

Trabajo Fin de Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Análisis del consumo de los edificios del sector de la restauración en Estados Unidos

Autor: Jaime Ysasi Kupfermann

Tutor: Luis Pérez-Lombard Martín de Oliva

**Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2024



Trabajo Fin de Grado
en Ingeniería de las Tecnologías Industriales

Análisis del consumo de los edificios del sector de la restauración en Estados Unidos

Autor:

Jaime Ysasi Kupfermann

Tutor:

Luis Pérez-Lombard Martín de Oliva

Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2024

Trabajo Fin de Grado: Análisis del consumo de los edificios del sector de la restauración en Estados Unidos

Autor: Jaime Ysasi Kupfermann

Tutor: Luis Pérez-Lombard Martín de Oliva

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2024

El Secretario del Tribunal

Índice

Índice	7
Índice de Tablas	8
Índice de Figuras	9
1 Introducción	11
2 Importancia de los edificios de restauración	12
2.1. <i>Evolución del consumo final por sectores</i>	12
2.2. <i>Evolución del consumo final en edificios</i>	13
2.3. <i>Estructura del sector por tipología</i>	13
2.4. <i>Clasificación del Sector de la Restauración</i>	14
3 Estructura del Sector de la Restauración	16
3.1. <i>Tipología</i>	16
3.2. <i>Tamaño</i>	16
3.3. <i>Antigüedad</i>	18
4 Estructura del consumo de Edificios de Restauración	20
4.1. <i>Tamaño</i>	20
4.2. <i>Usos finales</i>	22
4.2.1. <i>Análisis del consumo por tamaños</i>	23
4.2.2. <i>Análisis del consumo por antigüedad</i>	24
4.2.3. <i>Análisis del consumo por clima</i>	25
4.3. <i>Fuentes de energía</i>	25
4.3.1. <i>Análisis del consumo por tamaños</i>	26
4.3.2. <i>Análisis del consumo por antigüedad</i>	27
4.3.3. <i>Análisis del consumo por clima</i>	28
4.3.4. <i>Estructura del consumo por fuentes y usos finales</i>	29
5 Factores de impacto sobre el consumo	30
5.1. <i>Evolución de los factores de impacto</i>	30
5.2. <i>Población y clientes</i>	33
5.3. <i>Número de restaurantes</i>	36
5.4. <i>Urbanización</i>	38
5.5. <i>Riqueza</i>	41
6 Conclusión	42
Desarrollos Futuros	43
Referencias	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Estructura del sector por tipología.	16
Tabla 3-1. Estructura del sector de la restauración por tipologías.	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del consumo final por sectores.	12
Figura 2. Evolución del consumo final en edificios.	13
Figura 3. Regiones Climáticas.	14
Figura 4. Grados día por regiones climáticas.	15
Figura 5. Estructura número de restaurantes por superficie	16
Figura 6. Clasificación por tamaños de restaurantes	17
Figura 7. Ratio superficie por cliente.	18
Figura 8. Estructura por antigüedad.	18
Figura 9. Estructura del consumo por superficie.	20
Figura 10. Consumo por edificio y tamaño.	21
Figura 11. Intensidad energética por tamaños.	21
Figura 12. Estructura del consumo por usos finales.	22
Figura 13. Consumo por usos finales y tamaño.	23
Figura 14. Consumo por usos finales y antigüedad.	24
Figura 15. Consumo por usos finales y clima.	25
Figura 16. Estructura del consumo por fuentes.	26
Figura 17. Consumo por fuentes de energía y tamaño.	26
Figura 18. Consumo por fuentes de energía y antigüedad.	27
Figura 19. Consumo por fuentes de energía y clima.	28
Figura 20. Consumo por fuentes de energía y usos finales.	29
Figura 21. Evolución temporal de fatcores de impacto (1/3).	30
Figura 22. Evolución temporal de factores de impacto (2/3).	31
Figura 23. Evolución temporal de factores de impacto (3/3).	32
Figura 24. Evolución del consumo frente a la población.	33
Figura 25. Evolución del consumo frente a los clientes.	34
Figura 26. Estructura del consumo por cliente y tamaño.	34
Figura 27. Estructura del consumo por cliente y clima.	35
Figura 28. Estructura del consumo por cliente y año de construcción.	35
Figura 29. Evolución del consumo frente a la ocupación (per cápita).	36
Figura 30. Evolución del consumo frente a la ocupación (por cliente).	36
Figura 31. Estructura del consumo por edificio y tamaño.	37
Figura 32. Estructura del consumo por edificio y año de construcción.	37
Figura 33. Evolución del consumo frente a la urbanización (per cápita).	38
Figura 34. Evolución del consumo frente a la urbanización (por cliente).	38
Figura 35. Análisis de intensidad energética por tamaño.	39

Figura 36. Análisis de intensidad energética por clima.	39
Figura 37. Análisis de la intensidad energética por año de construcción.	40
Figura 38. Evolución del consumo frente a la riqueza.	41

1 INTRODUCCIÓN

El análisis del consumo de los edificios del sector alimentario en Estados Unidos se centrará en evaluar el impacto energético de dicho sector en el país, explicando previamente cómo se ha decidido estructurar dicho sector, analizando a posteriori los indicadores energéticos, y finalmente identificando y comparando los factores de impacto sobre dichos consumos.

El alcance geográfico del proyecto se centrará en EE. UU., en un margen temporal de 1992-2018.

Los datos serán analizados a partir del microdata publicado en el CBECS (Commercial Buildings Energy Consumption Survey), el cual pertenece al EIA (U.S. Energy Information Administration). Estos, poseen las siguientes limitaciones:

- No todas las fuentes de energía están incluidas.
- Energía primaria y emisiones fuera de alcance.

Además del mencionado microdata, se obtendrá información relevante de la IEA (International Energy Agency), y del IMF (International Monetary Fund).

El proyecto se estructurará en cinco grandes partes:

- Importancia de los edificios de restauración y clasificación llevada a cabo para su análisis. En este capítulo se mostrará la relevancia del sector de la restauración en EE.UU., justificando así la finalidad de este Trabajo Fin de Grado, y finalmente se introducirán las clasificaciones que se tendrán en cuenta para posteriores análisis.
- Estructura del Sector de la Restauración. Se explicará el stock del cual se partirá para el análisis del consumo en dicho sector, empezando por un breve esclarecimiento del sistema de restauración estadounidense, y recorriendo las tipologías de edificios a analizar, sus tamaños y fechas de construcción.
- Estructura del consumo de Edificios de Restauración. El fin de este capítulo es mostrar el consumo energético del sector de la restauración en EE.UU., y analizarlo con respecto a sus usos finales y las fuentes de energía utilizadas.
- Factores de impacto sobre el consumo. Se abordarán los factores bajo los cuales justificar la evolución temporal del consumo de edificios de restauración, y se analizará detalladamente su correspondiente importancia.
- Conclusión. Finalmente se realizará una conclusión de todo lo extraído en este Trabajo de Fin de Grado, proporcionando resultados mostrados en capítulos anteriores, para finalmente explicar todo lo aprendido.

2 IMPORTANCIA DE LOS EDIFICIOS DE RESTAURACIÓN

2.1. Evolución del consumo final por sectores

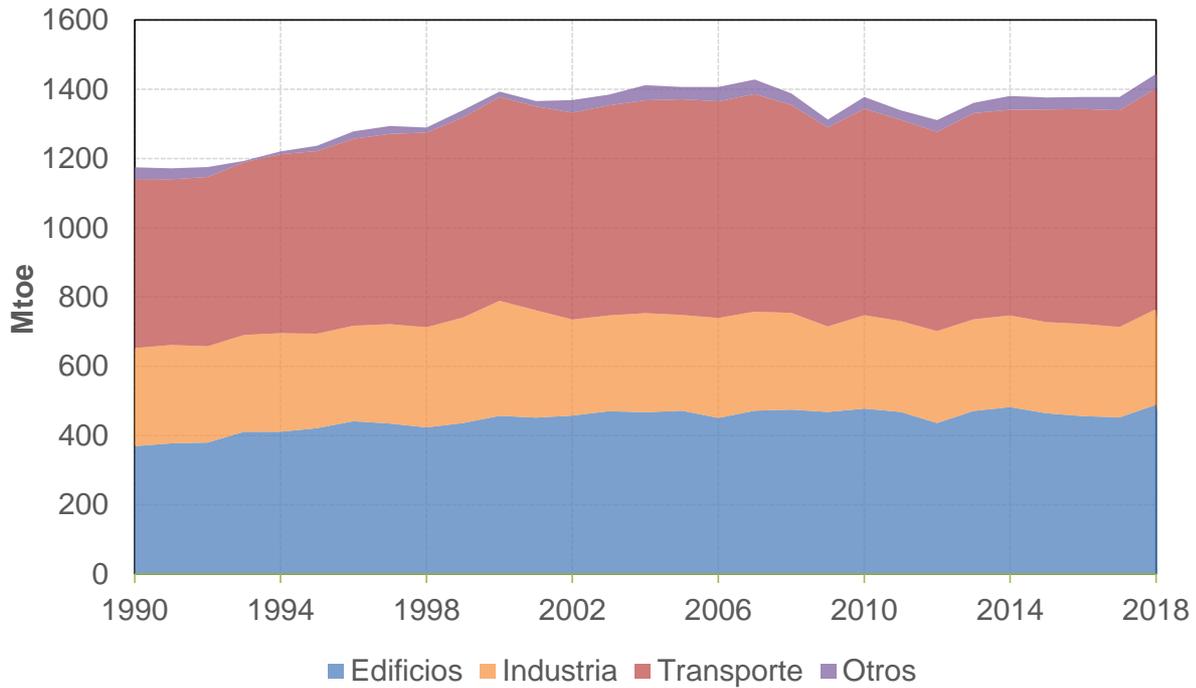


Figura 1. Evolución del consumo final por sectores.

Como se puede observar en la *Figura 1*, el consumo de edificios en Estados Unidos conforma un 23,2 % de la energía total del país, constituyendo estos casi una cuarta parte del consumo.

2.2. Evolución del consumo final en edificios

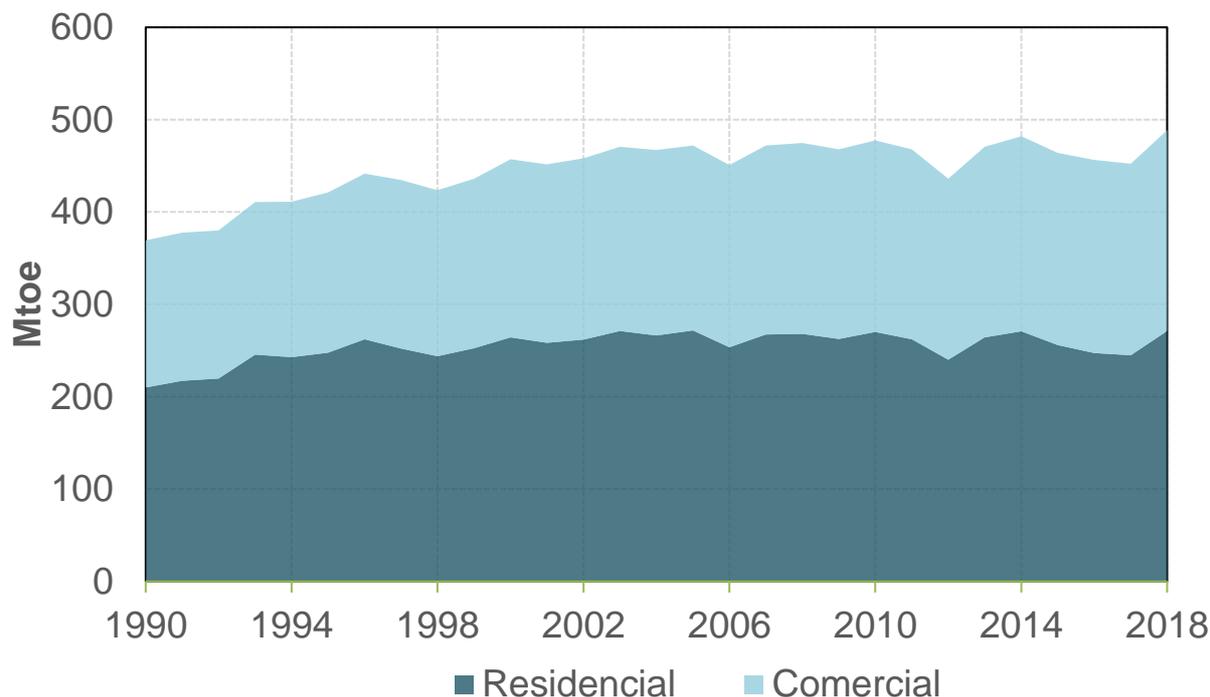


Figura 2. Evolución del consumo final en edificios.

En la *Figura 2*, se observa que, del consumo de edificios de EE.UU., los comerciales, dentro de los cuales se encuentran los edificios de restauración, representan un 40% de la energía, lo cual equivale a un 9,3% del país.

2.3. Estructura del sector por tipología

Dentro de los catorce tipos de edificios comerciales que engloba el CBECS, los restaurantes conforman casi el 5% (4,83%) de los edificios comerciales del país (5,92 millones), un 14% de la superficie construida (8.958 millones de m²), y en torno a un 5% (5,4%) del consumo total de edificios comerciales de Estados Unidos (171 Mtoe).

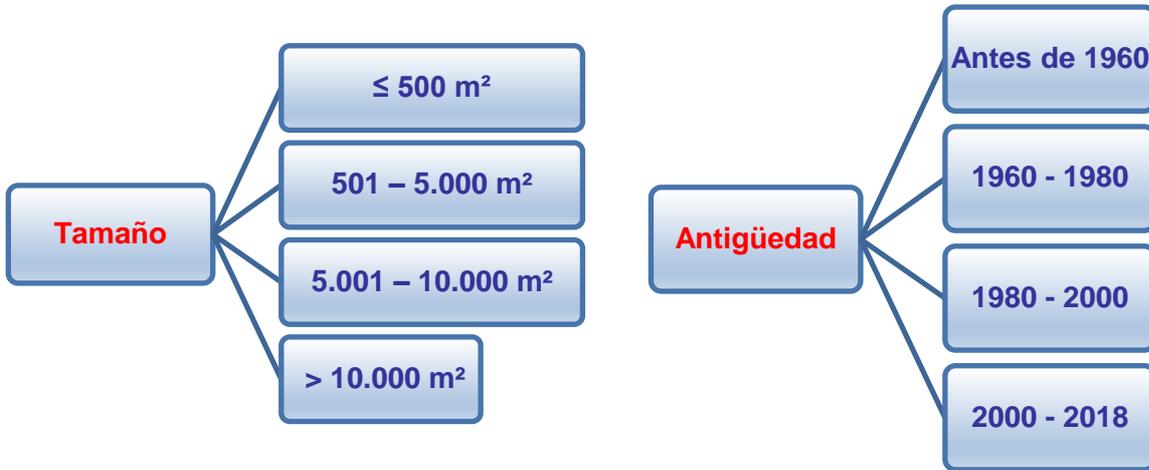
	Restauración	Total
Nº Edificios	5%	5,92 M
Superficie	14%	8.958 M m ²
Consumo	5%	171 Mtoe

Tabla 2-1. Estructura del sector por tipología.

Con dichos datos, gana importancia la finalidad del análisis del consumo en este sector, ya que representa una parte importante del consumo total de un país como Estados Unidos (1,21%).

2.4. Clasificación del Sector de la Restauración

Para analizar en grupos las diferentes subtipologías de edificios de restauración, se llevarán a cabo las siguientes clasificaciones:



Éstas, agrupan de una forma equilibrada la muestra a analizar, como veremos posteriormente. Además de estas, para obtener conclusiones de algunos apartados se tendrá en cuenta la región climática a la cual pertenecen los diversos edificios, las cuales se muestran a continuación:

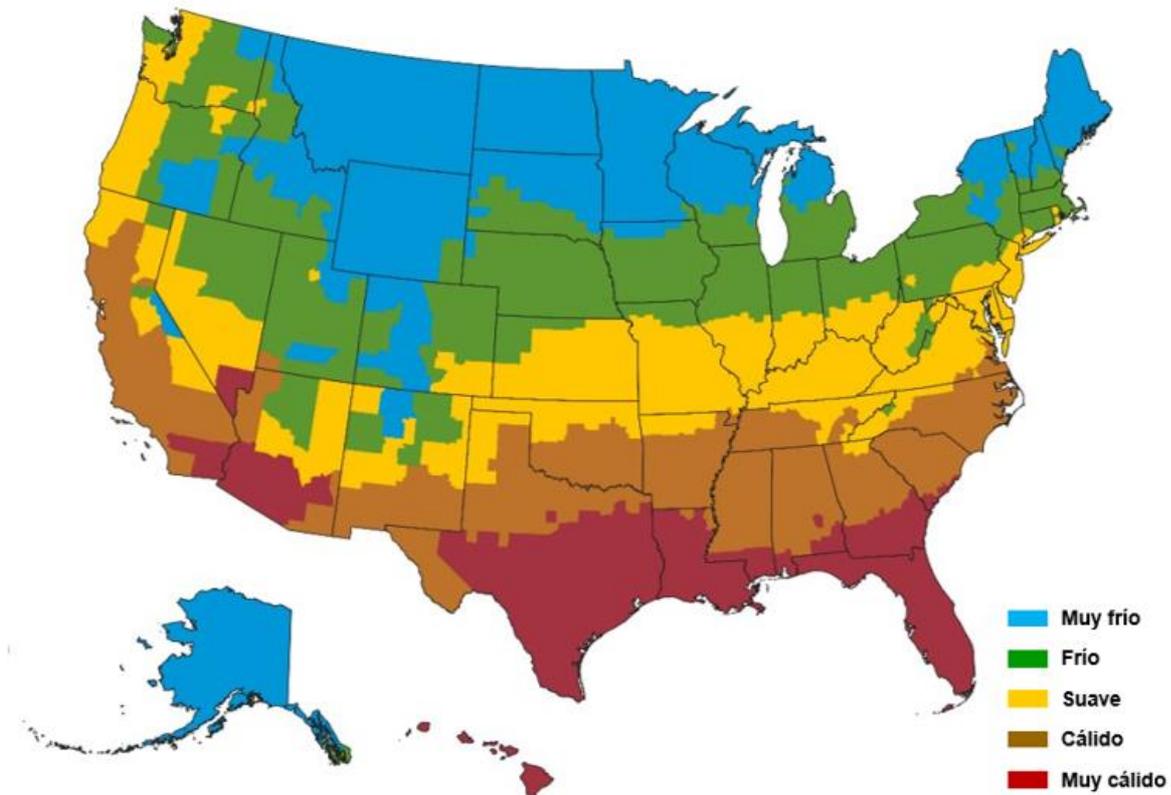


Figura 3. Regiones Climáticas.

Siendo sus correspondientes grados día:

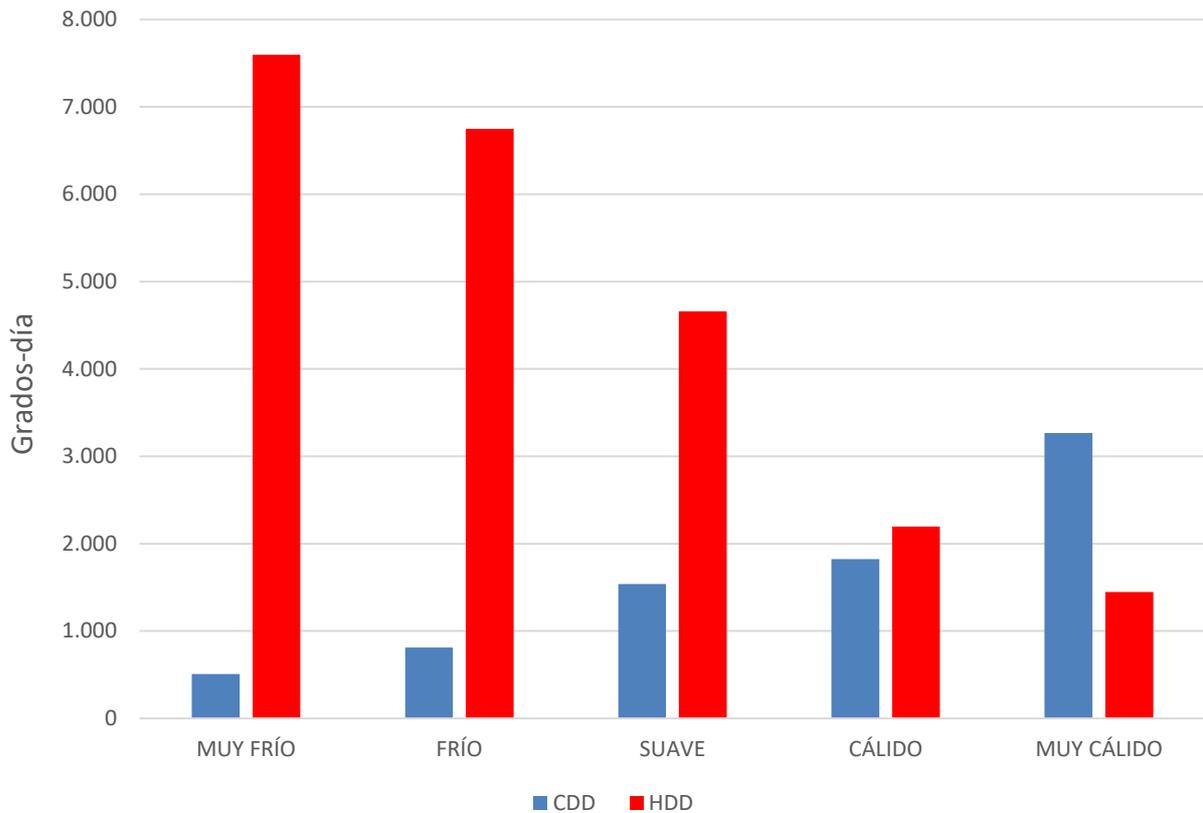


Figura 4. Grados-día por regiones climáticas.

Los grados-día (degree days) son medidas de lo frío o cálido que es un lugar. Un grado-día compara la media (la media de las temperaturas exteriores altas y bajas) registrada en un lugar con una temperatura estándar, normalmente 65° Fahrenheit (F) (18,33 °C) en los Estados Unidos. Cuanto más extrema sea la temperatura exterior, mayor será el número de grados-día. Un número elevado de grados-día suele traducirse en un mayor consumo de energía para la calefacción o la refrigeración de espacios.

Los grados-día de calefacción (HDD) son una medida de lo fría que fue la temperatura en un día determinado o durante un periodo de días. Por ejemplo, un día con una temperatura media de 40°F (4,44 °C) tiene 25 HDD. Dos días tan fríos seguidos, tienen un total de 50 HDD para el periodo de dos días.

La *Figura 4* muestra la demanda energética de los sistemas de climatización (tanto en frío como en calor), obteniendo los grados-día de calentamiento (en rojo) y de enfriamiento (en azul). Con ello, se puede concluir que el clima frío en Estados Unidos afecta mucho más a la climatización que el clima cálido, ya que las temperaturas mínimas son mucho más pronunciadas que las máximas, originando un mayor uso de la calefacción frente al aire acondicionado.

3 ESTRUCTURA DEL SECTOR DE LA RESTAURACIÓN

3.1. Tipología

Las tres tipologías que se pueden observar dentro de este sector, y para las que se han recogido datos en las bases de datos del CBECS son: restaurantes/cafeeterías, establecimientos de comida rápida y otros locales de servicios de alimentación. Al ser mucho mayor el número de edificios, y por tanto, de datos recogidos para el primer grupo con respecto a los otros dos, se ha decidido unirlos en un único grupo de edificios, debido también a la alta similitud entre las tres tipologías.

	Comida rápida	Restaurante/Cafetería	Otros servicios de alimentación	Total
Nº Edificios	70 mil (25%)	175 mil (61%)	41 mil (14%)	286 mil
Superficie	27 M m2 (20%)	87,8 M m2 (67%)	15,9 M m2 (13%)	130,7 M m2
Consumo	2,3 Mtoe	6,5 Mtoe	0,4 Mtoe	9,2 Mtoe

Tabla 3-1. Estructura del sector de la restauración por tipologías.

Se observa como dentro de las tres tipologías, la de Restaurante/Cafetería es la que representa un porcentaje mucho mayor en cuanto a número de edificios, superficie y consumo, respecto a las otras dos. Es por ello, que a partir de este punto se hará referencia únicamente al sector de la restauración o a los restaurantes, implicando siempre el conjunto de edificios que engloba a estas tres tipologías, ya que estos son los que más peso tienen dentro de la agrupación que hemos hecho.

3.2. Tamaño

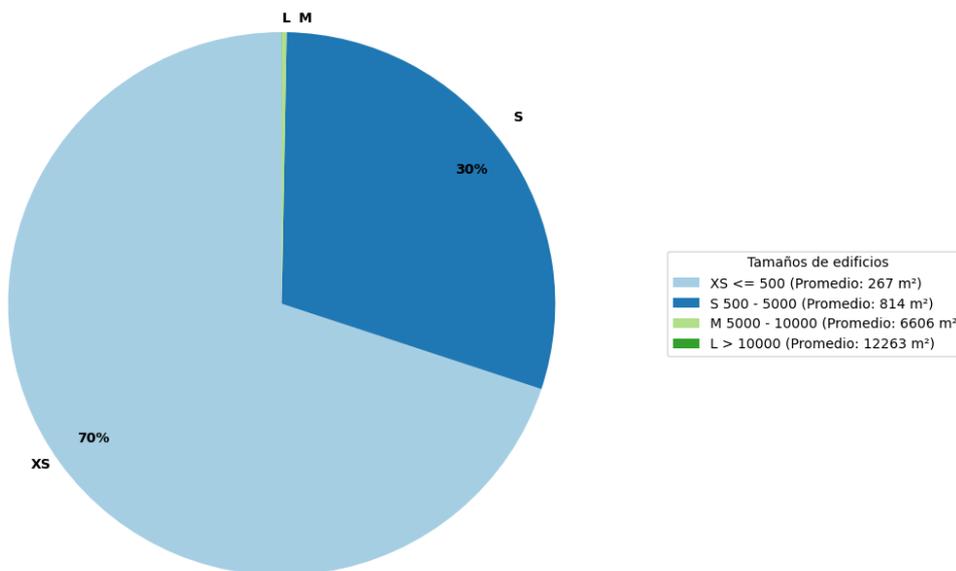


Figura 5. Estructura número de restaurantes por superficie.

En la clasificación por tamaños explicada en el apartado 2.4, se observan cuatro categorías distintas, a las cuales se les dota de nombre en las gráficas, siendo éstas, en orden de menor a mayor superficie, *XS*, *S*, *M* y *L*. Dentro de las categorías por tamaño de edificio, observamos como los rangos de las dos primeras dominan totalmente a la hora de estudiar el número de restaurantes que hay para cada grupo. Las categorías de *M* y *L* juntas, no suman ni mil edificios entre las dos, mientras que las de *XS* y *S* suman casi trescientos mil, esto nos indica que las categorías de menor tamaño serán predominantes a la hora de realizar los cálculos que se estudiarán más adelante. El predominante de estos dos grupos es el de tamaño *XS* con una representación del 70% frente al 30% que representa la categoría *S*, algo totalmente esperado ya que, en general, tanto restaurantes como cafeterías o locales de comida rápida tienen unos tamaños reducidos respecto a otro tipo de edificios.

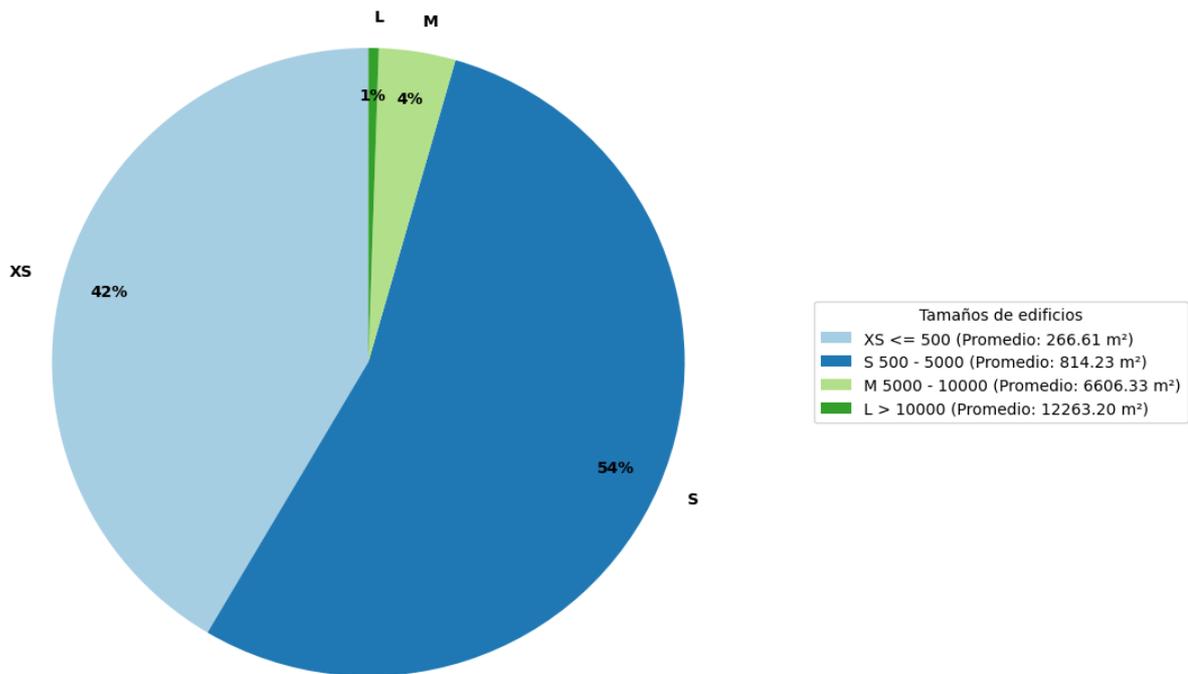


Figura 6. Clasificación por tamaños de restaurantes.

Se puede observar cómo ahora la categoría *S* es la que ocupa un mayor porcentaje, debido a que el promedio de la superficie de éstas es superior al de la categoría *XS* en una escala mayor que en la que el número de edificios de la categoría *XS* es mayor a la de *S*. Sin embargo, los edificios de la categoría *L*, por muy superiores que sean al resto de categorías en área, siguen sin representar un porcentaje aceptable dentro de este estudio como consecuencia del número de edificios tan inferior que representan. Por el mismo motivo, aparece con un porcentaje mayor la categoría *M* en la *Figura 6*, pero sin llegar a generar un gran impacto en los cálculos.

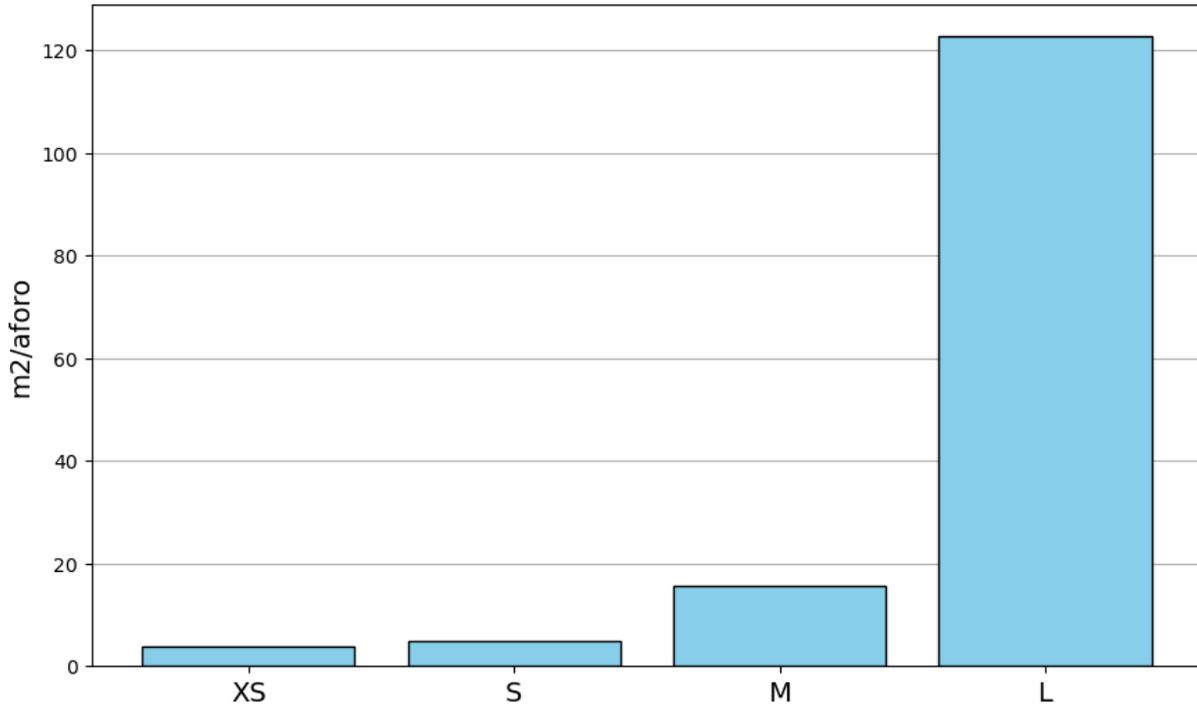


Figura 7. Ratio de superficie por cliente.

Finalmente, se ha decidido estudiar el ratio de superficie por cliente que tienen los distintos restaurantes, agrupados por tamaño. Como era de esperar, el valor de este parámetro evoluciona conforme a los metros cuadrados totales del edificio, lo que sí sorprende es esa gran diferencia de los edificios pertenecientes a la categoría L con respecto al resto de categorías. Al estar ésta representando un número muy inferior de edificios (en torno a 50) nos lleva a pensar que se tratan de edificios excepcionales en este sector.

3.3. Antigüedad

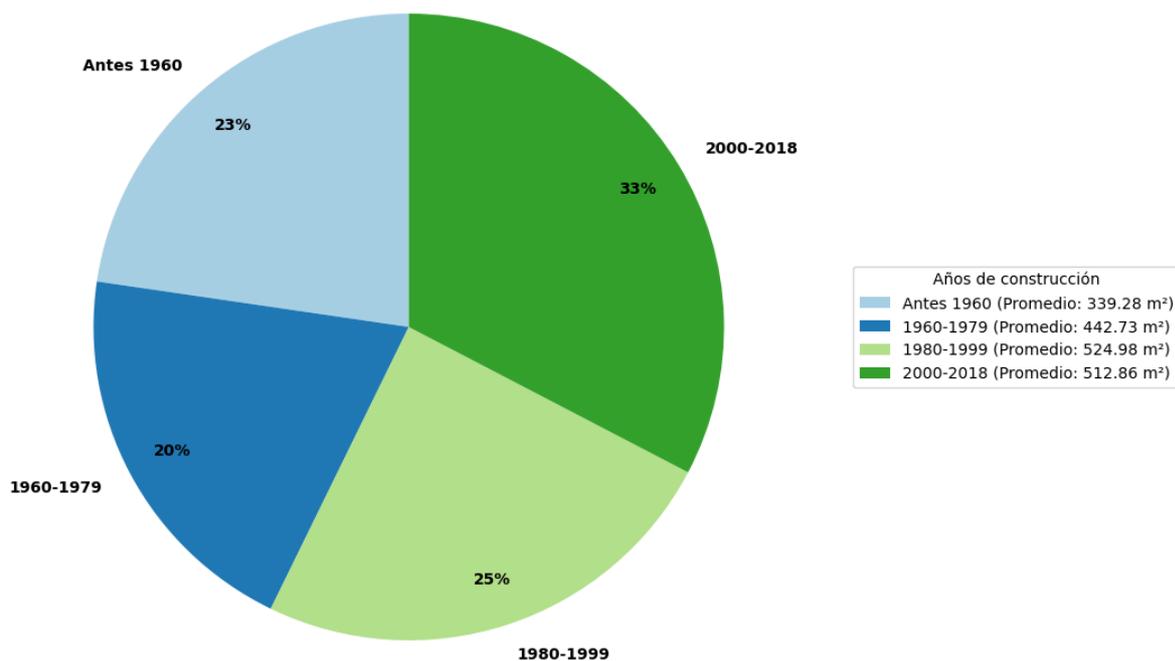


Figura 8. Estructura por antigüedad.

Como última categorización relevante del stock que disponemos, se encuentra el año de construcción de los diferentes edificios de restauración, lo cual muestra la tendencia temporal de las dimensiones del sector de restauración en EE.UU.

Se puede observar como el número de edificios de restauración construidos durante los cuatro rangos estudiados es bastante similar, aunque con una tendencia siempre algo creciente, ya que en la *Figura 8* observamos el área total de los edificios de cada período y vemos como éste varía, desde en torno al 23% durante el siglo XX, hasta el 33% en las primeras décadas del siglo XXI.

Prestando atención al promedio del área que tiene cada edificio según el año de construcción, también se observa un aumento de dicha área desde 1960 hasta 1999 y, un cambio en la tendencia en los últimos años en los que el promedio no solo deja de aumentar, sino que disminuye un cierto grado. El hecho de que el área promedio disminuya pero que, a su vez, estos ocupen el mayor porcentaje dentro del diagrama implica un aumento en el número de edificios de este tipo construidos con respecto a la última década del siglo XX, la cual tiene una mayor área promedio, pero representa un menor porcentaje.

4 ESTRUCTURA DEL CONSUMO DE EDIFICIOS DE RESTAURACIÓN

4.1. Tamaño

El consumo en restaurantes es de 9.20 Mtoe

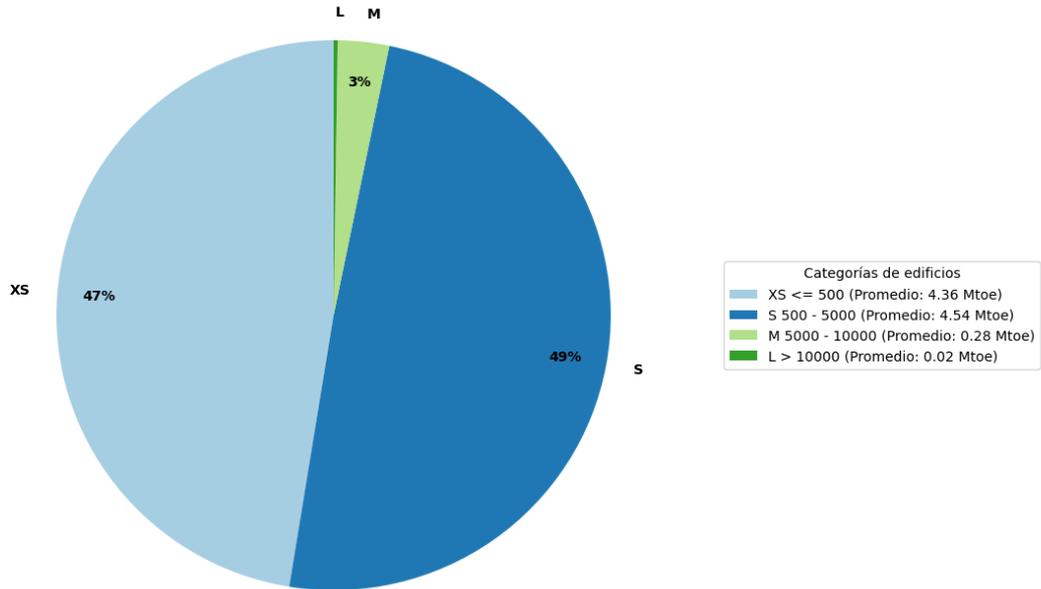


Figura 9. Estructura del consumo por superficie.

En la *Figura 10* se representa el consumo total por área de restaurante en EE.UU. Como era de esperar, el consumo que suponen las dos primeras categorías es enorme en comparación con las dos últimas como consecuencia de la alta diferencia en el número de edificios que pertenecen a cada categoría.

Cabe destacar que, aunque el número de edificios que pertenecen a *XS* es algo más del doble de aquellos pertenecientes a la categoría *S*, esta segunda supone un consumo algo superior que la primera, consecuencia directa de que el área promedio de la categoría *S* sea casi cuatro veces el de la categoría *XS*.

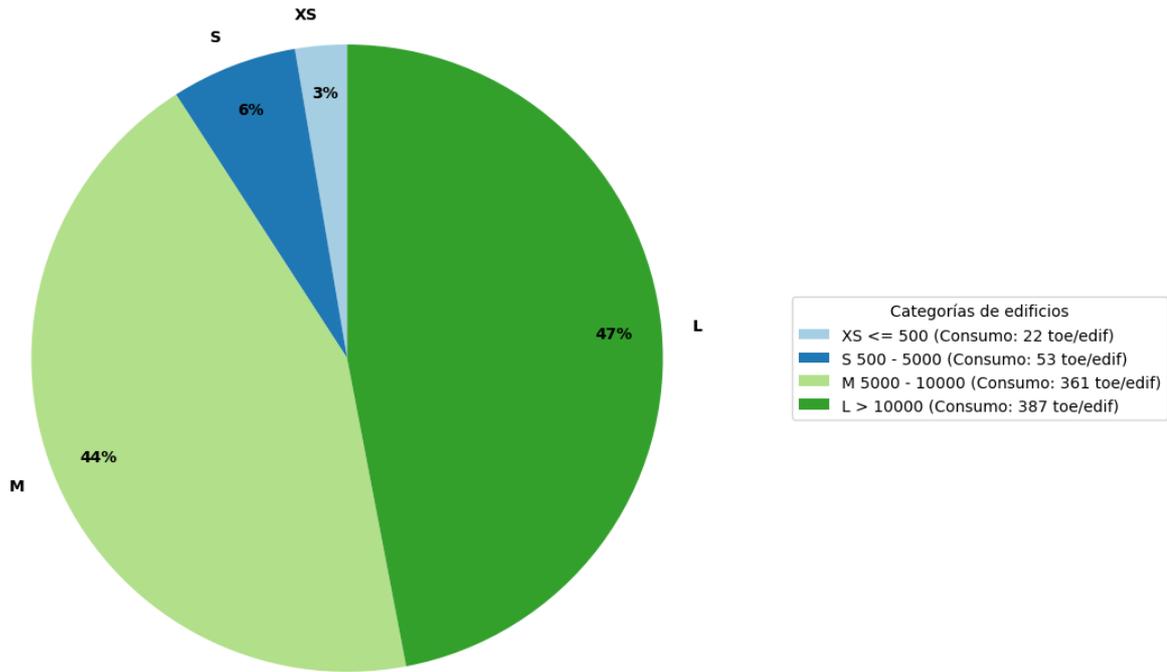


Figura 10. Consumo por edificio y tamaño.

Como se ha comentado en la *Figura 10*, el consumo viene dirigido por el tamaño del edificio y, por tanto, los edificios correspondientes a las categorías M y L tiene un consumo total mucho mayor que el correspondiente a los otros dos grupos.

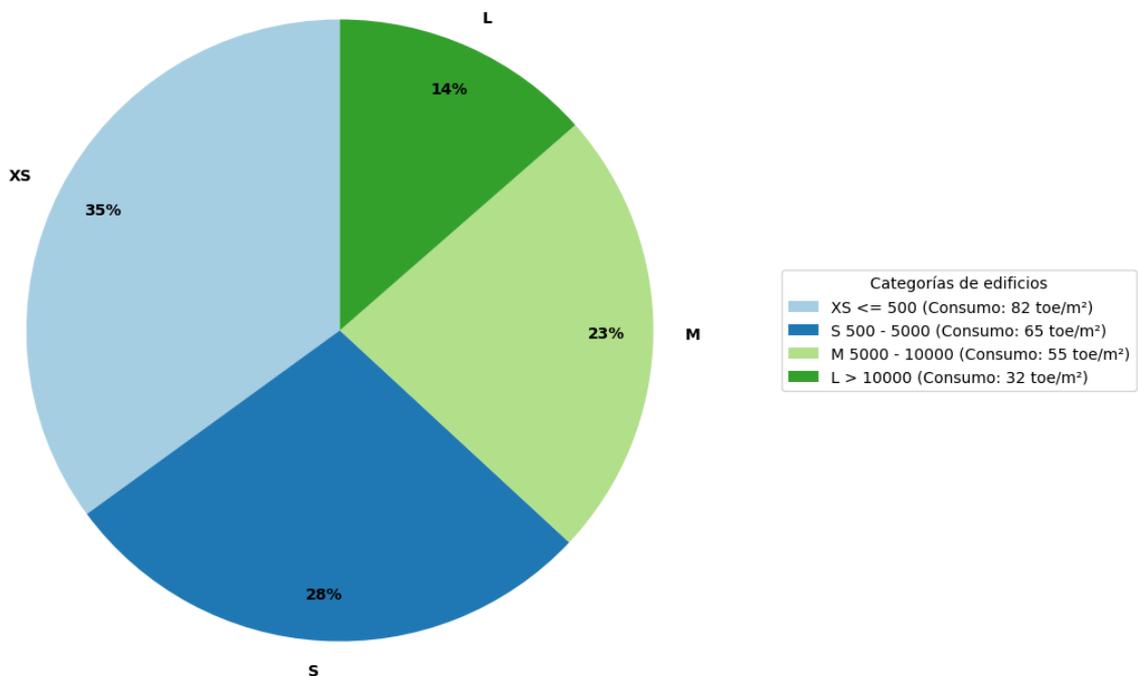


Figura 11. Intensidad energética por tamaños.

Por otro lado, en los edificios de mayor área construida, el consumo por m2 o intensidad energética, es mucho menor que en aquellos de área inferior. Se observa que los edificios de menor tamaño son aquellos que tiene una mayor intensidad energética.

Se puede concluir con que, por orden de menor a mayor consumo por superficie, se encuentran los L, M, S, XS, pero por la diferencia de tamaño entre ellos y la superficie total construida en EE.UU. de cada tipología, el consumo total se distribuye de menor a mayor en L, M, XS, S, ya que estos dos últimos tienen una alta diferencia

en superficie construida, siendo la de S mayor. Aun teniendo un consumo por m^2 mayor los XS , su superficie construida en EE.UU. es menor que la de los edificios de la categoría S , y hace que su consumo total sea también menor.

4.2. Usos finales

El CBECS estipula la clasificación de los usos finales del consumo energético en edificios de la siguiente manera:

- Calefacción.
- Aire Acondicionado.
- Ventilación.
- ACS.
- Iluminación.
- Cocina (energía utilizada para preparar comida).
- Refrigeración (frigoríficos, congeladores, etc.).
- Ofimática (impresoras, ordenadores, FAX, tablets, etc.).
- Otros.

Dentro de los edificios de restauración, el reparto de consumo por usos finales es el siguiente:

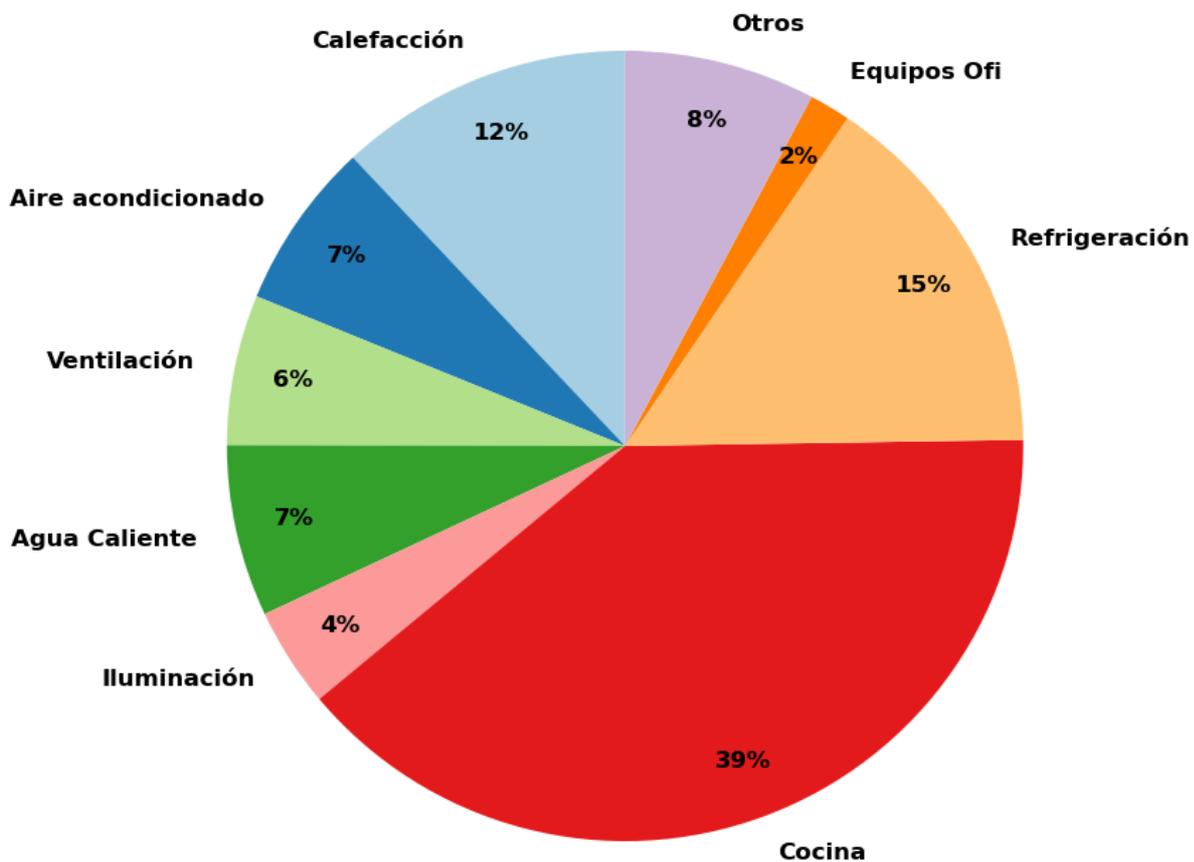


Figura 12. Estructura del consumo por usos finales.

Como se puede observar, el 33% del consumo de edificios de restauración se centra en climatización (calefacción, aire acondicionado y ventilación), siendo mayoritaria la refrigeración (15%), seguida de cerca por calefacción (12%) y algo menor ventilación (6%). Destaca el consumo en cocina (39%), como es de esperar en edificios de este tipo, esta juega un papel imprescindible en cuanto al consumo, teniendo un valor muy superior respecto al resto de usos, incluso superior al porcentaje que representa la climatización.

4.2.1 Análisis del consumo por tamaños

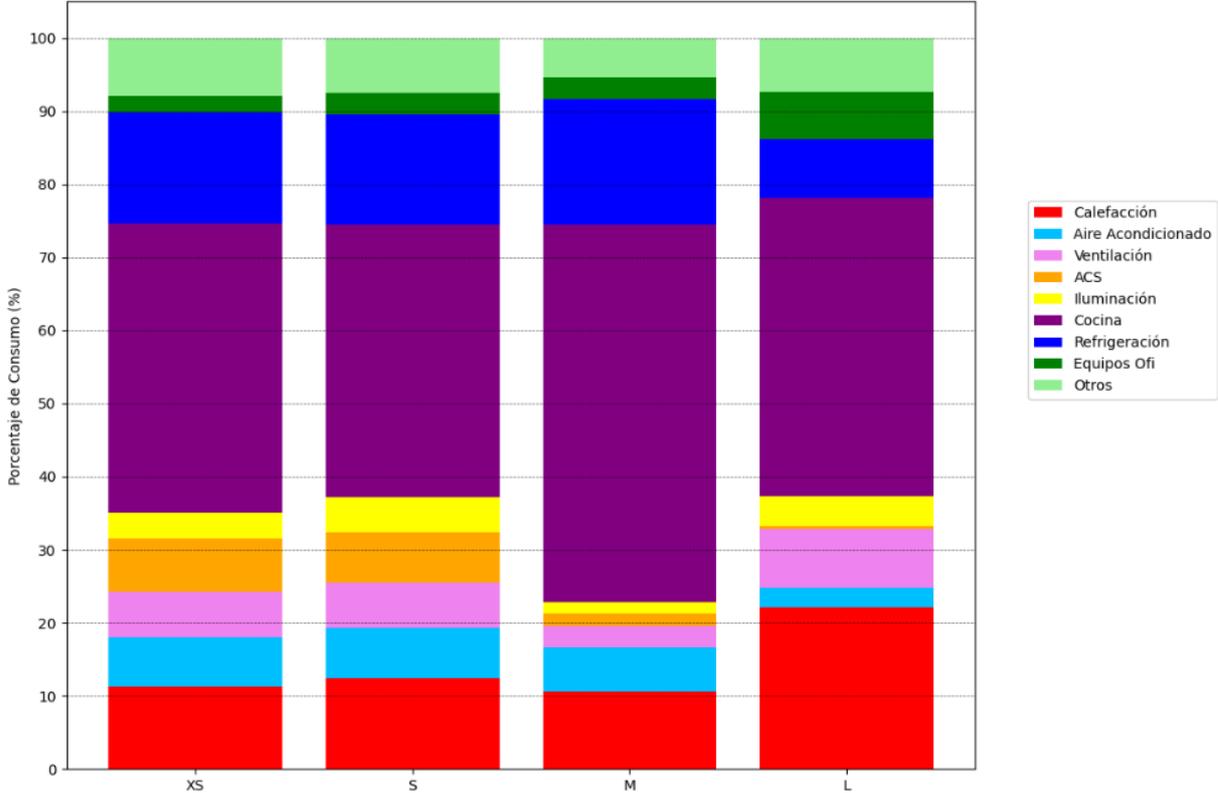


Figura 13. Consumo por usos finales y tamaños.

En las dos primeras categorías el consumo por uso se da de manera bastante similar, observándose una mayor variación en los de la categoría *M*. En esta el consumo en la cocina aumenta, disminuyendo el porcentaje dedicado a iluminación y ACS, también se observa un aumento, aunque menor, en el consumo de refrigeración. En cuanto a la categoría *L*, esta presenta un claro aumento en calefacción y equipos ofimáticos frente al resto, así como cierta disminución en refrigeración y aire acondicionado.

4.2.2 Análisis del consumo por antigüedad

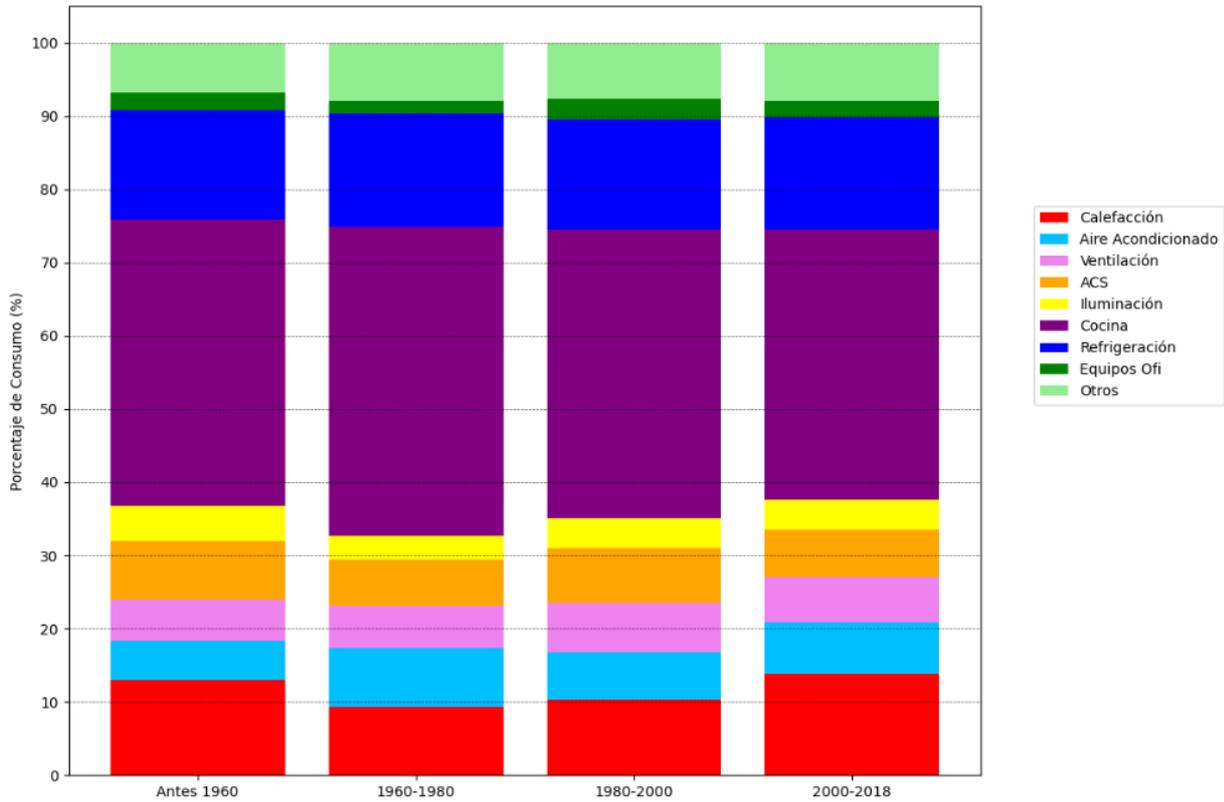


Figura 14. Consumo por usos finales y antigüedad.

Respecto al año de construcción de los edificios se observan consumos por parte de los distintos usos bastante similares. Sí es cierto que, de la primera a la segunda categoría se observa un aumento en el consumo de la cocina, el cual se ha ido reduciendo durante el paso de los años hasta llegar a un valor similar al inicial.

Con el paso de los años ha ido aumentando el consumo de las cocinas debido a un aumento en el número de maquinaria que se emplea en estas, sí es cierto que se ha ido innovando en dicha maquinaria de manera que sus rendimientos aumenten, consumiendo menos para conseguir los mismos resultados.

4.2.3 Análisis del consumo por clima

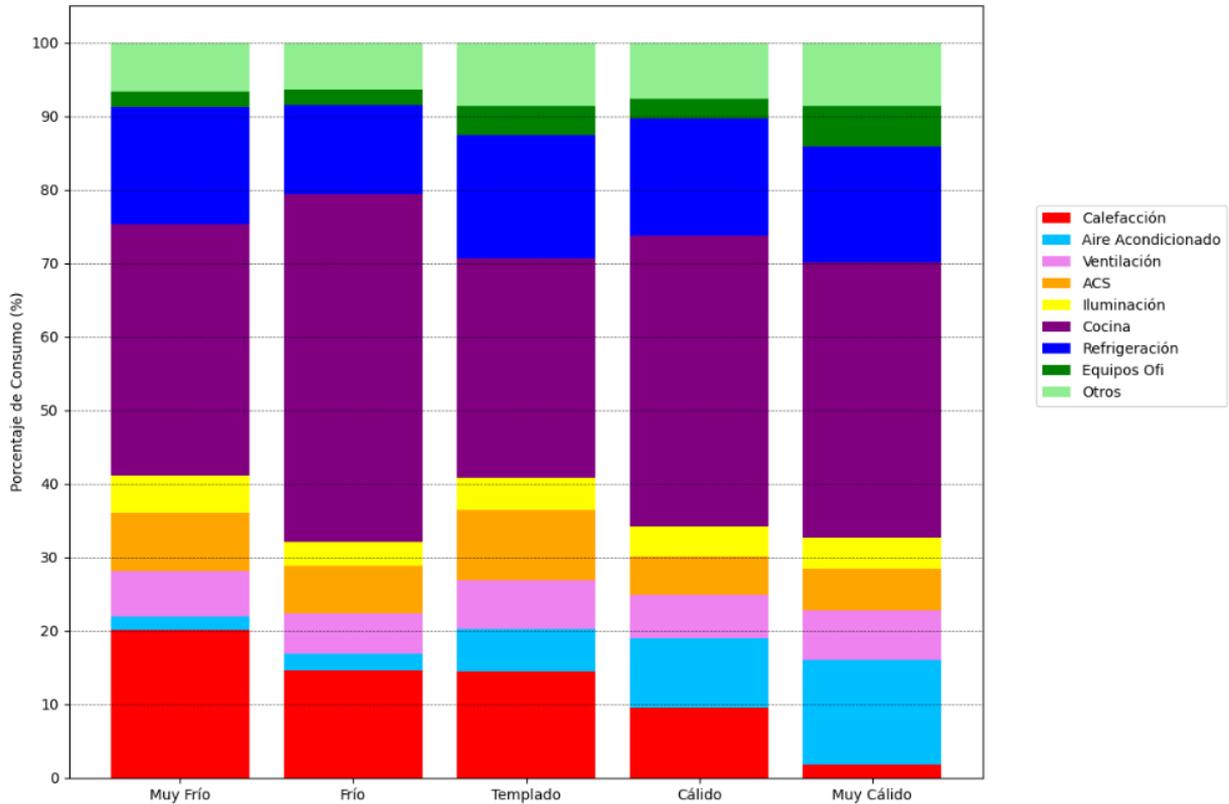


Figura 15. Consumo por usos finales y clima.

En la *Figura 15* se aprecia a la perfección el descenso de la calefacción conforme entramos en climas más cálidos, y con ello, el aumento del aire acondicionado. Además, como se mencionó en el apartado 2.4, EE.UU. posee un mayor HDD frente a CDD, por lo que el uso de calefacción se encuentra más pronunciado que el uso de aire acondicionado, provocando que, en zonas climáticas más cálidas, el consumo de climatización en general disminuya de un 28% en climas muy fríos, a un 23% en climas muy cálidos. Es decir, en EE.UU. no se requiere tanto aire acondicionado en regiones de mayores temperaturas, como calefacción en regiones frías.

4.3. Fuentes de energía

Las fuentes de energía que considera el CBECS para el sector de la restauración son las siguientes:

- Electricidad.
- Gas Natural.
- Gas-oil/Fuel-oil.
- Vapor de distrito.

Dentro de dichas fuentes, el consumo en los restaurantes se reparte de la siguiente forma:

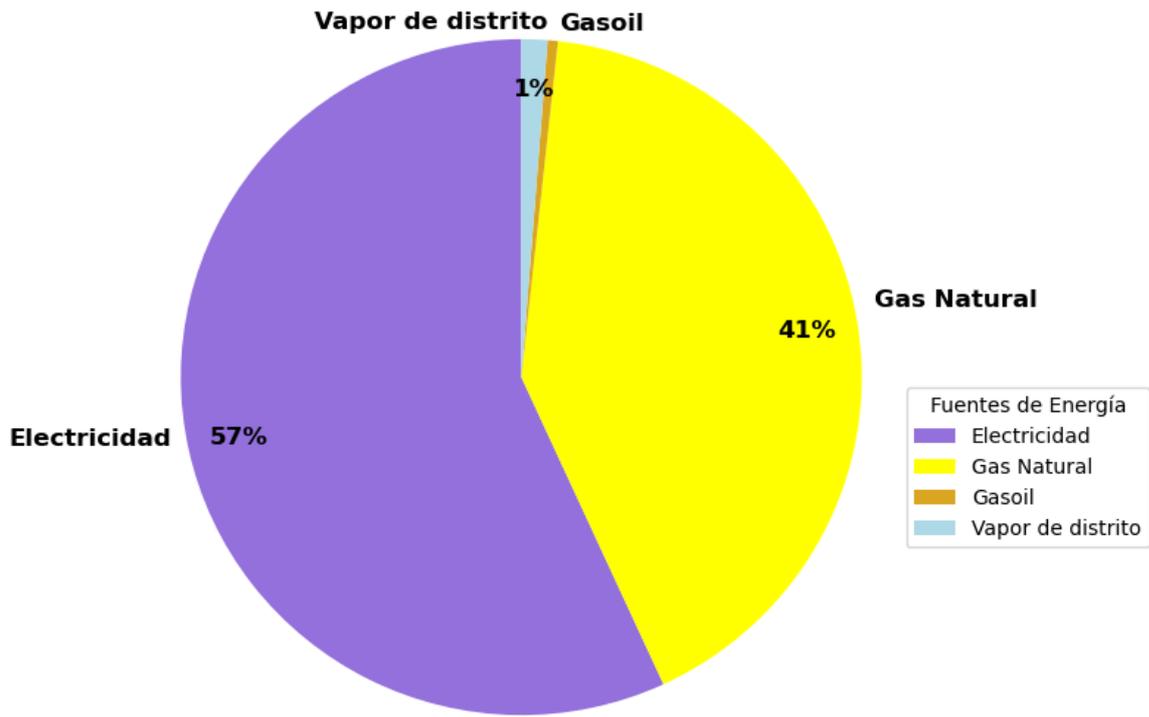


Figura 16. Estructura del consumo por fuentes.

Como se puede observar, en los edificios de restauración predomina el uso de electricidad, que supone el 57% del consumo, y de gas natural, que supone el 41% del consumo. No se hace apenas uso del vapor de distrito en este tipo de edificios y casi es inexistente el uso de gasoil en estos.

4.3.1 Análisis del consumo por tamaños

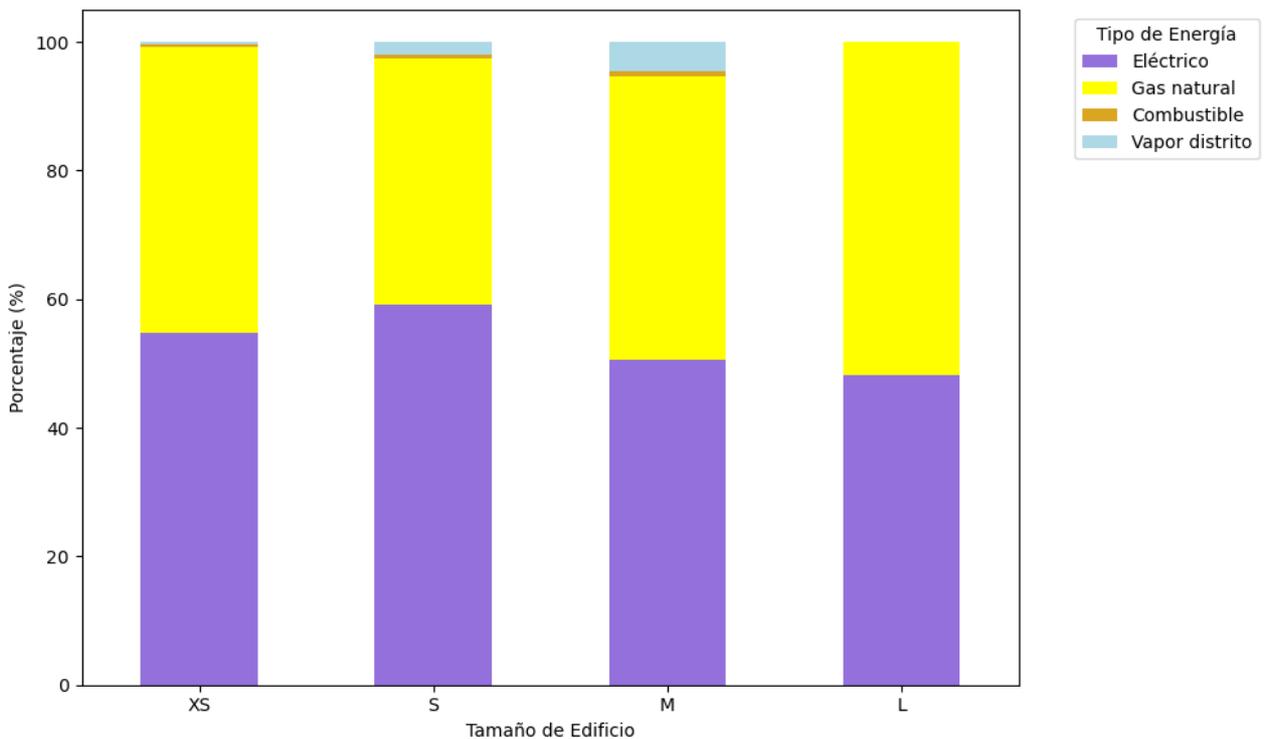


Figura 17. Consumo por fuentes de energía y tamaños.

En cuanto al reparto de fuentes de energía por tamaños de edificios de restauración, la electricidad se utiliza de forma aproximadamente igual en los cuatro tipos (entre un 50 y un 60%), sin embargo, aparece una mayor diferencia en el reparto de gas natural en edificios de tipo *S* y *M*, donde el vapor de distrito aparece en cierto porcentaje, sobre todo en los segundos (el combustible se utiliza en porcentajes insignificantes).

4.3.2 Análisis del consumo por antigüedad

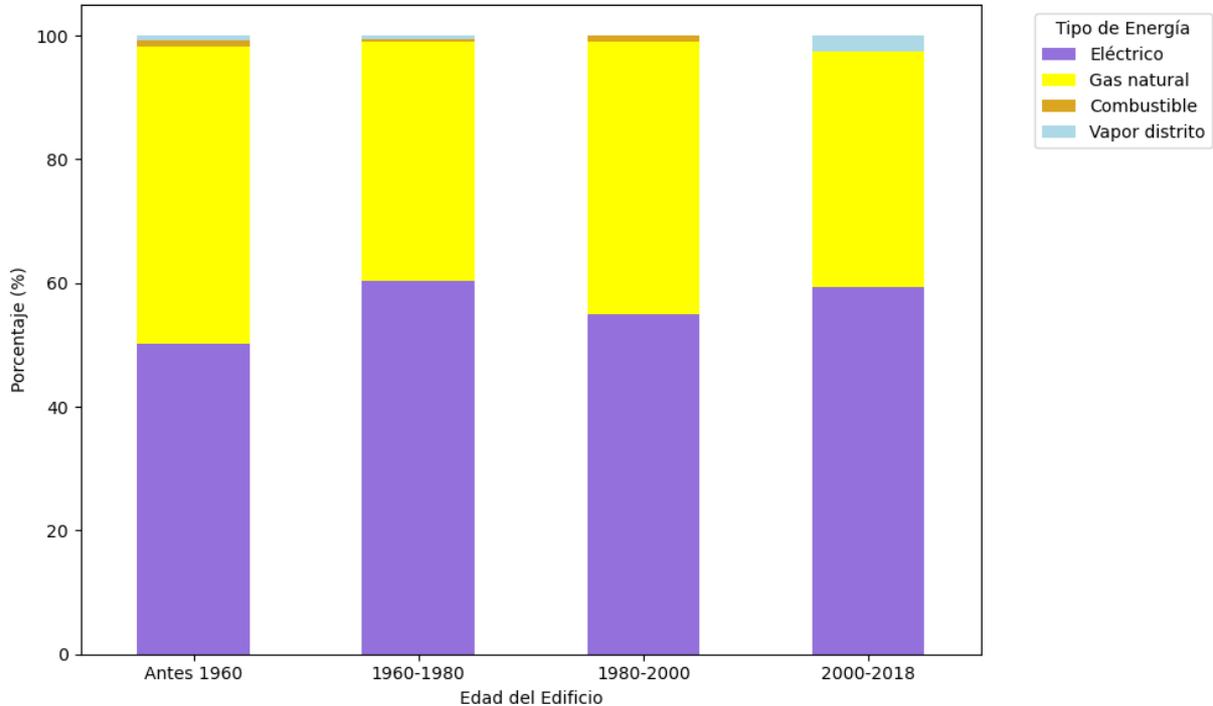


Figura 18. Consumo por fuentes de energía y antigüedad.

Analizando cómo han ido variando las fuentes energéticas frente a los años de construcción de los edificios de restauración, se puede apreciar una tendencia de electrificación de edificios nuevos, y disminución del gas natural, consiguiendo pasar de un 50% en edificios de antes de 1960, a un 40% en edificios con fecha de construcción posterior al 2000, como consecuencia de la pequeña aparición por parte del vapor de distrito.

Por otro lado, el combustible ha supuesto un pequeño porcentaje durante las primeras décadas, y ha ido variando hasta casi desaparecer a partir del siglo XXI.

4.3.3 Análisis del consumo por clima

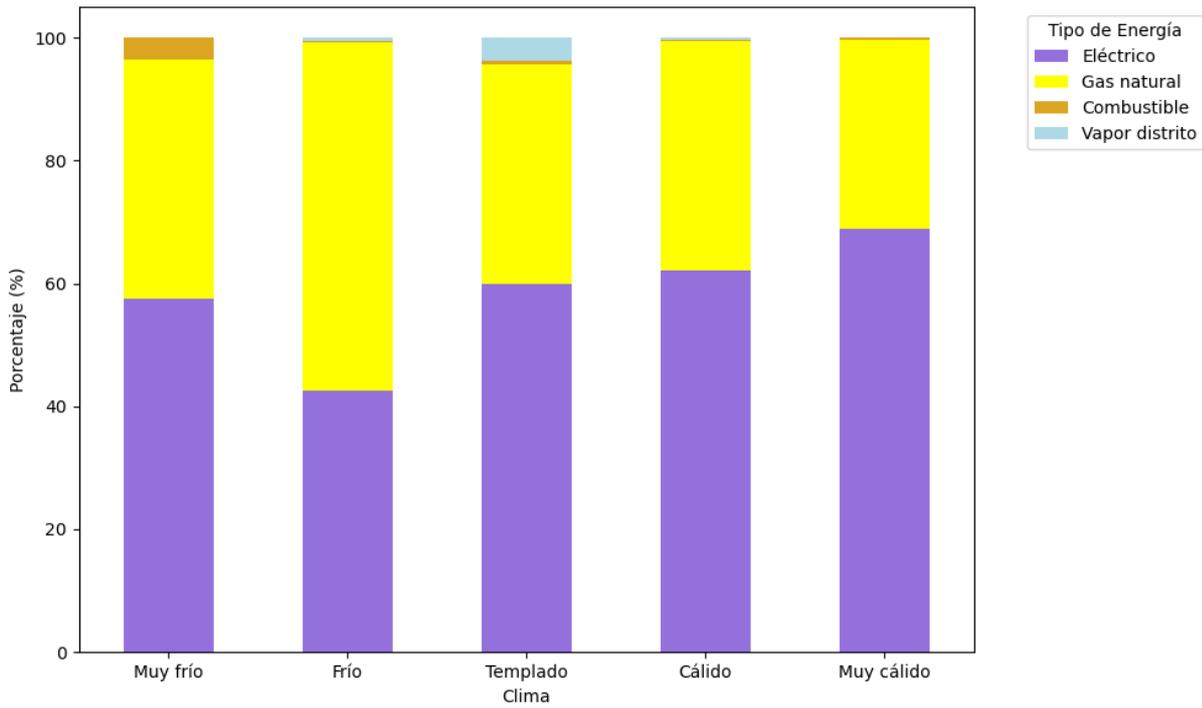


Figura 19. Consumo por fuentes de energía y clima.

En cuanto al análisis del consumo de fuentes de energía por región climática de EE.UU., se puede observar lo que era predecible, ya que conforme nos vamos a edificios de restauración en climas más cálidos, aumenta el uso de la electricidad (por el aire acondicionado), y disminuye el del gas natural y vapor de distrito. Por el contrario, en climas fríos el gas natural es el que toma el papel principal en el consumo. También se observa como en climas muy fríos, aunque vuelve a dominar la electricidad, aparece un claro uso de combustible, ya que en estas zonas de Estados Unidos se requiere un mayor uso de calefacción.

4.3.4 Estructura del consumo por fuentes y usos finales

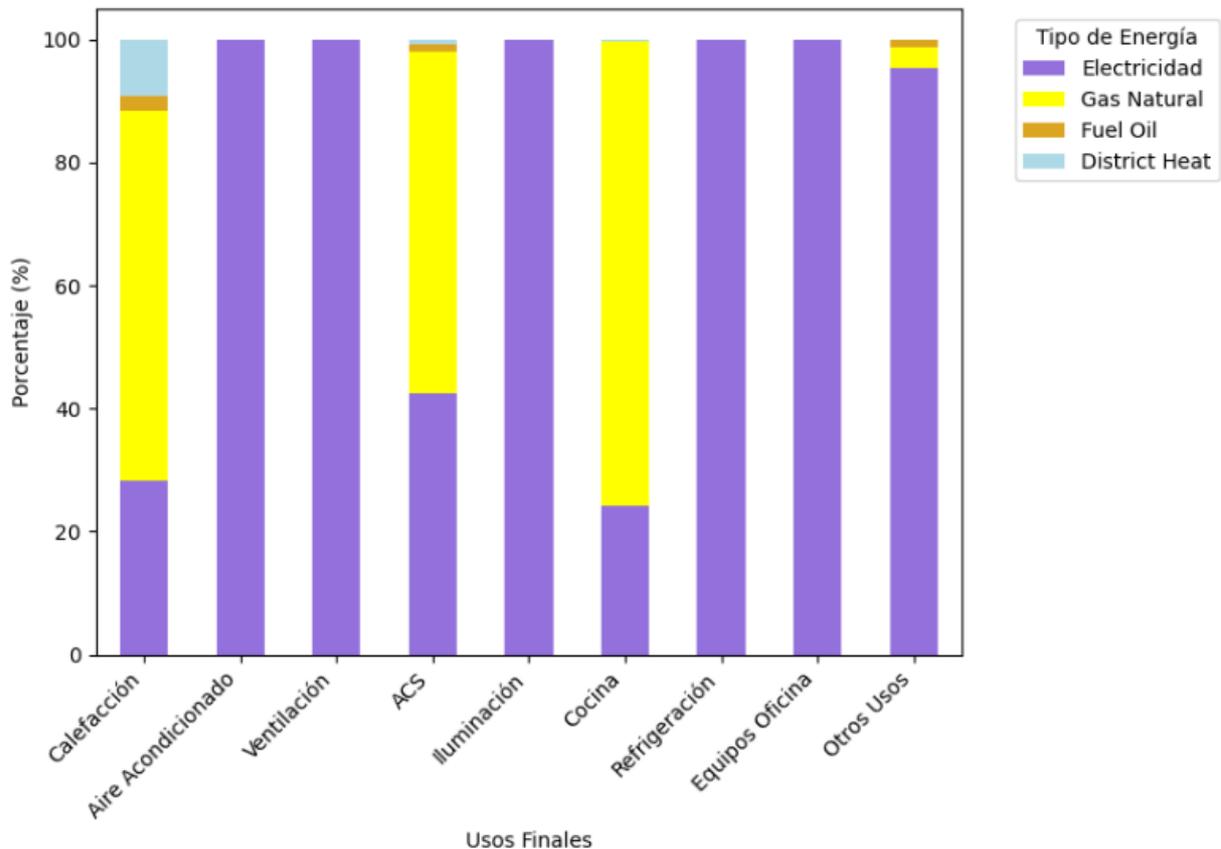


Figura 20. Consumo por fuentes de energía y usos finales.

Finalmente, para terminar este capítulo, resulta interesante analizar cómo se reparten las fuentes de energía ya explicadas sobre cada uso final. La calefacción se encuentra con un 60% de uso de gas natural, un 30% de electricidad, un 10% de vapor de distrito y un 5% de fuel-oil. Otros usos finales que se encuentran todavía con gran presencia de gas natural son el agua caliente sanitaria y la cocina.

Y, por otro lado, demás usos tales como aire acondicionado, ventilación, iluminación, refrigeración u ofimática, se encuentran totalmente electrificados.

5 FACTORES DE IMPACTO SOBRE EL CONSUMO

5.1. Evolución de los factores de impacto

Para poder evaluar los factores de impacto sobre el consumo de edificios de restauración de EE.UU., previamente se hará un recorrido temporal de dichos factores para dar explicación a resultados posteriores:

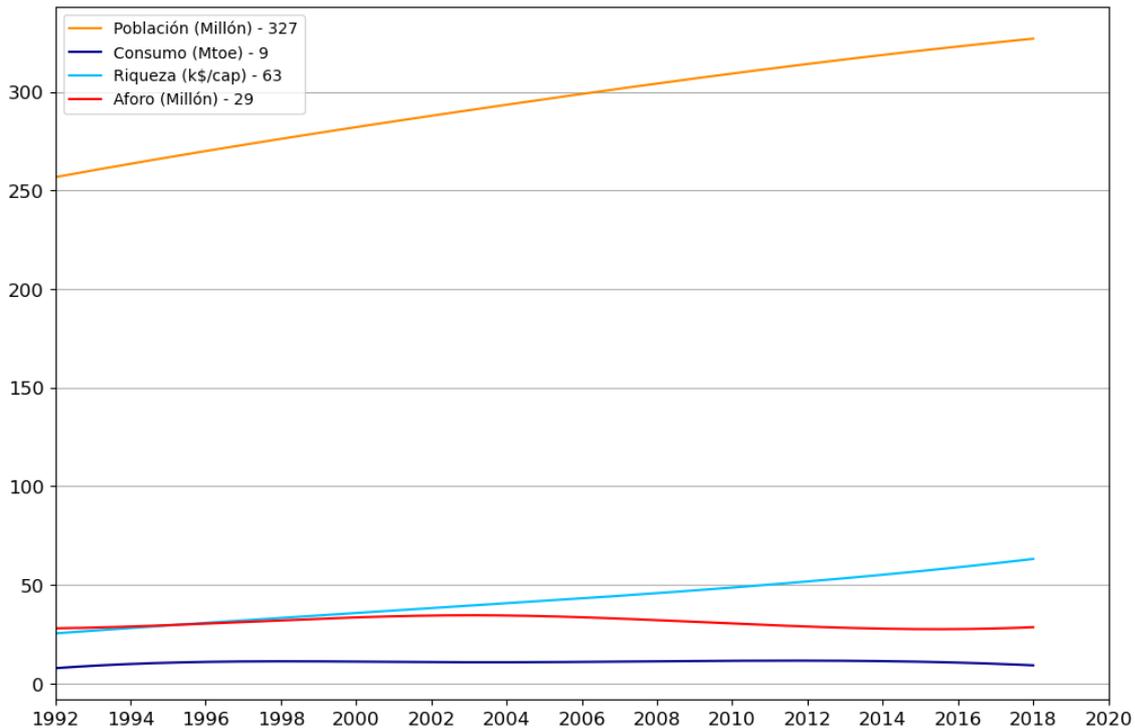


Figura 21. Evolución temporal de factores de impacto (1/3).

Entre el año 1992 y el año 2018, la población de Estados Unidos ha crecido un 30%, y la riqueza del país, un 250%, es decir, la sociedad estadounidense posee un nivel de vida cada vez mayor. Sin embargo, el consumo total del sector de la restauración ha aumentado un 20%, algo cercano al crecimiento de población, pero muy lejano al crecimiento económico, por lo que se comprueba la independencia que existe entre la riqueza y el consumo, al observar que, aunque la sociedad sea cada vez más rica, no por ello consume una mayor energía en este sector.

Por otro lado, el aforo ha experimentado tendencias variables a lo largo de los años, ya que, aunque siempre ha ido creciendo, este crecimiento ha tenido una aceleración relativamente cambiante, provocando que, en el cambio de siglo, entre los años 2003 y 2012, haya sufrido una caída más notable que remonta durante los primeros años del siglo XX para volver a colocarse a un valor similar al que tenía en 1992.

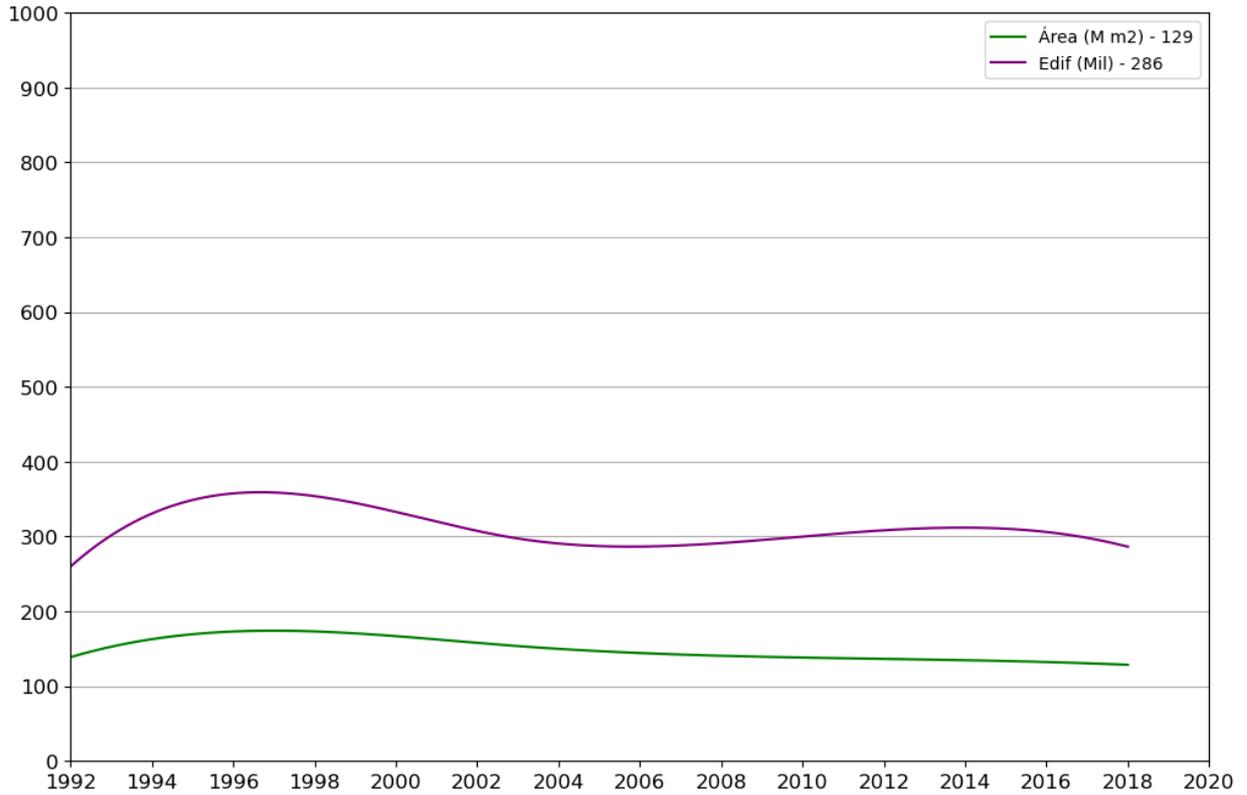


Figura 22. Evolución temporal de factores de impacto (2/3).

En cuanto a la superficie construida y el número de edificios de este sector edificados en EE.UU. (*Figura 23*), se observa que han desarrollado una cierta tendencia cambiante a lo largo de los años, con un crecimiento más notable durante los años 1992-1998, seguido de un decrecimiento más pausado durante el siglo XXI. El número de edificios en 2018 ha aumentado respecto al que se observa en 1992, mientras que el área total de estos edificios ha disminuido, por lo que se razona que ha aumentado considerablemente el número de restaurantes construidos, pero con una tendencia hacia la construcción de restaurantes de menor superficie, como se ha estudiado previamente.

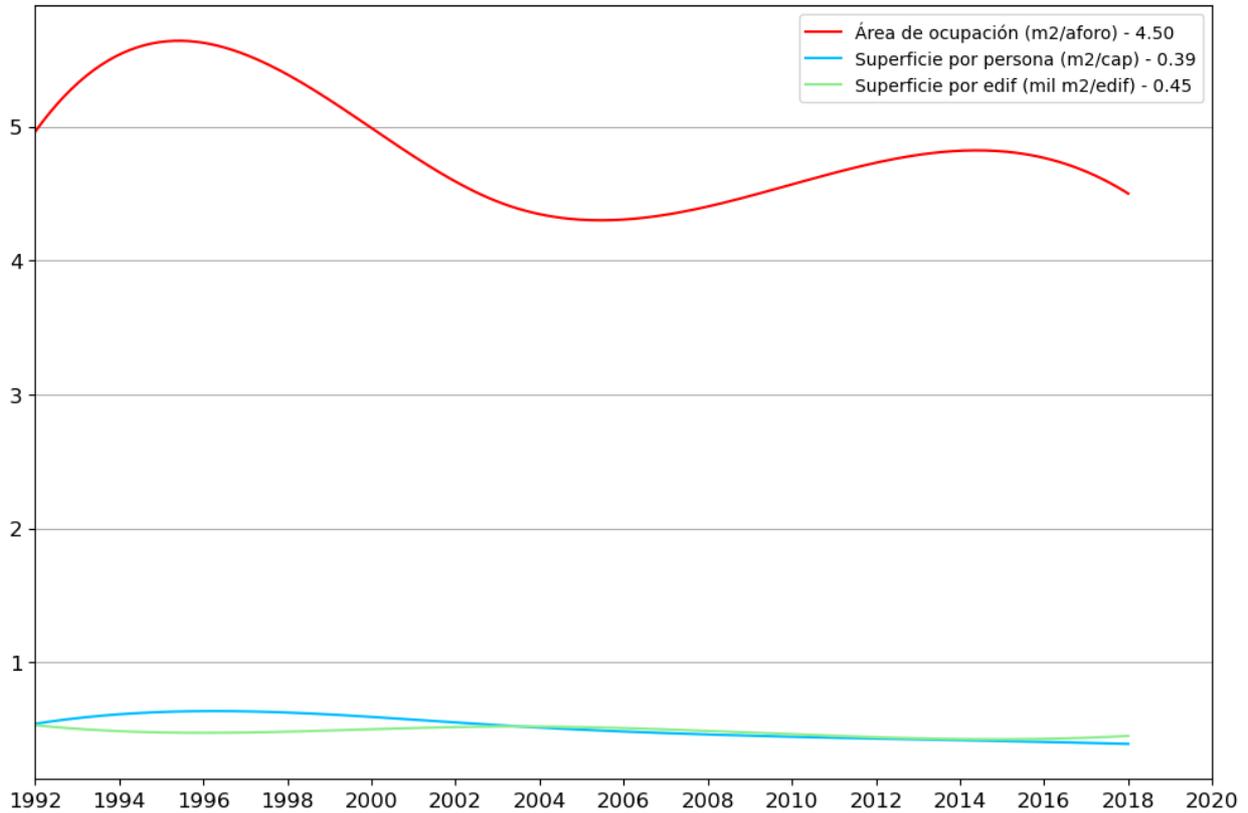


Figura 23. Evolución temporal de factores de impacto (3/3).

Al igual que los parámetros que se acaban de mencionar, resulta interesante analizar la superficie por edificio y por persona a lo largo del tiempo. Ambas tienen un comportamiento similar, aunque comienzan algo dispares, se igualan casi durante el siglo XXI. Mientras tanto el metro cuadrado por cliente ha ido variando bastante con el paso del tiempo siempre con una tendencia algo decreciente que se observa claramente comparando los valores entre 1992 y 2018.

5.2. Población y clientes

Una aclaración previa que se debe hacer es que, en las gráficas que vienen a continuación, cuando se hace referencia al aforo, se está hablando del número máximo de clientes que puede haber dentro de estos edificios o, si se quiere ver de una forma incluso más sencilla, del número de sillas del que estos establecimientos disponen.

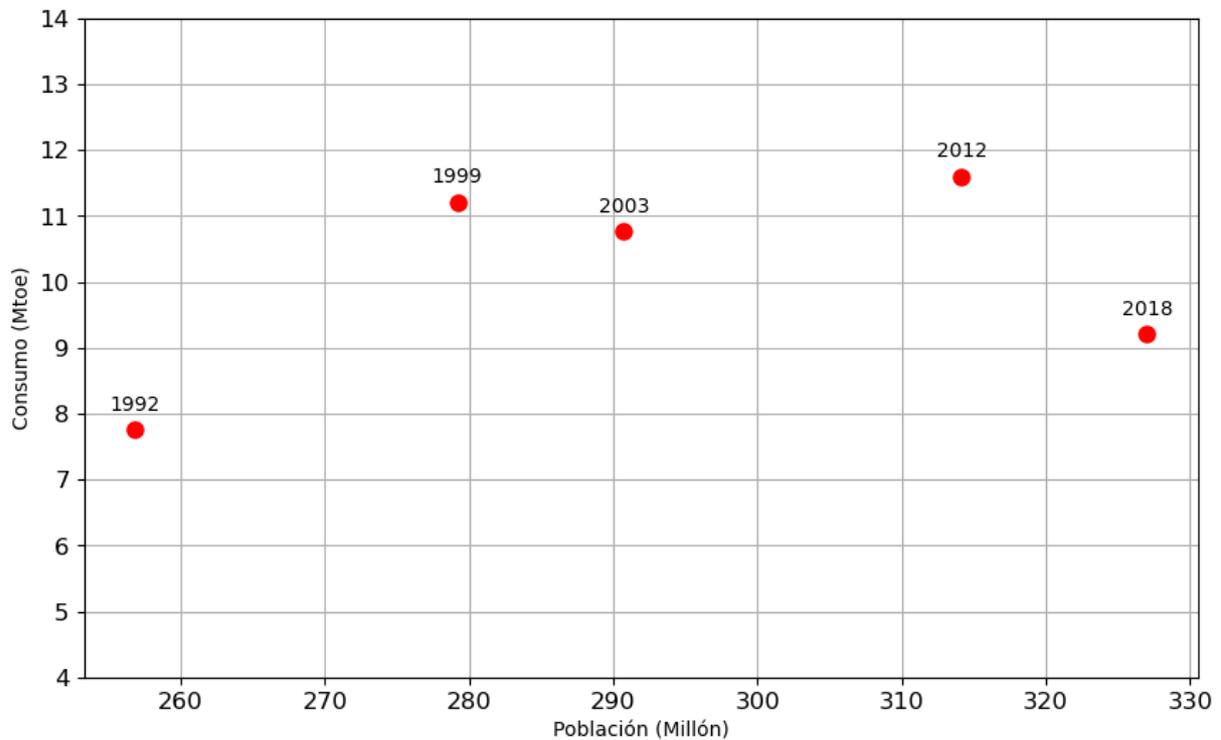


Figura 24. Evolución del consumo frente a la población.

Se observa una alta variación del consumo de este sector con el paso de los años. En el siglo XX se observa un aumento muy alto debido a la aparición de nuevos equipos que se fueron implementando en las cocinas. En el cambio de siglo se comenzaron a adoptar equipos energéticamente eficientes, se dio también la aparición de controles de iluminación, calefacción, aire acondicionado y ventilación, lo que derivó en una reducción de ese consumo. Además de un aumento de la conciencia ambiental, sobre el cambio climático y la sostenibilidad. Como consecuencia los gobiernos actuaron y establecieron varias regulaciones que reducían dichos consumos.

Entre los años 2003 y 2012 vuelve a aumentar dicho consumo, como consecuencia de otra revolución en maquinaria y de una mayor necesidad de informatizar nuestros alrededores. Sin embargo, en los últimos años la eficiencia energética ha sido uno de los objetivos mundiales establecidos y como consecuencia se ha conseguido una reducción del consumo. Hubo un aumento en el número de restaurantes construidos o renovados siguiendo los estándares de certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Estos edificios utilizaban materiales sostenibles, sistemas de iluminación natural y diseño eficiente para reducir el consumo de energía.

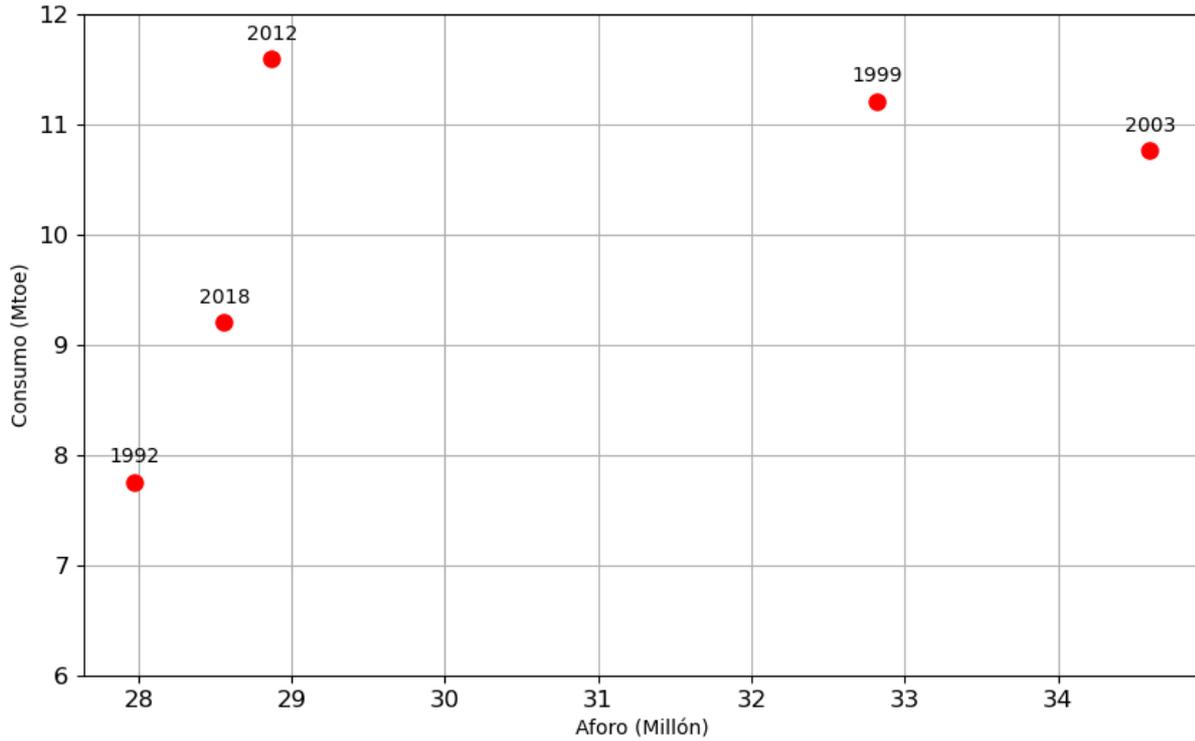


Figura 25. Evolución del consumo frente a los clientes.

Por otro lado, las variaciones en el aforo de los restaurantes estadounidenses han provocado los cambios bruscos de la *Figura 25*. Se observa una disminución bastante aguda durante el siglo XXI de este, acompañado de una disminución del consumo durante los últimos años, lo que supone unos valores similares de koe/cliente entre 1992 y la actualidad.

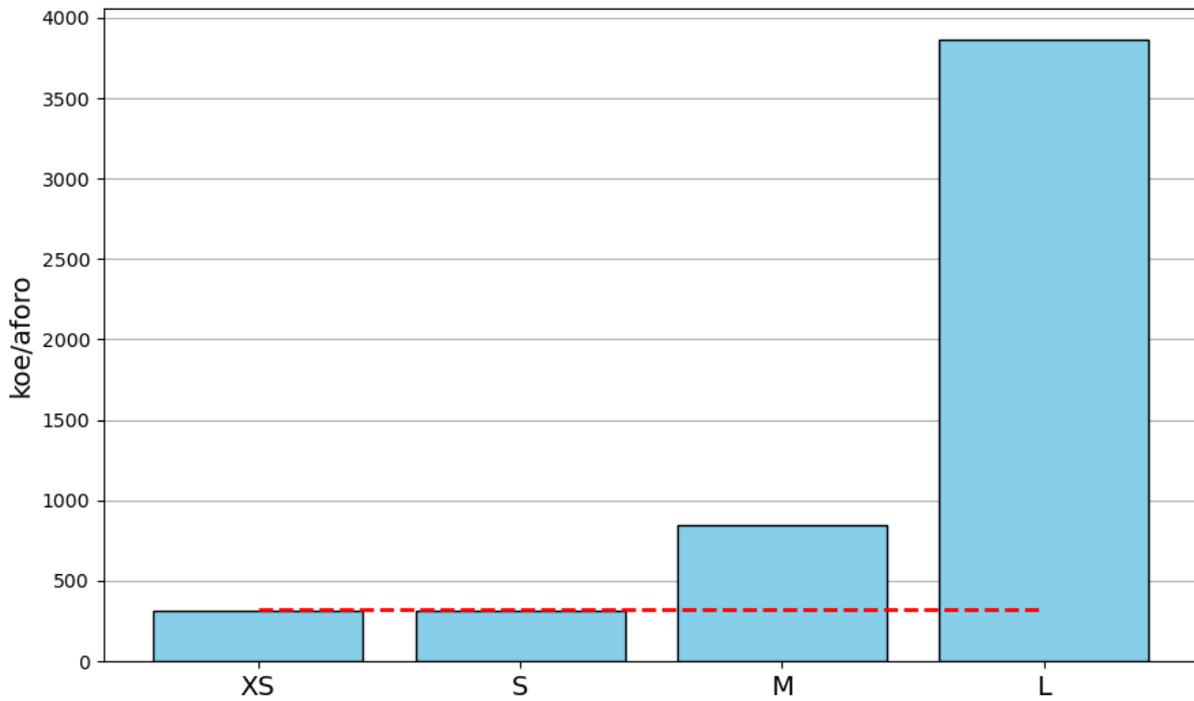


Figura 26. Estructura del consumo por cliente y tamaño.

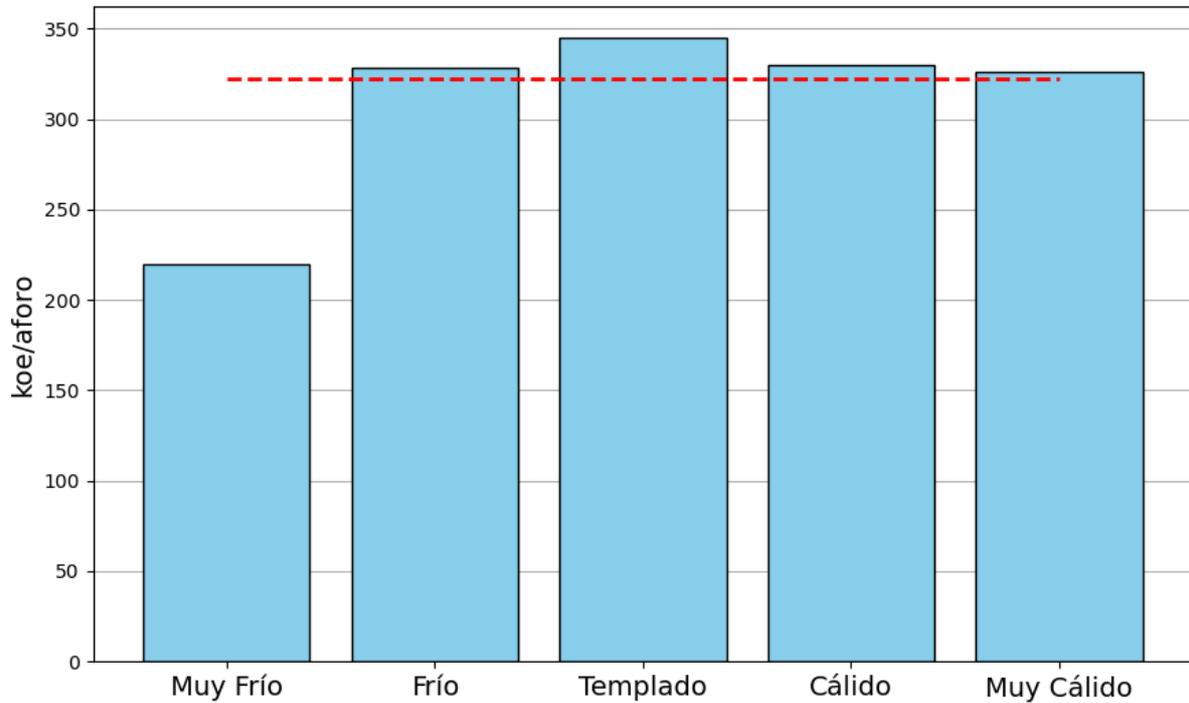


Figura 27. Estructura del consumo por cliente y clima.

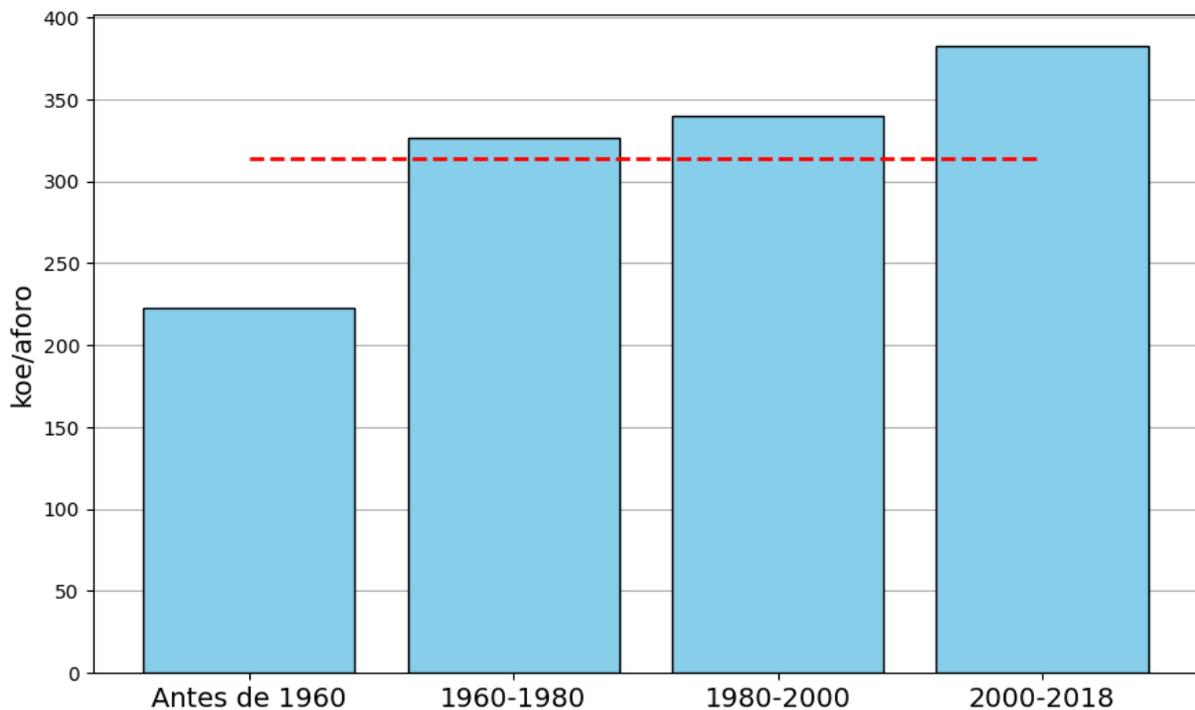


Figura 28. Estructura del consumo por cliente y año de construcción.

Las Figuras 26, 27 y 28 exponen la comparativa entre el ratio de consumo por cliente en el sector de la restauración de EE.UU. y las distintas agrupaciones de edificios de las que se han hablado previamente, tamaño, clima y año de construcción.

En cuanto a los tamaños, las categorías *M* y *L* se encuentran por encima de la media ya que el consumo por edificio en estas categorías es mucho mayor que en las otras dos y el aforo por edificio es algo superior pero no tanto como para equilibrarlas.

Por otro lado, los edificios de climas suaves y fríos, también se encuentran por encima de la media, ya que el mayor uso de la calefacción implica el aumento de dicho ratio. Al igual que ocurre con los de climas cálidos y el aire acondicionado.

Y finalmente, sólo los edificios construidos antes de 1960 están por debajo de la media de consumo por cliente, ya que en ese período disminuyó el tamaño medio de los edificios de restauración y esta tipología no tiene un consumo por m2 demasiado elevado.

5.3. Número de restaurantes

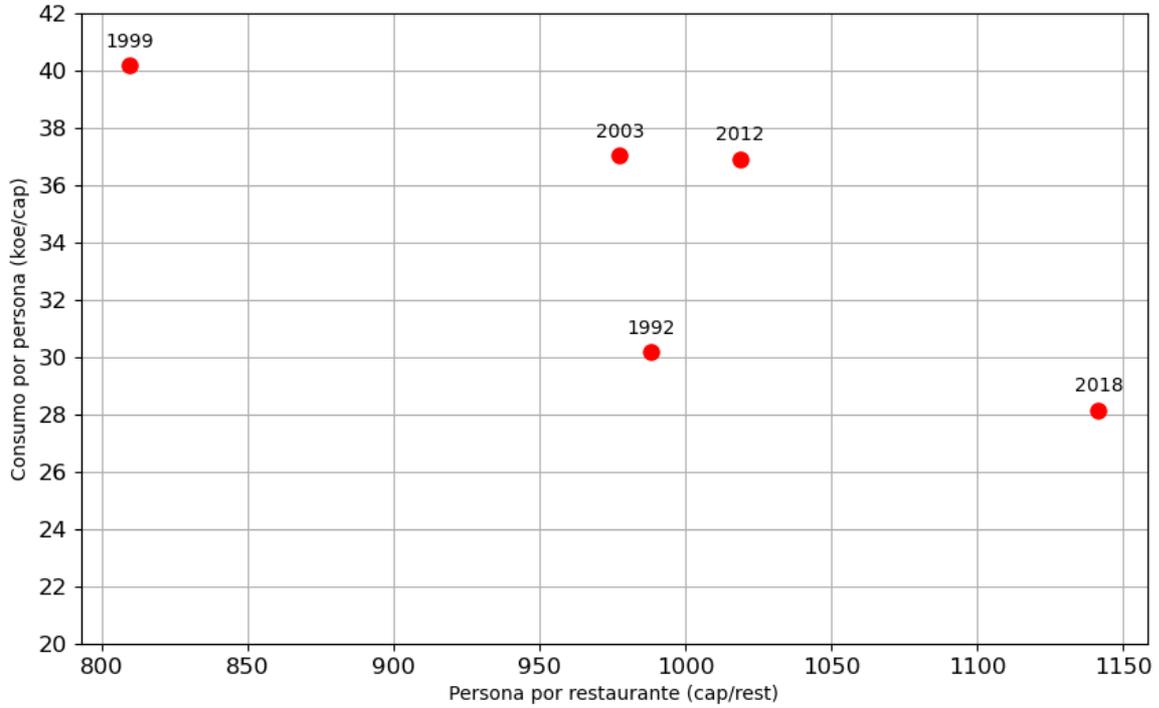


Figura 29. Evolución del consumo frente a la ocupación (per cápita).

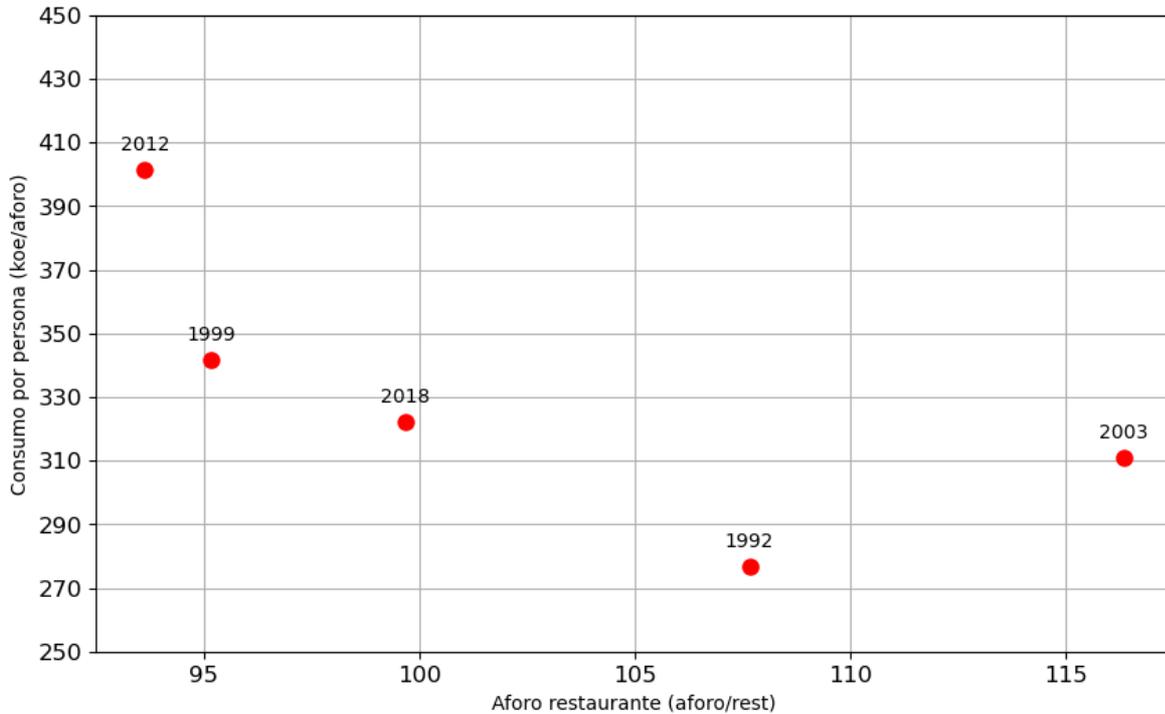


Figura 30. Evolución del consumo frente a la ocupación (por cliente).

Como se observa en sus resultados, ambas gráficas tienen la finalidad de mostrar la evolución del consumo por restaurante, en función de ratios de consumo y número de edificios per cápita o por cliente.

Tanto la *Figura 29* como la *30*, muestran cambios bruscos de tendencia, explicados porque dependen de factores de impacto sobre el consumo tales como el número de restaurantes y el aforo, ambas magnitudes muy variables con el tiempo como se ha explicado en apartados anteriores.

En las figuras se observa un aumento del consumo por edificio de 30 en 1992 hasta 32 en 2018, esto como consecuencia de un mayor uso de electricidad y una mayor complejidad y densidad de equipos que han ido apareciendo en las cocinas con el paso de los años. Las medidas de eficiencia energética que se han ido implantando durante los primeros años del siglo XXI han conseguido disminuir el consumo desde 2003 que estaba en torno a 37 toe/edif hasta 32 toe/edif en 2018, pero sin éxito en la reducción de dicho consumo por debajo del valor de 1992.

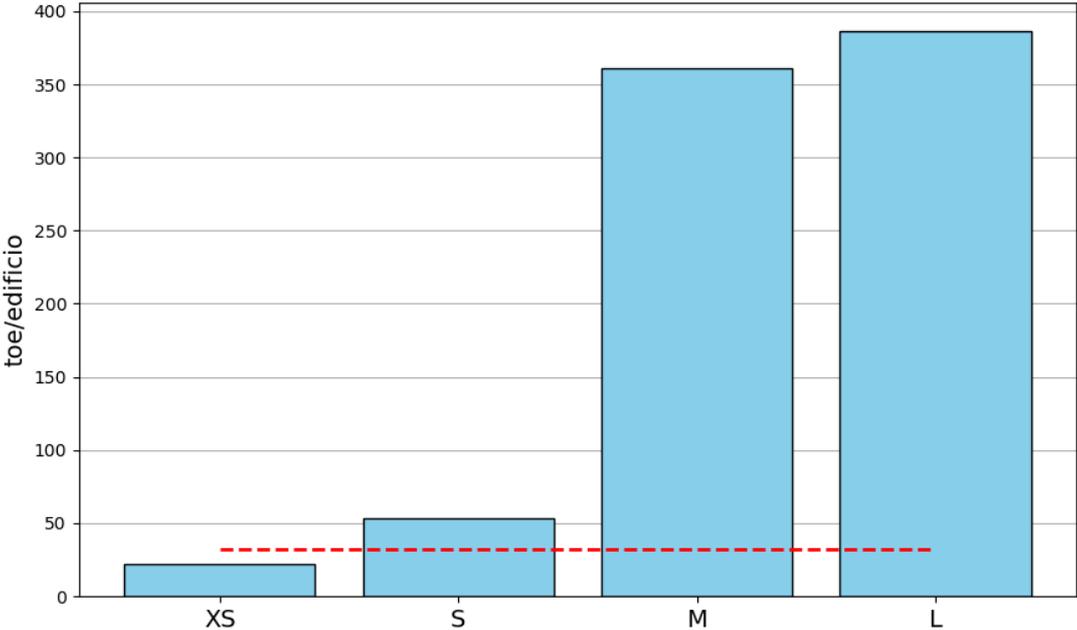


Figura 31. Estructura del consumo por edificio y tamaño.

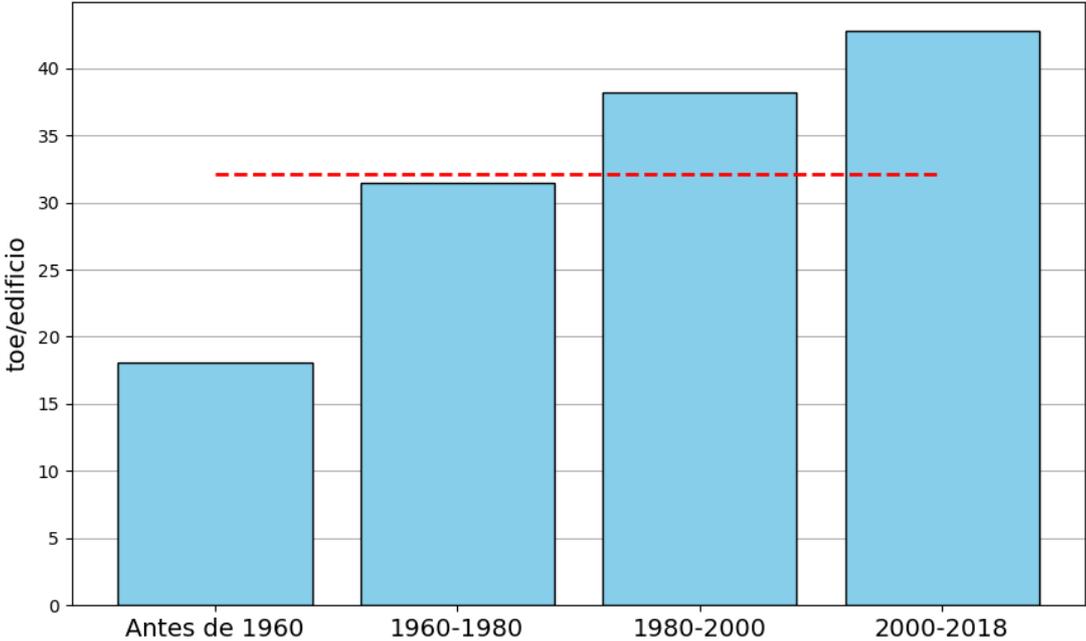


Figura 32. Estructura del consumo por edificio y año de construcción.

Para concluir este apartado, resulta interesante analizar, al igual que en el apartado anterior, la relación entre el consumo medio actual por edificio del sector de la restauración de EE.UU., y sus tamaños y años de construcción

Los edificios XS vuelven a estar por debajo de la media ya que, aunque poseen un consumo mayor que los de las categorías M y L, el número de edificios del primer tipo es mucho mayor que el de los otros dos, lo cual hace que disminuya el ratio de consumo por edificio. Lo contrario sirve para explicar las otras dos tipologías, ya que ambas poseen un menor número de edificios, y estos poseen una mayor superficie (aumento de consumo).

Finalmente, al igual que ocurría en el apartado anterior, sólo los edificios construidos antes de 1960 están por debajo de la media de consumo por cliente, ya que en ese período disminuyó el tamaño medio de los edificios de restauración y esta tipología no tiene un consumo por m2 demasiado elevado.

5.4. Urbanización

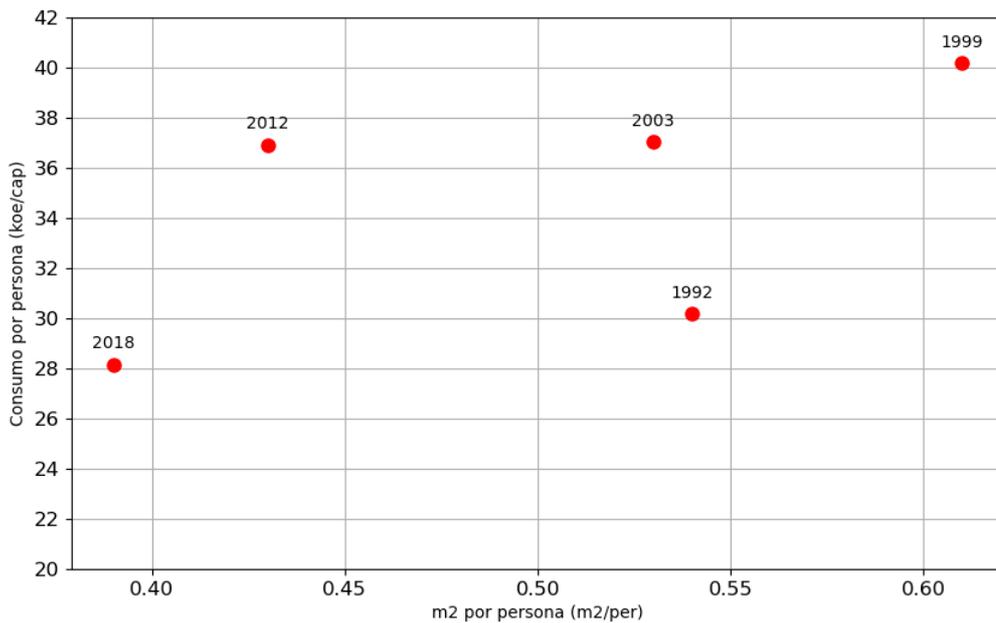


Figura 33. Evolución del consumo frente a la urbanización (per cápita).

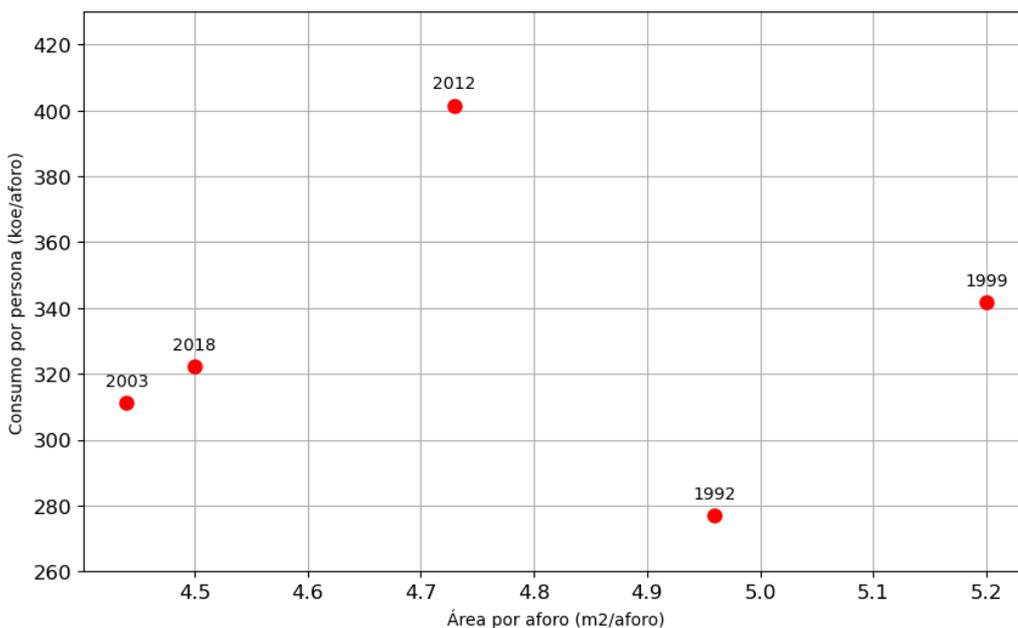


Figura 34. Evolución del consumo frente a la urbanización (por cliente).

Al igual que se explicó en el anterior apartado, no se va a analizar la variabilidad de los puntos temporales en la *Figura 34*, ya que se justifica con las variaciones temporales sufridas por el aforo en los restaurantes de EE.UU.

Esta magnitud a analizar se denomina intensidad energética, y define el consumo energético de un país por superficie, lo cual permite analizar que, a mayor superficie construida, mayor es el consumo necesario para mantener esa superficie en condiciones adecuadas para su funcionalidad.

La idea del ahorro energético reside en que el aumento de la superficie construida sea mayor al aumento del consumo energético, lo cual provocaría una mayor eficiencia energética de los edificios analizados. En el paso de 2012 a 2018 se ha conseguido disminuir dicho ratio desde 85 koe/m² hasta 71 koe/m². Por lo que se justifica aún más que los restaurantes son cada vez más eficientes, requieren de un menor consumo de energía, y ello favorece a la búsqueda de la eficiencia energética.

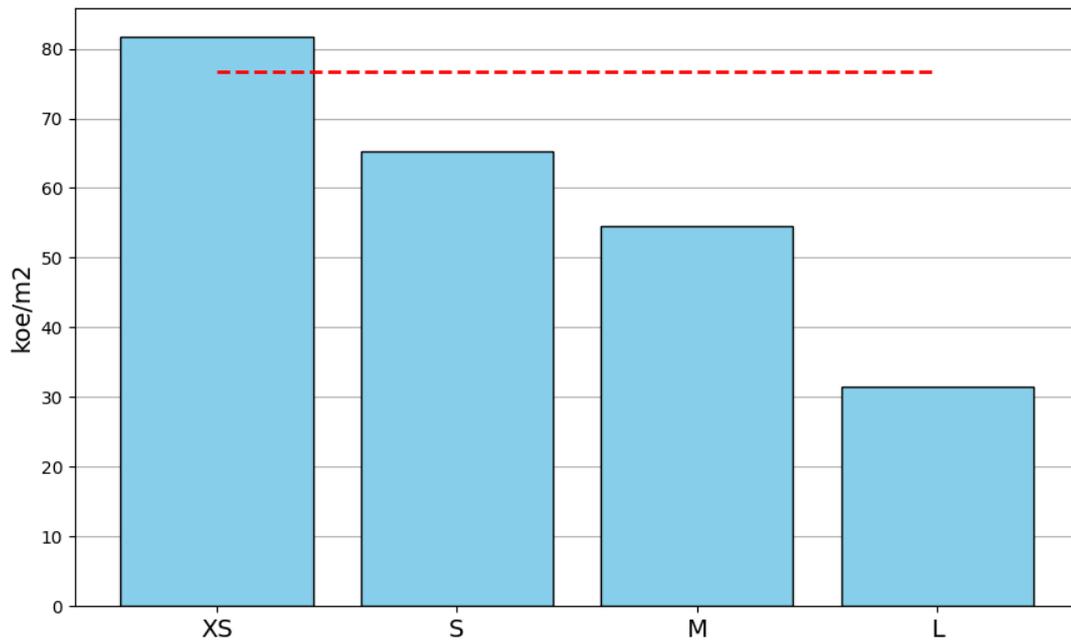


Figura 35. Análisis de intensidad energética por tamaño.

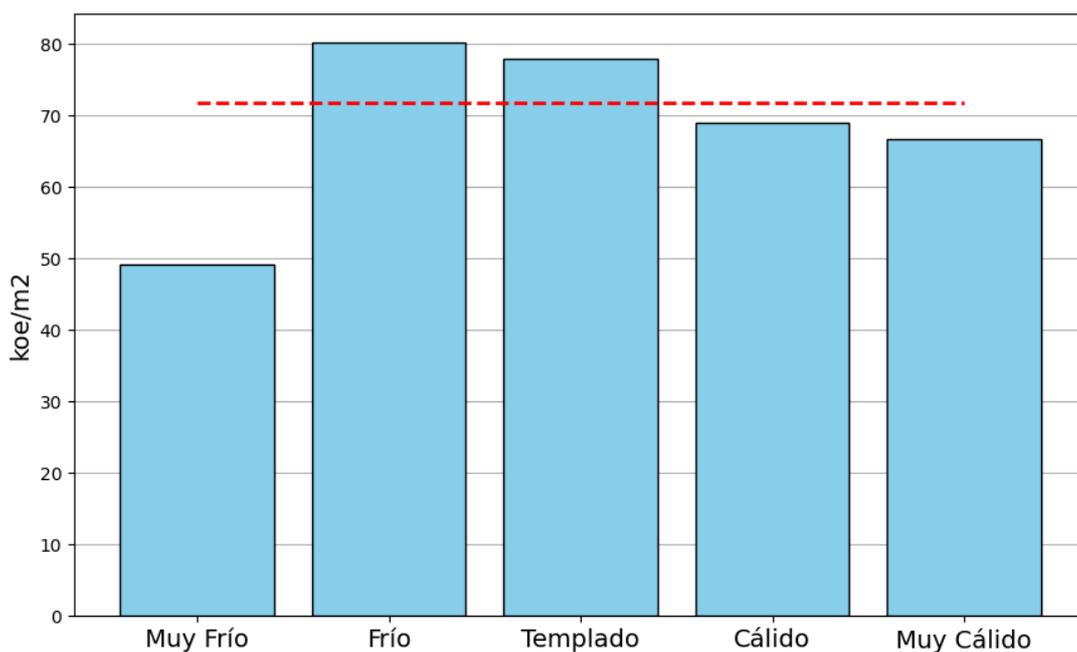


Figura 36. Análisis de intensidad energética por clima.

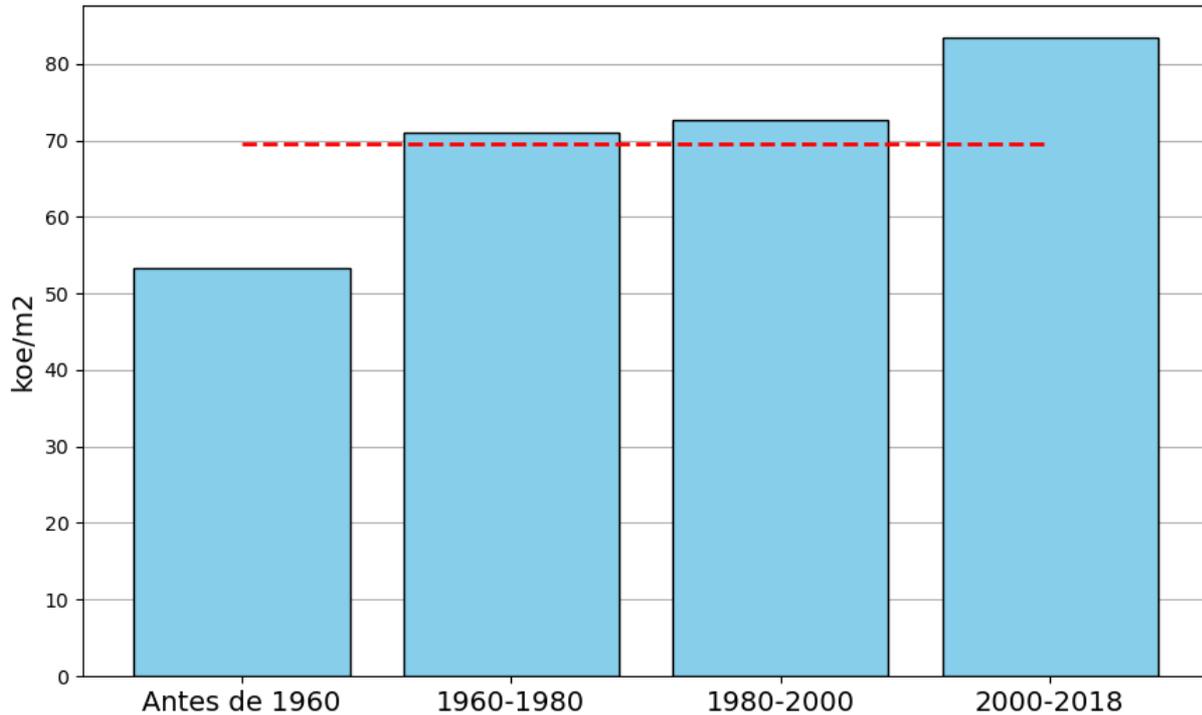


Figura 37. Análisis de la intensidad energética por año de construcción.

Se observa cómo, aunque el consumo por edificio de los edificios XS es muy bajo, si es cierto que como el área de estos es mucho menor que el del resto de edificios, el consumo por superficie de estos es mucho mayor que en el resto y, por ello, es la única que supera la media.

Al igual que se comentó anteriormente, los climas suaves y fríos experimentan un mayor consumo debido al incremento de uso de la calefacción, por lo que se encuentran con un consumo por superficie mayor a los climas cálidos.

Y finalmente, para justificar lo ya explicado en los dos últimos apartados sobre el consumo por año de construcción, de nuevo nos encontramos con que antes de 1960, el consumo por superficie de los edificios ahí construidos es menor.

5.5. Riqueza

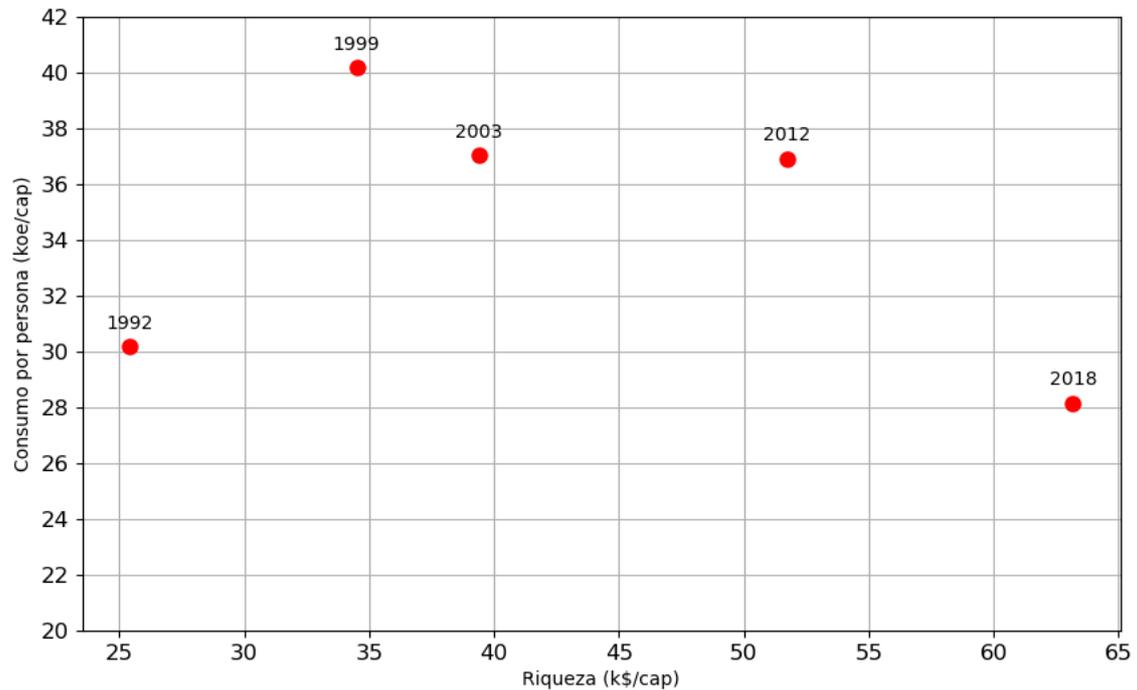


Figura 38. Evolución del consumo frente a la riqueza.

Como se explicó en el primer apartado de este capítulo, la sociedad estadounidense posee cada vez mayor riqueza, pero dicha riqueza se encuentra desligada del consumo energético. Aunque las escalas resultan algo engañosas (en la *Figura 22* parecía invariable el consumo), realmente sí que ha variado el consumo del sector de la restauración, sobre todo en el cambio de siglo, aunque con variaciones que no dejan de ser poco apreciables.

Aunque ocurra eso, el aumento de la riqueza del país ha sido mucho mayor, por lo que el ratio de consumo por riqueza ha disminuido a lo largo de los años, pasando de 1,2 toe/M\$ a 0,45 toe/M\$, lo cual es un dato muy bueno para un país, ya que aporta un dato muy importante: la independencia económica de la energía. Porque los estadounidenses sean más ricos, el consumo de edificios de restauración no va a ser mayor, por lo que se traduce en una mayor eficiencia energética.

6 CONCLUSIÓN

Como conclusión final, el sector de la restauración posee un 5% del consumo total de edificios comerciales en EE.UU.. Dicho sector, compone un 14% de superficie construida, y un 5% del consumo total (9,2 Mtoe) de edificios comerciales de Estados Unidos, lo cual ha propiciado que se lleve a cabo un análisis exhaustivo sobre ellos.

En cuanto al stock analizado, cabe resaltar que los *XS* son la categoría con mayor superficie construida (91,5 M m²), seguida de *S* (37,9 M m²), y finalmente *M* y *L*, con una superficie muy inferior. Sin embargo, en cuanto a tamaño medio de los edificios que componen cada tipología, los *XS* son los que poseen una menor superficie (270 m²/edificio), seguido por los *S* (800 m²/edificio), los *M* (6600 m²/edificio) y los *L* (12200 m²/edificio).

Además, centrándonos en los años de construcción de dichos edificios, los cuatro períodos temporales poseen una superficie construida muy pareja, siendo la tendencia de tipologías muy cambiante. Esta se puede definir como que se partió de superficies medias inferiores, 340 m²/edif antes de 1960, aumentando más en las últimas décadas del siglo XX, en torno a 440 m²/edif entre 1960 y 1980 y entrando en tamaños superiores, correspondientes a la categoría *S*, alrededor de 525 m²/edif entre 1980 y 1999 y de 510 m²/edif en el siglo XXI.

Finalmente, parándonos a analizar la región climática, las zonas muy frías constan de un menor número de edificios de restauración, por otro lado, las calientes y frías son las que más edificios de este sector tienen. En cuanto al área promedio, los climas calientes son los que disponen de restaurantes con una mayor superficie, en contraste, los de climas fríos son los que tienen menor superficie promedio por edificio.

Analizando el consumo total de cada tamaño, estos difieren bastante. Las dos categorías de *XS* y *S* conforman casi la totalidad del consumo de este sector con un consumo de 4,36 Mtoe y 4,54 Mtoe, respectivamente. Las otras dos apenas aportan consumo en comparación. En cuanto al consumo por superficie, el orden es el que cabe esperar a la hora de analizar las categorías (82 toe/m² para *XS*, 65 toe/m² para *S*, 55 toe/m² para *M* y 32 toe/m² para *L*).

El porcentaje de consumo por usos finales y tamaños es bastante parejo, excepto para la categoría *M*, en esta el consumo en la cocina aumenta, disminuyendo el porcentaje dedicado a iluminación y ACS. Por otro lado, dicho porcentaje disminuye también entre regiones frías y cálidas, ya que en EE.UU. el frío es mucho más agravante que el calor, por lo que las regiones más frías utilizan mucho la calefacción, pero las regiones cálidas no requieren de tanto aire acondicionado, bajando el consumo de climatización del 28% al 23%.

Entre tamaños no existen grandes diferencias en cuanto a las fuentes de energía utilizadas. Sin embargo, aparece una mayor diferencia en el reparto de gas natural en edificios de tipo *S* y *M*, lo cual se encuentra inapreciable en las otras dos tipologías. En cuanto a años de construcción, ha aumentado la electrificación de los edificios y se ha dado una pequeña aparición por parte del vapor de distrito, disminuyendo por ello el uso de gas natural. Igual pasa con regiones climáticas, aunque este dato es evidente, ya que gran parte de la calefacción en EE.UU. es con gas natural, y el aire acondicionado es eléctrico, por lo que el consumo de electricidad se va magnificando conforme pasamos de climas fríos a climas cálidos.

Finalmente, me dispongo a resaltar los factores de impacto sobre el consumo de edificios de restauración en EE.UU. Tanto la población, como la riqueza y la superficie construida del sector de la restauración, crecen con los años. Sin embargo, el aforo en estos es variable dependiendo de la época en la que nos encontremos. La superficie media por edificio se mantiene estable, y el consumo del sector educativo oscila entre 7,75 y 9,2 Mtoe.

El consumo por alumno ha pasado en los últimos años (de 2012 a 2018) de 400 a 320 koe/cliente, el consumo por edificio de 37 a 32 toe/edif, y el consumo por superficie de 85 a 71 koe/m², lo cual resalta el ahorro energético en dicho sector con los años, y la independencia del consumo con demás factores de impacto como el crecimiento de la población o de la riqueza, ya que, aun siendo más ricos, el sector de la restauración sigue disminuyendo el consumo por m² con el paso de los años.

DESARROLLOS FUTUROS

A continuación, se muestran diferentes estudios que se pueden llevar a cabo a partir de este trabajo, no habiéndose estudiado por considerar suficiente el material aportado:

- Analizar las tipologías de Restaurante/Cafetería y Local de comida rápida por separado para poder ver las diferencias entre estas, e intentar elucubrar sobre el futuro de estas.
- Implementar a través de Python, una base de datos que permita graficar las diversas tipologías que podemos encontrar dentro de la base de datos de CBECS para poder realizar un estudio mucho más amplio de los edificios en EE.UU.

REFERENCIAS

- [1] EIA, «U.S. Energy Information Administration,» [En línea]. Available: <https://www.eia.gov/consumption/commercial/>.
- [2] IEA, «International Energy Agency,» [En línea]. Available: <https://www.iea.org/data-and-statistics>.
- [3] IMF, «International Monetary Fund,» [En línea]. Available: <https://www.imf.org/en/Home>.