

ANÁLISIS DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR RESIDENCIAL

MONOGRAFÍA FINAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ENERGÍAS RENOVABLES. FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS.



AUTOR: Arq. PEDRO CHÉVEZ
DIRECTORA: Dra. IRENE MARTINI

2015

 **iipac** INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y POLÍTICAS DEL AMBIENTE CONSTRUIDO
Facultad de Arquitectura y Urbanismo | Universidad Nacional de La Plata



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

ÍNDICE

SUMARIO

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	11
1.1.- <i>Envoltente edilicia.....</i>	12
1.1.1.- <i>Calidad de los elementos constructivos.....</i>	12
I.- <i>Muros, techos y pisos.....</i>	13
II.- <i>Ventanas.....</i>	17
III.- <i>Puertas.....</i>	21
1.1.2.- <i>Clasificación global de la envoltente.....</i>	22
1.1.3.- <i>Legislación sobre acondicionamiento térmico.....</i>	25
I.- <i>Ley de Provincia de Buenos Aires N°13059/03.....</i>	25
II.- <i>Ley de Ciudad Autónoma de Buenos Aires N°4458/12.....</i>	26
III.- <i>Ordenanza de la ciudad de Rosario N°8757/11.....</i>	26
IV.- <i>Perspectivas futuras.....</i>	27
1.1.4.- <i>Reciclado masivo de edificios existentes.....</i>	28
1.2.- <i>Equipamiento domiciliario.....</i>	33
1.2.1.- <i>Refrigeradores y congeladores.....</i>	36
1.2.2.- <i>Iluminación.....</i>	41
1.2.3.- <i>Climatización.....</i>	47
I.- <i>Equipos de climatización eléctricos.....</i>	48
II.- <i>Equipos de climatización a gas.....</i>	56
III.- <i>Comparativa de consumo.....</i>	59
1.2.4.- <i>Cocción.....</i>	60
I.- <i>Equipos de cocción eléctricos.....</i>	60
II.- <i>Equipos de cocción a gas.....</i>	64
1.2.5.- <i>Agua Caliente Sanitaria (ACS).....</i>	66
I.- <i>Equipos de ACS eléctricos.....</i>	66
II.- <i>Equipos de ACS a gas.....</i>	68

1.2.5.- Electrodomésticos y fuerza motriz.....	74
I.- Televisores.....	74
II.- Consumos “Standby”.....	76
III.- Lavarropas.....	77
IV.- Bombas y motores.....	79
CAPÍTULO 2. ENERGÍAS RENOVABLES.....	82
2.1.- Cuantificación del recurso solar en ciudades.....	82
2.2.- Sistemas Pasivos.....	85
2.2.1- Sistemas pasivos de calefacción solar.....	86
I.- Ganancia solar directa (GAD).....	87
II.- Muros acumuladores de calor (MAC).....	90
III.- Invernaderos.....	93
2.2.2.- Ventilación natural.....	95
2.3.- Sistemas Activos.....	97
2.3.1.- Energía solar térmica.....	97
I.- Colectores solares de agua sanitaria.....	98
II.- Calefacción solar por agua.....	100
III.- Calefacción solar por aire.....	101
2.3.2.- Energía solar fotovoltaica (FV) conectada a la red de distribución.....	104
CAPÍTULO 3. VIVIENDAS BIOCLIMÁTICAS.....	110
3.1.- Ejemplos.....	111
3.2.- Potencialidad.....	114
CAPÍTULO 4. SÍNTESIS DE MEDIDAS.....	115
4.1.- Consumo base.....	116
4.2.- Tabla de síntesis de medidas.....	118
CONCLUSIONES.....	122
BIBLIOGRAFÍA.....	125

TABLAS

<i>Tabla 1.1: Valores de K admisibles para la ciudad de La Plata.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 1.2: Valores de coeficiente de transmitancia térmica de dos ejemplos de cubiertas verdes....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 1.3: Pérdidas térmicas por pisos en W/m²K.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 1.4: Valores de K admisibles para la Ciudad de La Plata.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 1.5: Cálculo de pérdidas energéticas diarias para un día promedio de julio.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 1.6: Clasificación de ventanas según infiltración de aire según la norma IRAM 11507-1.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 1.7: Clasificación de ventanas por su transmitancia térmica.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 1.8: Costo de los diferentes tipos de cerramientos.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 1.9: Relevamiento de pérdidas volumétricas G para las distintas tipologías de la ciudad de La Plata.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 1.10: Valores de τ_m para determinar el etiquetado de envolvente edilicia.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 1.11: Resultados de la aplicación de reciclados edilicios de tres tipologías de vivienda.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 1.12: Estado de situación de normativas de etiquetado de eficiencia energética a julio de 2015.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 1.13: Entrada en vigencia de estándares mínimos de refrigeradores y congeladores.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 1.14: Consumos promedio de heladeras en Argentina.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 1.15: Índices de Eficiencia Energética para refrigeradores y congeladores, valores de consumo eléctrico anual obtenidos para una heladera comercial.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 1.16: Incrementos en los costos para mejorar la eficiencia en heladeras.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 1.17: Plazos de ingresos de certificaciones de lámparas.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 1.18: Valores de eficiencia de lámparas para las distintas clases.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 1.19: Equivalencias de sustitución de lámparas incandescentes por tecnologías más eficientes.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 1.20: Cronología de exigencias de niveles mínimos de eficiencia en equipos de aire acondicionado.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 1.21: Clasificación energética de la norma IRAM 62406:2007 según los rangos de IEE y COP.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 1.22: Potencias y eficiencias medidas de equipos tiro balanceado.....</i>	<i>58</i>

<i>Tabla 1.23: Rendimientos totales de equipos considerando la cadena de producción de la energía.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 1.24: Rangos de eficiencia energética para hornos eléctricos.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 1.25: Tabla de clasificación de eficiencia energética para artefactos de cocción.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 1.26: Tabla de clasificación de eficiencia energética para termotanques eléctricos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 1.27: Tabla de clasificación de eficiencia energética para calefones a gas.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 1.28: Tabla de clasificación de eficiencia energética para termotanques.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 1.29: Tabla de clasificación de eficiencia energética para televisores.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 1.30: Tabla de clasificación de eficiencia energética para lavarropas.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 2.1: Aportes energéticos de ganancia directa por ventanas.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 2.2: Fracciones solares anuales por GAD obtenidas para las distintas tipologías.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 2.3: Comportamiento de dos Muros Acumuladores de Calor para un día con Heliofanía mayor al 70%, medidos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 2.4: Rendimientos de dos muros MAC.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 2.5: Fracciones solares anuales por MAC obtenidas para las distintas tipologías.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 2.6: Fracciones solares anuales por Invernaderos obtenidas para las distintas tipologías.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 2.7: Dimensionamiento y costos de calefacción solar por agua.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 2.8: Dimensionamiento y costos de calefacción solar por aire.....</i>	<i>104</i>

FIGURAS

<i>Figura 1.1: Etiquetado de ventanas del Reino Unido, España y Estados Unidos.....</i>	19
<i>Figura 1.2: Etiquetado de una puerta del programa Energy Star Canadá.....</i>	21
<i>Figura 1.3: Etiquetas de envolvente edilicia de distintos países.....</i>	24
<i>Figura 1.4: Etiquetados de equipos de refrigeración y congeladores.....</i>	39
<i>Figura 1.5: Etiquetados de equipos de iluminación.....</i>	45
<i>Figura 1.6: Distribución de equipamiento de calefacción en Argentina.....</i>	48
<i>Figura 1.7: Etiquetados de equipos de aire acondicionado.....</i>	51
<i>Figura 1.8: Evolución de los rendimientos medios para equipos de 2,8 kW en Japón.....</i>	52
<i>Figura 1.9: Temperaturas mensuales para distintas profundidades para un suelo de grava y un clima como el de la ciudad de Salta.....</i>	54
<i>Figura 1.10: Etiquetado europeo para hornos eléctricos.....</i>	62
<i>Figura 1.11: Etiqueta de eficiencia energética de hornallas (izquierda) y de hornos (derecha).....</i>	64
<i>Figura 1.12: Etiqueta energética para calentadores de agua eléctricos de acumulación.....</i>	67
<i>Figura 1.13: Etiquetado de calefones a gas.....</i>	69
<i>Figura 1.14: Etiquetado de termotanques a gas.....</i>	72
<i>Figura 1.15: Etiquetado de televisores.....</i>	76
<i>Figura 1.16: Etiquetado de consumo de potencia en espera.....</i>	77
<i>Figura 1.17: Etiquetado de eficiencia energética en lavarropas.....</i>	79
<i>Figura 1.18: A la izquierda etiqueta de electrobombas y a la derecha la correspondiente a motores trifásicos.....</i>	80
<i>Figura 2.1: Evaluación de superficies según su disponibilidad solar.....</i>	82
<i>Figura 2.2: Propuesta de equipos solares en las distintas superficies.....</i>	82
<i>Figura 2.3: Análisis volumétrico de un Mosaico Urbano por medio de imágenes satelitales.....</i>	83
<i>Figura 2.4: Análisis bioclimático para la ciudad de La Plata mediante el software ABC desarrollado por la Universidad Federal de San Carlos (Brasil)</i>	85
<i>Figura 2.5: Esquema de GAD.....</i>	88

<i>Figura 2.6: Comportamiento GAD diurno y nocturno.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 2.7: Ganancia directa en muros, St. George’s County Secondary School en Wallesy, Inglaterra.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 2.8: Ganancia directa en muro de agua, vivienda en Salt Lake City, Estados Unidos.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 2.9: Esquema de MAC.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 2.10: Comportamiento MAC diurno y nocturno.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 2.11: Muro Trombe en el Hospital de Susques, Jujuy.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 2.12: Muro acumulador de agua en una vivienda en el prototipo solar de La Plata.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 2.13: Sistema de Muros Acumuladores de calor utilizados en las viviendas bioclimáticas de Tapalqué.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 2.14: Esquema de Invernaderos.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 2.15: Comportamiento de Invernaderos para el día y la noche.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 2.16: Vista exterior de un invernadero.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 2.17: Vista interior de un invernadero.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 2.18: Instalaciones de colectores solares por agua en China.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 2.19: Localidad de La Calera, donde el gobierno de la Provincia de San Luis abasteció de calefones solares a todas las viviendas.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 2.20: Instalaciones de colectores solares para calefacción por agua.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 2.21: Instalación de equipos de calefacción solar por aire.....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 3.1: Prototipo Solar de La Plata.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 3.2: Prototipo bioclimático en Tunuyán.....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 3.3: Barrio Solar en Chachi.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 3.4: Estado de avance de una de las viviendas bioclimáticas de Tapalqué.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 3.5: Esquema de localizaciones de prototipos bioclimáticos del proyecto GEF.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 3.6: Vivienda Bioclimática casa de Champa en Chubut.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 3.7: Viviendas bioclimáticas en el barrio “ex Scac”, en la ciudad de San Luis.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 4.1: Distribución del consumo residencial de gas.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 4.2: Distribución del consumo residencial eléctrico.....</i>	<i>117</i>

INTRODUCCIÓN

La implementación de medidas de eficiencia energética e incorporación de energías renovables en el ámbito residencial ha tomado un papel importante en la agenda de muchos países. Desde la crisis del petróleo de 1973 cuando la OPEP decidió aumentar el precio del petróleo de usd 2,47 a más de usd 30, los países centrales de la OCDE dependientes de importaciones de este energético debieron reducir sus consumos sin disminuir la calidad de vida de sus habitantes ni alterar la producción industrial, por tales motivos debieron explotar sus yacimientos que hasta ese entonces no eran rentables, como así también buscar fuentes energéticas sustitutas e implementar medidas tendientes a incrementar la eficiencia en los usos finales (Rosenfeld, 2008). Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2008) el consumo energético mundial hubiera sido un 56% mayor que el actual de no haberse adoptado políticas de uso eficiente luego del shock petrolero.

En el caso de Argentina la coyuntura energético-económica indica la necesidad de afrontar con seriedad la ejecución masiva de medidas de eficiencia energética y la incorporación de energías alternativas a la matriz nacional. La producción de gas y petróleo liberada al sector privado declinó en los últimos años, lo que llevó a la re estatización de YPF en 2012, por su parte las reservas actuales presentan horizontes de 8 y 12 años respectivamente para cada energético por la escasa inversión en exploración y la sobre explotación de yacimientos durante la década de los noventa (Sabbatella, 2013). Si bien se cuenta con el yacimiento Vaca Muerta, aún no hay certezas sobre el modo de explotación del mismo debido a la necesaria participación de empresas extranjeras que aporten su tecnología y capital. En el caso del sector eléctrico, en diciembre de 2013 se hizo notoria la problemática que existe con las empresas distribuidoras que tienen fuertes retrasos en materia de inversiones, lo cual generó una serie de cortes de suministro en la región metropolitana debido a los grandes consumos eléctricos traccionados por una ola de calor.

La fuerte expansión económica desarrollada en Argentina durante los últimos años elevó la demanda de energía, lo que dejó en evidencia la existencia de ciertos problemas tal como se mencionó anteriormente. La demanda debió ser satisfecha mediante la incorporación

de tecnología de generación eléctrica de rápida construcción que entregara potencia firme y por tal motivo se optó por ciclos combinados y hasta motores diésel dispersos que funcionan con combustibles fósiles. Esto agravó la situación y, en consecuencia, se debió acudir a la importación de grandes volúmenes de combustibles (gas natural, GNL, fuel oil y gas oil).

Puntualmente en Argentina, en 2014 el sector residencial requirió un 26,06 % de la energía total del país (Secretaría de Energía, 2015), entonces si tenemos en cuenta esta alta participación podemos afirmar que utilizando de manera eficiente la energía y autogenerando parte de su demanda se podrían alcanzar grandes beneficios a nivel general, por ejemplo liberar energía para otros sectores como el industrial, que en cierta forma compite con el residencial en momentos de picos de demanda, o evitando las importaciones de energía. Por tal motivo desde 2007 con el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de Energía (PRONUREE) se comenzó a impulsar desde el Estado nacional una serie de medidas tendientes a mejorar sobre todo la eficiencia en artefactos y electrodomésticos. En 2009 se aprobó la recepción de un fondo de usd 15.155.000 otorgado por el Banco Mundial para que la Secretaría de Energía desarrollara el “Proyecto de Eficiencia Energética en la República Argentina” (que comenzó en 2013), el cual permitió la creación del *Fondo de Eficiencia Energética* que, actualmente, permite la financiación de diversos proyectos tendientes a mejorar los patrones de consumo. Por otra parte, permitió el desarrollo de un programa de eficiencia en iluminación en empresas distribuidoras de energía eléctrica y dio lugar al fortalecimiento de capacidades en gestión de proyectos y de programas de etiquetado y normalización. A partir de esta decisión política se ha avanzado fuertemente en diversos aspectos que han mejorado el rendimiento de los usos finales de energía, aunque todavía restan muchos frentes por abordar.

Por su parte, algunas provincias como Buenos Aires, Santa Fe o la propia Ciudad Autónoma de Buenos Aires han comenzado a considerar la necesidad de mejorar la calidad constructiva de los edificios e incorporar sistemas de energías renovables, entre otros aspectos. Estas iniciativas se encuentran en una etapa inicial y resta mucho camino para que se vuelvan masivas y logren reducciones significativas de demanda energética.

Por lo expresado anteriormente, se propone en este trabajo recorrer las posibles medidas a implementar en relación a la eficiencia energética (EE) e incorporación de energías renovables (ER) en el sector residencial, haciendo hincapié en aquellas estrategias que sean factibles de aplicar en el partido de La Plata. Para ello, se analizan planes, políticas y medidas aplicadas a nivel nacional e internacional, lo cual contribuirá al trabajo de tesis doctoral titulado

“Construcción de escenarios urbanos-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia en el marco de la oferta y la demanda del sector residencial”,¹ donde se adopta como caso de estudio a la ciudad de La Plata. En el abordaje de las medidas del presente trabajo se pone especial énfasis en el análisis de los posibles mecanismos de implementación, los valores de reducciones potenciales de alcanzar y los costos que estos significan. Dichas medidas se utilizarán posteriormente para construir escenarios de demanda y oferta energética del sector residencial en el mencionado trabajo de tesis doctoral.

Podemos afirmar que para que el sector residencial logre reducciones en sus consumos de energía se debe dar la conjunción de los siguientes elementos:

(i) En primer lugar es necesario alcanzar un consumo eficiente de los recursos, cuestión que se trata en el “Capítulo 1.- Eficiencia energética” y que debe abordarse desde dos aristas:

Por un lado se requiere de un parque edilicio que reduzca lo más posible sus pérdidas energéticas a través de su superficie expuesta, esto se aplica tanto a las nuevas construcciones como a las existentes. Una vez alcanzado este objetivo, los requerimientos energéticos para mantener los niveles de confort interior serán menores. Las medidas necesarias para lograr dichos objetivos son analizadas en la sección *1.1.- Envoltente edilicia*.

En otro plano, también se deberá hacer hincapié en mejorar la eficiencia de los artefactos y electrodomésticos presentes en los hogares, ya que la energía consumida es función del rendimiento de estos equipos y de las horas de uso. Este tema es abordado en la sección *1.2.- Equipamiento domiciliario*.

(ii) Una vez sentadas las bases para un consumo eficiente es posible considerar la posibilidad de incorporar energías renovables en el ámbito residencial urbano. Si hablamos de una vivienda con una adecuada aislación térmica y un equipamiento con altos rendimientos, entonces la incorporación de sistemas solares (o renovables) tanto pasivos como activos será viable dado que las superficies y los costos que se requerirán para estos sistemas serán compatibles con las áreas asoleadas disponibles en las viviendas y con las posibilidades de inversión por parte de los usuarios. El caso de los sistemas solares de agua caliente sanitaria está exento de esta consideración puesto que no están afectados por la calidad de la envoltente ni por la eficiencia de artefactos. Todos estos aspectos son tratados en el “Capítulo 2.- Energías

¹ RESCD-EXA: 200/2014. Admitido en el Doctorado en Ciencias- Área Energías Renovables de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta, con fecha 29 de abril de 2014. Doctorando: Arq. Pedro Chévez, Directora: Dra. Irene Martini, Co-Directora: Dra. Judith Franco y Asesor: Dr. Carlos Discoli.

renovables”, el cual en primera instancia describe dos métodos para conocer la disponibilidad solar en la sección 2.1.- *Cuantificación del recurso solar en ciudades*, para luego adentrarnos en las distintas tecnologías disponibles tanto en la sección 2.2.- *Sistemas pasivos* como en la sección 2.3.- *Sistemas activos*.

(iii) Finalmente, es posible integrar estos aspectos de eficiencia energética y sistemas pasivos y/o activos desde la etapa de diseño arquitectónico de obras nuevas que, sumado a algunos criterios adicionales, dan como resultado lo que se denominan viviendas bioclimáticas. Las mismas comenzarán su vida útil con consumos mucho más bajos que las viviendas tradicionales con iguales o mejores prestaciones, entonces si este tipo de construcciones fueran impulsadas de manera masiva desde el Estado, la iniciativa podría generar cierta réplica en el ámbito privado con un consecuente descenso de la demanda energética. Los programas de vivienda de este tipo son analizados en el “Capítulo 3.- Viviendas bioclimáticas”.

Por último, en el “Capítulo 4.- Síntesis de medidas”, tal como el título lo indica se sistematiza y se sintetiza en un único soporte toda la información recopilada en los capítulos y secciones anteriores con el fin de brindar un documento de consulta ágil que permita dimensionar las posibles medidas a aplicar.

Capítulo I.- EFICIENCIA ENERGÉTICA

Entendemos que la eficiencia energética en el sector residencial debe ser abordada técnicamente desde dos aspectos, en primer lugar mejorando la calidad de la envolvente de los edificios y en segundo lugar mejorando la eficiencia de los artefactos que determinan los usos finales de energía.

Por tal motivo, el presente capítulo aborda la temática de la conservación de la energía en las viviendas en la sección *1.1.- Envolvente edilicia*, donde se plantea el tema desde la calidad de los elementos constructivos, la clasificación global de la envolvente, la legislación vigente y el reciclado de los edificios existentes.

Luego en la sección *1.2.- Equipamiento domiciliario*, se estudian las mejoras graduales que se han ido incorporando en esta área y los estándares que son viables de alcanzar en función del estudio de casos internacionales y de la actual normativa en Argentina. La transición hacia un equipamiento más eficiente no es una tarea sencilla de afrontar, pero es posible lograr mejoras graduales hasta poder contar con un parque adecuado.

I.1.-ENVOLVENTE EDILICIA

Se estima que los requerimientos de gas para calefacción en el sector residencial ascienden aproximadamente al 51% del gas total consumido en las viviendas (Bourges & Gil, 2013), esto es directamente proporcional a los grados días del sitio, a la calidad de la envolvente y a los artefactos utilizados. Por tal motivo mejorar las condiciones de la envolvente de las viviendas permitiría alcanzar reducciones energéticas significativas, cuestión que puede ser abordada en primera instancia desde los elementos constructivos, tema que se trata en *1.1.1.- Calidad de los elementos constructivos*; en segunda instancia desde la mejora en general de todo el cerramiento de la vivienda, lo cual se aborda en *1.1.2.- Clasificación global de la envolvente*; en tercera instancia es necesaria la legislación que convierta en obligatorios todos los requerimientos antes mencionados, tema que se analiza en *1.1.3.- Legislación sobre acondicionamiento térmico*, que en tal sentido es de destacar que en Argentina se han desarrollado numerosas normas² desde finales de la década del setenta desde el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) las cuales están comenzando a ser obligatorias mediante la sanción de leyes, decretos y ordenanzas pero de manera muy aislada; y en cuarto y último lugar es necesaria la mejora del parque edilicio actual, el cual representa la totalidad del consumo energético, tema que se aborda en *1.1.4.- Reciclado masivo de edificios existentes*.

I.1.1.- CALIDAD DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Para analizar la calidad de los elementos constructivos resulta necesario integrar información sobre las características tecnológico-constructivas y termo-energéticas de los

² [IRAM 11549](#). Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario; [IRAM 11601](#). Aislamiento térmico de edificios. Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total; [IRAM 11603](#). Aislamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina; [IRAM 11604](#). Aislamiento térmico de edificios. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor; [IRAM 11605](#). Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Valores máximos admisibles de Transmitancia Térmica K; [IRAM 11625](#). Aislamiento Térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación del vapor de agua superficial e intersticial en paños centrales; [IRAM 11630](#). Aislamiento Térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación intersticial y superficial en puntos singulares; [IRAM 11659-1](#). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de verano. [IRAM 11659-2](#). Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Edificio para vivienda. [IRAM 11507-1](#). Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación. [IRAM 11507-4](#). Carpintería de obra. Ventanas exteriores. Requisitos complementarios. Aislación térmica. [IRAM 11900](#). Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente.

distintos elementos de las envolventes. Estos aspectos se exponen para muros, techos, pisos y aberturas (ventanas y puertas) dependiendo de las diversas opciones de materiales, la técnica constructiva, la superficie expuesta y su transmitancia térmica.

I.- MUROS, TECHOS Y PISOS

En Argentina se cuenta con la normativa necesaria para clasificar muros y techos según su calidad térmica y, a su vez, están establecidos estándares mínimos recomendados para dichos cerramientos. Sin embargo, son normas que por sí solas son de cumplimiento voluntario, por lo tanto, necesitan de la sanción de leyes u ordenanzas que las conviertan en obligatorias.

Por ejemplo, la norma IRAM 11601 (IRAM, 2002) establece los valores y métodos fundamentales para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. A partir de esta norma, es posible calcular la transmitancia térmica (K) de muros y techos para cualquier sistema constructivo.

La norma IRAM 11605 (IRAM, 1996a) tiene como objetivo establecer los valores máximos de transmitancia térmica de muros y techos de edificios destinados a viviendas para asegurar condiciones mínimas de habitabilidad, la misma es una modificación de la norma original de 1980.

Aquí se establecen tres niveles de confort higrotérmico

- a) Nivel A: Recomendado
- b) Nivel B: Medio
- e) Nivel C: Mínimo

La máxima transmitancia térmica admisible para invierno ($K_{\max \text{ adm}}$), tanto para muros como para techos, se obtiene a partir de una tabla a la cual se ingresa por la temperatura exterior de diseño del lugar donde está emplazado el edificio (se obtiene de la norma IRAM 11603) y el nivel de confort que se desee.

La máxima transmitancia térmica admisible de verano se obtiene mediante dos tablas, una brinda los valores para muros y otra para techos. A dichas tablas se ingresa por la zona Bioambiental correspondiente (también se obtiene de la norma IRAM 11603) y el nivel de confort deseado.

Entonces, según el sitio donde se encuentre el edificio, es posible conocer el valor máximo de transmitancia térmica (K) que puede adoptar tanto el muro como el techo de un

edificio, garantizando que a una temperatura interior de confort de 18°C (Nivel C), 20°C (Nivel B) o 22°C (Nivel A) no se producirá condensación superficial en dichos cerramientos y que la diferencia entre la temperatura interior de diseño y la de la superficie del cerramiento no superará los siguientes valores: 1°C (Nivel A), 2,5°C (Nivel B) y 4°C (Nivel C).

Para la zona Bioambiental correspondiente a la ciudad de La Plata, los valores mínimos de transmitancia son los que se observan a continuación:

	Nivel A		Nivel B2		Nivel B		Nivel C	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Techos	0,32	0,18	0,58	0,32	0,83	0,45	1,00	0,72
Muros	0,38	0,45	0,69	0,78	1,00	1,10	1,85	1,80

Tabla 1.1: Valores de K admisibles para la ciudad de La Plata. Fuente: Norma IRAM 11605 (IRAM, 1996a).

En relación a este aspecto, la ley provincial 13059 establece que toda construcción nueva debería cumplir con los valores de Nivel B. En la práctica esto no ocurre, debido a que se optó porque cada municipio implementara su aplicación. Como medida a futuro, en primer lugar, sería viable dar cumplimiento efectivo a dicho estándar y, posteriormente, se podría pensar en superar este estándar a un nivel B2 (media entre A y B), tal como se propone en el trabajo de San Juan, Discoli, Viegas, Ferreyro & Rodríguez (2010) por considerar que el Nivel A requiere de un esfuerzo técnico y económico demasiado elevado.

En el caso de los techos, una alternativa que se está comenzando a desarrollar de manera masiva en algunas ciudades es la incorporación de terrazas o techos verdes a las edificaciones, las cuales permiten el crecimiento de la vegetación en la parte superior de una estructura impermeable de techos, terrazas o azoteas. Las mismas pueden ser extensivas o intensivas, las primeras son inaccesibles, requieren escaso mantenimiento y espesores inferiores a los 15 cm, mientras que las segundas son accesibles y tienen mayores prestaciones pero requieren mayor mantenimiento, riego y soportes estructurales de porte superior (APRA, 2012). Los beneficios de este tipo de cubiertas están relacionados con mejoras en la aislación térmica, extienden la vida útil de las membranas hidrófugas ya que no quedan expuestas al sol, disminuyen la velocidad de escurrimiento del agua y retrasan la llegada del agua de lluvia a la red pluvial, son capaces de retener cierto porcentaje de dicha agua y moderan el efecto de “isla de calor”, entre otros beneficios.

Específicamente en términos de prestaciones térmicas, podemos tomar el trabajo de Machado, Brito & Neila (2000) donde se analizan diversas posibilidades de cubiertas verdes obteniendo los siguientes resultados:

Descripción de la cubierta		K
1	Cubierta vegetal de tipo extensivo sobre una losa nervada: Losa, membranas y sustrato de tierra de 20 cm.	0,18 W/m ² K
2	Cubierta vegetal de tipo intensivo sobre una losa nervada: Losa, membranas y sustrato de tierra de 23 cm.	0,17 W/m ² K

Tabla 1.2: Valores de coeficiente de transmitancia térmica de dos ejemplos de cubiertas verdes (Machado et al., 2000)

Observando los valores y contrastando con los valores mínimos solicitados en Provincia de Buenos Aires es posible ver que verifican la condición de verano e invierno para Nivel A, es decir, que brinda prestaciones térmicas excelentes y aportan a nivel urbano en los aspectos que se mencionaron anteriormente.

La Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires sancionó la ley de “Implementación de los denominados Techos o Terrazas Verdes” en diciembre de 2012, donde incorporó estas cubiertas al código de edificación estableciendo reducciones en el pago de los derechos de delineación y construcción en el caso de obras nuevas y reducciones en el pago del Alumbrado, Barrido y Limpieza en caso de edificaciones existentes que implementen y mantengan este tipo de techos, en ambos casos el máximo descuento puede llegar al 20% del impuesto (CEDOM, 2015). Por otra parte la C.A.B.A. está llevando adelante el Programa Cubiertas Verdes en Edificios Públicos que fue creado en 2010 por medio de la Resolución 175/APRA/10³ (APRA, 2010) y ha ejecutado al menos una instalación en una escuela de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.⁴

Finalmente en materia de pérdidas térmicas por pisos en contacto con el terreno y con el aire exterior no hay clasificación tal como ocurre en muros y techos. Sin embargo estas pérdidas están contempladas en la norma IRAM 11604 (IRAM, 2001a) que establece una comparativa entre pisos sin aislar, pisos aislados con una faja de 50 cm en su perímetro y pisos aislados por completo. La Tabla 1.3 muestra las pérdidas en Watt por metro lineal de perímetro de piso en contacto con muros exteriores por grados Kelvin (W/m²K), allí se puede apreciar la mejora para cada caso de incorporación de aislación. Por ejemplo, se logran reducir casi un 30% las pérdidas agregando una faja perimetral de 50 cm de ancho con un aislante que puede ser poliestireno expandido de una densidad de 25 Kg/m³ y de un espesor de 2,5 cm. El costo de esta mejora es marginal en una obra nueva, sin embargo, no se exige en ninguna normativa.

³ http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/archivos/cubiertas/res_b175.pdf

⁴ La instalación fue ejecutada en la Escuela Primaria Nro. 6 “French y Beruti” ubicada en la calle Basavilbaso 1295 en la Ciudad de Buenos Aires.

Zona Bioambiental	Sin aislación en el piso	Con aislación perimetral en el piso	Con aislación total en el piso
I y II	1,28	1,00	0,85
III y IV	1,38	1,08	0,93
V y VI	1,48	1,17	1,00

Tabla 1.3: Pérdidas térmicas por pisos en W/m²K. Fuente: Norma IRAM 11604.

En última instancia, mediante la aplicación de la norma IRAM 11625 (IRAM, 2000a) es posible realizar una verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Por otro lado, los puntos singulares como aristas, rincones y otros se deben verificar según lo estipulado en la norma IRAM 11630 (IRAM, 2000b). Si bien esta verificación no brinda datos directos acerca de eficiencia energética o ahorros en consumos, sí verifica las condiciones de confort interior y de salubridad para los ocupantes, las mismas dan una idea de la calidad constructiva del edificio por lo tanto es preciso señalar su existencia.

A modo de ejemplo, es posible tomar una tipología constructiva con alta representatividad en la ciudad de La Plata, la casa cajón (72 m²), la cual se encuentra analizada en Rosenfeld & Czajkowsky (1992; pp. 75) y observar las pérdidas por sus cerramientos opacos. La misma presenta los siguientes elementos constructivos y tal como se demuestra en la Tabla 1.4 no logra alcanzar los mínimos requeridos por el Nivel C:

Elemento	Descripción	Coefficiente K/pérdidas	Comparativa
Cubierta	Chapa metálica, entablonado de madera de ½" y cielorraso suspendido de yeso.	Ver: 0,92 (W/m ² °C) Inv: 1,44 (W/m ² °C)	No Cumple C
Muros exteriores	Mampostería de ladrillo común de 20 cm, revocado en ambas caras.	2,21(W/m ² °C)	No Cumple C
Piso	Solado de baldosas cerámicas esmaltadas sobre mezcla de asiento de cal y arena. Contrapiso de H° de cascotes sobre terreno natural.	1,57(W/m ² °C)	-

Tabla 1.4: valores de K admisibles para la Ciudad de La Plata. Fuente: Norma IRAM 11605 (IRAM, 1996a).

Las pérdidas energéticas por metro cuadrado de cerramiento o por metro lineal de perímetro de piso para todo un día de invierno promedio en la ciudad de La Plata se pueden calcular mediante la siguiente expresión:

$$Q[Wh/m^2 * día] = K * \Delta t * 24h/día$$

Donde:

K es el coeficiente de transmitancia térmica K para muros y techos (W/m^2C) o pérdidas térmicas para pisos (W/m^2C).

Δt es la diferencia de temperatura (T° exterior- T° interior).

Si consideramos una diferencia de temperatura exterior de $9,7^\circ C$ (T° media de julio) respecto de una prefijada interior de $20^\circ C$, la diferencia resulta en $10,3^\circ C$. Entonces, las pérdidas diarias para el caso base por cerramientos opacos para un día medio de invierno en comparación con las que se originan a partir del cumplimiento de los distintos niveles de la normativa son las siguientes:

Elemento	Caso Base	Nivel A	Nivel B2	Nivel B	Nivel C
Cubierta	355 Wh/m ²	80 Wh/m ²	144 Wh/m ²	205 Wh/m ²	248 Wh/m ²
Muros exteriores	546 Wh/m ²	94 Wh/m ²	171 Wh/m ²	248 Wh/m ²	457 Wh/m ²
Piso	389 Wh/m	229 Wh/m (toda la superficie)	266 Wh/m (perímetro)		

Tabla 1.5: Cálculo de pérdidas energéticas diarias para un día promedio de julio.

El ahorro energético que se consigue asegurando los niveles mínimos de aislación es notorio, ya que en el caso de la cubierta se consiguen ahorros del 78% (A), 60% (B2), 43% (B) y 30% (C), en muros se logran ahorros del orden del 83% (A), 69% (B2), 55% (B) y 16% (C) respectivamente. Con la aislación total del piso se logra un ahorro del 41% y aislando el perímetro se ahorra un 31%. Entonces, haciendo efectivo el cumplimiento de cualquiera de los niveles mínimos de transmitancia se logran ahorros significativos para el ejemplo considerado. En general las construcciones existentes manejan valores similares a los del ejemplo, con lo cual es posible afirmar que mediante la exigencia del cumplimiento de cualquiera de los niveles propuestos se podrán conseguir ahorros en calefacción para las nuevas construcciones.

II.- VENTANAS

En materia de ventanas, en nuestro país contamos con las normas IRAM 11507-1 (IRAM, 2001b) y 11507-4 (IRAM, 2010a). En la primera se establecen requisitos básicos y una clasificación, mientras que en la segunda se establecen requisitos complementarios y requerimientos de aislación térmica.

En la norma 11507-1 se clasifica a las ventanas en primer lugar según la infiltración de aire, que se mide en caudal de aire por metro de junta a una presión de 100 Pa (10 mm H₂O). A continuación se observa la Tabla 1.6 con la clasificación mencionada:

Clasificación según la infiltración	Caudal de aire por metro de junta ($m^3/h m$)	Designación
IRAM A1	Mayor que 4,01 hasta 6,00	Normal
IRAM A2	Mayor que 2,01 hasta 4,00	Mejorada
IRAM A3	Hasta 2,00	Reforzada

Tabla 1.6: Clasificación de ventanas según infiltración de aire según la norma IRAM 11507-1. Fuente (IRAM, 2001b)

La norma, a su vez, clasifica a las ventanas según su estanquidad al agua con la denominación E1 a E5, de menor a mayor calidad. Finalmente se clasifican según su resistencia a la acción del viento con la nomenclatura V1 a V4.

Por otra parte, la norma 11507-4 clasifica las carpinterías según la transmitancia térmica K, considerando tanto el marco, como el acristalamiento e incluso los cerramientos adicionales tales como cortinas de enrollar u otros sistemas de cierre. También queda estipulado que las ventanas verificadas deben presentar valores de transmitancia menores a $4 W/m^2C$. La Tabla de clasificación se observa a continuación:

Categoría de aislación	Transmitancia térmica K (en $W/^{\circ}C m^2$)
K1	$K \leq 1,0$
K2	$1,0 \leq K \leq 1,5$
K3	$1,5 \leq K \leq 2,0$
K4	$2,0 \leq K \leq 3,0$
K5	$3,0 \leq K \leq 4,0$
No clasificable	$K > 4,0$

Tabla 1.7: Clasificación de ventanas por su transmitancia térmica. Fuente: IRAM 11507-4 (IRAM,

Por lo tanto, la nomenclatura completa que establece la norma es la que se observa a continuación, la cual indica los rangos de permeabilidad al aire, estanquidad a la lluvia, resistencia mecánica a la acción del viento y transmitancia térmica ponderada de la ventana:

[IRAM A1, IRAM E2, V3, K3]

Esta clasificación en Argentina es voluntaria y, nuevamente, depende de legislaciones que la conviertan en obligatoria, con lo cual no tiene aplicación en la práctica. En cambio, a nivel internacional existe el etiquetado de ventanas, el cual brinda información útil a los compradores.

La etiqueta de ventanas varía según el país que se analice, sin embargo, en general se reitera la presencia del coeficiente de transmitancia térmica (K denominado internacionalmente como U), el factor solar (FS o SHGC) y la infiltración de aire. Igualmente pueden informar sobre la transmitancia de luz visible, como así también índices de rendimiento energético relacionados a la ganancia de luz natural, trasmisión de sonidos, resistencia a la condensación, entre otros (Pattini, Villalba, Correa & Fernández Llano, 2013). Algunas de ellas pueden distinguir su

comportamiento para invierno y para verano, además de las prestaciones según las regiones climáticas dentro del país, tal como ocurre en el caso de la propuesta de Brasil. Por su parte, algunas adoptan el esquema de barras tradicional que integra todas las variables mediante una ecuación y brinda un valor de la A a la G, esto es de la mejor calidad a la peor. Otros países únicamente brindan los datos en forma numérica.

A continuación se pueden observar a modo de ejemplo tres etiquetas de ventanas (Figura 1.1), una del Reino Unido, una de España y una de Estados Unidos donde es posible detectar lo expresado anteriormente.



Figura 1.1: Etiquetado de ventanas del Reino Unido, España y Estados Unidos. Fuente: <http://www.swishwindows.co.uk/>; <https://www.ventanaseficientes.com/> y <http://www.nfrc.org/>

Cabe destacar que en Argentina hay una propuesta de etiquetado para ventanas, la cual se puede encontrar en Pattini et al. (2013), que integra los coeficientes de transmitancia térmica, el factor solar, las infiltraciones, los grados día de calefacción o refrigeración del lugar de emplazamiento y la radiación, dando como resultado un índice que permite establecer rangos y clasificar la ventana de la A a la G (desde la mejor calidad a la peor).

Si bien es posible establecer la obligatoriedad de etiquetado para este tipo de elementos, tal como ocurre en la Comunidad Europea, la dificultad recae en la necesidad de que se requieran numerosos laboratorios en los cuales sea posible desarrollar los ensayos físicos pertinentes. Según lo que informa la Secretaría de Energía, en 2012 dicha institución presentó a IRAM una modificación de las normas de la serie 11507 “Carpinterías de Obra-Ventanas Exteriores” para introducir el etiquetado de eficiencia energética de estos productos. La norma elaborada es la 11507-6 y han trabajado en ella el Instituto de Ciencias Humanas Sociales y

Ambientales (INCIHUSA), el INTI, integrantes de cámaras sectoriales, la Subsecretaría de Vivienda, vendedores y fabricantes. Con lo cual el camino está allanado para poder contar en el futuro con este valioso instrumento.

Como medida útil y accesible sería posible implementar la obligatoriedad de rotulación en carpinterías según lo establecido en las normas IRAM 11507-1 y 11507-4. En segundo lugar, sería posible establecer estándares mínimos, ya sea utilizando alguno de los indicadores más usuales o las categorías de clasificación que se desprenden de las normas citadas anteriormente. Un ejemplo es la ley 13059/03 de Provincia de Buenos Aires, complementada con el decreto 1030/10, donde se establece como valor mínimo para infiltraciones la categoría A1 para carpinterías colocadas hasta 10 m de altura y A2 para aquellas que estén por encima de este nivel. Por su parte, para el coeficiente de transmitancia térmica se solicita K5 para carpinterías colocadas hasta 10 m de altura y K4 para aquellas que se encuentren sobre ese nivel.

Lograr mejoras en las carpinterías existentes en la edificación construida significaría reducir las demandas de calefacción y de refrigeración, ya que son componentes que tienen mucha incidencia en cualquier balance térmico ya sea de verano como de invierno, por lo tanto es importante desarrollar medidas tendientes a mejorar este aspecto. Ahora bien, ¿qué costos pueden significar las distintas tecnologías disponibles? Si comparamos una ventana que cumpla con el valor K1, otra con K3 y otra con K5 podremos analizar en la Tabla 1.8 que los costos crecen hasta duplicarse pero que se logran eficiencias o ahorros del orden del 85% entre el peor y el mejor caso:

Especificación técnica	K del cerramiento	Costo usd/m ²
K1 Doble ventana con ruptor de puente térmico. DVH Low E 6-12-6 (mm)	0,97	252 usd/m ² 1.4x0.9 PVC DVH Low E (Doble ventana)
K3 Ventana simple con ruptor de puente térmico. DVH Low E c/argón 4-15-4 (mm)	1,79	175 usd/m ² 1.4x1PVC DVH Low E + Argón
K5 Ventana simple sin ruptor de puente térmico. DVH 6-12-6 (mm)	3,82	126 usd/m ² 1.4x0.9 PVC DVH Low E
Ventana vidrio simple de 6mm con carpintería de aluminio.	5,8	112 usd/m ² 0.88x1.5 PVC vidrio simple

Tabla 1.8: Costo de los diferentes tipos de cerramientos. Fuente: Costos relevados en www.homedepot.com

Se confeccionaron los precios con datos de Estados Unidos, ya que es posible encontrar fácilmente toda la variedad de carpinterías y vidriados. En Argentina, los precios son bastante más elevados, salvo en el caso del vidrio simple que es el elemento que predomina en la mayoría

de las construcciones. Entonces es posible concluir que una vez que se genere un mercado lo suficientemente grande de carpinterías de doble vidrio hermético, los costos se podrán reducir y se tornarán más accesibles. Este mercado se puede consolidar por medio de la demanda que debería ser impulsada por la aplicación efectiva de normas que vuelvan obligatoria la instalación masiva de estos elementos.

III.- PUERTAS

Las puertas no están contempladas en normativas energéticas argentinas. Tampoco existe información acerca de las prestaciones que pueden brindar estos elementos, ya sea en términos de transmitancia térmica, infiltraciones u otras características tal como ocurre en ventanas. A pesar de que la superficie que ocupan las puertas en el total de la envolvente es escasa, bien podrían presentar un etiquetado o un rotulado que brinde algún dato sobre su eficiencia energética, tal como ocurre en algunos países como por ejemplo Canadá o Estados Unidos (Figura 1.2). Las infiltraciones y las pérdidas en una puerta sin aislación y de mala calidad pueden ser elevadas, lo cual no contribuye a lograr una envolvente adecuada.

ENERGY STAR® Certified in Highlighted Regions
Certifié ENERGY STAR dans les régions en surbrillance

Canada
 energystar.gc.ca

ENERGY STAR

U.S. / É.U.
 energystar.gov

ER/RE 18

DO NOT REMOVE UNTIL FINAL INSPECTION/NE PAS RETIRER AVANT L'INSPECTION FINALE

Door Company Ltd.
Entrance Door
 Insulated Steel Edge Door
 XYZ-X-1*

ENERGY PERFORMANCE RATINGS

Product Description**	U-Factor ¹ /Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)			
	Individual Option Number			
Default Frame*** Wood	1/4 Lite 0.289 (0.475)†	1/2 Lite 0.381 (0.509)†	3/4 Lite 0.475 (0.710)†	Full Lite 0.570 (0.796)†
2/A1nal/AIR/0.250	1.65 (0.29)‡	1.70 (0.30)‡	2.04 (0.38) / 0.33	2.27 (0.40) / 0.49
2/A1.020(3)/ARG/0.750	1.19 (0.21)‡	1.36 (0.24)‡	1.49 (0.26) / 0.31	1.59 (0.28) / 0.36
2/A1nal/AIR/0.675	1.31 (0.23)‡	1.58 (0.28)‡	1.87 (0.33) / 0.34	1.93 (0.34) / 0.49
3/S5nal/AIR/0.250	1.19 (0.21)‡	1.42 (0.26)‡	1.53 (0.27) / 0.36	1.85 (0.28) / 0.49
Flush/Embossed 00005-00001	U-Factor ¹ 1.10 (0.19) SHGC 0.04			
Air Leakage	≤ 2.5 l/s·m² / ≤ 0.5 cfm/ft²			

Manufacturer stipulates that these ratings conform to applicable NFRC procedures for determining whole product performance. NFRC ratings are determined for a fixed set of environmental conditions and a specific product size. NFRC does not recommend any product and does not warrant the suitability of any product for any specific use. Consult manufacturer's literature for other product performance information.

* Number below the performance ratings are referenced in the NFRC Certified Products Directory (e.g., XYZ-X-1-00001-00001 or 860-X-1-00001-00001)

** #glazing layers / spacer type / low-e emissivity (surface) / gap fill / gap width (not applicable)

*** per NFRC 100 1 Win-K (butyl+HF)

www.nfrc.org

Figura 1.2: Etiquetado de una puerta del programa Energy Star Canadá. Fuente: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/products/for-participants/13069>

La etiqueta adjunta en Figura 1.2 pertenece al programa Energy Star y brinda información sobre la transmitancia térmica (U), el Factor Solar (SHGC) en caso de contar con alguna parte vidriada y las infiltraciones de aire (Air Leakage). Esto es de utilidad a la hora de adquirir este tipo de productos porque viabiliza la comparativa entre distintas alternativas.

1.1.2.- CLASIFICACIÓN GLOBAL DE LA ENVOLVENTE

Mediante la norma IRAM 11604 es posible determinar el coeficiente volumétrico de pérdida de calor (G_{cal}) de un edificio, el cual considera las pérdidas a través de los cerramientos que componen la envolvente (opacos, no opacos y en contacto con el terreno) más las pérdidas por renovaciones de aire de los locales calefaccionados. El valor de dicho parámetro no debe exceder el valor máximo admisible (G_{adm}) que depende del volumen a calefaccionar y de los grados día de la localidad que es posible de obtener a partir de la norma IRAM 11603. Si se cumple que $G_{cal} < G_{adm}$ entonces se logrará un ahorro energético en calefacción.

Si utilizamos el trabajo de Rosenfeld & Czajkowsky (1992) y observamos los coeficientes G_{cal} obtenidos para distintas tipologías de viviendas presentes en la ciudad de La Plata y hacemos la comparativa con los G_{adm} podremos observar que en general no se cumple que $G_{cal} < G_{adm}$. Para ello se utilizó la norma 11603 (IRAM, 1996b) y se obtuvo el valor de grados día en base 18°C, $GD_{18}=1.178$ y se ingresó en la tabla de la norma 11604 para conocer el G_{adm} con el volumen correspondiente a cada vivienda y se interpoló entre los valores hallados, obteniendo los siguientes resultados:

Tipología	Volumen (m ³)	G_{cal} (W/m ³ °C)	G_{adm} (W/m ³ °C)	Verifica	Potencial Ahorro
Casa Chorizo	210	1,3	1,76	Sí	0%
Casa Cajón	187,2	3,1	1,82	No	41%
Casa Cajón FONAVI	141,5	3,7	1,97	No	46%
Duplex Estatal	180	2,4	1,84	No	23%
Renta Pasillo	352,8	1,6	1,58	No	1%
Renta en Altura	106	2,2	2,08	No	5%
Propiedad Horizontal	216	2,7	1,75	No	35%
Bloque Bajo a	172,9	2,9	1,86	No	35%
Bloque Bajo b	183,7	2,4	1,83	No	23%
Edificio Placa	174,6	2,1	1,86	No	11%

Tabla 1.9: Relevamiento de pérdidas volumétricas G para las distintas tipologías de la ciudad de La Plata (Rosenfeld & Czajkowsky, 1992) y elaboración propia según IRAM 11604.

Se desprende de la Tabla 1.9 que en caso de establecerse como medida el cumplimiento del coeficiente volumétrico G en calefacción es posible obtener ahorros energéticos del orden del 30% al 40%.

Asimismo, mediante las normas IRAM 11659-1 (IRAM, 2004) y 11659-2 (IRAM, 2007a) es posible cuantificar ahorros de energía en refrigeración de edificios. Mediante estas normas se puede obtener la carga térmica de refrigeración de un edificio Q_r (W), calcular el coeficiente volumétrico de refrigeración G_r (W/m³) que permite evaluar el ahorro de energía en refrigeración, como así también calcular la carga térmica por unidad de superficie S_r (W/m²) y finalmente es posible contrastar los resultados obtenidos con los valores admisibles de Q_r , G_r y S_r los cuales dependen del volumen a climatizar y de la temperatura máxima de diseño T_{DMX} que se obtiene de la norma IRAM 11603 para cada localidad.

Por otra parte, desde 2009 se cuenta con la norma IRAM 11900 (IRAM, 2009) en la cual se establece el método de cálculo para obtener el etiquetado de un edificio. El objetivo de la etiqueta de eficiencia energética es el de informar al consumidor sobre la eficiencia térmica global de la envolvente de un edificio, la cual se puede clasificar de la A (más eficiente) hasta la H (menos eficiente). En dicha norma se establece el método que permite determinar el comportamiento térmico de la envolvente, el cual depende de τ_m que es la diferencia media ponderada de la temperatura entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño que se establece en 20°C. Las clases de eficiencia se observan en la Tabla 1.10:

Clase	Rango de τ_m
A	$\tau_m \leq 1^\circ\text{C}$
B	$1,0^\circ\text{C} < \tau_m \leq 1,5^\circ\text{C}$
C	$1,5^\circ\text{C} < \tau_m \leq 2,0^\circ\text{C}$
D	$2,0^\circ\text{C} < \tau_m \leq 2,5^\circ\text{C}$
E	$2,5^\circ\text{C} < \tau_m \leq 3,0^\circ\text{C}$
F	$3,0^\circ\text{C} < \tau_m \leq 3,5^\circ\text{C}$
G	$3,5^\circ\text{C} < \tau_m \leq 4,0^\circ\text{C}$
H	$\tau_m > 4,0^\circ\text{C}$

Tabla 1.10: Valores de τ_m para determinar el etiquetado de envolvente edilicia.

A continuación en la Figura 1.3 se muestra la etiqueta utilizada en nuestro país junto con otros ejemplos empleadas en otros países:

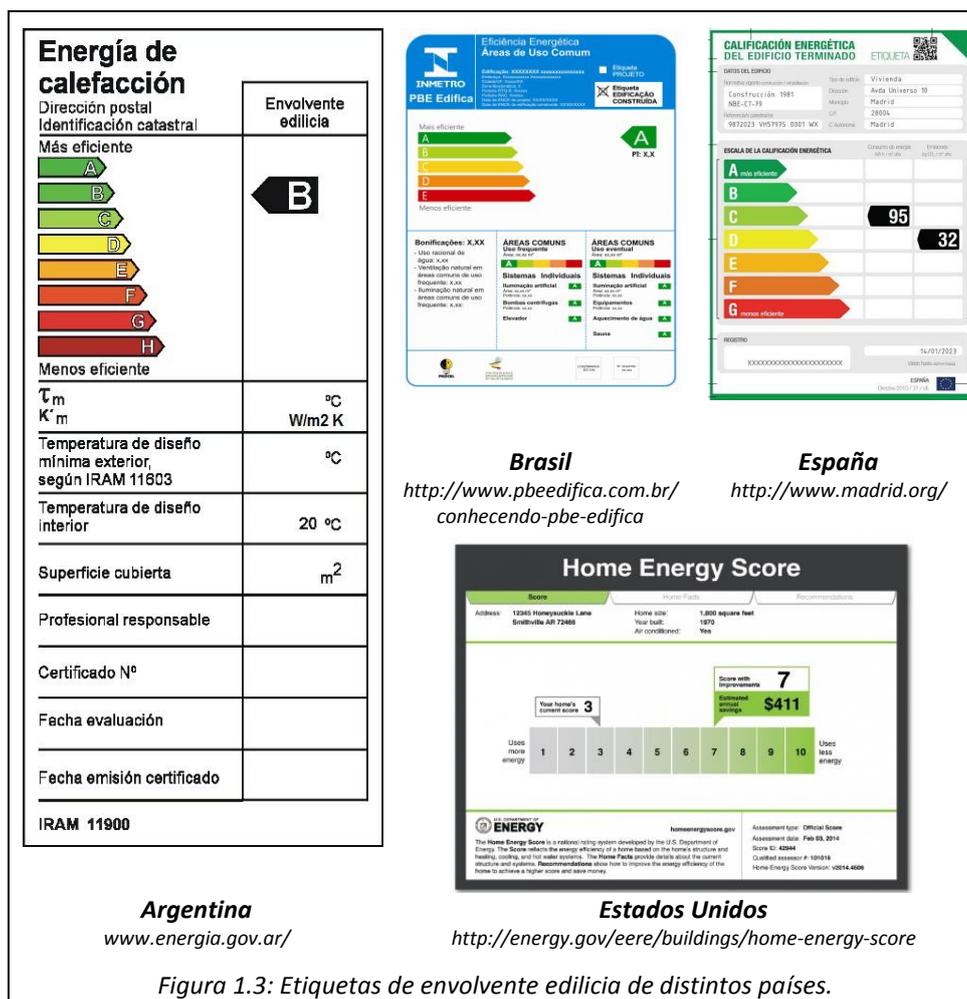


Figura 1.3: Etiquetas de envolvente edilicia de distintos países.

Este tipo de etiquetado está difundido en otros países y reviste carácter obligatorio, en nuestro caso únicamente es solicitado por la ley de 4458/12 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Este tipo de información es de mucho valor para el comprador ya que advierte respecto del comportamiento que tendrá su edificio en términos de requerimientos energéticos de climatización. A pesar de esto, los edificios que se han construido en los últimos años y que se están construyendo en la actualidad en la ciudad de La Plata responden a la especulación inmobiliaria que tuvo una explosión luego de 2010 cuando se modificó el Código de Ordenamiento Urbano (Ordenanza 10703/10), esto intensificó la construcción de edificios en altura que en general se ejecutan con ladrillo hueco de 18 cm y revoques de ambos lados, ventanas de calidad estándar y cubiertas con escasa aislación térmica. Tal como aseveran Vagge & Czajkowsky (2012) este tipo de construcciones no verifican el coeficiente G, clasifican con la letra H en el etiquetado energético, a nivel muros y techos no cumplen con los valores admisibles

de transmitancia térmica K, ni tampoco verifican el riesgo de condensación intersticial y superficial.

Por lo expuesto anteriormente, ha quedado de manifiesto la importancia de mejorar las construcciones nuevas puesto que allí existe un potencial de ahorro muy importante a largo plazo, que se conseguiría con la implementación efectiva de niveles mínimos para cada uno de los índices mencionados anteriormente, ya sean componentes, el coeficiente G o por medio del etiquetado obligatorio. Esto únicamente es posible de conseguir mediante una fuerte decisión política, puesto que la normativa ya está a disposición y hasta se sancionaron leyes que exigen ciertos requerimientos pero que en la actualidad no tienen mecanismos de control y por ende no se cumplen. La situación de las legislaciones vigentes en la temática se aborda a continuación.

I.1.3.- LEGISLACIÓN SOBRE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Se han enunciado de manera aislada algunas exigencias sobre acondicionamiento térmico que necesariamente deben ser cumplidas a partir de la sanción de leyes, ordenanzas y decretos. En este punto se plantea profundizar qué es lo que actualmente permanece vigente en relación a esta temática y se exponen los índices y valores que son requeridos por cada una de las leyes. Se toman la ley 13059/03⁵ de la Provincia de Buenos Aires que se complementa con el decreto 1030/10⁶, la ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires 4458/12⁷ y la Ordenanza Municipal de Rosario 8757/11⁸.

I.- LEY DE PROVINCIA DE BUENOS AIRES N° 13059/03.

En el caso de la ley provincial 13059/03 sobre “Condiciones de Acondicionamiento Térmico exigibles en la construcción de edificios” y el decreto 1030/10, se exige que toda construcción nueva o refacción de edificaciones existentes deberá respetar las siguientes condiciones: la transmitancia térmica de los muros, techos y pisos deberá ser menor o igual a la transmitancia máxima admisible $K_{\max adm}$ correspondiente al Nivel B de la Norma IRAM 11605 tanto para la condición de invierno como de verano. Asimismo, se deberá verificar el riesgo de condensación superficial e intersticial tanto de paños centrales como de puntos singulares tal como establecen las Normas IRAM 11625 y 11630. Por otro lado, cualquier puente térmico no

⁵ <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-13059.html>

⁶ <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/10-1030.html>

⁷ http://www.buenosaires.gob.ar/areas/leg_tecnica/

⁸ <http://www.rosario.gov.ar/normativa/verArchivo?tipo=pdf&id=75004>

podrá superar en una vez y medio el valor de K del cerramiento opaco. Por su parte, se deberá calcular mediante la Norma IRAM 11604 el coeficiente G_{cal} que deberá ser inferior a G_{adm} . Por último, las carpinterías deberán responder a la clasificación A1 (infiltración) y K5 (aislación térmica) hasta los 10 m de altura, y por encima de esa cota deberán cumplir con la clasificación A2 y K4 de Norma IRAM 11507-1 y 11507-4 respectivamente.

La autoridad de aplicación queda en poder de los municipios, con lo cual el cumplimiento de la misma actualmente es nulo.

II.- LEY DE CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES N°4458/12

En segunda instancia está sancionada la ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires 4458/12 denominada “Normas de acondicionamiento térmico en la construcción de edificios”, donde queda establecido que para las construcciones nuevas de más de 1.500 m², sean privadas o públicas, se exigen las mismas condiciones que las mencionadas en la ley 13059/03 más el requerimiento de la verificación del coeficiente G_{ref} (refrigeración) el cual deberá ser menor al G_{adm} y además se solicita cumplimentar con el etiquetado energético de la envolvente según el procedimiento estipulado en la Norma IRAM 11900. Se verificó el cumplimiento de dichas solicitudes por medio de una comunicación telefónica con la Dirección General de Registro de Obras y Catastro el día 14 de julio de 2015.

III.- ORDENANZA DE LA CIUDAD DE ROSARIO N°8757/11

Por último se presenta el caso de la Ordenanza 8757/11, donde se exige que las construcciones verifiquen la transmitancia térmica K de los muros y techos, los cuales deberán ser inferiores o iguales a los establecidos por el Nivel A y Nivel B de la Norma IRAM 11605 tanto para la condición de invierno como de verano. En materia de ventanas también deja establecido en tablas los valores máximos de K y del factor de exposición solar según la orientación del vano siguiendo una clasificación denominada Nivel A y Nivel B. Bajo la misma denominación establece dos valores máximos de infiltraciones de aire para las carpinterías. También se exige verificar el riesgo de condensación superficial e intersticial en paños centrales y de puntos singulares siguiendo las Normas IRAM 11625 y 11630. Finalmente se deberán calcular los coeficientes G_{cal} y G_{ref} que deberán ser inferiores a sus respectivos G_{adm} .

Actualmente al 1 de julio de 2015 la ordenanza entró en vigencia en su tercera etapa y es exigible para edificios de más de 2.000m² (Municipalidad de Rosario, 2015). En el futuro se

espera que la misma sea obligatoria para todos los edificios, tanto públicos como privados, a construir o que ejecuten modificaciones, reformas o rehabilitaciones. En el caso de edificios existentes, es exigible para aquellos que superen los 500 m² y/o que se renueve más del 25% del total de sus cerramientos. Están exentos aquellos edificios menores a los 50 m².

IV.- PERSPECTIVAS FUTURAS

Si sumamos la población de las tres jurisdicciones,⁹ es posible observar que las mismas alcanzan aproximadamente un 50% de la población de la República Argentina, por lo tanto estas legislaciones presentan un avance importante, sin embargo, es necesario que las mismas sean cumplidas efectivamente para que las nuevas edificaciones comiencen su vida útil con buena calidad en su envolvente lo cual signifique reducciones en los consumos energéticos. El camino para que esto se extienda al resto del país está absolutamente allanado en términos de bases teóricas y técnicas con los antecedentes planteados y las leyes sancionadas, es decir, que hace falta la decisión de hacerlo ya que los métodos están disponibles desde hace décadas.

A nivel internacional, este tipo de normas tienen una historia que se remonta a la crisis del petróleo de 1973, cuando los países afectados debieron recurrir tanto a la eficiencia energética como a las energías renovables. Los senderos que transitó cada país se pueden consultar en (IEA, 2008), donde también se pueden consultar algunos valores exigidos para los coeficientes de transmitancia térmica de los distintos componentes para distintos países del mundo, de todas formas la comparación no debería ser lineal dadas las distintas exigencias climáticas. Lo que es necesario destacar es que desde antes de la década de los setenta existe legislación internacional que solicita efectivamente niveles de eficiencia energética en las construcciones y que necesariamente Argentina tarde o temprano deberá afrontar con seriedad esta temática, tanto como para lograr reducciones en consumos innecesarios como para elevar la calidad de vida de los usuarios residenciales.

Por otro lado, es necesario resaltar que si los requerimientos son muy elevados, difícilmente se cumplan en la ejecución de las obras, dado que el costo inicial de la misma se incrementará demasiado, entonces, habrá que dimensionar en su justa medida los estándares mínimos a cumplimentar y además será necesario algún mecanismo de verificación. Por ejemplo, un mecanismo de verificación podría ser el etiquetado edilicio que, vinculado a una

⁹ Población de C.A.B.A: 2.890.151 habs.; población de Provincia de Buenos Aires: 15.625.084 habs. ; población de la ciudad de Rosario: 1.198.528; sobre un total de 40.117.096 en todo el país, la sumatoria resulta aproximadamente un 50% de la población de todo el país (INDEC, 2012).

obligatoriedad de cumplimiento para venta o alquiler de inmuebles, se convertiría en una herramienta de información y control muy valiosa. Según afirma Cavedo & Galilea (2010) es posible obtener reducciones entre el 35% y el 40% mediante mejoras en el diseño de la envolvente térmica y los hábitos de utilización de los mismos.

En la ciudad de La Plata, en promedio se incorporaron alrededor de 5.000 viviendas al año al parque construido según el último período intercensal (censo 2001 = 177.004 hogares; censo 2010 = 221.313 hogares). Si bien sólo una parte son ejecutadas con permiso de obra, la incorporación sostenida de edificaciones eficientes puede contribuir a mejorar el comportamiento energético del parque edilicio a largo plazo.

I.1.4.- RECICLADO MASIVO DE EDIFICIOS EXISTENTES

Previamente se destacó la importancia de mejorar el rendimiento térmico-energético de las nuevas construcciones. Tal como se señaló para el partido de La Plata, la incorporación de hogares es de aproximadamente 5.000 unidades al año, que en relación a los 221.313 existentes significa un 2,2% del total. Entonces, será de vital importancia también el mejoramiento de lo que ya está construido que, tal como se analizó en la Tabla 1.9, no es energéticamente eficiente. Este tipo de mejoras en los edificios existentes son llevados adelante por medio de programas de reciclado masivo que a nivel internacional han sido practicados por ejemplo en Francia, Alemania, Estados Unidos, entre otros países con excelentes resultados donde los ahorros alcanzados oscilan en el rango del 30% al 40%. En el caso de Argentina, esta clase de iniciativa no ha sido desarrollada.

Estos programas consisten en un mejoramiento general de la envolvente de edificios existentes mediante la adición de aislación térmica en muros y techos y el recambio de carpinterías a una escala masiva. De esta manera se logra reducir la transferencia de calor e infiltraciones de aire, se mejoran las condiciones de confort interior y se alcanzan reducciones significativas en consumos energéticos por climatización. Dichos programas también pueden apuntar al recambio de los sistemas de refrigeración y calefacción.

Uno de los principales problemas para la aplicación de estos programas en grandes ciudades es la proporción de propietarios y de inquilinos de las viviendas, ya que en general estas mejoras se llevan adelante sólo cuando el habitante de la casa es propietario y puede recuperar su inversión mediante reducciones en las futuras facturas de energía. De otro modo, en caso de ser inquilino, por supuesto que no afrontará el costo de una mejora estructural en la

vivienda y si se trata de un propietario que pone en alquiler su vivienda, entonces tampoco le es rentable realizar la inversión puesto que el precio de mercado no le permitiría incrementar el precio de un futuro contrato. Entonces, en general, estos reciclados quedan restringidos a propietarios que habitan su vivienda y que están en condiciones de afrontar los costos iniciales.

Existen diversos mecanismos que impulsan este tipo de programas, en ciertos casos surge por iniciativa del propio usuario, en otros casos se fomentan mediante la reducción de impuestos, por créditos con tasas preferenciales, o directamente por financiamiento estatal total o parcial. También se ejecutan con planes integrales con una ingeniería financiera más compleja donde participan fabricantes, instaladores, constructoras, el Estado y los usuarios. Lógicamente, en sitios donde el precio de la energía es elevado, el repago de la inversión se acorta considerablemente siendo este un fuerte incentivo para el usuario, mientras que en lugares donde el precio tiene menor incidencia, se necesitan subsidios u otros mecanismos que impulsen estas iniciativas.

Según Neme, Gottstein & Hamilton (2011) la experiencia en este tipo de programas indica que para que una estrategia sea exitosa deberá tener en cuenta en primera instancia (i) la complejidad del mercado inmobiliario, el cual presenta tipologías de vivienda muy diversas y cuenta con el problema de los propietarios e inquilinos que señalábamos previamente. A su vez, (ii) deberá sortear las barreras propias del mercado de la eficiencia energética, que incluyen la falta de información de los usuarios acerca de la eficiencia o ineficiencia de su propia casa y el desconocimiento acerca de los constructores capaces de afrontar estos trabajos. Por último, (iii) es necesario considerar los problemas de financiamiento para estas iniciativas.

Tal como afirman Neme et al. (2011) en general los países o grandes jurisdicciones que están desarrollando este tipo de iniciativas logran reciclar un poco menos que el 2% de las viviendas existentes por año, siendo el caso por ejemplo de Gran Bretaña. En general se trata de reciclados de viviendas parciales que incluyen unas pocas medidas en contraposición al reciclado completo. Alemania cuenta con un programa exitoso de reciclado completo, el cual se estima que alcanza al 0.9% de las viviendas unifamiliares al año.

Siguiendo con lo expuesto por los autores, si se considera un reciclado completo es posible conseguir ahorros que rondan entre un 20% y un 35% de la energía utilizada en climatización. Por ejemplo en el caso de programas estadounidenses el promedio es entre el 25% y el 35%, en Canadá está entre el 20% y el 25%, en Gran Bretaña el promedio es del 28%, por supuesto esto depende de las condiciones climáticas del lugar, de los niveles de mejora

practicados y de las condiciones iniciales de la vivienda, entre otros factores. Los costos de un reciclado completo para una vivienda oscilan entre los 10.000 y 20.000 dólares en Estados Unidos, con lo cual se torna fundamental el aporte estatal.

Existen numerosos programas de reciclado o *retrofit* que se han desarrollado en diferentes países, por ejemplo se puede mencionar el caso del Hood River Conservation Project desarrollado a principios de la década del ochenta en el Estado de Oregon en Estados Unidos, donde se llevó a cabo el reciclado de alrededor de 3.000 viviendas. El programa tenía un fondo de 20 millones de dólares e instalaba gratuitamente alguna o todas las medidas de mejoramiento que entregaba el informe de relevamiento de la casa, siempre y cuando el costo de la medida no superara 1,15 usd/kWh ahorrado al año. Un software calculaba los costos de las mejoras edilicias en función de lo evaluado en la auditoría, luego calculaba los ahorros anuales en kWh y si el usuario aceptaba el reciclado, aleatoriamente se asignaba un constructor para la ejecución de la obra. En promedio por vivienda reciclada se ahorraron 2.600 kWh en el primer año y las medidas de acondicionamiento costaron aproximadamente 4.400 dólares por vivienda, lo que resultó en promedio un costo de 1,7 usd/kWh ahorrado. (Fuller, Kunkel, Zimring, Hoffman, Soroye & Goldman, 2010)

Un ejemplo más contemporáneo es el del programa Houston's Power to People, en el Estado de Texas (Estados Unidos), que se inició en 2006 y que está destinado a familias de bajos ingresos, sean propietarios o inquilinos. El programa se apoya en líderes civiles y religiosos de barrios de ingresos bajos que incentivan a la difusión del programa. El mismo ofrece de forma gratuita el acondicionamiento de la vivienda en barrios que son seleccionados por la edad promedio del parque de viviendas, por la proporción de familias de bajos recursos y por la presencia de alguna organización comunal con la cual sea posible trabajar. Las mejoras que están disponibles en este mecanismo van desde optimizar el sellado de vanos, incorporar aislación en techos o áticos, recambio de lámparas, trabajos en conductos, recambio de heladeras, equipos de aire acondicionado, entre otros. Al año 2010 se habían reacondicionado 8.300 viviendas, obteniendo una respuesta favorable por parte de los usuarios en un 90% de los casos y el costo medio del acondicionamiento osciló entre los 3.000 y 3.500 dólares. Este no se trataba de un reacondicionamiento completo de la envolvente, pero sí incorporaba mejoras al menos parciales y subsidiadas por el Estado en forma completa.

En el caso de Argentina, no se han encontrado programas de reciclado de viviendas con características similares a las planteadas anteriormente. Es de resaltar que el Instituto de

Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC, ex UI2 del IDEHAB) de la Facultad de Arquitectura de la UNLP ha realizado aportes importantes en esta temática a lo largo de las últimas cuatro décadas con proyectos tales como AUDIBAIRES en los años ochenta (Rosenfeld, Elías coord., 1988), y URE-AM en los noventa (Rosenfeld & Discoli coords., 2002), entre tantos otros estudios, pero fundamentalmente interesa resaltar dos casos recientes.

En primer lugar se destaca el proyecto dirigido por el Dr. Carlos Discoli denominado *Desarrollo de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial orientado al uso racional y eficiente de la energía en áreas urbanas*, CONICET PIP 1120110100097, en el cual se integran los avances en el estudio de la adaptación del parque edilicio existente según unidades y tecnologías representativas considerando su influencia en áreas urbanas características (Discoli, 2012).

En segundo lugar es necesario resaltar el trabajo de tesis del Dr. Lucas Rodríguez titulado *Instrumentación metodológica para el reciclado masivo de la edilicia residencial orientada a la eficiencia energética* (Rodríguez, 2015). Allí se presenta una metodología para el análisis pormenorizado de las posibilidades de reciclado de las viviendas existentes en la ciudad de La Plata mediante un sistema instrumental que aborda y vincula las distintas tipologías edilicias, los sistemas tecnológico-constructivos en los elementos de la envolvente (muros, techos y aberturas) y la representatividad a escala urbana mediante el análisis de los diversos Mosaicos Urbanos,¹⁰ integrando las características tecnológicas, termo-físicas y económicas para cada caso. El sistema desarrollado por el autor permite generar escenarios de análisis energético-económicos para abordajes a escala masiva, con lo cual es posible analizar resultados de ahorros energéticos y reducción de emisiones de gases nocivos; por su parte también permite el análisis económico de la implementación de las mejoras, teniendo en cuenta tanto los costos iniciales, como así también los costos operativos durante la vida útil de las viviendas, lo que permite analizar y comparar de forma integral los casos bajo estado de base y con mejoras.

A continuación en la Tabla 1.11 se pueden analizar los valores del estado base y reciclado para tres tipologías de vivienda representativas de La Plata extraídos de Rodríguez (2015), y como aspectos a resaltar es posible decir que con costos que van desde los \$ 30.529 a \$ 45.031 es posible alcanzar ahorros en calefacción del orden del 31% al 44%.

¹⁰ El mencionado método de análisis de Mosaicos Urbanos se desarrolla en el trabajo de tesis doctoral de Graciela Viegas (2010).

	Casa cajón		Casa chorizo		Monobloque	
	Original	Reciclado	Original	Reciclado	Original	Reciclado
Muro exterior	2,37	0,54	2,05	0,71	2,37	0,54
		318 \$/m ²		159 \$/m ²		318 \$/m ²
Muro Medianero	1,02	1,02	1,02	1,02	1,19	1,19
		No se recicla		No se recicla		No se recicla
Cubierta	2,61	0,55	2,61	0,35	2,97	0,35
		273 \$/m ²		364 \$/m ²		358 \$/m ²
Aberturas	5,82-2,78	5,82-2,78	5,03	5,03	5,82-2,78	5,82-2,78
		No se recicla		No se recicla		No se recicla
Consumo de GN (m ³ /año)	2.346	1.404	4.322	2.972	2.144	1.200
Coficiente G (W/m ³ °C)	2,98	1,79	2,79	1,92	3,19	1,78
Reducción en consumo	-	40,14%	-	31,24%	-	43,98%
Emisiones de CO ₂ (kg)	4.647	2.783	8.563	5.888	4.243	2.377
Costo inicial del reciclado	-	\$ 31.776	-	\$ 45.031	-	\$ 30.529
Costo de operación anual	\$ 4.030	\$ 2.413	\$ 9.731	\$ 6.691	\$ 3.679	\$ 2.061
Tiempo de amortización	-	17 años	-	14 años	-	16 años

Tabla 1.11: Resultados de la aplicación de reciclados edilicios de tres tipologías de vivienda. Fuente: Rodríguez (2015).

Posteriormente, mediante el análisis de Mosaicos Urbanos, el trabajo analiza el reciclado de todas las tipologías casa cajón de la ciudad (39,7% del total de las viviendas, es decir 103.313), bajo una hipótesis de ahorro del 40% en calefacción por reciclado. Los resultados indican un ahorro anual en gas natural de 140 millones de pesos, monto que permitiría reciclar 5.000 viviendas en cada año posterior, permitiendo un avance progresivo en los reciclados hasta lograr cubrir la mayoría de las viviendas en un período cercano a los 20 años.

1.2.-EQUIPAMIENTO DOMICILIARIO

Como complemento al análisis de la eficiencia energética de la envolvente edilicia residencial, en esta sección *1.2.- Equipamiento domiciliario* se plantea analizar las medidas aplicables al parque de equipos existentes en viviendas. En los últimos años en Argentina se ha incrementado la penetración de todo tipo de equipos en los hogares por el fuerte impulso al mercado local y al consumo interno. Es fundamental que el reemplazo del equipamiento, que se ocasiona naturalmente por el fin de la vida útil del mismo o el lanzamiento de productos de mayores prestaciones, sea un reemplazo que tenga en consideración la necesidad de menores consumos mediante la mejora de eficiencia energética. Por tal motivo se plantea relevar las posibles mejoras en los equipos de mayor incidencia en el consumo residencial en las diferentes secciones: *1.2.1.- Refrigeradores y congeladores; 1.2.2.- Iluminación; 1.2.3.- Climatización; 1.2.4.- Cocción; 1.2.5.- Agua caliente sanitaria y 1.2.6.- Electrodomésticos y fuerza motriz.*

En tal sentido, los programas de etiquetado de Eficiencia Energética (EE), al igual que en el caso de la envolvente edilicia, consisten en el desarrollo de normas y especificaciones técnicas que permitan clasificar a los distintos equipos consumidores de energía de acuerdo al nivel de eficiencia. En este caso también, una de las principales ventajas que presenta el etiquetado es suministrar información comparable sobre las prestaciones de los equipos, para que de esta manera el consumidor pueda orientar su elección a favor de los más eficientes. El marco legal sobre el cual se basa el etiquetado está conformado por la Resolución 319/99¹¹ y el Decreto 140/2007:¹²

- La Resolución 319/99 de la Ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería, del entonces Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos, estableció el marco para la aplicación obligatoria de etiquetas de EE para un primer listado de artefactos eléctricos de uso doméstico que cumplieran las siguientes funciones:

- a) Refrigeración, congelación de alimentos y sus combinaciones.
- b) Lavado, secado de ropas y funciones combinadas.
- c) Lavado de vajillas.
- d) Hornear alimentos.

¹¹ <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/55000-59999/57667/norma.htm>

¹² <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136078/norma.htm>

- e) Calentar agua para baños y cocinas por medio de la electricidad.
- f) Iluminación y funciones complementarias.
- g) Acondicionamiento de aire.
- h) Fuerza motriz de accionamiento eléctrico.

- El Decreto 140/2007, denominado *Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE)*, contempla entre sus acciones el establecimiento de un régimen de etiquetado de EE y el desarrollo e implementación de estándares de eficiencia energética mínima.

Por tal motivo, a partir de estas iniciativas en el año 2003 comenzó el Programa de Calidad de Artefactos Energéticos (PROCAE), implementado por la Secretaría de Energía del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, que participó en la definición de criterios y acciones que permitieron la entrada en vigencia del Régimen de Certificación de Eficiencia Energética que hasta el momento estaba suspendido. Asimismo hay que mencionar que a principios del año 2004 fue creado el Subcomité de Eficiencia Energética del Instituto Argentino de Normalización (IRAM) que trabaja en el desarrollo de las normas técnicas necesarias para la implementación del PROCAE. La creación del Subcomité fue impulsada por la Dirección Nacional de Promoción (DNPROM) de la Secretaría de Energía.

Posteriormente, el 15 de enero de 2008 por medio de la Resolución N°24¹³ el Ministerio de Planificación estableció que todas las decisiones respecto de las Certificaciones de Eficiencia Energéticas debían ser tomadas en el ámbito del PROCAE.

Podemos concluir que en estos últimos años se ha avanzado fuertemente en normativa referente a la temática y se han establecido estándares mínimos a cumplir en diversos tipos de equipos, los cuales se detallan en los puntos siguientes del presente capítulo. El estado de situación de las normas es el que se observa a continuación en la Tabla 1.12:

¹³ <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/137945/norma.htm>

Norma	Título	E/G	Estado de situación
IRAM 2404-3	Aparatos de Refrigeración doméstica.	E	Emitida y obligatoria
IRAM 62404-1	Lámparas eléctricas para iluminación general. Parte 1: Lámparas incandescentes.	E	Emitida y obligatoria
IRAM 62404-2	Lámparas eléctricas para iluminación general. Parte 2: Lámparas fluorescentes.	E	Emitida y obligatoria
IRAM 62406	Acondicionadores de Aire.	E	Emitida y obligatoria
IRAM 62405	Motores eléctricos de inducción trifásicos.	E	Emitida y voluntaria
IRAM 2141-3	Lavarropas eléctricos de uso doméstico.	E	Emitida y obligatoria
IRAM 11900	Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según K de la envolvente.	E/G	Emitida y voluntaria
IRAM 62407	Balastos para lámparas fluorescentes.	E	Emitida y obligatoria
IRAM 62301	Medición del consumo de energía en modo en espera (Standby).	E	Emitida y voluntaria
IRAM 62408	Etiquetado de eficiencia energética para bombas centrífugas.	E	Emitida y voluntaria
IRAM 62410	Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación para uso doméstico.	E	Emitida y voluntaria
IRAM 62411	Etiquetado de eficiencia energética en receptores de televisión en modo encendido.	E	Emitida y voluntaria
IRAM 19050-1	Artefactos de cocción a gas: Anafes, Hornos.	G	Anulada
IRAM 19050-2	Artefactos a gas de producción instantánea de agua caliente (calefones) para uso doméstico.	G	Discontinuada
IRAM 19050-3	Etiquetado de eficiencia energética en aparatos a gas. Parte 3: Artefactos de calentamiento de agua.	G	Discontinuada
ENARGAS NAG 312:2010	Artefactos domésticos de cocción que utilizan combustibles gaseosos.	G	Emitida y obligatoria
ENARGAS Adenda 1 2012 NAG 313	Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos.	G	Emitida y obligatoria
ENARGAS Adenda 1 2015 NAG 314	Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques).	G	En discusión pública

Tabla 1.12: Estado de situación de normativas de etiquetado de eficiencia energética a julio de 2015. E=electricidad, G=gas. Fuente: Secretaría de Energía y relevamiento propio.

I.2.1.- REFRIGERADORES Y CONGELADORES

Después de la Resolución 319/99 de la ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería, en el año 2005 la Secretaría de Coordinación Técnica del entonces Ministerio de Economía y Producción estableció un cronograma de entrada en vigencia de las distintas etapas del etiquetado de refrigeradores y congeladores mediante la Disposición 732/05.¹⁴ Luego estableció fechas concretas de implementación por medio de la Resolución 35/05.¹⁵ Allí se estipuló que los refrigeradores de un frío debían contar con el etiquetado a partir del marzo de 2007, los refrigeradores de dos fríos a partir de octubre de 2007, mientras que los congeladores (*freezers*) debían hacerlo a partir de septiembre de 2008. Allí se adoptó la clasificación de la Norma IRAM 2404-3:1998 que califica a los aparatos de refrigeración domésticos por su rendimiento a través de siete clases de eficiencia identificadas por las letras A,B,C,D,E,F y G, donde la letra A se le adjudica a los más eficientes y la G a los menos. Actualmente se cuenta con la segunda edición de dicha norma 2404-3:2015 (IRAM, 2015a) que modifica las categorías de eficiencia pero que aún no ha entrado en vigencia, las categorías son las siguientes: A+++ , A++ , A+ , A , B , C y D.

Una vez puesto en marcha el etiquetado obligatorio, se fijaron los estándares de eficiencia energética mínima para dichos artefactos, por lo tanto a partir de la Resolución 396/2009¹⁶ de la Secretaría de Energía se estableció como nivel mínimo de eficiencia a los equipos clase C para refrigeradores de uno y dos fríos según la norma IRAM 2404-3:1998. Luego por la Resolución 198/2011¹⁷ con fecha del 20 de mayo de 2011, la Secretaria de Energía estableció como nivel mínimo de eficiencia energética el correspondiente a la clase C para la comercialización de congeladores de uso doméstico.

Posteriormente, en 2013 mediante la Resolución 682/2013¹⁸ se fijó como nivel mínimo la clase B tanto para refrigeradores de uno y dos fríos a partir de noviembre de 2013, como para congeladores a partir de abril de 2014. Lo mencionado se resume en la Tabla 1.13:

Fecha	Equipos	Estándar Mínimo	Reglamentación
22-05-2009	Refrigeradores de uno y dos fríos	Nivel C	Resolución 396/2009
20-05-2011	Congeladores (freezers)	Nivel C	Resolución 198/2011
01-11-2013	Refrigeradores de uno y dos fríos	Nivel B	Resolución 682/2013
01-04-2014	Congeladores (freezers)	Nivel B	

Tabla 1.13: Entrada en vigencia de estándares mínimos de refrigeradores y congeladores. Fuente: relevamiento de resoluciones en Infoleg (2015)

¹⁴ <http://infoleg.mecon.gov.ar/infolegInternet/anexos/110000-114999/110980/norma.htm>

¹⁵ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/100000-104999/104772/texact.htm>

¹⁶ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/155000-159999/155401/norma.htm>

¹⁷ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/180000-184999/182529/norma.htm>

¹⁸ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/220000-224999/220745/norma.htm>

Se estima que antes de la entrada en vigencia de los estándares mínimos se podía clasificar al parque existente de heladeras entre D y E, según lo informado por la Resolución 396/2009, mientras que actualmente estamos situados en el mínimo requerido de la clase B. Es posible identificar que se ha mejorado mucho en el transcurso de los últimos diez años, ya que en promedio una heladera clase B consume entre un 50% y un 25% menos que aquellas que presentan un consumo medio (clase D y E)¹⁹. En promedio para Argentina los consumos para cada clase pueden cuantificarse de la siguiente manera, según un relevamiento realizado en puntos de venta de electrodomésticos y la Agencia de Protección Ambiental de Buenos Aires (2015):

CLASE	Consumo	kWh /año
A	Consumen un 50% menos de energía que los que presentan un consumo medio.	325
B	Consumen entre el 50% y el 25% menos que los que presentan un consumo medio.	490
C	Consumen entre el 25% y el 10% menos que los que presentan un consumo medio.	530
D y E	Se considera que tienen un consumo medio.	650
F	Consumen entre el 10% y el 25% más que los que presentan un consumo medio.	770
G	Consumen un 25% más que los que presentan un consumo medio.	815

Tabla 1.14: Consumos promedio de heladeras en Argentina. Fuente: APRA (2015) y estimaciones según relevamiento de equipos.

El índice de eficiencia energética adoptado en la norma IRAM 2404-3:2015 es el que se observa a continuación:

$$IEE = \frac{AE_c}{SAE_c} * 100$$

Donde:

AE_c Es el consumo de energía anual del aparato de refrigeración y se calcula con la siguiente expresión:

$$AE_c = E_{24h} * 365$$

- E_{24h} es el consumo de energía del aparato durante 24h determinado según las condiciones establecidas en IEC 62552, se mide en kWh.

- 365 corresponde a los días anuales.

SAE_c Es el consumo de energía anual normalizado del aparato de refrigeración. se calcula en kWh/año mediante la siguiente expresión:

¹⁹ http://www.fvsa.org.ar/ecoficiencia/heladeras_etiquetas.php

$$SAE_c = (V_{eq} * M) + N + CH$$

- V_{eq} es el volumen equivalente del aparato de refrigeración doméstica, se calcula según lo indicado en IRAM (2015a: pp. 6).
- M y N salen de tabla según el equipo que se quiera calcular. Como ejemplo, para un equipo refrigerador con congelador se utilizan $M=0,777$ y $N=303$.
- CH es igual a 50 kWh/año para equipos con un compartimiento de enfriamiento rápido con un volumen útil de como mínimo 15 L.

A modo de ejemplo se realizó el cálculo para una heladera comercial de las siguientes características: heladera 2 fríos Gafa HGF-357A, volumen útil del refrigerador 204 l, volumen útil del freezer 77 l. Clase A. Para las características que presenta el equipo se calculó el SAE_c y, según los valores del índice de eficiencia energética (IEE), se obtuvieron los diferentes consumos anuales que presentaría dicho equipo para cada clase, los cuales verifican los estándares presentados en la Tabla 1.14, y se calcularon los niveles A+++, A++ y A+. Los resultados obtenidos indican que este equipo por ser clase A debe consumir entre 268 y 352 kWh/año, si el mismo equipo presentara mejoras en su fabricación y alcanzara el nivel A+++ su consumo sería inferior a los 140 kWh/año, lo que significaría un ahorro del 55%. Sin embargo, el consumo de este equipo, a pesar de que puede mejorarse, consume un 50% menos en relación a los que se comercializaban hasta hace algunos años atrás que eran clase D. A continuación la Tabla 1.15 muestra los rangos del índice de eficiencia energética y los resultados obtenidos para el equipo utilizado como ejemplo:

Clase	Índice IEE	Consumo de energía anual [kWh/año]	Promedio
A+++	IEE<22%	Menor a 140 kWh/año	<140 kWh/año
A++	22%< IEE <33%	140-211 kWh/año	176 kWh/año
A+	33%< IEE <42%	211-268 kWh/año	240 kWh/año
A	42%< IEE< 55%	268-352 kWh/año	310 kWh/año
B	55% < IEE< 75%	352-480 kWh/año	416 kWh/año
C	75% < IEE< 95%	480-608 kWh/año	544 kWh/año
D	95% < IEE	Mayor a 608 kWh/año	>608 kWh/año

Tabla 1.15: Índices de Eficiencia Energética para refrigeradores y congeladores, valores de consumo eléctrico anual obtenidos para una heladera comercial. Fuente: IRAM (2015a) y elaboración propia.

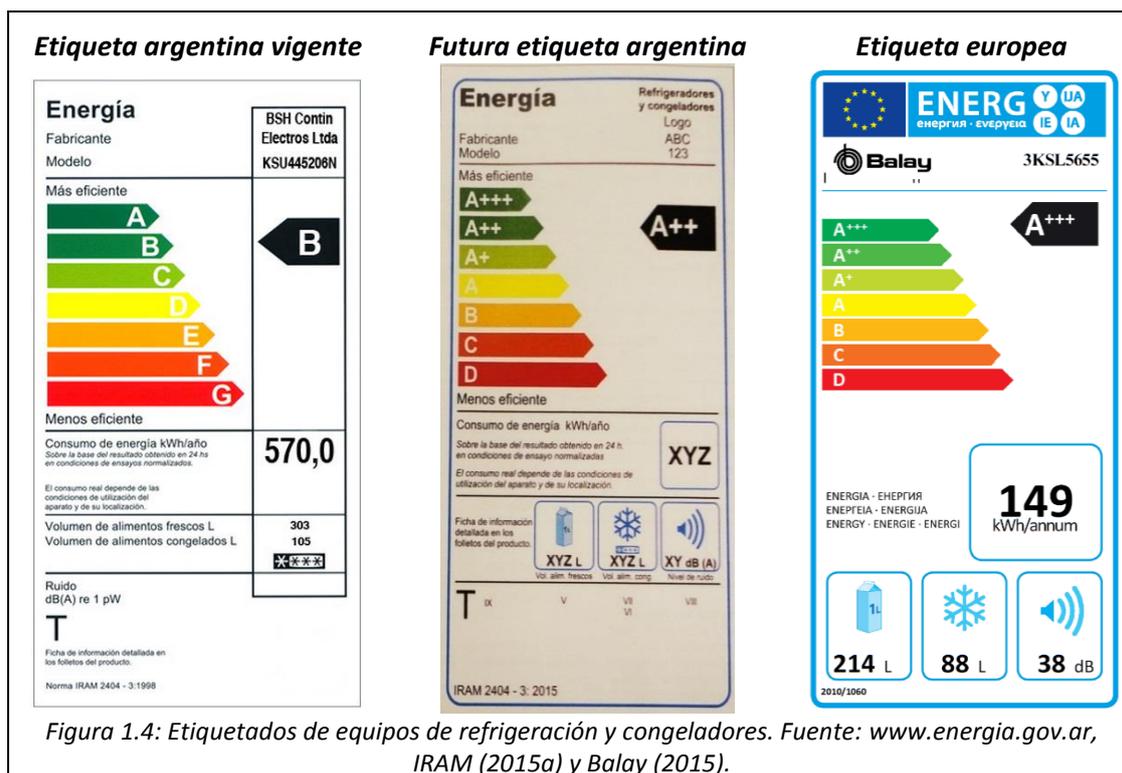


Figura 1.4: Etiquetados de equipos de refrigeración y congeladores. Fuente: www.energia.gov.ar, IRAM (2015a) y Balay (2015).

La Figura 1.4 muestra la etiqueta utilizada en actualmente en Argentina, la que se implementará a corto plazo y la que se utiliza en la Unión Europea, las cuales ya incorporan las clases A+, A++ y A+++. Cabe aclarar que por la directiva 643/2009 de la Unión Europea (2009) sólo se pueden comercializar refrigeradores Clase A o superiores.

Por lo expresado anteriormente se observa que aún existen posibilidades de continuar mejorando la eficiencia de este tipo de artefactos hasta llegar a valores de 150 kWh/año. Ahora bien, la mejora en el comportamiento energético también significa un incremento en los costos, además de la dificultad operativa de volver a etiquetar los equipos por parte de fabricantes e importadores. La Tabla 1.16 muestra los estudios realizados para diferentes países analizando el incremento porcentual en el costo de los equipos debido a las mejoras en la eficiencia energética.

Según IDAE (2011), las pérdidas por transferencia de calor se deben en un 68% al aislante, un 8% por las juntas de las puertas, un 7% a las aperturas de la misma y el resto a alimentos y otros aspectos. Vale decir entonces que es posible todavía mejorar en aislación y juntas para poder alcanzar una clase mayor a un costo razonable para el consumidor. Luego la mejora que se ha incorporado en los equipos más eficientes está relacionada con los circuitos de refrigeración, en los cuales se ha comenzado a utilizar compresores tipo *inverter*, que son capaces de modular su consumo según los requerimientos de temperatura en el equipo. Esta

tecnología tiene una incidencia mayor en el incremento del costo, con lo cual habrá que evaluar su incorporación.

	Consumo Base [kWh/año]	Consumo final [kWh]	Mejora en la eficiencia	Incremento Costo
India	438	215	103%	19%
China	431	210	105%	27%
Brasil	360	238	51%	31%
UE	367	206	78%	21%

Tabla 1.16: Incrementos en los costos para mejorar la eficiencia en heladeras. Fuente: LNBL (2010)

Se puede observar que con incrementos de costos de alrededor del 20% al 30% es posible mejorar la eficiencia entre un 50% y un 100%, logrando consumos finales que alcanzan en promedio los 210 kWh/año. Este incremento del costo inicial lo debe absorber el usuario, sin embargo a largo plazo dicho sobre costo se amortiza con las reducciones en los consumos de energía. A nivel país esto significa una disminución significativa en potencia y en energía anual. Un cálculo rápido que brinda una aproximación de la importancia de este tipo de electrodomésticos es el de considerar las 13.838.097 viviendas del total del país informadas en el Censo 2010 (REDATAM, 2015a), con una heladera de clase D/E con un consumo anual de 650 kWh/año. Ese cálculo da como resultado la necesidad de generar 8.994.763 MWh/año. Es decir que la central Atucha I con 357 MW y Atucha II con 745 MW de potencia, virtualmente estarían abasteciendo al parque de heladeras considerado. Ahora bien, si todos los equipos fueran clase A, el consumo anual se reduciría a la mitad, lo cual haría posible retrasar las costosas inversiones para adicionar potencia, siendo de vital importancia en la actualidad.

En esta línea son destacables los planes de recambio de equipamiento, tal como sucede con el Programa Renovate lanzado en abril de 2015 por la Presidencia de la Nación,²⁰ el cual contempla el recambio de heladeras y lavarropas existentes por nuevas unidades que cumplan con los estándares mínimos de eficiencia energética y sean de origen nacional. Los nuevos equipos son bonificados con un descuento del 25% de su valor que, tal como se pudo observar en la Tabla 1.16, es un porcentaje similar al sobre costo generado por las mejoras energéticas, a su vez la medida favorece el consumo interno, impacta sobre la producción industrial y es posible reducir consumos sin disminuir la calidad de vida.

²⁰ <http://www.economia.gob.ar/wp-content/uploads/2015/03/Programa-RENOVATE.pdf>

I.2.2.- ILUMINACIÓN

De manera similar al caso de los refrigeradores y congeladores, en el año 2007 por medio de la Disposición 86²¹ de la Dirección Nacional de Comercio Interior (DNCI) se inició el camino del etiquetado y la certificación de determinados productos eléctricos de iluminación, conforme a lo establecido en la Resolución 319 de la ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería del 14 de mayo de 1999. Dicha Disposición contemplaba los siguientes equipos:

- (Grupo I) Lámparas incandescentes con filamento de tungsteno para iluminación general.
- (Grupo II) Lámparas fluorescentes para iluminación general con balasto incorporado.
- (Grupo III) Lámparas fluorescentes para iluminación general con casquillo simple.
- (Grupo IV) Lámparas fluorescentes para iluminación general con casquillo doble.

Allí se dejaba estipulada la necesidad de contar con el reconocimiento de tres laboratorios de ensayos capaces de llevar a cabo la certificación, y una vez alcanzado dicho número comenzarían a regir los plazos obligatorios para los fabricantes. Este aspecto no es menor, ya que para poder contar con los tres laboratorios reconocidos hubo que esperar cuatro años.

Mediante las Disposiciones de la DNCI 705/2007²² y 707/2007²³ se reconocieron dos laboratorios para la realización de los ensayos relativos a las características de Eficiencia Energética de los Grupos I, II, III y IV de lámparas eléctricas (IADEV S.A. y Lenor S.R.L.). Luego, mediante la Disposición 135/2008,²⁴ de la DNCI se establecieron los plazos para certificar lámparas incandescentes (Grupo I) y fluorescentes con balasto incorporado (Grupo II), ambos a cumplimentar en 2008. Posteriormente, la DNCI publicó el día 6 de junio de 2011 la Disposición 257/2011²⁵ por medio de la cual reconoció al tercer laboratorio (Shitsuke S.R.L.) y, por ende, a partir de allí comenzaron a correr los plazos que se observan en la Tabla 1.17 para la certificación

²¹ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/125000-129999/126402/texact.htm>

²² <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=135043>

²³ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=135045>

²⁴ La Disposición 135/2008 aclara que al momento se contaba con nueve certificadores, pero que únicamente dos habían sido reconocidos, por ende daba por cumplimentado el mínimo requerido de tres instituciones, pero esto era válido únicamente para equipos del Grupo I y II.

<http://infoleg.mec.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/137965/norma.htm>

²⁵ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=182859>

obligatoria de lámparas fluorescentes con casquillo simple y doble. Esto resultó en el siguiente cronograma de fechas:

PLAZOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE PRODUCTOS				
	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
	Incandescentes filamento tungsteno	Fluorescentes con balasto incorporado	Fluorescentes con casquillo simple	Fluorescentes con casquillo doble
Etapa 1	03/03/2008	03/03/2008	01/05/2012	01/05/2012
Etapa 2	23/10/2008	23/10/2008	28/09/2012	28/09/2012

Tabla 1.17: Plazos de ingresos de certificaciones de lámparas. Fuente: Disposición N°257 DNCI.

Las etapas presentadas constaban de las siguientes exigencias:

Etapa 1: Exigencia de presentación de constancia de inicio de trámite de certificación y programa de ensayos.

Etapa 2: Exigencia de presentación de certificación de las características de eficiencia energética referidas al etiquetado.

La certificación energética requerida es aquella que dicta la Norma IRAM 62404:2014. Dicha norma cuenta de tres partes:

Parte 1- Lámparas incandescentes y halógenas. (IRAM, 2014a)

Parte 2- Lámparas fluorescentes. (IRAM, 2015b)

Parte 3- Lámparas LED (en estudio).

Tal como ocurre en el resto de las etiquetas energéticas, la clase obtenida por la lámpara está determinada por siete clases, que actualmente se ordenan desde la letra A hasta la letra G. Sin embargo, tal como solicita la segunda edición de la Norma 62404, las clases deberán ser sustituidas por A++, A+, A, B, C, D y E, siendo A++ las de mayor eficiencia.

La clasificación del comportamiento energético de una lámpara se determina mediante el cálculo del Índice de Eficiencia Energética (IEE), que se ha adaptado del modelo utilizado en el Reglamento Delegado (UE) 874/2012 (Unión Europea, 2012) y se obtiene de la siguiente manera:

(i) Para lámparas incandescentes y halógenas:

$$IEE(\%) = \frac{P}{P_{ref}} * 100$$

Donde:

P es la potencia medida de la lámpara (W).

P_{ref} es la potencia de referencia (W). El presente valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{ref} = (0,88 * \sqrt{\varphi}) + 0,049\varphi \quad \text{Para } \varphi < 1.300 \text{ lúmenes (lm)}$$

$$P_{ref} = 0,07341\varphi \quad \text{Para } \varphi \geq 1.300 \text{ lúmenes (lm)}$$

(ii) Para lámparas fluorescentes:

$$IEE(\%) = \frac{P_{cor}}{P_{ref}} * 100$$

Donde:

P_{cor} es la potencia asignada (medida) corregida en función de las pérdidas de los mecanismos de control. Se calcula según tabla (IRAM, 2015a: pp.7).

P_{ref} es la potencia de referencia (W) y se calcula igual que para lámparas incandescentes y halógenas.

Una vez obtenido el valor de IEE tanto para incandescentes y halógenas como fluorescentes compactas, se ingresa a la Tabla 1.18 donde es posible determinar la clase correspondiente. Los estándares son iguales a los exigidos en la norma europea citada anteriormente:

Clase	IEE
A++	IEE ≤ 11%
A+	11% < IEE ≤ 17%
A	17% < IEE ≤ 24%
B	24% < IEE ≤ 60%
C	60% < IEE ≤ 80%
D	80% < IEE ≤ 95%
E	IEE > 95%

Tabla 1.18: Valores de eficiencia de lámparas para las distintas clases según IRAM (2014a, 2015b)

Considerando una lámpara fluorescente compacta (LFC) Osram de 20W con un flujo luminoso nominal de 1000 lm, donde según tabla de norma IRAM 62404-2 su potencia corregida (P_{cor}) es de 20W*1,1; se realizaron los cálculos y se obtuvo que su IEE es:

$$IEE(\%) = \frac{P_{cor}}{P_{ref}} * 100 = \left(\frac{20 W * 1,1}{76,8 W} \right) * 100 = 28,6\% \text{ (Clase B)}$$

Este tipo de lámparas puede alcanzar en general la clasificación nivel A, con lo cual para que un modelo de las presentes características alcance dicho nivel es necesario que consuma aproximadamente 17W, un 15% menos.

Mientras que una lámpara halógena Phillips EcoClassic de 53 W con un flujo luminoso nominal de 850 lm su IEE resulta:

$$IEE(\%) = \frac{P}{P_{ref}} * 100 = \left(\frac{53 W}{67,3 W} \right) * 100 = 78\% \text{ (Clase C)}$$

En general estas lámparas presentan la clasificación C, y no es posible obtener mejores rendimientos en la presente tecnología.

Los niveles A+ y A++ serán adoptados en general por los denominados LEDs que, por ejemplo, si adoptamos el modelo de la marca Phillips MASTER LEDlamps DimTone 4-35 W GU1040D, vemos que entrega 305 lm con un consumo de 4 W, lo que resulta en un IEE A+. Para alcanzar la Clase A++ se necesitaría reducir su consumo a 3 W o incrementar su flujo luminoso a 440 lm.

A continuación es posible observar una comparativa entre las diferentes tecnologías disponibles para el sector residencial (Tabla 1.19):

Lúmenes promedio [lm]	Incandescente [W]	Lámparas Halógenas [W]	LFC [W]	LED [W]
450	40	28	8	8
800	60	42	12	12
1.150	75	53	15	15
1.600	100	70	23	19
Vida útil media	1.000 hs	2.000 hs	8.000 hs	25.000-45.000 hs
Costo medio	Escasa oferta (\$30)	\$10-\$15	\$30-\$50	\$80-\$120

Tabla 1.19: Equivalencias de sustitución de lámparas incandescentes por tecnologías más eficientes. Fuente: relevamiento en sitios de venta online y Philips (2010)

En promedio las incandescentes tienen una vida útil de un año, las halógenas pueden generar ahorros del 30% en el consumo y tienen una vida útil de dos años, mientras que las LFC pueden generar ahorros del 80% con vida útil estimada en 8 años, mientras que las LED pueden generar también un 80% respecto de las primeras pero tienen una vida útil de 45 años (Phillips, 2012). Por otra parte las lámparas LFC contienen un 3%-5% de mercurio (Suárez, Di Mauro, Murcia, Jacob & Strack, 2012), lo cual genera la necesidad de tener en cuenta la disposición final de los desechos que son fuertemente contaminantes.

Asimismo en 2011 se prohibió la comercialización de lámparas incandescentes, dado que ofrecen una iluminación más ineficiente por desperdiciar alrededor del 90% de la energía que consumen en forma de calor y sólo un 10% de la misma es entregada en forma de luz. A partir de la instrumentación de la Ley 26473²⁶ y su Decreto regulatorio 2060/10,²⁷ desde el 1 de

²⁶ <http://infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/145000-149999/149591/norma.htm>

²⁷ <http://infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/175000-179999/177150/norma.htm>

enero de 2011, quedó prohibida la importación de lámparas incandescentes y a partir del 31 de mayo de 2011 quedó prohibida su comercialización en todo el territorio argentino.

Las lámparas incandescentes que ya no se comercializan son las mayores a 25 W de potencia y 50 V de tensión nominal, se exceptúan las que tienen una potencia menor ya que la gran mayoría de este tipo de lámparas se utilizan en la iluminación interior de heladeras, microondas, hornos etc., por lo que la prohibición de su comercialización generaría un serio trastorno y un costo poco justificable al tener que remplazarse la matricería de dichos artefactos para adaptarla a otro tipo de iluminación, sin que ello redunde en un ahorro significativo de consumo de energía eléctrica.

En la Figura 1.5 se observa el etiquetado para lámparas vigente de Argentina, el que se deberá implementar a corto plazo y a modo de ejemplo, se observa una etiqueta europea y una estadounidense.

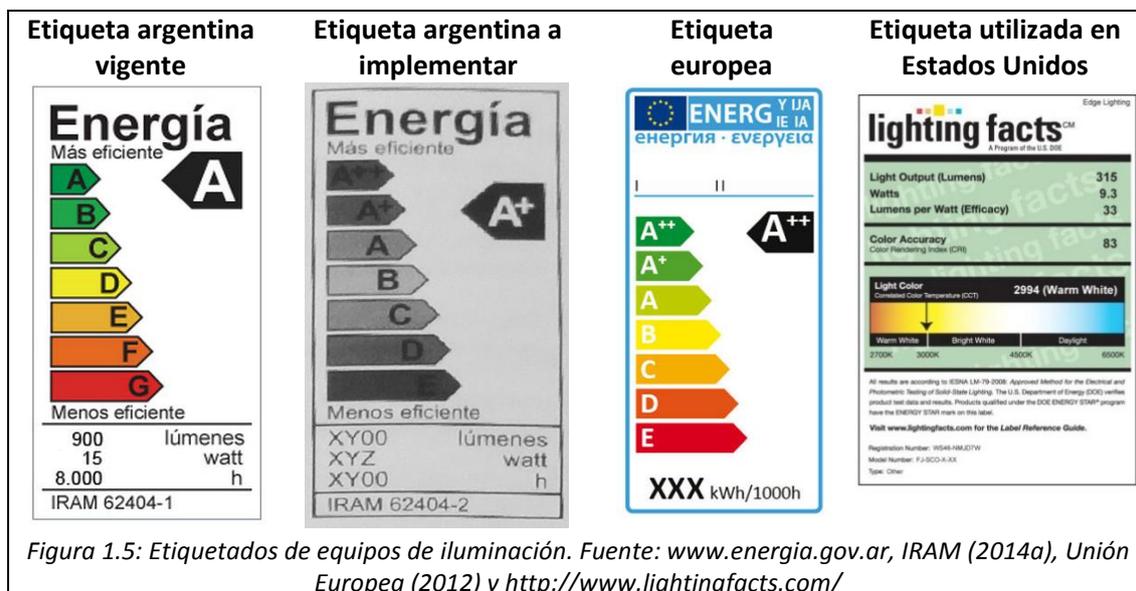


Figura 1.5: Etiquetados de equipos de iluminación. Fuente: www.energia.gov.ar, IRAM (2014a), Unión Europea (2012) y <http://www.lightingfacts.com/>

La decisión por parte del Estado de mejorar el equipamiento de iluminación ya se ha tomado, y es posible verificarlo con las medidas que se mencionaron previamente además del fuerte programa de recambio de lámparas impulsado por la Nación, que a 2015 se estima que entregó más de 22 millones de lámparas. La entrega se realizó de forma gratuita para los usuarios, quienes únicamente debían dar a cambio sus lámparas incandescentes. El monto de la inversión, según el trabajo de Margulis (2013), ronda los 2,2 dólares por lámpara, el cual significa 1,2 usd el costo del equipo y 1 usd el costo de la distribución. Multiplicando por 25 millones de unidades (éste era el valor a alcanzar en 2008-2009-2010²⁸) por 2,2 usd, totaliza un monto de

²⁸ <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2924>

55 millones de dólares. La respuesta de este tipo de programas es difícil de evaluar luego de su implementación, sin embargo, los resultados que se preveían antes de la ejecución de este programa según Secretaría de Energía al año 2010 eran reducciones en la demanda de energía por 2.048 GWh para dicho año, y una reducción en la potencia requerida de 1.246 MW (Secretaría de Energía, 2007). Entonces, si consideramos válida esta suposición, el gasto inicial de 55 millones de dólares se tradujo en el retraso de la necesidad de invertir en obras tanto de centrales de generación, como de transmisión y distribución eléctrica y, a su vez, disminuyó los valores de los subsidios al consumo asignados por el Estado Nacional. Para demostrar la importancia de esta inversión basta con reconocer que el costo de instalación de una central de ciclo combinado de 800 MW es de aproximadamente 800 millones de dólares,²⁹ mientras que para ahorrar una potencia de 1.246 MW se gastaron los mencionados 55 millones de dólares. Y sumando los ahorros incurridos en las facturas de los usuarios finales (708 millones de usd), los ahorros en subsidios que se evitarían (2.096 millones de usd), más las inversiones de potencia ahorradas (875 millones de usd) y la inversión en distribución evitada (800 millones de usd) el monto asciende aproximadamente a 4.400 millones de dólares, resultando entonces en un ahorro que asciende a ochenta veces el valor de la inversión (Margulis, 2013).

El camino realizado por el Estado en la adquisición de lámparas comenzó en 2008 con la Resolución 8/2008 de la Secretaría de Energía, donde se aprobó el reglamento particular del *Plan de Concientización e Implementación sobre Uso Racional de Energía Eléctrica en usuarios residenciales*, el cual establecía los procedimientos para lograr dichos objetivos y los instrumentos para efectivizar la sustitución de las lámparas en viviendas residenciales. Allí se estableció el reemplazo de cinco millones de lámparas incandescentes por LFC en los primeros seis meses y entre quince y veinte millones en los siguientes dos años, por ende, en 2008 se compraron 4.043.952 unidades de LFC a la República de Cuba.³⁰ Luego, mediante la Resolución 420/2008 de Secretaría de Energía se facultó a CAMMESA a licitar la compra de entre 15.000.000 y 20.000.000 de lámparas, sin embargo se licitó la compra de 12.600.000 unidades LFC. Hacia 2011 CAMMESA había adquirido 9.240.000 unidades de las 12.600.000, por tal motivo la Secretaría le dio la orden de comprar las 3.360.000 lámparas restantes ese mismo año. Posteriormente en 2013, con la Resolución 84/2013 de la Secretaría de Energía se instruyó a

²⁹ Según EIA (2013) el costo total de la instalación de una central a gas natural de Ciclo Combinado es de 917 usd/kW.

³⁰ Resolución 172/2011 de la Secretaría de Energía.

CAMMESA a comprar 5.100.000 de LFC y 500.000 lámparas LED de 7W y en 2014 mediante la Resolución 428/2014³¹ se autorizó la licitación por 4.500.000 LFC y 500.000 LEDs.

Si bien el recambio de lámparas fue muy exitoso, los caminos a recorrer en el futuro necesariamente deberán considerar la eliminación de las lámparas halógenas del mercado que presentan eficiencias no tan altas y, posteriormente, el de las LFC que cuentan con el problema del mercurio en su composición, lo cual genera problemas en su disposición final, por lo tanto todo indica que la iluminación tenderá a volcarse hacia los LEDs, que si bien tienen costos iniciales elevados, dada su duración el costo es amortizado. Con la compra de los 500.000 LEDs, se ha demostrado que el Estado comenzó a incorporar estos equipos en el recambio.

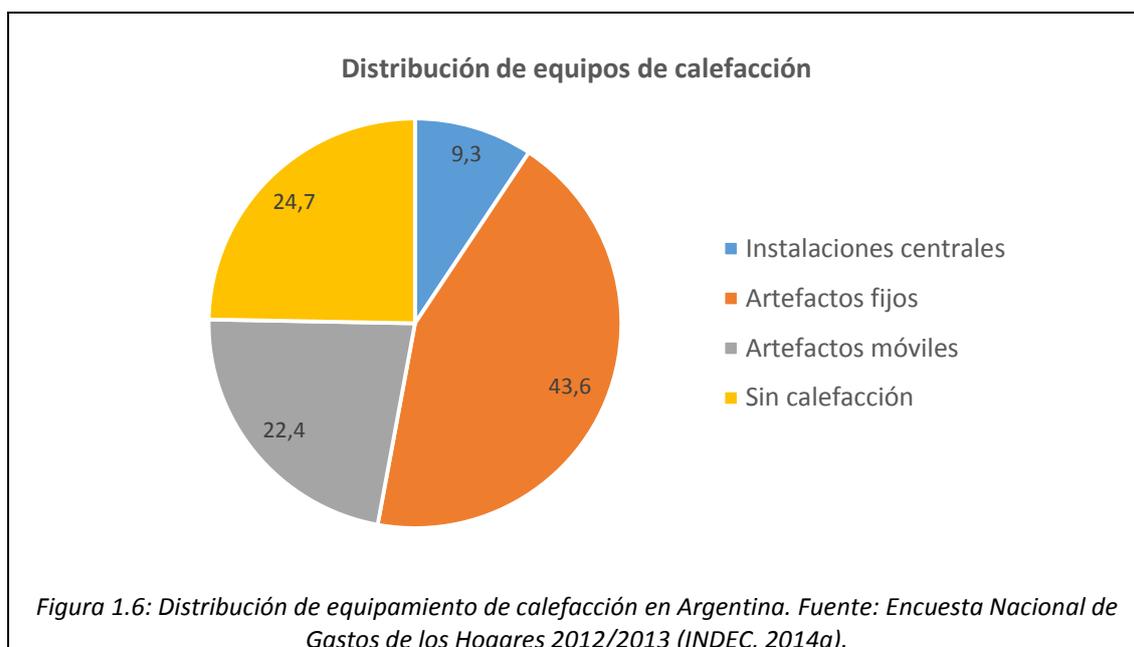
Por otra parte, desde agosto de 2014 es obligatorio el etiquetado de eficiencia energética para balastos para lámparas fluorescentes, el cual fue aprobado en octubre de 2013 mediante la Disposición 246 de la Dirección Nacional de Comercio Interior. A partir de entonces deben contar con etiquetado, tanto, los balastos que se comercialicen de manera independiente, como los que formen parte de una luminaria. El etiquetado debe respetar lo establecido en la norma IRAM 62407 (IRAM, 2013) denominada *Eficiencia energética en balastos para lámparas fluorescentes. Marcado*. Allí se definen nueve clases de eficiencia denominados A1, A2, A3, B1, B2, C, D, E y F, siendo los primeros los de mejor comportamiento energético. La eficiencia del balasto se clasifica midiendo el consumo del circuito conformado por el balasto y la lámpara que le corresponda. Si bien las luminarias de tubos fluorescentes (con balasto) no son tan frecuentes, es un avance importante en la eficiencia de edificios públicos donde sí es muy común encontrarlos.

1.2.3.- CLIMATIZACIÓN

En cuanto a climatización, se consideran únicamente los equipos individuales, dada la escasa penetración de equipos centrales en el sector residencial. La Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2012/2013 relevó cuál es el sistema predominante de calefacción en los hogares y determinó: que un 9,3% de los hogares poseen sistemas centrales propios o colectivos (losa radiante, piso radiante o aire caliente); un 43,6% de los hogares poseen artefactos fijos, esto incluye estufas a gas, tiro balanceado, equipos acondicionadores, hogares a leña, entre otros;

³¹ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/resaltaranexos/240000-244999/240691/norma.htm>

un 22,4% utiliza como sistema predominante los artefactos móviles que también pueden ser estufas a gas, kerosene o equipos eléctricos, entre otros; y finalmente un 24,7% no utiliza sistemas de calefacción (Figura 1.6), ya sea por cuestiones de vulnerabilidad social o por la condición climática de su emplazamiento dado que la mayoría de estos hogares se encuentran en las provincias del norte (Jujuy, Salta, Tucumán, Corrientes, La Rioja, Santiago del Estero, Misiones, Corrientes, Chaco y Formosa (INDEC, 2014a).



En función de lo detectado previamente, se hace hincapié en el equipamiento fijo, ya sea que funcionen con gas o electricidad, analizando las distintas alternativas de equipamiento para cada caso para finalmente realizar una comparación que contemple la totalidad de la cadena energética para poder igualar los consumos energéticos de cada tecnología disponible.

I.- EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ELÉCTRICOS

Dentro del equipamiento eléctrico se analizan los tradicionales aires acondicionados, más precisamente llamados bombas de calor aire-aire, luego se indaga sobre equipos de mayor eficiencia pero con escasa difusión en la actualidad como son las bombas de calor por geotermia y finalmente se examinan los extendidos equipos eléctricos que funcionan por efecto Joule, comúnmente conocidos como equipos con resistencias eléctricas, los cuales brindan muy malas prestaciones energéticas tal como se podrá apreciar.

Bombas de calor aire-aire

Las bombas de calor aire-aire son los tradicionalmente denominados equipos de aire acondicionado. Como ocurre con el resto de los equipos de alta incidencia en el consumo energético residencial, los aires acondicionados cuentan con etiquetados de eficiencia energética y estándares mínimos a respetar de acuerdo a lo que establece la norma IRAM 62406:2007 (IRAM, 2007b), la incidencia de este equipamiento es elevada a nivel nacional, ya que a 2012 un 36% de los hogares poseen este equipamiento (INDEC, 2014a). En principio se estableció la obligatoriedad de certificar y etiquetar equipos de hasta 10,5 kW de potencia mediante la Disposición 859³² de fecha 11 de noviembre del año 2008, la cual establecía como fecha tope el 18/10/2009 para etiquetar equipos tipo Split y el 17/12/2009 para etiquetar equipos compactos.

Posteriormente se establecieron los niveles mínimos de eficiencia a cumplimentar por estos equipos, pero se redujo la potencia máxima hasta unidades de 7 kW. Desde allí, con el correr de los años y a través de una serie de resoluciones se ha ido exigiendo el retiro de las unidades menos eficientes de los puntos de comercialización. La cronología es la que se observa en la Tabla 1.20:

Fecha	Clase mínima a comercializar	Frío/Calor	Entrada en vigencia mediante:
05/01/2011	E	Frío	Resolución 1542/2010 de la S.E. ³³
01/06/2011	D	Frío	
31/01/2012	C	Frío	Resolución 1407/2011 de la S.E. ³⁴
01/08/2014	B	Frío	Resoluciones de la S.E. 814/2013 ³⁵ y 228/2014 ³⁶
01/08/2014	C	Calor	
01/04/2015	A	Frío	

Tabla 1.20: Cronología de exigencias de niveles mínimos de eficiencia en equipos de aire acondicionado. Fuente: www.energia.gov.ar

Esta nomenclatura o clasificación está relacionada directamente con el indicador denominado EER que es utilizado internacionalmente y sus siglas en inglés significan *Energy Efficiency Ratio*, que se obtiene mediante el cociente entre la máxima potencia de refrigeración entregada (W_{ref}) y la potencia eléctrica consumida con el equipo a funcionamiento pleno (W_{elec}).

$$EER = \frac{W_{ref}(W)}{W_{elec}(W)}$$

³² <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/145000-149999/147008/norma.htm>

³³ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/175000-179999/177544/texact.htm>

³⁴ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/190000-194999/190307/norma.htm>

³⁵ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/220000-224999/221800/norma.htm>

³⁶ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/230000-234999/231223/norma.htm>

Mientras mayor sea el EER, más eficiente es el equipo y será más cercano a la Clase A. Este valor de EER se encuentra calculado en la etiqueta argentina y figura como *Índice de Eficiencia Energética*. Es posible ver que en ciertos casos, en otros países el índice toma otros valores, como ocurre en la etiqueta de Canadá donde el EER oscila entre 9,8 y 12 ya que se consideran distintas unidades de medida (Btu/kW).

A su vez, la eficiencia de un equipo se la puede medir por su COP, que significa en inglés *Coefficient of Performance*, que es exactamente igual al EER sólo que se lo utiliza para calefacción. Se obtiene mediante el cociente entre la máxima potencia de calefacción entregada (W_{cal}) y la potencia eléctrica consumida con el equipo a funcionamiento pleno (W_{elec}). Este índice numérico no figura en la etiqueta, pero sí aparece su equivalente en letras de la A a la G en la sección que indica *Clase de eficiencia energética en modo calefacción*.

$$COP = \frac{W_{cal}(W)}{W_{elec}(W)}$$

Según la norma IRAM 62406, para determinar la potencia de enfriamiento o calefacción y calcular el IEE o el COP se deben utilizar los procedimientos definidos por la norma ISO 5151 (ISO, 2010) adoptando el método de ensayo del calorímetro y tomando los valores de temperaturas que indica la sección *Condiciones nominales normalizadas para la determinación de la capacidad de enfriamiento para climas moderados*, las cuales deben estar en conformidad con el valor T1 (climas moderados) donde los valores a utilizar son los siguientes:

Para el cálculo del IEE, la temperatura de bulbo seco del interior del local es de 27°C y para el exterior 35°C.

Para el cálculo del COP, la temperatura de bulbo seco del interior del local es de 20°C y para el exterior 7°C. En caso de que el equipo realice los aportes de calor con una resistencia eléctrica, entonces se deberá adoptar un COP=1.

Este ensayo puede ser realizado en otros países con los valores de temperatura T2 (climas fríos) y T3 (climas cálidos), con lo cual se torna difícil la comparativa entre equipos a nivel internacional dado que según las temperaturas de ensayo la performance de los equipos puede variar significativamente. A su vez, es posible que para realizar la medición de la máxima potencia se adopte otro método alternativo. Entonces, la comparativa de equipos a nivel internacional está condicionada por las exigencias a las cuales fue sometido un equipo en los ensayos. Tal como se demuestra en el trabajo de Monserrat Hernández (2010) citado en Tanides, Evans, Nicchi, Pedace & Gazzola (2011) el COP de un equipo aumenta en forma lineal a medida

que la temperatura exterior asciende. Los resultados que obtiene para un caso particular indican que con una temperatura exterior de -5°C obtiene un COP de 2,02 mientras que con una temperatura de 10°C el mismo asciende a 2,87.

Una vez definidas las condiciones necesarias para determinar IEE y COP, la norma IRAM 62406 establece la clasificación de la A a la G con los valores que dichos índices deben adoptar. La Tabla 1.21 muestra la clasificación energética de la Norma IRAM 62406:2007 según los rangos de IEE y COP.

Equipos en modo refrigeración		Equipos en modo calefacción		
	Equipos Split	Equipos compactos	Equipos Split	Equipos compactos
A	3,20<IEE	3,00<IEE	3,60<COP	3,40<COP
B	3,20≥IEE>3,00	3,00≥IEE>2,80	3,60≥COP>3,40	3,40≥COP>3,20
C	3,00≥IEE>2,80	2,80≥IEE>2,60	3,40≥COP>3,20	3,20≥COP>3,00
D	2,80≥IEE>2,60	2,60≥IEE>2,40	3,20≥COP>2,80	3,00≥COP>2,60
E	2,60≥IEE>2,40	2,40≥IEE>2,20	2,80≥COP>2,60	2,60≥COP>2,40
F	2,40≥IEE>2,20	2,20≥IEE>2,00	2,60≥COP>2,40	2,40≥COP>2,20
G	2,20≥IEE	2,00≥IEE	2,40≥COP	2,20≥COP

Tabla 1.21: Clasificación energética de la norma IRAM 62406:2007 según los rangos de IEE y COP. Fuente IRAM (2007b).

La etiqueta vigente es la que se observa en la Figura 1.7, allí es posible observar que se distingue la clasificación de la A a la G, tal como ocurre en el resto de las etiquetas en Argentina.

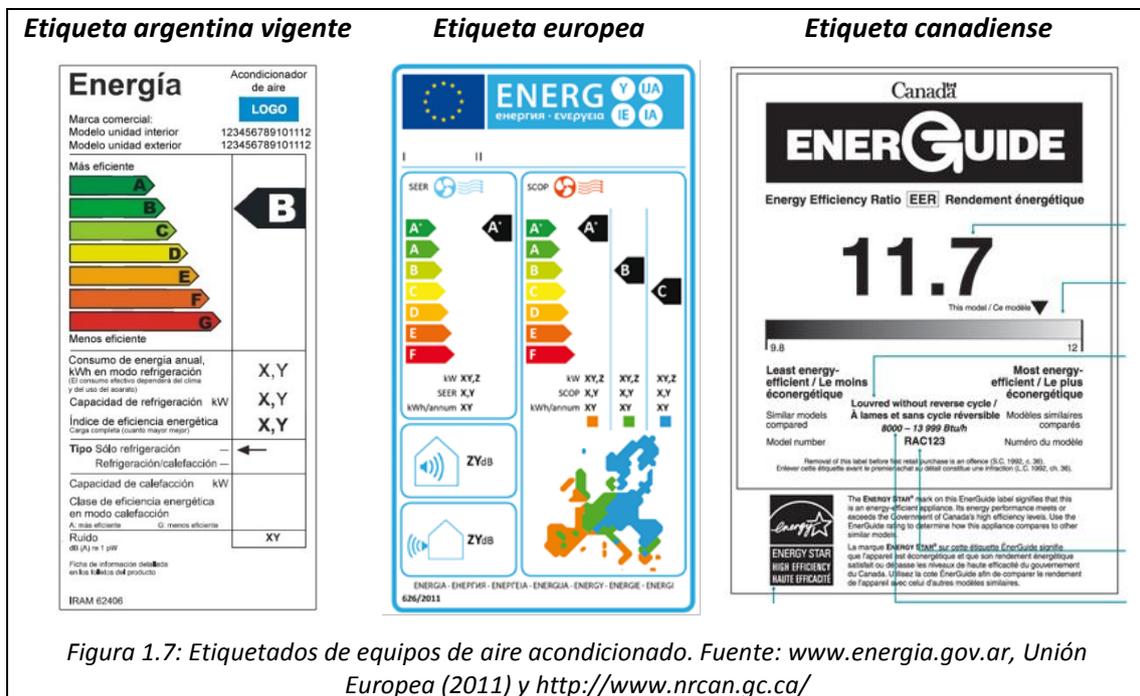


Figura 1.7: Etiquetados de equipos de aire acondicionado. Fuente: www.energia.gov.ar, Unión Europea (2011) y <http://www.nrcan.gc.ca/>

Actualmente el etiquetado europeo ha incorporado dos nuevos índices para comparar el equipamiento, se trata del SEER y el SCOP. A su vez han ampliado desde enero de 2015, la

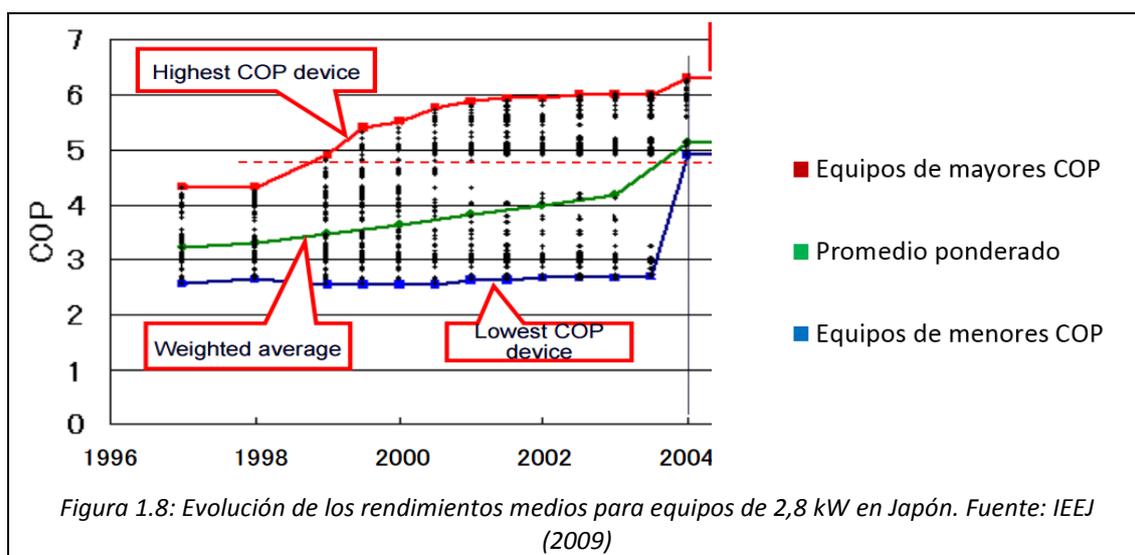
clasificación más alta con la incorporación de la Clase A+, y se prevé el ingreso de los niveles A++ en enero de 2016 y A+++ en enero de 2017 (Unión Europea, 2011).

El SEER es el *Factor de eficiencia energética estacional*, el cual considera el funcionamiento del equipo durante la temporada de refrigeración, calculado como la demanda anual de refrigeración de referencia dividida por el consumo anual de electricidad. La demanda anual se obtiene a partir de la carga de refrigeración de diseño por la cantidad de horas necesarias que debe estar encendido el equipo.

Mientras que el SCOP es el *Coficiente de rendimiento estacional*, que es análogo al SEER pero para la temporada de calefacción. Se calcula como la demanda anual de calefacción de referencia dividida por el consumo anual de electricidad.

Es posible observar en la etiqueta Europea que actualmente se utilizan estos indicadores, y que el SCOP depende de la región climática donde se utilice. En la etiqueta argentina únicamente se calcula un consumo anual en refrigeración medido en kWh/año, bajo una condición fija de horas de uso (500 hs) a potencia máxima (IRAM, 2007b).

Si hacemos una comparativa con el resto de los mercados mundiales, es factible ver que los EER y los COP son posibles de mejorar en los próximos años mediante la incorporación de tecnologías más eficientes, como los equipos con compresores tipo *inverter* que modulan su accionamiento según la demanda de refrigeración. La eficiencia de los equipos ha evolucionado de manera creciente en los últimos años, por ejemplo si analizamos el sendero que atravesaron los equipos en Japón, es posible ver en la Figura 1.8 que en 1997 el COP medio era de 3,2 y en 2004 el COP medio era de 5,2.



A modo de revisión internacional, es posible conocer cuáles son los estándares mínimos exigidos en diferentes países, no obstante como se explicó previamente la comparativa no es lineal ya que depende de las condiciones de ensayo y las temperaturas del mismo, sin embargo es posible analizar los valores exigidos considerando que cada COP representa en cierta forma el comportamiento de los equipos para su clima. Entonces, siguiendo lo expresado en un estudio desarrollado en el CB3E (Pereira, Lamberts & Ghisi, 2013) en China para 2010 el valor mínimo del COP era de 3,2; en Australia en 2010 era de 3,45; en India en 2013 era de 2,7; en Corea del Sur 3,4; Taiwán 3,45 y en Estados Unidos en 2006 era de 3,8. En Argentina actualmente el IEE mínimo es de 3,20 y el COP es de 3,3. Entonces es posible afirmar que en términos de exigencias mínimas nuestro país se encuadra en valores similares a las exigencias internacionales. Esto puede ser mejorado, poniendo en plaza equipos de mejores prestaciones, tal como sucede en Japón donde la media del COP de los equipos en venta es de 5,2.

A los efectos de observar algunos rendimientos de equipos que están a la venta, podemos mencionar que por ejemplo un equipo Mitsubishi FD25VA³⁷ puede alcanzar un EER de 5,25 y un COP de 5,15 y presenta una capacidad nominal de refrigeración de 2,5 kW. Otro ejemplo puede ser el equipo Hitachi RAK-18PSB a la venta en el Reino Unido con una potencia nominal de 1,8 kW, el cual alcanza un EER de 6,00 y un COP de 6,13.

Es necesario considerar que estos equipos tienen rangos de operación que en general tienen como tope una temperatura exterior de -5°C (calefacción) y 43°C (refrigeración). Esto quiere decir que en días donde la temperatura esté cercana a dichos valores el equipo disminuirá considerablemente su rendimiento o hasta dejará de funcionar. Las bombas de calor funcionando en modo calefacción presentan la desventaja de que en momentos de mayor demanda, es decir que la temperatura exterior es muy baja, la serpentina ubicada en la unidad exterior eventualmente puede congelarse, por lo tanto el equipo debe realizar los aportes de calor hacia ese sector hasta lograr el descongelamiento y continuar su funcionamiento. Por tal motivo mientras se realiza esa operación el ambiente queda desabastecido de calefacción.

Existen equipos de mayores dimensiones que pueden realizar los aportes de climatización frío-calor y además pueden realizar el suministro de agua caliente sanitaria mediante el sistema de la bomba de calor aire-aire. Por ejemplo podemos citar el caso de la

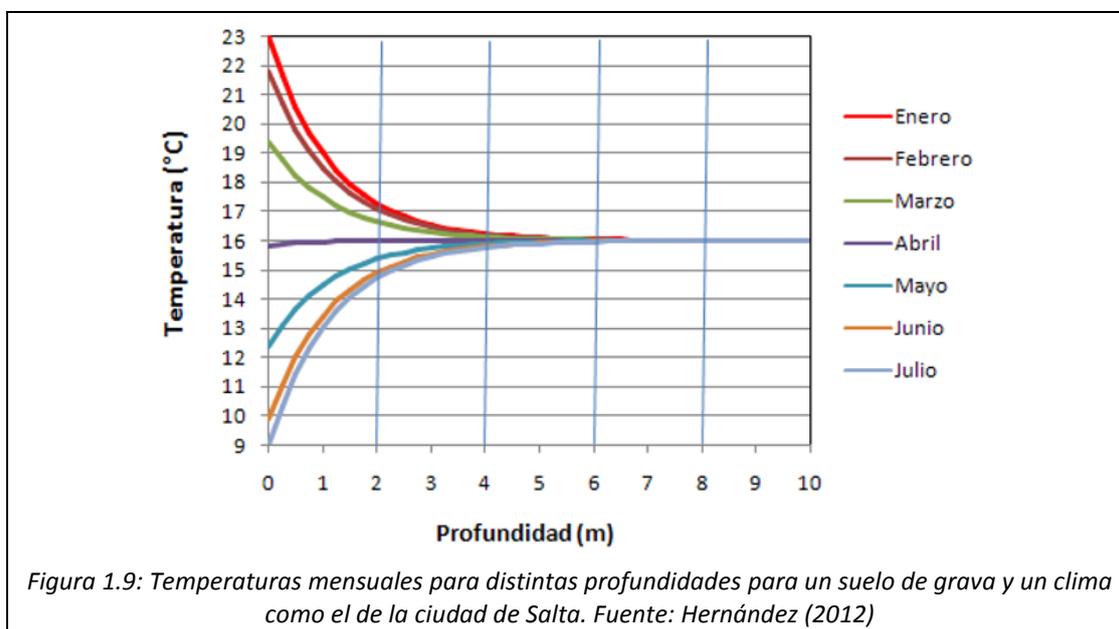
³⁷ http://www.mitsubishielectric.com/bu/air/products/room_air/mszf01.html

empresa CIATEMA, con su producto CIATEMA AERO que con un COP de 3,2 brinda dichos servicios en condiciones externas de entre -10°C y 40°C .³⁸

Bombas de calor por geotermia

Las bombas de calor a las cuales se hizo referencia anteriormente son aquellas de venta comercial que actualmente están ampliamente difundidas, las cuales se las denomina como sistemas aire-aire: esto significa que el fluido utilizado para el intercambio de calor con el ambiente interior es el aire y, a su vez, para realizar el intercambio de calor con el ambiente exterior se utiliza también como fluido al aire.

En el caso de las bombas geotérmicas se trata de sistemas aire-agua: nuevamente para la entrega de calor al ambiente interior se utiliza el aire, mientras que para el intercambio de calor con el exterior se utiliza como fluido al agua con algún anticongelante que en este caso adopta la temperatura del suelo, la cual varía según la profundidad alcanzada, pero que adopta aproximadamente la temperatura media del sitio ($17,3^{\circ}\text{C}$ para la ciudad de La Plata). Esto es visible en la Figura 1.9 donde se aprecian las temperaturas para distintas profundidades y los doce meses del año, allí se observa que a una profundidad de 4 m la temperatura es constante durante todo el año a aproximadamente 16°C . Estas mediciones son para la ciudad de Salta:



Este valor de T° del suelo mejora las prestaciones del equipo respecto de los sistemas aire-aire ya que eleva la temperatura exterior en invierno y la reduce en verano:

³⁸ www.ciatema.com.ar/geotermiaaerotermin/aero/#

Un sistema aire-aire realiza la transferencia de calor con el aire exterior y en invierno en la ciudad de La Plata debe extraer calor del aire que se encuentra a una temperatura de 6,7°C (mínima media), mientras que en verano debe entregar calor al aire que se encuentra a 28,5°C (máxima media).

Se ha observado previamente que en invierno mientras mayor sea la temperatura exterior se obtienen mejores rendimientos y, por ende, logra menores consumos energéticos. Será más fácil tomar calor de un fluido que tiene una temperatura más elevada como el caso del agua geotérmica que adopta 17,3°C, respecto del aire que se encontrará por ejemplo a 6,7°C (T° mínima media de julio).

Para la condición de verano, el equipo debe entregar el calor del interior a un medio exterior que para los equipos aire-aire podemos considerar que se encuentra a 28,5°C (T° máxima media de enero). Mientras que para las bombas geotérmicas aire-agua el equipo entrega el calor al suelo que está a 17,3°C. Intuitivamente podemos demostrar que será más fácil entregar calor al suelo dado que la fuente es más fría que el aire.

Se consultaron equipos disponibles en Argentina, y es posible ver que por ejemplo los sistemas CIATEMA GEO pueden alcanzar un COP de 6,5 y sirven para calefacción, refrigeración y calentamiento de agua sanitaria.³⁹ A su vez, la empresa ofrece un sistema que combina el sistema de geotermia (agua) y el sistema de aerotermia (aire), que también es para climatización y agua caliente sanitaria que logra un COP igual a 4.⁴⁰

La principal ventaja de los sistemas geotérmicos o híbridos es el incremento de los valores del EER y el COP, los cuales se observa que suben considerablemente. Para los sistemas aire-aire se observó que como valores medios se obtienen *Coefficientes de Performance* de entre 3 y 4. En el caso de las bombas geotérmicas el COP logra duplicarse superando el valor de 6. También es de destacar que el rango de temperatura exterior para su operación ya no es una condicionante dado que el suelo a una determinada profundidad adopta la temperatura media del sitio.

Equipos eléctricos por efecto Joule

Los equipos eléctricos que trabajan por efecto Joule son los sistemas convencionales como la estufa de cuarzo, los caloductos, radiadores eléctricos, las placas vitrocerámicas y

³⁹ www.ciatema.com.ar/geotermiaaerotermia/geo/#

⁴⁰ www.ciatema.com.ar/geotermiaaerotermia/hybrid-geo/#

hasta calderas eléctricas con su respectiva instalación de radiadores o piso radiante por agua, o una alternativa que se está comenzando a emplear que directamente son los pisos radiantes eléctricos. De hecho algunas versiones de equipos acondicionadores de aire frío-calor realizan los aportes de calor mediante una resistencia eléctrica que, tal como se aclaró previamente, en ese caso el COP se adopta como igual a 1.

Estos equipos generan calor cuando una corriente eléctrica circula por una espiral conductora de alta resistencia al pasaje, donde se produce la transformación de energía eléctrica en energía calórica por efecto Joule (Quadri, 2007). Tal fenómeno indica que la cantidad de calor Q , producido al paso de una corriente eléctrica por un conductor es proporcional a la resistencia R , al cuadrado de la intensidad y al tiempo t :

$$Q = I^2 * R * t$$

El rendimiento de estos equipos es cercano a la unidad por regirse por la ley presentada previamente, es decir que existen escasas posibilidades de aumentar su eficiencia y a la misma no podrá superar un COP=1. Esto denota la ventaja que presentan las bombas de calor ante este tipo de sistemas en cuanto a su consumo, dado que en promedio en Argentina el COP ronda el valor de 3,13 lo cual significa que consumen un tercio de energía respecto del resto de los equipos de calefacción eléctricos. La ventaja que presentan estos equipos eléctricos convencionales es su bajo costo inicial, lo que permite el acceso a la calefacción en sectores vulnerables o en sectores de la ciudad donde no hay tendido de gas, además estos sistemas no interrumpen su funcionamiento en días donde la temperatura exterior es muy baja tal como puede ocurrir con las bombas de calor. Como desventaja es redundante pero hay que mencionar la baja eficiencia de los mismos. Éstos se tornan viables en espacios pequeños y de uso esporádico como por ejemplo en baños.

II.- EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN A GAS

Nuevamente en esta sección se consideran los sistemas de calefacción individuales dada la extensa penetración en las viviendas, en contraposición a los sistemas centralizados como pueden ser calefactores con conductos de aire o calderas con radiadores o piso radiante que tienen poca participación en el parque residencial. Dentro del 43,6% de los hogares que se calefaccionan mediante equipos fijos, se estima que el 78% de los mismos lo hacen mediante estufas de tipo tiro balanceado (INDEC, 2014a), lo cual significa que existe una fuerte inclinación hacia estos equipos y por tal motivo se hace hincapié en sus posibilidades de mejoramiento de

su eficiencia. Por su parte, se hace una breve descripción de los equipos sin tiraje para abarcar la totalidad de los equipos individuales a gas.

Equipos sin tiraje

Los equipos que conforman esta categoría son los sistemas de rayos infrarrojos (pantallas de gas), los convectores sin descarga exterior y los convectores catalíticos. Estos equipos no cuentan con ventilación al exterior de sus gases quemados, absorbiendo el oxígeno del ambiente para lograr la combustión, a su vez agregan humedad a los locales y producen anhídrido carbónico o eventualmente monóxido de carbono, viciando y enrareciendo el aire. Por tal motivo se exigen ventilaciones fijas en los espacios donde se encuentren instalados y están prohibidos en dormitorios y baños (Quadri, 2007).

La transformación energética tiene una eficiencia cercana al 100% dado que por cada unidad de energía que ingresa al equipo, el mismo aporta una unidad de calor al ambiente. A pesar de esto, si consideramos al local calefaccionado más el equipo como un sistema, entonces la eficiencia se verá reducida por las altas necesidades de renovación de aire que ingresa a baja temperatura. Con lo cual, se trata de equipos de prestaciones de confort bajas y con una eficiencia que, tal como veremos, se asemeja a los equipos de tiro balanceado, los más elegidos por brindar un calor confortable y más agradable.

Equipos con tiraje

Los equipos con tiraje pueden ser los calefactores con tiraje natural o bien los calefactores tiro balanceado. En ambos casos los gases quemados son expulsados al exterior del recinto calefaccionado, y en el caso del oxígeno que se necesita para lograr la combustión, las tiro natural lo toman del ambiente y las tiro balanceado lo hacen del exterior.

La normativa NAG 316 del ENARGAS (1995a) indica que todos los calentadores de ambiente a gas deben contar con una eficiencia energética como mínimo del 65% para equipos menores a las 5.000 kcal/h y 70% para equipos mayores a 5.000 kcal/h.

La normativa NAG 315 del ENARGAS (1995b) indica que la eficiencia de los equipos de tiro balanceado debe ser como mínimo del 65% operando a potencia máxima, mientras que para operación a llama mínima, el valor no debe ser inferior al 50%.

Tal como se señaló al principio, los equipos tiro balanceado son los sistemas de calefacción de mayor penetración en viviendas, por tal motivo se analiza la posibilidad de mejoramiento del rendimiento de los mismos. La eficiencia mínima solicitada por ENARGAS en

general se cumple si se consideran las condiciones de los ensayos propuestos por la normativa, tal como se puede analizar en la Tabla 1.22 obtenida del trabajo presentado por el INTI (2008) en la cual se ensayaron trece equipos y se obtuvieron eficiencias promedio del 69,59% en máximo y del 60,06% en mínimo.

	Pot. Máxima declarada [Kcal/h]	Pot. medida en máximo [Kcal/h]	η en máximo [%]	Pot. medida en mínimo [Kcal/h]	η en mínimo [%]
TB 3000	3.000	2.012	68,9	1.379	61,9
TB/TBU 2.5	2.500	2.739	71,6	982	64,4
CQ-3.0 TB	3.000	2.876	70,9	993	60,4
TB 2500	2.400	2.136	68,1	1.108	55,7
TB/TBU 3.0	3.000	2.807	64,1	1.319	52,1
039 TB-30	2.850	2.671	71,8	768	60,1
9030 TB	3.000	2.764	68,1	2.020	62,0
TB 3.0 ST	3.000	2.879	70,0	1.533	62,1
TB 3000	3.000	1.953	67,3	1.624	65,9
TB 3400	3.400	3.453	68,7	1.010	50,5
EB 3000	3.000	2.997	71,3	1.630	60,6
KL 3000	3.000	2.621	69,8	1.428	56,8
437	3.800	3.764	74,1	1.771	68,3

Tabla 1.22: Potencias y eficiencias medidas de equipos tiro balanceado. Fuente: INTI (2008)

Sin embargo, siguiendo el estudio de Juanicó (2007) es posible mejorar estos valores a rendimientos del orden del 80%. Cabe aclarar que las instalaciones de calefacción con calderas y radiadores o caldera y piso radiante que logran rendimientos elevados, raramente superan una eficiencia del 90% tal como se expone en Mariani, Pereiras, Keegan & Barreto (2013) dado que requieren de la eliminación de los gases quemados al exterior, con lo cual difícilmente se logre superar esta barrera en los calefactores individuales.

Por lo expuesto anteriormente, un grupo de investigación del Departamento de Ing. Química de la Universidad Nacional de La Plata se encuentra desarrollando un prototipo para recuperar la entalpía que se pierde en la salida de los gases quemados de los calefactores de tiro balanceado, los cuales salen a más de 400°C. Es posible observar el trabajo de Mariani et al. (2013), donde se ensayan las primeras versiones de un recuperador de calor con circulación natural y en condiciones de potencia mínima se logra recuperar un 50% de la entalpía de los gases de combustión.

Finalmente, en relación al aprovechamiento de la entalpía de los gases quemados, en algunos países es posible adquirir las denominadas calderas de condensación, las cuales aprovechan dicha energía y logran mejorar el rendimiento final. Por su parte se está comenzando a emplear la cogeneración residencial, donde se combina la tecnología de la

caldera de condensación con pequeños motores Stirling, lo que permite obtener agua caliente para calefacción, uso sanitario y a su vez electricidad.

III.- COMPARATIVA DE CONSUMO

En esta sección 1.2.3.- *Climatización* se establecieron valores de eficiencia energética para los diferentes artefactos de climatización, sin embargo al tratarse de sistemas eléctricos y a gas es necesario realizar alguna transformación para poder compararlos. Siguiendo lo realizado por Tanides, Nicchi, Lavoria & Mazzitelli (2013) se consideró toda la cadena energética para ambos sistemas:

En el caso de los sistemas eléctricos se afectó el COP con las pérdidas por transmisión y, luego, se consideró la eficiencia en la transformación de la quema de gas natural en una central eléctrica. Se adoptaron: una central Ciclo Combinado (CC) con una eficiencia del 55%, una Turbina de Gas (TG) con una eficiencia del 38% y una Turbina de Vapor (TV) con una eficiencia del 40%.

Para los equipos a gas, se afectó el rendimiento del equipo por las pérdidas ocasionadas por el transporte.

A partir de estos cálculos se obtuvo un rendimiento total que considera todas las transformaciones de la cadena energética obteniendo, por ejemplo, que un bomba de calor clase C con electricidad generada en un Ciclo Combinado entrega 1,38 unidades de calor por cada unidad de energía que se consume, lo cual es más de la mitad del COP del equipo. Por su parte una estufa tiro balanceado aporta 0,62 unidades de calor por cada unidad de energía que se consume. Entonces es posible ver que en este caso para centrales generando a gas es más eficiente un sistema de calefacción por bomba de calor. En la Tabla 1.23 se pueden observar los resultados obtenidos.

Entonces, a modo de cierre, se puede afirmar que la comparativa que indica el aporte final de calor por cada unidad de energía (gas) introducida en el primer eslabón de la cadena energética permite comprender que las bombas de calor clase C siguen siendo equipos más eficientes que los tiro balanceado, aún en el caso de la peor eficiencia de generación eléctrica a gas que es la TG. A pesar de ello, la transformación de los equipos de climatización de gas a equipos eléctricos mediante bombas de calor ya está generando inconvenientes en las redes de distribución eléctricas que ya se encuentran saturadas por el aumento sostenido de la demanda.

Como contrapartida, los gasoductos podrían reducir su demanda en un cierto porcentaje, o podría destinarse ese gas para las industrias.

	COP o η		Pérdidas en Transporte y distribución	Eficiencia en conversión de GN a:	Rendimiento total	
Bomba de calor aire-aire clase C	COP=	3,00	84%	Electricidad en CC:	55%	1,386
Bomba de calor aire-aire clase A	COP=	3,60				1,6632
Bomba de calor geotérmica	COP=	6,50				3,003
Equipo efecto Joule	COP=	1,00				0,462
Bomba de calor aire-aire clase C	COP=	3,00	84%	Electricidad en TG:	38%	0,9576
Bomba de calor aire-aire clase A	COP=	3,60				1,14912
Bomba de calor geotérmica	COP=	6,50				2,0748
Equipo efecto Joule	COP=	1,00				0,3192
Bomba de calor aire-aire clase C	COP=	3,00	84%	Electricidad en TV:	40%	1,008
Bomba de calor aire-aire clase A	COP=	3,60				1,2096
Bomba de calor geotérmica	COP=	6,50				2,184
Equipo efecto Joule	COP=	1,00				0,336
Tiro Balanceado actual	η =	0,65	95%	Gas natural:	100%	0,6175
Tiro Balanceado a alcanzar	η =	0,80				0,76

Tabla 1.23: Rendimientos totales de equipos considerando la cadena de producción de la energía.
Fuente: Tanides et al. (2013) y ampliación propia.

1.2.4.- COCCIÓN

En esta sección se consideran los equipos domiciliarios utilizados para la cocción de alimentos, ya sea que consuman electricidad o gas. Dentro de los primeros se indaga sobre el funcionamiento, consumos y eficiencias de hornos eléctricos, hornos microondas y anafes eléctricos. En tanto los equipos a gas que se abordan son las tradicionales cocinas que pueden estudiarse individualmente como quemadores de plancha y horno.

I.- EQUIPOS DE COCCIÓN ELÉCTRICOS

Los equipos de cocción que se encuadran dentro de esta clasificación son los hornos eléctricos, los hornos microondas y los anafes eléctricos. Algunos de estos artefactos tienen amplia difusión tanto en sectores donde no hay red de gas como así también en ámbitos urbanos donde se cuenta con dicho servicio. Un ejemplo de esto es la presencia de microondas en un 37,5% de los hogares del país tal como indica la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2012/2013. Por su parte la penetración de pequeños hornos eléctricos es cada vez más frecuente, mientras que los anafes no están muy difundidos.

Los hornos eléctricos funcionan en general mediante el efecto Joule, utilizando resistencias. Entonces, por cada unidad de energía eléctrica consumida, entregan una unidad de calor, el cual cocina el alimento por medio de la convección dentro del cubículo. En algunos casos se incorporan forzadores de aire, lo cual mejora la eficiencia de la cocción en aproximadamente un 20%. Los hornos tanto eléctricos como a gas presentan pérdidas térmicas que están asociadas con la aislación del artefacto y su calidad constructiva. El consumo por ciclo de cocción ronda en aproximadamente 0,6 kWh a 1,2 kWh.

Por su parte, se están comenzando a comercializar hornos que trabajan a inducción, es decir que mediante la generación de un campo electromagnético producido por un bobinado, se magnetiza el material ferromagnético del recipiente del alimento (el recipiente debe ser adecuado), agitando sus moléculas y en consecuencia calentándolo. Esto significa una transferencia mucho más directa, lo que se traduce en una mayor eficiencia.

En Argentina no se cuenta aún con etiquetado para hornos eléctricos, con lo cual tomamos como referencia el etiquetado Europeo (Unión Europea, 2013) que establece el siguiente cálculo para determinar la eficiencia:

$$EEI = \frac{EC}{SEC} * 100$$

Donde:

EEI es el índice de eficiencia energética de cada cavidad de un horno doméstico, con el cual se ingresa a la Tabla 1.24 para determinar la Clase correspondiente.

EC es el consumo de energía requerido para calentar una carga normalizada en una cavidad de un horno eléctrico doméstico durante un ciclo (kWh).

SEC es el consumo normalizado de energía (electricidad) requerido para calentar una carga normalizada (kWh). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$SEC (kWh) = (0,0042 * V) + 0,55$$

- V es el volumen de la cavidad del horno doméstico en litros (L), redondeado al entero más próximo.

Clase	Índice de EE
A+++	EEI < 45
A++	45 ≤ EEI < 62
A+	62 ≤ EEI < 82
A	82 ≤ EEI < 107
B	107 ≤ EEI < 132
C	132 ≤ EEI < 159
D	EEI ≥ 159

Tabla 1.24: Rangos de eficiencia energética para hornos eléctricos. Fuente: Unión Europea (2013)

Por ejemplo, si consideramos un horno eléctrico de 60 litros, con un consumo en un ciclo de cocción de 1,27 kWh éste será Clase D. Si su consumo es de 0,80 kWh será Clase A (representa un ahorro del 38% respecto del D) y si su consumo es de 0,36 kWh será A+++ (el ahorro es del 70% respecto del D).

El etiquetado se observa a continuación:

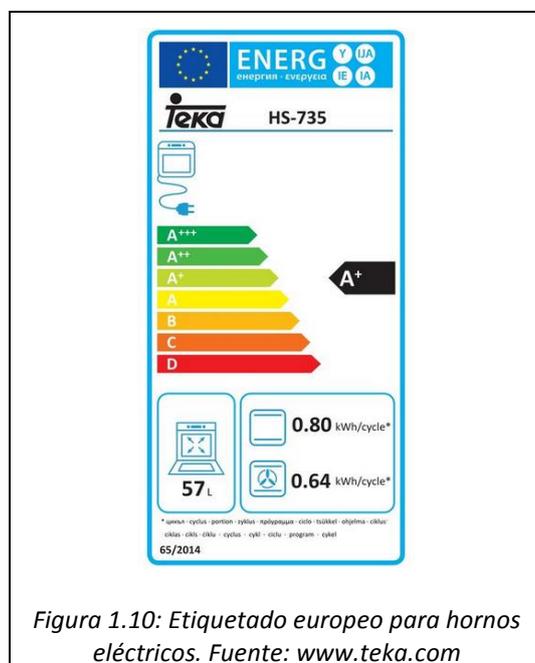


Figura 1.10: Etiquetado europeo para hornos eléctricos. Fuente: www.teka.com

En el caso de los anafes eléctricos podemos identificar dos tipos de tecnologías: las cocinas vitrocerámicas y las que funcionan por inducción. Las primeras trabajan con una resistencia (efecto Joule) que calientan una base, ésta calienta el recipiente y finalmente se transfiere el calor al agua o al alimento. Esto significa que existen diversos focos de pérdidas de calor y en general siguen desprendiendo calor una vez apagadas. En el caso de los anafes a inducción tienen un principio de funcionamiento diferente, cada hornalla posee una bobina que crea un campo magnético que atraviesa el vidrio e induce corrientes eléctricas en el metal del recipiente, el cual debe ser de un material ferromagnético. El recipiente se calienta por efecto

de dichas corrientes y luego el calor es transferido al agua o al alimento. De esta manera se logran minimizar las pérdidas de calor.

Según una comparativa entre placas de inducción y vitrocerámicas, realizada en la revista Consumer Eroski por San Vicente (2007), las placas de inducción tardaron un 43% menos de tiempo en calentar 1,5 l de agua de 15°C a 90°C (un promedio de 5,26 minutos contra 9,3 minutos) respecto de las vitrocerámicas y necesitaron 27% menos de electricidad (un promedio de 170 Wh contra 233 Wh). El costo es aproximadamente el doble: en promedio 685 euros las de inducción y 334 euros las vitrocerámicas.

En los tres casos previos, se obtienen rendimientos similares o un poco superiores respecto de los equipos equivalentes que funcionan a gas, sin embargo, tal como hemos calculado en la sección de climatización, para generar la electricidad como máximo es posible alcanzar una eficiencia en la transformación del gas del 55%, además de las pérdidas por transmisión eléctrica, lo cual penaliza severamente el rendimiento global de estos sistemas, tornando más eficientes los equipos a gas. De todas maneras, en sectores donde no existe la red de distribución, sería importante que los hogares adopten la tecnología adecuada.

Finalmente, los hornos microondas sí presentan ventajas por sobre la cocción a gas. Estos equipos generan ondas electromagnéticas, las cuales hacen vibrar las moléculas de agua que hay en los alimentos y debido a la fricción entre las mismas se genera el calor necesario para la cocción. Según el IDAE (2011) utilizando el microondas se logra un ahorro energético significativo, con lo cual se hizo un cálculo estimativo para cuantificarlos, el cual se expone a continuación.

Se consideraron las indicaciones de una caja de arroz que brinda la información para su cocción tanto para hornalla como para microondas:

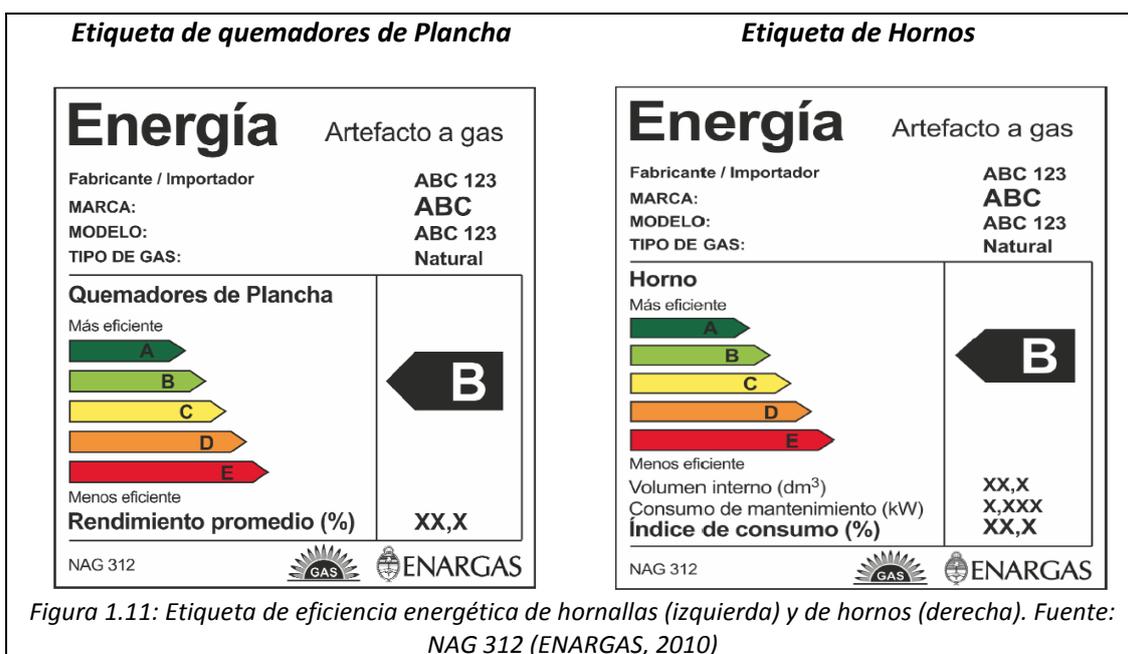
El envoltorio indica que para hornalla es necesario lograr el hervor (calculamos 10 min) y luego cocinar durante 20 min. Considerando una hornalla de 1.800 kcal/h funcionando durante 30 minutos, resulta en un consumo de gas de 0,096 m³. Afectamos un 95% por el transporte y se obtiene que al principio de la cadena se necesitaron 0,101 m³ de gas.

Luego, para cocinar el mismo alimento en un microondas se necesita un tiempo igual a 20 minutos a una potencia de 800 W. Esto resulta en 0,27 kWh eléctricos, afectado a un 84% por transmisión y distribución se incrementa a 0,32 kWh, y considerando una central de ciclo combinado (se necesitan 1.564 kcal/kWh) obtenemos que para generar dicha energía eléctrica se necesitaron 0,059 m³.

Entonces bajo las condiciones propuestas anteriormente se obtuvo que mediante el uso del microondas para este alimento es necesario un 42% menos de gas, siempre y cuando la generación se realice mediante una central de ciclo combinado, si consideramos otro tipo de generación a gas (TV o TG) entonces ya los rendimientos comienzan a acercarse.

II.- EQUIPOS DE COCCIÓN A GAS

Los artefactos de cocción a gas cuentan con etiquetado energético desde 2014 (Figura 1.11) gracias a las Resoluciones 1476/2010, 2267/2012 y 2600/2013⁴¹ de ENARGAS. La primera establecía la entrada en vigencia del etiquetado a corto plazo, pero dado que los tiempos no se cumplieron las siguientes dos resoluciones otorgaron prórrogas de seis meses cada una. En ambos casos se arguyó que los requerimientos en dispositivos ahora solicitados requerían de inversiones, cambios de maquinaria para montaje y que además los organismos de certificación se verían saturados ocasionando demoras.



Las disposiciones a seguir en materia de etiquetado de equipos de cocción están establecidas en las Norma NAG 312 (ENARGAS, 2010) denominada *Artefactos domésticos de cocción que utilizan combustibles gaseosos*. Se encontró que la Norma IRAM 19050-1 titulada *Etiquetado de eficiencia energética de artefactos a gas para uso doméstico. Parte 1- Artefactos de cocción* (IRAM, 2010b) también se encarga de dicho etiquetado pero la misma se encuentra anulada.

⁴¹ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/215000-219999/216665/norma.htm>

La Norma NAG 312:2010 brinda las bases de cálculo para establecer una clasificación de la A a la E, siendo la A la de mejor performance energética y se aplicaba a artefactos de cocción a gas que contaran con quemadores de hornalla y horno, a los que contaran sólo con quemadores de hornalla y a los que contaran solamente con horno.

Para la determinación del rendimiento de los quemadores de hornalla se adopta el ensayo de la NAG 312:2006, el método consiste en calcular el cociente entre el calor entregado a una masa de agua que eleva su temperatura 70°C (Q_{sis}) y el máximo calor que el gas puede generar durante ese tiempo (Q_{gas}) esto es:

$$N = \frac{Q_{sis}}{Q_{gas}}$$

Mientras que para determinar el rendimiento de hornos se utiliza el índice de consumo Ic que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Ic = \left(\frac{Cm}{Ce} \right) * 100$$

Donde:

Cm es el consumo real de gas que se necesita para el mantenimiento del horno con una diferencia de temperatura de 180°C respecto del ambiente. Es el producto del caudal (q_c) y el poder calorífico superior del gas (H_s), se mide en kW.

$$Cm \text{ (kW)} = H_s * q_c$$

Ce es el consumo de mantenimiento teórico (máximo admisible), en kilowatt, obtenido según la siguiente expresión, donde v es el volumen útil del horno:

$$Ce \text{ (kW)} = 0,93 + 0,035 * v$$

Finalmente el rendimiento η se puede obtener despejando:

$$Ic = \left(\left(\frac{1}{\eta} \right) - 1 \right) * 100$$

Calculando un Ic de 52%, lo cual representa el equipamiento de mejor eficiencia (Clase A), es posible obtener que los mejores rendimientos alcanzan un $\eta=65\%$.

Los rangos de eficiencia establecidos son los que se observan a continuación en la Tabla 1.25:

	Hornalla Rendimiento promedio η [%]	Hornos Índice de consumo I_c [%]
A	$\eta \geq 56,0$	$I_c \leq 52,0$
B	$54,0 \leq \eta < 56,0$	$52,0 < I_c \leq 55,0$
C	$52,0 \leq \eta < 54,0$	$55,0 < I_c \leq 58,0$
D	$50,0 \leq \eta < 52,0$	$58,0 < I_c \leq 61,0$
E	$\eta < 50,0$	$I_c > 61,0$

Tabla 1.25: Tabla de clasificación de eficiencia energética para artefactos de cocción. Fuente: ENARGAS (2010)

1.2.5.- AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

El Agua Caliente Sanitaria de los hogares en Argentina es cubierta tanto por medio de equipos eléctricos como por medio de equipos a gas. Dentro de los primeros podemos mencionar a los calefones individuales, duchas eléctricas y termotanques eléctricos, siendo estos últimos los de mayor difusión entre los equipos que funcionan con electricidad. En materia de equipos a gas, las opciones más elegidas son los calefones y termotanques, utilizados en proporciones similares en los hogares que cubren su demanda mediante este energético.

I.- EQUIPOS DE ACS ELÉCTRICOS

Los sistemas eléctricos de calentamiento de agua sanitaria disponibles en el mercado argentino son básicamente los calefones individuales, las llamadas duchas eléctricas (ambas se colocan directamente en el baño) y los termotanques eléctricos. En los tres casos los equipos efectúan el calentamiento del agua mediante resistencias y son los que se abordan en esta sección.

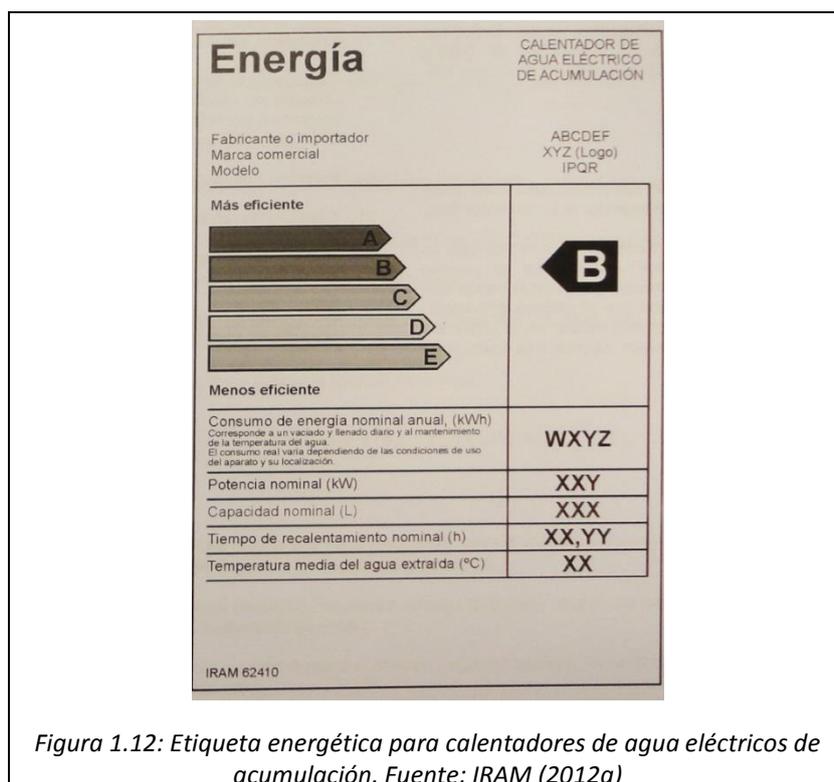
Tal como se ha mencionado en la sección 1.2.3.- *Climatización*, en otros países se están comenzando a utilizar bombas de calor que funcionan con energía eléctrica, ya sean aerotérmicas o geotérmicas que se encargan de generar agua caliente sanitaria y realizar los aportes de climatización necesarios. La eficiencia de estos equipos se rige por el COP que, tal como hemos observado, en general superan el valor de 3,5 en el caso de aire-aire y son mayores a 6 en el caso de la geotermia. En Argentina está disponible dicha tecnología, sin embargo su uso es aún incipiente.

Calefones y duchas eléctricas

En el caso de los calefones eléctricos se calienta una cantidad reducida de agua la cual es utilizada rápidamente. En el caso de la ducha eléctrica, calienta el caudal de agua que circula por la misma en el momento en el que se utiliza. Este tipo de equipamiento no tiene perspectivas de mejoramiento en cuanto a su eficiencia puesto que al ser de uso instantáneo no presentan pérdidas térmicas por acumulación, y al utilizar resistencias las posibilidades de alcanzar mejoras es muy limitado.

Termotanques eléctricos

En cuanto a los termotanques eléctricos, éstos tienen la posibilidad de dotar de agua caliente sanitaria a una vivienda, a diferencia de los mencionados previamente que únicamente sirven para duchas. Estos equipos cuentan con un etiquetado energético, el cual se basa en la norma IRAM 62410:2012 (IRAM, 2012a) denominado *Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico* y la etiqueta es la que se puede observar en la Figura 1.12.



En esta norma se establecen las condiciones para la realización de los ensayos y por su parte establece la siguiente expresión para determinar el porcentaje de eficiencia energética:

$$EE (\%) = \left(\frac{DT * DV * 0,01163}{E_t} \right) * 100$$

Donde:

DT es la elevación de la temperatura del agua definida como nominal para el ensayo y es DT= 50°K.

DV es el volumen de agua en litros.

0,001163 es un factor de conversión de unidades y se expresa en kWh/l°K.

E_T es la energía eléctrica total utilizada, expresada en kWh.

Según el porcentaje de Eficiencia Energética, es posible obtener la clasificación del equipo según la Tabla 1.26:

Eficiencia energética [%]	
A	EE > 83
B	83 ≥ EE > 74
C	74 ≥ EE > 65
D	65 ≥ EE > 56
E	EE < 56

Tabla 1.26: Tabla de clasificación de eficiencia energética para termotanques eléctricos. Fuente: IRAM (2012a)

El rendimiento que puede alcanzar un equipo Clase A es mayor al 83% de eficiencia, lo cual es aceptable, debido a que siempre existirán pérdidas de calor por la aislación térmica, y la propia transformación de energía eléctrica a energía calórica.

II.- EQUIPOS DE ACS A GAS

Los artefactos de calentamiento de agua domiciliarios que funcionan con combustibles gaseosos de mayor difusión son los aparatos de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios (calefones) y los calentadores de agua por acumulación (termotanques).

En el caso de los calefones se cuenta con un etiquetado aprobado, según lo que indica la NAG 313:2009 (ENARGAS, 2009) y la Adenda 1 del 2012 (ENARGAS, 2012) aprobadas por las Resoluciones 929/2009⁴² y 2132/2012⁴³ respectivamente, ambas del Ente Nacional Regulador del Gas.

En el caso de los termotanques, no se cuenta aún con el etiquetado pero sí existe un rendimiento mínimo que los equipos deben cumplimentar según lo que indica la norma NAG

⁴² <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/160000-164999/160034/norma.htm>

⁴³ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/195000-199999/196732/norma.htm>

314 de ENARGAS (1995c), aprobada por Resolución 2747/02⁴⁴ de dicha entidad donde se pone en vigencia el “Código argentino de gas-NAG” y cabe destacar que se encuentra bajo discusión la Adenda 1 del 2015 (ENARGAS, 2015) en la cual se propone un mecanismo de clasificación y etiquetado.

Calefones

Tal como se mencionó, estos equipos se rigen según lo que indica la NAG 313 (ENARGAS, 2009) Y la Adenda 1 de 2012 (ENARGAS 2012) ambos denominados: *Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos*. La Resolución 2132/2012 establece que desde enero de 2013 los calefones que se certifiquen deben dar cumplimiento al etiquetado (Figura 1.13).

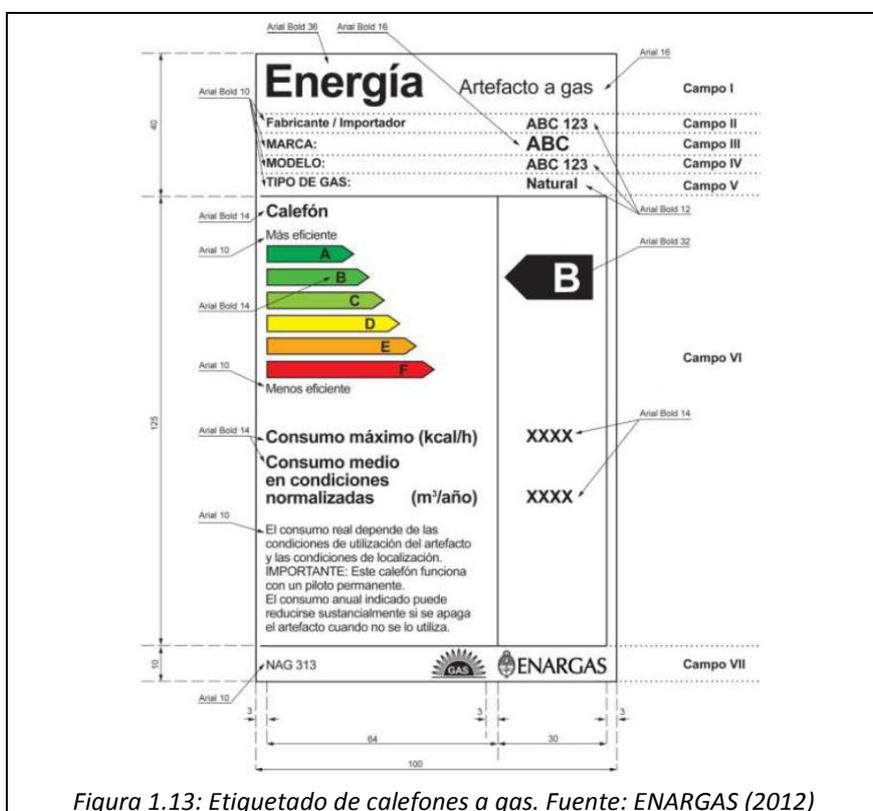


Figura 1.13: Etiquetado de calefones a gas. Fuente: ENARGAS (2012)

La NAG 313 establece un rendimiento térmico de al menos 70%, el cual consiste en un ensayo de elevar la temperatura de una masa de agua y calcular el cociente entre la energía absorbida y la energía entregada.

⁴⁴ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/80000-84999/81364/norma.htm>

Luego, a partir de la aprobación de la Adenda 1 quedó establecido el etiquetado de calefones, los cuales han quedado clasificados desde la A hasta la F, siendo los equipos A los de mejor comportamiento y que superan una eficiencia del 80%.

La Adenda 1 brinda las bases de cálculo para la determinación de la clase de los artefactos. El rendimiento (η_{EE}) en porcentaje (%) se calcula mediante el cociente entre la energía captada por el agua sobre la energía consumida por el artefacto durante todo un día. Se basa en simular los requerimientos de agua caliente de un usuario típico a lo largo del día, que enciende el calefón cinco veces (7:00 hs, 7:25 hs, 12:00 hs, 20hs y 20:25hs) durante 10 minutos cada vez. Se considera un caudal típico de 8 l/min (esto hace un total de 400 l/día). Esta presunción finalmente indica que el t_{uso} es igual a 50 min y el t_{pasivo} es igual a 23 hs 10 min:

$$\eta_{EE}(\%) = \frac{Q_{H2O}}{H_s} * V_{gas}$$

Donde:

η_{EE} es el rendimiento del calefón.

Q_{H2O} es el calor aportado a la masa de agua. Se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_{H2O} = m * c_p * DT$$

- m es la masa de agua recogida durante el ensayo [kg].
- c_p calor másico del agua recogida igual a $4,186 \times 10^{-3}$ [MJ kg⁻¹ °K⁻¹].
- DT es la elevación de temperatura del agua, en kelvin. Se sugiere por ensayo de 25°K.

H_s es el poder calorífico

V_{gas} es el volumen de gas utilizado durante un día completo, el cual contempla V_{uso} que es el gas quemado en el momento que utiliza el equipo y V_{pasivo} que es el gas consumido por la llama piloto en el momento en que no se utiliza el equipo. Entonces, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V_{gas} = V_{uso} + V_{pasivo}$$

Una vez obtenido el porcentaje, se puede conocer el rango correspondiente según la Tabla 1.27:

Rendimiento η_g [%]	
A	$\eta_g \geq 80$
B	$74 \leq \eta_g < 80$
C	$68 \leq \eta_g < 74$
D	$62 \leq \eta_g < 68$
E	$56 \leq \eta_g < 62$
F	$54 \leq \eta_g < 56$

Tabla 1.27: Tabla de clasificación de eficiencia energética para calefones a gas. Fuente: ENARGAS (2012)

Por otra parte, la etiqueta brinda el consumo anual de dicho artefacto en [$\text{m}^3/\text{año}$] el cual se obtiene multiplicando el consumo diario por 365 días.

Es de destacar la influencia que poseen los consumos en piloto, que bajo la hipótesis adoptada por ENARGAS funcionan durante 23 hs y 10 min al día los 365 días del año. En el trabajo de Bezzo, Bermejo, Cozza, Fiora, Maubro, Prieto & Gil (2013) se midió el consumo de un calefón solamente trabajando en piloto, y se obtuvo un consumo de $0,5 \text{ m}^3/\text{día}$, se podría afectar este valor a las 23,166 hs/día que está encendido el piloto, pero adoptaremos el valor que indican los autores dado que la diferencia es mínima. Esto significa que bajo dicho caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{día}$ por piloto, al año este consumo se eleva a $182,5 \text{ m}^3/\text{año}$ por hogar que según Bezzo et al. (2013) representa un 25% al 30% del consumo del artefacto. Si planteamos la hipótesis de que hay igual cantidad de termotanques y de calefones en los hogares de Argentina, según la Encuesta de Gastos de los Hogares se sabe que un 38,8% de los hogares tiene termotanques, con lo cual suponiendo igual cantidad de calefones se podría afirmar que un 38,8% de las 13.838.097 viviendas cuentan con este equipo (aproximadamente unas 5.000.000 viviendas), entonces el total de gas utilizado para mantener el consumo pasivo de estos artefactos sería cercano a los $957.000 \text{ dam}^3/\text{año}$, lo que representó un 19% del gas natural importado en el año 2014 que fueron alrededor de $5.000.000 \text{ dam}^3$ (Secretaría de Energía, 2015).

Esta sustitución tecnológica ya existe y son comerciales los equipos calentadores de agua instantáneos sin piloto, los mismos utilizan un dispositivo de encendido que puede ser mediante pilas o una pequeña turbina que aprovechan el paso de agua para generar una diferencia de potencial y producen la chispa para el encendido del equipo cada vez que se abre una canilla. A modo de ejemplo se pueden citar las marcas Jukers y Tonka, cada una con sistemas de ignición electrónica diferentes.

Por tal motivo existe un proyecto de ley denominado *Reducción de consumos pasivos en artefactos de gas* (S-2095/13) del Senado de la Nación (2013), presentado por el Senador E. Sanz, que fomenta la fabricación de calefones sin llama piloto mediante el acceso a beneficios de

promoción de inversiones y a facilidades en la importación de equipos completos, partes, insumos, componentes y/o equipamiento necesario para su producción reduciendo o liberando impuestos y gravámenes aduaneros.

Esta medida lograría en el largo plazo una reducción del 25% de la energía necesaria para la obtención de agua caliente sanitaria en aquellas viviendas que posean esta tecnología. Si consideramos que un 25% del total del gas consumido es destinado a ACS (Bezzo et al., 2013), entonces el ahorro en gas por vivienda sería del 6,25% anual.

Termotanques

En este caso actualmente no hay un etiquetado para estos equipos, sin embargo se encuentra bajo discusión pública hasta el 31/08/2015 la Adenda 1 de la NAG- 314 denominada *Aprobación de calentadores*, en la cual se propone un etiquetado, tal como se muestra en la Figura 1.14. Con lo cual lo que está en vigencia en materia de termotanques es la NAG 314 de ENARGAS (1995c), allí se establece que el rendimiento térmico N(%) no debe ser inferior al 70%.

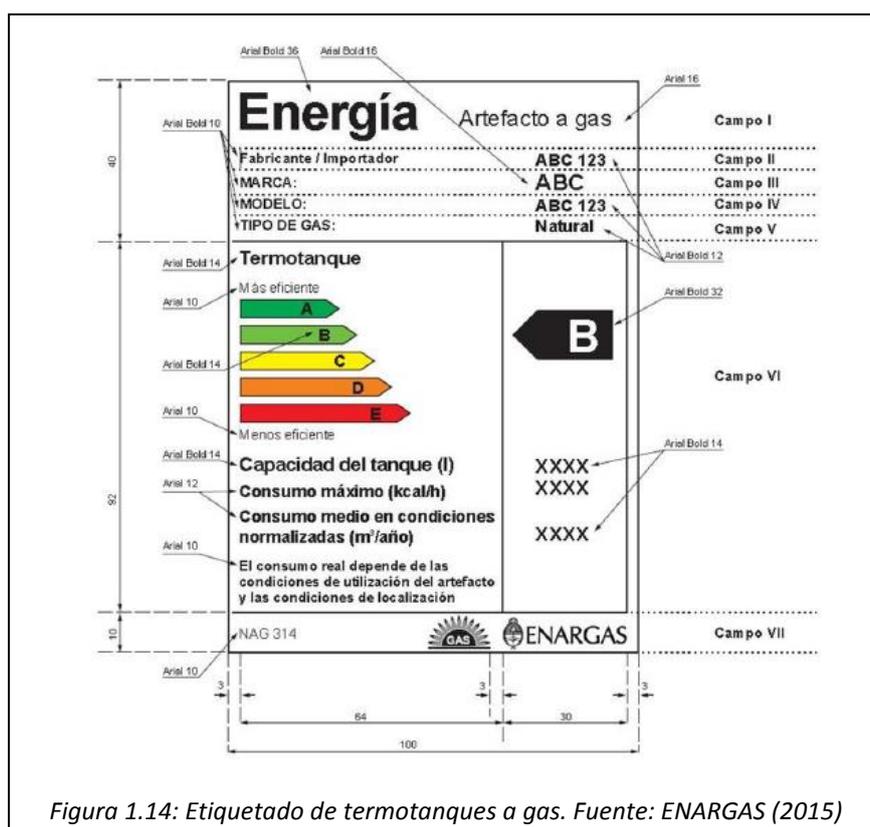


Figura 1.14: Etiquetado de termotanques a gas. Fuente: ENARGAS (2015)

Las condiciones de ensayo para determinar dicho valor consisten en colocar el artefacto en máxima potencia, elevar la masa de agua del tanque acumulador desde los 20°C hasta la

temperatura de corte, y a partir de allí calcular el cociente entre la energía absorbida por el agua y la energía aportada por los quemadores. Esto se calcula de la siguiente manera:

$$N(\%) = \frac{m * cp * (T2 - T1)}{F.C.* Q * P}$$

Donde:

m es el peso de agua acumulada (peso total en el momento de corte del termostato - tara) [Kg].

cp es el calor específico del agua = 1 Kcal/kg °C.

T2 es la temperatura al del agua (promedio de valores obtenidos sobre el drenaje total) en [°C].

T1 es la temperatura inicial del agua (20°C +/- 2°C).

F.C. es el factor de corrección referido a 15°C y 1013 hPa (760 mmHg).

Q es el consumo total de gas en [m³].

P es el poder calorífico superior del gas en [Kcal/m³].

El consumo del piloto se recomienda entre 174 y 232 W (0,38 m³/día- 0,51 m³/día), con lo cual nuevamente es posible la sustitución de la llama piloto por el encendido automático electrónico. Lo que reduciría en valores equivalentes a lo que se expresó en la sección de calefones a gas.

Finalmente la Adenda 1 de 2015 de la NAG 314 (ENARGAS, 2015) establece las bases de cálculo para determinar la eficiencia energética η_{EE} de dichos artefactos, que tiene en cuenta el rendimiento N% del artefacto y, a su vez, las distintas pérdidas de calor de mantenimiento de agua caliente en el termotanque. El objetivo es obtener un valor que relacione la energía que consume el artefacto en cuestión respecto de la energía de uso promedio de un termotanque en nuestro país, que supone un rendimiento promedio de 400 litros por día por vivienda a una temperatura de confort de 42°C (con una T° de entrada de 17°C), que son los mismos valores utilizados en el cálculo de los calefones. Para la determinación del rendimiento η_{EE} se compara el calor útil aprovechado por el usuario durante un día (Q_u) con el calor total consumido por el artefacto en ese mismo período el cual está comprendido por la suma del calor de mantenimiento (Q_{m24}) el cual contempla la llama piloto y los aportes calóricos para mantener la temperatura del agua bajo condiciones de confort durante un día, más el calor consumido para calentar la masa de agua (Q_c).

$$\eta_{EE} = \frac{Q_u}{(Q_{m24} + Q_c)} * 100$$

Donde:

Q_u es el calor total consumido por el artefacto. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_u(\text{kcal}) = \left(200 (\text{l}) + 0,5 * V_{\text{termo}}(\text{l}) + \frac{Q_{\text{nom}}(\text{kcal})}{50(\text{kcal/l} * \text{h})} \right) * 25 (\text{kcal/l})$$

Q_{m24} es la suma del calor de mantenimiento, es decir el calor aportado durante todo un día a 42°C.

Q_c se calcula como Q_u/N donde N se obtiene a partir de lo expresado en NAG 314.

Una vez calculado el rendimiento, es posible ingresar a la Tabla 1.28 donde se obtienen las clasificaciones para los equipos. Tal como se puede analizar los equipos Clase A deben tener rendimientos mayores a 58%, lo cual comparativamente con los calefones es bastante menor ya que requerían de un rendimiento superior al 80% para lograr dicha clasificación. Esta merma en el requerimiento de eficiencia en termotanques tiene una fuerte relación con los consumos que dicho equipamiento debe realizar para mantener a la temperatura deseada el agua. Es muy probable que un termotanque deba calentar agua que no se utiliza y ésta vuelva a enfriarse, tal como puede ocurrir durante la noche, esto no sucede con los calefones que únicamente se accionan durante su uso.

Rendimiento η_{EE} [%]	
A	$\eta_{EE} \geq 58$
B	$54 \leq \eta_{EE} < 58$
C	$50 \leq \eta_{EE} < 54$
D	$46 \leq \eta_{EE} < 50$
E	$\eta_{EE} < 46$

Tabla 1.28: Tabla de clasificación de eficiencia energética para termotanques. Fuente: ENARGAS (2015)

1.2.6.- ELECTRODOMÉSTICOS Y FUERZA MOTRIZ

En esta última sección referente al equipamiento domiciliario se estudian consumos diversos pero que tienen una participación importante en la demanda energética residencial. Por ello se aborda el estudio en materia de eficiencia energética de televisores, consumos “standby” que se encuentran en una gran cantidad de equipos eléctricos del hogar, lavarropas y finalmente equipos de fuerza motriz como bombas y motores.

I.- TELEVISORES

Los televisores cuentan con etiquetado voluntario desde 2012 luego de ser aprobada la norma IRAM 62411:2012 (IRAM, 2012b) denominada *Etiquetado de eficiencia energética en*

televisores en modo encendido. Los televisores tienen una amplia penetración en los hogares argentinos, consultando la ENGho 2012/2013 se detecta que un 96,3% de los mismos presenta al menos un equipo, y es viable suponer que en una buena porción de hogares hay más de una unidad.

El etiquetado propuesto en la mencionada norma va desde la letra A+ hasta la F, siendo A+ la más eficiente y se aplica a todos los televisores y monitores de televisión de uso doméstico. La eficiencia de los mismos se calcula con la siguiente expresión:

$$IEE = \frac{P}{P_{ref}(A)}$$

Siendo:

$$P_{ref}(A) = P_{basic} + A * 4,3224 \text{ W/dm}^2$$

$P_{basic} = 20 \text{ W}$ para televisores con un sintonizador y sin disco duro.

$P_{basic} = 24 \text{ W}$ para televisores con uno o varios discos duros, o que tengan dos o más sintonizadores.

$P_{basic} = 28 \text{ W}$ para televisores con disco duro y dos o más sintonizadores.

$P_{basic} = 15 \text{ W}$ para monitores de televisión.

A es el área visible de la pantalla expresada en dm^2 .

P es el consumo de electricidad en modo encendido del receptor de televisión (W).

Una vez calculado el IEE se ingresa en la Tabla 1.29 para determinar la Clase del equipo, que actualmente el nivel superior es A+, pero se espera introducir en el futuro las clases A+++ ($IEE < 0,10$) y A++ ($0,10 \leq IEE < 0,16$):

Índice de Eficiencia Energética	
A+	$IEE < 0,23$
A	$0,23 \leq IEE < 0,30$
B	$0,30 \leq IEE < 0,42$
C	$0,42 \leq IEE < 0,60$
D	$0,60 \leq IEE < 0,80$
E	$0,80 \leq IEE < 0,90$
F	$0,90 \leq IEE$

Tabla 1.29: Tabla de clasificación de eficiencia energética para televisores. Fuente: IRAM (2012b)

Posteriormente se calcula el consumo de energía anual en kWh/año el cual se obtiene bajo una suposición de uso de cuatro horas de funcionamiento diario durante 365 días (1.460 hs), sin embargo el consumo efectivo dependerá de las condiciones reales de uso del televisor. Entonces el consumo de energía E se calcula de la siguiente manera:

$$E(kWh/año) = 1,46 * P$$

Finalmente la etiqueta es la que se observa en la Figura 1.15:

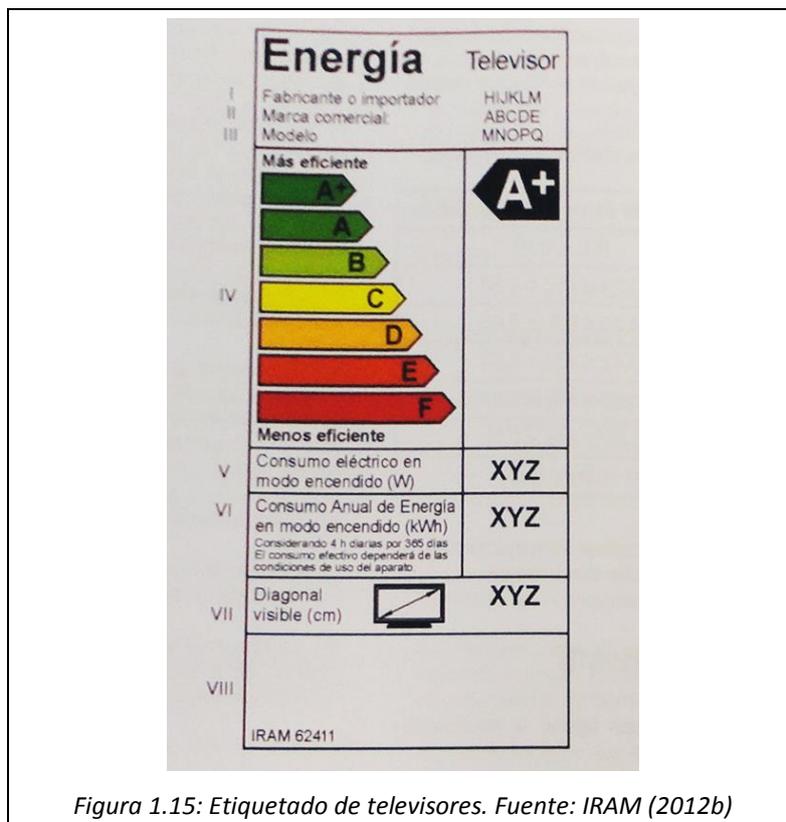


Figura 1.15: Etiquetado de televisores. Fuente: IRAM (2012b)

II.- CONSUMOS “STANDBY”

En materia de consumos de equipos en modo espera, más conocido como modo “standby”, en Argentina contamos con la norma IRAM 62301:2012 (IRAM, 2012c) denominada *Medición y etiquetado del consumo de potencia en modo espera (“standby”) para aparatos eléctricos*. Dicha norma es de aplicación voluntaria y no especifica requisitos mínimos de aptitud para la función ni fija límites máximos de consumo de potencia, únicamente brinda el método de ensayo para determinar el consumo cuando los aparatos no están realizando su función principal, el cual se mide en Watts y debe quedar expresado en una etiqueta adherida y legible hasta que el aparato haya sido entregado al consumidor final.

La etiqueta propuesta se puede observar a continuación en la Figura 1.16, según lo expuesto en la norma IRAM 62301:2012:

Energía	Marca
	Modelo
	Consumo en espera
	AB, CD W
	IRAM 62301

Figura 1.16: Etiquetado de consumo de potencia en espera. Fuente: IRAM (2012c)

Según el informe de AES (2008) los consumos por equipo van desde los 0,5 W a los 30 W, y en países desarrollados la suma de todos los equipos puede alcanzar valores de 50 W y 70 W por residencia. Este valor tiende a ser creciente ya que el número de artefactos en hogares aumenta sostenidamente, los equipos poseen cada vez más funciones electrónicas que antes eran electromecánicas y en los que cada vez más convergen los usos electrónicos e informáticos, lo que hace que cada vez más aparatos nunca dejen de consumir energía.

El valor al que se puede apuntar y que ya se ha alcanzado en diversos países es de 1 W por equipo en estado “standby”. Haciendo un cálculo análogo al realizado por el estudio en cuestión se obtiene que a 2015 el consumo energético anual causado por las cargas de “standby” residenciales alcanza los 3900 GWh/año (cerca del 3% de la demanda total en Argentina). El cálculo se hizo considerando cinco equipos de 5 W conectados durante todo el día y todo el año por cada vivienda. Esto resulta en la necesidad de contar con una central eléctrica de 450 MW funcionando todo el año para abastecer consumos que únicamente están esperando alguna función de encendido.

III.- LAVARROPAS

Según la ENGHo 2012/2013 un 60% de los hogares cuenta con lavarropas automáticos y un 25% con lavarropas no automáticos, esto hace un total del 85%. Dada la alta participación de este equipamiento en el sector residencial es que en 2014 se cumplieron los plazos establecidos por las Disposiciones 761/2010 y 625/2011 de la Dirección Nacional de Comercio Interior por las cuales es obligatorio el etiquetado de eficiencia energética de lavarropas. El mismo debe respetar lo indicado por la Norma IRAM 2141-3:2010 (IRAM, 2010c) denominada *Lavarropas eléctricos. Parte 3- Etiquetado de eficiencia energética*. La misma se aplica a los lavarropas que posean o no medios de calentamiento, y exceptúa aquellos que no centrifugan,

que tengan cubas separadas de lavado y centrifugado y a aquellos que sean lavarropas-secarropas combinados (por aire caliente). A su vez, por medio de la Resolución 684/2013⁴⁵ se estableció como estándar mínimo para la comercialización los equipos que tengan clasificación energética A y B, dado que principalmente los modelos ofertados en nuestro país en aquel año se concentraban en dichas clases, con lo cual no se requerirían grandes esfuerzos por parte de las industrias para lograr la adecuación. En dicha resolución se destaca que un equipo Clase B consume un 30% menos que uno Clase C.

La eficiencia de estos equipos es calificada según tres criterios, el primero es el consumo (C) de energía en kWh por kilogramo de ropa lavada en el ciclo de algodón a 40°C o a 20°C; el segundo criterio es el índice de eficacia de lavado (q) bajo las mismas condiciones; y finalmente el tercer mecanismo de clasificación es la eficacia de extracción de agua (Rm) en porcentaje y nuevamente respetando las mismas condiciones de lavado.

El consumo C determina la clasificación energética del lavarropas, y como se puede analizar en la Figura 1.17 un equipo que consuma 0,7 kWh/ciclo y tenga una capacidad de 7 kg de algodón resulta en un consumo (C) = 0,1 (Clase A). La eficacia del lavado (q) y la remoción de agua (Rm) indican las prestaciones del equipo y permiten la comparativa entre distintos lavarropas. En el ejemplo, la eficacia de lavado es Clase A y el centrifugado Clase B lo que significa que la ropa sale con un contenido de agua del 45% al 54%. Los tres indicadores se calculan según las normas IEC 60456:2003. Los rangos que determinan las Clases energéticas se muestran a en la Tabla 1.30:

	Consumo C	Índice q	Eficacia Rm %
A	$C \leq 0,10$	$q > 1,03$	$Rm < 45\%$
B	$0,10 < C \leq 0,18$	$1,03 \geq q > 1,00$	$45\% \leq Rm < 54\%$
C	$0,18 < C \leq 0,26$	$1,00 \geq q > 0,97$	$54\% \leq Rm < 63\%$
D	$0,26 < C \leq 0,34$	$0,97 \geq q > 0,94$	$63\% \leq Rm < 72\%$
E	$0,34 < C \leq 0,42$	$0,94 \geq q > 0,91$	$72\% \leq Rm < 81\%$
F	$0,42 < C \leq 0,50$	$0,91 \geq q > 0,88$	$81\% \leq Rm < 90\%$
G	$0,50 < C$	$0,88 \geq q$	$90\% \leq Rm$

Tabla 1.30: Clasificación de eficiencia energética de lavarropas. Fuente: IRAM (2010c)

La Figura 1.17 ilustra el etiquetado que incluye los tres indicadores planteados previamente:

⁴⁵ <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/resaltaranexos/220000-224999/220747/norma.htm>

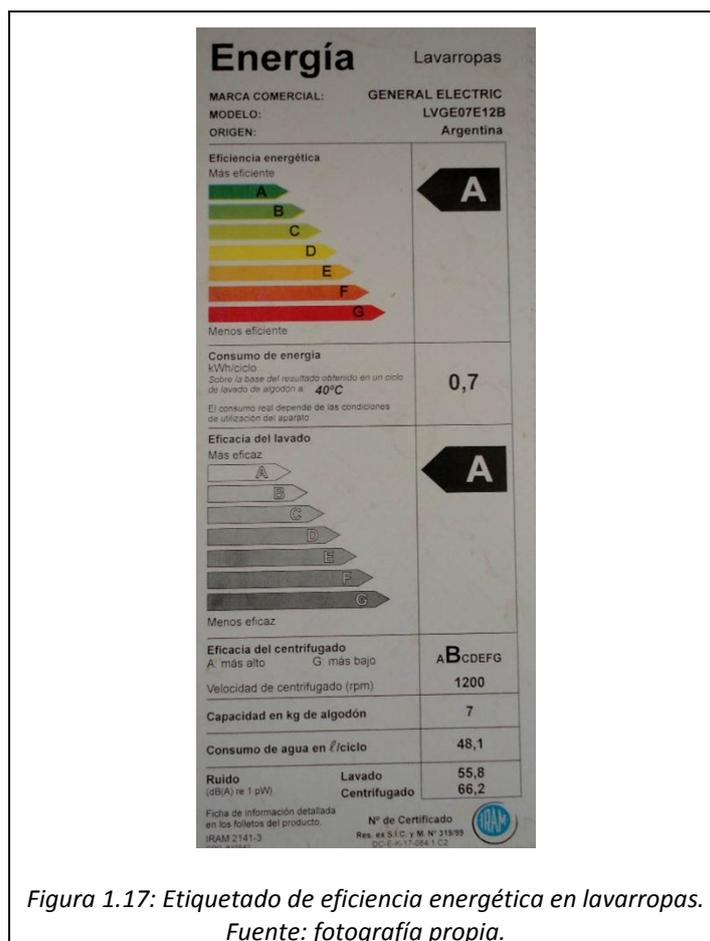


Figura 1.17: Etiquetado de eficiencia energética en lavarropas. Fuente: fotografía propia.

IV.- BOMBAS Y MOTORES

Finalmente hacemos mención al etiquetado de electrobombas domiciliarias y a los motores de inducción trifásicos, que en la actualidad es voluntaria en ambos casos.

Las primeras están contempladas en la norma IRAM 62408:2012 (IRAM, 2012d) denominada *Etiquetado de eficiencia energética para electrobombas de uso domiciliario*, aquí se consideran aquellas bombas que tengan potencias eléctricas nominales de entre 0,18 kW hasta 5,5 kW. La clasificación se basa en un ensayo que consta en calcular la potencia teórica para elevar una masa de agua una determinada cantidad de metros y así obtener la relación respecto del consumo eléctrico real del equipo en cuestión. Existen cuatro Clases de eficiencia IE3, IE2, IE1 e IE0 siendo la primera la de mejores prestaciones.

En cuanto a motores de inducción trifásicos está vigente la norma IRAM 62405:2012 (IRAM, 2012e) denominada *Etiquetado de eficiencia energética para motores de inducción trifásicos* que contempla a los motores denominados jaula de ardilla de 2 polos, 4 o 6 con una potencia de entre 0,75 kW y 90 kW que se conectan a una tensión nominal de 380 V, que en el

sector residencial son utilizados en viviendas colectivas para en funcionamiento de ascensores, portones automáticos, montacargas u otro usos. Las clases propuestas para esta etiqueta son las mismas que para las electrobombas y los ensayos se hacen siguiendo la norma IEC 60034-2-1. A continuación se observan ambas etiquetas en la Figura 1.18:

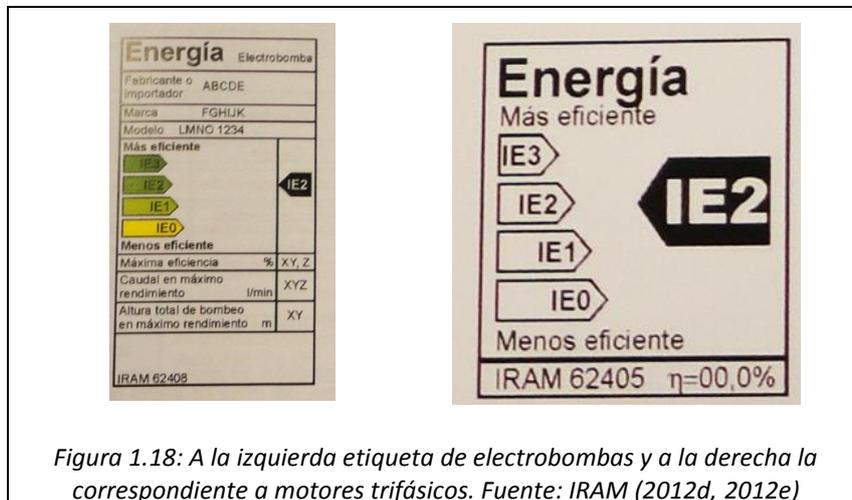


Figura 1.18: A la izquierda etiqueta de electrobombas y a la derecha la correspondiente a motores trifásicos. Fuente: IRAM (2012d, 2012e)

Capítulo 2.- ENERGÍAS RENOVABLES

Como complemento a las posibles medidas a implementar en relación a la eficiencia energética (EE), en este capítulo se estudian las posibilidades de incorporación de energías renovables (ER) al sector residencial, ya sean sistemas pasivos como así también activos. La incorporación de los mismos depende fundamentalmente del recurso disponible en el sitio, de las condiciones edilicias y de la morfología urbana. Los beneficios de aplicar este tipo de tecnologías en el ámbito urbano responden a que la energía es generada en el mismo lugar del consumo, evitando pérdidas y costos por transmisión, además permiten el acceso a la energía en sectores donde la red es deficitaria o inexistente como puede ocurrir con el gas natural, lo cual en cierta medida reduce las brechas de desigualdad.

Para abordar el estudio de estas tecnologías, en primer lugar es necesario hacer mención de los métodos que permiten la identificación del recurso solar en ámbitos urbanos y/o en edificios. Esta temática se emprende en la sección 2.1.- *Cuantificación del recurso solar en ciudades*.

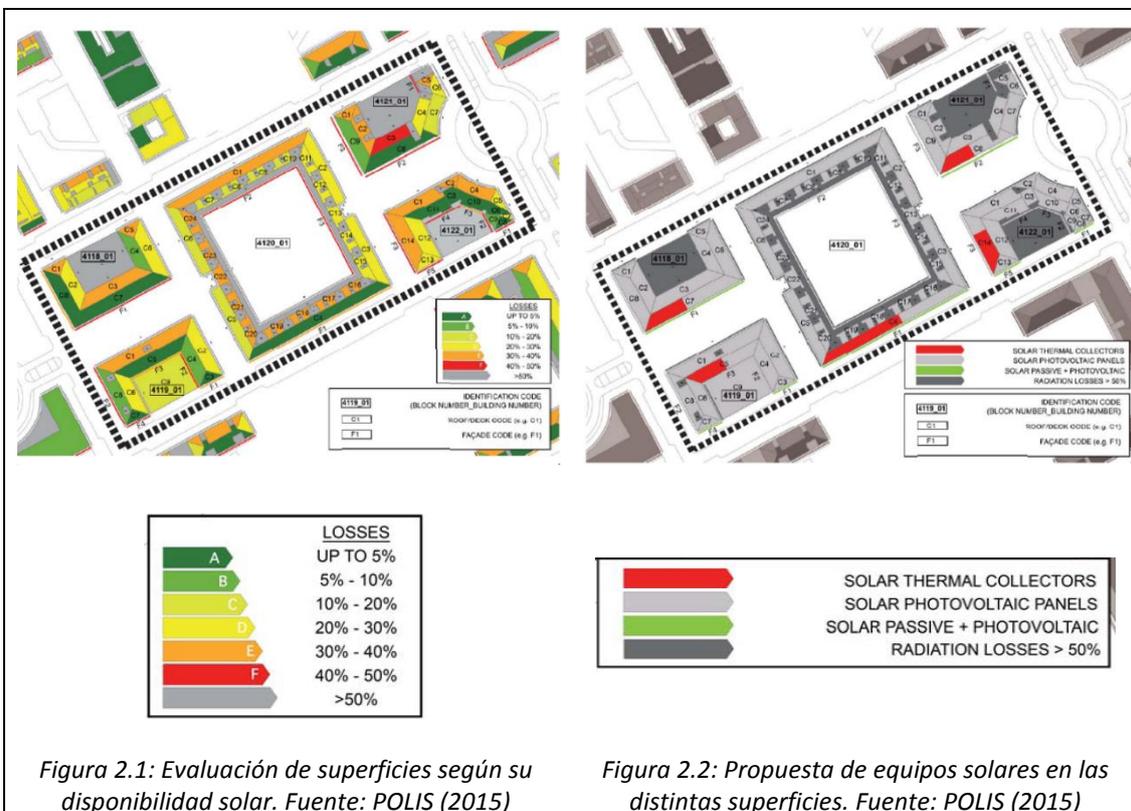
Posteriormente, en la sección 2.2.- *Sistemas Pasivos* se analizan los siguientes métodos de acondicionamiento térmico: Sistemas pasivos de calefacción solar y la Ventilación natural.

Posteriormente, en materia de sistemas activos se consideran exclusivamente aquellos que aprovechan la energía solar, descartando la eólica dado que no es un recurso protagónico en la región metropolitana. Entonces, se analizan en la sección 2.3.- *Sistemas Activos* las siguientes tecnologías: los sistemas solares térmicos (por agua y por aire) y los sistemas fotovoltaicos.

2.1.-CUANTIFICACIÓN DEL RECURSO SOLAR EN CIUDADES

En primer lugar es necesario hacer mención de diversos métodos que permiten la identificación del recurso solar en ámbitos urbanos y/o edificios. Para determinar la superficie apta para instalaciones solares es necesario conocer la radiación incidente y la morfología urbana o edilicia, la cual determina proyecciones de sombras, inclinaciones y orientaciones de tejados, entre otras tantas variables que disminuyen el rendimiento de los equipos. Se analizan brevemente dos procedimientos para determinar con una precisión bastante alta cuál es el máximo aprovechamiento solar que se puede obtener en una ciudad construida.

A nivel internacional se puede destacar el proyecto POLIS (2015), en el cual se ha probado una metodología donde se aplica la tecnología LiDAR de escaneo en tres dimensiones a gran escala y en consecuencia es posible calcular la superficie útil para instalaciones solares en el suelo, muros y cubiertas. En este caso, la tecnología LiDAR releva volumétricamente una porción de ciudad con un vuelo de avión al que se le adosan los equipos necesarios. Dicha tecnología permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado, esta distancia con el objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada.



Una vez que se obtiene la geometría del sitio, denominada Modelo Digital del Terreno (MDT), se combina la volumetría con una base SIG que contiene información socioeconómica y energética de los edificios. A partir de una serie de cálculos matemáticos se logra determinar el potencial solar de un sector urbano. En la Figura 2.1 se observan algunas salidas del software donde se cuantifican las superficies aptas para instalaciones solares, siendo las de color verde oscuro las de mejores prestaciones, mientras que en la Figura 2.2 se propone la instalación de diferentes equipos.

Por otra parte, es de destacar el trabajo desarrollado por la Dra. Graciela Viegas, investigadora del IIPAC, que en su tesis doctoral ha elaborado un método para determinar el potencial solar de ciudades mediante el procesamiento de fotografías aéreas combinado con relevamiento en campo, donde ha utilizado como ejemplo a la ciudad de La Plata. El trabajo de tesis se titula *Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas urbanas de media y baja consolidación*. La autora explica procedimientos utilizados en esta temática, estableciendo la siguiente clasificación: procedimientos de interpretación manual, semi-automáticos y automáticos. Posteriormente desarrolla un análisis particularizado de lo que denomina Mosaicos Urbanos (MU) que, en pocas palabras, son fragmentos de ciudad que en su interior guardan cierto grado de similitud u homogeneidad en función del estudio de ciertas variables. A partir del análisis de un MU, desarrolla un ejemplo donde logra determinar áreas de dispersión horizontal, como así también su sistema constructivo, el perímetro de área edificada y las alturas de los edificios. Con estos resultados determina la superficie útil asoleada e incorpora hipótesis de aplicación de equipamiento solar. Mediante la propuesta de instalar un colector solar de agua de (2 m²) por habitante logra concluir que los mismos requerirían solamente un 29.7%-36.3% de la superficie útil asoleada, con lo cual sería viable instalar sistemas fotovoltaicos en la superficie restante (Viegas, 2010).

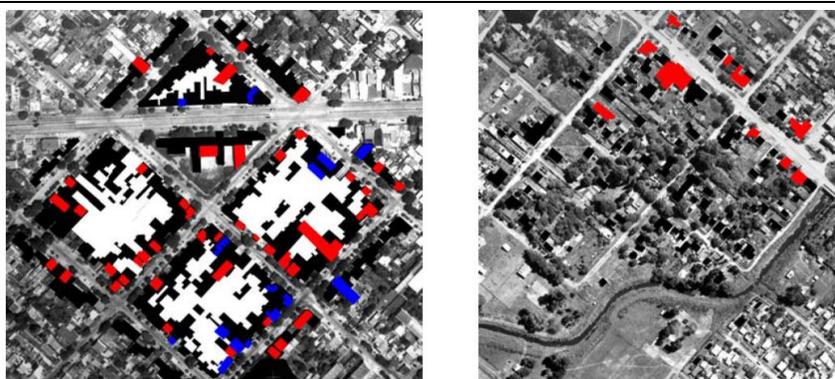


Figura 2.3: Análisis volumétrico de un Mosaico Urbano por medio de imágenes satelitales: negro= 1 nivel, rojo= 2 niveles, azul= 3 niveles. Fuente: Viegas (2010)

A partir del análisis de los dos métodos de evaluación del recurso solar en ámbitos urbanos, se planea avanzar puntualmente en la cuantificación de los aportes energéticos, costos, y otros aspectos asociados a la incorporación de energías renovables en el sector residencial.

2.2.-SISTEMAS PASIVOS

Los sistemas pasivos considerados para esta sección fueron en primer lugar los 2.2.1.- *Sistemas pasivos de calefacción solar*, comprendidos por: la ganancia solar, los acumuladores de calor e invernaderos. Y en segunda instancia por la 2.2.2.- *Ventilación natural*.

Consideramos estas estrategias dado que si por ejemplo realizamos un diagnóstico bioclimático mediante el método de Givoni para la ciudad de La Plata, con cualquier software como puede ser el ABC (Figura 2.4), rápidamente podemos observar como resultado que si se aplican estas medidas es posible alcanzar el confort térmico interior en buena parte del año. Existen otros tipos de medidas bioclimáticas aplicables en otras regiones que no serán tratadas.

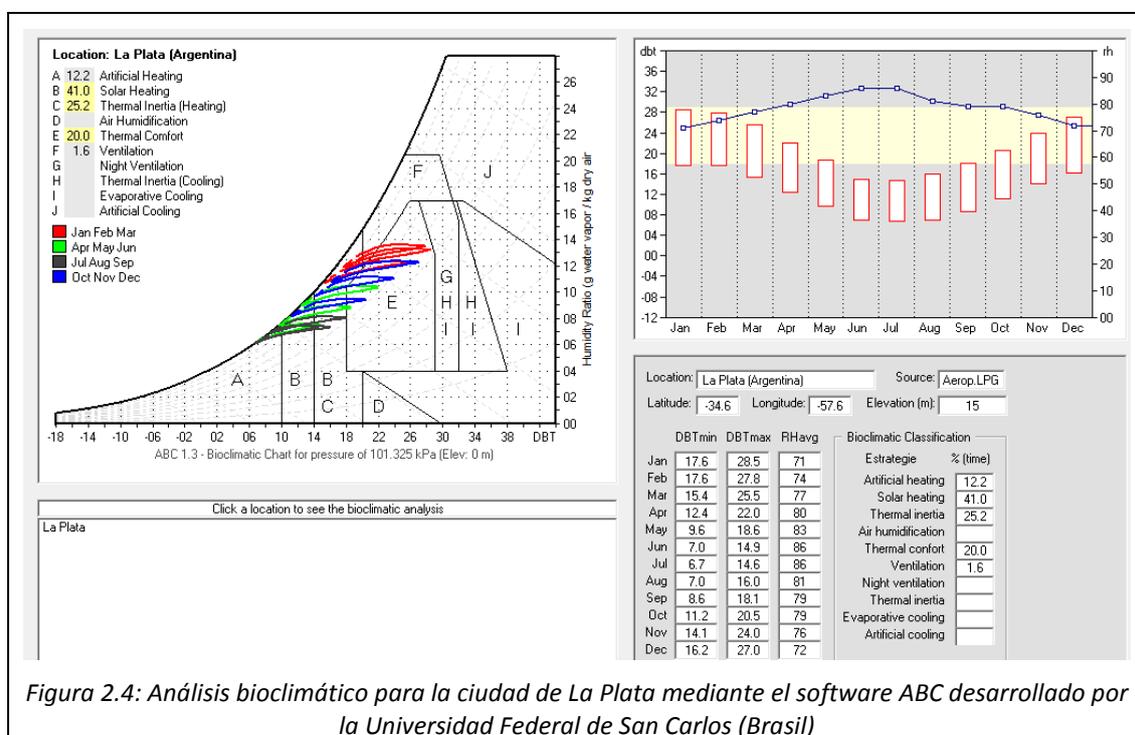


Figura 2.4: Análisis bioclimático para la ciudad de La Plata mediante el software ABC desarrollado por la Universidad Federal de San Carlos (Brasil)

Se ejecutó el diagnóstico con los datos climáticos de la ciudad de La Plata extraídos de Fabris & Yarke (1985) y se obtuvo como resultado que para lograr que un edificio bioclimático se encuentre en condiciones de confort a lo largo de todo el año, se requiere que el 12% del período anual se utilice calefacción artificial, mientras que un 41% del año puede obtener aportes energéticos por medio de la ganancia solar directa, un 25% por medio de la inercia térmica, un 2% por ventilación natural y finalmente durante el 20% del año no se necesitan adoptar medidas dado que la condición climática exterior se encuentra dentro del rango de confort. Estas proporciones de tiempo que son indicativas inicialmente, luego se convierten en

condicionantes de diseño que lograrán reducciones significativas en los consumos anuales. Si las nuevas edificaciones se proyectan teniendo en cuenta este tipo de recomendaciones es posible minimizar el tiempo en el cual se requiere de climatización artificial.

2.2.1.- SISTEMAS PASIVOS DE CALEFACCIÓN SOLAR

Los sistemas pasivos de calefacción solar son aquellos capaces de transportar flujos térmicos de energía de manera natural por medio de los propios elementos constructivos del edificio. Dichos elementos, por sus propiedades físicas, transfieren el calor capturado de la energía solar por medio de los procesos de radiación, conducción y convección natural. Por definición, el sistema pasivo forma parte de la génesis y de la propia construcción del edificio, ya sea en su totalidad o alguna parte del mismo. En estos sistemas no existen equipos adicionales de almacenamiento y escasos o nulos elementos mecánicos.

Los sistemas pasivos de calefacción solar más comúnmente utilizados son la ganancia directa por ventanas, los muros acumuladores y los espacios solares anexos, más conocidos como invernaderos. Se considera que estos elementos presentan escasos costos adicionales al total de la obra, son de simple utilización y mantenimiento. Usualmente se ejecutan con materiales de construcción tradicionales, tienen larga duración, trabajan a bajas temperaturas y lo hacen sin ventiladores, bombas, compresores, tuberías, conductos y tienen pocas partes móviles.

Para conocer los aportes energéticos que pueden llegar a brindar estos sistemas, utilizaremos las *Tablas del cociente carga colector para 60 localidades de la Argentina* (Fabris & Yarke, 1985). Este trabajo presenta el método de Cociente Carga Colector (CCC), denominado en inglés como Solar Load Ratio (SLR), desarrollado por Balcomb, Jones, Kosiewicz, Lazarus & Wray (1982). Este método permite la confección de tablas que brindan la Fracción de Ahorro Solar Anual (Solar Saving Fraction) para noventa y cuatro variantes de diseño de sistemas pasivos, en función de las características de cada sistema, del coeficiente de pérdidas térmicas de la vivienda y el clima del sitio. El trabajo de Balcomb presenta dichas tablas para más de doscientas ciudades de Estados Unidos y Canadá, mientras que el trabajo de Fabris & Yarke realizó una adaptación del método para los climas de Argentina.

Las variables del modelo son las siguientes:

CNR es la Carga Neta de Referencia, que representa la energía neta necesaria para mantener en confort al edificio, sin considerar el intercambio del muro solar. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CNR = CNPC * GD$$

CNPC es el Coeficiente Neto de Pérdida de Calor, el cual representa la carga total de calefacción de la parte no solar del edificio por cada °C de diferencia entre el interior y el exterior. La unidad es el W/°C.

GD son los grados día del sitio.

CCC es el Cociente Carga Colector que representa la relación entre el Coeficiente Neto de Pérdida de Calor y el área solar proyectada:

$$CCC = \frac{CNPC}{Ap \text{ (área solar proyectada)}}$$

FSA la Fracción Solar Anual (FSA). Representa la fracción de Carga Neta de Referencia (CNR) que es aportada por el sistema solar.

Entonces, el CCC puede ser un valor fijo obtenido de las características de un edificio, con el cual obtendremos la FSA, en la tabla correspondiente al sitio de emplazamiento. Por otro lado, si nos encontramos en la etapa de diseño es posible ingresar a la tabla por medio de una FSA fija que se desea obtener y, en consecuencia, se podrá determinar el área de colección necesaria.

A continuación se presentan los tres sistemas pasivos planteados, con los aportes energéticos calculados.

I.- GANANCIA SOLAR DIRECTA (GAD)

La radiación solar se capta a través de ventanales en la fachada de los edificios en los muros y el suelo de la vivienda, los cuales deben poseer gran inercia térmica para la acumulación y posterior remisión del calor recibido (Yañez, 1982). El retraso en la entrega del calor dependerá de la masa del objeto receptor. Cabe destacar que aquellas aberturas que se orienten al Ecuador, presentarán mayores ganancias solares diarias respecto de las demás orientaciones.

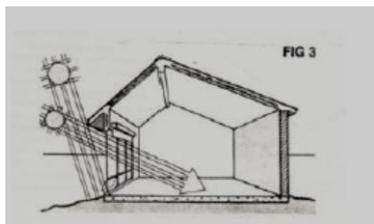


Figura 2.5: Esquema de GAD. Fuente: San Juan coord. (2013)

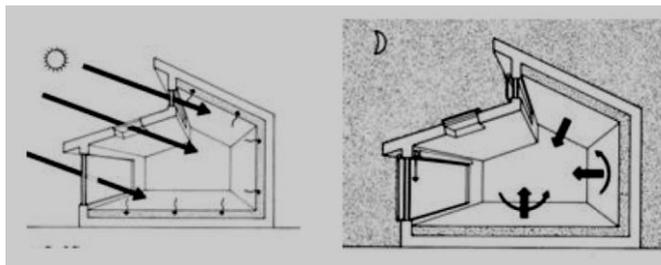


Figura 2.6: Comportamiento GAD diurno y nocturno. Fuente: San Juan coord. (2013)

Existe la posibilidad de que la masa de acumulación sean las propias paredes y el piso del edificio como ocurre con el St. College's County Secondary School en Inglaterra (Figura 2.7), pero también es posible acumular en muros de agua que, tal como se puede ver en la vivienda en Salt Lake City (Figura 2.8), pueden ser contenedores traslucidos con el líquido en su interior o bien pueden ser elementos opacos que contengan el agua tal como se puede apreciar en el prototipo solar de La Plata (Figura 2.12).



Figura 2.7. Ganancia directa en muros, St. George's County Secondary School en Wallesy, Inglaterra.



Figura 2.8. Ganancia directa en muro de agua, vivienda en Salt Lake City, Estados Unidos. Fuente: www.solar-components.com

Tal como se mencionó previamente, diseñando correctamente el asoleamiento de los edificios es posible cubrir parcialmente los aportes energéticos para buena parte del año. En la Tabla 2.1 se puede observar la ganancia solar que obtienen las ventanas expuestas al Norte, considerando a su vez las pérdidas térmicas por conducción (IAS, 1983). De aquí es posible concluir que en invierno 1 m^2 de ventana al Norte recibe en un día de heliofanía superior al 70%, 9,1 MJ que equivalen a 2 kWh. Si la ventana tiene 4 m^2 , el aporte será del orden de los 8 kWh, el equivalente a una estufa pequeña (2 kW) funcionando al máximo durante 4 horas.

GAD diaria ventana expuesta (MJ/m ²)- Orientación Norte	Tau	Verano		Invierno	
		Isc	lic	Isc	lic
Expuesta vidrio simple	0,8	7,2	7,5	9,1	9,1
	0,64	5,8	6	7,3	7,3
Ventana con cortina de enrollar 30%	0,8	5	5,2	6,5	6,5
	0,64	4	4,1	5,4	5,2
Ventana con cortina de enrollar 60%	0,8	3	3,2	3,7	3,7
	0,64	2,4	2,6	3,5	3
Ventana con cortina de enrollar 100%	0,8	0,2	0,4	0,2	0,2
	0,64	0,1	0,2	0,2	0,2
Ventana con cortina tipo barrio o celosías 30%	0,8	5,2	5,5	6,6	6,6
	0,64	4,1	4,3	5,3	5,3
Ventana con cortina tipo barrio o celosías 60%	0,8	3,2	3,4	4	4
	0,64	2,5	2,7	3,2	3,2
Ventana con cortina tipo barrio o celosías 100%	0,8	0,5	0,7	0,6	0,6
	0,64	0,4	0,6	0,5	0,5
Ventana con alero 30%	0,8	6,4	6,7	6,9	6,9
	0,64	5,1	5,3	5,5	5,5
Ventana con alero 60%	0,8	5,6	5,9	4,7	4,7
	0,64	4,5	4,7	3,8	3,8
Ventana con alero 100%	0,8	4,5	4,8	1,8	1,8
	0,64	3,6	3,8	1,5	1,5

*Tabla 2.1: Aportes energéticos de ganancia directa por ventanas.
Fuente: Guerrero (1987)*

Finalmente, si aplicamos el método de Fabris & Yarke, podremos estimar la Fracción Solar Anual para algunos ejemplos ubicados en la ciudad de La Plata, que son tomados de Rosenfeld & Czajkowsky (1992), a los cuales es posible aplicar la ganancia directa (Tabla 2.2):

	Casa Cajón	Bloque Bajo	Edificio Placa	Dúplex Estatal
Sup. Habitable (m ²)	52,6	60	64,2	67
Volumen Habitable (m ³)	141,5	172,9	174,6	180
CNPC (W/°C)	523,55	501,41	366,66	432
Ap (m ²)	16	16	16	16
CCC	34,90	33,42	24,44	28,80
FSA	GDC3-FSA 0,3	GDC3-FSA 0,3	GDC3-FSA 0,4	GDB3-FSA 0,3

Tabla 2.2: Fracciones solares anuales por GAD obtenidas para las distintas tipologías.

Se obtuvo que para la casa cajón y el bloque de viviendas bajo es posible cubrir el 30% de la demanda energética anual de calefacción por medio del aporte solar, bajo el requisito de colocar 16 m² vidriados al norte, mientras que en el caso del departamento en el edificio en placa, es posible obtener un aporte del 40% de la demanda de calefacción bajo las mismas

condiciones. Para alcanzar estos valores es necesario que el sistema tenga los siguientes elementos:

GDC3: Ganancia directa, espesor de la masa de 10cm, superficie de acumulación: $\text{Acumulación}/\text{Área vidrio}=6$, doble vidriado, con aislación nocturna.

En el caso del dúplex estatal, es posible lograr cubrir el 30% de la demanda energética de calefacción con una menor relación entre la superficie de acumulación y el área vidriada:

GDB3: Ganancia directa, espesor de la masa de 15cm, superficie de acumulación: $\text{Acumulación}/\text{Área vidrio}=3$, doble vidriado, con aislación nocturna.

II.- MUROS ACUMULADORES DE CALOR (MAC)

La captación de la radiación solar se realiza en un muro acristalado en la fachada norte del edificio. La energía se transfiere al espacio interior por radiación infrarroja, convección y si la cámara del muro está ventilada, por termocirculación del aire a través de dos orificios situados en la parte inferior y superior del muro (Yañez, 1982).

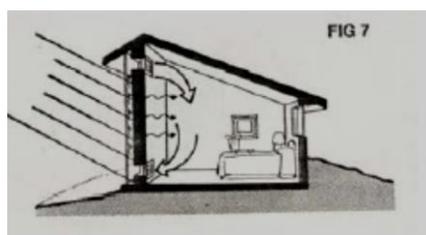


Figura 2.9: Esquema de MAC. Fuente: San Juan coord. (2013)

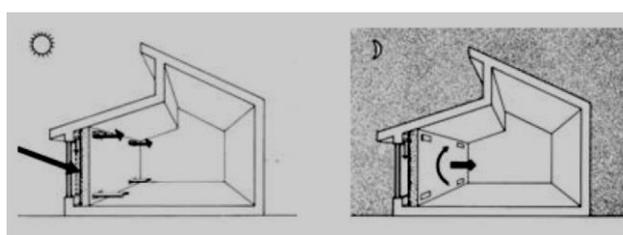


Figura 2.10: Comportamiento MAC diurno y nocturno. Fuente: San Juan coord. (2013)

Estos muros son capaces de retener buena parte de la energía solar incidente sobre los mismos y entregarla al interior con un cierto tiempo de retraso, dicho atraso es función de la masa y en consecuencia del espesor del elemento interpuesto. Algunas mediciones indican que los MAC son capaces de retener aproximadamente el 30% de la energía solar incidente sobre el plano, estos valores dependen de los materiales constructivos y de las condiciones de temperatura. El retraso en la entrega de la energía se diseña según las condiciones del sitio, y es posible trabajar con la física de los elementos constructivos para alcanzar los retrasos deseados. Esto se consigue modificando espesores, densidades o combinando materiales.

Una de las tecnologías más difundidas es el muro de obra pesada, tal como se puede observar en el Hospital de Susques en Jujuy (Figura 2.11). Para este tipo de muros es posible alcanzar retrasos del orden de las 6-8 horas según el espesor. Por otra parte, también se construyen MAC de agua, como es el caso del prototipo solar de La Plata (Figura 2.12), estos

muros tienen la capacidad de almacenar más calor dado que el agua tiene mayor calor específico que los mampuestos o el hormigón.



Figura 2.11: Muro Trombe en el Hospital de Susques, Jujuy. Fuente: Hernández (2012)



Figura 2.12: Muro acumulador de agua el prototipo solar de La Plata. Fuente: Dr. Carlos Discoli

Por otra parte, es posible la combinación de ambos sistemas constructivos, lo cual permite incrementar en cierta medida la capacidad de acumulación, pero a su vez mantener el retraso térmico para amortiguar los cambios de temperatura exterior. Este tipo de tecnología fue implementada en la construcción de viviendas bioclimáticas en el Municipio de Tapalqué, donde el Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) realizó el proyecto general de los prototipos, el desarrollo tecnológico, el dimensionamiento y las simulaciones. Por otra parte participó el Instituto de la Vivienda de Buenos Aires, el INTI y la Municipalidad de Tapalqué (Discoli, Viegas & San Juan, 2011).

Los muros utilizados en dicha obra tienen una medida de 1,2 m de ancho por 2,4 m de alto, y fueron ejecutados en piezas premoldeadas de hormigón con vainas de agua en su interior, y fue patentada como “Muro climatizador Acumulador de Calor Mixto con vainas líquidas estancas” (IMPI 20110100010, oficina de patentes de CONICET). El sistema se puede observar en la Figura 2.13:

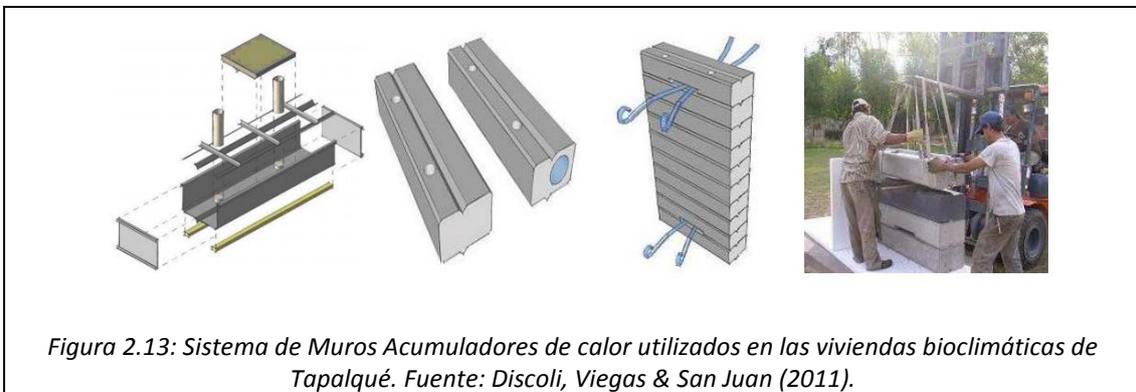


Figura 2.13: Sistema de Muros Acumuladores de calor utilizados en las viviendas bioclimáticas de Tapalqué. Fuente: Discoli, Viegas & San Juan (2011).

La Tabla 2.3 muestra algunos valores de eficiencia y aportes de calor para dicho muro y para un muro de hormigón, que fueron ensayados y medidos en boxes de prueba. En ambos casos el retardo en la entrega de energía fue de aproximadamente 4 horas. Se puede analizar que ambos muros recibieron una radiación solar de $16,5 \text{ MJ/m}^2$, el MAC de agua + hormigón fue capaz de cargar $6,68 \text{ MJ/m}^2$ ($\eta=40\%$), mientras que el muro de hormigón pudo cargar $5,54 \text{ MJ/m}^2$ ($\eta=33\%$). Vale decir que la energía que aportaron al ambiente ronda entre el 30% y el 40% de la energía solar recibida durante el día.

Tipo acumulación	Masa (Kg/m^2)	Calor Específico ($\text{kJ/}^\circ\text{C m}^2$)	Carga Diaria ($\text{kJ/}^\circ\text{C m}^2$)	ΔT promedio diario de la masa ($^\circ\text{C}$)	Carga diaria total (kJ/m^2)		Rendimiento global (η)
Agua + Hormigón	80,4	4,18	336,01	5,4	1.802,3	6.681,6	0,40
Hormigón	739,8	0,92	680,34	7,2	4.879,3		
Hormigón	916,7	0,92	842,97	6,6	5.547,1	5.547,1	0,33

Tabla 2.3: Comportamiento de dos Muros Acumuladores de Calor para un día con Heliofanía mayor al 70%, medidos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Fuente: Discoli, San Juan & Viegas (2012)

Los valores obtenidos en los trabajos del IIPAC son concordantes por ejemplo con los resultados que se muestran en la Tabla 2.4 consultada en Yañez (1982) donde se muestran rendimientos mensuales de un muro Trombe en España y otro en Francia.

Mes	Marmaris (España)	CNRS (Odeillo, Francia)
Junio	14,90%	16,00%
Julio	16,16%	18,90%
Agosto	22,24%	26,25%
Septiembre	31,08%	27,80%
Octubre	33,85%	34,22%
Noviembre	34,65%	34,22%
Diciembre	36,65%	35,37%
Enero	37,38%	36,71%
Febrero	27,42%	34,37%
Marzo	23,86%	29,30%
Abril	21,96%	22,90%
Mayo	17,27%	22,90%

Tabla 2.4: Rendimientos de dos muros MAC. Fuente: Yañez (1982).

Por último, si aplicamos el método de Fabris & Yarke, podremos estimar la Fracción Solar Anual para los mismos ejemplos utilizados en la estimación de la Fracción Solar Anual por medio de Ganancia Directa:

	Casa Cajón	Bloque Bajo	Edificio Placa	Dúplex
Sup. Habitable (m ²)	52,6	60	64,2	67
Volumen Habitable (m ³)	141,5	172,9	174,6	180
CNPC (W/°C)	523,55	501,41	366,66	432
Ap (m ²)	20	20	20	20
CCC	26,1775	25,0705	18,333	21,6
FSA	MAB3-0,4	MAB3-0,4	MAB3-0,5	MAB3-0,5
	MTA-0,3	MTA-0,3	MTA-0,4	MTA-0,3

Tabla 2.5: Fracciones solares anuales por MAC obtenidas para las distintas tipologías.

En caso de aplicar a los ejemplos propuestos, un muro acumulador de agua de 20 m² al norte, sería posible cubrir el 40% de la demanda energética para calefacción para las tipologías de la casa cajón y el departamento en bloque bajo. Mientras que se podría cubrir el 50% de la demanda para el departamento en edificio en placa y del dúplex. Las condiciones constructivas del muro deben responder a lo siguiente:

MAB3: Muro de agua de 22,9 cm de espesor con un vidrio, terminación normal con aislación nocturna.

Si se construyera un muro de obra pesada sería posible cubrir una FSA del 40% para el departamento del edificio en placa, y un 30% para el resto de los casos, las características constructivas responden a los siguientes criterios:

MTA2: Trombe con cámara ventilada de 23 cm de espesor con doble vidrio, terminación normal sin aislación nocturna.

III.- INVERNADEROS

Otra forma de capturar calor es mediante la utilización de invernaderos, donde la radiación solar es absorbida en un ambiente anexo en la cara norte del edificio y luego dicha energía es entregada al local a climatizar de manera selectiva o directamente por medio del retraso térmico del muro que los divide.

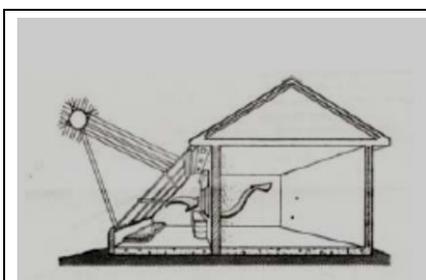


Figura 2.14: Esquema de Invernaderos.
Fuente: San Juan coord. (2013)

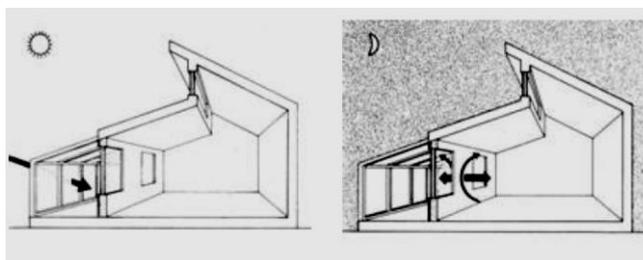


Figura 2.15: Comportamiento de Invernaderos para el día y la noche. Fuente: San Juan coord. (2013)

El espacio adosado consiste en un recinto acristalado cerrado. Dependiendo del clima y del uso a que se le destine, puede haber un muro de separación con la parte habitada del edificio construido de obra pesada o con muros de agua, o puede haber algún otro tipo de almacenamiento. Las formas geométricas que pueden adoptar estos espacios son muy variadas, lo que en ciertos casos permite integrarse de manera natural al edificio.



Figura 2.16: Vista exterior de un invernadero.
Fuente: Solar Components (2015)



Figura 2.17: Vista interior de un invernadero.
Fuente: Solar Components (2015)

Aplicando el modelo de CCC de Fabris & Yarke con las tipologías utilizadas anteriormente podremos obtener algunos valores indicativos de aportes energéticos:

	Casa Cajón	Bloque Bajo	Edificio Placa	Dúplex Estatal
Sup. Habitable (m ²)	52,6	60	64,2	67
Volumen Habitable (m ³)	141,5	172,9	174,6	180
kp (W/m ² °C)	3,4	2,79	2,4	2,3
G (W/m ³ °C)	3,7	2,9	2,1	2,4
CNPC (W/°C)	523,55	501,41	366,66	432
Ap (m ²)	18	18	18	18
CCC	29,08	27,85	20,37	24
FSA	ESB1-0,3	ESB1-0,3	ESC1-0,4	ESC1-0,3

Tabla 2.6: Fracciones solares anuales por Invernaderos obtenidas para las distintas tipologías.

Como resultado podemos afirmar que si se incorpora un invernadero con un frente de 18 m², la casa cajón y el departamento del bloque bajo cubrirán su demanda anual en un 30% con un sistema de las siguientes características:

ESB1: Espacios solares, con doble vidrio, adosado, inclinado 90/30°, contacto con la vivienda en muros de mampostería, con muros extremos opacos, sin aislación nocturna.

Por su parte el departamento del edificio en placa cubrirá el 40% de su demanda y el dúplex un 30% con el siguiente sistema:

ESC1: Espacios solares, con doble vidrio, semi encerrado, inclinado 90°, en contacto con la vivienda en muros de mampostería, sin aislación nocturna.

2.2.2.- VENTILACIÓN NATURAL

La ventilación natural de los edificios se realiza mediante dos mecanismos básicos, por un lado, los que se deben a la diferencia de temperatura entre el aire exterior e interior y, por otro, por la presión o depresión ejercida por el viento sobre el edificio. Un edificio ventilado cuenta con la ventaja de renovar el aire viciado, aumentar la velocidad interna del aire lo cual mejora el grado de bienestar térmico durante el verano, refrigera el interior durante las noches de verano cuando las temperaturas exteriores son más frías que las del interior y, finalmente elimina condensaciones. Interesa en este caso la ventilación selectiva en verano que se realiza de manera nocturna por medio de la apertura de ventanas y puertas con el fin de atemperar el interior de las viviendas.

La cantidad de calor intercambiado Q en Kcal/h mediante ventilación se puede calcular con la siguiente expresión (Yañez, 1982):

$$Q = 0,3 * V * (T_{int} - T_{ext})$$

0.3 es la capacidad térmica del aire Kcal/m³°C.

V es la renovación del aire en una hora en m³.

T_{int} es la temperatura interior.

T_{ext} es la temperatura exterior.

Para poder conocer la renovación del aire horaria, es posible aplicar la expresión que se observa a continuación planteada por Olgyay y además está disponible una planilla de cálculo elaborada por la Freixanet (2004) que adopta dicha expresión:

$$V = r + V_{ext} * A * \text{sen}\theta$$

V es la tasa de ventilación en m³/seg.

r es la relación entre la abertura de salida y entrada: $r = 0,6 * fr$ (fr sale de tabla: Para dos ventanas iguales 1 a 1 $fr=1$, para una relación 4 a 1 $fr= 1.37$ y para una relación 1 a 4 $fr= 0,34$).

V_{ext} es la velocidad del viento exterior.

A es el área de la abertura de entrada.

$\text{sen}\theta$ es el seno del ángulo que forma la dirección del viento y el plano de la abertura.

A modo de ejemplo, se calculó el intercambio de calor para una noche promedio de verano. Para ello se consideró una habitación de 3,6 m x 3,6 m con ventilación cruzada, la cual consta de dos ventanas de 1,5 m x 1 m corredizas, lo que permite una apertura de 0,75 m² de entrada y por ejemplo 0,375 m² la de salida ($f_r=0,63$). La velocidad media del viento para enero es de 11 Km/h y se toma una inclinación de la dirección del viento respecto del plano de la ventana de 45°. La temperatura mínima media es de 16,7°C (Fabris & Yarke, 1985) y se propone alcanzar una temperatura interior de confort de 24°C.

En primer lugar se calcula la renovación de aire:

$$V = r + V_{ext} * A * \text{sen}\theta$$

$$V = (0,6 * 0,63) * 3,05 \text{ m/s} * 0,75 \text{ m}^2 * 0,70$$

$$V = 0,60 \text{ m}^3/\text{s} = 2.160 \text{ m}^3/\text{h}$$

Luego se calcula el intercambio de calor:

$$Q = 0,3 * V * (T_{int} - T_{ext})$$

$$Q = 0,3 \text{ kcal/m}^3\text{C} * 2.160 \text{ m}^3 * (24\text{C} - 16,7\text{C})$$

$$Q = 4.730 \text{ kcal}$$

En conclusión, en una hora de renovación de aire bajo las condiciones planteadas, la ventilación cruzada facilita una remoción de calor equivalente a 4.730 kcal, es decir 5,5 kWh. Vale decir que se ahorraría la utilización de un equipo de aire acondicionado de 2,5 kW, siempre y cuando la temperatura exterior conserve una diferencia de aproximadamente 7°C, solamente con la apertura de los vanos.

2.3.-SISTEMAS ACTIVOS

Se denominan sistemas activos a aquellos que incorporan elementos adicionales a la arquitectura o edificio. En contraposición a los sistemas pasivos que utilizan la propia física de los materiales, los sistemas activos incorporan elementos de captación, conducción, y acumulación de algún fluido, los cuales pueden requerir de bombas o forzadores, y algún sistema de control. Se ha considerado analizar en el presente trabajo a los siguientes sistemas activos: sistemas de 2.3.1.- *Energía solar térmica* y 2.3.2.- *Energía solar fotovoltaica (FV) conectada a la red de distribución*.

2.3.1.- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Los equipos que comprenden la energía solar térmica pueden ser los colectores por agua con cubierta, sin cubierta (comúnmente utilizados para calefacción de piletas) y colectores solares por aire. Por su parte también existen los concentradores solares pero que tienen mayor dificultad para integrarse al sector residencial debido a su forma parabólica y a las temperaturas de trabajo que puede alcanzar, que en general son superiores a los 100°C.

Los equipos de mayor utilización a nivel mundial son los comúnmente denominados calefones solares. Los mismos son capaces de entregar buena parte de la energía necesaria para los usos de agua caliente sanitaria del sector residencial. En general es necesario combinar esta tecnología con sistemas de calentamiento tradicionales que consuman gas o electricidad, para lograr alcanzar la temperatura del agua necesaria en días de poca insolación. En algunos modelos-los tanques de acumulación incorporan resistencias eléctricas que realizan los aportes energéticos faltantes.

A nivel mundial, al año 2014, se estimaba que estaban instalados unos 406 GW_t de colectores solares térmicos, lo que equivale a unos 575 millones de m² de equipos, este valor incluye tecnologías por agua (con vidrio y sin vidrio) y por aire. Sin embargo, mayormente los equipos instalados responden a colectores por agua con vidrio, cuya adición para 2013 fue del orden de los 55 GW_t (cerca de 78 millones de m²) y desde el año 2000 hasta 2013 la tasa de crecimiento anual fue del 15%. La mayor capacidad instalada se encuentra en China (70%); luego 9 países totalizan el 18%: EEUU (4,5%), Alemania (3,3%), Turquía (2,9 %), Brasil (1,8%), Australia (1,5%), India (1,2%), Austria (1%), Grecia y Japón (0,8% cada uno); y el resto del mundo suma el 12% restante. Los 406 GW_t instalados, se estima que suministraron aproximadamente 341 TWh

(1.228 PJ) el equivalente a 31,5 millones de dam^3 de gas natural. El país con mayor incidencia por persona de este tipo de tecnologías es Chipre con $0,423 \text{ kW}_t/\text{persona}$ ($0,6 \text{ m}^2/\text{persona}$), donde se estima que más del 92% de las viviendas cuenta con estos equipos y más del 52% de los hoteles poseen calefacción por agua solar (REN 21, 2014).

I.- COLECTORES SOLARES DE AGUA SANITARIA

Anteriormente se han expuesto algunos valores sobre instalaciones realizadas en diversos países lo cual orienta hacia qué valores podríamos apuntar en Argentina. La Figura 2.18 muestra la amplia difusión en China por ejemplo.



Figura 2.18: Instalaciones de colectores solares por agua en China. Fuente: www.amordadsolar.com

Resta conocer qué porcentaje de la demanda de gas cubrirían estos equipos en nuestra región, por lo tanto utilizaremos lo expuesto en Lanson, Righini, Benítez, Bezzo, Filloy, Roldán, Unger, Ianelli & Gil (2013). El trabajo enuncia que como media diaria en la región centro y norte de Argentina se recibe una radiación de $4,5 \text{ kWh}/\text{m}^2$, por ende un panel solar de $3,5 \text{ m}^2$ orientado correctamente es capaz de recibir $15,7 \text{ kWh}$ en un día. De esta radiación, los equipos son capaces de absorber aproximadamente un 70% de la misma (11 kWh). La energía aprovechada equivale a un ahorro del orden de 1 m^3 de gas diario que representa un 65% del total del gas necesario para agua caliente sanitaria ($1,5 \text{ m}^3/\text{día}$). Para lograr cubrir la demanda es posible aumentar la superficie de captación o utilizar sistemas híbridos (solar-gas, solar-eléctrico). Finalmente el trabajo brinda una tabla que contiene los posibles aportes para distintas regiones del país, donde se concluye que para la región Centro con 4 m^2 de colector se logran 5.840 kWh anuales,

que equivalen a 540 m³ de gas al año (1,5 m³/gas al día) suficientes para abastecer una vivienda de agua caliente sanitaria.

El precio de estos equipos varía fuertemente dependiendo del país y de la tecnología, según lo que indica REN21 (2015) el precio por kW_t va desde 147-634 usd/kW en China, mientras que en países OECD los equipos van desde 1.100-2.140 usd/kW, siendo la instalación típica para una vivienda de 2,1 a 4,2kW_t (entre 3 y 6 m²). En Argentina podemos encontrar precios de aproximadamente 220-280 usd/m² sin incluir instalación (Hissuma, 2015), lo cual resulta en una instalación de 4 m² en usd 1.000, más la colocación, que la podemos estimar en usd 100, lo que resulta en usd 1.100. Y para tener un orden de magnitud, un equipo en China de 4 m² instalado cuesta usd 750, en Australia para 3,5 m² cuesta usd 2.750, en India para 4 m² usd 520, en Sudáfrica para 4 m² usd 1.860 (Ren21, 2015). Entonces podemos observar que los valores están en concordancia a los precios internacionales, y se sitúan por ejemplo entre los costos chinos y sudafricanos.



Figura 2.19: Localidad de La Calera, donde el gobierno de la Provincia de San Luis abasteció de calefones solares a todas las viviendas. Fuente: Dr. Carlos Discoli

En cuanto a incentivos para estas tecnologías, en Argentina se cuenta por ejemplo con el programa “Un sol para tu techo” en la provincia de Santa Fe que apunta a facilitar la adquisición de equipos a través de una línea preferencial de crédito ofrecida por el Nuevo Banco de Santa Fe. Se trata de créditos personales a tasas bajas hasta en 60 cuotas mensuales o pagos con tarjeta de crédito hasta en 18 cuotas sin interés para la compra de equipos solares de agua de origen nacional. La línea de crédito se encuentra abierta a julio de 2015⁴⁶ pero no ha tenido repercusión masiva por la falta de difusión y por el costo de los equipos nacionales.⁴⁷

⁴⁶ Contacto vía e-mail con la Banca de Consumo del Banco de Santa Fe (contactobc@bancobsf.com.ar).

⁴⁷ Entrevista de la Dra. Graciela Viegas con miembros del Gobierno de Santa Fe en julio de 2015.

Asimismo, San Luis está impulsando el “Plan Provincial Termosolar” y, bajo este marco, entregó paneles para agua caliente a 120 viviendas de la localidad de La Calera, dicho valor corresponde al 100% de los habitantes. Posteriormente se planea replicar la experiencia en diferentes localidades (Ministerio de Medio Ambiente, 2015). También instaló estos equipos en un barrio bioclimático de 33 viviendas en la ciudad de San Luis denominado “ex Scac” que a su vez cuenta con paneles fotovoltaicos.⁴⁸

Los mecanismos de implementación de estos equipos son diversos, pero, en cualquier caso, dados los volúmenes importados de gas natural y GNL resulta conveniente la utilización de este equipamiento ya que en caso de promover una industria nacional, se evitaría una gran cantidad de dólares que actualmente se fugan. En 2013 se debieron importar 3.590 millones de dólares de Gas Natural Licuado, 3.978 millones de dólares en gas oil, 1.432 millones de dólares en gas natural por gasoductos y 410 millones de dólares de fuel oil (INDEC, 2014b). El total alcanza los 9.449 millones de dólares, y si consideramos el costo de instalación a 1.100 dólares, se podrían realizar alrededor de 8.590.000 instalaciones que el primer año sustituirían (4.638.600 dam³ de gas) aproximadamente el 90% del gas natural por gasoducto que se importa. Es decir que en pocos años la inversión se repagaría y se dejarían de perder una significativa cantidad de dólares por compras al exterior.

II.- CALEFACCIÓN SOLAR POR AGUA

Los sistemas de calefacción por agua utilizan cualquiera de los colectores solares disponibles para calentar dicho fluido (en general se trata de agua mezclada con anticongelantes), que luego transfiere su calor mediante intercambiadores al agua presente en un circuito convencional de calefacción como puede ser una caldera con un piso radiante, un sistema de radiadores o fan coils. En ciertos momentos del año, puede ser suficiente el aporte solar, siendo innecesario el ingreso de la caldera, pero en otros casos puede requerirse del encendido de la caldera, que de todas maneras recibe el agua precalentada, lo cual reduce la los tiempos de accionamiento. La Figura 2.20 muestra colectores solares del tipo de tubos evacuados que pueden ser utilizados en este tipo de instalaciones.

⁴⁸ Poggi: “Transformamos un predio abandonado en el primer barrio bioclimático del país”. (26 de agosto de 2015). *Agencia de Noticias de San Luis*.



Figura 2.20: Instalaciones de colectores solares para calefacción por agua. Fuente: www.solarcel.mx

Para calefaccionar una vivienda con equipos solares, se requieren grandes superficies de colección para alcanzar el confort interior. Considerando las viviendas utilizadas como ejemplo en la sección previa, es posible estimar un dimensionado rápido de este tipo de sistemas. Se adopta una temperatura interior de 22°C y se utiliza como temperatura exterior a la media de invierno para la ciudad de La Plata, que es de 9,7°C. A partir de ello podemos estimar la demanda de calefacción media para un día de invierno mediante la siguiente expresión:

$$Q_{d\grave{a}inv} = CNPC(W/^{\circ}C) * (T_i - T_e) * 24hs$$

Se considera que 1 m² de colector puede aportar 3,3 kWh/m² día (4,5 kWh afectado por un rendimiento de equipos del 70%) por lo expresado en Lanson et al. (2013). Se calculó la cantidad de equipos necesaria para cubrir un 65% de la demanda por considerar que los aportes por GAD y equipos auxiliares convencionales cubren el 35% restante. Realizando los cálculos con las tipologías utilizadas anteriormente se obtiene que para calefaccionar con equipos solares se necesiten inversiones del orden de los 14.800 dólares a los 20.400 dólares con superficies de entre 21 y 30 m². El precio por m² se adoptó de IRENA (2015):

	Casa Cajón	Bloque Bajo	Edificio Placa	Dúplex Estatal
Sup. Habitable (m ²)	52,6	60	64,2	67
Volumen Habitable (m ³)	141,5	172,9	174,6	180
CNPC (W/°C)	523,55	501,41	366,66	432
CNPC*ΔT	155 kWh	148 kWh	108 kWh	127 kWh
m ² de paneles (3,3 kWh/día*m ² cubriendo un 65% de la demanda)	30	29	21	25
Precio (680 usd/m ²)	20.400 usd	19.720 usd	14.280 usd	17.000 usd

Tabla 2.7: Dimensionamiento y costos de calefacción solar por agua.

III.- CALEFACCIÓN SOLAR POR AIRE

Los colectores solares planos por aire pueden ser utilizados para calefaccionar parcialmente edificios. Se trata de una superficie absorbadora cubierta por un elemento traslúcido que facilita el efecto invernadero en su interior y cuenta con aislación térmica en la parte posterior. La Figura 2.21 muestra un equipo de dichas características instalado en una vivienda. Su funcionamiento es directo ya que toma aire del exterior el cual ingresa en el colector mediante un forzador eléctrico, allí se calienta al entrar en contacto con la superficie absorbadora que en general es una chapa negra, para luego ingresar al recinto.

Presentan la ventaja, respecto de los colectores de agua, que el fluido no se congela, no hay corrosión ni incrustaciones, o posibles humedades o goteras. Sin embargo, presentan la dificultad de que al utilizar aire como fluido su calor específico es bajo, como así también su conductividad térmica, ambas cuestiones hacen que la transferencia de calor de la placa absorbente sea inferior respecto de los equipos de agua. Entonces para igual cantidad de calorías captadas, se necesita mayor caudal de aire y por ende se precisa el uso de forzadores de aire de poca potencia, además de necesitarse conductos de distribución que, en general, su medida mínima es de un diámetro de 15 a 20 cm.



Figura 2.21: Instalación de equipos de calefacción solar por aire. Fuente: SunMate Solar Panels (2015)

A modo de ejemplo, se tomaron folletos técnicos de dos colectores de origen canadiense:

(i) Un equipo de 2,4 m² marca Solar Heat modelo 1500 GS (Solar Heat, 2015a) que según información del proveedor puede brindar 7 kWh en un día soleado (no se especifica bajo qué radiación), si consideramos una radiación sobre un plano inclinado a 90° de 11,3 kWh la eficiencia rondaría en el 60%. El costo de este equipo es de aproximadamente 1.300 dólares.

(ii) Un equipo de 1,5 m² Solar Heat 1000G puede generar 2,9 kWh/día (Solar Heat, 2015b) y el costo del equipo ronda los 1.000 dólares.

No se han encontrado equipos de estas características a la venta en Argentina, únicamente se pueden detectar trabajos académicos donde se ensayan estos equipos y aplicaciones específicas en edificios puntuales como el hospital de Susques en Jujuy, una vivienda en Salta que integra el colector a la cubierta, entre otros casos. Haciendo una revisión de trabajos nacionales, es posible concluir que los rendimientos encontrados para este tipo de equipamiento, ya sean teóricos o empíricos rondan entre el 40% y el 57%. Del estudio de Quiñonez & Hernández (2014) se obtuvo un rendimiento máximo del 57%, pudiendo aprovechar aproximadamente 15,5 MJ (4,3 kWh) en un colector de 2 m² inclinado 24° en la ciudad de Salta. En González, Hernández & Quiñonez (2014) se midió el rendimiento de un colector solar de aire de doble paso con placa absorbadora de chapa acanalada, el cual resultó como máximo del 43,6%. Por otra parte, en el trabajo de Lema, Pontin, Morsetto & Ruetsch (2011) desarrollado en la ciudad de Río Cuarto, se diseñó y midió un equipo para secado solar en el cual se alcanzó un rendimiento del 40%. Finalmente en el trabajo de Almirón, Messi & Lara (2012) se ensayó un colector solar de aire del tipo elíptico, y se obtuvo un rendimiento superior al 50%.

Finalmente se analizó el costo de climatizar algunos ejemplos de tipologías representativas de la ciudad de La Plata. Para ello se calculó la radiación incidente para la ciudad de La Plata para el 21 de julio sobre un plano orientado al Norte perpendicular al suelo, y se obtuvo una radiación de 17,08 MJ/m² durante todo el día (4,75 kWh/m²). Utilizando la información de un proveedor español consideramos un equipo con una eficiencia del 65% (Solar Venti, 2015). Por ende sabemos que captura 3,1 kWh/m² diarios y si se quisiera cubrir el 65% de la demanda por considerar que el resto lo cubre la GAD, entonces necesitaremos la siguiente cantidad de m² con sus respectivos costos (a un precio de 1.100 usd/m²):

	Casa Cajón	Bloque Bajo	Edificio Placa	Dúplex Estatal
Sup. Habitable (m ²)	52,6	60	64,2	67
Volumen Habitable (m ³)	141,5	172,9	174,6	180
CNPC (W/°C)	523,55	501,41	366,66	432
CNPC*ΔT	155 kWh	148 kWh	108 kWh	127 kWh
Cantidad m ² (3.1 kWh/día)	32	31	22	26
Precio (1.100 usd/m ²)	35.200 usd	34.100 usd	24.200 usd	28.600 usd

Tabla 2.8: Dimensionamiento y costos de calefacción solar por aire.

Es notorio que estos equipos aún presentan costos elevados y, por los valores obtenidos, se tornan prácticamente imposibles de instalar. Por lo expuesto en la Tabla 2.8 para una vivienda de 60 m² se necesita una inversión de 34.100 usd, lo que significa un costo muy elevado. Si bien el costo unitario adoptado es alto (1.100 usd/m²), es el valor que se puede encontrar para equipos de fabricación industrial en otros países dado que en Argentina no hay oferta, a pesar de tratarse de tecnologías sencillas. Quizás si se lograra una industria nacional que sea capaz de fabricarlos a un bajo costo, los mismos se tornen más viables, de otra manera se podría pensar en cubrir un porcentaje menor de la demanda de calefacción.

2.3.2.- ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV) CONECTADA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN

A nivel mundial, en 2014 se estimaba una capacidad instalada en FV de 177 GW que es equivalente a aproximadamente 1.500 millones de m² (REN21, 2015), siendo Alemania el país con mayor capacidad instalada (38,2 GW), seguido de China (28 GW), Japón (23,3 GW), Italia (18,5 GW) y Estados Unidos (18,3 GW). Esto significa que Alemania en 2014 tenía instalada una potencia 38.200 MW solamente de paneles fotovoltaicos y para brindar una noción de lo que ese valor representa podemos mencionar que Argentina el día 20/01/2011 a las 15:05 alcanzó el máximo histórico de potencia demandada que ascendió a 24.034 MW (CMMESA web, 2015), lo cual significa que toda la demanda de Argentina en ese instante podría haber sido cubierta por las plantas FV que tiene instaladas Alemania. Por otro lado, esos 38.200 MW de FV superan a toda la potencia instalada en nuestro país que es de aproximadamente 32.000 MW constituida por hidráulicas, térmicas, nucleares y renovables.

En términos de generación eléctrica, los 38,2 GW fotovoltaicos instalados en Alemania generaron 33 TWh, que totalizaron un 7% de su demanda anual. Esto denota un factor de capacidad bajo que es consecuente con la condición de radiación y clima de ese país, sin embargo se observa que igualmente la instalación de esta tecnología es necesaria por la escasez

de los energéticos tradicionales como petróleo y gas.⁴⁹ La incorporación de potencia de esta tecnología a nivel mundial en el intervalo 2013-2014 fue de 40 GW (un crecimiento del 28%) y en promedio desde 1995 hasta 2014 anualmente se adiciona un 35% de la capacidad instalada (REN 21, 2015)

En general, la incorporación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución es rentable en países donde la generación eléctrica es cara debido al fuerte componente que tienen los combustibles importados. En Argentina contamos con producción petrolera y gasífera local que sirve a las grandes centrales eléctricas, sin embargo las reservas y la producción de hidrocarburos se encuentra declinando en los últimos años, lo cual provoca la necesidad de importar los faltantes en momentos de demanda máxima. Sería factible incorporar generación fotovoltaica en una proporción justa para lograr reducir este componente importado y lograr autoabastecimiento energético. Para analizar esto es posible calcular el costo de generación de (i) una Turbina de Gas (TG) funcionando a gas oil, según la remuneración pautada en la Resolución 529/2014 de Secretaría de Energía y sumando el combustible y de (ii) una instalación fotovoltaica considerando los costos de construcción, más operación y mantenimiento.

(i) Se considera una TG de 60 MW con un funcionamiento previsto de 200 hs/año y una disponibilidad del 80%. Esto genera la siguiente estructura de remuneración al generador:

Costos fijos: 2,92 \$/MWh; Costo variable (sin combustible): 46,9 \$/MWh; Remuneración adicional 15,6 \$/MWh; Remuneración por mantenimientos 24 \$/MWh; Costo del combustible (gas oil nacional a 732 usd/ton) 2.118 \$/MWh: Total= 2.207 \$/MWh.

(ii) Se considera una planta FV de 30 MW con un Factor de Capacidad del 15%, tomando un costo de instalación de 2.100 usd/kW⁵⁰ y costos fijos de O&M 27,75 usd/kW anuales (EIA, 2013), considerando un período de amortización de quince años a una tasa de interés del 10%⁵¹ resulta en los siguientes costos:

⁴⁹ La matriz de generación eléctrica de Alemania se compone de la siguiente manera: Carbón 43,2%; Renovables 26,2%; Nuclear 15,8%; Gas Natural 9,5% y Otros 5,3% (Destatis, 2015)

⁵⁰ Según el trabajo de la IRENA (2015) el costo de una planta fotovoltaica de hasta 250 MW oscila entre 1.200 usd/kW y 3.000 usd/kW. Por ende se consideró el promedio que resulta en 2.100 usd/kW.

⁵¹ El préstamo otorgado por China para la construcción de las represas "Cepernic" y "Kirchner" fue por un monto de usd 4.700 millones, con cinco años de gracia, quince años de plazo y una tasa de interés de LIBOR más 3,8%, que hacia febrero de 2015 rondaba el 4,8% (Télam, 2015). Es decir que el interés rondaría el 9%, con lo cual adoptamos un 10% a los fines de simplificar los cálculos.

Costos de amortización: 156 usd/MWh; Costos Fijos de O&M: 17,6 \$/MWh: Total= 174,2 usd/MWh. Lo que al cambio del día resulta en 1.602 \$/MWh.

Es posible observar que el costo de generar energía eléctrica con una TG a gas oil actualmente es de 2.207 AR\$/MWh mientras que una instalación FV el costo es de 1.602 AR\$/MWh, aproximadamente un 30% menor. Si bien son tecnologías que brindan prestaciones diferentes, dado que un TG puede entregar potencia firme cuando ésta es necesaria, es posible ver que el sistema fotovoltaico puede presentar costos menores, no requiere de importación de gas oil y no genera emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

En cuanto a la instalación de estos equipos en sectores urbanos, los dos modelos utilizados en el mundo para interconectarse y facturar el intercambio de energía entre el usuario y la red son: el Net Metering (medición neta) y el Feed in tariff (tarifa diferencial):

En el caso de Net Metering: la energía generada es entregada a las cargas de la vivienda y solo el excedente de energía es inyectado a la red eléctrica. Este tipo de conexión requiere la utilización de un solo medidor de energía bidireccional, donde la energía puede fluir a través del medidor en cualquier dirección. Cuando el sistema generador está produciendo más energía de la que el usuario necesita para el consumo de su vivienda, se vierte el excedente de energía a la red eléctrica, girando el medidor de energía en sentido saliente de la vivienda. En otras ocasiones, es posible que el usuario necesite obtener energía adicional de la red de suministro eléctrico, haciendo que el giro del medidor de energía sea entrante a la vivienda. La medición neta registra la diferencia entre la energía consumida por el usuario y la generada por el sistema. En caso de que la generación supere el consumo del usuario es posible realizar compensaciones para meses próximos en los cuales la situación es inversa.

El sistema Feed in Tariff (FIT) funciona de la siguiente manera: el usuario vierte directamente toda la energía generada a la red eléctrica, teniendo como característica que el propietario del sistema sigue abasteciendo su consumo de energía comprándosela en su totalidad a la empresa distribuidora al precio que se rige por la tarifa convencional. De esta manera, la totalidad de la energía generada por el sistema FV es vendida a la empresa distribuidora a una tarifa preferencial establecida para el pago de la generación, que en general goza de contratos de largo plazo. Para esta configuración del generador se requiere de dos medidores unidireccionales de energía, uno para el registro de la energía consumida por el usuario y otro para la energía generada por el sistema FV e ingresada a la red. En estos casos en

general se emplearía el método de facturación neta, es decir que se facturan por separado la venta y la compra de energía por parte del usuario.

En países como Estados Unidos, Alemania, Holanda, entre otros tantos, la generación distribuida por medio de fuentes de energías renovables tienen un mercado ya consolidado desde hace algunos años, en general desde fines de la década de los noventa. Por medio de incentivos federales o estatales, instalaciones piloto, programas de instalaciones masivos, exenciones, subsidios a la compra de equipos, tarifas preferenciales y otros mecanismos se ha logrado desarrollar un mercado consolidado para la venta de energía por parte de los usuarios y en ciertos casos promovió una industria local para la fabricación de los componentes necesarios, generando beneficios económicos.

En América Latina podemos destacar que Brasil, México, Uruguay, Chile y Ecuador, entre otros, ya tienen definida la política de generación distribuida. Esto significa que está legislado el proceso por el cual un usuario pueda realizar la conexión a la red a partir de sus equipos de generación y obtenga una retribución por la energía. A continuación se observa el estado en algunos países latinoamericanos tal como lo informa IRESUD:⁵²

Brasil: La Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), mediante la Res. Norm. 482/2012: Establece las condiciones para el acceso de micro (< 100 kW) y mini (< 1 MW) de generadores distribuidos a los sistemas de distribución de energía eléctrica. A su vez está normado el proceso para conexión a la red por medio de energías renovables mediante la Resolución Normativa 482/2012⁵³ da ANEEL, que establece el modelo Net Metering para compensar la generación.

Chile: Mediante la Ley 20571/2012 se regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. Las inyecciones de energía son descontadas de la facturación correspondiente al mes en el cual se realizaron dichas inyecciones. De existir un remanente a favor del cliente, el mismo se imputa y descuenta en la o las facturas subsiguientes.

Uruguay: Mediante el decreto 173/2010 se autoriza a los usuarios de la red de energía eléctrica de baja tensión a instalar generadores de origen renovable. Equipara la tarifa de venta de energía a la red a la tarifa residencial de la franja de consumo 101-600 kWh/mes (0,22 usd/kWh).

⁵² Proyecto IRESUD: Sitio web: www.iresud.com.ar

⁵³ Agência Nacional de Energia Elétrica. Sitio Web: www.aneel.gov.br

Ecuador: La Regulación CONELEC 004/11 establece los requisitos, precios, período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan energías renovables.

En el caso de Argentina, la normativa para que un usuario inyecte energía a la red de distribución se está comenzando a implementar lentamente y a la fecha las provincias que cuentan con legislación son Santa Fe, Salta y Mendoza. El proyecto IRESUD dio un fuerte impulso y lo sigue haciendo para lograr establecer las bases normativas, económicas, comerciales y permitir elaborar el modelo de comercialización de energía solar FV (IRESUD, 2014). Otros proyectos relacionados son en primer lugar el de la ciudad de Armstrong en la Provincia de Santa Fe que incluirá generación FV, eólica, mini hidro e incluirá una red inteligente para el manejo de la energía (lectura y facturación)⁵⁴. Por su parte en la localidad de Caucete en la provincia de San Juan se encuentran instalados cuatro sistemas FV a modo de prueba (tres en viviendas y uno en la distribuidora) que inyectan a la red los excedentes de energía que posteriormente son reconocidos en un 50%, y paralelamente se está desarrollando la normativa provincial que permita legislar acerca de este tema.

A modo de cierre es necesario tener en cuenta algunas consideraciones. Se ha realizado una descripción de las posibilidades de incorporación de generación fotovoltaica al ámbito urbano y hemos observado que en Argentina en ciertos horarios y períodos del año es necesario recurrir a generación térmica de muy mala eficiencia que, a su vez, debe utilizar combustibles importados como gas natural, GLP, gas oil y fuel oil que, tal como se observó, el costo asciende por ejemplo a 2207 \$/MWh, un costo superior a una eventual generación fotovoltaica. Si nos basamos en los mercados europeos vemos que para sistemas FV interconectados se abona alrededor de 3 \$/kWh, que no es mucho mayor al valor obtenido para una TG a gas oil, por su parte en Argentina el costo de la electricidad sin subsidio al usuario es de 0,39 \$/kWh. Si se adoptara, por ejemplo, un pago de 3 \$/kWh, que es un valor que funciona a nivel internacional, quizás se activaría este tipo de instalaciones a escala masiva.

Claramente se requiere de algún programa que facilite la instalación de estos sistemas, ya sea mediante financiación u otro mecanismo de incentivo, debido a que la inversión inicial aún resulta onerosa para los usuarios. A modo de aproximación, en 2010 para Estados Unidos se calculaba una inversión de entre 5 y 6 usd/W, y para Europa entre 4 y 5 usd/W para equipos

⁵⁴ INTI. Presentación: Proyecto de Redes Inteligentes con Energías Renovables. Sitio web: https://www.inti.gov.ar/metrologia/jornada_metrologia/pdf/ProyectoRedesInteligentesER_BERTINAT.pdf

residenciales incluyendo paneles e instalaciones adicionales. Sin embargo se estima que el precio continuará cayendo y que para 2020 el costo de instalación se puede reducir a 2,5 usd/W y a 2030 a 1,65 usd/W (IRENA, 2012). Este impulso podría profundizar la incipiente industria de las energías renovables en el país y podría contribuir en la balanza de pagos, ya que cada año se requieren más dólares para pagar el combustible importado.

A nivel global además del incentivo que genera hacia los usuarios el pago de una tarifa diferencial por generar con sistemas FV, también existen mecanismos que facilitan la adquisición de equipos, los cuales pueden ser subsidios parciales, descuentos en impuestos o facilidades de créditos. En este sentido cabe destacar que actualmente, el Banco Ciudad de Buenos Aires tiene una línea de créditos para la compra de generadores eléctricos, dentro de los cuales por supuesto están considerados los fotovoltaicos. El monto máximo para personas físicas es de \$30.000 con domicilio en C.A.B.A. y de hasta \$120.000 para consorcios de propietarios de edificios de C.A.B.A. El préstamo se puede financiar en 48 meses, con 3 meses de gracia y tiene un costo financiero total del 22,48% a tasa fija.⁵⁵ Mientras que un préstamo personal de las mismas características en el mismo banco tiene un CFTNA del 45,55%.⁵⁶

En última instancia es necesario conocer el aporte de energía eléctrica por m² de panel FV que puede brindar en un año y qué porcentaje implica dicha tecnología en el consumo medio de una vivienda en la ciudad de La Plata. Para ello se consideró la información técnica de un fabricante (Solartec S.A.) que indica que, para La Plata, la capacidad de generación promedio anual es de 350 Wh/día*m², con una potencia de 120 W/m². Esto resulta en un valor anual de 128 kWh/año*m² de panel instalado, cuando el consumo medio de una vivienda ronda los 2.667 kWh/año (Secretaría de Energía, 2013). Es decir que instalando en una vivienda 3 m² de panel FV se lograría cubrir un 14% de la demanda eléctrica anual, el costo aproximado de esta instalación es de usd 2.160 (IRENA, 2012). A partir de esto es posible concluir que necesariamente debe haber algún incentivo para el usuario interconectado para poder realizar una inversión inicial de este monto.

⁵⁵ <http://www.bancociudad.com.ar/personas/personales/7651>

⁵⁶ <http://www.bancociudad.com.ar/personas/personales/106>

Capítulo 3.- VIVIENDAS BIOCLIMÁTICAS

Para comprender el término de vivienda bioclimática es posible citar la definición de Izard & Guyot donde conceptualizan al bioclimatismo como: "... la ciencia que tiende a cumplir por medio de la arquitectura la misma función de satisfacción de las exigencias mínimas del ocupante recurriendo preferentemente a la ingeniería climática...". Entonces el objetivo es el de alcanzar en los ambientes interiores de un edificio condiciones de confort higrotérmico o, al menos valores cercanos a los mismos, sin hacer uso de acondicionamiento artificial (Czajkowsky & Gómez, 2001). En líneas generales este tipo de construcciones incluyen la mayoría de los sistemas y medidas enunciados en los capítulos previos, tanto de conservación y uso eficiente de la energía como de inserción de sistemas pasivos y activos.

En este capítulo se analizan las principales iniciativas de la construcción de viviendas bioclimáticas, recorriendo los diferentes proyectos que se han ejecutado o que han quedado trancos hasta llegar a la actualidad donde existen diversas obras en curso y algunas terminadas, que si bien son escasas, sientan precedente hacia el futuro. Esta temática se trata en la sección 3.1.- *Ejemplos*.

Por su parte, en la sección 3.2.- *Potencialidad* se calculan los beneficios que la aplicación masiva de este tipo de iniciativas tendrían a escala nacional, los cuales son significativos.

3.1.- EJEMPLOS

La construcción de viviendas bioclimáticas desde el estado en forma masiva ha sido impulsada en diversos períodos en Argentina, pero nunca ha logrado plasmarse en el objeto construido. Contamos con algunos ejemplos de edificios bioclimáticos ejecutados pero en general responden o a intervenciones aisladas o a prototipos que no lograron la repetición que se había proyectado. En ese sentido hay que destacar la casa Sol 55 en Rosario (1975), la vivienda solar de Abra Pampa (1978-1986), la vivienda solar experimental Enrico Tedeschi (1980), los edificios escolares energéticamente eficientes de Mendoza (década del noventa), los edificios bioclimáticos de la Universidad Nacional de La Pampa, como así también escuelas, auditorios, y residencias de la misma provincia, por su parte se han construido las viviendas rurales en Cushamen, Chubut (2006), una vivienda demostrativa en San Luis (2008), el Hospital de Susques (2008), entre otros ejemplos (Viegas, 2010).

Sin embargo, si hablamos de construcción masiva de viviendas bioclimáticas, no ha habido planes de gran envergadura que hayan logrado prosperar. Es fundamental mencionar que en la década del setenta y ochenta se desarrolló el programa CESAD por parte del Instituto de Energía Solar (conducido por Rosenfeld y Guerrero), donde se estudió el aprovechamiento solar en conjuntos de alta densidad y baja altura. Del estudio surgieron propuestas de distintos conjuntos de viviendas de los cuales en 1983 se logró construir un prototipo experimental que al día de hoy se encuentra desmantelado. Por otra parte, en 1984 en Tunuyán, Mendoza se construyeron dos viviendas bioclimáticas dentro de un conjunto de cien unidades, los cuales fueron solo prototipos.



Figura 3.1: Prototipo Solar de La Plata. Fuente: IIPAC (2009)



Figura 3.2: Prototipo bioclimático en Tunuyán. Fuente: Lesino (2012a)

Entre 1983 y 1985 se construyó en Cachi (Salta) el barrio solar “FONAVI 15 viviendas” que fue el primer conjunto bioclimático construido en Argentina. Su comportamiento fue exitoso, sin embargo, actualmente el mismo se ha ido deteriorando por falta de mantenimiento y seguimiento por parte del Estado.

Por su parte hay que destacar el inicio de la construcción de cuatro prototipos bioclimáticos impulsados por el IIPAC, el Instituto de la Vivienda de la Provincia de Buenos Aires (IVBA), INTI y el Municipio de Tapalqué. Dicho emprendimiento inició el proceso constructivo en 2010, pero a la fecha no ha logrado concretarse y su estado de avance es del 75% aproximadamente en tres viviendas y una está a punto de ser finalizada (Figura 3.4). Debido a cambios de gestión en el Instituto de la Vivienda y en el municipio el proyecto se ha demorado, por momentos se salió de las prioridades de las gestiones y por ende perdió el apoyo económico y por tales motivos su futuro es incierto.



Figura 3.3: Barrio Solar en Chachi. Fuente: Lesino (2012b)



Figura 3.4: Estado de avance de una de las viviendas bioclimáticas de Tapalqué. Fuente: Dr. Carlos Discoli.

Por su parte, es de resaltar el desarrollo de un proyecto GEF (Global Environment Facility) encarado por el Estado Nacional, el cual cuenta con una donación cercana a los 10 millones de dólares por parte del Banco Mundial que se aprobó en 2012 que prevé la construcción de 128 viviendas bioclimáticas en Salta, Tucumán, Formosa, Mendoza, Buenos Aires, Chubut y Tierra del Fuego (Figura 3.5). Para cada provincia se ha elaborado un prototipo que tiene en cuenta las condicionantes climáticas, el cual fue desarrollado por los respectivos Institutos Provinciales de Vivienda.

En tanto, en la provincia de Chubut se están construyendo más de cien viviendas bioclimáticas en las localidades de El Hoyo, Corcovado, 28 de Julio, Río Mayo, El Chalía, El Maitén y Gobernador Costa. Un ejemplo es el de la Figura 3.6 en Champa. Se está desarrollando en el marco del Programa Provincial Hábitat Rural, dependiente del Instituto Provincial de la Vivienda

y Desarrollo Urbano. Las viviendas cuentan con el financiamiento de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación (El Patagónico, 2013).



Figura 3.5: Esquema de localizaciones de prototipos bioclimáticos del proyecto GEF. Fuente: INTI (2013)



Figura 3.6: Vivienda Bioclimática Champa (Chubut). www.noticiasdelacomarca.com.blogspot.com.ar

Finalmente, es de destacar que en la Provincia de San Luis se ha inaugurado en el corriente año un barrio bioclimático de 33 viviendas, denominado “ex Scac” (Figura 3.7). Las viviendas cuentan con doble muro, aislación térmica, paneles fotovoltaicos y térmicos. Dado que la noticia es muy reciente, no abunda información respecto de los mecanismos de asignación de las viviendas, costos y resultados en operación de las mismas, pero se convierten en un caso a seguir en el largo plazo para evaluar su comportamiento.⁵⁷



Figura 3.7: Viviendas bioclimáticas en el barrio “ex Scac”, en la ciudad de San Luis. Fuente: Dr. Carlos Discoli.

⁵⁷ Poggi: “Transformamos un predio abandonado en el primer barrio bioclimático del país”. (26 de agosto de 2015). Agencia de Noticias de San Luis.

3.2.- POTENCIALIDAD

A modo de valorización numérica de este tipo de emprendimientos, en una entrevista con la Arq. Andrea Lanzetti del Instituto de la Vivienda de Buenos Aires (encargada del proyecto de viviendas bioclimáticas en Tapalqué) se le ha consultado por los sobrecostos iniciales de construcción respecto de los sistemas tradicionales, y la respuesta ha sido que el mismo ronda en un 20%, mientras que el ahorro energético que se puede alcanzar supera el 50%, por tal motivo los costos de operación y mantenimiento son más bajos durante toda la vida útil de la vivienda. Tal como se afirma en el trabajo de Discoli, Viegas & San Juan (2011) se estimaba un ahorro del 56% en calefacción para estas viviendas, sin embargo dicho valor no se ha podido contrastar con mediciones.

Según datos de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SSDUV), entre mayo de 2003 y marzo de 2015 sumando todos los planes de vivienda se construyeron en todo el país unas 839.365 unidades, se encuentran en ejecución 256.718 y están por comenzarse unas 40.491 (SSDUV, 2015). Para tener un orden de magnitud de este valor se revisó el crecimiento en la cantidad de viviendas según los censos 2001 y 2010 (REDATAM, 2015a, 2015b), el cual resultó en un aumento de 1.773.895 (un promedio de 197.100 anuales), mientras que las que construyó el Estado nacional fueron en promedio 70.000 anuales. El cálculo indica que por cada 100 viviendas nuevas en nuestro país, 35 son construidas por el Estado nacional. La incidencia es alta y existe un fuerte nicho de ahorro energético mediante la mejora de la calidad de su construcción. A modo de referencia, en la provincia de Buenos Aires en el mismo período se construyeron 143.268 unidades, están en ejecución 49.587 y están por iniciarse unas 9.346.

Los beneficios que se obtendrían a partir de la construcción de viviendas bioclimáticas en forma masiva por parte del Estado, dada la incidencia sobre las nuevas construcciones y la reducción a la mitad del consumo energético para calefacción podrían significar un valor importante en cantidades ahorradas de gas natural, por ejemplo: si la mitad de las viviendas estatales construidas en los últimos doce años (consideramos 420.000) hubieran sido construidas con criterios bioclimáticos, en este momento se estarían ahorrando unos 138 millones de m³ de gas al año. Este volumen de gas representa el consumo anual de 130.000 hogares.

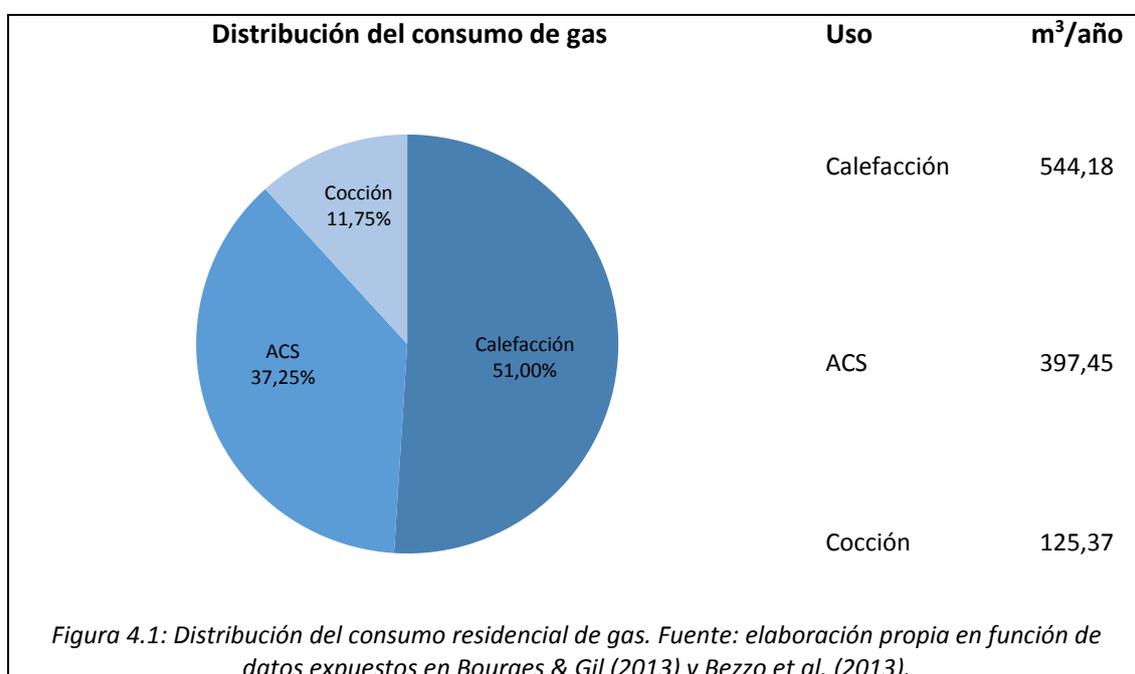
Capítulo 4.- SÍNTESIS DE MEDIDAS

En este capítulo se retoman las medidas planteadas a lo largo de todo el trabajo y se las sintetiza teniendo en cuenta el consumo específico actual sobre las cuales se aplican. Por lo tanto en primer lugar se establece el consumo promedio de gas y de electricidad desagregado por usos en la sección 4.1.- *Consumo Base*, para luego evaluar la incidencia de dichas medidas en la sección 4.2.- *Tabla de síntesis de medidas*, el cual es un cuadro de fácil acceso que permite ubicar las estrategias de eficiencia energética tratadas a lo largo del trabajo, haciendo hincapié en la cuantificación de ahorros de energía y de emisiones de CO₂.

4.1.-CONSUMO BASE

En cuanto al uso de gas, ENARGAS informa que para el año 2014 el consumo promedio por usuario conectado a la red fue de 1.067 m³/año⁵⁸. Y por lo informado en Bourges & Gil (2013) y Bezzo et al. (2013) el 51% corresponde a usos de calefacción, el 11,75% corresponde a cocción y el 37,25% corresponde a agua caliente sanitaria (ACS). Por lo tanto la distribución del consumo de gas es la que se observa en la Figura 4.1.

Para calcular las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de gas, se adopta el factor de conversión presentado por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación⁵⁹ que es de 1,95 kg CO₂/m³.

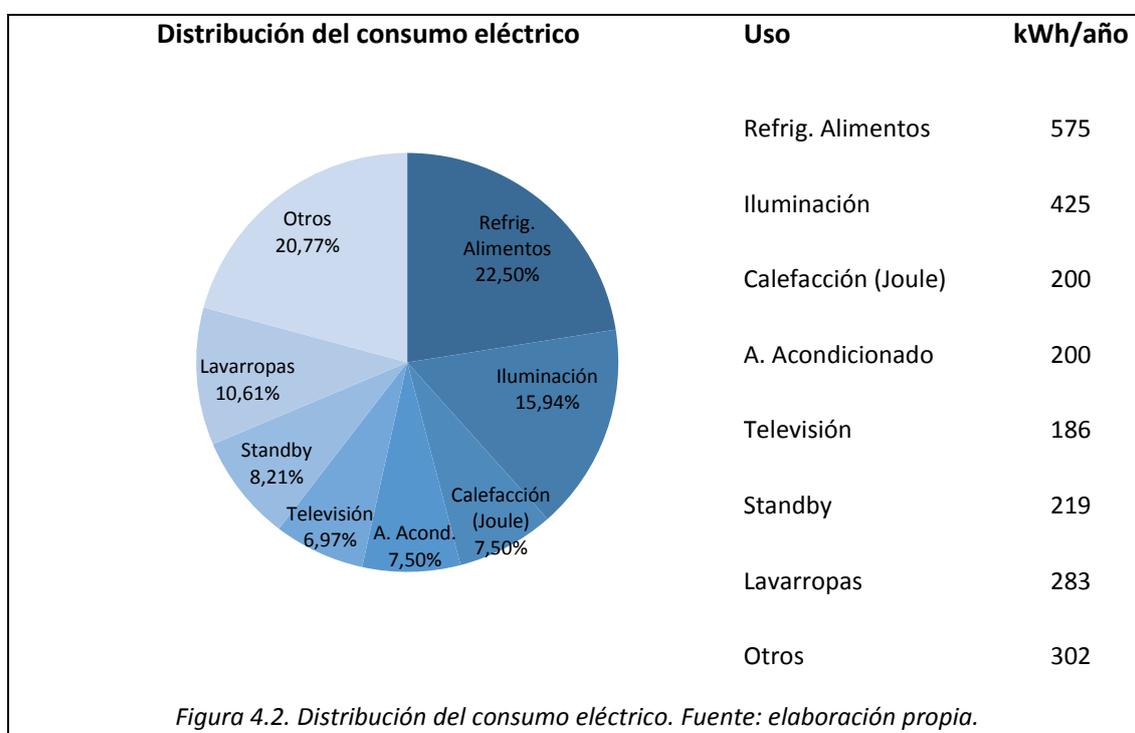


⁵⁸ <http://www.enargas.gov.ar/DatosOper/Indice.php>

⁵⁹ http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/220807_calculo_factor_emision.pdf

En el caso del consumo medio de electricidad para la ciudad de La Plata, se adopta el último dato disponible en Secretaría de Energía que es de 2013⁶⁰ y abarca específicamente a dicha ciudad, el cual asciende a 2.667 kWh/año. En términos de la distribución según usos en el sector residencial se adoptan valores expuestos en Chévez, Martini & Discoli (2014), los cuales fueron relevados a partir de una encuesta en formato electrónico realizada a 313 viviendas y se utilizan valores estimativos presentes en los etiquetados. En función de ello, se obtuvieron los consumos promedio, los cuales se observan en la Figura 4.2.

Para calcular las emisiones de CO₂ generadas por el consumo eléctrico, se tomó el último dato disponible presentado por Secretaría de Energía⁶¹ que es de 2013. En donde el factor de emisión considerando el parque de generación actual (50%) y el parque de generación en construcción (50%) resulta en 0,488 kg CO₂/kWh.



⁶⁰ <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3952>

⁶¹ <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>

4.2.-TABLA DE SÍNTESIS DE MEDIDAS

Medida de mejoramiento	Ahorro energético individual por sustitución o incorporación	Hipótesis	Consumo promedio anual por vivienda	Ahorro Energía	Kg de CO ₂ evitados
Aplicación de norma IRAM 11605 bajo los niveles mínimos (Nivel B) en muros, techos, aislación de pisos y ventanas DVH. Respecto de una construcción tradicional. ⁶²	Se reducen las pérdidas por conducción en la envolvente en un 45%.	Se considera que la demanda de calefacción depende en un 80% por las pérdidas por conducción en cerramientos y 20% por infiltraciones. Por ende se aplica el ahorro energético exclusivamente a las pérdidas por conducción.	G: Calefacción: 544,18 m ³ E: Joule + A. A.: 400 kWh	G: 195,90 m ³ E: 144,0 kWh	G: 382,0 E: 70,2
Aplicación de norma IRAM 11605 bajo los niveles mínimos Nivel A en muros, techos, aislación de piso y ventana DVH. Respecto de una construcción tradicional	Se reducen las pérdidas por conducción en cerramientos opacos en un 60%			G: 261,20 m ³ E: 192,0 kWh	G: 509,3 E: 93,6
Verificación del coeficiente G	Se reducen las pérdidas por conducción en cerramientos opacos en un 35%			G: 152,37 m ³ E: 112,0 kWh	G: 297,1 E: 54,6
Estándar mínimo de etiquetado clase C según norma IRAM 11900 con respecto al etiquetado H.	Reducción en la demanda de calefacción del 54% (Bourges & Gil, 2013)			G: 235,08 m ³ E: 172,8 kWh	G: 458,4 E: 84,3
Reciclado masivo de viviendas existentes.	Reducción en la demanda de calefacción entre 31 y 44% (Rodríguez, 2015). Se adopta 35%.			G: 190,46 m ³ E: 140,0 kWh	G: 371,3 E: 68,3

⁶² Muros de ladrillo hueco de 18 cm y revoque en ambos lados (K=1,47 W/m²°C), Techo con poliestireno 2 cm (K=0,90 W/m²°C), vidrio simple (K=5,8 W/m²°C) y aislación de piso perimetral (K=1,08 W/m²°C)

ANÁLISIS DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Medida de mejoramiento	Ahorro energético individual por sustitución o incorporación	Hipótesis	Consumo promedio anual por vivienda	Ahorro Energía	Kg de CO ₂ evitados
Recambio de equipos de refrigeración de alimentos de uso doméstico (heladeras) clase D/E por clase A.	Reducción del 48% en el consumo energético.	Sustitución por equipos de consumo medio igual a 300 kWh/año	E: Ref. alimentos: 575 kWh	E: 275,0 kWh	E: 134,2
Recambio de equipos de refrigeración de alimentos de uso doméstico (heladeras) clase A por clase A+++.	Reducción del 76% en el consumo energético	Sustitución por equipos de consumo medio igual a 150 kWh/año		E: 425,0 kWh	E: 207,4
Recambio de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas (Clase A)	Reducción del 77% en el consumo energético	Se asume la siguiente distribución del consumo de energía: 28% LFC y tubos, 42% halógenas, 28% incandescentes, 2% LEDs.	E: Iluminación: 425 kWh	E: 91,6 kWh	E: 44,7
Recambio de lámparas halógenas por lámparas fluorescentes compactas (Clase A)	Reducción del 67% en el consumo energético			E: 119,5 kWh	E: 58,3
Recambio de lámparas incandescentes por lámparas LED (Clase A++)	Reducción del 90% en el consumo energético			E: 107,1 kWh	E: 52,2
Recambio de lámparas halógenas por lámparas LED (Clase A++)	Reducción del 85% en el consumo energético			E: 151,7 kWh	E: 74,0
Recambio de equipos de aire acondicionado clase C por clase A	Reducción del 12% en el consumo energético	Clase A: IEE=3,2/COP=3,6 Clase C: IEE=2,8/COP=3,2 Geo: IEE=6,5/COP=6,5 Joule: COP=1	E: A.A.: 200 kWh	E: 24,0 kWh	E: 11,7
Recambio del 25% de los equipos de aire acondicionado clase C por equipos geotermia	Reducción del 55% en el consumo energético			E: 27,5 kWh	E: 13,4
Recambio del 50% de los equipos eléctricos por efecto Joule por equipos de Aire acondicionado clase A	Reducción del 72% del consumo energético		E: Joule: 200 kWh	E: 24,0 kWh	E: 11,7

ANÁLISIS DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Medida de mejoramiento	Ahorro energético individual por sustitución o incorporación	Hipótesis	Consumo promedio anual por vivienda	Ahorro Energía	Kg de CO ₂ evitados
Mejora en la eficiencia de calefactores tiro balanceado de un 65% a un 80%	Reducción del 19% en el consumo energético	El 59% del consumo de energía en calefacción a gas es por T.B.	G: Calefacción: 544,18 m ³	G: 61,00 m ³	G: 118,9
Sustitución de encendido piloto en calefones	Reducción del 25% en el consumo energético	Distribución del consumo: 44% calefones, 48% termostanque, 8% calderas.	G: ACS: 397,45 m ³	G: 43,71 m ³	G: 85,2
Consumos en Standby de 5 W a 1 W promedio por equipo	Reducción del 80% en el consumo energético	Se asumen cinco equipos de 5 W por vivienda.	E: Standby: 219 kWh	E: 175,2 kWh	E: 85,4
Recambio de televisores de tubo (estimados Clase C) por LCD/LED (Clase A)	Reducción de entre el 45% y el 60% en el consumo energético	Distribución del consumo: 40% TV tubo 60% TV LCD/LED	E: TV: 186 kWh	E: 39,6 kWh	E: 19,3
Recambio lavarropas actuales (estimados Clase C) por equipos Clase A	Reducción del 55% en el consumo energético	Clase A: 0,10 kWh/kg Clase C: 0,25 kWh/kg	E: Lavarropas: 283 kWh	E: 169,8 kWh	E: 82,8
Aplicación de ganancia solar directa/MACs/Invernaderos	Reducción del 30% de la demanda de calefacción	Se adoptó un ahorro del 30% según lo expuesto en la Sección 2.2.1.		G: 163,25m ³ E: 90 kWh	G: 318,3 E: 43,9
Incorporación de colectores solares de aire caliente (4 m ²)	Reducción del 16% de la demanda de calefacción	η equipos=65%. Rad. media anual 4,26 kWh/m ² día (Grossi Gallegos & Righini, 2007). Equivale a 1,02 m ³ gas/día (90 días inv.)	G: Calefacción: 544,18 m ³ E: Joule + A. A.: 300 kWh	G: 91,8 m ³ E: 48 kWh	G: 179,0 E: 23,4

ANÁLISIS DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Medida de mejoramiento	Ahorro energético individual por sustitución o incorporación	Hipótesis	Consumo promedio anual por vivienda	Ahorro Energía	Kg de CO ₂ evitados
Incorporación de paneles fotovoltaicos (3 m ²)	Reducción del 14% de la demanda eléctrica	Según el fabricante Solartec, un panel genera 350 Wh/día*m ² en la ciudad de La Plata.	E: Total 2.667 kWh	E: 384,0 kWh	E: 187,3
Incorporación de colectores solares de agua caliente sanitaria (2,5 m ²)	Reducción del 62% de la demanda de ACS	Equipos de un rendimiento medio del 70% y una radiación media anual de 4,26 kWh/m ² día (Grossi Gallegos & Righini, 2007). Equivale a 0,68 m ³ de gas diario.	G: ACS: 397,45 m ³	G: 248,2 m ³	G: 483,9
Construcción de viviendas bioclimáticas	Reducción del 55% de la demanda de climatización	Se aplica el ahorro energético a toda la demanda de climatización.	G: Calefacción: 544,18 m ³ E: Joule + A. A.: 400 kWh	G: 299,29 m ³ E: 220 kWh	G: 583,6 E: 107,3

CONCLUSIONES

El presente trabajo monográfico partió del objetivo de elaborar el estado del arte acerca de las medidas de eficiencia energética (EE) e incorporación de energías renovables (ER) posibles de aplicar en el sector residencial. En función de ello se han analizado estrategias, planes, políticas y medidas aplicadas a nivel nacional e internacional, logrando realizar en última instancia una sistematización y una síntesis, la cual se transforma en un documento de fácil acceso y lectura, en donde es posible detectar los puntos más importantes que se desarrollaron a lo largo del trabajo.

Los resultados de esta monografía contribuirán al trabajo de tesis doctoral titulado “Construcción de escenarios urbanos-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia en el marco de la oferta y la demanda del sector residencial” dado que los mismos se convierten en un insumo directo y se utilizarán para construir los escenarios antes mencionados.

Se ha intentado abarcar la mayoría de las medidas posibles de aplicar para alcanzar ahorros en el consumo de energía, ya sea, mediante el mejoramiento de la envolvente, de los artefactos domiciliarios, de la incorporación de energías renovables (pasivas o activas), como así también por medio de la construcción de viviendas bioclimáticas. Se hizo hincapié en comprender para cada caso, en qué proporción es viable cada medida, qué costos puede significar, qué tecnologías están disponibles, cuál es el ahorro que pueden generar y cuántas emisiones de CO₂ se evitan con su aplicación, entre otros aspectos.

En cuanto al mejoramiento de la envolvente edilicia, las posibilidades de ahorro son muy amplias, dado el deficiente estándar constructivo que se encuentra en el parque edilicio actual. Si bien la normativa está desarrollada y lista para ser aplicada e inclusive existen exigencias en dicha materia aprobadas por leyes u ordenanzas, las mismas son de escaso cumplimiento. En este aspecto se torna necesario algún tipo de mecanismo que efectivice las actuales legislaciones para que las nuevas construcciones comiencen su vida útil con adecuadas prestaciones térmicas. En tanto el reciclado masivo es aplicable a gran parte del universo de viviendas existentes, con lo cual es posible

conseguir fuertes reducciones en la demanda de climatización. Sin embargo no hay programas que hayan enfrentado esta temática en Argentina, a pesar de los beneficios en tiempos de mediano plazo que se pueden alcanzar en términos de ahorros de combustibles y electricidad.

En el caso de la mejora en los equipos domiciliarios se ha detectado que las reglamentaciones se encuentran en continua revisión y que los estándares mínimos exigidos se van modificando año tras año mejorando el parque de equipos residenciales. Es de destacar que el programa de etiquetado se está implementando con éxito, abarcando cada vez más equipamiento, lo cual no es sencillo dado que es necesario un diálogo con los fabricantes, se deben certificar los laboratorios de ensayos, determinar los métodos para su realización en los comités de normas, entre otros aspectos. Esto significa que es necesaria una fuerte gestión, donde hay que negociar con los actores involucrados, lograr consensos, volver a ajustar normas y todo ello se manifiesta en tiempos que hay que respetar para que las normativas se consoliden y finalmente se aprueben. Entonces, que en la actualidad se cuente con el etiquetado de refrigeradores de alimentos, lámparas, aires acondicionados, artefactos de cocción a gas, calefones a gas, termotanques eléctricos (y prontamente a gas), televisores, consumos standby, lavarropas, bombas y motores, es resultado de una serie de esfuerzos y de etapas que se han ido cumpliendo satisfactoriamente. Actualmente podríamos decir que los estándares mínimos en Argentina se encuentran en una instancia intermedia, porque dichas exigencias han ido sustituyendo equipos poco eficientes por unidades de mejores prestaciones, pero aún es posible lograr ahorros mediante requerimientos superadores. Por mencionar sólo un caso, se estimaba que el parque de heladeras antes de entrar en vigencia el etiquetado era Clase D o E que consumían alrededor de 650 kWh/año, mientras que en la actualidad los equipos que se comercializan deben ser mínimo Clase B (490 kWh/año), y en el futuro es posible exigir que sean A+++ (150 kWh/año).

En términos de la incorporación de energías renovables en el sector residencial, es necesario destacar que de cumplirse correctamente lo establecido tanto para el mejoramiento de la envolvente edilicia como para el equipamiento de la misma, estarían sentadas las bases de un consumo eficiente y en ese caso la incorporación de energías no convencionales sería viable en el ámbito residencial. De este modo, las dimensiones de los sistemas se tornarían aceptables y aptos para las superficies disponibles y a su vez lograrían aportes significativos en la demanda de energía. En tanto a lo que concierne a los sistemas pasivos, es necesaria su difusión tanto dentro de la

formación de los profesionales de la construcción, como así también hacia el público en general, dado que son prácticamente nulos los ejemplos que se pueden encontrar. En el caso de los sistemas activos, los mismos cuentan con mayor penetración y mayor grado de conocimiento por parte de la sociedad, pero de todas maneras su incidencia es muy baja en el sector residencial y se limitan a cubrir demandas en sectores donde la red de gas y electricidad es inexistente. Por su parte es de destacar que en ciertas provincias se están impulsando planes de instalaciones en gran escala como en San Luis, o con acceso a facilidades de pago como en Santa Fe o la Ciudad de Buenos Aires. En cuanto a fotovoltaico, cabe mencionar que se ha trabajado en los mecanismos necesarios para lograr la interconexión a la red mediante el proyecto IRESUD y por otro lado se han aprobado las legislaciones pertinentes en Salta, Mendoza y Santa Fe, con lo cual es de esperar que en un plazo mediano se logren avances en dicha temática.

Por su parte, en cuanto a la construcción de viviendas bioclimáticas los antecedentes han demostrado ciertas falencias en la ejecución de planes masivos. Sin embargo existen casos recientes que se están desarrollando exitosamente como es el caso de la Provincia de Chubut donde se han construido más de cien viviendas financiadas con un fondo GEF. Entonces es posible suponer que este tipo de viviendas pueden ser ejecutadas efectivamente por parte del Estado, lo cual redundaría en mejoras sustanciales tanto en calidad de vida como en la reducción de los consumos energéticos.

Finalmente, podemos concluir que se ha avanzado significativamente en términos de eficiencia energética en los últimos años, fundamentalmente en equipamiento a partir del decreto 140/07, sin embargo aún quedan nichos de ahorro muy grandes que son posibles de capitalizar sobre todo en la mejora de la envolvente del parque construido y en las nuevas construcciones. Este último aspecto necesita indefectiblemente una concreta decisión política, dado que las herramientas para su implementación están disponibles y los beneficios que esto provocaría son muy significativos. En cuanto contemos con un sector residencial que sea eficiente y que además autoproduzca parte de su energía, el mismo logrará contribuir fuertemente con el autoabastecimiento energético, el cual es de vital importancia en los tiempos que corren.

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

AES (2008). *Proyecto de Eficiencia Energética en la República Argentina. Diseño de un Programa de Etiquetado y Normalización de Eficiencia Energética. Informe final. Tomo 1 (Versión final)*. Adviesbureau voor Energiestrategie (AES) y Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP), Buenos Aires.

Agencia de Protección Ambiental (2010). *Resolución 175 Creación del Programa de cubiertas verdes en edificios públicos*. Agencia de Protección Ambiental. Dirección General de Planeamiento. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Agencia de Protección Ambiental (2012). *Cubiertas verdes en edificios públicos. Informe técnico*. Gerencia operativa de cambio climático y energías sustentables. Dirección general de estrategias ambientales. Agencia de Protección Ambiental. Ministerio de ambiente y espacio público. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Almirón, J.; Messi, D. & Lara, M. (2012). Diseño, construcción y ensayo de colector solar de aire no convencional de formato elíptico laboratorio de energías alternativas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 16*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.

Balcomb, D.; Robert, J.; Kosiewicz, C.; Lazarus, G.; McFarland, R.; Wray, W. (1983). *Passive Solar Design Handbook. Volume III: Passive Solar Design Analysis and Supplement*. American Solar Energy Society, New York.

- Bezzo, E.; Bermejo, A.; Cozza, P.; Fiora, J.; Maubro, M.; Prieto, R. & Gil, S. (2013). Eficiencia de calefones- Importancia de los consumos pasivos. *Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Editorial Croquis, Buenos Aires.
- Bourges, C. & Gil, S. (2013). Amortización del costo de mejoras en la aislación térmica de las viviendas. *Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Editorial Croquis, Buenos Aires.
- Cavedo, C. & Galilea, D. (2010). Eficiencia Energética- Edificios de vivienda en Argentina. *Cámara Argentina de la Construcción. Energía y Cambio Climático. Congreso Internacional Ingeniería 2010*. Buenos Aires.
- CEDOM (2015). *Ley 4428. Techos o terrazas verdes*. Dirección General Centro Documental de Información y Archivo Legislativo (CEDOM). Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Recuperado de: www.cedom.gov.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley4428.html
- Chávez, P.; Martini, I. & Discoli, C. (2014). Construcción del año base para la elaboración de escenarios urbanos-energéticos del sector residencial de la ciudad de La Plata. *Acta de la XXXVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 2, pp. 07.93-07.102, Salta*.
- Czajkowsky, J. & Gómez, A. (2001). *Diseño bioclimático y economía energética edilicia*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Discoli, C. (2012). *Desarrollo de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial orientado al uso racional y eficiente de la energía en áreas urbanas*. Proyecto de investigación CONICET PIP 1120110100097.
- Discoli, C.; San Juan, G. & Viegas, G. (2012). Climatización por muros acumuladores de calor mixtos (MACM). *IV Congresso Brasileiro de Energia Solar e V Conferencia Latino-Americana da ISES*. São Paulo.
- Discoli, C.; Viegas, G. & San Juan, G. (2011). Viviendas bioclimáticas en Tapalqué. Sistema de climatización por muros acumuladores de calor (MAC): resultados preliminares. *Avances en*

Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 15. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.

EIA (2013). *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants.* U.S. Energy Information Administration. Department of Energy, Washington DC.

ENARGAS (1995a). *NAG 316. Norma para la aprobación de calentadores de ambientes a gas.* Gas del Estado, Buenos Aires.

ENARGAS (1995b). *NAG 315. Norma provisoria para la aprobación de calentadores de ambiente con cámara estanca, entrada de aire y ventilación verticales, tipo u, balanceados.* Gas del Estado, Buenos Aires.

ENARGAS (1995c). *NAG 314. Norma para calentadores de agua por acumulación a gas de funcionamiento automático.* Gas del Estado, Buenos Aires.

ENARGAS (2010). *NAG 312. Artefactos domésticos de cocción que utilizan combustibles gaseosos.* Ente Nacional Regulador del Gas, Buenos Aires.

ENARGAS (2009). *NAG 313. Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos.* Ente Nacional Regulador del Gas, Buenos Aires.

ENARGAS (2012). *Adenda N°1 de 2012: NAG 313. Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos.* Ente Nacional Regulador del Gas, Buenos Aires.

ENARGAS (2015). *Adenda N°1 de 2015: NAG 314. Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques). En discusión pública hasta el 31/08/2015.* Ente Nacional Regulador del Gas, Buenos Aires.

Fabris, A. & Yarke E. (1985). *Tablas del cociente carga colector para 60 localidades de la Argentina.* Instituto Solar Arquitectura Buenos Aires (ISABA), Buenos Aires.

Filippín, C. (2005). *Uso Eficiente de la energía en edificios.* Amerindia, Santa Rosa.

- Freixanet, V. (2004). *Cálculos de Ventilación Natural. Hoja de cálculo*. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Laboratorio de Investigaciones en Arquitectura Bioclimática.
- Fuller, M., Kunkel, C., Zimring, M., Hoffman, I., Soroye, K. & Goldman, C.(2010); Driving demand for home Energy Improvements: Motivating residential customers to invest in comprehensive upgrades that eliminate energy waste, avoid high bills, and spur the economy. Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Givoni, B. (1969). *Man Climate and Architecture*. Elsevier, Great Yarmouth.
- González S.; Hernández, A. & Quiñonez, J. (2014). Ensayo de un colector solar calentador de aire de doble paso con matriz porosa para el calentamiento de edificios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 18*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.
- Grossi Gallegos, H. & Righini, R. (2007). *Atlas de Energía Solar de la República Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva, Buenos Aires.
- Hernández, A. (2012). *Refrescamiento pasivo en edificios. Módulo de Energía Solar II*. Presentación de diapositivas. Maestría en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Salta.
- IAS (1983). *Programa de Investigación. "Conservación de energía-Estudio del consumo energético en viviendas de la zona templada húmeda"*. Informe Final. Instituto de Arquitectura Solar, La Plata.
- IEA (2008). *Promoting energy efficiency investments. Case studies in the residential sector*. International Energy Agency, Paris.
- IDAE (2011). *Guía Práctica de la Energía Consumo eficiente y responsable*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.
- IIPAC (2009). *La Casa Solar de La Plata*. Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido, La Plata.
- INDEC (2012). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 Censo del Bicentenario. Resultados definitivos Serie B N°2. Tomo 1*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Buenos Aires.

INDEC (2014a). *Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares ENGHo 2012/2013. Base de datos.* Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Buenos Aires.

INDEC (2014b). *Comercio exterior argentino 2013.* Dirección de Difusión del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Buenos Aires.

INTI (2008). *Informe de Análisis de Estufas de Tiro Balanceado (Gas Natural). Programa Pruebas de Desempeño de Productos.* Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Ministerio de Economía y Producción.

IRAM (1996a). *Norma 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos.* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (1996b). *Norma 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2000a). *Norma 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2000b). *Norma 11630. Aislamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en puntos singulares de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general.* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2001a). *Norma 11604. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2001b). *Norma 11507-1. Carpinterías de obra. Ventanas exteriores. Requisitos básicos y clasificación.* Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

- IRAM (2002). *Norma 11601. Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2004). *Esquema 2 de la Norma 11659-1. Aislamiento térmico de edificios Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica de refrigeración*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2007a). *Norma 11659-2. Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración Parte 2: Edificios para viviendas*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina
- IRAM (2007b). *Norma 62406. Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2009). *Esquema 2 de la Norma 11900. Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2010a). *Norma 11507-4. Carpinterías de obra y fachadas integrales livianas. Ventanas exteriores. Parte 4 – Requisitos complementarios. Aislación térmica*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2010b). *Norma 19050-1. Etiquetado de eficiencia energética de artefactos a gas para uso doméstico. Parte 1- Artefactos de cocción*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2010c). *Norma 2141-3. Lavarropas eléctricos. Parte 3- Etiquetado de eficiencia energética*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM (2012a). *Norma 62410. Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2012b). *Norma 62411. Etiquetado de eficiencia energética en televisores en modo encendido*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2012c). *Norma 62301. Medición y etiquetado del consumo de potencia en modo espera ("standby") para aparatos eléctricos*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2012d). *Norma 62408. Etiquetado de eficiencia energética para electrobombas de uso domiciliario*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2012e). *Norma 62405. Etiquetado de eficiencia energética para motores de inducción trifásicos*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2013). *Norma 62407. Eficiencia energética en balastos para lámparas fluorescentes. Mercado*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2014a). *Norma 62404. Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para iluminación general. Parte 1- Lámparas incandescentes y halógenas*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2015a). *Norma 2404-3. Etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración de uso doméstico. Parte 3- Etiqueta*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRAM (2015b). *Norma 62404. Etiquetado de eficiencia energética de lámparas eléctricas para iluminación general. Parte 2- Lámparas fluorescentes*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires, Argentina.

IRENA (2012). *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Volume 1: Power Sector Issue 4/5 Solar Photovoltaics*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IRENA (2015). *Solar Heating and Cooling for Residential Applications. Technology Brief*. International Energy Agency, Energy Technology Systems Analysis Programme, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

- ISO (2010). *ISO 5151:2010. Non-ducted air conditioners and heat pumps. Testing and rating for performance*. International Organization for Standardization. Génova.
- Juanicó, L. (2007). Eficiencia de calefactores a gas de tiro balanceado: medición e impacto en usuarios residenciales. *Interciencia v.32 n.12*. Caracas.
- Lanson, A.; Righini, R.; Benitez, E.; Bezzo, E.; Filloy, E.; Roldán, A.; Unger, H.; Ianelli, L. & Gil, S. (2013). Hacia un uso más eficiente del gas. Aprovechamiento de la energía solar en Argentina. *Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Editorial Croquis, Buenos Aires.
- Lema A.; Pontin M.; Morsetto J. & Ruetsch L. (2011). Diseño, desarrollo y análisis térmico de un colector solar de aire con placa plana. Eficiencia y exergía perdida. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 1*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.
- Lesino, G. (2012a). *Energía Solar II. Edificios Bioclimáticos (Continuación)*. Módulo de Energía Solar II. Presentación de diapositivas. Maestría en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Salta.
- Lesino, G. (2012b). *15 Viviendas de Cachi*. Módulo de Energía Solar II. Presentación de diapositivas. Maestría en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Salta.
- LNBL (2010). *Methodology of the CLASP Policy Analysis Modeling System (PAMS)*. Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Machado, M., Brito, C. & Neila, J. (2000). La cubierta ecológica como material de construcción. *Informes de la Construcción. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Vol. 52 n°467*. Madrid.
- Margulis, D. (2013). Evaluación programas de eficiencia energética. Aplicación al programa de entrega de lámparas de bajo consumo. *Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Editorial Croquis, Buenos Aires.
- Mariani, N.; Pereiras, R.; Keegan, S. & Barreto, G. (2013). Análisis térmico y fluidodinámico de un calefactor a gas de tiro balanceado. *Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia de la Facultad de Ingeniería de la UNLP*. La Plata.

- Neme, C.; Gottstein, M. & Hamilton, B. (2011). *Residential Efficiency Retrofits: a roadmap for the future*. The Regulatory Assistance Project (RAP), Montpellier.
- Pattini, A.; Villalba, A.; Correa, E. & Fernández Llano, J. (2013). Análisis de la certificación de eficiencia energética de ventanas. Índices termo-lumínicos. *Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Editorial Croquis, Buenos Aires.
- Pereira, C.; Lamberts, R. & Ghisi, E. (2013). Nota técnica referente aos níveis mínimos de eficiência energética de condicionadores de ar no Brasil. CB3E Centro Brasileiro de eficiência energética em edificações, Florianópolis.
- Phillips (2010). *Guía inteligente de iluminación. Luz con simplicidad*. Philips, Koninklijke.
- Phillips (2012). *Catálogo LED 2012. La tecnología LED Philips es diferente*. Philips, Koninklijke.
- Quadri, N. (2007). *Instalaciones de aire acondicionado y calefacción. -8va edición-* Librería y editorial Alsina, Buenos Aires.
- Quiñonez, J. & Hernández, A. (2014). Primeros ensayos de caracterización de un nuevo recubrimiento selectivo para placas absorbedoras de colectores solares calentadores de aire. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 18*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.
- REN 21 (2015). *Renewables 2015. Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris.
- Rodríguez, L. (2015). *Instrumentación metodológica para el reciclado masivo de la edificación residencial orientada a la eficiencia energética*. Tesis doctoral en Ciencias, área Energías Renovables. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.
- Rosenfeld, coord. (1988). "Plan Piloto de Evaluaciones Energéticas de la zona Capital Federal y Gran Buenos Aires. AUDIBAIRES". Investigación realizada por Concurso Nacional organizado por la CIC y Secretaría de Energía de la Nación. Contrato SE N1 1399/83. 1985/86. La Plata.
- Rosenfeld, E. (2008). *Las interacciones entre la energía y el hábitat en la Argentina*. Editorial Universitaria de La Plata, La Plata.

- Rosenfeld, E. & Czajkowsky, D. (1992). *Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata.
- Rosenfeld, E. & Discoli, C. coords. (2002). "URE-AM 2, Políticas de Uso Racional de la Energía en Áreas Metropolitanas y sus efectos en la dimensión Ambiental", PICT 98 13-04116/99. 1999/2002. La Plata.
- Sabbatella, I. (2013). *¿Commodities o bienes estratégicos para el crecimiento económico? La ecología política del petróleo y gas en la etapa posneoliberal*. Tesis de doctorado en Ciencias Sociales de la Universidad de Buenos Aires, C.A.B.A.
- San Juan, G. coord. (2013). *Diseño Bioclimático como aporte al proyecto arquitectónico*. Editorial de la Universidad de La Plata, La Plata.
- San Juan, G.; Discoli, C.; Viegas, G.; Ferreyro, C. & Rodríguez, L. (2010). Proyecto de viviendas bioclimáticas de interés social. Tapalqué, Provincia de Buenos Aires. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.
- San Vicente, J. (2007). Placas vitrocerámicas y de inducción. Compensan las de inducción. *Revista Consumer Eroski, Año XXXIII, 108*. Eroski S. Coop. Vizcaya.
- Secretaría de Energía (2013). *Informe Estadístico del Sector Eléctrico 2013. Capítulo 3*. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Buenos Aires.
- Secretaría de Energía (2015). *Balance Energético Nacional 2014. Provisorio*. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Buenos Aires.
- Senado de la Nación (2013). Proyecto de ley S-2095/13. *Reducción de consumos pasivos en artefactos de gas*. Senado de la Nación, Secretaría Parlamentaria, Dirección General de Publicaciones, Buenos Aires.
- Suárez, J.; Di Mauro, G.; Murcia, G.; Jacob, S. & Strack, J. (2012). Lámparas LEDs: impacto en el uso eficiente de la energía. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 16*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.

Tanides C.; Nicchi F.; Lavoria M. & Mazzitelli A. (2013). Calefacción en el sector residencial argentino: primera modelización y estudio de las consecuencias de la sustitución de bombas de calor en reemplazo de calefactores a gas. *Encuentro Latinoamericano de Uso Racional y Eficiente de la Energía*. Editorial Croquis, Buenos Aires.

Tanides, C.; Evans, J.; Nicchi, F.; Pedace, R. & Gazzola, G. (2011). Optimización de la demanda energética argentina en la climatización del sector residencial. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 15*. Edición: Comisión de publicaciones de ASADES, Salta.

Télam (1 de febrero de 2015). Esta semana llegará el primer tramo de financiamiento para las represas de Santa Cruz. *Agencia Télam*.

Unión Europea (2009). *Reglamento (CE) 643/2009 de la Comisión de 22 de julio de 2009 por el que se aplica la Directiva 2005/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los requisitos de diseño ecológicos aplicables a los aparatos de refrigeración domésticos*. Diario Oficial de la Unión Europea, Bruselas.

Unión Europea (2011). *Reglamento Delegado (UE) 626/2011 de la Comisión de 4 de mayo de 2011 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al etiquetado energético de los acondicionadores de aire*. Diario Oficial de la Unión Europea, Bruselas.

Unión Europea (2012). *Reglamento Delegado (UE) 874/2012 de la Comisión de 12 de julio de 2012 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de las lámparas eléctricas y las luminarias (Texto pertinente a efectos del EEE)*. Diario Oficial de la Unión Europea, Bruselas.

Unión Europea (2013). *Reglamento Delegado (UE) 65/2014 de la comisión de 1 de octubre de 2013 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en relación con el etiquetado energético de los hornos y campanas extractoras de uso doméstico (Texto pertinente a efectos del EEE)*. Diario Oficial de la Unión Europea, Bruselas.

Vagge, C. & Czajkowsky, D. (2012). Impacto de la aplicación de la Ley 13059 de Eficiencia Energética en relación a la nueva Ordenanza de Usos del Suelo de la ciudad de La Plata y la Norma IRAM

11900 de Etiquetado de Edificios. *Ambiente Construido*. v.12, n.2, p.23-35, abr/jun. Porto Alegre.

Viegas, G. (2010). *Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno en áreas urbanas de media y baja consolidación. La ciudad de La Plata como caso de estudio*. Tesis de Doctorado en Ciencias Área Energías Renovables, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.

Yáñez, G. (1982); *Energía Solar, edificación y clima. Elementos para una Arquitectura Solar*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid.

WEB

Agencia de Protección Ambiental de Buenos Aires (2015). *Consumo Responsable*. Sitio Web: http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/consumo_sust/etiquetado.php?menu_id=32417

Balay (2015). *Refrigerador modelo 3KSL5655. Marca Balay*. Sitio Web: <http://www.balay.es/catalogo-balay/frigorificos-y-congeladores/combinados/3KSL5655.html>

CAMMESA (2015). Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima. Sitio Web: <http://portalweb.cammesa.com/default.aspx>.

Destatis (2015). Deutsch Statistisches Bundesamt. Federal Statistical Office. Sitio Web: <https://www.destatis.de/EN/FactsFigures/EconomicSectors/Energy/Energy.html>

El Patagónico (2013). Construyeron más de 100 casas bioclimáticas en Chubut. 28 de abril de 2013. Comodoro Rivadavia. Sitio Web: <http://www.elpatagonico.com/construyeron-mas-100-casas-bioclimaticas-chubut-n691954>

EnergyStar (2015). Programa Energy Star. Sitio Web: <http://www.energystar.gov/>.

Hissuma (2015). Hissuma Solar. Sitio Web: <http://www.hissuma-materiales.com.ar>

IEEJ (2009). *Standards & Labeling System for Air-conditioning Equipment in US, Europe and Japan*. The Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association (JRAIA). Recuperado de: <http://eneken.ieej.or.jp/en/data/pdf/485.pdf>

INTI (2013). Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Sitio web: <http://www.inti.gov.ar/noticiero/2013/noticiero347.htm>

IRESUD (2014). Proyecto IRESUD: Sitio web: www.iresud.com.ar

Ministerio de Medio Ambiente (2015). El Gobernador lanzó el Plan Provincial Termosolar con la entrega de equipos a 120 familias. 28 de mayo. Ministerio de Medio Ambiente de San Luis. Sitio Web: <http://www.medioambiente.sanluis.gov.ar/mambienteasp/paginas/InfoPrensaDetalle.asp?Temald=1&InfoPrensald=746>

Municipalidad de Rosario (2015). Obras particulares de la Municipalidad de Rosario. Sitio Web: http://www.rosario.gov.ar/sitio/arquitectura/obras_particulares/

POLIS (2015). *Identificación y movilización del potencial solar mediante estrategias locales. Directrices basadas en las experiencias piloto de Lisboa, Lyon, Malmö, Múnich, París y Vitoria-Gasteiz*. Identification and mobilization of solar Potentials via local strategies. Lisboa. Sitio Web: http://www.polis-solar.eu/IMG/pdf/polis_guidelines_es_final_web.pdf

Redatam (2015a). *Base de datos REDATAM SP. Cuestionario básico Censo 2010*. Sitio Web: <http://200.51.91.245/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010B&MAIN=WebServerMain.inl>

Redatam (2015b) *Base de datos REDATAM SP. Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas 2001*. Sitio Web: <http://200.51.91.245/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?BASE=CPV2001ARG>

Secretaría de Energía (2007). *Eficiencia Energética, viviendas, reemplazo de lámparas incandescentes por LFCs*. Sitio Web: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2924>

Solar Components (2015). Solar Components Corporation. Sitio Web: <http://www.solar-components.com/photos.htm>

Solar Heat (2015a). Folleto técnico de colector Solar de Aire Solar Heat modelo 1500 GS. Sitio Web: http://static1.squarespace.com/static/5272dc2ce4b0793e8f87f40d/t/528cbf17e4b04fc308310e5f/1384955671665/1500GS_Specs.pdf

Solar Heat (2015b). Folleto técnico de colector Solar de Aire Solar Heat modelo 1000 G. Sitio Web: http://static1.squarespace.com/static/5272dc2ce4b0793e8f87f40d/t/528cc07be4b04aa0e20792f9/1384956027950/1000G_SpecsV2.pdf

Solar Venti (2015). Folleto técnico de Colector Marca Solar Venti SV14 Aire Negro. Sitio Web: http://www.solarventi.es/index.php?option=com_redshop&view=product&pid=19&cid=26&Itemid=362

SSDUV (2015). *Resumen del estado de avance al 31/03/15*. Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Sitio Web: <http://www.vivienda.gob.ar/>

SunMate Solar Panels (2015). SunMate Solar Thermal Panels Hot Air Heating System. Sitio Web: <http://sunmatesolarpanels.com/content/view/2/31/>

OTROS SITIOS

<http://www.infoleg.gov.ar/>. Visto en julio de 2015

<http://infoleg.mecon.gov.ar/>. Visto en julio de 2015.

<http://www.clasponline.org/>. Visto en mayo de 2015.

<http://www.iea.org/policiesandmeasures/energyefficiency/>. Visto en mayo de 2015.

<http://www.wec-policies.enerdata.eu/measure.php>. Visto en abril de 2015

http://www.bigee.net/en/policy/guide/appliances/policy_examples/22/#references. Visto en abril de 2015.

[2001:http://200.51.91.245/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?BASE=CPV2001ARG](http://200.51.91.245/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?BASE=CPV2001ARG). Visto en mayo de 2015.

www.homedepot.com. Visto en junio de 2015.