



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Programa Único de Especializaciones de Ingeniería, PUEI



**ANÁLISIS DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE
INDICADORES ENERGÉTICOS EN EL SECTOR COMERCIAL: EL CASO DE UN
RESTAURANTE DE CADENA**

Tesina

Que para obtener el grado de

Especialista en Ahorro y Uso Eficiente de la Energía

P R E S E N T A

Erika Iyari Alcalá Morales

DIRECTOR DE TESINA

M.I. Judith Catalina Navarro Gómez

Ciudad Universitaria, CDMX, 2019

A Israel, quien me acompañó
y acompañará siempre

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mamá y hermanos, quienes han estado conmigo siempre, enseñándome, motivándome y sobre todo apoyándome en cada proyecto que he realizado. Gracias infinitas por dar lo mejor de ustedes para mí.

A mi directora de tesis por la enseñanza brindada, el apoyo y confianza. Por presionarme a terminar y ayudarme a dar lo mejor en este trabajo.

A mis amigos que estuvieron conmigo durante la especialidad.

A Rafael, Emmanuel, Miguel y Moisés por estar conmigo no solo en la especialidad, también en la licenciatura, por no dejarme caer y confiar en mí. Gracias a los cuatro por enseñarme a perseverar y conseguir lo que quiero, por motivarme y hacerme creer que no hay límites, por regañarme cuando ha sido necesario y por hacer de mí una mejor persona.

A Víctor y Diana quienes son un gran ejemplo para mí, ejemplo de trabajo, excelencia, de luchar por los sueños, pero, sobre todo, gracias por ser mi mejor ejemplo de amistad incondicional.

A Luis Ledezma, quien siempre confió en mí para lograr este trabajo, me motivó y apoyó en realizarlo.

A Maurilio, gracias por apoyarme cada día en la especialidad, correr conmigo para llegar a tiempo, por motivarme cuando creía no poder, por estar conmigo gracias.

Finalmente agradezco a la vida que me ha llevado a conocer personas increíbles que han dejado enseñanzas en mí, especialmente a la familia Cano Ramírez quienes son un ejemplo de vida para mí.

A Israel, gracias por ser parte de mí, que gran parte de esto es tuyo por enseñarme a vivir.

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	3
INTRODUCCIÓN.....	7
Capítulo I.....	8
MARCO CONTEXTUAL.....	8
1.1 Consumo energético en México.....	8
1.2 Planteamiento del problema.....	10
1.3 Justificación.....	11
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
Capítulo II.....	14
ANTECEDENTES.....	14
2.1 Antecedentes Nacionales.....	14
2.2 Antecedentes Internacionales.....	20
Capítulo III.....	27
INDICADORES ENERGÉTICOS.....	27
3.1 ¿Qué son los indicadores de eficiencia energética?.....	27
3.1.1 Indicadores.....	27
3.1.2 Eficiencia energética.....	27
3.1.3 Indicadores de eficiencia energética.....	28
3.2 La Metodología AIE para Analizar Tendencias en el Consumo Energético.....	28
3.3 Qué datos recopilar en el sector de servicios y cómo hacerlo.....	30
3.3.1 Sector de comercio y servicios públicos.....	30
3.3.2 Importancia el sector de comercio y servicios.....	31
3.3.3 Usos finales que impulsan el consumo en el sector.....	32
3.3.4 Indicadores de eficiencia energética utilizados en el sector.....	33
Indicadores del nivel 1.....	35
Indicadores del nivel 2 y subsiguientes.....	35
Capítulo IV.....	38
CASO DE ESTUDIO.....	38
4.1 Selección y descripción del establecimiento.....	38
4.1.1 Selección del establecimiento.....	38
4.1.2 Descripción de la tienda.....	39

4.2 Recopilación de datos	42
4.2.1 Información administrativa	42
4.2.2 Levantamiento de cargas	42
4.2.3 Entrevista	44
4.2.4 Mediciones	44
4.3 Identificación de usos finales y caracterización de consumo energético	45
4.4. Indicadores energéticos	46
Capítulo V	48
RESULTADOS	48
5.1 Análisis de facturación	48
Consumo eléctrico y gas natural	48
5.2 Resultados de las mediciones	49
5.2.1 Medición eléctrica	49
5.2.2 Consumo eléctrico por equipos	50
5.2.3 Consumo eléctrico por usos finales	51
5.2.4 Consumo de gas natural por usos finales.....	52
5.2.5 Consumo total de energía por usos finales.....	53
5.3 Determinación de Indicadores energéticos	54
5.3.1. Comparación de indicadores.....	54
Capítulo VI.....	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	61
Anexo 1. Listado de los indicadores más comúnmente utilizados en el sector servicios	61
Anexo 2. Consumos mensuales de electricidad y gas natural.	62
Consumo eléctrico.....	62
Consumo gas natural.....	63
Figura 1. Consumo Nacional de Energía, 2017 (en PJ)	8
Figura 2. Consumo final total de energía	9
Figura 3. Consumo final total por sector.....	10
Figura 4. Participación del consumo de energía y el uso final de la electricidad (2004 y 2009)	15
Figura 5. Composición del uso final de la electricidad, PIB, personal ocupado y número de establecimientos por subsector, 2009	15
Figura 6. Consumo final energético total por sector, escenario base, 2010-2050 (PJ).....	18

Figura 7. México: evolución del consumo de energía del sector comercial-servicios, 2000 y 2005	19
Figura 8. México: consumo energético unitario y eléctrico por empleado del sector comercio, 2005-2015	19
Figura 9. Consumo eléctrico en restaurantes según el uso final, 2003	20
Figura 10. Consumo de gas natural según el uso final, 2003	21
Figura 11. Consumo energético en el sector restauranero en la Comunidad de Madrid	22
Figura 12. Consumo de gas natural en cocina por producción de comida	25
Figura 13. Energy Flow Chart – 2004 Commercial Sector	25
Figura 14. Participación del sector de servicios en el consumo final total mundial de fuentes de energía seleccionadas	31
Figura 15. Usos finales de la energía en el sector de comercio y servicios públicos	32
Figura 16. Pirámide indicadores del sector servicios	34
Figura 17. Proceso para elegir caso de estudio	38
Figura 18. División por áreas del restaurante	39
Figura 19. Distribución de mesas para comensales	41
Figura 20. Usos finales de la energía utilizada en el sector restauranero	46
Figura 21. Consumo eléctrico mensual 2016 - 2018	48
Figura 22. Perfil de consumo eléctrico semanal	49
Figura 23. Perfil de consumo eléctrico por día	50
Figura 24. Consumo eléctrico mensual de cada uso final [kWh]	51
Figura 25. Consumo mensual de gas natural para cada uso final [m3]	52
Figura 26. Consumo anual por uso final de la energía [%]	53
Tabla 1. Caracterización del consumo energético por establecimiento	17
Tabla 2. Consumos máximos y mínimos totales estimados en restaurantes de la comunidad de Madrid	22
Tabla 3. Indicadores de comparación para el estudio de UK comercial kitchens	23
Tabla 4. Indicadores energéticos resultado del estudio de UK	24
Tabla 5. Descripción de indicadores nivel 1	35
Tabla 6. Equipos por zona del restaurante	43
Tabla 7. Ejemplo de resultados obtenidos con sensores de encendido y apagado de equipos	45
Tabla 8. Indicadores de eficiencia energética que se utilizarán para el sector comercial	47
Tabla 9. Consumo eléctrico por equipo	50
Tabla 10. Consumo anual por uso final de la energía (Gigajoules)	53
Tabla 11. Indicadores energéticos, Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3 para el sector comercial. Restaurantes	54
Tabla 12. Comparación entre indicadores encontrados en la literatura y el caso de estudio	55
Tabla 13. Comparación de indicadores estudio realizado en Reino Unido y el estudio de caso	57

INTRODUCCIÓN

Actualmente México se enfrenta a un acelerado crecimiento de población concentrada en grandes ciudades, lo cual ha propiciado un incremento en la creación de restaurantes para satisfacer las necesidades que la sociedad demanda, provocando que dichas instalaciones representen grandes centros consumidores de energía eléctrica y sobre todo energía térmica. No obstante, conocer cómo se consume la energía en el sector comercial es una tarea ardua que requiere datos precisos, es por ello que instituciones académicas y gubernamentales han realizado esfuerzos por construir indicadores energéticos en todos los sectores económicos.

Los indicadores de eficiencia energética dan a conocer cómo se emplea la energía en cualquier sector o establecimiento específico, permitiendo evaluar políticas y acciones implementados o por implementar para el ahorro y uso eficiente de la energía.

Por lo anteriormente mencionado, el presente trabajo analiza el consumo energético reportado en un estudio de caso: un restaurante tipo, de una cadena comercial presente en todo el territorio nacional, en el documento se indica la metodología que se estableció y siguió para lograr determinar y detallar los consumos por cada uso final de la energía consumida.

Finalmente se presentan los indicadores energéticos en un nivel desagregado por uso final de la energía, así como indicadores de consumo energético por comensal atendido, platillo preparado, área acondicionada, por ingreso económico y cantidad de agua calentada.

Capítulo I

MARCO CONTEXTUAL

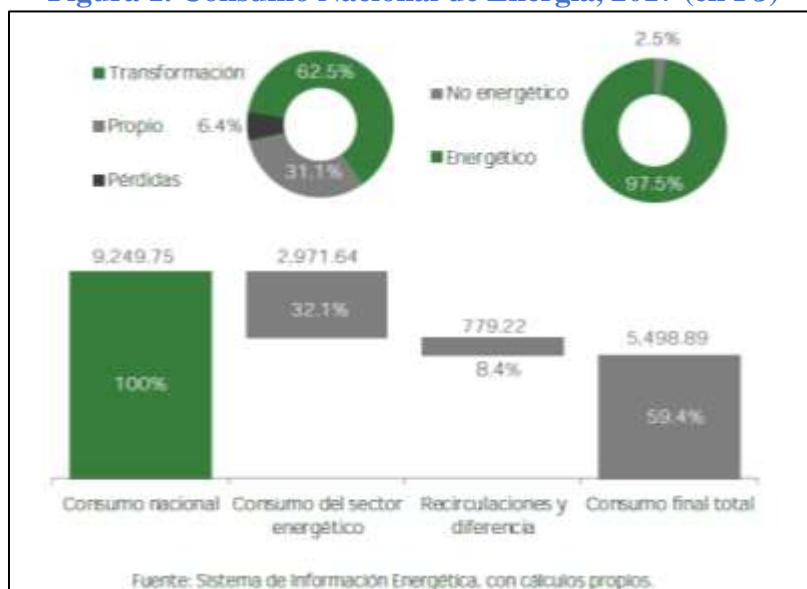
1.1 Consumo energético en México

En México, como lo demuestra la Secretaría de Energía en el Balance Nacional de Energía 2017, el consumo nacional de energía aumentó 1.2% en 2017 respecto al año anterior, al finalizar con 9,249.75 PJ. Este flujo se refiere a la energía que se envía a las distintas actividades o procesos para su utilización, en el sector energético y en el consumo final total (Figura 15).

El consumo del sector energético se refiere puntualmente a la energía requerida en los centros de transformación (62.5%), consumo propio del sector (31.1%) y las pérdidas por transmisión, transporte y distribución de la energía (6.4%). (Balance de Energía, 2017).

Mientras que el consumo final total, engloba el consumo no energético y energético, refiriéndose a la energía consumida en el mercado interno o las actividades productivas de la economía nacional, mostrando un incremento de 0.4% respecto el 2016 (Ver Figura 1).

Figura 1. Consumo Nacional de Energía, 2017 (en PJ)



Como se observa en la Figura 2, el consumo energético total¹, que incluye sectores como el de transporte, industrial, residencial, comercio y agropecuario, incrementó 1.07% respecto al año anterior y los 5,362.82 PJ de consumo energético representan el 97.5% del consumo final total.

El 2.5% restante del consumo final de 2017 (136.07 PJ), corresponde al consumo no energético total², el cual disminuyó 21.7% respecto al consumo reportado en 2016.

Figura 2. Consumo final total de energía

	2016	2017	Variación porcentual (%) 2017/2016	Estructura porcentual (%) 2017
Consumo final total	5,479.55	5,498.89	0.35	100
Consumo no energético total	173.69	136.07	-21.66	2.47
Petroquímica de Pemex	99.21	70.53	-28.91	1.28
Otras ramas	74.48	65.54	-12.01	1.19
Consumo energético total	5,305.86	5,362.82	1.07	97.53
Transporte	2,484.95	2,360.16	-5.02	42.92
Industrial	1,680.74	1,876.65	11.66	34.13
Resid. comer y pub	959.92	944.09	-1.65	17.17
Agropecuario	180.26	181.91	0.92	3.31

Fuente: Sistema de Información Energética, Sener.

Como lo indica la SENER³ en el Balance Nacional de Energía 2017, el sector residencial, comercial y público consumió el 17.17% del total de la energía lo cual equivale a 944.09 PJ. (Ver Figura 3)

El consumo de energía en el sector comercial⁴ (163.57 PJ) bajó 4.82% respecto a 2016. La electricidad fue la principal fuente de energía con una participación del 49.8% en este sector mientras que el gas seco⁵ representó el 8.42%, 81.49 PJ y 13.77 PJ respectivamente.

¹ El consumo energético total se define como la energía destinada a la combustión en los procesos y actividades económicas, así como la satisfacción de necesidades energéticas de la sociedad

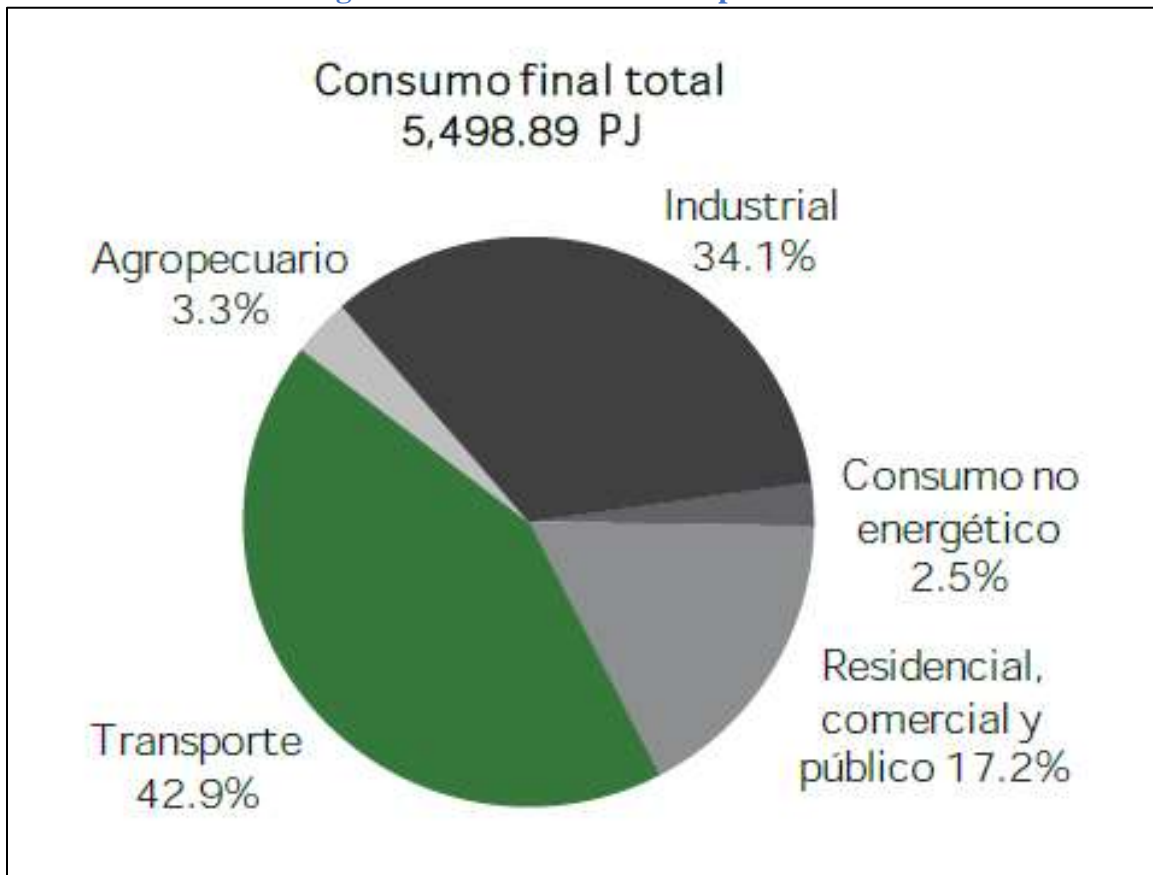
² El consumo no energético total se refiere a aquellos productos energéticos y no energéticos derivados del petróleo utilizados como insumos para la producción de diferentes bienes.

³ Secretaría de Energía

⁴ Consumo de energía en locales comerciales, restaurantes y hoteles, entre otros.

⁵ EL gas seco es una mezcla de hidrocarburos gaseosos obtenida como subproducto del procesamiento del gas natural, es utilizado en sectores como el comercial.

Figura 3. Consumo final total por sector



Fuente: Sistema de Información energética

1.2 Planteamiento del problema

La industria restaurantera se define como los servicios de preparación de alimentos y bebidas para su consumo inmediato en el mismo establecimiento o fuera de este⁶. Es decir, se caracteriza por no efectuar ningún procedimiento de conservación o envasado del producto, de esta manera, entre la preparación de alimentos y bebidas y su consumo, existe una brecha temporal muy corta, lo cual implica que no se puedan formar inventario (INEGI, 2014).

⁶ Cfr. Artículo 1. Estatutos Cámara Nacional de la Industria de Restaurantes y Alimentos Condimentados.

Según el censo económico 2014 del INEGI, a nivel nacional, se captaron 4 230 745 unidades económicas⁷, de las cuales el 10.7% corresponden a la industria restaurantera, esto es, alrededor de 452 mil unidades económicas.

En 2017, de acuerdo con el DENUÉ⁸, se contabilizaron más de 478 000⁹ unidades económicas pertenecientes a la industria restaurantera, lo cual indica que en tres años la industria creció 5.7%.

Si bien es evidente que la industria restaurantera tuvo un crecimiento importante, en cuestiones energéticas no tenemos un panorama claro, esto debido a que, en el Balance Nacional de Energía, la energía utilizada en el sector comercial también incluye el sector servicios como hoteles, hospitales, escuelas, entre muchos otros.

Entonces, al no conocer cuál es el consumo específico del subsector de restaurantes, tampoco se tiene indicadores energéticos específicos para ellos que sirvan como punto de comparación en el país, para saber si se tienen o no altos consumos energéticos y encontrar áreas de oportunidad

El presente estudio pretende caracterizar el consumo energético de un restaurante con altos consumos¹⁰ de energía eléctrica y gas natural, para establecer los primeros indicadores energéticos, y se tenga una base de comparación, al menos para la propia cadena a la que pertenece el caso de estudio de éste trabajo.

1.3 Justificación

Un indicador es, según la Real Academia Española, es algo que sirve para indicar; si bien no existe una definición oficial, sí existen algunas referencias que los describen como: “herramienta cuantitativa o cualitativa que permite mostrar indicios o señales de una

⁷ La unidad económica es el establecimiento que cuenta con una sola ubicación física asentada en un lugar de manera permanente y delimitada por construcciones o instalaciones fijas, en donde se realizan actividades de producción de bienes o prestación de servicios sea con fines de lucro o no.

⁸ Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas publicado en noviembre 2017.

⁹ Incluye restaurantes, cafeterías, fuente de sodas, entre otros.

¹⁰ Se considera alto consumo energético, en términos absolutos, en comparación con otros restaurantes de la misma cadena comercial

situación, actividad o resultado (...) un indicador debe representar la relación entre dos o más variables”.¹¹

“Un indicador podría ser uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio”.¹²

En el presente trabajo se considera a un indicador como una herramienta de carácter cuantitativo, expresado como una simple medida en valor absoluto, como valor porcentual o como un cociente; el indicador mostrará evidencia de una situación, actividad o logro de ciertos resultados y servirá como punto de partida para la toma de decisiones.

En el caso de indicadores energéticos, la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) los describe como una “herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Estos indicadores muestran a quienes formulan las políticas dónde pueden efectuarse ahorros de energía. Además de proveer información sobre las tendencias respecto al consumo histórico de energía, los indicadores de eficiencia energética pueden también ser utilizados en la modelización y la predicción de la demanda futura de energía”.¹³

Sin embargo, en México no se cuentan con indicadores energéticos referentes al sector comercial, puntualmente para la industria restaurantera.

El problema radica en la falta de información acerca del consumo y usos finales de la energía, por lo cual uno de los principales retos es la generación de información oportuna que posibilite la toma de decisiones adecuadas para la implementación de programas de eficiencia energética enfocados en los usos finales de la energía que lo requieran.

Para lograr generar estadística relevante, es necesario identificar los usos finales del sector comercial, medir los consumos energéticos, recopilar los datos y generar indicadores que permitan identificar las áreas con potencial de ahorro energético.

¹¹ Manual para el diseño y construcción de indicadores. Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México. CONEVAL

¹² Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics

¹³ Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico energético que permita definir indicadores energéticos de los diferentes usos finales de la energía consumida además de determinar una línea base de consumo energético en el restaurante caso de estudio.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el consumo de energía y determinar los diferentes tipos de uso final de la misma en el restaurante en estudio.
- Determinar indicadores de desempeño energético para un restaurante que permitan establecer una línea base de consumo de energía.

Capítulo II

ANTECEDENTES

En el presente capítulo, se muestran de manera general los antecedentes en México y en el mundo referente al cálculo de indicadores en establecimientos del sector comercial, puntualmente al sector restaurantero. Se presentan algunos proyectos y programas dedicados a impulsar el ahorro y uso eficiente de la energía.

2.1 Antecedentes Nacionales

En 1999, Hernández y Morillón del Posgrado en Energética de la DEPEFI-UNAM, presentan el trabajo “Potencial Estimado de Ahorro de Energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales” donde se analizan 29 edificios, tomados de casos demostrativos publicados por el FIDE¹⁴. En el trabajo se muestra la primera segregación de consumo de energía eléctrica por tipo de usos finales, que para restaurantes identifica un consumo energético del 62.71% para climatización, 16.77% para iluminación y 20.52% para otros usos no especificados. Si bien es un acercamiento al conocimiento del uso de la energía, éste no considera la energía térmica consumida en el sector restaurantero.

La Secretaría de Energía (SENER) en colaboración con la Agencia Internacional de Energía, en 2011 publica los “Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos”. Los sectores abarcados son transporte, industria y sector primario, sector residencial, generación de electricidad y finalmente, sector servicios y comercio.

Los indicadores de energía calculados para este sector fueron: consumo de energía por usos finales, intensidad energética por unidad de valor agregado y consumo energético por metro cuadrado.

Tres usos finales de energía fueron contemplados para el sector: iluminación, calentamiento y enfriamiento del espacio. El indicador de eficiencia energética y el consumo para iluminación fueron estimados, mientras que los indicadores de consumo para calentamiento y enfriamiento del espacio y el indicador de consumo energético por m² no fueron calculados por falta de información disponible.

¹⁴ Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica

Figura 4. Participación del consumo de energía y el uso final de la electricidad (2004 y 2009)

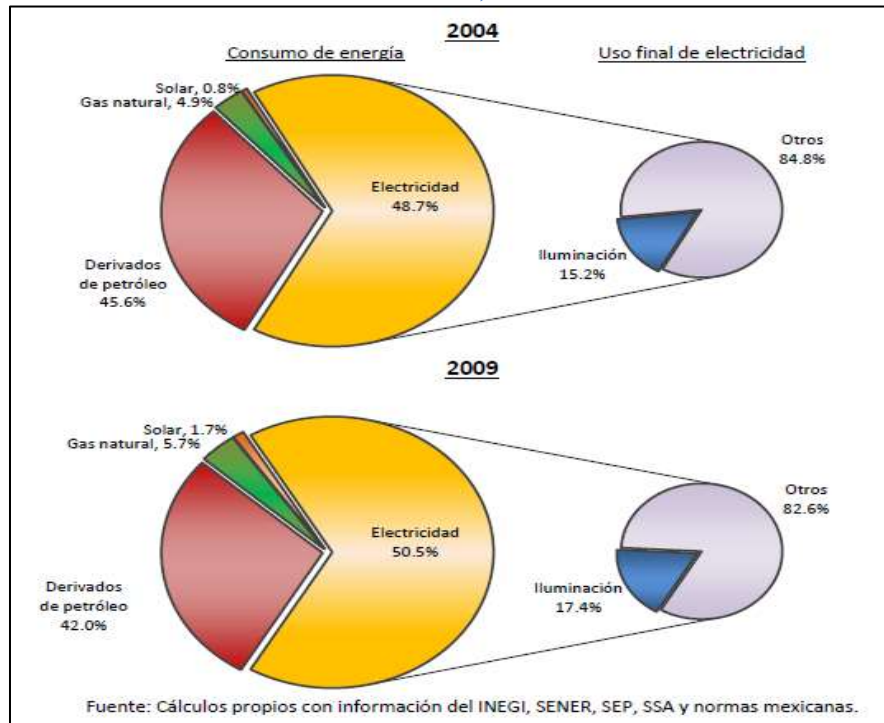
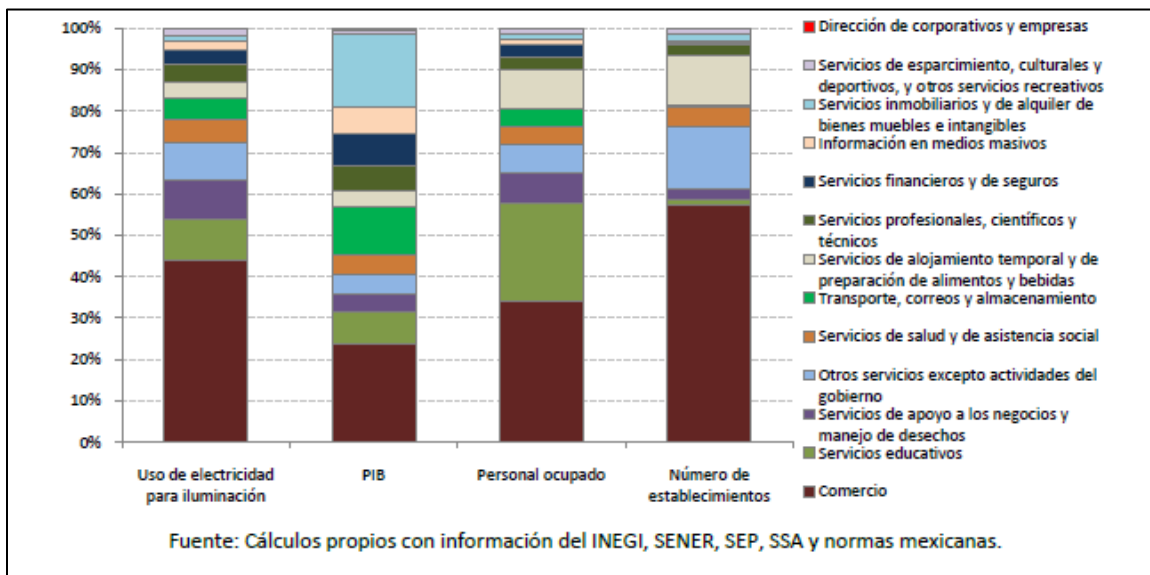


Figura 5. Composición del uso final de la electricidad, PIB, personal ocupado y número de establecimientos por subsector, 2009



Los resultados representan a todo el sector comercial y de servicios sin especificar el consumo energético de cada uno de los subsectores lo cual complica la aplicación de

medidas de ahorro y uso eficiente de la energía ya que el sector restaurantero es cuantificado junto con el sector hotelero.

En 2011, Iván García del Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, presenta el trabajo “Línea base del uso final de la energía eléctrica en edificios comerciales y de servicios de la república mexicana: indicadores energéticos” en el cual muestra el panorama general del consumo energético en México 2009, realiza una clasificación de edificios separando al subsector restaurantero de los demás, identifica los usos finales de la energía en edificios comerciales y de servicios.

Así mismo, para el sector restaurantero, analiza 4 casos los cuales se encuentran en 3 tipos de clima diferentes, identifica usos finales como climatización, iluminación, conservación de alimentos, misceláneos y otros, los cuales varían en consumo energético dependiendo el tipo de clima en el que se encuentre el establecimiento.

Si bien el documento es un buen acercamiento a indicadores energéticos por uso final, éstos solo contemplan el consumo de energía eléctrica sin considerar energía térmica utilizada principalmente en la cocción de alimentos.

En 2015, el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente publica el documento titulado “Hacia una Estrategia Nacional de Eficiencia Energética para las Edificaciones de Hoteles y Restaurantes” el cual, presenta los resultados de un estudio impulsado por la Secretaría de Turismo del Gobierno Federal, con el fin de conocer la situación en cuanto al uso eficiente de la energía en las edificaciones de hospedaje y restaurantes en el territorio nacional.

Dicho trabajo establece como algunos de sus objetivos lo siguiente:

- Establecer la línea base en el consumo energético de las edificaciones de hoteles y restaurantes y los escenarios futuros
- Establecer los ejes estratégicos en las acciones de eficiencia y sustentabilidad energética en las edificaciones de hoteles y restaurantes

Dentro del documento se establecen algunos indicadores energéticos nivel 1 como intensidad energética de 33.4 kJ/m^2 , muy por debajo de países como Australia o Italia, que

obtuvieron valores de 553.1 kJ/m² y 659.4 kJ/m², respectivamente; esto, entre otras causas, “debido a las condiciones más benignas del clima en México, que demandan menos equipos de climatización que países de otras latitudes”

Para grandes consumidores¹⁵ se estableció un consumo unitario anual de 310.6 kWh/m² y un consumo total al año de 4 348 GWh

Así mismo, se menciona que un estudio del Instituto de Ingeniería de la UNAM (Morillón, 2010) reporta que la energía eléctrica en restaurantes se consume en cinco áreas prioritarias: equipos de aire acondicionado (47.7 por ciento), iluminación (28.4 por ciento), conservación de alimentos (19.0 por ciento), pequeños motores y otros (4.5 por ciento). El estudio refiere un Índice Promedio de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE) de 250 kWh/m² para restaurantes pequeños.

Respecto al tipo de energía consumida únicamente se menciona que, en México, el 72 por ciento de la energía que consumen los restaurantes es térmica y el 28 por ciento eléctrica, en promedio. En climas extremos el consumo eléctrico crece 14 por ciento por uso de equipos de aire acondicionado.

A pesar de que uno de los objetivos del documento era establecer una línea base de consumo energético, la línea base presentada es estimada, mediante el cálculo de variables como, área de restaurantes, índices de consumos eléctricos e índices de consumos térmicos tanto en restaurantes grandes como pequeños, obteniendo como resultado lo siguiente: (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización del consumo energético por establecimiento

	Restaurantes grandes	Restaurantes pequeños
Porcentaje de existencia	4%	96%
Consumo térmico, ICEE (kWh/m ² -año)	535	240
Consumo térmico, ICET (kWh/m ² -año)	1 345	600
Área construida (m ²)	600	150

Fuente: (Morillón, 2010)

¹⁵ Considera solo aquellos establecimientos cuyo consumo eléctrico es en alta tensión

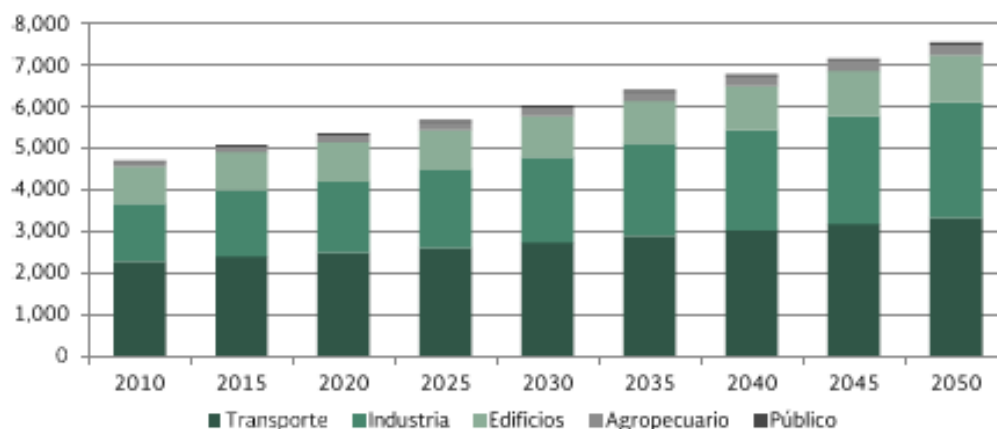
Finalmente, el estudio no logra establecer una línea base, únicamente se mencionan 22.59 PJ de consumo energético que fue reportado en el Balance Nacional de Energía del 2013.

En 2016, la Secretaría de Energía publica el “Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014.2018” el cual plantea como algunos de sus objetivos lo siguiente:

- Diseñar y desarrollar programas y acciones que propicien el uso óptimo de energía en procesos y actividades de la cadena energética nacional
- Fortalecer los sistemas e instancias de gobernanza de la eficiencia energética a nivel federal, estatal y municipal e integrando instituciones públicas, privadas, académicas y sociales
- Contribuir en la formación y difusión de la cultura del ahorro de energía entre la población

El documento cuenta con objetivos generales, sin embargo, para poder implementar programas de ahorro y uso eficiente de la energía, es necesario tener indicadores energéticos bien establecidos para dirigir de manera adecuada dichos programas los cuales no fueron reflejados en el PRONASE ya que únicamente presentan el consumo energético por sector desde el 2010 y la proyección de consumo hasta el 2050, dejando el sector restaurantero dentro del sector edificios como se muestra en la Figura 6.

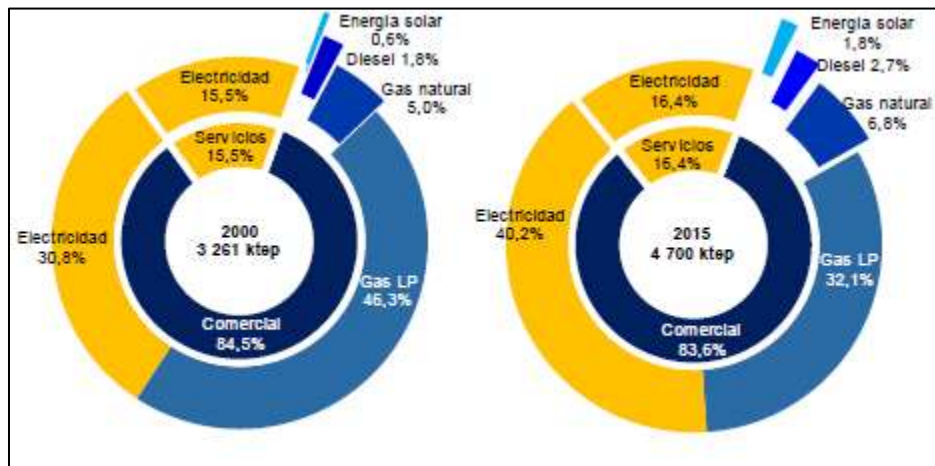
Figura 6. Consumo final energético total por sector, escenario base, 2010-2050 (PJ)



Fuente: Secretaría de Energía.

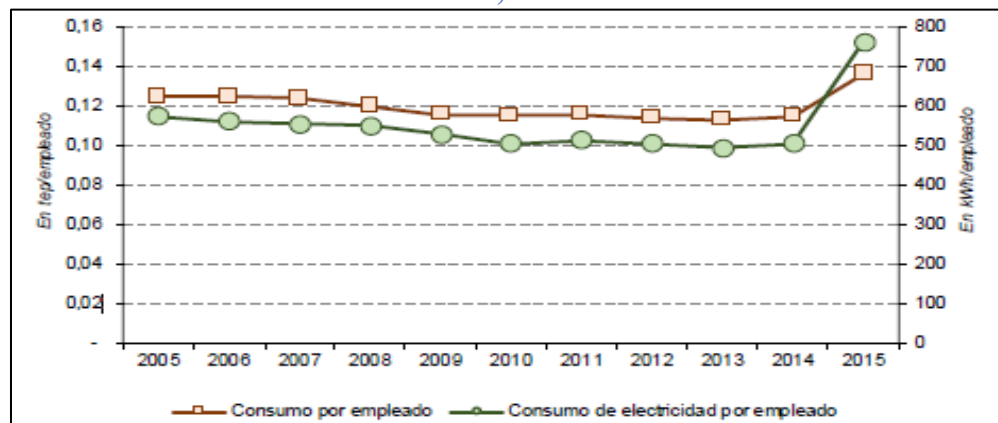
El Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética en México publicado en 2018 por Naciones Unidas y realizado por la CONUEE¹⁶ en el marco del programa regional “Base de Indicadores de Eficiencia Energética” (BIEE), iniciativa impulsada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), presenta indicadores nivel 1 para el sector comercial¹⁷ y de servicios¹⁸ por separado (ver Figura 7) presentado en ktep¹⁹ e indicadores de consumo energético por empleado en el sector comercial (ver Figura 8).

Figura 7. México: evolución del consumo de energía del sector comercial-servicios, 2000 y 2005



Fuente: (BIEE 2018) Naciones Unidas y CONUEE “Base de Indicadores de Eficiencia Energética”

Figura 8. México: consumo energético unitario y eléctrico por empleado del sector comercio, 2005-2015



Fuente: (BIEE 2018) Naciones Unidas y CONUEE “Base de Indicadores de Eficiencia Energética”

¹⁶ Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

¹⁷ Se refiere a servicios privados

¹⁸ Servicios públicos como alumbrado público y bombeo de agua potable y aguas negras del servicio público

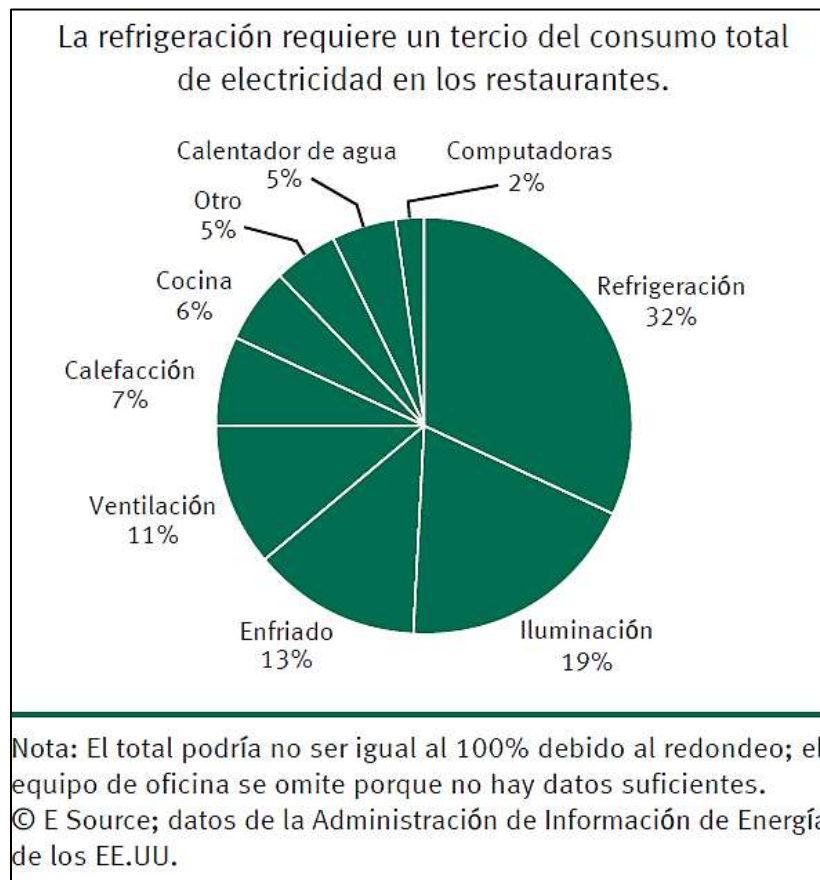
¹⁹ Miles de toneladas equivalentes de petróleo

2.2 Antecedentes Internacionales

La compañía Madison Gas and Electric presenta un artículo titulado “Controlar los costos de la energía en restaurantes” en el cual presenta datos de consumo energético tanto eléctrico como térmico, obtenidos del Departamento de Energía de EE. UU., donde se establece que un restaurante típico que ofrece servicios completos consume 29 kWh de electricidad y 1.2 pies cúbicos de gas natural por pie cuadrado y un restaurante común de atención rápida consume 81 kWh y 1.7 pies cúbicos por pie cuadrado anualmente.

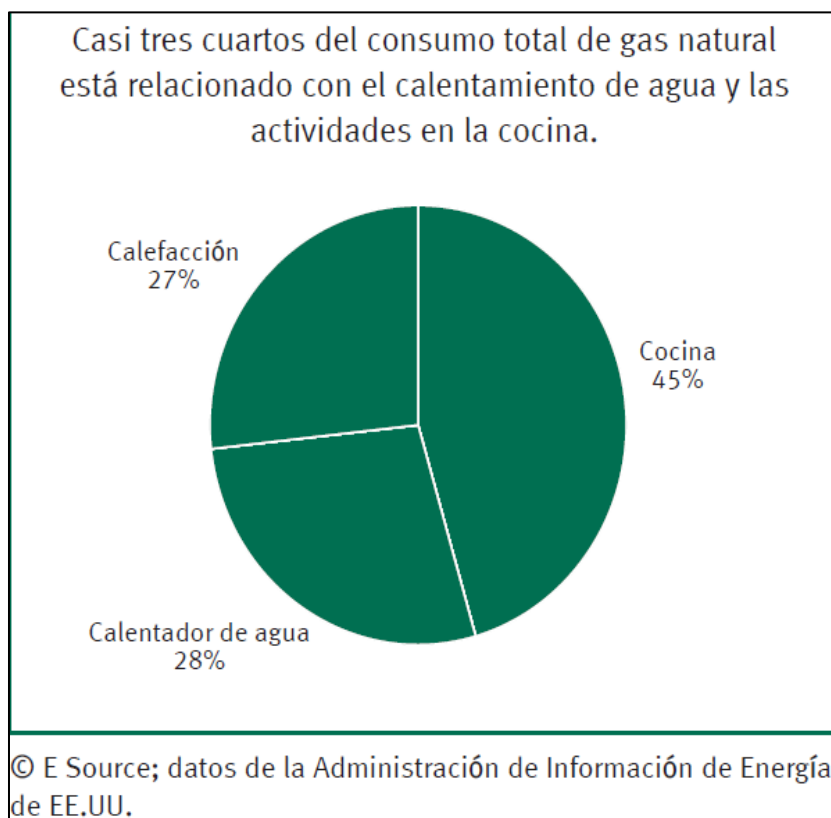
Así mismo, identifica el consumo energético por tipo de usos finales haciendo una diferencia entre el consumo eléctrico (ver Figura 9) y el consumo de gas natural (ver Figura 10), sin embargo, para el caso de gas natural no se especifica el poder calorífico para poder identificar el consumo energético real.

Figura 9. Consumo eléctrico en restaurantes según el uso final, 2003



Fuente: (2003) Madison Gas and Electric “Controlar los costos de la energía en restaurantes”

Figura 10. Consumo de gas natural según el uso final, 2003



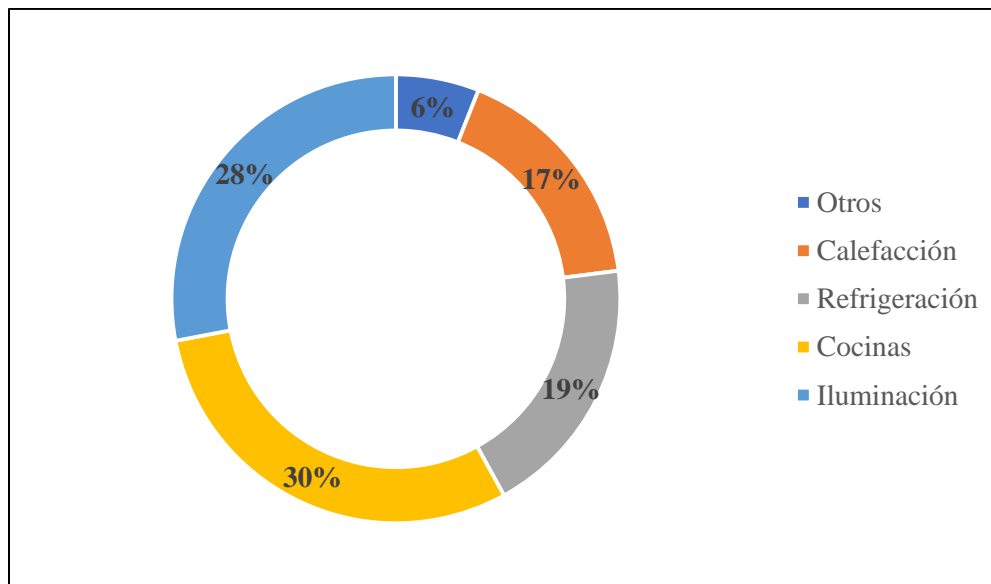
Fuente: (2003) Madison Gas and Electric “Controlar los costos de la energía en restaurantes”

En el 2000, Joelle Davis y Alan Swenson del Energy Information Administration de E.E.U.U., publican el trabajo “Characteristics and Energy Use Trends for Major Commercial Building Types” donde muestran el consumo energético por tipo de usos finales y tipo de edificios, dentro de los edificios de alimentos incluyen a aquellos utilizados para la preparación y venta de alimentos y bebidas para consumo como lo son, establecimientos de comida rápida, cafeterías, restaurantes, bares y restaurantes de servicio completo. Se identificó el consumo de energía eléctrica y gas natural, presentando indicadores como 191.900 BTU de electricidad por pie cuadrado y 253.300 BTU de gas natural por pie cuadrado en edificios con una superficie menor a 5,000 pies cuadrados, para superficies mayores a 5,000 pies cuadrados se estableció un consumo energético de 75.400 BTU de electricidad por pie cuadrado y 109.200 BTU de gas natural por pie cuadrado.

En 2012, la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid realizan y publican la “Guía de auditorías energéticas en restaurantes de la Comunidad de Madrid” donde se

caracteriza el total del consumo energético por tipo de usos finales (ver Figura 11). En este documento también se considera el consumo energético para la cocción de alimentos.

Figura 11. Consumo energético en el sector restaurantero en la Comunidad de Madrid



Fuente: (2012) Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid “Guía de auditorías energéticas en restaurantes de la Comunidad de Madrid”

También se incluyen indicadores energéticos mínimos y máximos (kWh/m²) por tipo de uso final de la energía como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumos máximos y mínimos totales estimados en restaurantes de la comunidad de Madrid

Consumos totales estimados en el sector de la restauración (kWh/m ²)		
Calefacción	33,4	47,8
Refrigeración	42,1	53,9
Cocinas	52,1	83,6
Iluminación	58,7	78,2
Otros	12,4	15,3
Total establecimiento	198,70	278,80

Fuente: (2012) Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid “Guía de auditorías energéticas en restaurantes de la Comunidad de Madrid”

En 2015, Samantha Mudle publica el artículo “Energy benchmarking in UK commercial kitchens” el cual tiene como objetivo construir una referencia energética para las instalaciones de restaurantes.

Para la determinación de indicadores se utilizaron datos de uno de los operadores de bares y restaurantes de Reino Unido, que comprende más de 14 marcas y 1500 restaurantes, de los cuales únicamente se tomaron en cuenta 772 sitios debido a la calidad de los datos. Se tomaron datos de consumo eléctrico, comensales atendidos, facturas, platillos servidos y bebidas preparadas.

Antes de realizar el estudio, el documento toma como base indicadores que encontraron en la literatura, para comparar los resultados que obtuvieron (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores de comparación para el estudio de UK comercial kitchens

Tipo de restaurante	Buenas prácticas	Prácticas comunes	
Restaurantes con bar	650	730	kWh/m ²
Restaurantes en casa pública	1300	1500	kWh/cover
Comida rápida	820	890	kWh/m ²
Casas públicas	0.8	1.8	kWh/m ² por cada 1000 libras de facturación
Restaurantes	-	90	kWh/m ²
Bar pub o club		130	kWh/m ²
Restaurante tradicional	4.15	4.7	kWh/platillo

Fuente: Datos obtenidos de Mudle, S. (diciembre, 2015). Energy benchmarking in UK commercial kitchens. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0143624415623067?journalCode=bsea>

El estudio establece que el consumo energético reportado en kWh/m² no deber ser el apropiado para el sector restauranero, ya que, al momento de realizar comparaciones, un establecimiento que prepara 30 platillos no tiene el mismo desempeño energético que aquel que cocina 60 platillos, aun cuando cuenten con la misma área de construcción.

Expresan que el consumo anual de gas (en kWh) también se incluyó en el estudio. El conjunto de datos (año calendario 2014) es compilado de 11,328 pubs y restaurantes

administrados (21 operadores) que comprenden aproximadamente el 65% del total del Reino Unido.

Los indicadores energéticos particulares que se obtuvieron del estudio se presentan en la siguiente tabla, donde solamente se presentan los valores con la operación habitual del sitio.

Tabla 4. Indicadores energéticos resultado del estudio de UK

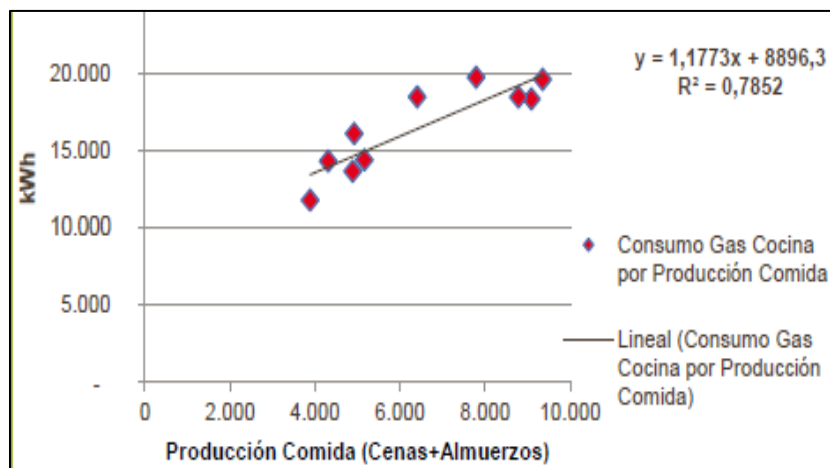
Tipo de restaurante	Prácticas comunes	
Restaurantes con bar	730	kWh/m ²
Restaurantes en casa pública	1500	kWh/cover
Casas públicas	1.8	kWh/m ² por cada 1000 libras de facturación
Restaurantes	90	kWh/m ²
Bar, pub o club	130	kWh/m ²
Restaurante tradicional	1.73	kWh/platillo

Fuente: Datos obtenidos de Mudle, S. (diciembre, 2015). Energy benchmarking in UK commercial kitchens. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0143624415623067?journalCode=bsea>

El estudio finaliza con un cálculo con regresiones lineales múltiples que sirven como herramienta para los operadores para estimar la energía que consumirán por establecimiento.

En 2017, el Hotel Plaza San Francisco publica el reporte de “Implementación ISO 50001” en el cual se establecen indicadores energéticos para la cocina del restaurante del hotel. Se identifican fuentes de energía térmica y eléctrica para el consumo en cocina, se presentan indicadores nivel 1 y 2: el consumo total de gas natural (kWh), consumo eléctrico en equipos de cocina (kWh), cámaras frías (kWh), equipos de bar y cafetería (kWh) así como el consumo de los equipos de aire acondicionado (kWh). El único indicador nivel 3, fue el consumo de gas natural en cocina por total de almuerzos y cenas tomando en cuenta tanto el restaurante, como los salones, como se muestra en la Figura 12.

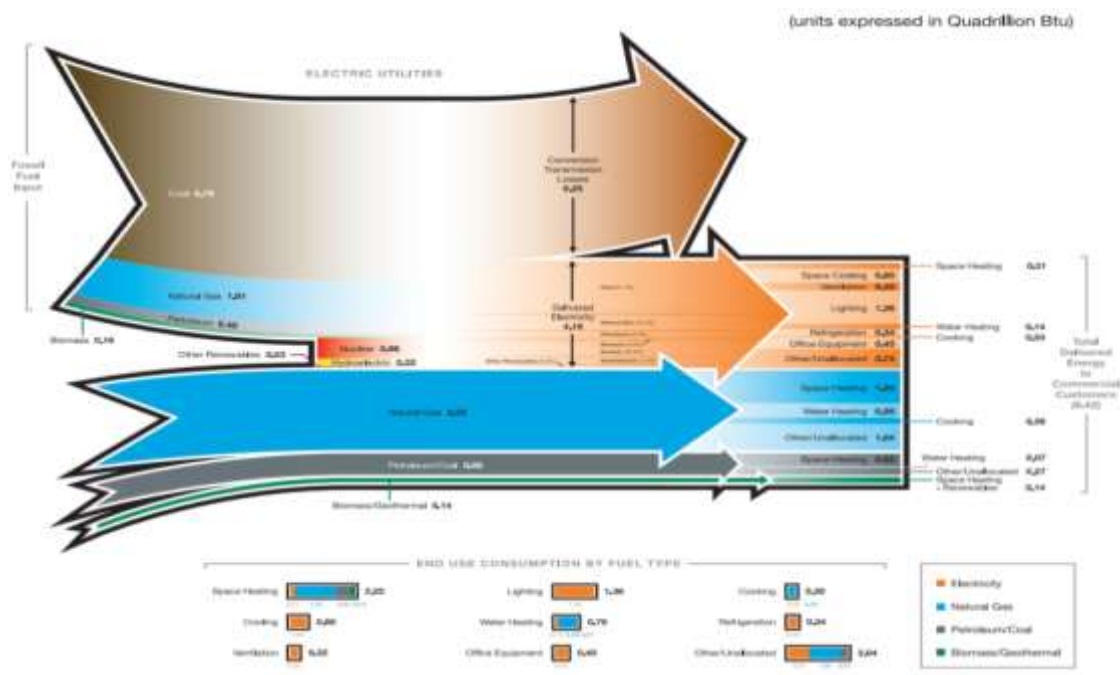
Figura 12. Consumo de gas natural en cocina por producción de comida



Fuente: (2017) Hotel Plaza San Francisco “Implementación ISO 50001”

En 2006, D.B. Belzer del Pacific Northwest National Laboratory preparó a la DOE un documento llamado “Energy End-Use Flow Maps for the Buildings Sector” donde hace una representación gráfica que va desde la producción nacional de energía hasta el uso final de la misma (Figura 13).

Figura 13. Energy Flow Chart – 2004 Commercial Sector



Fuente: (2006) D.B. Belzer del Pacific Northwest National Laboratory “Energy End-Use Flow Maps for the Buildings Sector”

En la figura anterior se muestran porcentajes de los diferentes usos de la energía en el sector comercial, sin embargo, no se hace alguna diferencia entre los tipos de edificios que engloba el sector comercial.

Capítulo III

INDICADORES ENERGÉTICOS

Este capítulo es una síntesis de las publicaciones Eficiencia Energética: Bases Esenciales para el Establecimiento de Políticas (Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making) e Indicadores de Eficiencia Energética: Fundamentos Estadísticos (Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics) realizadas en 2014 por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés).

Ambas publicaciones de la IEA son una herramienta para el desarrollo de indicadores que impulsen políticas efectivas de eficiencia energética.

3.1 ¿Qué son los indicadores de eficiencia energética?

3.1.1 Indicadores

Una manera sencilla de establecer una definición es la siguiente; un indicador es uno o varios valores estadísticos que en su conjunto constituyen un indicio.

Los indicadores se pueden expresar como valores absolutos o proporciones, en unidades de energía y en relaciones, así como en porcentajes.

3.1.2 Eficiencia energética

El Lawrence Berkeley National Laboratory define la eficiencia energética como “utilizar menos energía en la prestación de igual servicio”.

Por ejemplo, algo tiene mayor eficiencia energética si presta mayores servicios a cambio del mismo insumo energético, o los mismos servicios por menos. Si un tubo fluorescente compacto (TFC) consume menos energía que un foco incandescente y produce la misma cantidad de luz, el TFC se considera con mayor eficiencia energética.

3.1.3 Indicadores de eficiencia energética

Los indicadores de eficiencia energética sirven para demostrar si un elemento es más eficiente energéticamente que otro. Pueden ser muy generales (consumo total) o desagregados (consumo de gas natural para calefacción).

Generalmente el consumo de energía es el numerador y los datos por actividad el denominador.

El consumo energético puede expresarse como kWh, Joules, toneladas equivalentes de petróleo, etc.

Mientras que los datos por actividad pueden ser la cantidad de producción, unidad de construcción, empleados, comensales, platillos, etc.

Elaborar indicadores no debe considerarse un fin en sí mismo, sino un punto de partida para la fijación de objetivos de eficiencia energética y el monitoreo de su progreso.

3.2 La Metodología AIE para Analizar Tendencias en el Consumo Energético

Según la metodología de la Agencia, los indicadores energéticos son una herramienta importante para analizar interacciones entre la actividad económica y humana, el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

El documento muestra a quienes formulan las políticas, dónde pueden efectuarse ahorros de energía.

Define como intensidad energética a la cantidad de energía consumida por actividad o producción entregada por subsector y uso final; especifica que, generalmente, es calculada como la energía consumida dividida por un indicador económico.

En cuanto a la conservación de energía, expresa que se refiere a limitar o reducir el consumo energético mediante cambios en el estilo de vida o el comportamiento, por ejemplo, apagar las luces que no se ocupan, a diferencia de la eficiencia energética que explica es limitar o reducir el consumo energético mediante la utilización de dispositivos

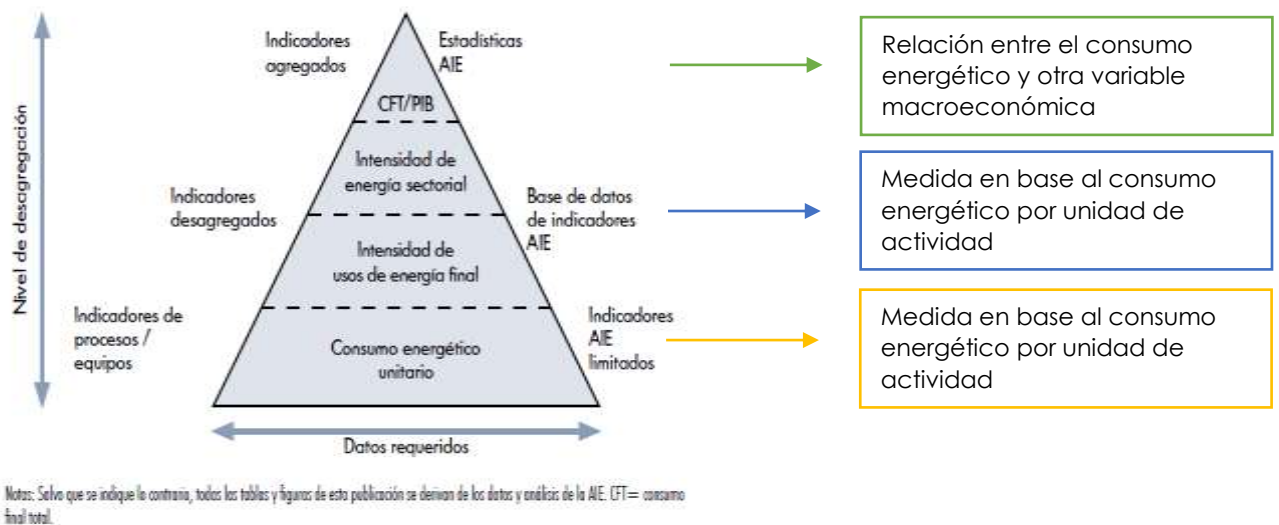
más eficientes, por ejemplo, uso de bombillas fluorescentes compactas en vez de lámparas incandescentes.

La metodología de la Agencia Internacional de Energía (AIE) para analizar el uso final de energía usualmente distingue entre tres componentes principales que afectan al consumo energético:

- a) Niveles de actividad.
- b) Estructura (el conjunto de actividades dentro de un sector).
- c) Intensidad energética.

El método de la aproximación de la AIE se basa en la estructura conceptual de una pirámide de indicadores, que presenta una jerarquía de indicadores energéticos, desde los más detallados al final de la pirámide, a los menos detallados en la cúspide (Figura 14).

Figura 14. Pirámide de indicadores de la AIE



Fuente: (2014) Agencia Internacional de Energía “Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics”

A medida que el nivel de agregación disminuye (lo cual requiere datos adicionales y análisis complejos), la influencia de los efectos estructurales y otros factores también disminuyen. Lo anterior significa que cada descenso permite una mejor medida de los

impactos de la eficiencia energética, ya sea para un determinado sector en particular, un uso final, un proceso o una tecnología.

Desarrollar indicadores energéticos, de cualquier nivel, es únicamente el primer paso para poder analizar la situación energética de un país, sector en particular o establecimiento y poder obtener un panorama inicial en cuanto a su tendencia de consumo energético.

3.3 Qué datos recopilar en el sector de servicios y cómo hacerlo

3.3.1 Sector de comercio y servicios públicos

El sector de Comercio y Servicios Públicos, comúnmente conocido como sector servicios”, engloba distintas actividades relativas al comercio, finanzas, etc., ya sean privadas o públicas, las cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Oficinas
- Locales comerciales
- Salud
- Educación
- Alimentación
- Alojamiento
- Entretenimiento

Al contar con tantos tipos de edificios dentro del sector, se tiene una gran heterogeneidad en cuanto al consumo energético como en los usos finales de la energía. Sin embargo, dentro de cada grupo también existen diferencias debido a la gran variedad de construcciones que van desde pequeñas oficinas hasta rascacielos donde mantienen sus oficinas grandes empresas multinacionales.

El principal factor que rige el consumo energético en el sector de comercio y servicios, es el nivel de actividad económica, entre más alto sea el nivel de la actividad económica más alta será la actividad comercial lo que se traduce en un incremento de la demanda de servicios energéticos.

Otros factores que influyen en el consumo final de la energía son:

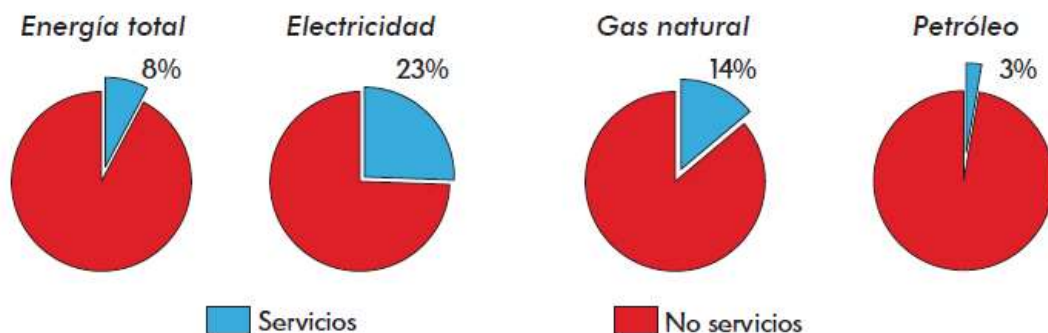
- Clima
- Superficie edificada
- Tipo de edificio (relativo al sector de actividad)
- Antigüedad de los edificios
- Calidad de gestión energética del edificio
- Mejoras en la eficiencia energética

3.3.2 Importancia el sector de comercio y servicios

En 2011, el sector de comercios y servicios consumió alrededor de 30 exajoules (EJ) de energía, lo que equivale al 8% del consumo energético final en todo el mundo. De manera global, entre 1990 y 2011, el consumo de energía incrementó casi el 56% siendo la electricidad la principal fuente de energía, con una participación del 50% en 2011.

Del total de energía consumida a nivel mundial (8%), se identificaron tres principales fuentes de energía, gas natural, derivados de petróleo y electricidad de las cuales el sector de comercio y servicios públicos tuvo una participación del 14%, 3% y 23% respectivamente. (Figura 14).

Figura 14. Participación del sector de servicios en el consumo final total mundial de fuentes de energía seleccionadas



Fuente: (2014) Agencia Internacional de Energía “Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics”

Como se observa en la figura anterior, la electricidad ha sido el energético más importante en el sector de comercio y servicios; incrementándose de 1973 a 2011 en un 30%, ya que para 1973 el consumo de energía eléctrica apenas era del 20% y para 2011 aumento al 50%. Lo anterior es reflejo de la incorporación de equipos consumidores de electricidad en los diferentes edificios, como equipos de aire acondicionado, luminarias, etc., provocando que

durante dicho periodo el consumo y dependencia de energéticos derivados del petróleo haya disminuido significativamente de manera directa, ya que debe verse de manera particular de dónde proviene la electricidad, para poder aseverar que, en efecto, se ha disminuido el consumo de combustibles fósiles.

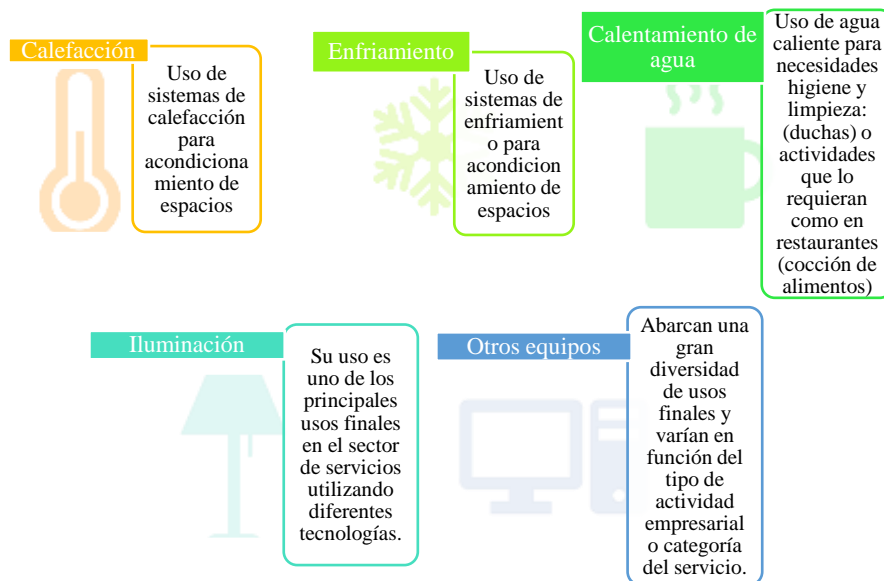
Estimar el consumo energético del sector comercial y de servicios no es una tarea sencilla, puesto que no existen datos precisos de los edificios que conforman al mismo sector, es por ello que para determinar el consumo energético para el sector de comercio y servicios se realiza estimaciones residuales, es decir, es el resultado de la diferencia entre el total y el consumo de otros sectores para los cuales comúnmente existen más y mejores datos, como el sector residencial, transporte e industrial.

Por lo anteriormente mencionado resulta de gran importancia la mejora, desarrollo y fortalecimiento de los datos en este sector lo cual hará posible identificar áreas de oportunidad para la aplicación de políticas de eficiencia energética.

3.3.3 Usos finales que impulsan el consumo en el sector

Dentro del sector de servicios se identifican cinco grandes grupos de los usos finales de la energía: calefacción, enfriamiento, calentamiento de agua, iluminación y otros equipos (Figura 15).

Figura 15. Usos finales de la energía en el sector de comercio y servicios públicos



Fuente: Elaboraciones propias con datos de (2014) Agencia Internacional de Energía "Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics"

Para cada uso final de la energía se utilizan diversos equipos y fuentes de energía, cada uno se describe brevemente:

- **Calefacción:** Los equipos o sistemas de calefacción más utilizados son los HVAC²⁰ que calientan habitaciones con aire forzado, suelo radiante o agua caliente. También se incluyen tecnologías de calefacción como hornos, calderas, redes urbanas de vapor o agua caliente, dispositivos geotérmicos, bombas de calor, etc., Para los equipos mencionados, comúnmente se utilizan fuentes de energía como electricidad, gas natural, carbón, combustóleo, GLP²¹, biomasa y energía solar.
- **Enfriamiento:** los sistemas de enfriamiento incluyen unidades de aire acondicionado autónomas, bombas de calor y redes urbanas de agua fría. La mayoría de los sistemas de enfriamiento en el sector de servicios operan a base de energía eléctrica.
- **Calentamiento de agua:** El equipo más utilizado comúnmente son las calderas que utilizan como fuente de energía gas natural, GLP, electricidad y energía solar.
- **Iluminación:** Los equipos de iluminación se requieren para interiores y exteriores, con una gran variedad de tecnologías que incluyen lámparas incandescentes, fluorescentes, de descarga de alta intensidad, fluorescentes compactas, diodos emisores de luz, etc. La principal fuente de energía es la electricidad.
- **Otros equipos:** Abarcan una gran diversidad de usos finales y varían en función del tipo de actividad empresarial o categoría de servicio. Pueden incluir equipos de oficina (servidores, impresoras, fotocopiadoras, máquinas de fax, ascensores y otros), refrigeradores comerciales, equipos para la preparación de alimentos, equipos de lavandería comerciales, cajeros automáticos, etc.

3.3.4 Indicadores de eficiencia energética utilizados en el sector

Como se ha mencionado, el sector servicios es en el que se dispone de menos información por lo que en muchos países el consumo reportado correspondiente a dicho sector resulta de un “residual” de los balances energéticos nacionales. Esto es de restar todos los demás sectores al consumo final y lo que queda, es considerado el consumo del sector servicios.

²⁰ Sistemas centralizados de calefacción, ventilación y aire acondicionado

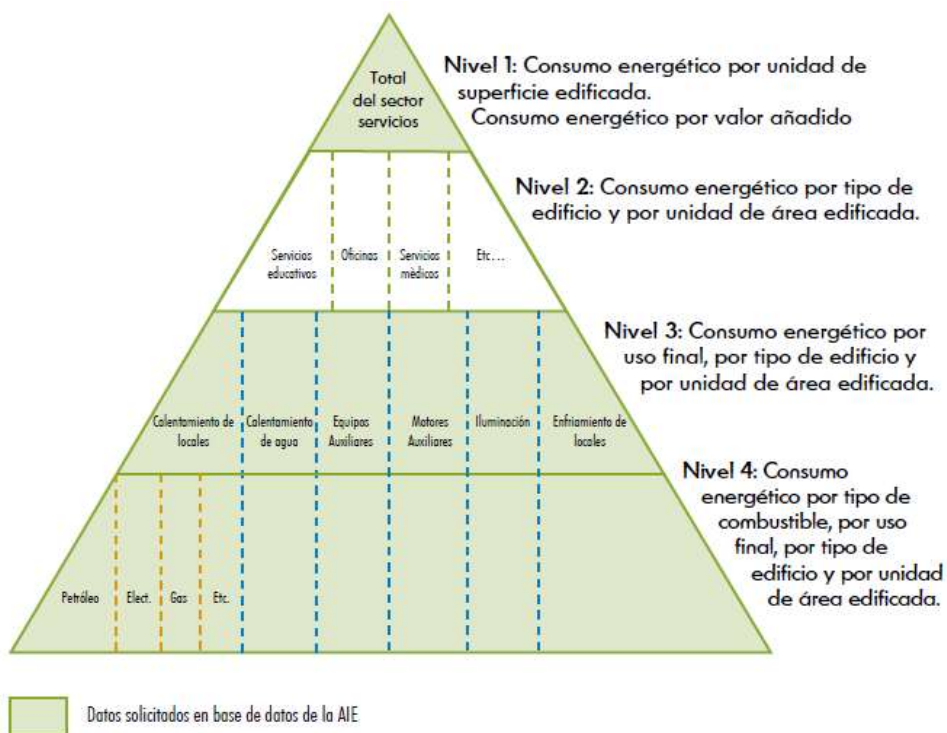
²¹ Gas licuado de petróleo

Dada la dificultad para obtener información incluso al nivel más agregado, un primer paso puede ser el desarrollo de indicadores a nivel de uso final, así como identificar y entender qué uso final es el más importante en el sector.

Dependiendo de la disponibilidad, cantidad y calidad de datos, se pueden elaborar indicadores muy desagregados o permanecer en un nivel muy general el cual no tenga sentido para un análisis de eficiencia energética.

La Figura 16 resume todos los indicadores descritos en el sector de servicios y aporta una rápida visualización de la utilidad de los indicadores.

Figura 16. Pirámide indicadores del sector servicios



Notes: Para el caso de los países que reportan a la AIE, solo tres países reportan a la AIE el consumo energético por uso final (Nivel 3). Solo siete países reportan el área total edificada del sector servicios. La AIE está analizando la intensidad energética del sector servicios en base al valor añadido. Algunos países tienen información más detallada de lo que se dispone en la base de datos de la AIE.

Fuente: (2014) Agencia Internacional de Energía “Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics”

El indicador agregado utilizado es en general el consumo energético en servicios por unidad de valor agregado en el sector servicios. Sin embargo, diferentes actividades del sector servicios pueden mostrar muy diferentes niveles de producción económica a la vez que consumen prácticamente la misma cantidad de energía, para conocer la variedad de

indicadores energéticos para el sector. (Anexo 1. Listado de los indicadores más comúnmente utilizados en el sector servicios).

Indicadores del nivel 1

Intensidad energética agregada de servicios: Cantidad total de energía consumida en el sector servicios por unidad de valor agregado o superficie útil.

- El consumo energético por valor agregado indica la relación general entre el consumo energético y el desarrollo económico.
- El consumo energético por unidad de superficie puede proporcionar una visión respecto a cómo el consumo final produce cambios en el uso de la energía. Además, puede proporcionar indicaciones sobre la naturaleza del sector que promueve el consumo energético cuando se combina con la información de consumo energético por valor agregado.

Tabla 5. Descripción de indicadores nivel 1

Indicadores	Datos requeridos	Propósito	Limitaciones
Consumo energéticos en servicios por unidad de superficie	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo energético total para servicios. • Superficie total del sector servicios. 	<ul style="list-style-type: none"> • En combinación con el indicador anterior, puede dar una indicación sobre la naturaleza del consume energético preponderante en el sector. • Puede dar una visión del principal uso final que influye en los cambios del consumo energético. 	<ul style="list-style-type: none"> • No mide los desarrollos en eficiencia energética. • Depende de factores tales como el clima, geografía, y la estructura del sector servicios • Influenciado por cambios en la estructura de servicios: diferentes tipos de edificios tienen muy diferentes tipos de requerimientos energéticos.

Fuente: Elaboraciones propias con datos de (2014) Agencia Internacional de Energía “Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics”

Indicadores del nivel 2 y subsiguientes

Los indicadores del nivel 2 pueden proporcionar suficiente información como para resultar relevantes en el análisis de los sectores y permitir el desarrollo de políticas de eficiencia energética. Sin embargo, algunos indicadores del nivel 2 de usos finales únicamente proporcionan información genérica, y se requiere avanzar al nivel 3 para desarrollar indicadores útiles.

Intensidad energética por usos finales: Calefacción de locales

Cantidad de energía consumida para la calefacción de locales por valor agregado o por unidad de superficie. En algunos países solo una fracción de la superficie total útil es calentada; en este caso este indicador debería utilizar la superficie útil calentada como la variable de actividad para proporcionar resultados más precisos respecto a las tendencias de intensidad. El indicador de preferencia es la energía por área edificada.

Intensidad energética por usos finales: Enfriamiento de locales

Cantidad de energía consumida para enfriamiento de locales por valor agregado o por unidad de superficie enfriada. En países donde un gran porcentaje del área edificada de servicios es enfriada, la superficie útil puede también ser utilizada como un medidor de actividad. Aunque el consumo energético por valor agregado es mucho menos relevante, éste puede ser utilizado en ausencia de información relativa a la superficie útil.

Intensidad energética por uso final: Calentamiento de agua

Cantidad de energía consumida para calentamiento de agua por valor agregado. Dado que la demanda de agua caliente es importante para algunos tipos de actividad en edificios específicos, la relevancia de éste indicador aumenta. Aunque, la comparación entre países en los que se utilizan fuentes energéticas muy diferentes podría no ser relevante para evaluar la eficiencia de los calentadores de agua. Sin embargo, la observación de los cambios en la mix de combustibles a través del tiempo y la comparación de las intensidades promedio puede proporcionar una idea de la influencia que tiene el mix de combustibles en la intensidad del calentamiento de agua.

Intensidad energética por uso final: Iluminación

Cantidad de energía consumida para iluminación por valor agregado o superficie útil.

Intensidad energética por usos finales: Otros equipamientos²²

Cantidad de energía consumida por otros equipos por valor agregado o superficie útil. A este nivel de agregación, los indicadores no facilitan demasiada precisión. El consumo

²² En el sector servicios dentro de “otros equipamientos” se incluye una amplia gama de artefactos, entre ellos: computadoras, fotocopadoras, equipos frigoríficos, lámparas de mesa, máquinas de rayos-x, equipamiento de cocina, de bombeo, ventiladores, compresores y cintas transportadoras

energético para equipamiento de oficina está más íntimamente relacionado con el número de empleados, la energía para cocina depende del número de comidas servidas, etc. Sin embargo, el observar la tendencia del mix de energía utilizado puede ayudar a comprender qué tipo de equipamiento influye más en la tendencia de la energía demandada.

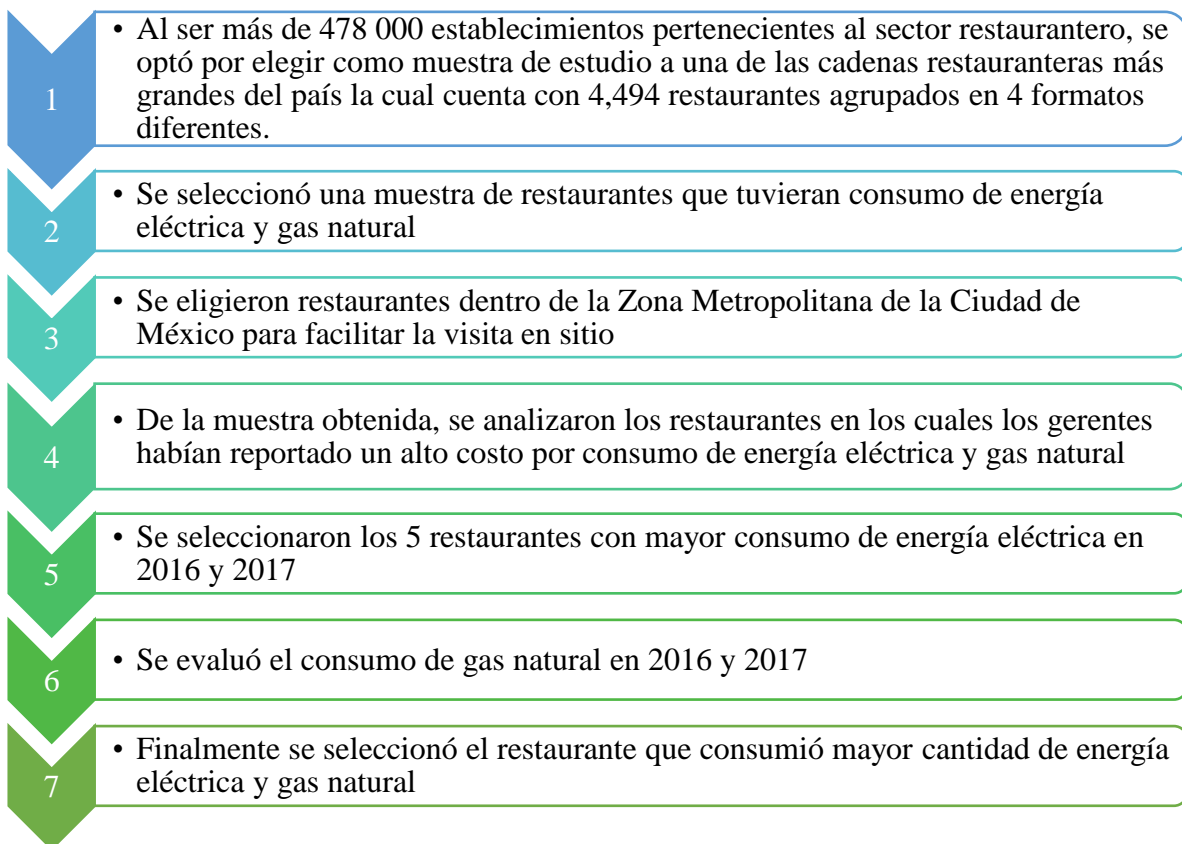
Capítulo IV CASO DE ESTUDIO

4.1 Selección y descripción del establecimiento

4.1.1 Selección del establecimiento

Como se mencionó en el Capítulo I, en 2017, de acuerdo con el DENUÉ²³, se contabilizaron más de 478 000²⁴ unidades económicas pertenecientes a la industria restaurantera, sin embargo conocer los usos finales y consumo energético de establecimientos con grandes diferencias entre sí, es una tarea compleja por lo que para el presente trabajo se siguió el siguiente proceso para elegir un caso de estudio que serviría como punto de partida para el desarrollo de indicadores energéticos en el sector comercial y de servicios, puntualmente en el sector restaurantero (Figura 17).

Figura 17. Proceso para elegir caso de estudio



²³ Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas publicado en noviembre 2017.

²⁴ Incluye restaurantes, cafeterías, fuente de sodas, entre otros.

Una vez concluido el proceso de selección de un establecimiento con altos consumos energéticos tanto de gas natural como de electricidad se realizó una investigación que se describe a continuación.

4.1.2 Descripción de la tienda

Antecedentes

El restaurante fue abierto en el año de 1982 y labora con un horario de 7:00 a 23:00 horas, en los últimos 10 años ha incrementado sus clientes generando una mayor producción de alimentos.

Después de 36 años de operación, no ha presentado remodelación alguna en cuanto a los equipos con los que opera, únicamente se han cambiado luminarias por Leds, sin embargo, eso no representó una disminución considerable del consumo de energía.

El éxito de ventas ha provocado una mayor demanda de recursos como energía eléctrica utilizada en equipos aires acondicionados y gas licuado de petróleo utilizado en la parte de la cocina tanto para la cocción de alimentos como para las pequeñas calderas que se tienen para elevar la temperatura del agua de 20°C a 80°C, agua que se requiere para lavar la loza.

Ubicación

El restaurante se ubica en la zona norte de la ciudad de México, no colinda con ningún otro inmueble y cuenta con un área de 1787.75 m² incluyendo estacionamiento y área de jardines. Si se separan las áreas, se pueden distinguir tres: área para comensales (vestíbulo, sanitarios, área de juegos), cocina (almacenes, área de cocina, baño de empleados y lavaplatos) y equipo de refrigeración (cámara fría). (Figura 18).

El restaurante cuenta únicamente con un nivel y su construcción es a base de ladrillo rojo, con ventanales de vidrio simple que dan al exterior, no cuenta con edificios colindantes.

Tiene capacidad para recibir a 219 comensales al mismo tiempo, como se muestra en la Figura 19.

Figura 18. División por áreas del restaurante

ÁREAS:

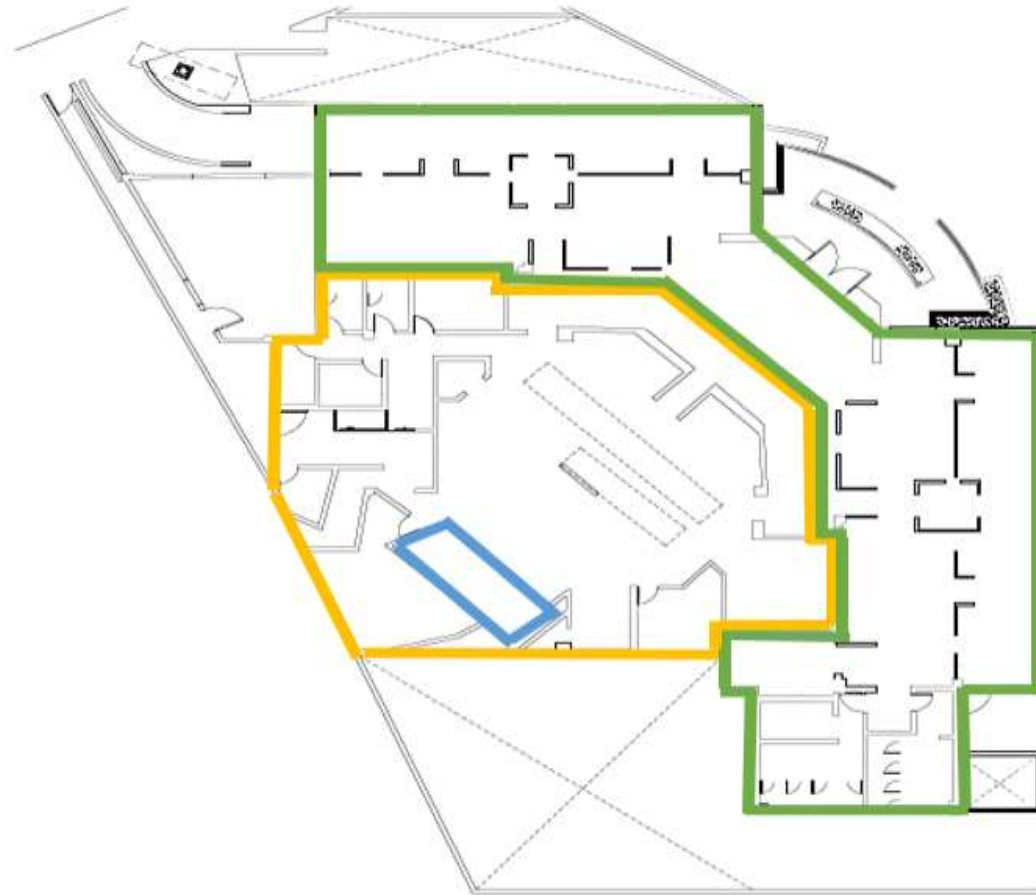


Figura 19. Distribución de mesas para comensales

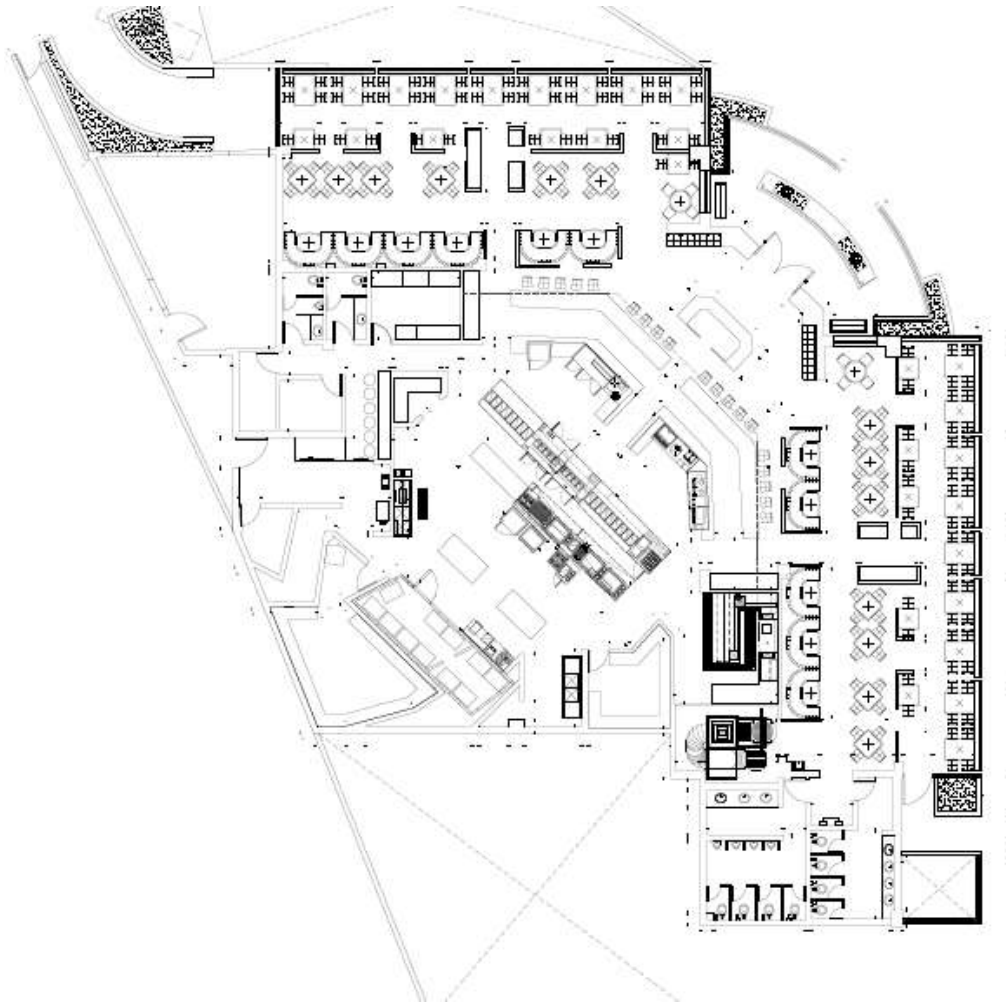


Tabla de comensales		
Tipo de mesa	Capacidad	No. de Comensales
Booths (4)	11	44
Redonda (4)	2	8
Recta (1.2)(4)	18	72
Recta (2)	12	24
Cuadrada (4)	13	52
Barra	19	19
TOTAL		219

4.2 Recopilación de datos

Algunos datos son más fáciles de recopilación que otros; esto se aplica a los de consumo energético como de actividad. Para la recopilación de datos de consumo energético se utilizaron fuentes administrativas, levantamiento de cargas, encuestas y mediciones.

4.2.1 Información administrativa

La información administrativa recabada es en relación con el consumo de energéticos, a menudo suministrados por empresas de servicios públicos, en este caso la electricidad. Se recabaron datos de consumo de energía eléctrica y gas natural a través de facturas de 2016, 2017 y de enero a julio de 2018 obteniendo lo que se muestran en el Anexo 2.

De acuerdo con los datos recopilados de las 31 facturas de CFE²⁵ analizadas, el establecimiento está en una tarifa eléctrica GDMTH²⁶ (antes HM), se encuentra dentro de la división eléctrica Valle de México Norte y se consume en promedio 21 215 kWh mensualmente.

Respecto al consumo de gas natural en el establecimiento, se recabaron 31 facturas mensuales que reportan un consumo alrededor de 6 100 m³ de gas natural.

4.2.2 Levantamiento de cargas

Se realizaron dos visitas al sitio para recabar los datos de equipos utilizados para la prestación del servicio de alimentos y bebidas, donde se identificaron los equipos que se muestran en la Tabla 6.

Se identificó que la mayoría de los equipos no cuentan con datos de placa debido a la antigüedad del restaurante, por lo que se optó por buscar información de consumos de gas natural para los equipos utilizados en la cocina, como freidoras, parrillas, cafeteras, licuadoras, lavalozas, máquina de hielo etc.

Para el caso de la cámara de refrigeración, al no contar con datos de consumo se optó por la estimación de consumo a través de mediciones que se describen más adelante en el apartado Mediciones.

²⁵ Comisión Federal de Electricidad

²⁶ Gran Demanda Media Tensión Horaria

Tabla 6. Equipos por zona del restaurante

Zona	Equipo	Cantidad de equipos
Comensales	Lámpara Led	28
	Lámpara led esférico-candelabro	72
	Lámparas led techo	116
	Pantalla plana	5
	Cafetera	6
	Impresora de ticket	2
	Monitor NRC	2
Baños hombres	Lámparas techo	9
	Seca manos	1
Baños mujeres	Lámparas techo	8
	Seca manos	2
Oficina	Multifuncional	1
	Monitor de cámaras	1
	Computadora escritorio	1
	Lampara led techo	2
Aire acondicionado	Tipo paquete 25 Ton. Refrigeración	2

Fuente: Elaboraciones propias

Zona	Equipo	Cantidad de equipos
Cocina	Lámpara led techo	43
	Cámara de refrigeración	1
	Lavalozas	1
	Máquina de hielo	1
	Máquina de refrescos	1
	Cafetera	1
	Licadora	1
	Máquina para esquimos	1
	Pantalla plana	1
	Monitores para pedidos	4
	Lámparas en parrilla	12
	Báscula	1
	Extractor de jugos	1
	Máquina para rebanar	1

Fuente: Elaboraciones propias

4.2.3 Entrevista

Los propósitos fundamentales de la entrevista fueron: entender la evolución del consumo energético en el tiempo y entre actividades; reunir información sobre las características físicas del establecimiento, tales como la superficie construida, el índice de ocupación, etc.; y recopilar datos sobre el gasto de energía.

Se entrevistó al gerente del restaurante quien proporcionó información referente a:

- Características del edificio: superficie construida, área de cada zona, materiales de construcción.
- Operación del restaurante: ocupación mensual, semanal y diaria (la ocupación diaria solo constó de dos semanas), horario de operación, cantidad de empleados y turnos de trabajo.
- Usos finales de la energía
- Características y antigüedad de los equipos

4.2.4 Mediciones

Para garantizar la calidad y precisión de los datos de consumo que se utilizarán para la determinación de indicadores energéticos, se realizó una medición del consumo eléctrico durante una semana en el restaurante la cual consistió en lo siguiente:

- a) Medición de consumo eléctrico en la acometida principal
- b) Instalación de sensores de encendido y apagado en los circuitos eléctricos donde se tenían los siguientes equipos:
 1. Equipo de aire acondicionado
 2. Extractores en cocina, campanas y lavalozas
 3. Extractores en baños
 4. Luminarias en cocina, bodega y estacionamiento
 5. Luminarias de comedor y terraza
 6. Luminarias en exterior y ventanales

Se realizó una consideración especial en la que la cámara de refrigeración y congelación, que permanece encendida las 24 hrs, lo cual no necesariamente indica que el compresor y condensadora permanecen encendidos las 24 hrs, simplemente se considera de esa manera para determinar la demanda promedio (kW) del equipo y de esa manera lograr una estimación de consumo eléctrico (kWh).

Los sensores se mantuvieron operando las 24 horas durante siete días consecutivos, arrojando 22 176 datos de encendido y apagado, los cuales se acomodaron en una matriz que indica el horario en el que el equipo se mantenía encendido (1) o apagado (0). (Tabla 7).

Tabla 7. Ejemplo de resultados obtenidos con sensores de encendido y apagado de equipos

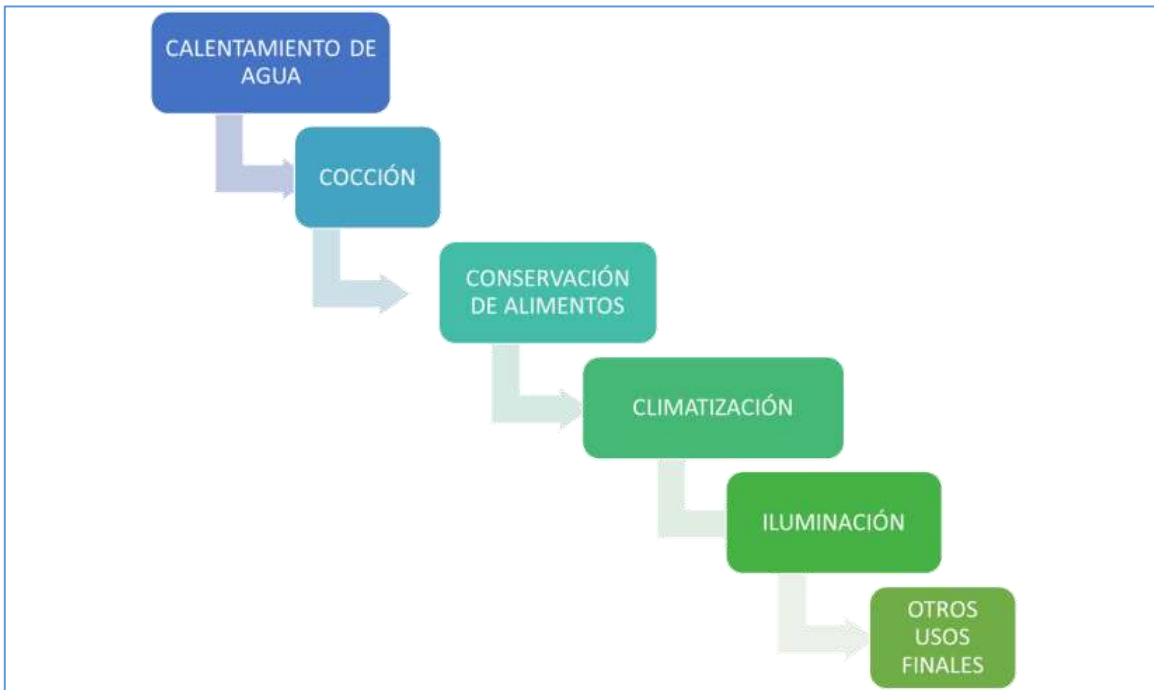
TIMESTAMP	COOL 1 HVAC COMEDOR	COOL 1 HVAC COMEDOR	EXTRACTOR CAMPANAS & LAVALOZA	EXTRACTOR BAÑOS	FAN HVAC COMEDOR	FAN HVAC COMEDOR	ILUM COCINA BODEGA	ILUM COCINA & CAMPANAS	ILUM COMEDOR & TERRAZA	ILUM EXTERIOR VENTANALES	CAMARA REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN
05/11/2018 00:00	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 01:00	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 02:00	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 03:00	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 04:00	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 05:00	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 06:00	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
05/11/2018 07:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 08:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 09:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 10:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 11:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 12:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 13:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 14:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 15:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 16:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 17:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 18:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 19:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
05/11/2018 20:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
05/11/2018 21:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
05/11/2018 22:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
05/11/2018 23:00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboraciones propias

4.3 Identificación de usos finales y caracterización de consumo energético

Después de realizar mediciones, entrevistas, visita a sitio y levantamiento de cargas se logró identificar los usos finales de la energía que se indican en la Figura 20.

Figura 20. Usos finales de la energía utilizada en el sector restauranero



Fuente: Elaboraciones propias

Para la caracterización del consumo energético por cada uso final se realizó lo siguiente para cada fuente de energía:

- Energía eléctrica: Se utilizaron los datos obtenidos por la medición y base de datos de los sensores instalados
- Gas natural: Al no contar con medidores internos para la cocina y equipos para calentamiento de agua, se estimó el consumo por equipo (kg/h) con apoyo de fichas técnicas que tenían características similares a las observadas en sitio, se cuantificaron las horas de uso del equipo y la cantidad de equipos.

4.4. Indicadores energéticos

Se calculan indicadores de eficiencia energética nivel 1, nivel 2 y nivel 3 (Tabla 8) conforme a lo establecido en el Capítulo III del presente trabajo.

Tabla 8. Indicadores de eficiencia energética que se utilizarán para el sector comercial.

INDICADORES ENERGÉTICOS	
NIVEL 1	Consumo total/\$ingreso Consumo total/platillos Consumo total/comensales Consumo total/m ²
NIVEL 2	Consumo eléctrico mensual/m ² Consumo Gas Natural/m ² Consumo eléctrico para climatización/m ² climatizado Consumo eléctrico para iluminación/m ² iluminados Consumo eléctrico para de otros usos finales/m ² otros usos Consumo GN para calentamiento agua/litro calentado
Nivel 3	Consumo eléctrico para climatización/comensal Consumo GN para calentamiento agua/platillo Consumo eléctrico para conservación alimentos/platillo Consumo GN para cocción/platillo

Fuente: Elaboraciones propias

Capítulo V RESULTADOS

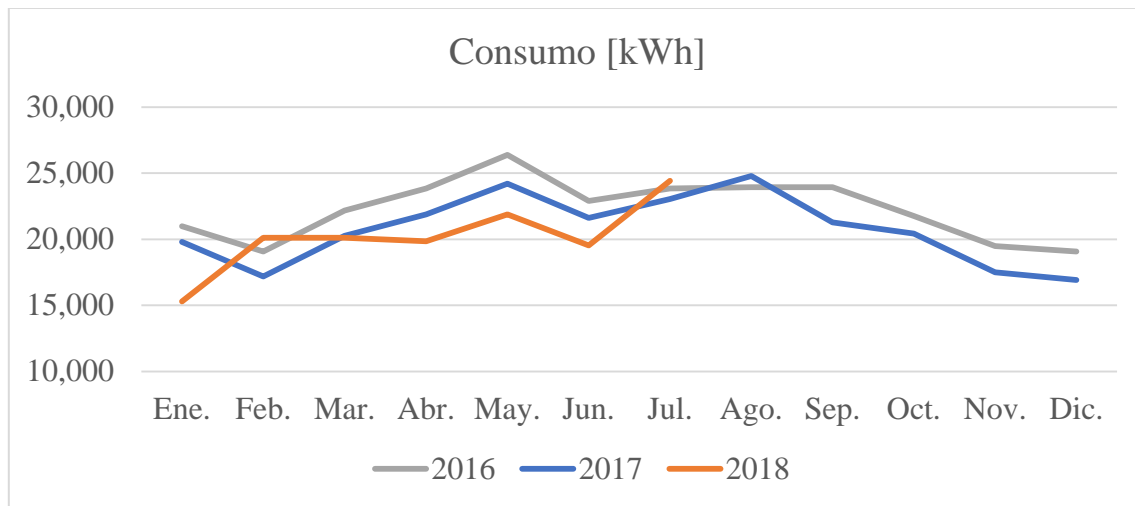
En el presente capítulo se presentan los resultados, así como el análisis de estos. Se muestran los indicadores energéticos nivel 1, nivel 2 y nivel 3 obtenidos y se realiza un breve estudio de cumplimiento normativo considerando únicamente las normas oficiales de eficiencia energética.

5.1 Análisis de facturación

Consumo eléctrico y gas natural

Como resultado del análisis de la facturación de CFE presentada, se obtuvo la Figura 21, en donde se aprecia que el comportamiento en el consumo eléctrico es similar en los 3 años (2016-2018), sin embargo, se presentan consumos irregulares en los meses de septiembre 2017, febrero y mayo 2018.

Figura 21. Consumo eléctrico mensual 2016 - 2018



Fuente: Elaboraciones propias

Debido a que la información obtenida comienza en 2016, éste será considerado como año base para el entendimiento de factores que pudieron afectar el comportamiento en el consumo eléctrico y de gas natural los cuales se explican a continuación:

- Septiembre 2017. Reduce el consumo eléctrico, en dicha fecha ocurrió un sismo en la Ciudad de México el cual repercutió en la actividad comercial de la zona, bajando las ventas y por lo que al existir menor demanda de platillos, se consumió menos energía.
- Febrero 2018. Incrementó el consumo debido a un aumento en la ocupación del restaurante, la cual fue mayor en comparación con los dos años anteriores

- Mayo 2018. A pesar de ser un comportamiento típico comparado con los años anteriores, es importante mencionar que es el mes con mayor demanda energética debido a que existe mayor ocupación generada por la festividad del 10 de mayo (día de las madres), unido a que es un mes en el que hace más calor, por lo que el equipo de aire acondicionado permanece encendido por más tiempo demandando una cantidad de energía eléctrica mayor.

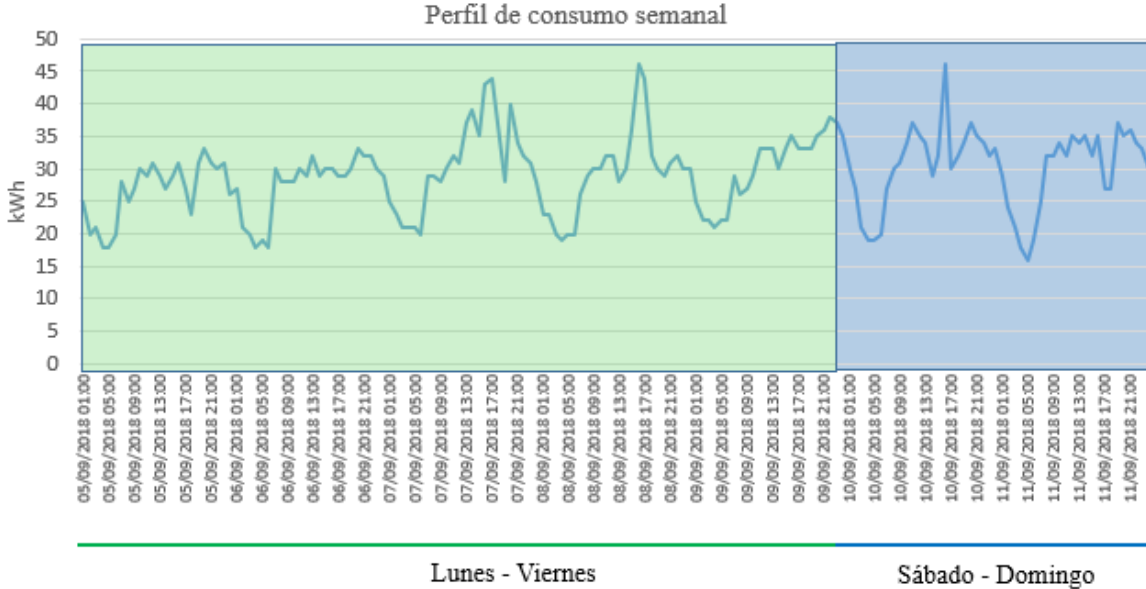
5.2 Resultados de las mediciones

5.2.1 Medición eléctrica

Además de contar con la facturación eléctrica, donde se especifica el consumo por horario base, intermedio y punta, se obtuvo información de cinco-minutales para comprender, con mayor detalle, el comportamiento del consumo eléctrico.

En la Figura 22 se observa el perfil de consumo eléctrico semanal el cual de miércoles a domingo presenta un comportamiento de consumo similar, mientras que lunes y martes, a pesar de comportarse similarmente entre sí, operan de manera diferente al resto de la semana, y esto puede deberse a la cantidad de comensales que ingresan por día al restaurante. Teniendo mayor ocupación los miércoles, jueves y sábados.

Figura 22. Perfil de consumo eléctrico semanal



Fuente: Elaboraciones propias

Para conocer las áreas de oportunidad para el ahorro y uso eficiente de la energía y precisar los consumos eléctricos, se analizó el perfil de consumo de energía eléctrica durante las 24 horas del día (Figura 23).

Como se observa, la demanda de energía inicia a las 7:00 horas, horario en el cual abre el restaurante. Entre 9:00 y 12:00 horas el consumo eléctrico aumenta ya que inicia la mayor demanda de desayunos.

Se observan periodos de mayor consumo que corresponden a los horarios de comida entre las 14:00 a 16:00 horas, y cena en el horario de 19:00 a 23:00 horas (horario de cierre)

Figura 23. Perfil de consumo eléctrico por día



Fuente: Elaboraciones propias

5.2.2 Consumo eléctrico por equipos

Una vez analizada la matriz de valores 0 y 1 (resultado de sensores de encendido y apagado) junto con las mediciones tomadas en el medidor principal, se obtuvieron los siguientes resultados, detallando el consumo eléctrico por equipos. (Tabla 9)

Tabla 9. Consumo eléctrico por equipo

Equipo	Consumo semanal [kWh]	Consumo mensual [kWh]
Luminarias	994	4,317
Cámara fría	2,184	9,485
Aire acondicionado	1,003	4,357
Extractores de aire, campanas y lavalozas	261	1,135
Extractores de baños	261	1,133
Resto de equipos eléctricos	209	908
Total		21,335

Fuente: Elaboraciones propias

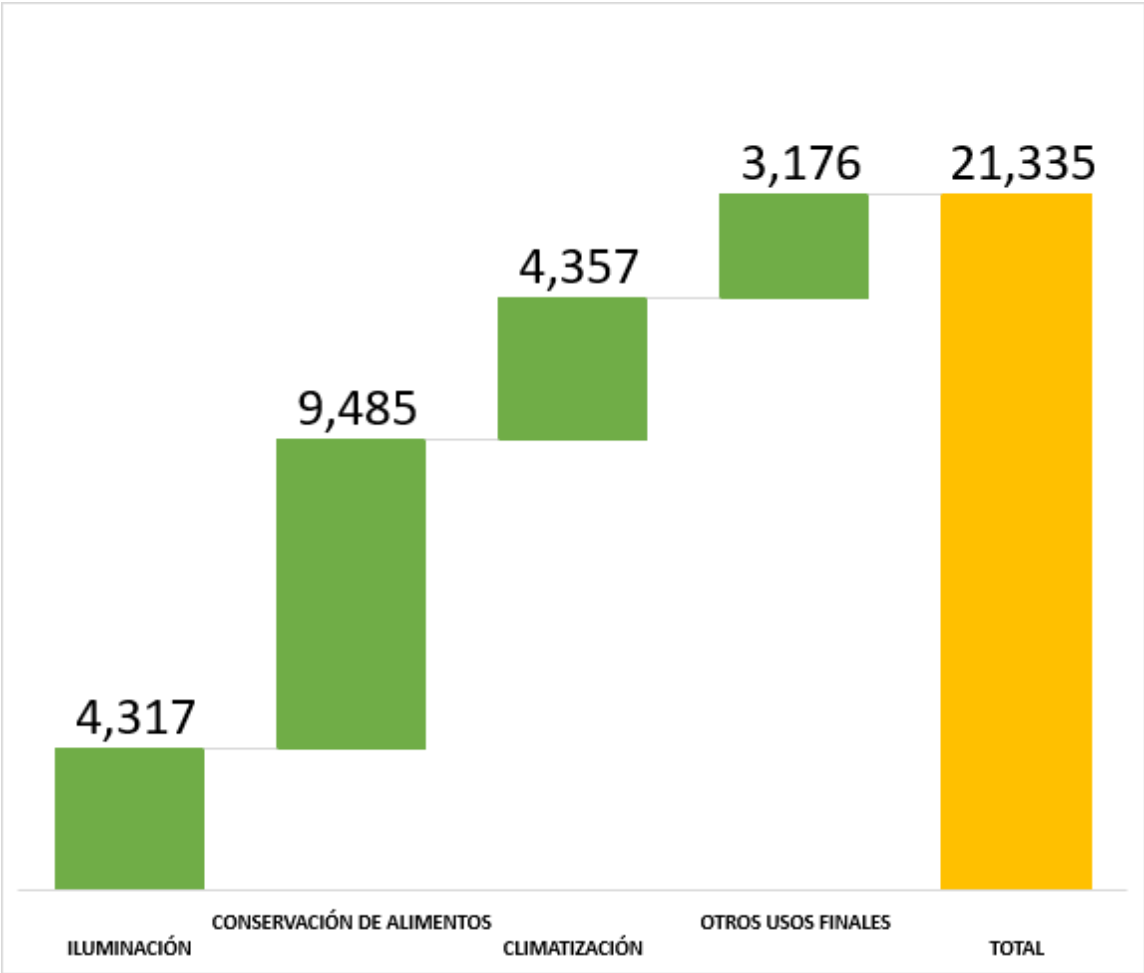
Como se observa en la tabla anterior, la cámara fría es el equipo eléctrico que demanda mayor cantidad de electricidad (44% del total de energía eléctrica), seguido por el aire acondicionado y luminarias que consumen el 20% respectivamente.

5.2.3 Consumo eléctrico por usos finales

De acuerdo con la metodología implementada, se identificaron cuatro usos finales de la energía eléctrica que son, principalmente, la conservación de alimentos, climatización de espacios, iluminación y otros usos finales.

En relación con la medición realizada, el establecimiento consume en promedio 21 335 kWh mensualmente, de los cuales el 44% es utilizado para la conservación de alimentos, el 20% para acondicionamiento o climatización de espacios, otro 20% del consumo eléctrico es para iluminación (Figura 24).

Figura 24. Consumo eléctrico mensual de cada uso final [kWh]



Fuente: Elaboraciones propias

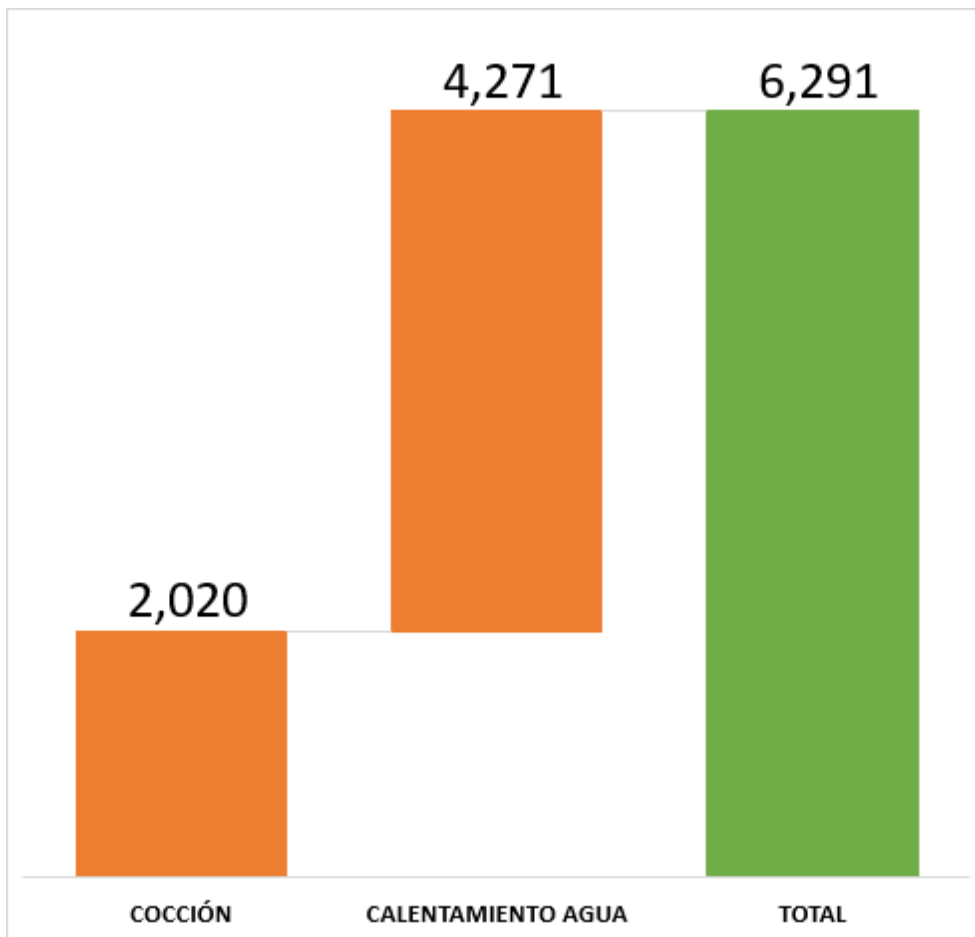
5.2.4 Consumo de gas natural por usos finales

Para el consumo de gas natural se identificaron dos usos finales de la energía que son la cocción de alimentos y el calentamiento de agua.

El establecimiento consume en promedio 6 291 m³ de gas natural mensualmente, de los cuales el 68% es utilizado para el calentamiento de agua utilizada para mantener la temperatura de ciertos alimentos preparados y en el lavalozas que opera con agua a 70°C para garantizar los estándares de salubridad.

El 32% restante del consumo de gas natural es utilizado para la cocción de alimentos (Figura 25).

Figura 25. Consumo mensual de gas natural para cada uso final [m3]



Fuente: Elaboraciones propias

5.2.5 Consumo total de energía por usos finales

Una vez caracterizado el consumo eléctrico y de gas natural, se realizaron cálculos para la equivalencia de consumo energético en giga Joules (Tabla 10).

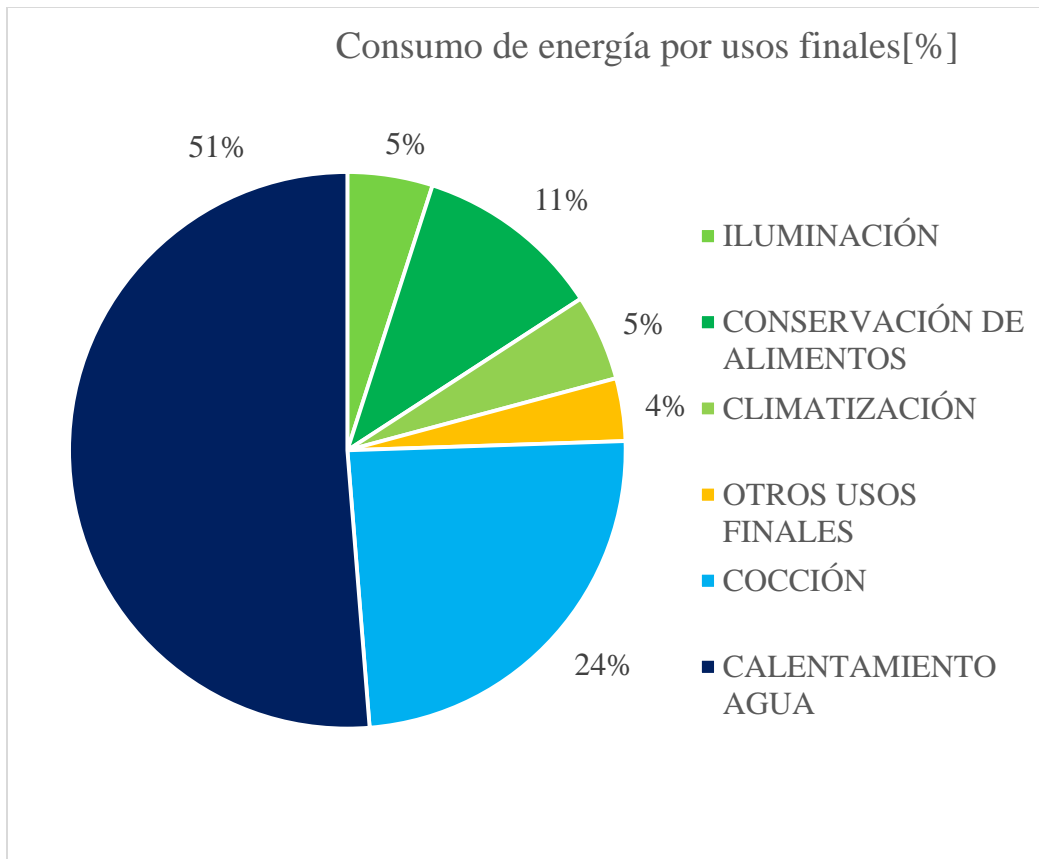
El consumo anual de energía en el establecimiento es de 3 766 giga Joules, de los cuales el 52% es destinado al calentamiento de agua, el 24% a la cocción de alimentos y el 11% a la conservación de los mismos. (Figura 26).

Tabla 10. Consumo anual por uso final de la energía (Gigajoules)

Uso final	Consumo anual [GJ]
ILUMINACIÓN	187
CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS	410
CLIMATIZACIÓN	188
OTROS USOS FINALES	137
COCCIÓN	913
CALENTAMIENTO AGUA	1931

Fuente: Elaboraciones propias

Figura 26. Consumo anual por uso final de la energía [%]



Fuente: Elaboraciones propias

5.3 Determinación de Indicadores energéticos

Finalmente, y en cumplimiento con el objeto del presente trabajo, se determinaron indicadores nivel 1, nivel 2 y nivel 3 los cuales se establecieron con base al capítulo III del éste documento.

Tabla 11. Indicadores energéticos, Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3 para el sector comercial. Restaurantes

INDICADORES ENERGÉTICOS			
NIVEL 1	Consumo total/\$ingreso	0.104	MJ/pesos de ingreso
	Consumo total/platillos	11.876	MJ/platillo
	Consumo total/comensales	11.153	MJ/comensal
	Consumo total/m ²	6.281	GJ/m ² -año
NIVEL 2	Consumo eléctrico/m ²	35.58	kWh/m ² -mes
	Consumo Gas Natural/m ²	395.41	MJ/m ² -mes
	Consumo eléctrico para climatización/m ² climatizado	13.19	kWh/m ² climatizado-mes
	Consumo eléctrico para iluminación/m ² iluminados	7.2	kWh/m ² iluminados-mes
	Consumo eléctrico para de otros usos finales/m ² otros usos	5.30	kWh/m ² -mes
	Consumo GN para calentamiento agua/litro calentado	1.04	MJ/litro
NIVEL 3	Consumo eléctrico para climatización/comensal	0.15	kWh/comensal
	Consumo GN para calentamiento agua/platillo	6.09	MJ/platillo
	Consumo eléctrico para conservación alimentos/platillo	0.36	kWh/platillo
	Consumo GN para cocción/platillo	2.88	MJ/platillo

Fuente: Elaboraciones propias

5.3.1. Comparación de indicadores

A continuación, se presenta una comparación entre los indicadores resultantes del presente trabajo y los indicadores presentados en el Capítulo II, Antecedentes.

Respecto a los indicadores de consumo eléctrico mostrados por Morillón en 2010, se observa que el principal uso final es la climatización de espacios mientras que en el

presente estudio el principal uso es la conservación de alimentos, esto se puede deber a diversos factores como el tipo de equipos utilizados (cámaras frías, aire acondicionado, luminarias, etc), así como la operación del restaurante, cantidad de alimentos en conservación, comensales atendidos, entre otros. Sin embargo al analizar el consumo por tipo de energía, observamos un comportamiento similar en ambos estudios, éste es el porcentaje de utilización de energía térmica, que es de alrededor del 70% del consumo de energía de los restaurantes analizados. (Tabla 12)

Al revisar los indicadores publicados por Madison Gas and Electric, se observa que, en consumos eléctricos para conservación de alimentos e iluminación, el comportamiento es similar a los obtenidos aquí, a pesar de ello, el consumo por pie cuadrado anualmente es mayor en el restaurante analizado en el presente trabajo. En cuanto a los consumos de gas natural, se presentan diferencias importantes las cuales pueden deberse al tipo de alimentos preparados, hábitos para cocinar, cantidad de comensales atendidos, etc.

Tabla 12. Comparación entre indicadores encontrados en la literatura y el caso de estudio

Indicadores encontrados		Indicador restaurante de cadena (Estudio de caso)
Autor	Indicador	
Morillón. 2010	<p>Consumo energía eléctrica por área prioritaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 47.7% climatización • 28.4% iluminación • 19% conservación de alimentos • 4.5% motores y otros <p>Índice promedio de consumo de energía eléctrica</p> <ul style="list-style-type: none"> • 250 kWh/m²-año <p>Caracterización por tipo de energía consumida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 72% energía térmica • 28% energía eléctrica 	<p>Consumo energía eléctrica por uso final:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 20% climatización • 20% iluminación • 44% conservación de alimentos • 16% otros <p>Índice promedio de consumo de energía eléctrica</p> <ul style="list-style-type: none"> • 427 kWh/m²-año <p>Caracterización por tipo de energía consumida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 76% energía térmica • 24% energía eléctrica

Madison Gas and Electric	<p>Consumo energético en restaurantes de servicio completo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electricidad 29 kWh/ft²-año <ul style="list-style-type: none"> ○ 32% conservación de alimentos ○ 19% iluminación • Gas natural 1.2 ft³/ft²-año <ul style="list-style-type: none"> ○ 45% cocción de alimentos ○ 28% calentamiento agua 	<p>Consumo energético en restaurantes de servicio completo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Electricidad 40 kWh/ft²-año <ul style="list-style-type: none"> ○ 44% conservación de alimentos ○ 20% iluminación • Gas natural 413 ft³/ft²-año <ul style="list-style-type: none"> ○ 68% cocción de alimentos ○ 32% calentamiento agua
--------------------------	---	---

Fuente: Elaboraciones propias con datos de (2003) Madison Gas and Electric “Controlar los costos de la energía en restaurantes” y Morillón 2010.

Uno de los documentos que presenta mayor detalle en el desarrollo de indicadores conforme al uso final de la energía para restaurantes es el presentado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, lo cual se considera como principal punto de comparación para los resultados del análisis del caso de estudio del presente trabajo.

La Guía de auditorías energéticas en restaurantes de la Comunidad de Madrid presentada por las dependencias anteriormente mencionadas establece que el consumo total de la energía se encuentra repartido de la siguiente manera: 30% del total se utiliza en la cocina, 28% en iluminación, 19% en enfriamiento, 17% en calefacción y 6% en otros usos finales, mientras que en restaurante analizado de la Ciudad de México el calentamiento de agua ocupa la mitad del consumo final de la energía (51%), seguido de la cocción de alimentos (24%) y la conservación de alimentos requiere el 11% del consumo total del establecimiento.

Lo anterior puede deberse a la operación del restaurante, ya que en el restaurante analizado se utiliza agua caliente para la limpieza de loza, mientras que en Madrid no se especifica el uso de lavalozas.

Otro factor que influye en el consumo energético es el clima particular de cada zona geográfica, ya que en la Ciudad de México es muy poco el uso de los equipos de aire acondicionado.

La publicación realizada en Madrid también muestra indicadores mínimos y máximos de consumo energético por tipo de uso final, los cuales son presentados en kWh/m².

Si se toma una media entre todos los tipos de establecimientos de restaurantes, se obtiene un promedio de 238.85 kWh/m². Sin embargo, en el documento no se especifica si el

consumo reportado es de manera anual o mensual, además de no expresar si únicamente considera energía eléctrica o incluye otros energéticos, si se considera que es únicamente consumo eléctrico anual, entonces el consumo eléctrico en el establecimiento analizado en el presente estudio, es el doble que en restaurantes de Madrid, consumiendo anualmente 427 kWh/m²-año.

El estudio realizado por Samantha Mudle en el Reino Unido, corresponde a restaurantes de un operador comercial con diversos formatos, sin embargo, al ser de una cadena restaurantera teóricamente operan de manera similar entre sí, por cual los indicadores presentados sirven de base para comparar los indicadores energéticos determinados en el restaurante de cadena analizado en México.

Mudle realiza una separación por tipo de restaurante y establece indicadores de consumo por m² y platillo.

Para realizar la comparación de indicadores, el restaurante analizado en este trabajo será considerado como restaurante y restaurante tradicional ya que no cuenta con bar en su interior ni prepara comida rápida.

Tabla 13. Comparación de indicadores estudio realizado en Reino Unido y el estudio de caso

Tipo de restaurante	Restaurante UK	Restaurante México	
Restaurantes	90	145.40	kWh/m ²
Restaurante tradicional	1.73	3.30	kWh/platillo

Fuente: Elaboraciones propias y datos de Mudle, S. (diciembre, 2015). Energy benchmarking in UK commercial kitchens. Recuperado de: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0143624415623067?journalCode=bsea>

Para realizar la comparación, se realizó la equivalencia del consumo total de gigajoules mensuales por metro cuadrado del establecimiento a kWh por metro cuadrado, el cual incluye el consumo eléctrico y de gas natural. Como se observa en la tabla anterior, el consumo energético en el restaurante mexicano es mayor, tanto por metro cuadrado, como por platillo preparado, sin embargo, depende la forma de preparación de platillos y operación del restaurante.

Tomando en cuenta la antigüedad de los equipos en el establecimiento de la Ciudad de México y comparando los indicadores, se observa una gran oportunidad de ahorro energético tomando como base los 772 establecimientos analizados en Reino Unido. El ahorro podría iniciarse con cambio de hábitos y sustitución de equipos con mayor eficiencia energética.

Capítulo VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Debido de la falta de datos sobre el consumo de energía por usos finales de la energía en el sector comercial, particularmente del sector restaurantero, fue necesario diseñar un método adecuado que permitiera la recopilación de información del restaurante estudio de caso, sin embargo únicamente se logró medir y caracterizar de manera precisa el consumo eléctrico, mientras que el consumo de gas natural fue estimado, esto debido a la falta de información de los propios equipos consumidores y a la falta de equipos para medir por usos finales dichas tecnologías.

Si bien se logró establecer una línea base de consumo energético para el establecimiento (3 766 GJ anuales), este estudio solo es el punto de partida para lograr una estadística robusta que logre establecer de manera adecuada el consumo real del sector restaurantero para posteriormente implementar políticas de eficiencia energética.

Una vez determinados los indicadores de eficiencia energética, nivel 1, nivel 2 y nivel 3, estos servirán como indicadores base para la comparación con otros establecimientos dedicados a la preparación de alimentos y bebidas, particularmente, con los otros restaurantes de la cadena en estudio.

El análisis previamente documentado, muestra que los usos finales de mayor consumo en el restaurante en estudio fueron el calentamiento de agua, cocción y conservación de alimentos, mientras que aquellos de menor consumo energético fueron la climatización, iluminación y otros usos finales del restaurante.

Cabe mencionar que el presente trabajo solo es un primer paso para el desarrollo de indicadores de eficiencia energética, es necesario darle continuidad al cálculo anual de estos indicadores de eficiencia energética para evaluar los progresos y deficiencias que se presenten, de tal manera que se estos sirvan de herramienta para la toma oportuna de decisiones.

No obstante, es posible mejorar los resultados obtenidos en este estudio incluyendo indicadores con enfoques distintos y más detallados.

Por último, se hacen recomendaciones generales para el ahorro y uso eficiente de la energía, derivadas de los que se observó en sitio y que pueden contribuir en menor o mayor medida a mejorar los valores de eficiencia energética determinados en el presente estudio:

1. Utilizar ollas a presión para la cocción de alimentos
2. Limpiar frecuentemente los quemadores y parrillas
3. Apagar luminarias en horarios no laborables
4. Aprovechar la luz natural
5. Disminuir el tiempo que las puertas de la cámara fría están abiertas

6. Regular la temperatura de ingreso de los productos a la cámara fría

BIBLIOGRAFÍA

- Secretaría de Energía (SENER). 2017. Balance Nacional de Energía. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf
- International Energy Agency. (2014). Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. Recuperado de: <https://www.iea.org>
- International Energy Agency. (2014). Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making. Recuperado de: <https://www.iea.org>
- World Energy Council, ADEME. (2004), Estudio Mundial Indicadores, Políticas, Evaluación. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/>
- A. de Isabel, J., Garcia, M. y Egido, C. (2009). Guía de auditorías energéticas en restaurantes de la Comunidad de Madrid. Madrid.
- Agencia Internacional de Energía y Secretaría de Energía (2011). Indicadores de Eficiencia Energética en México: 5 sectores, 5 retos. México, Internacional Energy Agency.
- Álvarez, R., Mendoza, C., Pérez, E., Valdez, C., y Vélez, J. (2015). Hacia una Estrategia Nacional De Eficiencia Energética para las Edificaciones de Hoteles y Restaurantes. México: Centro Mario Molina.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2018). Informe Nacional de Monitoreo de la Eficiencia Energética de México, 2018. Ciudad de México.
- Davis, J. y Swenson, A. (2000). Characteristics and Energy Use Trends for Major Commercial Buildings Types. Estados Unidos.
- González, A. (2017). Implementación ISO 50001: Experiencia Hotel Plaza San Francisco. Santiago de Chile.
- Hernández, V. y Morillón, D. (1999). Potencial estimado de ahorro de energía y reducción de la demandad en iluminación de edificios comerciales. UNAM, Posgrado en Energética de la DEPMI-UNAM.
- Madison Gas and Electric. (2012). Controlar los costos de la energía en restaurantes. Estados Unidos.
- Secretaría de Energía (2016). Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014 – 2018, México.

ANEXOS

Anexo 1. Listado de los indicadores más comúnmente utilizados en el sector servicios

Indicador	Cobertura	Datos energéticos	Datos por actividad	Código	Indicador recomendado
Consumo energético para la calefacción por valor agregado	General	Consumo energético total para la calefacción	Total valor agregado	H2a	
Consumo para la calefacción por superficie	General	Consumo energético total	Superficie total	H2b	☺
	Por sistema de calefacción	Consumo energético para la calefacción con sistema α	Superficie calentada con sistema de calefacción α	H3a	
	Por fuente de energía	Consumo energético para la calefacción con fuente de energía Z	Superficie calentada con fuente de energía Z	H3b	
Consumo energético para la calefacción por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para la calefacción para categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	H3c	
Consumo energético para el enfriamiento por valor agregado	General	Consumo energético total para el enfriamiento	Total valor agregado	C2a	
Consumo energético para el enfriamiento por superficie enfriada	General	Consumo energético total para el enfriamiento	Superficie total enfriada	C2b	☺
	Por categoría de servicio	Consumo energético para el enfriamiento por categoría de servicio α	Superficie enfriada en categoría de servicio α	C3a	
	Por sistema de enfriamiento	Consumo energético del sistema de enfriamiento A	Superficie refrigerada con el sistema A	C3b	
Consumo energético para el enfriamiento por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para el enfriamiento en la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	C3c	
Consumo energético para el calentamiento de agua por valor agregado	General	Consumo energético total para el calentamiento de agua	Total valor agregado	W2a	
Consumo energético para el calentamiento de agua por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para el calentamiento de agua para la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	W3a	☺
Consumo para la iluminación por valor agregado	General	Consumo energético total para la iluminación	Total valor agregado	L2a	
Consumo energético para la iluminación por superficie	General	Consumo energético total para la iluminación	Superficie total	L2b	
	Por categoría de servicio	Consumo energético para la iluminación para categoría de servicio A	Superficie de categoría de servicio A	L3a	
Consumo para la iluminación por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo para la iluminación para categoría de servicio A	Unidad de actividad de servicio en la categoría A	L3b	☺
Consumo energético para otros equipos por valor agregado	General	Consumo energético total para otros equipos	Total valor agregado	E2a	
	Por categoría de servicio	Consumo energético para otros equipos para categoría de servicio A	Valor agregado de categoría de servicio A	E3a	
Consumo de otros equipos por superficie	General	Consumo energético total para otros equipos	Superficie total	E2b	
Consumo energético para otros equipos por unidad de actividad	Por categoría de servicio	Consumo energético para otros equipos en la categoría de servicio A	Unidad de actividad en la categoría de servicio A	E3b	☺

■ Calefacción de locales
 ■ Enfriamiento de locales
 ■ Calentamiento de agua
 ■ Iluminación
 ■ Otros equipos

Anexo 2. Consumos mensuales de electricidad y gas natural.

Consumo eléctrico

Año	Mes de consumo	Consumo [kWh]	Factor de potencia
2016	enero	20,994	0.995
2016	febrero	19,068	0.994
2016	marzo	22,167	0.991
2016	abril	23,856	0.989
2016	mayo	26,402	0.985
2016	junio	22,903	0.987
2016	julio	23,845	0.986
2016	agosto	23,949	0.979
2016	agosto	23,949	0.979
2016	octubre	21,774	0.997
2016	noviembre	19,495	0.997
2016	diciembre	19,068	0.997
2017	Ene.	19,792	0.997
2017	Feb.	17,183	0.865
2017	Mar.	20,270	0.774
2017	Abr.	21,879	0.773
2017	May.	24,205	0.773
2017	Jun.	21,610	0.980
2017	Jul.	23,052	0.955
2017	Ago.	24,802	0.934
2017	Sep.	21,285	0.934
2017	Oct.	20,442	0.931
2017	Nov.	17,497	0.934
2017	Dic.	16,914	0.945
2018	enero	15,286	0.996
2018	febrero	20,127	0.990
2018	marzo	20,127	0.990
2018	abril	19,856	0.990
2018	mayo	21,893	0.990
2018	junio	19,536	0.990
2018	julio	24,435	0.990

Consumo gas natural

Año	Mes de consumo	Consumo [kWh]
2016	enero	6,961
2016	febrero	6,536
2016	marzo	6,888
2016	abril	6,513
2016	mayo	6,342
2016	junio	6,445
2016	julio	6,247
2016	agosto	6,673
2016	agosto	6,585
2016	octubre	6,251
2016	noviembre	6,435
2016	diciembre	6,231
2017	Ene.	6,247
2017	Feb.	5,405
2017	Mar.	5,695
2017	Abr.	5,421
2017	May.	5,671
2017	Jun.	5,345
2017	Jul.	5,605
2017	Ago.	5,343
2017	Sep.	5,919
2017	Oct.	5,774
2017	Nov.	5,584
2017	Dic.	6,136
2018	enero	5,750
2018	febrero	6,247
2018	marzo	5,703
2018	abril	5,695
2018	mayo	5,350
2018	junio	5,436
2018	julio	5,950