UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Tesis para la obtención del título de

Magister en Ingeniería de la Energía

Introducción de Estándares Mínimos de Eficiencia Energética en Uruguay

Autor: Ing. Romina Silvano

Director de tesis: Mag. Ing. Ernesto Elenter

Montevideo, Uruguay

Setiembre 2023

Índice

Resumen ejecutivo 4

Introducción 6

Eficiencia energética y estándares – revisión del impacto internacional de los estándares de etiquetado y MEPS 9

Etiquetado energético 16

MEPS – criterios para la definición de nuevas políticas 17

Impacto en economías emergentes 20

Evaluación y modelado de políticas energéticas 22

BUENAS 23

PAMS 23

MEPSY 33

Evaluaciones en forma manual 36

MEPS – estándares implementados en otros países 37

Unión europea 38

Sudáfrica 42

Argentina 44

México 46

Chile 53

Estudios de mercado 59

Web Scraping 59

Algoritmo utilizado 60

Estándares del mercado uruguayo y marco regulatorio 63

Mercado Uruguayo – Resultado del estudio de mercado en Uruguay para los equipamientos seleccionados. Impactos a nivel unitario de los equipos más eficientes contra los más económicos/menos eficientes 71

Calefones 71

Refrigeradores 82

Aires acondicionados 87

Análisis de implementación de MEPS según cálculos manuales y herramientas de software 94

Calefones 94

Refrigeradores 101

Aires acondicionados 110

Adecuación de MEPS según actualizaciones tecnológicas y cambios en el mercado 117

Conclusiones 120
Anexo A: Programa para el Web Scraping 122
Anexo B: Tablas de cálculo para eficiencia energética de refrigeradores 131
131
Anexo C: Tablas de cálculo para eficiencia energética de calefones 132
Bibliografía 135
Índice de ilustraciones 140

Definiciones

MEPS – Minimum Energy Performance Standards (estándares mínimos de eficiencia energética) por sus siglas en inglés.

IEA – International Energy Agency (Agencia internacional de energía).

CLASP - Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (programa colaborativo de etiquetado y estándares para equipamientos), organización internacional sin fines de lucro cuyo fin es incrementar el acceso a energía limpia y mitigar el cambio climático.

PAMS – Policy Analysis Modelling System (Sistema de análisis de modelado de políticas energéticas), herramienta desarrollada por el LBNL y CLASP para el modelado de políticas energéticas.

BUENAS – Bottom Up Energy Analysis System (Sistema de análisis de energía de abajo hacia arriba) herramienta que estima el potencial global de eficiencia energética para equipamiento residencial, comercial e industrial.

LBNL – Lawrence Berkeley National Lab, centro de investigación y desarrollo en California, EEUU.

MEPSY – Software desarrollado por CLASP para el modelado de políticas, sucesor de PAMS.

MIEM – Ministerio de Industria, Energía y Minería.

DNE – Dirección Nacional de Energía.

Resumen ejecutivo

El consumo de energía eléctrica a nivel residencial tiene una gran relevancia a nivel global, como parte importante de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera. A nivel mundial, deben reducirse dichas emisiones para combatir los efectos de estas, como por ejemplo el cambio climático. Para la IEA, el sector residencial es clave a la hora de llegar a la meta del "cero neto" de emisiones para el año 2050.

A nivel económico, un menor consumo de energía eléctrica permitiría un ahorro para los hogares. A nivel país, esta reducción en el consumo implica menos inversiones en infraestructura, debido a que decrece la necesidad de construcción de nuevos generadores. A nivel de la población, implica un menor gasto mensual para las familias.

Los estándares mínimos de eficiencia energética se han implementado en un gran número de países demostrando grandes beneficios a todo nivel, los cuales superan ampliamente los sobrecostos de los equipos más eficientes.

En este proyecto se evaluó la pertinencia de la introducción de dichos estándares para Uruguay. A tales efectos se realizó en primera instancia un estudio de mercado para tres electrodomésticos de uso masivo: heladeras, calefones y aires acondicionados. Para este estudio se desarrolló una aplicación web que permite evaluar los precios y el etiquetado energético de dichos electrodomésticos para los centros de venta más conocidos en plaza, así como la actualización automática de los mismos.

Luego de realizado dicho estudio de mercado, se precedió a evaluar los ahorros a nivel hogar de un equipo eficiente versus uno ineficiente, las diferencias de precio de estos y tasas de repago para los hogares.

Posteriormente, se sugirieron MEPS y se evaluó el resultado de la introducción de éstos tanto a nivel hogar como a nivel país. Para esta evaluación se utilizaron dos métodos, uno fue el método de cálculo manual y el otro la utilización de softwares realizados por el LBNL que permiten, introduciendo información específica del país y el electrodoméstico a evaluar, prever los resultados de la introducción de los MEPS previamente diseñados.

Se realizó una comparación de resultados para los dos métodos utilizados y se sopesaron los impactos de la introducción de estos estándares. De los resultados obtenidos en este trabajo, se obtiene que la introducción de MEPS resulta beneficiosa tanto a nivel unitario como nacional.

Introducción

Los estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS) son aquellos que especifican un mínimo nivel de eficiencia que cierto equipo, de uso doméstico o comercial, debe alcanzar antes de poder ser comercializado en un determinado territorio.

Estos estándares han sido aplicados en varios países del mundo, donde diversos estudios han concluido que son beneficiosos tanto para los consumidores como para los Estados. Desde el punto de vista de los consumidores, permiten un nivel de ahorro en la factura eléctrica, lo cual disminuye el gasto mensual de los hogares.

A nivel país, se reduce la generación de energía eléctrica lo cual se traduce en beneficios medioambientales, tales como la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular de CO2. Además, como consecuencia directa de una disminución en el consumo, se postergan obras de infraestructura de energía eléctrica para los tres niveles -generación, transmisión y distribución-.

Es importante destacar que no se pueden introducir estándares en forma arbitraria, sino que es necesario un estudio exhaustivo de la realidad de cada territorio. De hecho, no es conveniente trasladar estándares de un país a otro en forma directa, ya que hay una fuerte dependencia socioeconómica que, de aplicarse erróneamente, podría incurrir en altos costos de inversión iniciales para los consumidores finales. Esto podría implicar que los electrodomésticos en cuestión sean inaccesibles para algunos hogares, especialmente aquellos de bajos ingresos.

Además, debe tenerse en cuenta que las características de los electrodomésticos comercializados varían país a país, sobre todo si se toman en cuenta aquellos que son manufacturados por empresas locales, en particular si son PYMES. Por consiguiente, es importante considerar las particularidades de los equipamientos producidos en territorio nacional, poniendo énfasis en las limitaciones de los fabricantes a la hora de incorporar nuevas tecnologías. De esta manera, se evita introducir a las industrias objetivos inalcanzables que deriven en problemas económicos para las mismas y que, en última instancia, generen pérdida de empleo.

Es el objetivo de este proyecto realizar un estudio que determine la viabilidad de implementar MEPS en territorio uruguayo para tres electrodomésticos que se consideran relevantes, ya sea por su masificación y/o por su incidencia en la factura eléctrica. Los mismos son refrigeradores, aires acondicionados y calefones.

Según un estudio del MIEM del consumo y uso de la energía, a nivel residencial son las heladeras y los calefones los responsables del mayor consumo de energía eléctrica (1).

Usos	GN	SG	GP	GO	DO	FO	KE	LE	CV	NF	RB	EO	EE	Total
Iluminación		4					8						2.686	**2.698**
Cocción	1.372	30.688	231				86	10.478	80		411		7.739	**51.085**
Calentamiento de Agua	3.357	2.434	28	611		65	17	2.546			136		90.995	**100.188**
Calefacción	2.219	5.557	60	2.242	243	4.314	960	20.561	5		447		7.665	**44.273**
Conservación de Alimentos		10											41.009	**41.019**
Refrigeración y Ventilación													5.149	**5.149**
Bombeo de Agua												27	1.938	**1.965**
Fuerza Motriz													947	**947**
Otros Artefactos								4		25			35.973	**36.002**
TOTAL	**6.948**	**38.692**	**319**	**2.853**	**243**	**4.379**	**1.071**	**33.588**	**84**	**25**	**994**	**27**	**194.102**	**283.325**

Ilustración 1: consumo de energía residencial por fuente año 2006, en Tep (1), EE: Energía eléctrica.

Respecto de los aires acondicionados, los mismos no figuran como parte predominante del consumo residencial, sin embargo según un estudio de SEG ingeniería, los mismos toman cada vez más relevancia en Uruguay, lo cual puede observarse en la siguiente ilustración.

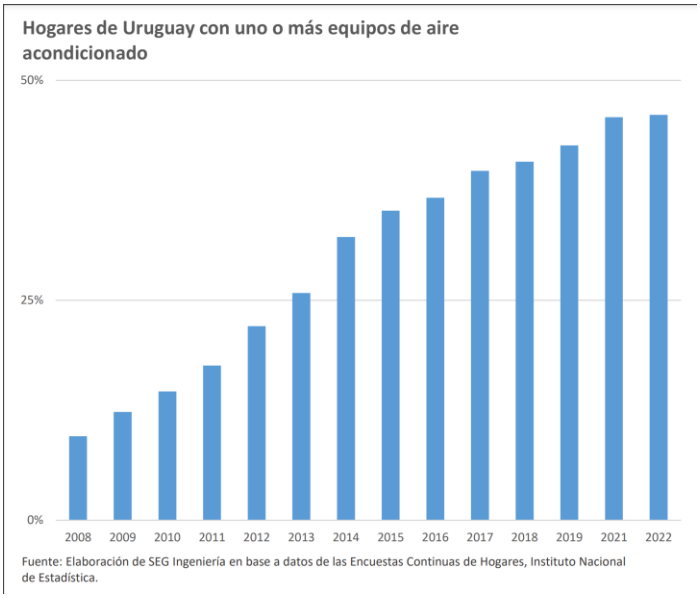


Ilustración 2: Evolución de los aires acondicionados en Uruguay: SEG Ingeniería

Cabe destacar que, para la elección de estos equipos, se consideró además que los mismos ya cuentan con etiquetado de eficiencia energética obligatorio. De esta manera, si bien los MEPS y el etiquetado son independientes, se pueden introducir los estándares mínimos de eficiencia partiendo de un mercado en el cual ya se realizó una previa clasificación en escalas.

Se evalúa además en este texto si los rangos utilizados actualmente para el etiquetado son convenientes o es pertinente sugerir cambios.

Con este fin es que se elabora un plan de MEPS para Uruguay, tomando en cuenta varios aspectos según sugiere la IEA.

Los puntos clave son:

- Considerar las especificaciones para MEPS en mercados que tengan similitudes con el uruguayo, de manera que sea viable adoptar algunas de estas políticas al caso particular de Uruguay.
- Tener en cuenta los estándares implementados en la región a pesar de que los mercados no sean similares - despegarse de los criterios de países vecinos siendo un mercado pequeño no es viable-.
- Realizar un análisis costo beneficio, basado en estudios de mercado y análisis como el costo del ciclo de vida.

Para lograr esto, el estudio de mercado a realizar para Uruguay debe ser lo suficientemente completo y abarcativo. Con este objetivo, se consideran distintos métodos de estudio de mercado que ya fueron utilizados en otros países.

Con esto en mente, y barajando diversas opciones, se resuelve utilizar un método innovador que puede adaptarse a los cambios en tiempo real, llamado "*web scraping*". Este método se aplicará para desarrollar una aplicación web que permita ver de forma gráfica y sencilla una representación del mercado uruguayo. Su desarrollo se explicará más adelante en este texto.

Mediante esta tecnología, se crea una base de datos adaptativa utilizando las páginas web de distintos comercios minoristas del Uruguay. Con los datos obtenidos mediante este método, se crea una aplicación web en la cual se separan los electrodomésticos seleccionados por capacidad (litros o BTU según el electrodoméstico en cuestión) posteriormente subclasificándolos en sus distintos niveles de eficiencia. Para cada nivel, se realizan gráficas de distribución de precios para facilitar la creación de estándares mínimos funcionales, pero que sean aplicables a la realidad uruguaya actual. La aplicación se actualiza automáticamente conforme los comercios agreguen o quiten productos, así como también con la actualización de precios.

Posteriormente, con base en el estudio de mercado realizado y evaluando cuáles de las herramientas utilizadas en otros países son aplicables para Uruguay, se proponen estándares mínimos de eficiencia energética. Sin perjuicio de esto, se propone un método para actualizar dichos estándares conforme el mercado evoluciona.

Para concluir, se realiza un estudio costo-beneficio para considerar la aplicabilidad de los estándares sugeridos, lo que se hará en dos niveles.

A nivel de usuario, evaluando la inversión inicial que el consumidor final debe realizar para adquirir uno de los electrodomésticos antes mencionados con y sin MEPS. Se estudia, entre otros indicadores, el repago de la diferencia de precio (si es que hubiera) al adquirir un equipo más eficiente.

También se analizarán los beneficios a nivel país teniendo en cuenta tanto el ahorro económico como los impactos medioambientales, analizando las emisiones de CO_2 en cada caso.

Este estudio se apoya en herramientas utilizadas internacionalmente, tales como PAMS y MEPSY que son modelos desarrollados en colaboración entre LBNL y CLASP, así como datos provenientes de la IEA.

Eficiencia energética y estándares – revisión del impacto internacional de los estándares de etiquetado y MEPS

Las políticas de eficiencia energética están tomando cada vez más importancia a nivel mundial.

Según la IEA, es posible seguir un camino que conduzca al “cero neto” de emisiones para el año 2050, si se cumple con una serie de hitos. Mejorar la eficiencia energética de aplicaciones domésticas es uno de los que tiene un rol predominante.

Existe una campaña respaldada por Naciones Unidas para reducir drásticamente las emisiones a nivel mundial. Esta es la llamada “carrera hacia el cero” e involucra a empresas, ciudades y diversas organizaciones. El objetivo de esta campaña es recortar las emisiones de gases de efecto invernadero hasta llegar a un cero neto, lo que quiere decir que no se produzcan más emisiones de las que se puedan contrarrestar con medidas como la plantación de árboles o la captura de carbono.

Este objetivo es decisivo, ya que existe un consenso de la comunidad científica de que es necesario limitar a menos de 2 grados Celsius la elevación de la temperatura del planeta respecto de la era preindustrial. Esto fue lo acordado por un gran número de países en 2015, en el llamado Acuerdo de París (2).

De todas formas, la temperatura mundial en la actualidad ya es de más de un grado por encima de dicha época y, si se siguen emitiendo gases de efecto invernadero de la manera en que la humanidad lo está haciendo, dicho incremento podría superar los tres grados llegando a niveles que podrían causar efectos catastróficos en el medio ambiente (3).

Según la Ilustración 3: Metas de eficiencia energética para emisiones de efecto invernadero 2050, IEA. es importante que se cumplan con todos los hitos establecidos para lograr la meta de cero emisiones. Un retraso en cualquiera de estos hitos puede derivar en el fracaso de la carrera hacia el cero.

En este proyecto se trabaja en particular con uno de los hitos a los que se refiere la IEA que, como fue mencionado, es el que refiere a la eficiencia energética en aplicaciones domésticas. En este sentido se espera que, para 2035, la mayoría de los electrodomésticos y equipamientos de refrigeración disponibles en el mercado sean de la mayor clase de eficiencia disponible en plaza ese año. Con este fin es que se introduce la estandarización de los productos y, específicamente, el etiquetado energético y los MEPS.

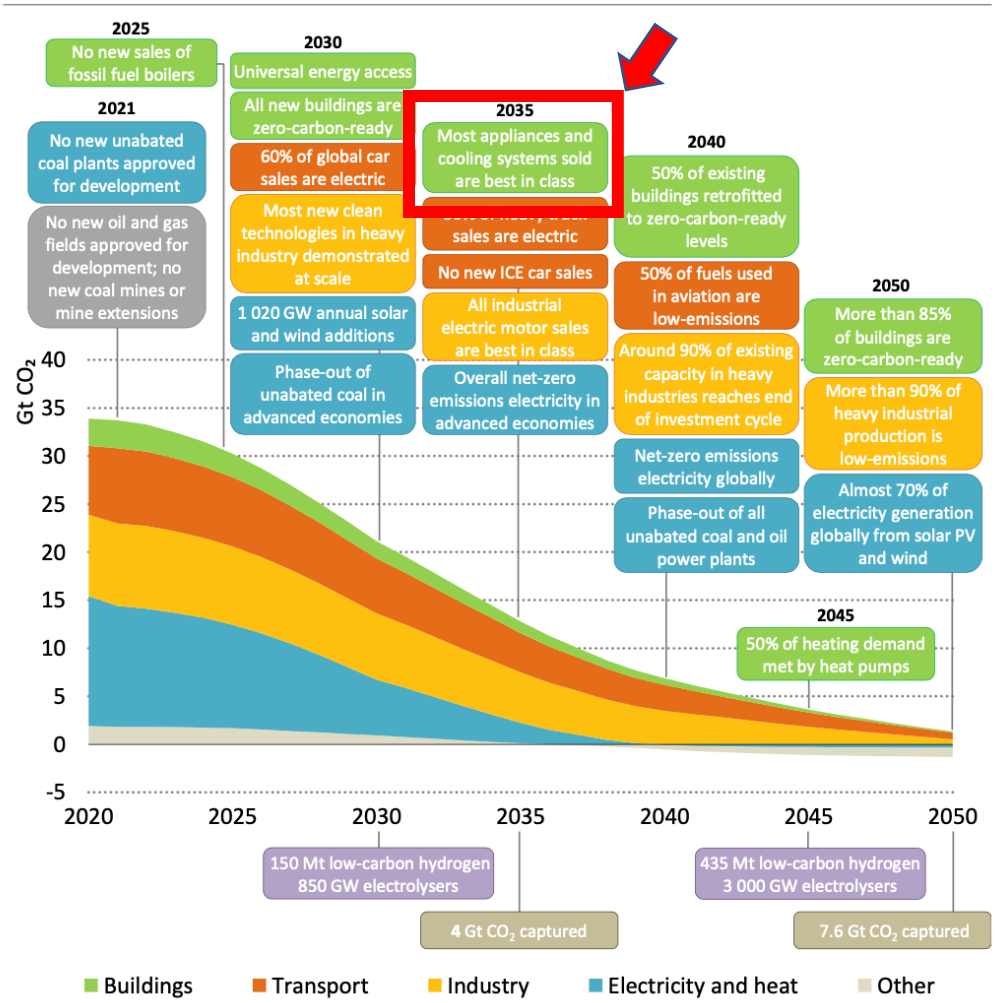


Ilustración 3: Metas de eficiencia energética para emisiones de efecto invernadero 2050, IEA. (4)

En el mundo hay varios países que ya han implementado programas de estandarización de eficiencia energética para equipamientos a lo largo de los últimos años.

Si bien no todos se encuentran en el mismo nivel de desarrollo, los primeros programas de eficiencia energética implementados a nivel nacional datan de 1970 y hoy en día abarcan a más de 120 países.

En general, los programas de estandarización de eficiencia energética pueden estar basados en varios aspectos, pero contienen dos elementos clave:

1. MEPS – utilizados para imponer estándares mínimos y evitar así la comercialización de equipos ineficientes. Los productos menos eficientes muchas veces son preferidos por los consumidores ya que por tratarse de tecnologías antiguas pueden encontrarse a menores precios.

2. Etiquetado energético, que permite a los consumidores tomar decisiones informadas acerca del producto que se está adquiriendo basados en el consumo y la eficiencia energética de los mismos. Permiten implementar los MEPS con mayor facilidad (en muchos países es en base a

este etiquetado que se traza un límite entre los electrodomésticos que pueden ingresar a un mercado y los que no).

A su vez, pueden agregarse otras herramientas relevantes tales como campañas de información a la población, subsidios, incentivos a la industria nacional para la introducción de tecnologías más eficientes y beneficios fiscales entre otros.

Como ejemplo, para 2017 a nivel refrigeración la mayoría de los países de Europa y América habían implementado MEPS. En el caso uruguayo, sin embargo, solamente contábamos con etiquetado. Hoy en día siguen sin implementarse MEPS en nuestro país.

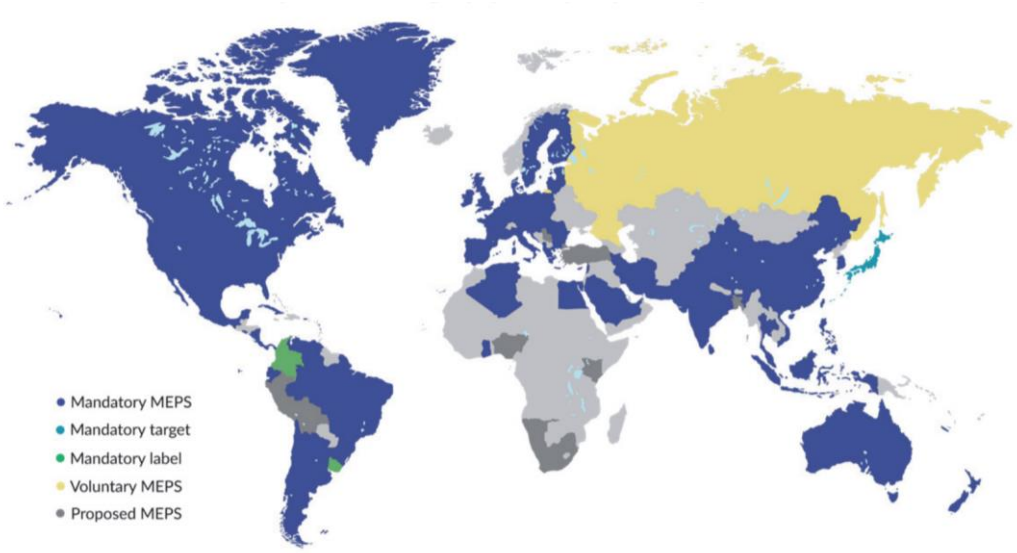


Ilustración 4: MEPS para refrigeradores (5).

De los estudios realizados a partir de los datos de algunos de los países que han implementado estas herramientas, se desprende que los mismos han podido reducir hasta el 15% de su generación total de energía eléctrica únicamente adoptando estas políticas (6). Además, se espera que la reducción sea aún mayor si se toma en cuenta que, conforme el paso del tiempo, habrá un recambio cada vez mayor de los electrodomésticos antiguos e ineficientes que ya se encontraban en los hogares.

Si todos los países adoptaran estas medidas, se estima que se podría reducir la demanda energética en una cantidad equivalente a la mitad de la demanda de energía actual de todo el territorio de China (6).

Si se toman los datos de los nueve países en los cuales están disponibles (EEUU, UE -que se toma como país a los efectos de este estudio-, China, India, Brasil, Australia, México, Sudáfrica y Malasia), se puede observar que el ahorro total derivado de la energía que no se consumió debido a las políticas de estandarización y etiquetado en 2018 (7), es de una magnitud similar a toda la energía eléctrica generada con fuentes eólica y solar para esos mismos países en 2018, según se muestra en la Ilustración 5: Energía eléctrica evitada y proporción del consumo (7).

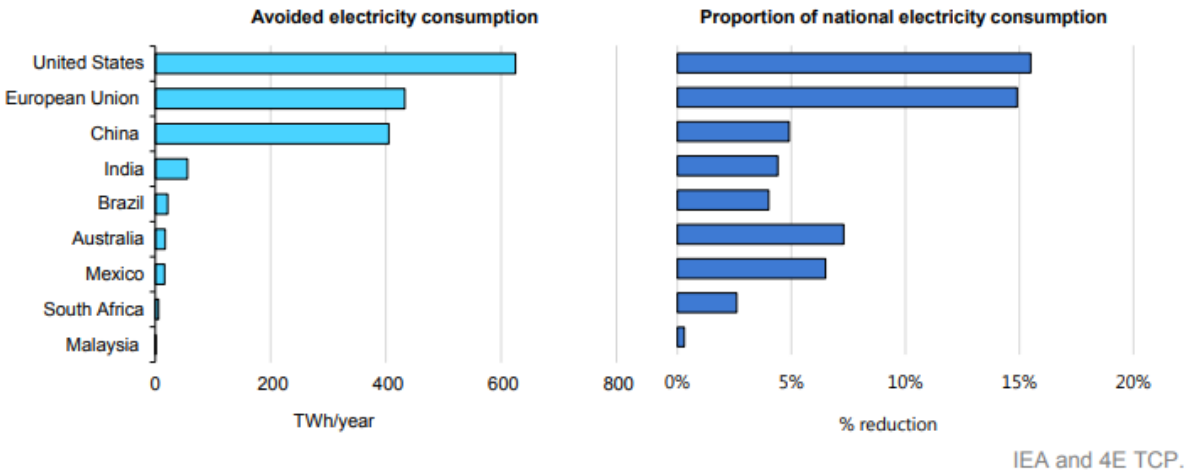


Ilustración 5: Energía eléctrica evitada y proporción del consumo (7)

Respecto de los electrodomésticos tomados en cuenta en la estandarización, se comprobó en varios de los territorios que han implementado estándares que el promedio de eficiencia energética de estos equipos ha aumentado entre un 10% y un 30%, llegando a casi un 50% en los países líderes en este tipo de políticas (7).

Para los países líderes, este incremento en la eficiencia llevó a una reducción de emisiones de CO2 de entre un 7% y 10%, en la Ilustración 6: Emisiones de CO2 por estándares de eficiencia MEPS y etiquetado se muestran las emisiones evitadas en 2018 para EEUU, la EU y China para las políticas de estandarización y etiquetado en 2020 así como su proyección .

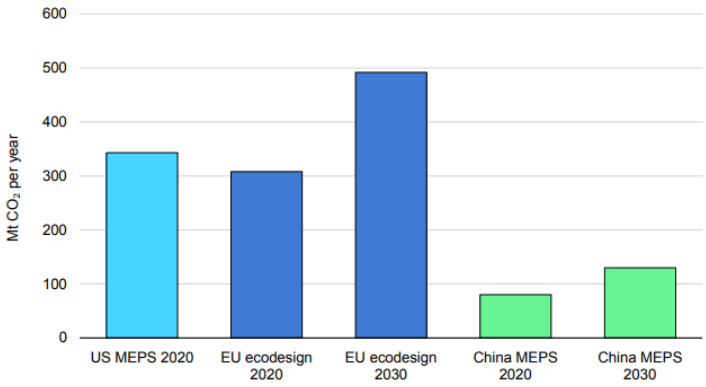


Ilustración 6: Emisiones de CO2 por estándares de eficiencia MEPS y etiquetado (7)

Respecto de la creación de empleos, se han generado miles de puestos de trabajo en la manufactura y venta de electrodomésticos eficientes entre otros empleos directos (7). Como corolario, la creación de puestos de trabajo aumentaría en forma indirecta si se toma en cuenta la mayor cantidad de dinero disponible en los hogares como consecuencia del ahorro en la factura de energía eléctrica derivada de la mayor eficiencia de los equipamientos.

En contrapartida, es cierto que a priori podría considerarse que todos estos beneficios implican un aumento en la inversión inicial necesaria para adquirir los electrodomésticos. Además, teniendo en cuenta que los estándares se introducirían para los equipamientos más masivos, muchos de los cuales son además los más necesarios para los hogares, puede haber cierta reticencia al pensar que esto tendría un impacto socioeconómico negativo.
El impacto podría ser más considerable en los hogares de menores recursos, los cuales muchas veces no tienen la posibilidad de hacer una inversión inicial mayor independientemente de que, a mediano plazo, hubiera un repago de esta, incluso si implicara un ahorro a largo plazo.

Sin embargo, según un estudio realizado por la IEA, se concluye que esto no es así. Para los países analizados, si bien en un principio el precio de los electrodomésticos tomados en cuenta en dicho estudio aumentó, luego el mismo se fue reduciendo en una tasa del 2 al 3% anual. (7).

Tomando el ejemplo de Australia, considerando datos que van desde 1994 a 2014 se observa que, en este período de tiempo, el precio de los refrigeradores disminuyó más de 30%, mientras que el consumo energético de los mismos lo hizo en más de un 40% (7).

Por lo tanto, estas experiencias introducen la posibilidad de que, contrario a la intuición, se podrían introducir estándares que no solamente impliquen un ahorro en la factura energética, sino que no influyan negativamente en los precios del mercado. Esto alivia la presión hacia los consumidores en primera instancia. Esto se evaluará en este proyecto para el mercado uruguayo.

Adicionalmente, es pertinente considerar medidas a nivel nacional para fomentar el recambio de electrodomésticos, con la mira en aumentar el porcentaje de equipamientos con alta eficiencia energética. Pueden considerarse, por ejemplo, préstamos blandos u otros beneficios económicos.

En términos generales, en los países en los que se ha implementado, los hogares han visto un alto nivel de ahorro gracias a estos programas. En Estados Unidos, por ejemplo, la factura de energía eléctrica anual de los hogares se ha reducido en un promedio de USD 320 gracias a estos programas (7). En Latinoamérica no se ha visto este nivel de ahorro, dado que han sido pocos los países de la región en los que se han implementado políticas tan ambiciosas que permitan este nivel de éxito y, donde si se han implementado políticas algo más exigentes, las mismas son muy recientes.

Más allá del costo para la población general, los programas de eficiencia energética implican inversiones a nivel nacional. Sin embargo y en forma análoga a lo que sucede a nivel doméstico, en varios de los países en los que se han introducido, los beneficios superan los costos Ilustración 7: Costo y beneficio de la implementación de MEPS. En este gráfico pueden observarse los costos versus los beneficios de la implementación de MEPS, siendo los costos referidos al sobre costo por adquisición de equipos más eficientes y, a nivel nacional, los costos de la implementación de programas de incentivo, información a la población y beneficios fiscales. En la gráfica se ilustran los costos y beneficios netos de la implementación, siendo que en el eje se observan los ratios de costo/beneficio. Los beneficios se

refieren a la reducción en el consumo y baja en las facturas de energía eléctrica.

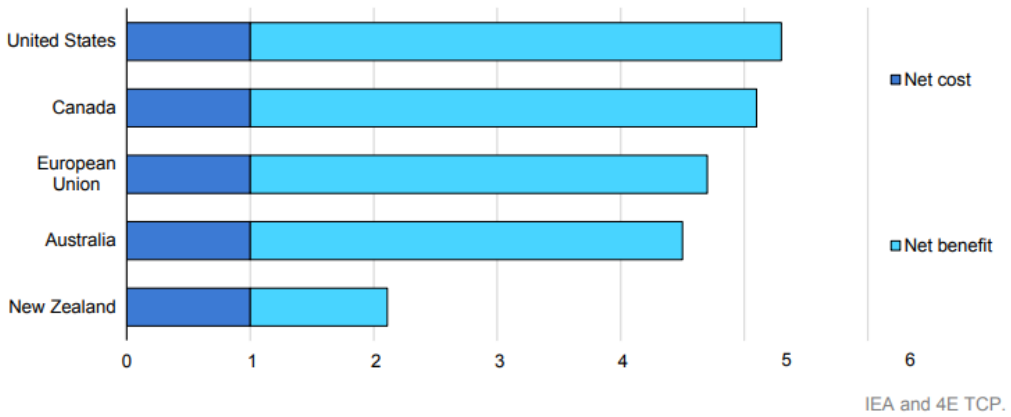


Ilustración 7: Costo y beneficio de la implementación de MEPS. (7)

CLASP distingue cuáles son los países con mejores políticas de MEPS a nivel mundial según esta organización.

Para los aires acondicionados, el país con mejores políticas es China. En China no pueden comercializarse aires con una eficiencia menor a 6,1 Wh/Wh .

Para cada equipo, la unidad de eficiencia energética se mide de diferente manera. En el caso de los aires acondicionados, se utilizaban originalmente SER y COP. Los mismos migraron a parámetros que incluyen la estacionalidad de los diferentes territorios. Se utilizan entonces los nuevos parámetros SEER y SCOP o, en otros territorios el factor anual de eficiencia AFP. Estos parámetros serán explicados más adelante al mencionar las políticas utilizadas en Uruguay.

En el caso de los refrigeradores, la eficiencia suele calcularse como: Índice de eficiencia energética (%) = 100 x 365 x Consumo de energía del aparato / Consumo de energía normalizado del aparato (8), siendo los consumos mencionados dependientes de la definición de los ensayos, que quedan a cargo de las entidades reguladoras de cada país.

Para los calefones, el índice de eficiencia energética se calcula según el territorio. Para Uruguay, el mismo está definido según UNIT (9), lo cual se especificará más adelante en este proyecto.

Según CLASP, es necesario que la eficiencia de los aires acondicionados alcance un crecimiento de al menos un 50% a nivel global para lograr la meta de cero emisiones netas. Se cree que hay potencial para que la misma crezca hasta entre 8,5 y 9 Wh/Wh (10).

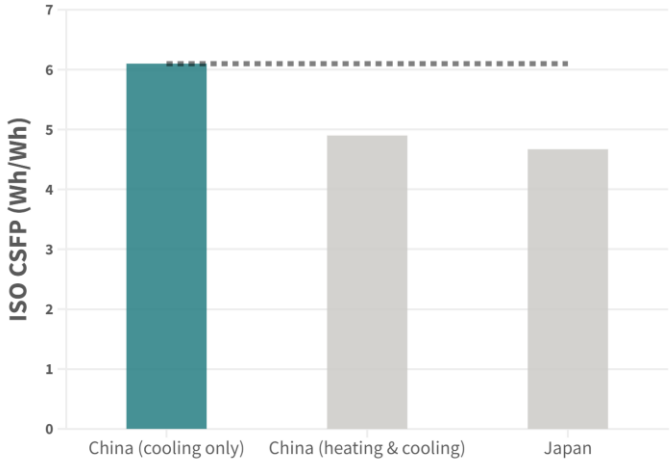


Ilustración 8: Mejores MEPS para Aires Acondicionados (10)

Para los refrigeradores, se estima que para llegar al cero neto todas las ventas desde ahora hasta 2030 deben ser de equipos cuya eficiencia sea igual a los equipos más eficientes disponibles en plaza hoy en día.

Tomando un refrigerador "tipo" de 400 litros y ciertas características fijas, los mismos deben tener, según la IEA, un consumo anual máximo de 279 kWh, siendo este límite cada vez más estricto hasta alcanzar un mínimo de 223 kWh por año.

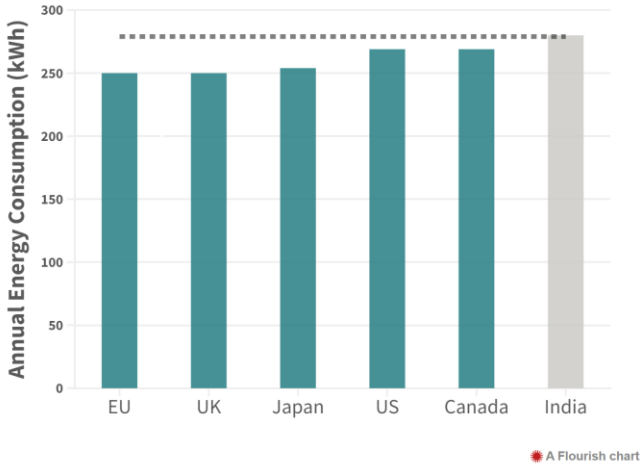


Ilustración 9: Mejores MEPS refrigeradores (10)

Respecto de los calentadores de agua, muchos países cuentan con equipos que utilizan combustibles fósiles, como por ejemplo calderas a gas natural, incluso permaneciendo unidades a gas oil en países menos desarrollados. Según la IEA, 40% de los calentadores deben ser eléctricos si se quiere llegar al escenario de cero emisiones netas. Tal como se verá más adelante, la mayoría de los países del mundo utilizan calentadores de agua instantáneos. El caso uruguayo, donde la mayor parte de los hogares cuenta con calentadores de agua por acumulación, es atípico. El fenómeno se repite de forma excepcional en algunos países como Sudáfrica.

Etiquetado energético

Como fue mencionado anteriormente, el etiquetado energético resulta útil para visualizar los MEPS en forma ordenada.

Si bien el etiquetado no es una condición necesaria para el establecimiento de MEPS, sí es una herramienta importante ya que en algunos países se deciden los MEPS de acuerdo a las franjas de etiquetado, por lo que se decide de esta manera a partir de qué categoría de etiquetado puede comercializarse cierto electrodoméstico.

Es importante destacar que, en este trabajo en particular, no se utilizarán los niveles de etiquetado como MEPS. Es decir que los MEPS no coincidirán necesariamente con los límites de alguna categoría de etiquetado energético.

Sin embargo, es relevante para el consumidor poder saber qué categorías no pueden ser comercializadas ya que los niveles de etiquetado resultan más sencillos para la comprensión del público en general. Por lo tanto, como el etiquetado es una herramienta ya disponible en nuestro país, se aprovechará su utilidad para el estudio de mercado.

Hay diversos tipos de etiquetado energético de acuerdo con el país o región. Dado que las franjas de etiquetado son distintas para cada país. Además, los ensayos fijados para cada electrodoméstico varían ampliamente por lo que no se pueden comparar simplemente mirando el etiquetado -esto quiere decir que el significado de la letra A para la Unión Europea no es el mismo que, por ejemplo, para Uruguay-.

Así como los estándares, los etiquetados deben actualizarse. De otra manera se llega a un punto en el que todos los equipos que se venden en un país son del nivel de eficiencia más alto, pero con grandes diferencias entre sí.

En este proyecto se mostrarán algunos etiquetados energéticos a nivel global y se compararán con el uruguayo para que, al delinear estándares mínimos, se pueda utilizar la herramienta del etiquetado como método de información para el usuario. De ser oportuno, se sugerirá un rediseño -por ejemplo, en caso de que luego de aplicados los MEPS sugeridos todos los electrodomésticos quedaran en la categoría A-.

MEPS – criterios para la definición de nuevas políticas

Para países donde no se han implementado ningún tipo de estándares de eficiencia energética, comenzar desde cero puede ser confuso. Como fue mencionado anteriormente, un aspecto a tomar en cuenta es la integración regional. Resulta más fácil encontrar una sinergia con países de la región dado que, sobre todo considerando países como Uruguay con una pequeña o nula industria nacional en el rubro, la importación "en bloque" suele resultar más conveniente económicamente. A su vez, imponer estándares demasiado diferentes a los de los países vecinos (sobre todo si estos son más estrictos) puede terminar por encarecer los productos para el consumidor final.

Hay una serie de criterios que se pueden tomar en cuenta, como por ejemplo eliminar un porcentaje fijo de los equipamientos menos eficientes. Una alternativa que suele tomarse es eliminar el 20% menos eficiente.

Otro criterio posible es considerar el costo del ciclo de vida. Esto se refiere a comparar los costos de un equipo promedio versus el de uno eficiente, tomando en cuenta para la comparación no solamente el precio inicial sino el costo de funcionamiento del equipo durante todo su ciclo de vida desde su adquisición hasta su obsolescencia.

Para simplificar, si se asume una vida útil de 5 años tanto para el equipo promedio como para el eficiente, asumiendo una tasa de descuento del 10%, utilizando un ejemplo:

Inversión inicial Promedio	$1,000		Costo anual promedio	180
Inversión inicial Eficiente	$1,250		Costo anual eficiente	90
Tasa de descuento	10%			

AÑO	PROMEDIO	EFICIENTE
1	163.64	81.82
2	148.76	74.38
3	135.24	67.62
4	122.94	61.47
5	111.77	55.88
TOTAL	1682.34	1591.17

Ilustración 10: Costo del ciclo de vida ejemplo, equipo estándar vs. eficiente

En esta tabla, los valores se expresan en dólares a valor presente. El total refiere al costo del ciclo de vida, incluida la inversión inicial.

Sea cual sea el criterio de definición, no hay ninguna evidencia de que las políticas implementadas hayan incrementado los precios al consumidor, sino todo lo contrario. En el caso de los fabricantes, se ha visto que en muchos casos los mismos pueden afrontar los costos implicados en los cambios de diseño sin trasladárselo directamente al consumidor final. Para esto, se debe contar con los incentivos adecuados para la inversión en nuevas tecnologías.

Para ilustrar lo mencionado, se puede tomar el ejemplo de Ghana, tal como fue expuesto en la Conferencia Global de Energía de 2018 (11).

Tomando en cuenta los refrigeradores en ese país, si bien la eficiencia y capacidad promedio en litros de los refrigeradores que se comercializan han incrementado, el precio se ha sostenido tal y como se muestra en la Ilustración 11: Refrigeradores en Ghana, eficiencia y costo **Error! Reference source not found.**.

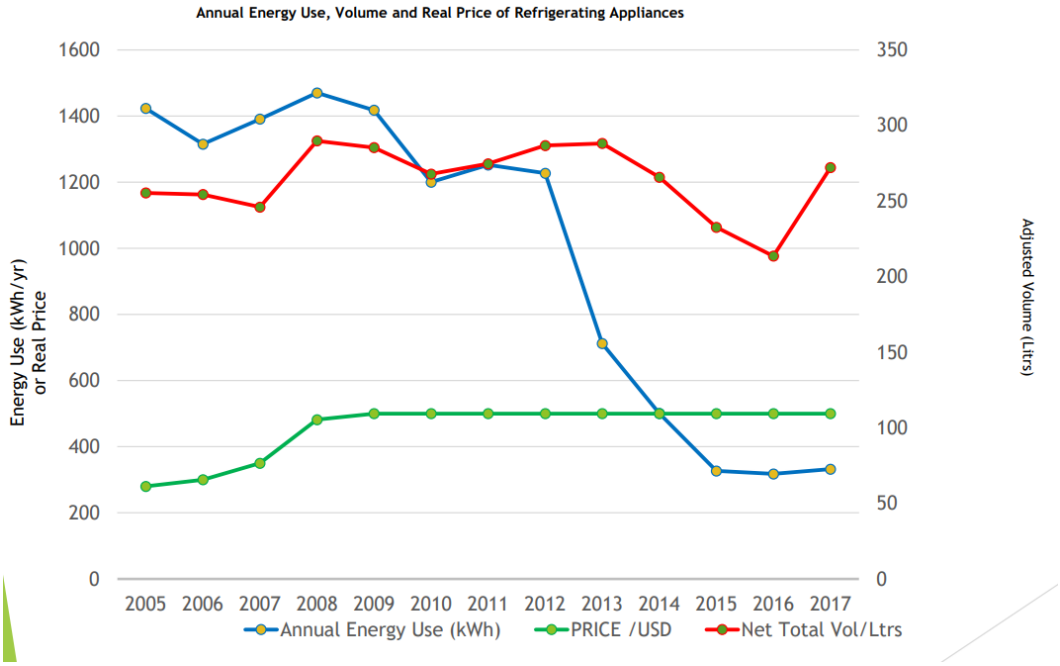


Ilustración 11: Refrigeradores en Ghana, eficiencia y costo (11)

En Estados Unidos, estos estándares también han derivado en resultados similares como se ve en la Ilustración 12: Refrigeradores en Estados Unidos, eficiencia y costo **Error! Reference source not found.**.

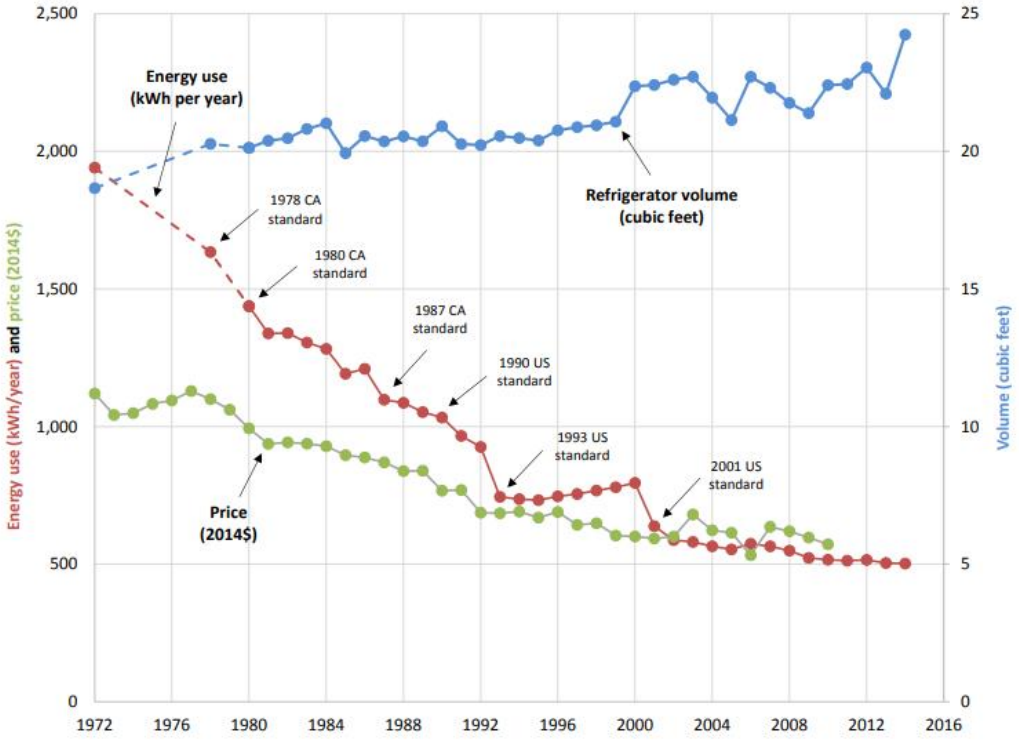


Ilustración 12: Refrigeradores en Estados Unidos, eficiencia y costo (12)

A pesar de los datos expuestos, la realidad es que en muchos casos sí suele desprenderse de los análisis de mercado que muchas veces los equipamientos más eficientes son efectivamente los menos económicos.

Sin embargo, lo que no es tan intuitivo son las razones por las cuales esto sucede. No siempre una mayor eficiencia implica un mayor costo de importación resultando en un precio más alto para el consumidor final.

A menudo se observa que se toma la eficiencia como un estándar de calidad. De esta manera, algunos fabricantes y comerciantes suelen introducir un margen de ganancia mayor para los productos más eficientes. El objetivo de esto es diferenciarse de la competencia, introduciendo estos productos únicamente para un nicho de mercado: el de los hogares con más alto poder adquisitivo. De esta manera, los equipamientos de alta eficiencia se transforman en artículos de lujo o exclusivos.

Con los estándares de eficiencia se elimina esta especulación, dado que los equipamientos menos eficientes no podrían siquiera comercializarse en plaza. Esto contribuiría a disminuir los márgenes de ganancia excesivos o la diferenciación de productos eficientes. Entonces, los mismos dejarían de ser bienes de lujo accesibles solamente para un nicho de mercado pudiendo masificarse y llegar a todos los hogares.

Impacto en economías emergentes

Dado que en este trabajo se busca implementar MEPS para Uruguay, es interesante detallar las tendencias de demanda energética y eficiencia para economías emergentes, en particular las seis principales a nivel mundial: Brasil, China, India, Indonesia, México y Sudáfrica. En términos de demanda, estos países suponen 1/3 de la demanda energética total a nivel global, lo que equivale a toda la demanda de Europa y Estados Unidos combinadas (5).

Estos seis países han participado en el programa de la IEA llamado “E4”. Este es un programa que pretende acompañar la implementación de medidas para la mejora de eficiencia energética. Aunque el mismo comenzó en 2014, estos territorios comenzaron a implementar medidas antes de eso.

La intensidad energética en estas seis economías tuvo una variación drástica en el período que va desde el 2000 al 2016, como puede verse en la Ilustración 13: Intensidad energética para las principales economías emergentes . Para esto se utiliza la paridad del poder de compra, es decir que se toma el precio de una canasta básica en cada territorio de manera de poder comparar los costos entre un país y otro.

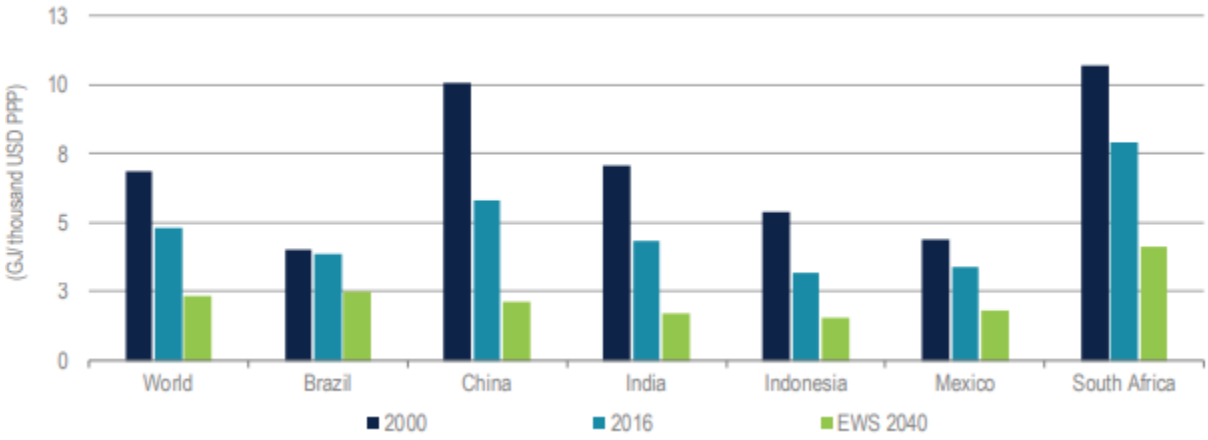


Ilustración 13: Intensidad energética para las principales economías emergentes (5).

La intensidad energética ha mejorado en el total de estas economías en un total de 29%. Según el escenario “Efficient World Scenario” (EWS) de la IEA para 2040 se espera que esto mejore aún más. La intensidad para estas economías podría bajar hasta un 50% (5).

En particular, se espera que en Brasil la demanda energética aumente fuertemente en los próximos años, por lo que es muy importante la implementación de políticas que disminuyan la intensidad energética.
El tipo de energía utilizada también ha ido cambiando en este país, siendo que el petróleo y la leña han perdido protagonismo en favor de un crecimiento acentuado de la energía eléctrica.

Brasil ha incursionado exitosamente en diversos programas para seguir disminuyendo la intensidad

energética. En las medidas para el área residencial destaca el etiquetado energético y los MEPS. Las iniciativas comenzaron en 1984, con la creación del programa de etiquetado. Luego en acuerdo con PBE, PROCEL y CONPET se crearon sellos para destacar aquellos equipamientos más eficientes. Después de la creación de la ley de eficiencia energética se comenzaron a implementar MEPS para distintos equipamientos.

Evaluación y modelado de políticas energéticas

Es importante contar con herramientas que permitan el modelado de las políticas energéticas a considerar para un territorio, en particular si es la primera vez que se implementan. Al contar con modelos actualizados y precisos, se tiene información acerca de los impactos de dichas políticas antes de llevarlas a cabo.

Se encuentran varias herramientas que permiten estos modelados, desarrolladas por estados, organizaciones e instituciones educativas alrededor del mundo. En particular, las mismas pueden clasificarse entre las que manejan un sistema bottom-up, en el que se elaboran resultados más complejos a partir de otros más simples (desde un electrodoméstico y su impacto en un hogar, hacia el impacto a nivel nacional) y las que utilizan un sistema top-down, que modela el consumo energético desde un punto de vista más amplio. Estas últimas están generalmente orientadas a analizar la interacción entre la eficiencia de los electrodomésticos con otros sectores de la energía y economía de un país, por lo que toman un enfoque más generalista y no tan orientado a lo que se busca en la incorporación de MEPS (13). Por lo tanto, resulta más adecuado a los efectos de este proyecto seleccionar entre las herramientas que utilizan un sistema bottom-up.

Respecto de las herramientas que se utilizarán como apoyo en este trabajo, PAMS y MEPSY, este último es un método más moderno y con datos más actualizados, que se construyó como sucesor de PAMS. De todas formas, es útil observar también los resultados del modelado con PAMS, por ser el mismo más “abierto al usuario”. PAMS se desarrolla en una planilla de Excel, por lo que es más sencillo comprender su funcionamiento. Además, se pueden personalizar más entradas con datos específicos introducidos por el usuario. Finalmente, en el caso de PAMS se cuenta con información acerca de los algoritmos y modelos matemáticos que utiliza, mientras que para MEPSY no se han divulgado los mismos en forma abierta. En este trabajo se tomó conocimiento de algunas de las ecuaciones utilizadas mediante comunicación personal con los desarrolladores de ambos sistemas.

Para crear MEPSY, no solamente se “modernizó” a su predecesor, sino que los autores tomaron en cuenta otros modelos con el objetivo de corregir algunos aspectos. En la **Error! Reference source not found.** se muestran dichas herramientas y las mejoras que, según los autores de MEPSY, debían realizarse. Como estos modelos ya fueron tomados en cuenta por los autores de MEPSY y, según la literatura al respecto, el mismo es una mejora de éstos, no se profundizará en los mismos.

Se mencionará también la herramienta BUENAS, que no se utilizará en este proyecto por su antigüedad, pero que realiza un análisis económico global de las políticas energéticas para varios equipos en determinados territorios, y que fue utilizada por varios países que se tomarán aquí como ejemplo.

BUENAS

BUENAS fue desarrollado por el mismo equipo que desarrolló PAMS y se menciona en este proyecto ya que fue utilizado por varios países, entre ellos Chile, China y Sudáfrica, para la evaluación de ahorros como consecuencia de la implementación de políticas energéticas.

En particular, el caso sudafricano es relevante por la similitud en el tipo de calentador de agua que utiliza ese país y el usado en Uruguay. No es común otras partes del mundo utilizar calentadores de agua de acumulación, por lo que el caso sudafricano se estudiará más adelante en este proyecto.

BUENAS (bottom-up energy analysis system) es una herramienta desarrollada por LBNL para modelar políticas energéticas con el sistema bottom-up. A diferencia de PAMS y MEPSY, no realiza un análisis costo-beneficio para cada equipo de manera individual, sino que evalúa beneficios globales de las políticas a implementar para todas las aplicaciones modeladas, las cuales incluyen refrigeración, calentamiento de agua, televisión, etc. Por estas diferencias es que incluso se han utilizado ambas herramientas en conjunto, por ejemplo, por la cooperación económica Asia-Pacífico (APEC) para diseños energético-sustentables (CEEDS).

BUENAS incluye modelos para 12 países en donde la Unión Europea cuenta como un único país, y centra su estudio en equipos residenciales y aplicaciones industriales proyectando los distintos escenarios desde el año de implementación de la política en 2005 hasta 2030.

Calcula los ahorros según la diferencia en la demanda energética en los diferentes escenarios y proyecta la reducción de gases de efecto invernadero para estos países.

Entre sus utilidades está:

- Predecir los ahorros de energía y reducción de emisiones
- Identificar políticas asequibles
- Priorizar acciones que maximicen el impacto
- Entender el potencial económico

El mismo implementa el modelo contable para energía LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning system) desarrollado por el Instituto de Ambiente de Estocolmo. (14); (15) ; (16)

Si bien BUENAS no se desarrollará en este proyecto debido a la antigüedad de este y la no disponibilidad de la herramienta, se consideró pertinente mencionarla por su peso en la implementación de políticas en varios países para los años anteriores.

PAMS

La herramienta PAMS fue desarrollada en colaboración entre la Universidad de Berkeley y CLASP. Fue con este modelo que se evaluaron diversas políticas a implementar para determinar el estándar utilizado en varios países de Latinoamérica.

Los resultados de la herramienta se centran en dos perspectivas:

1. Perspectiva del consumidor: Costos y beneficios para cada hogar, principalmente la reducción en el costo de la factura eléctrica.
2. Perspectiva Nacional: Costos y beneficios, tomando en cuenta ahorros energéticos, impactos financieros y ambientales.

(17)

Este modelo muestra los beneficios a 10 años de la implementación de distintas políticas comparándolas con un caso base. En el caso base, llamado "*business as usual*", no se crean políticas específicas para la mejora de la eficiencia de los electrodomésticos seleccionados. Sin embargo, se asume un piso de eficiencia para los mismos.

En rasgos generales, el modelo considera, a nivel hogar, los ingresos promedio. Además, toma en cuenta parámetros de electrificación y urbanización. Para el caso de los aires acondicionados, se toma en cuenta también el clima del territorio para saber el tiempo promedio de encendido de este.

Adicionalmente, se considera el incremento de "*primeras compras*" es decir cuántas casas incorporan este electrodoméstico por primera vez y la tasa de reemplazo de este.

Los datos para correr el modelo de forma exitosa son:

1. Datos del producto para el cual se quiere implementar la política:
    a. Tiempo de vida promedio del producto
    b. Costo base
    c. Consumo promedio en kWh

Estos datos pueden obtenerse de evaluaciones de mercado, cámaras de industria, fabricantes e importadores.

2. Datos del país
    a. Precio del kWh
    b. Emisiones de gas de efecto invernadero, en particular CO2
    c. Pérdidas de transmisión y distribución de sus redes eléctricas
    d. Descuentos al consumidor

Estos datos se obtienen de agencias gubernamentales.

3. Opciones y costo de diseños eficientes

Estos últimos pueden obtenerse de reportes técnicos de otros países, regulaciones internacionales, etc.

Para prever las ventas se toma en cuenta cuando fue aproximadamente la primera vez que se compró dicho electrodoméstico en el hogar y el tiempo que se tarda en ser reemplazado.

Resumiendo, para correr el modelo con un mínimo de datos, lo que se necesita son:

- Datos básicos del país que determinen índices económicos y la situación del sector energético nacional.
- Datos del mercado, particularmente ventas y stock.
- Datos del uso de la energía en los hogares para definir tanto el caso base como la(s) política(s) con la(s) que se comparará.

De todas formas, es importante mencionar que no todos los datos necesarios están disponibles en el modelo para todos los países y que, en muchos casos, dado que esta es una herramienta que ya cuenta con varios años, los mismos pueden encontrarse desactualizados.

En particular, puede haber dificultades en obtener datos de mercado dado que, si bien en el momento de creación del PAMS los desarrolladores contaron con varias fuentes, cada una tenía sus limitaciones. El método utiliza una triangulación de todas ellas para aproximar de la mejor manera posible los datos. De todas formas, es posible para el usuario sobre escribir varios de esos parámetros por lo que se podrá ajustar mejor el modelo a la realidad actual del país que se desea modelar (18).

En la Ilustración 14: Pestaña de usuario que permite cambiar datos por defecto se puede ver una captura de pantalla de la hoja de datos.

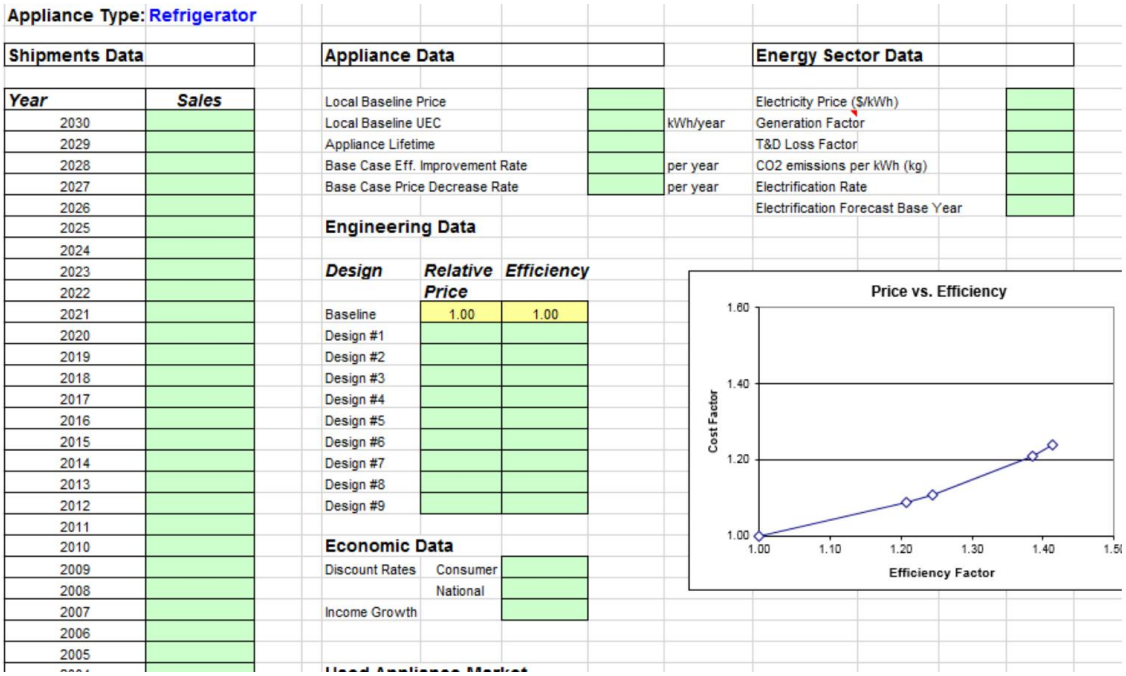


Ilustración 14: Pestaña de usuario que permite cambiar datos por defecto (18)

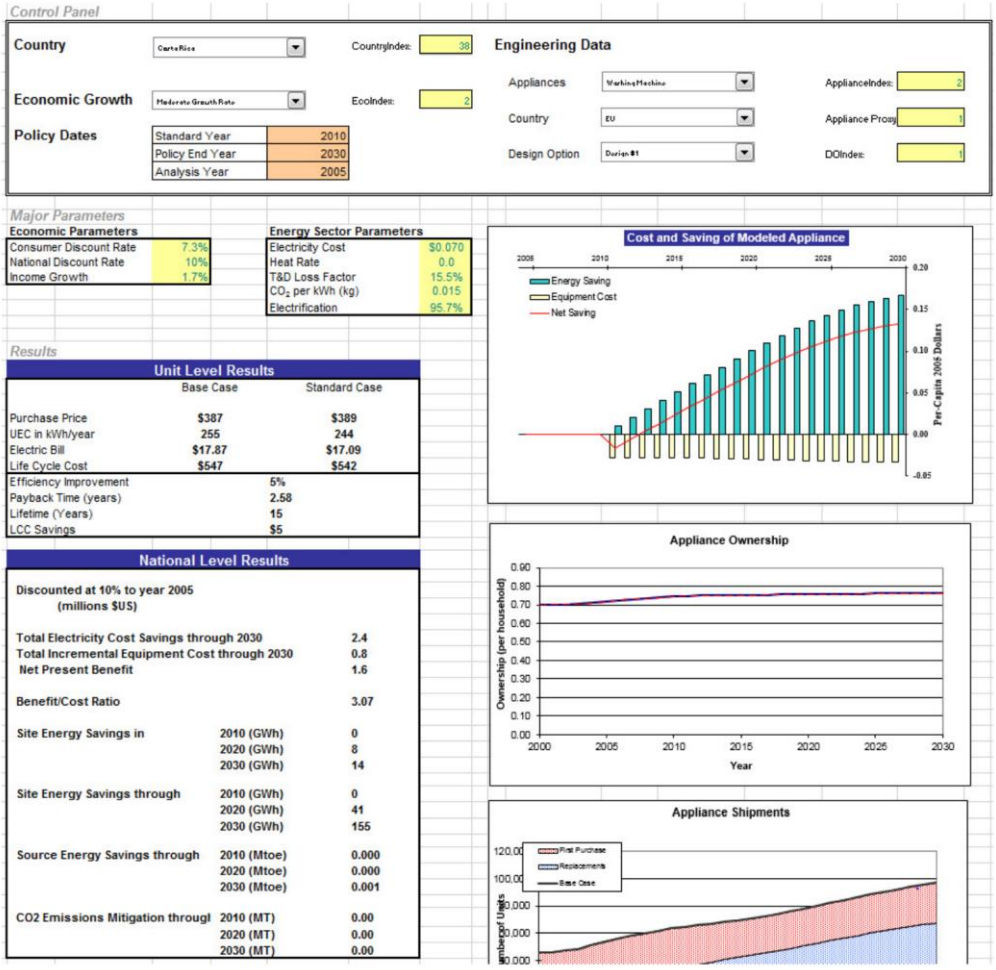


Ilustración 15: Hoja de resumen y resultados de PAMS (18)

Otra de las limitaciones del modelo es que asume un precio estático de la energía eléctrica por lo que no se tienen en cuenta los aumentos anuales, aspecto que debe tenerse en cuenta sobre todo para evaluar el nivel de ahorro en la factura eléctrica de los hogares.

Como fue mencionado, es importante hallar el costo del ciclo de vida del equipo para tener en cuenta.

Costo del ciclo de vida

El costo del ciclo de vida es un parámetro que toma en cuenta el precio de un electrodoméstico y el costo de mantenerlo funcionando durante su vida útil, donde:

$$LLC = EC + \sum_{n=1}^{L} \frac{OC}{(1+DR)^n}$$

- EC es el costo inicial del equipo.
- L es la vida útil del equipo, en años.
- n son los años que pasaron desde la compra.

- OC es el costo de operación del equipo en forma anual.

$$OC = UEC\ x\ P$$

- Siendo UEC es el costo en kWh de operar dicho equipo y P el precio de cada kWh.
- $(1 + DR)^n$ es el llamado factor de descuento, que considera que es menos importante para el consumidor el ahorro a futuro que el gasto presente. DR tiene que ver con la tasa de interés que el consumidor pagaría al comprar un equipo más eficiente y se modelan según las tasas de interés de cada territorio.

Los parámetros DR, L, UEC y P son modificables en la hoja de datos del sistema PAMS para que el usuario pueda colocar datos actualizados del territorio sobre el que va a trabajar.

El costo de vida del equipo se considera para el caso base y para las distintas políticas a evaluar, lo cual demuestra el impacto del aumento de la eficiencia energética en los costos permitiendo saber si en forma neta la implementación redunda en costos o beneficios para el consumidor.

Para cada producto hay diversos niveles de eficiencia y opciones de diseño a considerar. No hay manera de saber de antemano cuál es la mejor dado que el costo del ciclo de vida depende de factores como el precio de la energía eléctrica de cada país.

Debido a los costos de implementación de diseños más eficientes, es de esperar que el precio de modelos se traslade al mercado minorista, impactando en el bolsillo del consumidor. SI bien hay costos de diseño, no se consideran en PAMS.

Si los parámetros no están disponibles en el modelo, se toma un territorio de características similares, asumiendo que el resultado es extrapolable a los efectos de lo que se quiere estudiar.

Design Number	Design Option	Efficiency Improvement	Price Increase	Price Factor	Purchase Price	Elec. Cons.
		%	$		$	kWh/yr
0	Baseline	0%	0	1.00	420	335
1	Baseline + increased door insul. (+15 mm)	12%	5	1.01	425	299
2	1 + decreased door leakage	14%	6	1.01	426	293
3	2 + optimized compressor	30%	15	1.04	435	258
4	3 + increased cabinet insul. (+15 mm)	64%	35	1.08	455	204
5	4 + increased door insul. (+15 mm)	75%	40	1.09	460	191
6	5 + increased cabinet insul. (+15 mm)	102%	59	1.14	479	166
7	6 + doubled evap. Heat cap.	107%	69	1.16	489	162
8	7 + doubled cond. Heat cap.	111%	77	1.18	497	159
9	8 + doubled cond. Surface	116%	112	1.27	532	155

Ilustración 16: Refrigerador dos estrellas, unión europea (19)

En la Ilustración 16 puede observarse el incremento en eficiencia y los aumentos de precio para un tipo de refrigerador dado en la Unión Europea y la diferencia de consumo eléctrico para cada uno de estos

diseños. En cada fila se agregan mejoras al diseño que van consecuentemente aumentando la eficiencia del equipo, por ejemplo se establece que una mejora en la eficiencia del compresor aumenta la eficiencia en aproximadamente un 30%. Esta tabla es un ejemplo de los datos de ingeniería que utiliza el modelo PAMS, en este caso tomando en cuenta una heladera de dos estrellas y una puerta con un compartimiento de freezer interior. El mismo fue analizado para el desarrollo de los MEPS para la Unión Europea (19). El momento en el que la diferencia entre las inversiones iniciales y los ahorros en el consumo eléctrico se igualen depende de factores como la tasa de interés y el costo del kWh (19).

Saturación de mercado

Esto refiere a los hogares que adquieren el electrodoméstico por primera vez. En los países desarrollados este parámetro es casi estático ya que la mayoría de los hogares cuentan en primera instancia con estos equipos. En los países en vías de desarrollo puede ser cambiante

La saturación del mercado es modelada por PAMS tal que:

$$Sat = (K * I(y))^{\lambda_a} * \ [1 - e^{-(bE(y)^{\lambda_b} + cU(y)^{\lambda_c})}]^a$$

Donde:

- Sat es la saturación del mercado para el equipo
- I es el ingreso por hogar, (PBI del país / número de hogares)
- U es el porcentaje de urbanización
- E porcentaje de electrificación
- y es el año donde se proyecta que se sature el mercado

U y E están entre cero y 1 e I no tiene restricción por lo que Sat puede ser mayor a 100%.

Para el aire acondicionado, se sustituye U por una variable dependiente del clima.

Luego aplicando el método de mínimos cuadrados para los diferentes equipos se pueden conocer el resto de los parámetros (19).

Crecimiento económico y electrificación

Para tener en cuenta las diferencias del costo de vida de cada país, se toma en cuenta el poder de paridad de compra. El modelo PAMS usa fuentes de Naciones Unidas para el ingreso por hogar, tamaño de los hogares, urbanización y número de habitantes. Las tasas de electrificación se toman de datos proporcionados por la IEA.

En el caso de Uruguay, por ejemplo, se parte sobre la base de que el mismo ya se encuentra con una tasa de electrificación de aproximadamente 100%. Si esto no se asumiera en PAMS, sí puede colocarse como dato manual por parte del usuario.

Se realizan proyecciones para relacionar el crecimiento económico la electrificación lo cual se modela con la siguiente ecuación:

$$Growth_{elec}(y) = (-4.32 * E(y-1) + 4.46) * Growth_{econ}$$

Siendo ambos crecimientos medidos en forma anual.

En el modelo, pueden elegirse entre diferentes velocidades para las tasas de crecimiento. Tener en cuenta el crecimiento económico resulta primordial. Si bien la suba en los precios para los distintos nunca es dramática, estos son montos que podrían retrasar la tasa de recambio para países en vías de desarrollo (19).

Stock e importaciones

Se tienen en cuenta las importaciones, dado que el número de equipos que entran a un país está íntimamente relacionado con la tasa de reemplazo y saturación del mercado. En países en vías de desarrollo, se ve que los equipos importados responden primeras adquisiciones y para países desarrollados se traduce en reemplazos.

El modelo PAMS toma ecuaciones distintas para el incremento de usuarios y para los reemplazos. Para los usuarios nuevos, la ecuación es:

$$FP(y) = \frac{Pop(y)Sat(y)}{HHSize(y)} - \frac{Pop(y-1)Sat(y-1)}{HHSize(y-1)}$$

Siendo FP primera compra, Sat la saturación ya mencionada en la ecuación y $\frac{Pop(y)}{HHSize(y)}$ el número de casas en el país para ese año.

El recambio se calcula como:

$$REP(y) = \sum_{age=1}^{L} Stock(y-1, age-1) * P_R(age)$$

$Stock(y, age)$ es la cantidad de artefactos "viejos" que permanecen en el mercado para cada año.

Las importaciones se calculan tal que:

$$Shipment(y) = S(y) = FP(y) + REP(y)$$

Finalmente se calcula el número de artefactos "viejos" que permanecen en stock según:

$$Stock(y, age) = Stock(y-1, age-1) * (1 - P_R(age-1))$$

(19)

Cálculo de ahorros a nivel país

Para calcular los ahorros del consumo energético a nivel país, el PAMS compara el consumo en el caso base y en el caso de implementada una política energética (todos los equipamientos nuevos desde el día cero de la implementación estarán por encima de los MEPS).

La ecuación de las ganancias es:

$$NES = NEC_{base} - NEC_{policy}$$

Siendo NES los ahorros nacionales en energía (National Energy Savings) y NEC el consumo neto de energía, donde el consumo anual neto de los productos en stock de un país es:

$$NEC(y) = \sum_{age} Stock(y, age) * UEC(y - age)$$

UEC es el consumo de energía eléctrica del equipo por unidad, y se calcula de acuerdo con el año de adquisición del equipo $(y - age)$. La diferencia entre el caso base y el caso en que se implementa la política para los años posteriores a la implementación de esta es:

$$UEC = UEC_{base} * \frac{Eff_{base}}{Eff_{policy}}$$

El modelo toma en cuenta la innovación que puede producirse en cada mercado de forma autónoma, esto es decir sin implementar ninguna política. La tasa de mejora en la eficiencia para el caso base se deja para completar por el usuario. El mismo debe aplicarse si hay datos históricos para el país o si se esperan mejoras por algún tipo de presión económica y/o social.

La eficiencia mencionada se calcula:

$$Eff(y) = Eff_0 * (1 + R_{Eff})^{(y - y_0)}$$

Eff_0 es la eficiencia del caso base para el año y_0.

R_{Eff} es la tasa de mejora anual

Esta tasa aplica siempre para el caso base, pero para el caso en que se implementa una política solo se toma en cuenta a partir del año en que la eficiencia autónoma sobrepase la política implementada.

Sin embargo, a nivel país se debe tomar en cuenta el consumo de energía primaria y los tipos de combustible que usa el país para generar energía eléctrica.

El PAMS modela esto como:

$$PES = \frac{NES}{1 - TD} * HR$$

Siendo PES los ahorros en energía primaria (Primary Energy Savings).

TD son las pérdidas por transmisión y distribución y HR la medida de eficiencia de las plantas generadoras que funcionan con combustibles fósiles. Todos estos datos se toman de la IEA.

Los ahorros en emisiones de carbono se calculan:

$$CES = \frac{NES}{1 - TD} * CF$$

CF es el factor de emisiones de carbono de las plantas a combustible fósil.

(19)

Valor presente neto y ahorros de energía

Los ahorros de energía refieren a los ahorros que realiza cierto país respecto del gasto evitado en energía primaria por el uso de una política de eficiencia energética comparada con el caso base.

El valor presente neto refiere al beneficio neto de los ahorros para un mercado de consumidores.

Estos tipos de ahorro son los que dibujan un perfil de costos y beneficios, ya que muestran la evolución del stock. Es importante tener en cuenta que, debido a que hay una demora en el recambio de los electrodomésticos a nivel hogar, el impacto de los MEPS es muy escaso al principio, viéndose su efecto al correr de los años. Es por esto por lo que la evaluación del stock y las ventas son una parte importante del PAMS, de esta forma se evaluará cuándo, en promedio, se recambian estos electrodomésticos. Tiene una analogía con el costo del ciclo de vida, pero a nivel país en vez de a nivel unitario.

Entonces, el costo del equipo a nivel nacional es el costo unitario por la cantidad de importaciones de ese equipo tal que:

$$NEC = EC * S(y)$$

El costo operativo de los equipos a nivel nacional es el consumo energético por el precio de la energía:

$$NOC = NEC(y) * P$$

También se modela el proceso autónomo mediante el cual estos productos dejan de convertirse en bienes de lujo y pasan a ser equipos de uso estándar en los hogares, esta tasa de deflación debe ser introducida por el usuario.

Entonces, el precio del caso base para un año determinado está dado por:

$$P_{base}(y) = P_{base}(y_0) * (1 - R_{\text{def}})^{y-y_0}$$

Donde $P_{base}(y)$ es el precio del equipo para ese año, $P_{base}(y_0)$ es el precio del año de referencia y R_{def} la tasa de deflación.

Los ahorros se calculan como los costos de operación de caso base menos el del caso de políticas, llamados ΔNEC y ΔNOC. El valor presente neto es la suma de los ahorros de cada año para una política particular, multiplicado por la tasa de descuento para la política en cuestión.

Entonces, la fórmula para el valor presente neto es:

$$NPV = \sum_{y} \left(\Delta NOC(y) + \Delta \text{NEC(y)}\right) * (1 + DR_N)^{-(y-y_0)}$$

Siendo y_0 el año actual, distinto al de implementación de la política y R_N una tasa de descuento que no es igual a la del ciclo de vida.

(19)

Caso ejemplo

La organización CLASP demuestra el alcance de la herramienta PAMS con el caso mexicano, tal como se verá a continuación (17).

En este caso de estudio se realizó un análisis de mercado, una evaluación costo-beneficio y un análisis medioambiental.

Como se mencionó al describir el modelo, se parte de una política base (en la que no se realizan cambios a la normativa vigente) y se compara con distintas opciones a implementar. En el caso de estudio se observó la repercusión en las áreas mencionadas para tres políticas diferentes.

En el caso mexicano, el país se acopla a las normas de Estados Unidos para los MEPS y etiquetado. En el caso mencionado se toman en cuenta los aires acondicionados y se utilizan las siguientes entradas para el modelo:

- Porción de mercado por tipo de aire acondicionado
    - Según tamaño del equipo, en BTU
    - Según clases de eficiencia energética
- Consideraciones climáticas del país
- Porcentaje de ingresos del hogar utilizados en la energía que consumen estos aparatos
- Cantidad de hogares que tienen aires acondicionados (20%) y cantidad aproximada de horas al día en que los mismos están encendidos – de 8 a 12.

Con esto, se busca saber:

- Si la implementación de MEPS supone un costo o un beneficio para los hogares (tiempo de payback)
- Cuál de las tres políticas introducidas en el modelo resulta mejor
- Cuáles son los impactos en los consumidores de utilizar las mismas políticas que EE. UU.

El modelo PAMS utiliza para saber esto el costo del ciclo de vida de los equipos para los distintos casos y demuestra si el ahorro en el consumo energético a lo largo de la vida del equipo compensa la inversión inicial y en cuántos años sucede esto.

Para estos modelos, se encontró que en todas las opciones el repago se daba en menos de la mitad de la vida útil promedio del equipo en cuestión.

A nivel nacional, los resultados también fueron positivos tanto por la reducción en las emisiones de CO_2, ahorros energéticos por una baja en los picos de demanda como resultado de un menor consumo de los aparatos eficientes.

Se demostró también que la implementación de medidas aceleraba la transición energética a modelos más eficientes, así como grandes ahorros en el consumo energético.

Se encontró que, si bien todos los escenarios estudiados redundaban en beneficio para el país, alinearse con los parámetros estadounidenses no era la manera de obtener mayor beneficio, sino una de las políticas propias.

MEPSY

MEPSY es un programa de evaluación de políticas energéticas lanzado por CLASP y que sustituye al PAMS, aunque no es estrictamente una versión más moderna del mismo sino otra herramienta que contiene diferencias en los algoritmos, bases de datos y otras funcionalidades.

Los desarrolladores de MEPSY evaluaron distintas herramientas disponibles para la evaluación de políticas de estándares mínimos de eficiencia energética y concluyeron que hacía falta una herramienta completa, que llenara las falencias de las otras que estaban en circulación.

MEPSY fue desarrollado en 2020 y consta de una sencilla interfaz web en la que el usuario selecciona el país y el electrodoméstico a evaluar. Además, se pueden personalizar algunos de los datos necesarios para hacerlo más ajustado al territorio en el que se van a evaluar las políticas.

En el caso de MEPSY, también se debe seleccionar un país y un producto, para así obtener un análisis de impactos tanto anuales como acumulativos.

Así como en el PAMS, las entradas a insertar por el usuario son tanto las referentes al producto como a los hogares, así como también datos de stock e importaciones.

En síntesis, lo necesario para correr el modelo puede resumirse de esta manera:

- Pérdidas en la red
- Importaciones
- Eficiencia energética del producto (por ejemplo, relacionada al etiquetado)
- Uso del producto
- Ciclo de vida
- Funciones de recambio
- Tasas de descuento

Al correr el modelo se devuelven diversas gráficas para evaluar los impactos de las políticas ingresadas, así como también valores asociados a los ahorros en emisiones de CO_2, junto con los ahorros en energía primaria. Además, pueden observarse ahorros en costos y finalmente comparaciones con otros territorios.

Así como en PAMS, se elaboran comparaciones entre la política a evaluar contra una base en donde se supone que no se ha implementado ninguna política. Se pueden observar resultados considerando diferentes años en los que dicha política se implementaría. Al igual que el PAMS, MEPSY está pensado específicamente para la evaluación de estándares mínimos de eficiencia energética.

En la puede verse una imagen obtenida de MEPSY, donde se muestra una comparativa del consumo energético por país. Con MEPSY pueden verse distintas comparativas, por lo que no solo se tienen resultados para el país en cuestión, sino que puede observarse dónde se para el mismo con respecto, por ejemplo, a la región.

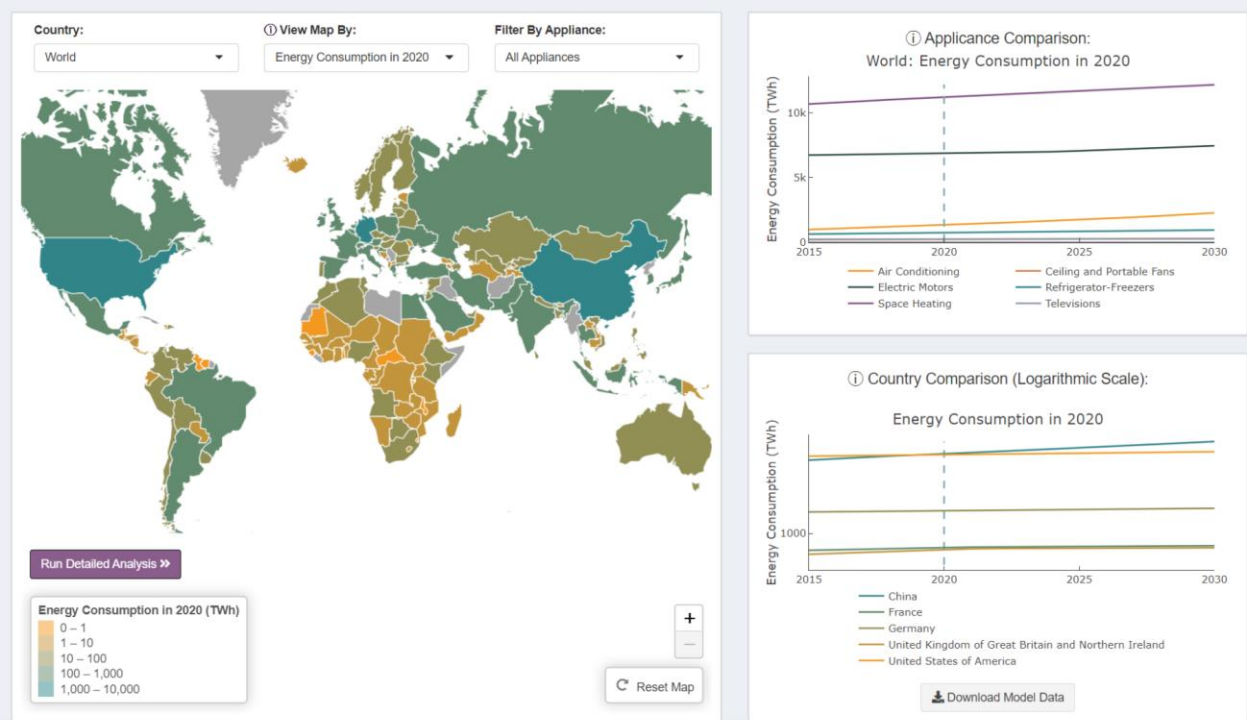


Ilustración 17: MEPSY, energía consumida por país en 2020 (13)

Al abrir MEPSY y seleccionar un país se puede elegir entre tres tipos de estándares. BAU (business as usual por su sigla en inglés) es el escenario base, MEPS es el escenario de estándares mínimos de eficiencia siendo los mismos los estándares sugeridos por CLASP y BAT (best available technology en inglés) que muestra qué sucedería si solamente se pudieran comercializar equipos con la mejor tecnología disponible.

La herramienta cuenta también con un análisis más detallado, que permite al usuario cambiar otros parámetros que se encuentran fijos en el análisis más básico.

Respecto de las ecuaciones utilizadas por MEPSY, en comparación con su predecesor PAMS, de acuerdo con una consulta realizada a uno de los desarrolladores de la herramienta, Jiayi Zhang, las ecuaciones utilizadas para el cálculo de ahorro en consumo de energía en los hogares, reducción en emisiones y costos del ciclo de vida son las mismas en ambas herramientas. Sin embargo, hay un enfoque distinto para el conteo de stock. En el caso de MEPSY no se estima la cantidad de productos existentes en los hogares a partir del índice macroeconómico y cálculo de stock, sino que se toman datos de compañías que hacen estudios de mercado y luego utilizan como variables el stock y el ciclo de vida de dichos equipos. MEPSY usa la función de Weibull y la función en forma de S para calcular los productos en uso hasta el año 2030. Si no hay datos para el país en cuestión, se utilizan aproximados. (Jiayi Zhang, comunicación personal 8-03-2023).

Datos incluidos en el modelo

Entre los datos generales que se asumen, ya que son obtenidos de diversas fuentes (organizaciones internacionales, empresas, gobiernos) se encuentran:

- Pérdidas en las redes
- Factor de emisión de las redes
- Cantidad de energía para generar un kWh en una central generadora a combustible fósil
- Tarifas energéticas

La herramienta tiene tasas de stock, ventas y rendimiento energético, pero cuando no es posible los cálculos se basan según estimados de la región o promedios globales, teniendo en cuenta la población del país, economía o clima si son relevantes. Las importaciones se extrapolan según tendencias recientes (13).

Se encuentran disponibles las fuentes utilizadas para cada uno de estos parámetros. Los autores también muestran los resultados al comparar los BAU contra los publicados por la agencia internacional de energía (IEA) y United for Efficiency (U4E). Los resultados se muestran en la Ilustración 18.

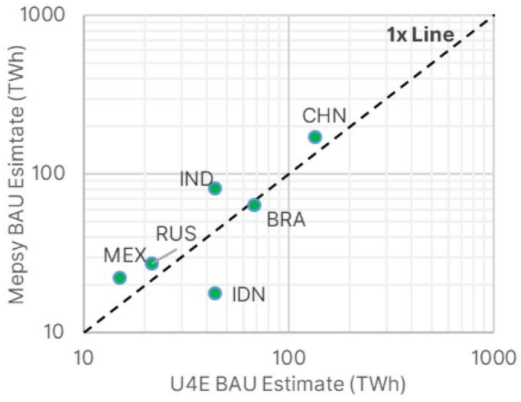


Figure 4. Validation results of Mepsy 2030 BAU scenario for refrigerator-freezers against U4E.

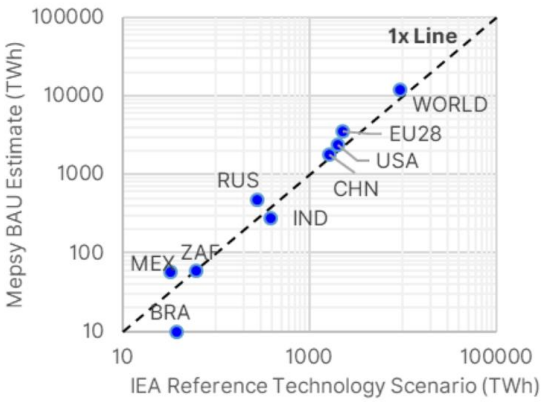
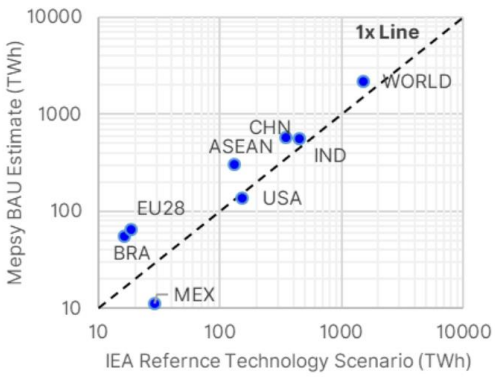


Figure 5. Validation results of Mepsy 2030 BAU scenario for space heating against IEA.



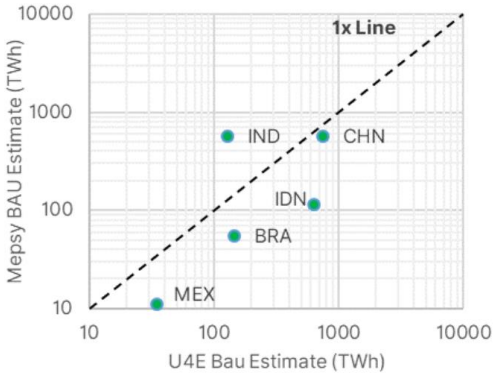


Ilustración 18: Comparación MEPSY-IEA/U4E para el caso base en diversos países (13).

Se observa que este modelo no está alineado para todos los países. Los autores consideran 50% un rango razonable, pero las fuentes y datos se encuentran en revisión para hacerlo más preciso.

Al extender MEPSY hasta 2050 (originalmente se podía ver únicamente el resultado hasta 2030 al igual que PAMS), se incluyeron otras metodologías predictivas de stock de equipamientos en los hogares para mejorar la predicción de stock a futuro. Si bien estas predicciones son más precisas que PAMS y se concluyó que es aceptable considerar que las mismas modelan en forma adecuada el crecimiento de stock, Uruguay no se encuentra entre los países modelados. En el caso de nuestro país se toman entonces aproximaciones teniendo en cuenta los casos existentes en la región (20).

Evaluaciones en forma manual

En este proyecto se utilizarán los resultados de PAMS y MEPSY, pero se considera de suma importancia realizar además cálculos en forma manual para ver aspectos puntuales del impacto de las políticas energéticas a implementar.

En el caso de los aires acondicionados y los refrigeradores, se compararán algunos resultados con los de las herramientas computacionales, pudiendo generar así resultados más completos, que combinen la masividad de datos y algoritmos complejos aportados por los modelos con la especificidad de ciertos aspectos de la realidad uruguaya.

En el caso particular de los calentadores de agua, MEPSY provee de una sección donde se mencionan los calentadores por acumulación pero no es pertinente utilizarlo para este proyecto dado que los mismos no . Siendo éstos un caso particular para la mayoría de los países, para este equipo en particular se tomarán en cuenta los resultados de los cálculos manuales para verificar la viabilidad de los MEPS a implementar.

MEPS – estándares implementados en otros países

Como se mencionó en secciones anteriores de este proyecto, es importante tomar en cuenta los estándares implementados por otros países, dado que la experiencia de estos puede ser de utilidad a la hora de desarrollar políticas nacionales para mínimos de eficiencia.

Cabe destacar, sin embargo, que no todo lo implementado en otros territorios es trasladable a Uruguay. Para ello, es importante tener en cuenta una diversidad de aspectos.

En primera instancia, interesan los aspectos socioeconómicos. Es probable que, para una economía emergente como la uruguaya, no sea posible implementar el mismo nivel de exigencia en las políticas energéticas que los países más desarrollados.

Es importante también tener en cuenta el contexto regional - como fue mencionado un país no puede "despegarse" de los estándares impuestos por los países vecinos - ya que, sobre todo si quisiera instaurar políticas más estrictas, podría verse envuelto en sobrecostos muchas veces insalvables.

Además, deben considerarse las características del mercado local. Como aspectos importantes dentro de este ítem destacan el tamaño del mercado y el porcentaje de producción local de los equipamientos en cuestión.

Es importante también ver si, en la mayoría de los casos, es el usuario final quien realiza la compra del equipamiento o es el contratista/inversor que desarrolla las viviendas el encargado de esto.

Habiendo introducido estas salvedades, este documento se concentrará ahora en ilustrar algunos de los estándares tomados por otros países, algunos con ciertas similitudes con Uruguay -otros no tanto- para, a posteriori, analizar su aplicabilidad.

Unión europea

Refrigeradores

Los refrigeradores se clasifican, en el modelo europeo, según índices de eficiencia energética o EEI.

Para refrigeradores, el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$EEI = \frac{AE_C}{SAE_C}$$

Siendo AE_C el consumo de energía anual de dicho refrigerador y SAE_C el consumo de energía anual estándar para un refrigerador de las características del que se tendrá en cuenta siendo:

$$\mathrm{SAE} = \mathrm{C} \times \mathrm{D} \times \sum_{\mathrm{c}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{A_c} \times \mathrm{B_c} \times [\mathrm{V_c}/\mathrm{V}] \times (\mathrm{N_c} + \mathrm{V} \times \mathrm{r_c} \times \mathrm{M_c})$$

Ilustración 19: Consumo annual estándar (21)

Donde los parámetros especificados en la ecuación surgen de tablas que especifican los tipos de refrigerador (cantidad y tamaño de compartimientos, etc.).

Esta fórmula sustituye una más sencilla, de 2010, que contenía solamente dos parámetros

Teniendo en cuenta los índices de eficiencia energética es que, en 2019 se realiza la clasificación de los refrigeradores que sustituye a la de 2010 eliminando las categorías A+ a A+++ siendo:

Energy efficiency class	Energy efficiency index (EEI)
A	EEI ≤ 41
B	42 < EEI ≤ 51
C	51 < EEI ≤ 64
D	64 < EEI ≤ 80
E	80 < EEI ≤ 100
F	100 < EEI ≤ 125
G	EEI > 125

Ilustración 20: Etiquetado de eficiencia europeo (21)

Aires acondicionados

Para los aires acondicionados, los MEPS en la unión europea se delinean considerando los valores de SCOP y SEER.

Como contexto, se definen COP y EER. COP es una medida de la eficiencia del aire acondicionado en modo calefacción y EER es una medida de la eficiencia, pero en modo de enfriamiento. Para ejemplificar, si el aire acondicionado genera 8 kW de calor por 1 kW eléctrico, su COP sería 8.

Los parámetros SEER y SCOP refieren a nuevas maneras de medir esto, en las cuales se tiene en cuenta también las fluctuaciones en temperatura a lo largo de las estaciones, así como el período de Standby. Esto se hace así para devolver una medida más precisa de la eficiencia energética de dicho equipo.

El SEER y SCOP se tienen en cuenta para los aires acondicionados Split mientras que los parámetros EER y COP se siguen utilizando para la calefacción y refrigeración de ambientes con sistema de ductos (sistema de calefacción/refrigeración central).

Según los parámetros de la Unión Europea, los MEPS para los aires acondicionados son los siguientes:

	Air conditioners, except double and single duct air conditioners		**Double duct air conditioners**		**Single duct air conditioners**	
	SEER	**SCOP (heating season: Average)**	**EER_{rated}**	**COP_{rated}**	**EER_{rated}**	**COP_{rated}**
If GWP of refrigerant > 150 for < 6 kW	4,60	3,80	2,60	2,60	2,60	2,04
If GWP of refrigerant ≤ 150 for < 6 kW	4,14	3,42	2,34	2,34	2,34	1,84
If GWP of refrigerant > 150 for 6-12 kW	4,30	3,80	2,60	2,60	2,60	2,04
If GWP of refrigerant ≤ 150 for 6-12 kW	3,87	3,42	2,34	2,34	2,34	1,84

Ilustración 21: requerimientos para los aires acondicionados en la Unión Europea (22)

Siendo GWP (Global Warming Potential) el potencial de calentamiento global del producto refrigerante que se utiliza en el equipo, es decir el impacto en el calentamiento global relativo a la misma cantidad de dióxido de carbono durante un período de 100 años. Dependiendo de este potencial de calentamiento global, se categorizan diferentes MEPS.

Existen también regulaciones respecto de la máxima potencia que pueden consumir estos equipos en modo “Stand by”. Este consumo no puede ser mayor a 0.5 o 1W dependiendo del tipo de equipo.

Todos los valores de SEER, SCOP, consumos en stand by entre otros parámetros específicos de las distintas funciones deben por obligación ser declarados por el fabricante.

Para calcular los parámetros de SEER y SCOP, se toma en cuenta varios aspectos, entre ellos:

- Tablas que toman en cuenta las estaciones europeas según tablas proporcionadas por la comisión reguladora
- Referencias en las condiciones de diseño
- Consumo para todos los modos de operación relevantes

También se consideran correcciones para temperaturas extremas, degradación de la eficiencia, etc.

No se ha incluido aún a los aires acondicionados en el nuevo sistema de etiquetado por parte de la Unión Europea que eliminan las clases A+ a A+++, por lo que para estos equipos permanecen las categorías A+++ hasta la G.

Según el etiquetado, la clasificación queda de la siguiente manera:

Energy Efficiency Class	SEER	SCOP
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80
E	3,10 ≤ SEER < 3,60	2,20 ≤ SCOP < 2,50
F	2,60 ≤ SEER < 3,10	1,90 ≤ SCOP < 2,20
G	SEER < 2,60	SCOP < 1,90

Ilustración 22: Etiquetado energético para aires acondicionados en la unión europea (23)

De la ilustración anterior se desprende entonces que no se podrán comercializar equipos cuya eficiencia energética corresponda, según el etiquetado vigente, a clase menor o igual a C.

Para este proyecto también es relevante la clasificación anterior. Esto es así ya que la misma es previa a la entrada de los equipos inverter en la Unión Europea. Luego se hizo un rediseño de los escalones así como también de los ensayos. Sin embargo, la normativa antigua es la que se asemeja a la normativa uruguaya actual.

Current energy label

	Split and multi-split	Compact (through-the-wall)	Single- and double ducts
A	3.2 < EER	3.0 < EER	2.6 < EER
B	3.2 ≥ EER > 3.0	3.0 ≥ EER > 2.8	2.6 ≥ EER > 2.4
C	3.0 ≥ EER > 2.8	2.8 ≥ EER > 2.6	2.4 ≥ EER > 2.2
D	2.8 ≥ EER > 2.6	2.6 ≥ EER > 2.4	2.2 ≥ EER > 2.0
E	2.6 ≥ EER > 2.4	2.4 ≥ EER > 2.2	2.0 ≥ EER > 1.8
F	2.4 ≥ EER > 2.2	2.2 ≥ EER > 2.0	1.8 ≥ EER > 1.6
G	2.2 ≥ EER	2.0 ≥ EER	1.6 ≥ EER

Ilustración 23: etiquetado europeo según la normativa anterior (24)

Calefones

Para los calentadores de agua por acumulación, la Unión Europea prevé las franjas de etiquetado de acuerdo con:

Energy efficiency class	Standing loss S in Watts, with storage volume V in litres
A+	$S < 5{,}5 + 3{,}16 \cdot V^{0{,}4}$
A	$5{,}5 + 3{,}16 \cdot V^{0{,}4} \leq S < 8{,}5 + 4{,}25 \cdot V^{0{,}4}$
B	$8{,}5 + 4{,}25 \cdot V^{0{,}4} \leq S < 12 + 5{,}93 \cdot V^{0{,}4}$
C	$12 + 5{,}93 \cdot V^{0{,}4} \leq S < 16{,}66 + 8{,}33 \cdot V^{0{,}4}$
D	$16{,}66 + 8{,}33 \cdot V^{0{,}4} \leq S < 21 + 10{,}33 \cdot V^{0{,}4}$
E	$21 + 10{,}33 \cdot V^{0{,}4} \leq S < 26 + 13{,}66 \cdot V^{0{,}4}$
F	$26 + 13{,}66 \cdot V^{0{,}4} \leq S < 31 + 16{,}66 \cdot V^{0{,}4}$
G	$S > 31 + 16{,}66 \cdot V^{0{,}4}$

Ilustración 24: Etiquetado energético de calentadores de agua de acumulación en la Unión Europea (25)

Donde S son las pérdidas estáticas en Watts y V el volumen en litros. Se debe tomar en cuenta que en este caso las pérdidas son para todos los tanques almacenadores de agua, ya sea para calentar el agua caliente sanitaria o radiadores.

Como se había mencionado, en Europa es una rareza contar con un calentador de agua por acumulación. En la UE, así como en casi todo el resto del mundo (exceptuando Uruguay y Sudáfrica como casos puntuales), los calentadores suelen ser de paso. La tabla presentada es genérica y rige tanto para los calentadores de acumulación para agua sanitaria como con fines de calefacción utilizados solamente en lugares con poco acceso al gas u otros combustibles.

Sudáfrica

Calefones

En el caso de Sudáfrica, se desarrollará en forma particular el caso de los calefones. Esto es así dado que, si bien existen varias diferencias con cómo se comercializan los calefones en Uruguay, en este país los mismos también suelen ser de acumulación.

Además, este fue un caso de estudio por parte de la universidad de Berkeley por lo que se evaluará si las herramientas utilizadas en este caso pueden ser de alguna forma extrapolables al caso uruguayo.

Como contexto, en ese país se esperaba la entrada en servicio en 2010 de dos plantas generadores de energía que, para 2015, no habían sido instaladas aún. Como consecuencia, se tuvo que sobre exigir a los generadores existentes prolongando sus mantenimientos programados y ocasionando finalmente fallos que derivaron en apagones masivos.

Esto fue exacerbado por el hecho de que la tasa de electrificación pasó de ser muy baja - 35% - a finales de los años 80’ a un 83% en 2010. Los perfiles de consumo en el país son muy desiguales debido a la gran inequidad social. Los hogares con ingresos bajos no utilizan calefones, hirviendo el agua para la higiene personal en estufas a carbón o leña. En contrapartida, para los hogares con ingresos altos el consumo eléctrico asciende a entre 750 y 1100 kWh mensuales, de los cuales un 39% corresponde a los calentadores de agua (26).

Es importante resaltar que, en el caso sudafricano, debido a las particularidades tanto de dimensiones (se instalan en áticos en las partes altas de los hogares) y de diseño por agua particularmente dura, no es rentable la importación. La gran mayoría de los calentadores son producidos en forma local donde una única compañía tiene el 65% del mercado.

Otra particularidad es que no es el consumidor final quien elige el calentador para su hogar, sino que al financiar una casa es requerido contratar una empresa de seguros la cual es responsable de instalar y mantener el calentador.

Los calentadores existentes tenían además grandes pérdidas de calor, por lo que dada la gran cantidad de ventas un ahorro en este sentido implicaría una gran reducción en el consumo eléctrico y por lo tanto en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Con todo esto en mente y la necesidad del gobierno de incorporar estándares que no impliquen un esfuerzo insostenible para quienes los fabrican ni quienes los adquieren es que se identificó un nivel de eficiencia que corresponde a un caso base para luego implementar una política acorde a las características del país.

Se contaba con una especie de estándar que no había sido revisado en muchos años, demasiado laxo. De todas formas, hubo una fuerte oposición de la industria para instaurar MEPS argumentando que iba a ser demasiado costoso e inafrontable. Además, se argumentaba que una campaña orientada al consumidor no iba a ser efectiva dado que no eran los mismos quienes seleccionaban el calentador. Finalmente argumentaban que las pruebas que el gobierno quería realizar para clasificar los calentadores estaban obsoletas.

El laboratorio de la universidad de Berkeley desarrolló entonces una serie de pasos en colaboración con el gobierno sudafricano para la inserción de MEPS:

- Comparativa con otros estándares para los calentadores
- Comparativa con pruebas realizadas en otros países
- Estudio económico que determine si las mejoras en el diseño son costo-efectivas
- Encuestas a las aseguradoras acerca del apoyo a MEPS más estrictos

Los intentos por trasladar los MEPS de tal forma que no se puedan comercializar equipos con etiquetado C o menor habían fracasado. Luego de realizados los estudios mencionados, se concluyó que ninguno de los argumentos que la industria esgrimía eran acordes a la realidad, por lo que, con los resultados, las industrias acordaron colocar MEPS aún más estrictos, prohibiendo la comercialización de calentadores de eficiencia menor a B (26).

En 2020 hubo una corrección de la norma SANS 151 mediante la cual se especifican los niveles de eficiencia mínimos para los calefones, así como el etiquetado. Sin embargo, debido a que estas normas no son de público acceso y se debe abonar una suscripción para consultarlas, no se cuenta con los valores exactos en este proyecto.

De todas formas, debido a que el agua es particularmente dura en Sudáfrica - lo cual implica que la tecnología de calentamiento agua de los tanques no sea necesariamente la misma- sumado a que la forma de los tanques es diferente debido a la arquitectura de los hogares y que los tamaños de los calentadores suelen ser mucho mayores que en Uruguay, no resulta necesario realizar esta comparativa. Si bien Sudáfrica es de los pocos países para los que el tipo de calentador de agua es el mismo que Uruguay, las diferencias de diseño hacen que, aunque resulta útil la metodología de trabajo de ese país para aplicar en el caso uruguayo no es así para los resultados, debiendo delinear MEPS específicos para nuestro país.

Argentina

En Argentina, el etiquetado energético y los MEPS se relacionan de manera estricta. Tanto es así que se designan los MEPS según las franjas de etiquetado.

Refrigeradores

En el caso de los refrigeradores, Argentina se rige bajo la norma IRAM 2404-3:2015. La misma mantiene el cálculo para el índice de eficiencia energética utilizado anteriormente en Europa (27) con sus actualizaciones en 2014 que incorporan las letras A+, A++ y A+++ para artículos más eficientes.

Según IRAM, el etiquetado queda de la siguiente manera:

Índice de eficiencia energética: IEE	Clase de eficiencia energética
IEE < 22	A+++
22 ≤ IEE < 33	A++
33 ≤ IEE < 42	A+
42 ≤ IEE < 55	A
55 ≤ IEE < 75	B
75 ≤ IEE < 90	C
90 ≤ IEE	D

Ilustración 25: Etiquetado energético para los refrigeradores en Argentina (28)

Lo que es análogo con la resolución europea anterior a la que se encuentra en vigencia actualmente.

Los MEPS establecidos actualmente en Argentina prohíben la comercialización de equipos cuya eficiencia es menor o igual a B (29).

Aires acondicionados

En el caso de los aires acondicionados, el etiquetado energético se divide también en 7 categorías que van desde la D hasta la A+++.

Clase de eficiencia energética	Condición
A+++	8,50 < IEEE
A++	8,50 ≥ IEEE > 5,60
A+	5,60 ≥ IEEE > 3,60
A	3,60 ≥ IEEE > 3,39
B	3,39 ≥ IEEE > 3,18
C	3,18 ≥ IEEE > 2,97
D	2,97 ≥ IEEE

Ilustración 26: Etiquetado energético para los aires acondicionados divididos en Argentina para modo refrigeración (30)

En el caso argentino, se utiliza el índice de eficiencia energética estacional para refrigeración y COP para calefacción.

En el modo calefacción el etiquetado se muestra de la siguiente manera:

Clase de eficiencia energética	Condición
A	$3{,}60 < COP$
B	$3{,}60 \geq COP > 3{,}40$
C	$3{,}40 \geq COP > 3{,}20$
D	$3{,}20 \geq COP > 2{,}80$
E	$2{,}80 \geq COP > 2{,}60$
F	$2{,}60 \geq COP > 2{,}40$
G	$2{,}40 \geq COP$

Ilustración 27: Etiquetado energético para los aires acondicionados divididos en Argentina para modo calefacción (30)

De tener ambos modos, refrigeración y calefacción, los equipos deberán contar con dos etiquetas.

En el caso de los aires acondicionados, no se pueden comercializar aquellos cuya etiqueta de eficiencia energética sea menor a “A”.

Calefones

En el caso de los termotanques eléctricos, Argentina tiene -al igual que Uruguay- un etiquetado obligatorio, pero no MEPS. Hay que tomar en cuenta que en este país es más común el uso de gas para calentar el agua.

Dado esto junto con la inexistencia de MEPS, no se estudiará este caso.

México

El caso mexicano es interesante, dado que se cuenta con la información que documenta el paso a paso de la revisión de estándares para refrigeradores. Los MEPS existen en México desde el año 1995, y se han actualizado paulatinamente hasta el día de hoy. En este proyecto se detallará el paso a paso que desarrolló el gobierno mexicano en el año 2011 para revisar sus MEPS, asumiendo que este sistema también sirve para nuevos estándares.

Ese año se publicaron estándares nuevos en EE. UU. por lo que se buscaba saber si acoplarse a esos estándares sería beneficioso para México.

En términos económicos se evaluó el costo del ciclo de vida y período de recuperación tomando en cuenta las eficiencias, consumos de energía, los costos incrementales del precio de los equipos para distintos niveles de eficiencia, el precio del kWh para el consumidor promedio entre otros parámetros.

Se tomaron tres escenarios:

- E1: de ahorros energéticos máximos.
- E2: de beneficios económicos máximos.
- E3: una armonización con los parámetros estadounidenses.

Los resultados fueron los siguientes:

	E1		E2		E3	
Clase de Producto	Índice de eficiencia	Ahorros de CCV (Nivel de EE.UU.)	Índice de eficiencia (Ahorros económicos máximos)	Ahorros de CCV - Ahorros económicos máximos	Índice de eficiencia (Ahorros energéticos máximos)	Ahorros de CCV - Ahorros energéticos máximos
1 - refrigeradores de una puerta	1.20	$35	1.20	$35	1.20	$35
3 - refrigeradores de dos puertas con congelador separado y arriba	1.25	$(593)	1.15	$302	1.15	$302
7 - refrigeradores de dos puertas con congelador separado y montado lateralmente	1.25	$(366)	1.15	$153	1.20	$144
11 - refrigeradores compactos	1.25	$42	1.20	$69	1.30	$35

Ilustración 28: Escenarios para MEPS en refrigeradores mexicanos (31)

De esta ilustración resulta que, para los consumidores, la armonización de los MEPS con los de EEUU es rentable en los refrigeradores de tipo 1 y 11 mientras que para el resto tiene impacto negativo. Sin embargo, para un índice de eficiencia de 1,15 y 1,20 sí resulta rentable como se puede ver en los otros dos escenarios.

Además del análisis costo-beneficio, se tomaron en cuenta los posibles impactos de la medida a nivel nacional, que se reduce a 4 puntos clave:

- Ahorros en el consumo energético: Reducción del consumo eléctrico relativo al caso base
- Valor presente neto: Ahorros por un menor consumo por la factura eléctrica y costo del equipo al año actual

- Impactos ambientales: Emisión de CO2
- Capacidad de generación eléctrica evitada: reducción de demanda y necesidad de nuevas centrales

El resultado fue el siguiente:

		ENA* de sitio 2030 (acumulada)	ENA* de fuente 2030 (acumulada)	VPN	Emisiones de CO2 hasta 2030	Capacidad evitada
		GWh	Mtoe	millones MeX$	Mt	MW
	Clase 1	267	0.1	558	0	6
	Clase 3	23,795	4.9	34,142	19	651
	Clase 7	962	0.2	1,422	1	23
	Clase 11	382	0.1	712	0	9
E1	Total	25,407	5.3	36,834	20	689
	Clase 1	267	0.1	558	0	6
	Clase 3	12,252	2.5	32,643	10	335
	Clase 7	255	0.1	680	0	7
	Clase 11	217	0.0	462	0	5
E2	Total	12,991	2.7	34,344	10	353
	Clase 1	267	0.1	558	0	6
	Clase 3	12,252	2.5	32,643	10	335
	Clase 7	649	0.1	1,454	1	17
	Clase 11	535	0	965	0	9
E3	Total	13,702	2.8	35,367	11	367

Ilustración 29: Resultados para 3 escenarios (31)

En la Ilustración 29: Resultados para 3 escenarios se puede ver:

- En las primeras dos columnas, la energía ahorrada a nivel nacional, es decir la reducción del consumo por la introducción de equipos más eficientes relativo al caso base.
- Ahorros financieros netos por la reducción de la factura eléctrica y mayor costo de los aparatos, descontado al año 2010, donde millones MeX$ son millones de pesos mexicanos.
- La reducción de emisiones de CO2 por un decrecimiento en el consumo de energía eléctrica.
- La capacidad de generación evitada, es decir la reducción de la demanda pico y de la necesidad de implementar nuevas centrales eléctricas (31).

Siendo el escenario 1 el de armonización con las políticas estadounidenses, puede verse entonces que si bien no es el escenario que más beneficia al consumidor porque para dos clases de refrigerador implica un mayor costo para el cliente final, sí resulta la mejor política a nivel nacional.Históricamente, y dado que mucha de la producción mexicana de electrodomésticos busca ser competitiva en el mercado estadounidense, se ha optado por armonizar lo más posible los MEPS, así como también los métodos de ensayo.

Este esfuerzo por igualar los estándares estadounidenses ha redundado en una notable disminución del consumo eléctrico de los refrigeradores mexicanos como puede verse en la Ilustración 30: Ahorro de energía para refrigeradores en México

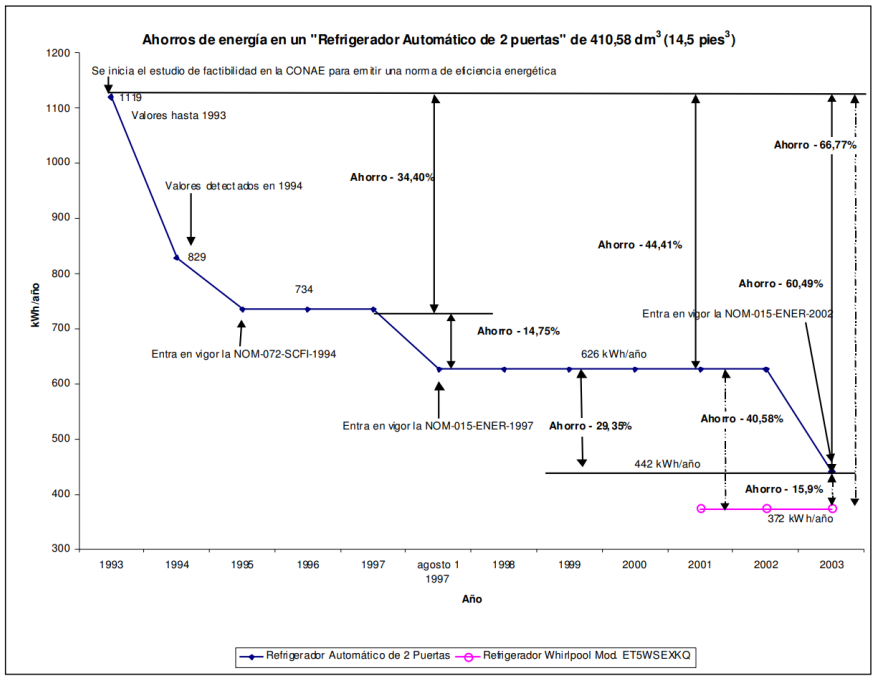


Ilustración 30: Ahorro de energía para refrigeradores en México (31)

Para su normativa, México cuenta con su propia clasificación de tipos de refrigerador, distinta de la europea, pero muy similar a la estadounidense. No se detallarán en este proyecto dado que Uruguay se atiene a la clasificación europea para este tipo de equipamiento. Si se observa el consumo energético de los mismos desde los inicios de la política de MEPS hasta 2010, puede verse que para todos los tipos de refrigerador el consumo energético disminuyó a lo largo de los años como puede verse en la Ilustración 31: consumo energético histórico de los refrigeradores en México

		Consumo energético (kWh/año)						
	Capacidad referencia (dm3)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Clase 1: R o R/C deshielo manual o semiautomático	234	**347**	**344**	**348**	**344**	**341**	**334**	**305**
Clase 3:R/C deshielo automático	322	**453**	**430**	**444**	**416**	**420**	**426**	**427**
Clase 5: R/C montado abajo des. autom	694	**688**	**640**	**634**	**620**	**602**	**582**	**594**
Clase 6. R/C montado arriba des autom desp hielo	527	**676**	**642**	**613**	**603**	**614**	**607**	**535**
Clase 7: R/C montado lateralmente	703	**704**	**638**	**614**	**612**	**586**	**573**	**564**
Clase 11: R o R/C compacto desh man	145	**325**	**319**	**314**	**302**	**305**	**304**	**289**

Ilustración 31: consumo energético histórico de los refrigeradores en México (31)

Para saber qué sobrecostos conllevaría revisar los MEPS se tomó como modelo el mercado estadounidense dado que los datos no podían ser proporcionados por las partes interesadas. De todas formas, es una buena aproximación dado que muchos de los refrigeradores que se encuentran en el mercado de EE. UU. son mexicanos y las estructuras de sus normativas son similares.

PC1-PC11			PC3			PC7		
Eficiencia	CEU	Precio	Eficiencia	CEU	Precio	Eficiencia	CEU	Precio
% arriba de la norma	kWh/año	US$	% arriba de la norma	kWh/año	US$	% arriba de la norma	kWh/año	US$
0%	325	$145	0%	539	$ 533	0%	817	$1,125
10%	292	$151	10%	485	$ 548	10%	735	$1,138
15%	276	$155	15%	458	$ 557	15%	695	$1,149
20%	260	$162	20%	431	$ 625	20%	654	$1,179
25%	244	$174	25%	404	$ 667	25%	613	$1,244
30%	227	$184	30%	377	$ 759	30%	572	$1,385
35%	211	$212	36%	347	$ 892	33%	547	$1,496
40%	195	$221						
45%	179	$255						
50%	162	$274						
59%	134	$341						

Ilustración 32: Costo y eficiencia de las nuevas tecnologías (31)

En la ilustración 32, se muestra el costo y eficiencia de las nuevas tecnologías, siendo PC las clases de producto mencionadas en la ilustración 28 y CEU el consumo energético por unidad de producto. Se ilustra entonces el precio y el consumo de cada uno de estos equipos según cuanto más eficientes son repsecto del mínimo impuesto por la norma.

No se tomaron exactamente esos precios, sino que se ajustó la tabla para mostrar la realidad del mercado mexicano.

Luego, para evaluar el costo del ciclo de vida se utilizó el PAMS ya discutido anteriormente en este proyecto, pero con la particularidad de que LBNL realizó un modelo a medida que se ajustaba con más precisión al mercado mexicano. Se realizaron dos análisis, uno con el costo promedio de la tarifa eléctrica para el consumidor y otra a nivel país, considerando los costos de la energía eléctrica.

Para el ciclo de vida se tomaron 15 años como tiempo de vida estimado para los refrigeradores de dos puertas y 10 años para los de una puerta y se estimaron tasas de descuento para los consumidores y a nivel país.

Los resultados del costo de ciclo de vida muestran que no todos los diseños de normativa son rentables para el consumidor. De hecho, muchos muestran un gasto excesivo. En la ilustración 33 puede verse en negrita la norma adoptada por Estados Unidos en 2010. Un delta CCV (delta del costo del ciclo de vida) alto es negativo para el consumidor y un delta negativo es positivo para el consumidor.

	Clase 3				
	Índice de eficiencia	Costo Incremental	CEU	CCV	Delta CCV
		MX$	kWh	MX$	MX$
Sin norma	1.06		480	$13,751	
diseño 1	1.10	$188	462	$13,593	$(158)
diseño 2	1.15	$315	442	$13,449	$(302)
diseño 3	1.20	$ 1,166	424	$14,043	$291
diseño 4	**1.25**	**$ 1,702**	**407**	**$14,344**	**$593**
diseño 5	1.30	$ 2,878	391	$15,294	$1,543
diseño 6	1.36	$ 4,565	374	$16,725	$2,973

Ilustración 33: Costo del ciclo de vida para los refrigeradores de dos puertas

Puede verse que en este caso hay diseños más rentables para el consumidor, pero con una menor eficiencia.

Luego para el período de recuperación simple (PR), que se define en este caso como ''la relación entre el precio incremental que ocurre en el primer año y el ahorro sobre la factura de electricidad'' y que se usa como una estimación del tiempo requerido para recuperar la inversión inicial (31), se observa en la ilustración 34 que la recuperación toma entre 5 y 20 años según la clase de refrigerador.

	Clase 1		Clase 11		Clase 3		Clase 7	
	Índice de eficiencia	PR	Índice de eficiencia	PR	Índice de eficiencia	PR	Índice de eficiencia	PR
		años		Años		años		Años
Vida útil		10		10		15		15
Sin norma	1.17		1.14	-	1.06		1.12	
Diseño 1	**1.2**	5.0	1.2	4.7	1.1	4.0	1.15	4.4
Diseño 2	1.25	8.4	**1.25**	7.4	1.15	5.0	1.2	9.2
Diseño 3	1.3	8.6	1.3	7.9	1.2	17.4	**1.25**	16.4
Diseño 4	1.35	13.4	1.35	12.2	**1.25**	20.1	1.3	29.5
Diseño 5	1.4	12.5	1.4	11.7	1.3	28.8	1.33	37.7
Diseño 6	1.45	16.5	1.45	15.4	1.36	38.8		
Diseño 7	1.5	17.2	1.5	16.3				
Diseño 8	1.59	22.7	1.59	21.6				

Ilustración 34 período de recuperación

Además, y como ya fue mencionado utilizando el PAMS pueden conocerse también las repercusiones a nivel nacional, más específicamente:

- Ahorros de energía
- Valor presente neto del ciclo de vida del equipo
- Impactos ambientales
- Capacidad de generación evitada

Para las ventas, se calibró el PAMS con los datos mexicanos actualizados a la fecha para obtener más precisión con el modelo.

Luego el modelo PAMS devuelve los índices de eficiencia tanto en el caso base -con el incremento de eficiencia “natural”- como con los distintos diseños de normativa.

PAMS calcula los ahorros de energía a nivel nacional y el valor presente neto conforme las ecuaciones ya presentadas anteriormente.

Los resultados para la clase 3 son los siguientes:

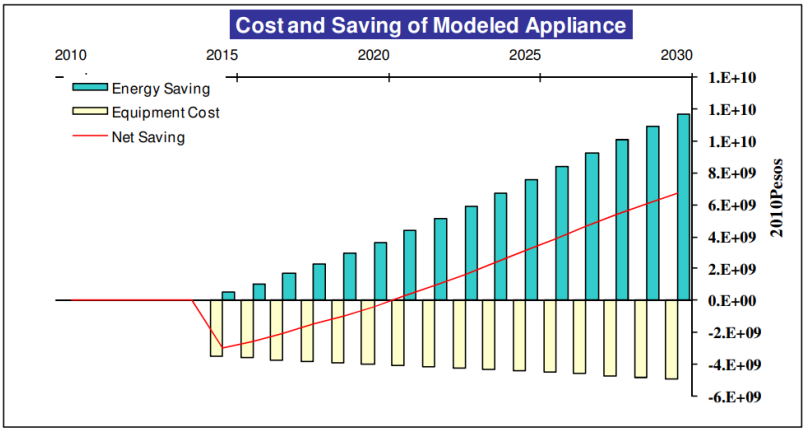


Ilustración 35: Costo y ahorro del refrigerador de clase 3 (31)

Para esa misma clase se realizó entonces una tabla comparativa teniendo en cuenta los resultados mencionados anteriormente.

	Clase 3							
	Índice de eficiencia	ENA de sitio 2030 (acumula-da)	ENA de fuente 2030 (acumula-da)	Costo de los Equipos (nacional)	Ahorros de Energía	VPN	Emisiones de CO2 en 2030 – acumula-das	Capacidad evitada
		GWh	Mtoe	millones MX$	millones MX$	millones MX$	Mt	MW
Sin norma	1.06							
diseño 1	1.1	5,693	1.177	$1,841	$17,457	$15,616	4.6	156
diseño 2	1.15	12,252	2.534	$4,927	$37,570	$32,643	9.8	335
diseño 3	1.2	18,264	3.777	$25,733	$56,007	$30,274	14.6	500
diseño 4	**1.25**	23,795	4.921	$38,827	$72,969	$34,142	19.1	651
diseño 5	1.3	28,901	5.977	$67,553	$88,626	$21,073	23.2	791
diseño 6	1.36	34,533	7.142	$108,750	$105,895	$(2,855)	27.7	945

	E1		E2		E3	
Clase de Producto	Índice de eficiencia	Ahorros de CCV (Nivel de EE.UU.)	Índice de eficiencia (Ahorros económicos máximos)	Ahorros de CCV - Ahorros económicos máximos	Índice de eficiencia (Ahorros energéticos máximos)	Ahorros de CCV - Ahorros energéticos máximos
1	1.20	$35	1.20	$35	1.20	$35
3	1.25	$(593)	1.15	$302	1.15	$302
7	1.25	$(366)	1.15	$153	1.20	$144
11	1.25	$42	1.20	$69	1.30	$35

Ilustración 36: Impacto de las políticas energéticas para refrigerador de clase 3 (31)

Por lo que como conclusión para los equipos de clase 3 – que es la clase que se elige en este proyecto como ejemplo – no es rentable desde el punto de vista de los consumidores la armonización de políticas mexicanas con las estadounidenses. Sin embargo, a nivel país la armonización resulta el camino más rentable y de más ahorro a nivel nacional.

Se obtiene del caso mexicano que no necesariamente una política que privilegia al consumidor es la que promueve mejores resultados a nivel país y, en caso contrario, la política óptima para ahorros a nivel nacional puede resultar perjudicial para el consumidor y ser por lo tanto inconveniente.

Un análisis similar al de los refrigeradores, utilizando también el modelo PAMS, se elaboró para los aires acondicionados.

Chile

Chile estableció un programa nacional para la Eficiencia Energética en 2005, el cual fue sustituido más adelante por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

Desde entonces, este país ha implementado un programa de etiquetado y MEPS para varios electrodomésticos -Ilustración 37: Listado de electrodomésticos etiquetados en Chile .-

1 Refrigerador	14 Blu ray (stanby)
2 Refrigerador-Congelador	15 Motor Trifásico de inducción tipo jaula de ardilla
3 Congelador	16 Acondicionador de Aire
4 Lámparas Incandescentes	17 Lámparas Halógenas
5 LFC	18 Cocinas a gas
6 Lámpara fluorescente de casquillo único y doble	19 Calefones
7 Horno de cocción por microondas (Standby)	20 Lavadora de ropa (Bajo revisión debido a antecedentes de laboratorios).
8 TV (Stand By)	21 Lámpara halógenas de tungsteno con reflector dicroico
9 Decodificador para televisores (Stand By)	22 Secadora de ropa
10 Home Theaters (standby)	23 Lavavajilla
11 Impresoras (stanby)	24 TV (Activo)
12 Equipos de música (stanby)	25 Leña
13 DVD (stanby)	

Ilustración 37: Listado de electrodomésticos etiquetados en Chile (32).

En el año 2014 se elaboró además un plan de acción para la eficiencia energética enfocado al 2020, cuyo objetivo es la reducción de la demanda de energía en un 12%. Esto fue motivado por varios aspectos.

Uno de ellos fue que, a diferencia de Uruguay, Chile tiene una fuerte dependencia energética del precio de los combustibles, siendo que en el 2011 el 78% de su matriz energética fue energía generada por medio de combustibles importados – en 2004 la importación alcanzaba al 84% de la matriz.

	Oferta total de energía primaria (Tcal)	Energía importada (Tcal)	Dependencia energética
1991	144.549	76.470	52,9%
2001	248.172	191.251	77,1%
2011	339.836	265.207	78,0%

Ilustración 38: Dependencia energética en Chile para las últimas décadas (33)

Otro motivo radica en las emisiones de efecto invernadero que, si bien no son aún de una cantidad preocupante, aumentan radicalmente año a año.

Se observa que, en 2011, las aplicaciones comerciales, públicas y residenciales constituyeron un 26% del total de energía secundaria consumida en ese país. Dentro de este segmento, el consumo residencial significó un 76%. Ilustración 39: Consumo energético por sector en Chile (33).

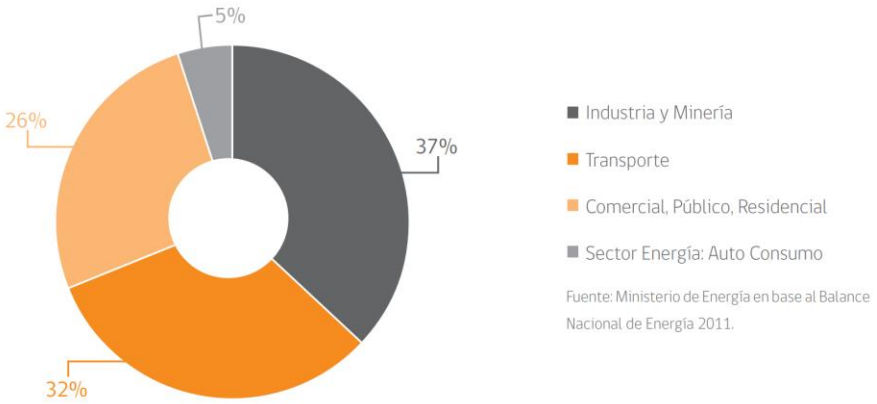


Ilustración 39: Consumo energético por sector en Chile (33)

A raíz de esto es que se creó un marco regulatorio para la eficiencia energética. En particular, el establecimiento de estándares mínimos de eficiencia, otorgándole al Ministerio de Energía el poder de implementar MEPS para los artefactos que así se requieran y el reglamento que da operatividad a la ley, publicado en el Diario Oficial en mayo de 2012.

Respecto de las lámparas en Chile, se utilizó el método PAMS, de manera colaborativa con el LBNL para evaluar las políticas a implementar. Si bien en este trabajo no se consideran las lámparas para el modelo uruguayo, los pasos a seguir resultan interesantes dado que este análisis es extrapolable a otros electrodomésticos. Además, como este programa lleva tiempo de implementación pueden observarse sus beneficios en forma más clara.

Los parámetros utilizados por el método PAMS son:

- Precios de venta de lámparas
- Eficiencia y potencia de las lámparas disponibles en el mercado
- Uso de las lámparas (horas por día)
- Stock y penetración de mercado de lámparas eficientes en el mercado

Se obtienen a raíz de esto resultados no solo a nivel residencia sino también a nivel país.

Se calcularon entonces:

- Los ahorros en generación energética a nivel país (incluyendo pérdidas en redes eléctricas)
- Ahorro en energía primaria
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (el método PAMS calcula el ahorro específico según la mezcla de combustibles necesaria para generar energía en cada país particular)
- Beneficios al consumidor (el valor presente neto)
- Energía evitada

Los resultados obtenidos para iluminación se muestran en (34)

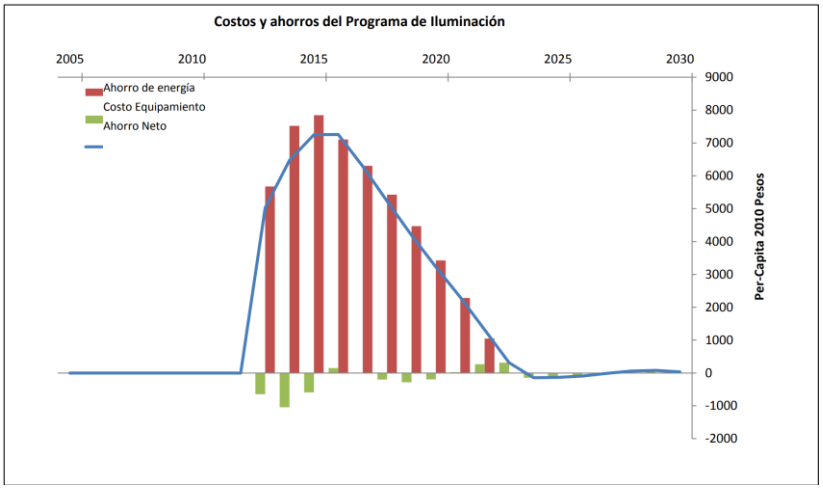


Ilustración 40: Costos y ahorros del programa de iluminación en Chile (34)

Ahorros acumulados en la generación de energía	Escenario de referencia
Hasta 2020	7.426 Tcal
Hasta 2030	7.964 Tcal
Ahorros acumulados de Energía Primaria	
Hasta 2020	16.710 Tcal
Hasta 2030	17.920 Tcal
Emisiones de CO2 evitadas (Mt) hasta 2020	4,51
Emisiones de CO2 evitadas (Mt) hasta 2030	4,83
Potencia desplazada máxima en el período en hora punta 2020 (MW)	872
Valor Presente Neto 2012-2030 (millones US$)	1.363

Ilustración 41: Ahorros al implementar MEPS en iluminación (32)

Para seleccionar para qué electrodomésticos, además de las luminarias, se comenzarían a implementar las políticas, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

1. El porcentaje de consumo de energía que significa este artefacto a nivel doméstico
2. La existencia de MEPS en otros países
3. Posibilidad de avances tecnológicos
4. Evolución de ventas anuales y proyección de estas a futuro
5. Ciclo de vida

Tomando en cuenta el punto 1, en Chile la distribución del consumo energético a nivel doméstico es la siguiente:

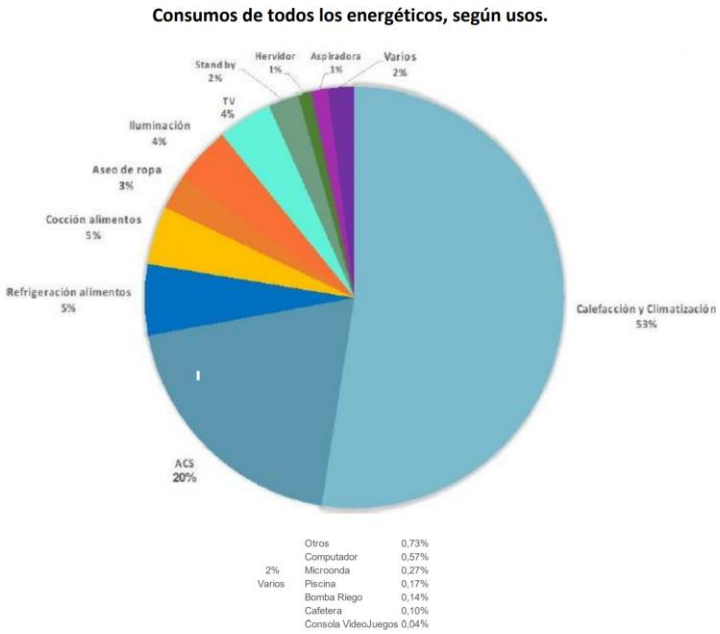


Ilustración 42: Consumo de los energéticos según usos en Chile. (35)

Es importante destacar que el 80% del consumo energético proviene de artefactos que ya tienen etiquetado.

Los electrodomésticos que poseen MEPS en este país en la actualidad son: Iluminación, motores (0.75-705 kW), refrigeradores y freezers y aires acondicionados.

Con los mismos se cubre un 46% del consumo eléctrico de los hogares, lo cual equivale al 10% del consumo energético total.

En el decreto supremo número 97 del año 2011 determina aspectos importantes para la implementación de MEPS:

1. El ministerio de Energía será el encargado de establecer los MEPS
2. Que se deben contemplar los aspectos de diseño de los productos, la comprobación de su la adecuación de los estándares a otros internacionales, participación de público interesado, publicidad de esa implementación.
3. El impulso por parte del ministerio de programas extensivos para la aplicación de MEPS para todos los artefactos de utilicen cualquier tipo de recurso energético y se comercialicen en el país.

Los pasos a seguir para la implementación de MEPS son primero, la selección de los productos. Luego de esto se realiza un informe preliminar, que toma en cuenta los impactos socioeconómicos de las medidas a implementar.

Posteriormente, se realizan consultas públicas donde se reciben comentarios y observaciones de personas y entidades interesadas.
También se realizan coordinaciones con otros organismos del Estado, quienes podrán integrar el comité

técnico consultivo que a posteriori revisa las observaciones surgidas de las consultas públicas. El comité resuelve si las sugerencias se incorporan a los estándares o, por el contrario, se rechazan.

Luego de fijado el estándar, los organismos encargados de certificar los productos que se comercializan en el país solamente podrán hacerlo si los mismos cumplen con los MEPS.

El cumplimiento de estos estándares se fiscalizará, sancionando a infractores como corresponda (36).

Etiquetado y estándares en Chile

Etiquetado

El patrón de etiquetado energético chileno sigue, al igual que el uruguayo, el modelo europeo.

Existen además las categorías A+ y A++ creadas para acompasar la aparición de nuevas tecnologías de mayor eficiencia, tal y como se visualizaban en el estándar europeo que regía hasta hace unos años. Sin embargo, estas categorías más eficientes no están disponibles para todos los electrodomésticos.

Si bien el modelo de la etiqueta se asemeja al europeo, lo que es diferente son las franjas definidas para cada clase de eficiencia energética. Se especificarán las mismas para cada electrodoméstico desarrollado a continuación.

Notar además que el cálculo del IEE en Chile es diferente al del modelo europeo actual, siguiendo otros parámetros que se asemejan al modelo adoptado por EU hasta 2019 (27).

Refrigeradores

Para los refrigeradores, las franjas para las categorías de eficiencia son mostradas en la Ilustración 43, son levemente más laxas que su contraparte europea, pero esto no es notorio a simple vista porque el cálculo para el IEE es diferente en un caso y otro.

No se halló el método de cálculo del IEE en la información disponible sobre las políticas chilenas, pero se asume que no tiene la actualización del estándar europeo, sino que se realiza en base a la reglamentación europea anterior.

Esta suposición se basa en que Chile toma su cálculo de IEE de la normativa del año 2010, (27) y no la de 2019, pero agrega también las letras A+, A++ y A+++ que Europa incorporó en 2014.

En 2021 existe en Chile un proyecto de ley para actualizar el etiquetado tal y como se hizo en la UE, pero no se ha llevado a cabo aún.

CLASES EFICIENCIA ENERGÉTICA	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
ÍNDICE EFICIENCIA ENERGÉTICA	< 30	30-42	42-55	55-75	75-90	90-100	100-110	110-125	>125

Ilustración 43: Categorías de eficiencia energética en Chile para refrigeradores (38)

Respecto de los MEPS la normativa vigente establece:

“No se podrán emitir Certificados de Aprobación para su comercialización en el país a aquellos refrigeradores y refrigeradores-congeladores que tengan una clasificación energética inferior a “B”

transcurridos 9 meses desde la publicación de la presente resolución" (39), detallando que con esto se refiere a un IEE menor a 75.

Es decir, solamente se podrán emitir dichos certificados para equipos de clases B, A, A+ y A++. "Transcurridos 18 meses desde la publicación de la presente resolución no se podrán emitir Certificados de Aprobación para su comercialización en el país a aquellos refrigeradores y refrigeradores-congeladores que tengan una clasificación energética inferior a "A"". (39) detallando que con esto se refiere a un IEE menor a 55.

Es decir, solamente se podrán emitir dichos certificados para refrigeradores y refrigeradores-congeladores de clases A, A+ y A++. Transcurridos 30 meses desde la publicación de la presente resolución se convocará a comité técnico para evaluar la implementación de la medida.

Aires Acondicionados

Según la normativa chilena, esta vez implementada en 2018 se define que:

"No se podrán comercializar, por parte del fabricante y/o importador (…) acondicionadores de aire compactos tengan una clasificación energética inferior a B (…) transcurridos 9 meses desde la dictación de la resolución" (40).

"No se podrán comercializar, por parte del fabricante y/o importador (…) acondicionadores de aire compactos tengan una clasificación energética inferior a "A" (…) transcurridos 21 meses desde la dictación de la resolución" (40).

Clase de EE	Índice de Eficiencia Energética (IEE)	
	Equipos divididos con una unidad interior y una unidad exterior	Compacto
A	3,20 < IEE	3,00 < IEE
B	3,20≥ IEE > 3,00	3,00≥ IEE > 2,80
C	3,00≥ IEE > 2,80	2,80 ≥ IEE > 2,60
D	2,80≥ IEE > 2,60	2,60≥ IEE > 2,40
E	2,60≥ IEE > 2,40	2,40≥ IEE > 2,20
F	2,40≥ IEE > 2,20	2,20≥ IEE > 2,00
G	2,20 ≤ IEE	2,00≤ IEE

Ilustración 44: Clases de eficiencia energética de AA comercializables en Chile para Calefones (41)

El caso de los calentadores de agua por acumulación en Chile no es de interés de este texto dado que en ese país tanto el etiquetado como los MEPS corresponden a calefones de paso a gas, siendo este el tipo de calentador de agua más utilizado en ese país.

Estudios de mercado

A la hora de realizar un estudio de mercado que refleje en forma correcta las características que se quieren relevar, hay que tener en cuenta varios aspectos. Sin conocer los datos apropiados, resulta imposible diseñar estándares que se adapten al mercado en cuestión.

En primera instancia el mismo debe ser lo suficientemente abarcativo como para poder aseverar que los datos obtenidos son representativos. Para esto, las fuentes de información deben ser fiables y de una cantidad y variedad suficiente.

Hay distintos métodos para estudiar el mercado y distintas fuentes de información a tomar en cuenta.

Un abordaje posible es realizar encuestas a nivel hogar, para evaluar qué clase de equipamientos se encuentran mayormente en las residencias.

También es posible un relevamiento en las empresas que comercializan dichos equipamientos para ver qué equipos tienen disponibles y, de los mismos, cuáles son los más vendidos.

En Vietnam, por ejemplo, se realizaron varios relevamientos. En primera instancia, la cantidad de equipos por tipo y por hogar, para saber qué equipamientos eran los más presentes en los domicilios. Además, se relevó el porcentaje de equipamientos que los comercios tenían a la venta según su categoría de eficiencia energética – en el caso de Vietnam, no se utilizan letras como en nuestro país, sino que se discriminan entre equipos de 1 y 5 estrellas-.

Dado que en Uruguay mayor parte de los comercios cuentan con sus catálogos on-line, este relevamiento físico se torna innecesario, por lo que este trabajo se remite a utilizar datos de los sitios web.

Además, no se tomará en cuenta el porcentaje de ventas de equipamientos eficientes de estos comercios, debido a la dificultad a la hora de obtener datos acerca de las características de las ventas de las empresas. Alternativamente, se utilizarán datos a nivel de importaciones, con el objetivo de conocer el porcentaje de equipos de cada categoría de etiquetado energéticos

Web Scraping

El web scraping (alternativamente web harvesting o web data extraction) es una técnica mediante la cual un software extrae datos de página web. Aunque esto puede ser realizado en forma manual por un usuario, el término suele referirse a aquellas búsquedas realizadas por un software automatizado.

El objetivo de esto es extraer la información de diversos sitios para luego pasarla a un formato legible y accesible, para que el usuario pueda posteriormente trabajar con esos datos.

Sin embargo, no suele ser una tarea sencilla ya que los sitios web se encuentran diagramados de maneras diversas, por lo que suele ser complejo programar una aplicación que se adapte correctamente a todos los sitios de los cuales se busca obtener datos.

Para lograrlo, al programa se le provee de un número de direcciones web para cargar. Luego, el mismo extrae la información (ya sea la totalidad de información contenida en la página o ciertos datos preseleccionados por el usuario).

La mayoría de los programas llamados “web scrapers” trasladan la información a una hoja de datos, como Excel, aunque otros más avanzados soportan diferentes formatos para utilizar luego en otras aplicaciones.

El programa puede ser realizado con la ayuda de sitios que brindan parte de dicha programación preconstruida, o alternativamente bajar un software genérico disponible en internet. Sin embargo, si se desea que el programa funcione para los sitios web que el usuario selecciones -sobre todo si estos son diferentes en naturaleza- la aplicación debe construirse desde cero, como es el caso del programa desarrollado para este proyecto.

Estos programas pueden tener distintas interfaces a nivel de usuario, el cual puede interactuar en mayor o menor medida con el software. Para este proyecto, se utiliza el algoritmo de scraping únicamente para rellenar una base de datos en Excel.

A posteriori, se desarrolla una aplicación web para que el usuario acceda, en tiempo real, a la información obtenida por dicho programa. El funcionamiento del scraper desarrollado para este proyecto se explicará con más detalle en la siguiente sección.

Algoritmo utilizado

Tal y como fue mencionado en la sección anterior, para este proyecto se desarrolló un algoritmo de scraping desde cero para obtener datos de distintos proveedores de electrodomésticos. Para esto, se utilizó .NET core como entorno de ejecución. El lenguaje usado para la programación de este software es C#.

La base de datos se realiza en hojas de cálculo de Google dado que de esta manera los datos pueden encontrarse en la nube y accederse desde cualquier lugar.

Para la realización de este algoritmo en primera instancia, se seleccionó un universo de proveedores representativo. Para esto, se buscaron proveedores con amplia presencia no solamente en Montevideo, sino también en todo el país.

Debido a que, como fue mencionado en las características generales de los web scrapers, debe adaptarse el programa a las características particulares de cada sitio, se seleccionó un número limitado de proveedores. Sin embargo, para no perder representatividad se buscó que todas las marcas disponibles en plaza para los electrodomésticos que se trabajan en este proyecto sean comercializadas por al menos uno de los proveedores seleccionado.

Además, los sitios web de los que se extraerán los datos, cuentan con una gran variedad de marcas y modelos, de tal forma que a partir de ellos sea posible modelar la realidad del mercado uruguayo y los artículos existentes en plaza.

Si se quisiera ser más exhaustivo, deberían incluirse además los proveedores más pequeños. Sin embargo, y debido a la complejidad de la programación de este sistema, los mismos no se añadirán en el programa. Para evitar errores en el diagramado de los estándares, de haber marcas y modelos no considerados o cuyos precios se diferencien en forma considerable, se tomarán en cuenta estos resultados a mano.

Habiendo seleccionado los sitios que forman parte del estudio de mercado, se desarrolla entonces un código que tiene el potencial de recorrer los sitios web de estos obteniendo información sobre los electrodomésticos.

Se desarrolló también un Front End utilizando Blazor – una estructura de código abierto que permite crear páginas web con el lenguaje C# - una interfaz que desglosa los datos de Excel en gráficas para que sea más sencillo visualizar los datos. Estas gráficas muestran los distintos modelos de los equipos disponibles en el mercado y los separa por precio y etiquetado energético. No se pudo obtener el consumo energético específico de cada equipo dado que no se encuentra disponible en las páginas web de los proveedores. Desarrollar una aplicación a partir de datos obtenidos a mano implica que la misma no sería actualizable por lo que perdería su utilidad. Los datos de consumo energético que fueron recabados a mano sí se colocaron en la base de datos -también en forma manual- a los efectos de contar con esta información para el proyecto, pero no se proyectan en la interfase dado que el objetivo de esta es que sea dinámica y se actualice automáticamente.

Respecto de las limitaciones de la aplicación desarrollada para este trabajo, se encuentra el hecho de que para muchos equipos algunos de los datos se encontraban en formato imagen y no en forma de texto escrito en las páginas de los proveedores. Por este motivo, no se pudo obtener automáticamente la información del etiquetado para todos los casos por lo que en éstos tuvo que hacerse en forma manual. Existen métodos de programación avanzados que permiten extraer datos de las imágenes hacia bases de datos, pero, dada la complejidad de estas, se considera que excede a este proyecto.

Además, dado que la actualización automática de datos también reviste de cierta complejidad y no es el objetivo del proyecto realizar una aplicación web, se utilizó una versión preliminar cuyo Excel es estático.

En el caso de los aires acondicionados, se encontró que había muchos proveedores que facilitan el etiquetado energético en forma de texto por lo que se probó el funcionamiento del código de actualización automático y se comprobó que efectivamente se actualizan los etiquetados energéticos y precios, así como también se incorporan los nuevos productos que el minorista agrega en la página web, sin necesidad de intervención manual. Sin embargo, como luego se necesitó manipular la base de datos para incluir más parámetros y se concluyó que el desarrollo de un web scraper de esta magnitud excede a este proyecto, se comentó esta parte del código y se optó por utilizar los datos en forma manual.

El código de scraping automático, y que fue probado para los aires acondicionados, se encuentra en el Anexo A de este proyecto .

Es posible con más desarrollo incluir el resto de los parámetros necesarios (por ejemplo, el doble etiquetado para refrigeración calefacción) para que todo se realice automáticamente. Además, con más investigación se podría incluir la lectura de imágenes para que todos los datos necesarios sean obtenidos en forma automática.

Los datos mostrados por el Front End a los efectos de este proyecto, y que corresponden a una base de datos completada en forma manual, datan de octubre de 2022 en el caso de los calefones. En el caso de los refrigeradores y los aires acondicionados, los datos obtenidos son de abril de 2023.

Para complementar el estudio de mercado en el caso de los aires y los refrigeradores, dado que en la web de los minoristas era insuficiente la información acerca de la eficiencia energética, se realizó un

estudio de campo. El mismo consistió en relevar personalmente los precios de refrigeradores y aires en los principales minoristas de Montevideo para poder completar la base de datos mencionada anteriormente.

Además se utilizó la página de UNIT para recabar información extra acerca de algunos productos que se encontraron en la web con datos faltantes.

El contenido en forma de gráficas que se muestra entonces en la aplicación consta de tres tipos de datos:

1. Los actualizados automáticamente, que es el fin último de esta aplicación y el producto al que se debe llegar de querer utilizarla a nivel nacional.
2. Los ingresados en forma manual de la web a partir de productos que no tenían disponible la totalidad de la información en forma de texto
3. Los ingresados del relevamiento de campo, en búsqueda de marcas y modelos con menos participación en el mercado y que pudieran ser relevantes para el estudio.

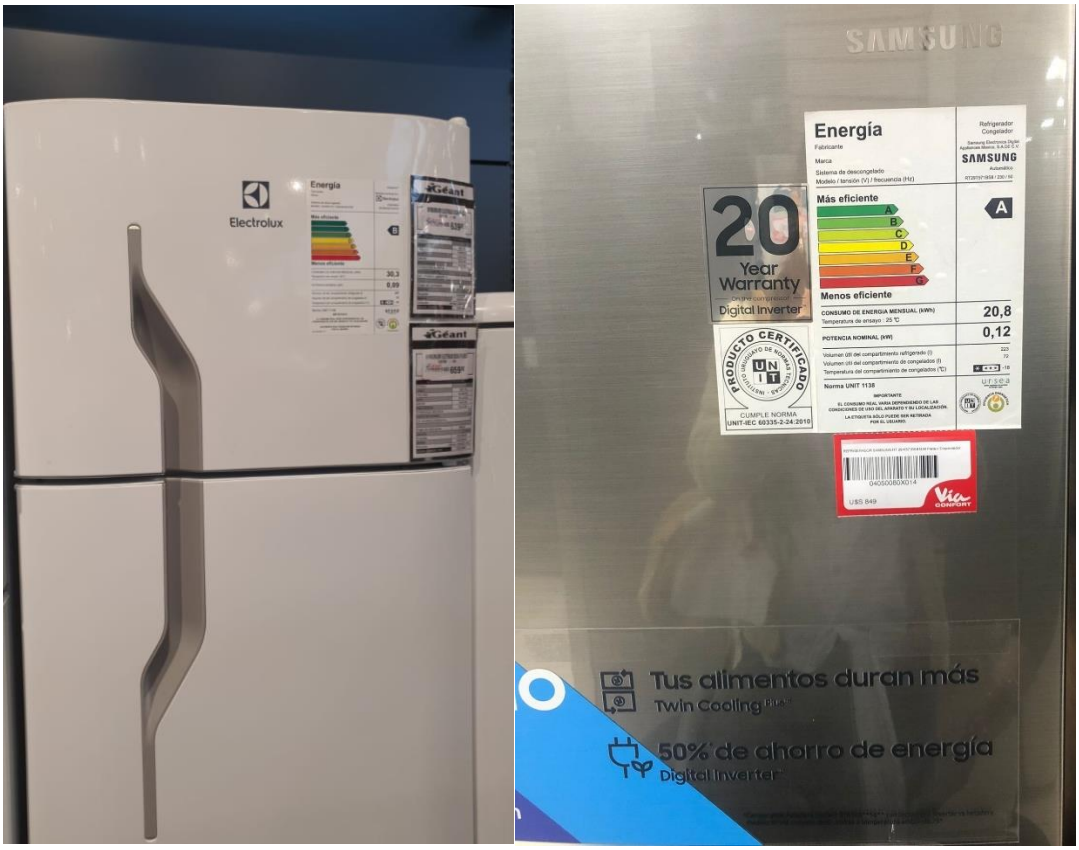


Ilustración 45: Relevamiento de mercado, precio y eficiencia de refrigeradores en Uruguay

Características														
Sub Tipo	Modelo unidad exterior	Tecnología Compresor	Refrigerante	Potencia Nominal (W)	Clase eficiencia refrigeracion	Clase eficiencia calefacción	Energia mensual refrigeracion (kWh)	Energía mensual calefacción (kWh)	Capacidad refrigeración (BTU/H)	Capacidad calefacción (BTU/H)	Capacidad refrigeración (Kw)	Capacidad calefacción (Kw)	Carga masa refrigerante (g)	Tensio nomin (V)
dividido	FUT-ACS9K-IN/2	velocidad variable	R410a	1600	A	A	17,0	15,2	9000	9000	2,6	2,6	750	220-240

Ilustración 46: Productos certificados, consumo y eficiencia energética. Fuente: UNIT

A futuro, si se quisiera utilizar esta herramienta a nivel nacional, se pueden realizar las ampliaciones mencionadas anteriormente.

La aplicación reviste de utilidad para informar a los consumidores de precios promedio según etiquetado y, a nivel país, para actualizar los estándares a nivel nacional. Si se quisiera utilizar de forma efectiva, se puede completar la actualización automática. Para el inconveniente de las imágenes hay dos opciones que suponen incluir la decodificación de texto a partir de dichas imágenes o, en su defecto, legislar de manera que los proveedores deban incluir obligatoriamente en forma de texto esta información en sus sitios web.

Otra alternativa es no utilizar datos de comercios minoristas – se perderían así los datos de precios para el consumidor – sino datos de importaciones y ensayos realizados. Con esto se podría conocer las características del Stock según el consumo en kWh y etiquetado correspondiente. En este proyecto, además de que resultaba importante conocer los precios para el consumidor, no se pudo obtener la información antes mencionada por no tener acceso a bases de datos nacionales como por ejemplo de aduana.

Estándares del mercado uruguayo y marco regulatorio

En Uruguay, existe una Ley de eficiencia energética, la número 18597 del 21 de setiembre de 2009.

En el artículo 1 se declara “de interés nacional el uso eficiente de la energía con el propósito de contribuir con la competitividad de la economía nacional, el desarrollo sostenible del país y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los términos establecidos por el Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático” (42)

En esta Ley se detalla el marco regulatorio en el cual se desarrolla el etiquetado energético, y en el que se podrán crear también los MEPS, a pesar de que hasta el momento se ha optado por no hacerlo.

En particular, en el artículo 13 se detalla

“Para todos los equipamientos consumidores de energía comercializados en

el país, el Poder Ejecutivo podrá fijar tasas diferenciales de impuestos

internos o en su defecto mínimos de eficiencia energética basados en

niveles mínimos de desempeño a partir de indicadores técnicos pertinentes,

conforme se establece en el literal e) del artículo 4º de la presente ley.

Con tal propósito se deberá considerar el impacto socioeconómico de los

instrumentos, la adecuación de la producción nacional a tecnologías más

eficientes y la accesibilidad por parte de la población a las tecnologías

energéticamente más eficientes." (42)

A pesar de que no se han implementado MEPS en el territorio, es a raíz de esta ley que se han creado diversas normas técnicas en la órbita de UNIT. En éstas se hace referencia a los electrodomésticos con etiquetado obligatorio y se clasifica su eficiencia según letras de la A la G.

Se entrevistó para este proyecto a Fernando Gómez, director de UNIT quien aportó información acerca de la normativa en Uruguay.

Según Gómez: "Había una discusión (…) sobre sea más conveniente utilizar índices MEPS mínimos y poner unas líneas sobre las que todos los equipos tenían que superarlas o usar etiquetado. Al final, después de muchas discusiones se decidió trabajar en el tema del etiquetado, sin descartar los MEPS, pero sin imponerlos." (Fernando Gómez, comunicación personal 23-03-2023).

Si bien esto no es decisión de UNIT, el entrevistado participó de las instancias de decisión y comenta que "la política de eficiencia energética trata de no ser una política de sanción sino una política de culturización de la población" (Fernando Gómez, comunicación personal 23-03-2023).

Se consultó además a la DNE, desde donde confirman que se tomó la decisión de no imponer MEPS, al menos durante este período por decisión del poder ejecutivo.

En base a esto se decidió que lo único obligatorio sería informar, de forma de alentar al consumidor a elegir equipos más eficientes trabajando así desde la demanda para generar más consciencia desde el lado del consumidor en vez de trabajar desde el lado de la oferta.

Pueden encontrarse normas técnicas para los etiquetados de una serie de electrodomésticos. En el presente proyecto se expondrán únicamente los aires acondicionados, refrigeradores y calefones ya que es para éstos que se desarrolla una propuesta de MEPS.

Refrigeradores

En el caso de los refrigeradores, el etiquetado tiene las franjas que se muestran en la Ilustración 47: Etiquetado de refrigeradores en Uruguay .

Índice de eficiencia energética: I (%)	Clase de eficiencia energética
I < 55	A
55 ≤ I < 75	B
75 ≤ I < 90	C
90 ≤ I < 100	D
100 ≤ I < 110	E
110 ≤ I < 125	F
125 ≤ I	G

Ilustración 47: Etiquetado de refrigeradores en Uruguay (8)

Al igual que en Chile, el método de cálculo es análogo al que se utilizaba en la Unión Europea hasta 2019 y cuyo cálculo se puede ver en la regulación europea anterior, (27).

Según esta metodología, que también se encuentra en la norma UNIT correspondiente, el cálculo para I se realiza de la siguiente manera:

$$I\ (\%) = 100 * 365 * \frac{Consumo\ de\ energía\ del\ equipo}{Consumo\ de\ energía\ normalizada\ del\ equipos}$$

Siendo:

- *"Consumo de energía del aparato la energía consumida por él mismo calculada sobre un período de 24 h cuando se ensaya conforme al capítulo 15 de la norma UNIT-IEC 62552. Para este ensayo la temperatura ambiente es de 25 °C. UNIT 1138:2011 8*
- *Consumo de energía normalizado del aparato = M x Volumen Ajustado + N (expresado en kWh en un año);*
    - *Volumen ajustado = Volumen útil del compartimiento de conservación de alimentos frescos + Ω x Volumen útil del compartimiento de conservación de alimentos congelados (expresado en litros). Los volúmenes útiles se determinan según el capítulo 7 de la norma UNIT-IEC 62552. Los valores de M, N y Ω se establecen en la tabla A.2"*

(8)

Sin embargo, el etiquetado uruguayo no aplicó los nuevos escalones A++ y A+++, por lo que todo equipo cuyo índice de eficiencia energética es menor a 55 tendrá la categoría A sin discriminar.

En la Unión Europea, como fue desarrollado anteriormente, se revisó el sistema de cálculo para incluir características más específicas de los modelos disponibles en el mercado, así como también una revisión de las franjas para incluir la evolución en la eficiencia de los modelos disponibles.

En Uruguay se encuentra en consulta pública una nueva normativa que reemplaza los valores existentes por unos más exigentes siendo los mismos los que se muestran en la tabla a continuación:

Índice de eficiencia energética: IEE (%)	Clase de eficiencia energética
IEE ≤ 51	A
51 < IEE ≤ 64	B
64 < IEE ≤ 80	C
80 < IEE ≤ 100	D
100 < IEE ≤ 125	E
125 < IEE ≤ 156	F
IEE > 156	G

Ilustración 48: Proyecto en consulta para el etiquetado uruguayo (43)

Estos nuevos estándares no son tan exigentes como el europeo, pero sí representan un cambio respecto de lo que existía en el mercado. Según Gómez:

"Los comités (…) discutieron que era demasiado abrupto pasar de aquella A, B, C (…) a éste por lo que (…) las clases A y B europeas pasan a ser la A nuestra (…)" (Fernando Gómez, comunicación personal 23-03-2023).

Agrega además que, en Europa, en el momento que se realizó la nueva norma, no existían equipos en la clase A y se realizó de manera de incentivar a los fabricantes a que innoven con equipos más eficientes.Aires acondicionados

La normativa vigente para Uruguay divide los aires acondicionados en tipo monobloque y divididos. Así como la norma europea anterior (y la vigente en el caso chileno), los aires acondicionados se clasifican según COP y EER -en sus distintos modos calefacción y refrigeración- y la tabla que especifica los límites para cada una de las letras en el etiquetado son las siguientes:

Clase de eficiencia energética	Condición
A	$3{,}40 < COP$
B	$3{,}40 \geq COP > 3{,}20$
C	$3{,}20 \geq COP > 3{,}00$
D	$3{,}00 \geq COP > 2{,}60$
E	$2{,}60 \geq COP > 2{,}40$
F	$2{,}40 \geq COP > 2{,}20$
G	$2{,}20 \geq COP$

Clase de eficiencia energética	Condición
A	$3{,}60 < COP$
B	$3{,}60 \geq COP > 3{,}40$
C	$3{,}40 \geq COP > 3{,}20$
D	$3{,}20 \geq COP > 2{,}80$
E	$2{,}80 \geq COP > 2{,}60$
F	$2{,}60 \geq COP > 2{,}40$
G	$2{,}40 \geq COP$

Clase de eficiencia energética	Condición
A	$3{,}00 < EER$
B	$3{,}00 \geq EER > 2{,}80$
C	$2{,}80 \geq EER > 2{,}60$
D	$2{,}60 \geq EER > 2{,}40$
E	$2{,}40 \geq EER > 2{,}20$
F	$2{,}20 \geq EER > 2{,}00$
G	$2{,}00 \geq EER$

Clase de eficiencia energética	Condición
A	$3{,}20 < EER$
B	$3{,}20 \geq EER > 3{,}00$
C	$3{,}00 \geq EER > 2{,}80$
D	$2{,}80 \geq EER > 2{,}60$
E	$2{,}60 \geq EER > 2{,}40$
F	$2{,}40 \geq EER > 2{,}20$
G	$2{,}20 \geq EER$

Ilustración 49 Clase de eficiencia vigente en Uruguay para AA monobloque y divididos (izquierda y derecha respectivamente) (54)

Sin embargo, para esta norma también se encuentra una versión en consulta pública. La nueva norma cambia los parámetros del etiquetado para incluir valores a nivel estacional.

Sin embargo, y a diferencia del caso europeo en el que se basa la normativa vigente y que utiliza los valores de SEER y SCOP, en este caso se utilizará el parámetro APF que se define como:

"APF (del inglés, annual performance factor)
índice que indica el desempeño del equipo a lo largo del año, cubriendo los modos de funcionamiento de calefacción y refrigeración según resulte de aplicación y calculado como la cantidad de calor que el equipo retira o añade al aire interior (incluido el calor de respaldo) cuando opera en los modos activos de refrigeración y calefacción respectivamente, dividido entre el total de energía anual consumida por el equipo en el mismo periodo, incluida la energía consumida debido al calor de respaldo."

(44).

En el caso uruguayo y para que se conceda el etiquetado, el valor de APF declarado por el fabricante no debe diferir más del 8% de los ensayos realizados.

El APF se calcula haciendo el cociente entre la carga térmica anual y el consumo normalizado de energía anual, según lo establecido en el Capítulo 5 de la norma ISO 16358-3:2013.

Clase de eficiencia energética	Condición
A	6,50 < APF
B	6,50 ≥ APF > 5,90
C	5,90 ≥ APF > 5,35
D	5,35 ≥ APF > 4,75
E	4,75 ≥ APF > 4,20
F	4,20 ≥ APF > 3,60
G	APF ≤ 3,60

Ilustración 50: Clase de eficiencia energética para aires acondicionados, en consulta pública (44)

La normativa que se encuentra en consulta pública surge de la guía de políticas para el medio ambiente de la ONU. En este caso, se optó por no acoplarse a la normativa europea y optar por otra normativa internacional. Es este parámetro APF el que utiliza esta guía que estudia particularmente los países de la región.

En esta guía, se comienza por clasificar a los países por regiones según el tipo de clima que las mismas posean, siendo que se considera a Uruguay como perteneciente al grupo 1, subgrupo 3A.

Grupo Climático Primario [a]	Grupo Climático Secundario [b]			
	Temperatura	Húmedo	Seco	Marino
Grupo 1	Extremadamente caliente	0A (Extremadamente caliente-Húmedo)		
	Muy caliente	1A (Muy caliente - Húmedo)		
	Caliente	2A (Caliente -Húmedo)	2B (Caliente-Seco)	
	Templado	3A (Templado-Húmedo)	3B (Templado-Seco)	3C (Templado/Marino)
Grupo 2	Extremadamente caliente		0B (Extremadamente caliente-Seco)	
	Muy caliente		1B (Muy caliente-Seco)	
Grupo 3	Mixto	4A (Mixto-Húmedo)	4B (Mixto-Seco)	
	Fresco	5A (Fresco-Húmedo)	5B (Fresco-Seco)	
	Frío	6A (Frío -húmedo)	6B (Frío -Seco)	
	Muy frío	7		
	Subártico/Ártico	8		

Ilustración 51: grupos climáticos de la región (45)

Para decidir específicamente las categorías a utilizar, se contó con el asesoramiento a partir del gobierno alemán y de expertos españoles quienes realizaron un trabajo de consultoría a partir del cual sugirieron la nueva normativa a aplicar y utilizando como referencia la guía mencionada.

Grupo Climático (Frecuencias horarias de repetición de temperatura)	Grado	Capacidad Nominal de Enfriamiento ≤ 4.5 kW	4.5 kW < Capacidad Nominal de Enfriamiento ≤ 9.5 kW	9.5 kW < Capacidad Nominal de Enfriamiento ≤ 16.0 kW
Grupo 1 (ISO 16358-1 and ISO 16358-2)	Eficiencia Alta	7.10 ≤ APF	6.40 ≤ APF	5.80 ≤ APF
	Intermedia	6.10 ≤ APF < 7.10	5.20 ≤ APF < 6.40	4.70 ≤ APF < 5.80
	Eficiencia Baja	5.00 ≤ APF < 6.10	4.00 ≤ APF < 5.20	3.60 ≤ APF < 4.70
1A (Regulación Modelo)	Eficiencia Alta	7.20 ≤ APF	6.10 ≤ APF	5.40 ≤ APF
	Intermedia	5.90 ≤ APF < 7.20	5.00 ≤ APF < 6.10	4.50 ≤ APF < 5.40
	Eficiencia Baja	4.60 ≤ APF < 5.90	3.80 ≤ APF < 5.00	3.50 ≤ APF < 4.50
2A (Regulación Modelo)	Eficiencia Alta	7.50 ≤ APF	6.40 ≤ APF	5.70 ≤ APF
	Intermedia	6.20 ≤ APF < 7.50	5.20 ≤ APF < 6.40	4.60 ≤ APF < 5.70
	Eficiencia Baja	4.80 ≤ APF < 6.20	3.90 ≤ APF < 5.20	3.50 ≤ APF < 4.60
3A (Regulación Modelo)	Eficiencia Alta	6.50 ≤ APF	5.90 ≤ APF	5.50 ≤ APF
	Intermedia	5.60 ≤ APF < 6.50	4.90 ≤ APF < 5.90	4.50 ≤ APF < 5.50
	Eficiencia Baja	4.70 ≤ APF < 5.60	3.90 ≤ APF < 4.90	3.50 ≤ APF < 4.50

Ilustración 52: Sugerencias de escalones de eficiencia energética (45)

Si bien en Uruguay no se aplican MEPS, esta misma guía contiene además recomendaciones acerca de lo que se considera aceptable según estos grupos climáticos para la región.

Primario	Secundario	Capacidad Nominal de Enfriamiento ≤ 4.5 kW	4.5 kW < Capacidad Nominal de Enfriamiento ≤ 9.5 kW	9.5 kW Capacidad Nominal de Enfriamiento ≤ 16.0 kW	Frecuencias horarias de repetición de temperatura exterior
Grupo 1	0A	-	-	-	Regulación Modelo Guías Anexo 4
	1A	4.60	3.80	3.50	
	2A	4.80	3.90	3.50	
	3A	4.70	3.90	3.50	
	2B	4.40	3.70	3.40	
	3B	4.40	3.70	3.40	
	3C	5.20	4.10	3.60	
Grupo 2	0B	3.90	3.50	3.30	
	1B	4.00	3.60	3.40	
Grupo 3	4A	3.60	3.00	2.80	
	5A	3.30	2.70	2.30	
	6A	3.20	2.70	2.40	
	4B	3.60	3.00	2.80	
	5B	3.50	2.90	2.70	
	6B	3.10	2.50	2.40	
	7	3.10	2.50	2.30	
	8	3.10	2.50	2.30	

Ilustración 53Requisitos mínimos para acondicionadores de aire por grupo climático (45)

Siendo los valores mínimos expresados en APF.

Los ensayos se realizan a frecuencia nominal y temperatura ambiente fija, así como cumplir con los requisitos de potencial de agotamiento del ozono (ODP) y potencial de calentamiento atmosférico (GWP) (45).

Calefones

En el caso de los calefones, la tabla para el etiquetado energético es la siguiente:

CLASE	EFICIENCIA ENERGÉTICA (%)
A	$EE \geq 75$
B	$75 > EE \geq 68$
C	$68 > EE \geq 61$
D	$61 > EE \geq 54$
E	$54 > EE \geq 47$
F	$47 > EE \geq 40$
G	$40 > EE$

Ilustración 54: Etiquetado energético para calefones en Uruguay (9)

Donde el índice de eficiencia energética se calcula como:

$$EE = \frac{5{,}815 * CN}{Q_{pr} + 0{,}05815 * CN}$$

La pérdida estática por cada 24 h Q_{pr} se determina según el capítulo 14 de la Norma UNIT-IEC 60379 siendo CN la capacidad nominal del tanque.

Para el ensayo, se deben tomar las lecturas de la temperatura ambiente continuamente. Se calcula el promedio θ_{amb}(°C) durante t1.

(9)

Para el caso de los calentadores de agua, y siendo Uruguay un país atípico en el método usado para calentar la misma, resulta difícil comparar con normas internacionales.

Además, esto no parece cambiar a la brevedad. Según Fernando Gómez, como decisión estratégica, respecto de las redes eléctricas es mucho más favorable que la población cuente con este tipo de calentadores comparativamente con los instantáneos, para evitar sobredimensionamiento por lo que es favorable para la distribuidora eléctrica (UTE) que el sistema de calentamiento de agua principal siga siendo éste.

Explica Gómez que para realizar la clasificación actual “se realizó un estudio de mercado a raíz de los equipamientos que se encuentran disponibles en plaza, se ensayó su eficiencia y posteriormente se clasificaron los mismos en franjas” (Fernando Gómez, comunicación personal 23-03-2023).

Otra variabilidad en el mercado uruguayo es la existencia de los tanques de cobre, los cuales componen un mercado residual para calentadores que tienen un mayor ciclo de vida que los de acero esmaltado, en detrimento de su precio.

Mercado Uruguayo – Resultado del estudio de mercado en Uruguay para los equipamientos seleccionados. Impactos a nivel unitario de los equipos más eficientes contra los más económicos/menos eficientes

A continuación, se exponen los resultados del estudio de mercado para los tres electrodomésticos que conciernen a este proyecto. Los tres análisis tienen algunos aspectos en común:

1. Se realizó el estudio de mercado aún para los casos que cuentan con normativas en consulta pública. De aprobarse las normas, los métodos de ensayo serán diferentes por lo que el consumo mensual expuesto en la etiqueta variará. Esto sucede en los refrigeradores y aires acondicionados, no así en los calefones. Se deberán realizar los estudios de estos electrodomésticos teniendo en cuenta estos cambios a futuro.
2. Se calcula la tasa de repago simple como el tiempo en el que debe transcurrir para que el consumidor recupere la inversión inicial de comprar un equipo eficiente. A los efectos de este análisis se tomará en cuenta el tiempo que debe transcurrir para que el ahorro en el consumo energético permita un repago de la diferencia de precio entre adquirir un electrodoméstico más ineficiente versus otros más eficientes existentes en el mercado. Para este fin, se analiza el repago sobre el costo incremental de un equipo eficiente sobre uno menos eficiente.
3. Los análisis de repago se realizarán teniendo en cuenta el ciclo de vida aproximado de los equipos en cuestión, los cuales se explicitarán en cada caso.
4. Los valores se expresan en pesos uruguayos, siendo que en los casos que se debió realizar una conversión de pesos a dólares se tomó una cotización del dólar de $39, que se mantiene durante todo este trabajo.
5. El precio del kWh se tomó en $7,15 más IVA, es decir $8,725. Este número se obtuvo promediando el precio del kWh para la tarifa residencial simple vigente tomando en cuenta los primeros dos escalones. Éstos consideran el consumo eléctrico de entre 0 y 600 kWh, categoría en la que entran la mayoría de las tarifas de consumo residencial.

Calefones

Para seleccionar un MEP para los calefones se realizará un enfoque en el mercado uruguayo. Se intentó realizar comparativas con mercados de otros países, pero estos datos no resultaron extrapolables.

En un primer análisis, se vio que en la UE existen calentadores de agua por acumulación similares a los existentes en Uruguay, pero, como ya fue mencionado, su uso no es masivo y como los cálculos para hallar los niveles de eficiencia son diferentes es difícil realizar comparaciones.

Se halló el consumo mensual de los calefones para el caso europeo, buscando poder comparar con el caso uruguayo -es decir hallar el índice de eficiencia energética de acuerdo con la norma uruguaya, pero con el consumo que aparece en la etiqueta europea-.

En las siguientes ecuaciones:

- SCF: Factor de control inteligente

- Qelec : consumo de electricidad a lo largo de 24 horas consecutivas con el perfil de carga declarado
- CC: Coeficiente de conversión, refleja la eficiencia estimada de la generación media de la UE. Se toma 2,5.
- Qcor: corrección por temperatura
- K y Qref: valores que dependen del perfil de carga del equipo

En el caso de la Unión Europea, el consumo se considera de forma anual tal que:

$$AEC = 0{,}6 * 366 * (Q_{elec} * (1 - SCF * Smart) + \frac{Q_{cor}}{CC})$$

Considerando los equipos en el mercado uruguayo no tienen controles inteligentes:

$$AEC = 0{,}6 * 366 * (Q_{elec} + \frac{Q_{cor}}{CC})$$

Donde:

$$Q_{cor} = -k * \left(CC * (Q_{elec} * (1 - SCF * Smart)\right) - \frac{Q_{ref}}{CC})$$

De nuevo eliminando los controles inteligentes:

$$Q_{cor} = -k * (CC * Q_{elec}) - Q_{ref}))$$

Sustituyendo:

$$AEC = 0{,}6 * 366 * (Q_{elec} + \frac{-k * (CC * Q_{elec}) - Q_{ref})}{CC})$$

Por lo que:

$$AEC = 0{,}6 * 366 * (Q_{elec} + \frac{-k * (CC * Q_{elec}) - Q_{ref})}{CC})$$

Entonces:

$$AEC = 0{,}6 * 366 * (Q_{elec} * (1 - k) + \frac{Q_{ref}}{CC})$$

Como fue mencionado, en Uruguay:

$$EM = 30\ (Q_{pr} + 0{,}04652 * CN)$$

Notar que las ecuaciones son diferentes porque en el caso uruguayo Q_{pr} no es el consumo diario sino las pérdidas diarias, determinadas según la norma UNIT-IEC 60379, EM es el consumo de energía mensual y CN la capacidad nominal del calentador de agua

Puede verse entonces que los métodos de cálculo para los consumos energéticos son muy diferentes dado que se utilizan distintos enfoques para el cálculo del consumo mensual.

Se intentó comparar además con calefones eléctricos de acumulación provenientes de otros países, pero tanto los encontrados en Argentina y Chile como en Sudáfrica no tenían en la página web de los minoristas el etiquetado energético ni el consumo mensual promedio.

Para sugerir entonces MEPS para estos equipos se tomará en cuenta mayormente la situación referida a los modelos existentes en el mercado uruguayo.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, existen varios aspectos a considerar. Se detallan cada uno de ellos a continuación:

- Material del tanque: La mayoría de los calefones que se comercializan hoy en día son de tanque de acero inoxidable. Sin embargo, existen en el mercado calefones con tanque de cobre. Por la naturaleza de este material, los calefones con tanque de cobre resultan mucho más costosos que los de acero, pero su ciclo de vida es más largo. Se considerarán para el análisis que se muestra más adelante en este proyecto los dos tipos de tanque. Los calefones de tanque de cobre son en su mayoría de fabricación nacional y en general son para nichos de mercado específicos, donde los calefones importados no logran cubrir la demanda, aunque también existen calefones importados de tanque de cobre para el tamaño más vendido (40 litros) dado que aún hay personas que buscan específicamente este tipo de producto. Además, los termotanques de industria nacional son en su totalidad de cobre por lo que se tomará en cuenta en forma particular este tipo de material.
- Tamaño: Los calefones se comercializan en distintos tamaños, por lo general estos van de 10 a 80 litros. El tamaño más vendido en Uruguay es el de 40 litros, a pesar de no ser el más eficiente. Dado que la eficiencia de un termotanque de las características que se comercializan en el país depende fundamentalmente del grosor de la aislación, y que el mismo no puede aumentar sin ocupar más espacio – cuestión relevante en la mayoría de los hogares- los termotanques de mayor capacidad terminan siendo más óptimos que los de menor capacidad. Se deberán desarrollar los MEPS según el tamaño del termotanque.
- Forma: Para los termotanques pequeños, particularmente los de 30 litros, existen aquellos con forma de prisma que tienen menor eficiencia que los cilíndricos. Los mismos están diseñados para espacios reducidos.
- Casos especiales: Existen casos especiales donde por falta de oferta de calefones de las características necesarias deben colocarse termotanques de menor eficiencia. Por ejemplo, en localidades donde el agua está más mineralizada el ciclo de vida de los calefones estándar decrece mucho, por lo que se debe recurrir a opciones especiales de menor eficiencia. Al colocar MEPS deben considerarse estos casos particulares para no desatender estas necesidades.

Se mostrarán entonces los resultados del estudio de mercado para los calefones más comunes, esto es los de acero de 30, 40, 60 y 80 litros.

En el caso de los calefones de acero, el ciclo de vida se asumirá de 5 años mientras que en el caso del cobre será de 15 años.

Los precios y modelos para estos calefones corresponden a datos de **octubre de 2022**.

Es importante destacar además que si bien se realizó una investigación exhaustiva que pretende ilustrar las características de diferentes modelos, para algunos casos particulares no se encontró el etiquetado de eficiencia disponible, tampoco siendo posible averiguar dicha información con el proveedor ni en el sitio de UNIT.

En las siguientes secciones, se mostrará el resultado del estudio de mercado de calefones, discriminando según capacidad del tanque. En las gráficas se puede observar la oferta disponible para la venta de calefones. Para cada capacidad de tanque se separan los modelos encontrados por color, cada color correspondiendo a una letra de eficiencia energética. Luego en el eje Y se observa la cantidad de modelos por cada calefón mientras que el eje X representa precios, siendo que cuanto más a la derecha más elevado el precio del equipo.

Si bien no puede apreciarse en la captura de pantalla, el software permite -al posicionar el cursor sobre la gráfica de barras- ver el precio para el conjunto de calefones de cada barra.

Calefones de 30 litros

Para los calefones de 30 litros, la aplicación web devuelve la gráfica siguiente:

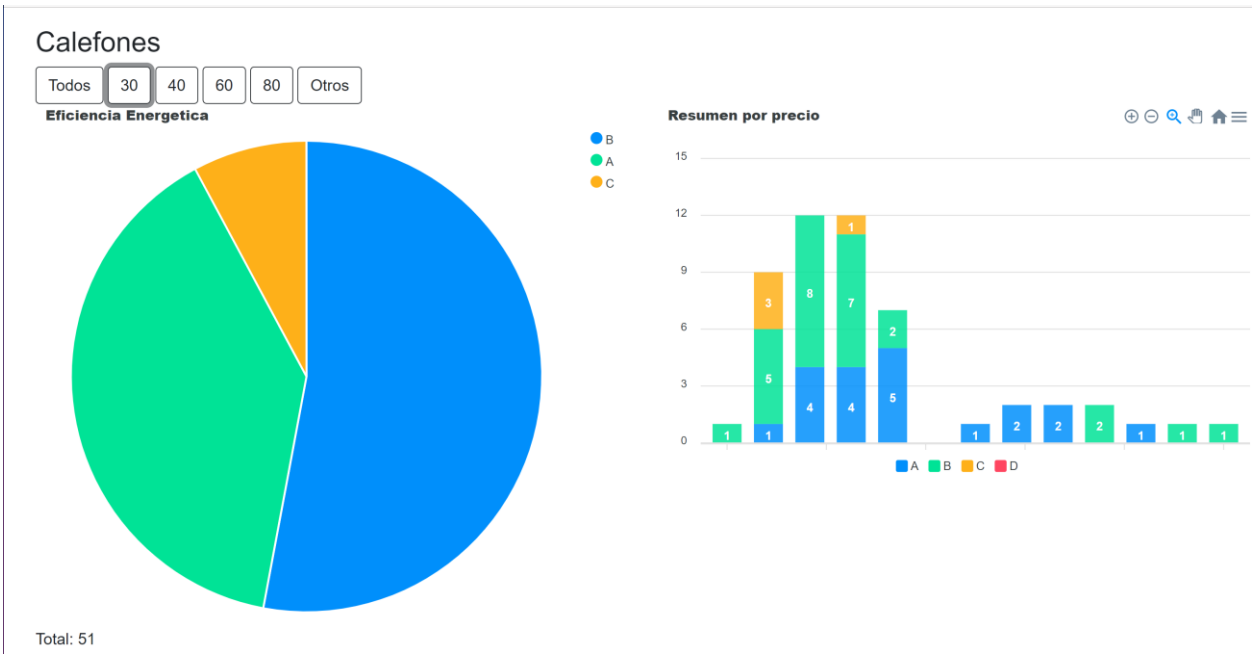


Ilustración 55: distribución del la oferta de calefones 30 litros

Para la ilustración 55, los precios de los equipos van desde el orden de $5000 para los más económicos y $17000 para los más costosos, siendo estos últimos de tanque de cobre.

Observando la gráfica pueden verse a la izquierda los calefones de tanque de acero y, a la derecha, con un mayor precio los de tanque de cobre.

En primera instancia puede desprenderse de la gráfica que, para los calentadores de acero, hay existencias de calefones con etiquetas de la “A” a la “C”, por el mismo precio. En este caso se deberá considerar el hecho de que existen tanques cilíndricos y con forma de prisma por lo que el análisis se hará separando dichas formas.

Dejando de lado los extremos de la derecha, en los cuales se muestran los calefones de cobre, se evaluará la media de precios que se encuentra entre los $6000 y $9000.

Dentro de los calentadores cilíndricos, se encontró uno con eficiencia C a $6790 cuyo consumo energético es de 72,9 kWh mensuales.

Por otra parte, también se encontró a $6800 uno de clase B cuyo consumo energético mensual es de 61,4 kWh.

Finalmente, a $7090 se encontró un calefón de clase A con un consumo mensual de 56,9 kWh.

Los resultados se ilustran en la tabla a continuación, donde la tasa de repago en meses de la diferencia de precios se expresa contra el calefón más económico.

Precio ($)	Consumo (kWh mensuales)	Etiqueta	Repago (meses)	EE
6790	72,3	C	-	63
7056	61,4	B	2,8	73
7090	56,9	A	2,23	78
7895	55,2	A	7,4	80

A continuación, se grafican los resultados del repago de un calefón del mayor vs el del menor nivel de eficiencia para esta capacidad y material de tanque en meses.

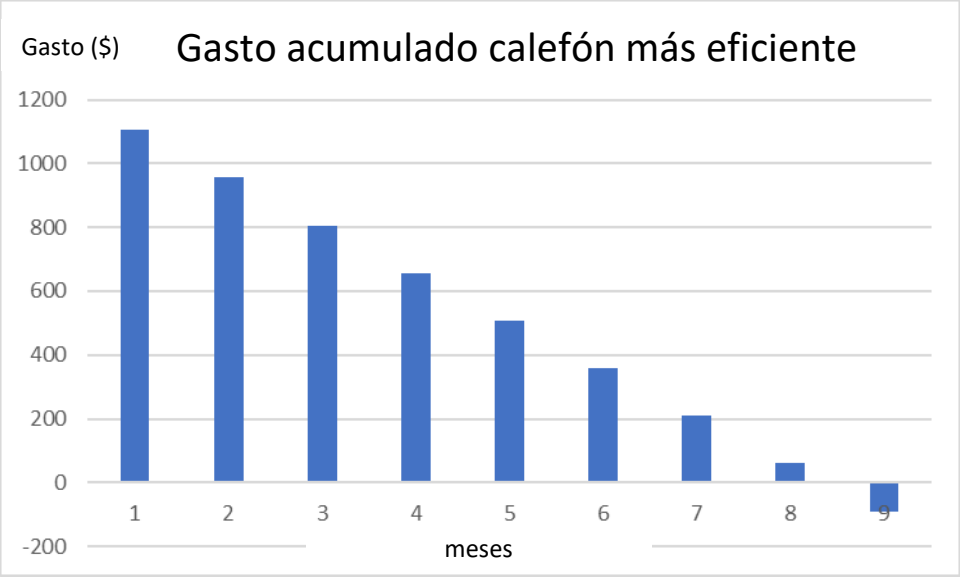


Ilustración 56: Gasto acumulado calefón más eficiente, modelo 30 litros de aceroEn la ilustración se grafica la cantidad de meses necesarios para el repago del costo incremental (eje x) vs. el valor que resta para completar el repago. Se ve que cuando el gráfico de barras muestra un valor negativo, es cuando se ha recuperado la inversión.Se desprende de los resultados que entonces, para los calefones cilíndricos de acero de 30 litros, la tasa de repago al adquirir un calefón de etiquetado A respecto de otros más eficiente es en todos los casos menor al ciclo de vida del calefón. Como puede verse en la gráfica, en el caso de los calefones más y menos eficiente la diferencia se repaga en 8 meses, es decir habiendo transcurrido solamente el 13,3% del ciclo de vida del equipo.

Al final del ciclo de vida, el ahorro total de haber adquirido un calefón más eficiente vs. El calefón categoría C es de $7671 lo que se traduce en el 97% del costo de un nuevo calefón eficiente. Es decir, al final del ciclo de vida del equipo el ahorro al consumidor supone que éste solamente tendría que abonar un 20% del precio del calefón nuevo al hacer el recambio al final del ciclo de vida.

Dentro de los calefones de prisma, sin embargo, todos los relevados eran de eficiencia energética B, con un consumo aproximado de 62 kWh mensuales con una dispersión de menos del 4% para el consumo energético por lo que la oferta paraeste tipo de producto es relativamente uniforme.

En el caso de los termotanques de cobre la tabla queda de la siguiente manera:

Precio ($)	Consumo (kWh mensuales)	Etiqueta	EE
14800	63,8	B	70
13260	58,1	A	72
11950	56,28	A	78

En este caso no se calcula el repago dado que puede verse que el calefón más económico es también el más eficiente. En este caso además la opción más económica es la de industria nacional, mientras que el resto de las opciones son importadas.

Se calculó que, al comprar el calefón más eficiente, al final del ciclo de vida de este -y asumiendo como se mencionó una vida útil de 15 años para el calefón de cobre- el ahorro es de $11815 solamente en la factura eléctrica más $2850 de ahorro en la inversión inicial, lo que suman $14665.

Calefones de 40 litros

En el caso de calefones de 40 litros, la aplicación web devuelve la siguiente información:

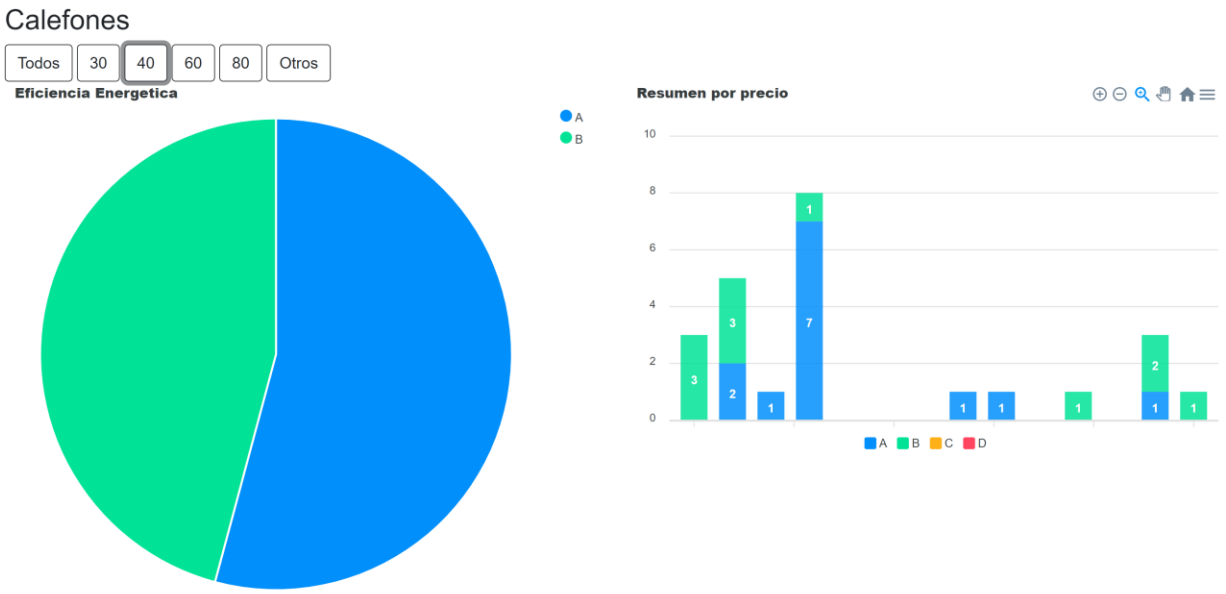


Ilustración 57: distribución del mercado calefones 40 litros

Donde nuevamente se grafican los precios de los calefones vs la cantidad de modelos para esta franja de precios. En este caso los precios van entre $5000 y $17000.

Para este tamaño de calefones, las únicas clases de eficiencia disponibles son A y B. Las opciones disponibles son solamente de calefones cilíndricos.

Puede verse que, para los calefones con tanque de acero, si bien existen algunos de eficiencia B más económicos, hay varios modelos al mismo precio que los tanques con eficiencia A.

Se detallarán los casos particulares a continuación para evaluar la tasa de repago, particularmente en el caso de los calentadores más ineficientes, pero más económicos.

Se encontró un equipo con eficiencia energética B, a $7098 y un consumo mensual de 91 kWh. Por otra parte, a $8290 se encontró un calefón con eficiencia A de 76,8 kWh mensuales.

En la tabla a continuación se ilustra lo antes mencionado donde el repago es respecto del menos eficiente y más económico:

Precio ($)	Consumo (kWh mensuales)	Etiqueta	EE	Repago (meses)
7098	91	B	66	-
8290	76,8	A	77	9.6
9951	78,3	A	76	25.9

A continuación, se grafica el repago del calefón más eficiente vs el menos eficiente para esta capacidad y material de tanque en meses.

Gasto acumulado calefón más eficiente

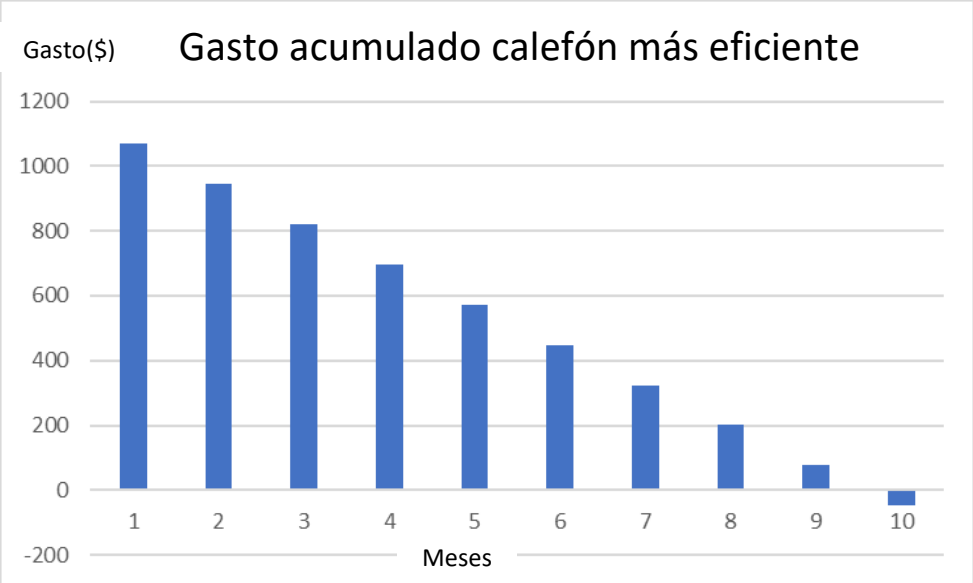


Ilustración 58: Gasto acumulado calefón más eficiente, modelo 40 litros de acero

En el mejor caso, el ahorro total a lo largo del ciclo de vida es de $6544 y en el otro $3802.

Notar que, en el caso con un consumo de 76,8 kWh el repago se realiza en el primer año, es decir al cumplir solamente el 17% del ciclo de vida del equipo mientras que en el otro si bien el repago se realiza a la mitad aproximada de su ciclo, de vida el dinero ahorrado es del 26% de un equipo nuevo igual al adquirido.

En el caso de los termotanques de cobre, la tabla queda de la siguiente manera:

Precio ($)	Consumo (kWh mensuales)	Etiqueta	EE
17400	80,7	B	74
15600	77,53	A	76

Análogo al caso de 30 litros, los calefones de cobre más eficientes resultan más económicos. En este caso nuevamente los dos casos de eficiencia A son más económicos y de industria nacional mientras que el menos eficiente y más costoso resulta ser importado. En este caso el ahorro por motivo de ahorro de energía es de $4980 al final del ciclo de vida, lo cual sumado al ahorro en la inversión inicial da un total de $7180.

Calefones de 60 litros

En este caso también existen únicamente calefones cilíndricos de etiquetado A y B. La gráfica que devuelve la aplicación se distribuye de la siguiente manera:

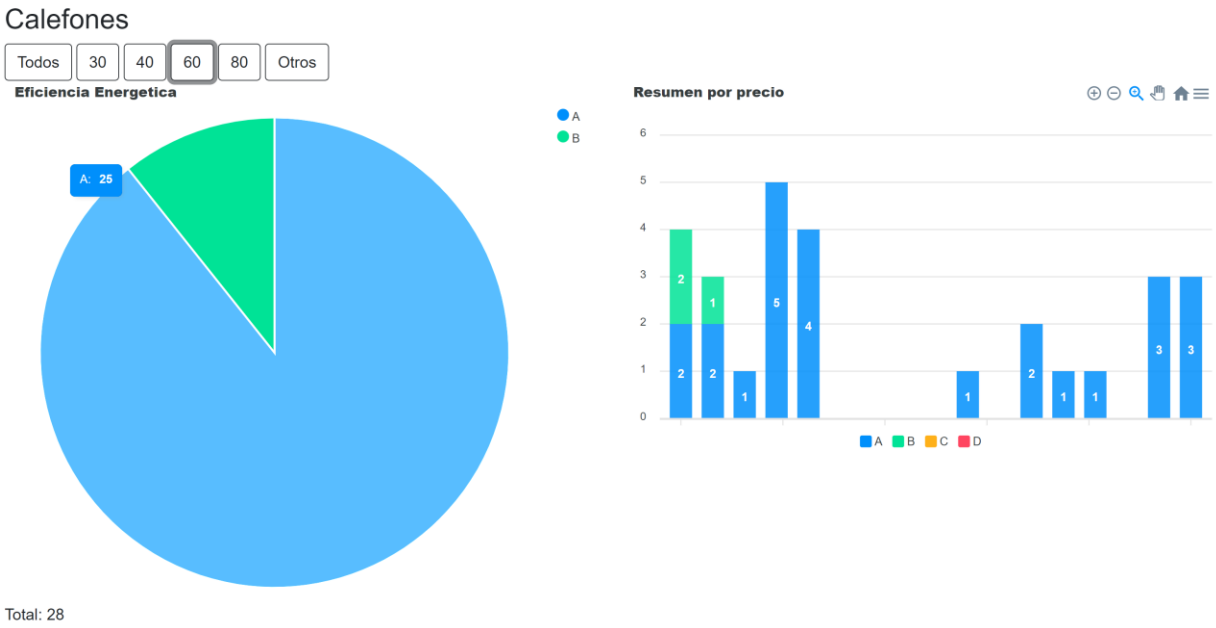


Ilustración 59: Calefones de 60 litros en el mercado uruguayo

Nuevamente entre los calefones más económicos pueden observarse existencias de niveles de eficiencia A y B.

En el caso más económico para nivel de eficiencia B se encuentra un calefón a $8073 con un consumo energético de 122 kWh mensuales. Luego, por $8775 se encuentra uno de eficiencia A, cuyo consumo mensual es de 97,4 kWh.

La tabla quedaría entonces:

Precio ($)	Consumo (kWh mensual)	etiqueta	EE	Repago (meses)
8073	122	B	73	0 (es más barato)
8990	124,6	B	72	-
8775	97,4	A	88	0 (es más barato)
9150	108,3	A	81	1.03
9690	114,5	A	77	10.6

En este caso puede observarse que el calefón más eficiente de la lista es más económico que el menos eficiente, por lo que la gráfica se hará respecto del calefón más eficiente respecto del **más económico** para evaluar así el repago del costo incremental.

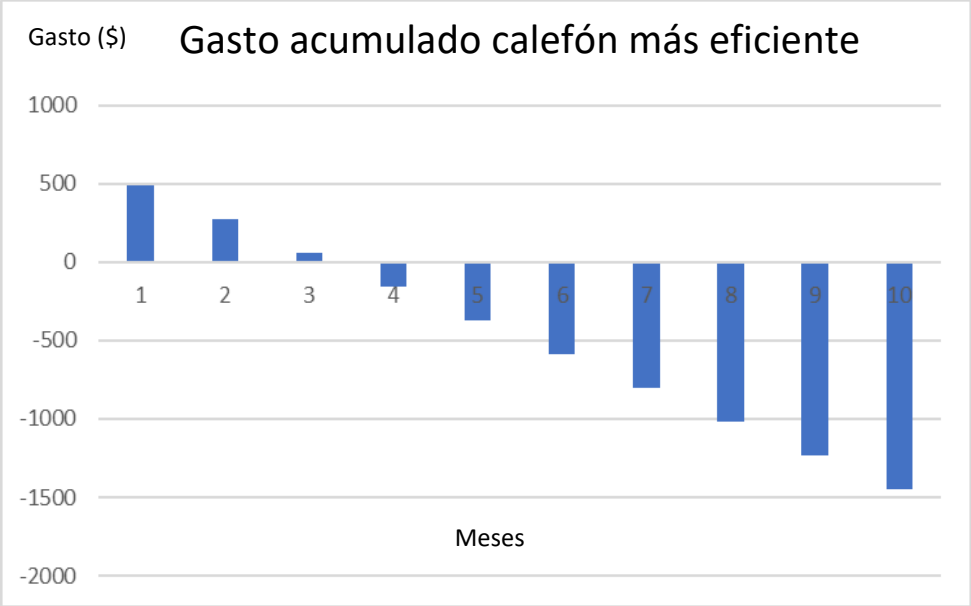


Ilustración 60: Gasto acumulado calefón más eficiente, modelo 60 litros de acero

El ahorro al final del ciclo de vida es de $12396, lo que constituye un más valor que el total del precio del calefón más eficiente, al final de su ciclo de vida.

Es importante considerar que, para este tamaño de calefón, resultará más compleja la implementación de estándares ya que casi todos los termotanques de acero en plaza son de la marca con más participación en el mercado, en particular el modelo de 114,5 kWh es el que se encuentra disponible en la mayoría de los minoristas relevados. Si bien todas las opciones restantes se encontraban disponibles en plaza al momento de este relevamiento, la mayoría de los minoristas cuentan únicamente con el modelo mencionado, de 114,5 kWh.

En el caso de los termotanques de cobre ocurre lo mismo que en los casos de 30 y 40 litros. En este caso el consumo energético es similar, siendo:

Precio ($)	Consumo (kWh mensual)	IEE	etiqueta
21890	114,5	77	A
18930	111	79	A
19461	116	76	A

En este caso nuevamente los calefones de industria nacional resultan más económicos. Sin embargo, en términos de eficiencia los extremos son de industria nacional mientras que el que se encuentra en un término medio es importado. No obstante, en este caso, los consumos energéticos resultan muy similares siendo la mayor diferencia de tan solo 4,5%. Como al inicio es más económico el más eficiente, el ahorro total en el mejor caso es de $7856 al final del ciclo de vida que en el caso de los calefones de tanque de cobre se asume de 15 años.

Calefones de 80 litros

En el caso de los calefones de 80 litros, todas las existencias son de eficiencia energética A por lo que el MEP propuesto ya estaría cumplido naturalmente. Esto se explica por lo detallado anteriormente, debido a que un calefón con más capacidad resulta en general más eficiente.

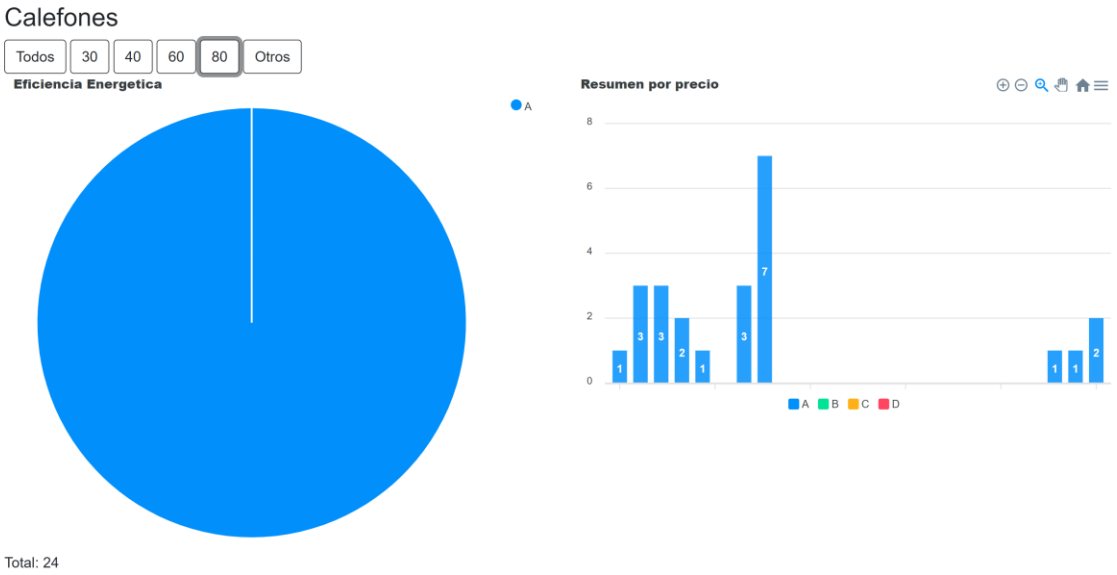


Ilustración 61: Calefones de 80 litros en el mercado uruguayo

En el caso de los calefones de 80 litros, hay muy poca variedad en el mercado siendo que la mayoría de las existencias son de una única marca y modelo. Para las otras opciones no se encontró demasiada diferencia de precio/consumo.

En el caso del cobre sí existe diferencia de precio entre la opción importada y la nacional (se encontraron solamente dos modelos disponibles de calefón de 80 litros de cobre) al igual que para los otros tamaños, pero en el caso del de industria nacional no se pudo encontrar el consumo en kWh porque es probable que esté discontinuado o se fabrique a pedido.

En este caso la mayoría de los equipos encontrados en el mercado tienen un índice de eficiencia energética de 68, siendo que existe un solo producto de una marca y modelo poco conocidos con un IEE de 71. En el otro extremo, existe un equipo con un IEE de 66 pero nuevamente es un modelo que se encontró únicamente en un minorista pequeño, de una marca que no suele encontrarse en el país y del cual se dispone de pocas existencias.

Refrigeradores

En el caso de los refrigeradores, se relevaron en este estudio aquellos que van entre 250 y 450 litros, de dos compartimientos con refrigerador. Los mismos entran dentro de los denominados “de 4 estrellas”. Esto quiere decir que, para todas las opciones relevadas, el compartimiento de congelado tiene una temperatura de -18 grados y se asumió que el de alimentos frescos se encuentra a 5 grados a los efectos del cálculo del índice de eficiencia energética.

El ciclo de vida de un refrigerador de estas características se estimó, para este estudio, en 15 años.

Para realizar una comparativa en este caso, y dado que la capacidad de estos no está normalizada, sino que se encuentran distintos valores dentro del margen de estudio, se calculó para cada refrigerador la eficiencia energética siguiendo la normativa uruguaya vigente.

No fue posible utilizar la normativa que se encuentra en consulta pública para el cálculo del índice de eficiencia energética dado que los consumos mensuales que se obtuvieron del relevamiento corresponden a los métodos de ensayo que se encuentran en la normativa vigente.

De aprobarse la norma en consulta pública los MEPS sugeridos según el IEE deben adecuarse a los nuevos métodos de ensayo.

Puede observarse de las gráficas obtenidas de la aplicación que toma información del mercado, que la mayoría de los refrigeradores tienen un etiquetado energético categoría A. Esto demuestra la necesidad de aprobación de una nueva norma, actualmente en consulta pública. Como se ha mencionado ya en este texto, de no realizarse actualizaciones periódicas, por la llegada de nuevas tecnologías al mercado todos los equipos pasan a ser categoría A, a pesar de tener marcadas diferencias en la eficiencia energética de cada uno de ellos.

A continuación, se muestran las tablas separadas por rango de capacidad, según el estudio de mercado realizado. Las gráficas se realizan sin discriminación de litros dado que las declaraciones de capacidades nominales no son estándar, a diferencia de los otros electrodomésticos (es decir existen capacidades de 292L o 313 que se agruparán en franjas a los efectos del siguiente estudio).

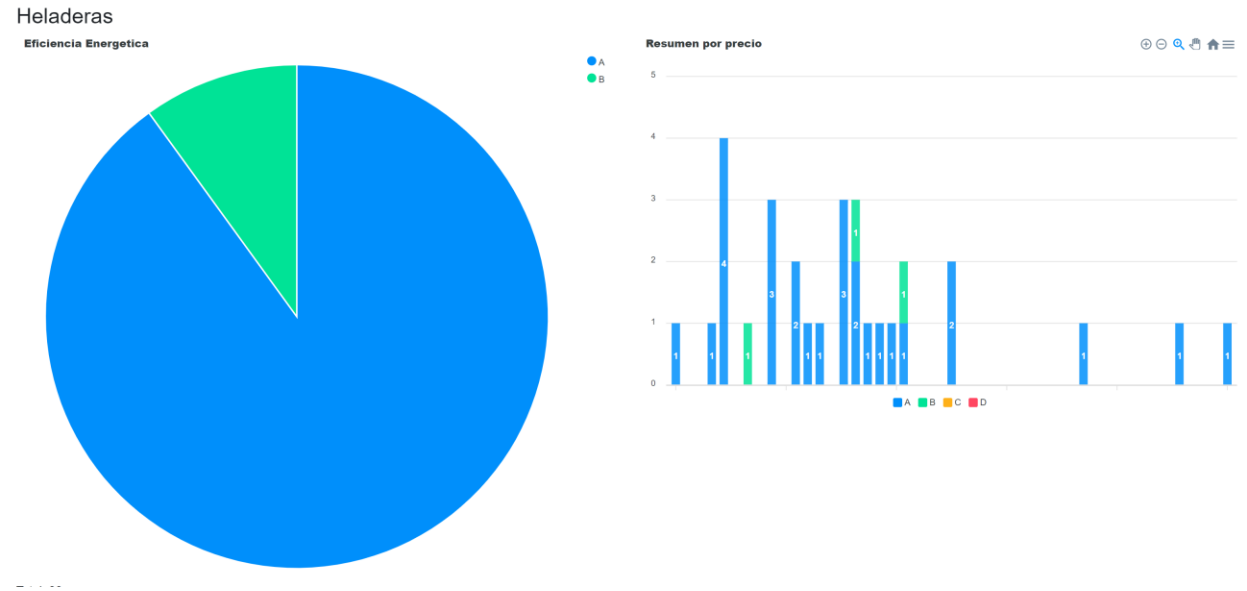


Ilustración 62: Eficiencia energética de heladeras en el mercado uruguayo

Notar que según el MIEM en su resumen de evolución del mercado de refrigeradores en Uruguay, denota que la mayoría de las ventas están concentradas en la categoría A. Si bien este resumen fue realizado en 2018, ya se concluye en el mismo que deben adecuarse las franjas de etiquetado para reflejar la realidad del mercado. 5 años más tarde, esto ya es un hecho. (46)

Refrigeradores 250 litros

En el rango de los 250 litros, se elabora la siguiente tabla:

Volumen (L)	IEE	Consumo mensual (kWh)	Etiqueta energética	Precio ($)	Repago vs. equipo menos eficiente (años)
255	40	20.1	A	26942	2,5
260	47	23	A	22762	0 (es más económico)
260	63	30.3	B	24282	-

En este caso, el modelo más económico no es el más ineficiente. Se tomará en cuenta, sin embargo, a los efectos de realizar un estudio, el repago en comparación con el equipo más ineficiente.

En este caso, el repago se realiza a los 2,5 años, es decir habiendo transcurrido el 16,7% del ciclo de vida del electrodoméstico. Al finalizar el ciclo de vida se ahorran entonces $13383 lo que equivale al 49,6% del valor del equipo eficiente.

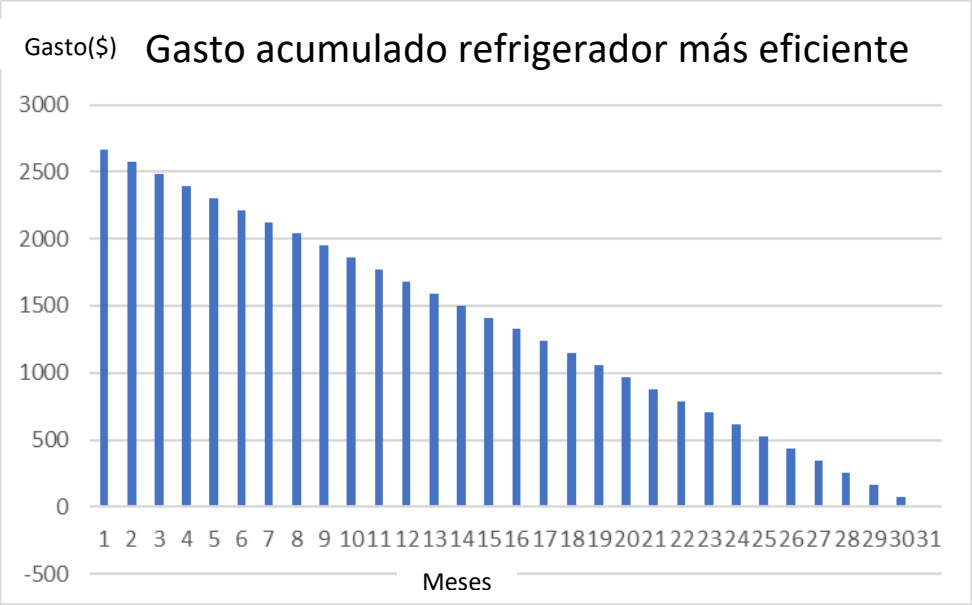


Ilustración 63: Gasto acumulado refrigerador más eficiente, modelo de 250 litros aprox.

Refrigeradores 300 litros

Para los equipos con un volumen de 300 L aproximadamente se obtiene entonces la siguiente tabla:

Volumen (L)	IEE	Consumo mensual (kWh)	Etiqueta energética	Precio ($)
300	33	18,6	A	33402
312	40	22,7	A	18950
292	51	27,6	A	28120

En este caso, el repago demora 68 meses en realizarse, lo que equivale a 5,7 años. Esto se traduce en un ahorro de $8798 al finalizar el ciclo de vida. Este ahorro resulta casi un 26,3% del valor de un nuevo equipo eficiente. Notar además que existe un modelo intermedio, cuyo valor es menor que el equipo menos eficiente. En este caso el ahorro total a lo largo del ciclo de vida sería de $10088, de los cuales $918 provienen del ahorro en la factura de energía eléctrica y el resto por la menor inversión al adquirir este modelo.

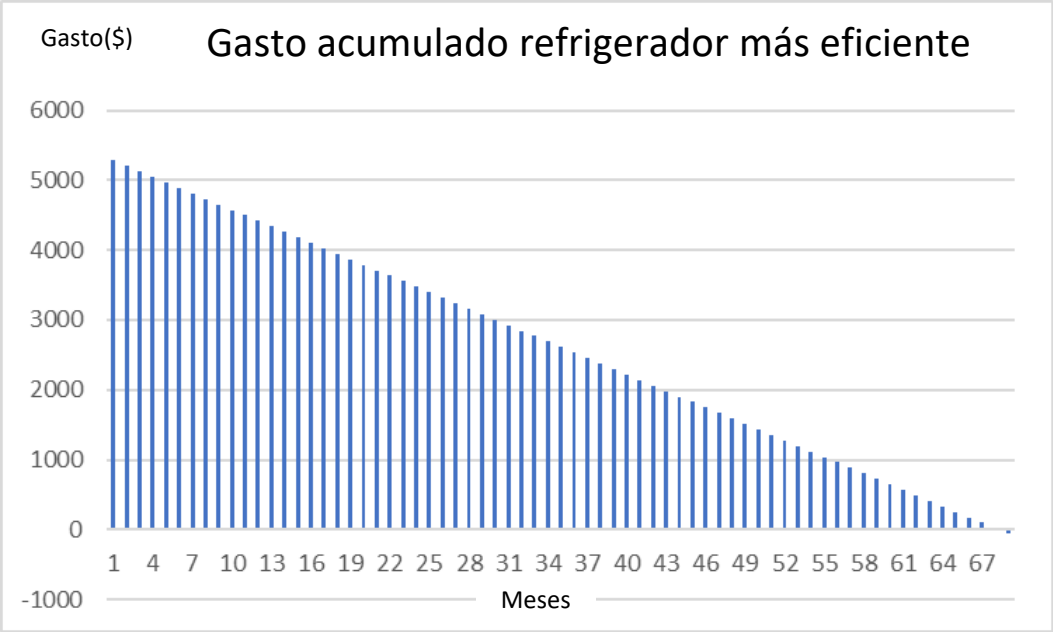


Ilustración 64: Gasto acumulado refrigerador más eficiente,modelo de 300 litros

Refrigeradores 350 litros

Para los equipos con un volumen de 350 L aproximadamente se obtiene entonces la siguiente tabla:

Volumen (L)	IEE	Consumo mensual (kWh)	Etiqueta energética	Precio ($)
361	39	23.8	A	37126
359	44	27	A	33022
370	54	33.7	A	32262
340	55	31.7	A	22762

En este caso, el repago respecto del menos eficiente se realiza los 56 meses, es decir 4,6 años o el 30,6% de su ciclo de vida. El ahorro total para este modelo es $10403.

Sin embargo, el repago se calculará respecto del modelo **más económico** nuevamente. En este caso, 208 meses o 17 años, por lo que no se logra repagar la inversión a lo largo del ciclo de vida del artefacto. Este es el único caso en el que el electrodoméstico más económico se despega tanto en valor del más eficiente.

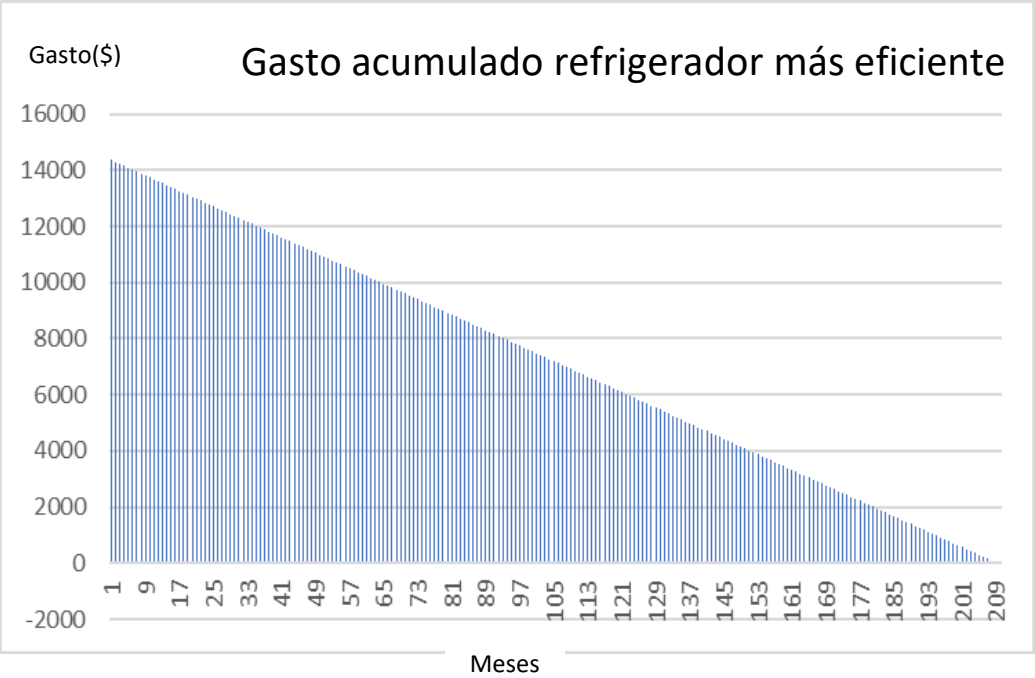


Ilustración 65: Repago refrigerador más eficiente, modelo 350 litros

Refrigeradores 400 litros

En el rango de los 400 L se genera la siguiente tabla:

Volumen (L)	IEE	Consumo mensual (kWh)	Etiqueta energética	Precio ($)
393	36	23	A	41762
416	41	27.5	A	52022
400	51	33	A	29830
404	55	35.5	B	37962
400	70	44.7	B	33022

En este caso nuevamente el repago se produce dentro del ciclo de vida del refrigerador, 4 años. En este caso el repago sucede transcurrido el 26,7% de su ciclo de vida, siendo el ahorro al final de este de $25003, más del 50% del valor de un nuevo equipo eficiente.

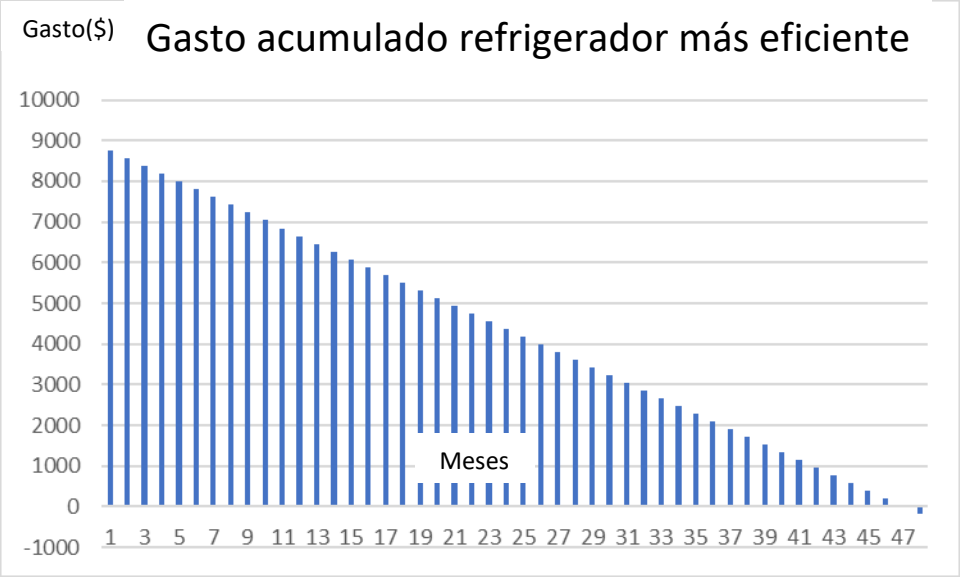


Ilustración 66: Repago del refrigerador más eficiente, modelo de 400 litros.

Aires acondicionados

En el caso de los aires acondicionados, se decidió realizar este estudio únicamente para los equipos ON/OFF, dejando fuera los equipos inverter.

Esto es así dado que, como fue mencionado, la normativa vigente está desactualizada tanto en etiquetado como en tipos de ensayo. La nueva norma que está en proceso de aprobación contempla los ensayos necesarios para incluir a los aires acondicionados inverter.

Para la normativa vigente, los ensayos descriptos implican que, para aires con esta tecnología, los ensayos sean mucho más exigentes de lo requerido por el equipo para funcionar en determinadas condiciones, por lo que se observan equipos con etiquetado energético que sugieren que los aparatos inverter pueden llegar a consumir lo mismo o tener el mismo nivel de etiquetado que los on/off cuando en realidad esto no es así.

En la nueva norma, se incorporan aspectos de estacionalidad, utilizando el factor de performance anual – APF – además de las nuevas condiciones de ensayo.

Como hay una fórmula que permita el pasaje de SER y COOP a APF, se opta por el estudio de los aires ON/OFF. Esto es así dado que, además, son los que probablemente sean alcanzados por los MEPS, siendo los mismos menos eficientes. Se clasifica entonces, para los equipos on/off, los resultados encontrados según BTU.

Cabe destacar que se cuenta con información insuficiente para poder calcular el COP en la mayoría de los casos. Por lo tanto, se hará efectivo el cálculo del repago en términos del consumo mensual estimado. Luego, a la hora de seleccionar un MEP para este tipo de equipos se hará según etiquetado.

A los efectos de este estudio se tomará 15 años como el período de duración del ciclo de vida de un aire acondicionado. Si bien parece alto, es el valor que se estima según diversos fabricantes si se realiza el mantenimiento necesario (47).

Se estudiarán modelos de 9000 a 18000 BTU siendo estos tamaños los más comunes a nivel doméstico.

Además, para los siguientes cálculos del ahorro en la factura de eficiencia energética se tomará el modo en el cual el ahorro es menor, para seguir un enfoque más conservador. Se asume que el equipo está encendido 6 meses en año.

Los consumos mensuales promedio que se ven en las tablas de esta sección son las de las etiquetas energéticas en el frente de cada producto, multiplicadas por seis, siendo que las mismas especifican que estos consumos mensuales promedio son de una hora por día. En este trabajo se asumirá que el consumo diario del equipo es de 6 horas.

Aires acondicionados on/off 9000 BTU

Ilustración 67: AA de 9000 BTU en el mercado uruguayo

Según puede verse en el relevamiento de mercado, tanto en calefacción como en modo refrigeración la variabilidad de etiquetado de eficiencia energética es muy alta, así como poco dependiente de los precios, habiendo poca relación entre estas dos variables.

Para esta clase de equipos, la tabla generada es la siguiente:

Consumo mensual (kWh) calefacción	Consumo mensual (kWh) refrigeración	Clase de eficiencia energética calefacción	Clase de eficiencia energética refrigeración	Precio ($)
81.6	97.8	A	A	18995
86.4	97.2	B	B	18097
98.4	114.6	B	C	10590
104.4	115.8	C	C	18824
108.6	117	C	C	17467

En este caso, el producto menos eficiente tiene una diferencia de precio de $1528 con la opción más eficiente. El repago se realizaría entonces en 13 meses o 2,17 años -tomando en cuenta que a los efectos de este estudio se enciente solamente 6 meses en el año- es decir el 14,4% de su ciclo de vida. Esto es tomando en cuenta la diferencia de consumo en el modo en que la misma es menor, en este caso refrigeración de modo de utilizar el caso más restrictivo. El ahorro al finalizar el ciclo de vida del equipo es de $3500 que corresponde al 18,5% del valor de un equipo más eficiente.

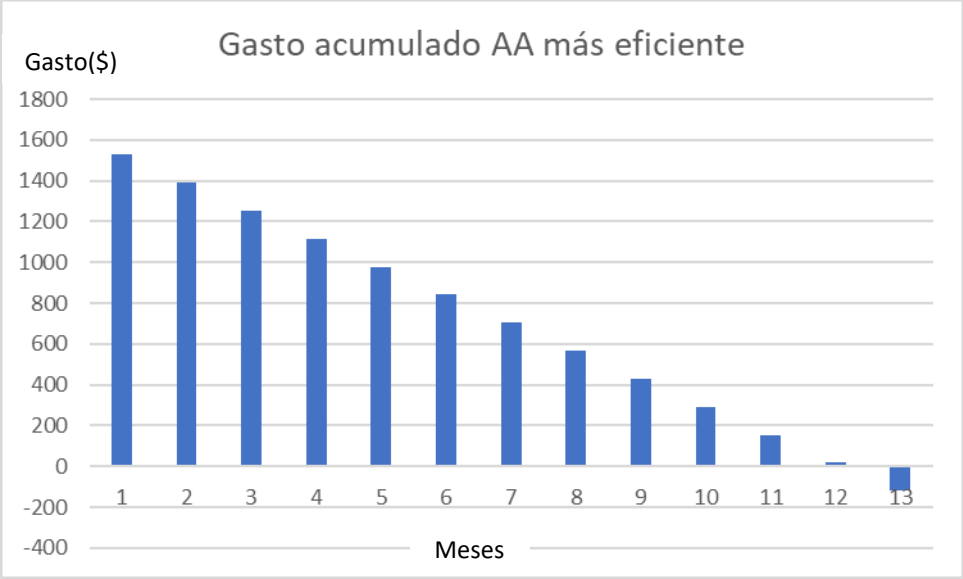


Ilustración 68: Repago AA 9000 BTU

Hay un modelo que se repagaría casi al final del ciclo de vida del AA – lo haría en 74 meses, o 12 años teniendo en cuenta la cantidad de meses al año en los que el mismo está encendido. Este modelo tiene un precio sensiblemente menor a todos los demás (no solamente los más eficientes) de $10590.

Aires acondicionados on/off 12000 BTU

Ilustración 69: AA de 12000 BTU en el mercado uruguayo

Consumo mensual (kWh) calefacción	Consumo mensual (kWh) refrigeración	Clase de eficiencia energética calefacción	Clase de eficiencia energética refrigeración	Precio ($)
135.6	141.6	B	A	15922
121.8	139.8	B	C	20112
126	150.6	B	C	11450
141	156.6	C	C	12882

142.8	160.8	C	C	12990

En este caso, la diferencia entre los modelos más y menos eficiente es de $2932. El repago se realizaría en 60 meses o 10 años tomando en cuenta los meses de encendido, es decir un 66% de su ciclo de vida siendo el ahorro al final del ciclo de $1515.

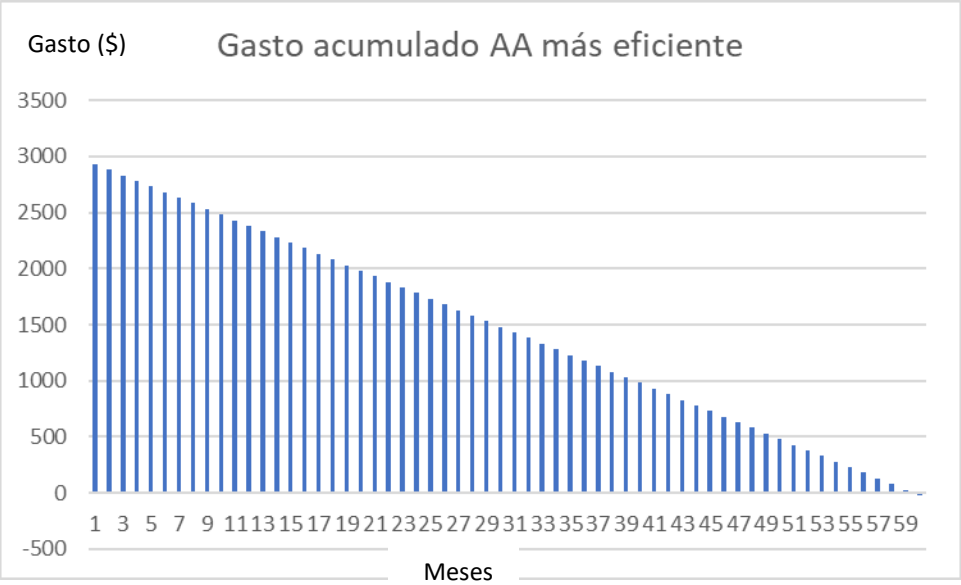


Ilustración 70: Gasto acumulado AA más eficiente 12000 BTU

Aires acondicionados on/off 18000 BTU

Ilustración 71: AA de 18000 BTU en el mercado uruguayo

La tabla generada para este tamaño de aires es la siguiente:

Consumo mensual (kWh) calefacción	Consumo mensual (kWh) refrigeración	Clase de eficiencia energética calefacción	Clase de eficiencia energética refrigeración	Precio ($)
179.4	201.6	A	A	35645
192	206.4	A	A	24790
202.2	208.2	B	B	23302
210	239.4	C	C	22990

En este caso, para el equipo más vs el menos eficiente el repago se realiza en 59 meses, o casi 10 años.

Sin embargo existe otro modelo con eficiencia energética A para ambos modos que sí permite obtener un beneficio aún mayor vs la opción menos eficiente. El repago en este caso se da en el 15 meses ó 2,5 años lo que implica el 16,7% del ciclo de vida siendo que el ahorro al finalizar el mismo es de $9652,5.

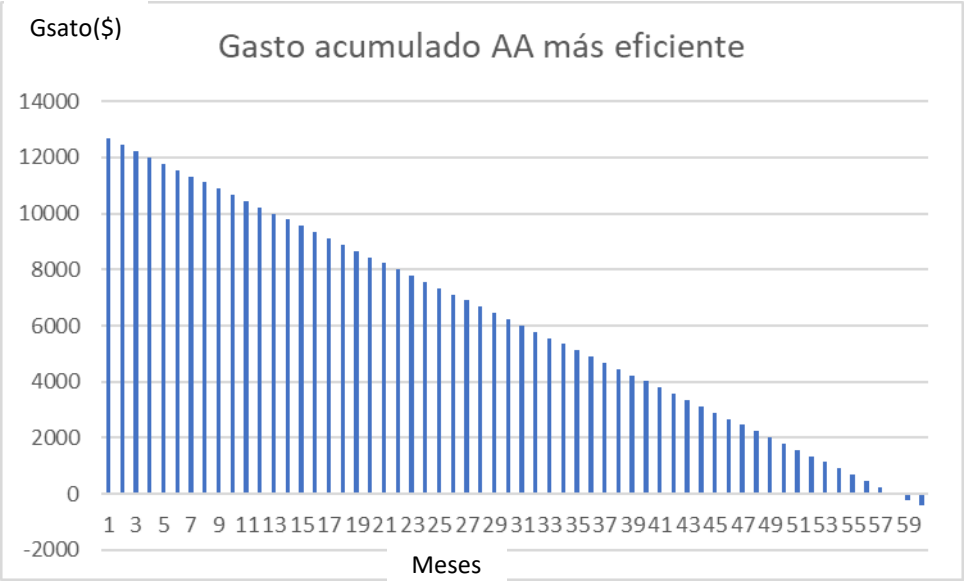


Ilustración 72: Gasto acumulado AA más eficiente 18000 BTU

Según se ve para todos los modelos estudiados los precios varían sin observarse una fuerte dependencia con la eficiencia energética de los equipos. Además, para todos los tamaños excepto 12000 BTU, se cuenta con existencias de productos de etiquetado A para ambos modos de funcionamiento.

Análisis de implementación de MEPS según cálculos manuales y herramientas de software

En esta sección se analizarán los cálculos tanto unitarios como a nivel nacional realizados en forma manual y con las herramientas de software presentadas en secciones anteriores. Se harán análisis unitarios y análisis a nivel país.

Es importante destacar que, en esta sección, para los análisis a nivel unitario se evalúa la diferencia entre el caso base y el caso con MEPS. Para esto se toma en cuenta la diferencia entre un equipo con el mínimo estándar de eficiencia versus el equipo promedio que se encuentra en un hogar hoy en día. Como se vio en la sección anterior, la diferencia entre un equipo de los menos eficientes que se encuentran en el mercado y un equipo con el mínimo estándar sugerido resulta casi siempre beneficiosa. Se analizará a continuación qué sucede con un caso genérico – en el que el equipo es "promedio".

Calefones

Se estudiará a nivel país el impacto económico de la implementación del MEP sugerido que según el estudio realizado para el caso uruguayo será de un IEE igual al 75 %. Dada la dificultad de realizar una comparativa con otros mercados, la selección se basará únicamente en el mercado uruguayo.

Para la simplificación de estos análisis a nivel matemático se tomará el caso de calefones de 40 litros de acero y se asumirá que son éstos los modelos que existen en los hogares uruguayos. Se elegirá esta capacidad dado que la misma es el modelo más vendido en plaza (Fernando Gómez, comunicación personal 23-03-2023) y se optará por el acero dado que es el modelo más económico para esa capacidad.

Esta simplificación, que aparenta ser un tanto generalista, es también conservadora. Notar de los análisis individuales realizados en secciones anteriores que estos modelos de calefón son además los que tienen un repago más tardío.

Según la encuesta continua de hogares, que se realizó sobre una muestra de 42.507 hogares, en 2019 el 86,23% de los mismos contaba con calefón (48).

Se considera además para este estudio que Uruguay contaba en 2019 con aproximadamente 1.106.000 hogares – este dato es según un informe realizado por URSEC ese año para relevar el porcentaje de conexiones a internet-.

Cruzando ambos datos se llega a que, en ese año, aproximadamente 953.704 hogares contaban con calefón. Esto tomando en cuenta la hipótesis de que hay un calefón por hogar. Si bien la realidad es que hay muchos hogares que cuentan con más de un equipo, se opta por una hipótesis conservadora.

Además, para evaluar el ahorro energético mensual y por ende porcentaje en el cual incrementa la eficiencia de los equipos luego de aplicado el MEP se utiliza la tabla:

LITROS	MATERIAL	MEJOR IEE UY	PEOR IEE UY	IEE PROMEDIO UY
30	Acero	80	63	73,6
30	Cobre	78	70	74,8
40	Acero	77	63	71,13
40	Cobre	76	74	74,3
60	Acero	88	72	77,5
60	Cobre	78	76	77,3
80	Acero	80	74	76,7
80	Cobre	77	77	77

Para la construcción de esta tabla, se utilizaron los resultados del web scraping mencionado anteriormente. En el caso del mejor y peor IEE se tomaron los casos extremos para cada una de las capacidades estudiadas. Para hallar el promedio se tomaron en cuenta todos los datos, promediando los índices de eficiencia energética de todos los modelos encontrados en el estudio.

Por lo que, para los calefones de acero de 40 litros, este incremento en la eficiencia es de 4,1 kWh mensuales. Esta es la diferencia entre el consumo de un calefón con IEE promedio, en este caso dicho IEE es de 71,4% el cual supone un IEE equivalente al MEP a colocar. El incremento en la eficiencia, en kWh, es entonces de aproximadamente 6,5% si se considera un MEP de 75%.

El ahorro energético mensual se considerará de 4,1 kWh mensuales, es decir 49,2 kWh en forma anual.

Para llegar a este número se evaluaron los distintos modelos disponibles en plaza y su consumo, para así evitar asumir que los hogares cuentan con el calefón más ineficiente y realizar un enfoque más conservador. Se tomó entonces el consumo de un calefón con un índice de eficiencia promedio, y se comparó con uno eficiente llegando así a este nivel de ahorro.

Si 953.704 hogares cuentan con este equipo, en forma anual se ahorraría a nivel nacional 46.922 MWh.

Según el balance de energía 2021 del MIEM:

TABLA 10. Consumo final energético por fuente

ktep	1965	1980	1995	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Leña y carbón vegetal	355,8	424,4	456,1	444,5	524,2	559,3	543,3	549,9	538,2	519,0	519,0	519,5	533,6	503,4	474,5	**478,4**
(%)	21%	21%	21%	19%	15%	15%	15%	14%	13%	12%	11%	11%	11%	11%	10%	**10%**
Residuos de biomasa	15,1	35,6	46,0	41,5	645,6	625,8	626,8	690,7	900,9	1.157,6	1.227,5	1.283,0	1.257,7	1.287,4	1.333,1	**1.368,7**
(%)	1%	2%	2%	2%	18%	17%	17%	18%	22%	26%	27%	27%	27%	27%	29%	**28%**
Carbón mineral	5,1	2,7	0,3	0,9												
(%)	0%	0%	0%	0%												
Derivados del petróleo	1.164,1	1.312,8	1.274,5	1.234,5	1.520,5	1.578,0	1.582,0	1.671,4	1.679,4	1.672,4	1.742,1	1.753,4	1.754,2	1.761,4	1.681,8	**1.829,0**
(%)	69%	65%	58%	52%	43%	43%	43%	43%	41%	38%	38%	38%	38%	38%	37%	**38%**
Biocombustibles					8,8	22,0	29,4	43,8	52,8	78,8	85,2	79,1	74,0	80,3	79,1	**78,4**
(%)					0%	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	**2%**
Gas natural				73,5	45,7	50,0	46,9	46,6	42,8	43,7	47,7	47,0	50,8	49,7	47,2	**49,5**
(%)				3%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	**1%**
Derivados del carbón	22,6	4,7	0,2	0,9	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	**0,1**
(%)	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	**0%**
Electricidad	118,5	239,0	429,8	556,7	772,7	800,3	823,8	847,2	871,3	906,2	980,5	956,1	985,2	973,7	975,8	**991,7**
(%)	7%	12%	19%	24%	22%	22%	23%	22%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	**21%**
Solar									2,6	3,0	3,3	3,9	4,4	5,0	5,6	**6,7**
(%)									0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	**0%**
Residuos industriales						2,1	1,6	4,3	3,4	6,0	7,0	6,4	8,7	8,6	9,3	**7,0**
(%)						0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	**0%**
TOTAL	**1.681,2**	**2.019,2**	**2.206,9**	**2.352,5**	**3.517,8**	**3.637,8**	**3.654,0**	**3.854,1**	**4.091,5**	**4.386,8**	**4.612,5**	**4.648,5**	**4.668,7**	**4.669,6**	**4.606,5**	**4.809,5**
(%)	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

NOTA: El gas manufacturado está incluido en derivados del carbón en 1965 y en derivados de petróleo en 1980 y 1995. A partir de 2005 se sustituye completamente por gas natural.

Ilustración 73: Consumo de energía por fuente (49)

Se desprende de la tabla que, en 2019 el consumo de energía eléctrica fue de 973,7 ktep (kilo toneladas de petróleo equivalente) lo que se traduce en 11.322 GWh o 11.322.000 MWh.

Con esta medida y asumiendo el caso más conservador (en el que todos los calentadores pasaran a tener el máximo consumo permitido por el nuevo MEP) el sistema eléctrico se ahorraría un 0,41% del consumo total.

Si se toma en cuenta únicamente el consumo residencial, que fue de 316,4 ktep o 3.679.079 MWh. En este caso se puede decir que el ahorro es del 1,28% del consumo residencial.

En el caso que el MEP fuera de un IEE equivalente al 80%, el ahorro observado de esta manera es de aproximadamente 10 kWh mensuales, tomando el mismo nivel de referencia y comparándolo esta vez con un calefón cuyo índice es de 80% por lo que el mismo a nivel país sería de 114.444,5 MWh. El ahorro en este caso sería del 1% del consumo total de energía eléctrica anual o el 3,11% del consumo residencial de energía eléctrica.

Análisis en software

En primera instancia se corrió el análisis con el software PAMS, cuyo funcionamiento fue descripto en secciones anteriores.

Como se mencionó, PAMS es un modelo con cierta antigüedad -la última versión data de 2007-. La proyección en este modelo llega hasta 2030, y el primer año del que se tienen datos luego de la implementación de las políticas es 2020, sin posibilidad de modificación. Lo que se realizó entonces fue un análisis asumiendo que el primer año de la implementación de la política fue 2019.

El objetivo de esto fue ver los resultados luego de un año de política -es decir los resultados de 2020 si la política se hubiera implementado en 2019-. Este resultado es extrapolable a lo que sucedería si la política se implementara en 2023.

Puede utilizarse el método de esta manera dado que la mayoría de los datos no se utilizaron de proyecciones incluidas en el modelo, sino que se utilizaron datos actualizados para nuestro país. De hecho, el modelo no cuenta con los calefones como una opción en el menú por lo que se realizó un análisis personalizado.

Según el Dr. Michael McNeill quien trabaja en el laboratorio de la Universidad de Berkeley, y es -además de coautor de muchos de los papers utilizados como referencia este proyecto- uno de los creadores de PAMS, esta es la manera más precisa de utilizar el modelo. Esto es así dado que de esta manera los datos se ajustan mejor a los del país en cuestión (McNeill, M. comunicación personal). El único dato que se utilizó de la base provista por PAMS fue la cantidad de equipos por hogar en el que se asumió una cantidad similar a la de los refrigeradores.

Los datos ingresados manualmente, tomando en cuenta calefones de 40 litros de acero fueron los siguientes:

- Precio base U$$ 246 – se utilizó un promedio de precios para este modelo.
- Consumo eléctrico promedio – 63,1 kWh mensuales
- Ciclo de vida – 5 años
- Precio de la electricidad U$$ 0,18
- "heat rate" – se utilizó el promedio de las centrales de ciclo combinado análogas a PTI, que es 7400 BTU/kWh. Para el cálculo se tomó en cuenta además que el porcentaje de energías renovables utilizadas en la red, según la 12va edición del monitor energético nacional, fue del 97%.
  El cálculo del heat rate para el sistema nacional es:

$$HR = 0{,}97 * 0 + 0{,}03 * 7{,}4 = 0{,}22 \text{ MBTU/MWh}$$

- Las pérdidas técnicas se consideran de un 17,3%, según la memoria anual de UTE
- Las emisiones de CO2 del SIN son de 0,1 kg por kWh
- Se considera aproximadamente un 100% de electrificación
- Ante la imposibilidad de encontrar datos de stock más específicos se trabaja con los que tiene el programa para heladeras y lavarropas, con lo que se asume un stock para calefones.

Energy Sector Parameters	
Electricity Cost	$0.183
Heat Rate	0.2
T&D Loss Factor	17.3%
CO_2 per kWh (kg)	0.100
Electrification	100.0%

Ilustración 74: Datos del sector energético PAMS

Los resultados obtenidos a nivel nacional para el caso de un MEP de 75 fueron los siguientes:

National Level Results		
Discounted at 10% to year 2015 (millions $US)		
Total Electricity Cost Savings through 2030		**92.5**
Total Incremental Equipment Cost through 2030		**4.2**
Net Present Benefit		**88.3**
Benefit/Cost Ratio		**22.04**
Site Energy Savings in	**2010 (GWh)**	**0**
	2020 (GWh)	**19**
	2030 (GWh)	**213**
Site Energy Savings through	**2010 (GWh)**	**0**
	2020 (GWh)	**19**
	2030 (GWh)	**1315**
Source Energy Savings through	**2010 (Mtoe)**	**0.000**
	2020 (Mtoe)	**0.000**
	2030 (Mtoe)	**0.030**
CO2 Emissions Mitigation through	**2010 (MT)**	**0.00**
	2020 (MT)	**0.00**
	2030 (MT)	**0.16**

Ilustración 75: Resultados para calefones a nivel nacional

Como puede observarse en el año 2020 – recordar que se asumió 2019 como año de implementación de la política – se ahorrarían 19 GWh. Notar que, en el cálculo realizado a mano surgía de que se ahorrarían 45777 MWh, es decir para un incremento de eficiencia de un 6,5% en calefones de 40 litros de acero (esto es un IEE de 75). Esta diferencia en resultados radica en que el cálculo manual es simplista, asumiendo que todos los calefones tienen un índice de eficiencia energética promedio y, automáticamente, todos son recambiados por calefones cuyo índice es igual al MEP establecido -en este caso 75%-. El software PAMS no solamente asume que el primer año no todos los equipos son recambiados -de hecho, solamente un porcentaje se recambia el primer año-, sino también que el caso base cuenta con calefones de distintos niveles de eficiencia, muchos por debajo del promedio y otros por encima del mismo. A su vez, el recambio se realiza por calefones no solamente con el MEP sino por otros más eficientes aún. De esto deriva el hecho de que, para 2030, se estima un ahorro de 213 GWh. Para este año el modelo PAMS asume que:

1. El porcentaje de calefones recambiados es el 100% y, dado que pasó el doble del ciclo de vida el recambio se realizó más de una vez para algunos casos
2. Los calefones fueron recambiados por modelos que en algunos casos fueron de un estándar igual al MEP, pero en muchos casos mayor al mismo
3. Los MEPS hicieron que tecnologías con aún mejor eficiencia penetraran el mercado

4. Como los datos de entrada ingresados asumen que solo un 86% de los hogares tenía calefón, a fin de la política este número ha aumentado

Con todo esto tenido en cuenta, el ahorro inicial es menor al cálculo manual pero el ahorro a 10 años de la política es muchísimo mayor. Sabiendo que todo esto debe ser tenido en cuenta, es claro que realizar este cálculo en forma manual es demasiado generalista.

Sin embargo, y como fue también mencionado, este software tiene cierta antigüedad por lo que se asumió que la política comenzó a entrar en efecto en 2019 y se ven los efectos de esta en 2020 – el año siguiente- y 2030. Es por este motivo que la tasa de descuento se toma desde 2015, el año al que se realizan los descuentos de los futuros impactos debe ser para esta herramienta menor al año en que la misma entra en vigor. Para todos los ejemplos estudiados en donde se utiliza esta herramienta, se colocaba un aproximado de 5 años entre el año de análisis y el de implementación de la política.

En el caso de las emisiones de CO2, no se ven ahorros en el primer año. Según este modelo, luego de transcurridos los primeros 10 años de hecho se terminan ahorrando 0,16 MT más de CO2 en total. Esto no es un número tan impresionante, lo cual tiene que ver con la composición de la matriz energética nacional la cual está fuertemente compuesta por energía de carácter renovable por lo que la disminución en las emisiones no es tan significativa. Por el mismo motivo es que se ahorran solamente 0,030 Mtoe.

Los ahorros de electricidad desde la implementación hasta 2030 son de 92,5 millones de dólares, a nivel nacional. Estos ahorros suponen el costo de generación evitado por la implementación de MEPS, sin tener en cuenta los ahorros por postergación de inversiones. Los costos descontados para ese período son de 4,2 millones por lo que el beneficio presente neto de la implementación de MEPS es de 88,3 millones de dólares a nivel país.

Vale la pena destacar, además, que la relación costo beneficio es positiva siendo la misma, según el programa, de 22,04 por unidad. Este ratio intenta reflejar la relación entre los costos y beneficios relativos y se considera positivo si es mayor a la unidad por lo que el resultado devuelto por esta herramienta de cálculo concluye que los beneficios de llevar a cabo la implementación de estos MEPS superan los costos. Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que los parámetros para la realización de estos cálculos realizan muchas suposiciones por lo que los resultados dependen de eventos que, muchas veces, no pueden preverse antes de comenzado el proyecto. En líneas generales, cuanto más se aparta este ratio de la unidad, más seguro es realizar el proyecto dado que es más probable que los beneficios superen a los costos.

A nivel unitario, el programa devuelve:

Results

Unit Level Results		
	Base Case	Standard Case
Purchase Price	**$256**	**$257**
UEC in kWh/year	**757**	**711**
Electric Bill	**$138.57**	**$130.11**
Life Cycle Cost	**$781**	**$751**
Efficiency Improvement	**6.5%**	
Payback Time (years)	**0.16**	
Lifetime (Years)	**5**	
LCC Savings	**$31**	

Ilustración 76: Resultados a nivel unitario para calefones de 40 litros de acero

Se ve que el ahorro en la factura de energía eléctrica es de 46 kWh anuales, es decir U$$ 8,46 lo que equivale a aproximadamente $322 asumiendo que la eficiencia incrementa en un 6,5%.

Para realizar los cálculos en forma manual se toma un consumo que se sitúa en los 63,1 kWh. Este es el consumo para un calefón con una eficiencia del 6,5% menor al MEP establecido, es decir un IEE de 71,4%. con un ahorro mensual es de 4,1 kWh o de 49 kWh anuales, siendo el ahorro anual de $427,7. En el software se obtiene que el ahorro en kWh anual es de 46 kWh anuales. La diferencia en los kWh de un método y otro radican probablemente en puntos decimales tenidos en cuenta al momento del cálculo.

Para calcular el ahorro del costo del ciclo de vida en forma manual, se debió tomar un precio para un calefón del nivel de eficiencia mencionado. El problema de esta estimación es que para este tipo de equipo los precios no necesariamente varían de forma directa con el nivel de eficiencia. Se tomó un estimado a partir de los datos obtenidos del estudio de mercado que se sitúa en $8000. La diferencia de precio aproximada con un calefón que tiene un IEE de 75 es de aproximadamente $1500 o U$$39,5 por lo que el repago entonces se da en 3,6 años lo cual tiene una diferencia muy marcada con los 1,56 años que muestra el modelo PAMS. Esto es así dado que el software no toma en cuenta las diferencias de precio actuales, sino que realiza un cálculo matemático que asume que el precio del calefón más eficiente se ajustará a la baja.

Esto es así dado que un equipo con un IEE de 75 se convertirá en el menos eficiente del mercado, por lo que el programa asume que bajará de precio. Notar que la diferencia actual es de $1500 mientras que para el software la misma se reduciría a tan solo $494. La diferencia entre adquirir hoy un calefón con un IEE de 71,4% y adquirir uno con un IEE de 75% *habiendo implementado una política de MEPS* sería de apenas U$$13 habiendo entonces un repago mucho más rápido. Se concluye entonces que, si la diferencia de precios fuera la estimada por PAMS, el cálculo manual daría el mismo tiempo de repago.

Los ahorros al finalizar el ciclo de vida son, según el modelo PAMS, de U$$19, o $732 vs los aproximadamente $601 calculados en forma manual con el precio y consumo promedio mencionados. La diferencia en los ahorros a lo largo del ciclo de vida radica en que, si el repago se realiza mucho más rápido, durante el resto del ciclo de vida se ahorrará mucho más dinero. Notar sin embargo que la

diferencia de precio entre un calefón estándar para PAMS vs uno con 10% más eficiencia es casi imperceptible, mientras que para los cálculos realizados en forma manual esta diferencia es de $1500. Esto debería verse también en los ahorros del ciclo de vida, siendo que si la diferencia de precio fuera la misma, los ahorros calculados en forma manual serían mucho mayores a los de PAMS. Sin embargo, para los ahorros del ciclo de vida PAMS toma en cuenta factores económicos a nivel país, tasas de descuento y otras variables económicas que no se consideran en los cálculos manuales.

	MANUAL	PAMS
REPAGO (AÑOS)	3,6	1,56
AHORRO LCC ($)	601	732
AHORRO kWh	49	46

Siendo el ahorro LCC el ahorro en pesos al final del ciclo de vida del producto, luego de haber pagado el costo incremental del equipo con el mínimo MEPS a instalar vs el promedio actual en plaza.

Finalmente se señala que para este equipo solamente se corrió el análisis en PAMS dado que, al intentar usar MEPSY, el mismo incluye en el análisis la sustitución de métodos de calentamiento de agua por otros más eficientes (por ejemplo, bomba de calor). No es el objetivo de este proyecto buscar el reemplazo de un equipo por otro de una tecnología diferente, sino ahondar en la eficiencia de este. Siendo que MEPSY es más “cerrado” al usuario, no resultaba útil para el análisis de este electrodoméstico.

Refrigeradores

Para seleccionar el nivel de MEPS a imponer para los refrigeradores, se tomará en cuenta el relevamiento de mercado realizado para el país, así como también las realidades de otros mercados.

Es importante destacar que a los efectos de este proyecto se considerarán refrigeradores de dos puertas – un compartimiento para alimentos frescos y un congelador de 4 estrellas, lo que quiere decir que se garantiza una temperatura menor a los -18 grados Celsius -.

En el caso de la Unión Europea, se vio que el método de ensayo utilizado por este conjunto de países es distinto uruguayo. En particular, el estándar europeo se asemeja a la norma en consulta pública de nuestro país que aún no se ha aprobado.

Sin embargo, la normativa anterior de la UE sí se asemeja a la que está vigente en Uruguay. De acuerdo con esta normativa la UE prohibió, en 2014, la comercialización de las heladeras con IEE igual o menor a “A” (en ese momento la UE contaba con el etiquetado que iba desde A+++ hasta la G, por lo que en 2014 solamente se podrían comercializar heladeras con etiqueta A+, A++ o A+++).

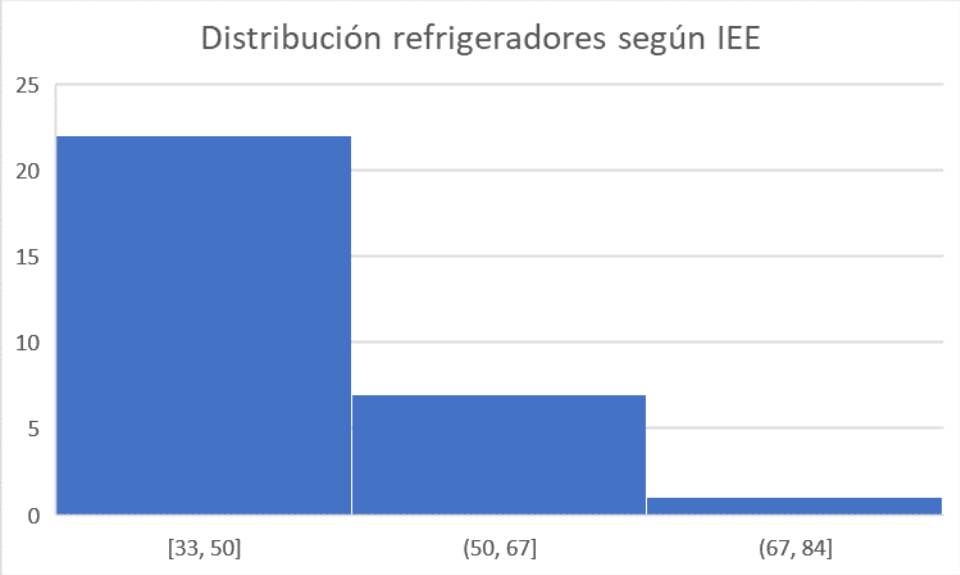
Más específicamente, rigiéndose por la normativa de 2014, cuyos ensayos eran análogos a la normativa vigente en Uruguay, en Europa no podían comercializarse heladeras con un IEE igual o mayor a 42% en ese momento.

En la actualidad en Chile, que tampoco ha actualizado aún su normativa, el IEE no debe ser mayor a 55%. En argentina – que se encuentra en la misma situación que Uruguay y Chile- tampoco se pueden comercializar refrigeradores con IEE mayor a 55%, lo que corresponde a una clase de energía A o mayor en ese país.

Es necesario destacar que las normativas de Argentina y Chile, así como la uruguaya, han quedado obsoletas ya que no han tenido una revisión actualizada. En el caso de Chile la misma está en proceso de cambio actualmente. Por lo tanto, se analizará incorporar un MEP sensiblemente menor al de estos países dado que, si bien se detalló extensivamente en este proyecto la necesidad de no tener estándares muy distintos a los países de la región, los mismos están prontos a revisar sus MEPS. Estos además apuntarán, probablemente, al estándar europeo actual. Específicamente en el caso chileno la nueva normativa está en análisis.

En el mercado uruguayo existe una gran variedad de refrigeradores con un IEE menor a 42% para todos los modelos estudiados mientras que son pocos los que cuentan con IEE mayor a 55%.

Observando la distribución de IEE para los refrigeradores según el relevamiento realizado para el mercado uruguayo.



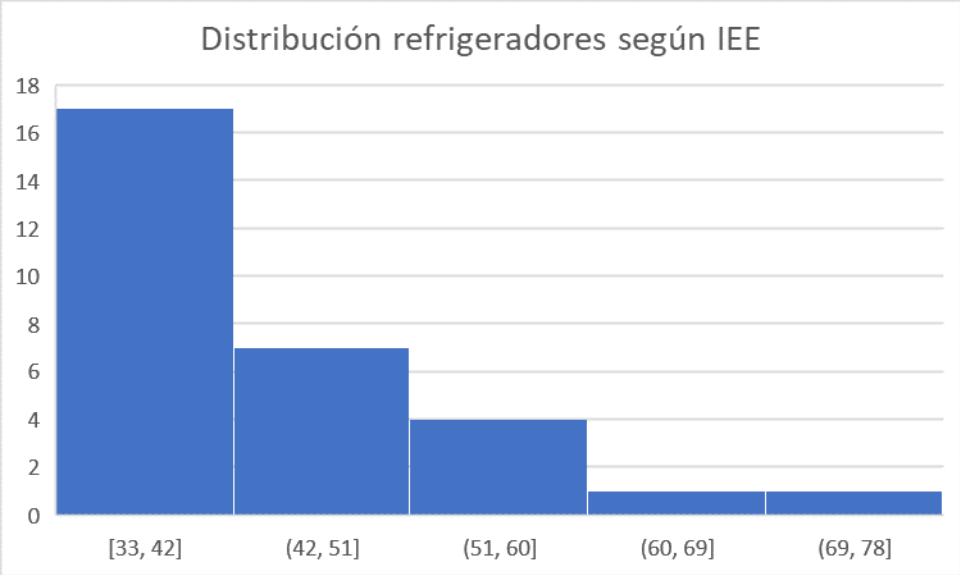


Ilustración 77: Distribución de refrigeradores, IEE (%) vs cantidad de modelos relevados. 77 A. clasificación en tres grupos, 77 B. segregación en 5 grupos.

Se observa que, para el relevamiento realizado, el 43% de los modelos relevados tienen un IEE mayor a 42% mientras que solamente un 26% de la muestra tiene un IEE mayor a 50%. El 38% de los elementos muestreados tiene, sin embargo, un IEE mayor a 45%.

El IEE promedio para los modelos existentes en el mercado uruguayo es de 45% y según el estudio realizado no se encontró una dependencia entre el mismo y el volumen del refrigerador para equipos de entre 250 y 500 litros.

A su vez, solamente el 10% de los modelos muestreados son de categoría B siendo el otro 90% A. Aquí se observa nuevamente la necesidad de la actualización de la normativa, dado que el parque de refrigeradores, con un nivel de eficiencia variado, posee casi mayoritariamente la misma categoría de eficiencia energética.

Se considerará entonces para este estudio un MEP de 42%, dado que este estándar europeo data de 2014 y es, posiblemente, a donde apunten los mercados chileno y argentino en las normas que se encuentran en estudio actualmente. Si las mismas tuvieran un MEP menos restrictivo sería prudente realizar una readecuación para estar en línea con la región.

Según la encuesta continua de hogares que se mencionó en la sección anterior, sobre una muestra de 42.507 hogares, en 2019 el 98,5 % de los mismos contaba con heladera.

Considerando nuevamente 1.106.000 hogares, aproximadamente 1.089.410 contaban con heladera en 2019, es decir el 98,5%.

El ahorro energético mensual se considerará de 2,7 kWh mensuales, es decir 32,4 kWh en forma anual. Esto es así dado que esta es la diferencia entre el consumo una heladera con un IEE promedio – de 45 %- y de aproximadamente 350 litros con el de uno con un IEE de 42% para una capacidad estimada similar.

Si 1.106.000 hogares cuentan con este equipo, en forma anual se ahorraría a nivel nacional 35.834,4 MWh.

Según el balance de energía 2021 del MIEM mencionado en la sección anterior y que, como fue mencionado, estima que en 2019 el consumo de energía eléctrica fue de 11.322.000 MWh, el sistema eléctrico se ahorraría un 0,31% del consumo total.

Si se toma en cuenta únicamente el consumo residencial, que fue de 316,4 ktep o 3.679.079 MWh. En este caso se puede decir que el ahorro es del 0,97% del consumo residencial.

Análisis en software

En primera instancia se corrió nuevamente el análisis con el software PAMS.

En este caso, si bien se realizó nuevamente un análisis personalizado, el software cuenta con la opción de seleccionar refrigeradores de 4 estrellas y 350 litros. Si bien se mantendrán los parámetros de usuario referentes al país, análogamente con la sección anterior, hay otros parámetros que pueden ser útiles y que serán más específicos a refrigeradores que pueden aprovecharse de esta opción.

Los datos ingresados manualmente fueron los siguientes:

- Precio base U$$ 828 – se utilizó un promedio de precios para esta capacidad.
- Consumo eléctrico promedio – 25 kWh mensuales
- Ciclo de vida – 15 años
- Precio de la electricidad U$$ 0,18
- "heat rate" – se utilizó el promedio de las centrales de ciclo combinado análogas a PTI, que es 7400 BTU/kWh. Para el cálculo se tomó en cuenta además que el porcentaje de energías renovables utilizadas en la red, según la 12va edición del monitor energético nacional, fue del 97%.
  El cálculo del heat rate para el sistema nacional es:

$$HR = 0{,}97 * 0 + 0{,}03 * 7{,}4 = 0{,}22 \text{ MBTU/MWh}$$

- Las pérdidas técnicas se consideran de un 17,3%, según la memoria anual de UTE
- Las emisiones de CO2 del SIN son de 0,1 GWh
- Se considera aproximadamente un 100% de electrificación
- Ante la imposibilidad de encontrar datos de stock más específicos se trabaja con los que tiene el programa para heladeras, por lo que los datos de stock serán más fidedignos que para calefones donde el estimado fue en base a otros electrodomésticos.

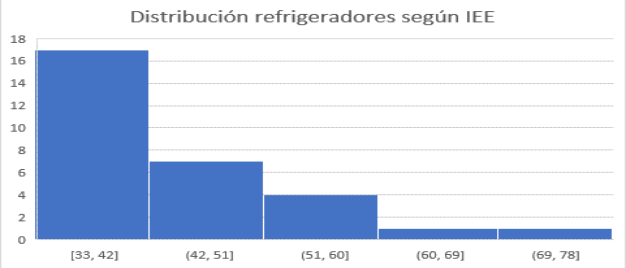


Ilustración 78: Datos del sector energético PAMS

Además, para evaluar el porcentaje en el cual incrementa la eficiencia de los equipos luego de aplicado el MEP se utiliza esta tabla:

LITROS	MEJOR IEE UY	PEOR IEE UY	IEE PROMEDIO UY
250	40	63	47
300	33	51	41
350	39	55	45
400	36	70	51

Para la construcción de esta se utilizaron, al igual que para los calefones, los resultados del web scraping mencionado anteriormente. En el caso del mejor y peor IEE se tomaron los casos extremos para cada una de las capacidades estudiadas. Para hallar el promedio se tomaron en cuenta todos los datos, promediando los índices de eficiencia energética de todos los modelos encontrados en el estudio.

Por lo que para los refrigeradores de 350 litros este incremento en la eficiencia es de aproximadamente 7% si se considera un MEP de 42.

Los resultados obtenidos a nivel nacional para el caso de un MEP de 42 fueron los siguientes:

National Level Results

Discounted at 10% to year 2015 (millions $US)		
Total Electricity Cost Savings through 2030		**119.4**
Total Incremental Equipment Cost through 2030		**43.1**
Net Present Benefit		**76.3**
Benefit/Cost Ratio		**2.77**
Site Energy Savings in	**2010 (GWh)**	**0**
	2020 (GWh)	**13**
	2030 (GWh)	**242**
Site Energy Savings through	**2010 (GWh)**	**0**
	2020 (GWh)	**13**
	2030 (GWh)	**1261**
Source Energy Savings through	**2010 (Mtoe)**	**0.000**
	2020 (Mtoe)	**0.000**
	2030 (Mtoe)	**0.029**
CO2 Emissions Mitigation through	**2010 (MT)**	**0.00**
	2020 (MT)	**0.00**
	2030 (MT)	**0.15**

Ilustración 79: Resultados para heladeras a nivel nacional

En este caso, en el primer año de implementación se ahorrarían 13 GWh mientras que el cálculo manual daba unos 35 GWh. Nuevamente la diferencia surge en que en el cálculo manual se considera un recambio inmediato de todos los equipos, en el que los nuevos serán del mínimo estándar posible mientras que PAMS utiliza modelos probabilísticos para estimar la tasa de recambio de toda la población a lo largo del ciclo de vida, así como las distintas eficiencias que tendrán los nuevos equipos. Es por esto por lo que, al finalizar los 10 años desde que se implementa la política se asume que el ahorro en GWh es de 242.

En el caso de las emisiones de CO2, nuevamente no se ven ahorros en el primer año. Según este modelo, luego de transcurridos los primeros 10 años se ahorran 0,15 MT de CO2 en total, lo que otra vez tiene que ver con la composición de la matriz energética nacional que hace que este ahorro no sea tan significativo. La tabla también muestra los ahorros energéticos en millones de toneladas de petróleo equivalente.

Los ahorros de electricidad desde la implementación hasta 2030 son de 119,4 millones de dólares, mientras que los costos descontados para ese período son de 43,1 millones por lo que el beneficio presente neto de la implementación de MEPS es de 76,3 millones de dólares.

Vale la pena destacar, además, que la relación costo beneficio es nuevamente positiva siendo la misma, según el programa, de 2,77 por unidad.

A nivel unitario, el programa devuelve:

Results

Unit Level Results		
	Base Case	Standard Case
Purchase Price	**$940**	**$953**
UEC in kWh/year	**333**	**303**
Electric Bill	**$60.96**	**$55.42**
Life Cycle Cost	**$1,404**	**$1,375**
Efficiency Improvement	**10.0%**	
Payback Time (years)	**2.38**	
Lifetime (Years)	**15**	
LCC Savings	**$29**	

Ilustración 80: Resultados a nivel unitario para refrigeradores

Se ve que el ahorro en la factura de energía eléctrica es de U$$ 4 anuales lo que equivale a aproximadamente $152 asumiendo que la eficiencia incrementa en un 10%.

Si se realizan los estudios en forma manual, la diferencia de consumo entre un refrigerador de 350 litros cuyo IEE es el promedio -45%- vs uno con el mínimo estándar a permitir -42%- la diferencia en kWh es de 2,7 kWh mensuales o 32,76 kWh anuales lo que equivale a $234 o U$$6,16. El software indica una diferencia de 30 kWh anuales y una diferencia de U$$5,54 o $210.

El repago, por otra parte, se da en 5 años según los cálculos del modelo. Para realizar el cálculo en forma manual se debe, nuevamente, seleccionar una diferencia de precios para un modelo con IEE promedio versus uno con IEE igual al del MEP a establecer. Para la capacidad elegida no hay exponentes con esos IEE exactos. Además, los precios varían de tal manera que a veces los refrigeradores más eficientes son

más económicos por otras razones – calidad de los materiales, marca, accesorios-. Tomando datos del estudio de mercado para otras capacidades y comparando diferencias de precio para modelos con una separación similar en términos de IEE se toma que la diferencia entre los precios es de aproximadamente $3000. Esto da un repago de 13 años. Al igual que para los calefones, en el cálculo manual se toman precios existentes en el mercado, mientras que el modelo asume que el precio se ajustará a la baja.

Los ahorros al finalizar el ciclo de vida son, según este modelo, de U$$29, o $1102 vs los aproximadamente $463 que fueron calculados en forma manual lo que se debe arazones comentadas en el caso de los calefones.

Nuevamente las diferencias entre PAMS y los cálculos manuales pueden deberse a las razones ya especificadas para calefones.

	MANUAL	PAMS
REPAGO (AÑOS)	13	5
AHORRO LCC ($)	463	1102
AHORRO kWh ANUAL	32,8	30

Para este equipo sí se corrió es software MEPSY. Este software compara la política base con dos casos, la de la política implementar y un caso de máxima eficiencia. Para el caso de la política que se pretende implementar se utilizó nuevamente un incremento del 10% en la eficiencia mientras que para el caso máximo se utilizó un incremento del 20%.

Notar que este software es más moderno por lo que se pudo utilizar a 2023 como el año de implementación de la política. Además utiliza distintas bases de datos que PAMS por lo que los resultados difieren entre ambas herramientas.

Finalmente, los resultados devueltos por MEPSY son más acotados por lo que se podrá realizar comparaciones solamente para algunos aspectos.

En la pantalla de entrada que permite al usuario introducir datos específicos se colocó:

- Ciclo de vida (años)
- Consumo de energía para cada caso (siendo en el caso de la política un consumo anual 10% menor al base y 20% en el caso de mayor eficiencia)
- Los datos del sector energético se ingresaron análogos a PAMS
    - Precio del kWh, el cual se mantuvo constante en el año de implementación de la política hasta el 2060, esta simplificación se hizo a los efectos de poder comparar
    - Heat rate
    - Pérdidas técnicas
    - Emisiones
- Tasas de descuento de un 10%

Nuevamente, como no se tienen datos de stock o importaciones se utilizan los datos estadísticos provistos por el software.

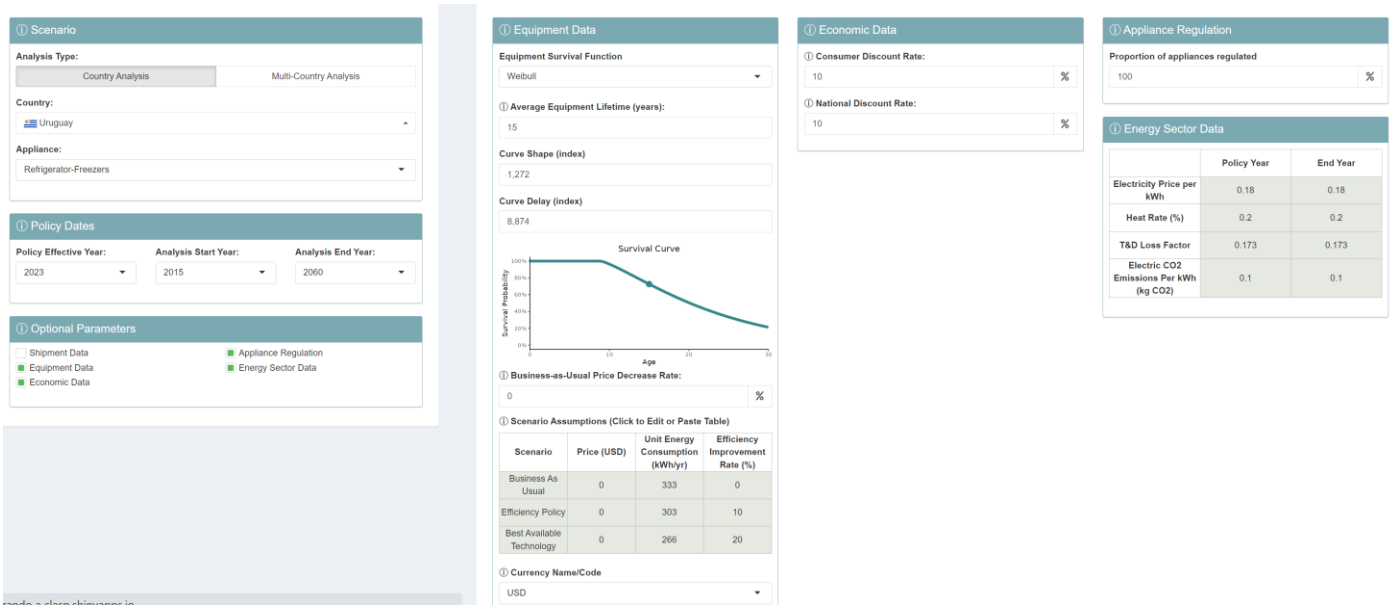


Ilustración 81: Datos de entrada de MEPSY

Los datos a nivel nacional devuelven:

National Impact

Reference Year: 2030

National Impact	Efficiency Policy	Best Available Technology
Annual Energy Reduction in 2030 (TWh/Year)	0.3	0.5
Cumulative Energy Reduction 2023 through 2030 (TWh)	1.0	1.8
Annual CO2 Reduction at 2030 (MT/Year)	0.04	0.06
Cumulative CO2 Reduction 2023 through 2030 (Mt)	0.1	0.2
Net Savings through 2030	114,356,987	198,352,053

Ilustración 82: Resultados de MEPSY a nivel nacional

En este caso los resultados se ven en 2030, es decir 7 años luego de implementada la política por lo que no se puede comparar con los 10 años que transcurrían en el caso de PAMS. Esto es así dado que, siendo este software más moderno, se permite colocar a 2023 como año de implementación siendo 2030 el momento del primer hito. Para PAMS en 2030 ya habían transcurrido 11 años de implementada la política.

Los resultados se muestran en la ilustración 65. Es importante destacar que en caso de la política a implementar el ahorro, para MEPSY, ronda en los 114 miles de millones de dólares en 7 años lo cual es un incremento respecto de PAMS que pronosticaba alrededor de 119 millones para los primeros 11 años.

Referidos a las emisiones de CO2, si bien los valores son diferentes por la diferencia en la cantidad de años a tomar en cuenta, el orden de magnitud es el mismo.

Respecto de las reducciones en consumo energético se pronostican 0,3 TWh por año de ahorro para 2030 en el caso de la política a implementar y de 0,5 TWh por año en el caso más restrictivo.

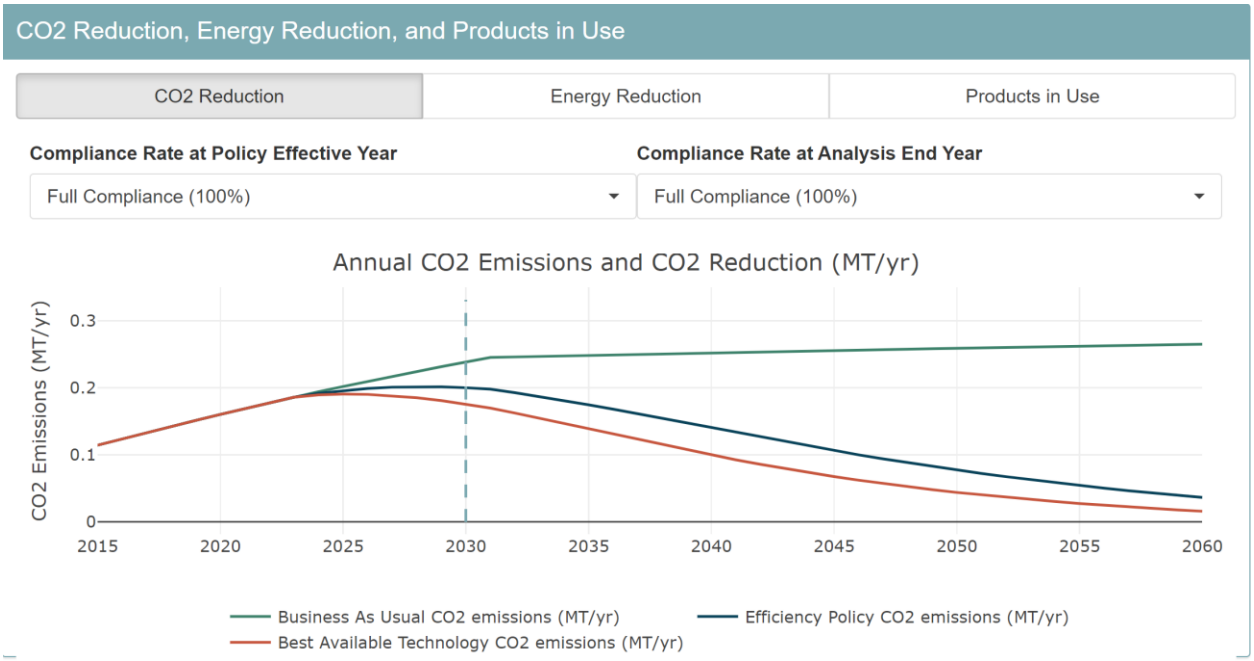


Ilustración 83: Reducción en las emisiones de CO2

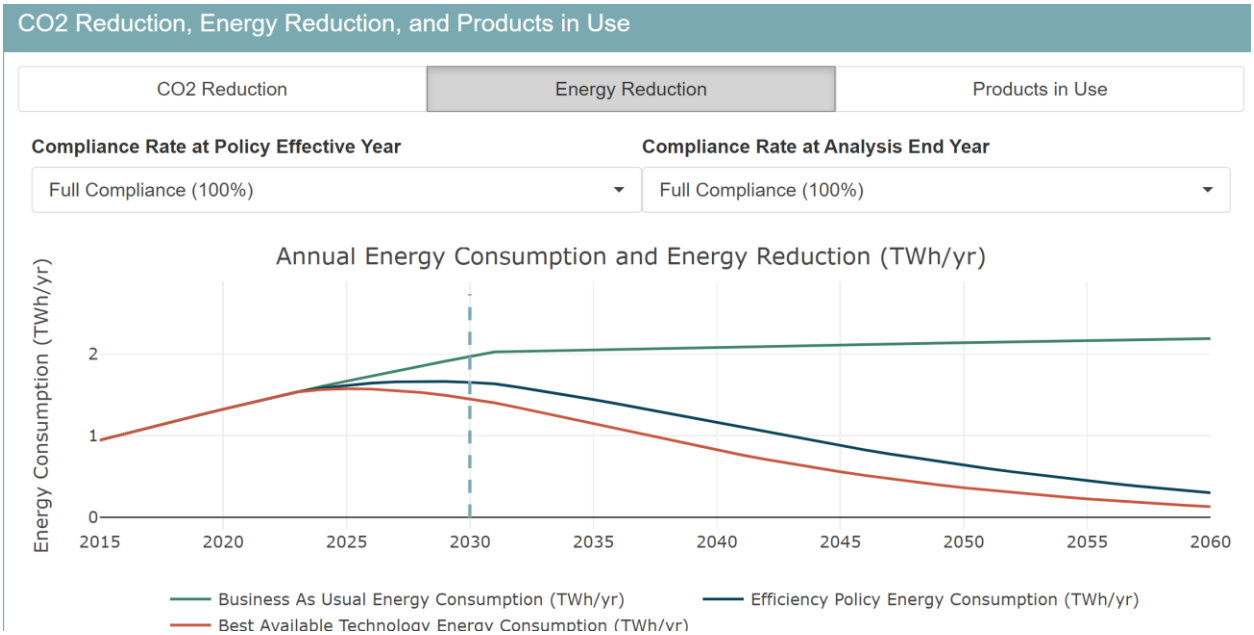


Ilustración 84: Ahorro en el consumo energético

No se considera pertinente el análisis a nivel unitario dado que los resultados deberían ser similares a PAMS. Sin embargo, este sistema solicita una entrada para el precio de equipos promedio vs. más eficientes. Se observó en el análisis de mercado que el costo no es estrictamente dependiente de la eficiencia del equipo por lo que este análisis no resultaría de utilidad. A diferencia de PAMS, no se permite colocar únicamente el precio actual de los equipos sino que son necesarios los mismos para los tres niveles de eficiencia.

Aires acondicionados

En el caso de los aires acondicionados, se tomarán en cuenta los MEPS de la región, en particular los de Argentina y Chile con sus respectivas normativas vigentes así como también la normativa europea anterior.

Como fue mencionado anteriormente, los MEPS en este proyecto se tomarán en cuenta para aires on/off y no para equipos inverter debido a que habrá un cambio drástico en la normativa el cual no permite el pasaje entre uno y otro criterio, lo cual implicaría una falta de datos de mercado.

Además, se considera que los equipos inverter cuentan con una tecnología más eficiente por lo que son menos los que quedarían afectados por los MEPS respecto de los equipos on/off.

El nivel de MEPS seleccionado equivale a un COP de 3,40 y a un EER de 3,00 es decir al mínimo valor posible para un equipo categoría A. Si bien no todos los tipos de aire tienen modelos con este nivel de eficiencia, en particular para 12000 BTU se encontraron solamente equipos categoría B y C, dado que todos los países de la región cuentan con este estándar parece razonable poder atenerse al mismo. Además, la oferta de aires más eficientes de la mano de equipos categoría inverter cuyo valor se acerca cada vez más al de los on/off permite tomar una decisión un tanto más restrictiva. Finalmente, no se

observó que los precios estén ligados en forma proporcional al nivel de eficiencia por lo que se considera que se podrían alcanzar esos parámetros sin una suba considerable para el consumidor.

En este caso, debido a la falta de información de los equipos en el mercado queda más firmemente ligada la elección del MEP al etiquetado energético del equipo en cuestión.

Según los consumos aproximados, el incremento en eficiencia energética sería de un 10%.

Para este caso se centrará el análisis en equipos de 9000 BTU.

En el caso de estos equipos, según el estudio de mercado realizado el consumo mensual promedio de un equipo de este tamaño es de 99,6 kWh en modo calefacción y 108,84 kWh en modo refrigeración. A los efectos de mantener un análisis conservador se asumirá que el consumo mensual promedio es el menor de ambos casos. Los parámetros de estacionalidad no se consideran a los efectos de la normativa vigente, pero sí en la que se encuentra en consulta pública por lo que si bien esta sugerencia de MEP no permitirá que muchos de los productos hoy en plaza entren en el mercado, el análisis deberá repetirse por completo si es que la normativa efectivamente se modifica.

Según un informe realizado por SEG ingeniería en base a datos de las encuestas continuas de hogares, el 46% de los hogares del país cuentan con aire acondicionado, por lo que si nuevamente se considera un universo de 1.106.000 hogares, 508.760 cuentan con al menos un equipo de aire acondicionado.

El ahorro energético mensual se considerará de 10 kWh mensuales o 60 kWh en forma anual, nuevamente considerando que los equipos están encendidos 6 meses al año. Esto es así dado que esta es la diferencia entre el consumo de un aire promedio vs. uno de categoría A existente en el mercado.

Es difícil asumir una diferencia de precio para aires de consumo promedio vs eficientes ya que según el estudio de mercado, los mismos son independientes y no se encontró modelos a estos precios. Sin embargo, tomando dos aires cuya diferencia de consumo energético es de aproximadamente la misma, se utilizará una aproximación a grandes rasgosde $1500. La tasa de repago es de 21 meses o 3,6 años lo que equivale a un 23,2% del ciclo de vida. El ahorro al final del mismo sería de $4933.

Si 1.106.000 hogares cuentan con este equipo, en forma anual se ahorraría a nivel nacional 66.360 MWh.

Según el balance de energía 2021 del MIEM mencionado en las secciones anteriores que estima que en 2019 el consumo de energía eléctrica fue de 11.322.000 MWh, el sistema eléctrico se ahorraría un 0,58% del consumo total.

Si se toma en cuenta únicamente el consumo residencial, que fue de 316,4 ktep o 3.679.079 MWh. En este caso se puede decir que el ahorro es del 1,8% del consumo residencial.

Debe sin embargo considerarse que si este análisis tomara en cuenta los aires acondicionados inverter, el resultado sería distinto dado que existen hogares que optan por esta tecnología que permite opciones más eficientes que el mejor producto on/off del mercado.

Análisis en software

En primera instancia se corrió nuevamente el análisis con el software PAMS.

En este caso, así como para refrigeradores, el software también cuenta con la opción de seleccionar aires acondicionados.

Los datos ingresados manualmente fueron los siguientes:

- Precio base U$$ 460 – se utilizó un promedio de precios para esta capacidad.
- Consumo eléctrico promedio – 99,6 kWh mensuales
- Ciclo de vida – 15 años
- Precio de la electricidad U$$ 0,18
- "heat rate" – se utilizó el promedio de las centrales de ciclo combinado análogas a PTI, que es 7400 BTU/kWh. Para el cálculo se tomó en cuenta además que el porcentaje de energías renovables utilizadas en la red, según la 12va edición del monitor energético nacional, fue del 97%.
  El cálculo del heat rate para el sistema nacional es:

$$HR = 0{,}97 * 0 + 0{,}03 * 7{,}4 = 0{,}22 \text{ MBTU/MWh}$$

- Las pérdidas técnicas se consideran de un 17,3%, según la memoria anual de UTE
- Las emisiones de CO2 del SIN son de 0,1 GWh
- Se considera aproximadamente un 100% de electrificación
- Ante la imposibilidad de encontrar datos de stock más específicos se trabaja con los que tiene el programa para aires acondicionados.

Los resultados obtenidos a nivel nacional fueron:

National Level Results		
Discounted at 10% to year 2015 (millions $US)		
Total Electricity Cost Savings through 2030		**200.2**
Total Incremental Equipment Cost through 2030		**141.4**
Net Present Benefit		**58.7**
Benefit/Cost Ratio		**1.42**
Site Energy Savings in	**2010 (GWh)**	**0**
	2020 (GWh)	**24**
	2030 (GWh)	**408**
Site Energy Savings through	**2010 (GWh)**	**0**
	2020 (GWh)	**24**
	2030 (GWh)	**2154**
Source Energy Savings through	**2010 (Mtoe)**	**0.000**
	2020 (Mtoe)	**0.000**
	2030 (Mtoe)	**0.045**
CO2 Emissions Mitigation through	**2010 (MT)**	**0.00**
	2020 (MT)	**0.00**
	2030 (MT)	**0.26**

Ilustración 85: Resultados para AA a nivel nacional en PAMS

En este caso, en el primer año de implementación se ahorrarían 24 GWh mientras que el cálculo manual daba unos 66,4 GWh. Nuevamente la diferencia surge en que en el cálculo manual se considera un recambio inmediato de todos los equipos. Al finalizar los 10 años desde que se implementa la política se asume que el ahorro en GWh es de 408.

En el caso de las emisiones de CO2, nuevamente no se ven ahorros en el primer año. Según este modelo, luego de transcurridos los primeros 10 años se ahorran 0,26 MT de CO2 en total, de acuerdo con la matriz energética nacional altamente basada en energías renovables. La tabla también muestra los ahorros energéticos en millones de toneladas de petróleo equivalente.

Los ahorros de electricidad desde la implementación hasta 2030 son de 200,2 millones de dólares, mientras que los costos descontados para ese período son de 141,4 millones por lo que el beneficio presente neto de la implementación de MEPS es de 58,7 millones de dólares.

Vale la pena destacar, además, que la relación costo beneficio es nuevamente positiva siendo la misma, según el programa, de 1,42 por unidad.

A nivel unitario, el programa devuelve:

Unit Level Results		
	Base Case	Standard Case
EER (SI)	**3.00**	**3.30**
Purchase Price	**$460**	**$506**
UEC in kWh/year	**598**	**543**
Electric Bill	**$107.57**	**$97.79**
Life Cycle Cost	**$1,278**	**$1,250**
Efficiency Improvement	**10%**	
Payback Time (years)	**4.70**	
Lifetime (Years)	**15**	
LCC Savings	**$28**	

Ilustración 86: Resultados a nivel unitario para aires acondicionados

Se ve, restando el costo de la factura eléctrica del caso base menos el costo para la implementación de MEPS, que el ahorro en la factura de energía eléctrica es de U$$ 20,22 anuales lo que equivale a aproximadamente $769 asumiendo que la eficiencia incrementa en un 10%.Si se realizan los estudios en forma manual, la diferencia de consumo entre un AA de 9000 BTU cuyo IEE es el promedio vs uno con el mínimo estándar a permitir la diferencia en kWh es de 57 kWh anuales lo que equivale a $387,6 o U$$10,7. El software indica una diferencia de 55kWh anuales y una diferencia de U$$10.2.

El repago, por otra parte, se da en 4,7 años según los cálculos del modelo. Para realizar el cálculo en forma manual se debe, nuevamente, seleccionar una diferencia de precios para un modelo con IEE promedio versus uno con IEE igual al del MEP a establecer. En este caso, es nuevamente difícil establecer una tasa de repago dado que los valores de estos equipos varían de manera muy independiente con la eficiencia de los mismos. Asumiendo una diferencia de precio de $1500, como se menciono anteriormente en esta sección, el repago se realizaría en 3,9 años. A pesar de haberse realizado un estimado, los resultados son similares.

Los ahorros al finalizar el ciclo de vida son, según este modelo, de U$$28 o $1064 mientras que en el cálculo manual se asume U$$118,8 o $4513. En este caso, la diferencia de precio considerada en forma manual casi que coincide con la tomada por PAMS. Se ve que el cálculo de los ahorros a lo largo del ciclo de vida son muy distintos, debido a todo el resto de variables consideradas por el software en términos económicos.

	MANUAL	PAMS
REPAGO (AÑOS)	3,9	4,7
AHORRO LCC ($)	4513	1064
AHORRO kWh ANUAL	57	55

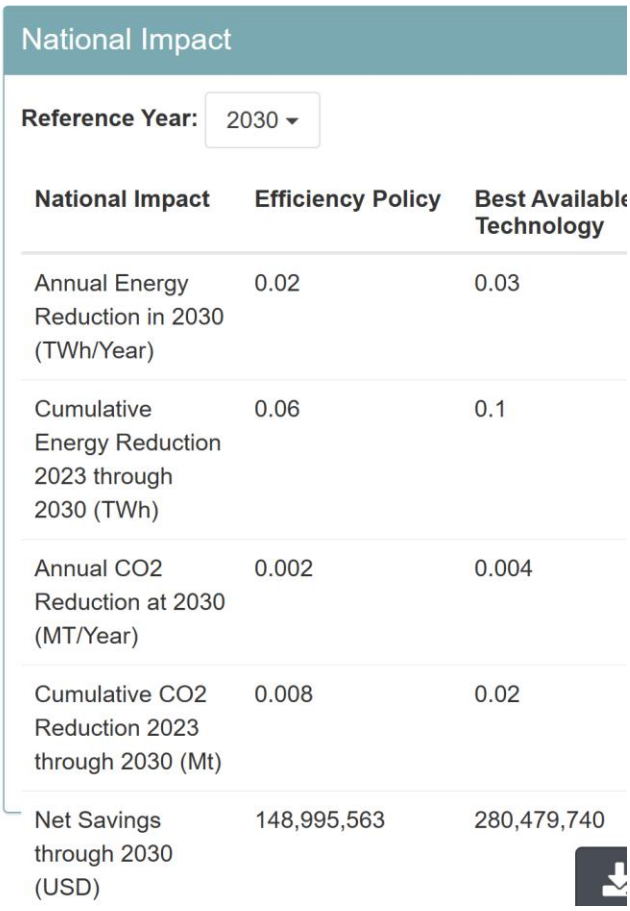
Para este equipo nuevamente se corrió el software MEPSY. De igual manera que para refrigeradores, el caso de la política que se pretende implementar se utilizó nuevamente un incremento del 10% en la eficiencia mientras que para el caso máximo se utilizó un incremento del 20%.

En la pantalla de entrada que permite al usuario introducir datos específicos se colocó nuevamente:

- Ciclo de vida (años)
- Consumo de energía para cada caso (siendo en el caso de la política un consumo anual 10% menor al base y 20% en el caso de mayor eficiencia)
- Los datos del sector energético se ingresaron análogos a PAMS
    - Precio del kWh, el cual se mantuvo constante en el año de implementación de la política hasta el 2060, esta simplificación se hizo a los efectos de poder comparar
    - Heat rate
    - Pérdidas técnicas
    - Emisiones
- Tasas de descuento de un 10%

Nuevamente, como no se tienen datos de stock o importaciones se utilizan los datos estadísticos provistos por el software.

Los datos a nivel nacional devuelven:



National Impact

Reference Year: 2030

National Impact	Efficiency Policy	Best Available Technology
Annual Energy Reduction in 2030 (TWh/Year)	0.02	0.03
Cumulative Energy Reduction 2023 through 2030 (TWh)	0.06	0.1
Annual CO2 Reduction at 2030 (MT/Year)	0.002	0.004
Cumulative CO2 Reduction 2023 through 2030 (Mt)	0.008	0.02
Net Savings through 2030 (USD)	148,995,563	280,479,740

Ilustración 87: Resultados de MEPSY a nivel nacional

Nuevamente, los resultados se ven en 2030, es decir 7 años luego de implementada la política por lo que no se puede comparar con los 10 años que transcurrían en el caso de PAMS.

Los resultados se muestran en la ilustración 83. Es importante destacar que en este caso el ahorro, para MEPSY, ronda en los 150 millones de dólares en 7 años lo cual bastante menor al ahorro pronosticado por PAMS que pronosticaba alrededor de aproximadamente 467 millones para los primeros 10 años.

Referidos a las emisiones de CO2, si bien los valores son diferentes por la diferencia en la cantidad de años a tomar en cuenta, el orden de magnitud es el mismo.

Respecto de las reducciones en consumo energético se pronostican 0,06 TWh por año de ahorro para 2030 para la política menos restrictiva y 0,1 en el caso más restrictivo.

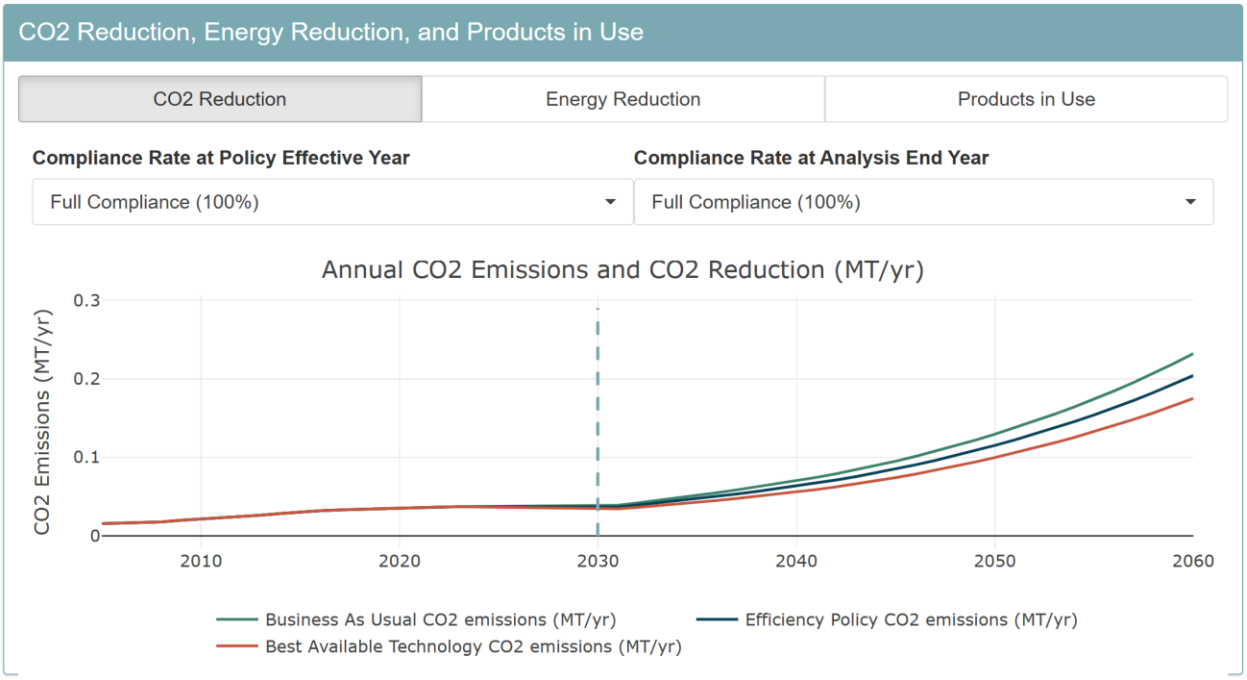


Ilustración 88: Reducción en las emisiones de CO2

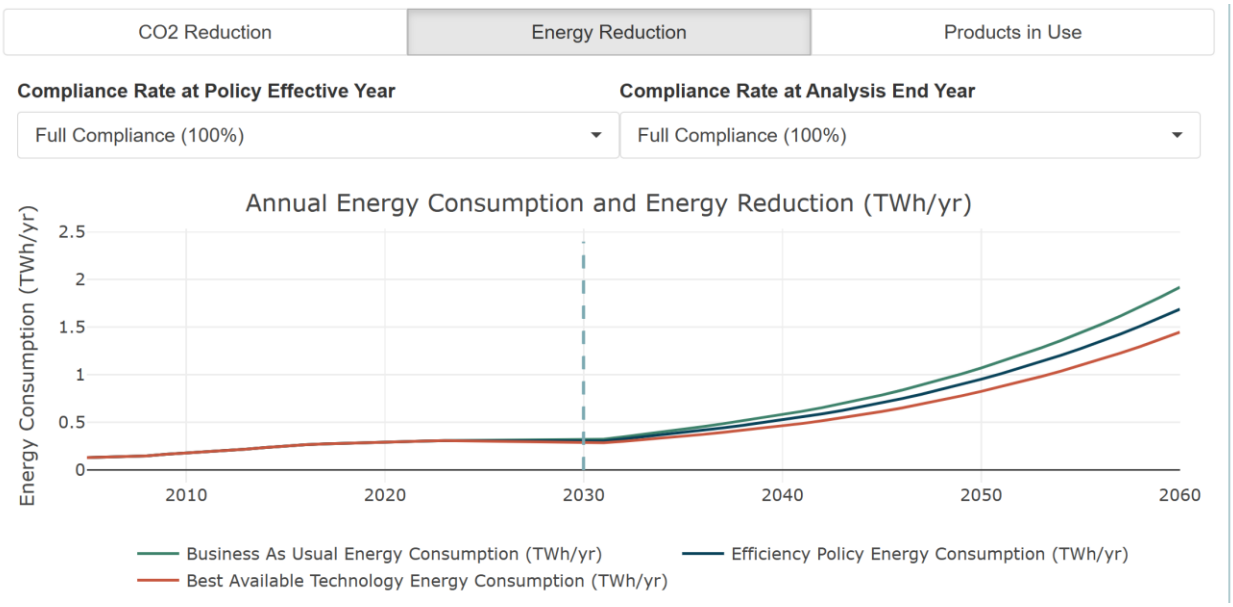


Ilustración 89: Ahorro en el consumo energético

Nuevamente se optó por no realizar el análisis a nivel unitario en MEPSY, por las razones expresadas para el caso de los refrigeradores.

Adecuación de MEPS según actualizaciones tecnológicas y cambios en el mercado

Como se vio a lo largo de este proyecto, resulta importante realizar una actualización periódica tanto de la normativa de etiquetado energético como de MEPS.

En el primer caso, una falta de actualización implica en la acumulación de productos en las categorías más altas de etiquetado, independientemente de si los mismos tienen una variación marcada en los niveles de eficiencia.

En el caso de los MEPS sin embargo, una falta de actualización deriva en la posibilidad de entrada al país de equipos obsoletos, debido a que la progresión tecnológica natural supone que los equipos que antes estaban prohibidos por los MEPS no se pretendan ingresar debido a su obsolescencia natural.

Para prevenir que esto suceda, es imprescindible valerse de los datos de mercado, para los cuales la aplicación desarrollada para este proyecto resulta de suma utilidad. En el momento en que las gráficas comienzan a mostrar equipos con un nivel de etiquetado alto o que los datos recabados muestran niveles de consumo mucho más bajos que los estipulados por los MEPS, comienza a ser momento de revisar las normas establecidas.

Resumen de resultados

Para resumir los resultados obtenidos, se optó por mostrar los cálculos desarrollados por el software PAMS, dado que cuenta con algoritmos más precisos, que le permiten en cuenta variables que no podrían considerarse en forma manual.

Sin embargo, para las columnas de % de consumo de energía eléctrica respecto del total nacional, sí se muestra el cálculo **manual** ya que esto no lo desarrolla PAMS.

Resumiendo entonces lo que fue desarrollado en las secciones anteriores, para el análisis realizado en PAMS los resultados fueron:

	Ahorro en electricidad anual a nivel nacional (MUSD)	**Ahorro unitadio al final del ciclo de vida (USD)**	**Emisiones evitadas por año (MT)**
Heladeras	6.9	29	0.014
Calefones	5.3	31	0.015
Aires Acondicionados	11.6	28	0.023
TOTAL	23.8	88	0.052

Ilustración 90: Resumen de resultados cálculo hecho por PAMS

En sumatoria, se observa que el ahorro anual en electricidad es de aproximadamente 24 millones de dólares a nivel nacional, sin tomar en cuenta los ahorros por inversiones evitadas, al retrasarse la necesidad de construir nuevas centrales generadoras.

Teniendo en cuenta el aspecto medio ambiental, se evitarían 0,052 millones de toneladas de CO2, lo cual, si bien puede resultar escaso, hay que tener en cuenta que la matriz energética de nuestro país se compone en su mayoría por energías renovables.

Todos los equipos se repagan a lo largo del ciclo de vida, por lo que el consumidor generaría ahorro, siendo el mismo de unos U$$88 al final del ciclo si se tomaran en cuenta los tres electrodomésticos.

En la siguiente tabla, se muestran los resultados a los que se llegó a través del cálculo manual:

	% de consumo de energía eléctrica del país a 2021	**% de consumo de energía eléctrica a nivel residencial del país a 2021**
Heladeras	0.31	0.97
Calefones	0.41	1.28
Aires Acondicionados	0.58	1.8
TOTAL	1.3	4.05

Ilustración 91: Resumen de resultados de cálculo manual

Se ahorraría entonces un 1,3% aproximadamente del consumo total de energía eléctrica nacional, totalizando más del 4% del consumo residencial.

Al comparar ambas tablas, se observa que si bien el ahorro a nivel nacional es mayor para las heladeras que los calefones el % de consumo a 2021 es a la inversa.

Esto puede deberse a que:

- Los cálculos de ahorro anual fueron realizados con PAMS, mientras que el % de consumo se realizó como cálculo manual por lo que hay diferencias según los métodos tal como fue explicado en secciones anteriores.
- Los ahorros anuales fueron calculados como los ahorros a 2030 dividido la cantidad de años desde que se implementa la política, mientras que el porcentaje de consumo refiere en particular al año 2021.

Conclusiones

Uruguay ha sido un país vanguardista en términos de la eficiencia energética, con una matriz altamente compuesta por energías renovables. Si bien la Ley de Eficiencia Energética provee el marco legal para la implementación y promoción de MEPS, Uruguay no los ha implementado, permaneciendo rezagado en este aspecto de las políticas energéticas.

En el caso de implementar MEPS, se cuenta no solamente con el marco legal, sino con una ley de eficiencia energética. A partir de dicha ley y decretos subsiguientes surgió el etiquetado energético, que acompañaría a la implementación de MEPS haciendo la información más accesible para el público en general.

Si bien una de las razones que se alegan para no implementar los MEPS es el aumento de costos, sobre todo a nivel de consumidor, se observó en este trabajo que la introducción de estándares mínimos de eficiencia, si se introducen apropiadamente y de la mano con las políticas existentes en países de la región, no implicaría un mayor costo para el consumidor, sino todo lo contrario.

En todos los casos estudiados en este trabajo, se encontró que a nivel unitario existe un ahorro al final del ciclo de vida a la hora de sustituir equipos por sus análogos más eficientes. En todos los casos el repago se produjo lejos del final del ciclo de vida del equipo.

A nivel de oferta, no se encontró una correlación directa entre la eficiencia de los equipos y su precio, en ningún caso. Esto quiere decir que no se sustenta la afirmación de que la implementación de MEPS implicaría un encarecimiento de los equipos en el mercado.

De querer aliviar la inversión inicial del consumidor, en el caso de que el equipo más eficiente sí resulte más costoso, se podían considerar beneficios, por ejemplo que la diferencia de precio sea abonada con cada factura de energía eléctrica.

A nivel nacional, se encontró que para todos los casos la implementación de MEPS supone un ahorro de electricidad de entre 5 y 10 millones de dólares anuales por electrodoméstico, sin contar los ahorros por inversiones evitadas.

Se puede observar que, implementando MEPS únicamente para estos tres electrodomésticos estudiados, se puede bajar el consumo residencial de energía eléctrica en un 5%.

Si bien a nivel ambiental no se observa una reducción drástica de las reducciones de CO_2 por ser un país con una matriz energética altamente renovable, sí existe cierto decrecimiento de las emisiones producidas como consecuencia del uso de equipos más eficientes.

Con estos resultados, se podría argumentar que la introducción de estándares mínimos de eficiencia energética sería beneficioso tanto para los consumidores, como para el país en su conjunto.

Adicionalmente, estos estándares están alineados con los objetivos mundiales respecto del incremento de eficiencia energética de los equipos a nivel residencial, colaborando con la carrera hacia el cero promovida por organizaciones a nivel mundial.

Debe considerarse que a los efectos de este trabajo se tomaron en cuenta únicamente los efectos de la implementación de MEPS para heladeras, calefones y aires acondicionados, pero a futuro podría considerarse además la implementación de MEPS para otros electrodomésticos, como ser lavarropas, secarropas, televisores, decodificadores de cable, microondas, lavavajillas, hornos eléctricos, hornos microondas, etc. Esto implicaría aún más ahorros a nivel de consumidor y a nivel país.

Además, la implementación de MEPS no debe limitarse únicamente a los equipos que funcionan con energía eléctrica, siendo que los mismos pueden aplicarse, por ejemplo, para gasodomésticos.

Finalmente, a pesar de que se sugirieron MEPS compatibles con el mercado actual, los mismos deben revisarse periódicamente, dado que existe una mejora en la eficiencia paulatina derivada de la innovación tecnológica. Una falta de revisión implica que las medidas quedarían obsoletas a mediano y largo plazo. Es por esto que, en la actualidad, algunos de los etiquetados que se manejan se encuentran obsoletos, agrupándose la mayoría de los equipos en las categorías más altas. En estos casos, resultará más transparente al consumidor luego de la entrada en vigor de las leyes en consulta pública para heladeras y aires acondicionados.

Para futuros trabajos, se deberían desarrollar los cálculos en el caso de que entren en vigencia dichas leyes en consulta pública, en particular la de aires acondicionados, de manera de incluir así los modelos inverter que ya cuentan con una gran penetración en el mercado nacional.

Adicionalmente, el software desarrollado para este trabajo se encuentra a disposición para ser utilizado y ampliado, de manera de que se pueda seguir la oferta disponible según el nivel de eficiencia en tiempo real, lo cual aportará datos para eventuales actualizaciones de los MEPS, en caso de ser implementados. Además, este programa podría quedar disponible para la población general, de manera que aporte datos acerca de los precios de los equipos a adquirir por nivel de eficiencia, permitiendo que el público en general tome una decisión informada a la hora de adquirir un equipo.

Anexo A: Programa para el Web Scraping

El programa desarrollado para el estudio tiene dos partes.

Se completó en primera instancia una base de datos en forma manual de manera de obtener las características de los equipos disponibles en el mercado local, como ser precio, capacidad, BTU, etc.

Se desarrolló, para el caso de los aires acondicionados, un código que permite que la base se actualice automáticamente. La base de datos se guarda en una tabla en una hoja de cálculo de Google docs.

Como luego se necesitó de más información debido a que las etiquetas para los aires acondicionados en Uruguay son dos (una para calefacción y otra para refrigeración), y la actualización de este código excedía a los cometidos de este proyecto, el mismo fue comentado y se utilizaron datos en forma manual.

No obstante, el método genérico de obtención y actualización automática de datos para obtener precios y etiqueta funciona correctamente, y con algunos ajustes podría utilizarse para los precios de otros electrodomésticos.

En el caso de los calefones y refrigeradores, se mantuvo desde un principio la base de datos manual, dado que como las características se encuentran en formato de imagen para la mayoría de los comercios minoristas, no se pudo obtener la información.

El código que actualiza en forma automática los precios para cada uno de los productos es el siguiente:

```
     private async Task ProcessViaConfort(string mainUrl, List<AireAcondicionado>
aires, string empresa)
        {
            using var browserFetcher = new BrowserFetcher();
            await
browserFetcher.DownloadAsync(BrowserFetcher.DefaultChromiumRevision);
            var browser = await Puppeteer.LaunchAsync(new LaunchOptions
            {
                Headless = true
            });
            var page = await browser.NewPageAsync();
            await page.GoToAsync(mainUrl);
            await page.SetViewportAsync(new ViewPortOptions
            {
                Width = 1200,
                Height = 2000
            });
            await Task.Delay(2000);
            var jsSelectAllAnchors =
@"Array.from(document.querySelectorAll('a')).map(a => a.href);";
            var urls = await
page.EvaluateExpressionAsync<string[]>(jsSelectAllAnchors);
            var products = new List<string>();
            foreach (string url in urls)
            {
```

```
                if (url.Contains("shop/product/") && !products.Contains(url))
                {
                    products.Add(url);
                }
            }
            foreach (var pathUrl in products)
            {
                try
                {
                    var url = pathUrl;
                    if (url.EndsWith("/"))
                    {
                        url = url[0..^1];
                    }
                    var lastBar = url.LastIndexOf("/");
                    var id = url[(lastBar + 1)..];
                    await page.GoToAsync(url);
                    await Task.Delay(3000);
                    int? precio = null;
                    var jsSelectAllPrecios =
@"Array.from(document.querySelectorAll('.info_>p')).map(c => c.innerText);";
                    var precios = await
page.EvaluateExpressionAsync<string[]>(jsSelectAllPrecios);
                    var titulo = precios[1];
                    string? BTU = null;
                    string? claseEnergetica = null;
                    string? potenciaNominal = null;
                    var parts = titulo.Split(" ",
StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
                    for (var i = 1; i < parts.Length; i++)
                    {
                        if (parts[i].ToLower() == "btu")
                        {
                            BTU = parts[i - 1];
                        }
                    }
                    titulo = titulo.Replace("\u0094", "\"");
                    var index = titulo.IndexOf("\"");
                    if (index > 0 && titulo.Length > index + 1)
                    {
                        claseEnergetica = titulo.Substring(index + 1, 1);
                    }
                    else
                    {
                        index = titulo.IndexOf("?");
                        if (index > 0)
                        {
                            claseEnergetica = titulo.Substring(index + 1, 1);
                        }
                        else
                        {
                            index = titulo.IndexOf("¨");
                            if (index > 0)
                            {
                                claseEnergetica = titulo.Substring(index + 1, 1);
                            }
                            else
                            {
```

```
                                index = titulo.IndexOf("Clase ");
                                if (index > 0)
                                {
                                    claseEnergetica = titulo[(index + 6)..(index +
7)];
                                }
                            }
                        }
                        var descripcion = precios[3].Split('\n',
StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
                        foreach (var desc in descripcion)
                        {
                            if (desc.Contains("Consumo real"))
                            {
                                try
                                {
                                    string[] consumoParts = null;
                                    if (desc.Contains("/"))
                                    {
                                        consumoParts = desc.Split("/",
StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
                                    }
                                    else
                                    {
                                        consumoParts = desc.Split("w",
StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
                                    }
                                    for (int i = 0; i < consumoParts.Length; i++)
                                    {
                                        var potencia = int.Parse(new
string(consumoParts[i].Where(Char.IsDigit).ToArray()));
                                        if (potencia != null && (potenciaNominal == null
|| int.Parse(potenciaNominal) < potencia))
                                        {
                                            potenciaNominal = potencia.ToString();
                                        }
                                    }
                                }
                                catch (Exception ex)
                                {
                                    //Console.WriteLine(ex.Message);
                                }
                            }
                            else if (desc.Contains("Frío"))
                            {
                                try
                                {
                                    string[] consumoParts = null;
                                    if (desc.Contains("/"))
                                    {
                                        consumoParts = desc.Split("/",
StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
                                    }
                                    else
                                    {
                                        consumoParts = desc.Split("w",
StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries);
```

```
                                }
                                for (int i = 0; i < consumoParts.Length; i++)
                                {
                                    try
                                    {
                                        var potencia = int.Parse(new
string(consumoParts[i].Where(Char.IsDigit).ToArray()));
                                        if (potencia != null && (potenciaNominal ==
null || int.Parse(potenciaNominal) < potencia))
                                        {
                                            potenciaNominal = potencia.ToString();
                                        }
                                    }
                                    catch (Exception ex)
                                    {
                                        Console.WriteLine(ex.Message);
                                    }
                                }
                            }
                            catch { }
                        }
                        else if (desc.Contains("EFICIENCIA ENERGÉTICA"))
                        {
                            try
                            {
                                index = desc.LastIndexOf(" ");
                                if (index > 0)
                                    claseEnergetica = desc[(index + 1)..(index +
2)];
                            }
                            catch { }
                        }
                    }
                    var jsSelectPriceTag =
@"document.querySelector('.price').innerText;";
                    var precioString = await
page.EvaluateExpressionAsync<string>(jsSelectPriceTag);
                    var parsedNumber = Regex.Match(precioString.Replace(",", ""),
@"\d+").Value;
                    if (int.TryParse(parsedNumber, out int price))
                    {
                        precio = price;
                    }

                    // check if the product already exists on the database.
                    var aire = aires.FirstOrDefault(x => x.Empresa == empresa &&
x.IdEmpresa == id);
                    //if (aire != null)
                    //{
                    //    Console.WriteLine($"Id: {aire.Id} | Precio anterior:
{aire.Precio} | Precio nuevo: {precio}");
                    //    aire.LastUpdate = DateTime.Now;
                    //    aire.Precio = precio;
                    //    aire.Potencia = potenciaNominal;
                    //    aire.ClaseEnergetica = claseEnergetica;
                    //    aire.BTU = BTU;
                    //    await
_aireAcondicionadoService.UpdateAireAcondicionado(aire.Id, aire);
```

```
                    //}
                    //else
                    //{
                    //    await _aireAcondicionadoService.AddAireAcondicionado(new
AireAcondicionado
                    //    {
                    //        BTU = BTU,
                    //        Empresa = empresa,
                    //        IdEmpresa = id,
                    //        LastUpdate = DateTime.Now,
                    //        Potencia = potenciaNominal?.ToString(),
                    //        ClaseEnergetica = claseEnergetica,
                    //        Precio = precio,
                    //        Url = url
                    //    });
                    //}
                }
                catch (Exception e)
                {
                    Console.WriteLine(e);
                }
            }
            await browser.CloseAsync();
        }
```

El formato de este código no se encuentra en texto plano sino que, al haberse desarrollado con programación orientada a objetos son distintas clases y métodos las que hacen al funcionamiento de la aplicación web.

Otro método que se utiliza a los efectos de la comparación de precios es el que transforma todos los valores obtenidos a pesos uruguayos según la cotización del dólar BROU del día.

```
  public async Task InitDolarCrawler()
        {
            using var browserFetcher = new BrowserFetcher();
            await
browserFetcher.DownloadAsync(BrowserFetcher.DefaultChromiumRevision);
            var browser = await Puppeteer.LaunchAsync(new LaunchOptions
            {
                Headless = true
            });
            var page = await browser.NewPageAsync();
            await page.GoToAsync("https://www.brou.com.uy/web/guest/cotizaciones");

            await page.SetViewportAsync(new ViewPortOptions
            {
                Width = 1200,
                Height = 2000
            });

            await Task.Delay(2000);



            var jsSelectAllAnchors =
@"Array.from(document.querySelectorAll('.caja>table>tbody>tr')).map(c =>
c.innerText);";
```

```
            var table = await
page.EvaluateExpressionAsync<string[]>(jsSelectAllAnchors);

            var dolar = table.First();
            var parts = dolar.Split("\t\n\n");

            var price = decimal.Parse(parts[3].Replace("\n", "").Replace(",","."));
            var dolarItem = (await _settingsService.GetSettingsAsync()).Where(x =>
x.Name == "Dolar").FirstOrDefault();

            if (dolarItem == null)
            {
                await _settingsService.AddSetting(new Data.Entities.Setting { Name =
"Dolar", Value = price.ToString().Replace( ".",",") });
            }
            else
            {
                dolarItem.Value = price.ToString().Replace(".", ",");
                await _settingsService.UpdateSetting(dolarItem.Id, dolarItem);
            }

            await browser.CloseAsync();
        }
    }
}
```

Por lo tanto, si bien a los efectos de este proyecto se manejaron datos manuales, se desarrolló un crawler con un potencial para actualización de datos automática.

Además, independientemente de si la base de datos se completa manualmente o mediante el uso del crawler, se desarrollo un FrontEnd en Blazor para la visualización en web de los elementos guardados en esa base de datos.

Como ejemplo, se muestra el código para heladeras:

```
<div class="row">
    <div class="col-md-6">
        <ApexChart TItem="Heladera"
               Title="Eficiencia Energetica"
               @ref=piechart>

            <ApexPointSeries TItem="Heladera"
                         Items="filteredHeladeras"
                         Name="Eficiencia Energetica"
                         SeriesType="SeriesType.Pie"
                         XValue="@(e => e.ClaseEnergetica)"
                         YAggregate="@(e => e.Count())"
                         OrderByDescending="e=>e.Y" />
        </ApexChart>
    </div>
    <div class="col-md-6">
        <ApexChart TItem="CalefonPorPrecio"
               Title="Resumen por precio"
               @ref=barchar
               Options=options>

            <ApexPointSeries TItem="CalefonPorPrecio"
                             Items="filteredHeladerasPorPrecio"
                         Name="A"
                         XValue="@(e => e.Price)"
                         YAggregate="@(e => e.Sum(x => x.A))"
                         OrderBy="e=>e.X"
                         SeriesType="SeriesType.Bar"
                         ShowDataLabels />

            <ApexPointSeries TItem="CalefonPorPrecio"
                              Items="filteredHeladerasPorPrecio"
                         Name="B"
                         XValue="@(e => e.Price)"
                         YAggregate="@(e => e.Sum(x => x.B))"
                         OrderBy="e=>e.X"
                         SeriesType="SeriesType.Bar"
                         ShowDataLabels />

                         <ApexPointSeries TItem="CalefonPorPrecio"
                              Items="filteredHeladerasPorPrecio"
            Name="C"
            XValue="@(e => e.Price)"
            YAggregate="@(e => e.Sum(x => x.C))"
            OrderBy="e=>e.X"
            SeriesType="SeriesType.Bar"
            ShowDataLabels />
```

```
                <ApexPointSeries TItem="CalefonPorPrecio"
                                 Items="filteredHeladerasPorPrecio"
                Name="D"
                XValue="@(e => e.Price)"
                YAggregate="@(e => e.Sum(x => x.D))"
                OrderBy="e=>e.X"
                SeriesType="SeriesType.Bar"
                ShowDataLabels />
            </ApexChart>
        </div>
    </div>




    <span>Total: @filteredHeladeras.Count</span>
}
@code {

    private ApexChart<Heladera> piechart;


protected override async Task OnInitializedAsync()
    {
        _heladeras = await _heladeraService.GetHeladerasAsync();
        filteredHeladeras = _heladeras;
        GetHeladerasPorPrecio();

        options = new ApexChartOptions<CalefonPorPrecio>
            {
                Chart = new Chart
                {
                    Stacked = true,

                },
                Xaxis = new XAxis { Labels = new XAxisLabels { Show = false }}
            };
    }


private void GetHeladerasPorPrecio()
    {
        filteredHeladerasPorPrecio = new List<CalefonPorPrecio>();

        foreach (var heladera in filteredHeladeras)
        {
            var price = (heladera.Precio / 1000) * 1000;
            var cal = filteredHeladerasPorPrecio.FirstOrDefault(x => x.Price ==
price);
            if (cal == null)
            {
                cal = new CalefonPorPrecio() { A = 0, B = 0, C = 0, D = 0, Price =
price };
                filteredHeladerasPorPrecio.Add(cal);
            }
```

```
            switch (heladera.ClaseEnergetica)
            {
                case "A":
                    cal.A++;
                    break;
                case "B":
                    cal.B++;
                    break;
                case "C":
                    cal.C++;
                    break;
                case "D":
                    cal.D++;
                    break;
            }
        }
    }
```

Anexo B: Tablas de cálculo para eficiencia energética de refrigeradores

Categoría de aparato	Ω	M	N
1 Refrigerador doméstico sin compartimiento de conservación de alimentos congelados	-	0,233	245
2 Refrigerador doméstico con compartimiento bodega	0,75 (1)	0,233	245
3 Refrigerador doméstico con compartimiento de conservación de alimentos congelados sin estrellas	1,25	0,233	245
4 Refrigerador doméstico con compartimiento de conservación de alimentos congelados de una estrella (*)	1,55	0,643	191
5 Refrigerador doméstico con compartimiento de conservación de alimentos congelados de dos estrellas (**)	1,85	0,450	245
6 Refrigerador doméstico con compartimiento de conservación de alimentos congelados de tres estrellas (***)	2,15	0,657	235
7 Refrigerador-congelador doméstico con compartimiento de conservación de alimentos congelados de cuatro estrellas *(***)	(3)	0,777	303
8 Congelador doméstico vertical o de apertura frontal	2,15 (2)	0,472	286
9 Congelador doméstico horizontal o de apertura superior	2,15 (2)	0,446	181
10 Refrigerador y congelador doméstico con más de dos puertas y demás aparatos no indicados en las categorías anteriores	(3)	(4)	(4)

(1) Para los refrigeradores-bodega el Volumen ajustado = Volumen útil del compartimiento de conservación de alimentos frescos + Ω x Volumen útil del compartimiento bodega (expresado en litros).

(2) Para los aparatos “sin escarcha”, se aplica a este índice, provisionalmente, un factor de 1,2, pasando a valer 2,58.

(3) En estos aparatos el volumen ajustado (VA) se calcula mediante la fórmula:

$$VA = \sum_{1}^{n} \frac{(25 - T_c)}{20} x V_c x F_c$$

siendo n el número de compartimientos, T_C la temperatura nominal de cada compartimiento (en ºC), V_C, el volumen útil del compartimiento (en litros) y F_C un factor de 1,2 en el caso de los compartimientos “sin escarcha” y de 1 en el caso de los otros compartimientos.

(4) En estos aparatos, los valores de M y N se determinan en función de la temperatura y clasificación por estrellas del compartimiento de temperatura más frío, según se establece en la tabla A.3.

Fuente: (8).

Donde se utilizó un T_C de -18° para el compartimiento de freezer y 5 grados para el compartimiento de alimentos frescos.

En la tabla a continuación se encuentra el estudio de mercado para los refrigeradores uruguayos.

Capacidad	capacidad c	capacidad c	Precio	Clase Energ	Cons energ	Marca	VAJ freezer	VAJ heladera	VAJ TOTAL	SAE	EE
260	227	33	24282	B	30,3	ELECTROLUX	85,14	272,4	357,54	580,80858	63
292	223	69	28120	A	27,6	GENERAL ELECTRIC	178,02	267,6	445,62	649,24674	51
500	352	145	60762	A	28,5	BEKO	374,1	422,4	796,5	921,8805	37
260	190	56	22762	A	23	LG	144,48	228	372,48	592,41696	47
354	277	77	21500	A	24	FUTURA	198,66	332,4	531,06	715,63362	40
312	237	75	18950	A	22,7	FUTURA	193,5	284,4	477,9	674,3283	40
340	268	72	22762	A	31,7	CONSUL	185,76	321,6	507,36	697,21872	55
270	196	53	26562	A	20,4	SMARTLIFE	136,74	235,2	371,94	591,99738	41
302	230	72	28082	A	21,4	SAMSUNG	185,76	276	461,76	661,78752	39
318	246	72	36062	A	21,7	SAMSUNG	185,76	295,2	480,96	676,70592	39
295	223	72	26410	A	20,8	SAMSUNG	185,76	267,6	453,36	655,26072	38
361	272	89	37126	A	23,8	SAMSUNG	229,62	326,4	556,02	735,02754	39
400	314	86	33022	B	44,7	WHIRPOOL	221,88	376,8	598,68	768,17436	70
255	198	57	26942	A	20,1	HOMETECH	147,06	237,6	384,66	601,88082	40
370	279	91	32262	A	33,7	CONTINENTAL	234,78	334,8	569,58	745,56366	54
381	290	91	35682	A	33,5	ELECTROLUX	234,78	348	582,78	755,82006	53
404	319	85	37962	B	35,5	ARISTON	219,3	382,8	602,1	770,8317	55
251	198	48	22382	A	19,6	TCL	123,84	237,6	361,44	583,83888	40
300	216	84	33402	A	18,6	INHAUS	216,72	259,2	475,92	672,78984	33
295	223	72	32262	A	20,8	SAMSUNG	185,76	267,6	453,36	655,26072	38
318	246	72	34162	A	21,7	SAMSUNG	185,76	295,2	480,96	676,70592	39
303	197	106	30970	A	28,5	JAMES	273,48	236,4	509,88	699,17676	49
279	209	70	22230	A	26,3	JAMES	180,6	250,8	431,4	638,1978	49
359	263	96	33022	A	27	JAMES	247,68	315,6	563,28	740,66856	44
361	272	89	41762	A	23,8	SAMSUNG	229,62	326,4	556,02	735,02754	39
400	287	103	29830	A	33	ENXUTA	265,74	344,4	610,14	777,07878	51
416	305	111	52022	A	27,5	SAMSUNG	286,38	366	652,38	809,89926	41
333	242	70	32642	A	25	LG	180,6	290,4	471	668,967	45
393	302	90	41762	A	23	LG	232,2	362,4	594,6	765,0042	36

M	0,777
N	303
Tc freezer	-18
Tc heladera	5
Fc	1,2

Anexo C: Tablas de cálculo para eficiencia energética de calefones

Siendo que el índice de eficiencia energética se calcula como:

$$EE = \frac{5{,}815 * CN}{Q_{pr} + 0{,}05815 * CN}$$

Y el consumo de energía mensual se calcula:

$$\mathrm{EM} = 30 \,.\, \left(Q_{pr} + 0{,}04652 \,.\, \mathrm{CN}\right)$$

(9)

Despejando Q_{pr} y colocándolo en la ecuación del índice de eficiencia, se puede hallar el mismo en función del consumo mensual, siendo que este último valor se encuentra en la etiqueta de eficiencia energética.

De esta manera:

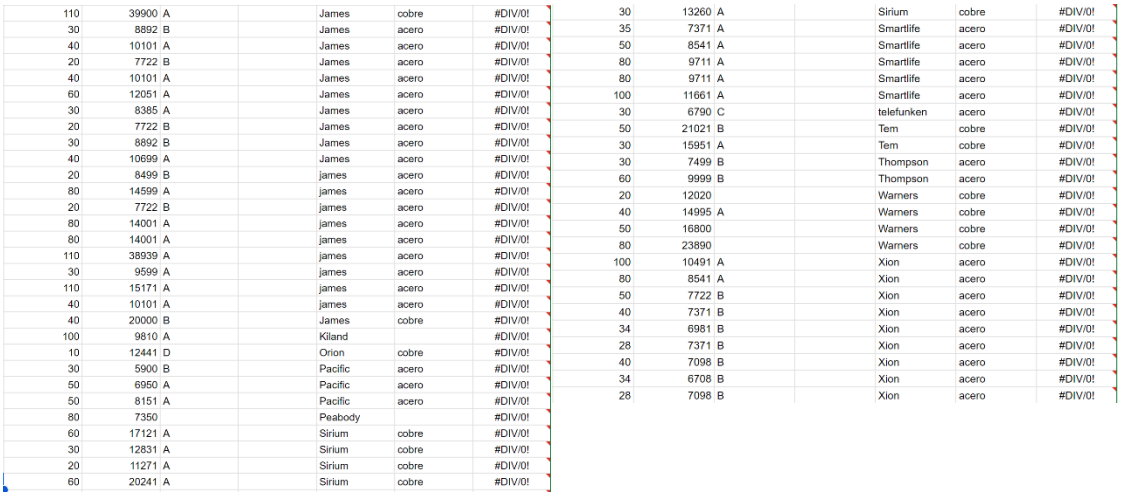
$$\left(Q_{pr} = \frac{EM}{30} - 0{,}04652 \,.\, \mathrm{CN}\right)$$

Y entonces:

$$EE = \frac{5{,}815 * CN}{\frac{EM}{30} + 0{,}01163 * CN}$$

Los datos del mercado son los de la siguiente tabla:

Capacidad	Precio	Clase Energ	Cons energ	Marca	Tanque	EE
10	11165	D	28,8	james	cobre	45
10	11165	D	28,8	james	cobre	45
30	9190	A	39,4	Bronx	cobre	98
20	10491	A	39,57	Sirium	cobre	65
20	6250	B	44,2	James	Acero	59
20	6450	B	44,2	James	acero	59
20	7745	A	44,2	James	acero	59
20	12900	B	44,5	James	cobre	58
20	13891	B	44,5	James	cobre	58
20	13730	B	44,5	james	cobre	58
30	7895	A	55,2	Bronx	Acero	70
30	9200	A	56	james	acero	69
30	11950	A	56,28	Warners	cobre	69
30	12990	A	56,28	Warners	cobre	69
30	6570	A	56,9	Bronx	Acero	68
28	6900	B	57,1	Xion	acero	63
28	7371	B	57,1	Xion	acero	63
30	7090	A	57,8	James	Acero	67
30	7190	A	58,6	James	acero	66
30	8900	A	58,6	James	acero	66
30	9200	A	58,6	James	acero	66
30	8790	A	58,6	james	acero	66
30	8790	A	58,6	james	acero	66
30	13260	A	58,63	Sirium	cobre	66
30	9950	A	59	Bronx	cobre	66
30	6650	B	59,2	Thompson	acero	66
30	7499	A	59,2	Thompson	acero	66
30	7605	B	60,8	Bosch	acero	64
30	7605	B	60,8	Bosch	acero	64
40	19050	B	80,7	james	cobre	64
40	19050	A	80,7	james	cobre	64
45	7750	A	83,1	Bronx	Acero	70
45	11790	A	85,7	Bronx	cobre	68
45	12995	A	88,5	Bronx	cobre	66
46	8151	A	89,9	Enxuta	acero	66
30	6630	B	90,13	Enxuta	acero	43
30	8892	B	90,13	Enxuta	acero	43
40	8433	B	90,13	Enxuta	acero	57
40	8892	B	90,13	Enxuta	acero	57
50	11999	A	90,13	Enxuta	acero	72
50	10491	A	90,13	Enxuta	acero	72
95	13221	A	90,13	Enxuta	acero	136
95	13221	A	90,13	Enxuta	acero	136
40	7371	B	91	Xion	acero	57
47	9360	B	93,2	Enxuta	acero	65
50	8541	A	93,3	Smartlife	acero	69
50	15290	A	95	Warners	cobre	68
45	7990	B	96,2	delne	acero	60
50	7995	A	97,4	Pacific	acero	66
60	8775	A	97,4	Pacific	acero	80
50	8000	B	101	Xion	acero	64
50	7722	B	101	Xion	acero	64
50	7371	B	101,9	TEM	acero	63
60	9150	A	108,3	Bronx	Acero	72
60	18930	A	111	Warners	cobre	70
60	11925	A	114	james	acero	68
60	24400	A	114	james	cobre	68
60	11925	A	114	james	acero	68
60	19461	A	114	Orion	cobre	68
80	10491	A	154,4	Bosch	acero	67
80	9711	A	155,7	Peabody	acero	66
80	8541	A	164,4	Xion	acero	63
90	18570	A	164,8	Bronx	cobre	71
73	10725	A	171,4	Enxuta	acero	55
85	26871	B	175	Orion	cobre	63
100	10491	A	184,4	Xion	acero	70
110	16501	A	205,3	James	acero	69
110	17000	A	205,3	James	acero	69
110	17000	A	205,3	James	acero	69
110	16500	A	205,3	james	acero	69
110	37905	A	215,5	James	cobre	66
110	39300	A	215,5	James	cobre	66
110	37385	A	215,5	james	cobre	66
110	37385	A	215,5	james	cobre	66
50	10990	B		Ariston	acero	#DIV/0!
15	6990	B		Ariston	acero	#DIV/0!
30	8990			Ariston	acero	#DIV/0!
30	8931	B		Ariston	acero	#DIV/0!
15	5655	D		Ariston	acero	#DIV/0!
50	12831			BOJ	acero	#DIV/0!
80	15015			BOJ	acero	#DIV/0!
100	16965			BOJ	acero	#DIV/0!
150	21450			BOJ	acero	#DIV/0!
50	8931	B		Bosch	acero	#DIV/0!
50	8931	B		Bosch	acero	#DIV/0!
30	7605	B		Bosch	acero	#DIV/0!
100	31939	A		Bosch	acero	#DIV/0!
50	8931	B		Bosch	acero	#DIV/0!
80	10101			Candy	acero	#DIV/0!
30	6825	B	60,8	Bosch	acero	64
30	7056	B	61,4	Enxuta	acero	63
30	7190	B	61,5	James	acero	63
30	8900	B	61,5	James	acero	63
30	8790	B	61,5	james	acero	63
30	14781	B	61,9	Orion	cobre	63
30	8541	B	62	Ariston	acero	63
30	7722	B	62,1	Tem	acero	62
30	6747	B	62,1	TEM	acero	62
30	7056	B	62,3	Enxuta	acero	62
30	6630	B	62,3	Enxuta	acero	62
30	9200	B	62,5	James	acero	62
30	9200	B	62,5	James	acero	62
30	14800	B	63,8	James	cobre	61
30	16200	B	63,8	james	cobre	61
35	8541	A	67,5	Tem	acero	67
35	7371	A	69	Smartlife	acero	66
30	6890	C	72,3	delne	acero	54
50	8931	B	72,7	Bosch	acero	89
37	7761	B	74,5	Enxuta	acero	64
40	8290	A	76,8	James	Acero	67
40	15600	A	77,53	Sirium	cobre	67
40	8990	A	78,3	James	acero	66
40	9951	A	78,3	James	acero	66
40	10700	A	78,3	James	acero	66
40	10700	B	78,3	James	acero	66
40	10215	A	78,3	James	acero	66
34	6981	B	80	Xion	acero	55
40	17400	B	80,7	James	cobre	64
40	19501	B	80,7	James	cobre	64
60	23792	A	114,4	James	cobre	68
60	24400	A	114,4	James	cobre	68
60	23230	A	114,4	james	acero	68
60	23320	A	114,4	james	cobre	68
60	9690	A	114,5	James	Acero	68
60	10590	A	114,5	James	acero	68
60	21890	A	114,5	James	cobre	68
60	11991	A	114,5	James	acero	68
60	12500	A	114,5	James	acero	68
60	12500	A	114,5	James	acero	68
60	12500	A	114,5	James	acero	68
60	11925	A	114,5	james	acero	68
60	11925	A	114,5	james	acero	68
60	19461	A	116	Sirium	cobre	67
60	8950	A	117	Thompson	acero	66
60	8073	B	122	Xion	acero	64
60	8990	B	124,6	delne	acero	62
80	7371	A	146	Atlantic	acero	71
80	11370	A	152,5	James	Acero	68
80	29002	A	152,5	James	cobre	68
80	14044	A	152,5	James	acero	68
80	14600	A	152,5	James	acero	68
80	30000	A	152,5	James	cobre	68
80	14600	A	152,5	James	acero	68
80	14600	A	152,5	James	acero	68
80	13290	A	152,5	james	acero	68
80	28550	A	152,5	james	cobre	68
80	13920	A	152,5	james	acero	68
80	13920	A	152,5	james	acero	68
80	10842	A	154,4	Bosch	acero	67
46	8931	B		Candy	acero	#DIV/0!
30	6552	C		delne	acero	#DIV/0!
45	7566	B		delne	acero	#DIV/0!
34	7371	C		eldom	acero	#DIV/0!
46	8756			Enxuta	acero	#DIV/0!
37	8259	B		Enxuta	acero	#DIV/0!
15	6440	C		Enxuta	acero	#DIV/0!
47	8970			Enxuta	acero	#DIV/0!
46	9360			Enxuta	acero	#DIV/0!
73	10725			Enxuta	acero	#DIV/0!
40	8892	B		Enxuta	acero	#DIV/0!
30	8385	C		Enxuta	acero	#DIV/0!
50	11661	B		Enxuta	acero	#DIV/0!
91	16999	A		Enxuta	acero	#DIV/0!
57	10335	A		Enxuta	acero	#DIV/0!
75	11661	A		Enxuta	acero	#DIV/0!
50	11661	B		Enxuta	acero	#DIV/0!
71	13221	B		Enxuta	acero	#DIV/0!
75	11661	A		Enxuta	acero	#DIV/0!
57	10335	A		Enxuta	acero	#DIV/0!
10	11390	D		James	cobre	#DIV/0!
20	8100	B		James	acero	#DIV/0!
20	8100	A		James	acero	#DIV/0!
20	14400	B		James	cobre	#DIV/0!
20	14400	B		James	cobre	#DIV/0!
20	8100	B		James	acero	#DIV/0!
20	14400	B		James	cobre	#DIV/0!
30	17000	B		James	cobre	#DIV/0!
60	24400	A		James	cobre	#DIV/0!
80	30000	A		James	cobre	#DIV/0!



110	39900	A		James	cobre	#DIV/0!
30	8892	B		James	acero	#DIV/0!
40	10101	A		James	acero	#DIV/0!
20	7722	B		James	acero	#DIV/0!
40	10101	A		James	acero	#DIV/0!
60	12051	A		James	acero	#DIV/0!
30	8385	A		James	acero	#DIV/0!
20	7722	B		James	acero	#DIV/0!
30	8892	B		James	acero	#DIV/0!
40	10699	A		James	acero	#DIV/0!
20	8499	B		james	acero	#DIV/0!
80	14599	A		james	acero	#DIV/0!
20	7722	B		james	acero	#DIV/0!
80	14001	A		james	acero	#DIV/0!
80	14001	A		james	acero	#DIV/0!
110	38939	A		james	acero	#DIV/0!
30	9599	A		james	acero	#DIV/0!
110	15171	A		james	acero	#DIV/0!
40	10101	A		james	acero	#DIV/0!
40	20000	B		James	cobre	#DIV/0!
100	9810	A		Kiland		#DIV/0!
10	12441	D		Orion	cobre	#DIV/0!
30	5900	B		Pacific	acero	#DIV/0!
50	6950	A		Pacific	acero	#DIV/0!
50	8151	A		Pacific	acero	#DIV/0!
80	7350			Peabody		#DIV/0!
60	17121	A		Sirium	cobre	#DIV/0!
30	12831	A		Sirium	cobre	#DIV/0!
20	11271	A		Sirium	cobre	#DIV/0!
60	20241	A		Sirium	cobre	#DIV/0!
30	13260	A		Sirium	cobre	#DIV/0!
35	7371	A		Smartlife	acero	#DIV/0!
50	8541	A		Smartlife	acero	#DIV/0!
80	9711	A		Smartlife	acero	#DIV/0!
80	9711	A		Smartlife	acero	#DIV/0!
100	11661	A		Smartlife	acero	#DIV/0!
30	6790	C		telefunken	acero	#DIV/0!
50	21021	B		Tem	cobre	#DIV/0!
30	15951	A		Tem	cobre	#DIV/0!
30	7499	B		Thompson	acero	#DIV/0!
60	9999	B		Thompson	acero	#DIV/0!
20	12020			Warners	cobre	#DIV/0!
40	14995	A		Warners	cobre	#DIV/0!
50	16800			Warners	cobre	#DIV/0!
80	23890			Warners	cobre	#DIV/0!
100	10491	A		Xion	acero	#DIV/0!
80	8541	A		Xion	acero	#DIV/0!
50	7722	B		Xion	acero	#DIV/0!
40	7371	B		Xion	acero	#DIV/0!
34	6981	B		Xion	acero	#DIV/0!
28	7371	B		Xion	acero	#DIV/0!
40	7098	B		Xion	acero	#DIV/0!
34	6708	B		Xion	acero	#DIV/0!
28	7098	B		Xion	acero	#DIV/0!

Notar que, en algunos casos, la columna del cálculo de eficiencia energética muestra un error. Esto sucede para los equipos en los que el minorista no declara o no muestra en la página web la etiqueta de eficiencia energética. Los espacios en blanco siempre corresponden a casos donde falta información. Estos casos no se tomaron en cuenta en el análisis de repago, pero sí en las gráficas que muestran la cantidad de equipos según la letra de etiquetado energético correspondiente.

Bibliografía

1. **MIEM.** Ministerio de Industria, Energía y Minería. *Estudio de consumo y uso de la energía 2006.* [En línea] 2006. https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/datos-y-estadisticas/estadisticas/estudio-consumo-uso-energia-2006.

2. **Nations, United.** Naciones Unidas - acción por el clima. [En línea] https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement.

3. **Forum, World Economic.** [Online] setiembre 23, 2020. https://www.weforum.org/agenda/2020/09/carbon-emissions-net-zero-global-warming-climate-change.

4. —. [En línea] 26 de mayo de 2021. https://www.weforum.org/agenda/2021/05/net-zero-emissions-2050-iea/#:~:text=The%20world%20can%20reach%20net%20zero%20emissions%20by,of%20coal%2C%20oil%20and%20gas%20will%20be%20essential..

5. **IEA.** *Market report series - Energy Efficiency 2018, Analysis and outlooks to 2040.* 2018.

6. —. *Energy Efficiency Policy Training Week: Appliances and Equipment stream.* 2022.

7. —. *Achievements of Energy Efficiency Appliances and Equipment Standards and Labelling Programmes.* [En línea] 2021. https://iea.blob.core.windows.net/assets/996ea40e-e010-48c3-ab53-9b4f72ddc815/AchievementsofEnergyEfficiencyApplianceandEquipmentStandardsandLabellingProgrammes.pdf.

8. **UNIT.** Eficiencia energética – Aparatos de refrigeración eléctricos de uso doméstico – Especificaciones y etiquetado. *Eficiencia Energética.* [En línea] 15 de 4 de 2011. http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/26296/UNIT+1138+2011+-+Eficiencia+Energetica.+Aparatos+de+refrigeracion+electricos+de+uso+domestico.+Especificaciones+y+etiquetado.pdf/321fe07a-6a3f-471b-8b41-7d5f7ce19861.

9. —. Eficiencia energética- Calentadores de agua eléctricos de acumulación de uso doméstico- Especificaciones y etiquetado. *Eficiencia Energética.* [En línea] 15 de 12 de 2011. http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/26296/UNIT_1157_2011-_Eficiencia_Energetica._Calentadores_de_agua_electricos_de_acumulacion._Especificaciones_y_etiquetado.pdf/cb524e6d-4a9e-410b-958f-1e603cdf0cfa.

10. **CLASP.** Worlds best MEPS. [En línea] https://www.clasp.ngo/tools/worlds-best-meps/.

11. **Agyarko, Kofi.** [En línea] 2018. https://iea.blob.core.windows.net/assets/imports/events/317/Kofi_AGYARKO.pdf.

12. **Mauer, Andrew deLaski Joanna.** ACEEE. [En línea] febrero de 2017. https://www.aceee.org/sites/default/files/energy-saving-states-america.pdf.

13. **Malinowski, Matt.** Analyzing and accelerating policies with Mepsy: the appliance & equipment climate impact calculator. *ECEEE.* [En línea] 2021. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2021/9-products-appliances-ict/analyzing-and-accelerating-policies-with-mepsy-the-appliance-equipment-climate-impact-calculator/2021/9-210-21_Malinowski.pdf/.

14. **Michael A. McNeil, Virginie E. Letschert, Stephane de la Rue du Can & Jing Ke.** LBNL. *Bottom–Up Energy Analysis System (BUENAS)—an international appliance efficiency policy tool.* [En línea] 2012. https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/mcneil_et_al_energy_efficiency.pdf.

15. **Michael A. McNeil, Virginie E. Letschert, Stephane de la Rue du Can and Jing Ke.** Bottom-Up Energy Analysis System – Methodology and results. [En línea] 04 de 2012.

16. **IEA.** IEA. *Selecting products for MEPS and Labels.* [En línea] 2018. https://iea.blob.core.windows.net/assets/imports/events/610/2LAEWheretoStartSelectingProducts2018.pdf.

17. **CLASP.** Introduction to the Policy Analysis Modelling System (PAMS) and case study. [En línea] http://www.oas.org/en/sedi/dsd/Energy/SECBI/04-IntroductiontoPAMS.pdf.

18. **Carreño, Ari Reeves and Ana Maria.** Using PAMS to estimate savings potential from increased energy - A case study. *CLASP.* [En línea] 2015. https://www.clasp.ngo/wp-content/uploads/2021/01/Using-PAMS-in-LAC-EEDAL-2015.pdf.

19. **McNeil, Michael A., Lestchert, Virginie E., & Van Buskirk, Robert D.** Methodology for the Policy Analysis Modeling System (PAMS). [En línea] 2007. https://doi.org/10.2172/1469151.

20. **CLASP.** Extending Mepsy Past 2030. [En línea] 17 de 05 de 2022. https://www.clasp.ngo/wp-content/uploads/2022/05/Extending-Mepsy-to-2050.pdf.

21. **EU.** COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 2019/2016. [En línea] Marzo de 2019. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1575537791838&uri=CELEX:32019R2016.

22. —. COMMISSION REGULATION (EU) No 206/2012. [En línea] 2017. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02012R0206-20170109.

23. —. COMMISSION REGULATION (EU) No 206/2012. [En línea] 6 de 3 de 2012. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:072:0007:0027:en:PDF.

24. **TopTen.** [En línea] https://storage.topten.eu/source/files/Room%20air%20conditioners%20Recommendations_12%20May%202011.pdf.

25. **EU.** Commission Delegated Regulation (EU) No 812/2013. [En línea] 18 de febrero de 2018. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02013R0812-20180426.

26. **Michael Mc Neill, Theo Covary, John Vermeulen.** Water Heater Technical Study to Improve MEPS – South Africa. *LBNL.* [En línea] 08 de 2015.

27. **EU.** COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 1060/2010. [En línea] 28 de setiembre de 2010. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:314:0017:0046:en:PDF.

28. **IRAM.** IRAM 2404-3. *2404-3 Etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración de uso doméstico.* s.l., Argentina : IRAM, 10 de 04 de 2015.

29. **Argentina, República.** Etiquetado en Eficiencia Energética. [En línea] https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/etiquetado-en-eficiencia-energetica.

30. **IRAM.** IRAM 62406 Etiquetado de eficiencia energética para acondicionadores de aire. s.l., Argentina : IRAM, 02 de 01 de 2019.

31. **Ramos, Ing. Virginie Letschert & Dr. Michael A. McNeil & Ing. Itha Sánchez.** *NORMAS DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO MÍNIMO PARA REFRIGERADORES EN MÉXICO.* 2011.

32. **Padilla, Marcelo.** Etiquetado y Estándares mínimos de EE en Chile. [En línea] Abril de 2016. https://docplayer.es/55602583-Etiquetado-y-estandares-minimos-de-ee-en-chile.html.

33. **Chile, Ministerio de Energía de.** United4Efficiency. [En línea] 2014. https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/01/Plan-de-accion-de-eficiencia-energetica-2020-1-1.pdf.

34. **Padilla, Marcelo.** Ministerio de Energía de Chile. [En línea] 29 de Agosto de 2013. https://minenergia.cl/wa.minenergia.cl/cache/blob_documento_30696.

35. **Chile, Ministerio de energía.** Informe final de los usos de la energía de los hogares de Chile 2018. [En línea] Diciembre de 2019. https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf.

36. **Chile, Biblioteca del congreso Nacional de.** Ley Chile. *Decreto Supremo número 97, 2011.* [En línea] 2011. https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1040003&f=2012-05-14.

37. **Chile, Ministerio de Energía -.** Página web del Ministerio de Energía de Chile. [En línea] https://minenergia.cl/todosganamos/docweb/Manual%20Etiquetado.pdf.

38. **Ten, Top.** Pauta de recomendaciones para procesos de compras públicas. [En línea] abril de 2021. https://storage.topten.cl/source/1/kBS2VOjguJyuJZp2_ykS-MJX9jAZxnhb.pdf.

39. **Chile, Gobierno de.** Diario Oficial de la República de Chile . [En línea] 10 de Enero de 2015. https://www.cne.cl/archivos_bajar/RE-72-2015.pdf.

40. **Chile, Biblioteca del congreso nacional de.** Ley Chile. [En línea] 14 de Febrero de 2018. https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1115032.

41. **Chile, Ministerio energía de.** [En línea] 08 de 04 de 2020. https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/04/PE-1-26-2-EE-Acondicionadores-de-Aire_Eficiencia_2020.pdf.

42. **18597-2009, Ley.** *IMPO.* [En línea] https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18597-2009.

43. **UNIT.** PROYECTO EN CONSULTA - Eficiencia energética – Aparatos de refrigeración de uso doméstico - Especificaciones y etiquetado. [En línea] 21 de 03 de 2023.

https://www.unit.org.uy/misc/ver/PU%20UNIT%201138:2023/PU_UNIT_1138_2023_--_CP.pdf/normalizacion/consulta/1124.

44. —. Eficiencia energética estacional - Acondicionadores de aire - Especificaciones y etiquetado. *unit.* [En línea] 03 de 03 de 2023. https://www.unit.org.uy/misc/ver/PU%20UNIT%201170:2023/PU_UNIT_1170_2023_CP_-.pdf/normalizacion/consulta/1267.

45. **ambiente, U4E/ONU programa para el medio.** ACELERANDO LA ADOPCIÓN MUNDIAL DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO AMIGABLES CON EL AMBIENTE Y ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES». [En línea] 09 de 2019. https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00787.pdf.

46. **MIEM.** DNE - Eficiencia energética. [En línea] 2018. file:///C:/Users/German/Downloads/Informe%20etiquetado%20Refrigeradores%202012%20-%202018_%20Final.pdf.

47. **Midea.** ¿Cómo saber cuándo debemos cambiar el aire acondicionado? [En línea] https://www.midea.es/blog/como-saber-cuando-debemos-cambiar-el-aire-acondicionado/#:~:text=cuesti%C3%B3n%20es%20%C2%BFcu%C3%A1ndo%3F-,Generalmente%2C%20la%20vida%20%C3%BAtil%20de%20un%20aire%20acondicionado%20es%20de,12%20a%C3%B1os%20puedan%20surgir%20fal.

48. **Instituto Nacional de Estadística.** ***Ensuesta contínua de hogares 2019.*** **[En línea] https://www.ine.gub.uy/Anda5/index.php/catalog/715.**

49. MIEM. Balance energético nacional. [En línea] 2021. https://ben.miem.gub.uy/descargas/1balance/1-1-Libro-BEN2021.pdf.

50. Brasil, EPE (Empresa de Pesquisa Energética) - IEA - Ministério de energia. ***Atlas of Energy Efficiency - Brazil 2021.*** **2021.**

51. Perez, Martin. What is web scraping and what is it used for? ***ParseHub.*** **[Online] 8 1, 2021. https://www.parsehub.com/blog/what-is-web-scraping/.**

52. Virginie E. Letschert , y otros. Design of Standards and Labeling programs in Chile: Techno-Economic Analysis for Refrigerators. s.l., United States of America : Lawrence Berkeley National Laboratory.

53. Michael A. McNeil, Virginie E. Letschert y Stephane de la Rue du Can. Global Potential of Energy Efficiency Standards and Labelling Programmes. s.l., United States of America : Berkeley National Laboratory - Environmental Energy Technologies Division, June de 2008.

54. UNIT. Eficiencia Energética - Acondicionadores de aire y bombas de calor - Especificaciones y etiquetado. [En línea] 30 de 08 de 2009. http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/26296/UNIT+1170+-+Eficiencia+Energetica.+Acondicionadores+de+aire+y+bombas+de+calor.+Especificaciones+y+etiquetado.pdf/26a59c64-d828-496f-ae33-a4f07eadacf7.

55. SANEDI. Review of SANS 151: Suitability for regulating energy in water heaters and allowance for innovations. [En línea] 29 de 05 de 2020.

https://sanedi.org.za/publications/Technical%20reports/February%202023/Final-Report-ReviewOfSANS151-LutzYen-May2020.pdf.

56. Argentina, Dirección nacional de energía República. Resolución SE 0228/2014. Boletín Oficial n° 32.907. [En línea] 17 de 7 de 2014. http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/($IDWeb)/AA9A5969B6BED1FA03257CFA00400A97.

57. EU. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 626/2011. [En línea] 2011. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0626-20140606.

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: consumo de energía residencial por fuente (1), EE: Energía eléctrica. 7
Ilustración 2: Evolución de los aires acondicionados en Uruguay: SEG Ingeniería 7
Ilustración 3: Metas de eficiencia energética para emisiones de efecto invernadero 2050, IEA. (3) 10
Ilustración 4: MEPS para refrigeradores (4). 11
Ilustración 5: Energía eléctrica evitada y proporción del consumo (6) 12
Ilustración 6: Emisiones de CO2 por estándares de eficiencia MEPS y etiquetado (6) 12
Ilustración 7: Costo y beneficio de la implementación de MEPS. (6) 14
Ilustración 8: Mejores MEPS para Aires Acondicionados (7) 15
Ilustración 9: Mejores MEPS refrigeradores (7) 15
Ilustración 10: Costo del ciclo de vida ejemplo, equipo estándar vs. eficiente 17
Ilustración 11: Refrigeradores en Ghana, eficiencia y costo (8) 18
Ilustración 12: Refrigeradores en Estados Unidos, eficiencia y costo (9) 19
Ilustración 13: Intensidad energética para las principales economías emergentes (4). 20
Ilustración 14: Pestaña de usuario que permite cambiar datos por defecto (15) 25
Ilustración 15: Hoja de resumen y resultados de PAMS (15) 26
Ilustración 16: Refrigerador dos estrellas, unión europea (16) 27
Ilustración 17: MEPSY, energía consumida por país en 2020 (10) 34
Ilustración 18: Comparación MEPSY-IEA/U4E para el caso base en diversos países (10). 35
Ilustración 19: Consumo annual estándar (18) 38
Ilustración 20: Etiquetado de eficiencia europeo (18) 38
Ilustración 21: requerimientos para los aires acondicionados en la Unión Europea (19) 39
Ilustración 22: Etiquetado energético para aires acondicionados en la unión europea (20) 40
Ilustración 23: etiquetado europeo según la normativa anterior (21) 41
Ilustración 24: Etiquetado energético de calentadores de agua de acumulación en la Unión Europea (22) 41
Ilustración 25: Etiquetado energético para los refrigeradores en Argentina (25) 44
Ilustración 26: Etiquetado energético para los aires acondicionados divididos en Argentina para modo refrigeración (27) 44
Ilustración 27: Etiquetado energético para los aires acondicionados divididos en Argentina para modo calefacción (27) 45
Ilustración 28: Escenarios para MEPS en refrigeradores mexicanos (28) 46
Ilustración 29 Resultados para 3 escenarios (28) 47
Ilustración 30: Ahorro de energía para refrigeradores en México (28) 48
Ilustración 31: consumo energético histórico de los refrigeradores en México (28) 48
Ilustración 32: Costo y eficiencia de las nuevas tecnologías (28) 49
Ilustración 33: Costo del ciclo de vida para los refrigeradores de dos puertas 50
Ilustración 34 período de recuperación 50
Ilustración 35: Costo y ahorro del refrigerador de clase 3 (28) 51
Ilustración 36: Impacto de las políticas energéticas para refrigerador de clase 3 (28) 52
Ilustración 37: Listado de electrodomésticos etiquetados en Chile (29) 53
Ilustración 38: Dependencia energética en Chile para las últimas décadas (30) 53
Ilustración 39: Consumo energético por sector en Chile (30) 54

Ilustración 40: Costos y ahorros del programa de iluminación en Chile (31) 55
Ilustración 41: Ahorros al implementar MEPS en iluminación (29) 55
Ilustración 42: Consumo de los energéticos según usos. (32) 56
Ilustración 43: Categorías de eficiencia energética en Chile (35) 57
Ilustración 44: Clases de eficiencia energética de AA comercializables en Chile para Calefones (38) 58
Ilustración 45: Relevamiento de mercado, precio y eficiencia de refrigeradores en Uruguay 62
Ilustración 46: Productos certificados, consumo y eficiencia energética. Fuente: UNIT 63
Ilustración 47: Etiquetado de refrigeradores en Uruguay (39) 64
Ilustración 48: Proyecto en consulta para el etiquetado uruguayo (40) 65
Ilustración 49 Clase de eficiencia para AA monobloque y divididos (50) 66
Ilustración 50: Clase de eficiencia energética para aires acondicionados, en consulta pública (41) 67
Ilustración 51: grupos climáticos de la región (42) 67
Ilustración 52: Sugerencias de escalones de eficiencia energética (42) 68
Ilustración 53: Capacidades mínimas de referencia (42) 69
Ilustración 54: Etiquetado energético para calefones en Uruguay (43) 69
Ilustración 55: distribución del mercado calefones 30 litros 74
Ilustración 56: Repago calefón más eficiente, modelo 30 litros de acero 75
Ilustración 57: distribución del mercado calefones 40 litros 77
Ilustración 58: Repago calefón más eficiente, modelo 40 litros de acero 78
Ilustración 59: Calefones de 60 litros en el mercado uruguayo 79
Ilustración 60: Repago calefón más eficiente, modelo 60 litros de acero 80
Ilustración 61: Calefones de 80 litros en el mercado uruguayo 81
Ilustración 62: Eficiencia energética de heladeras en el mercado uruguayo 83
Ilustración 63: Repago refrigerador más eficiente, modelo de 250 litros aprox. 84
Ilustración 64: Repago refrigerador más eficiente, modelo de 300 litros 85
Ilustración 65: Repago refrigerador más eficiente, modelo 350 litros 86
Ilustración 66: Repago del refrigerador más eficiente, modelo de 400 litros. 87
Ilustración 67: AA de 900 BTU en el mercado uruguayo 88
Ilustración 68: Repago AA 9000 BTU 89
Ilustración 69: AA de 12000 BTU en el mercado uruguayo 90
Ilustración 70: Repago AA más eficiente 12000 BTU 91
Ilustración 71: AA de 18000 BTU en el mercado uruguayo 92
Ilustración 72: Repago AA más eficiente 18000 BTU 93
Ilustración 73: Consumo de energía por fuente (45) 96
Ilustración 74: Datos del sector energético PAMS 97
Ilustración 75: Resultados para calefones a nivel nacional 98
Ilustración 76: Resultados a nivel unitario para calefones de 40 litros de acero 100
Ilustración 77: Distribución de refrigeradores, IEE (%) vs cantidad de modelos relevados 103
Ilustración 78: Datos del sector energético PAMS 104
Ilustración 79: Resultados para heladeras a nivel nacional 105
Ilustración 80: Resultados a nivel unitario para refrigeradores 106
Ilustración 81: Datos de entrada de MEPSY 108
Ilustración 82: Resultados de MEPSY a nivel nacional 108
Ilustración 83: Reducción en las emisiones de CO2 109

Ilustración 84: Ahorro en el consumo energético 110
Ilustración 85: Resultados para AA a nivel unitario en PAMS..... 113
Ilustración 86: Resultados a nivel unitario para aires acondicionados..... 114
Ilustración 87: Resultados de MEPSY a nivel nacional..... 115
Ilustración 88: Reducción en las emisiones de CO2..... 116
Ilustración 89: Ahorro en el consumo energético 117