



EFICIENCIA
ENERGÉTICA
EN ARGENTINA



Proyecto financiado
por la Unión Europea

SECTOR RESIDENCIAL ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

ABRIL 2021

Proyecto
implementado por:



La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva del consorcio de implementación liderado por GFA Consulting Group y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea

**“Eficiencia Energética en Argentina”, apostando por
conformar un sector energético más sostenible y
eficiente en Argentina**



Este documento ha sido elaborado por el Prof. Salvador Gil, como parte del equipo de trabajo de Fundación Bariloche dentro del Consorcio liderado por GFA Consulting Group para el proyecto de Cooperación de la Unión Europea.



RESUMEN

En mayo de 2018 en el marco de la Cooperación entre la Unión Europea (UE) y la Secretaría de Gobierno de la Energía de Argentina (SE) se inicia el proyecto, “Eficiencia Energética en Argentina”, financiado por el *Partnership Instrument* de la Unión Europea. El proyecto como tal tiene como objetivo general contribuir a la estructuración de una economía nacional más eficiente en el uso de sus recursos energéticos, disminuyendo la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo.

Una de las actividades principales del proyecto de cooperación se basa en la elaboración de la propuesta del Plan Nacional de Eficiencia Energética (PlanEEAr). El PlanEEAr se concentra en los tres sectores principales respecto del consumo de energía en el país: **Transporte, Industria y Residencial**. La elaboración del PlanEEAr se basa en una metodología desarrollada en detalle en la “*Guía Metodológica para la Elaboración de un Plan Nacional de Eficiencia Energética en Argentina*”. De acuerdo a lo estipulado en la guía de referencia, el diagnóstico es una fase fundamental del diseño del plan de eficiencia.

En este sentido, en el caso del **Sector Residencial**, que es el segundo consumo de relevancia en Argentina junto con el sector industrial, se ha avanzado en la realización de diagnósticos sectoriales a nivel global, y para cada uno de los usos / servicios energéticos prioritarios del sector.

El consumo de energía para el acondicionamiento térmico de edificios (residenciales, comerciales y públicos) es aproximadamente el 18% del total de la energía usada en Argentina. Las emisiones de carbono asociadas a este uso de la energía constituyen el 9% del total de las emisiones del país. El acondicionamiento térmico de viviendas y edificios incluye la calefacción y la refrigeración.

Desde luego dependiendo del tipo de clima, del tamaño, características de la construcción y prestaciones de los edificios, la fracción de energía que se usa en acondicionamiento térmico del aire interior varía de lugar a lugar, pero en general es una fracción muy significativa de la matriz energética.

Dada la magnitud de estos consumos y emisiones, es preciso explorar todas las alternativas posibles para hacer un uso más racional y eficiente de los recursos energéticos disponibles y mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

En este documento (el sexto de un grupo de documentos de análisis del sector residencial) se analizan las acciones de reducción de los consumos de calefacción y refrigeración a través de medidas de uso racional y eficiente de la energía. Se discuten medidas de bajo costo como así también medidas de alto impacto y costos intermedios.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO	4
CONFORT TÉRMICO.....	6
ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS	8
DÉFICIT GRADO DÍA (DGD) Y EXCESO GRADO DÍA (EGD)	9
ENVOLVENTE DE EDIFICIOS	12
ETIQUETADO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA	14
CONSUMO RESIDENCIAL DE GAS Y ELECTRICIDAD EN ARGENTINA	16
PROPUESTA DE MEDIDAS.....	18
Medidas de Bajo Costo	18
Medidas de alto impacto y costo intermedio	28
CONCLUSIONES.....	34
REFERENCIAS	35



ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

En esta sección se discute el acondicionamiento térmico de las viviendas en Argentina y se exploran diferentes modos de eficientizar este consumo y reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) asociados a este servicio.

La calefacción y la refrigeración, en conjunto se denominan consumos de acondicionamiento térmico de interiores (1). En Inglés este consumo se designa con el término HVAC (heating, ventilation and air conditioning).

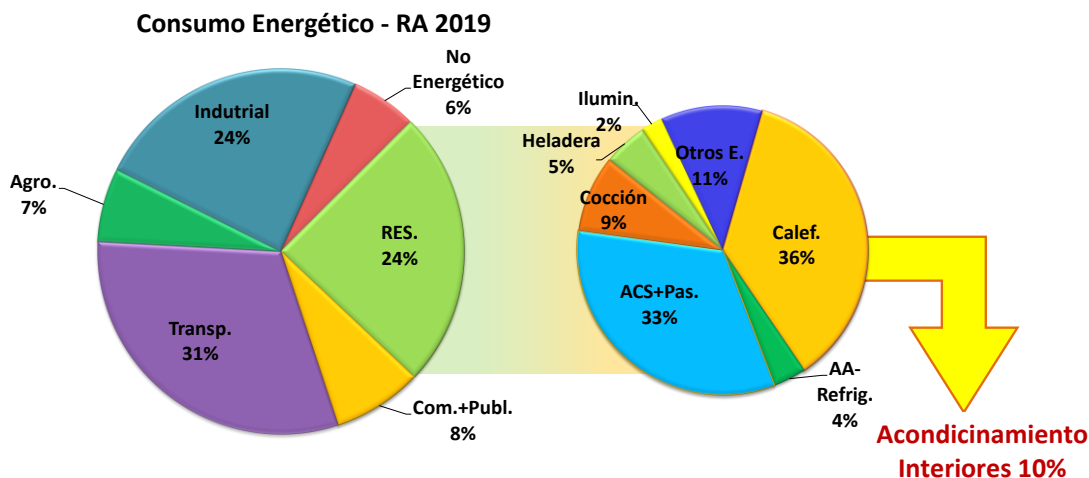
A nivel global, este consumo, y principalmente la refrigeración, ha tenido un ascenso muy acelerado. Su crecimiento ha sido el más rápido que los otros usos finales en edificios, (2) habiéndose casi triplicado entre 1990 y 2016. El enfriamiento se realiza, por medio de aire acondicionados (AA) y en menor medida ventiladores, aunque no son las únicas alternativas. A nivel global este consumo se estima en alrededor del 20% del consumo eléctrico total en los edificios de todo el mundo. Esta creciente demanda de refrigeración ejerce una enorme presión sobre los sistemas eléctricos en muchos países, además de aumentar sus emisiones. Es así que esta demanda de energía está al tope de los análisis de reducción de emisiones en todo el mundo.

En Argentina la demanda de energía del sector residencial es del 24% del total nacional. Como se ve en la Figura 1, este consumo combinado, calefacción y refrigeración, representa aproximadamente el 40% de la demanda energética residencial (3). Por lo que la fracción de la energía, usada en acondicionamiento térmico de interiores, es de aproximadamente el 10% del total de consumo energético nacional¹. Desde ya, en Argentina, como en la mayoría de los países en climas templados o fríos-templados, el consumo de calefacción es el mayor consumo doméstico.

¹ Estas estimaciones aquí presentadas se basan en las referencias proporcionadas y pueden no coincidir con los datos presentados en el análisis de prospectiva del proyecto, el cual ha sido realizado en base a los datos preliminares de la ENGHo 2017/2018.



Figura 1. Usos de la energía en Argentina al año 2019



Fuente: Balance Energético Nacional (BEN).

NOTAS: Usos de la energía en Argentina al año 2019 (torta izquierda). A la derecha se muestra la distribución del consumo del sector doméstico en Argentina. Por lo que la **fracción de consumo total nacional, el acondicionamiento térmico de viviendas del 10% de total de la energía usada en Argentina**. Aquí “Transp.” se refiere al consumo de transporte, “Res.” es el consumo residencial, “Com+Públ.” es el consumo comercial y de edificios públicos, “Agro.” es correspondiente al uso agropecuario y “No Energético” es el uso de combustibles como materia prima de manufacturas.

Si se incluye el consumo de edificios comerciales y públicos, suponiendo que un 50% de la energía utilizada en este sector se usa en el acondicionamiento térmico, su contribución es un 4% adicional. De manera análoga, se estima que casi un 4% de la energía usada en el sector industrial, se destina a el acondicionamiento térmico de esos edificios. **De modo que el consumo de energía en acondicionamiento térmico edificios (residenciales, comerciales, públicos e industriales) es del orden del 18% del consumo energético total del país.** Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación del año 2019 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (4), **las viviendas y edificios son responsables del 9% de las emisiones totales de Argentina.**

Para 2016, en el mundo había un equipo de AA cada 5,8 personas, consumiendo cerca del 20% de la electricidad del sector residencial (2). Si esta tendencia continua, se espera que el consumo eléctrico en AA se triplique para 2050.

Dada la magnitud de estos consumos, es preciso explorar todas las alternativas para hacer un uso más racional y eficiente de los recursos energéticos disponibles y disminuir su aporte a las emisiones de GEI (1). En este capítulo analizamos los consumos asociados a la calefacción y refrigeración.



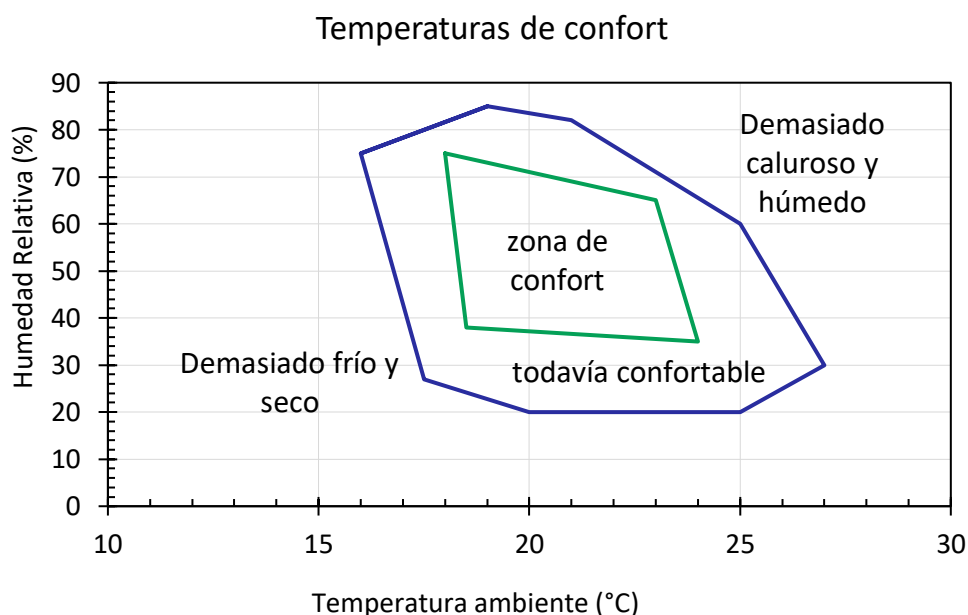
CONFORT TÉRMICO

Las condiciones de confort térmico dependen de la temperatura y la humedad relativa ambiente.

El contenido de la humedad en la atmosfera se mide por la cantidad de vapor de agua presente en ella a través de la humedad relativa (HR). (5) Más específicamente, el confort térmico depende de la HR y la temperatura.

Las condiciones de confort térmico son las mismas en casi todo el mundo. Estas zonas de confort se ven reflejadas en diversas normas, por ejemplo “The American Society of Refrigerating Engineers” (ASHRAE) (6) que establece que el rango recomendado de humedad relativa en interiores en edificios y viviendas es del 30 a 70% (Ver: Figura 2 y <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>)

Figura 2. Zonas de confort térmico



NOTAS: El rectángulo de aristas verde es la zona de confort para la mayoría de las personas. Pero el polígono de bordes azules es asimismo una zona de confort razonablemente aceptable por muchas personas.

Se puede afirmar que en la zona de HR entre 30% a 70%, la temperatura de confort para la mayoría de las personas se allá entre 18°C y 25°C. Es decir, el área del rectángulo limitado por la línea naranja de la Figura 2. Sin embargo, con vestimenta adecuada, la zona de confort podría ser más amplia, comprendiendo el polígono verde.

De este modo, en verano, la mayoría de las personas estarán confortables a una temperatura de unos 24°C o 25°C con ropa liviana. En invierno, con una temperatura de 18°C a 21°C, con un suéter o pulóver, es usual que las personas nos sintamos cómodas. La razón de esta diferencia de temperatura para verano e invierno deviene de varios factores:



1. La vestimenta que usamos en invierno y verano varía considerablemente. En invierno usamos ropa más abrigada que en verano. Así, con esta vestimenta, en invierno necesitamos de una temperatura más baja en los interiores de viviendas y edificios.
2. Además, es conveniente por razones de salubridad y confort, minimizar los cambios bruscos de temperatura al entrar y salir de las viviendas o edificios. Por lo que es conveniente calefaccionar los interiores a no más de 19°C o 20°C.
3. **Un cambio de un grado en la temperatura de los termostatos en invierno y verano tiene un efecto muy significativo en el consumo de energía.** (7) Elevar 2°C la temperatura del termostato en invierno, digamos de 20°C a 22°C, genera un 30% más de consumo de energía, (8) lo mismo ocurre para la temperatura de verano. (9) Claramente, una disminución del consumo implica una consecuente reducción de su costo.
4. Mitigación de las emisiones de GEI, dado que los combustibles usados en calefacción, gas natural, GLP, gasoil, etc. Son derivados de combustible fósiles, su quema implica, la emisión de CO₂. Igualmente, más del 60% de la electricidad que se usa en Argentina, proviene de la quema de gas y otros combustibles fósiles, reducir consumo de energía acondicionamiento térmico implica una reducción importante de las emisiones de GEI.

Es posible reducir considerablemente el consumo en la calefacción en invierno y la refrigeración en verano, sin perder el confort térmico, regulando adecuadamente los termostatos de los sistemas de calefacción y refrigeración, como así también reduciendo adecuadamente los tiempos de encendido. Así surge una primera regla simple, pero útil:

Calefaccionar a 18°C o 19°C, pero no más de 20°C los interiores.

Refrigerar a una temperatura de 25°C los interiores en verano.

Box 1: Recomendaciones de aprovechamiento térmico

- **En invierno**, cerrando bien las ventanas, postigos o persianas como de las cortinas si las hubiese, usando una buena frazada y ropa de dormir adecuada, aprovechando la inercia térmica de los edificios se puede tener confort térmico con la calefacción apagada. En este sentido es importante reducir las infiltraciones o chifletes de aire de las aberturas.
- **En verano**, un buen ventilador de techo o un climatizador evaporativo, que consumen mucho menos energía que un acondicionador de aire, pueden ser opciones muy adecuadas en la mayoría de las ciudades de Argentina, en particular del NOA y la zona andina.



ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO DE VIVIENDAS

El acondicionamiento térmico de interiores, es decir refrigeración y calefacción, es un servicio doméstico que tiene cierta complejidad, que la diferencia de otros servicios energéticos residenciales. Por ejemplo, en el caso de la preservación de alimentos, el consumo asociado a este servicio depende en gran medida del tipo de heladera o refrigerador que tengamos. Para eficientizar su consumo, con reemplazar este equipo y con pautas de uso adecuadas, este consumo puede abordarse eficazmente. Lo mismo pasa con los servicios de agua caliente sanitaria o iluminación.

En el caso de acondicionamiento térmico, los consumos no solo dependen del equipo, sino también del tamaño de la vivienda, lugar geográfico donde se encuentra, el tipo de envolvente (paredes, techos, ventanas, pertas etc.), del diseño de la vivienda, su orientación, su entorno o ubicación; que son parte estructurales de una vivienda y finalmente de los equipos de calefacción y refrigeración.

Ahora bien, en una vivienda ya construida, es poco lo que se puede hacer para mejorar el entorno o el diseño y menos aún la geografía. En cuanto a la envolvente se puede mejorar sus características (aislación térmica) pero su costo es elevado y requiere de un trabajo que puede llevar varias semanas. Lo mismo puede decirse de un cambio de los sistemas de calefacción o refrigeración. Imaginemos instalar piso radiante o radiadores de agua caliente, la intervención en la vivienda es muy significativa y costosa. Desde luego, mejorar todas estas características en una vivienda nueva, es muy diferente de hacerlo en otra ya construida. Por otra parte, hay muchas mejoras que se pueden lograr racionalizando y administrando los consumos adecuadamente, que además de reducir los gastos en energía y las emisiones de GEI, pueden mejorar considerablemente el confort de las familias, realizando inversiones moderadas.

En base a esta discusión, parece conveniente dividir las acciones de racionalización y eficiencia en acondicionamiento térmico de viviendas en dos tipos:

1. **Medidas de racionalización de bajo costo. (RBC)**
2. **Medidas de eficientización de alto impacto y costo intermedio. (EAI)**

Antes de desarrollar estas dos estrategias, que en muchos casos se podrían dar a de manera simultánea o separada, se discuten algunas características básicas del acondicionamiento térmico de viviendas y edificios.



DÉFICIT GRADO DÍA (DGD) Y EXCESO GRADO DÍA (EGD)

Los consumos asociados a la calefacción y a la refrigeración son fuertemente dependientes de la temperatura. En particular, **el consumo de calefacción depende de la diferencia entre una temperatura de referencia, T_{ref} , (típicamente $T_{ref} \approx 18^\circ\text{C}$) y la temperatura media diaria exterior, T_{med}** . A esta diferencia la llamamos **Déficit Grado Día o Deficiencia Grado Día_diaría (DGD_d)**:

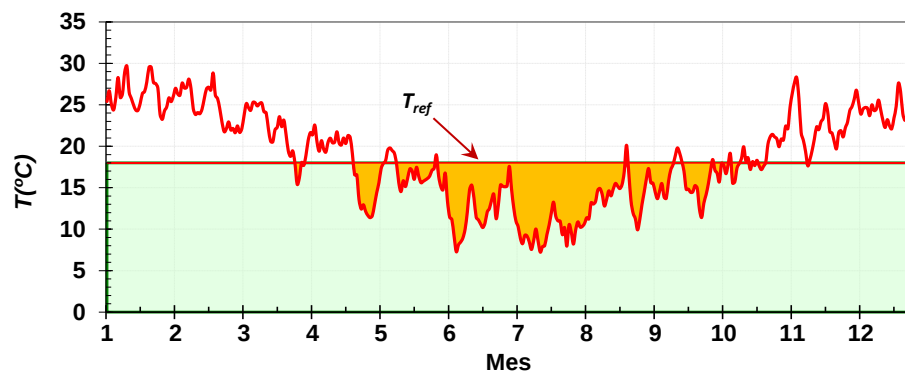
$$DGD_d = \begin{cases} (T_{ref} - T_{med}) & \text{si } T_{ref} > T_{med} \\ 0 & \text{si } T_{ref} \leq T_{med} \end{cases} \quad (1)$$

Es claro que las pérdidas de calor serán proporcionales a la diferencia de temperatura entre el interior y exterior de las viviendas, o sea $(T_{ref} - T_{med})$. Es de esperar que T_{ref} , sea cercana a la temperatura de confort. En general se adopta como temperatura de referencia, $T_{ref} = 18^\circ\text{C}$. El consumo anual, destinado a la calefacción se espera que sea proporcional a este parámetro en cada lugar:

$$DGD_a = \sum_{i=1}^{365} (T_{ref} - T_{med}) \big|_{T_{med} < T_{ref}}, \quad (2)$$

conocido como la *Deficiencia Grado Día* anual (DGD_a) de la región de interés, en inglés este parámetro se conoce como el Heating Degree Day (HDD), y su valor puede ser calculado para diversos lugares del mundo (8), (10)

Figura 3. Representación de la temperatura media diaria a lo largo de un año,



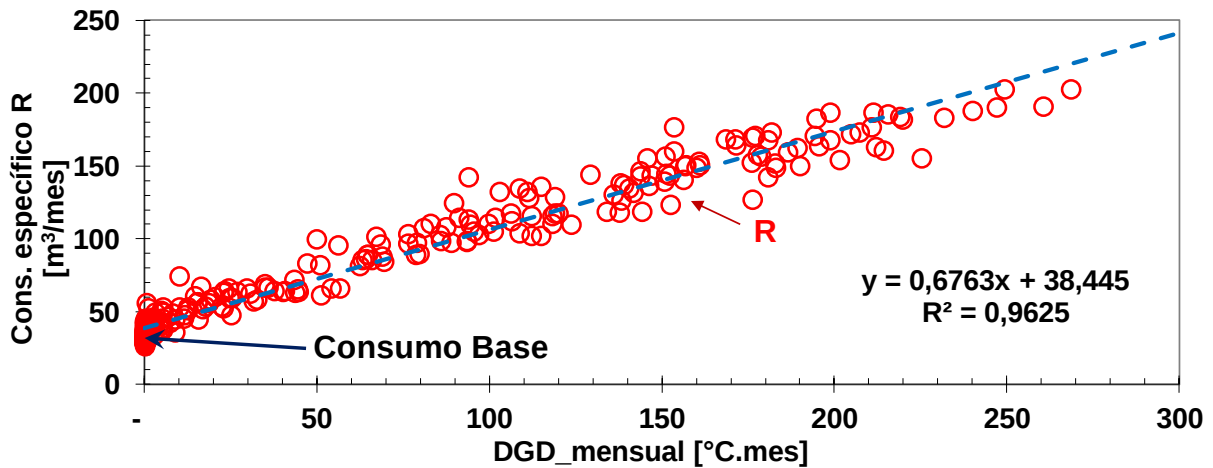
NOTAS: la línea horizontal, representa la temperatura de $T_{ref}=18^\circ\text{C}$, la DGD_a , viene dada por el área sombreada naranja de este gráfico.

Si se grafica la temperatura media diaria a lo largo de un año, como se ilustra en la Figura 3, **No se encuentra el origen de la referencia.**, el DGD_a viene dado por el área sombreada naranja de este gráfico. Cuando más grande es esta área, mayor será el consumo destinado a calefacción. De



hecho, los datos de consumo de gas para calefacción efectivamente confirman esta expectativa. La Figura 4 muestra los datos de consumo específico mensual (es decir consumo medio por hogar y por mes) como función del $DGD_{mensual}$, para las ciudades de las regiones centro y norte de Argentina. La relación lineal entre el consumo específico y el $DGD_{mensual}$ se aprecia claramente en esta figura, confirmado la expectativa que el consumo de calefacción es proporcional al DGD. (11)

Figura 4. Variación del consumo específico residencial mensual en Argentina por usuario como función de la DGD mensual



NOTAS: Los círculos rojos corresponden a los consumos medios mensuales de los usuarios de la zona central y norte de país.

Definimos el **consumo específico** como el consumo medio por usuario y unidad de tiempo, por ejemplo: ($m^3/año$) o (m^3/mes) o ($m^3/día$). Estos valores se pueden obtener dividiendo los consumos residenciales totales, para un dado período de tiempo, por el número de usuarios correspondientes. En la Figura 4 se muestra la variación del consumo específico mensual como función de la $DGD_{mensual}$ para zona centro-norte de Argentina, tomando como base los datos de consumos mensuales desde 1993 a 2017. (12)

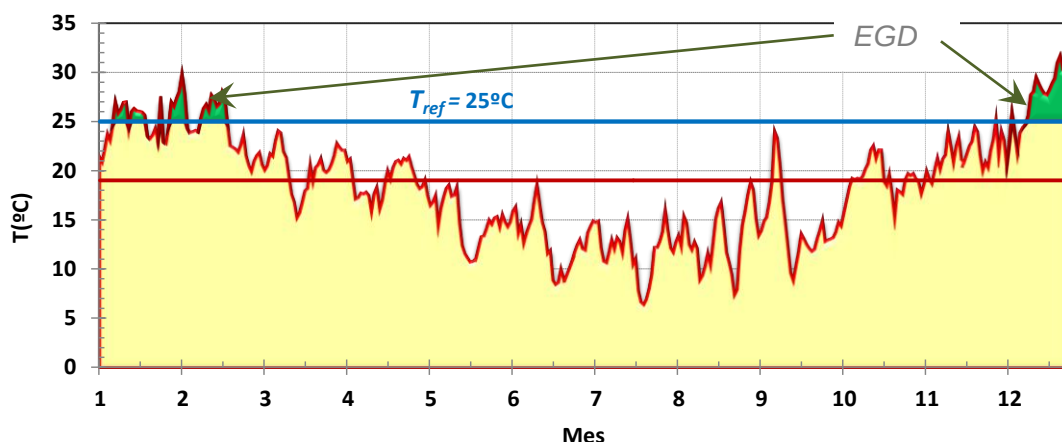
La norma IRAM 11.603:2012 “Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina”, establece la Clasificación Bioambiental, con datos de temperaturas en distintas regiones del territorio nacional, tomando como base los DGD de las distintas regiones de Argentina.

De modo análogo, se puede estimar las necesidades de refrigeración de interiores. Para ello es útil definir el **Exceso de Grado Día anual** (EGD_a) como:

$$EGD_a = EGD(año) = \sum_{i=1}^{i=365} (T_{media} - T'_{ref}) \Big|_{T_{media} > T'_{ref}}, \quad (3)$$



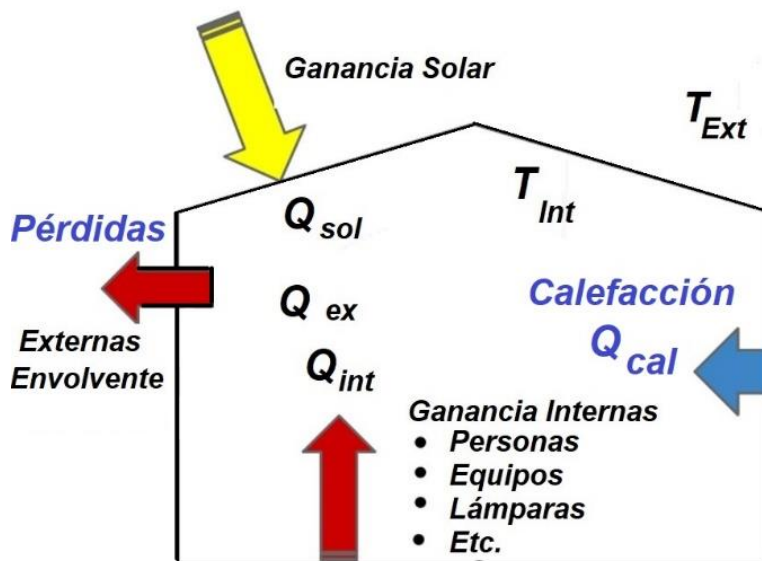
Figura 5. Representación de la temperatura media diaria a la largo de un año



NOTAS: La línea horizontal, representa la temperatura de referencia, $T'_{ref} \approx 25^{\circ}\text{C}$, el EGD_a viene dada por el área sombreada en verde de este gráfico.

El área sombreada de verde de la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 5 ilustra el valor del EGD_a para el caso de Buenos Aires en 2013. En este caso, la temperatura de referencia T'_{ref} se toma $\approx 25^{\circ}\text{C}$. En Inglés, este término se denomina *Cooling Degree Day* (CDD), actualmente existen formas de estimar los valores de los DGD y EGD para casi todas las ciudades del mundo. (13)

Figura 6. Esquema de un sistema de calefacción de una habitación



Para mantener una vivienda a una determinada temperatura de confort, en el caso de la calefacción, debemos generar tanto calor como el que se pierde por las distintas componentes o procesos que ocurren en la vivienda. Es decir, **el calor generado por la calefacción, más las ganancias solares y las internas, deben compensar las pérdidas de calor por la envolvente, como se indica**



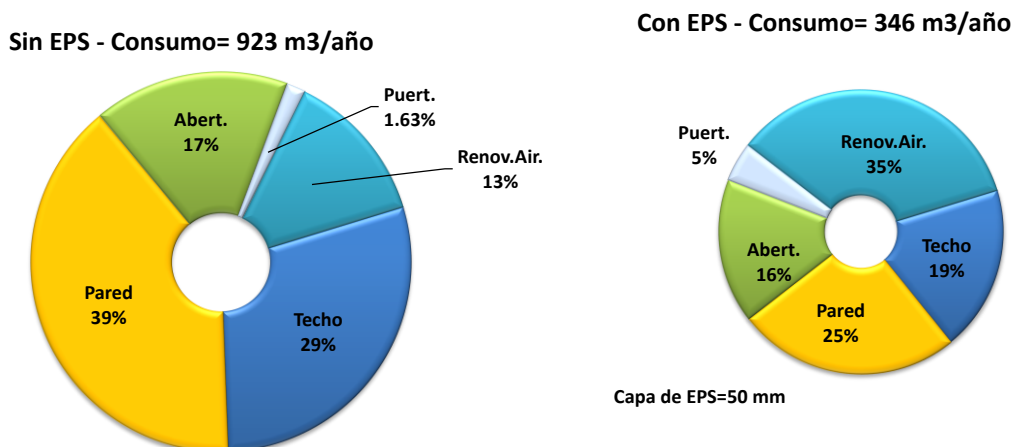
esquemáticamente en la habitación, Figura 6. Una situación análoga ocurre con la refrigeración, solo que las pérdidas deben compensarse con enfriamiento.

ENVOLVENTE DE EDIFICIOS

Las pérdidas de energía se producen en las paredes, techos, aberturas, piso, etc. y las renovaciones de aire son necesarias para la salubridad y confort de la vivienda. En una vivienda la transmisión de calor que ocurre por la envolvente y depende críticamente de la calidad de los materiales utilizados y tipos de aberturas.

En la Figura 7, se observan los consumos típicos de energía para dos viviendas, con una superficie de 65 m² y altura de 2,8m, que tiene dos puertas (1,8m x 0,8m cada una) y cuatro ventanas (1,2m x 0,8m cada una), con una renovación de aire por hora, en una zona con un DGD_a de 850°C/año, como por ejemplo el AMBA. La casa tiene paredes de ladrillo y techo de losa, ambos de 30 cm de espesor, con 2 cm de revoque interior y exterior. Aquí se indican los consumos totales y parciales de cada componente de la casa en dos situaciones distintas: a) a la izquierda sin aislación térmica adicional y a la derecha con una capa de Polietileno Expandido (EPS) de 50 mm de espesor en paredes y techo y doble vidrio hermético (DVH) en las ventanas. **Como se ve la reducción en consumo de calefacción es un factor de 2,6 para una vivienda que tiene buena aislación térmica.** Este es un resultado típico, que ilustra cómo una buena aislación térmica puede reducir el consumo de calefacción de una vivienda y a la vez muestra cómo se dividen las pérdidas de energía en una vivienda típica. Si a ello agregamos un buen diseño bioclimático, aberturas adecuadas, para aprovechar las posibilidades de calefacción pasiva del sol, buena ventilación, etc. la reducción del consumo de acondicionamiento térmico de una vivienda puede reducirse considerablemente.

Figura 7. Pérdidas calor de una vivienda de ladrillos de 30 cm y revoque interno y externo y techo de losa plana de 30 cm de espesor con revoque.



NOTAS: La vivienda está aislada y tiene 14 m² de ventanas y 65 m² de superficie. A la izquierda sin aislación térmica y ventanas estándares. A la derecha con 50 mm de EPS en paredes y techo. Además, ventanas de doble vidrio (DVH). La reducción de consumo anual es notable. En la zona centro norte las pérdidas de calor por el piso son en general inferiores al 5%.

En general podemos decir que **con una construcción bioclimática adecuada se puede llegar a obtener ahorros en calefacción superiores al 50%.** A medida que se aísla mejor la vivienda, las

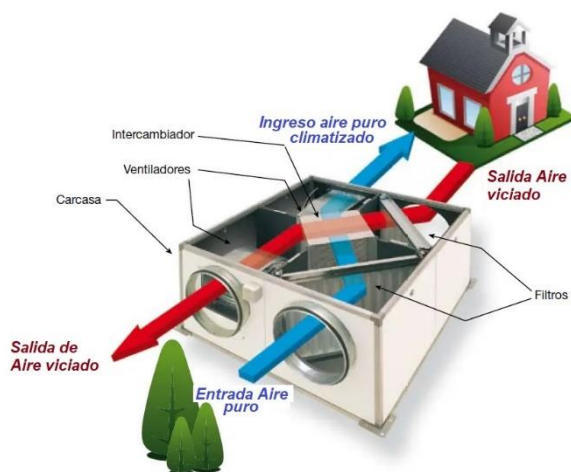


pérdidas de energía por renovaciones de aire se vuelven más importantes. Para disminuir estas pérdidas se puede utilizar un sistema de **ventilación con recuperación de calor** o también llamado intercambiador de aire, estos sistemas emplean una corriente cruzada de flujos de calor entre el aire de entrada y el de salida, en el cruce se intercambia calor, sin que los flujos se mezclen. El recuperador de calor permite una eficaz renovación del aire interior sin derrochar el calor del aire interior.² La ventilación es importante porque sin ella, el aire en la vivienda se volvería viciado, húmedo, en general poco salubre y desagradable. Una ventilación adecuada asegura que aire puro dentro del hogar y que este cambie con la frecuencia suficiente para evitar que se vuelva viciado. *Esto es particularmente importante en tiempo de epidemia o pandemia como se vivió en el mundo en 2020.* Una tasa de ventilación típica para una vivienda es de una renovación de un volumen de aire igual al de la vivienda, una vez por hora. En edificios públicos o comerciales este valor es en general mayor.

El intercambio controlado de aire en el pasado no era un gran problema, porque las casas tenían muchas corrientes de aire debido a la forma en que estaban construidas. Al mejorar la aislación de la casa y reducir las infiltraciones de aire, las renovaciones se tienen que hacer *ad-hoc*. El problema es que, en una casa bien aislada, estas renovaciones de aire son costosas energéticamente, y muchas veces se vuelven el factor dominante del consumo, ver la parte derecha de la Figura 7.

Cuando calefactamos en invierno, gran parte de aire que sale está caliente y el que viene del exterior está frío. En verano ocurre lo opuesto. Esto se visualiza claramente en la parte derecha de la Figura 7. Para reducir esta pérdida de energía se pueden usar los sistemas de ventilación con recuperación del calor, como el que se ilustra en la Figura 8, que extrae aire de la casa y al mismo tiempo introduce aire fresco. *Con estos sistemas se recupera hasta el 80% de la energía en el proceso de ventilación, que se traduce en ahorros de energía significativos. Estos sistemas ya se comercializan en el mercado local con precios que oscilan entre unos 600 USD a 1000 USD.*

Figura 8. Sistema de ventilación con recuperación de calor.



²Ventilación con recuperación de calor,
https://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_con_recuperaci%C3%B3n_de_calor



ETIQUETADO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA

La norma IRAM 11.900:2017 “*Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo*” permite etiquetar las viviendas de acuerdo a su consumo. Esta norma indica cómo calcular las prestaciones energéticas totales (kilowatt hora por m²) teniendo en cuenta la energía para calefacción y refrigeración, la energía usada para agua caliente sanitaria, la energía para iluminación y las contribuciones de energías renovables (solar térmica y fotovoltaica).

El Programa de Etiquetado de Viviendas tiene como objetivo generar una Etiqueta de Eficiencia Energética como un instrumento de información a los usuarios acerca de las prestaciones energéticas de una vivienda y constituye una herramienta muy eficaz de decisión a la hora de comprar o alquilar una vivienda. Esto a su vez genera una clara señal a los constructores para que construyan viviendas más eficientes. De este **modo la etiqueta constituye una herramienta útil para romper la asimetría de la información entre compradores y vendedores que es claramente una limitación de los mercados inmobiliarios, que es una barrera para el mejoramiento de la eficiencia de las construcciones.**

Sin embargo, un sistema de etiquetado de vivienda, aunque deseable, está quizás un poco distante en el tiempo de ser un instrumento que vaya a tener un impacto importante en el corto y tal vez mediano plazo en Argentina. Para que estos sistemas de etiquetado tengan impacto, primero deben de tener vigencia obligatoria. Situación que no parecería estar próxima, ya que deben adoptarlas tanto las provincias como todos los municipios involucrados. En general son éstos los que controlan las obras en construcción. Segundo, debe existir, además de una voluntad política firme de enforzarla, la disponibilidad de una infraestructura necesaria que haga que en cada municipio sea capaz de enforzar y controlar su cumplimiento. Esta conjunción de factores no parece estar cerca en el horizonte.

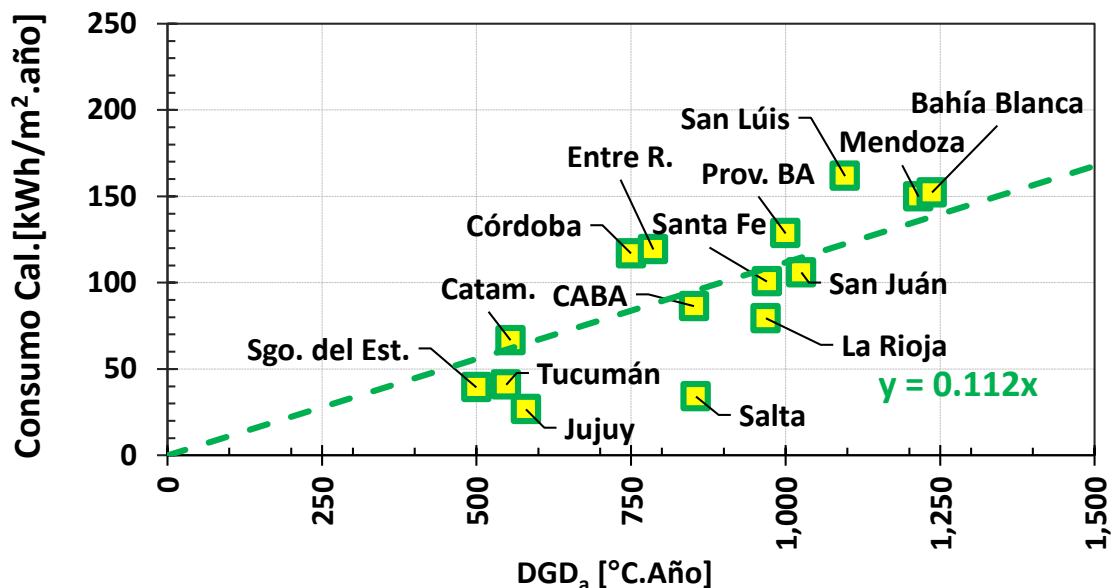
En la Provincia de Buenos Aires en 2003 se sancionó la Ley 13059, que “*establece las condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios, para contribuir a una mejor calidad de vida de la población y a la disminución del impacto ambiental a través del uso racional de la energía.*” Esta ley recién fue reglamentada en 2010 mediante el Decreto 1030. (14) Diez años más tarde, dista mucho de ser cumplido en la provincia. En ciudad de Buenos Aires se sancionó la Ley 4458 en 2012 que fue vetada parcialmente y no se reglamentó. Los Códigos de Edificación prácticamente no hacen mención a mejoras en la calidad térmica de la envolvente, salvo la Ciudad de Rosario donde si se produjeron algunas mejoras. (15) En este escenario puede afirmarse que prácticamente en todo el país los edificios no cumplen normas de eficiencia energética ni incluyen mejoras en la calidad térmica de su envolvente. Esta es una de las importantes asignaturas pendientes en Argentina.

Por otra parte, las características de las envolventes de edificios tienen muchas posibilidades de mejorar en Argentina. La dependencia del consumo de calefacción con el Déficit Grado Día anual, DGD_a, depende críticamente de las características de la envolvente de la vivienda. Los consumos específicos del sector residencial para las principales ciudades del centro-norte del país varían linealmente con el DGD_a, tal como se ve en la Figura 9. Esta relación entre consumo de energía para



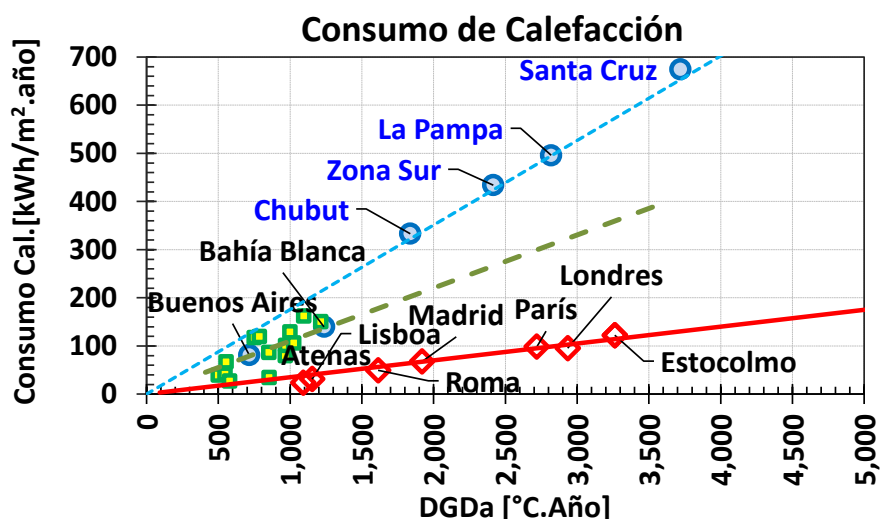
calefacción y DGD_a se ha analizado extensivamente en la literatura (16) (17). Las desviaciones de esta linealidad, como consecuencia de los niveles socioeconómicos de sus habitantes.

Figura 9. Variación de los consumos específicos residenciales anuales usados en calefacción como función del DGD anual para provincias de la región centro-norte.



NOTAS: Los cuadrados verdes son los valores observados para las ciudades que tiene gas natural.

Figura 10. Variación de los consumos específicos residenciales anuales usados en calefacción por metro cuadrado de construcción, como función del DGD_a (anual)..



NOTAS: Los círculos azules son ciudades del sur de Argentina. Los cuadrados verdes representan ciudades del centro norte del país. Los rombos rojos son los correspondientes consumos de varias ciudades europeas. Como se ve, los consumos específicos de Argentina, para la misma condición climática (valores similares del DGD_a) son casi 3 veces mayores, para las provincias del centro-norte que las de la UE. (11) (18)



En la Figura 10, se muestran los consumos específicos anuales por m^2 de construcción para las distintas ciudades de Argentina y otras de la UE, como función del DGD_a. Los rombos rojos son los correspondientes consumos de varias ciudades europeas.

Como se ve, los consumos específicos de Argentina, para la misma condición climática (valores similares del DGD_a) son casi 3 veces mayores, para las provincias del centro-norte que las de la UE. En el caso de algunas ciudades del sur argentino, este consumo específico puede llegar a ser hasta 4 veces mayores que registrados en la UE para las mismas condiciones climáticas. (22) (25).

*Por otra parte, la dependencia cuasi lineal del consumo de calefacción con el DGD_a, Figura 9, sugiere que **las envolventes térmicas de las viviendas en Argentina tienen similares características constructivas, independientemente de la región bioclimáticas. Es decir, en Argentina las viviendas están construidas de manera muy similar tanto en el norte como en el sur y centro del país.***

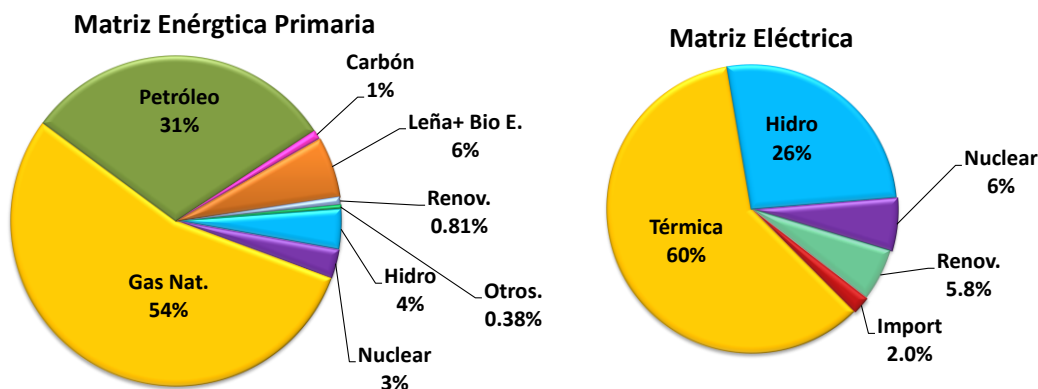
Esta sola observación y la disminución de los consumos específicos que se observan en la UE indican claramente la oportunidad que tenemos como país de reducir nuestros consumos mejorando las características de las envolventes y ajustando las mismas a las condiciones bioclimáticas de cada lugar como recomiendan varias normas nacionales (IRAM 11601, 11604, 11900, etc.) e internacionales.

CONSUMO RESIDENCIAL DE GAS Y ELECTRICIDAD EN ARGENTINA

Argentina tiene una matriz energética muy dependiente del gas natural. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 11, se muestran las fuentes primarias de energía (es decir los modos en que la energía se toma en forma directa de sus fuentes naturales) y la matriz eléctrica del país. Como es sabido, la electricidad se produce siempre a partir de alguna fuente primaria de energía.

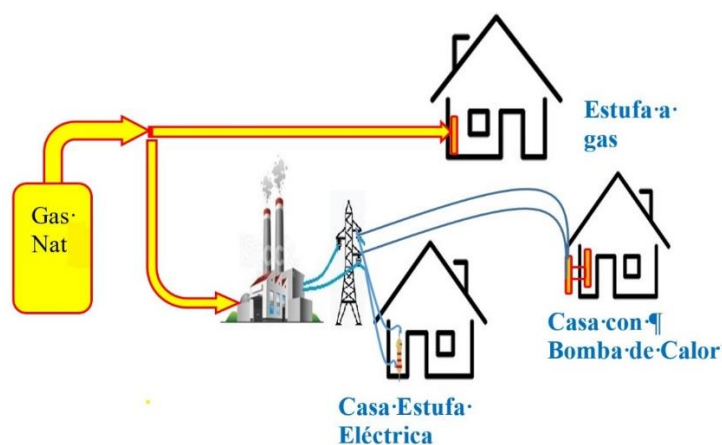


Figura 11. Matriz energética primaria y de generación eléctrica para Argentina. Año 2017



NOTAS: Izquierda matriz energética primaria Argentina para el año 2017 y a la derecha la matriz eléctrica argentina para el mismo año. Como se ve, casi el 65% de la electricidad se obtiene de fósiles, fundamentalmente gas, con una eficiencia media de un 50%. Fuente de los datos: Secretaria de Energía de la Nación. (19), (20) (21)

De este modo, cuando se usa electricidad en los hogares, indirectamente se está usando también gas. Como se ilustra esquemáticamente en la **Figura 12. Diagrama esquemático de cómo llega la electricidad y el gas a un hogar típico argentino.**



NOTAS: Si suponemos que una central eléctrica a gas tiene una eficiencia del 50% energética primaria, aunque la eficiencia de conversión de la electricidad en gas es del 100% la eficiencia del uso del gas será del 50%. Aquí se suponen tres situaciones, casa con calefacción eléctrica de resistencia, calefacción a gas y calefacción con bomba de calor.

Típicamente una estufa con resistencia eléctrica tiene una eficiencia (η_{RE}) cercana al 100% de transformar electricidad en calor. Pero como la eficiencia de una central eléctrica es $\eta_{CE} \approx 50\%$, la eficiencia de calefacción eléctrica será: $\eta_{cal} = \eta_{CE} \cdot \eta_{RE} \approx 50\%$. Si la estufa a gas tiene una eficiencia $\eta_{gas} (\approx 75\%)$ de dejar este calor en el recinto, estamos en una situación mejor que con la resistencia eléctrica. Pero si usamos una bomba de calor que tiene un Coeficiente de Rendimiento ($COP = \text{Energía calórica} / \text{Energía Eléctrica} \approx 400\%$). La eficiencia de calefacción será en este caso: $E_{cal} \approx \eta_{CE} \cdot COP$, es decir $E_{cal} \approx 200\%$. Así vemos que



energéticamente es conveniente calefaccionar con una buena bomba de calor, o sea un acondicionador de aire frío/calor clase A (o mejor) preferiblemente con *inverter*.

Sin embargo, en cuanto al costo de calefaccionar, la situación es diferente. En la región del AMBA el costo de la misma unidad de energía en forma de electricidad es 4 veces más cara que la misma unidad en forma de gas natural por redes. Es decir, si una unidad energía de gas natural cuesta X\$, la misma cantidad de energía eléctrica cuesta 4.X\$. Por lo tanto, **en la zona del AMBA, el modo de calefacción más económico es con una buena bomba de calor, seguido por una estufa a gas de tiro balanceado y lo más caro y menos sostenible es calefaccionar con una estufa con resistencia eléctrica**. En más adelante en este informe, se analiza esta situación más detenidamente, considerando el costo de los equipos y su mantenimiento.

PROPUESTA DE MEDIDAS

Medidas de Bajo Costo

Como se discutió antes, las mejoras en el diseño de una vivienda, su adecuada aislación térmica de la envolvente, etc. son cruciales para una reducción apreciables de los consumos de energía para su acondicionamiento térmico. Sin embargo, en una vivienda ya construida, estas mejoras no siempre son posibles.

La experiencia con auditorias de viviendas en Argentina (3) y en otros lugares, (22) muestra que *es posible realizar reducciones importantes en consumo de energía para el acondicionamiento térmico de una vivienda, mejorando las condiciones de confort de sus habitantes, con medidas de racionalización y eficiencia de bajo costo. Estas medidas pueden aportar ahorros de energía en calefacción y refrigeración, que típicamente pueden ir del 30% al 60% del consumo en estos usos.*

Regulación de termostatos

Un modo simple de lograr importantes ahorros tanto en gas como en electricidad, o sea en calefacción y refrigeración (8), consiste en fijar adecuadamente las temperaturas del termostato de los equipos de calefacción y refrigeración, respectivamente.

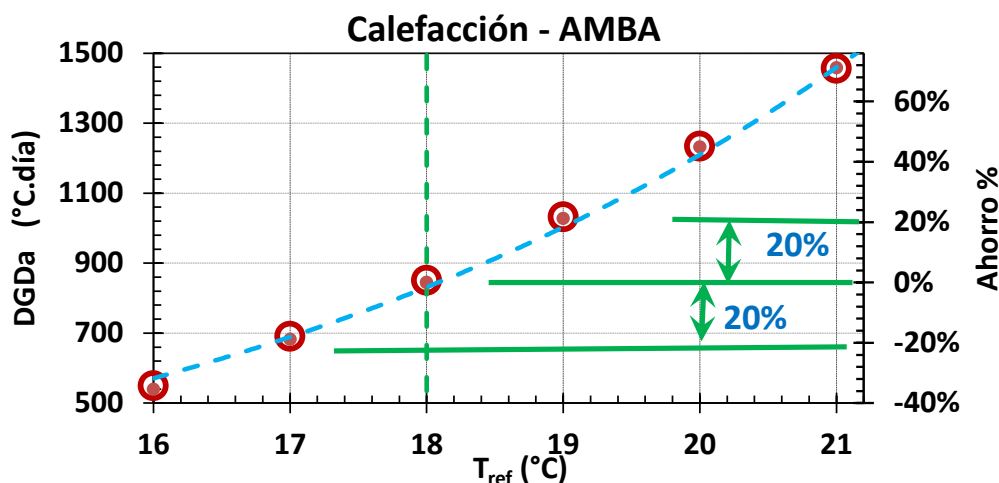
Varios estudios indican que bajar en un 1°C el termostato en invierno puede generar ahorros del 10% al 25% del consumo de calefacción, dependiendo de la zona región bioclimática del país. De igual forma, aumentar en 1°C el termostato en los acondicionadores de aire, en modo refrigeración, puede generar un ahorro de energía superior al 25%. En la zona central de la Argentina, donde se concentra alrededor del 90% de la población, estos ahorros son del 20% en invierno y del 25% en verano.

Dado que el consumo de energía primaria usada en calefacción y refrigeración de edificios en el país es del 18% del total, una simple medida consistente en variar 1°C las temperaturas de los termostatos de los equipos, aportaría un 3% al 4% de ahorro del consumo total. Además, este ahorro se lograría en los picos de consumo, contribuyendo a mitigar los cortes de suministro. Solo



en el caso de la calefacción a gas, en los días de mayor frío, el consumo residencial, comercial y de Entes Oficiales, se incrementa en un factor de 4 respecto a los consumos estivales. En estos días el consumo por calefacción alcanza unos 50 millones de $\text{m}^3/\text{día}$, se podrían esperar ahorros del orden de los 5 millones de $\text{m}^3/\text{día}$, es decir este ahorro ocurriría durante los picos de consumo. Desde luego este ahorro se produciría en los días de mayor frío, es decir afecta el consumo pico. Se muestra así la **importancia de impulsar un programa orientado a monitorear y regular cuidadosamente la temperatura a las que se fijan los termostatos, en invierno y en verano, como así también la importancia de establecer normativas que estimulen el uso racional y eficiente de la energía.**

Figura 13. Déficit Grado Día (DGDa) de la zona de AMBA como función de la temperatura de referencia o de termostato, T_{ref} .

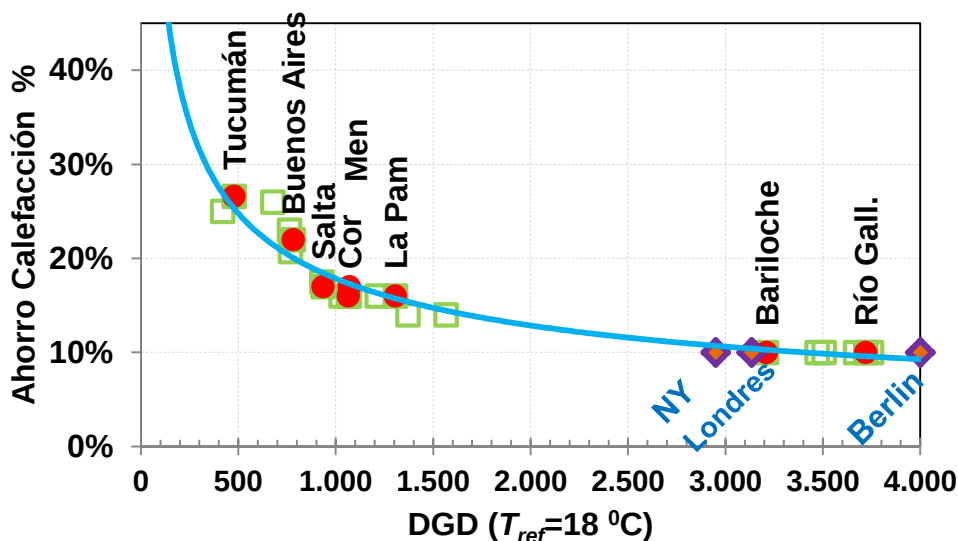


NOTAS: El eje vertical derecho, muestra el ahorro porcentual de calefacción por variación de T_{ref} . Por disminuir la temperatura del termostato, T_{ref} , en 1 $^{\circ}\text{C}$ generaría un ahorro del 20% (8).

En la Figura se representa la variación del ahorro de energía para calefacción, por incremento del 1 $^{\circ}\text{C}$ de la temperatura de referencia para distintas ciudades de Argentina y de otros países. Como se ve, a medida que las temperaturas son más rigurosas o frías, el ahorro por variación de 1 $^{\circ}\text{C}$ en el termostato disminuye, pero sigue siendo considerable, del orden del 10%.



Figura 14. Representación de los ahorros en calefacción, por disminución de 1 °C para distintas ciudades de Argentina y del mundo.



NOTAS: Para este análisis se usó una temperatura de referencia de 18 °C.

Para el caso de calefacción, **sería útil recomendar el uso de termostatos de los sistemas de acondicionamiento térmico de ambientes, tanto eléctricos como de gas, como un método eficaz de reducción del consumo de energía utilizado en calefacción y refrigeración.** (23) Desde luego, los usuarios también pueden lograrlo usando un simple termómetro de pared que son de muy bajo costo. En concordancia con el DOE (U.S. Department of Energy), (23) se debería recomendar usar el termostato en invierno a 20°C, mientras los ocupantes estén despiertos y reducir esta temperatura a 18 °C cuando los ocupantes duermen. Los porcentajes de ahorro son mayores para los edificios en climas templados como los de la región centro-norte de Argentina que en los de climas más fríos.

Aunque los termostatos se pueden ajustar manualmente, los termostatos programables posibilitan volver a las temperaturas de confort antes de despertar o volver a casa. En esa línea, en muchos edificios de Argentina con calefacción central, muchas veces se deja la calefacción encendida en todo el edificio, calefaccionando unidades sin moradores (ya sea que las unidades están sin ocupación, o porque sus moradores están trabajando o ausentes). Esto constituye un uso no racional de los recursos que además tiene un alto costo para sus habitantes. Dado que los sistemas actuales de calefacción central permiten un ajuste individual de la calefacción, generando ahorro a sus moradores, se hace necesaria una regulación especial al respecto. De hecho, la directiva de eficiencia energética de 2012 (Directiva 2012/27 UE) establece un conjunto de medidas vinculantes para lograr que UE alcance sus objetivos de eficiencia energética para el año 2020, entre las cuales se encuentra la obligatoriedad que los edificios de departamentos cuenten con sistemas que contabilicen sus consumos individuales de calefacción. Se busca así reducir las emisiones GEI y ahorro energético en los hogares. Estos sistemas permiten a los usuarios obtener información objetiva sobre la energía consumida y valorar sus ahorros.

Otras medidas de bajo costo de calefacción



Como se señaló previamente, sería deseable contar **con programas de difusión masivos que antes de la llegada del invierno, enfatizen algunas medidas de bajo costo para reducir los consumos, por ejemplo:**

- **Uso de burletes en puertas y ventanas**, en especial las que den al exterior o zonas frías.
- **Uso de bloqueadores de infiltraciones de aire** en las puertas que dan al exterior (Figura 15)
- **Aprovechar el sol del día**, abrir las cortinas de las ventanas que den al norte durante el día, para permitir que el sol caliente su hogar.
- **Evitar pérdidas de calor a la noche**: usar cortinas u otros elementos, cerrar cortinas, persianas o postigos de madera o plástico en ventanas y balcones durante la noche. Esto aminora el efecto de enfriamiento exterior, ver Figura 16. Asimismo, cerrar las puertas. Aprovechar al máximo la inercia térmica de los edificios. Estas medidas permiten tener confort térmico con la calefacción apagada. En este sentido es importante reducir las infiltraciones o chifletes de aire de las aberturas, como se indicaba previamente.
- **No sobre calefaccionar** la vivienda, calefaccionar a una temperatura ambiente de 18°C o a lo sumo 20°C en invierno. Usar termostato o un termómetro para controlar la temperatura de la vivienda.
- **Calefaccionar un par de horas** antes de ir a dormir y apagar o bajar la temperatura a la noche. Es ineficiente y costoso calentar toda la casa durante toda la noche y muchas veces peligroso. A la mañana, también calefaccionar solo un par de horas.
- **Calefaccionar lugares necesarios**. Calefaccioná sólo aquellos ambientes donde haya gente, no calefaccionar toda la vivienda.
- **Utilizar ropa adecuada**. Usar suéter o pulóver en invierno y medias de lana.
- **Usar frazada/manta**. Utilizar frazada de polar o similar. Usar una o más frazadas y ajustarlas bien en el colchón (costados y en la zona de los pies). También se pueden usar frazada eléctrica o manta gruesa de duvet o de fibras sintéticas.
- **Usar pijamas y sabanas abrigadas**, como por ejemplo pijama de franela y sabanas de franela.
- **El cuerpo humano desprende calor**. Un ser humano genera una potencia de aproximadamente 100W.
- **No abrir ventanas** para bajar la temperatura.
- Si fuese necesario, algunas ventanas que no se abren frecuentemente en invierno, se puede sellar con una folia de polietileno transparente y cinta de carpintero por el invierno. De este modo se logra el mismo efecto de una ventana de doble vidrio, pero a un costo muy bajo. Ver Ref. (24).
- **Apagar los pilotos** de los calefactores a gas cuando no lo uses.
- **Invertir ventilador**. En invierno, invierta el ventilador para que funcione en sentido horario (o simplemente encenderlo a mínimo), para que fuerce el aire caliente que se encuentra en el techo hacia abajo, que es donde están las personas. Es frecuente que los edificios y vivienda tengas un gradiente térmico muy importante, empleando casi toda la energía para calefaccionar los techos, mientras las zonas bajas están frías.
- Utilizar artefactos de **clase de eficiencia energética A o superior**.



Figura 15. Ejemplo de diferentes tipos de burlete, izquierda en ventana y derecha en puertas



Figura 16. Fotos termograficas,



NOTAS: izquierda medición de la temperatura de la pared (18,3 °C), medio temperatura de la superficie del vidrio (2,9 °C) y derecha temperatura del vidrio una vez que se cierra la persiana de madera (18,7 °C).

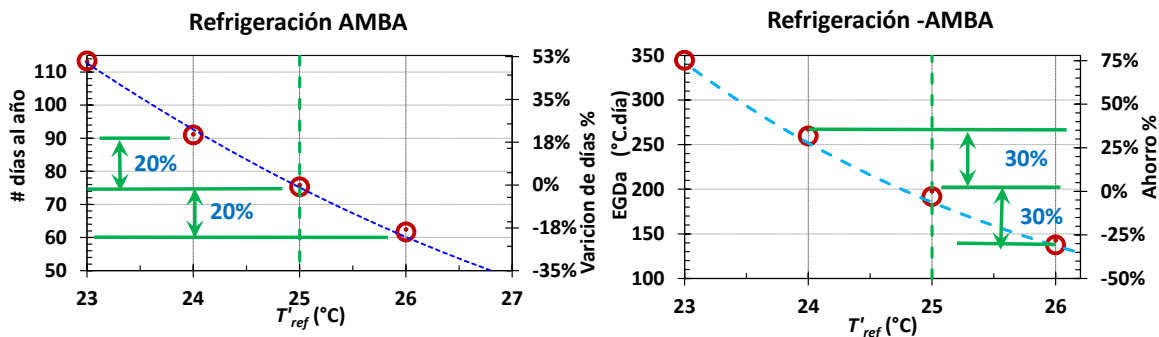
Quizás estas medidas puedan parecer un tanto ingenuas y obvias, sin embargo, se usan en muchos países desarrollados de mundo y aun localmente con mucho éxito. Permiten reducir los consumos de calefacción en forma significativa con muy bajo costo. Sin embargo, para lograr su aprovechamiento requieres de **campañas activas de difusión**, para que las personas las internalicen e incorporen a su vida habitual.

Medidas de bajo costo de refrigeración

La refrigeración de interiores en Argentina es un consumo energético importante, que representa cerca del **20% de la demanda eléctrica residencial** y una fracción aún mayor del sector comercial. Desde luego en la región centro-norte su uso tiende a incrementarse, como ocurre en todo el mundo. (25) Este consumo se concentra en los días de mayor calor, representado por el área verde, de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, esta área representa lo que denominamos Exceso Grado Día (EGD_a) y determina la demanda de energía para refrigeración. Es un parámetro análogo al Déficit Grado Día para la calefacción. Como se vio en el caso de la calefacción, la magnitud de la energía para usada para refrigerar una vivienda, como así mismo la longitud del tiempo que se refrigera, depende en forma muy crítica de la temperatura de a la que se fija el termostato, T'_{Ref} , como ilustra la figura siguiente

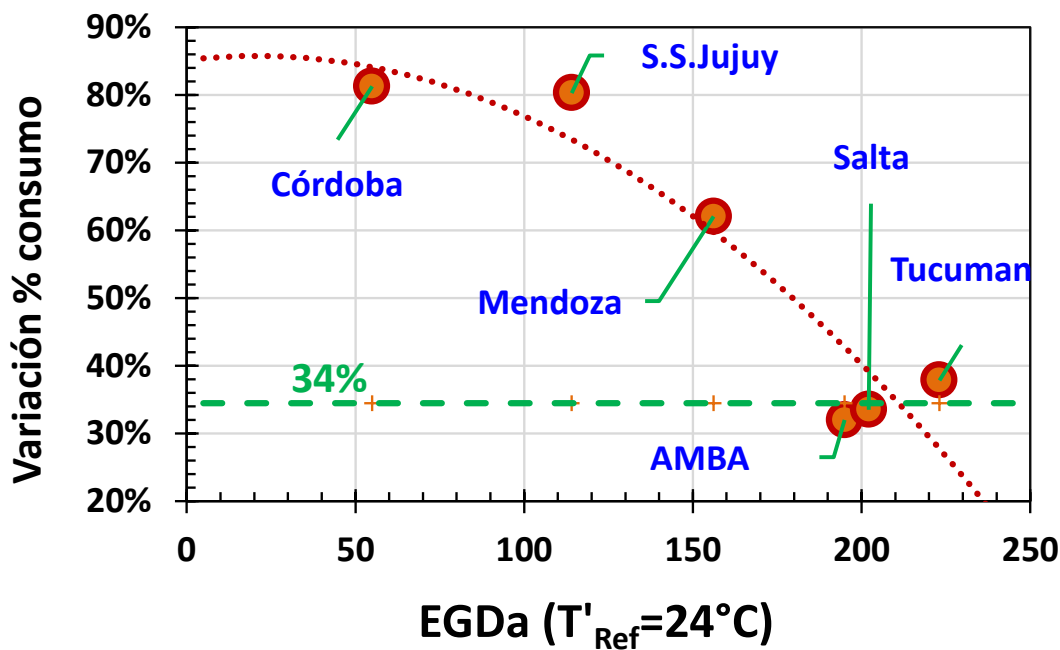


Figura 17. Variación de números de días que se utiliza la refrigeración



NOTAS: A la izquierda, variación del número de días (# días al año) que se usa la refrigeración como función de la temperatura de referencia T'_{Ref} (termostato). A la derecha se muestran la variación de Exceso Grado Día ($EGDa$) y los potenciales ahorros en consumo de energía como función de T'_{Ref} . La reducción en consumo por variación de 1 °C en la temperatura de referencia es del orden del 30% en AMBA. Asimismo, el número de días al año en los que se requiere refrigeración también disminuye, 20% por grado centígrado

Figura 18. Ahorros porcentuales de energía por variación de 1°C en la regulación del termostato de un AA para distintas ciudades de Argentina.



NOTAS: Para este análisis se usó una temperatura de referencia de $T'_{Ref}=24^{\circ}C$.

La energía usada en refrigeración en un determinado día es proporcional a la diferencia de temperatura entre el interior y exterior, ($T_{med} - T_{int}$), y la magnitud de esta energía varía en forma muy considerable con la temperatura de ajuste o regulación del termostato, es decir T_{int} . Si este valor se sube en 1°C (de 24°C a 25°C) en promedio el ahorro es del orden del 34%, en la mayoría de las ciudades argentinas, ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.. Además, como



lo muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, al aumentar la temperatura a la que se comienza a usar el AA, el número de días u horas que se requiere encender los equipos y es reducción es asimismo muy notable. (26) (27)

*En base a lo discutido, surge de modo natural, que la **regulación de termostatos** es una herramienta poderosa de racionalizar el consumo de refrigeración. En este sentido, sería conveniente como primera medida, generar pautas o recomendaciones a los usuarios, similares a las que realiza el Departamento de Energía de los EE.UU. (DOE). (28) que recomienda fijar dicha temperatura en 26°C. En Argentina, según el Decreto 140/2017 este valor se fijó en 24°C.*

Los resultados mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, justifican adicionalmente la **estrategia de usar en verano un ventilador, cuando la temperatura sea es inferior a 29°C o 30°C y el aire acondicionado cuando la temperatura supera 30°C**. Dado que un ventilador en general tiene un consumo del orden de 1/15 de un Aire Acondicionado, con los cual podrían alcanzarse valores de ahorro en refrigeración cercanos al 80 % o 90 % en la zona central de Argentina, sin perder condiciones de confort.

Otra alternativa es el uso de climatizadores evaporativos, como el que se muestra en la Figura 19. Al pasar el aire forzado de un ventilados por un filtro o rejilla húmeda, el agua se evapora y enfría el aire, de modo muy similar a como la briza marina se enfría al soplar sobre el mar. Estos equipos son de bajo costo, un quinto o un cuarto de un AA estándar y además no requieren instalación. Desde luego, no se trata de un AA, solo es capaz de refrescar unos 3°C o 4°C, (29) pero para temperaturas inferiores a 30°C o 31°C es suficiente para sentirse confortable. Estos equipos son particularmente adecuados para zonas de clima seco, como Salta, Córdoba o la zona andina. No debe pensarse estos equipos como alternativos o sustitución plena de una AA, ya que su función es refrescar en unos 2°C o 3°C la temperatura, en ingles estos equipos se designan como *chillers*, es decir son otro tipo de equipo, pero que generan bienestar. Usados adecuadamente, como complemento de los AA son una herramienta útil, para racionalizar y reducir los consumos de refrigeración en forma muy significativa.

Sus consumos energéticos son similares a un simple ventilador, (29), (30) es decir menos de un décimo de un aire acondicionado típico. Pueden funcionar en el exterior como en el interior de una vivienda. Para viviendas de bajos recursos, esta característica hace que sean particularmente adecuados, ya que muchas veces esas viviendas no tienen buena aislación térmica, con lo que los aires acondicionados, además de consumir mucho, no tienen su mejor comportamiento y rendimiento.

Figura 19. Climatizador evaporativo para refrigeración.

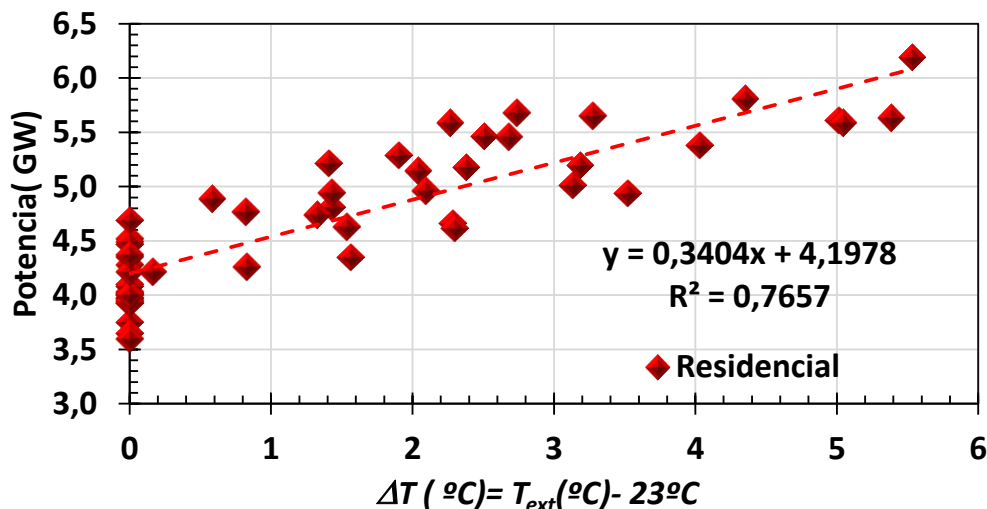


NOTAS: A la izquierda se ilustra su funcionamiento, por una rejilla húmeda, se fuerza con el ventilador una corriente de aire caliente de medio. El agua de la rejilla se evapora absorbiendo calor, por lo que el aire se enfría y es impulsado al exterior. Así se genera un flujo de aire algunos grados más fríos que el entrante. Muy adecuado para climas secos, pero aun en el AMBA funcionan adecuadamente.

A nivel individual, es decir de una familia, es clara la ventaja de usar estas pautas de uso racional de la energía en refrigeración; o sea usar ventiladores o climatizadores evaporativos para temperaturas inferiores a 29°C o 30 °C, por su impacto en las facturas de energía. Sin embargo, a nivel nacional y global estos ahorros son muy importantes y significativos como se ve en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** El incremento de demanda por el incremento de 1°C, es de 340 MW/°C. Esto es equivalente a encender una central eléctrica como Atucha I por cada grado de incremento de temperatura por encima de los 23°C.

Figura 20. Climatizador evaporativo para refrigeración.

Consumo eléctrico Residencial



NOTAS: Variación del consumo eléctrico (potencia demandada) residencial nacional con la variación de temperatura. Aquí el exceso de temperatura se tomó respecto de $T_{ext}=23^{\circ}\text{C}$, es decir $\Delta T = T_{ext}-23^{\circ}\text{C}$. Como se ve, el incremento de demanda por el incremento de 1°C, pendiente de la recta de ajuste, es de 340 MW/ °C.

Equivalente a encender una central eléctrica como Atucha I por cada grado de incremento de temperatura.
Fuente de datos: CAMMESA (31)

Claramente, medidas de eficiencia en el uso de la refrigeración, como las mencionadas anteriormente, tendrían una ventaja muy notable para asegurar el suministro eléctrico en los días más calurosos cuando la demanda es mayor. Asimismo, como una fracción importante de la demanda residencial es subsidiada por el estado, una reducción en el consumo de las familias sería de mucho interés para el erario público. Desde luego, las reducciones en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) también serían muy importantes.

Otras medidas de bajo costo y simples de implementar son el uso de ventanas con postigos o cortinas con lamas oscilantes y ventanas con aleros como se ve en la Figura 21. Estas son soluciones bien conocidas, que permiten aprovechar la luz diurna, el ingreso de radiación en invierno y reducirla en verano. Lamentablemente, en los últimos 20 años, las modas arquitectónicas locales, las han venido suprimiendo sistemáticamente. Adicionalmente, disponer de un árbol de hojas caducas frente a una ventana orientada al norte, puede servir para dar sombra en verano y dejar pasar el sol en invierno. Estas soluciones simples y de bajo costo pueden reducir considerablemente la necesidad de AA en una vivienda.

Figura 21. Opciones para reducir la radiación solar.



NOTAS: A la izquierda, ejemplos de postigos o cortinas con lamas basculantes. A la derecha, uso de alero para disminuir la radiación solar en verano, pero aprovecharla en invierno, para una ventana orientada al norte.

Durante las noches cuando dormimos, la temperatura corporal de la parte central del cuerpo baja y el calor se irradia predominantemente por las extremidades. Varios estudios indican la mejor temperatura para dormir con pijamas y una manta esta entre 16°C y 20°C y de ~30°C si se está desnudo o descubierto. (32) Esto sugiere que una estrategia de ahorrar energía a la noche es poner la temperatura baja, digamos 16°C, en invierno y usar una buena cobertura (mantas y pijamas). En verano, con cobertura liviana (sábana), a una temperatura de ~27°C, podremos dormir cómodos. Otra estrategia sería en los días de verano, usar ropa liviana y con un simple ventilador es probable que podamos dormir cómodamente aun en los días de mayor calor de la zona central de Argentina. Estas simples estrategias, pueden ahorrar muchas horas de aire acondicionado y calefacción.

Cambio de equipos de refrigeración

Esta es una estrategia muy importante, de la que hay abundante información internacional. (33), (34), (35) En particular, en el caso de México, varios estudios indican que si bien el en cado de heladeras el programa de reemplazo o canje de equipo logró en buena parte su cometido, para el



caso de los AA se encontró un efecto rebote, que en buena medida cancelaron su beneficio. (34) Una posible explicación de este hecho, sería que los AA más eficientes cuestan menos de usar, lo que conduce hogares para utilizarlos más. Este patrón de utilización lleva a poner mucho esfuerzo en la acción de informar y concientizar sobre el uso racional y eficiente, con el fin de que el efecto rebote que los equipos más eficientes puedan producir, que su mayor uso cancele sus beneficios. Desde luego, no hay dudas que el buen uso de equipos más eficiente son un importante elemento de ahorro de energía, por lo que actualizar periódicamente los sistemas de etiquetado en eficiencia energética debería ser una acción permanente, como en establecer estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS por su sigla en inglés), de manera que el parque nacional de equipos mejore su eficiencia, pero no anteponer tecnología a conciencia y racionalización de uso. En otras palabras, utilizar las mejoras tecnológicas como una herramienta útil para acompañar una tarea integra de informar y concientizar el Uso Racional y Eficiente de la Energía, UREE, y no como un 'bala de plata' para moverse en el sendero de la mayor sostenibilidad energética.

Un acondicionador de aire inverter nunca apaga su compresor; en cambio, ajusta la carga según la temperatura de la habitación. Esto significa que no funciona a plena potencia, que lo convierte en un aparato que ahorra más energía que un aire acondicionado sin inersor.

Los AA tradicionales, sin Inverter, al igual que las heladeras tradicionales, funcionan con compresores que se encienden y apagan intermitentemente. Para mantener fresca la temperatura de una habitación, el compresor funciona a plena potencia hasta alcanzar la temperatura deseada. Luego se apaga hasta que la temperatura sube algunos grados del valor prefijado en el termostato, y se vuelven a encender para recuperar la temperatura deseada, a plena potencia. Por otra parte, los equipos con inverters, el compresor funciona de modo continuo para mantener la temperatura. Solo se modula la intensidad de su funcionamiento. Un equipo con inverter puede mantener la temperatura deseada ahorrando entre 35% al 50% de energía de otro equivalente convencional. (36), (37) De ideal modo, los AA comerciales, han venido mejorando su eficiencia en modo sostenido en la dos últimas décadas. Pero para que estas mejoras tecnológicas tengan un impacto directo en el consumo general, es necesario contar con un escenario propicio y especial. Actualmente en Argentina esta vigente la Norma IRAM 62406/2007, que según la Resolución N° 228/2014 de la Secretaría de Energía de la Nación establece como eficiencia mínima (MEPS) la categoría C (IEE≈3,05). Actualmente la norma IRAM 62406 se encuentra en revisión. (38) En la nueva versión, aun no vigente, la categoría de eficiencia máxima sería A+++ (IEE≈8,5), por lo que la ganancia en eficiencia de pasar de un equipo C a otro A+++ sería del orden del 65%.

Desde ya, un buen diseño que impida la entrada de radiación directa en los días de verano es fundamental, una buena aislación térmica de la envolvente, reducción de la infiltración de aire del exterior, correcto ajuste de los termostatos, limitar sus tiempos de uso, etc. En síntesis, la racionalización en el uso y condiciones de contorno son esenciales para poder aprovechar las mejoras en eficiencia.

Por lo tanto, resulta muy importante el iniciar programa de eficiencia en refrigeración con medidas de bajo costo, que dan en marco adecuado, para que la mejora en eficiencia de los nuevos equipos



pueda aprovecharse plenamente. Desde luego, esto vale tanto para la calefacción como para la refrigeración.

Tabla 1 Potenciales ahorros con distintas medidas de UREE – Tomando como base la Norma IRAM 62406 (nueva versión aún en estudio)

	Adopción Plena 90%	Adopción parcial 40%
Regulación de Termostatos a 26°C	40%	25%
Uso de Ventiladores y Climatizadores para temperaturas inferiores de 29°C	88%	44%
Recambio de artefactos de C a A+++ índice de eficiencia energética (IEE) Pasando de C (IEE=3,05 a A+++ IEE=8,5)	60%	30%

De este modo, vemos que las medidas de racionalización de consumo de refrigeración, basadas en regulación de termostatos y empleos de ventiladores y climatizadores pueden generar una reducción de consumo y emisiones comparable o mayores que un plan de recambio de equipos, a un costo considerablemente menor que un cambio masivo de equipos de AA. Además, puede completar y mejorar los resultados de un cambio de equipos.

Medidas de alto impacto y costo intermedio

Como se señaló previamente, la **promoción de una construcción sustentable bioclimática sería una de las primeras recomendaciones para avanzar en el sendero de la sostenibilidad en el habitat**. Como se señaló previamente, la adopción en forma obligatoria del Programa de Etiquetado de Viviendas sería claramente una señal en el sentido correcto. En particular **para las nuevas viviendas y las viviendas de carácter social, financiada en buena medida con fondos públicos**. La Etiqueta de Eficiencia Energética es un instrumento de información que constituye a generar una clara señal muy importante a los constructores para edificar viviendas más eficientes. La etiqueta constituye a romper la asimetría de la información entre compradores y vendedores que es claramente una limitación de los mercados inmobiliarios, que es una barrera para el mejoramiento de la eficiencia de las construcciones.

En esa línea, **la elección adecuada de los sistemas de calefacción constituye una herramienta muy útil para racionalizar y efficientizar los consumos**. Con ese fin, a continuación, analizamos los costos de calefacción, adoptando el mismo criterio usado en los capítulos presentes para alizar los costos de cocción y calentamiento de agua sanitaria.



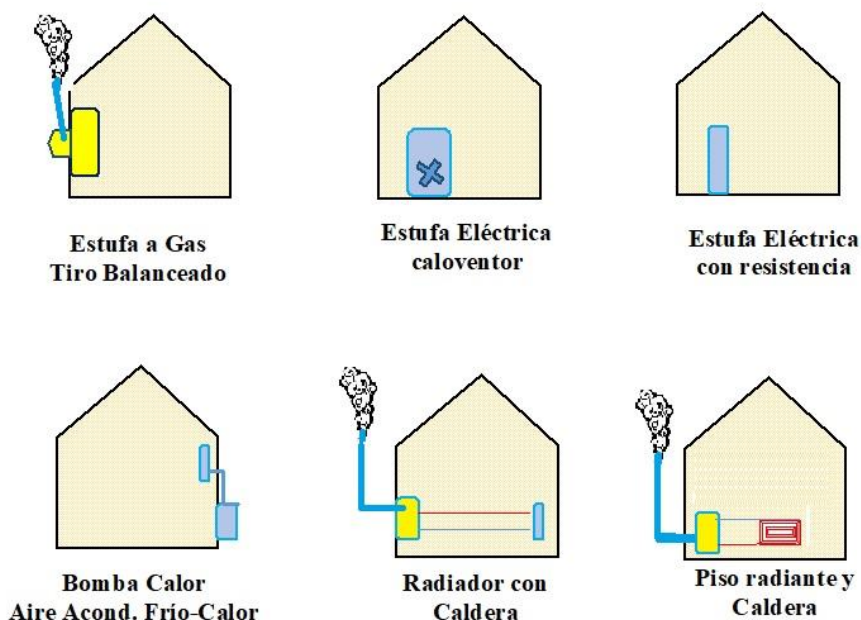
Costo nivelado de calefacción a 15 años

Los consumos de calefacción, muestra una gran variación entre las distintas provincias y ciudades de Argentina. Como se vio previamente, una forma adecuada de parametrizar y caracterizar las necesidades de calefacción viene dada por el Déficit Grado Día (DGD). (39) Con el objetivo de poder comparar los costos de calefacción en una vivienda a lo largo de su vida útil, se siguen las mismas pautas aplicadas a los casos de otros servicios similares, como cocción, agua caliente sanitaria, etc. Los distintos tipos de sistemas de calefacción más frecuentemente usados en Argentina se ilustra en forma esquemática en la Figura 22.

Se supone que la **vida útil de los diferentes equipos de calefacción es de 15 años**. Para tener en cuenta el costo del combustible y del mantenimiento que se pagan de forma progresiva a lo largo de esos 15 años, dichos gastos se redujeron a valores actuales, utilizando una **tasa de descuento del 7%**. (40) **El costo de mantenimiento se fija proporcional al costo del equipo, más específicamente se toma igual al 60% de su costo inicial, que al reducirse a los valores actuales, corresponde al 36% del costo inicial.**

El objetivo aquí es analizar y comparar los diversos modos de calefacción que se pueden usar con tecnologías estándares y maduras en uso en el país. En la **Tabla 2** se indican los costos aproximados de los principales tipos de equipos de calefacción para viviendas en Argentina y sus eficiencias típicas de calefacción.

Figura 22. Distintos tipos de calefacción para una vivienda.



NOTAS: Es muy importante recordar que todos los sistemas con cámara de combustión (gas o leña) deben tener salidas al exterior.

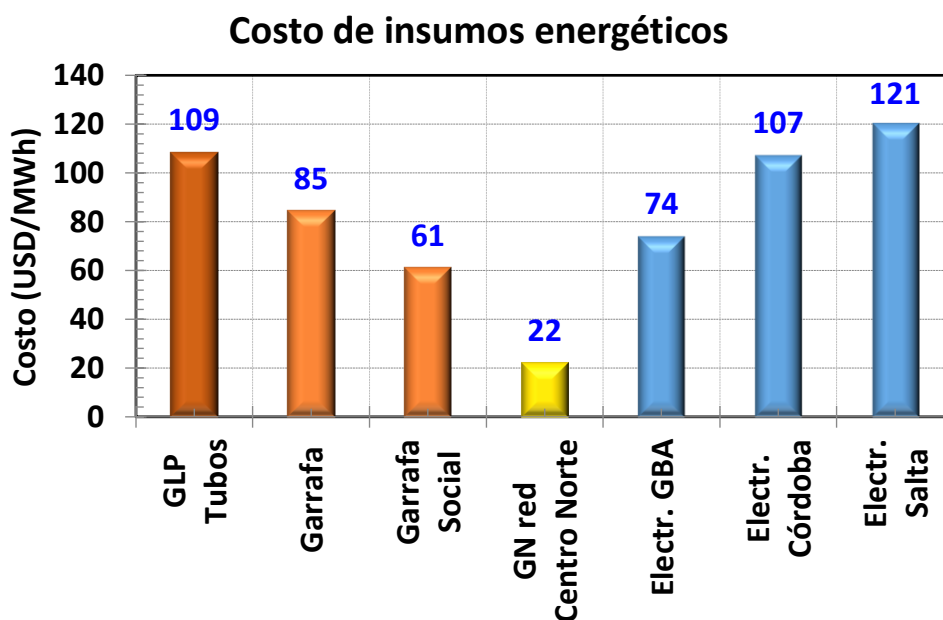


Tabla 2 Costo indicativo de los equipos de calefacción más usados en el mercado argentino, con sus costos aproximados en USD a septiembre de 2020 y sus eficiencias típicas. Ordenados de acuerdo a la eficiencia

Equipo	Costo (USD)	Eficiencia
AA (Etiqu. A++ Invert.) (Frio/Calor)	USD 1.444	450%
AA (Frio/Calor) (Etiqu. A)	USD 1.222	360%
Estufa Eléctrica	USD 356	100%
Caldera + Radiadores	USD 1.267	85%
Estufas TB	USD 444	75%
Estufa leña	USD 422	65%
Estufa Kerosene	USD 400	65%

NOTAS: Equipos de calefacción más usados en el mercado argentino, con sus costos aproximados en USD a julio de 2020 y sus eficiencias típicas de calefacción.

Figura 23. Variación de los costos de MWh con impuestos y cargos en el sector residencial de los distintos combustibles e insumos en tres zonas de Argentina.



NOTAS: Los números en azul arriba de las barras indican la relación de cada insumo, relativo al gas natural (GN) por red.

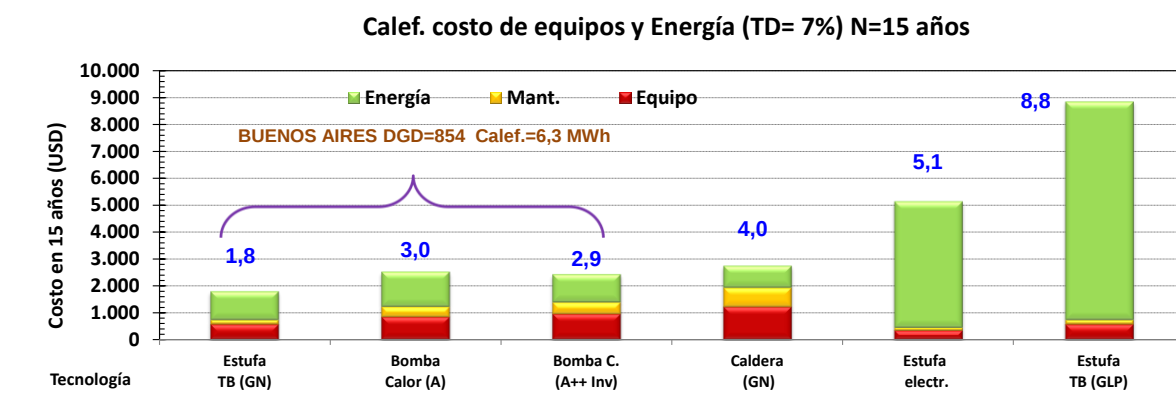
Otra información útil a tener en cuenta es el costo del kWh de distintos tipos de insumos energéticos usados en la calefacción en Argentina. Estos valores se indican en la Figura 23, tomando como base los costos de gas, electricidad, etc. vigentes a septiembre de 2020. Con estos costos de la energía y



suponiendo un consumo en calefacción para una vivienda en la zona central de Argentina, más específicamente tomando como primer ejemplo el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) en este caso, con un consumo de calefacción de unos $650 \text{ m}^3(\text{GN}) \approx 7 \text{ MWh/año}$, que equivale a un usuario medio actual, se calcula el costo de la calefacción a quince años, incluyendo el costo de los equipos y combustible. En este último caso, el costo de los combustibles se reduce a valores presentes. Los resultados para un usuario de la región central de Argentina (**AMBA, Córdoba o Rosario**) se muestran en la **Figura 24**. En las Figuras 25 y 26 se muestran los mismos resultados para un clima más frío como el de Mar del Plata y Bariloche respectivamente, suponiendo una vivienda de similares características. Sin embargo, es preciso tener en cuenta, que el rendimiento (COP) de las bombas de calor en climas fríos disminuye, (41) cosa que no sucede con las calderas.

Como se ve en la Figura 24, los modos más económicos de calefaccionar una vivienda en la región de AMBA y centro-norte de Argentina, son: las estufas de tiro balanceado a gas natural, los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o mejor A con Inverter), y las calderas con radiadores con agua caliente. La incidencia del costo proporcional de 333 USD inicial, asociada a la instalación interna de gas natural, no afecta demasiado, ya que las diferencias en costos de las diferentes tecnologías son mayores que este valor. **A medida que más riguroso son los inviernos, las bombas de calor con Inverter (Etiqueta A) y las calderas a gas con radiadores de agua se vuelven más competitivos.**

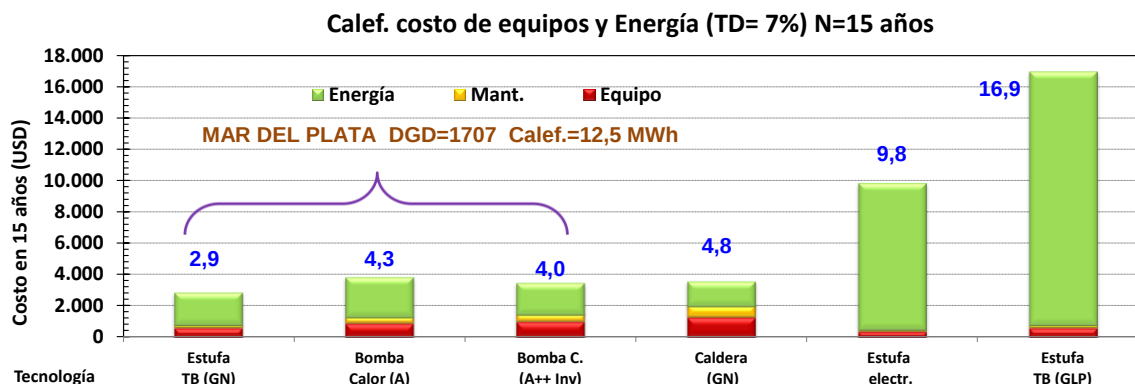
Figura 24. Variación de los costos de calefaccionar una vivienda convencional, ubicada en AMBA,



NOTAS: Variación de los costos de calefaccionar una vivienda convencional, ubicada en AMBA, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para quince años, incluyendo el costo de los equipos (Barras rojas), el costo de la energía (Barras verdes) y mantenimiento (barras amarillas). Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7%. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado a gas natural, los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o Bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o A con Inverter) y las calderas con radiadores de agua caliente.

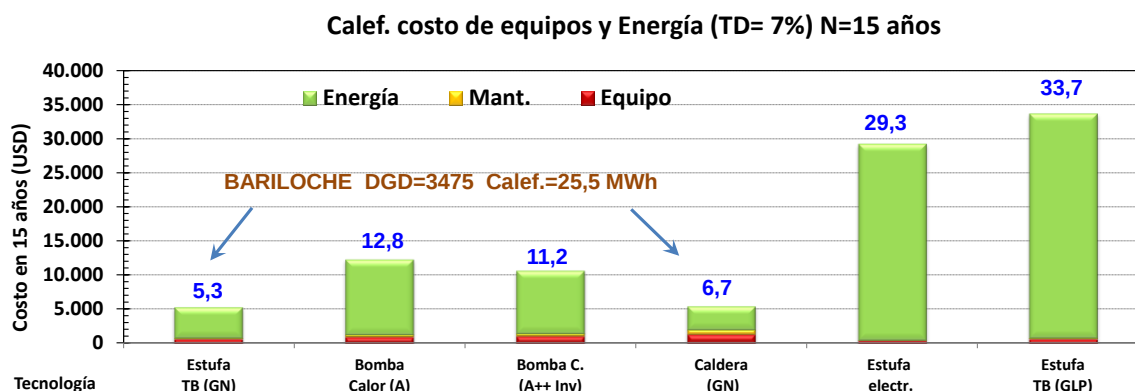


Figura 25. Variación de los costos de calefactar una vivienda convencional, ubicada en Mar del Plata



NOTAS: Variación de los costos de calefactar una vivienda convencional, ubicada en **Mar del Plata**, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para quince años, incluyendo el costo de los equipos (barras rojas), el costo de la energía (barras verdes) y mantenimiento (barras amarillas).). Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7%. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado a gas natural, los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor) o Bombas de calor (A en el etiquetado de eficiencia o A con Inverter) y las calderas con radiadores de agua caliente.

Figura 26. Variación de los costos de calefactar una vivienda convencional, ubicada en Bariloche,



NOTAS: Variación de los costos de calefactar una vivienda convencional, ubicada en **Bariloche**, del tipo prevalente actualmente en Argentina, para quince años incluyendo el costo de los equipos (barras rojas), el costo de la energía (barras verdes) y mantenimiento (barras amarillas).). Los costos de la energía fueron reducidos a valores presentes usando una tasa de descuento del 7%. Las tecnologías de calefacción de menos costo total son: las estufas de tiro balanceado a gas natural y calderas a gas natural duales (para calefacción y ACS) con radiadores de agua caliente.

Si además se tiene en cuenta que los equipos de Aire Acondicionado (Frío Calor o bombas de calor) se pueden utilizar tanto en invierno como verano, resulta así que estos dispositivos, en particular aquellos más eficientes con inverter son una de las tecnologías muy adecuadas para las viviendas, en particular en la región centro-norte de Argentina. En la región sur de Argentina, debido a los mayores subsidios al gas natural, este combustible resulta casi la mitad por unidad de energía que en la zona centro-norte, mientras que la electricidad en algo más cara que en la región del GBA. Por



lo cual, en esta región, donde existe gas natural por redes, las estufas de TB y las calderas duales (para calefacción y ACS) a gas natural, son las opciones más adecuadas, como lo ilustra la Figura 26.

Los equipos más recomendables para calefacción en la región centro-norte serían: Aire Acondicionado (Frío Calor) Etiqueta A y con inverter y las estufas de TB etiqueta A. Así también las calderas con radiadores de agua caliente, con termostato y encendido electrónico pueden ser adecuadas para regiones frío-templadas (Mendoza, Mar del Plata, Santa Rosa, etc.).

Como señalamos antes, en la región sur de Argentina, la relación costo de electricidad respecto del gas (R_{electr_gas}) es muy alta. O sea: $COP/R_{electr_gas} < 1$, por lo que es más conveniente, en general usar estufas a gas de TB o calderas a gas. De este modo, se debe tener precaución en la selección adecuada de bombas de calor en regiones frías, donde por lo general los COP son inferiores que en zona centro-norte de Argentina. Por ende, en esta región, tanto las estufas de gas a TB y las calderas duales a gas natural, que brindan agua caliente sanitaria ACS y calefacción (por radiadores o losa radiante) en un único equipo, pueden ser elementos muy interesantes de considerar como parte del equipamiento de calefacción de viviendas sociales. El hecho que un solo equipo provea dos servicios distintos (ACS y calefacción) hace que la diferencia de costo inicial de la caldera y las estufas de tiro balanceado se compense, al menos parcialmente. Si se tiene en cuenta que los equipos de calefacción pueden durar más de 10 años, estas diferencias de costo inicial se atenúan. De hecho, en la Figura 24, el costo de los equipos que tienen dos funciones, calefacción y ACS (calderas) y calefacción y refrigeración (bombas de calor) se consideró para calefacción solo el 60% de su costo inicial, dejando el costo inicial restante para su otra función.

*Una limitación de las estufas de tiro balanceado es su dificultad en el encendido y la regulación de la temperatura. Esto lleva a que muchas veces estos equipos permanezcan encendidos mucho tiempo en modo piloto. Esto insume más energía y costos, no computados en las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Por ello, en las estufas de tiro balanceado, es importante que las mismas dispongan de termostatos, encendido electrónico y sean etiqueta A+. Es importante destacar que la actual norma de calefactores de Tiro Balanceado (Norma NAG-315 de ENARGAS) no prevé en sus requisitos ni termostato ni encendido automática. Por lo tanto es un elemento adicional, a criterio de incorporación por parte del fabricante, que no tiene compensación en una categoría más alta de eficiencia en el sistema de etiquetado. Lo cual constituye un desestímulo para que los fabricantes lo incorporen a sus equipos. El rol del termostato es crucial para lograr confort térmico y reducir los consumos de energía. Por cada 2°C adicionales de temperatura en los termostatos, el consumo se incrementa en un 30% en la región central de Argentina y el 10% en las zonas frías del sur. (7)*



CONCLUSIONES

Hay muchas acciones que pueden adoptarse y permitirían disminuir reducir los consumos en calefacción, a la par de reducir las facturas de los usuarios y mitigar las emisiones de GEI.

Existe un gran consenso, en que **mejoras en la aislación térmica de edificios y viviendas, tendría un impacto muy significativo en el consumo de energía. Utilizando tecnologías disponibles actualmente y que se encuadran en las normativas de IRAM 11900 sobre aislación térmica de envolventes, los ahorros de consumos estarían en el orden del 50% al 65% de gas natural, usado en calefacción y otro tanto en refrigeración.**

Es importante señalar que estos ahorros se producirían fundamentalmente en los meses de mayor consumo, que en general ocurren en los inviernos que para el caso del gas y electricidad en verano, es muy importante para asegurar el abastecimiento adecuado de este servicio.

Un primer paso para mejorar las condiciones de aislación térmica podría comenzar con los edificios públicos de modo de generar un ejemplo social. Estos edificios tales como escuelas, universidades, etc., adecuados para un uso eficiente de la energía, servirían de modelo y serían parte de una campaña educativa adecuada, para promover el UREE.

Igualmente, se podrían generar **estímulos, tarifarios o por subsidios, para que usuarios residenciales y comerciales certifiquen sus inmuebles según las condiciones de aislación, empleando normas adecuadas.** Una medida muy efectiva para lograr que las viviendas certifiquen en eficiencia energética, sería **requerir dichos certificados a la hora de comprar, vender o alquilar una propiedad.** Este requisito, combinado con incentivos económicos, estimularía a que los propietarios mejoren las condiciones de aislación de sus inmuebles. Por lo tanto, **en las nuevas viviendas a construir** es urgente la adopción de medidas de construcción sostenibles y el etiquetado en eficiencia energética, Norma IRAM 11900/2017.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es la duración de los artefactos y las viviendas. **Los artefactos domésticos tienen una vida útil de unos 10 a 15 años, mientras las viviendas tienen una vida útil o duración de 50 a 70 años.** De este modo, las deficiencias en la construcción de viviendas no sólo tienen un impacto en el consumo presente, sino que sus efectos se continúan y extienden a lo largo de muchas décadas, con lo cual el problema de la eficiencia energética en las viviendas debe ser encarado en forma integral.

Sin embargo, es muy probable que por varias décadas continuemos habitando en residencias ya construidas, si bien sería deseable que se fuese eficientizando, por razones económicas es posible que demore en ocurrir. Por lo tanto, **resultaría muy deseable el organizar anualmente campañas de difusión pública a cerca de las opciones de bajo costo que los usuarios tienen disponibles para reducir sus consumos. Estas medidas pueden aportar por si solo reducciones ente el 30% y 50% del consumo en calefacción.**

Por tanto, las políticas de eficiencia y uso racional de energía podrían considerarse como herramientas poderosas, no solo para mitigar las emisiones, sino también la pobreza. En esa línea, la **elección adecuada de los sistemas de calefacción constituye una herramienta muy útil para racionalizar y eficientizar los consumos.**



Por tanto, las políticas de eficiencia y uso racional de energía podrían considerarse como herramientas poderosas, no solo para mitigar las emisiones, sino también la pobreza.

REFERENCIAS

1. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. [Online] [Cited: Julio 20, 2016.] https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html.
2. IEA. *The Future of Cooling, Opportunities for energyefficient air conditioning*. s.l. : IEA, 2018.
3. Zavalia Lagos, Raúl, Iannelli, Leila and Salvador, Gil. *Consumos Claves, ¿Cuáles son los principales consumos domésticos en Argentina?* Buenos Aires : Instituto Argentino de la Energía (IAE), 2020. Vol. Nov.2020.
4. Dirección Nacional de Cambio Climático. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación del año 2019 del*. Buenos Aires : Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2019.
5. Wikipedia. Humedad Realtiva. [Online] Wikipedia, 2019. https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_relativa.
6. ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. [Online] 2019. <https://www.ashrae.org/about>.
7. *Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración*. Prieto, R. and Gil, S. 5, Dic. 2017, 2014, Petrotécnia (Revista del IAPG), Vol. LV, pp. 102-104.
8. Roberto Prieto; Salvador Gil. *Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración*. [Online] Diciembre 2014. http://www.petrotecnia.com.ar/6-2014/pdfs_petro6-14/ConPublicidad/102-109.pdf.
9. US Depatment of Energy. Thermostats Energy Saver. [Online] 2020. <https://www.energy.gov/energysaver/thermostats#:~:text=You%20can%20save%20as%20much,day%20from%20its%20normal%20setting.&text=You%20can%20easily%20save%20energy,asleep%20or%20away%20from%20home..>
10. Wikipedia. Heating degree day. [Online] https://en.wikipedia.org/wiki/Heating_degree_day.
11. *¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas*. Gil, S. and Prieto, R. 6, Bs.As. : s.n., Dic. 2013, Petrotecnia, Vol. LIV, pp. 81-92.
12. Enta Nacional Regulador del Gas - Argentina. ENARGAS . *Datos Operativos*. [Online] 2020. www.enargas.gob.ar.
13. BIZEE Degree Day. Degree Days Calculated Accurately for Locations Worldwide. [Online] 2020. <https://www.degree-days.net/>.
14. El Instituto de la Vivienda, Provincia de Buenos Aires. Decreto reglamentario 1030/10 de la Ley 13059 de Acondicionamiento Térmico en la construcción de edificios de uso human. [Online] <http://www.vivienda.mosp.gba.gov.ar/varios/ley13059.php>.
15. SECRETARIA DE PLANEAMIENTO - MUNICIPALIDAD DE ROSARIO. Aplicación Reglamentaria de Aspectos Higrotérmicos y Eficiencia Energética de las Construcciones. [Online] 2013. <https://www.rosario.gov.ar/mr/normativa/reglamento-de-edificacion/seccion-7.-de-los-aspectos-higrotermicos-y-demanda-energetica-de-las-construcciones/decreto-no-985-2013>.
16. IRAM. *NORMA ARGENTINA IRAM 11603:1996 y IRAM 1160:2002. Aislamiento térmico de edificios Métodos de cálculo Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. Buenos Aires : www.iram.org.ar , 1996, 2002.
17. Wikipedia. *Heating degree day*. s.l. : Wikipedia, 2017.



18. Buildings Performance Institute Europe (BPIE). Europe's buildings under the microscope, A country-by-country review of the energy performance of buildings. [Online] 2011. http://www.bpie.eu/country_review.html.
19. British Petroleum (BP). Statistical Review of World Energy 2018. [Online] BP, 2018. <http://www.bp.com/statisticalreview>.
20. Secretaría de Energía de la Nación. Datos Abiertos de Energía Argentina. [Online] 2019. <http://datos.minem.gob.ar/dataset/balances-energeticos>.
21. IEA International Energy Agency. IEA. [Online] 2019. <https://www.iea.org/countries/>.
22. DOE- USA. Reducing Electricity Use and Costs. *Energy Saver*. [Online] DOE, 2020. <https://www.energy.gov/energysaver/save-electricity-and-fuel/appliances-and-electronics/reducing-electricity-use-and-costs>.
23. Department of Energy USA, (DOE). *Department of Energy USA, (DOE) Energy saving- Thermostat Thermostat Operation*. s.l. : <http://energy.gov/energysaver/articles/thermostats> , 2013.
24. Family Handyman. This is the Best Way to Winterize Windows. [Online] 2020. <https://www.familyhandyman.com/article/this-is-the-best-way-to-winterize-windows/>.
25. UN Environment . *Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners*. NY : UN Environment – Global Environment Facility, United for Efficiency (U4E), 2019.
26. *Extending air temperature setpoints: Simulated energy savings and design considerations for new and retrofit buildings*. Hoyt, T., Arens, E. and Zhang, H. s.l. : Elsevier, Building and Environment, Vol. 88, pp. 89-96.
27. *Regulación del termostato: un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción y refrigeración*. Prieto, R. and Gil, S. 5, CABA : IAPG, Dic. 2014, Petrotecnia, Vol. LV, pp. 102-104.
28. DOE-USA. Thermostat. *Energy Saver*. [Online] 2020. <https://www.energy.gov/energysaver/thermostats>.
29. Department of Energy USA. Evaporative Coolers. [Online] DOE, 202. <https://www.energy.gov/energysaver/home-cooling-systems/evaporative-coolers>.
30. Dutt, P.S.R. and Thamme Gowda, T.C.S. An Investigative Review on Recent Developments in Refrigeration by Evaporative Cooling. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. May 2015, Vol. 23, 6, pp. 289-292.
31. CAMMESA. CAMMESA - DEMANDA TOTAL PASO MENSUAL. [Online] 2020. <https://portalweb.cammesa.com/>.
32. *Prevention and treatment of sleep disorders through regulation of sleeping habits*. Onen , S.H. and et , Al. 10, Mar 1994, Presse Med. 1994 Mar 12;23(10):485-9., Vol. 23, pp. 485-489.
33. Inter American Bank (BID). *How Effective is Energy-efficient Housing? Evidence From a Field Experiment in Field Experiment in Mexico*. 2018.
34. Davis, L. and et, Al. *Cash for Coolers: Evaluating a Large-Scale*. Energy Institute at Haas. Berkeley CA : s.n., 2013.
35. Mizobuchi, K. and Takeuchi, K. *Rebound effect across seasons: evidence from the replacement of air conditioners in Japan*. s.l. : Springer, 2018.
36. Daikin. What's an inverter? *Daikin Global*. [Online] 2020. https://www.daikin.com/corporate/why_daikin/benefits/inverter/.
37. *Experimental study on comparison of energy consumption between constant and variable speed air-conditioners in two different climates*. Yong, M.S. and et., al. Sapporo, Japan : s.n., 2018.
38. IRAM. IRAM 62406. *Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire*. [Online] Dic 2020. <https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/9891>.
39. Wikipedia. Heating degree day. [Online] 2019. https://en.wikipedia.org/wiki/Heating_degree_day.
40. —. Present Value and Discount rates. [Online] 2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Present_value.
41. Aldrich, J. Williamson and R. *Field Performance of Inverter-Driven Heat Pumps in Cold Climates*. s.l. : The National Renewable Energy Laboratory, DOE, 2015.



42. FPVS-EDENOR. *Informe de Consumos Energeticos en el Municipio de Pilar*. Buenos Aires : Informe EDENOR, 2019.
43. ENARGAS. Ente Nacional Regulador del Gas - Normativa - Normas Tecnicas - Aterfactos. [Online] Ente Nacional Regulador del Gas - Argentina. <https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/normas-tecnicas.php>.



eficienciaenergetica.net.ar

info@eficienciaenergetica.net.ar

Proyecto financiado por
la Unión Europea

