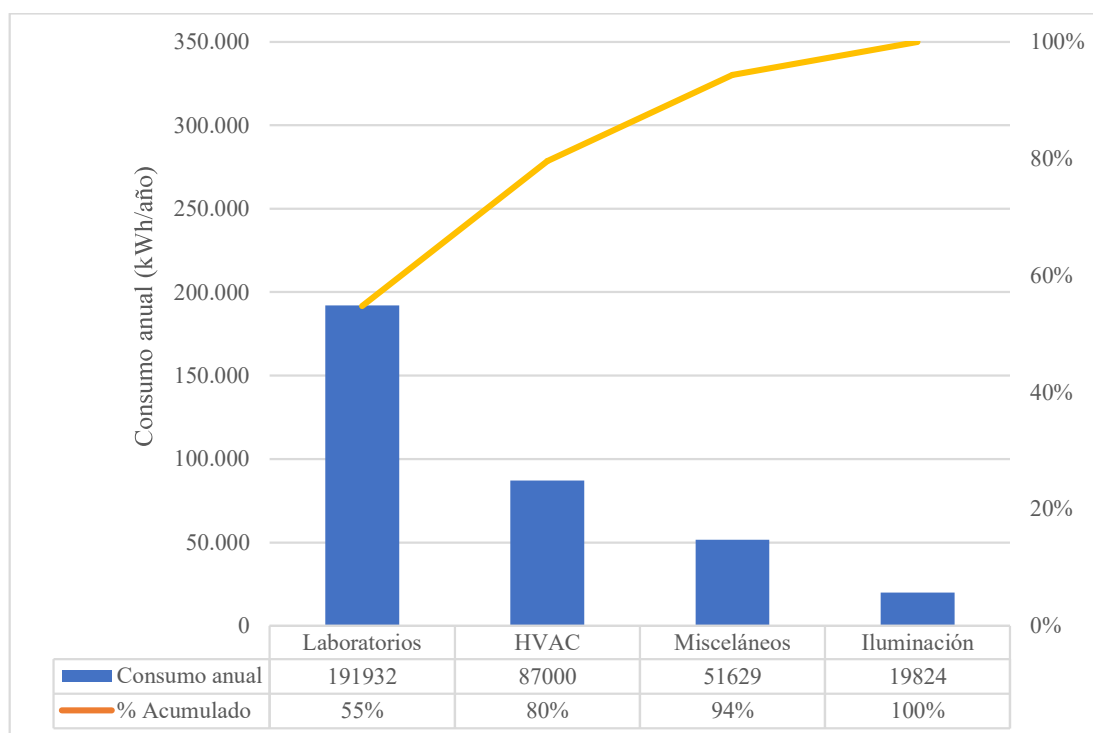


Figura 5.2 Diagrama de Pareto para el consumo eléctrico en el DIQ.

Se puede observar claramente que el 80% del consumo de energía eléctrica corresponde a los laboratorios y HVAC. En efecto, el Departamento de Ingeniería Química posee 24 laboratorios, los cuales son los espacios con la mayor densidad de equipos con potencia nominal alta. Esto debido a que en muchos de los procesos estudiados en ingeniería química se requiere energía calórica, tales como, estufas, baños térmicos, hornos a escala y equipos de medición (ej. cromatógrafos). Algunos equipos quedan encendidos durante largos periodos debido a los requerimientos propios de la investigación a realizar. En todo caso, debido al clima mediterráneo de la zona, la oscilación térmica es baja por lo que el consumo eléctrico debido a sistema de calefacción y enfriamiento no es elevado, aun cuando es significativo. El estudio realizado por Li et al. (2020) muestra resultados similares para un edificio de oficinas en un clima del tipo 3C, donde los sistemas de HVAC representan el tercer consumo energético predominante.

Aún cuando en el grupo “misceláneos” la cantidad de equipos es sustancialmente menor, estos poseen una potencia nominal considerable, promediando 400 W, la mayoría de los cuales funcionan entre 6 y 8 horas diarias.

En el ítem de “iluminación”, el bajo consumo se explica por el avance tecnológico con alta presencia de medios de iluminación de tecnología LED. A su vez, el DIQ tiene una gran disponibilidad de luz solar con su orientación noreste, amplio espacio con sus edificios vecinos y gran cantidad de ventanas en la edificación, traduciéndose en una baja demanda de iluminación artificial. Por su parte, los lugares comunes interiores que se encuentran en el centro del edificio (tales como el pasillo del cuarto piso) poseen muy poca y hasta nula disponibilidad de luz solar, por lo que allí se encuentra la mayor demanda de iluminación artificial, donde se utilizan focos LED de bajo consumo.

La Tabla 5.1 presenta una comparación entre los resultados obtenidos en este estudio con los reportados en la literatura.

Tabla 5.1 Comparación de consumos de energía con estudios reportados en literatura.

Consumo específico anual kWh/año/m²	Comentarios	Autores
78	Consumo eléctrico específico del DIQ, Universidad de Concepción.	Este estudio
179	Consumo energético en la Griffith University, Australia. Para edificios del área de investigación: consumo de 379 kWh/año/m ² .	Khoshbakht et al., 2018
565	Consumo específico promedio para laboratorios en universidades de Inglaterra.	Birch et al., 2020
105	Consumo promedio Sheffield University, se contabilizaron edificios con un bajo consumo como lo son bibliotecas y auditorios. Para salas de computación y edificios del área de investigación: 175 kWh/año/m ² .	Douglas, 2014
180	Consumo promedio para edificaciones que incluían laboratorios, aulas, oficinas y servicios en una universidad en Taiwan.	Tu & Lin, 2012
47	Consumo específico anual promedio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Compostela, España.	Castañón Molina, 2023

Se puede observar que el valor obtenido en este estudio es significativamente inferior a los reportados en literatura, con excepción del trabajo realizado por Castañon-Molina (2023). Estas diferencias se deben en gran medida a que el valor para el DIQ sólo incluye el consumo eléctrico directo, sin que se consideren los consumos asociados a la generación de calor para calefacción central de la Universidad, ni los consumos de energía indirectos debido al transporte de personal y estudiantes en medios públicos y privados. Además, se debe tomar en consideración las diferencias de climas existentes entre los estudios publicados. Según la clasificación de climas (ASHRAE, 2020), el DIQ está emplazado en una zona con clima 3C (mediterráneo con temperaturas cálidas y humedad marina) por lo que la variación de temperaturas raramente supera los 30° C en el año, esto provoca una utilización de moderada a baja de los sistemas de aire acondicionado y calefacción, principal factor de consumo en la mayoría de los estudios mencionados, ya que la mayoría se encuentran en climas tipo 2 (temperaturas cálidas, clima tipo subtropical) o en climas tipo 4 (variaciones de temperatura elevada, clima tipo continental).

Otra discrepancia entre el presente estudio y los publicados en literatura tiene relación con el hecho de que el DIQ posee diferentes funcionalidades en el mismo edificio, mientras que en la mayoría de las publicaciones se estudian conjuntos de edificios con preferencia en funciones de investigación. Al respecto, existe consenso de que el consumo de energía eléctrica en edificios de investigación es predominante. Por ejemplo, Hafer realizó un inventario de equipos en 220 edificios de la Universidad de Stanford, obteniendo que los laboratorios y edificios de investigación corresponden al 50% de la energía demandada (Hafer, 2017). Ello es coincidente con el trabajo de Khoshbakht quién obtuvo que el 40% del consumo de energía eléctrica corresponde a edificios de investigación y el 28% corresponde edificios administrativos y de aulas, considerando 185 edificios en 5 campus distintos de la Griffith University, Australia (Khoshbakht et al., 2018). Por su parte, Douglas reportó que el 55% del consumo de energía eléctrica de 5 edificios en la Sheffield University, Inglaterra, corresponde a edificios de investigación y laboratorios; a su vez, los edificios administrativos y de aulas representaron sólo un 20% del consumo ya mencionado (Douglas, 2014).

Como resultado de la auditoría energética realizada en el DIQ se concluye que el mayor consumo de energía eléctrica se encuentra en los laboratorios, lo que es coincidente con los resultados de literatura. Por tal motivo, es aquí donde se deben presentar e implementar las principales medidas de mejoramiento de la eficiencia energética.

5.1.1 Huella de carbono

El valor de la huella de carbono depende directamente del consumo de energía y de la composición de la matriz energética de la electricidad consumida. En efecto, aquellas que son ricas en combustibles fósiles como fuente primaria, presentan factores de emisión del orden de 0,8-1 kg CO₂eq/kWh, mientras que las ricas en fuentes renovables pueden llegar a tener valores inferiores a 0,1 kg CO₂eq/kWh. En la actualidad, la huella de carbono de la electricidad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es la más baja de los últimos 25 años, con valores del orden de 0,2-0,3 kg CO₂eq/kWh, mientras que el promedio de la década anterior fue del orden de 0,5-0,6 kg CO₂eq/kWh. La creciente contribución de generación eléctrica solar, eólica e hidráulica que se ha evidenciado en los últimos 3 años es responsable directa de la reducción en la huella de carbono de la electricidad en Chile (IEA, 2023).

Es importante señalar que el valor de huella de carbono del DIQ presentado aquí se calculó en base al valor promedio del SEN de 0,24 kg CO₂eq/kWh, para el período septiembre 2023-agosto 2024. No obstante, la Universidad de Concepción, en su última licitación para el suministro eléctrico con ENEL DISTRIBUCIÓN CHILE S.A. ha considerado un suministro con 100% en base a fuentes renovables no convencionales, lo que implicaría una huella de carbono cercana a cero.

5.2 PROPUESTA DE MEDIDAS DE AUMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Medición y seguimiento del consumo eléctrico del DIQ.

El pilar fundamental para controlar y gestionar cualquier variable, es medirla. Por tal motivo, la primera medida a proponer es la instalación de un medidor inteligente de energía eléctrica en su ingreso al DIQ, situado en la subestación eléctrica del primer piso. Adicionalmente, se recomienda implementar un mecanismo que facilite acceder a la lectura de consumo eléctrico, sin que se deba ingresar a la subestación eléctrica cada vez que se quiera tomar una medición. Debido a la factibilidad técnica y logística se propone sólo un medidor para el edificio completo, en desmedro de medidores para los laboratorios que presenten un CE elevado.

Una vez instalado el medidor, se debería poner en marcha un plan de monitoreo mensual del consumo en el DIQ, así como de una variable relevante relacionada con el USEn. El primer año de monitoreo

permitirá identificar el comportamiento del desempeño energético en el DIQ, diferenciando los distintos periodos académicos y estacionales, que permita construir una línea base de energía (LBEn).

Modernización y optimización de equipamiento de alto consumo eléctrico.

Como segunda medida se propone la modernización de aquellos equipos que presentan un CE elevado, y tengan varios años de antigüedad y posean baja eficiencia energética (que en palabras de los mismos encargados catalogan como 'reliquias'). Preliminarmente, se debería priorizar aquellas estufas actualmente en uso en varios laboratorios de Productos Forestales (LPF), CarboCat y Cohesión, que tienen potencias nominales superiores a 1 kW, hasta 5.4 kW que tienen un uso prolongado en el tiempo. Para esto se requiere una inversión en nuevas estufas apuntando a reducir la carga instalada, es decir, estufas con las mismas, o similares, capacidades de desempeño, pero con una menor potencia nominal.

La concientización acerca del CE resulta clave en instalaciones con alta demanda; por tales razones se propone realizar jornadas semestrales o anuales de concientización acerca del uso de equipos de alto consumo, apuntando a un uso más eficiente de los equipos con medidas tales como, apagar o desenchufar equipos cuando no están en uso, siempre y cuando esta interrupción del suministro eléctrico no desconfigure al equipo, para equipos con un alta inercia térmica, apagar 20-30 minutos antes del término programado, siempre y cuando la temperatura exacta no sea una variable crítica.

Otra medida, apuntando a lo mencionado anteriormente, es la optimización del tiempo de uso de estos equipos de alto consumo. Para ello es necesario la elaboración de bitácoras de uso, medida que ya se lleva a cabo en un par de laboratorios, para el monitoreo de las horas de uso con la finalidad de analizar los datos y ver opciones para reducir los tiempos de uso.

Como medidas generales para el DIQ se proponen hábitos de ahorro energético, que son transversales y se pueden aplicar en todas las áreas del DIQ, son a saber:

- ✓ Apagar luces innecesarias procurando aprovechar al máximo la luz natural.
- ✓ Dejar en modo 'stand-by' equipos cuando no estén en uso.
- ✓ Apagar equipos al terminar la jornada (por ejemplo, computadores, monitores, impresoras, cafeteras).
- ✓ Cerrar puertas y ventanas de espacios que estén siendo calefaccionados.

Una vez realizada la medición del consumo anual, realizar campañas de concientización, exponer el consumo del DIQ a la población de este mismo, exponer la HC asociada a este consumo y comparar con otras fuentes de consumo para generar un impacto mayor, ya que según (Xing et al., 2022) estas medidas pueden mejorar las acciones de la población en pro de un menor consumo de energía eléctrica.

Otro tipo de medidas como lo son las relacionadas a la infraestructura encontradas en la literatura, como la sustitución de ventanas por unas de doble panel con marco de PVC, o añadir aislantes a paredes y techos, no son relevantes aquí ya que el edificio fue remodelado recientemente y los beneficios económicos no contrarrestan la inversión.

Estas propuestas están alineadas con las encontradas en la literatura. Como fue mencionado anteriormente, el grueso de los estudios corresponden a climas más cálidos o más gélidos, por lo que las medidas apuntaban en mayor medida a controlar los sistemas de HVAC (Chung & Rhee, 2014; Ocampo Batlle et al., 2020).

5.3 PROPUESTA DE SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

La Ley N°21305 sobre Eficiencia Energética establece explícitamente que aquellas empresas que caen en la categoría “Consumidores con Capacidad de Gestión de Energía” (con un consume de energía total anual superior a 106 GWh), deben implementar un sistema de gestión de energía basado en NCh-ISO 50.001 (BCN, 2021). Si bien la Universidad de Concepción no cae dentro de esta categoría, es deseable que una propuesta de SGEn se base en dicho estándar.

El Sistema de Gestión propuesto se basa en el estándar NCh-ISO 50.001 y los detalles de dicho sistema se presentan en el ANEXO G. En esta sección, se resumen los principales aportes específicos para la situación del DIQ, que sirven de complemento y respuesta a los requerimientos de la norma. En particular, se presenta el contexto de la organización con atención a las partes interesadas y análisis FODA, propuesta de Política Energética para el DIQ, riesgos y oportunidades a ser consideradas en la planificación, objetivos y metas, matriz de competencias y contenidos de capacitación y matriz de comunicación.

5.3.1 Contexto de la organización

En la Tabla 5.2 se identifica y analiza las necesidades y expectativas de las partes interesadas clave.

Tabla 5.2 Partes interesadas.

Parte interesada	Intereses principales	Expectativas clave	Impacto en el SGEN
Universidad de Concepción	Eficiencia energética institucional, reducción de huella de carbono, sustentabilidad	Cumplir con el Plan Estratégico UdeC 2021-2030 y los acuerdos de campus sustentable	Alta, define lineamientos generales
Cuerpo académico	Optimización del uso de recursos en docencia e investigación	Condiciones óptimas para enseñanza, investigación y menor consumo en laboratorios	Medio, mediante prácticas de consumo eficiente
Estudiantes	Ambientes adecuados para estudio y prácticas sustentables	Participación en actividades de eficiencia energética	Medio, impacto en la concienciación y uso de energía
Empresas	Colaboraciones en proyectos y cumplimiento de normas de sustentabilidad	Innovaciones en eficiencia energética y transferencia de conocimiento	Bajo, incentivos a través de alianzas
Universidades extranjeras	Colaboración en investigaciones conjuntas sobre gestión energética	Infraestructura con estándares internacionales en sustentabilidad	Bajo, fortalecen oportunidades de mejora

El SGEN incluye todas las actividades académicas y de investigación desarrolladas en el DIQ, abarcando las operaciones realizadas en aulas, laboratorios y oficinas dentro del edificio Gustavo Pizarro, el cual se establece como el límite físico del sistema. Las actividades incluyen el monitoreo y optimización del consumo energético relacionado con equipos de laboratorio, sistemas de iluminación, climatización y equipos administrativos. No se consideran consumos indirectos, tales como transporte del personal o generación de vapor fuera del departamento.

La Tabla 5.3 resume un análisis FODA, donde se identifican factores internos y externos clave, destacando las fortalezas y oportunidades para mejorar el desempeño energético del DIQ, así como

debilidades y amenazas que deben gestionarse para asegurar una implementación exitosa y sostenible del SGE.

Tabla 5.3 Análisis FODA del DIQ.

Fortalezas	Impacto en el SGE	Oportunidades	Impacto en el SGE
- Infraestructura dedicada a la investigación y enseñanza avanzada.	Bajo	- Acceso a financiamiento por acuerdos de sustentabilidad y eficiencia energética.	Alto
- Personal académico especializado en áreas afines a la energía y química.	Medio	- Incorporación de tecnologías emergentes en gestión y monitoreo energético.	Medio
- Experiencia en la gestión de proyectos interdisciplinarios relacionados con energía.	Alto	- Posicionamiento del DIQ como líder en sustentabilidad dentro de las universidades chilenas.	Bajo
Debilidades	Impacto en el SGE	Amenazas	Impacto en el SGE
- Limitada experiencia previa en la implementación de sistemas de gestión energética.	Alto	- Aumento de costos energéticos a nivel nacional que impactan presupuestos institucionales.	Bajo
- Dificultad para la obtención de datos energéticos precisos por falta de infraestructura.	Alto	- Requerimientos regulatorios más estrictos sin personal o recursos para cumplirlos.	Bajo
- Existencia de equipos de laboratorio antiguos.	Bajo	- Riesgo de falta de financiamiento para proyectos a largo plazo.	Alto

5.3.2 Liderazgo

El liderazgo es un pilar fundamental en la implementación del SGE, ya que establece la dirección, el compromiso y la responsabilidad necesarios para garantizar su éxito. En la Figura 5.3 se encuentra la propuesta de Política Energética para el DIQ, en línea con las políticas institucionales. Dicha propuesta debe ser validada por las principales partes interesadas clave.

Política Energética Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Concepción

El Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción, establecimiento líder en investigación y docencia, se compromete a gestionar su consumo energético de manera eficiente y sustentable, con el objetivo de minimizar su huella de carbono y contribuir al desarrollo de un entorno académico y de investigación sustentable. Esta política tiene como objetivos principales:

1. Optimizar el uso de energía en todas sus operaciones académicas, administrativas y de investigación, mediante la identificación y reducción de consumos innecesarios.
2. Fomentar el uso de tecnologías eficientes que reduzcan el impacto ambiental y promuevan la transición hacia fuentes de energía renovable.
3. Promover la concientización energética entre estudiantes, académicos y personal administrativo, incentivando prácticas que contribuyan a la eficiencia energética.
4. Cumplir con la normativa legal vigente y los estándares internacionales en materia de eficiencia energética y sustentabilidad.
5. Establecer metas y objetivos energéticos claros, medibles y alcanzables, con la revisión periódica de los avances y la implementación de acciones correctivas cuando sea necesario.
6. El Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Concepción se compromete a planificar, implementar y mantener un sistema de gestión de la energía conforme a lo indicado en la NCh-ISO 50001:2018.

Nombre y firma Director(a) DIQ

Figura 5.3 Política energética DIQ.

La alta dirección es responsable de liderar el proceso, asegurando el cumplimiento de la política energética y facilitando los recursos necesarios. Se establece un equipo de gestión energética (EGEn) encargado de coordinar las acciones del SGEN, monitorear el desempeño energético y fomentar una cultura de mejora continua.

Debido a la naturaleza acotada del DIQ, se propone un EGEn acotado, con un líder del SGEN definido por la alta dirección del DIQ perteneciente al cuerpo docente y encargados de laboratorios.

5.3.3 Planificación

La Tabla 5.4 detalla acciones específicas diseñadas para mitigar riesgos, aprovechar oportunidades y asegurar una mejora continua en el desempeño energético del DIQ.

Tabla 5.4 Riesgos u oportunidades con acciones para ser abordados

Riesgo u oportunidad	Acción propuesta	Responsable	Plazo
Falta de capacidad de monitoreo de consumo eléctrico.	Instalación de medidor de energía eléctrica en el DIQ.	Alta dirección	6 meses
Experiencia en proyectos relacionados con energía.	Realizar capacitaciones a miembros del EGen en temas de gestión.	Líder SGen	6 meses
Inexperiencia en implementación de sistemas de gestión de energía.	Capacitaciones al cuerpo docente y administrativo acerca de la norma ISO 50001	Alta dirección	6 meses
Actualización de equipamiento en laboratorios	Evaluar el cambio de equipos de laboratorio antiguos por otros más eficientes	EGEn	1 año

Parte de una buena planificación para un SGen se encuentra la realización de una revisión energética. Esta fue realizada en el inciso 5.2 y arrojó que el mayor consumo de energía eléctrica se encuentra en los laboratorios del DIQ (ej. equipos de alta potencia como estufas y baños térmicos). La norma exige un monitoreo efectivo del consumo energético de este tipo de equipamiento, para lo cual se recomienda la adquisición de medidores para equipos por separado y añadir un apartado de medición a la bitácora de uso propuesta en el inciso 5.2.

A continuación, la Tabla 5.5 presenta los objetivos estratégicos del DIQ, donde se proponen metas específicas y las acciones planificadas para alcanzarlos de manera eficiente y sostenible.

Tabla 5.5 Objetivos, metas y actividades del SGEEn.

Nº	Objetivo	Meta	Actividades	Modo de control de desempeño energético
1	Reducir consumo de electricidad.	Reducir en un 5% el IDEn de electricidad utilizada en el DIQ.	Realizar medidas propuestas en el apartado 5.3.	Comprobar la reducción del IDEn kWh/m ² .
2	Mejora del proceso de medición de energía.	Instalar medidor en la subestación eléctrica del DIQ.	Solicitud de compra medidor, instalación medidor, recopilación y análisis de datos.	Comparar IDEn estimado, con el IDEn en base a la medición.
3	Sensibilizar a la población del DIQ en hábitos de ahorro energético.	Reducir la ocurrencia en un 50% de al menos 3 malas prácticas del uso de energía.	Realización de charlas, distribución de información. Chequeos de malas prácticas.	Registro semanal de ocurrencia de malas prácticas.

Es conveniente definir indicadores de desempeño energético de acuerdo con los objetivos de mejoramiento. El consumo total de energía eléctrica en base anual es un indicador de uso directo para toma de decisiones. Se pueden agregar indicadores específicos, de consumo anual por m² o per cápita, cuando interese reducir los consumos de electricidad en laboratorios u otros usos particulares.

5.3.4 Apoyo

La alta dirección del DIQ debe poner a disposición recursos humanos, técnicos y financieros para la implementación y continuo desarrollo del SGEEn. Al respecto, se recomienda la siguiente matriz de competencias, presentada en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Matriz de competencias.

Rol	Responsabilidades clave	Competencias requeridas	Capacitación necesaria
Equipo de Gestión Energética	Coordinación del SGE y monitoreo energético	Conocimientos en ISO 50001 y análisis energético	Curso en gestión energética y auditoría interna
Personal académico	Uso eficiente de equipos de laboratorio	Conocimiento básico de eficiencia energética	Taller de buenas prácticas energéticas

Como complemento a las medidas de concientización y hábitos de ahorro energético propuestas en el inciso 5.2 surge la necesidad de capacitar al personal y estudiantado con:

- Conceptos básicos de la norma ISO 50001.
- Política energética del departamento.
- Objetivos, metas y plan de acción.
- Como sus acciones contribuyen en el cumplimiento de los objetivos y metas energéticas.
- El impacto tanto real como potencial de sus actividades y su comportamiento, en el desempeño energético.

Adicionalmente, la comunicación es esencial para garantizar el flujo adecuado de información sobre el SGE y sus medidas, promoviendo la participación y el compromiso de todos los involucrados en la mejora del desempeño energético. La Tabla 5.7 propone una matriz de comunicaciones para la gestión energética en el DIQ.

Tabla 5.7 Matriz de comunicaciones del SGE.

¿Qué comunicar?	¿Cuándo comunicar?	¿A quién comunicar?	¿Cómo comunicar?	¿Quién comunica?
Política energética	Anualmente	Personal y estudiantado	Charlas Correos	Alta dirección
Informe de consumo energético	Mensualmente	Alta dirección	Reporte escrito	EGEn
Charlas informativas	Semestralmente	Personal y estudiantado	Presentaciones presenciales	EGEn
Hábitos de ahorro de energía	Trimestralmente	Estudiantado	Mediante post en el Instagram del CEEIQ	EGEn

Adicionalmente, se requiere mantener una documentación actualizada para una correcta operación del SGE, que asegure la trazabilidad, consistencia y evidencia del cumplimiento del SGE. Los documentos mínimos requeridos son:

- Manual del SGE
- Procedimientos: detallando actividades, responsables y funciones para cumplir con la ISO 50001.
- Registros: documentan la ejecución de actividades del SGE, evidenciando la gestión energética y el cumplimiento de la norma, si es que se desee certificar la norma.

5.3.5 Operación

Este capítulo de la norma se centra en la planificación y control de las actividades relacionadas con el consumo energético, asegurando que se ejecuten de manera eficiente y alineadas con los objetivos del SGE. Para lograr esto se debe diseñar e implementar un plan de acción que incluya las actividades y acciones a tomar, como por ejemplo el apagado de luces y equipos en horarios no operativos.

Parte de la operación de las actividades en el DIQ es preocuparse de las acciones a futuro, es por esto que se debe tomar en cuenta los conceptos de desempeño energético, eficiencia energética y ahorro

energético al momento de diseñar nuevos procesos o áreas de investigación, así como también la adquisición de nuevos equipos o servicios para el DIQ.

5.3.6 Evaluación de desempeño

Para una correcta evaluación del desempeño es necesario un buen monitoreo y medición del desempeño energético, esto fue abarcado en los incisos 5.1 y 5.3.3.

Es necesaria la implementación de auditorías internas cuando el líder del SGEN y la alta dirección estimen pertinente, se recomienda hacerla anualmente, para evaluar el cumplimiento de la política energética, los objetivos establecidos, revisar la correcta implementación de medidas operativas, eficiencia de los procesos y, en caso de hallazgos y oportunidades de mejora, documentarlas.

5.3.7 Mejora continua

La alta dirección, junto con el EGEN deben mejorar continuamente la idoneidad, adecuación y eficacia del SGEN, también se debe demostrar la mejora continua del desempeño energético.

Como fue mencionado anteriormente la implementación de este SGEN considera 2 años como proceso inicial, el primero para una recolección de datos más certera y el segundo para comparar el desempeño energético una vez tomada las medidas.

Considerando las características y necesidades propias de una IES, diseñar una propuesta (como la presentada en este trabajo) e implementar un SGEN resulta una estrategia efectiva para mejorar el desempeño energético (Díaz et al., 2023a; Kerkhoff Alejandro et al., 2020; Meza-Alcívar et al., 2023).

A modo de resumen con lo desarrollado en este capítulo es posible la implementación de un SGEN en una estructura acotada como lo es el DIQ, con medidas acordes a la realidad del departamento y sus capacidades. Finalmente, es importante tener en consideración que el tipo de actividades académicas que se realizan es de suma importancia al momento de diseñar e implementar un SGEN ya que ello dictamina los patrones de consumo (Barelli & Bidini, 2004; Hawkins et al., 2012; Sonetti & Cottafava, 2022). Ello debe ser tomado en cuenta si se desea aplicar el procedimiento de este trabajo en otras facultades o a nivel institucional.

6 CONCLUSIONES

La Universidad de Concepción tiene un compromiso explícito para contribuir al desarrollo sustentable a través de sus actividades de educación, creación de conocimientos y vinculación con el medio. En ese contexto, este trabajo representa un esfuerzo preliminar para posicionar al DIQ a la vanguardia de esos esfuerzos institucionales, en el marco de los Acuerdos de Producción Limpia que la universidad a suscrito.

Los resultados obtenidos mediante una auditoría energética indican que el consumo de energía eléctrica en el DIQ es del orden de 350 (MWh/año), lo que implica un consumo específico por unidad de área de 78 (kWh/año/m²) y una huella de carbono asociada de 84 ton de CO₂ equivalente, considerando una matriz de generación eléctrica promedio del SEN para el período 2023-2024. Dicho consumo eléctrico ocurre, principalmente, en los laboratorios, debido a la presencia de equipos con un uso intensivo de energía. Si bien en este trabajo se excluyeron los consumos energéticos indirectos que ocurren fuera de las instalaciones físicas del DIQ, tales como la generación de vapor en la caldera central de la Universidad, se constata que el consumo específico de energía del DIQ está en los niveles inferiores de los reportados en literatura para instituciones académicas similares. No obstante, existen oportunidades para mejorar la eficiencia energética del DIQ.

Las medidas de mitigación de consumo energético propuestas incluyen la instalación de un medidor de electricidad en la subestación de alimentación al DIQ, monitoreo mensual del consumo eléctrico, modernización de equipos de alto consumo energético, elaboración de bitácoras de uso de los equipos de alto consumo, instancias de concientización en hábitos energéticos y comunicación interna del desempeño energético.

El sistema de gestión energética propuesto se basa en los requisitos establecidos en la norma ISO 50001, adaptándola a las características y necesidades del DIQ. Este sistema de gestión incluye todos los elementos clave de la norma ISO 50001, desde la identificación de riesgos y oportunidades hasta la definición de una Política Energética, especificación de roles, responsabilidades y mecanismos de evaluación y mejora continua.

Este sistema de gestión energética no solo busca optimizar el desempeño energético del DIQ, sino que también tiene el potencial de convertirse en un modelo replicable a nivel institucional. Su implementación contribuirá al fortalecimiento de la cultura organizacional en torno a la eficiencia

energética y la sustentabilidad, posicionando a la Universidad de Concepción como líder en estas áreas dentro de las instituciones de educación superior nacional.

7 REFERENCIAS

- APL II (2021). *Acuerdo de Producción Limpia II Educación Superior Sustentable, 2021*.
<https://www.redcampussustentable.cl/comienza-la-implementacion-del-ii-acuerdo-de-produccion-limpia-en-educacion-superior/>
- Almeida, L. M. M. C. E., Tam, V. W. Y., & Le, K. N. (2020). Quantification of the energy use due to occupant behaviour collected in surveys: a case study of a green and non-green building. *Journal of Building Performance Simulation*, 13(6), 777–803.
<https://doi.org/10.1080/19401493.2020.1825529>
- ASHRAE. (2020). *Climatic Data For Building Design Standards: ANSI/ASHRAE Addendum A To ANSI/ASHRAE Standard 169*.
- Barelli, L., & Bidini, G. (2004). Development of an energetic diagnosis method for the buildings: Example of the Perugia University. *Energy and Buildings*, 36(1), 81–87.
[https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(03\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00078-1)
- BCN (2021). Ley 21305 sobre Eficiencia Energética. Ministerio de Energía de Chile Recuperada el 20 diciembre 2024 en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1155887>
- Birch, C., Edwards, R., Mander, S., & Sheppard, A. (2020). Assessing unregulated electricity consumption in a case study university. *Building Services Engineering Research and Technology*, 41(3), 305–314. <https://doi.org/10.1177/0143624419891554>
- Bordbari, M. J., Seifi, A. R., & Rastegar, M. (2018). Probabilistic energy consumption analysis in buildings using point estimate method. *Energy*, 142, 716–722.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.091>
- Castañón Molina, V. D. (2023). *Estimación de la huella de carbono y elaboración de plan de transición energética mediante análisis multicriterio de un centro de educación superior*.

- Chung, M. H., & Rhee, E. K. (2014). Potential opportunities for energy conservation in existing buildings on university campus: A field survey in Korea. *Energy and Buildings*, 78, 176–182. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.018>
- Díaz, M. C., Mira, M. V., Quispe, E. C., Castrillón, R., Lasso, A., & Vidal, J. R. (2023). A Methodology to Analyze Significant Energy Uses and Energy Consumption for Improving Energy Performance in Higher Education Buildings. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(6), 636–649. <https://doi.org/10.32479/ijeep.14974>
- Dirección de Servicios. (s. f.). *Consumo energético UdeC: Campus Concepción destaca con reducción energética reflejando su compromiso de sustentabilidad*. Recuperado 28 de noviembre de 2024, de <https://direservicios.udec.cl/node/52>
- El Majaty, S., Touzani, A., & Kasseh, Y. (2023). Results and perspectives of the application of an energy management system based on ISO 50001 in administrative buildings - case of Morocco. *Materials Today: Proceedings*, 72, 3233–3237. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.094>
- Fichera, A., Volpe, R., & Cutore, E. (2020). Energy performance measurement, monitoring and control for buildings of public organizations: Standardized practises compliant with the ISO 50001 and ISO 50006. *Developments in the Built Environment*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100024>
- Hafer, M. (2017). Quantity and electricity consumption of plug load equipment on a university campus. *Energy Efficiency*, 10(4), 1013–1039. <https://doi.org/10.1007/s12053-016-9503-2>
- Hawkins, D., Hong, S. M., Raslan, R., Mumovic, D., & Hanna, S. (2012). Determinants of energy use in UK higher education buildings using statistical and artificial neural network methods. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 1(1), 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.ijjsbe.2012.05.002>
- IEA. (2023). *Energy system of Chile*. <https://www.iea.org/countries/chile>
- IEA. (2024). *Energy Efficiency 2024*. www.iea.org
- Jami, S., forouzandeh, N., Zomorodian, Z. S., Tahsildoost, M., & Khoshbakht, M. (2021). The effect of occupant behaviors on energy retrofit: A case study of student dormitories in Tehran. *Journal of Cleaner Production*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123556>

- Kerkhoff Alejandro, J., Bárbaro Marco, P., & Toledo Eduardo, J. (2020, diciembre 1). Preliminary analysis of energy consumption in public buildings with IRAM-ISO 50001 approach. Case study: Faculty of Engineering Oberá. *2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina, ARGENCON 2020 - 2020 IEEE Biennial Congress of Argentina, ARGENCON 2020*.
<https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505404>
- Khoshbakht, M., Gou, Z., & Dupre, K. (2018). Energy use characteristics and benchmarking for higher education buildings. *Energy and Buildings*, 164, 61–76.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.001>
- Li, H., Hong, T., Lee, S. H., & Sofos, M. (2020). System-level key performance indicators for building performance evaluation. *Energy and Buildings*, 209.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109703>
- Litardo, J., Hidalgo-Leon, R., & Soriano, G. (2021). Energy performance and benchmarking for university classrooms in hot and humid climates. *Energies*, 14(21).
<https://doi.org/10.3390/en14217013>
- Mariano-Hernández, D., Hernández-Callejo, L., Zorita-Lamadrid, A., Duque-Pérez, O., & Santos García, F. (2021). A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. En *Journal of Building Engineering* (Vol. 33). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101692>
- Meza-Alcívar, B., Alemán-García, M., & Herrera-Suárez, M. (2023). Vista de Implementación de un sistema de gestión energético para institutos de educación superior. *Ingeniar*, 6.
<https://doi.org/https://doi.org/10.46296/ig.v6i12edespdic.0125>
- Ministerio de Energía (2018). Informe final de los usos de energía de los hogares de Chile, 2018. Recuperado el 28 diciembre 2024 en:
https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf
- NCh-ISO50001(2018). NCh-ISO 50001:2018 Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso. Instituto Nacional de Normalización/International Organization for Standardization. <https://www.inn.cl/>

- Negash Getu, B., Attia, H. A., Khaimah, A., & Al Khaimah, R. (2016). Electricity Audit and Reduction of Consumption: Campus Case Study. En *International Journal of Applied Engineering Research* (Vol. 11, Número 6). <http://www.ripublication.com4423>
- Ocampo Batlle, E. A., Escobar Palacio, J. C., Silva Lora, E. E., Martínez Reyes, A. M., Melian Moreno, M., & Morejón, M. B. (2020). A methodology to estimate baseline energy use and quantify savings in electrical energy consumption in higher education institution buildings: Case study, Federal University of Itajubá (UNIFEI). *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118551>
- PEI (2021). *Plan Estratégico Institucional 2021-2030*, Universidad de Concepción. https://intranet.udec.cl/sites/default/files/Plan_Estrategico_Institucional.pdf.
- Quevedo, T. C., Geraldi, M. S., Melo, A. P., & Lamberts, R. (2024). Benchmarking energy consumption in universities: A review. En *Journal of Building Engineering* (Vol. 82). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.108185>
- Douglas, S. J. (2014). Energy Performance Analysis of University Buildings: Case Studies at Sheffield University, UK. *Journal of Architectural Engineering Technology*, 03(03). <https://doi.org/10.4172/2168-9717.1000129>
- Sonetti, G., & Cottafova, D. (2022). Enhancing the accountability and comparability of different campuses' energy profiles through an energy cluster approach. *Energy Efficiency*, 15(4). <https://doi.org/10.1007/s12053-022-10024-1>
- Thumann A, Y. W. (2008). *Handbook of energy audits* (7ma Edición). The Fairmont Press.
- Tu, K.-J., & Lin, C.-H. (2012). *Benchmarking Energy Efficiency by "Space Type": An Energy Management Tool for Individual Departments Within Universities*.
- Xing, M., Luo, X., Liu, X., Ma, Z., & Li, N. (2022). Impacts of Building Energy Consumption Information on Energy-Saving Intention of College Students. *Buildings*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/buildings12060769>
- Yuan, J., Farnham, C., & Emura, K. (2015). Development and application of a simple BEMS to measure energy consumption of buildings. *Energy and Buildings*, 109, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.012>

Zhao, H. X., & Magoulès, F. (2012). A review on the prediction of building energy consumption. En *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 16, Número 6, pp. 3586–3592).
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.049>

8 ANEXOS

8.1	ANEXO A: Detalle Auditoría Energética.....	43
8.2	ANEXO B: Metodología para el cálculo de la huella de carbono.....	51
8.3	ANEXO C: Caso de estudio.....	52
8.4	ANEXO D: Resumen medidas literatura.....	53
8.5	ANEXO E: Marco normativo.....	53
8.6	ANEXO F: Norma NCh-ISO 50001.....	54
8.7	ANEXO G: Guía de implementación norma ISO 50001.....	57

8.1 ANEXO A: Detalle Auditoría Energética

En primera instancia se realiza una un inventario de equipos con su tiempo de uso en laboratorios. Se comenzó con los laboratorios del tercer piso.

Tabla 8.1 Inventario laboratorio 313.

Laboratorio 313				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Estufa	5400	75	Semana	1620
Estufa	5400	75	Semana	1620
Hervidor	2000	2	Semana	16
Microondas	1150	1	Semana	5
Horno eléctrico	1600	1	Semana	6
Wisebath	800	5	Semana	16
Fine Therm	450	5	Semana	9
Julabo	2100	1	Mes	2
Calentador de agua	1200	2	Día	48
Julabo + capacidad	2200	5	Semana	44
Destilador de agua	6000	16	Mes	96

Tabla 8.2 Inventario laboratorio 324.

Laboratorio 324				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Column oven	1000	4	Semana	16
S. D. Pump (x3)	100	100	Mes	30
UV/vis detector (x3)	100	100	Mes	30
Auto sampler (x2)	160	100	Mes	32
Freezer				19,5
Refrigerador				12,3

Tabla 8.3 Inventario laboratorio 312.

Laboratorio 312				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Calentador de agua	1200	2	Día	48
Refrigerador				24,91
Freezer				19,5
PFI	1500	5	Mes	7,5
Panda	1800	60	Mes	108
Desfibrador	4101,35	3	Mes	12,3
Horno Cal test	1000	48	Mes	48
Autoclave	4400	2	Semana	35,2
Digestor Jayme	6000	4	Mes	24
Digestor LK	1500	3	Mes	4,5
R. blanqueo 10 L	5000	8	Mes	40
R. blanqueo 2 L	1000	4	Mes	4
Estufa a vacío	1600	48	Mes	76,8
Horno de ceniza	2000	4	Mes	8

Tabla 8.4 Inventario laboratorio 323.

Laboratorio 323				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Refrigerador				9,3
Estufa Blue M	1600	28	Semana	179,2
Balanza calefactora	250	3	Mes	0,75
Selladora	1000	1	Mes	1

Tabla 8.5 Inventario laboratorio 314.

Laboratorio 314				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Molino de madera	372,85	3	Mes	1,1
Clasificador	186,43	2	Mes	0,4
Moedor de madera	248,56	2	Mes	0,5

Tabla 8.6 Inventario laboratorio 319.

Laboratorio 319				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Estufa	2050	42	Semana	344,4
Estufa	1040	140	Semana	582,4
Panel LED (x11)	40	168	Semana	26,88
Refrigerador				30,84
Centrífuga	310	4	Semana	4,96
Refractor controller	3450	24	Mes	82,8
Agitadores (x2)	75	6	Día	18
Hervidor	2000	1	Día	40
Placa calefactora	800	6	Día	96

Tabla 8.7 Inventario CLUSTER.

CLUSTER				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
PC's	4000	24	Día	2880

Siguiendo posteriormente con el resto de los laboratorios, cuyo inventario se detalla a continuación.

Tabla 8.8 Inventario laboratorio 425.

Laboratorio 425					
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)	
Cromatógrafo	1440	8	Día	230,4	6 meses*yr
Baño 1	1240	8	Día	198,4	
Baño 2	2600	8	Día	416	
Control termocupla	400	8	Día	64	
Control celda	800	8	Día	128	2 meses*yr
Bomba vacío	373	8	Día	59,68	
1 PC	300	8	Día	48	
Estufa	1870	8	Día	299,2	
Enfriador	176	8	Día	28,16	3 meses*yr
Baño calefactor	1610	8	Día	257,6	
Refractómetro	440	8	Día	70,4	
Tensiometro	130	8	Día	20,8	
1 PC + 1 monitor	500	8	Día	80	
Campana	200	8	Día	32	

Tabla 8.9 Inventario laboratorios 415-416.

Laboratorio 415-416					
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)	
Cromatógrafo	1840	6	Día	221	6 meses*yr
Bomba peristáltica	80	6	Día	10	
Bomba vacío	150	6	Día	18	
Ultrasonido	100	6	Día	12	
Baño Julabo F500	690	6	Día	83	3 meses*yr
2 PC + 2 Monitor	1000	6	Día	120	
Tensiómetro	130	6	Día	16	
Baño Julabo F12	2530	6	Día	304	
1 PC + 1 Monitor	500	6	Día	60	5 meses*yr
Viscosímetro	200	9	Día	36	
Baño seco	610	24	Día	293	3 meses*yr
Tensiómetro	240	8	Día	38,4	7 meses*yr
1 PC + 1 Monitor	500	8	Día	80	2 meses*yr
Estufa a vacío	1400	8	Día	224	
Bomba de pistón	175,5	8	Día	28,08	3 meses*yr
Fuente luz fribra opt	200	8	Día	32	80,8
Control de T	250	8	Día	40	
1 PC + 1 Monitor	500	8	Día	80	24,32
Densímetro AP	176	8	Día	28,16	
Densímetro BP	152	8	Día	24,32	48
1 PC	300	8	Día	48	
Impresora	505	8	Día	80,8	52,8
Refrigerador	110	24	Día	52,8	
Freezer	230	24	Día	110,4	6 meses*yr
Campana	200	8	Día	32	

Para los laboratorios 415-416 y 425 se utilizó una metodología de cálculo distinta, ya que la encargada de dichos laboratorios informó los meses al año del funcionamiento de los equipos, por eso la columna extra en las Tablas 8.8 y 8.9.

Tabla 8.10 Inventario laboratorio 426.

Laboratorio 426				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Refrigerador				9
Estufa Thermo	1800	50	Semana	360
Centrífuga	350	1	Semana	1,4
Ultrasonido	450	1	Semana	1,8
LECO TruSpec S	5750	2	Semana	46
LECO TruSpec CHN	2760	2	Semana	22,08
Calorímetro	720	8	Semana	23,04

Tabla 8.11 Inventario laboratorio 413.

Laboratorio 413				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Hornos (x4)	800	12	Día	192
Cromatógrafo (x2)	100	40	Semana	16
Ultra sonido	100	40	Semana	16

Tabla 8.12 Inventario laboratorio 424.

Laboratorio 424				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Analizador	600	5	Mes	3
Chaqueta	350	7	Día	49
Horno	800	8	Día	128
Reactor Parr	510	8	Día	81,6

Tabla 8.13 Inventario laboratorio 103.

Laboratorio 103				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Horno horizontal	5440	8	Semana	174,08

Tabla 8.14 Inventario laboratorio 417.

Laboratorio 417				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Refrigerador				12,3
Refrigerador				12,3
Refrigerador				12,3
Agitador Mlab	28	48	Semana	5,4
Estufa	1600	20	Semana	128

Tabla 8.15 Inventario laboratorio 104-106.

Laboratorio 104/106				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Stabino	144	18	Semana	10,4
Julabo F12	2530	8	Semana	81
KSV sigma	250	8	Semana	8
Hervidor	2200	1	Mes	2,2
Horno eléctrico	1000	1	Día	20
Agitadores (x3)	75	8	Día	36
Density meter	190	20	Mes	3,8
CP-4000	310	12	Semana	14,9
Termobalanza	200	15	Semana	12
Refrigerador				8,1
Nano Scope DI	1500	24	Mes	36
Chiller	400	5	Día	40
Calorímetro	450	8	Semana	14,4
Placa calefactora	530	4	Semana	8,5
Placa cal. (x2)	800	4	Día	128

Tabla 8.16 Inventario laboratorio 421-422.

Laboratorio 421/422				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Refrigerador				24,9
Refrigerador				18,3
Incubadora	580	72	Semana	167
Baño termostático	1500	72	Semana	432
Liofilizador	840	72	Semana	241,9
Bomba peristáltica (x20)	80	168	Semana	53,8

Estufa	1200	72	Semana	345,6
Estufa	1350	72	Semana	388,8

Tabla 8.17 Inventario laboratorio 421-422.

Laboratorio 419				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Ultra freezer	480	168	Semana	322,6
Centrífuga	310	4	Semana	5,0
Estufa secado	1980	150	Semana	1188
Analizador de C	1100	6	Semana	26,4
Reactor (x2)	250	4	Semana	4
Mufla	3000	6	Semana	72
Espectrómetro	790	4	Semana	12,6
FIA	310	10	Semana	12,4
Refrigerador				13,93

Tabla 8.18 Inventario laboratorio 421-422.

Laboratorio 203				
Equipo	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Balastro	400	6	Día	67,2
Balastro	400	6	Día	48
Refrigerador				25
Estufa	3000	8	Día	672

El aporte al consumo anual que realizan los laboratorios se ve en la Tabla 8.19, donde se consideró que los laboratorios cumplen sus actividades todo el año, cohesión corresponde a los laboratorios 415-416 y 425.

Tabla 8.19 Consumo anual total para laboratorios.

Laboratorio	Consumo	
LPF	4428	kWh/mes
CarboCat	1123	kWh/mes
Lab varios	8841	kWh/mes
Total	14393	kWh/mes
	172711	kWh/año
Cohesión	19221,68	kWh/año
Consumo anual	191932	kWh/año

También la auditoría energética arrojó el inventario de equipos de iluminación (Tabla 8.20), HVAC (Tabla 8.21) y misceláneos (Tabla 8.22).

Tabla 8.20 Inventario equipos de iluminación.

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Foco tubo 120cm	288	36	5	Día	1244,16
Foco tubo 60 cm	21	14	31	Semana	36,456
Foco tubo 60 cm	222	14	6	Día	372,96
Foco pasillos	105	12	6	Día	151,2
Focos entrada	35	6	8	Día	33,6
Focos sec. oficinas	50	18	8	Día	144

Tabla 8.21 Inventario equipos de HVAC.

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
A/C verano	35	600			21000,0
A/C invierno	35	200			7000
Estufa eléctrica	50	2000	4	Día	8000

Para los equipos HVAC se consideraron 3 meses de uso para las estufas eléctricas, 2 meses de uso para los equipos de A/C en verano y 3 meses de uso para los equipos de A/C en invierno.

Tabla 8.22 Inventario de equipos misceláneos.

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de uso (horas)	Periodicidad	Consumo (kWh/mes)
Proyector	8	350	156	Semana	1747,2
Secador de manos	19	1000	1	Semana	76
CPU (oficinas)	34	300	8	Día	1632
Monitor	34	200	8	Día	1088
Impresoras	5	924	6	Día	554,4

8.2 ANEXO B: Metodología para el cálculo de la huella de carbono

La metodología utilizada para el cálculo de la huella de carbono para este trabajo se basa en dos marcos metodológicos ampliamente reconocidos: la norma ISO 14064 y el GHG Protocol, los cuales ofrecen directrices complementarias para la cuantificación y gestión de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La norma ISO 14064 proporciona un enfoque estandarizado para medir, reportar y verificar las emisiones, estableciendo principios como relevancia, integridad, consistencia, transparencia y precisión. Por su parte, el GHG Protocol se centra en la clasificación de emisiones en tres alcances: emisiones directas (Alcance 1), emisiones indirectas por consumo de electricidad (Alcance 2) y otras emisiones indirectas asociadas a la cadena de valor (Alcance 3). La integración de ambos marcos asegura un análisis robusto y consistente, permitiendo a las organizaciones identificar sus fuentes de emisión, implementar estrategias de mitigación y comunicar sus compromisos climáticos de manera transparente.

Para obtener el dato de la huella de carbono (HC) se realiza el siguiente procedimiento, ecuación (2):

$$HC = \text{dato de actividad} * \text{factor de emisión} \quad (2)$$

En particular para este trabajo sólo se considera las emisiones indirectas por consumo de electricidad (Alcance 2), por lo que el dato de actividad corresponde al consumo anual arrojado por la auditoría energética, el factor de emisión se obtuvo del Coordinar Eléctrico Nacional. En la tabla 8.23 los resultados del cálculo.

Tabla 8.23 Cálculo de la HC en toneladas de CO2 equivalente (t CO2eq) correspondiente al alcance 2.

Descripción	Dato de actividad	Unidad	FE	Unidad	HC (t CO _{2eq})
Consumo eléctrico	350385	kWh	0,24	kgCO _{2eq} /kWh	84.1
Total					84.1

8.3 ANEXO C: Caso de estudio

El edificio Gustavo Pizarro (Figura 8.1) cuya construcción comenzó en 1959, fue inaugurado el 13 de agosto de 1959 albergó en primera instancia el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (ITT), a raíz del terremoto de 1960, alberga hasta la actualidad al Departamento de Ingeniería Química.

El edificio cuenta con una superficie que ronda los 4500 m², con una población compuesta de: 20 docentes, 17 administrativos, 25 ingenieros de proyecto, 5 alumnos de magíster, 24 alumnos de doctorado y 417 alumnos de pregrado. En la Tabla 8.24 la distribución de los espacios.

Tabla 8.24 Identificación de las áreas del DIQ.

Tipo de espacio	Cantidad
Auditorio	1
Biblioteca	1
Laboratorios	24
Aulas	6
Oficinas	37
Cafetería	1
Salas de reunión	3



Figura 8.1 Edificio Gustavo Pizarro

8.4 ANEXO D: Resumen medidas literatura

A modo de resumen las medidas de mitigación tanto de gestión como tecnológicas que arrojó la revisión bibliográfica se pueden ver en la Tabla 8.25, agrupando las medidas en 2.

Tabla 8.25 Resumen de medidas de mitigación.

De gestión	Tecnológicas
Acceso a la información y concientización.	Instalación de aislantes en techos y paredes.
Cambio en seteo de unidades de A/C.	Sustitución de ventanas a marco PVC y doble panel.
Apagar artículos electrónicos cuando estén en desuso.	Cambiar luminarias a LED.
Desconectar artículos electrónicos al finalizar la jornada.	Instalar interruptores de corte. Instalar interruptores con sensor de movimiento para iluminación.

8.5 ANEXO E: Marco normativo

- Ley 21455 (Marco Cambio Climático)
- Ley 21305 (sobre eficiencia energética)
- Ley 18410
- DS N°8 Ministerio de Energía
- DS N°399/85 Ministerio de Energía
- NCh Elec2/84
- Norma internacional ISO 50001:2018
- NCh-ISO 50001:2018
- APL II Educación Superior Sustentable

8.6 ANEXO F: Norma ISO 50001

La norma ISO 50001 “Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso”, publicada por primera vez en Junio de 2011 y posteriormente reestructurada en Diciembre de 2018, establece los requisitos que debe tener un SGEN en una organización para ayudarla a mejorar su desempeño energético, aumentar su eficiencia energética y reducir los impactos ambientales, así como a aumentar su competitividad dentro de los mercados en los que participan, todo esto sin sacrificio de la productividad y la confiabilidad). La implementación exitosa de un SGEN apoya la cultura de mejora del desempeño energético, que depende del compromiso de todos los niveles de organización, en especial, de la alta dirección.

El desarrollo y la implementación de un SGEN incluyen una política energética, objetivos, metas energéticas, y planes de acción relacionados con su eficiencia energética, uso y consumo de energía, cumpliendo simultáneamente con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. El SGEN permite a la organización establecer y alcanzar las metas y los objetivos energéticos, tomar acción según lo necesite para mejorar su desempeño energético y demostrar conformidad de su sistema.

Esta norma proporciona los requisitos para un proceso sistemático, orientado a la información y basado en hechos, focalizado en la mejora continua del desempeño energético.

El SGEN que describe esta norma tiene su base en el marco de mejora continua “planifica-hacer-verificar-actuar” (PVHA) e incorpora la gestión energética a las prácticas organizacionales existentes como lo muestra la Figura 8.2.

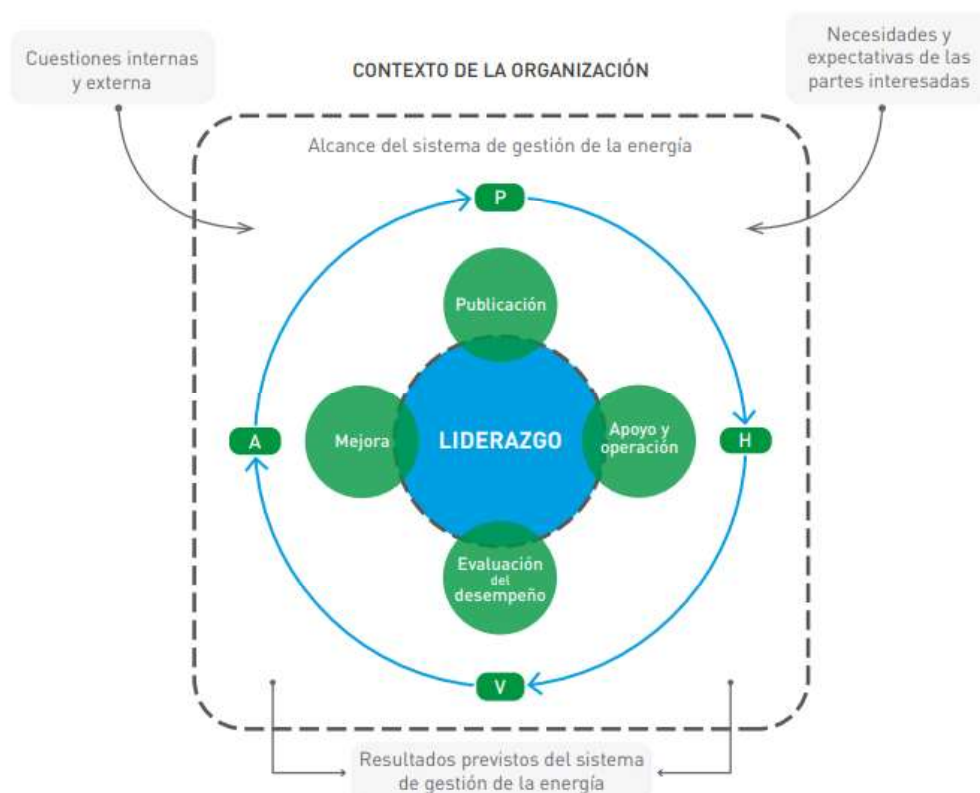


Figura 8.2 Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. Fuente: (Agencia de Sostenibilidad Energética (ASE), 2022)

En el contexto de gestión energética, el enfoque PHVA se puede resumir de la siguiente manera.

-Planificar: se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer los recursos, las acciones, los controles y objetivos necesarios que permitan entregar resultados sobre la mejora del desempeño energético.

-Hacer: implementar pasos de acción, controles operacionales y de mantenimiento, y la comunicación, asegurar la competencia y considerar el desempeño energético en el diseño y la adquisición.

-Verificar: consiste en monitorear los procesos y productos, en base a las políticas y objetivos del desempeño energético, evaluando por medio de auditorías, revisiones por la dirección, reportando así los resultados de lo planificado y ejecutado.

-Actuar: en base a la verificación y su información se toman nuevas acciones para mejorar continuamente el desempeño energético y volvemos otra vez al ciclo de planificar.

Los principales cambios entre las versiones 2011 y 2018 de la ISO 50001 se pueden agrupar en tres categorías principales:

- Estructura y Gestión:
 - Implementación de la Estructura de Alto Nivel (HLS) para facilitar integración con otros sistemas ISO.
 - Mayor énfasis en liderazgo y compromiso de alta dirección.
 - Eliminación del representante de dirección, trasladando responsabilidad al equipo de gestión energética.
 - Introducción del concepto de información documentada en lugar de documentos y registros.
- Nuevos Requisitos:
 - Análisis del contexto organizacional y partes interesadas.
 - Gestión de riesgos y oportunidades.
 - Fortalecimiento de requisitos de competencia del personal.
 - Comunicación externa más detallada.
 - Control de cambios y actividades subcontratadas.
- Mejoras en Gestión Energética:
 - Especificación explícita de tipos de energía en el alcance.
 - Clarificación del proceso de revisión energética.
 - Normalización de la Línea Base Energética (LBE).
 - Actualización del plan de recopilación de datos energéticos.
 - Consideración del ciclo de vida en diseño y adquisiciones.

8.7 ANEXO G: Guía de implementación norma ISO 50001

1. Contexto de la organización

La definición del contexto de la organización es una actividad estratégica que determinará el sentido de propósito que tiene la implementación del SGEn.

- **Comprensión de la organización y su contexto:**

Para establecer el contexto de la organización, es fundamental analizar en profundidad los factores internos y externos que puedan influir, de manera positiva o negativa, en los resultados esperados del desempeño energético y en la operación del SGEn. Este análisis implica responder preguntas como:

- ¿Cuál es el enfoque principal de las actividades desarrolladas por la organización?
- ¿Qué relevancia estratégica tiene la energía en su modelo de negocio?
- ¿Cómo impactan las iniciativas relacionadas con la sustentabilidad en las partes interesadas?
- ¿Qué riesgos asociados al uso y consumo de energía enfrenta la organización?

- **Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas:**

Es esencial identificar a las partes interesadas que influyen en el desempeño energético, para posteriormente evaluar sus necesidades y expectativas. Priorizar estas demandas será clave para determinar cuáles se abordarán como riesgos y oportunidades. Este proceso, de naturaleza estratégica, requiere de la Alta Dirección en la recopilación de la información.

Al analizar a las partes interesadas, es importante:

- Identificar a las partes interesadas relevantes para el desempeño energético y el SGEn.
- Determinar qué necesidades y expectativas pueden ser gestionadas a través del SGEn.
- Garantizar el acceso a los requisitos legales y otros relacionados con la eficiencia, uso y consumo de energía.

- **Determinación del alcance del SGEn**

Antes de iniciar la implementación, la organización debe definir el alcance y los límites de su SGEn. Este paso representa la primera definición tangible del SGEn y condicionará el desarrollo del proceso de implementación.

Los límites corresponden a la frontera física, geográfica u organizacional que la organización establece. Su propósito es delimitar el campo de acción del SGEn.

El alcance, por otro lado, abarca las actividades y procesos que la organización incluye dentro de su SGEN. Usualmente, se asocia con las principales actividades que realiza la organización. Es importante destacar que el SGEN debe considerar todos los tipos de energía utilizados dentro de los límites establecidos.

- **Sistema de gestión de la energía**

La organización debe establecer, implementar, mantener y perfeccionar continuamente un SGEN, incluyendo los procesos esenciales y sus interacciones, así como optimizar de forma continua el desempeño energético, en cumplimiento con los requisitos establecidos por la norma.

2. Liderazgo

- **Liderazgo y compromiso**

Para garantizar el éxito del SGEN, es crucial contar con el respaldo y compromiso de la alta dirección. Esta debe asegurar que se dispongan los recursos necesarios para la implementación y la mejora continua del desempeño energético. Durante la etapa de implementación, el compromiso se refleja en la formación de un equipo de gestión de la energía, la asignación de recursos y el establecimiento de una política energética alineada con los objetivos organizacionales.

El liderazgo de la alta dirección es esencial para lograr los objetivos establecidos y garantizar la sustentabilidad y mejora del SGEN. Este liderazgo se evidencia mediante acciones concretas como la asignación de recursos financieros, humanos, infraestructura y equipos, entre otros, que permiten mantener y optimizar el desempeño energético de forma efectiva.

- **Política energética**

La política energética es el medio principal por el cual la alta dirección formaliza su compromiso y respaldo a la gestión energética. Este documento juega un papel fundamental en la implementación de un SGEN, ya que constituye el eje principal tanto para su puesta en marcha como para su mejora continua y para optimizar el desempeño energético de la organización, considerando los límites y el alcance definidos previamente.

- **Roles, responsabilidades y autoridades en la organización**

La alta dirección debe garantizar que las responsabilidades y las autoridades de los roles clave se asignen y comuniquen dentro de la organización, para asegurar el adecuado funcionamiento del SGEN.

Para ello, designa al equipo de gestión de energía como responsable de liderar y supervisar las acciones relacionadas con el sistema.

Los integrantes de este equipo no necesitan dedicarse exclusivamente a actividades del SGEN, pero su participación debe enfocarse en áreas estratégicas y relevantes para el sistema de gestión. Una práctica recomendada es incorporar las funciones y responsabilidades relacionadas con el SGEN en documentos como descripciones de cargo o procedimientos internos. Esto fortalece la estructura del sistema, reduce el riesgo de conflictos de roles y contribuye a una implementación más efectiva.

3. Planificación

Cuando la organización declara su intención de comprometerse con la gestión energética, el siguiente paso fundamental es abordar la planificación energética. Este proceso consiste en recopilar y analizar información relacionada con el consumo energético, con el objetivo de identificar los Usos Significativos de la Energía (USEn) y las variables que los impactan.

A partir de los resultados obtenidos en la planificación, se establecen los controles operacionales necesarios y se definen las actividades de monitoreo, medición y análisis que permitirán a la organización gestionar eficazmente su desempeño energético y asegurar la mejora continua del SGEN.

En la Figura 8.3 se representa el modelo de planificación energética a seguir, abarcando desde el levantamiento de los antecedentes estratégicos y tácticos energéticos de la empresa hasta los resultados medibles de la planificación, ambos ejecutables por medio de la Revisión Energética que debe realizar el Equipo de Gestión de Energía.



Figura 8.3 Proceso de planificación energética según ISO 50001:2018. Fuente:(ASE, 2022)

- **Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades**

En la planificación del SGEEn, que debe alinearse con los lineamientos de la política energética y orientarse hacia acciones que mejoren el desempeño energético, la organización debe analizar y tener en cuenta los temas vinculados a la comprensión de su contexto y las necesidades y expectativas de las partes interesadas. Asimismo, debe considerar las actividades y procesos que puedan influir en el desempeño energético.

La identificación de riesgos y oportunidades ayuda a prever escenarios y posibles consecuencias, permitiendo gestionar efectos no deseados antes de que ocurran. Al mismo tiempo, facilita la detección de factores favorables que puedan aportar ventajas potenciales.

- **Objetivos, metas energéticas y planificación para lograrlos**

Los objetivos y metas energéticas se derivan del análisis y la priorización de las oportunidades de mejora del desempeño energético identificadas en la revisión energética. Estos objetivos representan aspiraciones a largo plazo alineadas con la política energética y se vinculan a metas específicas. Las metas, a su vez, convierten los objetivos en valores medibles que pueden ser monitoreados a lo largo del tiempo.

La organización debe establecer objetivos y metas energéticas orientados a mejorar su desempeño energético. Estos objetivos deben documentarse y detallar lo necesario para garantizar su cumplimiento dentro de los plazos establecidos.

- **Revisión energética**

La revisión energética consiste en identificar los usos y consumos de energía junto con sus niveles de eficiencia asociados, para así determinar los USEn. Este proceso es una de las fases clave tanto para la implementación como para el mantenimiento continuo de un SGEN.

Dicha revisión debe actualizarse en intervalos establecidos, generalmente cada año, o siempre que la organización experimente cambios significativos que impacten el uso y consumo de energía.

- **Indicadores de desempeño energético**

Los IDEn sirven para evaluar el desempeño energético de la organización. Comparar el comportamiento de un IDEn específico durante el período de línea base y tras la implementación del SGEN permite, por ejemplo, determinar si las acciones realizadas están generando las mejoras esperadas o señalar que dichas mejoras no se están logrando. Esto contribuye a minimizar el riesgo de no alcanzar el desempeño energético deseado.

Es fundamental que los IDEn reflejen con precisión el desempeño energético de la organización y sus USEn. Por ello, una selección excesivamente simplificada de estos indicadores podría derivar en análisis sin un valor significativo para el SGEN.

- **Línea base de energía**

La Línea Base de Energía (LBEn) es el punto de referencia utilizado para medir el desempeño energético de la organización y puede describirse, de manera simple, como el comportamiento de los IDEn durante un período adecuado. Al igual que los IDEn, determinar la LBEn puede implicar distintos niveles de complejidad.

El principal reto en el establecimiento de la LBEn radica en definir un período de observación que sea representativo de los usos y consumos típicos de la organización.

- **Planificación para la recopilación de datos de la energía**

La planificación de los datos a recopilar, su método de obtención y la frecuencia de recolección permite asegurar la disponibilidad de la información necesaria para mantener la revisión energética, así como los procesos de monitoreo, medición, análisis y evaluación.

La organización debe:

- Garantizar que las características clave de las operaciones que impactan el desempeño energético se identifiquen, midan, supervisen y analicen en intervalos establecidos.
- Establecer e implementar un plan de recolección de datos energéticos acorde a su tamaño, complejidad, recursos y equipos de medición y control.
- Asegurar que los equipos de medición utilizados proporcionen datos precisos y consistentes.
- Mantener documentación sobre las mediciones, controles y otros métodos que respalden la precisión y consistencia de los datos.

4. Apoyo

A medida que la organización progrese en la implementación de la norma, enfrentará diversos requisitos que exigirán el apoyo esencial de las distintas áreas de soporte. Para esta cláusula, la organización debe garantizar:

- Disponibilidad de recursos necesarios para implementar y mantener el SGEN.
- Personal con competencias y conciencia en gestión energética.
- Un método definido para las comunicaciones internas y externas, incluyendo actividades específicas de comunicación.
- El hábito de documentar toda información relevante sobre el desempeño energético y el SGEN, entre otros recursos clave.

5. Operación

- Planificación y control operacional

Una parte significativa del potencial de ahorro energético en una organización está vinculada con los aspectos operativos de los equipos, instalaciones, sistemas y procesos que integran los USEn, incluso si los equipos utilizados han sido diseñados con altos niveles de eficiencia energética.

Los controles operativos deben alinearse con los temas y aspectos incluidos en la política, objetivos, metas y planes de acción. También puede ser relevante planificar controles operativos para situaciones de contingencia o emergencia que puedan impactar el desempeño energético.

La organización debe ser capaz de gestionar los cambios planificados y evaluar las consecuencias de los cambios imprevistos, tomando medidas para mitigar posibles efectos adversos cuando sea necesario.

- Diseño

Los proyectos relacionados con la implementación, modificación o reforma de instalaciones, equipos, sistemas y procesos, así como otros cambios operativos, pueden representar oportunidades para optimizar el desempeño energético de una organización.

Asimismo, en la planificación de nuevos proyectos, instalaciones o ampliaciones que puedan modificar el perfil de consumo energético, es decir, que tengan un impacto relevante en el desempeño energético, la organización debe incorporar criterios de eficiencia energética en su diseño o planificación, considerando el ciclo de vida planificado o esperado.

- Adquisición

Al adquirir productos, equipos y servicios que consumen energía, es crucial analizar las características que influirán en su consumo energético, para garantizar que el desempeño energético de la organización no se vea afectado negativamente con el tiempo.

La organización debe definir e implementar criterios para evaluar el uso y consumo de energía, así como la eficiencia energética de estos bienes, considerando su vida útil esperada y su impacto significativo en el desempeño energético.

Algunos factores que se pueden evaluar al adquirir productos o servicios energéticos incluyen:

- Calidad y tipo de energía (como energía renovable).

- Confiabilidad y disponibilidad.
- Costos asociados.
- Impacto ambiental.
- Opciones de energía alternativa.
- Eficiencia energética.

6. Evaluación de desempeño

- Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGEN

El monitoreo, medición y análisis están estrechamente vinculados con la planificación y el control operacional, ya que verificar que una actividad se realiza adecuadamente requiere un seguimiento y medición apropiados. Basándose en la revisión energética y el control operacional, se establecerán los métodos de monitoreo y medición.

Es fundamental que la organización desarrolle los recursos y herramientas necesarias para supervisar, medir y analizar su desempeño energético en las operaciones y variables asociadas a los usos significativos de energía. El objetivo principal del monitoreo y la medición es facilitar el análisis del consumo energético y de los factores energéticos relacionados. Estas evaluaciones deben realizarse periódicamente para identificar, investigar y corregir posibles disminuciones en la eficiencia energética.

- Auditoría interna

La auditoría interna es una herramienta clave para evaluar, medir y verificar si el SGEN cumple con los objetivos para los que fue diseñado e implementado. Estas auditorías se llevan a cabo en intervalos regulares, definidos según las necesidades de cada organización. Para su realización, es esencial planificar con antelación los parámetros que serán evaluados, los empleados responsables de llevarlas a cabo y la forma en que los resultados serán comunicados a la alta dirección.

El propósito principal de las auditorías internas del SGEN es proporcionar información sobre el cumplimiento de los requisitos internos relevantes para el sistema, incluyendo la política energética, los objetivos y metas energéticas, y el programa de gestión energética. Además, buscan evaluar la eficacia del proceso de revisión interna para garantizar la adecuación de los programas y procesos del SGEN y fomentar la mejora continua del desempeño energético.

- **Revisión por la dirección**

Para garantizar que el SGEEn se ajuste a las necesidades de la organización y sea efectivo en su implementación, la alta dirección debe llevar a cabo revisiones periódicas. Estas revisiones se centran en aspectos estratégicos relacionados con la dirección general del SGEEn y tienen como objetivo verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos, asegurar su idoneidad, eficacia y alineación continua con la estrategia organizacional.

Además, buscan identificar medidas correctivas ante posibles desviaciones detectadas, así como establecer nuevos objetivos y metas conforme se avanza en la implementación y cumplimiento de las medidas de eficiencia energética. Estas revisiones también consideran los cambios en el entorno interno y externo, los riesgos asociados y las oportunidades relevantes para el SGEEn.

7. Mejora

- **No conformidad y acción correctiva**

Es fundamental entender que las no conformidades representan oportunidades de mejora y no deben limitarse a procesos de auditoría formales. La organización debe fomentar entre sus trabajadores la identificación de estas no conformidades, lo que permitirá acelerar los procesos de mejora continua.

En las auditorías, las no conformidades más comunes suelen incluir:

- Insuficiente capacitación y/o competencia en los equipos de trabajo.
- Deficiencias en los procesos de comunicación.
- Falta de criterios operacionales definidos.
- Carencias en el seguimiento, medición y análisis.
- Escaso compromiso por parte de la alta dirección.
- Problemas en el control de la información documentada.
- Insuficiencia en inversiones y/o recursos previamente identificados como necesarios.

El proceso de tratamiento de no conformidades se puede ver en la Figura 8.4.



Figura 8.4 Esquema de proceso de tratamiento de no conformidades. Fuente: (ASE, 2022)

- Mejora continua

La organización debe trabajar en una mejora continua de la idoneidad, adecuación y eficacia del SGE, asegurando con ello el progreso constante en el desempeño energético.

La cláusula de mejora continua actúa como el principal punto de conexión para integrar este sistema con las metodologías de excelencia operacional ya existentes en la organización. Es ideal que, desde la etapa de diseño de la implementación, se identifiquen los sistemas basados en mejora continua para lograr una integración efectiva. Esto incluye actividades como Kaizen, mejoras específicas y lecciones puntuales que también incorporen iniciativas relacionadas con la gestión energética.

La mejora continua puede evidenciarse, por ejemplo, a través de:

- Disminución del consumo energético normalizado dentro del alcance y los límites definidos del SGE.
- Avances hacia las metas energéticas y la optimización de los USEn.