



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES
LICENCIATURA DE INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

ANÁLISIS DEL CONSUMO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEL
INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

PRESENTA:

GESU SEBASTIÁN LÓPEZ SÁNCHEZ

DIRECTOR DE TESIS:
M.E.S ROBERTO ACOSTA OLEA



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

TEMIXCO, MORELOS

MARZO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Análisis del consumo de la energía eléctrica del Instituto de
Energías Renovables**

por

Gesu Sebastián López Sánchez

Tesis presentada para obtener el grado de

Ingeniero en Energías Renovables

en el

INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Temixco, Morelos. Marzo, 2018



OF/IER/LIER/045/2019

ASUNTO: Notificación de jurado y fecha para examen profesional.

LIC. IVONNE RAMÍREZ WENCE
DIRECTORA GENERAL DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
Presente.

Por medio de la presente le informo que el día viernes 22 de marzo de 2019, a las 15:00 hrs., en el Instituto de Energías Renovables, el **C. GESU SEBASTIAN LÓPEZ SÁNCHEZ**, con número de cuenta 415077073 de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, llevará a cabo la presentación del trabajo de tesis y examen profesional titulado:

“Análisis del consumo de la energía eléctrica del Instituto de Energías Renovables”

Debido a que el alumno ha cumplido con los requisitos que establece el Reglamento General de Exámenes, el Comité Académico de la Licenciatura de Ingeniería en Energías Renovables, le asigna el Jurado de Examen Profesional integrado por los siguientes académicos.

PRESIDENTE:	DRA. KARLA GRACIELA CEDANO VILLANUEVA
VOCAL:	DR. JAVIER DE LA CRUZ SOTO
SECRETARIO:	M.E.S. ROBERTO ACOSTA OLEA
SUPLENTE:	ARQ. FRANCISCO JAVIER ROJAS MENÉNDEZ
SUPLENTE:	M.E.S. JOSÉ ORTEGA CRUZ

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

Atentamente,
“Por mi raza hablará el espíritu”
Temixco, Mor., a 15 de marzo de 2019

Dr. Jorge Alejandro Wong Loya
Coordinador Académico de la LIER
IER-UNAM

MRP'mfp.



Priv. Xochicalco s/n,
Col. Centro,
82580 Temixco, Morelos, México
T. 01 (777) 362 00 90
(52) 55 56 22 97 00

ier.unam.mx

A Dios que me ha ayudado en la obtención del conocimiento y habilidades para desarrollarme académicamente hasta este punto.

A mis padres que desde que llegue al seno familiar se han preocupado por dar las mejores atenciones en todo ámbito de mi vida, se han esforzado, a veces hasta más de lo que sus energías dan, para que pueda recibir educación de calidad, tanto escolar como el desarrollo de buenos valores. Que también han sido un ejemplo de firmeza en sus convicciones, de trabajo duro y de amor por la vida.

Para mi esposa que me ha acompañado en este trayecto estudiantil y me animaba a seguir adelante aún en los momentos más difíciles de la ingeniería. También me ha demostrado la forma correcta de trabajar y de dar siempre lo mejor de mi sea cual sea la tarea que deba realizar.

Agradecimientos

Gracias a Dios que me permitió conocer esta disciplina y ha puesto en mi camino a compañeros y maestros dedicados y apasionados para las la mejoría del mundo por medio de las energías renovables.

Gracias a mis compañeros de generación, con los cuales me he apoyado para la culminación de está etapa; para Hector Samuel, Ademir, Eros, Sebastián, Eira, Juanico, Darinka, Juan Carlos, Julio, Guillermo, Miguel, Luis Roberto, Diana, Eira, Clarisa, Sergio, Carlos, Ivette, Carolina, Ana Lilia, Itzel, Fernando, Sady; que sin ellos, este objetivo habría sido difícil tanto académica como emocionalmente.

Gracias a el grupo de fotovoltaico, al M.E.S Jose Ortega Cruz y en específico al Ing. Rodiberto Peña, que me han facilitado el acceso a los dispositivos de medición y en la comprensión del funcionamiento de los mismos, utilizados en esté proyecto.

Gracias a los integrantes de mi jurado de sinodales, Dra. Karla Cedano Villavicencio, Arq. Fracinsco Javier Rojas Menéndez, M.E.S Jose Ortega Cruz, Dr. Javier de la Cruz Soto; los cuales me han ayudado a refinar este trabajo con cada una de sus observaciones en el trayecto.

Especialmente agradezco a mi titular el M.E.S Roberto Acosta Olea, el cual se ha preocupado en diferentes etapas de mi titulación y me ha ayudado a desarrollar el análisis descrito en éste proyecto

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivos Específicos	2
1.2. Justificación	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Antecedentes	3
1.4.1. Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México	4
1.4.2. Desarrollo del inventario de cargas existente	5
1.4.3. Análisis del consumo energético en el IER	6
2. Marco Teórico	7
2.1. La energía y el ser humano	7
2.2. Energía Eléctrica	9
2.3. Consumo mundial de energía	11
2.4. Consumo nacional de energía	12
2.4.1. Consumo eléctrico nacional	14
2.4.2. Indicadores Nacionales	16
2.5. Calentamiento global	18
2.6. Ahorro energético	20
2.6.1. Ahorro energético en el mundo	21

2.6.2.	Ahorro energético en México	21
2.6.3.	Eficiencia Energética	23
2.6.4.	Eficiencia energética en México	23
2.7.	Diagnósticos energéticos	25
2.7.1.	Tipos de diagnóstico energético	26
2.7.2.	Metodología de un diagnóstico energético	29
2.8.	Tarifas de la Comisión Federal de Electricidad	30
3.	Metodología	32
3.1.	Revisión del inventario de cargas.	32
3.2.	Estimación de consumo con inventario de cargas.	34
3.3.	Mediciones con analizador de redes.	34
3.4.	Comparación de los datos obtenidos	35
3.5.	Indicadores energéticos	35
3.6.	Análisis de la factura eléctrica de la CFE.	36
4.	Desarrollo y Resultados	37
4.1.	Actualización del inventario de cargas	37
4.1.1.	Luminarias	39
4.1.2.	Misceláneo	39
4.1.3.	Cómputo Misceláneos	41
4.1.4.	Cómputo	42
4.1.5.	Aire Acondicionado	43
4.1.6.	Motores	44
4.1.7.	Refrigeración	45
4.1.8.	Laboratorios	46
4.1.9.	Consumo por categoría	47
4.2.	Análisis de consumo con mediciones reales	48
4.2.1.	Consumo con y sin sistemas fotovoltaicos	49

4.2.2.	Análisis de inventario contra análisis de mediciones reales	52
4.3.	Facturación	55
4.3.1.	Consumo y costo de energía en el IER	56
4.3.2.	Demanda energética del Instituto	58
4.3.3.	Factor de potencia	59
4.4.	Indicadores energéticos del IER	60
4.4.1.	Energía consumida por persona	61
4.4.2.	Energía consumida por edificio	62
5.	Conclusiones	64
5.1.	Inventario de cargas y mediciones	64
5.2.	Facturación	65
5.3.	Consumo energético en el Instituto de Energías Renovables	65
5.4.	Propuestas de ahorro	66
5.5.	Recomendaciones	68
5.5.1.	Factor de potencia	68
5.5.2.	Registros de dispositivos eléctricos	69
Apéndice A.	Divisiones del IER	72
Apéndice B.	Precios para las diferentes tarifas en la región centro sur	83
Apéndice C.	Consumo Total	85

Índice de tablas

2-1. Relación de producción de energía nacional 2015-2016. Fuente: Sistema de información energética, SENER 2016.	12
2-2. Balance de exportaciones e importaciones energéticas nacionales. Fuente: Sistema de información, SENER 2016.	14
2-3. Tipos de diagnósticos energéticos.	28
4-1. Relación del consumo con y sin paneles solares conectados a la red del IER. . . .	50
4-2. Horarios de los diferentes costos por kWh en tarifa GDMTH, aplican desde el primer domingo de abril al sábado anterior del último domingo de octubre. . . .	55
4-3. Horarios de los diferentes costos por kWh en tarifa GDMTH, aplican desde el último domingo de octubre al sábado anterior del primer domingo de abril. . . .	56
5-1. Tabla del consumo energético aplicando tecnología <i>inverter</i> y sensores de movimiento.	68

Índice de figuras

2-1. Gráfica que muestra el Consumo mundial de energía por energético, 1 PJ= 23,884.6 tep. Fuente: World Energy Balance, IEA, edición 2017.	11
2-2. Gráfica de la Estructura de producción de energía primaria 2015-2016. Incluye grandes hidroeléctricas. Fuente: Sistema de información energética, SENER 2016.	13
2-3. Esquema del consumo nacional por energético. Fuente: Sistema de información, SENER 2016.	15
2-4. Esquema del consumo por sectores y por energético. Fuente: Sistema de información, SENER 2016.	16
2-5. Gráfica del consumo contra la producción energética en México. Fuente: Sistema de información, SENER 2016.	17
2-6. Gráfico del historial del consumo per capita en México [GJ]. Fuente: Sistema de información, SENER 2016.	18
2-7. Esquema de los programas FIDE.	23
2-8. Resultados de FIDE 2017. Fuente PAESE Junio, 2017.	24
2-9. Cambio en el nombre de las tarifas.	31
4-1. Gráfica del consumo diario existente de luminarias, según el inventario de cargas.	39
4-2. El consumo diario existente de misceláneo, según el inventario de cargas.	40
4-3. El consumo diario existente de cómputo misceláneo, según el inventario de cargas.	42
4-4. Gráfica del consumo diario existente de Cómputo, según el inventario de cargas.	43

4-5. El consumo diario existente de Aire Acondicionado, según el inventario de cargas.	44
4-6. Gráfica del consumo diario existente de Motores, según el inventario de cargas.	45
4-7. El consumo diario existente de Refrigeración, según el inventario de cargas.	46
4-8. El consumo diario existente de Laboratorios, según el inventario de cargas.	47
4-9. Esquema del consumo energético promedio diario por categoría.	48
4-10. Gráfica del consumo energético real con y sin paneles fotovoltaicos.	50
4-11. Gráfica de la generación fotovoltaica diaria en el mes de septiembre de 2018.	51
4-12. Gráfica de la generación fotovoltaica semanal en el mes de septiembre de 2018.	52
4-13. Consumo energético del site principal.	54
4-14. Gráfica que describe el consumo eléctrico del Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.	56
4-15. Gráfica del comportamiento del costo de la energía eléctrica consumida por el Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.	57
4-16. Gráfica que muestra la variación en el costo por kWh de enero 2015 a septiembre 2018.	58
4-17. Demanda de potencia por el Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.	59
4-18. Gráfica que muestra el comportamiento del factor de potencia registrado en las facturas del Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.	60
4-19. Representación del consumo eléctrico por edificio con diferentes categorías (0 - 200, 201 - 400, 401 - 600, 601 - 800 [Wh/día]).	63
5-1. Gráfica del consumo por categoría de carga eléctrica después de aplicar la propuesta de ahorro energético.	67
B-1. Tarifas de la división Oriental. Fuente: Comisión reguladora de energía	84
C-1. Tabla del consumo total por edificio y tipo de carga	86

Análisis del consumo de la energía eléctrica del Instituto de Energías Renovables

por

Gesu Sebastián López Sánchez

Resumen

A nivel global y en aspecto ecológico el consumo de energía eléctrica es de los mayores causantes de contaminación por el uso de combustibles fósiles para su generación, y también en la parte de su transmisión. A nivel local y en el aspecto económico, el uso indebido de energía eléctrica en las residencias, comercios e industrias puede ser el gasto más elevado que se tenga. En el Instituto de Energías Renovables (IER) en el año 2018 se pagó por energía eléctrica promedio de \$97,195.28 mensuales.

En este proyecto se realizó un análisis del consumo eléctrico del IER, al mismo tiempo que se verificó y actualizó una base de datos existente de las cargas eléctricas que tiene el IER, la cual está dividida en 8 categorías de cargas eléctricas y se encuentra sectorizada por diferentes edificios. Con la información registrada en la base de datos se realizan diferentes comparaciones que ayudan a comprender como se consume la energía eléctrica en el IER y algunas formas en las que se puede reducir este consumo.

Del compendio de la base datos se obtuvo que el mayor consumidor eléctrico en el instituto son las cargas derivadas a los aires acondicionados con más del 40 % del consumo total; seguido por cargas eléctricas pertenecientes equipo de cómputo y redes de información. Con esta información se sugieren diferentes cambios en cuanto a los equipos, para una reducción en el consumo.

Ajeno a la base de datos verificada se realizaron diferentes mediciones en centros de distribución eléctrica para comparar la información del consumo eléctrico obtenida por el registro de las cargas con las mediciones en tiempo real que se obtuvieron al medir. Estas comparaciones pretenden informar los beneficios y los contras de un análisis energético exclusivamente por un inventario de cargas. Al mismo tiempo, con las mediciones se obtuvo información de la energía eléctrica que se ahorra al tener sistemas fotovoltaicos en el instituto.

Capítulo 1

Introducción

Según New York Times [Gillis, 2018], en comparación con 1880, la década en la que comenzó a registrarse la temperatura a escala mundial, la Tierra se había calentado alrededor de 0.9 grados celsius para inicios de 2017. La cantidad puede parecer baja, pero si se considera como un promedio sobre la superficie de todo un planeta, en realidad es alta, lo cual explicaría por qué una buena parte del hielo terrestre se ha comenzado a derretir y por qué los niveles del mar están subiendo a un ritmo acelerado. Según los científicos, si las emisiones de gases de efecto invernadero siguen al paso actual, el calentamiento global podría superar los 2 grados celsius, lo cual debilitaría la capacidad del planeta para albergar a una gran población humana. La principal razón de un cambio climático influido por el desarrollo, es la forma en la que se ha usado la energía en los últimos 200 años, es decir, poco eficiente. En la actualidad se necesita consumir energía de forma consciente.

La energía eléctrica, según la Agencia Internacional de Energía (International Energy Agency *IEA por su siglas en ingles*)[IEA, 2017], es el segundo energético más consumido a nivel mundial, el petróleo es el primer lugar; en el año 2017 el consumo de la energía eléctrica creció en una tasa del 1.6 % respecto al 2016, esta tasa de crecimiento aumenta de forma constante, sin embargo, con la reducción de fuentes petrolíferas, se espera que la energía eléctrica tome el primer lugar en la matriz del consumo mundial de energía. Debido al consumo creciente de electricidad, es importante una planeación eficaz en el consumo de energía para los próximos años

La eficiencia energética debe tomar un énfasis más grande en la vida de las personas, comercios e industrias. Todos deben conocer cuanto consumen, como es que lo consumen, y que es lo que pueden evitar consumir; por ello se necesita de una educación energética que establezca en las personas la cultura de ahorrar energía en sus actividades diarias.

En 2017 la población era de 7,600 millones de personas, y se estima que en 2030 la población mundial sea de 8,600 millones de personas [de Noticias ONU, 2017]. El número de personas en el planeta crece de forma rápida, por lo que inevitablemente el consumo energético también aumentará, es por ello que se hace urgente un cambio en el ritmo de consumo energético, que haya procesos, dispositivos y una cultura de ahorro energético con mejores eficiencias. Si bien parece complejo cambiar el panorama mundial, se puede comenzar esta concientización de forma local. Este proyecto estará dirigido a un análisis del consumo energético de forma local, es decir, en el Instituto de Energías Renovables (IER).

Una forma de conocer cuanto y como es que se consume la energía eléctrica en un determinado espacio, es a través de una metodología llamada diagnóstico energético, a su vez, esté diagnóstico dará una visión detallada de los potenciales de ahorros que hay en el lugar.

1.1. Objetivos

Como objetivo General se plantea:

- Analizar el consumo de energía eléctrica en el Instituto de Energías Renovables de la UNAM para determinar potenciales de ahorro en los diferentes usos de ésta.

1.1.1. Objetivos Específicos

- Verificar y actualizar la información de un inventario de cargas existente.
- Definir indicadores energéticos que ayuden a comprender las áreas en las que se ocupa mayor energía eléctrica y así facilitar la detección de potenciales de ahorro
- Comparar el consumo eléctrico obtenido del inventario de cargas con el consumo medido con analizadores de redes

- Determinar la proporción de ahorro generado por los sistemas fotovoltaicos instalados en el Instituto de Energías Renovables

1.2. Justificación

El IER como entidad que promueve el desarrollo sustentable debe tener un consumo eficiente de la energía, sin embargo, no se tiene un registro actualizado del consumo energético en la institución, no hay indicadores de consumo por población, o por área. Al realizar el análisis energético se tendrá una perspectiva que amplíe el panorama en el que se encuentra el IER en cuanto a su consumo energético.

Se cuenta con un registro detallado de los dispositivos eléctricos en el instituto, pero el instituto está en constante crecimiento, por lo que este registro debe ser actualizado con cierta frecuencia para estar a la vanguardia de que es lo que puede ser reemplazado. Tal vez un inventario de cargas no es paso muy importante para decir que se está teniendo un desarrollo sustentable, sin embargo, un registro detallado puede ser el comienzo de la sustentabilidad.

1.3. Hipótesis

Al no tener un registro actualizado de las cargas eléctricas, ni contar con información de mediciones reales del consumo eléctrico general en el IER; se pretende encontrar importantes potenciales de ahorro y poder reducir hasta en un 5 % el consumo de la energía eléctrica.

1.4. Antecedentes

En esta sección se pretende dar una presentación de la zona donde será realizado el proyecto, es decir, el Instituto de Energías Renovables, conociendo la visión, misión, valores y los objetivos con los que la entidad cuenta. Posteriormente se hablará de los proyectos relacionados que preceden a esta investigación.

1.4.1. Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México

Para entender porque es necesario que el Instituto de Energías Renovables conozca su situación energética y como puede mejorarla, es importante que se conozca la misión y visión de ésta [IER, 2017].

Misión

Realizar investigación científica básica y aplicada en energía, con énfasis en energías renovables, que coadyuven al desarrollo de tecnologías energéticas sustentables; llevar a cabo estudios, asesorías y capacitación a los distintos sectores de la sociedad; formar recursos humanos especializados, y difundir los conocimientos adquiridos para el beneficio del país.

Visión

Ser un Instituto de investigación con liderazgo académico internacional en investigación en energías renovables y temas afines, que propicie el desarrollo científico y tecnológico y permita su aplicación en la solución de problemas relacionados con los ámbitos de la energía y su impacto al medio ambiente para el desarrollo sustentable del país.

Valores

VISIÓN SUSTENTABLE: Formamos a seres humanos capaces de atender las necesidades energéticas con una visión reflexiva, crítica, creativa, emprendedora y respetuosa del medio ambiente y de la sociedad.

DESARROLLO INTEGRAL: Nos preocupamos por brindar a nuestra comunidad un ambiente armónico, con espacios de sano esparcimiento e implementando actividades deportivas y recreativas que les permitan potenciar su formación integral, tanto en lo personal como en lo profesional.

CONSENSO: Basamos todas nuestras decisiones en el consenso, reconociendo que sólo de esta manera toda nuestra comunidad se encamina hacia un mismo objetivo.

EQUIDAD DE GÉNERO: Promovemos la equidad de género en todos nuestros espacios como una condición indispensable y necesaria para lograr la igualdad de derechos, responsabilidades y oportunidades de mujeres y hombres. Fomentamos mecanismos para eliminar la discriminación

individual y colectiva hacia el hombre y la mujer y otras minorías.

Objetivos institucionales

Ante el entorno internacional, nacional, estatal y universitario en el que nos desenvolvemos, como Instituto de Energías Renovables asumimos de manera natural el objetivo y el compromiso de ser más eficientes para generar conocimiento de frontera; formar recursos humanos de calidad para resolver problemas energéticos en el marco del desarrollo sustentable; potenciar las capacidades en la difusión del conocimiento en energías renovables; propiciar la germinación de industrias en áreas afines a las energías renovables; coadyuvar a la transformación de la UNAM en una universidad sustentable; e incidir en la formulación de normas y metodologías para la evaluación y aplicación de los recursos de energías renovables disponibles en el país.

1.4.2. Desarrollo del inventario de cargas existente

En 2012 el Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad (PUES) evaluó al IER-UNAM por primera vez y le otorgó el Distintivo Ambiental UNAM Nivel Azul; se le brindaron una serie de recomendaciones, en materia de eficiencia energética, gestión del agua, de residuos y consumo responsable, para mejorar su desempeño ambiental. Durante 3 años el IER-UNAM se dio a la tarea de atender estas observaciones y en 2016 se realizó de nuevo la evaluación [Juárez, 2017]. El IER atendió a las recomendaciones que les fueron dadas y en 2017 recibieron el Distintivo Ambiental UNAM Nivel Oro, siendo así la primera entidad de la Universidad Nacional Autónoma de México que porta este distintivo.

Entre esas tareas que se efectuaron en el lapso del Nivel Azul y el Nivel Oro, se realizó un registro de todas las cargas energéticas que había en la institución, este registro es denominado como el 'inventario de cargas' [Mendivil et al., 2016]. La estructura de este inventario de cargas es:

- Se encuentra dividido por 8 categorías, las cuales son: luminarias, misceláneos, cómputo misceláneo, cómputo, aire acondicionado, motores, refrigeración, laboratorios.
- Cada categoría a su vez está registrada por una clasificación de edificios que se hicieron

especialmente para las tareas de mejoramiento de nivel azul a oro, esta clasificación de los edificios se encuentra en el Apéndice A.

- La información que contiene el inventario de cargas de los diferentes dispositivos es: La potencia nominal, para qué se utiliza determinado dispositivo, las horas y días de uso, los diferentes modos de consumo que tienen los aparatos eléctricos (modo de ahorro, apagado automático, etc.), la marca, el modelo, entre otras características.

Con base a este inventario de cargas se comenzará este proyecto.

1.4.3. Análisis del consumo energético en el IER

En junio del 2017 se realizó un análisis del consumo eléctrico del Instituto de Energías Renovables, en éste análisis se hace una comparación un anterior diagnóstico que se realizó en el 2006, se realiza la estimación del consumo energético del IER con la información del inventario de cargas, se realizaron gráficas de la demanda eléctrica del IER con y sin sistemas fotovoltaicos (SFV) [Güereca, 2017].

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. La energía y el ser humano

Energía es una palabra empleada en diversos contextos, energía es sinónimo de poder, es invisible e intocable, es lo que hace que las cosas funcionen correctamente. El concepto de energía se asocia como una de las propiedades físicas más importantes, se define como la capacidad para realizar un trabajo, trabajo significa la aplicación de una fuerza ó esfuerzo con el cual se realiza una tarea.

La historia de la humanidad consiste en la búsqueda de los recursos energéticos necesarios para su existencia y en las formas de aprovechamiento, las herramientas han permitido que el uso de la energía sea más eficiente, para producir las herramientas se necesita una explotación de los recursos naturales y al mismo tiempo una inversión de energía. Es un ciclo en vicioso en el que se está inmerso, éste debe cambiar, debe ser bien administrado y así cuidar los recursos de nuestro entorno.

La vida de los seres humanos en el planeta, está condicionada a la forma en la que se utiliza la energía. Mientras más energía se consume, y como se consume, es el nivel de productividad que se alcanza. No es lo mismo sacar agua de un pozo con cubetas, a sacar agua del mismo pozo con una bomba eléctrica, la bomba extraerá mayor cantidad de agua en menos tiempo, y se podrá tener una productividad mayor en ese ámbito. Eso se ve reflejado en el consumo

energético de los países, los países que tienen un mayor consumo energético, generalmente son los países con mayor desarrollo.

La energía se puede transformar en diferentes tipos, la manipulación de la energía ha permitido a la sociedad modificar en mayor escala el entorno. En la antigüedad se observa como las personas usaban transformadores de energía, como el molino, para convertir la energía cinética del agua o del viento y transformarla en energía mecánica, capaz de desarrollar un trabajo específico en beneficio de la sociedad. Actualmente se puede observar ese tipo de transformaciones energéticas en los automóviles, en la cual se extrae la energía de un combustible para transformarla en calor que con los parámetros requeridos, pondrán en marcha el mecanismo del vehículo; en las residencias estamos rodeados de energía eléctrica que fue transformada de la energía potencial de una presa (hidroeléctrica), de la energía térmica de algún combustible fósil (termoeléctrica), o de alguna fuente renovable de energía (Solar, Eólica, Geotermia, etc.). Sin importar cual sea la fuente primaria de energía es requerida la transformación de ésta para ampliar las posibilidades de uso en la sociedad.

Actualmente, hay un gran número de dispositivos que consumen una gran cantidad de energía, sin embargo, son necesarios para las actividades que requiere la vida actual. Se necesita de un transporte para trasladarse desde las viviendas hasta donde se labora, se requieren sistemas de enfriamiento o calentamiento en el sitio de trabajo para tener un determinado confort y ser más productivo; la población mundial ha crecido como en ninguna otra época de la humanidad, lo cual ha propiciado un aumento en la maquinaria para el campo y así sostener la alimentación. Como se aprecia, en cada sector de la humanidad está la tendencia de utilizar más energía, lo cual no es indebido, sin embargo, no ha sido bien administrada y esto se ve reflejado en los problemas ambientales que se tienen presentes en la actualidad.

El consumo de la energía eléctrica ha aumentado en una tasa de crecimiento mayor respecto a otros tipos de energía. En la siguiente sección se detallará más de la energía eléctrica.

2.2. Energía Eléctrica

Por energía eléctrica se entiende como el flujo de los electrones a través de un conductor, la cantidad de flujo depende del material a través del cual pasan las cargas y de la diferencia de potencial que existe de un extremo al otro del material [Serway, 2009]. Los parámetros en los que se mide la energía eléctrica son:

- Voltaje [V]: Esta es la diferencia de potencial que hay entre un extremo del conductor y el otro extremo.
- Corriente[A]: Cantidad de electrones que pasan por segundo sobre el conductor.
- Resistencia [R]: La oposición que presenta un material ante el flujo de los electrones.

La potencia eléctrica de un dispositivo es representada por la unidad Watts, la cual es el producto del voltaje y la corriente. Por lo general se representa el consumo de energía eléctrica en kilowatt hora [kWh], con esto se facilita la lectura de consumo y la comparación con otras energías ya que al multiplicarse una constante (3.6 MJ/kWh) se determina la cantidad de energía consumida en Megajoules [MJ]. [Coxtinaca, 2015]

Algunas de las ventajas de la energía eléctrica son:

- Generación: La energía eléctrica puede presentarse con una corriente constante (directa) o una corriente que varía con el tiempo (alterna), la primera puede ser producida a través del efecto fotoeléctrico con paneles solares, lo cual es una ventaja para la generación limpia de energía. La corriente alterna tiene su ventaja en generación debido a su alta eficiencia de transformación y las magnitudes elevadas de energía eléctrica que puede generarse a bajo costo. Gracias a la inducción magnética que ha sido estudiada desde el siglo XVIII, se puede transformar la energía cinética que contiene algún entorno (Aire, Agua, Vapor, etc.) a energía eléctrica que está lista para consumirse. Igual se puede obtener energía eléctrica por el efecto fotoeléctrico que puede ser aprovechado por algunos materiales especiales. Es decir, la energía eléctrica puede ser transformada a partir de un gran número de recursos naturales.

- Transporte: Este tipo de energía se transmite a través de los materiales, los metales muestran poca resistencia al flujo de los electrones, es por eso que por medio de las líneas eléctricas se puede transportar esta energía sin tener pérdidas muy elevadas.
- Aplicación: El trabajo realizado por los electrones en movimiento, se ramifica en muchas posibles aplicaciones. Mientras mayor resistencia al flujo de electrones haya, más calor se generará en este arreglo, por lo que se puede calentar un material con este calor generado y aplicarlo para alguna función, por ejemplo una plancha. El flujo de electrones que pasa a través de un conductor enrollado (bobina), produce un campo magnético que puede variar con el tiempo o puede ser constante, con esto se aumentan las aplicaciones de la electricidad ya que puede servir para hacer funcionar desde un timbre, hasta fundir materiales sin tener contacto con éste. En fin, las aplicaciones que se tienen con la electricidad son muchas, y van en aumento a lo largo de los años.

Por otro lado algunas desventajas de la energía eléctrica son:

- Generación centralizada: Actualmente para que la generación de energía eléctrica sea económicamente redituable, esta debe ser centralizada en grandes generadores, ya sea hidroeléctricas o termoeléctricas. Esto genera un transporte de grandes distancias en las cuales hay pérdidas.
- Almacenamiento: La corriente alterna no puede ser almacenada en baterías por lo que debe ser transformada a corriente directa para su almacenamiento.

Para comprender más el consumo de energía, enfatizando el consumo de energía eléctrica, en los siguientes apartados se describirá el consumo de energía mundial y nacional, obtenido del BALANCE MUNDIAL DE ENERGÍA expedido por la Agencia Internacional de Energía y el BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA DEL 2016 expedido por Secretaria de Energía (SENER)

2.3. Consumo mundial de energía

El consumo mundial de energía incrementó en 1.0 % en 2015, al cerrar con 57,7778.40 PJ (Figura 2-1), debido principalmente al incremento en el consumo de petrolíferos (2.2 %) y electricidad (1.6 %); mientras que las energías renovables presentaron incrementos en geotermia (9.7 %) y en el agregado de energía solar y la eólica (6.6 %).

En 2015, el consumo nacional de energía eléctrica representó el 18.5 %, se estima que para el año 2040, el consumo de energía eléctrica este presente en un 40 % en el balance nacional de energía. Este aumento en el consumo de energía eléctrica es debido a las facilidades creadas en la obtención de dispositivos eléctricos y electrónicos en el sector industrial y doméstico. En el mundo se agregan en promedio 45 millones de consumidores nuevos de electricidad cada año, esto también eleva la energía consumida en este sector.

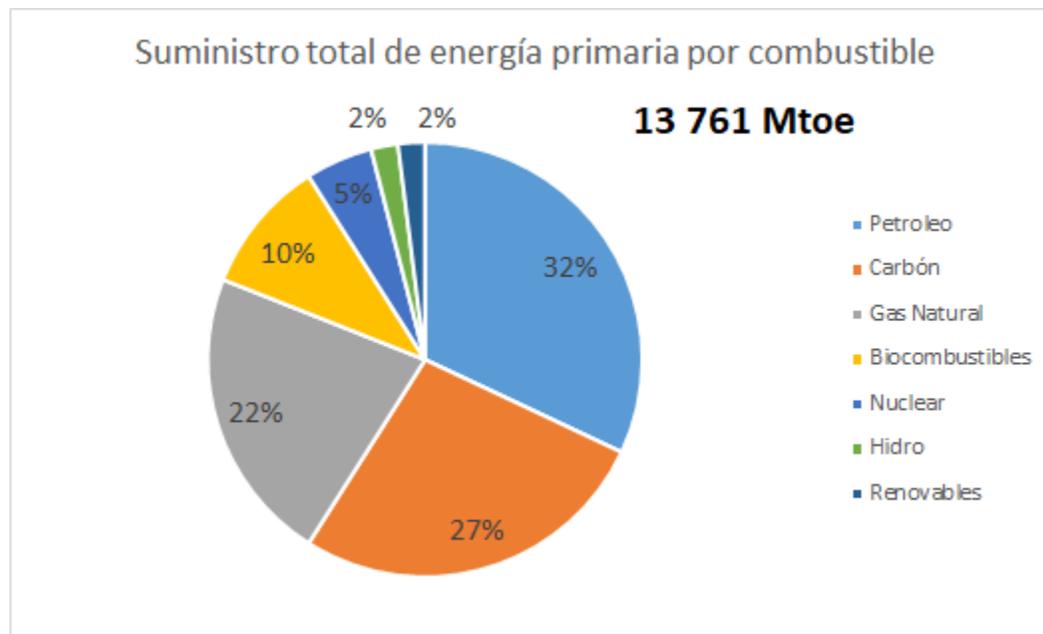


Figura 2-1: Gráfica que muestra el Consumo mundial de energía por energético, 1 PJ= 23,884.6 tep. Fuente: World Energy Balance, IEA, edición 2017.

El año 2015 en el mundo hubo importaciones energéticas por 22,2230.73 PJ, este un valor que representa un crecimiento del 2.6 % en las importaciones mundiales de energía. De esta

cantidad México se encuentra como el decimoctavo importador de energía aportando 1.3 % de las importaciones mundiales.

2.4. Consumo nacional de energía

La producción nacional de energía primaria en 2016 fue de 7,714.23 PJ, lo cual representa un porcentaje de 6.6 % menor al año 2015. La producción de petróleo disminuyó en un 4.8 %

Tabla 2-1: Relación de producción de energía nacional 2015-2016. Fuente: Sistema de información energética, SENER 2016.

	2015	2016	Variación Porcentual (%) 2016/2015	Estructura porcentual (%) 2016
Total	8,261.03	7,714.23	-6.62	100
Carbón	287.69	254.17	-11.65	3.29
Hidrocarburos	7,203.85	6,694.85	-7.07	86.79
Petróleo	5,067.69	4,826.85	-4.75	62.57
Condensados	98.83	88.31	-10.64	1.14
Gas natural	2,037.32	1,779.68	-12.65	23.07
Nucleoenergía	120.41	109.95	-8.68	1.43
Renovables	649.09	655.26	0.95	8.49
Hidroenergía	111.21	110.51	-0.63	1.43
Geoenergía	134.53	132.59	-1.44	1.72
Solar	10.15	11.19	10.18	0.15
Energía Eólica	31.48	37.36	18.67	0.48
Biogás	1.87	1.91	2.38	0.02
Biomasa	359.84	361.70	0.51	4.69

Como se ve en la Tabla 2-1 cabe destacar que en 2016 se tuvo una producción de energía por fuentes renovables de 8.49 %. Dentro del marco de producción de renovables, resaltó la energía eólica la cual presentó un salto del 18.7 % respecto al año anterior, pasando de 31.48 PJ a 37.36 PJ. Este comportamiento fue provocado por el aumento de 26.1 % en la capacidad de operación de parques eólicos. La producción de energía solar incremento en 10.2 %, pasando de producir 10.15 PJ en 2015, a un total de 11.19 %

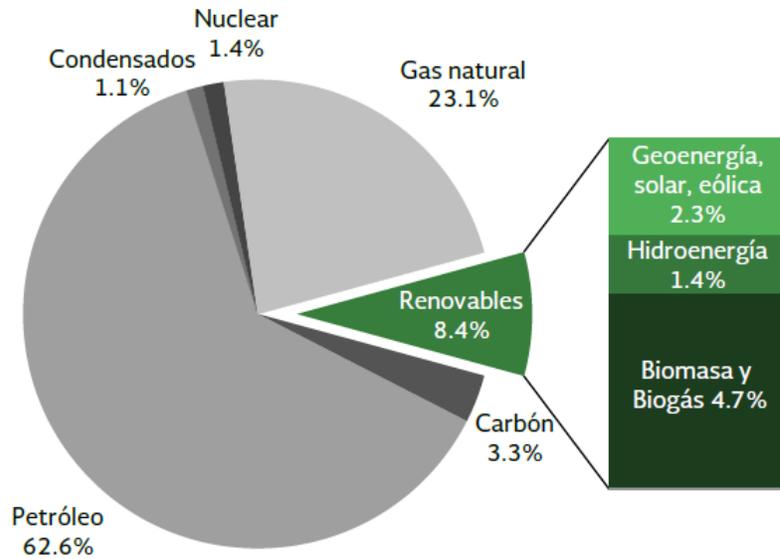


Figura 2-2: Gráfica de la Estructura de producción de energía primaria 2015-2016. Incluye grandes hidroeléctricas. **Fuente: Sistema de información energética, SENER 2016.**

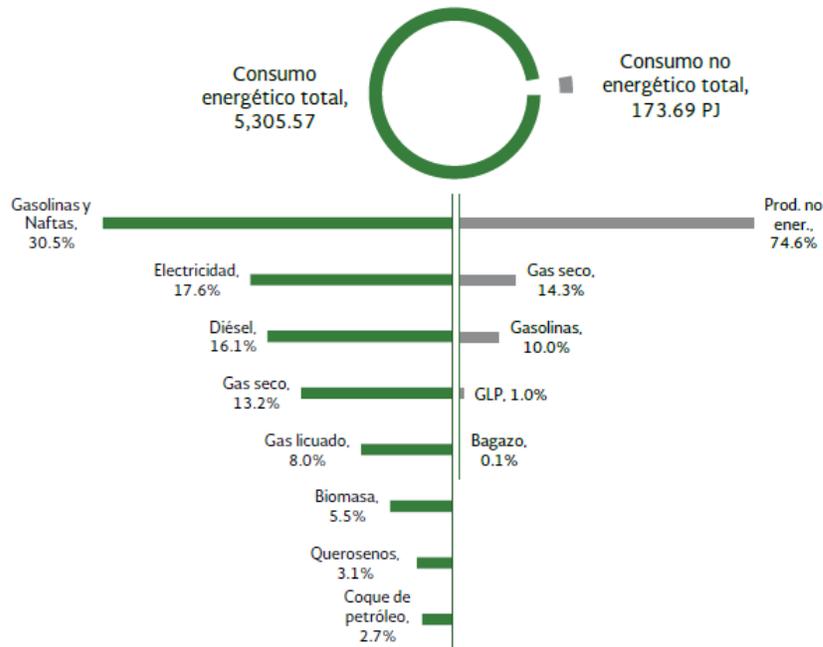
En la tabla 2-2 se muestran las importaciones y exportaciones nacionales del año 2016. En cuanto a las exportaciones e importaciones, en 2016 el comercio de la electricidad obtuvo un saldo a favor, ya que se exportaron 31.0 PJ y se importaron 12.46 PJ, de las exportaciones el 64.58 % fue destinado a Estados Unidos, 24.84 % a Guatemala y 10.58 % a Belice.

Tabla 2-2: Balance de exportaciones e importaciones energéticas nacionales. **Fuente: Sistema de información, SENER 2016.**

	2015	2016	Variación Porcentual (%) 2016/2015
Exportaciones Totales	470.65	415.21	-11.78
Coque de carbón	0	0	N.D.
coque de petróleo	0	0.01	N.D.
Gas Licuado	0.03	6.76	21,457.81
Gasolina y naftas	118.81	103.4	-12.97
Querosenos	0	0	N.D.
Diésel	15.71	0	N.D.
Combustóleo	295.47	272.14	N.D.
Productos no energéticos	2.71	0.87	N.D.
Gas Seco	4.94	1.04	N.D.
Electricidad	32.98	31	-5.98
Importaciones totales	2,681.05	3,754.41	40.03
Coque de carbón	13.87	29.41	112.08
coque de petróleo	90.54	110.45	21.99
Gas Licuado	158.4	206.48	30.36
Gasolina y naftas	810.82	978.84	20.72
Querosenos	50.35	72.33	43.65
Diésel	339.4	415.58	22.45
Combustóleo	40.43	73.63	82.14
Productos no energéticos	0	0	0
Gas Seco	1,168.46	1,855.21	58.77
Electricidad	8.79	12.46	41.71

2.4.1. Consumo eléctrico nacional

El consumo eléctrico nacional en el año 2016 fue de 17.6 % en relación con el consumo energético nacional, lo cual representa una similitud con el consumo eléctrico mundial, ya que éste último fue de 18.6 %. La magnitud del consumo eléctrico nacional aumentó en 4.55 % respecto al año 2015.



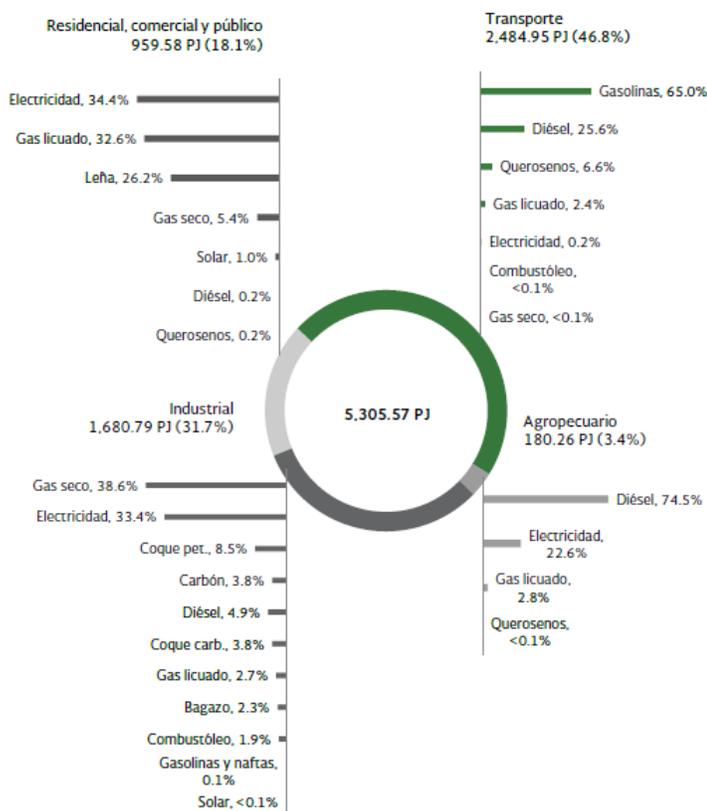
*Incluye carbón, coque de carbón, combustóleo y energía solar.
Fuente: Sistema de Información Energética, con cálculos propios.

Figura 2-3: Esquema del consumo nacional por energético. **Fuente: Sistema de información, SENER 2016.**

La matriz del consumo final esta compuesta por 4 sectores: Residencial, comercial y público conforman un sector, transportes, industrial y agropecuario (ver figura 2-4). El consumo final de energía por sector fue de:

- *Residencial, comercial y público:* 959.58 PJ lo que corresponde al 18.1 % y de este total el consumo eléctrico representa el 34.4 % (330.09 PJ), siendo el tipo de energía que más se consume en este sector.
- *Transporte:* 2,484.95 PJ lo que corresponde al 46.8 % y de este total el consumo eléctrico representa el 0.2 % (4.96 PJ).
- *Industrial:* 1,680.79 PJ lo que corresponde al 31.7 % y de este total el consumo eléctrico representa el 33.4 % (561.38 PJ).

- *Agropecuario*: 180.26 PJ lo que corresponde al 3.4 % y de este total el consumo eléctrico representa el 22.6 % (40.73 PJ).



Fuente: Sistema de Información Energética, con cálculos propios.

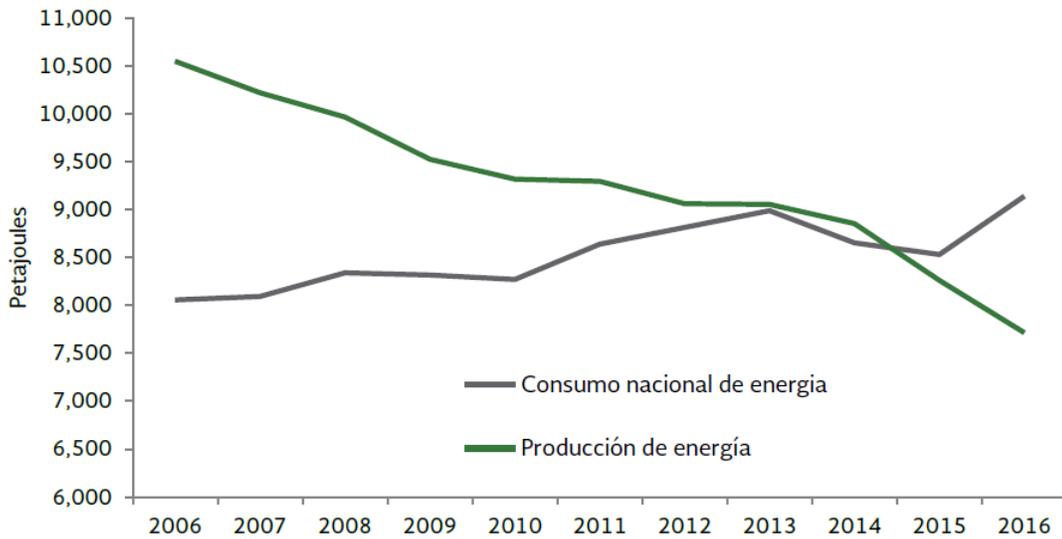
Figura 2-4: Esquema del consumo por sectores y por energético. **Fuente: Sistema de información, SENER 2016.**

2.4.2. Indicadores Nacionales

Independencia energética

Si la nación consume la misma energía o menos energía de la que produce, se dice que ésta es independiente energéticamente, pues no requiere importar energéticos de otra nación. En 2016 el consumo de total de energía en México supero por 18.5 % a la producción de energía primaria, este valor aumento más del doble que el año anterior; 2016 fue el segundo año en el

que México resultó ser dependiente energético (ver figura 2-5) . En otras palabras, México está requiriendo importar más energía que en el pasado y esto es algo que debe ser solucionado.

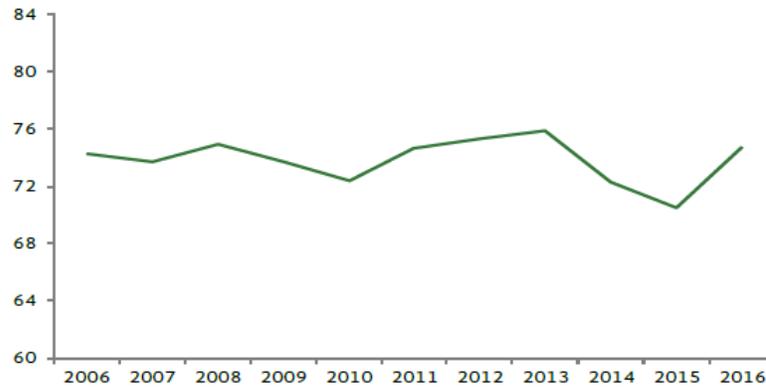


Fuente: Sistema de Información Energética, Sener.

Figura 2-5: Gráfica del consumo contra la producción energética en México. **Fuente: Sistema de información, SENER 2016.**

Energía Per Cápita

El consumo de energía eléctrica per cápita en México fue de 2,126.81 kWh en el año 2016, lo cual significa un aumento del 3.5 % respecto al año 2015. Cabe mencionar para hacer el promedio por persona, se realiza el consumo de energía eléctrica total de la nación entre la cantidad de habitantes, lo que significa que la electricidad usada en la industria también está involucrada en el promedio per cápita.



Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO e INEGI.

Figura 2-6: Gráfico del historial del consumo per capita en México [GJ]. **Fuente: Sistema de información, SENER 2016.**

En esta sección se describió de forma general el panorama existente en el mundo y en México, básicamente el uso de la energía es mayor con el paso del tiempo y en el futuro está tendencia seguirá en crecimiento. En el siguiente apartado se introducirá en las consecuencias de un uso desmedido de la energía que la sociedad necesita para satisfacer sus necesidades, pues al usar energía se usan los recursos de un ecosistema que ya tiene un cierto grado de equilibrio en si mismo. Al retirar una gran cantidad de energía de un sistema, este sistema comienza a desbalancearse y presentar fenómenos que no eran presentados con anterioridad. Uno de los fenómenos que amenaza la seguridad mundial y por lo cual es de gran interés, es el calentamiento global.

2.5. Calentamiento global

Un ejemplo hoy en día es el calentamiento global. El planeta a lo largo de miles de años ha tenido diferentes etapas en las que absorbe CO₂ y otras que lo expulsa, ciclando todas estas etapas se ha llegado al momento preciso en el que el ecosistema es ideal para producir vida, en otras palabras el equilibrio entre los químicos existentes en la atmósfera son óptimos para la producción de vida.

La capa que rodea a la Tierra es denominada atmósfera, su función es atrapar los rayos del Sol y conservarlos dentro del planeta para mantener así a una temperatura promedio de 15 grados centígrados, de lo contrario, los rayos del Sol se escaparían y nuestro planeta bajaría a una temperatura de menos 18 grados centígrados [Gore, 2007]. Este suceso es conocido como efecto invernadero, y es una de las causas fundamentales del calentamiento global, que a su vez, es originado por gases como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y otros, que en teoría deben mantenerse en una proporción adecuada, porque de lo contrario al aumentar su concentración, los rayos del Sol no pueden escapar y la temperatura del planeta se eleva con repercusiones desastrosas. Existen tres factores fundamentales que explican la razón del efecto invernadero:

1. Los procesos de industrialización,
2. La quema de combustibles fósiles combustión de petróleo, carbón y gas para producir energía,
3. La destrucción de bosques que absorben el dióxido de carbono y disminuyen la temperatura que hay en su entorno.

Debido a las actividades enumeradas, se ha extraído el CO₂ resguardado en las diferentes capas terrestres hacia la atmósfera, y este exceso de CO₂ en la atmósfera, como mencionó Al Gore, absorbe la energía del Sol, tanto la que entrará en el planeta como la que quiere escapar del mismo, y la temperatura del planeta es elevada. La elevación de la temperatura en todo el planeta podría crear ecosistemas diferentes a los que estamos adaptados generando caos y en un futuro, si sobrevivimos, un nuevo estilo de vida.

El confort es la meta, al grado que se auto-inducen nuevas necesidades que antes no existían, la electricidad es un ejemplo de lo anterior, ya que sin ella es imposible mantener la sociedad actual. La población crece y más personas necesitan de ese confort energético, lo cual lleva a extraer mayor cantidad de recursos naturales y aumentar el CO₂ en la atmósfera. Hay un círculo vicioso de producción y consumo energético, este vicio se debe romper antes de que sea demasiado tarde para la vida en el planeta.

2.6. Ahorro energético

Uno de los objetivos de este proyecto es el conocer la importancia de un ahorro energético, al menos en el ámbito eléctrico. Comprender que las personas pueden aportar al beneficio del planeta, como individuos y como sociedad, cuando los hábitos están inclinados en ese objetivo. Aún cuando las grandes industrias pueden tener una parte grande en la responsabilidad del daño en el ecosistema, los individuos con diferentes actitudes laxas en el uso de la energía eléctrica (dejar luces prendidas, no realizar mantenimiento, etc.) están dañando el entorno. Un resultado inmediato del ahorro eléctrico es la economía de las personas que optan por tomar estas actitudes.

Se tiene mucha literatura hablando sobre el calentamiento global y las diferentes formas posibles para apaciguar este fenómeno que se está suscitando en la sociedad. Citando a Machillanda en su investigación del calentamiento global [Machillanda, 2008].

Cada persona puede ayudar a disminuir el calentamiento de la Tierra. Sí, existe una crisis... pero podemos hacer algo al respecto, acciones tan simples como utilizar bombillos de bajo consumo, plantar un árbol, desconectar los aparatos electrónicos, mientras no se estén usando, evitar el derroche del agua entre otros, son los métodos más adecuados para solventar esta situación.

Debemos incentivar a las grandes empresas a colaborar con el ambiente, afortunadamente muchas de ellas ya están en el rumbo correcto. Se están desarrollando nuevas tecnologías como: los paneles solares, las plantas geotérmicas, los automóviles híbridos, y la energía eólica. El momento es ahora, tenemos que cambiar el modo en que vivimos.

Todos debemos actuar porque la salud del planeta Tierra está en peligro, debemos sacar provecho de las oportunidades que esta crisis conlleva.

Al usar más energía, se usan más recursos naturales; la energía es necesaria para el desarrollo de las comunidades, sin embargo, hay ciertos usos innecesarios y algunos otros que pueden ser más eficientes los cuales se pueden mitigar y así consumir solo la energía que estrictamente necesita y no malgastarla. Por lo que el ahorro energético es el uso eficiente de la energía

consumida.

2.6.1. Ahorro energético en el mundo

El tema de ahorro energético ahora es considerado como uno de los puntos mas importantes a nivel mundial, en 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas establece la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Esta agenda implica un compromiso común y universal que reconoce que cada país enfrenta retos específicos en su búsqueda del desarrollo sostenible. Los Estados tienen soberanía plena sobre su riqueza, recursos y actividad económica, y cada uno fijará sus propias metas nacionales, apegándose a los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por su papel y aporte al desarrollo sostenible, por primera vez se reconoce que la energía es una parte fundamental del programa de desarrollo sostenible mundial del sistema de las Naciones Unidas, y figura como el ODS 7 de la Agenda 2030. La eficiencia energética es uno de los ejes de este objetivo (los otros ejes están relacionados con el acceso, las energías renovables y los medios de implementación). El acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos es fundamental para el desarrollo humano.[CONUEE, 2018]

La energía está intrínsecamente vinculada a muchos ODS, por ejemplo, a la erradicación de la pobreza, la seguridad alimentaria, el agua potable y el saneamiento, el transporte y la movilidad sostenibles (comunidades y ciudades sostenibles), la salud, la educación, la prosperidad, la creación de empleo y el empoderamiento de los jóvenes y las mujeres. Por otra parte, el cambio hacia soluciones de energía sostenible también es esencial para la consecución del Acuerdo de París aprobado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

2.6.2. Ahorro energético en México

Tres de los compromisos que aceptó México en el Acuerdo de Paris son [gob.mx, 2015]

1. 50 % de reducción de emisiones contaminantes, comparada con las generadas en 2000. Sin embargo, la dependencia advirtió que antes de 2020 se registrará un pico de emisiones,

tras la puesta en marcha de la reforma energética “debido a un mayor abasto de gas natural y la introducción de energías limpias”, indicó una presentación de la dependencia.

2. Habrá 25 % menos emisiones de compuestos de efectos invernadero. Según la dependencia, se disminuirán en 22 % los gases de efecto invernadero y en 51 % el carbono negro para alcanzar la meta.
3. 43 de cada 100 fuentes de energía serán limpias. Es decir, provendrán de fuentes renovables, en cogeneración con gas natural y plantas termoeléctricas con captura de dióxido de carbono. Se espera un avance de 35 % para 2024. Además, el país se comprometió a promover el uso doméstico de calentadores y celdas solares.

Para poder alcanzar las metas propuestas en el Acuerdo de París, en México se ha desarrollado una gran variedad de programas y acciones de ahorro y uso eficiente de la energía. En todos ellos se ha buscado el mayor impacto de ahorro a través del cambio de hábitos y mejores prácticas, el uso de equipos y sistemas con los mayores niveles de eficiencia y, finalmente, el aprovechamiento óptimo de la infraestructura y materiales relacionados con la energía. Desde esta perspectiva, las instituciones dedicadas a la eficiencia energética en México han coordinado sus esfuerzos en tres líneas generales:

- La normalización de equipos, productos y sistemas consumidores de energía para asegurar que los que entran al mercado lo hagan con los mayores niveles de eficiencia energética.
- Los programas de apoyo a los usuarios finales de energía para promover la sustitución de equipos y sistemas de baja eficiencia por los de mejor desempeño energético.
- Los programas de información y educación a diversos conjuntos de usuarios para orientarlos hacia las mejores prácticas en el uso de la energía.

Estos programas han promovido el uso eficiente de la energía y una educación energética mas elevada para el desarrollo de hábitos de buen consumo.

2.6.3. Eficiencia Energética

La eficiencia energética es la reducción del consumo energético, sin sacrificar el grado de confort y calidad de vida, con el fin de proteger el medio ambiente. Se puede aumentar la eficiencia de un dispositivo, de un sistema de generación o de líneas de transporte de electricidad. En los hogares se puede aumentar la eficiencia cambiando aparatos de gran consumo por otros de menor consumo (ej. lámparas incandescente a lámparas LED). Al aumentar la eficiencia energética de un sistema se está generando un ahorro energético y económico [CFE, 2017].

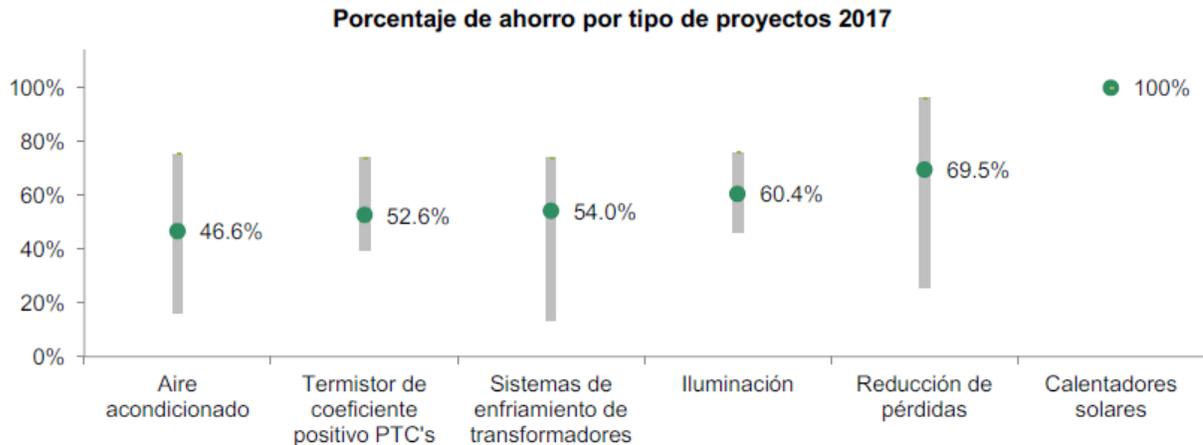
2.6.4. Eficiencia energética en México

Respecto al ahorro energético, en México existe la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y de el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE), el último constituido el 14 de agosto de 1990, por iniciativa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica; para coadyuvar en las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. La siguiente figura muestra la forma de adquirir un apoyo por parte de FIDE:



Figura 2-7: Esquema de los programas FIDE.

Gracias a la inclusión del programa FIDE, el ahorro energético en México ha aumentado y en 2017 se obtuvo un ahorro de 17,802 MWh, que fue alcanzado gracias al desarrollo de 64 proyectos a lo largo de la República y esto económicamente representó una inversión de 90 Millones de pesos [FIDE, 2018].



Inversión, ahorro y toneladas de CO2 evitadas por proyecto

Tipo de proyectos	Número de proyectos	Inversión (MDP)	Ahorro (MWh)	Toneladas de CO2 x MWh (anual)
Aire acondicionado	42	38	10,167	4,599
Reducción de pérdidas	5	39	3,906	1,767
Sistemas de enfriamiento de transformadores	6	6	1,440	651
Iluminación	4	2	1,119	506
Termistor de coeficiente positivo PTC's	4	5	835	378
Calentadores solares	3	1	336	152
Total	64	90	17,802	8,054

Figura 2-8: Resultados de FIDE 2017. **Fuente PAESE Junio, 2017.**

Lo anterior es un ejemplo del énfasis que se está poniendo en el país para que este procure una reducción del consumo energético, por lo que como ciudades, colonias, instituciones y hogares, es a lo que se debe aspirar.

En 2018 el FIDE cuenta con 5 programas de desarrollo sustentable y eficiencia energética, con lo cual se pretende ayudar a las residencias y establecimientos MiPyMe los cuales son:

- Eficiencia Energética.

- Generación Distribuida.
- Eco-Crédito Empresarial.
- Ahórrate una Luz.
- Mejoramiento Integral Sustentable en Vivienda.

Para poder determinar que tan eficiente es la instalación eléctrica de una residencia, o en este caso, del Instituto de Energías Renovables, lugar al que está dirigido este proyecto, se requiere un conocimiento de los diagnósticos energéticos existentes.

2.7. Diagnósticos energéticos

La definición del concepto *Diagnostico Energético*, según la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es:

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permita determinar el grado de eficiencia con el que es utilizada la energía; a fin de determinar áreas de oportunidad y potenciales de ahorro por tipo de medida, evaluando su rentabilidad. [CONUEE, 2013a]

El estudio determina dónde y cómo es utilizada la energía, además de especificar cuanta es desperdiciada así como los sistemas y programas a realizar para elevar la eficiencia del uso de energía del inmueble. El diagnóstico nos dará la información apropiada para establecer los planes y procedimientos adecuados para lograr las metas de ahorro y eficiencia. Las empresas que deseen ser competitivas en este mundo globalizado deberán establecer programas de ahorro y eficiencia de energía. En resumen los objetivos principales de un diagnóstico energético son:

- Establecer metas de ahorro de energía
- Diseñar y aplicar sistemas integrales para el ahorro de energía
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de ahorro de energía
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar negativamente los niveles y condiciones de producción y confort.

2.7.1. Tipos de diagnóstico energético

Hay diferentes tipos de diagnósticos energéticos por lo que se debe seleccionar el adecuado para el entorno que se desea analizar. Los parámetros que ayudan a determinar el tipo de diagnóstico que se debe realizar son [CONUEE, 2013b].

- Tamaño del entorno
- Enfoque y objetivo buscado
- Precisión
- Presupuesto
- Tiempo disponible
- Recursos humanos
- Información disponible

De acuerdo a las necesidades que se tengan existen 3 tipos de diagnósticos energéticos. Los diferentes tipos de diagnósticos energéticos están basados en la norma ISO 50002/2014. [FIDE, 2010]

TIPO I

Se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial o instalación de que se trate, reconociendo y revisando el diseño original de los equipos consumidores de energía, para dar una idea de los potenciales de ahorro de energía que se pueden lograr por modificación en los hábitos de operación, corrección de desperdicios o por la incorporación de tecnologías eficientes. De este diagnóstico se pueden obtener buenas recomendaciones a nivel general. Por ejemplo, fugas de energía, mala operación de los equipos y/o instrumentos, equipos que pueden reemplazarse por otros más eficientes, como motores, compresores, aires acondicionados, luces, etc.

Pero los potenciales de ahorro de energía son meramente estimados y descansan en muchas suposiciones por lo que los ahorros pueden o no lograrse, ya que en este nivel no se realizan

mediciones y apenas se obtiene un conocimiento muy somero de las instalaciones energéticas. Su principal ventaja es dar una idea general sobre si existe o no posibilidad de ahorro energético. Este nivel tiene un bajo costo respecto a los niveles superiores.

TIPO II

Proporciona información sobre el consumo de energía tanto eléctrica como térmica por áreas funcionales o procesos específicos de operación, es decir se detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y en consecuencia de reducción de costos, como consecuencia de su realización se obtiene una cartera de proyectos de aplicación, logrando de esta forma dirigir el camino de las metas para ahorro energético.

Es el más útil para conocer los potenciales de ahorro de energía en una instalación. Estos se cualifican y se cuantifican. Se analiza entre el 75 y 80 % de los consumidores energéticos, dando prioridad a los de potencia superior y mayor tiempo de utilización.

En la aplicación del diagnóstico, a este nivel, será importante contar con los equipos e instrumentos necesarios para la evaluación de parámetros energéticos que conlleven a determinar los potenciales de ahorro energético.

TIPO III

Proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial o cualquier instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados. Este nivel esta caracterizado por instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrada, se aclara que muchas de las acciones propuestas para lograr ahorro de energía son producto de reingeniería de los procesos.

Este tipo de diagnóstico es llamado como micro diagnóstico, ya que se profundiza en el proceso y equipos involucrados en este. Requiere la participación de especialistas particulares para definir aplicaciones complejas. Su costo es mucho mayor al de segundo nivel.

El nivel del diagnóstico energético no es estricto, en muchos casos se puede aplicar un estudio a una sola parte o etapa del proceso, debido a estos surgen niveles intermedios, es decir, aquellos que cubren ciertos objetivos y alcances para una área específica del proceso o instalación. Por

ejemplo, surgen los niveles intermedios como 1.5, el cual cubre gran parte del nivel dos pero enfocado a una parte del proceso, para lograr los balances de materia y energía de esta área, se debe proporcionar datos de los equipos que tengan una participación indirecta en el equipo en estudio o análisis.

En la siguiente tabla se muestra de forma resumida los tipos de diagnósticos energéticos.

Tabla 2-3: Tipos de diagnósticos energéticos.

Criterio	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Objetivo	Dar a la empresa una primera aproximación cualitativa sobre la conveniencia de profundizar en las oportunidades de ahorro	Identificar potenciales de ahorro cuantitativos por subsistema y establecer metas	Determinar y justificar inversiones en proyectos de energía y su rentabilidad
Procedimiento	Inspección visual de las instalaciones, para identificar medidas de ahorro obvias, con énfasis en la operación y mantenimiento	Mediciones y cálculos de ingeniería básica para los principales sistemas. Algunas entrevistas y revisión de facturas.	Mediciones detalladas con equipo complejo en cada equipo y proceso. Entrevistas con el personal y revisión de documentos.
Énfasis	Operación de equipos, fugas y diseño de las instalaciones.	Recomendación a procesos y áreas funcionales	Sub-proyectos con análisis técnico y de costo-beneficio.

2.7.2. Metodología de un diagnóstico energético

Si bien, el diagnóstico energético no tiene una receta exacta la cual permanecerá inmutable para todos los proyectos, se puede especificar cuales son los puntos de mayor interés para así tener un camino más plano al realizar un diagnóstico.

En virtud del tipo de instalación a diagnosticar, se recopila la información energética que caracteriza al usuario. Adicionalmente se hace la recopilación del entorno en el que se elabora el diagnóstico. Se obtienen los costos de las tarifas eléctricas y de los demás energéticos empleados, así como los criterios de aprobación de proyectos de la dirección de la empresa.

I. Definición del proyecto.

Este es el inicio del diagnóstico, en esta sección se pretende definir las necesidades del cliente, y al tener las necesidades se procede a establecer los objetivos que se esperan alcanzar con el diagnóstico energético.

II. Obtención de la información.

Se recopilan los datos existentes de la instalación eléctrica, estos datos pueden ser:

- Objetivo de la instalación eléctrica
- Costumbres de los usos de la energía
- Equipo eléctrico en la instalación

En esta parte del diagnóstico energético, se pretende obtener la información sobre el uso de la energía, la naturaleza de la información puede ser tanto cuantitativa, como cualitativa.

III. Análisis y evaluación de las propuestas.

Ya teniendo la información pertinente para el diagnóstico energético, procede la realización de los análisis energéticos, en los cuales los puntos importantes para analizar son:

- Cuantificar los flujos de masa y energía
- Las eficiencias de los sistemas actuales y en un futuro
- El potencial de ahorro

- Proyectos con destino a elevar la eficiencia del sistema

IV. Elaboración de informes.

Con los datos anteriores ya es posible realizar informes de interés para el cliente, estos informes pueden ser el inventario de cargas y flujos. Se puede realizar una estimación tecnológica y así determinar cuanto costará la elevación de eficiencia y si sería redituable una inversión para la empresa. Otra información que puede ser de interés para el cliente y que se podría determinar con los análisis hechos es la elaboración de índices energéticos y con esto se podría priorizar los proyectos en el futuro.

2.8. Tarifas de la Comisión Federal de Electricidad

Las tarifas son la forma en la que la CFE cobra el servicio eléctrico a los consumidores. Estas tarifas están segmentadas en divisiones del sistema eléctrico nacional, excepto por las tarifas destinadas al consumo doméstico ya que estas están basadas en la temperatura ambiente promedio de la zona; las divisiones eléctricas en México son: [Roberto, 2018]

Baja California, Baja California Sur, Bajío, Occidente, Centro Occidente, Centro Oriente, Centro Sur, Golfo Centro, Golfo Norte, Jalisco, Noroeste, Norte, Oriente, Peninsular, Sureste, Valle de México Centro, Valle de México Norte, Valle de México Sur.

El estado en el que se encuentra el Instituto de energías Renovables es Morelos, el cual está en la división Oriental, por lo que las tarifas que se usarán para hacer el diagnóstico se encuentran en el Apéndice B

Cabe mencionar que en el año 2017 hubo un cambio nacional en el nombre de las tarifas comerciales e industriales, como la información que adquirida es desde el año 2016, es por eso que es de importancia tener este dato, el cambio resultó ser el siguiente:

Categoría tarifaria	Descripción	Tarifa anterior
PDBT	Pequeña Demanda (hasta 25 kW-mes) en Baja Tensión	2, 6
GDBT	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Baja Tensión	3, 6
RABT	Riego Agrícola en Baja Tensión	9
APBT	Alumbrado Público en Baja Tensión	5, 5A
APMT	Alumbrado Público en Media Tensión	5, 5A
GDMTH	Gran Demanda en Media Tensión horaria	HM, HMC, 6
GDMTO	Gran Demanda en Media Tensión ordinaria	OM, 6
RAMT	Riego Agrícola en Media Tensión	9M
DIST	Demanda Industrial en Subtransmisión	HS, HSL
DIT	Demanda Industrial en Transmisión	HT, HTL

Figura 2-9: Cambio en el nombre de las tarifas.

Capítulo 3

Metodología

En esta sección se delimitan los pasos a seguir para cumplir con la finalidad de este proyecto:

3.1. Revisión del inventario de cargas.

Con base al inventario de cargas existentes en el IER, se procederá a revisar y actualizar este inventario para trabajar con las cargas que se tienen. Para realizar la revisión y actualización del inventario de cargas se llevará a cabo un recorrido por las instalaciones del IER, donde se verificará la existencia de los dispositivos eléctricos descritos en el inventario de cargas, procediendo a eliminar del inventario la información de cualquier dispositivo que no se encuentre en físico, o de lo contrario, se agregará cualquier dispositivo que esté en la instalación visitada y no esté documentado en el inventario de cargas. Los parámetros a registrar son la potencia nominal de los dispositivos, cuántas horas al día se utilizan, al mismo tiempo que los días de la semana de operación; las diferentes modalidades de ahorro energético que cuenta cada dispositivo, si es que las tienen; y se registrará la marca y modelo de los dispositivos eléctricos.

El plano que contiene las divisiones del Instituto se encuentra en el Apéndice A, sin embargo para entender mejor la numeración de los edificios, se procede a describirlos:

- Edificio 1 (Edif. Administrativo I): El cual comprende la secretaría académica, unidad de cómputo, almacén general, archivo muerto, secretaría administrativa, laboratorio de

fotocatálisis, lobby y el auditorio Tonatiuh.

- Edificio 2 (Edif. Administrativo II): El cual comprende la sala de seminarios, la secretaría técnica y la dirección.
- Edificio 3 (Edif. Laboratorio I): Laboratorio de celdas solares, laboratorio de almacenamiento electroquímico de energía, laboratorio fotovoltaicos II, laboratorio de rocío piroclítico, laboratorio fotovoltaicos I, laboratorio de instrumentación, laboratorio óxidos metálicos y nano carbón.
- Edificio 4: Biblioteca, videoteca, laboratorio de nano estructuras, laboratorio refrigeración, laboratorio de termo ciencias y laboratorio de física teórica.
- Edificio 5: Cubículos A
- Edificio 6: Cubículos B
- Edificio 7: Cubículos C
- Edificio 8: Cubículos D
- Edificio 9: Cubículos E, laboratorio de concentración solar, laboratorio de secado, laboratorio módulos fotovoltaicos, 4 casetas, subestación sur, caseta de vigilancia.
- Edificio 10 (Edif. Horno Solar): Heliostato, horno solar y plataforma solar.
- Edificio 11 (Edif. Planta Piloto): Caseta de prueba de filtros y planta piloto.
- Edificio 12: Edificio de posgrado.
- Edificio 13 (Edif. Vinculación y Gestión Tecnológica): Laboratorio de química LIER.
- Edificio 14: Taller mecánico I y laboratorio de simulador solar.
- Edificio 15: Taller mecánico II.
- Edificio 16 (Edif. Comedor norte): Atención a estudiantes, vestidores y comedor.
- Edificio 17: Plataforma de refrigeración.
- Edificio 23 (Edificio 3.1): Laboratorio de planeación energética, laboratorio de geoquimiometría, coordinación lifycs, laboratorio de concentración solar y laboratorio de calorime-

tría.

3.2. Estimación de consumo con inventario de cargas.

Con el inventario de cargas y la información de los aparatos eléctricos en las diferentes edificaciones del Instituto se podrá tener un estimado del consumo eléctrico interno. La información relevante para una estimación del consumo que contiene el inventario de cargas es la potencia y el tiempo de uso, sin embargo, la potencia que se captura en el registro es una potencia nominal, por lo que esta potencia no es la demandada por el equipo en todo el tiempo de uso.

En esta parte del trabajo se espera tener una estimación con precisión baja de lo que se consume debido al uso de información de terceros que probablemente no conocen los detalles eléctricos de los dispositivos en sus espacios, pero en posteriores pasos se realizarán comparaciones de que tan desfasado puede estar un inventario de cargas de lo real. Aún con el desfase el inventario de cargas, otorgará información relevante para indicadores energéticos, solo que los resultados serían en porcentaje.

3.3. Mediciones con analizador de redes.

Las mediciones se realizarán en el centro de cargas general del Instituto, en este punto se podrá obtener información del consumo total que tiene el IER. Serán realizadas 3 mediciones en este punto las cuales describirán la información de:

- El consumo total con sistemas fotovoltaicos aportando energía eléctrica a la red del Instituto, para comparar con la siguiente toma de mediciones sin sistemas fotovoltaicos.
- El consumo total sin sistemas fotovoltaicos.
- El consumo eléctrico total con sistema fotovoltaico más reciente que se pueda, este se usará solo para observar el consumo eléctrico total real.

Para realizar las mediciones eléctricas se usarán analizadores de redes pertenecientes al grupo

de fotovoltaica del Instituto de Energías Renovables, la marca y modelo del analizador de redes es AEMC 3945-b, el analizador de redes se encuentra calibrado.

Por otro lado, se hará una medición en el edificio 1 espacio 20, este espacio es conocido como el site principal. En el espacio nombrado se hará una comparación más detallada en cuanto al consumo energético según el inventario de cargas y según el analizador de redes. Aquí se podrá visualizar la diferencia entre ambos métodos.

3.4. Comparación de los datos obtenidos

Una vez teniendo los datos del inventario de cargas y los datos del analizador de redes se podrá hacer un análisis de que tan preciso es el tener un registro exhaustivo con potencias nominales y horas de uso. También se podrá definir la utilidad de este tipo de registros.

Para hacer la comparación se usará específicamente la energía aparente de la información obtenida por el analizador de redes, contra la energía estimada de la potencia nominal del inventario de cargas por el tiempo de uso.

Otra comparación que se tendrá en cuenta es la toma de datos con y sin el sistema fotovoltaico, con esto podrá hacerse un acercamiento a cuanto es el porcentaje de energía que se produce con los sistemas fotovoltaicos en el IER. Para dar un segundo respaldo en cuanto al porcentaje de generación de energía solar en el IER, se realizará un análisis con los datos de la estación meteorológica que se posee en el Instituto y la potencia pico instalada.

3.5. Indicadores energéticos

Para tener una comprensión más detallada de como es el consumo energético en el Instituto, se obtendrán indicadores entre los cuales serán:

- Energía consumida per cápita: Energía eléctrica total consumida en el Instituto entre las personas inscritas en alguna actividad en este. Describirá el consumo promedio que tiene cada persona en el Instituto.

- Energía consumida por actividad: Con el inventario de cargas es posible estimar la energía consumida por edificio, al saber el propósito de cada edificio en el Instituto es posible determinar si la energía es usada por alguna actividad de académicos, estudiantes, administrativas o intendencia.
- Tasa de incremento en el consumo de energía eléctrica: Con información de los últimos 4 años del consumo eléctrico del Instituto, se podrá determinar la tasa de incremento en el consumo.

3.6. Análisis de la factura eléctrica de la CFE.

Con la información de 4 años de facturas eléctricas de la CFE, se pretende tener conciencia del consumo eléctrico y el impacto económico de éste en el Instituto.

Capítulo 4

Desarrollo y Resultados

En este capítulo se describirá el desarrollo realizado y los resultados obtenidos del inventario de las cargas eléctricas, de mediciones con el analizador de redes y de un análisis de la factura eléctrica que recibe el Instituto mensualmente.

En cuanto a la organización del inventario de cargas, se hizo una división de los edificios en el Instituto de Energías Renovables, esta división es basada al programa '*Ecopuma*'. En la división el IER se categoriza con 23 edificios y el plano de esta división se adjunta en el Apéndice A.

4.1. Actualización del inventario de cargas

Este inventario divide los dispositivos eléctricos en 8 clasificaciones, las cuales son las siguientes

- Luminarias
- Misceláneo
- Cómputo misceláneo
- Cómputo
- Aire acondicionado

- Motores
- Refrigeración
- Laboratorio

El inventario de cargas se realizó en el año 2017, por lo que parte de desarrollo fue la verificación o actualización, según sea el caso, de la información que hay en el inventario, así es como se eliminaban cargas eléctricas que ya no eran existentes en la zona descrita por el inventario, como la adición de nuevas cargas eléctricas. Hay dos espacios del Instituto que tuvieron cambios notables en cuanto al consumo de las cargas eléctricas, el primero es el edificio 1 espacio 20 y 21, también conocido como el site principal, puesto que en la última mitad del año 2017, aquí se hizo la instalación de los servidores de información del Instituto, a este espacio se le dará un análisis más adelante; la otra zona que también tuvo adición de varias cargas eléctricas es el edificio 23, también conocido como el edificio 3.1 por la comunidad del Instituto.

Para la revisión y actualización de la base de datos de las cargas eléctricas, en muchos edificios se utilizó la ayuda de los integrantes de la materia "Diagnóstico y Evaluación Energética". En la materia como actividad curricular se hicieron equipos entre los alumnos y se repartieron los diferentes edificios. Los participantes procedieron a verificar y actualizar cada elemento descrito en el inventario visitando los edificios otorgados, entrevistando a las personas encontradas en los determinados edificios.

Posterior a la verificación y actualización realizada en la asignatura, para fines de este proyecto de evaluación, se desarrolló una segunda verificación determinando un confiable registro. Se debe tener en cuenta que en el Instituto hay cargas eléctricas que se mantienen relativamente estables, como dispositivos de laboratorios, servidores, aires acondicionados, etcétera; por otro lado hay cargas que son muy dinámicas debido al flujo inestable de personas y las diferentes funciones que se desarrollan en el Instituto, estas últimas cargas pueden ser computadoras, dispositivos de experimentación, celulares, etcétera. Debido a las cargas variables en el Instituto, es complejo el análisis energético con un inventario de cargas.

4.1.1. Luminarias

Este apartado abarca las luminarias instaladas en los diferentes espacios de los edificios, no incluye dispositivos de luminosidad utilizadas en algunos reactores como en el laboratorio de bioenergía (En la figura 4-1 se observa la gráfica con los consumos estimados de luminarias por Edificio). Al realizar el levantamiento de cargas se encontró que las luminarias estaban clasificadas con diferentes códigos y no específicamente con la potencia nominal, por lo que se indagó en los códigos para determinar la potencia nominal de las diferentes luminarias. Se observó que no se tiene el conocimiento pleno de cuantas horas al día están encendidas.



Figura 4-1: Gráfica del consumo diario existente de luminarias, según el inventario de cargas.

4.1.2. Misceláneo

En misceláneos se encuentran: teléfonos fijos, dispensadores de agua potable, televisores, verificadores de huellas dactilares, cafeteras, proyectores en las aulas de clase y salones de juntas. Realmente el apartado de misceláneos contiene cargas eléctricas con propósitos generales.

El consumo estimado total diario en el apartado de misceláneos según el inventario de cargas del Instituto es de 172.55 kWh, de esta categoría, los edificios más consumidores son:

- El edificio 2 con un consumo de 37.80 kWh

- El edificio 13 con un consumo de 34.08 kWh
- El edificio 1 con un consumo de 23.65 kWh

Al verificar la información de las cargas eléctricas de la categoría misceláneos hubo cambios en la potencia requerida para algunas cargas eléctricas la más notoria y la cual redujo en gran medida el consumo eléctrico fue los dispensadores de agua, estos tenían registrado una potencia de 1500 W, al ser usados estos por 24 horas y todos los días de la semana se tenía un consumo de 36 kWh diarios, y hay más de 5 dispensadores de agua a lo largo del Instituto, así que en puro misceláneos se consumía más de 150 kWh diarios, corregir este dato disminuyo el consumo energético de esta categoría.

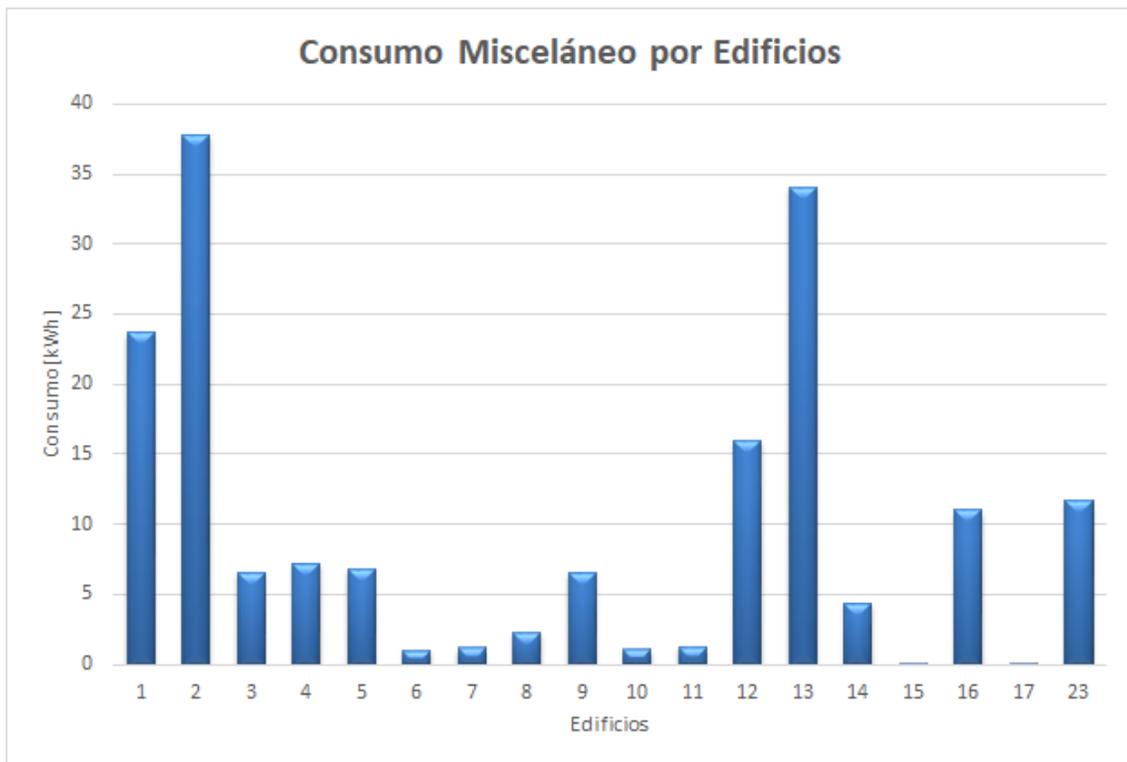


Figura 4-2: El consumo diario existente de misceláneo, según el inventario de cargas.

4.1.3. Cómputo Misceláneos

En esta categoría se encuentran accesorios para cómputo, algunos ejemplos son las impresoras, escaners, puertos para los servidores, routers, etcétera. Es del tipo de cargas más estables en el Instituto debido a que se encuentran encendidas, en su mayoría, las 24 horas del día. Otra razón de la estabilidad de estas cargas es que cuando comienzan su operación no son retiradas en un largo tiempo, igualmente, no se agregan muchos dispositivos pertenecientes esta categoría en el año.

La mayor parte de estas cargas se encuentran en zonas administrativas debido al creciente uso de impresoras, sin embargo, aunque son pequeños espacios, en lugares con servidores se encuentra un alto consumo de energía eléctrica derivada de routers y servidores, se puede decir que la densidad de consumo en estos lugares es elevada.

El edificio que notablemente es el mayor consumidor de cargas eléctricas para esta categoría es el edificio 1, específicamente el espacio 20 y 21, conocido como el site principal. El consumo de esta zona es de 211.13 kWh diarios según el inventario de cargas, este consumo es notablemente elevado por el número de routers que están en este sitio y estos servidores se encuentran funcionando las 24 horas del día y los 7 días de la semana.

El segundo gran consumidor de este apartado es el edificio 4 donde igual se encuentra un área de cómputo en "Termociencias", el consumo de este edificio en esta categoría es de 40.70 kWh. Se observa que el consumo del primer lugar es aproximadamente 5 veces mayor que el consumo del segundo lugar. Adelante se analizará el consumo del edificio 1 espacio 20 y 21, según el inventario de cargas y una comparación con el consumo real medido con un analizador de redes en este espacio.

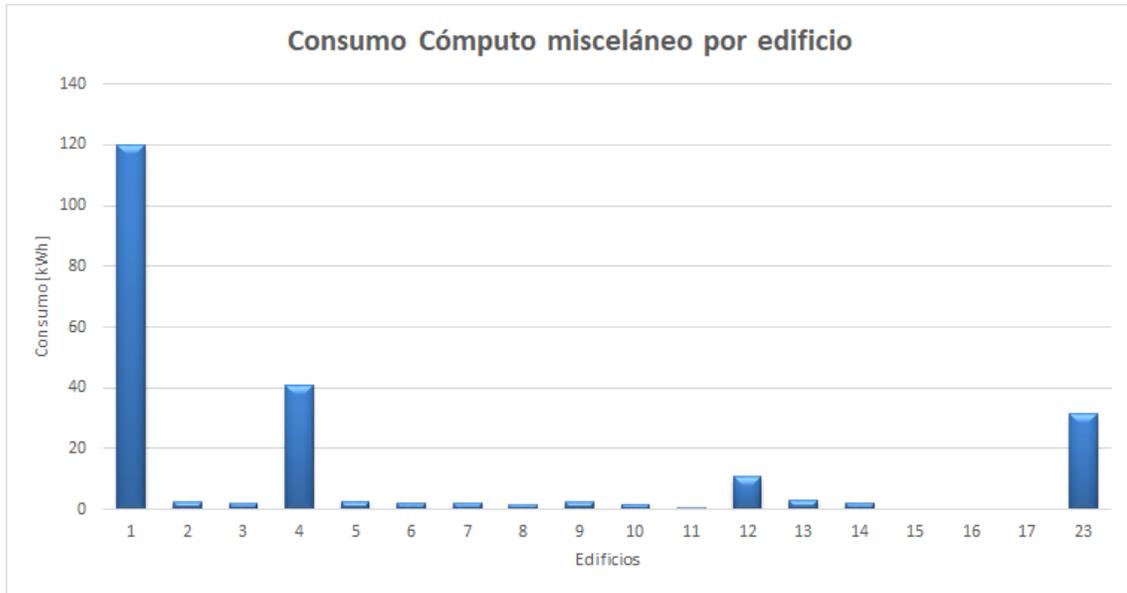


Figura 4-3: El consumo diario existente de cómputo misceláneo, según el inventario de cargas.

4.1.4. Cómputo

Esta categoría se refiere a monitores de las computadoras, laptops, servidores, cpu, etcétera. Todo relacionado directamente con el funcionamiento de una computadora. Como en la categoría de cómputo misceláneo la mayor densidad de consumo se encuentra en sitios con servidores, secundado por espacios administrativos.

En el inventario se registraron algunas laptops, el dinamismo que tiene el consumo de energía eléctrica por computador portátil es grande, pero las laptops que se alcanzaron a registrar son aquellas que tienen un uso similar al de una computadora de escritorio, debido a que están en la misma posición casi siempre.

El cómputo en el Instituto de energías renovables es uno de los principales consumidores de energía eléctrica, hay 4 edificios de considerable consumo eléctrico en esta categoría.

- Edificio 1, 121.23 kWh
- Edificio 4, 85.92 kWh
- Edificio 12, 71.70 kWh

- Edificio 23, 58.70 kWh

En el edificio 1 y en el edificio 4 se encuentran servidores que tienen que estar en funcionamiento las 24 horas del día, principal razón por la que estos espacios tienen el mayor consumo de energía eléctrica, tanto en cómputo como en cómputo misceláneo.

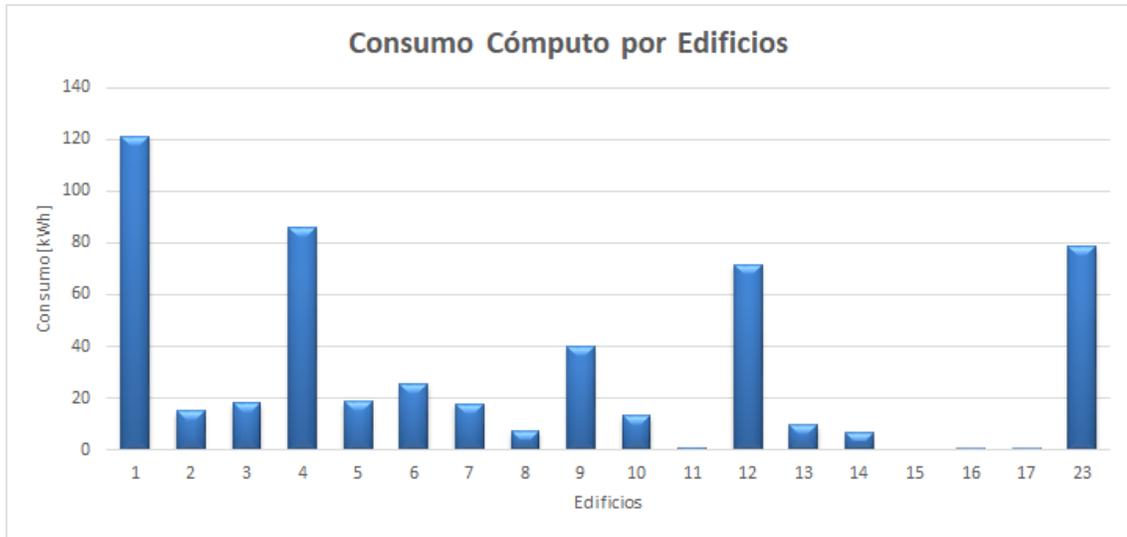


Figura 4-4: Gráfica del consumo diario existente de Cómputo, según el inventario de cargas.

4.1.5. Aire Acondicionado

Según el inventario de cargas se percibe un consumo elevado en los aires acondicionados, lo cual está relacionado con las elevadas potencias que demandan los aires acondicionados, sin embargo, es un valor impreciso ya que los dispositivos eléctricos no consumen la potencia nominal a lo largo de todo el tiempo en funcionamiento, esa potencia real no puede ser descrita en el inventario de cargas ya que debe ser medida para cada dispositivo. Otra razón por la que el valor en aires acondicionados es impreciso es porque, aún cuando estos aparatos estén operando por un largo periodo de tiempo, tienen tiempos de descanso cuando el espacio ha llegado a la temperatura establecida, esos tiempos de descanso también son ignorados por un inventario de cargas ya que es información que no se puede obtener de forma cualitativa, por lo cual se debe medir.

Los tres mayores consumidores de electricidad por aires acondicionados son:

- Edificio 1, 491.83 kWh
- Edificio 3, 333.23 kWh
- Edificio 4, 227.54 kWh

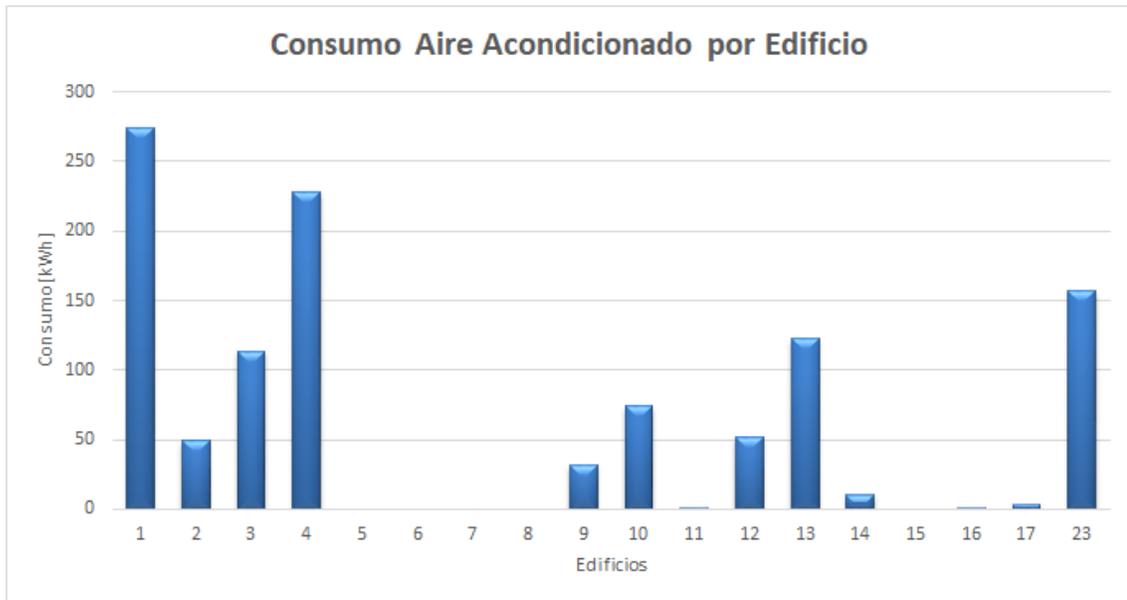


Figura 4-5: El consumo diario existente de Aire Acondicionado, según el inventario de cargas.

4.1.6. Motores

En la categoría de motores, el edificio 14 es el mayor consumidor de energía eléctrica y los edificios sobrantes tienen una porción muy pequeña en cuanto a consumo, llegando a ser nulo el consumo para algunos edificios. En el edificio 14 se encuentra el taller del Instituto donde se utiliza maquinaria de torno, taladros, cortadoras, etcétera es por ello que se utiliza mucha energía en motores.

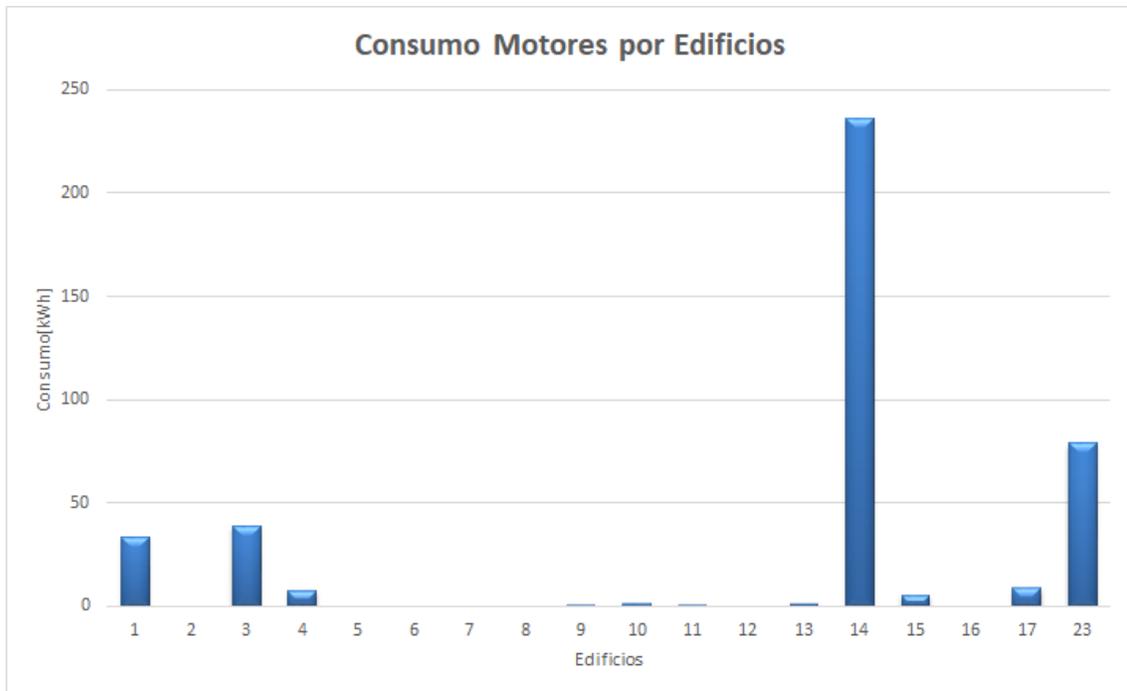


Figura 4-6: Gráfica del consumo diario existente de Motores, según el inventario de cargas.

4.1.7. Refrigeración

Determinar el consumo de los refrigeradores es más preciso en cuanto al inventario de cargas, ya que la información técnica con la que generalmente se cuenta es del consumo anual por refrigerador, por lo que se puede sacar un estimado diario o mensual, y así se despreciaría la información de las alzas y bajas de potencia demandada cuando el refrigerador esta en funcionamiento.



Figura 4-7: El consumo diario existente de Refrigeración, según el inventario de cargas.

4.1.8. Laboratorios

La categoría de laboratorios se refiere a todo lo relacionado con la parte de los experimentos, por ejemplo las campanas de extracción, las cámaras de vacío, calentadores, balanzas, etcétera. Al ser un Instituto, se realizan muchos experimentos y estos a su vez son muy variables, tanto en su duración como en su consumo eléctrico, por lo que, la información de este apartado debe ser actualizada con mayor frecuencia que otros apartados.

Es complicado el definir la potencia nominal de los dispositivos de experimentación ya que tienen diferentes etapas en su funcionamiento y cada estación demanda diferente magnitud de potencia, por otro lado al preguntar el tiempo de funcionamiento, se conoce el tiempo de todo el proceso y no de cada etapa.

De esta categoría se encuentra como mayor consumidor el edificio 3 (324.25 kWh), donde se encuentran los laboratorios de fotovoltaicos; el segundo mayor consumidor es el edificio

23(237.56 kWh), donde se encuentran los nuevos laboratorios del Instituto; en tercer lugar se encuentra el edificio 4(170.73 kWh).



Figura 4-8: El consumo diario existente de Laboratorios, según el inventario de cargas.

4.1.9. Consumo por categoría

Teniendo el registro con la información actualizada de los dispositivos eléctricos en el IER, se procede a analizar la información. En cada categoría se pudo obtener la potencia nominal de los aparatos eléctricos, también se conoce las horas de funcionamiento en el día y los días de la semana que generalmente se usan, con estos datos se obtiene el estimado de consumo energético diario. Al tener la información detallada por categoría es posible estimar cuanto consume cada tipo de artefacto.

Al hacer el cálculo de la energía consumida en kilowatts hora, se obtuvieron valores más elevados de lo esperado, hasta dos veces mayor que información encontrada en las facturas de energía eléctrica, pero esto es tema a tratar en siguientes secciones. Debido a la magnitud en

el análisis del inventario de cargas, se utilizará la información como porcentajes para hacer la comparación de las categorías más consumidoras de energía eléctrica.

El mayor consumo eléctrico es debido a cargas eléctricas en los aires acondicionados, las cuales cuentan con el 32% de todas las cargas eléctricas consumidas en el Instituto de Energías Renovables. El segundo consumidor mayorista en el Instituto son las cargas eléctricas derivadas a los laboratorios, en porcentaje se representa un 22% del consumo total del IER.

Cabe destacar que en cuanto a los aires acondicionados, para mantener las condiciones ambientales en espacios de investigación y en áreas con servidores computacionales, es requerido que estos se encuentren encendidos las 24 horas del día, o por lo menos, más de la mitad del día. Aún cuando los aires acondicionados tienen tiempos de descanso y otros de funcionamiento, como inventario es complejo determinar las horas exactas de descanso y de demanda energética óptima.

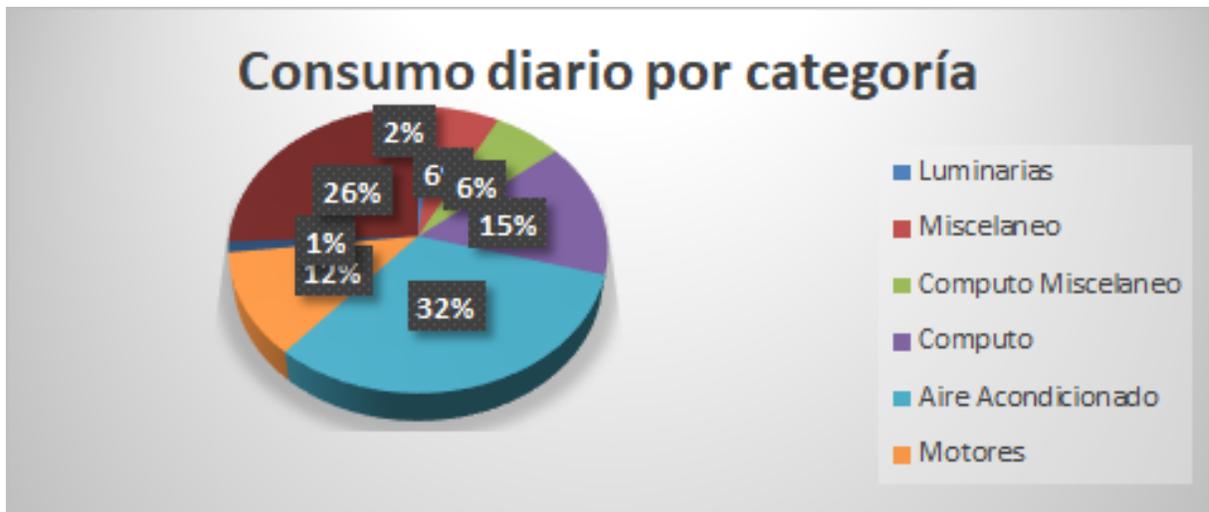


Figura 4-9: Esquema del consumo energético promedio diario por categoría.

4.2. Análisis de consumo con mediciones reales

Las mediciones para el análisis del consumo eléctrico se realizaron con analizadores de redes, los cuales se colocaron en la acometida eléctrica principal del Instituto de Energías Renovables.

Se tomaron dos veces las mediciones por un periodo de tiempo de 8 y 12 días cada una, la primera medición fue realizada en la última semana del mes de abril, y en la particularidad de está fue todos los paneles fotovoltaicos del Instituto fueron desconectados, sin los sistemas fotovoltaicos funcionando se observa con mayor claridad el consumo total del Instituto. La segunda medición fue en los primeros 10 días del mes de mayo del 2018, del mismo centro de cargas principal, esta vez con los sistemas fotovoltaicos funcionando, con la información que incluye a los paneles fotovoltaicos funcionando es posible analizar el aporte que estos sistemas dan al Instituto. Se decidió usar la información de estos días porque tienen la particularidad de ser información tomada en semanas seguidas, se tuvo un flujo de personas en el Instituto aparentemente similar y por último es información con y sin energía fotovoltaica en el IER.

Habrà una comparación especial en edificio y espacio del Instituto, estè serà en el espacio 20, 21 y 16, que serà renombrado en el espacio 20 ya que se hizo una modificación en estè espacio; aquì se tienen todos los servidores que conectan al Instituto de Energías Renovables, es un consumo alto ya que se tiene en funcionamiento las 24 horas del día y los 7 días de la semana. Las mediciones para este espacio se realizaron en la primera semana de agosto del 2018.

4.2.1. Consumo con y sin sistemas fotovoltaicos

Como ya se mencionó se tomaron dos mediciones para determinar el consumo total en el IER, una con sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica del IER, y la segunda medición sin estos sistemas fotovoltaicos conectados a la red. En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento de las dos semanas en las que se llevaron a cabo las mediciones.

Como se observa en la figura 4-10 el comportamiento de toda la semana es muy similar, exceptuando el viernes que el consumo con paneles fotovoltaicos tiene una alza con respecto al jueves y de forma diferente, el consumo sin fotovoltaicos va disminuyendo. Es necesario recordar que las mediciones son realizadas en diferentes semanas, que aunque se tuvo una matriz similar de consumo, tiene variaciones. Analizando la información de las mediciones tomadas por día (ver tabla 4-1) se tiene un ahorro promedio del 35 % gracias al uso de sistemas fotovoltaicos.

Tabla 4-1: Relación del consumo con y sin paneles solares conectados a la red del IER.

Dia	Consumo con SFV [kWh]	Consumo sin SFV [kWh]	Ahorro [%]
Lunes	2164.67	3,158.45	31
Martes	2062.18	2,906.75	29
Miércoles	2223.33	3203.82	30
Jueves	1882.67	2762.71	31
Viernes	1943.10	2452.14	20
Sábado	1255.20	2750.98	54
Domingo	1197.30	2670.52	55

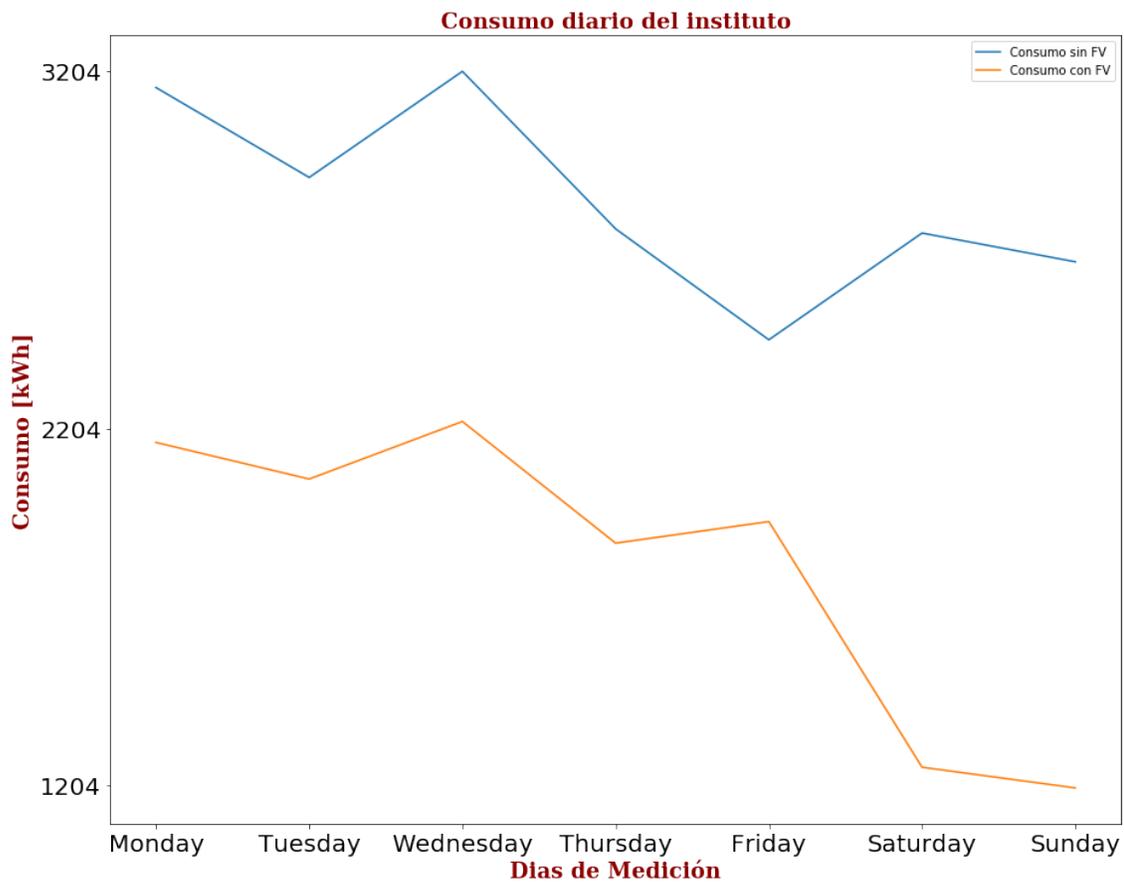


Figura 4-10: Gráfica del consumo energético real con y sin paneles fotovoltaicos.

Al no tener la posibilidad de desarrollar mediciones con y sin sistemas fotovoltaicos simultáneamente, se propone un análisis de la generación fotovoltaica basada en la potencia pico instalada en el Instituto, tomando en cuenta el factor de pérdidas. La información de insolación

diaria real será tomada desde la estación meteorológica del Instituto de Energías Renovables (esolmet.ier.unam.mx), así será posible obtener los datos de irradiación solar localmente. La potencia solar pico instalada desde agosto del 2018, según los responsables de la instalación en el IER (M. en E.S. José Ortega Cruz) , es de 165.9 kW, y trabajaron con un factor de perdidas del 91 %.

El análisis es basado en el mes de septiembre, ya que no se tiene la información del día exacto en el que se instaló la potencia pico más reciente, solo es conocido que fue en agosto. Con la información de la irradiación en septiembre del 2018, se realizaron las gráficas 4-11 y 4-12.

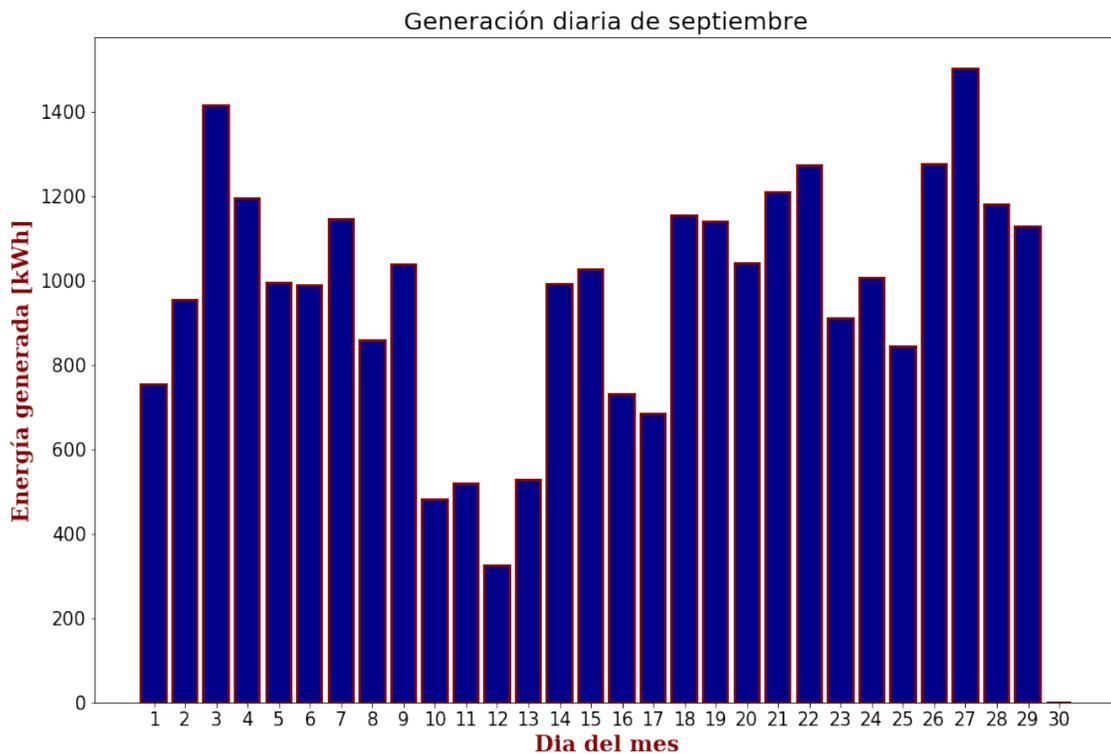


Figura 4-11: Gráfica de la generación fotovoltaica diaria en el mes de septiembre de 2018.

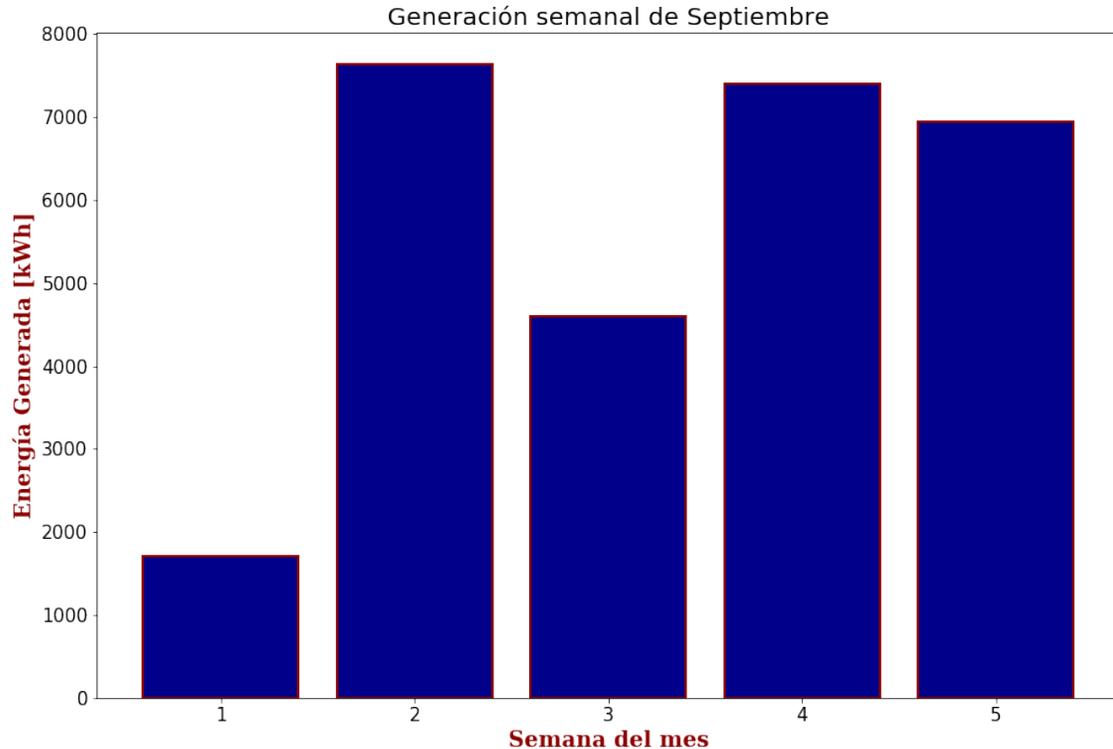


Figura 4-12: Gráfica de la generación fotovoltaica semanal en el mes de septiembre de 2018.

La generación en el mes de septiembre debido a los SFV es de 25,452.73 kWh, en éste mes la CFE facturó al Instituto un consumo de 42,085 kWh. por lo que con esta información se obtiene que la energía fotovoltaica en el Instituto beneficia con un ahorro del 37 %. El porcentaje de energía generada en relación con la total consumida es muy similar con la obtenida por las mediciones en semanas diferentes. Por lo que se puede decir que el ahorro por sistemas fotovoltaicos en el Instituto es alrededor del 35-37 %.

4.2.2. Análisis de inventario contra análisis de mediciones reales

Tomando como muestra un espacio que se considera de gran consumo energético, se realizará una comparación entre un consumo energético medido con instrumentos especializados y el consumo energético estimado por el inventario de cargas. El edificio elegido tiene la particularidad de estar repleto de servidores computacionales, los cuales deben estar conectados

prácticamente las 24 horas del día y los 7 días de la semana; recordando que uno de los problemas en una estimación por el inventario de cargas es el tiempo de uso poco preciso, al utilizar este espacio para la comparación se está disminuyendo este inconveniente. Las cargas variables en este espacio son las luminarias, los ventiladores en los equipos computacionales y las altas y bajas potencias que tienen los aires acondicionados por entrar a modo reposo o trabajar en forma nominal.

La comparación es realizada con el Edificio 1 espacio 20, 21 y 16 (según el plano del IER, pero ahora se ha modificado convirtiéndose en cuarto de servidores), lo cual es conocido como el cuarto de servidores o el site principal, aquí se hicieron hasta tres revisiones para tener información más precisa en el inventario de cargas, y se tomaron mediciones de los dos centros de cargas que hay en la habitación, estas mediciones fueron por las primeras dos semanas de Agosto del 2018.

En el inventario de cargas se obtiene la información de cuantos aparatos del mismo tipo hay, cuantas horas al día y cuantos días a la semana se encuentran operando. Con esta información se hizo una matriz de consumo en la cual se pretende asemejar el valor cualitativo del inventario a un valor real, respetando las horas de uso de los aparatos y los días de la semana. Se ajustó en esta matriz que todos los dispositivos comenzarán a funcionar desde la primera medición hecha con los analizadores de redes en los centros de carga, se tomó esta libertad porque se está comparando consumo, sin embargo, si fuera requerido tratar temas de tarifas no sería posible tomar esta libertad ya que es importante el horario en el que se consume la energía eléctrica.

En la siguiente gráfica se muestra la comparación de consumo entre la estimación del inventario y la medición los analizadores de redes.

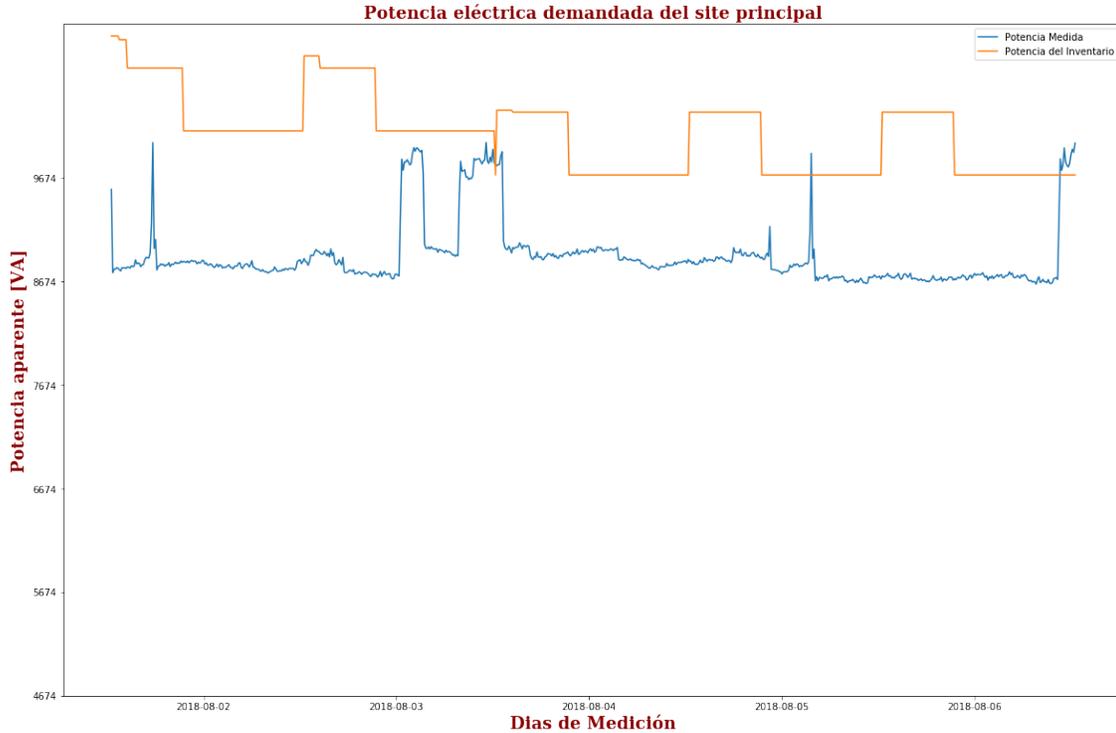


Figura 4-13: Consumo energético del site principal.

Para obtener la gráfica 4-13, se creó una matriz que describe el comportamiento de las cargas eléctricas a través de la semana con la información de las horas al día y los días a las semana que están en funcionamiento. Al tener este comportamiento se realiza la comparación directa con las cargas eléctricas medidas. Con el desarrollo realizado se obtuvo un desfase en el consumo obtenido por el inventario con el consumo real, se tomó la libertad este análisis ya que solo se usará para determinar el consumo y no se profundizará en temas de costos o de calidad de energía, donde sería más relevante tener la información detallada de a que hora se demanda determinada potencia.

En la gráfica 4-13 se observa que el consumo descrito por el inventario es mayor con un promedio de 1188.16 VA diarios esto es una diferencia del 11.7 %, no es una diferencia exorbitante entre el inventario y las mediciones, sin embargo, se debe tener presente que este espacio fue especialmente verificado para tener información lo más precisa posible, y que éste espacio tiene una carga relativamente constante y otras partes inventariadas no tendrán estos factores

positivos. Si se estudiara espacio por espacio, se esperaría una diferencia mayor al 11 %, por lo que la información del inventario de cargas no aportará un consumo preciso del Instituto, más esta información puede ser utilizada para determinar indicadores de consumo por categoría, por población en el Instituto o por edificio, así también se podrá estimar la forma en la que se debe ahorrar energía.

4.3. Facturación

Para entender el impacto económico del consumo energético dentro del Instituto, se efectuará un estudio de la facturación que este ha recibido. La información con la que se realizará este análisis es de las facturas eléctricas de los últimos dos años, por medio de los historiales mostrados en las facturas eléctricas es posible extender la información, aunque no tan detallada, hasta el 2015.

El Instituto de Energías Renovables tiene un contrato con la CFE en la tarifa *Gran demanda media tensión horaria* (GDMTH) con una demanda conectada por 130 kW. En esta tarifa el cliente debe cuidar las horas de demanda energética, ya que hay tres diferentes precios a los kWh consumidos en las diferentes horas, para el caso de Morelos:

Otro punto relevante en la facturación, para la tarifa contratada por el IER, es el factor de potencia, ya que si este baja del 90 % se recibe una penalización, en caso contrario se recibe una bonificación.

Tabla 4-2: Horarios de los diferentes costos por kWh en tarifa GDMTH, aplican desde el primer domingo de abril al sábado anterior del último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a Viernes	0:00-6:00	6:00-20:00 22:00-24:00	20:00-22:00
Sábado	0:00-7:00	7:00-24:00	NA
Domingos y días festivos	0:00-19:00	19:00-24:00	NA

Tabla 4-3: Horarios de los diferentes costos por kWh en tarifa GDMTH, aplican desde el último domingo de octubre al sábado anterior del primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a Viernes	0:00-6:00	6:00-18:00 22:00-24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00-8:00	8:00-19:00 21:00-24:00	19:00-21:00
Domingos y días festivos	0:00-18:00	18:00-24:00	NA

4.3.1. Consumo y costo de energía en el IER

Con la información de los últimos tres años de la facturación energética del IER se obtienen las gráficas 4-14 y 4-15

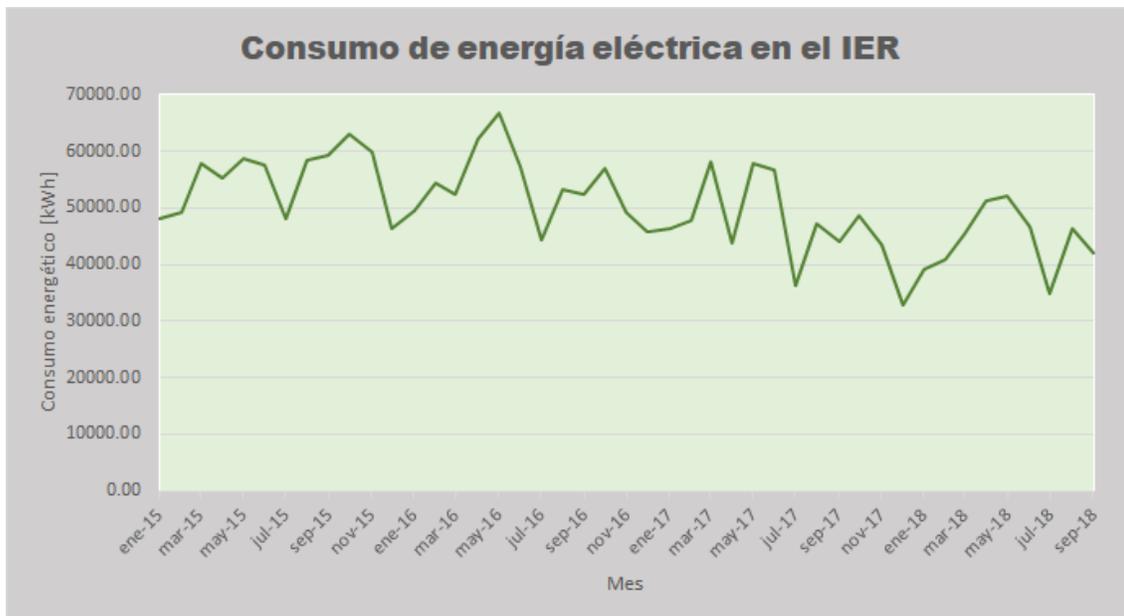


Figura 4-14: Gráfica que describe el consumo eléctrico del Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.

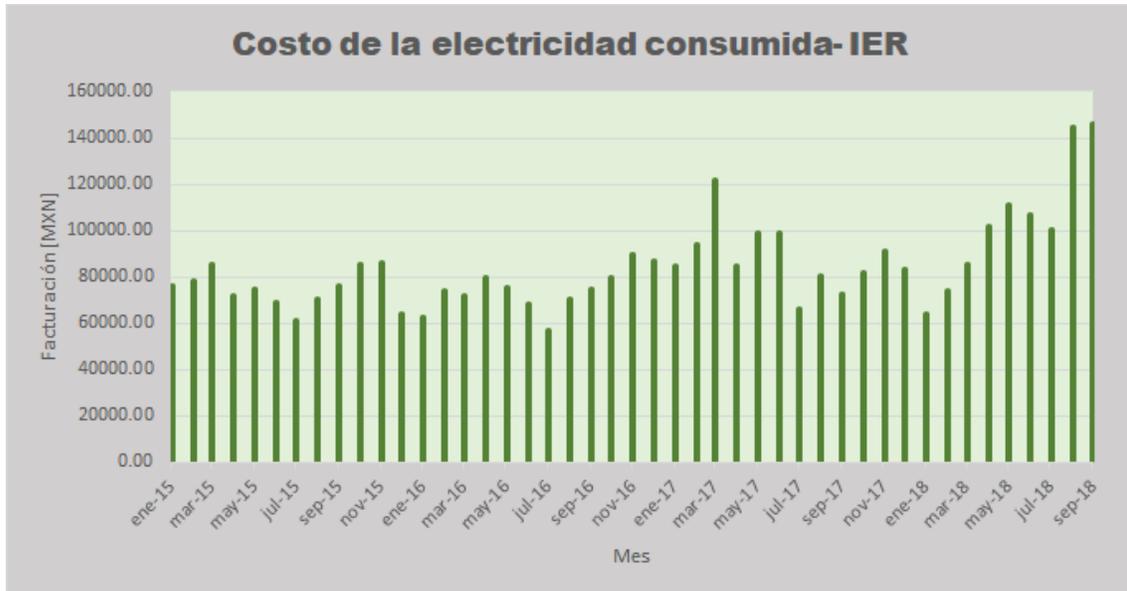


Figura 4-15: Gráfica del comportamiento del costo de la energía eléctrica consumida por el Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.

Se observa un decremento en el consumo eléctrico que percibe la CFE, esto es debido a las medidas de ahorro energético que se realizaron para obtener el certificado ORO nombrado en los antecedentes de este documento, también es debido a la operación de los sistemas fotovoltaicos instalados, el que la CFE perciba dicho decremento no significa que se este consumiendo menos energía eléctrica, puede significar un consumo más sustentable de la energía, lo cual es algo plausible para la comunidad del Instituto.

Aún cuando se está consumiendo menos energía eléctrica por parte del IER, en el aspecto económico, no se cuenta con un decremento como se esperaría, esto ilustra la situación energética que tiene México, donde el costo por energía esta en constante crecimiento.

Para dar una idea del aumento en el precio por kWh se presenta la gráfica del costo medio por kWh consumido en el IER. En la figura 4-16 se observa que en este año se ha tenido la tasa de crecimiento más constante alcanzando un costo por kWh de 3 pesos mexicanos.

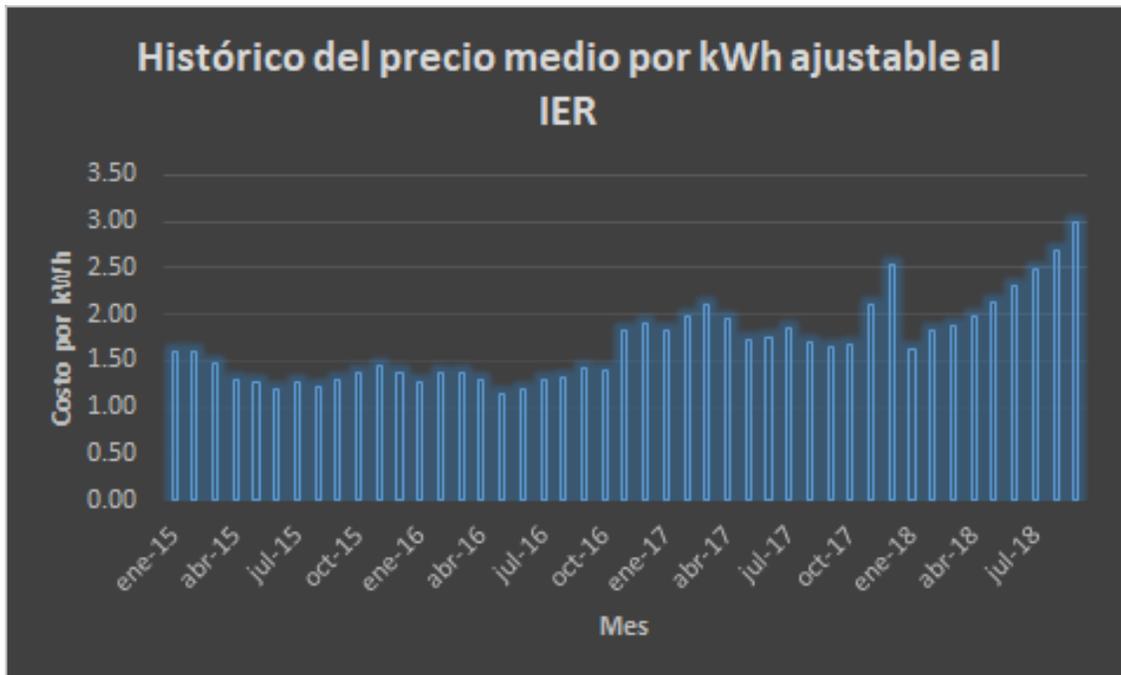


Figura 4-16: Gráfica que muestra la variación en el costo por kWh de enero 2015 a septiembre 2018.

4.3.2. Demanda energética del Instituto

En cuanto a la demanda energética, CFE con las tarifas anteriores hacía una ponderación de la demanda facturable, la cual dependía de las demandas máxima en base, intermedio y punta, ahora simplemente usa la demanda máxima en horario punta del mes y esa es la que se utiliza, por lo que, para realizar la gráfica de la demanda, en los años 2015,2016 y 2017, se utilizó la demanda facturable y en el año 2018 se utilizó la demanda en horario punta.

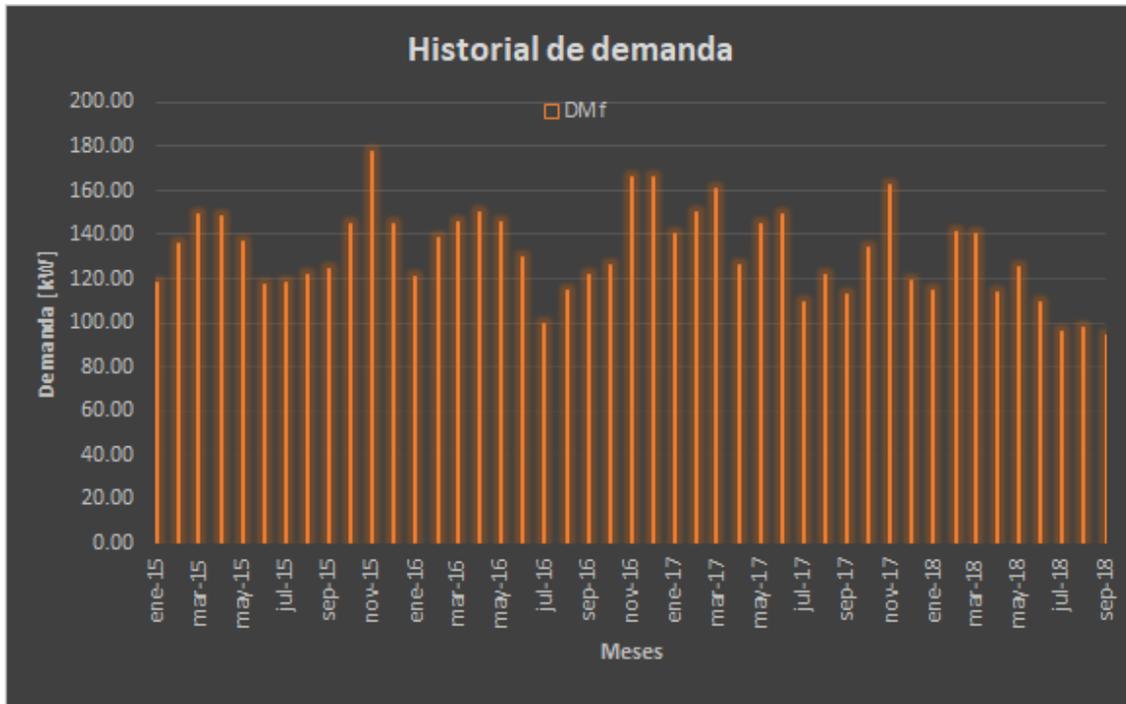


Figura 4-17: Demanda de potencia por el Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.

Es de observar que en diferentes ocasiones se ha excedido la demanda contratada con la CFE. Gracias a los sistemas fotovoltaicos que se han instalado a lo largo del 2017 y 2018, se ha reducido en promedio la demanda hecha a la CFE. La demanda es un parámetro que debe ser cuidado ya que si por un periodo consecutivo de tiempo se excede la demanda contratada con la CFE, a parte de tener penalizaciones, la CFE procedería a cambiar de tarifa o el contrato de demanda con el Instituto.

4.3.3. Factor de potencia

El factor de potencia registrado en las facturas es excelente, tienen como magnitud aproximadamente la unidad como se ve en la figura 4-18.

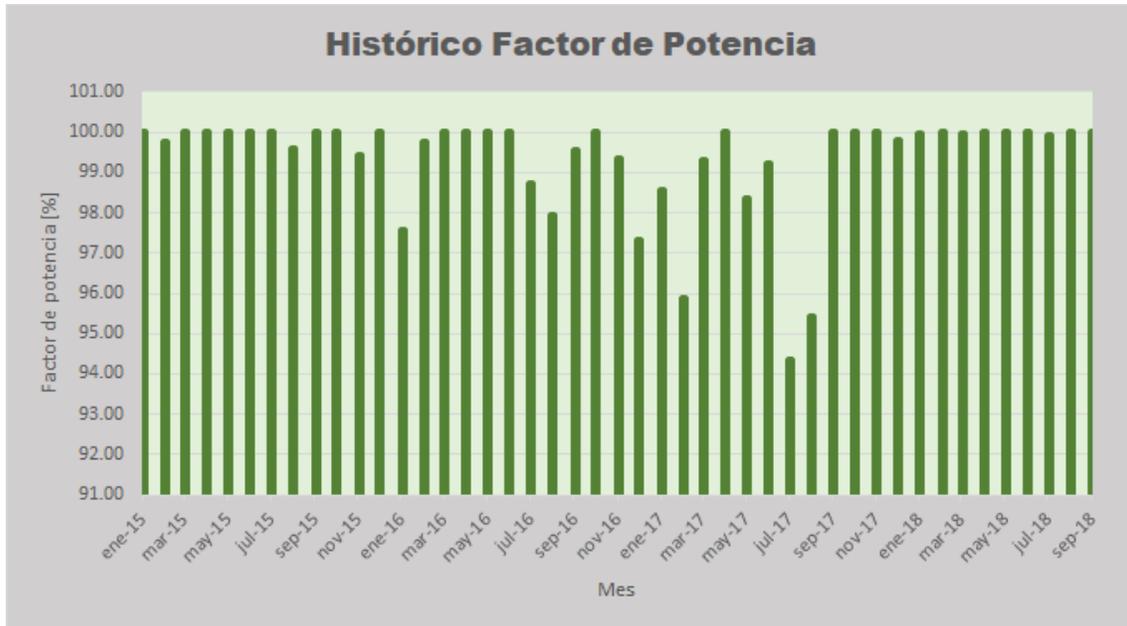


Figura 4-18: Gráfica que muestra el comportamiento del factor de potencia registrado en las facturas del Instituto de Energías Renovables de enero 2015 a septiembre 2018.

Respecto al factor de potencia se encontró un inconveniente en la parte experimental. No es uno de los objetivos del documento, sin embargo, por accidente al hacer las mediciones con el analizador de redes, se obtuvieron factores de potencia que en promedio llegan al 70 % y esto se repitió en cada medición realizada en la acometida principal. Cuando se hicieron las mediciones en el espacio 20 del edificio 1, se obtuvieron factores de potencia del 95 %, lo que indica que hay secciones en el Instituto que están disminuyendo el factor de potencia.

Es un tema que debe ser atendido ya que si realmente el factor de potencia es bajo y la empresa suministradora de energía lo detecta habrá penalizaciones económicas.

4.4. Indicadores energéticos del IER

Como se describe en el marco teórico los indicadores energéticos ayudan a sintetizar la información de un área específica y describen como se utiliza la energía, así tomar medidas de eficiencia energética.

El desarrollo de ciertos indicadores que expliquen como se consume la energía eléctrica en el Instituto podrá detallar como puede mejorar este ámbito. Para crear estos indicadores se usará la información obtenida en el inventario de cargas del Instituto, la cual a lo largo del desarrollo de este proyecto mostró que para un análisis preciso del consumo no es adecuada, pero si es útil para clasificar las cargas y determinar espacios con mayor densidad de consumo energético. Un inventario de cargas detallado y actualizado es idóneo para crear indicadores energéticos ya que no es tarea sencilla el determinar con instrumentos de medición cuanta energía se consume por categoría, o por edificio; para hacer un análisis con instrumentos de medición se requerirían meses de medición, cantidad de instrumentos de medición como los analizadores de redes. El analizador de redes debería instalarse en cada centro de carga de cada edificio, y en algunos casos más de un edificio esta conectado a un centro de carga. Por lo explicado es que los indicadores serán extraídos con la información del inventario de carga.

4.4.1. Energía consumida por persona

El Instituto de Energías Renovables mantiene una población de 480 personas entre los académicos, administrativos, estudiantes, etcétera. Como un símil al indicador per cápita expuesto por balance nacional de energía también hereda su defecto, el cual es que se unifica todo el consumo del espacio estudiado y se divide entre las personas que habitan este. Al hacer esto se está asumiendo un promedio en el que todas las personas, aún las que tienen un consumo pequeño se ven afectadas en este promedio por diferentes actividades con gran demanda energética.

Este indicador puede ser obtenido con la facturación de energía eléctrica, esto es para que el indicador sea lo más preciso posible. El promedio de consumo eléctrico del año 2018 fue de 44,307.56 kWh mensual, al hacer la división se obtiene que:

$$CPC = \frac{44,307.56}{480} = 92.30kWh/mes$$

El consumo diario per cápita sería de 3.08 kWh/día, en México el consumo per capita es de 5.72 kWh en 2017 [SENER, 2017], considerando que una persona en el Instituto esta una

tercera parte de su día en las instalaciones, la población del IER tiene un consumo por debajo del promedio realizado para toda la población mexicana por un 53 %.

4.4.2. Energía consumida por edificio

Para este indicador será utilizada la información registrada en el inventario de cargas. Si se desea la realización de este indicador con datos medidos con los analizadores de redes se requería localizar los centros de carga de cada edificio (los cuales no cuentan con una división como el plano arquitectónico utilizado en este trabajo), al mismo tiempo que es requerido una cantidad de tiempo de aproximadamente 6 meses para tener datos relevantes de cada edificio en el Instituto.

Para visualizarla energía consumida por edificio, es desarrollado el plano arquitectónico del Instituto y resaltado los edificios según su consumo eléctrico por día.

Con la ayuda de está representación se observa que en las zonas donde se instalaron servidores hay mayor consumo energético, seguido por áreas donde se lleva acabo la experimentación. El edificio 23 es un gran área que contiene tanto el servidores, como diferentes laboratorios, combina los 2 tipos de áreas con mayor consumo, por lo que explica el porque esta zona es el primer puesto en consumo eléctrico, con una magnitud de 650.49 kWh/día. Después del edificio 23 se encuentra el edificio 1 con un consumo eléctrico de 647.40 kWh/día, el edificio uno aún cuando no tiene mucho espacio destinado para la experimentación, cuenta con el servidor principal del Instituto, siendo la razón por la que tiene un consumo energético elevado comparado con los otros edificios.

Aún cuando el edificio 14 tiene la mayor demanda energética instalada (debido a los motores y maquinaria del taller), no se encuentra en los mayores consumidores de energía eléctrica, esto es debido a que esa maquinaria pesada no es usada por gran parte del día o hasta semanas.

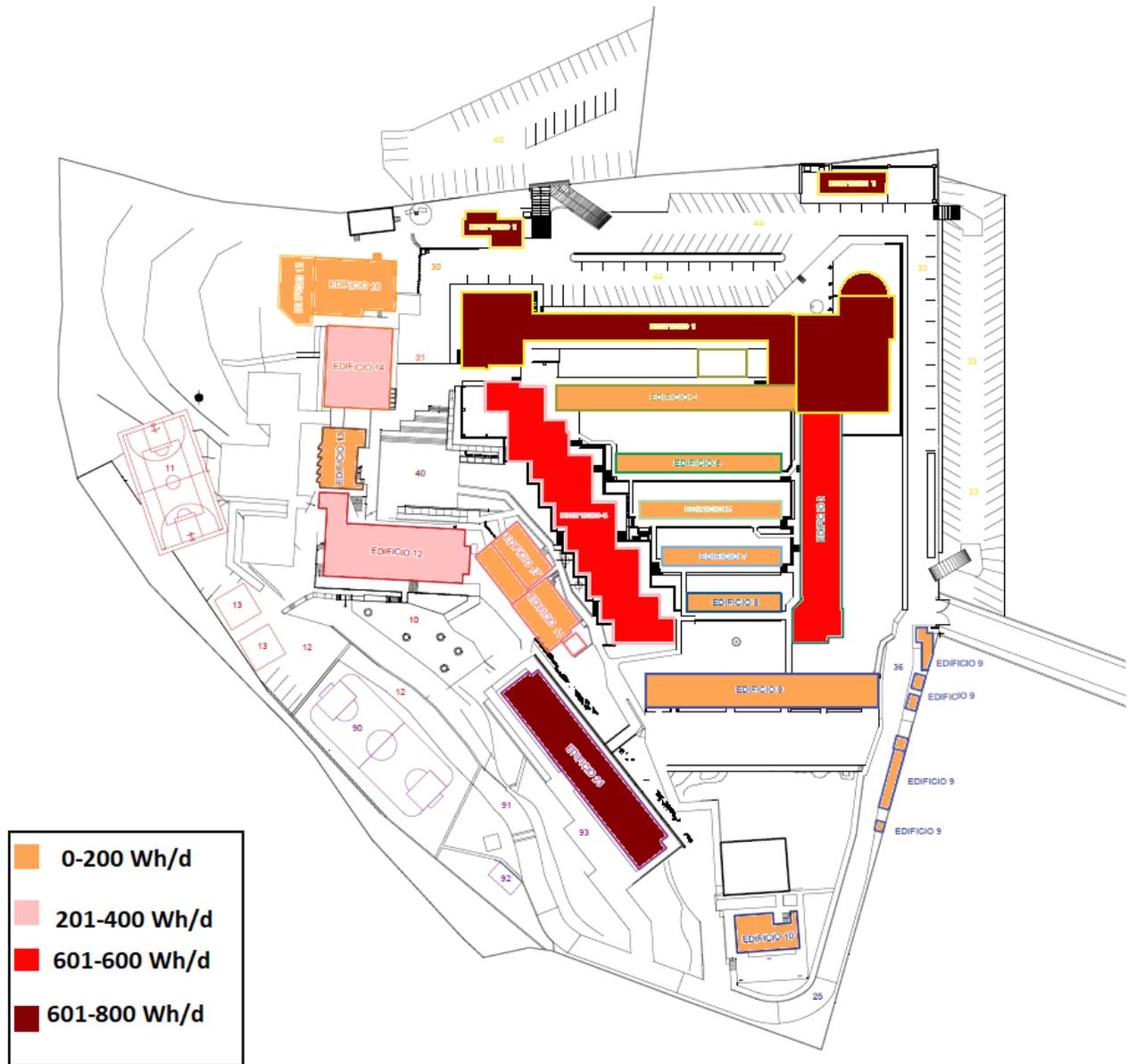


Figura 4-19: Representación del consumo eléctrico por edificio con diferentes categorías (0 - 200, 201 - 400, 401 - 600, 601 - 800 [Wh/día].

Capítulo 5

Conclusiones

Con los resultados obtenidos y la descripción del consumo energético por persona, por categoría y por edificio; se pretende detallar las conclusiones de cada etapa del análisis para determinar las áreas de oportunidad de mejora.

5.1. Inventario de cargas y mediciones

Como se observó en el desarrollo del trabajo, al realizar la estimación con los datos del inventario de cargas se obtiene un desfase de mayor consumo por el 23 % comparado con mediciones reales, sin embargo, con la estimación del consumo se puede describir como se está consumiendo la energía eléctrica en un espacio determinado, en el Apéndice C se puede observar la tabla de consumo total por tipo de carga y edificio. El inventario de cargas se debe hacer en un diagnóstico energético de nivel uno, como primer acercamiento del cliente a su estilo de consumo energético, sin embargo, si éste desea una descripción más precisa es necesario que intervengan dispositivos de medición especiales para los requerimientos de cada cliente.

Una de las dificultades que se tuvo en la recopilación de la información fue el verificar los datos técnicos de cada dispositivo eléctricos, pero una vez teniendo esta información, si se lleva un registro de cada carga que expira y que ingresa al Instituto, se puede mantener una base de datos confiable y actualizada de los dispositivos eléctricos para futuros análisis.

5.2. Facturación

La facturación recibida para el Instituto generalmente es adecuada ya que se tiene una bonificación por el factor de potencia que mide la CFE, la demanda en promedio está en el rango permitido de acuerdo con el contrato que se tiene (130 kW), en éste último punto de la demanda, cabe destacar que si el Instituto planea un crecimiento en cuanto a investigaciones y personal, debe plantearse la idea de aumentar la demanda contratada con la suministradora de energía nacional o tener un crecimiento eficiente en cuanto a las cargas eléctricas, esto es, que se adquieran tecnologías con demanda y consumo inteligente.

Es importante promover la cultura energética en una sociedad, esto permite que se controle el consumo energético sin que se comprometa el confort de los usuarios. Al obtener la información del inventario de cargas, algunas preguntas cualitativas en los apartados de luminarias y de computo fueron '¿ Se apaga la luz cuando no hay nadie en el salón?', '¿ Se desconectan las laptops si ya se cargó completamente?', con esta información se determina que en el Instituto se tiene consciencia de una educación energética adecuada, sin embargo, si se encontraron con dispositivos que están conectados gran parte del día sin ser usados, algunas laptops conectadas aún cuando su batería está cargada al 100 % y nadie la está usando; aires acondicionados encendidos por largas horas mientras que los que usan la sala se encuentran ausentes en juntas u otros deberes por un tiempo considerable. Una mayor consciencia en la forma que se usa la energía es promotor de descensos en la facturación.

5.3. Consumo energético en el Instituto de Energías Renovables

Por un lado el cuidado de una facturación económica es de interés para una institución, empresa o residencia; por otro lado se debe tener presente que todo consumo energético tiene un impacto en el ambiente, sea éste pequeño o elevado. Es por eso que también se debe considerar la forma en la que se consume la energía en el Instituto.

Como se observó, el consumo per cápita promedio en el IER es de 3.08 kWh, está por debajo del consumo promedio nacional, refleja un consumo consciente de energía por parte de

la comunidad IER, al mismo tiempo hay que recordar que la comunidad IER no pasa todo el tiempo de su día dentro de las instalaciones, y también hay que considerar el potencial de ahorro que se puede tener.

En el Instituto de Energías renovables se promueve el uso de generación de energía por fuentes renovables, pero también se promueven metodologías pasivas para el ahorro energético, como las edificaciones sustentables. El auditorio Tonatiuth es un ejemplo claro de una edificación sustentable, la edificación puede albergar su máxima capacidad de personas, por un largo periodo de tiempo sin la necesidad de ventiladores, debido a su eficiente circulación de aire; tiene la acústica ideal para poder hablar sin necesidad de micrófono en la mayoría de las ocasiones, todas estas estrategias ayudan a disminuir el consumo energético.

El área efectiva para la instalación de generación renovable de energía se esta agotando en el Instituto, el tener esta limitante espacial indica que se debe optar por buscar alternativas de uso eficiente de energía como las edificaciones sustentables. Otra opción es el uso de dispositivos eléctricos con mejores eficiencias como se propone en la siguiente sección.

5.4. Propuestas de ahorro

Una propuesta de ahorro significativa en el consumo de energía del Instituto es respecto a los aires acondicionados, esta categoría es la más demandante en cuanto al consumo energético por lo que hay que enfatizar el ahorro de este tipo de cargas. Al verificar la información de la base de datos se encontró que no se cuenta con tecnología *inverter*¹ en los aires acondicionados, entonces la propuesta de ahorro va dirigida al uso de esta tecnología en las instalaciones del IER.

La gráfica que muestra el consumo energético por categoría quedaría de la siguiente forma al promover la tecnología *inverter* en todos los aires acondicionados tipo empotrable o *minisplit*. Se puede reducir en un 20 % del consumo por cargas de aire acondicionado con el simple hecho de instalar tecnologías *inverter*. Una cantidad energética significativa si se desea mejorar en

¹Tecnología de aires acondicionados actual que consiste en el control de la temperatura del sitio por velocidades variables en el dispositivo.

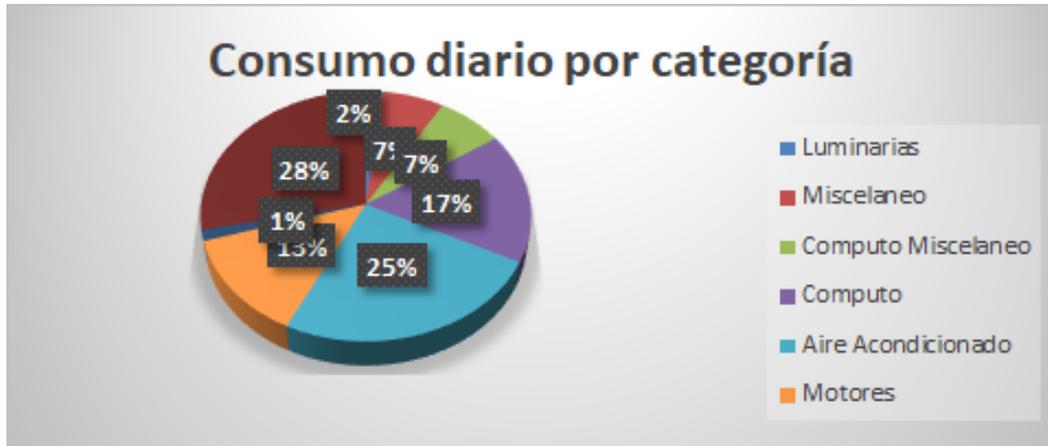


Figura 5-1: Gráfica del consumo por categoría de carga eléctrica después de aplicar la propuesta de ahorro energético.

cuento al consumo energético que se tiene en el Instituto. Este ahorro en energía es excelente, sin embargo, la adquisición de tecnología *inverter* en promedio es de mayor costo por un 35 %, por lo que otra medida de ahorro que se ha implementado en ciertas áreas del Instituto es la instalación de sensores de movimiento para el control de los aires acondicionados, añadiendo a esta idea, el control por temporizadores se pueden obtener cercanos al ahorro prometido por la tecnología *inverter*. Para hacer una estimación se propone el siguiente análisis:

- Para las zonas que requieren temperatura constante para un correcto funcionamiento, se propone la tecnología *inverter* ya que esta disminuye el consumo manteniendo la temperatura a la magnitud deseada. (ej. el site principal y zonas de laboratorio que necesitan control de temperatura)
- Para zonas que tienen un horario de uso estipulado, pero que pueden quedarse ciertas horas del día solitarias, se propone el uso de un sistema de control en serie de temporizador con sensor de movimiento. Con este sistema de ahorro se espera por cada hora de funcionamiento salvar 6 minutos de consumo energético. (ej. oficinas administrativas)
- Zonas con pocas horas de utilización. En estas áreas se enfatiza la promoción de educación energética por las personas que están en el lugar de apagar los aires acondicionados al salir.

Tabla 5-1: Tabla del consumo energético aplicando tecnología *inverter* y sensores de movimiento.

Tecnología	Cantidad de dispositivos	Consumo diario[kWh]
<i>Inverter</i>	13	217.51
Sensor y Temporizador	26	375.93
Ninguna	43	517.83

Teniendo en cuenta los puntos anteriores se obtiene el consumo energético por aires acondicionados de la siguiente tabla 5-1.

Se tiene un ahorro del 11.6 % en cargas por aire acondicionado al seleccionar el tipo de tecnología que se aplicaría a una zona específica, lo que corresponde una disminución de 129.64 kWh diarios.

5.5. Recomendaciones

A lo largo del análisis se encontraron algunos inconvenientes que no fueron posibles describir con precisión, sin embargo pueden ser tomados como inicio para futuras investigaciones en el Instituto.

- Factor de potencia bajo.
- No hay registros de los dispositivos eléctricos inutilizables o en caso contrario, dispositivos nuevos.

5.5.1. Factor de potencia

Como se puede observar en la figura 4-18, el factor de potencia del Instituto de Energías Renovables es excelente. Al realizar las mediciones del consumo energético simultáneamente se obtienen parámetros que describen la calidad energética de la instalación eléctrica (Armónicos, Factor de potencia, etc.); se revisó el factor de potencia para hacer una comparativa con el medido por CFE y se obtuvo un valor promedio de 70 % en el factor de potencia medido por los analizadores de redes. Este trabajo no se enfocó en la calidad de energía que se tiene en el IER, pero el factor de potencia es una variable que influye en la facturación de la energía, es

por ello que se recomienda analizar y resolver la causa de porque se está midiendo un factor de potencia bajo.

5.5.2. Registros de dispositivos eléctricos

Con la actualización del inventario de cargas se puso la base de un registro detallado de los dispositivos eléctricos que se tienen en el Instituto, sin embargo, antes de ECOPUMA no se contaba con un registro similar y desde su realización hasta este trabajo no se había realizado una actualización de la información. Para tener un crecimiento adecuado en cuanto al consumo energético, es debido la actualización constante de este o de otros registros de cargas eléctricas, así mismo se podrá tener una descripción de cuanto y como se consumo la energía eléctrica del Instituto y posibles formas de mejorarla.

Bibliografía

CFE (2017). Eficiencia energética: Programa de ahorro de energía del sector eléctrico. Reporte técnico, Comisión Federal de Electricidad.

CONUEE (2013a). Guia para elaborar un diagnóstico energético. Reporte técnico, SENER.

CONUEE (2013b). Guia para elaborar un diagnóstico energético. Reporte técnico, SENER.

CONUEE (2018). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética en México. Reporte técnico, CONUEE.

Coxtinaca, A. (2015). La generación de energía eléctrica por fuentes renovables y su uso en México.

de Noticias ONU, C. (2017). La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030. <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>.

FIDE (2010). Curso - taller promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica. modulo i: Diagnosticos energeticos. Reporte técnico, FIDE.

FIDE (2018). Programas sustantivos. Reporte técnico, Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica.

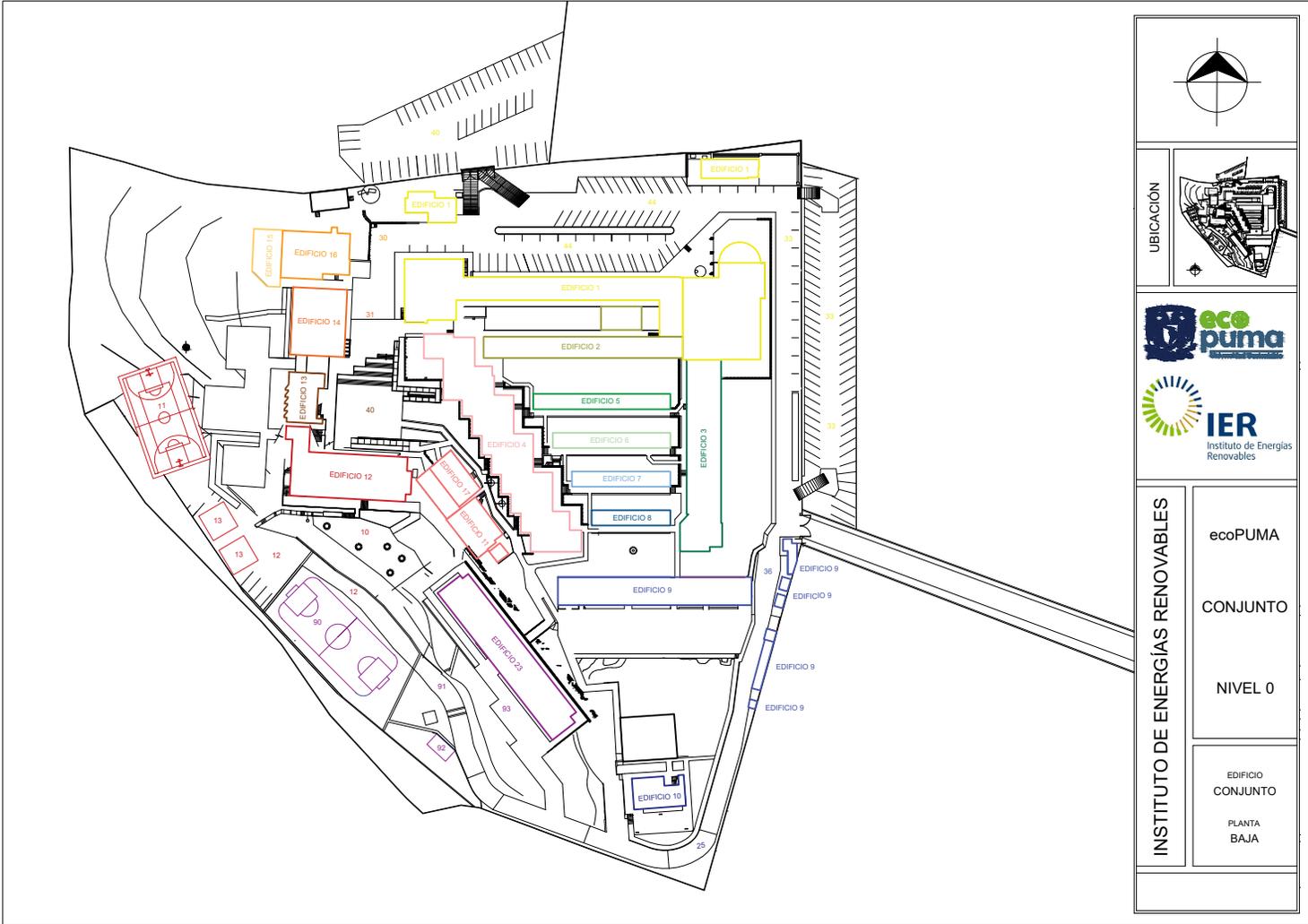
Güereca, F. (2017). Reporte preliminar del análisis del consumo eléctrico del instituto de energías renovables de la unam. Tesis de master, UNAM.

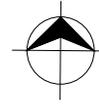
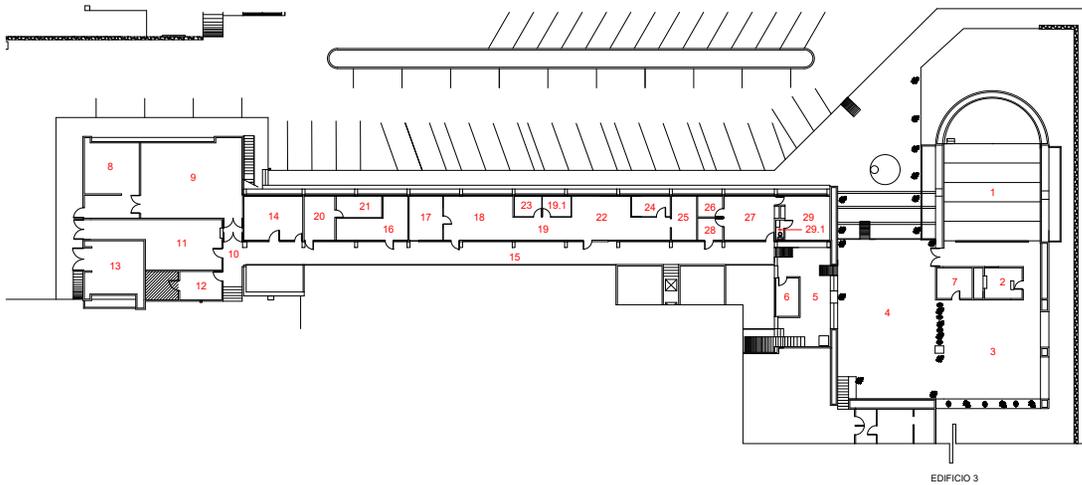
- Gillis, J. (2018). Lo que debes saber sobre el cambio climático y cómo combatirlo. <https://www.nytimes.com/es/interactive/que-es-el-cambio-climatico/>.
- gob.mx (2015). Los compromisos de México ante el cambio climático. <https://www.gob.mx/gobmx/articulos/los-compromisos-de-mexico-ante-el-cambio-climatico>.
- Gore, A. (2007). Nobel lecture 2007. <https://www.nobelprize.org/prizes/peace/2007/gore/26118-al-gore-nobel-lecture-2007/>.
- IEA (2017). World energy balance. Reporte técnico, International Energy Agency.
- IER (2017). Misión y visión del instituto. <http://www.ier.unam.mx/nosotros/identidad.html>.
- Juárez, D. (2017). Ier-unam primera entidad de la unam con distintivo ambiental nivel oro. http://www.ier.unam.mx/noticias-ier/IER-UNAM_primera_entidad_de_la_UNAM_con_distintivo_ambiental_nivel_oro.html.
- Machillanda, M. (2008). El calentamiento global, una amenaza para la paz mundial. Tesis de master, Universidad Central de Venezuela.
- Mendivil, J., Valero, M., Rico, C., Borrás, A., Carro, A., Sanchez, M., y Garcia, R. (2016). Base de datos del inventario de cargas del instituto de energías renovables.
- Roberto, V. (2018). Actualización de las tarifas que aplicará la comisión federal de la electricidad por el servicio público de distribución de energía eléctrica durante el periodo que comprende del 1 de enero de 2018 al 31 de diciembre de 2018. Reporte técnico, Comisión Federal de Electricidad.
- SENER (2017). Balance nacional de energía. Reporte técnico, SENER.
- Serway, R. A. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna*, volume 2. 7ma edition.

Apéndice A

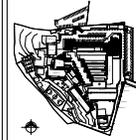
Divisiones del IER

Este trazo del edificio fue recuperado del programa ECOPUMA, hecho entre el 2016-2017, con estos planos es con los que se delimitan los espacios sobre los que esta basado el inventario de cargas.





UBICACIÓN



INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

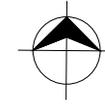
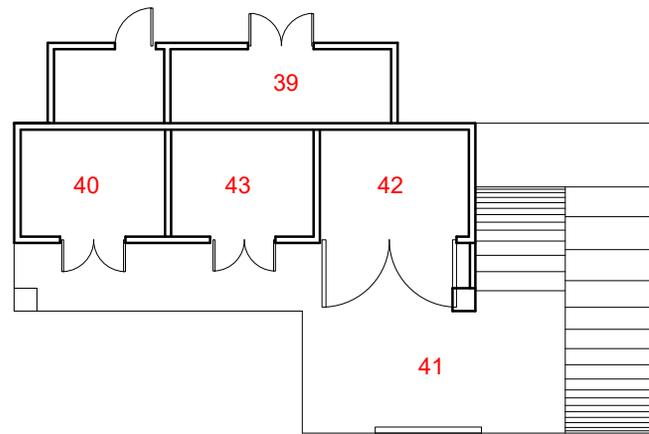
ecoPUMA

EDIFICIO 1

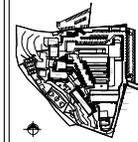
NIVEL 0

EDIFICIO ADMINISTRATIVO

PLANTA BAJA



UBICACIÓN



INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

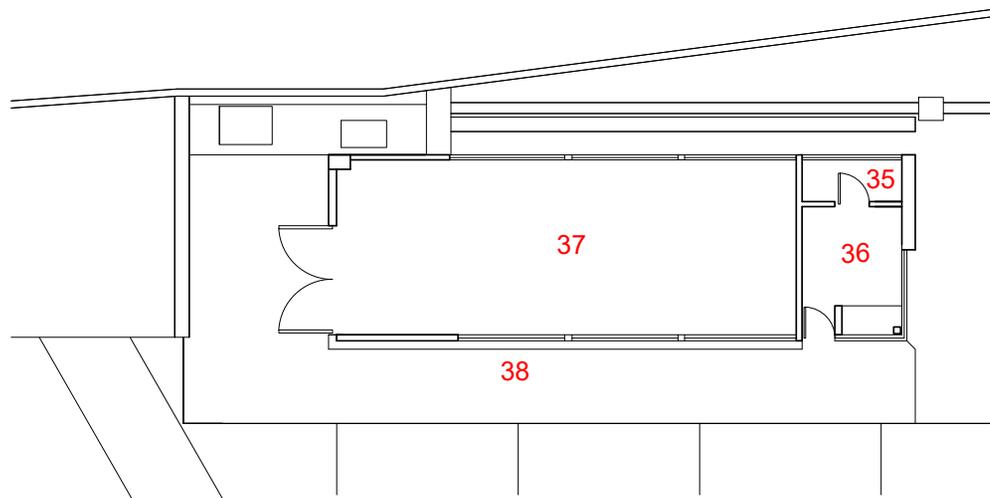
ecoPUMA

EDIFICIO 1

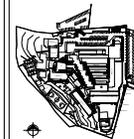
NIVEL 0

EDIFICIO
SUBESTACIÓN NORTE

PLANTA
BAJA



UBICACIÓN



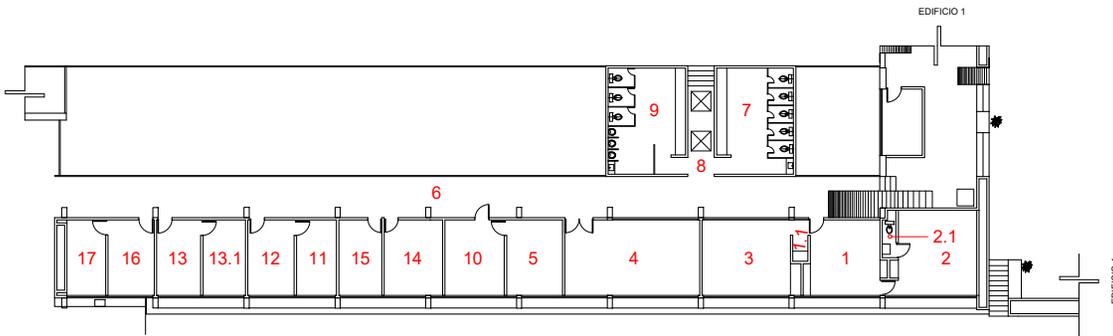
INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

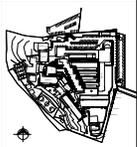
ecoPUMA

EDIFICIO 1

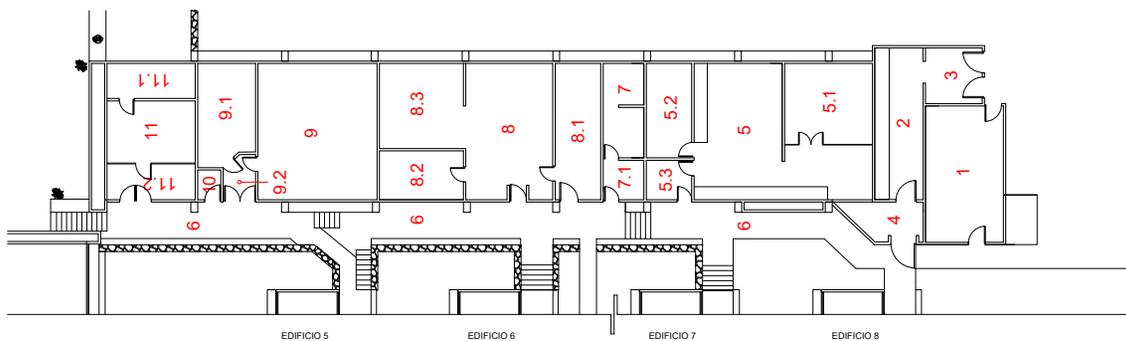
NIVEL 0

EDIFICIO
SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA
PLANTA
BAJA



	
UBICACIÓN	
	
	
INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES	ecoPUMA
	EDIFICIO 2
	NIVEL 0
EDIFICIO ADMINISTRATIVO PLANTA BAJA	

EDIFICIO 1



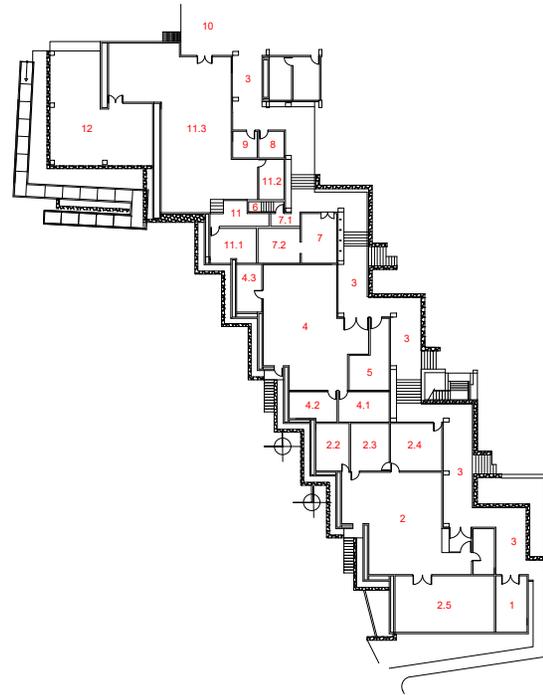
EDIFICIO 5

EDIFICIO 6

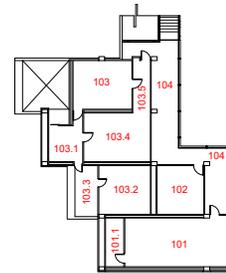
EDIFICIO 7

EDIFICIO 8

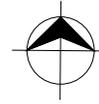
<p>UBICACIÓN</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES</p> <p>ecoPUMA</p> <p>EDIFICIO 3</p> <p>NIVEL 0</p>
<p>EDIFICIO LABORATORIOS</p> <p>PLANTA BAJA</p>



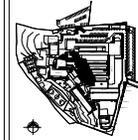
NIVEL 0



NIVEL 1



UBICACIÓN



INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

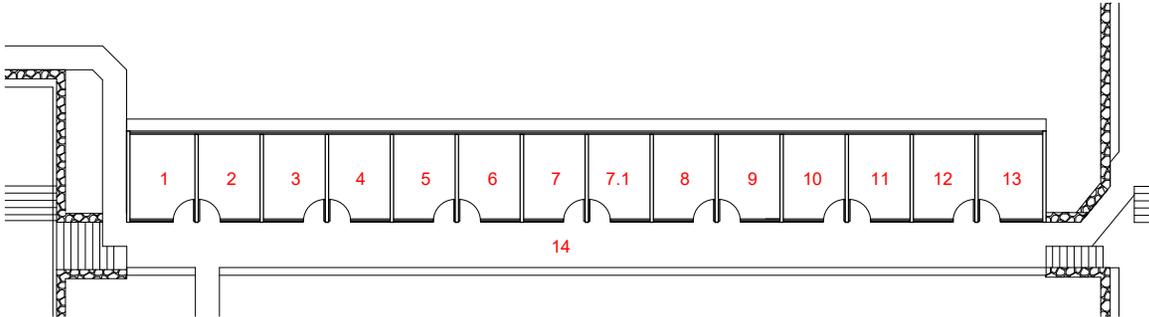
ecoPUMA

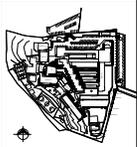
EDIFICIO 4

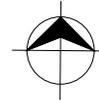
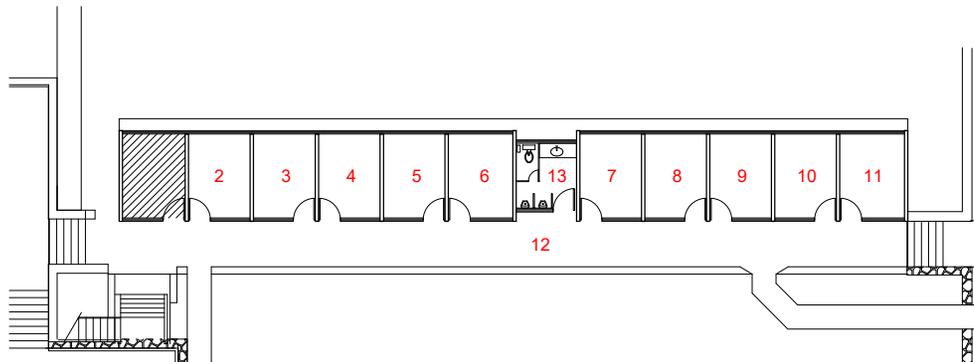
NIVEL 0

EDIFICIO
LABORATORIOS

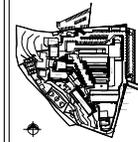
PLANTA
BAJA



	
UBICACIÓN	
  Instituto de Energías Renovables	
INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES	ecoPUMA EDIFICIO 5 NIVEL 0
	EDIFICIO CUBÍCULOS "A" PLANTA BAJA



UBICACIÓN



INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

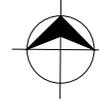
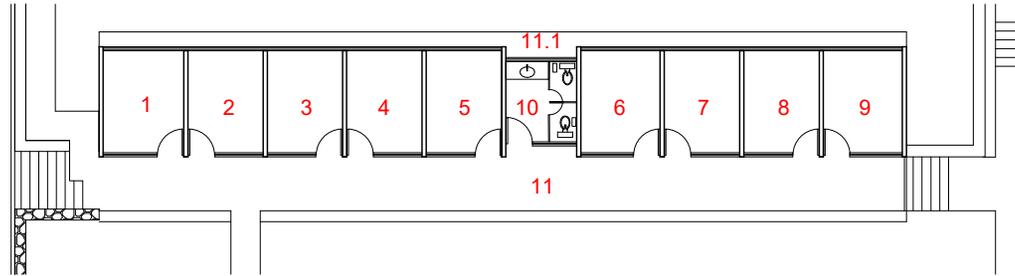
ecoPUMA

EDIFICIO 6

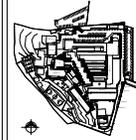
NIVEL 0

EDIFICIO
CUBÍCULOS "B"

PLANTA
BAJA



UBICACIÓN



INSTITUTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

ecoPUMA

EDIFICIO 7

NIVEL 0

EDIFICIO
CUBÍCULOS "C"

PLANTA
BAJA

Apéndice B

Precios para las diferentes tarifas en la región centro sur

Categoría tarifa	Categorías	División Centro Oriente			Tarifa		Energía	Capacidad
		Transmisión	Distribución	Operación del CENACE	Operación del Suministrador Básico	Servicios de conexiones no M&M		
DB1	\$/kWh	0.1521	1.2012	0.0070	44.10	0.0054	0.0396	0.0346
	\$/kWh				44.10	0.0054	0.0394	0.0345
	\$/kWh	0.1521	1.1085	0.0070	44.10	0.0054	0.3989	0.3592
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.100	0.0054	1.0813	1.0478
DB2	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.10	0.0054	0.0240	0.0280
	\$/kWh				44.100	0.0054	0.3124	47.41
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	44.10	0.0054	1.3405	0.7720
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.100	0.0054	1.8754	0.8353
PDBT	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	44.100	0.0054	0.9833	1.3155
	\$/kWh				44.100	0.0054	0.7980	0.5742
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.10	0.0054	1.4418	1.4271
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	0.8971	1.0971
GDBT	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	1.1892	1.6834
	\$/kWh				1.323.01	0.0054	0.8891	1.0588
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	0.0054	0.0054	1.1591	1.62.20
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070				
RABT	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	44.100	0.0054	0.9833	1.3155
	\$/kWh				44.100	0.0054	0.7980	0.5742
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.10	0.0054	1.4418	1.4271
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	0.8971	1.0971
RAMT	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	1.1892	1.6834
	\$/kWh				1.323.01	0.0054	0.8891	1.0588
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	0.0054	0.0054	1.1591	1.62.20
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070				
APMT	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	44.100	0.0054	0.9833	1.3155
	\$/kWh				44.100	0.0054	0.7980	0.5742
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.10	0.0054	1.4418	1.4271
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	0.8971	1.0971
GDMTO	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	1.1892	1.6834
	\$/kWh				1.323.01	0.0054	0.8891	1.0588
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	0.0054	0.0054	1.1591	1.62.20
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070				
GDMTH	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	44.100	0.0054	0.9833	1.3155
	\$/kWh				44.100	0.0054	0.7980	0.5742
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.10	0.0054	1.4418	1.4271
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	0.8971	1.0971
DIST	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	1.1892	1.6834
	\$/kWh				1.323.01	0.0054	0.8891	1.0588
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	0.0054	0.0054	1.1591	1.62.20
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070				
DIT	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	44.100	0.0054	0.9833	1.3155
	\$/kWh				44.100	0.0054	0.7980	0.5742
	\$/kWh	0.1521	1.0524	0.0070	44.10	0.0054	1.4418	1.4271
	\$/kWh	0.1521	1.3478	0.0070	1.323.01	0.0054	0.8971	1.0971

Figura B-1: Tarifas de la división Oriental. Fuente: Comisión reguladora de energía

Apéndice C

Consumo Total

Edificios	Luminarias	Miscelaneo	Computo Miscelaneo	Computo	Aire Acondicionado	Motores	Refrigeración	Laboratorio	Total edificio
1	26.81	23.65	119.84	121.23	273.78	33.43	7.15	41.51	647.40
2	4.72	37.80	2.51	15.04	49.24	0.00	1.51	0.00	110.81
3	21.65	6.54	1.95	18.12	113.78	38.82	4.15	324.25	529.26
4	34.51	7.19	40.70	85.93	227.54	7.46	4.12	170.73	578.17
5	1.49	6.83	2.61	18.61	0.00	0.00	0.82	0.00	30.35
6	0.99	1.02	2.08	25.21	0.00	0.00	0.78	0.00	30.07
7	0.60	1.20	2.25	17.90	0.00	0.00	0.00	0.00	21.95
8	0.85	2.27	1.57	7.20	0.00	0.00	0.00	0.03	11.90
9	8.09	6.54	2.43	39.82	31.65	0.38	1.49	0.40	90.81
10	5.63	1.07	1.72	13.11	74.21	1.43	1.72	17.58	116.47
11	1.63	1.26	0.37	0.96	0.39	0.08	2.05	29.25	35.99
12	68.61	15.96	10.81	71.71	51.53	0.00	0.96	0.74	220.31
13	9.05	34.09	3.15	9.68	122.33	1.06	4.69	10.88	194.93
14	15.12	4.39	2.12	6.58	10.55	236.55	1.01	1.15	277.47
15	3.25	0.06	0.00	0.00	0.00	5.42	0.00	0.00	8.74
16	2.06	11.04	0.00	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	13.21
17	0.58	0.01	0.00	0.01	3.52	8.76	0.00	0.00	12.88
23	42.85	11.65	31.36	78.61	156.82	79.01	12.62	237.56	650.49
Total por carga	248.48	172.56	225.46	529.80	1111.27	412.42	43.07	834.07	3581.22

Figura C-1: Tabla del consumo total por edificio y tipo de carga