



7th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Energy Audits: Ecological Sustainable Research Center

VELÁSQUEZ, L.E. ^{A*}, MUNGUÍA, N. E. ^A, HERRERA, J.^A ESQUER, J.^A ZEPEDA, D.^A

a. *Universidad de Sonora. Posgrado en Sustentabilidad*

Janim Herrera, janim_88@hotmail.com

Abstract

The purpose of this paper is to present the obstacles to carry out the conduction of an Energy Audit in the Ecological Center of the State of Sonora with the final purpose of increasing the energy efficiency in its facilities. It is called Energy Efficiency (EE) when a reduction is achieved in the amount of electric power and fuels that are used without affecting quality (ACEE, 2017); to achieve EE, it is necessary to promote actions where technological innovation projects are linked (Huitron, 2017) because this type of technology leads to the reduction of energy consumption in order to regulate energy intensity (EI) (Factor Energía, 2017). EI is a relevant development factor to achieve an improvement in energy efficiency (World Energy Council, 2010), and this improvement is achieved through the reduction of energy consuming activities, as well as being more efficient in the use of it energy (Mendiluce and Linares, 2010).

Keywords: *Energy Efficiency, Energy Audits, Energy Intensity*

1. Introducción

La presente ponencia tiene como propósito presentar un programa de eficiencia energética mediante el apoyo de una Auditoria Energética en el Centro Ecológico del Estado de Sonora con la finalidad de fomentar el uso racional de energía en sus instalaciones. Este estudio parte de la necesidad en el estado de Sonora por la creación de proyectos que ayuden a la mitigación de los efectos del cambio climático, es por ello que la institución de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora en convenio con la Universidad de Sonora se ha dado a la tarea de hacer estudios primordialmente en organismos públicos para posteriormente promover prácticas de sustentabilidad en otras instituciones. Primeramente, se debe conocer el término de Eficiencia Energética (EE), el cual se define como el logro en la reducción de la cantidad de energía eléctrica y de los combustibles que se utilizan en inmuebles sin afectar su funcionalidad (ACEE, 2017); para lograr una EE es necesario promover acciones donde se vinculen proyectos de innovación tecnológica (Huitron, 2017) debido a que en estos se pueden encontrar recursos útiles para la optimización del uso de energías (Factor Energía, 2017).

1.1 Edificios Energéticamente Eficientes

La tarea de preparar un edificio para usar de forma eficiente la energía eléctrica y al mismo tiempo ahorrar otros recursos no es una tarea sencilla (Singh y Gupta, 2015). Los edificios energéticamente eficientes requieren contar con algunos elementos como el uso de tecnologías, la realización de las operaciones de manera eficiente y también el proveer servicios apropiados de iluminación y ventilación con el fin de optimizar el uso de recursos (Meier et al, 2002). Por su incidencia en el consumo energético, en un edificio es importante considerar la orientación de tres elementos: ventanas, árboles y el edificio mismo, ya que dependiendo de un posicionamiento adecuado de estos, podría verse reflejado en la reducción del consumo energético derivado del uso de sistemas de climatización artificial (Union of Concerned Scientists, 2017).

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

La eficiencia de los edificios también puede estar influenciada por el diseño y la construcción de los mismos (Pantović y Petrovic, 2016); ya que una mala planeación suele derivar en bajos niveles de confort térmico interior, por lo que el usuario puede verse en la necesidad de realizar adiciones de sistemas de climatización, incrementando con esto, el consumo energético del edificio (Tanasiev y Badea, 2012). De tal manera que estas adaptaciones representan dificultades técnicas en su ejecución y en el mantenimiento de la construcción misma (Weng y Agarwal, 2012).

Por otro lado, es importante promover con los usuarios, construcciones en las que el acondicionamiento ambiental, los sistemas de iluminación natural y otras estrategias de sustentabilidad reflejen sus ventajas sobre las construcciones ordinarias (Muñoz N, 2010). Debido a esto, la participación gubernamental juega un papel importante en el desarrollo de la eficiencia energética en edificios, ya que han puesto en marcha regulaciones gubernamentales para cumplir con ciertas certificaciones, que se pueden evaluar o calificar por medio de auditorías energéticas. (García-Hooghuis et al, 2017).

1.2 Auditorías Energéticas

Las auditorías energéticas están orientadas a la reducción de consumo energético del usuario con el fin de establecer un conjunto de reformas o mejoras definidas que se dirijan al uso racional de energía, es por ello que se vuelve indispensable para todos los programas de administración de energía de las empresas que desean controlar su consumo energético (Blomqvist y Thollander, 2015). Asimismo, ésta consiste en la realización de un estudio técnico completo de un inmueble y sus instalaciones para poder obtener un diagnóstico de la energía consumida, contemplando la valoración de aspectos tanto técnicos como económicos que influyen en el consumo energético (Sala, I, 2017).

La realización de una auditoría energética marca el punto de partida para que el edificio analizado disponga de la información necesaria sobre su consumo energético así como de las buenas prácticas para el uso eficiente de la energía (Budia, E, 2009). Para llevar a cabo este tipo de auditorías es necesario establecer la calendarización de las fases del estudio durante las cuales se analicen los hábitos de consumo, equipos de climatización, eléctricos y de iluminación, entre otros que, como anteriormente se mencionó ayuden para lograr el objetivo (Creara, 2017). No obstante, durante este proceso se pueden presentar ciertas barreras que son importantes identificar y tratar de solucionar preferentemente en los primeros pasos de la auditoría energética para que exista un panorama más amplio de la situación del inmueble y se logren resultados más satisfactorios al final del proceso (Budia, E, 2009). Cabe destacar que para regular y tener un seguimiento más eficaz al término de una auditoría energética es necesario incluir formatos de control y personal especializado que ayude a monitorear dicha auditoría, así como también incluir ciertos estándares o controles de calidad (Tobias y Michael, 2011). Además de los seguimientos, la difusión de los resultados que se obtuvieron al final de ella pueden contribuir a un mejor nivel de calidad de la misma y motivar a los usuarios a mejorar sus hábitos de consumo de energía (Blomqvist y Thollander, 2015).

A continuación, se muestran las fases con sus actividades principales y en detalle que se llevan a cabo en una auditoría energética:

Paso	Actividades	Acciones
1	Recopilatorio de información sobre el edificio y planificación de la auditoría	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación gráfica y escrita sobre los sistemas constructivos así como de las instalaciones del edificio que incluyan memorias, planos, mediciones y presupuestos de los proyectos de obra y de instalaciones • Facturas de los consumos energéticos • Horarios de uso y ocupación • Datos climatológicos de la zona donde se ubica • Relación de máquinas y equipos que consumen energía • Año de construcción y relación de posibles intervenciones o reformas realizadas que afecten a la envolvente o a las instalaciones • Otros aspectos que el técnico considere de interés • Planificación de las fases de trabajo de nuestra auditoría. • Simulación para estimar el comportamiento energético del edificio y calcular un balance inicial teórico de cargas y demandas.
2	Visita al Edificio	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación del estado actual • Observación de hábitos de los usuarios • Toma de mediciones y registros en toda la instalación del edificio
3	Estudio y Análisis del Comportamiento Energético	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución de consumos eléctricos según periodos tarifarios • Obtención de las gráficas que muestren el consumo eléctrico y del resto de servicios energéticos, estimado de forma anual, diario y horario, así como inventarios de equipos
4	Propuestas de Mejora	Se deben proponer todas aquellas mejoras técnicas necesarias en el edificio, las instalaciones u otro factores que consideremos adecuadas para reducir el consumo de energía y combustible permitiendo que los elementos del edificio puedan funcionar adecuadamente con un rendimiento óptimo
5	Estudio de Viabilidad Económica	Se debe de realizar un análisis económico de las medidas de mejora incluidas en la auditoría para valorar el periodo de amortización a partir de la estimación del costo de la inversión, así como del ahorro de energía conseguido, precio de la energía y combustibles que se llevarán a cabo con dichas mejoras
6	Emisión del Informe	Se redactará un informe en el que se haga constar los objetivos perseguidos por la auditoría, el tipo de edificio y sus características técnicas, las mediciones realizadas y el resultado y las medidas correctivas propuestas para mejorar la eficiencia energética y mejorar las áreas de oportunidad detectadas, con el fin de optimizar la energía eléctrica

Tabla 1. Cómo realizar una auditoría energética y no perderse, del artículo en línea "Construcción 21" (Sala, Isabel, 2017)

Existen herramientas que se complementan con las auditorías energéticas, tal es el caso del estándar el ISO 50001 que son compatibles con otras normas para los sistemas de gestión de energía, que a su vez facilita a las organizaciones la reducción de los consumos de energía, los costos financieros y las emisiones de gases de efecto invernadero (LRQA, 2017).

1.3 ISO 50001

El estándar internacional ISO 50001 que se refiere al sistema de manejo de energía, permite a las organizaciones establecer métodos y los procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético (ISO, 2015). Asimismo, la implementación de este estándar ayuda a las empresas o instituciones a desarrollar una política de mejoramiento continuo en el uso eficiente de la energía, medición de resultados, reducción de costos y de gases efecto invernadero (GEI) demostrando así un compromiso con la sociedad y el desarrollo sustentable (Prism Engineering, 2018).

En particular ISO 50001 representa a 11 985 organizaciones registradas hasta el 2015, esta certificación creció rápidamente debido la importancia de la promoción de la gestión energética para una producción más limpia y a los buenos resultados económicos, así como también a la reducción de emisiones de CO₂ y la gestión del suministro bajo en carbono que es lo que ha motivado a más organizaciones a implementarla (AChEE, 2012). Sin embargo, un proyecto de implementación de certificación ISO 50001 no es fácil ya que puede presentar ciertas dificultades principalmente en el ámbito organizacional debido a que en la mayoría de las ocasiones se trata de cambiar la mentalidad, comunicación interna, así como la falta de compromiso de los usuarios de una compañía. Asimismo ISO 50001 requiere que la organización desarrolle políticas de eficiencia energética, fije objetivos,

gestione datos de energía y mida resultados, lo cual puede ocasionar conflictos operativos que deben ser superados para lograr mayores beneficios operacionales y ecológicos, así como un excelente trabajo de implementación de la certificación (Marimon y Casadesús, 2017).

El modelo de ISO 5001 tiene conceptos parecidos a otros estándares ISO, donde se pueden enlistar ciertos beneficios internos como son la reducción de costos tanto en energía y emisiones, y los externos como darle valor a la marca de la empresa y aumentar los ingresos (Scheihing, 2009). El modelo de la ISO 50001 se presenta en la figura 1.

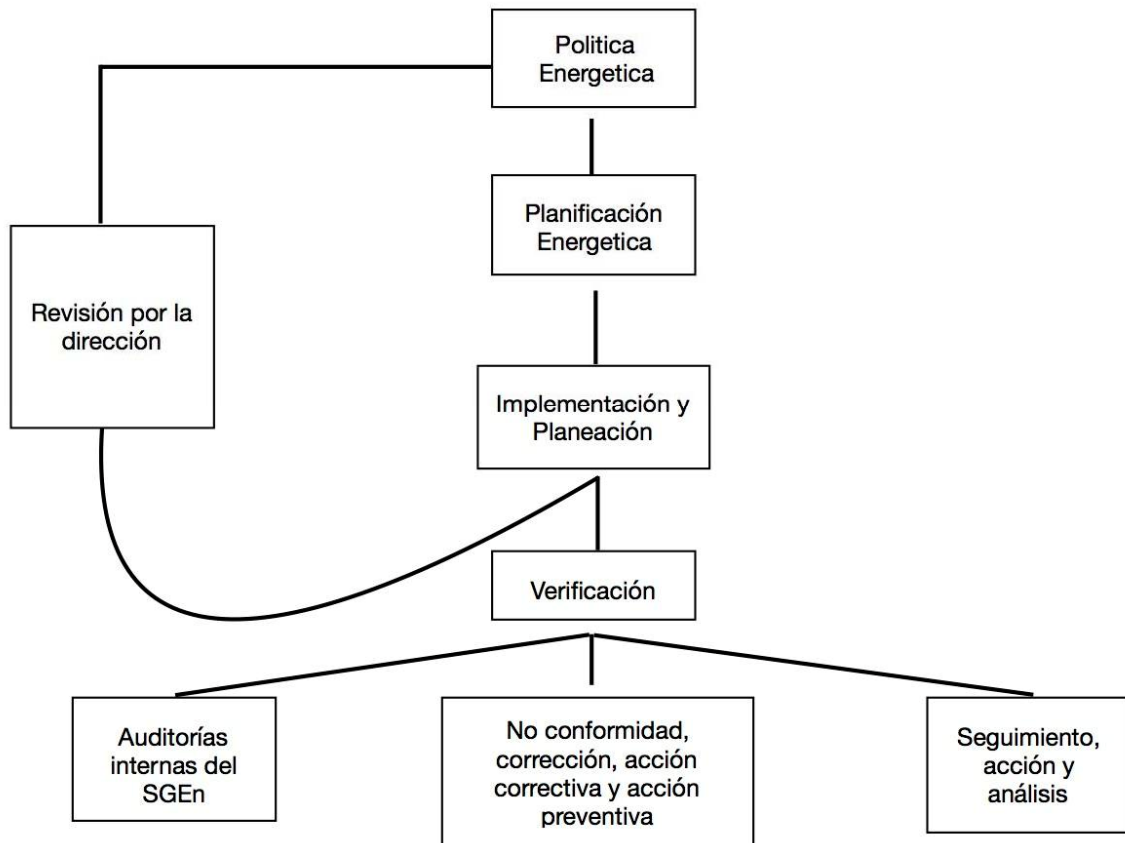


Fig. 1. Modelo de la ISO 5001. Fuente: elaboración propia con información de ISO 50001

2. Métodos

La presente ponencia tiene como propósito presentar un programa de eficiencia energética mediante el apoyo de una Auditoría Energética en el Centro Ecológico del Estado de Sonora. Se utilizó la metodología del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés), Producción más Limpia - Eficiencia Energética (PL-EE) (UNEP 2004). El mismo consta de cinco fases las cuales se describen en la figura 2.

A pesar de que el diagrama muestra una pre-evaluación y una evaluación se consideró propio hacer un solo diagnóstico inicial. Esto con la finalidad de identificar oportunidades de reducción de ineficiencias energéticas. El diagnóstico se hizo a través de cuatro vertientes de auditoría:

1. Determinación de entradas y salidas de calor.
2. Realización del inventario de equipamiento físico que consume energía eléctrica.
3. Auditoría “in situ” sobre el comportamiento de los usuarios de la energía eléctrica.
4. Sondeo del conocimiento actual sobre eficiencia energética

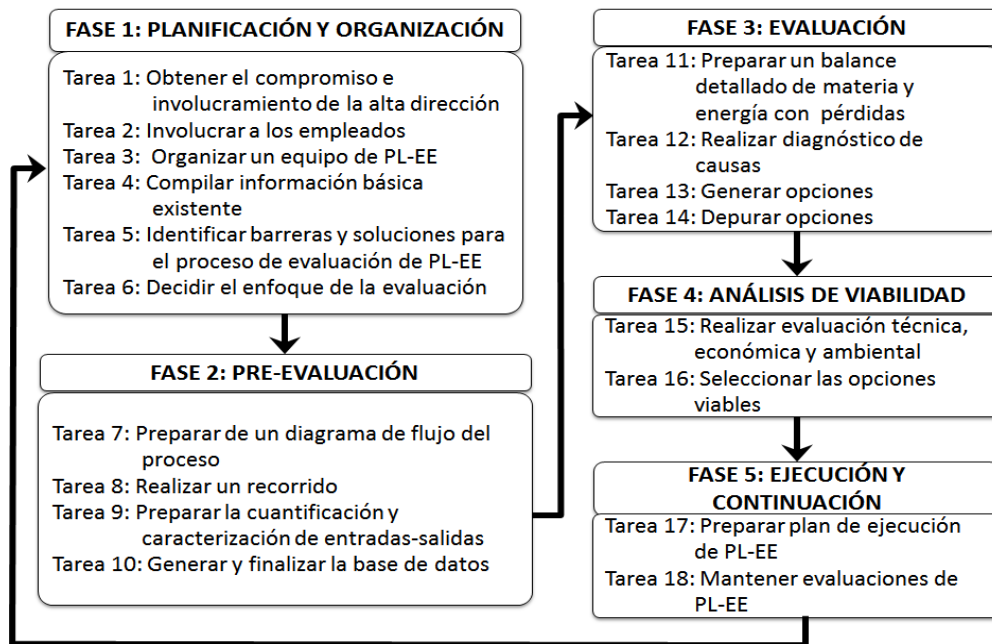


Fig. 2 Programa de Eficiencia Energética basado en Producción más Limpia (PL-EE)

El programa se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Ecológico de Sonora. Dicho lugar cuenta con 19 edificios en su recorrido, así como edificios administrativos y áreas de descanso las cuales incluyen cafeterías. Por razones de recursos, se decidió que el alcance del programa en su primera etapa será el edificio principal debido a que es el que concentra la administración del centro ecológico y por ende la mayoría de los usuarios que consumen la energía eléctrica del sitio.

3. Resultados

1. Determinación de entradas y salidas de calor

Con el fin de determinar las entradas y salidas de calor se realizó una caracterización del edificio donde se realizó el estudio. El área comprendida del edificio principal es de aproximadamente 1 342 m². La estructura del edificio se conforma en el exterior por muros de ladrillo de concreto entintado hueco de 10 x 40 x 19 cm de profundidad pegado con mortero de cemento arena y boquilla de 1 cm de espesor; sin embargo, existen diferentes materiales en las distintas áreas del edificio principal lo cual se consideró en las siguientes fases con el fin de realizar cálculos más acertados.

a. Fugas de calor

Durante la auditoría a la infraestructura fueron identificadas 7 fugas de calor, 2 de ellas fueron catalogadas como severas debido a las dimensiones de las mismas. La tabla 1 muestra el resumen de los tipos de ineficiencias encontradas.

Área Inspeccionada	Tipo de ineficiencia		
	Severa	Moderada	Leve
ADMINISTRACIÓN	2	1	1
AUDIOVISUAL	0	1	2
TOTAL	2	2	3

Tabla 1. Ineficiencias detectadas en infraestructura

b. Consumo estimado por área

Con la finalidad de estimar el consumo total en equipo eléctrico, electrónico, refrigeración e iluminarias se levantó un inventario en todas las áreas que pertenecen al edificio principal. Dentro de la información recolectada se tomaron los datos de descripción, número de equipo, serie o modelo, cantidad, consumo en Watts por equipo y conversión en kilowatt (kW). Dado a que no se cuenta con los manuales de los equipos, la información técnica se tomó de la placa de información o etiqueta en el aparato. Cuando no se encontraba o no era legible, se llevó a cabo una búsqueda en internet o se asistió a un taller especializado para que un especialista diera un dictamen sobre el posible consumo del equipo.

La tabla 2 presenta un resumen de los consumos estimados por área; el inventario final se presenta en el anexo 2.

Área	kW
Administración	17.36
Sala Audiovisual	54.54
Terraza y circulación + Fuente	2.29
Sanitarios	0.32
Cafetería	4.35
Total	78.86

Tabla 2. Consumo estimado por área

c. Identificación de comportamientos “in-situ” de ineficiencia energética

Durante dos semanas se llevó a cabo una auditoría piloto de comportamientos de los usuarios hacia el consumo de energía eléctrica. Predominantemente se pudo observar el uso de luminarias encendidas

cuando no son requeridas. Ocasionalmente, se observó desperdicio de energía eléctrica a causa de puertas abiertas estando el aire acondicionado prendido. La tabla 3 muestra el total de eventos de desperdicio detectados.

Área Inspeccionada	Tipo de ineficiencia		
	Severa	Moderada	Leve
ADMINISTRACIÓN	1	10	0
TERRAZA Y CIRCULACIÓN	0	5	0
SANITARIOS	0	2	0
TOTAL	1	17	0

Tabla 3. Ineficiencias detectadas por comportamientos de usuarios

d. Análisis y cálculos

Se determinó el consumo de energía desperdiciado por fugas de calor, el cual solo ocurre cuando los aires acondicionados están encendidos; por lo que la ecuación que representa este desperdicio es la siguiente:

Kilowatt (kW) desperdiciados por fugas de calor = Consumo en kW por aire acondicionado en área * frecuencia de fugas detectadas* factor estimado de desperdicio (FED).

En el periodo de dos semanas de inspección se detectaron 9 ineficiencias de las que se consideran 3 severas, 2 moderadas y 4 leves. Una de las moderadas solo afecta dos minisplits de la administración por lo que su cálculo aparece en la tabla como administración B solo con la finalidad de diferenciar el cálculo realizado. En su totalidad se estima que se consumieron ineficientemente 530.58 kW por fugas de calor.

Área	Kilowatt AC	Severa		Moderada		Leve		Total kW desperdiciados	Horas de Consumo	kW por periodo auditado
		F(x)	FED: 0.30	F(x)	FED: 0.15	F(x)	FED: 0.05			
ADMINISTRACIÓN	6.92	2	4.152	0	0	1	0.346	4.50	90	405
ADMINISTRACIÓN B	2.28	0	0	1	0.342	0	0	0.342	90	30.78
AUDIOVISUAL	47.4	0	0	1	7.11	2	4.14	11.85	8	94.8
Total		3	4.152	2	14.41	4	21.44	16.69		530.58

Tabla 4. Kilowatt desperdiciados por fugas de calor de infraestructura

Seguidamente, se procedió a calcular el desperdicio de energía ocasionado por conductas inadecuadas de los usuarios. La cuantificación de kilowatt desperdiciados es obtenida tomando en cuenta los

lineamientos del programa de eficiencia energética. En su totalidad se estimó que las conductas inadecuadas en el edificio principal son responsables por el desperdicio de 21.284 kilowatt como se muestra en la tabla 5.

Área	KiloWatt Estimados	Severa		Moderada		Leve		Total kW desperdiciados
		F(x)	FED: 12 hrs.	F(x)	FED: 1 hr.	F(x)	FED: 1hr.	
ADMINISTRACIÓN	4.538	1	14.4	10	6.148	0	0	20.548
SANITARIOS	0.128	0	0	2	0.256	0	0	0.64
TERRAZA Y CIRCULACIÓN	0.096	0	0	5	0.48	0	0	0.48
Total		1	14.4	17	6.884	0	0	21.284

Tabla 5. Kilowatt desperdiciados por fugas por comportamientos de usuarios

Por lo tanto la totalidad de kilowatt desperdiciados estimados, tanto por fugas de calor como por conductas inadecuadas, en el edificio principal es de 551.86. Cabe hacer notar que la estimación no considera los desperdicios de energía eléctrica por equipo en mal estado e instalaciones eléctricas inadecuadas dado a que el programa eficiencia energética indica que debe de ser detectados, mas no es necesaria su contabilización.

Tomando como base el factor de emisión para el cálculo de emisiones directas por consumo de electricidad de 458 g de CO₂/kWh, emitido por la SEMARNAT el 25 de junio del 2016. Se tiene que los 551.86 kilowatts desperdiciados emiten alrededor de 252.75 kg CO₂ eq.

La tarifa por consumo energético en el Centro Ecológico de Sonora de la empresa Comisión Federal de Electricidad es gran demanda en baja tensión horaria (GDMTH); la cual es aproximadamente de 0.9509 pesos cada kilowatt consumido. Por lo que el costo total de los 551.86 kilowatt desperdiciados es de 524.76 pesos.

Con la finalidad de obtener el porcentaje de consumo desperdiciado durante el periodo de auditoria de prueba, se multiplicaron los kW de consumo estimado (ver tabla 2) por las horas de consumo y multiplicando el total por el costo del kW/h. Se obtuvo que se debieron haber consumido 2703.42 kW en el período de dos semanas laborales lo cual tendría un costo aproximado de 2570.42 pesos. Por lo tanto, y después de hacer los cálculos pertinentes, el porcentaje de kW desperdiciado con respecto al consumo estimado total seria de 20.41%.

Área	Consumo estimado en kW	Horas de consumo en dos semanas	kW de consumo estimado en dos semanas	Costo estimado de kW consumidos en periodo
Administración	17.36	90	1562.4	1485.69
Sala Audiovisual	54.54	8	436.32	414.89
Terraza y circulación + Fuente	2.29	90	206.1	195.98
Sanitarios	0.32	90	28.8	27.39
Cafetería	4.35	108	469.8	446.73
Total	78.86	386.00	2703.42	2570.68

Tabla 6. Costo por kW consumidos estimados en el período

El diagrama de Ishikawa mostrado en la figura 3 presenta un resumen de las causas que originan las existen ineficiencias energéticas en el Centro Ecológico de Sonora, este diagrama ha sido la base para afinar el programa de eficiencia energética.

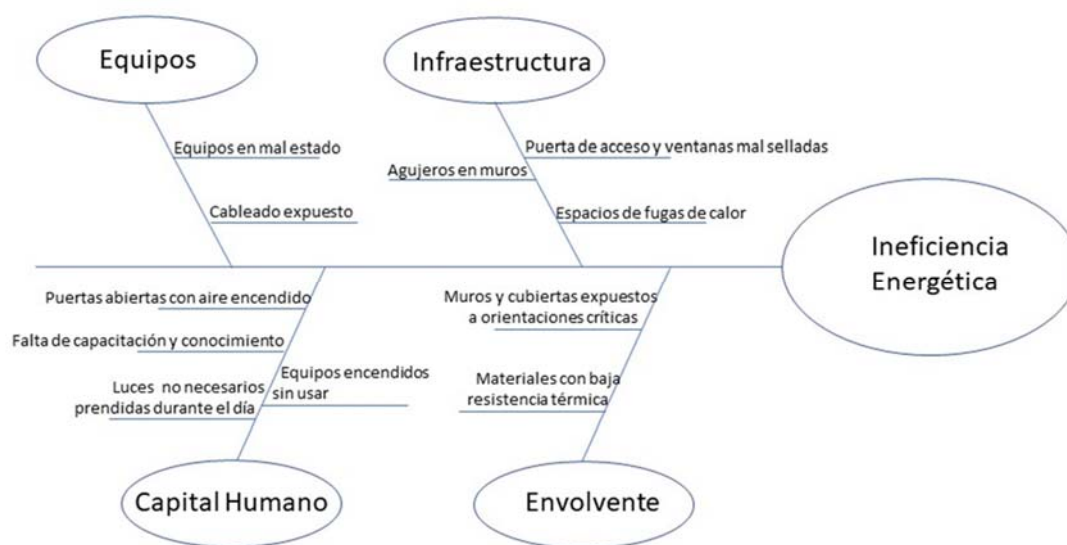


Fig. 3 Diagrama de Causa- Raíz / Ishikawa

4. Conclusión

Aparentemente, se tiene una eficiencia energética del 79.58% en el edificio principal de CEDES; sin embargo, se debe de tomar en cuenta que los datos a pesar de ser cuantitativos, no son exactos, dado a que se aplicaron premisas que quizás pudieran no exactas; por ejemplo, en la estimación de consumos asignados a fugas de calor o a equipo que por su condición física actual no llegue a la eficiencia determinada en las placas técnicas de los equipos.

Los materiales envolventes del edificio tienen bajas propiedades de aislamiento térmico, lo que incide directamente en el confort térmico interior y en el consume energético derivado del uso de sistemas de climatización. Se recomienda aumentar las sombras producidas por vegetación en las orientaciones más afectadas: poniente, oriente y sur.

Entre los empleados administrativos hace falta conocimiento sobre esfuerzos de eficiencia energética que hayan sido llevados a cabo.

Referencias

- ACEE, 2017. Qué es Eficiencia Energética. Disponible en: <http://www.acee.cl/eficiencia-energetica/que-es-ee/> Último acceso Mayo 2017.
- ACHEE, 2012. Agencia Chilena de Eficiencia Energética. GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN ISO 50001.
- Blomqvist, E., Thollander, P, 2015. Energy Efficiency. Volume 8, Issue 6.
- Budia, Ernesto, 2009. Modelo de auditoría energética en el sector industrial. https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/8175/PFC_Ernesto_Budia_Sanchez.pdf;jsessionid=901C2F3F4F7D02DF671A4C0272772A4F?sequence=1 último acceso Septiembre 2017.
- Creara, 2017. Energy Experts Auditoría Energética: Auditoría energética en edificios, industrias y alumbrado <http://www.creaa.es/servicios/auditoria-energetica> último acceso Enero 2018.
- ECONOLER, 2016. Mauritius Audit Energy Tool, Republic of Mauritius. http://eemo.govmu.org/English/Documents/Manual_Audit_Tool.pdf último acceso Febrero 2018.
- FACTOR ENERGIA, 2017. ¿Qué es la eficiencia energética? <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/que-es-la-eficiencia-energetica/> último acceso Mayo 2017.
- García-Hooghuis, A, García-Masiá, A y Marmolejo, C, 2017. ¿Cuánto nos importa la clase energética de nuestras viviendas? Un análisis del nivel de comprensión de los EPC, disposición y motivos de pago en Barcelona. *Hábitat Sustentable*, ISSN-e 0719-0700, Vol. 7, Nº. 1, 2017, págs. 55-65.
- Huitron, E, 2017. Eficiencia Energética. http://fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=219 último acceso Mayo 2017.
- ISO 50001:2011: Energy management systems- requirements with guidance for use.
- ISO, 2015 - ISO 50001: Energy management systems – A practical guide for SMEs
- LRQA, 2017. ISO 50001 Sistema de Gestión de la Energía. <http://www.lrqamexico.com/certificaciones/ISO-50001-Gestion-Energia/> último acceso Julio 2017.
- Marimon y Casadesús, 2017. Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System.
- Meier, A, Olofsson, T y Lamberts, R, 2002. What Is an Energy-Efficient Building, Foro ENTAC 2002 del 7 al 10 de mayo del 2002.
- Mendiluce, M y Linares, P, 2010. Análisis de la evolución de la intensidad energética en España
- Muñoz, N, 2010. Tesis: “La iluminación natural en los espacios arquitectónicos educativos interiores”, Universidad de San Luis Potosí.
- Pantović, V y Petrovic, S, 2016. Rising Public Awareness of Energy Efficiency of Buildings Enhanced by “Smart” Controls of the In-Door Environment - THERMAL SCIENCE, YEAR 2016, Vol. 20, No.4, pp. 1307-1319.
- Prism Engineering, 2018. Case study for New Gold New Afton Mine ISO 50001

- Sala, Isabel, 2017. Construcción 21. Cómo realizar una auditoria energética y no perderse. <https://www.construction21.org/espana/articulos/es/como-realizar-una-auditoria-energetica-y-no-perderse.html> último acceso Agosto 2017.
- Scheihing P., U.S. Department of Energy; J. Almaguer, Dow Chemical; S. Schultz, 3M Compaby; A. McKane, Lawrence Berkely National Laboratory; W. Meffert, Georgia Institute of Technology, "Superior Energy Performance: A Roadmap for Achieving Continual Energy Performance Improvement". 2009 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry.
- Swati Singh y Gupta, M, 2015. ENERGY EFFICIENT BUILDINGS. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, May 2015.
- Tanasiev V. y Badea, A, 2012. Energy Efficiency through Intelligent Management of Building Equipment. U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 74, No.1, 2012.
- Tobias Fleiter y Michael Mai, 2011. Efficiency of an Energy Audit Programme for SMEs in Germany – Results of an Evaluation Study. ECEEE Summer Study. Belambra Presqu'île de Giens 2011
- Union of Concerned Scientists, 2017. Journal: Union of Concerned Scientists- "Putting Renewable Energy to Work in Buildings. http://www.ucsusa.org/clean_energy/smart-energy-solutions/improve-efficiency/putting-renewable-energy-to.html#.WZE0U1EjGM9 último acceso_Mayo 2018.
- Weng y Agarwal, 2012. From Buildings to Smart Buildings – Sensing and Actuation to Improve Energy Efficiency, IEEE Design and Test of Computers. IEEE DESIGN AND TEST, SPECIAL ISSUE ON GREEN BUILDING.
- World Energy Council, 2010. Eficiencia Energética: Una Receta para el Éxito Consejo Mundial de la Energía Por una energía sustentable. <https://www.worldenergy.org/about-wec/> último acceso Junio 2017.