

PROPUESTA DE CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y ALERTAS PARA EL ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS A PARTIR DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)

Rita Abalone^{1,2}, Roque Stagnitta¹; Camila Scarinci³, José Luis Larregola⁴ y Analía Gastón^{1,2}

¹ Fac. de Cs. Exactas Ingeniería y Agrimensura (UNR). IFIR (CONICET/UNR)

² Consejo de Investigaciones (CIC- UNR)

³ Comité Argentino del Consejo Mundial de la Energía (CACME)

⁴ Consultor independiente

rstagnitta@santafe.gov.ar. Av. Pellegrini 250. (2000) Rosario. Argentina

RESUMEN: En este trabajo se describe la propuesta de criterios de evaluación y alertas para el análisis del desempeño energético de una vivienda, la cual se implementó en la prueba piloto llevada a cabo para establecer la escala del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE), para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) en el marco del Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas. El sistema de alerta se basó en los siguientes indicadores: nivel general de aislación, eficiencia de los equipos activos de calefacción, refrigeración y ACS y nivel de aprovechamiento de las ganancias solares en invierno y las pérdidas en verano del parque de viviendas relevadas. El objetivo del código de alertas propuesto es ayudar a los profesionales en la interpretación de la información generada. Tiene asociado un conjunto de recomendaciones preliminares en relación a los aspectos que el profesional debería revisar para analizar posibles mejoras tendientes a disminuir el valor del IPE. La metodología propuesta si bien fue aplicada en la CABA, puede extender su aplicación a distintas zonas del país, simplemente variando criterios y valores de corte en función del clima, normativas y praxis constructivas.

Palabras clave: IPE, desempeño energético en viviendas, prueba piloto CABA, escalas de alertas

INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Energía del Ministerio de Economía de la Nación (SE) se encuentra en el proceso de implementación del Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas en todo el país (Etiquetado de vivienda, SE, 2020). La calificación energética de las viviendas consiste en una escala de letras (desde la A hasta la G) en donde cada letra se corresponde con un rango de valores del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE). El IPE se calcula según la norma IRAM 11900:2017 (IRAM, 2017), que en su confección ha tomado como base la norma ISO 13.790 (ISO, 2008). En el marco del mencionado programa, la SE ha desarrollado un Aplicativo Informático Nacional (AIN) (Aplicativo Informático, 2018), en el que se instrumentan los cálculos necesarios para la determinación del IPE, y llevado a cabo pruebas de implementación en distintas ciudades a los efectos de validar el proceso de etiquetado en su conjunto y establecer las escalas de letras asociados a rangos de IPE para cada zona climática.

En el marco de la prueba piloto desarrollada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Síntesis Ejecutiva Prueba Piloto CABA, 2020), se elaboró un sistema de alertas basado en las principales variables e indicadores que caracterizan el desempeño energético de una vivienda. Los indicadores considerados y sus respectivas alertas son: nivel general de aislación, eficiencia de los equipos activos de calefacción, refrigeración y ACS y nivel de aprovechamiento de las ganancias solares en invierno y las pérdidas en verano (características dinámicas) del parque de viviendas relevadas. El objetivo del sistema de alertas propuesto es asistir y facilitar a los profesionales la tarea de interpretación de la información numérica suministrada por el AIN, en primer lugar, mediante una escala cualitativa del indicador

considerado y luego brindando recomendaciones preliminares asociadas a la mejora de dicho indicador, y la consecuente disminución del IPE. Se destaca que en la revisión sobre la implementación de programas de etiquetado en Chile, Brasil y España (Síntesis Ejecutiva Prueba Piloto CABA, 2020) realizado como parte de la prueba piloto, no se encontraron referencias a la incorporación de este tipo de diagnóstico además de la emisión de la etiqueta, mostrando el carácter innovador del presente.

En el presente trabajo se expone la metodología utilizada para el diseño del mencionado sistema de alertas; consistente en la selección de los indicadores fundamentales, la normalización de los mismos, la definición de rangos para la constitución de una escala cualitativa (verde, amarillo, rojo) y las recomendaciones asociadas. Finalmente, se presenta la aplicación al caso de las viviendas estudiadas en la prueba piloto de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La metodología propuesta puede complementar a la información que suministra el Aplicativo Informático Nacional, facilitando la interpretación de indicadores numéricos complejos y acercando posibles soluciones preliminares de mejora. Además, si bien fue aplicada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la metodología puede adaptarse a distintas zonas climáticas del país, simplemente variando criterios y valores de corte en función del clima, normativas y praxis constructivas locales, lo que confiere a la propuesta un gran potencial de aplicación en todo el país.

METODOLOGIA

Diseño de un sistema de alertas individual

Por cada vivienda se propone un análisis del desempeño energético mediante la definición de criterios de evaluación y alertas, usando un código de colores (rojo, amarillo o verde) que permitan visualizar fácilmente la situación energética de la vivienda.

A partir de la aplicación de este sistema de alertas se elabora un informe individual que incluye recomendaciones para orientar las posibles mejoras. El objetivo es que el informe sea una herramienta de trabajo del profesional a los efectos de evaluar la factibilidad de las mejoras a implementar y presentarlo al propietario/inquilino de la vivienda relevada.

El cálculo del IPE arroja un conjunto de magnitudes relevantes que se detallan en la Tabla 1. Las mismas se descargan del AIN Informático mediante un archivo Excel.

A partir del listado de magnitudes, se definieron las variables para analizar el desempeño energético de las viviendas que se muestran en la Tabla 2.

Los criterios adoptados para establecer los sistemas de alerta dependen del indicador que se esté considerando. Los mismos se detallan a continuación y se basan en:

1. normativas vigentes (transmitancias)
2. características de artefactos disponibles en el mercado y estándares mínimos de eficiencia energética para su comercialización, (rendimiento/COP de sistemas activos)
3. datos estadísticos relevados en una prueba piloto de referencia (nivel de aprovechamiento del recurso solar en invierno y las pérdidas en verano)

1. Definición del rango de alertas para las transmitancias medias

En este caso, para establecer los rangos de alertas, se tomaron los valores límites de transmitancias admisibles para paredes, techos y para aberturas establecidos por el Código de Edificación de CABA, Ley 6100/2018 (Tabla 3). Cuando las transmitancias medias para paredes y cubiertas de la vivienda duplican los valores admisibles, se asigna una alerta roja. Para valores entre el admisible y el doble, la alerta es amarilla. En el caso de las aberturas, la alerta roja se asigna a valores mayores al 50% del valor admisible. Los rangos definidos se muestran en la Tabla 4.

Variable	Descripción
AU [m ²]	Área útil
IPE [kWh / m ² año]	Índice de Prestaciones Energéticas
EPI [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía Primaria para calefacción en Invierno
ES;I/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía secundaria para calefacción en Invierno
EU;I/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía útil para calefacción en Invierno
EPV [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía Primaria para refrigeración en Verano
ES;V/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía Secundaria para refrigeración en Verano
EU;V/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía útil para refrigeración en Verano
EPACS [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía Primaria para producción de ACS
ES;ACS/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía Secundaria para producción de ACS
EU;ACS/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía útil para producción de ACS
EPIL [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía Primaria para Iluminación
ES;IL/AU [kWh / m ² año]	Req. Específico de Energía secundario para Iluminación
EPREN [kWh / m ² año]	Contribución específica de energías renovables
γ_{inv}	Relación entre aportes y pérdidas térmicos
η_{gr}	Factor de utilización de los aportes gratuitos
γ_{ver}	Relación entre aportes y dispersiones térmicos
η_{disp}	Factor de utilización de las dispersiones térmicas
AU _{climatizada} [m ²]	Área útil climatizada
V _{climatizado} [m ³]	Volumen climatizado
S/V [m ² /m ³]	Relación área de envolvente/volumen climatizado
b _{tr}	Factor de intercambio térmico medio
K _{mv} paredes [W / m ² K]	Transmitancia media de paredes
K _{mv} cubiertas [W / m ² K]	Transmitancia media de cubiertas
K _{mv} pisos [W / m ² K]	Transmitancia media de pisos
K _{mv} aberturas [W / m ² K]	Transmitancia media de aberturas
H _{inv} [W / K]	Coefficiente global de intercambio térmico invierno
τ_{inv} [h]	Constante de tiempo para los meses de invierno
H _{ver} [W / K]	Coefficiente global de intercambio térmico verano
τ_{ver} [h]	Constante de tiempo para los meses de verano

Tabla 1. Variables de salida del Aplicativo Informático Nacional

Variable	Descripción
$\left(\frac{EPI}{EU;I/AU}\right)$	Req. Específico de Energía Primaria para calefacción en Invierno/ Req. Específico de Energía útil para calefacción en Invierno
$\left(\frac{ESV}{EU;V/AU}\right)$	Req. Específico de Energía Secundaria para refrigeración en Verano/ Req. Específico de Energía útil para refrigeración en Verano
$\left(\frac{EPACS}{EU;ACS/AU}\right)$	Req. Específico de Energía Primaria para producción de ACS/ Req. Específico de Energía útil para producción de ACS
$\left(\eta_{gr} \gamma_{inv}\right)$	Fracción del requerimiento obtenido de aportes gratuitos para el invierno
$\left(\frac{\eta_{disp}}{\gamma_{ver}}\right)$	Fracción del requerimiento evitado por dispersiones térmicas para el verano
K _{mv} paredes [W / m ² K]	Transmitancia media de paredes
K _{mv} cubiertas [W / m ² K]	Transmitancia media de cubiertas
K _{mv} aberturas [W / m ² K]	Transmitancia media de aberturas

Tabla 2. Listado de variables elegidas para analizar el desempeño energético de las viviendas

Componente de la envolvente edilicia	K _{max} [W/m ² K]
Techos	0.48
Muros exteriores en fachada frente y contrafrente	1
Muros exteriores en muros medianeros o privativos	1.6
Losa de piso bajo azotea	0.8
Superficies transparentes	2.8
Superficies transparentes verticales igual o mayores al 60% del parámetro vertical expuesto	1.8

Tabla 3. Ley: Código de Edificación CABA - 6100/2018

	Paredes	Cubiertas	Aberturas
	K _{max} =1 W/m ² K	K _{max} =0.48 W/m ² K	K _{max} =2.8 W/m ² K
	(K _m ≤ 1)	(K _m ≤ 0.48)	(K _m ≤ 2.8)
	(1 < K _m < 2)	(0.48 < K _m < 1)	(2.8 < K _m < 4.2)
	(K _m ≥ 2)	(K _m ≥ 1)	(K _m ≥ 4.2)

Tabla 4 Escala de alertas para las transmitancias media de la envolvente

2. Definición del rango de alertas para el rendimiento/COP de sistemas activos

Para determinar los rangos de variación de las variables $\left(\frac{EPI}{EU;I/AU}\right)$, $\left(\frac{ESV}{EU;V/AU}\right)$ y $\left(\frac{EPACS}{EU;ACS/AU}\right)$ se consideraron los rendimientos de los equipos activos listados en el AIN (que reflejan los estándares mínimos y los niveles de eficiencia energética según normas vigentes).

Para un dado equipo de calefacción, refrigeración o producción de ACS, resulta, respectivamente:

$$\left(\frac{EPI}{EU;I/AU}\right) = \frac{f_p}{\eta} \quad \left(\frac{ESV}{EU;V/AU}\right) = EER \quad \left(\frac{EPACS}{EU;ACS/AU}\right) = \frac{f_p}{\eta} \quad (1)$$

donde f_p : es el factor de conversión del vector energético, η es el rendimiento medio de equipos de calefacción y producción de ACS y EER es el rendimiento medio para equipos de refrigeración.

Tomando $f_p = 1.25$ para gas de red y $f_p = 3.3$ para energía eléctrica, se determinaron los rangos de valores posibles para cada equipo catalogado en el Aplicativo Informático Nacional (——) como se muestran en las Tablas 5, 6 y 7.

En el caso de equipos de calefacción (Tabla 5), el rango verde se definió de forma tal que abarque los equipos más eficientes (aires acondicionados modo calor con etiquetas A o superior y calderas a gas con etiquetas A+ o superior). Luego, el rango amarillo abarca todas las estufas y calefactores a gas, y el rango rojo incluye los radiadores eléctricos, altamente ineficientes.

En el caso de equipos de refrigeración (Tabla 6), el rango verde se definió de forma de incluir los equipos con COP mayor o igual a 3.3 (Split etiqueta C o superior, Compacto etiqueta B o superior). El rango más ineficiente (rojo) corresponde a equipos con etiquetas F o menor (Split) y E o menor (Compacto). En el caso de equipos de ACS (Tabla 7), el rango verde se definió de forma tal que abarque los calefones y termotanques a gas con etiquetas E o superior. Luego, los calefones y termotanques de menor rendimiento quedan incluidos en el rango amarillo y todos los equipos eléctricos en el rango rojo.

Aire acondicionado modo calor	0.92 ——— 1.4
Caldera a gas	1.4 ——— 2.4
Calefactor/Estufas a gas	1.7 ——— 2.1
Radiador eléctrico	————— 3.3
Escala de alertas para calefacción	0.92 ——— 1.5 ——— 2.5 ——— 3.3

Tabla 5: Definición de la escala de alertas de los equipos de calefacción según el factor f_p/η de los equipos disponibles en el AIN.

Aire acondicionado modo refrigeración	2.2 ——— 3.6
Escala de alertas para refrigeración	2.2 ——— 2.5 ——— 3.3 ——— 3.6

Tabla 6: Definición de la escala de alertas de los equipos de refrigeración según el COP de los equipos disponibles en el AIN.

Calefón a gas	1.56 ——— 2.27
Termotanque a gas	2.15 ——— 2.7
Calefón eléctrico	————— 4
Termotanque eléctrico	3.95 ——— 5.89
Escala de alertas para ACS	1.56 ——— 2.2 ——— 2.5 ——— 5.89

Tabla 7: Definición de la escala de alertas de los equipos de producción de ACS según el factor f_p/η de los equipos disponibles en el AIN.

3. Definición del rango de alertas para las variables $\eta_{gr} \gamma_{inv}$ y η_{disp}/γ_{ver}

Para caracterizar el nivel de aprovechamiento del recurso solar en invierno y las pérdidas naturales en el verano, resulta más apropiado emplear el producto de las variables $(\eta_{gr} \gamma_{inv})$ para invierno y $(\eta_{disp}/\gamma_{ver})$ para verano, que los valores individuales de γ_{inv} y γ_{ver} . El producto o cociente propuesto (según sea el caso de invierno o verano) no sólo considera la relación entre ganancias y pérdidas, sino cuántas de ellas se aprovechan.

El requerimiento de energía para el período de calefacción en invierno se calcula mediante la siguiente expresión (MODULO 04: "Calefacción y refrigeración", Etiquetado de vivienda, SE, 2020):

$$Q_{inv} = Q_{tr,rad,ve} - \eta_{gr} Q_{gr} \quad (2)$$

donde $Q_{tr,rad,ve}$ representa las pérdidas por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación, Q_{gr} los aportes gratuitos totales de energía (solares e internos) y η_{gr} el factor de utilización de aportes gratuitos para invierno.

Definiendo la relación entre aportes y pérdidas térmicos γ_{inv} :

$$\gamma_{inv} = \frac{Q_{gr}}{Q_{tr,rad,ve}} \quad (3)$$

se obtiene la siguiente expresión:

$$Q_{inv} = Q_{tr,rad,ve} - \eta_{gr} Q_{tr,rad,ve} \gamma_{inv} = Q_{tr,rad,ve} (1 - \eta_{gr} \gamma_{inv}) \quad (4)$$

Esta expresión muestra que el requerimiento de energía para calefacción será menor cuanto más cercano a 1 sea el producto de los factores $(\eta_{gr} \gamma_{inv})$.

En forma similar se puede analizar el requerimiento de energía para refrigeración en verano:

$$Q_{ver} = Q_{gr} - \eta_{disp} Q_{tr,rad,ve} \quad (5)$$

donde η_{disp} es el factor de utilización de las dispersiones térmicas para verano.

Definiendo la relación entre aportes y dispersiones térmicas γ_{ver} :

$$\gamma_{ver} = \frac{Q_{gr}}{Q_{tr,rad,ve}} \quad (6)$$

Y reemplazando $Q_{tr,rad,ve}$ en función de Q_{gr} :

$$Q_{tr,rad,ve} = \frac{Q_{gr}}{\gamma_{ver}} \quad (7)$$

Se tiene que:

$$Q_{ver} = Q_{gr} \left(1 - \frac{\eta_{disp}}{\gamma_{ver}} \right) \quad (8)$$

Esta expresión muestra que el requerimiento de energía para refrigeración será menor cuanto más cercano a 1 sea el cociente de los factores $(\eta_{disp}/\gamma_{ver})$.

Para construir la escala de alertas es necesario conocer el rango de valores que estas variables adoptan en el parque de viviendas relevadas ya que son fuertemente dependientes de las características constructivas y de diseño de las viviendas. A diferencia de los indicadores anteriores no existen valores mínimos o clasificaciones de origen normativo. Inicialmente esta información puede obtenerse del parque de viviendas que integran una prueba piloto realizada en una localidad.

Para definir el rango de valores para el criterio de alerta a las viviendas se procedió de la siguiente forma:

a. Se realizó un histograma de frecuencia (Fig. 1) para determinar el rango real de las variables, resultando: $(0.073 \leq \eta_{gr} \gamma_{inv} < 0.7575)$ y $(0.45 \leq \eta_{disp} / \gamma_{ver} < 1)$.

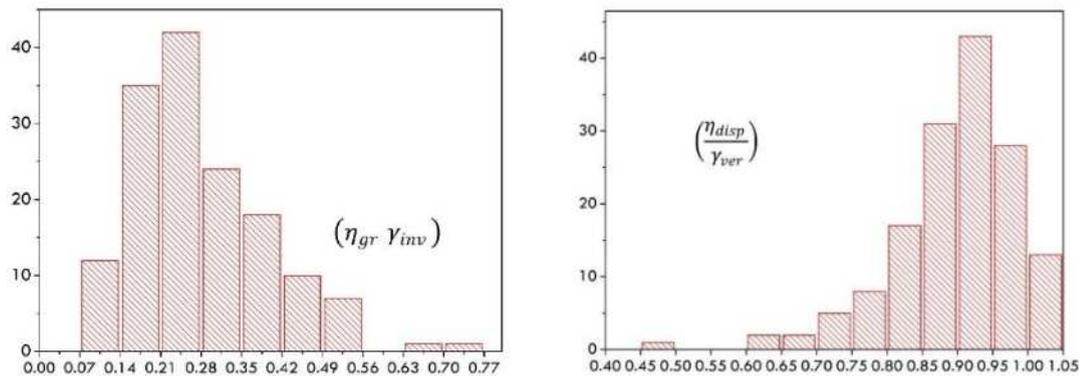


Figura 1. Histograma de frecuencias para $\eta_{gr} \gamma_{inv}$ y $\eta_{disp} / \gamma_{ver}$

b. Del histograma anterior puede observarse que en el intervalo $(0.14 < \eta_{gr} \gamma_{inv} < 0.49)$ se encuentra comprendido el 85% de los valores de la muestra, mientras que para $(\eta_{disp} / \gamma_{ver} > 0.8)$ se registra el 87% de los valores de la muestra relevada. Descartando los valores que caen fuera de estos rangos (outliers o valores atípicos), se estableció una correspondencia entre estas variables y una magnitud adimensional Z ($0 \leq Z \leq 1$) como se muestra en la Fig. 2.

c. Finalmente se estableció el criterio de alerta que se muestra en la Figura 2, asignando al primer tercio la alerta roja, al tercio central la amarilla y al último el verde.

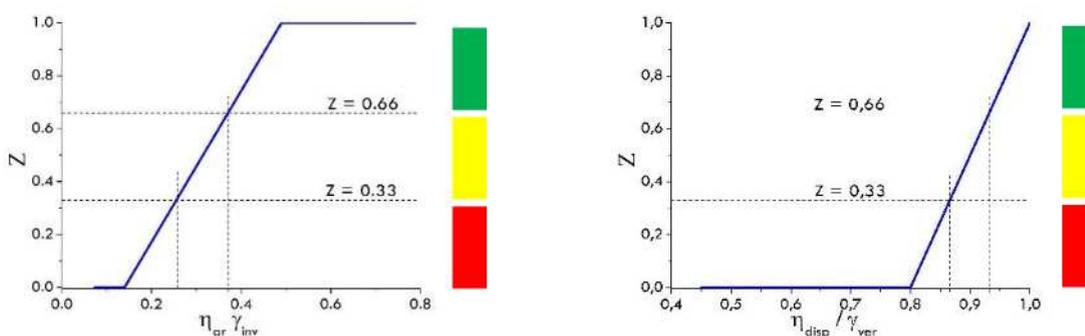


Figura 2. Relación funcional de la variable adimensional Z , para invierno y verano.

Recomendaciones de mejoras según alertas

Las recomendaciones que se asocian al sistema de alertas propuesto se incluyen en el informe individual por vivienda y se listan en la Tabla 8. Las recomendaciones relacionadas con los equipos activos o transmitancias que no cumplen con la normativa son las obvias o “esperables”. En el caso de las variables $\eta_{gr} \gamma_{inv}$ y $\eta_{disp} / \gamma_{ver}$, como se indicara anteriormente, las mismas dependen de numerosos factores. La información cuantitativa que se desprende del AIN reviste cierta complejidad para quien no está familiarizado con la norma IRAM 11900 (o con el procedimiento de cálculo) impidiendo la

interpretación de los mismos para acciones concretas de mejora. Las recomendaciones asociadas buscan subsanar esta dificultad, remarcando los factores que el profesional debe revisar.

Variable	Alerta	Recomendación
Calefacción	Alerta	Mejorar el rendimiento/COP de los sistemas activos.
Refrigeración	Alerta	Mejorar el rendimiento/COP de los sistemas activos.
ACS	Alerta	Mejorar el rendimiento/COP de los sistemas activos.
$\eta_{gr} \gamma_{inv}$	Alerta	Mejorar gestión de aportes solares (uso de protecciones móviles, aleros) Mejorar aislación de paredes, cubiertas y aberturas. Revisar infiltraciones (tipo y estado de aberturas, áreas de fuga)
$\frac{\eta_{disp}}{\gamma_{ver}}$	Alerta	Mejorar gestión de aportes solares (uso de protecciones móviles, aleros) Mejorar ventilación natural (simple, intermedia, cruzada)
K_m paredes	Alerta	Mejorar el nivel de aislación de las soluciones constructivas de paredes para reducir K_m
K_m cubiertas	Alerta	Mejorar el nivel de aislación de las soluciones constructivas de cubiertas para reducir K_m
K_m aberturas	Alerta	Sustituir o adecuar aberturas e incorporar el uso de protecciones móviles para reducir K_m

Tabla 8: Recomendaciones preliminares asociadas a las alertas.

Principales resultados de la Prueba Piloto CABA y de la aplicación del código de alertas

En la Tabla 9 se presentan los valores medios de las magnitudes asociadas al cálculo del IPE, discriminadas por tipología de vivienda: Dpto de pasillo en Propiedad Horizontal (Dpto PH); Departamento en Planta Baja (Dpto PB); Dpto en piso intermedio (Piso inter); Dpto en último piso (Último piso); Adosada, una planta (1p Ados) y dos plantas (2p Ados); Aislada, una planta (1p Aislada); Pareada, dos plantas (2p Parea). También se informa el promedio total sobre 150 viviendas que constituyeron el parque de la prueba piloto. Al final de la Tabla 9 se incluyen además tres nuevas variables: **Rend Eq.Calef**, **Rend Eq Ref.** y **Rend Eq. ACS** para estimar el rendimiento equivalente promedio de los equipos activos de calefacción, refrigeración y ACS. Los mismos se obtienen realizando el cociente entre el requerimiento específico promedio de la energía útil y el requerimiento específico de energía secundaria, para calefacción, refrigeración y ACS, respectivamente.

En la Fig. 3, se ilustra el criterio propuesto por la Secretaría de Energía para la construcción de la escala de una etiqueta para la prueba piloto CABA. El valor de IPE promedio (IPE_M) define el cero de la escala. Finalmente, en la Fig. 4 se presenta la distribución de las viviendas relevadas por nivel, siguiendo este criterio y el requerimiento de energía primaria para Calefacción, Refrigeración, ACS e Iluminación

Del análisis de la Tabla 9 se obtienen los siguientes resultados:

- El índice de Prestaciones Energéticas correspondiente a los Departamentos de Pasillo en PH y Último Piso resultó del orden de 300 kWh/m²año y un 50% más elevado que el de Departamentos de Piso Intermedio, cuyo IPE es del orden de 200KWh/m²año.
- El índice de Prestaciones Energéticas correspondiente a viviendas unifamiliares resultó del orden de 240 kWh/m²año, lo cual resulta un 20% más elevado que el de Dptos. de Piso Intermedio.
- El promedio del factor de intercambio térmico medio es bajo ($b_{tr}=0.4$) debido a que la tipología con más recurrencia es la de Departamento de piso intermedio.
- El rendimiento equivalente promedio de los equipos activos para calefacción ($\eta=0.83$) resulta superior al de una estufa a gas de tipo balanceado Etiqueta A ($\eta=0.71$), reflejando el uso combinado de equipos a gas y eléctricos.
- El rendimiento equivalente promedio de los equipos activos para refrigeración (COP=2.75) resulta intermedio entre el de un aire acondicionado de clase D tipo Split (COP=2.70) y uno de clase C tipo Split (COP= 2.90).
- El rendimiento promedio de los equipos activos para ACS ($\eta=0.59$) corresponde al de un calefón convencional Etiqueta E ($\eta=0.59$).
- La transmitancia media de paredes (2.0 W/m²K), cubiertas (2.2 W/m²K) y aberturas (4.1 W/m²K) excede ampliamente los valores que actualmente establece el Código de Edificación de CABA en vigencia como surge de la comparación con los valores límites admisibles de la Tabla 7.

También, es importante mencionar que los requerimientos de energía primaria específica para Calefacción, Refrigeración, ACS e Iluminación, así como el valor del IPE_M resultaron del mismo orden de magnitud que los obtenidos en los Pilotos de Rosario y Santa Fe.

Variable	Dpto PH	Dpto PB	Piso inter	Ultimo Piso	2p Ados	1p Ados	1p Aislada	2p Parea	Total
Cantidad	13	3	93	21	8	7	2	3	150
AU [m²]	72.6	72.7	56.0	61.9	135.5	101.7	152.7	139.3	68.6
IPE [kWh / m²año]	307.9	283.3	193.9	308.4	227.0	243.8	208.5	285.3	227.9
EPI [kWh / m²año]	230.8	215.3	131.7	233.3	165.9	168.3	159.0	220.7	162.0
ES;I/AU [kWh / m²año]	147.3	143.0	78.7	137.4	98.8	100.7	71.0	171.3	98.4
EU;I/AU [kWh / m²año]	118.3	103.0	69.7	111.0	68.1	87.7	80.0	103.3	81.8
EPV [kWh / m²año]	40.8	10.0	17.6	37.4	23.6	31.3	20.5	25.3	23.4
ES;V/AU [kWh / m²año]	12.3	3.0	5.3	11.3	7.1	9.5	6.0	7.7	7.1
EU;V/AU [kWh / m²año]	33.0	8.7	14.7	31.7	17.9	25.3	16.5	21.7	19.4
EPACS [kWh / m²año]	28.2	46.3	34.3	31.6	22.9	32.8	23.0	26.0	32.6
ES;ACS/AU [kWh / m²año]	22.5	24.0	21.7	21.2	18.1	17.0	18.5	20.7	21.3
EU;ACS/AU [kWh / m²año]	12.2	12.7	13.0	12.4	9.4	11.7	8.0	10.0	12.4
EPIL [kWh / m²año]	9.0	11.0	10.3	8.5	14.3	11.3	6.5	17.3	10.4
ES;IL/AU [kWh / m²año]	2.8	3.3	3.1	2.6	4.3	3.5	1.5	5.3	3.1
EPREN [kWh / m²año]	1.2	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	4.3	0.5
γ_{inv}	0.3	0.2	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3
η_{gr}	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
γ_{ver}	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
η_{disp}	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
AU_{clim} [m²]	70.7	72.7	55.1	59.8	104.4	96.8	94.5	132.9	64.6
V_{clim} [m³]	202.7	187.3	146.1	157.2	288.1	287.2	304.5	381.6	176.2
S/V [m²/m³]	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5
b_{tr}	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5	0.5	0.7	0.5	0.4
K_{mv} paredes [W / m²K]	2.2	2.1	2.0	2.1	2.0	2.1	2.0	1.6	2.0
K_{mv} cubiertas [W / m²K]	2.4	1.1	----	2.1	2.5	2.6	1.8	2.2	2.2
K_{mv} pisos [W / m²K]	0.6	0.4	----	3.0	0.5	0.9	1.6	0.5	0.9
K_{mv} aberturas [W / m²K]	3.9	3.2	4.2	3.6	4.2	4.1	3.6	4.0	4.1
H_{inv} [W / K]	305.7	252.0	224.5	314.9	365.5	370.5	622.5	287.3	268.6
τ_{inv} [h]	13.3	16.6	20.5	14.5	17.9	16.9	15.7	16.4	18.6
H_{ver} [W / K]	466.4	330.7	427.6	555.3	587.8	626.8	842.0	445.0	475.4
τ_{ver} [h]	8.9	11.7	11.4	8.4	10.3	10.9	11.2	10.6	10.7
Rend Eq.Calef	0.80	0.72	0.89	0.81	0.69	0.87	1.13	0.60	0.83
Rend Eq. Ref	2.68	2.89	2.78	2.81	2.51	2.67	2.75	2.83	2.75
Rend Eq.ACS	0.54	0.53	0.60	0.59	0.52	0.69	0.43	0.48	0.59

Tabla 9. Promedio de variables asociadas al IPE por tipología y promedio total (150v)

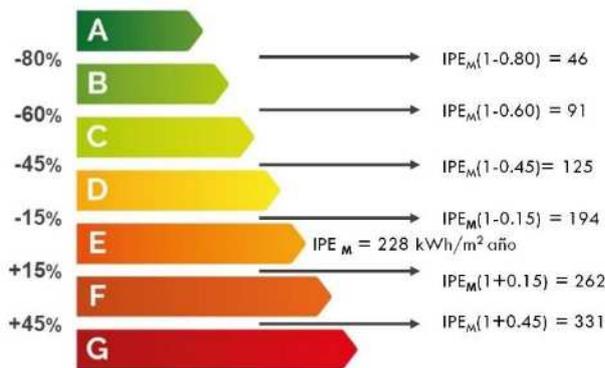


Figura 3. Criterio de la Secretaría de Energía para la construcción de la escala de una etiqueta para la prueba piloto CABA. $[IPE_M] = kWh/m^2$ año

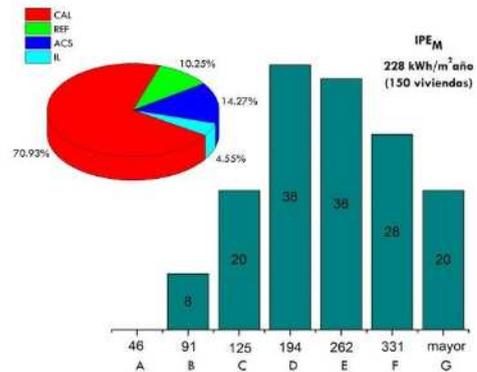


Figura 4. Distribución de las viviendas por etiqueta elaborada para la prueba piloto CABA y desglose del requerimiento de energía primaria para Calefacción, Refrigeración, ACS e Iluminación (150 v)

En relación al código de alerta desarrollado y su aplicación para caracterizar el desempeño del parque de viviendas de la prueba piloto CABA, las Figuras 5 y 6 ilustran la distribución de valores de las variables relacionadas con los equipos de calefacción, refrigeración y ACS y las transmitancias de los elementos de la envolvente.

La Tabla 10 muestra los valores promedios por tipología de vivienda para caracterizar el desempeño energético: clase de etiqueta y código de alerta. También se incluye el promedio total sobre las 150 viviendas. Para los sistemas activos, se obtuvo una alerta amarilla para los equipos de calefacción y refrigeración, mientras que para ACS resultó roja en su mayoría. Las variables asociadas a las características dinámicas exhiben un pobre comportamiento, reflejado en la preponderancia de la alerta roja. En cuanto a las transmitancias ya se mencionó que los valores exceden las normativas actualmente en vigencia. Es importante destacar que dado que el número de viviendas fue limitado no es posible obtener conclusiones estadísticamente significativas sobre cada tipología.

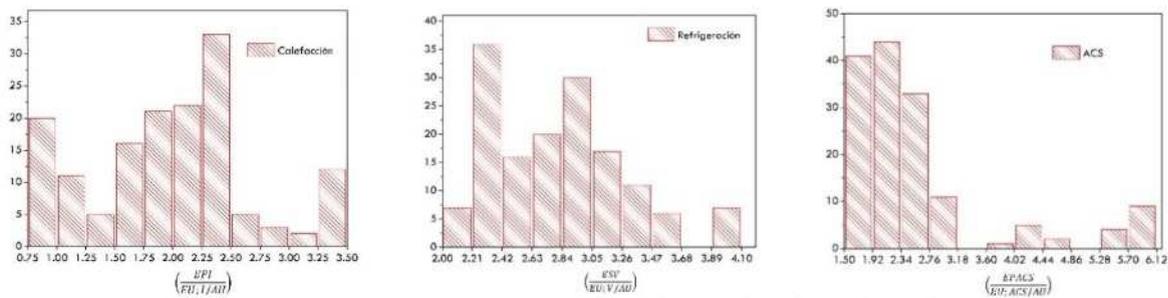
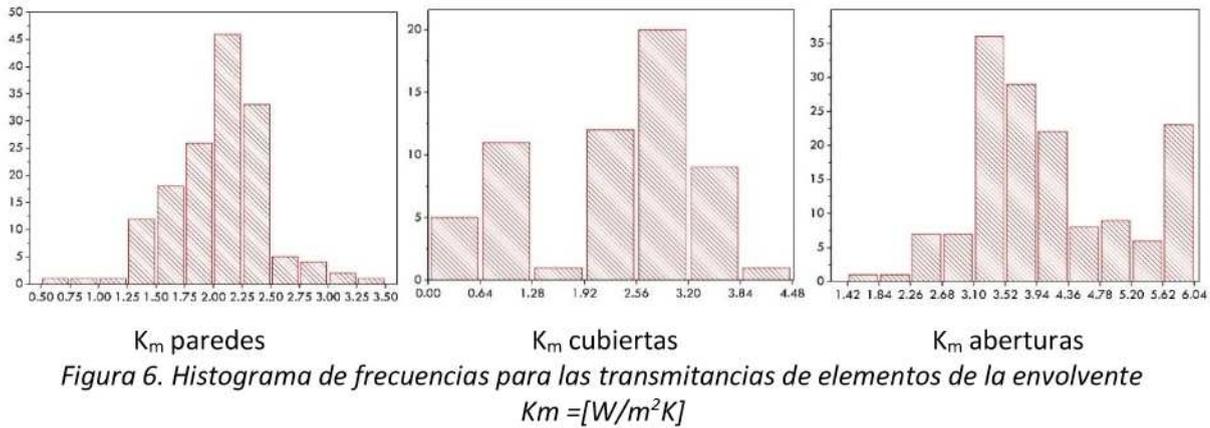


Figura 5. Histogramas de frecuencia para $\left(\frac{EPI}{EU;I/AU}\right)$, $\left(\frac{ESV}{EU;V/AU}\right)$ y $\left(\frac{EPACS}{EU;ACS/AU}\right)$



En la Tabla 11 se resume el número de alertas verdes, amarillas y rojas obtenidas. En el caso de los equipos activos, sólo el 24% de las viviendas tiene instalado equipos de calefacción más eficientes, un 15% en relación a los equipos de refrigeración y el 39% en ACS. En el caso de las transmitancias, como era de esperarse, es muy bajo el porcentaje que cumple con el Código de Edificación de CABA, vigente a partir de 2018. Estos primeros resultados muestran el potencial de mejoras que podrían evaluarse para obtener un mejor desempeño energético reduciendo el valor del IPE de la vivienda.

Finalmente, en la Fig. 7 se presenta un informe individual de una vivienda. El mismo incluye: el valor del IPE y la calificación obtenida de acuerdo a la escala resultante de la prueba piloto CABA y requerimientos específicos de energía útil, secundaria o neta y primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. Luego se detallan las alertas y recomendaciones para cada variable definida para evaluar el desempeño energético.

Tipología - Clase	Sistemas activos			Características dinámicas		Transmitancias [W/m ² K]			
	Calef.	Refrig.	ACS	$\gamma_{inv} * \eta_{gr}$	$\eta_{disp} / \gamma_{ver}$	Paredes	Cubiertas	Aberturas	
Dpto PH	F	1.95	2.68	2.31	0.23	0.79	2.19	2.41	3.90
Dpto PB	F	2.09	2.89	3.66	0.17	0.97	2.11	1.06	3.24
Piso inter	E	1.89	2.77	2.64	0.31	0.86	2.03	2.40	4.19
Ultimo piso	F	2.10	2.81	2.54	0.25	0.83	2.09	2.12	3.62
Adosada, 2p	E	2.43	2.51	2.44	0.27	0.88	1.96	2.51	4.16
Adosada, 1p	E	2.02	2.68	2.82	0.27	0.86	2.08	2.05	4.23
Aislada, 1p	E	1.99	2.75	2.88	0.21	0.84	2.01	1.77	3.64
Pareada, 2p	F	2.14	2.83	2.60	0.21	0.97	1.63	2.25	4.00
Prom total	E	1.98	2.75	2.62	0.28	0.85	2.04	2.24	4.06

Tabla 10. Promedio de las variables para caracterizar el desempeño energético por tipología de vivienda, código de alerta obtenido y promedio total (150v)

Sistemas activos			Características dinámicas		Transmitancias		
Calef.	Refrig.	ACS	$\gamma_{inv} * \eta_{gr}$	$\eta_{disp} / \gamma_{ver}$	Paredes	Cubiertas	Aberturas
150v	150v	150v	150v	150v	150v	59v	150v
PORCENTAJES				PORCENTAJES			
24.00	15.33	38.67	20.00	38.67	60.67	84.75	32.67
61.33	49.33	27.33	28.67	30.00	38.00	6.78	59.33
14.67	35.33	34.00	51.33	31.33	1.33	8.47	8.00

Tabla 11. Promedio de las variables para caracterizar el desempeño energético por tipología de vivienda, código de alerta obtenido y promedio total (150v)

CONCLUSIONES

En el trabajo se desarrolló una metodología para caracterizar cualitativamente los principales indicadores de desempeño energético de viviendas. Esta caracterización se realizó a partir de la información suministrada por el Aplicativo Informático Nacional de Etiquetado de Viviendas conforme la norma IRAM 11900:2017. A su vez, la caracterización permite activar un sistema de alertas con recomendaciones preliminares para orientar posibles mejoras.

Respecto de la metodología podemos concluir los siguientes puntos:

- Es de fácil implementación, ya que se reprocesan datos informados por el Aplicativo Informático Nacional, de forma sencilla y sin complejidad en los cálculos.
- Permite el análisis de datos de una gran cantidad de relevamientos en forma sistemática.
- Los resultados potencian a la información de desempeño energético actualmente suministrada por el Aplicativo Informático Nacional.
- Permite una mejor interpretación de variables cuantitativas a través de una correlación con un código de colores (cualitativo), visualizando esto en un informe individual por vivienda que puede ser utilizado por el profesional para transmitir información al propietario o inquilino de la vivienda.
- Es fácilmente escalable, en el sentido de que puede ampliarse la misma incorporando otros criterios de evaluación, como también adaptarse a otras zonas climáticas o en el marco de diferentes normativas.

Como desarrollos futuros ligados al presente trabajo, se propone ampliar la metodología a otros criterios y zonas climáticas, como también incorporar la generación del informe individual realizado con los resultados de la presente metodología a la información de salida que suministra el Aplicativo Informático Nacional.

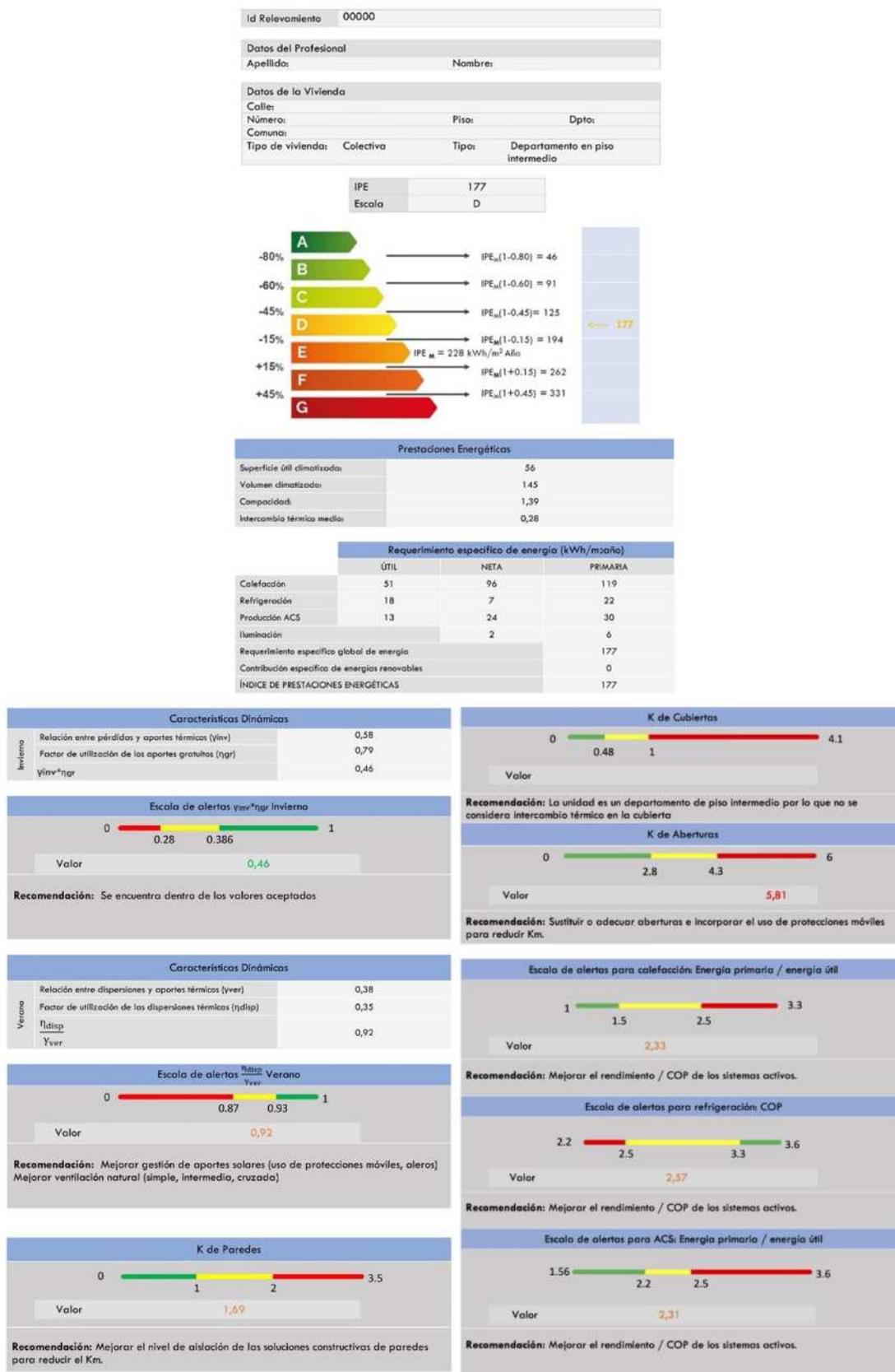


Figura 7. Informe del desempeño energético de una vivienda con códigos de alerta.

REFERENCIAS

Aplicativo Informático Nacional, 2018. <https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/ingresar>
Etiquetado de vivienda, SE, 2020. https://etiquetadoviviendas.energia.gob.ar/#etiquetado_viviendas

IRAM, 2017. 11900. Prestaciones energéticas en viviendas. Método de Cálculo.

ISO, E.N., 2008. 13790: Energy performance of buildings–Calculation of energy use for space heating and cooling (EN ISO 13790: 2008). Eur. Comm. Stand. (CEN), Brussels

Síntesis Ejecutiva Prueba Piloto CABA, 2020. <http://fundacionbariloche.org.ar/en/proyecto-gef-bid-fb/fichas-e-informes/>

ABSTRACT: This work describes the proposal of evaluation criteria and alerts for the analysis of the energy performance of a dwelling, which was implemented in the pilot test carried out to build the scale of the Energy Performance Index (IPE), for City Autónoma de Buenos Aires (CABA) within the framework of the Building Energy Labelling National Program. The alert system was based on the following indicators: general level of insulation, efficiency of active heating, cooling and DHW equipment and level of use of solar gains in winter and losses in summer of the dwelling park surveyed. The objective of the proposed alert code is to help professionals in the interpretation of the information generated. It is associated with a set of preliminary recommendations in relation to the aspects that the professional should review to analyze possible improvements aimed at reducing the IPE value. Although the proposed methodology was applied in CABA, its application can be extended to different areas of the country, simply by varying criteria and cut-off values, depending on the climate, regulations and construction practices.

KEYWORDS: IPE, dwelling energy performance, pilot test CABA, alert scales