



CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Eficiencia Energética en la Construcción:
oportunidades para incrementar el confort del hábitat,
ahorrar energía y disminuir las emisiones de gases de
efecto invernadero

Descripción breve

En este trabajo se analiza el rol del sector de la construcción en la ecuación energética global y nacional como así también los impactos ambientales de este sector, en particular en las emisiones de gases de efecto de invernadero. Se analiza los aspectos más relevantes en el consumo de energía tanto en el sector residencial como en el de servicios, que incluye tanto el comercial como el de entes oficiales. Este estudio busca identificar las oportunidades para lograr construcciones más sustentables tanto en el sector residencial, el sector de servicios en Argentina. También nos proponemos explorar las oportunidades que se abren en la construcción de viviendas sociales. En este sentido, se busca identificar los déficits en la formación profesional del personal de la construcción en las nuevas técnicas de construcción sustentable y de bajo costo

Jorge Czajkowski, Salvador Gil y Damián Strier
Cámara Argentina de la Construcción
, Mayo 2017

Contenido

Introducción	2
Consumo de energía y emisiones de GEI	65
Consumo de energía en el sector residencial y de servicios	87
Consumo de energía en viviendas residenciales	87
Consumo de Gas Natural	87
Consumo de electricidad	1211
Consumo en los edificios de servicios	1716
Sistemas de calentamiento de agua	2018
Eficiencia de un artefacto:	2018
Rendimiento de los calefactores	2119
Consumo de sistema híbridos con apoyo convencional	2422
Otros ahorros de energía en el calentamiento de agua sanitaria	2725
Construcción sustentable	2826
Apéndice A – Funcionamiento de un termotanque	3028
Bibliografía	3230

Introducción

A lo largo de la historia, la construcción de viviendas y edificios ha sufrido cambios para adaptarse a las necesidades sociales. A principio del siglo XX, el desarrollo de estructuras de acero y cemento armado, combinado con una fuerte demanda de espacio en las grandes ciudades, impulsado por el desarrollo industrial y la creciente urbanización, condujeron a que las construcciones crecieran en altura. De este modo, se minimizaba el uso del suelo, un recurso escaso en las grandes urbes. Así, el siglo XX aportó una nueva dimensión, la altura en la construcción buscando minimizar su huella de terreno.

Con el despunte del nuevo milenio, un nuevo desafío está en ciernes. Se trata de la creciente preocupación en el mundo por el calentamiento global que está experimentando la Tierra. Hay evidencias cada vez más claras que este efecto es consecuencia, en buena medida, del uso de combustibles fósiles [1]. Así, es probable, que aun disponiendo de enormes cantidades de recursos fósiles, debamos minimizar su uso por razones ambientales. La transición hacia fuentes renovables de energía y hacia el aprovechamiento racional de la misma, no debe ser pensada como respuesta a escenarios de escasez de hidrocarburos (de los cuales no hay evidencia), sino como un paso evolutivo de la humanidad, cada vez más urgida por la necesidad de lograr un futuro más sustentable. Después de todo, la Edad de Piedra no terminó por la carencia de piedras en el mundo.

El sector de la construcción es uno de los más demandantes de energía, y los edificios y viviendas explican una fracción relevante del consumo total y de las emisiones de gases de efecto invernadero. De este modo, el siglo XXI, nos insta al desarrollo de una nueva dimensión en la construcción, el de la sostenibilidad, entre cuyos objetivos está reducir la huella de carbono de los edificios preservando y aun mejorando sus condiciones de confort y procurando una mayor accesibilidad para que un espectro más amplio de sectores sociales tenga acceso a estos beneficios.

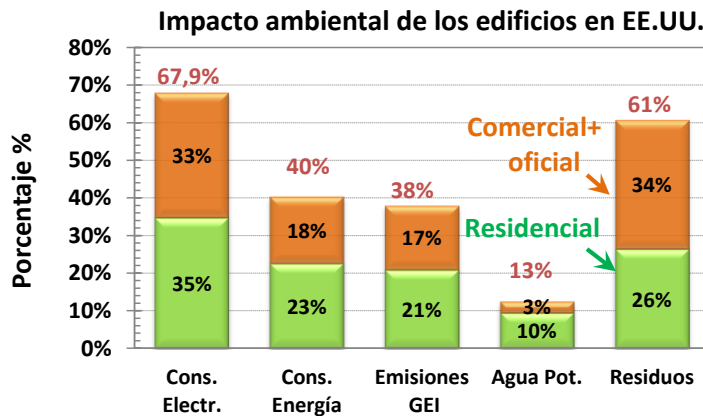


Figura 1. Impacto ambiental de los edificios en EE.UU. en 2004. Fuente EPA [2]

Un *desarrollo sostenible* [3] es el que busca satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras a satisfacer las suyas. Involucra aspectos económicos, sociales y medioambientales. El objetivo de la *eficiencia energética* es usar los mínimos recursos energéticos posibles, para lograr un nivel de confort deseado. Esta elección tiene sentido tanto económico como ambiental. Al usar menos combustibles para hacer las mismas actividades, se disminuye el costo de las facturas de los usuarios y reduce la necesidad de ampliar la infraestructura energética. Al mismo tiempo se mitigan las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global y se preservan los recursos energéticos. En particular, los edificios, tanto residenciales como de servicios (es decir comerciales y públicos), generan no sólo emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI), sino que tienen importantes impactos ambientales como lo sugiere la Figura 1. Si bien estos datos corresponden estrictamente a EE.UU, el impacto de los edificios en otros lugares es similar. Por ejemplo, el Instituto Europeo de Performance de Edificios (BPIE) estima que el 40% de la energía total consumida y el 36% de las emisiones de CO₂ de Europa provienen de los edificios.

Los gobiernos de muchos países están cada vez más conscientes de la urgente necesidad de hacer un uso más racional y eficiente de los recursos energéticos del mundo. El uso racional y eficiente de la energía (UREE) junto a las energías renovables[‡] (ER) son consideradas como las herramientas más

[‡] Se denominan Energías Renovables a aquellas fuentes de energía prácticamente inagotables o que son capaces de regenerarse naturalmente. Entre ellas se encuentran: la energía solar, la eólica, la geotérmica, la hidroeléctrica de pequeño porte (hasta 50 MW), la mareomotriz, la biomasa y los biocombustibles, etc. En este informe, en consonancia con el espíritu de la Ley 27191/2015, excluirémos a las energías renovables tradicionales como la hidráulica de gran porte (mayor a 50 MW) y la leña, que precisan de una consideración diferente.

adecuadas, económicas y más fáciles de implementar para mejorar la seguridad energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En ese sentido, varias agencias intergubernamentales, como la Agencia Internacional de la Energía (AIE) [4] y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) [5], proponen la adopción de medidas de UREE y promoción de las ER. En realidad, estas dos alternativas, deben verse como dos caras de una misma moneda, ya que se complementan y potencian mutuamente. Al disminuir nuestros consumos, las inversiones en ER se reducen y por lo tanto su implementación se facilita y potencia.

Comentado [DS1]: Se repite con el principio del párrafo, por eso sugiero este cambio o alguno parecido

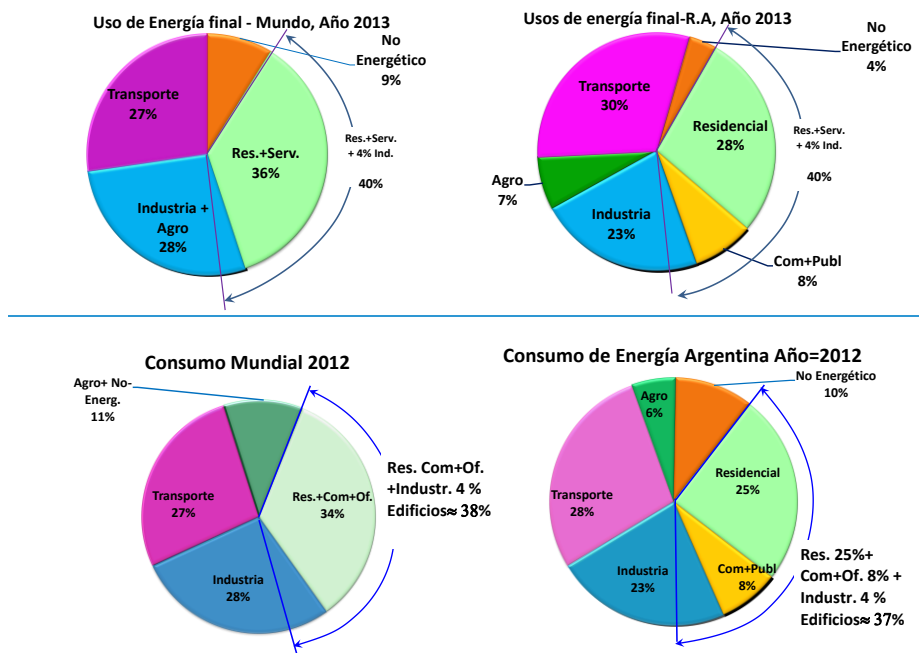


Figura 2. Consumo de energía por sectores para el año 2012, a la izquierda para mundo y a la derecha para Argentina. El sector residencial y de servicio (comercial y oficial) consume 34% para el primer caso y el 33% en el segundo. Sin embargo, se estima que del orden del 5% del consumo industrial se hace en sus edificios, de modo en ambos casos el consumo total en edificios es del orden del 40%. [6] [4]

Comentado [DS2]: Ver que en la figura derecha, dice "año = 2012". Sacaría el "año =", al igual que en la figura izquierda

Un hecho notable es que tanto en Argentina como en el mundo, cerca del 40% de la energía se consume en edificios (de viviendas y servicios) en forma directa para su funcionamiento, como lo ilustra la Figura 2. Por otra parte, el consumo de energía de los edificios a lo largo de su ciclo de vida útil, es decir

desde la fabricación de los materiales, el diseño, el acarreo de materiales, la construcción, implica que parte de la energía usada en la industria como en el transporte, también están asociadas a los edificios, como lo ilustra la Figura 3. Si se tiene en cuenta estos efectos, vemos que la industria de la construcción agrega al consumo de energía relacionada con los edificios una contribución adicional del 10% al 15%. [7] Así la energía total usada en edificios (destinados a vivienda, comerciales, entes oficiales y aquellos destinados a la producción industrial) y producción de materiales para la construcción, es del orden del **50% del total**. Por lo tanto el sector de la construcción juega un rol muy importante en la sostenibilidad energética y las emisiones de gases de efecto de invernadero.

Ciclo de vida de los edificios

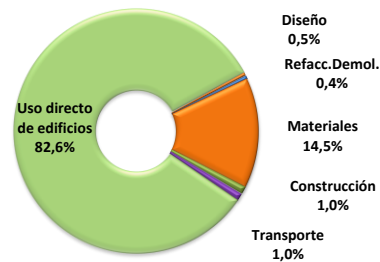


Figura 3. Consumo de energía de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, es decir desde la fabricación de los materiales, el diseño, el acarreo de materiales, la construcción. Este estudio en particular fue realizado para edificios de Gran Bretaña en el año 2010. [8]

Por lo tanto, así como a comienzos del siglo XX la industria de la construcción incursionó en la dimensión de la altura, para reducir su huella territorial, hoy el desafío de la industria consiste en explorar y liderar la incursión en la nueva dimensión de la sostenibilidad.

Actualmente, alrededor de 18% de la población mundial, todavía no tiene acceso a la electricidad, y se estima que cerca del 40% de la población mundial todavía usa leña o carbón para cocinar, es decir fuentes de difícil acceso, que generan deforestación, son muy costosas y contaminantes para los habitantes de esas viviendas. En un intento de buscar respuesta a estos desafíos globales, las Naciones Unidas y el Banco Mundial lanzaron la iniciativa "Energía sostenible para todos" (Sustainable Energy for all o SE4all). Esta iniciativa es un intento de lograr el acceso universal a la energía, mejorar la eficiencia energética y aumentar el uso de energías renovables en el mundo [9].

El paradigma de sostenibilidad consiste en minimizar la huella de carbono que producimos en todas nuestras actividades. Es decir racionalizar y eficientizar nuestros consumos de energía, como así también minimizar el uso de recursos fósiles de modo de mitigar las emisiones de gases de efecto de invernadero.

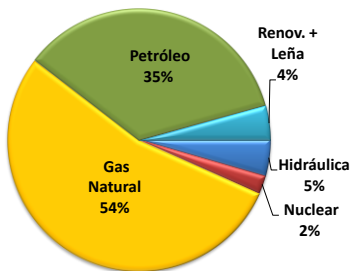
Comentado [DS3]: Está muy buena la frase, pero acá la veo un poco descolgada, y creo que debiera ser trasladada más arriba, cuando se introduce la noción de desarrollo sostenible

En este trabajo se describe los principales factores que influyen en la construcción y el consumo de energía de los edificios, como alternativas para reducir estos consumos y usar nuevas energías no contaminantes.

Consumo de energía y emisiones de GEI

Argentina –como lo ilustra la Figura 4– depende fuertemente de los combustibles fósiles para su aprovisionamiento energético. El petróleo y el gas contabilizan casi el 90% de la energía consumida, siendo el gas natural la componente más importante de la matriz energética, ya que aporta más de la mitad de toda la energía primaria. Análogamente, el mundo, también depende en 87% de los combustibles fósiles, pero con una participación mayor del carbón mineral, que en Argentina es mínima, inferior al 0,3%.

Matriz Primaria - RA Año=2013



Matriz Energética Mundial Año=2013

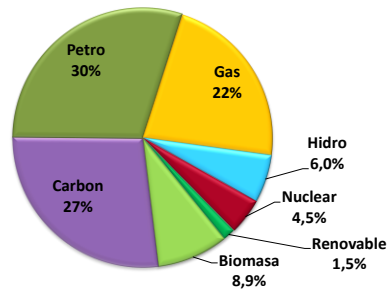


Figura 4. Matriz energética de Argentina (izquierda) y del mundo (derecha) para el año 2013. Fuente International Energy Agency (IEA) [4] y Ministerio de Energía y Minería de la Nación. [10] *En el caso argentino, las renovables leña representan el 4%, de las cuales 1,8% son las nuevas renovables y 2,2% de leña, bagazo, etc.*

Comentado [DS4]: Trataría de homogeneizar la definición de renovables con el trabajo anterior, y revisaría/actualizaría este gráfico

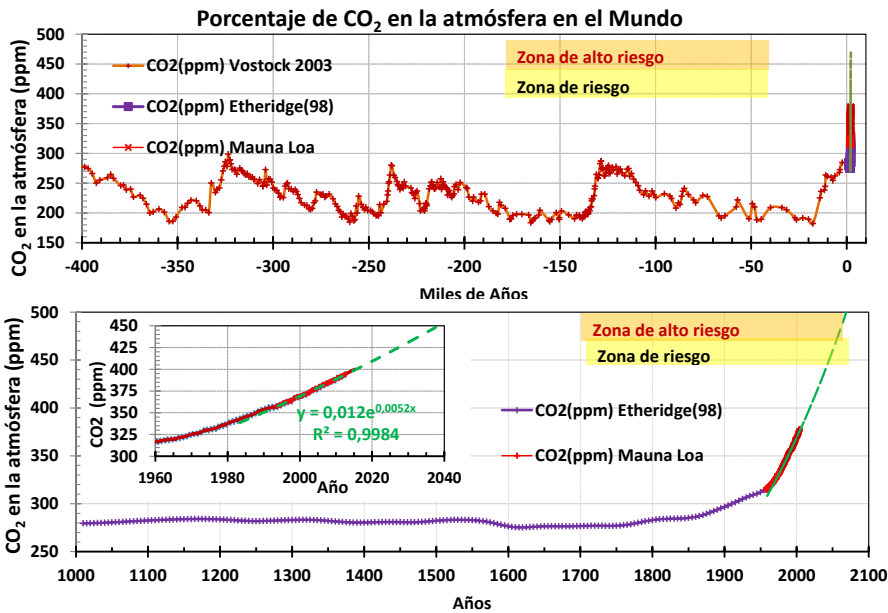


Figura 5. Porcentaje de CO₂ equivalente en la atmósfera terrestre. Arriba, datos obtenidos en Vostock (2003) [11] correspondientes a los pasados 400 mil años. Los datos más recientes son de la Estación Mauna Loa [12]. En el panel inferior se presenta los datos correspondientes a los últimos mil años y una extrapolación, en el modelo BAU a los próximos 100 años (líneas de trazos). Se observa que a menos se tomen medidas efectivas y prontas, hacia el año 2040 alcanzaríamos los 450 ppm.

Tanto el país como el mundo necesitan imperiosamente moverse a vías de desarrollo más sostenibles, si queremos reducir las causas del incremento del efecto de invernadero. Se estima que una marca clave lo constituye el límite de 450 partes por millón en volumen (ppm) de CO₂ equivalente en la atmósfera [1]. En *Escenario 450* del IPCC se indican las medidas necesarias para limitar la concentración de CO₂ en la atmósfera a 450 ppm, y conseguir que la temperatura global no aumente más allá de 2°C de los niveles preindustriales hacia fines del siglo XXI. En las circunstancias presentes, de no realizarse cambios en nuestras pautas de consumo, según las tendencias actuales, a este valor se llegaría antes de 2040, como lo ilustra la Figura 5. Por lo tanto, el tiempo disponible para lograr un mundo más sostenible es exiguo.

La Agencia Internacional de Energía en el *World Energy Outlook* (2011) señala que **“cuatro quintas partes de las emisiones totales de CO₂ procedentes de la energía permitidas por el Escenario 450 para 2035 ya están “comprometidas” por el stock de capital existente (centrales eléctricas, edificios, fábricas, etc.).** Si no se aplican nuevas medidas severas de

aquí a 2017, la infraestructura energética existente para esa fecha generará ya todas las emisiones de CO₂ permitidas por el Escenario 450 hasta 2035, por lo que no quedará lugar para nuevas centrales eléctricas, fábricas u otras infraestructuras, a menos que sean de emisión nula de carbono, lo que resultaría extremadamente costoso.

Comentado [DS5]: Atención que este párrafo debe ser de un texto anterior, ya estamos en el 2017, aunque no parezca

Por otro lado, diferir la actuación inmediata constituye un error en términos económicos: por cada dólar no invertido en el sector eléctrico antes de 2020, será preciso gastar 4,3 dólares más después de 2020 a fin de compensar el aumento de las emisiones.⁷ Se estima que para lograr los objetivos del Escenario 450, que no es el óptimo, sería necesario destinar cada año el 1,4% del PBI mundial. Todo este coste, sin embargo, se vería compensado parcialmente por los beneficios que producirá en la economía, la mejora en salud y seguridad en el suministro de energía.

Comentado [DS6]: Estas comillas están cerrando una cita que no comenzó, y no se sabe de dónde surge esa aseveración (de 1 a 4,3 dólares).

Consumo de energía en el sector residencial y de servicios

La experiencia internacional indica que una de las formas más rápidas y económicas para reducir el consumo de energía es racionalizar y eficientizar el consumo, cosa que para la Argentina es posible. En esta sección se analiza el consumo de energía en Argentina, focalizadas principalmente en los consumos residencial, comercial y entes oficiales. Para ello, analizaremos en consumo residencial en el país, primero en forma separada el consumo de gas, luego el eléctrico y finalmente en forma combinada, para identificar las mayores fuentes de consumo en este sector.

Consumo de energía en viviendas residenciales

Consumo de Gas Natural

Las componentes del consumo de gas natural para uso residencial (R), comercial (C) y público o entes oficiales (EO), en Argentina son de carácter ininterrumpible y tienen características similares. Estas componentes del consumo son fuertemente termo-dependientes. La suma de los consumos R+C+EO constituyen

Comentado [DS7]: Esta coma debe ir luego de Argentina, o poner En Argentina al inicio del párrafo

aproximadamente el 30% del total del consumo de gas en Argentina. **Figura 7.**

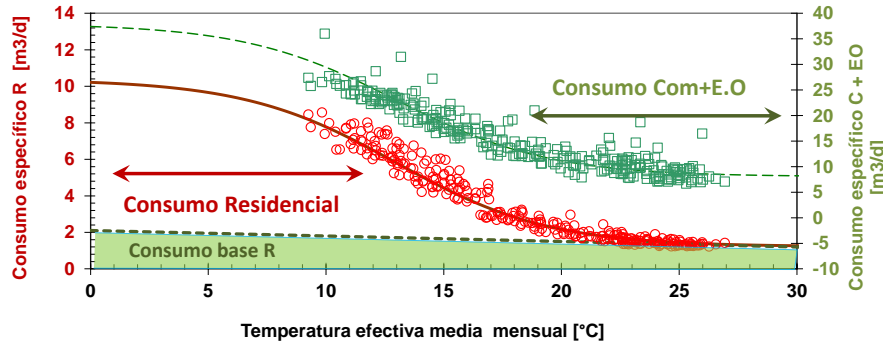


Figura 7. Variación de los consumos específicos R (residencial, círculos rojos) referidos al eje vertical izquierdo y consumo específicos comerciales y de entes oficiales (cuadrados verdes) referidos el eje vertical derecho. Las líneas continuas, indican los consumos predichos por un medio de un modelo teórico de consumo en función de la temperatura. Los consumos específicos que se grafican son los promedios diarios mensuales como función de la temperatura media mensual. [13] La línea de puntos verdes, es una extrapolación de bajas temperaturas del consumo base, es decir el destinado a cocción y calentamiento de agua en el sector residencial. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS. [14]

En la Figura 7 se muestra la variación del consumo específico medio, esto es el consumo por usuario y por día, en función de la temperatura para los usuarios residenciales (R) y los usuarios comerciales y de entes oficiales (Com+E.O). En esta figura se presentan los datos correspondientes a todo el país. La Figura 7 puede interpretarse de la siguiente manera: a altas temperaturas el uso del gas residencial se reduce a cocción y calentamiento de agua, que a altas temperaturas ($T > 20^{\circ}\text{C}$) tiende a un valor aproximadamente constante. Este consumo, asociado a la cocción y calentamiento de agua lo denominamos *consumo base* y viene descrito por la línea de puntos verde de la Figura 7. A medida que la temperatura desciende por debajo de unos 18°C , comienzan a encenderse paulatinamente los calefactores. Cuando todos los calefactores de una vivienda están encendidos, el consumo alcanza un valor de saturación, para $T < 5^{\circ}\text{C}$. Si se extrapola el consumo base ($T > 20^{\circ}\text{C}$) a bajas temperaturas, puede separarse en consumo base de calefacción a todas las temperaturas, como se ilustra en la Figura 8.

Asimismo, si se grafica el consumo medio total para todos los usuarios R+C+E.O, para todos los meses de un año, es posible separar el consumo asociado a calefacción del consumo base. En la Figura 8 se muestra la variación de este consumo total en todo el país a lo largo del año 2014. En este gráfico se separa la componente de gas usado en el consumo base y los asociados a calefacción, en invierno. Se observa que la componente residencial + comercial + oficial

Comentado [DS8]: Parece que sobra acá, pero la figura está y no se habla de ella en el texto

Comentado [DS9]: Atención con el cuadro de texto vacío que tapa la palabra

Comentado [DS10]: Por la línea...

Comentado [DS11]: Hay dos líneas verdes en la figura (y no son de puntos). Sugiero cambiar uno de los colores

Comentado [DS12]: El consumo

Comentado [DS13]: Entiendo que se asume (o se observa?) que la variación estacional de los hábitos de cocción (comidas más calientes en invierno) se cancelan de alguna manera con los hábitos estacionales de higiene (menos baños en invierno), como para que el efecto combinado casi no tenga componente estacional. Igualmente, es claro que la calefacción dura todo el día, y la cocción o la ducha son eventos más cortos.

(R+C+EO) de gas, destinado a la calefacción, varía entre 55% y 62%, dependiendo de la rigurosidad del invierno (ver Figura 8). En el caso de la componente R sola, la fracción de gas destinado a calefacción varía entre el 54% y el 58%, dependiendo de la rigurosidad del invierno.

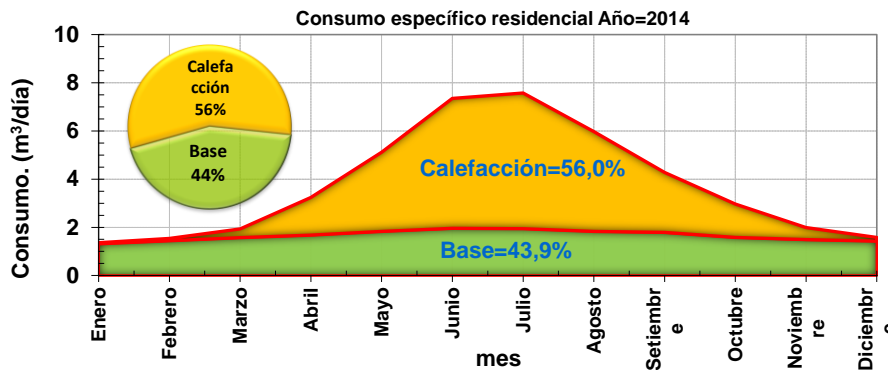


Figura 8. Consumos específicos diarios promedio R a lo largo del año 2014. Los consumos de los meses de verano permiten caracterizar los consumos base. Si se atribuyen los consumos adicionales en los meses más fríos al uso de calefacción, se puede ver que el consumo de calefacción de edificios varía entre el 52% y 60% del total del consumo R, dependiendo de la rigurosidad del invierno de cada año. Los datos corresponden a todo el país, no se incluye el consumo de GLP. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS. [14]

Comentado [DS14]: Atención eje y, eliminar el "." O agregar específico. Ver si agrandando levemente la torta se puede separar correctamente las sílabas de calefacción

Comentado [DS15]: El dato de la demanda total de GLP está en la página del ministerio. No se si hay algún estudio de la partición del uso del mismo entre residencial, comercial, industrial, etc ... Me imagino que debe haber diferencias respecto al gas de red.

Por su parte, el consumo base puede separarse analizando los consumos en edificios con servicios centrales (calefacción y agua caliente). En estos casos los consumos de las viviendas individuales de estos edificios, es consumo de cocción, como se ilustra en la Figura 10. Por otra parte el consumo en verano de estos edificios es sólo consumo de agua caliente. Prorrateando este consumo entre los distintos departamentos de los edificios, se obtiene el consumo de agua caliente.

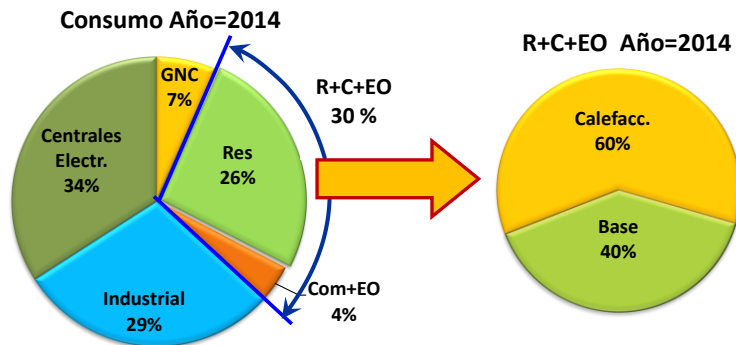


Figura 9. Distribución del consumo de gas para el sector R+C+EO. Año 2014. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS. [14]

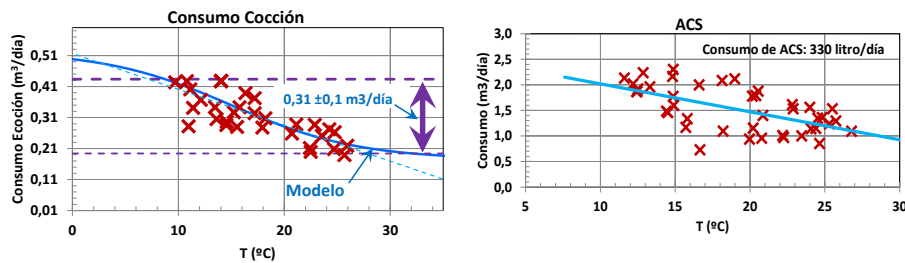


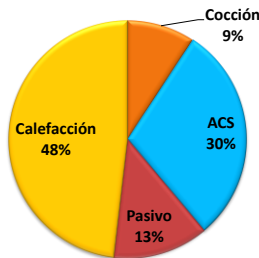
Figura 10. Consumo de gas para cocción (izquierda) y agua caliente sanitaria (ACS, derecha) para edificios de CABA con servicios centrales. En consumo de gas es consistente con un uso diario de hornallas 80 min y de 15 de horno. Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por Metrogas.

En el caso de agua caliente, el consumo medio nacional es inferior al indicado en la Figura 10, en parte porque los departamentos con servicios centrales en CABA albergan sectores sociales de ingresos medios y altos, que en general tienen un consumo mayor de agua, además el CABA en consumo de agua es mucho mayor que el en resto del país. De las figuras 7 y 8 se infiere que el consumo medio de ACS en el país es de 1,15 m³/día (equivalente a 12,4 kWh/día) y consistente con un volumen de ACS de 200 litros/día y un consumo medio de 0,31 m³/día (equivalente a 3,4 kWh/día) para la cocción. Con estos datos, los consumos residenciales de gas se muestran en la Figura 11.

Comentado [DS16]: "además en CABA el consumo de agua..."

Comentado [DS17]: Están al revés

Consumo diario de gas Nat.=2,7 m3/día



Consumo Base =1,4 m3/día

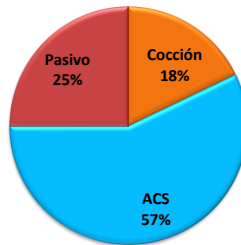


Figura 11. Consumo de gas residencial medio para la zona centro y norte del país. A la izquierda la distribución total del consumo residencial. A la derecha la distribución del consumo de base, es decir el de verano. Fuente: elaboración propia en base a datos publicados por ENARGAS. [15]

Consumo de electricidad

El consumo eléctrico en el sector residencial es más complejo de analizar que el de gas. En parte por la gran cantidad y variedad de artefactos de uso doméstico. Para su análisis nos basaremos en datos estadísticos globales y mediciones individuales más exhaustivas realizadas en una muestra de 30 viviendas de CABA y GBA. De los valores de los consumos a nivel nacional proporcionados por los Balances Energéticos del Ministerio de Energía y Minería de la Nación [10] y los datos de estadísticas económicas del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, [16] se elaboró la figura 12.

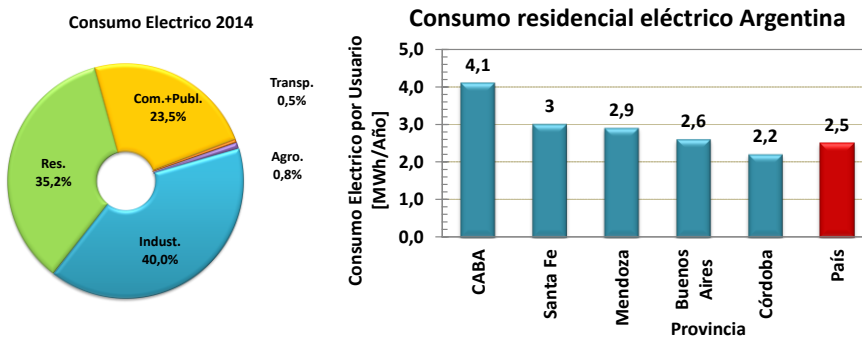


Figura 12. A la izquierda la distribución del consumo eléctrico entre los distintos sectores de consumo [10]. A la derecha se muestran los consumos eléctricos residenciales promedio para las principales ciudades de Argentina. Fuente [16].

Construcción sostenible – CAC Mayo 2017

Comentado [DS18]: Un detalle, en la figura de la izquierda faltan las tildes a eléctrico y la unión del consumo eléctrico del agro y transporte a la torta

Para analizar la distribución de consumos eléctricos, se realizó un estudio exhaustivo de unas 30 viviendas, pertenecientes a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y personal de ENARGAS que participaron voluntariamente en este estudio. Para ello, a cada voluntario se lo dotaba de un equipo de medición de potencia y consumo eléctrico. Se solicitaba que en cada casa se realizara una medición de la potencia de consumo de cada artefacto eléctrico disponible y se estimara tiempo de uso de cada uno de ellos. Luego con estos datos, se ajustaban estos tiempos de uso de modo que el consumo anual resultante fuese consistente con el medido por la factura de electricidad de la distribuidora para esa vivienda.

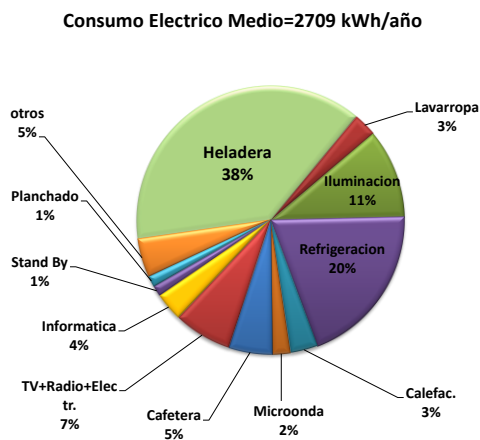


Figura 13. Consumo eléctrico residencial realizado en una muestra de 30 casas de voluntarios de la UNSAM de nivel socioeconómico medio en la región de CABA y GBA. Fuente elaboración propia

En algunos artefactos, como heladera, se medía el consumo diario a lo largo de todo un día, de este modo se tenía en cuenta el hecho que típicamente las heladeras consumen energía en forma intermitente, con ciclos de funcionamiento y parada del compresor. En el caso de lavarropas, se medía el consumo de todo un ciclo de lavado típico y se estimaban el número de veces que por semana se realizaba esta operación. En el caso de lámparas, se dividían en dos grupos, aquellas de uso frecuente y la ocasionales, para cada grupo se estimaban sus tiempos medio de uso. Con este procedimiento fue posible realizar un gráfico de distribución del consumo eléctrico. En la Figura 13 se muestra el resultado para el conjunto de la muestra analizada.

Como se ve en la figura 13, el consumo medio de la muestra fue de 2709 kWh/año, que es comparable con los consumos medios de CABA y Buenos Aires, detallados en de la Figura 12, lo cual sugiere que la muestra utilizada es

~~representativa consistente con~~ del comportamiento promedio de esta región del país. Como se ~~observa en ve de~~ la Figura 13, el consumo más importante en las viviendas de esta zona es el de las heladeras, representado un 38% del consumo total eléctrico. En segundo lugar, aparece el aire acondicionado con 20% y en tercer lugar la iluminación con 11% del total.

Dado que este ensayo se realizó en el primer cuatrimestre de 2016, justo antes de los incrementos de tarifas, cuando las lámparas fluorescentes compactas (LFC) prevalecían junto a las incandescentes halógenas, si se produce un reemplazo masivo de lámparas a LED, es previsible que este porcentaje de electricidad dedicado a la iluminación se reduzca a la mitad. Asimismo, las Figuras 12 y 13 nos sugieren ~~que~~ la magnitud de los ahorros de energía eléctrica que podría lograrse por un cambio masivo de lámparas a tecnología LED. Dado que ~~la eficacia de~~ las lámparas LED actuales (superiores a 100 Lúmenes/Watt) son es casi el 60% más eficientes que las LFC y casi 5 veces más eficientes que las incandescentes halógenas, el recambio podría significar un 50% de ahorro en iluminación. Es decir, el ahorro podría rondar en el 5% del consumo total residencial.

Teniendo en cuenta que, según los datos de CAMMESA, la generación anual de electricidad es de 138 TWh, como el sector residencial consume cerca del 35% del total (Figura 1), un ahorro del 5% en el consumo residencial equivaldría a unos 2,4 TWh/año (6,62 GWh/día). Utilizando datos del año 2015, este valor equivale a ahorrar un 46% de la energía aportada por la represa Salto Grande (5,2 TWh), o la energía generada por 3 centrales térmicas de la envergadura de Vuelta de Obligado, o al 62% de la energía nuclear generada por Atucha II (3,9 TWh). Asimismo, es aproximadamente equivalente al 50% de la energía demandada por regiones enteras de nuestro país, como Patagonia o Comahue, o al 30% de la región de Cuyo, o del Noroeste.

Este ejemplo de la iluminación, nos permite cuantificar el valor de la energía ahorrada en U\$/MWh, la misma unidad que se suele utilizar para medir el costo de la energía generada, y verificar el verdadero alcance de la frase "la energía más barata es aquella que no se consume". En Argentina hay 4 lámparas por habitantes, es decir poseemos unos 160 millones de lámparas en el sector residencial [17]. A un costo medio de 0,5 U\$/lámpara, un recambio de lámparas tendría un costo de unos 80 millones de U\$, y generaría un ahorro de energía del orden de 2,4 TWh/año. Teniendo en cuenta que su vida útil es del orden de 10 años, el ahorro energético sería de 24 TWh. El costo generar el ahorro es, por consiguiente de **3,3 U\$/MWh**, unas **24 veces menos** que el costo actual medio de la generación eléctrica (unos 80 U\$/MWh). Esto es válido aún sin considerar los costos de transporte y distribución de la energía, y sin incluir el costo de los numerosos recambios de lámparas necesarios con tecnologías de mayor consumo a lo largo de la vida útil de una lámpara LED.

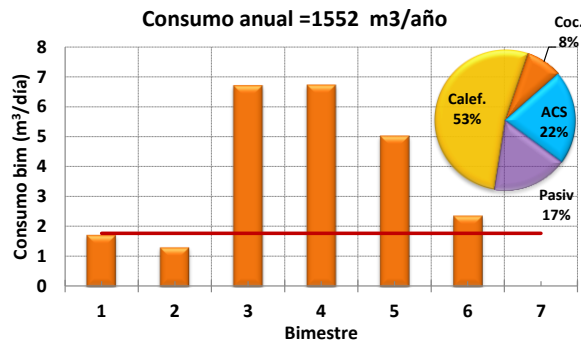


Figura 14. Auditoria de los consumos de gas en una vivienda particular usando los datos de facturación. En gráfico de barras muestra los consumos específicos para cada bimestre. La línea horizontal, es el consumo base medio, obtenido como promedio de los bimestres de verano (1,2 y 6). Los consumos arriba de la línea horizontal corresponden a la calefacción. Estimados los tiempos de uso de la cocina, se obtiene el consumo de cocción. Fuente elaboración propia

En este mismo estudio de los consumo eléctricos, se realizó en forma simultaneas una auditoria de los consumo de gas natural (GN) de estas mismas viviendas. Este análisis se realizó tomando como base los consumos bimestrales medidos por las distribuidoras de gas para cada casa. Reduciendo estos consumos bimestrales a consumos diarios, como se muestra en la Figura 14, se pudieron separar los distintos consumos. Esta distribución de consumo de gas obtenida de la muestra sirvió para corroborar la consistencia de los datos de la muestra con la distribución del consumo obtenida del análisis de los datos globales, mostrada en la Figura 11. Los consumos indicados en las Figuras 13 y 15 para Argentina, se comparan muy bien con los registrados en la región central o continental de España. En ese país se realizó un estudio mucho más exhaustivo y completo, cuyos resultados son muy comparables a los encontrados localmente, en particular los mayores consumos residenciales son similares. [18]

De hecho, los consumos de gas indicados en la Figura 14 son los indicados en la Figura 11. Tomando los consumos medios de gas mostrados en la Figura 11, y pasando los consumo diarios de m³ de gas natural a kWh, combinado todos los consumos, a gas y eléctricos, se pudo construir la Figura 15, que muestra la distribución de todos los consumos energéticos en una vivienda típica de la región central de Argentina.

- Con formato: Fuente: (Predeterminada) Tahoma, Color de fuente: Negro
- Con formato: Fuente: (Predeterminada) Tahoma, Color de fuente: Negro
- Con formato: Fuente: (Predeterminada) Tahoma, Color de fuente: Negro
- Con formato: Fuente: (Predeterminada) Tahoma, Color de fuente: Negro

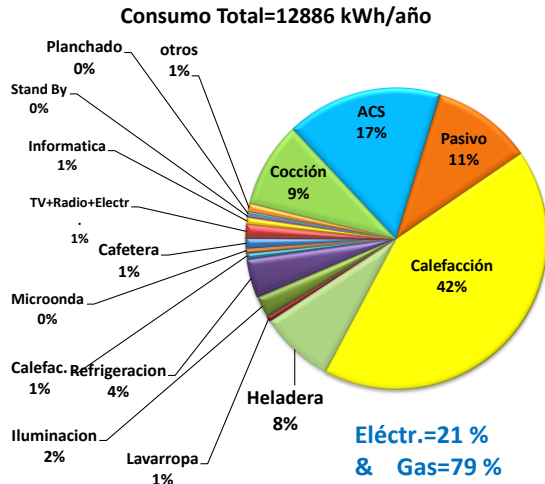


Figura 15. Consumo residencial medio total, incluyendo la fracción de energía que se consume como gas y electricidad respectivamente. Fuente elaboración propia

Comentado [DS19]: Excelente esta gráfica. Lo único que quizás le cambiaría sería ese marcador circular que ponés por fuera, que abarque desde calefacción hasta cocción y diga "Gas = 79%", porque de un vistazo se podría percibir la prevalencia del gas. Otra mínima modificación que le haría es mover las columnas, de modo que quede ordenado por porcentajes

Es interesante notar que el consumo de gas en el sector residencial de Argentina es casi 4 veces superior al de electricidad. Además, los principales consumos en el sector residencial se muestran en la Tabla 1.

Un hecho notable es que el consumo pasivo de los sistemas de calentamiento de agua, representa el tercer consumo en el sector residencial. Este es el consumo asociado al de los pilotos de calefones y el consumo de mantenimiento de termotanques que como veremos, es superior al de los pilotos. En particular, este es un hecho notable, dado que desde ya hace varios años existen en el mercado calefones con encendido electrónico, los clase A en etiquetado de eficiencia, que no tiene llama piloto, o sea su consumo pasivo es prácticamente nulo.

Artefacto	Consumo medio (kWh/Año)	Desviación Estánd. %	Porcentaje % del total	
Calefacción	5.457	79%	42%	Gas 79% del total residencial
ACS	2.155	165%	17%	
Pasivo gas	1.381	88%	11%	
Cocción	1.184	104%	9%	Electricidad 21% del total residencial
Heladera	1.036	60%	8%	
Refrigeración	533	141%	4%	

Tabla con formato

Iluminación	292	76%	2,3%	total residencial
TV+Radio+Electrónica Gral.	190	57%	1,5%	
Cafetera y Tostadora	142	131%	1,1%	
Otros Eléctrico	125	155%	1,0%	
Informática	93	111%	0,7%	
Calefacción Eléctrica	89	90%	0,7%	
Lavarropa	77	109%	0,6%	
Microonda	60	143%	0,5%	
Planchado	36	156%	0,3%	
Stand By eléctrico	36	108%	0,3%	

Tabla 1. Participación de los principales artefactos domésticos en el consumo de energía en el sector residencial. La desviación estándar % indica el porcentaje de variación en la participación de cada componente.

Consumo en los edificios de servicios

En el caso del sector comercial y residencial en Argentina, hay relativamente pocos estudios exhaustivos de los consumos. En la Figura 16 se muestra la distribución de consumo entre los distintos sectores de consumo, para la electricidad, gas natural y energía total. Se observa que el consumo eléctrico, es relativamente más importante en los sectores de servicio, que en el residencial.

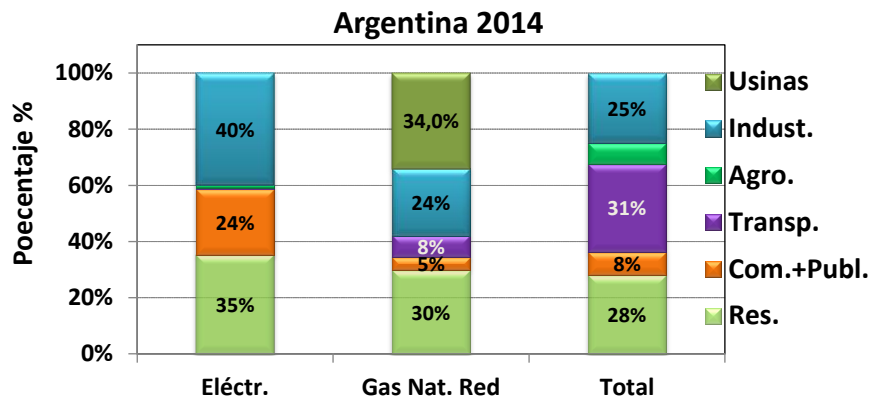


Figura 16. Distribución de los consumos eléctricos, de gas natural y total para los distintos sectores del consumo en Argentina para el año 2014. Fuente Ministerio de Energía y Minería de la Nación. [10]

Comentado [DS20]: Corregir título de eje Y (porcentaje)

Una forma de entender mejor este consumo, puede obtenerse analizando los consumos detallados del sector comercial realizado American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) en 2011. [19] Los resultados de estas auditorías se muestran en la Figura 17. Es de esperar, que estas características del consumo comercial sean similares a las de otros países de desarrollo intermedio, como Argentina, o al menos pueden servir de referencia.

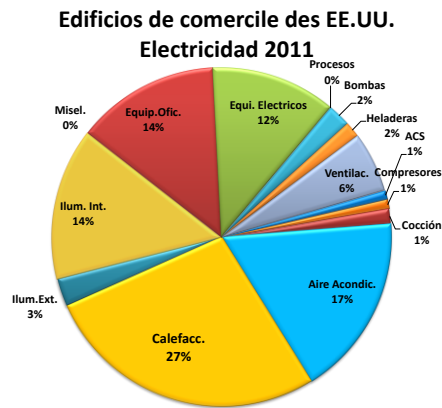


Figura 17. Consumo eléctrico comercial medio, para edificios comerciales de EE.UU. en 2011. Fuente ASHRAE [19]

Comentado [DS21]: El tamaño de letras es muy pequeño, y hay un error en el título (comerciales de EEUU)

Como se ve, en los edificios comerciales, el consumo de acondicionamiento térmico de interiores, es nuevamente el dominante (calefacción y aire acondicionado) seguido iluminación, equipos de oficina y otros artefactos eléctricos.

Comentado [DS22]: Tal como puede apreciarse, ...

Construcción sustentable

Llequé hasta Aquí Salvador 14/12/2016

Esto está en elaboración se completará para febrero de 2017.

Aquí Jorge está trabajando

Mejoramiento en la aislación de casas y edificios: Varios estudios [29] indican que mejorando la aislación térmica de las paredes exteriores y techos con aislantes convencionales (lana de vidrio, poliuretano expandido de alta densidad, etc.), y sobre todo utilizando diseños constructivos adecuados, se puede reducir la conductividad térmica en un factor de 2 o más. Otra mejora importante se puede lograr en ventanas con doble vidrio o doble vidrio hermético (DVH), que permiten

en promedio una mejora importante en aislación respecto del vidrio simple. Desde luego, el uso de burletes de goma o similares pueden disminuir significativamente las infiltraciones de aire. Un factor 2 en la aislación térmica de viviendas, tendría un impacto en el consumo de energía para calefacción de magnitud similar. Esta mejora en la envolvente térmica también disminuiría los requerimientos energéticos de refrigeración. Actualmente en Argentina existe una norma IRAM de etiquetado de aislación térmica de envolventes, IRAM 11900. Si una vivienda convencional tipo H en la categorización del etiquetado, (quizás las más prevalentes en la actualidad) pasara a tipo E, tomando como base una vivienda tipo²³ de unos 65 m², su consumo en calefacción y refrigeración podría reducirse en un 50%. El incremento en costo de la construcción para llegar a esta categoría de etiquetado, según la Norma IRAM 11900, sería del orden de 2 al 3% superior que si se construyera la misma vivienda en categoría H.

Por otra parte, con mejor aislación térmica, los artefactos requeridos para calefaccionar y refrigerar estos ambientes serían concomitantemente menores, lo que importaría mayores ahorros. El consumo de gas para calefacción es del orden de los 6 m³/día -en los días fríos- tal como se ve en la Figura 20. Si se realizaran tareas que mejoren la aislación térmica y haciendo una suposición conservadora, que las mejoras en aislación térmica fuesen sólo de un factor 2, el consumo en calefacción disminuiría en el mismo factor, o sea pasaría de 6 m³/día a unos 3 m³/día. Una mejora de este orden significaría, a nivel nacional, *ahorros del orden de 20 millones de m³/día*, si los 7 millones de usuarios de gas por redes adoptaran estas mejoras. La implementación parcial de estas medidas, de todos modos generaría ahorros, que tendrían directa relación con la proporción de viviendas mejoradas.

Otras estimaciones independientes, arrojan ahorros muy significativos por la implementación de mejoras en la aislación térmica de viviendas. En particular el grupo de INTI Construcciones concluye:²⁴ "Como resultado se llegó a un ahorro del 43% aproximadamente, aislando muros y techos, valor que puede superar el 50% si también se emplea doble vidriado hermético en las carpinterías."

Falta llenar.....

Así, queda clara la importancia de hacer los esfuerzos necesarios para corregir las malas prácticas constructivas. En ese sentido un logro significativo, es haber elaborado una norma de etiquetado de eficiencia energética para las viviendas, la citada norma IRAM 11 900. Si bien esta norma no está libre de críticas y desde luego es perfectible, disponer de una normativa de este tipo es un avance significativo. La reglamentación de esta norma o una versión mejorada de la misma, es decir, hacerla de carácter obligatorio o por lo menos estimular su aplicación, sería un importante aporte para mejorar la aislación térmica de las envolventes de casas y edificios.

Sistemas de calentamiento de agua

Eficiencia de un artefacto:

En general la eficiencia energética, η_{EE} de un artefacto se puede definir como el cociente entre la energía útil que produce el artefacto dividida la energía que consume para funcionar:

$$\eta_{EE} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía usada}} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía útil} + \text{perdida}} \quad (1)$$

En estas expresiones, la *energía útil* ($E_{\text{útil}}$) es aquella fracción de la energía que efectivamente brinda la prestación deseada, en este caso la energía que calienta el agua. La *energía usada* (E_i) es el total de la energía que se suministra al equipo para producir este calentamiento. La diferencia entre la energía usada y la útil la denominamos *pérdida*, que en este caso sería la energía que se disipa y no va directamente a calentar el agua. En un calefón, la energía útil sería la energía que se emplea en llevar una dada masa de agua (m_{agua}) de la temperatura de entrada (T_e) a la temperatura de salida (T_s). El salto térmico $\Delta T = T_s - T_e$ y c es el calor específico del agua, por lo que $E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T$.

Por su parte la energía usada, es la energía entregada al quemador en forma de gas o al calefactor eléctrico. En general, resulta útil dividir el proceso de calentamiento de agua en dos partes. Por un lado está el proceso de calentamiento de agua propiamente, donde un quemador o resistencia calienta el agua y por otro lado, la energía de mantenimiento del sistema a lo largo de un día, E_{M24} . Este último consumo está asociado a los consumos pasivos de los equipos, o sea pilotos en los calefones o consumo de mantenimiento del agua caliente en los tanques de acumulación.

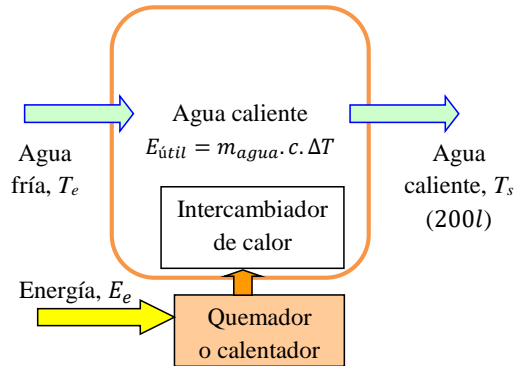


Figura 18. Diagrama esquemático de los sistemas de calentamiento de agua. Consumo residencial medio total, incluyendo la fracción de energía que se consume como gas y electricidad respectivamente. Fuente elaboración propia

Por su parte la energía usada, es la energía entregada al quemador de gas o al calefactor eléctrico, ver Figuras 18 y 20. En general, resulta útil dividir el proceso de calentamiento de agua en dos partes. Por un lado está el proceso de calentamiento de agua propiamente, donde un quemador o resistencia calienta el agua y por otro lado, la energía de mantenimiento del sistema a lo largo de un día, E_{M24} . Este último consumo está asociado a los consumos pasivos de los equipos, o sea pilotos en los calefones o consumo de mantenimiento del agua caliente en los tanques de acumulación y genéricamente constituye las pérdidas del sistema.

Rendimiento de los calefactores: En los sistemas de calentamiento de agua convencionales, siempre hay algún elemento que calienta el agua, el *calefactor*, que puede ser un quemador a gas o una resistencia eléctrica. Definimos el rendimiento (R) de estos elementos como el cociente entre el calor usado en calentar el agua y la energía entregada para producir este efecto:

$$R = \frac{m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T}{E_{\text{cal}}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{cal}}} \quad (2)$$

Aquí, E_{cal} es la energía que se suministra al calefactor, para el caso del gas sería el producto del volumen de gas utilizado para realizar este calentamiento, V_{gas} , por el poder calorífico superior del gas, H_s , o sea: $E_{\text{cal}} = V_{\text{gas}} \cdot H_s$. En el caso eléctrico, E_{cal} sería el consumo de energía eléctrica para realizar este calentamiento. El proceso es desde luego el de calentar una masa de agua m_{agua} desde una temperatura T_e a otra T_s , $\Delta T = T_s - T_e$. En la Tabla 2, se indican algunos valores típicos de rendimiento para calefones y termotanques a gas.

En particular, si tomamos como referencia el volumen de agua caliente que una familia promedio usa en la zona centro-norte de Argentina, esto es $V_{agua} = 85$ litros/día, de la temperatura 17°C a 42°C , la energía útil sería: $E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T = 4625 \text{ kcal/día}$, equivalente a $0,5 \text{ m}^3 \text{ (GN)/día}$ de gas natural (GN) o $5,4 \text{ kWh/día}$. Para el gas natural (GN) el poder calorífico superior del gas se toma como $H_s = 9300 \text{ kcal/m}^3$, mientras que para el GLP poder calorífico superior del GLP se toma como $H_s = 10950 \text{ kcal/kg}$

Como señalamos antes, en los sistemas de calentamiento de agua hay otros consumos, en particular los pasivos, que en general son muy significativos. En el caso de calefones con piloto, está el consumo de gas de los mismos, que por lo general en los equipos comunes de Argentina son del orden de $E_{M24} \approx 0,5 \text{ m}^3 \text{ (GN)/día}$. En el caso de los termotanques, aun sin consumo de agua, a lo largo de un día hay un consumo adicional de mantenimiento: correspondiente al piloto más los arranques del quemador que realiza periódicamente para mantener el tanque caliente y compensar las pérdidas de calor del tanque de acumulación. Estos consumos son del orden de los $0,5$ a $0,75 \text{ m}^3 \text{ (GN)/día}$ (ver Apéndice A). Como se ve, las pérdidas, E_{M24} , son superiores a la energía necesaria para calentar el agua o $E_{\text{útil}}$.

Para calcular el consumo de energía por día necesaria para obtener un volumen de agua caliente V_{agua} , a la temperatura de confort, $T_{\text{conf}} \approx 42^{\circ}\text{C}$, también es preciso conocer el rendimiento del calefactor R y el consumo de mantenimiento E_{M24} del equipo. El calor útil efectivo será: $E_{\text{útil}} = \rho_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot c \cdot (T_s - T_e)$. Si tomamos $T_e \approx 17^{\circ}\text{C}$, entonces $(T_s - T_e) \approx 25 \text{ K}$, la densidad del agua, $\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$. El consumo diario de energía, $E_{\text{cons}}^{(\text{día})}$, se calcula como:

$$E_{\text{cons}}^{(\text{día})} = \frac{E_{\text{útil}}}{R} + E_{M24} = \frac{\rho_{\text{agua}} \cdot c \cdot V_{\text{agua}} \cdot \Delta T}{R} + E_{M24} \quad (3)$$

Los valores de R y E_{M24} se deben medir para realizar el etiquetado de todos los artefactos de gas para el calentamiento de agua aprobados por ENARGAS y pueden ser solicitadas de esta entidad y próximamente serán publicados en su página Web. Por su parte, la Norma IRAM 62410, de "Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico" asimismo requiere la medición de estos parámetros, por lo que para los termotanques eléctricos etiquetados, los valores de R y E_{M24} son conocibles. En la Tabla 2 se resumen los valores de R , E_{M24} y consumos diarios de GN, estimados suponiendo un consumo de 185 litros de agua caliente por día, para artefactos a gas etiquetados según las normas NAG 313 y 314.

Artefacto a gas	Clase de etiquetado de Eficiencia	Rendimiento del quemador R%	E_{M24} m ³ (GN)	η_{EE}	Consumo de GN (m ³ /día)
Termotanques	A	76%	0,40	61%	1,01
	B	74%	0,52	56%	1,14
	C	68%	0,50	53%	1,18
	D	66%	0,75	47%	1,43
	E	60%	0,77	43%	1,52
Calefón	A	81%	0,00	81%	0,61
	B	77%	0,00	77%	0,65
	C	70%	0,00	70%	0,71
	D	81%	0,40	62%	1,00
	E	78%	0,50	57%	1,12
	F	72%	0,50	54%	1,17

Tabla 2. Valores de R , E_{M24} y consumos diarios de GN, estimados suponiendo un consumo de 185 litros de agua caliente por día, para distintos equipos a gas que están etiquetados según las normas NAG 313 y 314 de ENARGAS. El calor útil para calentar esta agua, es de 0,5 m³/día, por lo tanto en los artefactos estándares, la mayor parte del consumo son pérdidas e ineficiencias en los equipamientos usados. Nótese la magnitud de los ahorros que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local. Ahorros de 50% a 90% son totalmente posibles.

A propósito, la eficiencia energética, se puede obtener a partir de las Ec.(1) y (3), el resultado es:

$$\eta_{EE} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{cons}}^{(\text{día})}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{útil}}/R + E_{M24}} = \frac{R}{(1 + R \cdot E_{M24}/E_{\text{útil}})} \quad (4)$$

Aquí $E_{\text{útil}}$ es el calor necesario para calentar un volumen de agua V_{agua} normalizado, según las normas NAG 312 y 314 [20] este volumen se toma como 400 litros, las temperaturas son 17°C y 42°C, es decir, $E_{\text{útil}} = 10.000 \text{ kcal} \approx 1,075 \text{ m}^3$ (GN).

En el caso de termotanques (ver Apéndice A), claramente el valor de E_{M24} , depende de la aislación térmica del tanque. Esto se observa a simple vista de la inspección de las Figuras xx21 y xx22. El termotanque de la Figura xx22 tiene mejor aislación que el termotanque de la Figura xx21. Estas figuras muestran que el aporte de la aislación térmica es muy significativo.

Mucho de estos consumos pasivos se pueden eliminar o minimizar. Por ejemplo, la tecnología actual permite la fabricación de artefactos a gas que sustituyan los pilotos por sistemas electrónicos de autoencendido de muy bajo consumo. Este tipo de encendido es común en muchos artefactos a gas que ya se usan en el país y muy difundidos en Europa y EE.UU. [21] [22]

El objetivo deseado de los métodos de determinación de la eficiencia de los equipos, útil para el etiquetado, es lograr que la eficiencia de los artefactos aumente y que los consumos pasivos disminuyan concomitantemente. Hay que aclarar que en las definiciones que estamos considerando la energía consumida es la total consumida, independientemente de su fuente, en concordancia con los estándares internacionales [23]. Por lo tanto, la evaluación del consumo de un artefacto a gas que contenga una batería o una conexión eléctrica, por ejemplo, debe incluir el consumo de esa batería.

Consumo de sistema híbridos con apoyo convencional

Partiendo de la base que el sistema solar se seleccionó adecuadamente siguiendo las normas IRAM u otras normas internacionales, lo que pretendemos aquí es esbozar un esquema de cálculo de consumos de energía convencional (Gas o electricidad) y un posible esquema de clasificación en eficiencia del equipo de apoyo.

En primer lugar, dicho equipo debe satisfacer las especificaciones técnicas que los defina como aptos para poder ser asociados a un sistema solar térmico, cumpliendo las especificaciones de los fabricantes y las normas técnicas correspondientes.

Suponemos que el colector solar puede proveer por sí solo calentamiento a una fracción de la energía al año. La fracción solar, f_{solar} , es la cantidad de energía necesaria para calentar el agua obtenida a través de los colectores solares utilizada, dividido por el total de la energía requerida para calentar esa misma agua todo el año. [24] Esta cantidad se puede estimar usando programas como F chart. [25]

Así, la cantidad de energía convencional, necesaria para prestar el servicio de calentamiento será: $E_{\text{útil}}^{\text{ef}} = (1 - f_{\text{solar}})E_{\text{útil}} = (1 - f_{\text{solar}}) \cdot m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T$. Por lo tanto, el consumo diario de energía convencional (gas o electricidad) que el equipo de apoyo demandará será:

$$E_{\text{apoyo}}^{(\text{día})} = \frac{E_{\text{útil}}^{\text{ef}}}{R} + E_{M24} = \frac{(1 - f_{\text{solar}}) \cdot E_{\text{útil}}}{R} + E_{M24}. \quad (5)$$

Para la región central y norte de Argentina, f_{solar} es del orden de 0,65. Por lo tanto $E_{\text{útil}}^{\text{ef}} \approx 0,5 \times 0,35 \text{ m}^3(\text{GN})/\text{día} = 0,17 \text{ m}^3(\text{GN})/\text{día}$. Sin embargo, si se utiliza un equipo de apoyo como un temotanque D o E o bien un calefón con piloto, (D, E o F), el valor de $E_{M24} \geq 0,5 \text{ m}^3(\text{GN})/\text{día}$, es decir el consumo pasivo en estas casas sería más de 3 veces el consumo necesario para complementar en calentamiento de agua, $E_{\text{útil}}^{\text{ef}}$. Por lo tanto, en los sistemas solares térmicos destinados al calentamiento de agua, el efecto de los consumos pasivos es mucho más importante que en los equipos convencionales. Para lograr ahorros importantes, que realmente amorticen la inversión en estos equipos solares, es necesario elegir adecuadamente los equipos de apoyo, de otro modo, los ahorros pueden no ser significativos. En la Figura 12, se resume los valores de consumo de distintos equipos de calentamiento de agua, convencionales y solares con apoyo. Como se ve en este gráfico, un equipo solar térmico, asociado a un temotanque E, tiene un consumo mayor que un calefón convencional a gas clase A. b Sin embargo, si este sistema solar se lo combina con un calefón modulante, clase A, el ahorro de energía es casi 90% respecto de los convencionales.

La fracción, f_{solar} , también puede pensarse como la fracción de días al año en el que el Sol provee toda la energía para calentar el agua. Los consumos reales gas natural empleado en ACS puede variar entre 0,16 a 1,6 m³/día, en función de la tecnología empleada en el equipamiento utilizado. Por lo tanto, sin modificar los hábitos de consumo, se podría ahorrar casi un factor 10 en energía mediante el reemplazo por equipos de ACS por alternativas más eficientes, ver Figura 19 y Tabla 3.

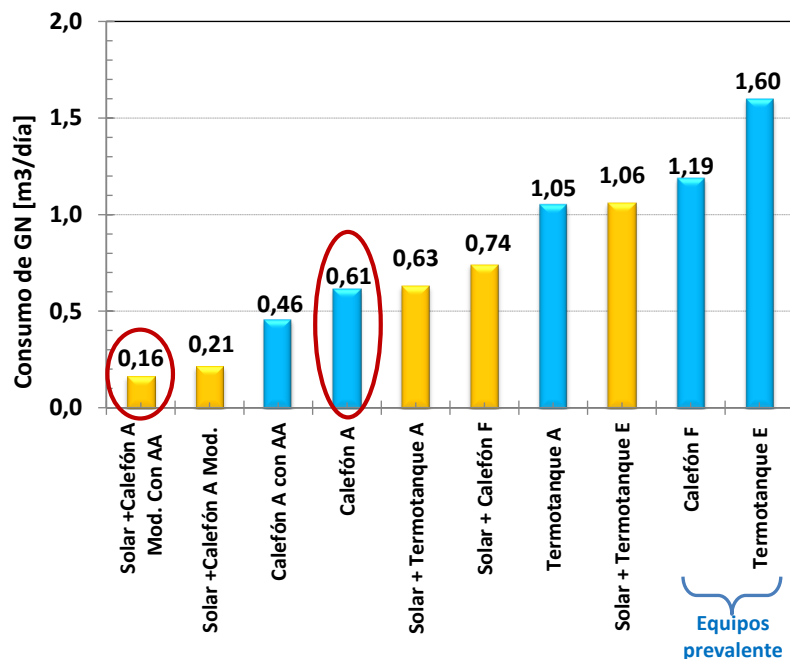


Figura 19. Consumos de gas natural (GN) en el calentamiento de agua sanitaria usando distintas tecnologías. Los sistemas indicados en esta figura son una selección de los descritos en la Tabla 3. La variación del consumo diario en ACS entre los distintos modos es muy notable y está indicado en la barra. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos si se utiliza como respaldo un calefón modulante sin piloto, clase A. Asimismo, un calefón clase A, consume menos que un sistema híbrido con termotanque de respaldo.

En la Tabla 3 se resumen los consumos de gas para calentar agua sanitaria y cocción en una familia de 3 a 4 personas de Argentina, suponiendo un consumo de ACS de 185 l/día a partir de una temperatura media de 17°C hasta la temperatura de confort de 42°C.

	Q_GN (m³/día)	Q_GLP (Kg/día)	Q_GLP (Kg/año)	Consumo relativo
Solar + Calefón A Mod. Con AA	0,16	0,14	50	10%
Solar + Calefón A Mod.	0,21	0,18	67	13%
Calefón A con AA	0,46	0,39	144	29%

Construcción sostenible – CAC Mayo 2017

Calefón A	0,61	0,52	192	38%
Solar + Termotanque A	0,63	1,02	371	39%
Solar + Calefón F	0,74	0,91	331	46%
Termotanque A	1,05	0,90	329	66%
Solar + Termotanque E	1,06	0,76	278	66%
Calefón F	1,19	0,54	196	74%
Termotanque E	1,60	0,63	231	100%
Calor útil, $Q^o_{\text{útil}}$	0,50	0,43	155	67%
Consumo Cocción	0,31	0,26	97	

Tabla 3. Consumos de gas por día y anual para calentar agua y cocción de una familia típica de Argentina, suponiendo una demanda de 185 l/día de agua caliente sanitaria, desde una temperatura de 17°C hasta la temperatura de confort de 42°C. El calor útil necesario para calentar esta agua, es de 0,5 m³/día, por lo tanto en los artefactos estándares, la mayor parte del consumo son pérdidas e ineficiencias en el equipamiento usado. Las diferentes columnas indican los valores de consumo de ACS discriminados por los distintos modos de realizar este proceso y se corresponden con lo ilustrado en la Figura 12. La última columna indica los consumos relativos, tomando como referencia el uso de termotanque Clase E, quizás los más prevalentes hasta el año 2015 en Argentina. Estos valores se obtuvieron de los requerimientos de eficiencia establecidos en las normas NAG de ENARGAS [20] y coincidentes con las estimaciones que realiza el Departamento de Energía de los EE.UU. para estos equipos [26]. Nótese la magnitud de los ahorros que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local. Ahorros de 50% a 90% son totalmente posibles. La abreviación AA representa sistema de ahorro de agua.

Otros ahorros de energía en el calentamiento de agua sanitaria

Además del uso de energía solar térmica en el calentamiento de agua y equipos de calentamiento más eficientes, hay varios modos de reducir y eficientizar nuestros consumos de energía en el calentamiento de agua sanitaria. En particular, el uso de reguladores de flujos y aireadores en duchas y grifos. [27] [28]

- Incorporación de dispositivos economizadores de agua, que tienen gran difusión en Europa y EE.UU. y que reducen el consumo de agua entre 35% a 50%. El costo unitario de estos dispositivos es del orden de unos U\$S 25.

Claramente, una reducción de los flujos de agua caliente, reduce la necesidad de calentar esta agua y redundante en ahorros de energía que se potencian. Además del ahorro en energía calentar esta agua, hay un ahorro en la energía necesaria para el bombeo de la misma. Esta alternativa, es muy económica y se pueden emplear en todos los equipos, convencionales e híbridos.

En ese sentido, surge la necesidad apremiante de desarrollar normativas que promuevan el uso racional y eficiencia del agua a través de normativa en los flujos de agua en grifos y duchas. En la Figura 19 y Tabla 3, se indican los efectos que se pueden obtener usando reguladores de flujo y aireadores que reduzcan el consumo de agua en un 25%.

Construcción sustentable

~~Llegué hasta Aquí Salvador 12/12/2016~~

~~Todo los que sigue cámbialo a voluntad. Este es territorio de Jorge~~

~~**Mejoramiento en la aislación de casas y edificios:** Varios estudios [29] indican que mejorando la aislación térmica de las paredes exteriores y techos con aislantes convencionales (lana de vidrio, poliuretano expandido de alta densidad, etc.), y sobre todo utilizando *diseños constructivos adecuados*, se puede reducir la conductividad térmica en un factor de 2 o más. Otra mejora importante se puede lograr en ventanas con doble vidrio o doble vidrio hermético (DVH), que permiten en promedio una mejora importante en aislación respecto del vidrio simple. Desde luego, el uso de burletes de goma o similares pueden disminuir significativamente las infiltraciones de aire. Un factor 2 en la aislación térmica de viviendas, tendría un impacto en el consumo de energía para calefacción de magnitud similar. Esta mejora en la envolvente térmica también disminuiría los requerimientos energéticos de refrigeración. Actualmente en Argentina existe una norma IRAM de etiquetado de aislación térmica de envolventes, IRAM 11900. Si una vivienda convencional tipo H en la categorización del etiquetado, (quizás las más prevalentes en la actualidad) pasara a tipo E, tomando como base una vivienda tipo²³ de unos 65 m², su consumo en calefacción y refrigeración podría reducirse en un 50%. El incremento en costo de la construcción para llegar a esta categoría de etiquetado, según la Norma IRAM 11900, sería del orden de 2 al 3% superior que si se construyera la misma vivienda en categoría H.~~

Por otra parte, con mejor aislación térmica, los artefactos requeridos para calefaccionar y refrigerar estos ambientes serían concomitantemente menores, lo que importaría mayores ahorros. El consumo de gas para calefacción es del orden de los 6 m³/día en los días fríos tal como se ve en la Figura 20. Si se realizaran tareas que mejoren la aislación térmica y haciendo una suposición conservadora, que las mejoras en aislación térmica fuesen sólo de un factor 2, el consumo en calefacción disminuiría en el mismo factor, o sea pasaría de 6 m³/día a unos

Construcción sostenible – CAC Mayo 2017

~~3 m³/día. Una mejora de este orden significaría, a nivel nacional, ahorros del orden de 20 millones de m³/día, si los 7 millones de usuarios de gas por redes adoptaran estas mejoras. La implementación parcial de estas medidas, de todos modos generaría ahorros, que tendrían directa relación con la proporción de viviendas mejoradas.~~

~~**Aquí Dmián está trabajando**~~

~~**Discusión**~~

~~**Conclusiones**~~

Apéndice A – Funcionamiento de un termotanque

Los termotanques o calentadores de agua de acumulación son sistemas muy comunes de calentamiento de agua caliente sanitaria. Poseen un tanque, de volumen variable por lo general entre 30 y 150 litros, con una aislación térmica en su envoltente y algún tipo de quemador o resistencia eléctrica para calentar el agua. Pueden usar como energía gas natural (GN), gas envasado (GLP) o electricidad.

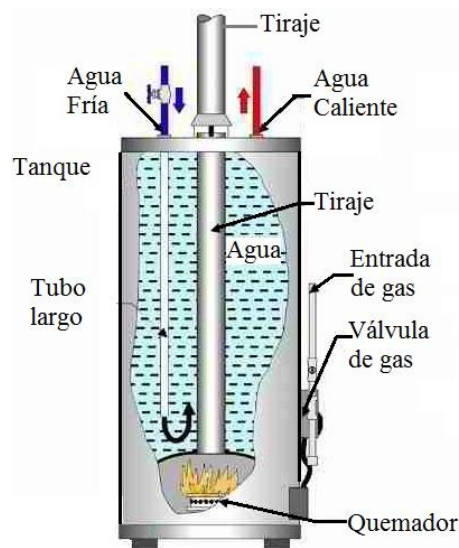


Figura xx20. Esquema de un termotanque a gas de acumulación de agua.

La eficiencia de un equipo es el cociente entre la energía útil que el artefacto brinda y la energía total utilizada para su funcionamiento. En el caso de un termotanque, la energía útil es el calentamiento de agua ($E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c_a \cdot (T_s - T_e)$). Aquí m_{agua} es la masa de agua en el termo, c_a es el calor específico del agua y T_s y T_e son las temperaturas del agua caliente y del agua fría de entrada al tanque. La energía utilizada para su mantenimiento a lo largo de un día, E_{M24} , incluye tanto la energía que usa el quemador para mantener el agua caliente y la llama piloto. En la Figura xx20 se ilustra un termotanque típico.

Otro parámetro importante es el consumo de mantenimiento del tanque durante 24 horas, Q_{M24} . En estos sistemas, aun sin consumo de agua, se requiere

Construcción sostenible – CAC Mayo 2017

energía para mantener al agua a una dada temperatura. En las Figuras xx21 y xx22 se ilustra el comportamiento de dos termotanques en condiciones estáticas, es decir, sin consumo de agua.

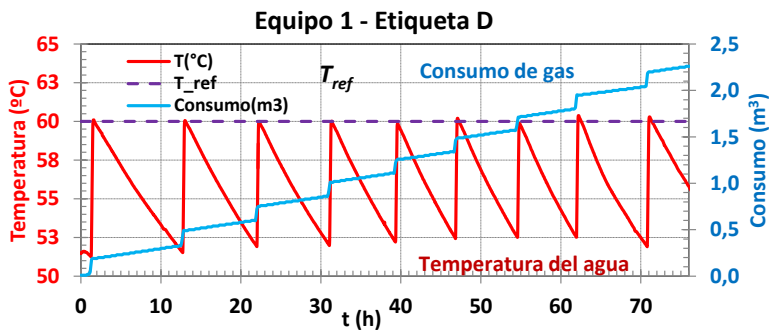


Figura xx21. Variación de la temperatura con el tiempo, curva roja, referida al eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. La línea violeta horizontal es la Temperatura de referencia, tomada aquí como 60°C. La variación suave del consumo, indica el consumo de la llama piloto, los saltos en consumo, indica el encendido del quemador para incrementar la temperatura del agua. Q_{gas24} , es el calor asociado al gas necesario para mantener el agua a la temperatura de referencia, al cabo de 24 horas. Estos datos corresponden a un termotanque clase E.

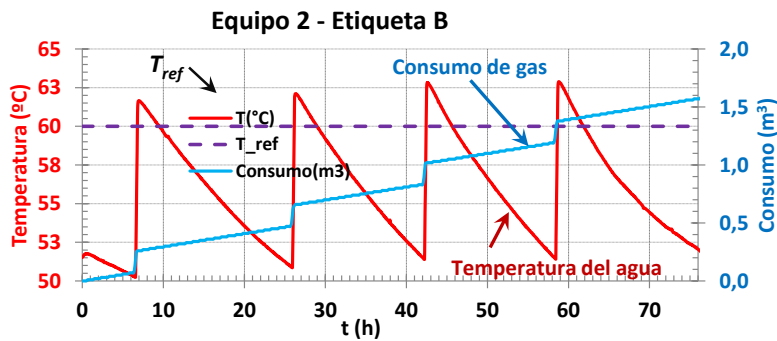


Figura xx22. Variación de la temperatura con el tiempo, curva roja, referida al eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. La línea violeta horizontal es la Temperatura de referencia, tomada aquí como 60°C. La variación suave del consumo, indica el consumo de la llama piloto, los saltos en consumo, indica el encendido del quemador para incrementar la temperatura del agua. Q_{gas24} , es el calor asociado al gas necesario para mantener el agua a la temperatura de referencia, al cabo de 24 horas. Estos datos corresponden a un termotanque clase B.

Estas figuras indican claramente que el valor de EM_{24} , depende de la aislación térmica del tanque. Esto se observa a simple vista de la inspección de las

Figuras xx21 y xx22. El termotanque de la Figura xx22 tiene mejor aislación que el termotanque de la Figura xx21. Estas figuras muestran que el aporte de la aislación térmica es muy significativo.

Bibliografía

- [1] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) Quinto Informe de Evaluación, 2015.
- [2] [US Environmental Protection Agency \(EPA\)](#), «Greenhouse Gas Emissions Sources of Greenhouse Gas Emissions,» 2016.
- [3] Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): , «Nuestro Futuro Común ONU (11/12/1987),» <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agreed.htm>, 1987.
- [4] [International Energy Agency \(IEA\)](#), «Key word Energy Statistics,» www.iea.org, 2016.
- [5] [IPCC Fifth Assessment Report \(AR5\)](#), «Climate Change 2014 Synthesis Report,» IPCC, 2015.
- [6] Ministerio de Energía y Minería de Argentina, «Balances Enereticos,» www.minem.gob.ar, 2015.
- [7] [Sustainable United Nations](#), «Buildings and Climate Change, Summary for Decision-Makers,» Paris, 2009.
- [8] [Department for Business, Innovation & Skills - UK](#), «CO2 emissions influenced by the construction industry - Ref: 10/1316,» <https://www.gov.uk/government/publications/low-carbon-construction-igt-report-co2-emissions-influenced-by-the-construction-industry>, 2010.
- [9] Naciones Unidas y el Banco Mundial, «Sustainable Energy for All, initiative iniciada en 2011y auspiciada por la Naciones Unidas y el Banco Mundial.,» <http://www.se4all.org/>, 2011.
- [10] BALANCES ENERGÉTICOS - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA , «BALANCES ENERGÉTICOS,»

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>, 2015.

- [11] N. O. a. A. A. (NOAA), «Mauna Loa Observator, Hawaii, dependiente del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), EE.UU.,» <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/obop/mlo>, Hawai. EE.UU., 2014.
- [12] U.S. Department of Energy (DOE), «Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core, Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC),» <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>, 2014.
- [13] S. Gil, « ¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? S. Gil,» *Petrotécnica (Revista del IAPG)*, vol. LV, nº 3, pp. 83-91, 2014.
- [14] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas,» 2016. [En línea]. Available: www.enargas.gov.ar.
- [15] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas,» 2014. [En línea]. Available: www.enargas.gov.ar.
- [16] Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires, «Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013,» Marzo 2014.
- [17] R. S. Gil, S. Gil y L. M. Iannelli, «Ahorro de 1,5 GW en los picos de consumo eléctrico- Iluminación LED,» *Petrotecnia*, Dic 2015.
- [18] IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, «PROYECTO SECH-SPAHOUSEC Análisis del consumo energético del sector residencial en España,» <http://www.idae.es/>, Madrid, 2011.
- [19] ASHRAE, «ASHRAE Procedures for Commercial Building Energy Audits, 2nd edition,» <http://www.ashrae.org>, 2015.
- [20] «ENARGAS, NAG 313 y 314,» [En línea].
- [21] US Department of Energy, «US Department of Energy, 10 CFR Part 430, Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Residential Water Heaters, Direct Heating Equipment, and Pool Heaters; Final Rule,» 2010.
- [22] Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012, «Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012,» 2012.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[23] CLASP, «Collaborative Labelling and Appliance Standards Program.» [En línea]. Available: <http://www.clasponline.org>.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[24] Wikipedia, «Fraccción Solar en Wikipedia.» https://es.wikipedia.org/wiki/Fraccci%C3%B3n_solar, 2016.

[25] S. K. a. W. Beckman, «F Chart.» <http://www.fchart.com/>, 2016.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[26] «Department of Energy, USA, 2016, Selecting a New Water Heater.» [En línea]. [Último acceso: 29 Junio 2016].

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[27] E. G. R. K. O. W. M. Cordella, «JRC Technical Reports, Developing an evidence base and related product policy measures for "Taps and Showers",» Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), 2013.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[28] F. G. & E. LENTINI, «Infraestructura y equidad social: Experiencias en agua potable, saneamiento y transporte urbano de pasajeros en América Latina. División de Recursos Naturales e Infraestructura,» CEPAL, Santiago de Chile, 2012.

[29] V. L. Volantino, P. A. Bilbao, P. E. Azqueta, P. U. Bittner, A. Englebert, M. Schopflocher, «Ahorro Energético En El Consumo De Gas Residencial Mediante Aislamiento Térmico En La Construcción,» Buenos Aires, 2010.

[30] «IPCC. International Panel on : Climate Change. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation,» 2011. [En línea].

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[31] US Energy Administration Agency, «How much carbon dioxide is produced when different fuels are burned?,» 2016.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[32] U.S. Department of Energy (DOE), «Historical Carbon Dioxide Record from the Vostok Ice Core, Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC),» <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/vostok.html>, 2014.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[33] S. Gil, «Proyección de demanda de gas para mediano y largo plazo,» *Pretrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas)*, vol. XLVIII, pp. 86-100, Octubre 2007.

[34] A. B. P. L. C. A. F. M. A. M. y. R. P. y. S. G. E.J. Bezzo, «Eficiencia de calefones- importancia de los consumos pasivos,» Benos Aires, 2013.

[35] S. Gil, «Posibilidades de ahorro de gas en Argentina,» *Pretrotecnia*, vol. L, n° 02, Abril

2009.

- [36] «Annual Energy Outlook 2009 with projections to 2030, Departamento de Energía de los EEUU,» [En línea].
- [37] S. Gil, «Posibilidades de ahorro de gas en Argentina- Hacia un uso más eficiente de la energía,» *Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas)*, n° 2, pp. 80-84, Abril 2009.
- [38] «INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Vivienda, hogares y hábitat,» [En línea].
- [39] «Consumo e agua en el mundo,» [En línea].
- [40] H. Grossi Gallegos y R. Righini., «Atlas de energía solar de la República Argentina,» *Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología*, Mayo 2007.
- [41] «Consumo de agua en la Ciudad de Buenos Aires- Gobierno Ciudad Autónoma e Buenos Aires,» 2013. [En línea].
- [42] A. Lanson y A. Et., «Aprovechamiento de la energía solar en la Argentina,» *Petrotécnia (Revista del IAPG)*, vol. LV, n° Feb. 2014, pp. 62-70, 2014.
- [43] OLADE, «Barreras para el desarrollo del mercado de la energía solar para calentamiento de agua en América Latina y el Caribe,» 2010.
- [44] C. Placco, L. Saravia y C. Cadena, «Colectores solares para agua,» Vols. %1 de %2http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf, 2008.
- [45] S. Gil y R. Prieto, «¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas,» *Petrotecnia*, vol. LIV, n° 6, pp. 81-92, Dic. 2013.
- [46] A. D. González , E. Crivelli y S. Gortari, «Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche,» *Instituto Argentino del Petróleo y del Gas*, vol. 10, 2006.
- [47] S.Gil, «¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? Petrotécnia (Revista del IAPG),» *Petrotécnia (Revista del IAPG)*, vol. LV, pp. 82-91, 2014.
- [48] A. Lanson y A. Et., «Aprovechamiento de la energía solar en la Argentina,»

Petrotécnica (Revista del IAPG), vol. LV, n° Feb. 2014, pp. 62-70, 2014.

[49] «Trends in global water use by sector United Nations Environment Programme (UNEP),» [En línea]. Available: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html> . [Último acceso: 29 Junio 2016].

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[50] «IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007,» [En línea]. Available: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html. [Último acceso: 20 Julio 2016].

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[51] TANKLESS OR DEMAND-TYPE WATER HEATERS, «Water Heater,» 2016.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

[52] O. Aregntina, «<http://www.orbis.com.ar/agua-caliente/calefones-tiraje-natural/digital/>,» [En línea].

[53] Rinnai, «Rinnai - Tankless Water Heaters,» 2016. [En línea].

Con formato: Espacio Después: 0 pto

[54] «Ministerio de Energía y Minería,» [En línea]. Available: <https://www.minem.gob.ar/>. [Último acceso: Julio 2016].

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Espacio Después: 0 pto

[55] IRAM, «NORMA IRAM 210001-1:2014 - Energía solar Colectores solares. Parte 1 - Definiciones,» Buenos Aires, 2014.

Con formato: Inglés (Estados Unidos)

Con formato: Espacio Después: 0 pto

[56] A. Bermejo, E. J. Bezzo, P. L. Cozza, J. A. Fiora, M. A. Maubro, R. Prieto y S. Gil, «Eficiencia de calefones- importancia de los consumos pasivos,» Benos Aires, 2013.

Con formato: Espacio Después: 0 pto

[57] CAFAGAS Cámara Argentina de Fafabricantes de Artefactos a Gas - Buenos Aires, «Cominación Privada,» <http://www.cafagas.org.ar/>, 2015.

Con formato: Espacio Después: 0 pto

Con formato: Espacio Después: 0 pto