
**EFICIENCIA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA
SANITARIA PARA USO RESIDENCIAL EN ARGENTINA**

Tesista: Lic. Leila Mora Iannelli

Director de Tesis: Dr. Salvador Gil

Buenos Aires, 2019



MAESTRÍA INTERDISCIPLINARIA EN ENERGÍA

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ACTIVIDAD REGULATORIA ENERGÉTICA

**Dedico este trabajo a Lidia, mi madre,
a mis hermanos y a mi profesor Salvador Gil.**

**“La energía más barata, más limpia y más segura
es la energía que no se usa”**

(Miguel Arias Cañete, European Commissioner for Climate Action and Energy)

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	11
AGRADECIMIENTOS	13
RESUMEN	14
OBJETIVOS	15
GENERALIDADES	16
INTRODUCCIÓN	17
A. ESTUDIO DE POTENCIALES AHORROS DE ENERGÍA	23
A.1 - ARTEFACTOS CONVENCIONALES	23
A.2 - ENERGÍA SOLAR	37
A.3 - SISTEMAS HÍBRIDOS	39
B. ESTUDIO DE NORMATIVAS INTERNACIONALES.....	44
B.1 - SELECCIÓN DE PAÍSES	44
B.2 - IDENTIFICACIÓN DE NORMAS	50
C. AVANCES Y ESTUDIO DE LA NORMATIVA PRAVINCIAL Y NACIONAL	56
C.1 - SELECCIÓN DE PROVINCIAS	58
C.2 - IDENTIFICACIÓN DE NORMAS	62
D. BARRERAS EN LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	69
D.1 - BARRERAS NORMATIVAS E INSTITUCIONALES	69
D.2 - BARRERAS ECONÓMICAS	69
D.3 - BARRERAS DE MERCADO Y SOCIALES	69
E. IMPACTO AMBIENTAL.....	71
E.1 - MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	74
F. PROYECTO DE NORMA PARA EL SISTEMA HÍBRIDO (SOLAR+GAS) A NIVEL NACIONAL....	77
F.1 - EVALUAR NORMAS ARGENTINAS DE GAS.....	77
F.2 - EVALUAR EFICIENCIAS.....	78
F.3 - REDACCIÓN DE ADENDAS NAG	79
G. ANÁLISIS DE COSTOS Y AMORTIZACIÓN	83
G.1 - ARTEFACTOS CONVENCIONALES	83
G.2 - COLECTORES SOLARES	90
G.3 - AMORTIZACIÓN	97
H. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN.....	101
H.1 - SISTEMAS DE FINANCIACIÓN	101
CONCLUSIÓN	104
ANEXOS	106
ANEXO I: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE DISTINTOS ARTEFACTOS PARA ACS	106
ANEXO II: EFICIENCIA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA	110

ANEXO III: FUNCIONAMIENTO DE UN TERMOTANQUE	113
ANEXO IV: CONSUMO DE SISTEMAS HÍBRIDOS CON APOYO CONVENCIONAL.....	118
ANEXO V: NORMATIVAS INTERNACIONALES	119
ANEXO VI: NORMATIVAS NACIONALES	128
ANEXO VII: ALTERNATIVA DE ETIQUETADO EN ARTEFACTOS PARA ACS.....	140
ANEXO VIII: ANÁLISIS DE COSTOS Y AMORTIZACIÓN	147
GLOSARIO.....	153
BIBLIOGRAFÍA	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balance Energético, energía primaria, año 2017. Aproximadamente el 85% de la energía primaria proviene de combustibles fósiles (4).	17
Figura 2. Porcentaje de gas entregado, por tipo de usuario, en el año 2017 (7).....	17
Figura 3. Consumo de gas en Argentina desde el año 1993 hasta el 2017. Referencias: “Import” Importación, “Export” Exportación, “Prod. Nac” Producción Nacional (8).	18
Figura 4. Procedencia del gas utilizado en la Argentina durante el año 2017. El mayor porcentaje es de Inyección Nacional (76%). Se indican los porcentajes procedentes de la importación de gas y los respectivos países exportadores.....	18
Figura 5. Emisiones antropogénicas globales de GEI en el año 2004.....	19
Figura 6. Consumo residencial medio total, en una vivienda típica de la región central de Argentina, incluyendo gas y electricidad (13) (14).	20
Figura 7. Distribución de la producción de equipos de ACS para uso residencial en Argentina, año 2015 (16).....	21
Figura 8. Número de Artefactos (termotanques y calefones) producidos en Argentina en el periodo 2000-2017 (16).....	21
Figura 9. Energía solar térmica: Colectores solares que sumados a tanques constituyen sistemas de circulación natural para la provisión de ACS de uso familiar.	22
Figura 10. Consumo de gas (m^3) de un piloto típico.....	24
Figura 11. Ejemplo de calefón modulante con selector de temperatura.	25
Figura 12. Izquierda, etiqueta para aparatos de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos (calefones) con piloto permanente. Nótese que la parte inferior de la etiqueta presenta una leyenda donde indica la presencia del piloto. Derecha, etiqueta para artefacto, sin piloto permanente (24).....	26
Figura 13. Porcentaje de modelos de calefones por clase de eficiencia energética para el año 2015 y 2017. Izquierda, calefones a Gas Natural (GN) y derecha calefones a Gas Licuado de Petróleo (GLP).	26
Figura 14. Esquema de un termotanque a gas de acumulación de agua.....	27
Figura 15. Izquierda etiqueta de Eficiencia Energética del termotanque, derecha clase de eficiencia energética de los termotanques. NAG-314 (27).	28
Figura 16. Esquema de caldera de condensación.....	29
Figura 17. Izquierda caldera de tiro forzado, derecha caldera de tiro natural.	30
Figura 18. Izquierda etiqueta de Eficiencia Energética de termotanques eléctricos, derecha clase de eficiencia energética de los termotanques eléctricos, IRAM 62410:2012 “Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos. Acumulación, para uso doméstico”.	32
Figura 19. Eficiencia Energética de termotanques eléctricos (barras verdes, izquierdas), calefones a gas (barras amarillas, centrales) y termotanques a gas (barras azules, derechas), según norma vigente en Argentina.	32
Figura 20. Ejemplo de bomba de calor actualmente en venta en Argentina. Esquema del interior del aparato, con indicación de la entrada de aire, ubicación del evaporador y compresor.....	34
Figura 21. Variación de los consumos por usuario R (residencial, círculos rojos) expresados en m^3 /día como función de la temperatura media mensual. La recta punteada verde es una	

extrapolación del consumo base. El área comprendida entre la recta verde y la curva azul indica el consumo asociado con la calefacción.....	35
Figura 22. Arriba, variación del consumo específico medio diario de gas como función de los meses del año. Últimos 12 años para la región Norte Centro de Argentina. En el diagrama se ve la distribución del consumo. Abajo a la derecha, distribución del consumo base en el sector residencial en Argentina.....	36
Figura 23. Distribución espacial promedio de la irradiación solar diaria sobre un plano horizontal para dos meses del año, enero y septiembre. Enero es representativo de los valores máximos de irradiación y setiembre de los valores medios.....	38
Figura 24. Consumos de gas natural (GN) para la obtención de ACS usando distintas tecnologías. AA representa “sistema de ahorro de agua”.....	40
Figura 25. Esquema de ensayo. A cada equipo convencional (termotanque) y al correspondiente híbrido, se le requieren los mismos consumos de agua caliente diarios. Se registran los consumos de ambos y los datos de temperatura e irradiación solar diaria.....	42
Figura 26. Aporte Solar al calentamiento de agua. Este aporte depende de la irradiación solar diaria y la temperatura media ambiente. El parámetro A_{Sol} , combina estas dos variables y permite predecir los ahorros de energía convencional en el calentamiento de agua en distintas regiones del país. Estos datos corresponden al colector solar de parrilla plano – ORBIS.	42
Figura 27. Panel fotovoltaico conectado a un inversor y este a su vez a un termotanque con bomba de calor.	43
Figura 28. Crecimiento del mercado mexicano en el área de calentadores solares instalada (m^2) (36).....	44
Figura 29. Capacitación a diseñadores, clases en grupos y talleres (36).	45
Figura 30. Arriba, buena instalación del colector solar. Abajo, mala localización de dos colectores solares, por deficiencias técnicas según normativa de México (el panel tiene sectores de sombra que impiden la captación de rayos solares directos) (36).	46
Figura 31. Formas de consumo de agua en diversas actividades hogareñas en México. Fuente: PROFECO (Proveeduría Federal del Consumidor, México).	46
Figura 32. México está ubicado entre los 20 mercados más grandes del mundo. Las cifras indican las adiciones de colectores solares para calentamiento de agua, año 2016 respecto al 2015.	47
Figura 33. Porcentaje de ahorros de energía obtenidos al instalar colectores solares para la obtención de ACS.	48
Figura 34. Izquierda, sistema pequeño. Derecha, sistema mediano o grande.....	49
Figura 35. El sol es mucho más bajo en el invierno que en el verano. Por lo tanto, un árbol o edificio de seis metros puede dar sombra a un colector montado en el fondo o en un techo de una vivienda, incluso a una distancia de 10 metros.	49
Figura 36. Se observa que para un mejor rendimiento, los colectores deben instalarse en un ángulo entre 18° y 50° desde el plano horizontal. Para obtener el máximo rendimiento, los colectores solares deben instalarse en una orientación sureste a suroeste.	50
Figura 37. Mapa del Sector de Energía Solar Térmica, con el detalle de Empresas fabricantes, Empresas Importadoras, Empresas de servicios de instalación y entidades que brindan capacitación sobre la actividad.....	57
Figura 38. Cantidad de Instalaciones de equipos solares térmicos (EST) realizadas por empresas de servicio de instalación y su agrupación en tres rangos, según la cantidad de instalaciones realizadas en el año 2015.	57
Figura 39. Terraza de la facultad de UNCuyo con colectores solares térmicos.	60
Figura 40. Emisiones de CO_2 de distintos combustibles o insumos energéticos en $g(CO_2)/kWh$ (38).....	71

Figura 41. Ciclo de vida de la energía desde su origen hasta el consumo final para el año 2015 en Argentina, fuente Ministerio de Energía y Minería (39).	72
Figura 42. Izquierda, tabla de generación eléctrica de los distintos componentes de la matriz eléctrica Argentina para el año 2015. Derecha, gráfico de torta de la participación en la generación eléctrica (44).	73
Figura 43. Doble etiquetado de eficiencia energética y de emisiones de CO ₂ usado en Australia para vehículos (izquierda) y doble etiquetado de viviendas en el Reino Unido (UK), a la derecha. En ambos casos, además de los consumos de energía se indican las emisiones de CO ₂ , en g(CO ₂) por km en el primer caso y en una escala arbitraria de 1 a 100 en el segundo (donde 100 es mejor que 1).	74
Figura 44. Comparación de emisiones de Dióxido de Carbono para distintos tipos de artefactos.	76
Figura 45. Emisiones de Dióxido de Carbono para distintos tipos de sistemas (artefactos a gas o eléctricos con apoyo de un colector solar térmico).	76
Figura 46. Normas de gasodomésticos para ACS en Argentina.	78
Figura 47. Izquierda etiqueta y clase de Eficiencia Energética de los calefones, NAG-313 (49). Derecha etiqueta y clase de Eficiencia Energética de los termotanques. NAG-314, Adenda 1 (55).	79
Figura 48. Modelos de etiqueta, para artefactos a gas (ACS).	81
Figura 49. Esquema de las normativas para los sistemas híbridos para ACS a gas natural. ..	82
Figura 50. Costo de diferentes alternativas de artefactos a gas o eléctricos para ACS.	87
Figura 51. Costo de los insumos de gas y de electricidad en \$/kWh en el Gran Buenos Aires (GBA) a partir de febrero de 2019, para los distintos tipos de usuarios residenciales. En estos costos se incluye el valor de los cargos fijos y se supone un consumo medio igual al promedio entre el máximo y el mínimo que definen cada categoría de usuario. Fuente: Elaboración propia.	88
Figura 52. Consumos eléctricos residenciales promedio para las principales ciudades de Argentina, promedio país y para el uso de ACS (12),(57),(58), año 2018. Fuente: Elaboración propia.	89
Figura 53. Costo de diferentes alternativas de colectores solares térmicos para ACS.	96
Figura 54. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los tres equipos: convencional a GN, calefón A a GN y sistema híbrido solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los tres equipos.	98
Figura 55. Escenario 2. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de GLP para los tres equipos: convencional a GLP, Calefón A a GLP y sistema híbrido solar-gas. En este caso el costo del equipo híbrido se amortiza en 3,5 años. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los tres equipos.	99
Figura 56. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: termotanque A a GN y sistema híbrido solar-gas compuesto por termotanque A. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los dos equipos.	100
Figura 57. Escenario 2. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: termotanque A a gas y sistema híbrido solar-gas compuesto por termotanque A. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los sistemas híbridos y termotanque.	100
Figura 58. Escenario 1, similar al indicado en la Figura 54, pero incluyendo un pago inicial del 18% y programa de financiación a 3 años. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: convencional a GN y solar-gas. A la derecha se	

indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los equipos híbridos y convencionales. 101

Figura 59. Escenario 2, similar al indicado en la Figura 55, pero incluyendo un pago inicial del 18% y un programa de financiación a 3 años. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: convencional a gas y solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los equipos híbridos y convencionales. 102

Figura 60. Costo anual (promedio de 15 años) de diferentes alternativas de artefactos a gas y sistemas híbridos. 103

Figura 61. Diagrama esquemático de los sistemas de calentamiento de agua. Se supone que el agua ingresa a la temperatura T_e y sale o se acumula a la temperatura T_s 110

Figura 62. Variación de la temperatura del agua con el tiempo, curva roja, referida al eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. Arriba, los datos corresponden a un termotanque a gas clase D, abajo, clase B. .. 115

Figura 63. Consumo eléctrico (KWh) de un termotanque en función de la temperatura de ingreso de agua. 116

Figura 65. Ubicación de los sensores de temperatura. 131

Figura 66. Dispositivo de medición de la velocidad del aire. 131

Figura 67. Diseño de la etiqueta Norma IRAM 210015-2. 138

Figura 68. Consumo promedio de ACS por vivienda en CABA y diferentes provincias de Argentina. 144

Figura 69. Etiqueta de Eficiencia Energética de equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar, Unión Europea. 146

Figura 70. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos, termotanque A a GN y sistema híbrido solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los sistemas híbridos y termotanque A a GN. 150

Figura 71. Variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de electricidad para los tres equipos: termotanque A eléctrico, termotanque con bomba de calor y sistema híbrido. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los tres equipos. 150

Figura 72. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas natural (GN) para los tres equipos: termotanque A a GN, calefón A a GN y artefacto convencional a GN. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los tres equipos. 151

Figura 73. Escenario 2. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de GLP para los tres equipos: termotanque A a GLP, calefón A a GLP y artefacto convencional a GLP. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los tres equipos. 151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de eficiencia energética de los calefones, NAG-313 (24).....	25
Tabla 2. Valores de rendimiento, E_{M24} y consumos diarios de GN, estimados.....	37
Tabla 3. Consumos de gas por día para calentar agua en una familia típica de Argentina.	40
Tabla 4. Normativas mexicanas relacionadas con la utilización de energía solar térmica y producción de ACS.	51
Tabla 5. Algunas normas españolas relacionadas a ACS, en la tercera columna se realizan observaciones puntuales. En la última columna se indica “Asunto/objetivo” referido a cada una de las normas.	53
Tabla 6. Algunas normas canadienses relacionadas a ACS con observaciones puntuales en la tercera columna. En la última columna se indica “Asunto/objetivo” referido a cada una de las normas.....	54
Tabla 7. Algunas normas y avances relacionados con ACS en Argentina y observaciones puntuales. En la última columna se indica “Asunto/objetivo” referido a cada una de ellas.....	65
Tabla 8. Proyecto de Ley de ACS de Argentina.	66
Tabla 9. Normas de la provincia de Jujuy, Argentina, relacionadas con ACS.	66
Tabla 10. Normas de la provincia de Córdoba, Argentina, relacionadas con ACS.....	66
Tabla 11. Normas de la provincia de Santa Fe, Rosario, Argentina, relacionadas con ACS. ..	67
Tabla 12. Síntesis de la Ley N° 4.024 que promueve el uso de sistemas de captación de energía solar en la CABA.	67
Tabla 13. Normas de la provincia de Salta, Argentina, relacionadas con ACS.	68
Tabla 14. Emisiones de CO ₂ de los distintos insumos energéticos, en Argentina año 2015 (44), (46).....	73
Tabla 15. Emisiones de CO ₂ para diferentes tipos de artefactos y complementados con colector solar térmico. “T_gas” termotanque a gas natural, “Cal_gas” calefón a gas natural, “T_eléc.” termotanque eléctrico y “BB” bomba de calor.	75
Tabla 16. Costo del gas al usuario residencial. Suponiendo una conversión de U\$S 1 = \$ 44, la segunda columna indica el costo de gas en \$/m ³ y la tercera en U\$S/millón de BTU.....	98
Tabla 17. Resumen de costos de los artefactos y sistemas híbridos.....	103
Tabla 18. Cuadro comparativo de distintos tipos de equipos de calentamiento de agua sanitaria.	109
Tabla 19. Datos que deben suministrarse en los ensayos que se realizan en un acumulador.	133
Tabla 20. Clasificación de sistemas solares de agua caliente sanitaria. Detalle de las tres categorías a, b, y c y de los siete atributos. Se indican los atributos que corresponden a cada categoría.....	133
Tabla 21. Lista de ensayos, Norma IRAM 210007.	135
Tabla 22. Listado de Ensayos, Norma IRAM 210015-1.....	136
Tabla 23. Clases de eficiencia energética en función de ciudades de referencia.	137
Tabla 24. Eficiencia energética del artefacto y sistema híbrido, aplicando y no aplicando los FCIE, para un consumo de 400 litros.....	143
Tabla 25. Posible esquema de clasificación de artefactos y sistemas híbridos, con un consumo de 400 litros.	143
Tabla 26. Eficiencia energética del artefacto y sistema híbrido, aplicando y no aplicando los FCIE, para un consumo de 180 litros.....	145

Tabla 27. Posible esquema de clasificación de artefactos y sistemas híbridos, con un consumo de 180 litros. 145

Tabla 28. Tabla de costos de los equipos para ACS. Nota: se consideró el Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 21%. 147

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Dr. Salvador Gil, mi director, quien me dio la posibilidad de realizar este trabajo y contar permanentemente con su inconmensurable apoyo y excelente orientación, sin los cuales hubiese sido imposible realizar esta experiencia e iniciarme en el ámbito de la investigación.

A la colaboración de varias instituciones: el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) y la Universidad Nacional de Luján (UNLu) que posibilitaron la realización de este trabajo. En ese sentido deseo agradecer a todas las personas que hicieron posible esta colaboración, en particular al Ing. Enrique Bezzo Gerente de Distribución del Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS) y al Ing. Roberto Prieto, ex-Gerente de Distribución del ENARGAS.

A mi familia, en especial a mi mamá Lidia, mi hermana Guadalupe y mi hermano Juan Diego, quienes me alentaron y me apoyaron durante este posgrado.

A mis amigos de la vida.

RESUMEN

El Agua Caliente Sanitaria (ACS), es el segundo mayor consumo de energía en los hogares argentinos. El consumo total de gas destinado para ACS fue del 8% en el año 2017, que es comparable al gas importado por buque (GNL- Gas Natural Licuado) en Argentina, para ese mismo año (1), (2). Por lo tanto, eficientizar el uso de la energía para calentar ACS, es de gran relevancia económica, social y medioambiental. En este trabajo se discuten varios mecanismos para reducir estos consumos, en particular se analiza el impacto de los consumos pasivos en los equipos de calentamiento, tanto en los sistemas convencionales como en los equipos solares con sistema de apoyo convencional, es decir sistemas híbridos. También se analiza la conveniencia de utilizar economizadores de agua. En los equipos convencionales los consumos pasivos, es decir los consumos asociados a pilotos o sistema de mantenimiento de agua caliente en tanques, son en general superiores al consumo necesario para calentar el agua. En los sistemas solares híbridos, este problema es aún más crítico, ya que aquí si no se toman los recaudos adecuados, los consumos pasivos pueden ser comparativamente mayores. Por lo tanto, en los sistemas solares híbridos es crucial eliminar, en la medida de lo posible, dichos consumos. Utilizando calefones a gas modulantes¹ sin piloto, clase A en el etiquetado de eficiencia, la reducción del consumo de energía en ACS puede ser del 90%.

En el caso de termotanques hay acciones útiles para reducir su consumo pasivo, por ejemplo mejorar la aislación térmica de la envolvente del tanque y disponer de un sistema de encendido inteligente, que solo encienda el termotanque unos minutos previos a su uso y lo apague en periodos en que habitualmente no se usa el agua caliente.

¹ Los calefones modulantes, son sistemas de calentamiento de agua sin tanque, que solo calientan el agua que se va a usar en ese momento, pero cuyo aporte calórico, se regula o gradúa según sea la temperatura de entrada del agua, para llevarla a una temperatura prefijada por el usuario, generalmente coincidente con la temperatura de confort, del orden de 42 °C. Varios fabricantes tanto nacionales como internacionales producen estos equipos.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

Objetivo general: Analizar los modos más eficientes y efectivos de brindar el servicio de proveer Agua Caliente Sanitaria (ACS) de la manera más sustentable posible. Formular una propuesta viable para usar la energía solar térmica con el apoyo de un artefacto para obtener ACS, de manera de ahorrar energía y mitigar los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Analizar los costos, normas nacionales e internacionales y las barreras.

Objetivos específicos:

- A. Calcular ahorros de energía mediante el uso de artefactos a gas o eléctricos más eficientes que los convencionales y su apoyo a sistemas híbridos².
- B. Realizar un relevamiento de algunos países y regiones que cuentan con normativa sobre colectores solares para el calentamiento de agua o sistemas híbridos, y evaluar la forma y el contenido de tales normas.
- C. Efectuar un relevamiento nacional y provincial de normativas, y avances sobre colectores solares térmicos o sistemas híbridos para el calentamiento de agua, y evaluar la forma y el contenido de tales normas.
- D. Estudiar las barreras del desarrollo de la energía solar térmica y la evolución del desarrollo de sistemas híbridos en Argentina.
- E. Estimar la mitigación de GEI mediante el uso de artefactos a gas o eléctricos más eficientes que los convencionales y su apoyo a sistemas híbridos, lo que podría generar un impacto ambiental favorable.
- F. Estudiar las Normas Argentinas de Gas (NAG) de los diferentes artefactos a gas para el calentamiento de agua sanitaria actualmente en el mercado y evaluar cuál/cuáles pueden ser utilizados como apoyo de un colector solar térmico. Redactar un proyecto de norma para el sistema híbrido (colector solar + artefacto a gas) en su conjunto.
- G. Investigar el costo de los artefactos a gas o eléctricos y de los colectores solares térmicos o paneles fotovoltaicos para el calentamiento de agua sanitaria, y calcular el tiempo de amortización del sistema híbrido.
- H. Analizar alguna forma de financiar estos sistemas híbridos para que su adquisición sea más accesible y viable para los usuarios residenciales.³

² Colector solar térmico más artefacto a gas o eléctrico.

³Un usuario residencial se refiere a una vivienda conectada a la red por medio de un medidor. Estadísticamente un usuario corresponde a 3,3 personas.

GENERALIDADES

El presente Plan de Tesis fue elaborado de acuerdo con el artículo 14 del Reglamento General de la Maestría Interdisciplinaria en Energía aprobado como Anexo II de la Resolución CS N° 1804 del 15 de diciembre de 2010, siguiendo el orden de contenidos allí previsto.

Se propone estudiar la energía solar térmica con el apoyo de un artefacto a gas o eléctrico para el calentamiento de agua sanitaria y analizar los costos, normas y barreras que frenan el desarrollo de esta energía alternativa.

La normativa actual con respecto al gas natural no tiene incluido los colectores solares térmicos. El aporte proyectado a través de este trabajo consiste en proponer adecuaciones y actualización necesarias en las NAG a fin de que estas incluyan las características que deben cumplir los artefactos de gas en el mercado, para que sean aptos como apoyo de un colector solar térmico. Como así también, si fuera necesario, la creación de una norma que incluya el sistema híbrido⁴ en su conjunto.

Se considera que el trabajo propuesto es de desarrollo factible, ya que se cuenta con acceso a fuentes bibliográficas necesarias, y a otro tipo de fuentes como son los sistemas de información del ENARGAS, el laboratorio GERSolar de la UNLu (2) y el laboratorio del INTI-energía.

⁴ Sistema híbrido: Sistema solar térmico complementado con un sistema de energía convencional.

INTRODUCCIÓN

En Argentina el gas natural constituye el componente principal de la matriz energética, aportando más del 50% de la energía primaria del país (4), Figura 1.

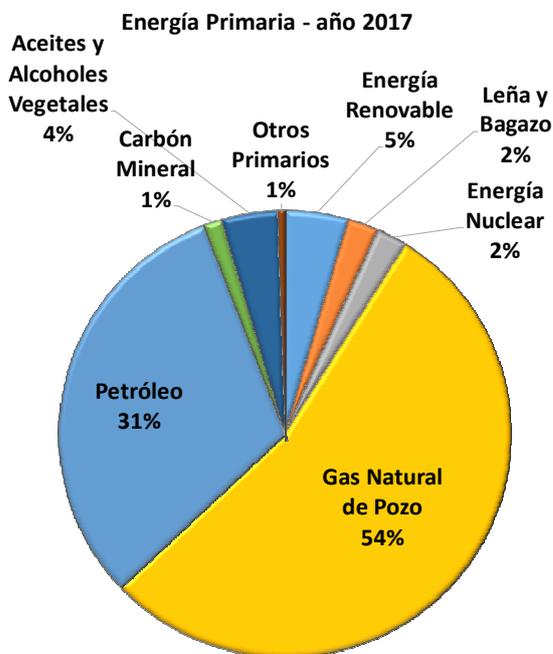


Figura 1. Balance Energético, energía primaria, año 2017. Aproximadamente el 85% de la energía primaria proviene de combustibles fósiles (4).

Alrededor del 37% del gas se distribuye a través de redes a los usuarios de tipo residencial, comercial y entes oficiales (5), Figura 2. El gas utilizado para ACS es el segundo consumo en importancia en estos sectores (6), representando aproximadamente el 33% del total.

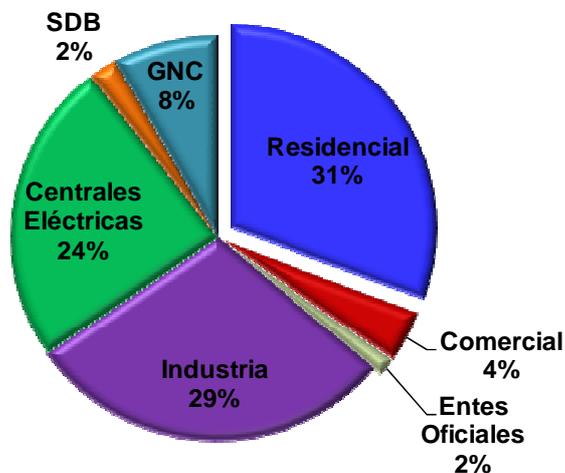


Figura 2. Porcentaje de gas entregado, por tipo de usuario, en el año 2017 (7).

Es decir, para ACS se emplea casi el 10% de la energía consumida en Argentina. Este notable hecho se explica en parte por el elevado calor específico del agua (cantidad de calor que hay que suministrar para elevar su temperatura en una unidad), que hace que aumentar su temperatura demande mucha energía. Por otra parte, en este país, el consumo de gas se incrementa en cerca del 3,3% anual. En la Figura 3 se observa el incremento del consumo de gas en Argentina desde el año 1993 hasta el año 2017.

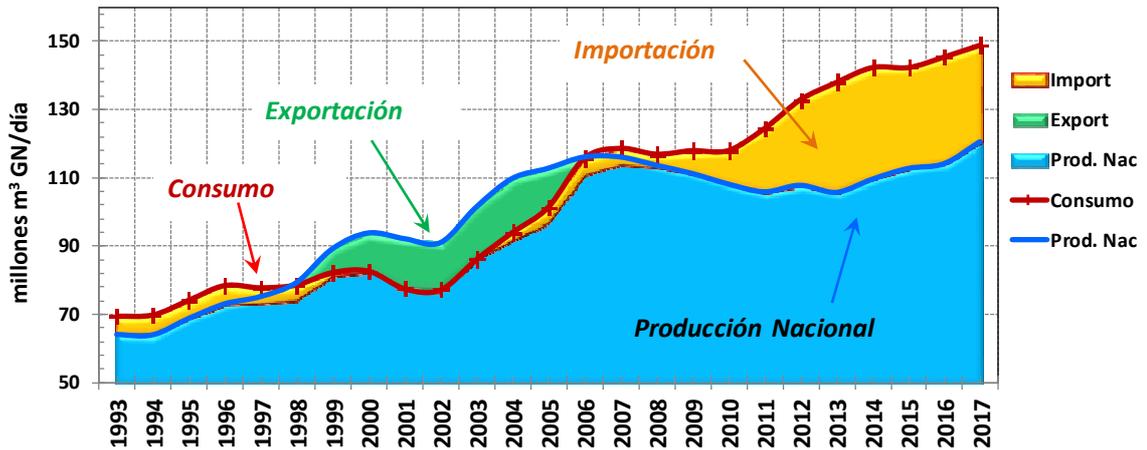


Figura 3. Consumo de gas en Argentina desde el año 1993 hasta el 2017. Referencias: “Import” Importación, “Export” Exportación, “Prod. Nac” Producción Nacional (8).

A esta tasa de crecimiento, en los próximos 20 años el consumo se duplicará⁵. Desde hace algo más de una década, la producción local de gas está disminuyendo, y se depende en forma creciente de importaciones de gas, lo que tiene un impacto muy significativo en el balance comercial del país. En la Figura 4 se observa la procedencia del gas utilizado en la Argentina en el año 2017.

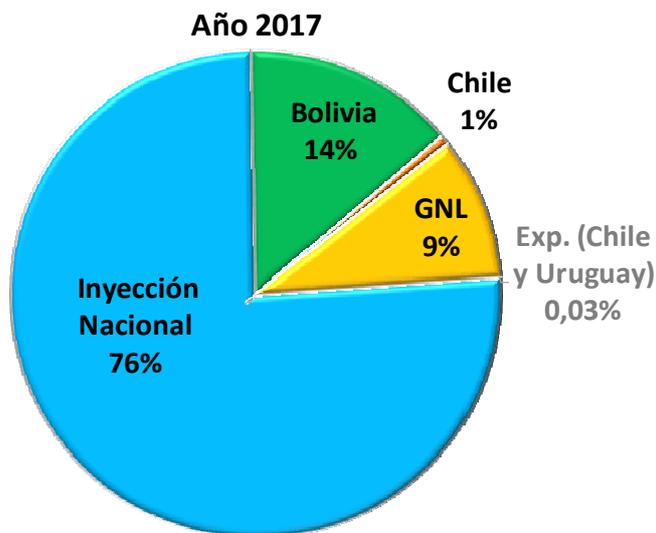


Figura 4. Procedencia del gas utilizado en la Argentina durante el año 2017. El mayor porcentaje es de Inyección Nacional (76%). Se indican los porcentajes procedentes de la importación de gas y los respectivos países exportadores.

⁵ Annual Energy Outlook 2009 with projections to 2030, Departamento de Energía de los EEUU ; Gil, 2007.

La temperatura de la superficie global aumentó aproximadamente 0,85°C de 1880 a 2012 (9). Se estima que cerca del 60% de las emisiones de GEI son consecuencia del uso de combustibles fósiles (10), por lo que resulta necesario disminuirlas (11), Figura 5. Hay evidencias cada vez más claras de que el calentamiento global que está experimentando la Tierra tiene causas antropogénicas.

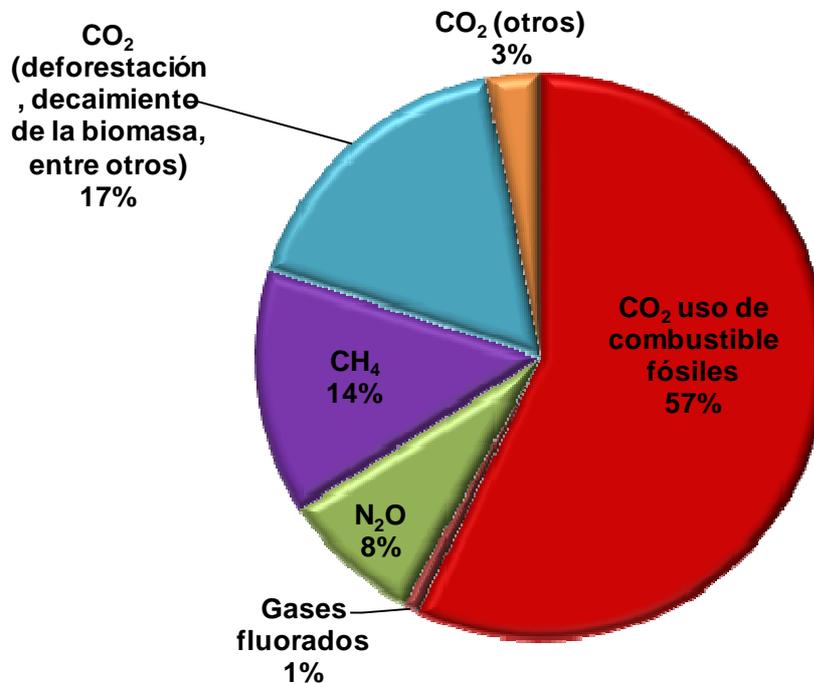


Figura 5. Emisiones antropogénicas globales de GEI en el año 2004.

El Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE) y el aprovechamiento de las energías renovables⁶, en particular de la energía solar, son claramente componentes importantes en la búsqueda de soluciones a los desafíos energéticos del presente y del futuro (12). Esta es una tendencia mundial, y en cierto modo, el UREE y el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, son dos caras de una misma moneda, ya que se complementan muy adecuadamente. Una ventaja adicional de las energías renovables, como la solar, es que la generación de energía se realiza *"in situ"*⁷, evitando así parte de los elevados costos de transmisión y distribución de la energía, que consumen energía adicional y requieren de costosas infraestructuras. El UREE debe propender a lograr una mejor gestión de la energía y los recursos disponibles, a la par de reducir inequidades, evitar el deterioro del medio ambiente y mejorar la competitividad de las empresas relacionadas con la generación y administración de energía. Al disminuir las demandas energéticas, los aportes de fuentes renovables comienzan a jugar un rol muy significativo, generándose un círculo virtuoso. Por una parte se disminuyen las emisiones de GEI y por otra se genera un desafío tecnológico, capaz de generar nuevos emprendimientos, empleo y desarrollo tecnológico.

⁶ Energías renovables: aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza que se encuentran disponibles de forma continua o periódica (eólica, bio-energía, geotérmica, oceánica, hidroeléctrica, solar).

⁷ "In situ": la generación de energía se realiza "en el lugar".

Combinando todos los consumos a gas y electricidad residencial⁸, se pudo construir la Figura 6. Para ello se tomaron los consumos medios de gas residenciales y se pasaron de m³ de gas natural a kWh (a partir de los datos de las facturas de gas). Para estudiar los consumos eléctricos se utilizó un equipo de medición de potencia y consumo eléctrico⁹. Asimismo, se consideró a los artefactos eléctricos un factor de 1,92 (ver Capítulo E Impacto Ambiental, pág. 71), ya que como se verá en el capítulo “E Impacto Ambiental”, en Argentina gran parte de la electricidad se genera a partir del gas natural de forma ineficiente (con eficiencia de casi 55%). El ACS, es el segundo mayor consumo de energía en los hogares argentinos. Se puede observar que en una vivienda típica en una región central de Argentina, el consumo de gas supera al consumo de electricidad (62% y 38% respectivamente). Es importante destacar que el siguiente esquema es producto de auditorías de unas 50 viviendas pertenecientes a estudiantes de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y personal del ENARGAS que participaron voluntariamente en este estudio.

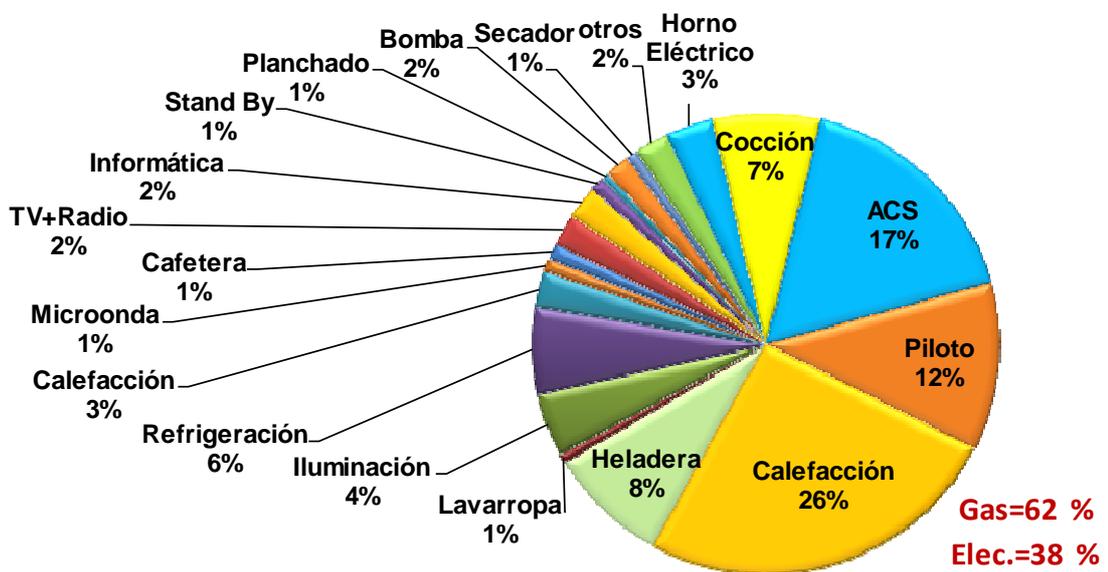


Figura 6. Consumo residencial medio total, en una vivienda típica de la región central de Argentina, incluyendo gas y electricidad (13) (14).

En la Figura 7 se observa la distribución de la producción de artefactos para ACS de uso residencial en Argentina para el año 2015. Se observa que los artefactos a gas constituyen un 79% del total (15).

⁸ Este tipo de análisis se denomina bottom-up “de abajo arriba” partes individuales se enlazan para formar componentes más grandes (auditorías de consumo de diferentes individuos se juntan para estimar el consumo promedio de la población).

⁹ OWL, W. E. M. Disponible en: <https://www.tlc-direct.co.uk/Products/OWOWLUSB.html>

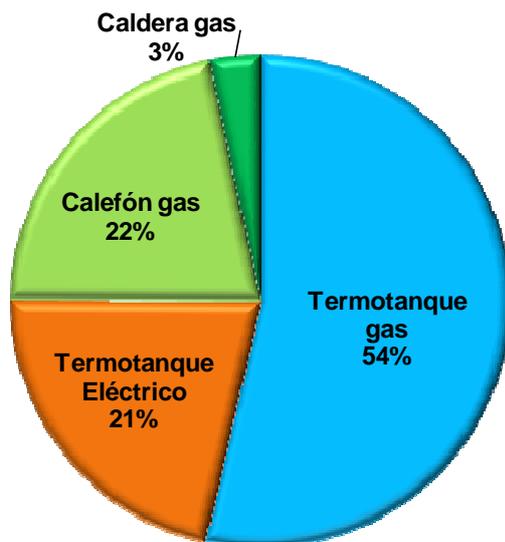


Figura 7. Distribución de la producción de equipos de ACS para uso residencial en Argentina, año 2015 (16).

En la Figura 8 se muestra la distribución de la producción de equipos de calentamiento de agua sanitaria en el sector residencial en Argentina desde el año 2000 hasta el 2017.

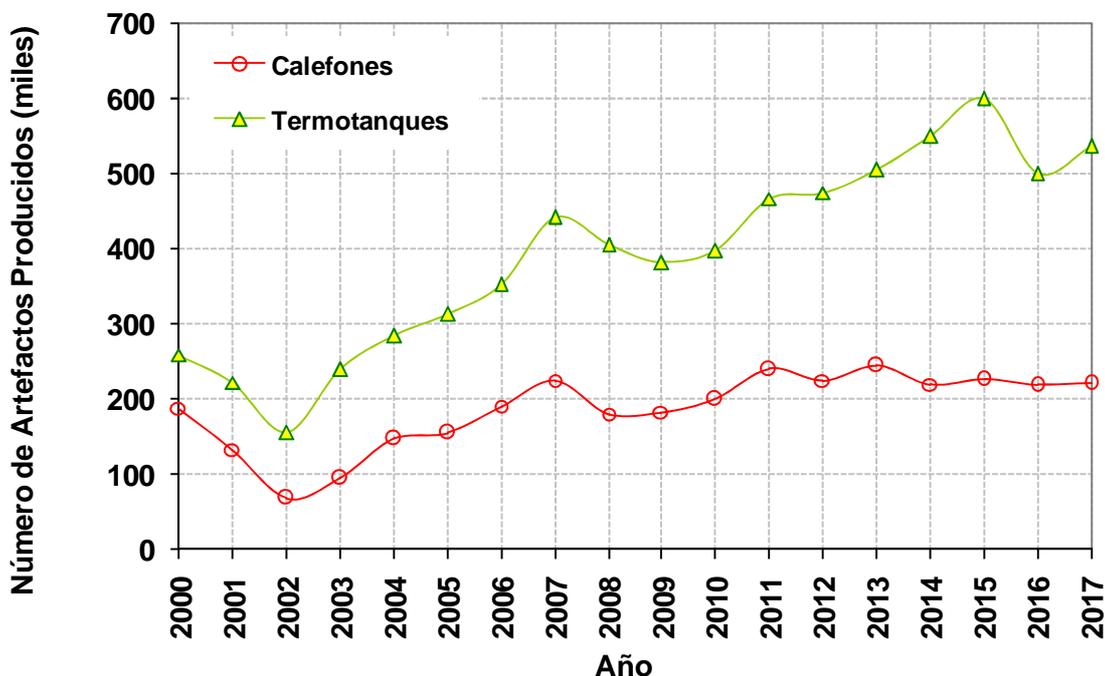


Figura 8. Número de Artefactos (termotanques y calefones) producidos en Argentina en el periodo 2000-2017 (16).

Los equipos mayoritariamente usados para ACS en Argentina funcionan a gas (78,5% del total). El consumo de energía nunca es ambientalmente neutro, los impactos ambientales deben disminuirse. Un UREE, además de reducir los impactos ambientales, permite acercar los beneficios del uso de la energía a más personas, en particular a los sectores de menores

recursos económicos y a los que viven en poblaciones dispersas, lejos de las redes de distribución. El UREE y el aprovechamiento de las energías renovables, son soluciones posibles a los desafíos energéticos actuales.

En este trabajo se discuten las opciones más eficientes disponibles en el mercado, tanto convencionales como haciendo uso de colectores solares térmicos, disponibles para ACS (16). El calentador solar de agua es un sistema que calienta agua solo con la energía proveniente del sol y sin consumir gas o electricidad. Consta de tres partes: El colector solar, que captura la energía del sol y la transfiere al agua. El tanque, donde se almacena el agua caliente y el sistema de tuberías, por donde circula el agua. Su funcionamiento es muy sencillo: El colector solar térmico se instala normalmente en el techo de la casa y se orienta de manera que queda expuesto a la radiación del sol todo el día. Se coloca con cierta inclinación con el fin de lograr la mayor captación posible de la radiación solar del lugar en el que queda instalado. Está formado por aletas captadoras conectadas a tubos por donde circula el agua.

Los colectores solares térmicos son una opción muy atractiva, sin embargo, no son una opción que esté siempre disponible en conglomerados urbanos de alta densidad y además están sujetos a fluctuaciones de suministro, en particular en días de poca radiación solar y también según las épocas del año. En la Figura 9 se observan sistemas de circulación natural para la provisión de ACS.



Figura 9. Energía solar térmica: Colectores solares que sumados a tanques constituyen sistemas de circulación natural para la provisión de ACS de uso familiar¹⁰.

Estos sistemas requieren equipos de apoyo que usan energía convencional para ACS, a estos sistemas combinados se los denomina sistemas híbridos.

En este trabajo también se analizan los costos de los equipos más eficientes, los desafíos que implican su buen uso y las barreras que actualmente inhiben el desarrollo de la energía solar térmica en Argentina (18) (19), junto a algunas ideas que permitirían superarlas.

El tema de esta investigación se inscribe en el contexto del uso de la energía solar térmica domiciliaria con apoyo de un artefacto a gas (calefón, caldera o termotanque). Dichos artefactos serán descritos y analizados con respecto al consumo de gas y rendimiento. Las propuestas que pudieran resultar de este trabajo serían aplicables en Argentina, para uso doméstico en la producción instantánea de ACS.

¹⁰ Dr. Ing. Navntoft, Christian, "Energía solar térmica de baja temperatura: situación actual a nivel regional y perspectivas de crecimiento en Argentina".

A. ESTUDIO DE POTENCIALES AHORROS DE ENERGÍA

El objetivo de este capítulo es calcular ahorros de energía mediante el uso de artefactos a gas o eléctricos más eficientes que los convencionales y su apoyo a sistemas híbridos.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: Estudio de los diferentes artefactos a gas o eléctricos que se comercializan en Argentina para evaluar qué ahorro de energía se puede obtener con el uso de cada uno de ellos. Cálculo de los potenciales ahorros de energía mediante los diferentes sistemas de apoyo a gas o eléctricos para el calentamiento de agua.

Es importante destacar que lo más importante a implementar son las buenas prácticas para un uso responsable de la energía¹¹, ya que es lo más simple y económico. Luego le sigue la eficiencia energética^{12,13} y finalmente el uso de energía renovable, que es más complejo de implementar y más costoso (por ejemplo, sistema solar térmico junto con un artefacto a gas o eléctrico, panel fotovoltaico con termotanque bomba de calor). Los sistemas híbridos son aptos en zonas con población dispersa o no, pero tienen mayor incidencia cuando la zona está lejos de las redes de gas, donde hay más sol y la energía puede ser más costosa (como el caso de los usuarios que utilizan garrafas en vez de gas de red).

A.1 - Artefactos convencionales

Artefactos a gas y eléctricos que se comercializan en Argentina. Evaluación de ahorro de energía.

En la actualidad hay en el mercado tres tipos de artefactos a gas que se utilizan para la obtención de ACS: calefones, termotanques y calderas. Se realizó un estudio sobre los potenciales ahorros de energía que podrían obtenerse mediante el uso de los mencionados artefactos a Gas Natural.

Además del uso de energía solar térmica en el calentamiento de agua, hay varias acciones complementarias que contribuirían significativamente a reducir y eficientizar los consumos de energía. Este problema fue analizado en varios trabajos previos (20) cuyas conclusiones pueden resumirse a través de un plan de cambio de artefactos de calentamiento de agua, calefones y termotanques, que incluye dos aspectos:

- Cambio de los equipos convencionales por los más eficientes en el mercado, es decir los equipos que tienen clase A en eficiencia energética, según las NAG implementadas por el ENARGAS.
- Incorporación de dispositivos economizadores de agua, que tienen gran difusión en Europa y EE.UU. y que reducen el consumo de agua entre 35% y 50%. El costo unitario de estos dispositivos es del orden de unos U\$S 25. Esta alternativa, es mucho más económica que el uso de sistemas híbridos, ya que esto último implica financiar equipos cuyo costo es del orden de los U\$S 1000, y quizás en algunos casos subsidiar a usuarios de bajos recursos.

En términos de ahorros, un equipo solar híbrido (solar-gas) puede reducir aproximadamente el 90% del consumo de energía en el calentamiento de agua. Si se supone

¹¹ Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía, <https://www.argentina.gob.ar/energia/guia-uso-responsable>

¹² ENARGAS, Eficiencia energética, <https://www.enargas.gob.ar/secciones/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica.php>

¹³ Topten Argentina, <https://toptenargentina.org/>

que el equipo de apoyo al sistema híbrido es un calefón modulante sin piloto, el consumo dedicado a calentamiento de agua se reduce en promedio de 1,15 m³/día a 0,21 m³/día.

Por otro lado, si se reemplaza un calefón o termotanque tradicional, por un equipo de alta eficiencia, clase A, el ahorro medio puede ser de 0,6 a 0,8 m³/día (cálculo que se verá en el punto A.3 - Sistemas híbridos). Si además se reduce el consumo de agua en un 25% por medio de aireadores en los grifos y duchas con reductores de flujo, el ahorro medio por usuario sería de un 0,75 m³/día, o sea un ahorro del orden del 50% en ACS. Como se ve, es un ahorro muy importante en el consumo de ACS.

Calefón a gas

El calefón es un aparato de calentamiento de agua “instantánea”. El agua circula por un serpentín calentado directamente por la llama. Los sistemas de calentamiento instantáneos calientan el agua en el momento en que es necesario usarla.

En este punto se analiza el procedimiento de estimación del rendimiento de calefones que tiene en cuenta el impacto de los consumos pasivos, producidos por los pilotos. Los consumos pasivos, son aquellos consumos de energía que se producen en los equipos cuando estos no están operativos, y sirven para que se enciendan más rápidamente o en forma automática. Los pilotos de los calefones son un ejemplo de consumo pasivo.

El calefón es un artefacto cuyo calentamiento del agua está directamente relacionado con el caudal de paso. Es un aparato de producción instantánea de agua caliente para uso doméstico provisto de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos.

El quemador de encendido (piloto) es aquel destinado a encender un quemador principal. Varios estudios indican que los consumos de gas de los pilotos equivalen a una fracción considerable del consumo total del calefón, rondando del 25% al 30% del total (21), (22). Varias estimaciones indican que los ahorros que pueden lograrse con equipos que eliminen estos consumos pasivos, son muy significativos y comparables con la mitad de los volúmenes de gas que actualmente la República Argentina importa de Bolivia (22). Asimismo, la disminución de las emisiones de GEI sería muy significativa.

Para determinar el consumo de los pilotos, se conecta el calefón con el piloto encendido a un caudalímetro de gas y se registra su consumo en función del tiempo. Los resultados para un calefón típico se ilustran en la Figura 10.

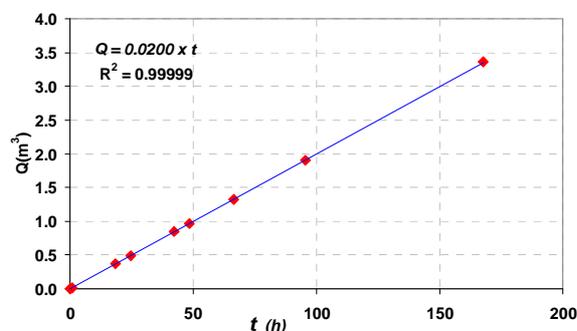


Figura 10. Consumo de gas (m³) de un piloto típico.

Los consumos obtenidos son consistentes con un valor de 0,5 m³/día de gas natural por piloto o bien de unos 200 W.

El calefón modulante es un artefacto con selector o corrector manual de la temperatura del agua.



Figura 11. Ejemplo de calefón modulante con selector de temperatura.

El etiquetado de eficiencia energética se hizo obligatorio en los calefones que se certificaron a partir del 1 de enero del 2013 mediante la Resolución I-2132 del 20 de abril de 2012, (23). La etiqueta se clasifica a través de un sistema comparativo compuesto de cinco clases de valores de eficiencia identificadas mediante las letras A, B, C, D, E y F donde la letra A corresponde a los calefones más eficientes y la letra F a los menos eficientes (ver Tabla 1).

Calefón a gas	
Clase de eficiencia energética	η_g (%)
A	$\eta_g \geq 80$
B	$74 \leq \eta_g < 80$
C	$68 \leq \eta_g < 74$
D	$62 \leq \eta_g < 68$
E	$56 \leq \eta_g < 62$
F	$54 \leq \eta_g < 56$

Tabla 1. Clases de eficiencia energética de los calefones, NAG-313 (24)

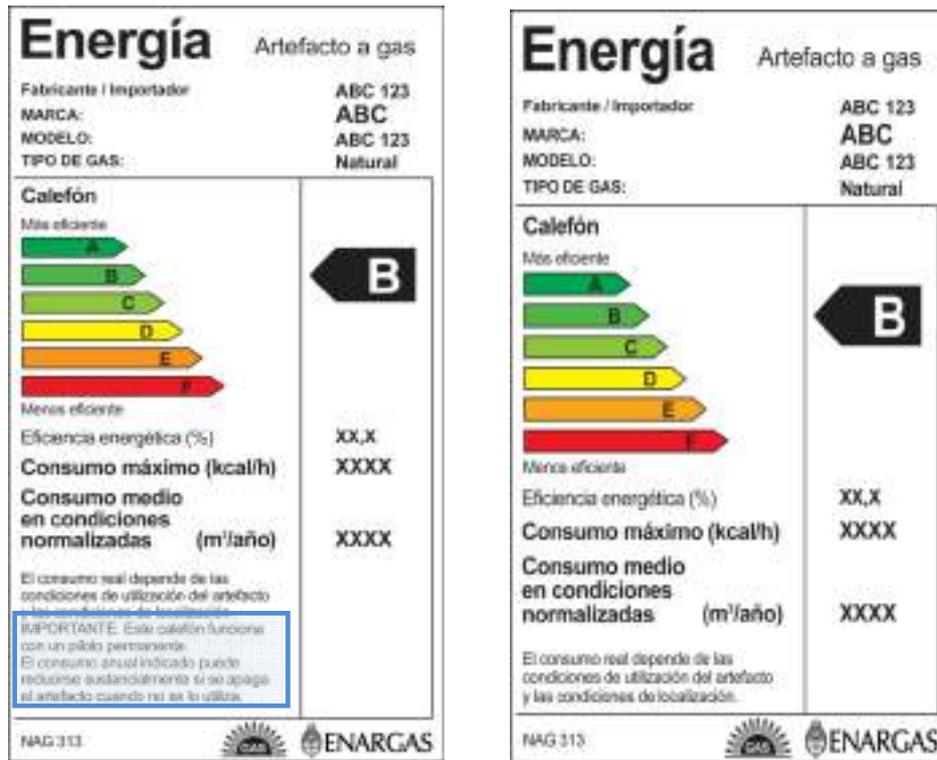


Figura 12. Izquierda, etiqueta para aparatos de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos (calefones) con piloto permanente. Nótese que la parte inferior de la etiqueta presenta una leyenda donde indica la presencia del piloto. Derecha, etiqueta para artefacto, sin piloto permanente (24).

En la actualidad, Argentina cuenta con 65 modelos de calefones a gas natural (GN), 50 modelos a Gas Licuado de Petróleo (GLP) y 5 modelos que pueden ser utilizados tanto para GN como para GLP. Se puede observar en el gráfico de la izquierda de la Figura 13, que no hay modelos de calefón de clase de eficiencia energética B o C a gas natural. Predominan los modelos que se encuentran en las clases de eficiencia energética A y D.

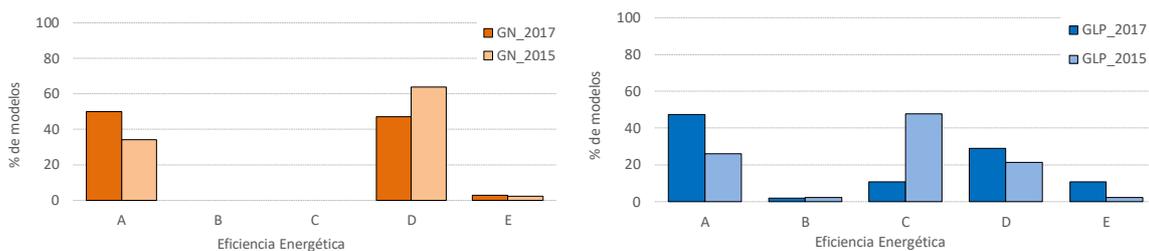


Figura 13. Porcentaje de modelos de calefones por clase de eficiencia energética para el año 2015 y 2017. Izquierda, calefones a Gas Natural (GN) y derecha calefones a Gas Licuado de Petróleo (GLP).

En la Figura 13 se puede observar que hubo un desplazamiento a modelos más eficientes desde el año 2015 al 2017.

Termotanque a gas

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

La eficiencia de un equipo es el cociente entre la energía útil que el artefacto brinda y la energía total utilizada para su funcionamiento. La energía utilizada para su mantenimiento incluye tanto la energía que usa el quemador para mantener el agua caliente como la llama piloto. En la Figura 14 se ilustra un termotanque típico.

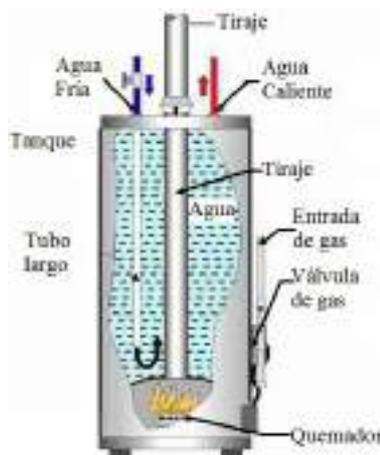


Figura 14. Esquema de un termotanque a gas de acumulación de agua.

Mediante la Resolución I-4529 del 29 de junio de 2017 (25) se adelantó para el 31 de diciembre de 2017 la implementación del etiquetado de eficiencia energética para algunos modelos de termotanques, el resto de los modelos según la Resolución I-3630 del 25 de enero de 2016 (26), se debían etiquetar para el 31 de diciembre del 2018.

La eficiencia energética comprende todas las acciones que conlleven a una reducción, económicamente viable, de la cantidad de energía que se requiere para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que demanda la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior.¹⁴

La etiqueta se califica a través de un sistema comparativo compuesto por cinco clases de valores de eficiencia identificadas mediante las letras A, B, C, D y E donde la letra A corresponde a los termotanques más eficientes y la letra E a los menos eficientes. Como se puede observar en la Figura 15, el rendimiento no figura en la Etiqueta de eficiencia energética, por lo tanto, sólo se ve representado por la letra que indica su clase.

¹⁴ CEMDA 2017. (Centro Mexicano de Derecho ambiental). Marco jurídico de las energías renovables en México. http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2016/06/Marco-jur%C3%ADdico-de-las-energ%C3%ADas-renovables-en-M%C3%A9xico.final_.pdf



Termostanque a gas	
Clase de eficiencia energética	Rendimiento, η_{EE} (%)
A	$\eta_{EE} \geq 58$
B	$54 \leq \eta_{EE} < 58$
C	$50 \leq \eta_{EE} < 54$
D	$46 \leq \eta_{EE} < 50$
E	$\eta_{EE} < 46$

Figura 15. Izquierda etiqueta de Eficiencia Energética del termostanque, derecha clase de eficiencia energética de los termostanques. NAG-314 (27).

Caldera a gas

Una caldera es un artefacto en el que se calienta generalmente agua por medio de un combustible, o resistencia eléctrica, que luego se distribuye por medio de tuberías. Estas calderas pueden proveer ACS a toda la casa. En algunos casos, también pueden climatizar el hogar, por lo que se denominan “de doble servicio”. También hay en el mercado calderas combinadas con un calentador. Normalmente, al funcionar como calefacción, calientan el intercambiador descrito antes para el agua de la calefacción (en invierno). Cuando se abre un grifo de agua caliente, se mueve una válvula de tres vías, conectando con otro circuito en paralelo al de calefacción, y se trasfiere el calor producido a otro intercambiador, donde se calienta el agua circulante. En verano, al accionar la válvula de tres vías, además se pondrá en marcha la bomba de recirculación del sistema de calefacción, para abrir la válvula del gas, recirculando por el intercambiador de calentamiento del ACS y no por el circuito de calefacción. En los aparatos más perfeccionados, simultáneamente cambia la potencia de la llama, puesto que para la calefacción no hace falta, normalmente, más que una potencia de unos 10-12 kW, mientras que, como se ha visto, para el ACS hacen falta por encima de 20 kW¹⁵.

En la Figura 16 se observa el interior de una caldera.

¹⁵ Calentador de agua circulante, https://es.wikipedia.org/wiki/Calentador_de_agua_circulante

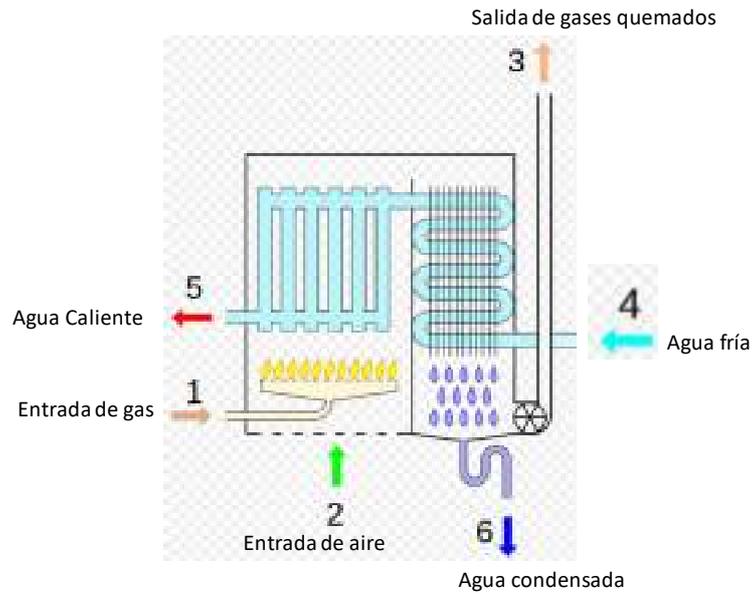


Figura 16. Esquema de caldera de condensación.

Existen dos tipos de calderas según el tipo de combustión:

Calderas de tiro natural: Estas calderas cuentan con un circuito que toma el aire necesario para la combustión del propio local donde está instalada y expulsa los gases al exterior por un tubo de evacuación que aprovecha el efecto chimenea (tiro natural). Por motivos de seguridad, es muy importante que estas calderas cuenten con el tiro de chimenea, para que el humo no pueda retroceder hacia la caldera y al interior de la vivienda. En este caso, la caldera se enciende directamente y por lo tanto, se consigue un ahorro de consumo energético.

Calderas de tiro forzado: En este tipo de calderas la combustión también se realiza con el aire del ambiente en el cual la caldera está instalada, pero los gases que se producen en la combustión son expulsados al exterior por medio de un ventilador, por lo cual reciben el nombre de “tiro forzado”. Dichos gases se expulsan al exterior por medio de un conducto especialmente instalado a tal fin.



Figura 17. Izquierda caldera de tiro forzado, derecha caldera de tiro natural.

El rendimiento térmico no será inferior al 70% (28). En la actualidad existen calderas con un 90% de eficiencia (29).

La producción de ACS consiste en calentar el agua fría que entra en la caldera antes de ser utilizada para usos sanitarios a través de grifos o duchas.

Existen dos formas de producir agua caliente en una caldera: de forma instantánea en el caso de las calderas murales o calentadores instantáneos; o por acumulación, como ocurre en las calderas con acumulador incorporado o exterior.

Producción instantánea de ACS:

Este tipo de producción da nombre a los propios equipos utilizados para ello: las calderas instantáneas, cuyo funcionamiento se basa en calentar el agua fría a medida que surge la demanda de agua caliente, es decir, mientras no se requiera agua caliente no habrá consumo de combustible.

Estas calderas son recomendables para viviendas unifamiliares, en las que muy pocas veces coincidirán más de una ducha o grifo a la vez. En este caso, una caldera de 25, 32 o 35 kW de potencia, será más que suficiente para cubrir las necesidades.

Si la vivienda requiere una caldera de mayor potencia es preferible añadir un acumulador de agua caliente adicional que cubra la demanda puntual, o sea instalar una caldera con acumulador incorporado o exterior.

Producción de ACS por acumulación:

Cuando la caldera tiene que cubrir una demanda de agua caliente simultánea superior a la que puede producir, se necesitará un acumulador. Dependiendo de las necesidades de ACS, se optará por una caldera con acumulación integrada en la misma, o se instalará un depósito de agua caliente externo a la caldera de una capacidad acorde con la demanda.

La norma que se refiere a calderas a gas, NAG-311, en este momento se encuentra en actualización y las calderas no cuentan actualmente en el mercado con etiqueta de eficiencia energética.

Termotanque eléctrico

En caso de seleccionar como artefacto un termotanque eléctrico, es fundamental que el mismo tenga un bajo consumo pasivo, equivalente a un termotanque etiqueta A según la Norma IRAM 62.410 “Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico”. Asimismo, es interesante y oportuno mencionar que algunos fabricantes argentinos ya cuentan con modelos de termotanques eléctricos A, que registran la temperatura de la parte superior del tanque, de modo que solo mantienen caliente una pequeña reserva de agua caliente, a menos que el usuario elija otro modo de operación. Dicho sistema inteligente reduce los consumos pasivos.

En muchos lugares el gas natural o GLP no es fácilmente accesible, pero sí lo es la electricidad, como ocurre en muchas localidades en particular en las regiones del NEA (región Noreste Argentino), por esta razón puede ser más conveniente usar la electricidad para proveer la energía necesaria para calentar agua.

La etiqueta se califica a través de un sistema comparativo compuesto por cinco clases de valores de eficiencia identificadas mediante las letras A, B, C, D y E donde la letra A corresponde a los termotanques más eficientes y la letra E a los menos eficientes, ver Figura 18.



Termotanque eléctrico	
Clase de eficiencia energética	Eficiencia energética, EE (%)
A	EE > 83
B	83 ≥ EE > 74
C	74 ≥ EE > 65
D	62 ≥ EE ≥ 56
E	EE < 56

Figura 18. Izquierda etiqueta de Eficiencia Energética de termotanques eléctricos, derecha clase de eficiencia energética de los termotanques eléctricos, IRAM 62410:2012 “Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos. Acumulación, para uso doméstico”.

La Disposición 172 - E/2016¹⁶, establece que los fabricantes nacionales e importadores de calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico, deberán hacer certificar el cumplimiento de la Norma IRAM 62.410:2012 - Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico, o de aquella que la reemplace, mediante una certificación de producto por Marca de Conformidad, otorgada por un Organismo de Certificación reconocido por la Dirección Nacional de Comercio Interior de la Subsecretaría de Comercio Interior de la Secretaría de Comercio del Ministerio de Producción conforme se establece en la disposición, con la intervención de un Laboratorio de Ensayo también reconocido por la mencionada Dirección Nacional. Se exceptúa en la disposición los equipos con bomba de calor. La presente medida comenzó a regir a partir de su publicación en el Boletín Oficial.

Comparación entre sistemas

En la Figura 19 se compara la Eficiencia Energética de los artefactos a gas y electricidad, según clase de eficiencia energética:

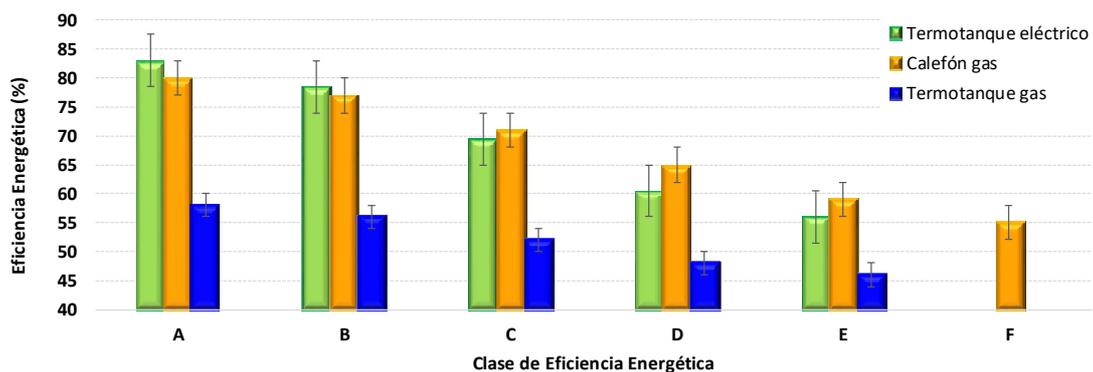


Figura 19. Eficiencia Energética de termotanques eléctricos (barras verdes, izquierdas), calefones a gas (barras amarillas, centrales) y termotanques a gas (barras azules, derechas), según norma vigente en Argentina.

Bomba de Calor

Las bombas de calor (heat pump) son conocidas por su utilidad en las instalaciones para aire acondicionado y eventualmente en calefacción. Es una máquina térmica que permite transferir energía en forma de calor de un ambiente a otro, según se requiera. Son los dispositivos de climatización más eficientes que existen en el mercado.

Este artefacto presenta su base en las propiedades de cambio de estado de un fluido refrigerante y la segunda Ley de la Termodinámica: *"el calor se dirige de manera espontánea*

¹⁶ MINISTERIO DE PRODUCCIÓN DIRECCIÓN NACIONAL DE COMERCIO INTERIOR, Disposición 172 - E/2016, <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/265000-269999/267379/norma.htm>

de un foco caliente a otro frío, y no al revés, hasta que sus temperaturas se igualan". Consiguen su elevada eficiencia, de hasta un 400%, gracias a que aprovechan las leyes de la física a su favor. Las bombas de calor absorben el calor de un sitio y lo transfieren a otro.

Para el caso de un termotanque eléctrico con bomba de calor, cuya capacidad de almacenamiento de agua puede ser de 190 litros (capacidad para 4 personas), por cada 1kW de energía eléctrica consumida, el termotanque entrega 4kW para calentar el agua.

Tiene la particularidad de que no utiliza gas como combustible, evitando riesgos de explosión e intoxicación por inhalación de CO₂. Otra característica del artefacto es que eleva automáticamente la temperatura del agua una vez por semana a 70°C para eliminar bacterias.

Posee un display digital que permite configurar el equipo de una manera simple, de acuerdo a las necesidades del usuario. El rango de temperaturas de funcionamiento es de temperatura ambiente de hasta -20°C y calienta el agua hasta 70°C.

Por el sistema de funcionamiento, solamente se deben conectar las cañerías de agua y simplemente enchufar el equipo. No requiere ducto de ventilación.

El rendimiento de estos artefactos está determinado por el Coefficient Of Performance (COP)¹⁷, este coeficiente es térmico, esto es el coeficiente de operatividad de su bomba de calor. El COP es el porcentaje entre el calentamiento o enfriamiento proporcionado y la electricidad consumida. Los COP's mayores equivalen a menores costos operativos.

En las bombas de calor, la cantidad de calor que se puede bombear depende de la diferencia de temperatura entre las fuentes fría y caliente. Cuanto mayor sea esta diferencia, menor será el rendimiento de la máquina.

A continuación, se observa un modelo de termotanque con bomba de calor que está a la venta en Argentina.

¹⁷ Coefficient of performance, [https://es.wikipedia.org/wiki/COP_\(t%C3%A9rmico\)](https://es.wikipedia.org/wiki/COP_(t%C3%A9rmico)).



Figura 20. Ejemplo de bomba de calor actualmente en venta en Argentina¹⁸. Esquema del interior del aparato, con indicación de la entrada de aire, ubicación del evaporador y compresor.

Las bombas de calor para ACS son artefactos que evaporan y condensan un refrigerante en un circuito cerrado. Las bombas de calor para calentar el agua pasan calor del exterior al agua del depósito.

Habitualmente estos artefactos podrán calentar el agua hasta unos 65 °C, una temperatura que resulta suficiente para la utilización de ACS, ya que la temperatura del agua para ducharse no debería superar los 45 °C, y mucha gente se ducha con agua a temperaturas inferiores. El problema es que la velocidad para calentar el agua es bastante lenta, por lo tanto en caso de mucha demanda la capacidad de la bomba de calor puede ser insuficiente. Es por eso que algunos artefactos tienen una resistencia eléctrica que calienta el agua rápidamente en caso necesario. Las bombas de calor son utilizadas en Europa. Actualmente la adquisición de este tipo de artefacto en Argentina es más costoso que un artefacto convencional eléctrico o a gas.

Muchos factores influyen en la elección de un artefacto a gas o eléctrico, cada uno tiene sus ventajas y desventajas (ver Anexo I: Ventajas y desventajas de distintos artefactos para ACS).

¹⁸ Termotanque Heat Pump, <https://bgh.com.ar/producto/161/termotanque>

Potenciales ahorros

Para estudiar los potenciales ahorros de energía en la producción de ACS, es necesario estudiar el consumo de energía en este uso.

En la Figura 21 se muestra la variación del consumo de gas como función de la temperatura media diaria para la mayoría de las ciudades de Argentina, excepto la zona sur.¹⁹ (30)

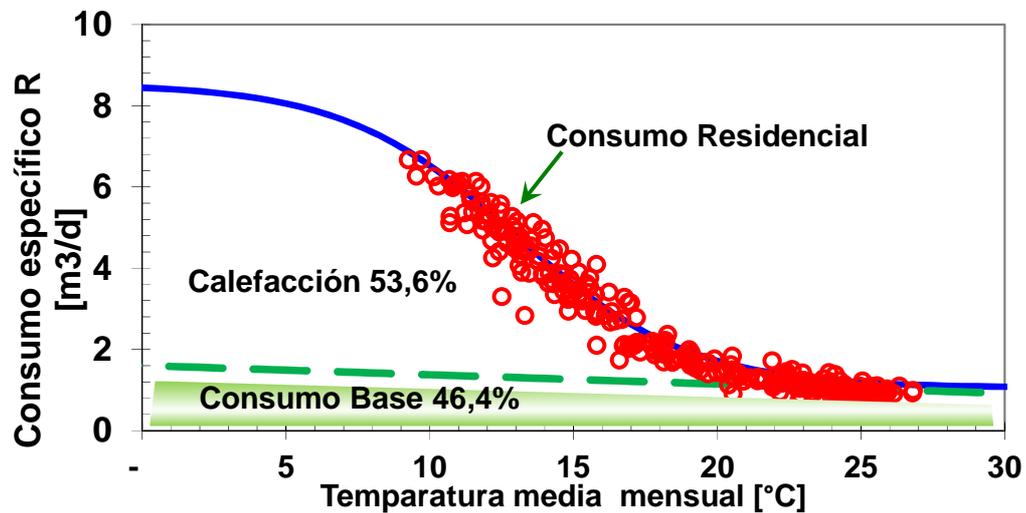


Figura 21. Variación de los consumos por usuario R (residencial, círculos rojos) expresados en m³/día como función de la temperatura media mensual. La recta punteada verde es una extrapolación²⁰ del consumo base. El área comprendida entre la recta verde y la curva azul indica el consumo asociado con la calefacción.

En temperatura ambiente superior a 20°C aproximadamente, el consumo de gas es casi constante, con una leve pendiente. Este consumo, denominado *base*, está asociado al calentamiento de agua y cocción que se registra cualquiera sea la temperatura ambiente. A medida que la temperatura desciende a partir de unos 18°C aproximadamente, los usuarios comienzan a encender la calefacción y el consumo de gas aumenta.

Un modo de estimar el *consumo base* de gas natural, consiste en suponer que éste coincide con el consumo residencial cuando la temperatura es superior a 20°C. La componente del consumo R asociada a la calefacción, se obtiene de la diferencia entre el consumo total y la línea de consumo base.

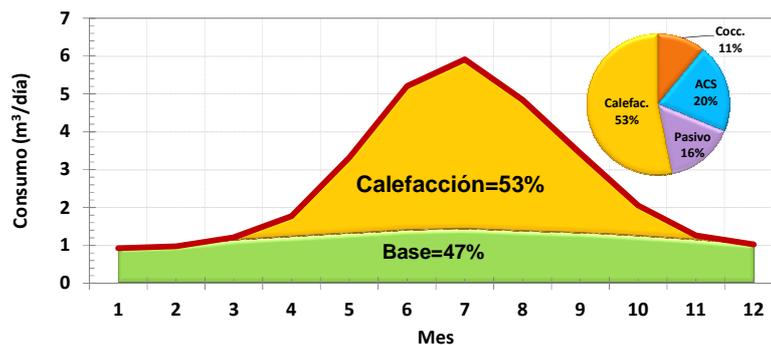
Por su parte, el *consumo base* determinado por los círculos rojos de la Figura 21 para $T > 20^{\circ}\text{C}$, está representado por la línea de trazos verde punteada, cuyo valor es de aproximadamente $(2,25 - 0,034 \cdot T(^{\circ}\text{C}))[\text{m}^3/\text{día}]$. La ecuación de esta recta implica que, si la temperatura ambiente desciende 10°C, se incrementa el consumo base de gas natural en unos 0,34 m³/día, equivalentes a 3162 kcal/día ($1\text{m}^3 \text{GN} \approx 9300 \text{kcal}$). Suponiendo una eficiencia promedio del 65%, se podría calentar una masa de agua de unos 206 l/día. Si suponemos que parte de esta energía se usa para cocción (aproximadamente la energía para calentar 20 l de agua), obtenemos una estimación de un consumo de 186 l/día de agua

¹⁹ En el sur de Argentina, existe un sobreconsumo, que va más allá de las bajas temperaturas, muy posiblemente asociado a los altos subsidios de la energía en esta región, que distorsiona el análisis de los consumos.

²⁰ Proceso de estimar más allá del intervalo de observación original, [https://es.wikipedia.org/wiki/Extrapolaci%C3%B3n_\(matem%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Extrapolaci%C3%B3n_(matem%C3%A1tica))

caliente por usuario (por hogar)²¹. El *consumo base* de gas por usuario²² es en promedio de 1,46 m³/día (Figura 21). La energía necesaria para llevar 186 litros de agua de 17 °C a 42 °C es de 4.625 kcal equivalente a 0,5 m³/día de gas natural. Se estudia dicho rango de temperatura porque se estima que en promedio la temperatura del agua sanitaria se encuentra a una temperatura ambiente de aprox. 17 °C (temperatura media ambiente de la zona central de Argentina). Dado que los caños de agua corriente están enterrados, esa temperatura (31) es un valor que se adopta en varias normas de equipos de calentamiento de agua de ENARGAS, NAG-313 y NAG-314 (8) y va a ser calentada mediante un artefacto hasta llegar a los 42 °C para ser utilizada como ACS. Por lo tanto, de los 0,65+0,5m³/día= 1,15 m³/día, el 56% de esta energía se pierde en ineficiencia del sistema y consumos pasivos.

Otra manera de separar estos dos consumos se observa en la parte superior de la Figura 22, donde se representa el consumo específico residencial como función de los meses del año. Los consumos de verano, meses de enero, febrero y diciembre, coinciden con el *consumo base*, que tiene una muy leve dependencia con la temperatura, representada por el área verde inferior de esta figura. Sustrayendo este consumo del total residencial, se obtiene el consumo de calefacción, representado por el área amarilla en la parte superior de la Figura 22.



Zona Centro-Norte		Consumo Medio
2004-2014		1154
	m ³ /día	m ³ /año
Calefacción	1,70	621
Cocción	0,31	113
ACS	0,65	237
Pasivo	0,50	183

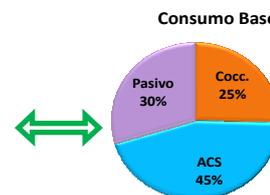


Figura 22. Arriba, variación del consumo específico medio diario de gas como función de los meses del año. Últimos 12 años para la región Norte Centro de Argentina. En el diagrama se ve la distribución del consumo. Abajo a la derecha, distribución del consumo base en el sector residencial en Argentina.

²¹ La pendiente *m* de la línea verde de trazo en la Figura 21, está asociada a la necesidad de aumentar el consumo de gas, a medida que la temperatura ambiente disminuye.

²² Un usuario se refiere a una vivienda conectada a la red, es decir, un usuario corresponde a un medidor. Estadísticamente un usuario corresponde a 3,3 personas.

Otro modo de caracterizar el *consumo base* consiste en analizar los consumos de gas en edificios con servicios centrales de calefacción y agua caliente. En este caso, los consumos de las viviendas son sólo consumo de cocción. El consumo en verano de estos consorcios de edificios es solo consumo de agua caliente. Prorrateando este consumo entre los departamentos, se obtiene el consumo de agua caliente. Dado que en general los edificios con estas características corresponden a familias en las cuales los gastos en energía no impactan demasiado en sus ingresos, su consumo específico de agua es superior al promedio.

Dado que en Argentina hay aproximadamente 8,3 millones de usuarios residenciales con servicio de gas natural por redes y aproximadamente unos 4,5 millones de usuarios de GLP, de los cuales se estima que unos 2,7 millones tiene servicio de agua caliente, podemos decir que unos 11 millones usuarios consumen ACS. Por lo tanto, su consumo equivale a $1,15\text{m}^3/\text{día}$ de gas x 11 millones de usuarios = 12,65 millones de $\text{m}^3/\text{día}$ de gas.

En la Tabla 2 se observa la estimación del consumo de gas natural residencial diario suponiendo un consumo de 186 litros de agua caliente por día, para distintos equipos a gas que están etiquetados [5]. El calor útil para calentar esta agua, es de $0,5 \text{ m}^3/\text{día}$, por lo tanto, en los artefactos estándares, la mayor parte del consumo son pérdidas e ineficiencias en los equipamientos usados. Nótese la magnitud de los ahorros que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local. Ahorros de 50% a 90% son totalmente posibles.

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

Tabla 2. Valores de rendimiento, E_{M24} ²³ y consumos diarios de GN, estimados.

Ver cálculos en Anexo II: EFICIENCIA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA y Anexo III: FUNCIONAMIENTO DE UN TERMOTANQUE.

A.2 - Energía Solar

Existen numerosos estudios de la potencialidad de la energía solar en Argentina, entre ellos es digno de mencionar, el "Atlas de Energía Solar de la República Argentina", elaborado por el Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar)²⁴ de la Universidad Nacional de Luján. En la Figura 23 se muestra la distribución espacial promedio, de la irradiación solar diaria sobre un plano horizontal, para dos meses del año.

²³ E_{M24} incluye la energía que usa el quemador para mantener el agua caliente y la llama piloto.

²⁴ Mapas de irradiación solar de la República Argentina, GERSolar, http://www.gersol.unlu.edu.ar/Atlas_Solar/mapas-rad-solar.html

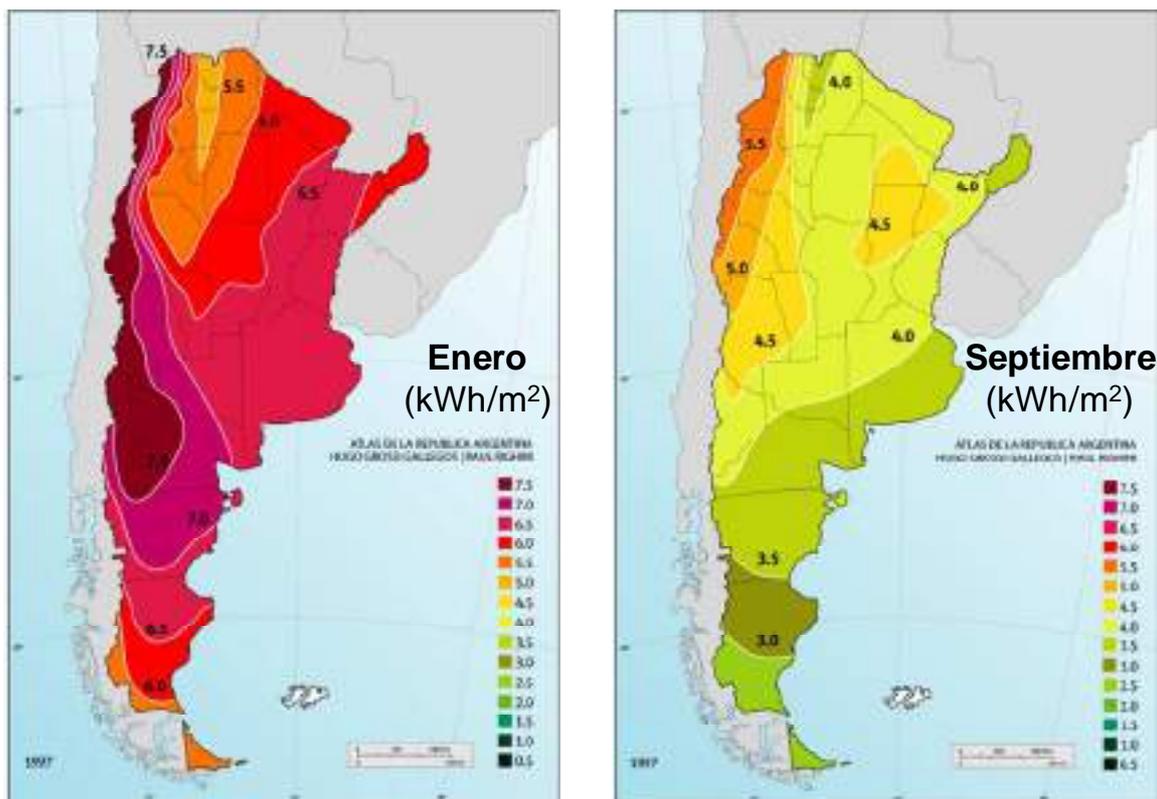


Figura 23. Distribución espacial promedio de la irradiación solar diaria sobre un plano horizontal para dos meses del año, enero y septiembre. Enero es representativo de los valores máximos de irradiación y setiembre de los valores medios.

Como se observa en la Figura 23, en casi todo el territorio argentino 4 kWh/m^2 es un valor representativo del promedio, aunque en el norte los valores de irradiación son considerablemente mayores.

Si se supone un panel solar plano es posible obtener una radiación media en Argentina de unos 4 kWh/m^2 . Este valor es una media para toda la región central y norte del país, donde se concentra más del 90% de la población. Con un colector solar de 3 m^2 de área, la energía solar que llegaría al mismo sería de unos 12 kWh por día ($1 \text{ m}^3 \text{ GN} \approx 10,814 \text{ kWh}$), equivalente a aproximadamente 1 m^3 de gas natural por día. En otras palabras, *en solo 3 m^2 , el sol aporta tanta energía como el gas requerido para calentar toda el agua sanitaria que usamos con un artefacto eficiente.* Esto sería estrictamente válido si la eficiencia del colector solar fuese 1 (100%). En general esto no es así, pero si la eficiencia fuese del orden del 70%, un incremento proporcional en el área del colector solar térmico podría compensar el efecto de una eficiencia no ideal.

La eficiencia de los sistemas híbridos puede estimarse mediante distintas aproximaciones. En el trabajo se optó por medirla, integrando la energía solar que llega al colector y el consumo energético del sistema híbrido (ya sea de gas o de electricidad). La medición simultánea de las temperaturas ambiente, del agua del colector, del agua de entrada y de salida, permitirán formular un modelo más realista que sea extrapolable a distintas zonas del país, alejadas del sitio en donde se realiza el experimento.

Si los colectores solares se asociarían con sistemas de apoyo eficientes, por ejemplo con calefones modulantes²⁵ a gas sin piloto, clase A, el consumo diario de gas utilizado para el calentamiento de agua de cada usuario, pasaría de un promedio actual de 1,15 m³/día a 0,25 m³/día, lo que equivale a un ahorro del 77%.

De impulsarse una producción masiva de estos equipos, su costo podría disminuir considerablemente. Para los usuarios de Gas Licuado de Petróleo (GLP) o gas envasado, la alternativa de cambio a un sistema solar híbrido es mucho más atractiva, ya que el GLP es más costoso que el gas natural.

Los equipos solares más adecuados para la Argentina son los de calentamiento indirecto, en los cuales el líquido caloportador circula en circuito cerrado por los captadores solares y el tanque de acumulación de agua caliente. La ventaja de esta tecnología es que este líquido no se congela a temperaturas inferiores a 0°C, como ocurre con el agua, ni produce el taponamiento en los colectores que generan las aguas duras. Estos dos aspectos son muy importantes de tener en cuenta en casi todo el territorio nacional.

A.3 - Sistemas híbridos

En los sistemas solares térmicos destinados al calentamiento de agua, para lograr ahorros importantes es necesario elegir adecuadamente los equipos de apoyo. En la Figura 24 se resumen los valores de consumo de distintos equipos de calentamiento de agua, convencionales y solares con apoyo. Como se ve en ese gráfico, un equipo solar térmico asociado a un termotanque E, tiene un consumo mayor que un calefón convencional a gas Clase A. Sin embargo, si a este sistema solar se lo combina con un calefón modulante, Clase A, el ahorro de energía es casi 90% respecto de los convencionales. La fracción, f_{solar} , también puede pensarse como la fracción de días al año en que el sol provee toda la energía para calentar el agua. Los consumos reales del gas natural empleado en ACS pueden variar entre 0,16 a 1,6 m³/día, en función de la tecnología empleada en el equipamiento utilizado. Por lo tanto, sin modificar los hábitos de consumo, se podría ahorrar casi un factor 10 en energía, mediante el reemplazo por alternativas más eficientes de equipos de ACS, ver Figura 24 y Tabla 2. La variación del consumo diario en ACS entre los distintos modos es muy notable, y está indicado en las barras de la Figura. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos si se utiliza como respaldo un calefón modulante sin piloto, clase A. Asimismo, un calefón clase A, consume menos que un sistema híbrido con termotanque de respaldo.

²⁵ Los calefones modulantes, son sistemas de calentamiento de agua sin tanque, que solo calientan el agua que se va a usar en ese momento, pero cuyo aporte calórico, se regula o gradúa según sea la temperatura de entrada del agua, para llevarla a una temperatura prefijada por el usuario, generalmente coincidente con la temperatura de confort, del orden de 42 °C. Varios fabricantes tanto nacionales como internacionales producen estos equipos.

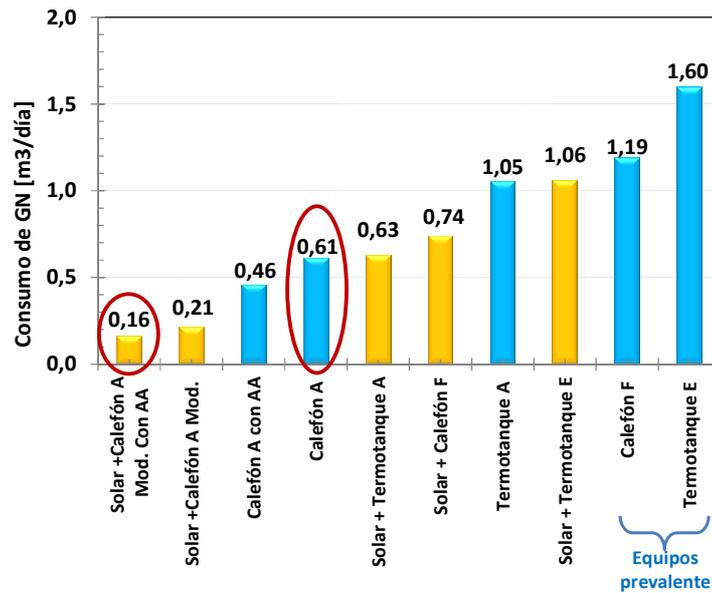


Figura 24. Consumos de gas natural (GN) para la obtención de ACS usando distintas tecnologías. AA representa “sistema de ahorro de agua”.

En la Tabla 3 se resumen los consumos de gas para calentar agua sanitaria en una familia de 3 a 4 personas en Argentina, suponiendo un consumo de ACS de 186 l/día a partir de una temperatura media de 17 °C, hasta la temperatura de confort de 42°C. Las diferentes columnas indican los valores de consumo de ACS discriminados por los distintos modos de realizar este proceso y se corresponden con lo ilustrado en la Figura 24. La abreviación AA representa “sistema de ahorro de agua”.

	Q_GN (m³/día)	Q_GLP (Kg/día)	Consumo relativo
Solar + Calefón Clase A Modulante con AA.	0,16	0,14	10%
Solar + Calefón Clase A Modulante.	0,21	0,18	13%
Calefón Clase A con AA.	0,46	0,39	29%
Calefón Clase A.	0,61	0,52	38%
Solar + Termotanque Clase A.	0,63	1,02	39%
Solar + Calefón Clase F.	0,74	0,91	46%
Termotanque Clase A.	1,05	0,90	66%
Solar + Termotanque Clase E.	1,06	0,76	66%
Calefón Clase F.	1,19	0,54	74%
Termotanque Clase E.	1,60	0,63	100%

Tabla 3. Consumos de gas por día para calentar agua en una familia típica de Argentina.

La última columna indica los consumos relativos, tomando como referencia el uso de un termotanque clase E, quizás los más prevalentes hasta el año 2015 en Argentina. Estos valores se obtuvieron de los requerimientos de eficiencia establecidos en las NAG de ENARGAS (32) y coincidentes con las estimaciones que realiza el Departamento de Energía de los EE.UU. Ver cálculos en Anexo IV: CONSUMO DE SISTEMAS HÍBRIDOS CON APOYO CONVENCIONAL para estos equipos. (33) Nótese la magnitud de los ahorros que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local.

Es preciso señalar que no cualquier calefón A puede usarse como sistema de apoyo a un colector solar, solo los diseñados específicamente para este fin y con llama modulante. Los calefones estándar no permiten el ingreso de agua caliente y trabajan a potencia fija. Además del uso de energía solar térmica en el calentamiento de agua y equipos de calentamiento más eficientes, hay varios modos de reducir y eficientizar nuestros consumos de energía en el calentamiento de agua sanitaria. En particular, con el uso de reguladores de flujos y aireadores en duchas y grifos (34) (35), dispositivos economizadores de agua que pueden ahorrar entre el 25% y 40% de agua usada en duchas y lavabos. Surge la necesidad de desarrollar normativas que promuevan el uso racional y eficiente del agua.

Se realizó un estudio teórico-experimental utilizando calentadores de agua híbridos comerciales, sol-gas y sol-electricidad, midiendo simultáneamente el consumo de energía para un mismo consumo de agua, de un equipo híbrido y un equipo convencional, a gas o electricidad (estos dos similares). Se registraron las temperaturas ambiente, del agua caliente, y la irradiancia solar del lugar, de manera de evaluar el ahorro de energía convencional como función de la irradiancia solar y la temperatura ambiente.

El arreglo experimental usado se muestra esquemáticamente en la Figura 25. Cada equipo híbrido, tiene asociado un termostanque convencional, eléctrico o a gas. A través de una llave mezcladora, de ambos equipos se demanda la misma cantidad de ACS a aproximadamente la misma temperatura, $T=42^{\circ}\text{C}$, con un esquema de consumo, mañana, mediodía y noche. En cada equipo se registran las temperaturas de entrada y salida del agua, como así también los consumos de gas y electricidad. Simultáneamente, se registra la irradiancia solar incidente sobre los paneles. De este modo es posible medir el ahorro de energía convencional, que con los equipos híbridos puede lograrse para distintas temperaturas ambientes y niveles de irradiación solar.

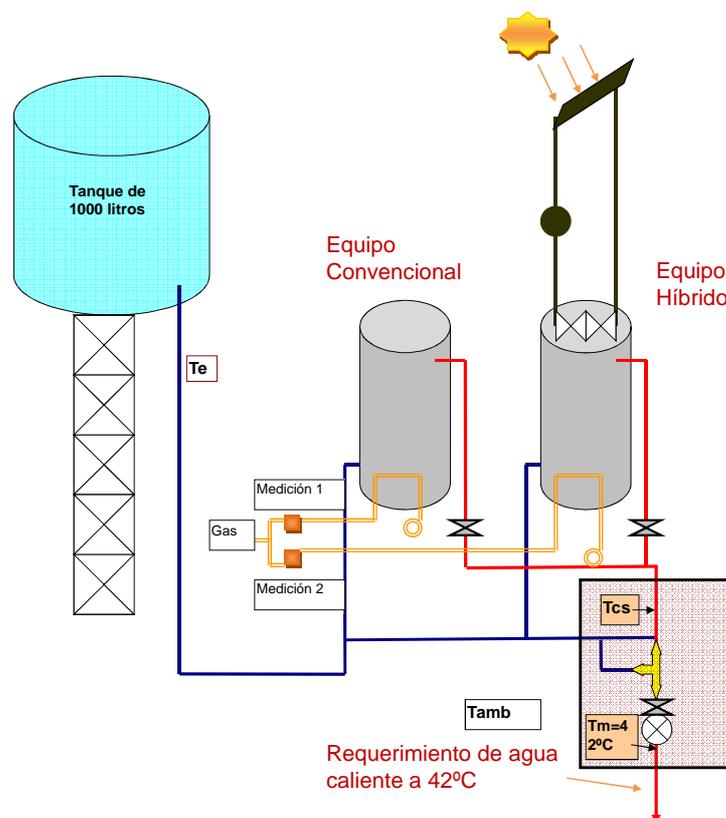


Figura 25. Esquema de ensayo. A cada equipo convencional (termotanque) y al correspondiente híbrido, se le requieren los mismos consumos de agua caliente diarios. Se registran los consumos de ambos y los datos de temperatura e irradiación solar diaria.

Con este esquema de ensayo, realizado en el predio de la Universidad Nacional de Luján, fue posible determinar los ahorros de energía convencional, gas o electricidad, como función de la temperatura ambiente y la irradiación solar.

En la Figura 26 se muestran los resultados obtenidos con el panel solar de la firma Orbis, para un requerimiento de agua diaria de 200 l/día.

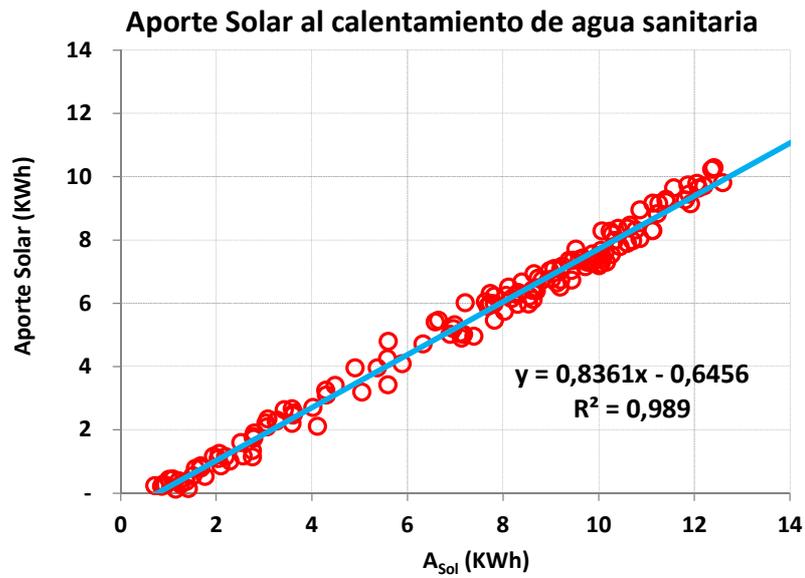


Figura 26. Aporte Solar al calentamiento de agua. Este aporte depende de la irradiación solar diaria y la temperatura media ambiente. El parámetro A_{Sol} , combina estas dos variables y permite predecir los ahorros de energía convencional en el calentamiento de agua en distintas regiones del país. Estos datos corresponden al colector solar de parrilla plano – ORBIS.

Otro tipo de sistema posible para obtener ACS es un panel fotovoltaico junto a un termotanque con bomba de calor, como se observa en Figura 27.

El sistema de agua caliente consiste en una bomba de calor (heat pump) que funciona mediante un panel solar fotovoltaico. El inversor transforma la corriente continua generada por el panel solar fotovoltaico en una tensión de salida de corriente alterna²⁶, para poder ser usada en instalaciones eléctricas. Asimismo puede usarse como soporte la energía de la red eléctrica.

Un ensayo realizado²⁷ por el INTI-energía y la UNSAM con un termotanque heat pump BGH de 280 litros dio como resultado un rendimiento/COP de $2,91 \pm 0,1$, una energía de mantenimiento de 24 horas de 1,554 kWh y una eficiencia de $2,09 \pm 0,1$. Si se considera un consumo de 180 litros de agua y un salto térmico de 25 °C, la bomba de calor consumiría unos 1.222,75 kWh/año.

²⁶ Inversor (electrónica), [https://es.wikipedia.org/wiki/Inversor_\(electr%C3%B3nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Inversor_(electr%C3%B3nica))

²⁷ P. Cozza, P. D. Romero, J. Fiora, S. Gil, "Ensayo de eficiencia de un termotanque BGH accionado por una bomba de calor".

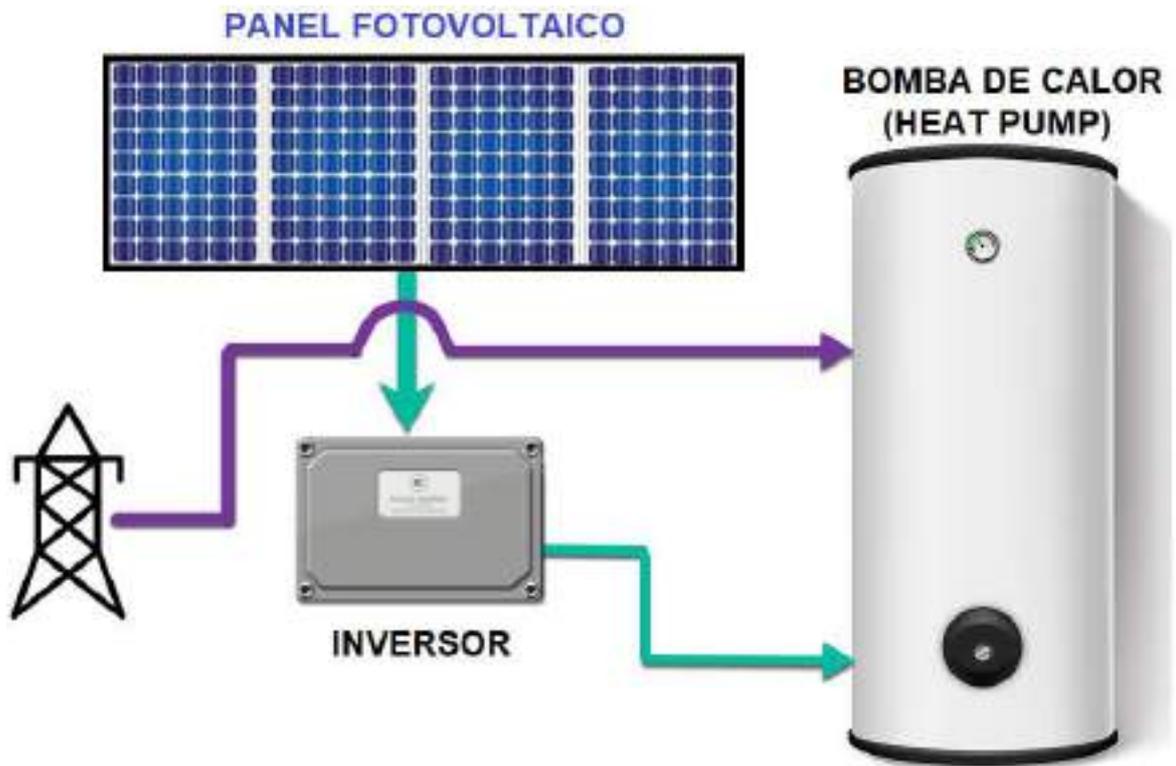


Figura 27. Panel fotovoltaico conectado a un inversor y este a su vez a un termotanque con bomba de calor.

B. ESTUDIO DE NORMATIVAS INTERNACIONALES

El objetivo de este capítulo es realizar un relevamiento de algunos países y regiones que cuentan con normativa sobre colectores solares para el calentamiento de agua o sistemas híbridos (colector solar + artefacto a gas), y evaluar la forma y el contenido de tales normas.

Para alcanzar el objetivo se realizaron las siguientes tareas: selección de algunos países o regiones que cuentan con normativas sobre colectores solares para el calentamiento de agua sanitaria o sistemas híbridos (colector solar + artefacto a gas), y que resultan relevantes para el presente estudio. Resumir y comentar la normativa identificada para cada uno de los países/regiones relevantes.

B.1 - Selección de países

Se han seleccionado algunos países que cuentan con normativas referidas a colectores solares térmicos para ACS o de sistemas híbridos (colector solar + artefacto a gas), y que resultan relevantes para el presente estudio: **México, España y Canadá.**

México

En lo que respecta a artefactos para la obtención de ACS mediante el uso de colectores solares térmicos, el mercado mexicano ha crecido lentamente en los comienzos, pero a pesar de no contar al principio con grandes estímulos, ha permanecido en su crecimiento en forma constante.

En el período 2000-2016, México ha aumentado notablemente el área de calentadores solares instalados, como se observa en la Figura 28.

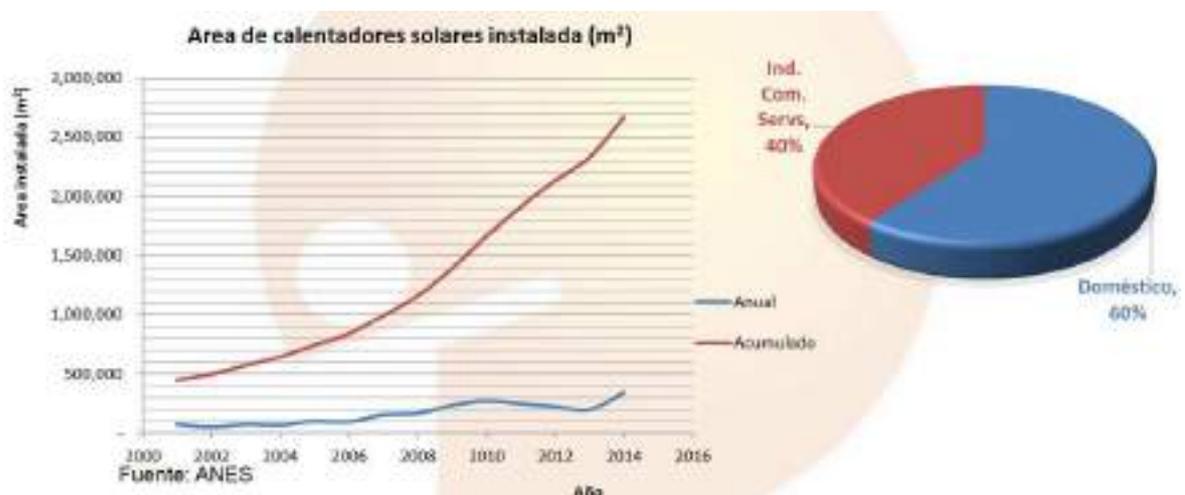


Figura 28. Crecimiento del mercado mexicano en el área de calentadores solares instalada (m²) (36).

A la izquierda de la Figura 28 se indica el área de calentadores solares instalados en México desde el año 2000 hasta el 2016 (cantidad de m² instalados). La línea inferior azul, indica los m² instalados en cada año y la línea superior roja, indica los m² acumulados. A la derecha se grafica el porcentaje de viviendas con calentadores solares ya instalados para uso residencial (o doméstico), lo que equivale al 60% del total de las instalaciones realizadas durante el período 2000-2016 (36).

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía de México ha realizado un estudio en las principales ciudades mexicanas sobre el ahorro mensual promedio de Gas Licuado de Petróleo, GLP, (kg/mes) para 2 m² de colector y tanque de 150 litros. El promedio oscila entre 17 y 30 kg/mes. Conjuntamente, y de acuerdo a la situación del mercado, se ha organizado un Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (ProCalSol)²⁸ en renovación.

El programa de Hipoteca Verde (viviendas ecológicas), consiste en otorgar un monto adicional al crédito Infonavit para la vivienda, a fin de que el comprador cuente con una vivienda con ecotecnologías.

En la Figura 29 se observan momentos de cursos de capacitación para diseñadores.



Figura 29. Capacitación a diseñadores, clases en grupos y talleres (36).

En México, en base a la normativa vigente, se organizan cursos en los cuales se ven, entre otros temas, ejemplos de buena y mala localización de colectores solares, tal como se observa en la Figura 30.



²⁸ <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/antecedentes-calentamiento-solar-de-agua>



Figura 30. Arriba, buena instalación del colector solar. Abajo, mala localización de dos colectores solares, por deficiencias técnicas según normativa de México (el panel tiene sectores de sombra que impiden la captación de rayos solares directos) (36).

La Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, Baja California México, ha calculado el porcentaje de agua utilizada para diversos usos residenciales. En la Figura 31 se observan las actividades realizadas en las viviendas y se puede calcular el porcentaje aproximado de ACS consumida.



Figura 31. Formas de consumo de agua en diversas actividades hogareñas en México. Fuente: PROFECO (Proveeduría Federal del Consumidor, México).²⁹

Si bien las cifras indicadas en la Figura 31 son sólo una referencia, surge de la Figura que el ACS es utilizada aproximadamente en un 40% (ducha, algunos lavados de ropa y lavado de vajilla con agua caliente). Determinar el volumen de ACS utilizada en un hogar no es fácil, ya que cada familia tiene sus propios hábitos y frecuencia de uso.

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONEUEE)³⁰, perteneciente a la Secretaría de Energía de México informó que "...la radiación solar que llega a la tierra es 10.000 veces mayor a la demanda mundial de energía primaria (contenida en petróleo, gas y

²⁹ https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2016/bol325_calentadores_solares.asp
Beadé Ruelas, Alma y García Soto, Carlos Enrique. México, 14-3-16.

³⁰ <https://www.gob.mx/conuee>

carbón, entre otros). Esto justifica tomar todas las medidas necesarias a fin de utilizar esa energía que la naturaleza ofrece al hombre en tal cantidad”.

En la Figura 32 se observa que México ocupa un lugar entre los 20 mercados termales solares más grandes del mundo³¹. Las estimaciones se basaron en datos del año 2016 de Australia, Austria, Brasil, China, Alemania, Israel, México, Turquía y los Estados Unidos, que en conjunto representaron el 76% de la capacidad instalada acumulada en operación en 2015.

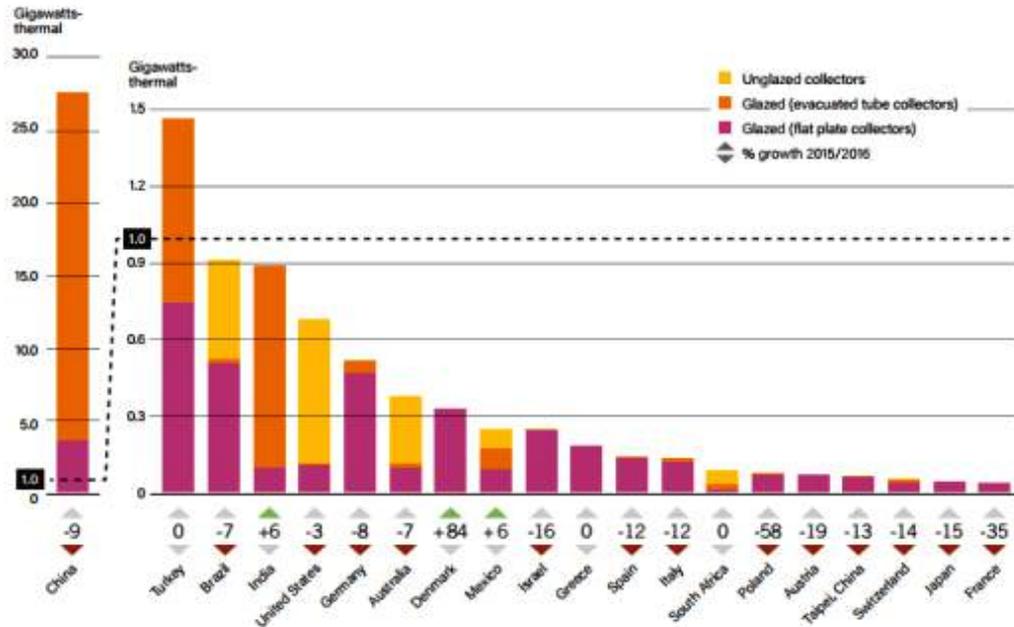


Figura 32. México está ubicado entre los 20 mercados más grandes del mundo. Las cifras indican las adiciones de colectores solares para calentamiento de agua, año 2016 respecto al 2015.

El informe del estado global muestra cómo se desarrollaron los 20 mercados termosolares más grandes del mundo en 2016. Se observó un crecimiento significativo en cuanto a la instalación de colectores solares en tres países: Dinamarca (84%), México y la India (6% cada uno), y es digno de mencionar que en el resto de los países no se amplió la cantidad de colectores solares ya instalados.

España

España es el cuarto país europeo en el aprovechamiento de la energía solar térmica, con un 6% del total del mercado europeo, con más de 20 años de experiencia. El desarrollo de la energía solar en España ha llevado un ritmo desigual a lo largo de las últimas décadas. Los primeros pasos al respecto se dieron a fines de los años 70 y comienzos de los 80. Surgieron un gran número de empresas para fabricación de captadores solares, que no contaban en todos los casos con garantías técnicas de calidad y fiabilidad de los equipos. Así, algunas instalaciones no dieron los resultados esperados y creció la sensación de que la energía solar térmica ofrecía baja durabilidad, mal rendimiento y problemas para el usuario. En el primer periodo se produjo un estancamiento del mercado. Entre los años 1985 a 1995 las entidades relacionadas con las instalaciones solares se afianzaron y la demanda se estabilizó, con avances significativos en los aspectos de calidad y garantías ofrecidos, tanto por los

³¹ Solar Heat Worldwide 2017 Edition, SHC Solar Heating & Cooling Programme International Energy Agency. Institute for Sustainable Technologies, Gleisdorf, Austria.

En la Figura 34, se observan dos tipos de sistemas de colectores solares para la obtención de ACS: pequeños, y medianos/grandes, (con uno o dos tanques).

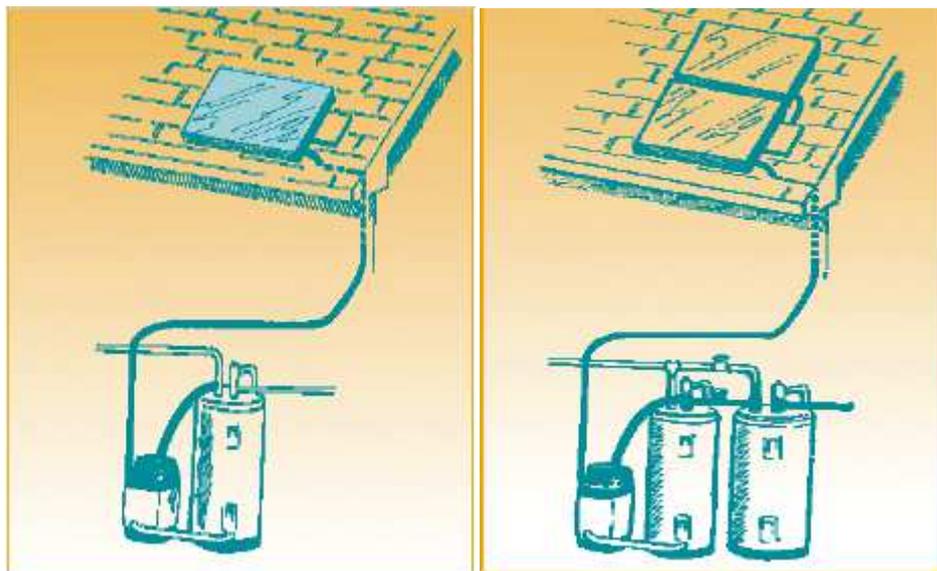


Figura 34. Izquierda, sistema pequeño. Derecha, sistema mediano o grande.

En la Figura 35 y Figura 36 se observa la importancia que tiene la correcta ubicación de un colector solar, en particular en el invierno canadiense, con indicación de la distancia con respecto a las viviendas, el ángulo y la orientación con que es conveniente instalarlo.

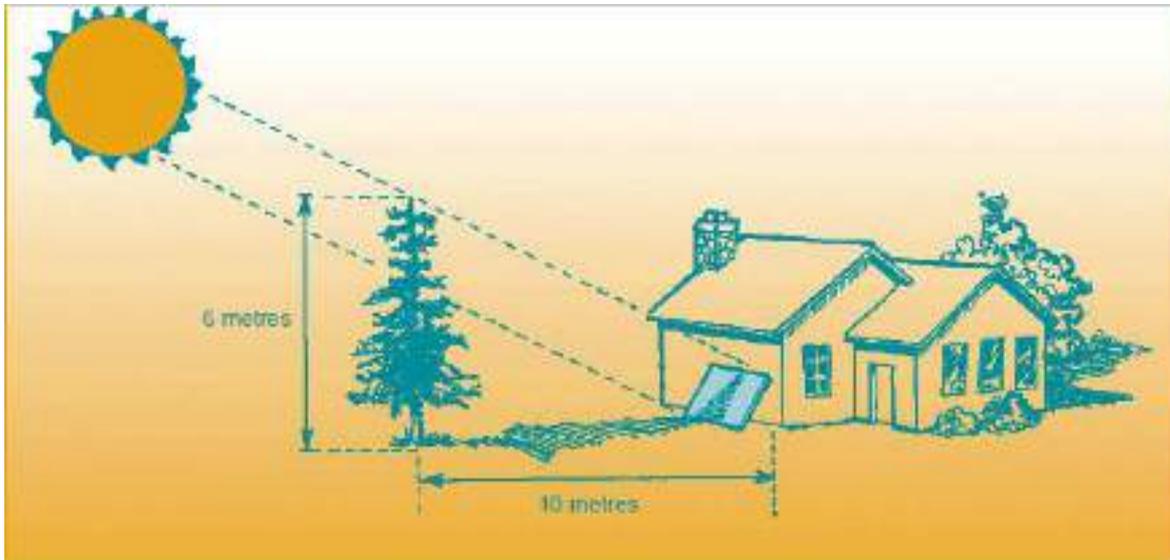


Figura 35. El sol es mucho más bajo en el invierno que en el verano. Por lo tanto, un árbol o edificio de seis metros puede dar sombra a un colector montado en el fondo o en un techo de una vivienda, incluso a una distancia de 10 metros.

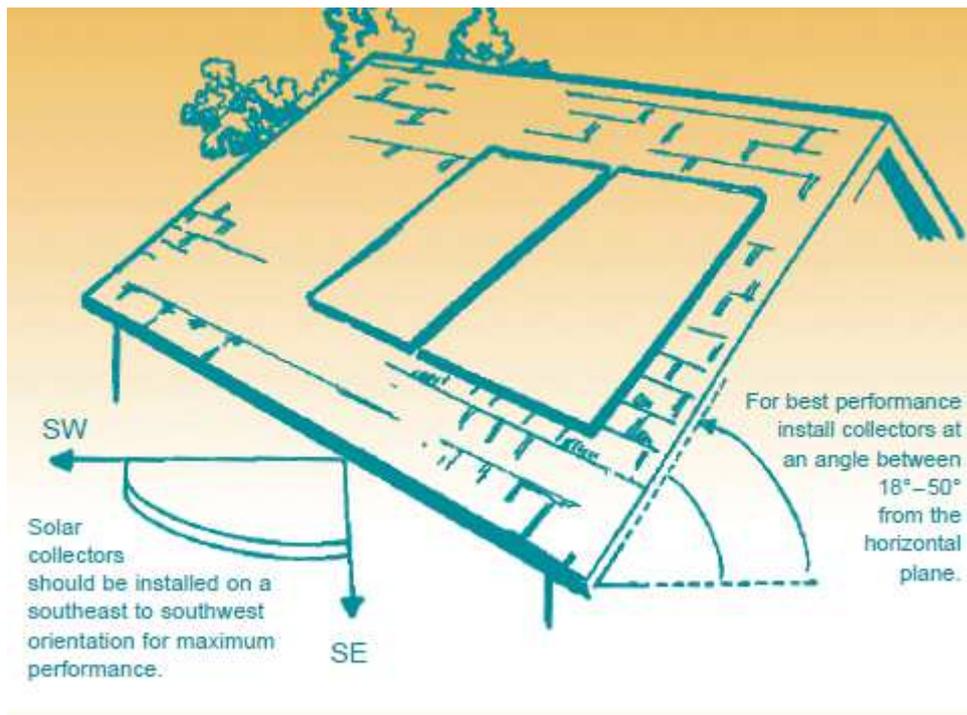


Figura 36. Se observa que para un mejor rendimiento, los colectores deben instalarse en un ángulo entre 18° y 50° desde el plano horizontal. Para obtener el máximo rendimiento, los colectores solares deben instalarse en una orientación sureste a suroeste.

En Canadá, hay zonas muy frías, por lo cual es fundamental el conocimiento sobre la correcta instalación de los sistemas de colectores solares para calentamiento de agua.

B.2 - Identificación de normas

En el ítem B.1 se ha indicado que México, España y Canadá, fueron los países seleccionados para este trabajo, por haberse identificado en ellos una serie de normas y avances sobre colectores solares para la obtención de ACS o sistemas híbridos, que resultaron relevantes para el presente estudio. Dicha normativa se analizó y se volcó en tablas una síntesis de los detalles de mayor interés.

En la Tabla 4 se detallan algunas normas vigentes en México:

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
México	NMX-ES-001-NORMEX 2005 ³⁴ "Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua. Métodos de	Vigencia 14-10-05	Norma elaborada para: - Disminuir el consumo de combustibles fósiles y su emisión de contaminantes, utilizando la radiación solar como fuente alterna de energía primaria, para calentamiento de agua de

³⁴ <http://www.sitiosolar.com/NMX-ES-001-NORMEX%20-%202005.pdf>

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
México	Prueba y Etiquetado”.		uso sanitario. - Establecer métodos de prueba para determinar el rendimiento térmico y características de funcionalidad de colectores solares.
	NMX-ES-002-NORMEX 2007 “Definiciones y Terminología”.	En vigencia.	Expone las definiciones de términos utilizados en el área de energía solar, para calentamiento de agua sanitaria.
	NMX-ES-003-NORMEX 2007 “Requerimientos mínimos para la Instalación de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua”.	Se realizó consulta pública.	Indica los requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua.
	NMX-ES-004-NORMEX 2007 “Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua. Método de prueba”.	Método de prueba.	Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua.
	NADF-008-AMBT-2005 “Norma Ambiental del Gobierno del Distrito Federal”.	Norma Ambiental del Gobierno del Distrito Federal.	Establece especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías.
A cubrir como mínimo el 30% del Consumo Energético Anual por utilización de agua caliente, mediante el aprovechamiento de la energía solar.			

Tabla 4. Normativas mexicanas relacionadas con la utilización de energía solar térmica y producción de ACS.

En el ANEXO V: NORMATIVAS INTERNACIONALES, página 106 ver ampliación.

En la Tabla 5 se detallan algunas normas vigentes en España:

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
España	<p>UNE-ISO 94041-1</p> <p>“Sistemas domésticos de apoyo de consumo calorífico”.</p>	<p>Octubre de 2010.</p> <p>Instalaciones de apoyo a la energía solar térmica.</p> <p>Presenta las condiciones generales de ensayo, procedimiento de clasificación e información.</p>	<p>Se analizan los requisitos aplicables a los sistemas de apoyo de las instalaciones de energía solar térmica para producción de ACS.</p> <p>Se aplica a los sistemas de apoyo de producción de ACS que utilizan combustibles líquidos y gaseosos con un consumo calorífico inferior o igual a 70kW, y agua precalentada procedente de un sistema solar, sin acumulación o con una capacidad de acumulación en el sistema de apoyo inferior o igual a 300 l.</p> <p>Destinada a evaluar las prestaciones de los sistemas de apoyo de las instalaciones solares.</p>
	<p>UNE-ISO 9459-2</p> <p>“Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.”</p>	<p>Año 2008.</p> <p>Estado: Vigente</p>	<p>Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayos exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.</p>
	<p>UNE-EN 13.203-3</p> <p>Aparatos de apoyo a sistemas solares de uso doméstico que utilizan combustibles gaseosos para la producción de agua caliente sanitaria.</p> <p>Aparatos con un consumo calorífico inferior o igual a 70 kW y con una capacidad de almacenamiento de agua inferior o igual a 500 l.</p> <p>Parte 3: Evaluación del consumo energético.</p>	<p>Julio de 2011.</p> <p>Presenta condiciones generales de ensayo, determinación del consumo de energía del aparato a gas con soporte solar y tres anexos: banco de ensayo y dispositivos de medición, simulador del captador solar y aparatos cubiertos por esta norma europea.</p>	<p>Se aplica a aparatos de apoyo a sistemas solares de uso doméstico que utilizan combustibles gaseosos para la producción de ACS.</p> <p>Se emplea a un sistema comercializado como entidad única o un sistema completamente especificado por el fabricante que tiene una potencia térmica de gas inferior o igual a los 70 kW, tiene una capacidad de almacenamiento de agua caliente inferior o igual a los 500 l, está equipado con al menos un captador solar, y es en lo que respecta al circuito hidráulico solar, considerado como un sistema de circulación forzada.</p>
	Código Técnico de	Aprobado por	Documento Básico de Ahorro de

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
	la Edificación Nacional (CTE)	Decreto 314/2006 El Código Técnico se compone de un conjunto de normativas, cada una de las cuales se denomina Documento Básico.	Energía (DB-HE) ³⁵ . Entre las secciones se encuentra ³⁶ : Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (HE-4) y CHEQ4, aplicación gratuita para validar el cumplimiento del CTE de las instalaciones solares térmicas. El objetivo es establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía.

Tabla 5. Algunas normas españolas relacionadas a ACS, en la tercera columna se realizan observaciones puntuales. En la última columna se indica “Asunto/objetivo” referido a cada una de las normas.

Dada la amplitud de la normativa en vigencia en España en relación a los temas tratados en este estudio, se amplía este ítem en el ANEXO V: **NORMATIVAS INTERNACIONALES**, Página 106.

En la Tabla 6 se detallan normas referentes al ACS vigentes en Canadá³⁷:

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Canadá	CAN/CSA-F378 SERIES-11 (R2016) “Colectores solares”	Año de publicación: 2011 Páginas totales: 98	F378.1, Colectores Solares de Calentamiento Líquido y no vidriado – Métodos de prueba. F378.2, Colectores Solares de Calentamiento de Aire- Métodos de prueba. F378.1-11, Colectores Solares Calefactores Líquidos sin esmaltar. Métodos de prueba.
	CAN/CSA-F379 SERIES-09 (R2013) ³⁸ “Sistemas solares de agua caliente envasados (transferencia de calor líquido a líquido)”.	Año de publicación: 2009. Páginas totales: 114. Texto original: en inglés	Primera edición de la serie CSA-F379, sistemas solares de agua caliente envasados (transferencia de calor líquido a líquido). Reemplaza las ediciones anteriores de CSA F379.1, Sistemas solares de agua caliente (transferencia de calor líquido a líquido) y CSA F379.2. Sistemas de agua caliente domésticos solares envasados de uso estacional, publicados como documentos independientes en 1988 y 1989, respectivamente.

³⁵ <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

³⁶ <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/codigo-tecnico-de-la-edificacion>

³⁷ <https://translate.google.com.ar/translate?hl=es&sl=en&u=http://shop.csa.ca/en/canada/renewable-thermal-energy/canca-f378-series-11-r2016/invt/27008102011&prev=search>

³⁸ <https://translate.google.com.ar/translate?hl=es&sl=en&u=http://shop.csa.ca/en/canada/renewable-thermal-energy/canca-f379-series-09-r2013/invt/27029412009&prev=search>

Tabla 6. Algunas normas canadienses relacionadas a ACS con observaciones puntuales en la tercera columna. En la última columna se indica “Asunto/objetivo” referido a cada una de las normas.

Dada la importancia y amplitud de la documentación referente a normativas de Canadá, este tema se amplía en el ANEXO V: *NORMATIVAS INTERNACIONALES*, página 106.

Selección de una región

Se hace mención a Europa como región, en la cual la mayoría de los países otorgan ayudas públicas a particulares y empresas con el fin de promover el uso de esta fuente renovable frente a otras opciones. Francia, mediante el “Plan Soleil” otorgó deducciones de más del 40% para la instalación de colectores solares, sus complementos, y sistemas híbridos.

Europa cuenta con normativas relacionadas a colectores solares aplicados al calentamiento de agua sanitaria y a sistemas híbridos. El Reglamento N° 812/2013 del 18 de febrero de 2013 (37), referido a *“Etiquetado energético de los calentadores de agua, los depósitos de agua caliente y los equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar”*, menciona una escala de etiquetado única: A⁺ y de A a G para los calentadores de agua convencionales, los calentadores de agua solares, los calentadores con bomba de calor, y los depósitos de agua caliente. La misma contempla una etiqueta y una ficha para equipos combinados basadas en las fichas técnicas de producto, donde los proveedores deben garantizar que el usuario final tenga fácil acceso a la información sobre eficiencia energética de los calentadores de agua, en combinación con dispositivos solares. Este tipo de sistema puede alcanzar la clase más eficiente A⁺⁺⁺. El uso de captadores solares para producir agua caliente, es la aplicación que los europeos han priorizado. Alemania, por ejemplo, con su programa “Marktanreiz” puesto en marcha a comienzos de los años 90, se ha puesto al frente en instalaciones-tipo para ACS en viviendas familiares del país. Ya en 2006 contaba con un 14% del total de instalaciones de la Unión Europea.³⁹ Grecia es el segundo país europeo en importancia por su volumen de mercado, ya que cuenta con instalaciones de colectores solares para producir ACS en un 25% de sus habitantes.

Es digno de destacar Israel, donde más del 85% de las viviendas están equipadas con paneles solares, por la aplicación de una ley que requiere que todos los edificios de hasta 20 metros de altura deben estar dotados de sistemas solares en los tejados, y también Chipre, donde más del 90% de los edificios construidos poseen paneles solares térmicos.⁴⁰ En los últimos años la energía solar térmica ha alcanzado un nivel muy alto de desarrollo y la mayor parte de los paneles solares instalados tienen como finalidad principal la producción de ACS para uso doméstico⁴¹. El tamaño de las instalaciones, el tipo y el porcentaje de instalaciones en la población, varían según las zonas y los países.

En el ANEXO V: *NORMATIVAS INTERNACIONALES*, página 106 se amplía el contenido del Reglamento europeo.

³⁹ López-Cózar, José Manuel. *Energía solar térmica*. IDEA. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, Oct. 2006.

⁴⁰ IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, López - Cózar, José Manuel, *Energía solar térmica, Manuales de Energías Renovables 4*. Madrid, 2006.

⁴¹ IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, López - Cózar, José Manuel, *Energía solar térmica. Manuales de Energías Renovables 4*. Madrid, 2006.

Resumen y comentario sobre normas identificadas en los países seleccionados

Se ha observado que las normativas mexicanas referentes a la producción de ACS abarcan una gran variedad de temas. En este marco, la radiación solar es utilizada e investigada en profundidad. Esto se comprueba a través de los diversos métodos de prueba aplicados, el uso del etiquetado, las definiciones terminológicas y las especificaciones técnicas.

Hay varias acciones ya detalladas, que expresan la preocupación de los gobiernos mexicanos con respecto a la información de la población, entre ellas: la consulta pública realizada con respecto a la Norma NMX 003 y los requerimientos para la instalación de los sistemas solares, los estudios realizados en cada una de las ciudades mexicanas sobre el ahorro mensual promedio que se obtiene con el uso de artefactos de gas para la obtención de ACS y los créditos para viviendas con ecotecnologías (Hipoteca Verde).

Todo lo expresado con respecto a las normativas mexicanas y su implementación por parte del estado y demás instituciones, ha contribuido al amplio crecimiento del mercado a partir del año 2000 y sobre todo, a la confianza del pueblo mexicano con respecto a la adquisición y uso de esta nueva tecnología. Es digno de destacar que México ha conseguido actualmente ocupar un puesto de privilegio entre los veinte países pioneros del mundo y que poseen la mayor cantidad de colectores solares ya instalados.

En España, al igual que en México, el uso de la energía solar para la producción de ACS ha tenido un desarrollo irregular que ha llevado muchos años de esfuerzo sostenido, (desde los años 1970 y 1980). Al comienzo, los usuarios desconfiaron del rendimiento y durabilidad del sistema y sobre todo se enfrentaron a una barrera infranqueable: los problemas ante equipos ineficientes y las dificultades económicas. Ante la presencia de mercados estancados, España necesitó del apoyo de sus gobiernos, de empresas productoras y de normativas sobre sistemas solares de agua caliente.

Canadá y España, demuestran a través de las normativas, gran dedicación por los métodos de prueba, a fin de obtener los mejores resultados. Canadá posee zonas muy frías, por lo cual, sus normas demuestran la preocupación por la instalación correcta de los colectores solares para la producción de ACS, a fin de obtener la mayor eficiencia de los equipos utilizados, lo que sirve de ejemplo para ser aplicado en las zonas más frías del sur de Argentina.

C. AVANCES Y ESTUDIO DE LA NORMATIVA NACIONAL Y PRAVINCIAL

El objetivo de este capítulo es efectuar un relevamiento nacional y provincial de normativas sobre colectores solares térmicos o sistemas híbridos (colector solar + artefacto a gas) para el calentamiento de agua, y evaluar la forma y el contenido de tales normas.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: Selección de alguna provincia o región que cuenten con normativas sobre colectores solares para el calentamiento de agua sanitaria y que resulten relevantes para el presente estudio. Resumen y comentario de las normativas identificadas para cada una de las provincias / región relevante.

Avances y Normativas Argentinas

El Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) es una asociación civil sin fines de lucro cuyas finalidades específicas, en su carácter de Organismo Argentino de Normalización, son establecer normas técnicas, sin limitaciones en los ámbitos que abarquen, además de propender al conocimiento y la aplicación de la normalización como base de la calidad, promoviendo las actividades de certificación de productos y de sistemas de la calidad en las empresas para brindar seguridad al consumidor.

IRAM es el representante de Argentina en la Organización Internacional de Normalización (ISO), en la Comisión Panamericana de Normas técnicas (COPRANT) y en la Asociación Mercosur de Normalización (AMN)⁴².

El crecimiento del mercado solar térmico en Argentina representa una gran oportunidad para el desarrollo de los sectores y actores que lo componen: fabricantes, importadores, instaladores, usuarios y los sectores públicos y privados en general. Desde el año 2012 al 2015, la tasa de crecimiento en instalaciones de equipos solares térmicos, también conocidos como “calefones solares”, aumentó en un orden del 100% anual en forma sostenida, y se prevé que siga esta tendencia.

El Censo de Energía Solar Térmica 2016⁴³, es una herramienta que permite recabar información fehaciente y actualizada de la tecnología y sus participantes a nivel nacional. La herramienta fue desarrollada por el equipo de especialistas de Energías Renovables del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). El censo seguirá activo de manera permanente en “E-Renova”, el sitio de Energías Renovables en la página web del INTI. En este documento se presenta entre otros estudios realizados, el mapa del sector de energía solar térmica, realizado en base a 134 empresas censadas.

⁴² Prefacio de todas las normas IRAM.

⁴³ Programa de Energías Renovable. INTI. 2016. Censo de energía solar térmica, 2016. Mapa del sector en Argentina. http://censost.inti.gob.ar/docs/cuadernillo_energia_solar_termica.pdf



Figura 37. Mapa del Sector de Energía Solar Térmica, con el detalle de Empresas fabricantes, Empresas Importadoras, Empresas de servicios de instalación y entidades que brindan capacitación sobre la actividad.

El estudio realizado sobre los datos recabados en el censo, contiene entre otros datos, el listado de las empresas y su ubicación dentro de cada provincia y detalles sobre cada uno de los rubros desarrollados por las empresas, según lo indicado en el Mapa del Sector.

En las empresas que prestan servicio de instalación se discriminó en tres rangos según el lugar que dicha actividad ocupa en la empresa (ver Figura 38).



Figura 38. Cantidad de Instalaciones de equipos solares térmicos (EST) realizadas por empresas de servicio de instalación y su agrupación en tres rangos, según la cantidad de instalaciones realizadas en el año 2015.

De igual manera se graficó la cantidad de instalaciones realizadas por empresas fabricantes e importadoras en 2015, entidades que brindan capacitación en energía solar térmica (empresas de servicio, entidades educativas públicas y privadas), con porcentajes de capacitación a nivel provincial.

El INTI, a través de su Organismo de Certificación, convoca a todos los interesados a participar en la presentación del proceso de Certificación de competencias laborales para Instaladores de Sistemas Solares Térmicos, Nivel II⁴⁴. Este proyecto se inició en el año 2014 por solicitud de autoridades provinciales, municipales, empresas fabricantes y comercializadoras de equipos entre otras, que desean jerarquizar la actividad con Instaladores certificados cuyos conocimientos y habilidades sean previamente evaluados y calificados por los técnicos expertos del INTI.

El Organismo de Certificación de INTI ofrece sus servicios de Certificación de competencias laborales de acuerdo a los lineamientos de la norma IRAM-ISO/IEC 17024 vigente, asegurando la competencia de una persona para realizar una determinada actividad, mediante la emisión de un certificado.

El Sistema de certificación contempla dos niveles de especialización:

Nivel 1: Dimensiona e instala Sistemas Solares Térmicos de ACS por circulación natural y por circulación forzada.

Nivel 2: Dimensiona e instala Sistemas Solares Térmicos de ACS por circulación natural, hasta 500 litros o 6m².

Los postulantes deben presentar la documentación que se les indica y rendir exámenes teórico escrito y práctico en base a un Programa de conocimientos existente en la página web del Organismo de Certificación.

El Ministerio de Hacienda, Secretaría de Energía, Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética (Presidencia de la Nación) editó Manuales sobre distintos temas referentes a la energía solar térmica, por ejemplo el Manual de introducción a la energía solar térmica, sistemas térmicos compactos para ACS y guía de recurso solar (37).

C.1 - Selección de provincias

Córdoba

La Ley 10.573 del Poder Legislativo Provincial⁴⁵, declara de interés provincial los “Sistemas de Aprovechamiento de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura para el abastecimiento de Agua Caliente”, así como la fabricación e instalación de los mismos, la investigación y el desarrollo de tecnología, la formación en el uso de la energía solar térmica y

⁴⁴INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Organismo de Certificación. <https://www.inti.gob.ar/certificaciones/c-solares-terMICOS.html#>

⁴⁵<http://argentinambiental.com/legislacion/cordoba/ley-10573-sistemas-aprovechamiento-energia-solar-termica-baja-temperatura-abastecimiento-agua-caliente/>

toda otra acción o medida conducente a la implementación de la energía renovable como fuente de producción de agua caliente de baja temperatura.

El objeto de la mencionada Ley es establecer, en el ámbito de la Provincia de Córdoba, un marco legal que permita promover el uso de sistemas de captación de energía solar con el propósito de producir agua caliente de baja temperatura con fines sanitarios para uso residencial.

En el ANEXO VI: *NORMATIVAS NACIONALES*, página 128 se amplía esta ley.

Mendoza

En la provincia de Mendoza se instaló un banco de ensayos para medir la eficiencia de equipos solares⁴⁶, que permite verificar el rendimiento de dispositivos, validar los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad del desarrollo tecnológico de sistemas solares térmicos. Los ensayos son en escala real, a nivel de prototipo, y podrán incluirse en los procesos de fabricación en serie. Se inauguró en la terraza de la facultad de Filosofía y Letras, para que fabricantes prueben el funcionamiento de sus equipos solares.

Los bancos de ensayos de la UNCuyo⁴⁷, Universidad Nacional de Cuyo, apunta a vincular el conocimiento científico con el sector productivo en el área de las energías renovables (ver Figura 39). También, incorporar nuevos métodos de ensayos para validar los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad del desarrollo tecnológico de sistemas solares térmicos. Es una apuesta al desarrollo y promoción de energías alternativas para favorecer la sustitución del consumo de gas natural y de energía eléctrica. La intención es apoyar al sector industrial, fortalecer el área de innovación de PyMES y motivar a los emprendedores a desarrollarse en este rubro, para consolidar el desarrollo de la industria regional de fabricación de dispositivos para el aprovechamiento de la energía solar térmica.

Los ensayos serán en escala real, a nivel de prototipo, y podrán incluirse en los procesos de fabricación en serie. Para la realización de pruebas sólo se solicitará al proveedor de los equipos que aporte los elementos mínimos que se utilizan en las conexiones de los dispositivos solares.

El proyecto se presentó en 2010 y se aprobó en 2012. Se canalizó a través del Instituto de Energía a partir del programa de Energía y Construcción que contiene al área de Energía Renovables. La tercera etapa responde al diseño, construcción y montaje de un banco de pruebas para equipos solares.

⁴⁶ Uncuyo, Universidad Nacional de Cuyo, Secretaría de Extensión y vinculación, 13/4/18
<http://www.uncuyo.edu.ar/desarrollo/ya-esta-en-marcha-el-banco-de-ensayos-para-medir-la-eficiencia-de-equipos-solares>

⁴⁷ <http://www.uncuyo.edu.ar/>

La idea es poder verificar rendimientos de paneles solares fabricados dentro de la Provincia y a nivel nacional e incluso tener la posibilidad de poder hacer una medición de paneles que se puedan traer del extranjero, también poder certificar este tipo de equipamientos con el aval de la UNCuyo. Es una manera de prestar un servicio externo a distintas empresas tanto proveedoras como fabricantes.



Figura 39. Terraza de la facultad de UNCuyo con colectores solares térmicos.

Los ensayos que se realicen se basarán en la normativa vigente a nivel nacional e internacional. En la actualidad se orientan bajo la normativa ISO 9459 2 - 1995 – “Outdoor Test Methods for Domestic Water Heating Systems” y la norma nacional IRAM 210004 – “Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares”. Ambas se enfocan al ensayo de rendimiento de sistemas térmicos de uso doméstico.

Se busca poder realizar ensayos de rendimientos de colectores solares. Se trabaja con IRAM para actualizar la normativa nacional para la medición de eficiencia de los colectores solares y del sistema integral. Se pretende etiquetar los dispositivos dentro de una escala de eficiencia energética según las condiciones de la región, para facilitar la selección de productos al consumidor.

Jujuy

Es digno de mencionar el programa JUJUY PROVINCIA SOLAR, que tiene como fin posicionar a la provincia de Jujuy como protagonista en el aprovechamiento de la energía solar con el objeto de lograr la sostenibilidad energética en la provincia de Jujuy y aportar a la lucha contra la pobreza y el cambio climático⁴⁸.

⁴⁸ <http://boletinoficial.jujuy.gob.ar/?p=16782>

Santa Fe

Santa Fe impulsó el Programa “Un sol para tu techo”⁴⁹ en mayo del 2016. El programa apunta a la creación de una línea de créditos blandos a través del Banco de Santa Fe para la adquisición y colocación de colectores solares de fabricación nacional en las viviendas. Este programa fue impulsado y coordinado por la Subsecretaría de Energías Renovables de la provincia⁵⁰. Uno de los problemas del programa fue que la publicidad oficial y del banco no logró generar interés de la población.

Salta

La provincia de Salta cuenta con un Plan provincial de energías renovables⁵¹. Este plan tiene el objeto de fomentar la generación y el uso de las energías rentables, a fin de satisfacer y diversificar los requerimientos energéticos de los habitantes de esa provincia. El inicio de este plan fue en el 2014, con un plazo temporal de 5 años (se ha incluido en el ANEXO VI: NORMATIVAS NACIONALES página 128 de este trabajo, más información). Presenta cuatro ejes temáticos: marco normativo, fuente energética, eficiencia energética y educación y capacitación.

Asimismo, el “Plan Sol en Casa” aprobado por el Decreto 1000/2017, está destinado a financiar la adquisición e instalación de termotanques solares, financiados hasta en 48 cuotas.

Es importante destacar la importancia de programas, como el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales II (PERMER II)⁵², subsidia la provisión e instalación solar o híbridos, sistemas solares para fines térmicos -cocinas parabólicas, hornos solares, y termotanques solares-, entre otros⁵³.

Salta presenta el Sistema de Información Solar Salta (SISol)⁵⁴ en el cual se pueden realizar consultas de datos de radiación solar y temperatura para realizar evaluaciones técnicas para la instalación de calefón/es solar/es para ACS. Para ello es necesario ingresar el sistema que se utiliza para obtener ACS. En el caso que sea gas natural, se debe ingresar el consumo bimestral de gas que figura en la factura a lo largo de un año, las características de la instalación, la cantidad de personas que viven en el hogar y el tipo de colector (plano o tubos de vacío).

⁴⁹ https://www.santafe.gov.ar/index.php/rmyc/guia/proyectos?tipo=nodo_final&nodo_id=181935

⁵⁰ <https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/202790>

⁵¹ http://energia.salta.gob.ar/wp-content/uploads/2018/04/a_CARTILLA-Plan-de-Energ%C3%ADas-Renovables.pdf

⁵² <https://permer.minem.gob.ar/>

⁵³ <http://porelpais.com.ar/salta-paneles-solares/>

⁵⁴ <http://sisol.salta.gob.ar/>

Los gobiernos de Salta y Santa Fe firmaron un acuerdo para desarrollar energías renovables el 10 de octubre de 2018⁵⁵. Ambos mandatarios expresaron su compromiso por garantizar el intercambio de experiencias y conocimiento. Ambas administraciones se comprometieron a compartir conocimientos técnicos y de gestión acerca de los programas en la materia, con respecto a energía solar térmica, y otras energías alternativas. Urtubey, gobernador de Salta, remarcó que "bajo el liderazgo del gobernador Lifschitz, la Provincia de Santa Fe viene siendo el principal impulsor a nivel internacional de las energías renovables". Por su parte, Lifschitz consideró que "va a permitir" que ambos Estados implementen "objetivos comunes" en cuanto al "desarrollo de las energías alternativas que tienen un impacto ambiental sensiblemente menor que los combustibles tradicionales provenientes del petróleo.

C.2 - Identificación de Normas Argentina

A continuación se detallan las principales normas IRAM y otros avances en relación al tema de este estudio:

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Argentina	Decreto 140 ⁵⁶ "Declárase de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía. Apruébanse los lineamientos del citado Programa".	21/12/2007	En viviendas nuevas indica: Incluir el uso óptimo de la energía solar en la fase del diseño arquitectónico y en la planificación de las construcciones (tanto para calentamiento como para iluminación). En viviendas en uso dice: Diseñar una estrategia para la implementación masiva de sistemas de calentamiento de agua basados en energía solar, especialmente en poblaciones periféricas.
Argentina	IRAM 210001-1 Energía solar. Colectores solares. Parte 1 – Definiciones	Junio 2010. Posee 21 páginas Corresponde a la revisión de la edición de setiembre de 1985, a la que esta segunda edición reemplaza.	Establece las definiciones utilizadas en los colectores solares de conversión fototérmica.
	IRAM 210002-1 Energía solar. Colectores	Año 2015. Reemplaza a la norma IRAM	Establece métodos de ensayo y procedimientos de cálculo para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares con

⁵⁵<https://www.elintra.com.ar/politica/2018/10/10/urtubey-lifschitz-firmaron-acuerdo-para-desarrollar-energias-renovables-131681.html#!>

⁵⁶<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136078/norma.htm>

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
	solares. Parte 1 - Métodos de ensayo para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares con cubierta para el calentamiento de líquidos.	210002: 1983. Posee 57 páginas. Basada en ISO 9806-3:1995. Test methods for solar collectors. Part 3: Thermal Para los fines de la presente norma se aplican las definiciones dadas en la IRAM 210001-1.	cubierta para calentamiento de líquidos incluyendo pérdida de carga.
Argentina	IRAM 210003 ACUMULADORES TÉRMICOS. Métodos de determinación del rendimiento térmico.	Diciembre 1984 Esta norma se aplica a los acumuladores térmicos del tipo de calor sensible y de calor latente.	Acumuladores Térmicos Establece los métodos de ensayo y procedimientos de cálculos para determinar el rendimiento térmico de los acumuladores de energía térmica utilizados tanto en sistemas que aprovechan la energía solar como los que utilizan fuentes de energía convencional.
Argentina	IRAM 210004 26-08-2015 Proyecto 1 Primera edición: IRAM 210004:2015 Energía solar Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.	Documento en Estudio. Agosto de 2015 56 páginas. Adaptación de la norma ISO 9459-2: 1995, MOD.	Acumuladores Térmicos Establece los procedimientos de ensayo para la caracterización del rendimiento de sistemas solares de calentamiento de agua sanitaria, sin refuerzo auxiliar, y para la predicción del rendimiento anual en cualquier condición climática y de operación dada, pero sólo para una extracción nocturna. Los procedimientos son adecuados para ensayos de todo tipo de sistemas.
	IRAM 210007	Junio de 2016	Establece los métodos de ensayo para evaluar la durabilidad,

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Argentina	Energía solar Colectores solares térmicos Método de ensayo		<p>fiabilidad y seguridad de los colectores solares para el calentamiento de fluidos. Además, los métodos de ensayo para la caracterización del rendimiento térmico de los colectores para el calentamiento de fluidos, concretamente el rendimiento térmico en estado estacionario y cuasidinámico de colectores solares con cubierta para el calentamiento de líquidos.</p> <p>Se aplica a los colectores solares híbridos que generen calor y potencia eléctrica.</p> <p>No incluye la seguridad eléctrica u otras propiedades específicas relacionadas con la generación de potencia eléctrica. Además, se aplica a los colectores solares que utilicen fuentes de potencia externas para su funcionamiento normal o para propósitos de seguridad, o ambos.</p> <p>No se aplica a los colectores solares que contienen un acumulador térmico como parte integral del colector, de manera tal que los procesos de absorción y de acumulación no puedan separarse para efectuar las mediciones.</p>
Argentina	IRAM 210015-1 Energía solar Sistemas solares compactos. Parte1 Requisitos generales.	Agosto de 2016 10 páginas.	<p>Establece los requisitos para evaluar la durabilidad, fiabilidad y seguridad de los sistemas compactos solares.</p> <p>Se aplica a los sistemas compactos solares susceptibles a ser utilizados para el calentamiento de agua sanitaria.</p>
Argentina	IRAM 210015-2 Energía solar Sistemas solares compactos. Parte 2- Etiquetado de eficiencia energética.	Agosto de 2016 10 páginas.	<p>La etiqueta de eficiencia energética especificada en esta norma tiene por objeto informar al consumidor: la eficiencia energética y la producción de energía anual de los sistemas compactos solares, de acuerdo con los parámetros y los valores de ensayo especificados en esta</p>

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
			norma.
Argentina	IRAM 210023 Energía solar Sistemas solares térmicos de circulación forzada prefabricados. Requisitos generales	Mayo 2017 27 páginas.	Establece los requisitos para evaluar la durabilidad, fiabilidad y seguridad de los sistemas solares térmicos de circulación forzada prefabricados para el calentamiento de agua, climatización, entre otros, que son usados en construcciones y emprendimientos públicos y privados.
Argentina	IRAM 210023 Energía solar Sistemas solares de calentamiento de agua. Parte 1 – 1 Instalación, puesta en funcionamiento y mantenimiento de los sistemas solares térmicos compactos de calentamiento de agua.	Septiembre de 2017 42 páginas.	Establece las condiciones técnicas de seguridad mínimas en la instalación, puesta en funcionamiento y de mantenimiento de los sistemas solares compactos para el calentamiento de agua de uso sanitaria.
Argentina	Reglamento técnico 520/2018 - Secretaría de comercio. ⁵⁷		Se define los requisitos de calidad y seguridad que deben cumplir los equipos compactos y colectores que se comercializan en nuestro país.

Tabla 7. Algunas normas y avances relacionados con ACS en Argentina y observaciones puntuales. En la última columna se indica “Asunto/objetivo” referido a cada una de ellas.

Dada la extensión de esta normativa, se ha incluido en el ANEXO VI: **NORMATIVAS NACIONALES** página 128 de este trabajo, más información sobre la misma.

País	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Argentina	Proyecto de Ley S-1262/16 Aprovechamiento de la energía solar térmica de baja y	El Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS) tendrá competencia para dictar las normas regulatorias para los	Declárase de interés nacional la fabricación, la investigación, el desarrollo tecnológico, la instalación, el mantenimiento y la incorporación de sistemas de captación y utilización de energía

⁵⁷<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/renovables/que-es-la-energia-solar-termica/normativa-nacional-asociada>

En todo el territorio nacional ⁵⁸	media temperatura.	artefactos híbridos de solar a gas.	solar térmica de baja y media temperatura para abastecimiento de la producción de ACS y climatización de piscinas, calefacción, cocción de alimentos, deshidratación y otros usos posibles a ser definidos oportunamente por la Autoridad de Aplicación.
--	--------------------	-------------------------------------	--

Tabla 8. Proyecto de Ley de ACS de Argentina.

Provincia	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Jujuy	Ley de Promoción y Desarrollo de Energía Solar N° 5.916, modifica Ley 5.904	20/05/16 Programa: "Jujuy Provincia Solar" Beneficios: I) Exención al Impuesto de Sellos. II) Exención al Impuesto de Ingresos Bruto	Beneficios que buscarán incentivar proyectos de energía solar térmica y fotovoltaica en la provincia de Jujuy. Objetivos: propone reemplazar en un 70 por ciento la utilización de derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica y térmica. Entre los objetivos se menciona "Reducir la utilización de gas natural a nivel domiciliario e industrial con la inclusión de artefactos solares térmicos."

Tabla 9. Normas de la provincia de Jujuy, Argentina, relacionadas con ACS.

Provincia	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Córdoba ⁵⁹	Ley 10573 "Sistemas de Aprovechamiento de Energía Solar Térmica de Baja Temperatura para el abastecimiento de Agua Caliente"	Sancionada el 26/9/18 y publicada en el Boletín Oficial el 12/10/18 Beneficios financieros para la compra e instalación de equipamiento (Art. 10°).	Establecer, en el ámbito de la Provincia de Córdoba, un marco legal que permita promover el uso de sistemas de captación de energía solar con el propósito de producir agua caliente de baja temperatura con fines sanitarios y de calefacción de ambientes, ya sea para uso residencial o comercial, como así también para calentamiento o precalentamiento de agua en procesos industriales.

Tabla 10. Normas de la provincia de Córdoba, Argentina, relacionadas con ACS.

Provincia	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
Santa Fe, Rosario ⁶⁰	Ordenanza N° 8784	04/09/12 La Dirección General de Desarrollo Sustentable de la Secretaría de	Incorporación obligatoria de sistemas de captación de energía solar de baja temperatura para la producción de agua caliente sanitaria en todos los edificios públicos e instalaciones públicas

⁵⁸ <http://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/1262.16/S/PL>

⁵⁹ <http://argentinambiental.com/legislacion/cordoba/ley-10573-sistemas-aprovechamiento-energia-solar-termica-baja-temperatura-abastecimiento-agua-caliente/>

⁶⁰ <http://www.ciudadessolares.org.ar/wp/wp-content/uploads/2014/08/Reglamentacion-de-la-Ordenanza-Solar-de-Rosario-Nro.-8784.pdf>

		Servicios Públicos y Medio Ambiente podrá monitorear las instalaciones.	situadas en la ciudad de Rosario.
Santa Fe	Ley N° 12503 ⁶¹ "Energías Renovables Alternativas: Régimen Legal de Su Uso y Generación"	30/11/2005	Interés provincial la generación y el uso de energías alternativas o blandas (aquellas que se producen naturalmente, en forma inagotable y sin ocasional perjuicio al equilibrio ambiental) a partir de la aplicación de las fuentes renovables, tales como el sol, en todo el territorio de la Provincia de Santa Fe.

Tabla 11. Normas de la provincia de Santa Fe, Rosario, Argentina, relacionadas con ACS.

Provincia	Normativa	Observaciones	Asunto/ Objetivo
CABA ⁶²	Ley N° 4.024	24/01/2012 Autoridad de Aplicación es la Agencia de Protección Ambiental. Aplicables a inmuebles para viviendas individuales y colectivas, nuevas o usadas.	Establecer en el ámbito de la CABA un régimen de incentivo para promover el uso de sistemas de captación de energía solar, con el propósito de producir energía eléctrica, generar agua caliente o calefaccionar ambientes.

Tabla 12. Síntesis de la Ley N° 4.024 que promueve el uso de sistemas de captación de energía solar en la CABA.

Provincia	Normativa	Observaciones	Asunto/Objeto
Salta	Ley N° 7823 ⁶³ "Régimen de fomento para las energías renovables"	Sancionada el 26/06/14 y publicada en el Boletín Oficial el 25/07/14	Promoción del aprovechamiento, producción, investigación, desarrollo, procesamiento y uso sustentable de energías renovables y otras fuentes de energía limpia que fomenten el ahorro y la eficiencia energética. Tiene como objeto favorecer la realización de investigaciones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, o aprovechamientos calóricos, en la provincia de Salta.
Salta	Decreto N° 1000/17	21/07/2017	El objeto es el otorgamiento, a opción del adherente al plan, de

⁶¹ <https://www.santafe.gov.ar/normativa/getFile.php?id=224016&item=108972&cod=555e1bc5bbe91435c4248772ed83c698>

⁶² <http://www2.cedom.gov.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley4024.html>

⁶³ http://boletinoficialsalta.gob.ar/VersionImprimibleLeyes.php?nro_ley2=7823

	"Plan sol en casa" ⁶⁴		préstamos con destino a la compra e instalación de termotanques / calefones solares de uso domiciliario, o bien la entrega efectiva de los mismos y su instalación domiciliaria, siendo ambas opciones reintegrables hasta en cuarenta y ocho (48) cuotas.
--	----------------------------------	--	--

Tabla 13. Normas de la provincia de Salta, Argentina, relacionadas con ACS.

⁶⁴<http://energia.salta.gob.ar/wp-content/uploads/2018/04/Decreto-y-Anexo.pdf>

D. BARRERAS EN LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

El objetivo de este capítulo es estudiar las barreras del desarrollo de la energía solar térmica y la evolución de los sistemas híbridos a gas y eléctricos, en Argentina.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: con relación a las barreras normativas se analizó la normativa vigente, del marco institucional y de los organismos nacionales encargados de la regulación de la energía solar. En cuanto a las barreras económicas se hizo un estudio de la inversión necesaria para la instalación de sistemas solares. Con respecto a las barreras de mercado y sociales, se evaluó la existencia de colectores solares e híbridos en el mercado y la existencia de personal idóneo en relación a colectores solares térmicos.

D.1 - Barreras normativas e institucionales

Existen una serie de barreras que han impedido la penetración de la tecnología solar en el mercado en América Latina⁶⁵ y por consiguiente en Argentina. Una de las más importantes es la falta de apoyo específico para desarrollar y fomentar el uso de la energía solar térmica a nivel residencial e industrial (8). La clave para facilitar e incentivar el ingreso de estas nuevas tecnologías en el mercado, es la existencia de marcos de apoyo en el orden institucional y legal.

D.2 - Barreras económicas

Una barrera esencial en la gran mayoría de los países de América Latina, es la falta de incentivo económico y financiero que promuevan la energía solar térmica. Esos incentivos están dirigidos hacia los combustibles fósiles, los que se contraponen al desarrollo de la industria solar térmica.

Otra barrera importante es el costo inicial de inversión de los sistemas solares térmicos, muy alto si se lo compara con el costo de los sistemas convencionales para calentamiento de agua (artefactos eléctricos o a gas). En algunos casos, el tiempo de recuperación de la inversión de sistemas solares, sobrepasa su tiempo de vida útil, por lo que la adopción de esta tecnología no se considera viable desde el punto de vista financiero en países con subsidios al gas y a la electricidad (como ocurre en Argentina).

D.3 - Barreras de mercado y sociales

Se debe considerar también la barrera constituida por altos impuestos y aranceles para la importación de materias primas y sistemas solares provenientes de China, EEUU y Alemania. Además, a nivel regional no existen mecanismos financieros efectivos (privados o públicos), que ayuden a las industrias y a los consumidores a financiar el alto costo de los sistemas solares. Sin embargo, se está poniendo en marcha la posibilidad de microcréditos para familias de escasos recursos de zonas rurales y urbanas, cuyo pago se efectúa a través de las facturas (gas o electricidad), u otras maneras de saldar el crédito.

⁶⁵ Organización Latinoamericana de Energía. OLADE. "Barreras para el desarrollo del mercado de la energía solar para el calentamiento de agua en América Latina y El Caribe, <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0221.pdf>

Otra barrera muy importante es la falta de programas continuos para la formación técnica, la investigación y oferta académica (universidades, institutos, etc.) para el desarrollo y formación de capacidades específicas y luego, la cadena industrial necesaria para la fabricación, instalación, certificación y reparación. La falta de investigación e innovación a nivel regional, trae como consecuencia, la falta de calidad óptima para la fabricación de paneles solares y también la falta de eficiencia en su operación. A esto se agrega la necesidad de una industria estructurada a nivel nacional para el desarrollo de este sector.

Se debe considerar otra barrera de suma importancia: el escaso conocimiento de la población sobre los beneficios de la energía solar térmica para el calentamiento de agua. Esto lleva a la necesidad de la realización de campañas de concientización y de educación en general.

El desarrollo de la tecnología solar térmica para la producción de ACS tiene varias barreras en Argentina:

-  Carencia de un marco institucional y legal por la ausencia de un ente nacional de promoción y regulación de la energía solar, similar al Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), con capacidad de dictar normas de carácter obligatorio y fiscalizar su cumplimiento a nivel nacional. En la actualidad solo se cuenta con Normas IRAM, (IRAM 210 001-1, 210 002-1 y 210 004, entre otras ya mencionadas anteriormente) que son de carácter voluntario y que solo especifican las características del colector solar, pero no de los sistemas híbridos.
-  El costo inicial de inversión de los sistemas solares térmicos es relativamente alto en comparación con los sistemas de calentamiento de agua convencionales.
-  Poco desarrollo del mercado, en comparación con el gran potencial existente (energía solar disponible y mano de obra desocupada).
-  Falta de incentivos económicos y financieros.
-  Falta de incentivos a la capacitación de personal idóneo para la producción, instalación y mantenimiento de los sistemas híbridos.
-  Poco incentivo a la investigación e innovación a nivel país.
-  Existencia de incentivos y subsidios al gas y la electricidad.
-  Falta de difusión y estímulo a la confiabilidad de este sistema.

E. IMPACTO AMBIENTAL

El objetivo de este capítulo es estimar la mitigación de Gases de Efecto Invernadero mediante el uso de artefactos a gas más eficientes que los convencionales y su apoyo a sistemas híbridos, lo que podría generar un impacto ambiental favorable.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas totalmente relacionadas con el objetivo del capítulo A, ya que es necesario el estudio de los potenciales ahorros de energía mediante el uso de artefactos a gas más eficientes que los convencionales y su apoyo a sistemas híbridos, de manera de reducir los impactos ambientales por la combustión del gas natural y mitigar los GEI.

En el capítulo D se han detallado las barreras que frenan el desarrollo de los sistemas solares térmicos y entre ellas se ha considerado de suma importancia: el escaso conocimiento de la población sobre los beneficios de la energía solar térmica para el calentamiento de agua. Uno de los principales beneficios a tener en cuenta es la disminución de emisiones de dióxido de carbón (CO₂) y el aporte al cambio climático. Esto lleva a la necesidad de la realización de campañas de concientización y de educación en general⁶⁶.

La eficiencia de un equipo se define como el cociente entra la energía útil⁶⁷ y la consumida por el equipo para lograr un servicio. Los equipos de calentamiento de agua operan a GN, GLP o electricidad. A los usuarios se les presenta una gran confusión y ambigüedad cuando desean hacer una selección entre qué equipo es más conveniente tanto en el consumo de energía y el impacto económico en sus facturas de energía, como en las emisiones de GEI.

El gas natural es el combustible fósil que, a igual generación de energía, produce la menor cantidad de CO₂. En conjunto con tecnologías de alto rendimiento, el gas natural proporciona una opción para el desarrollo sostenible (ver Figura 40).

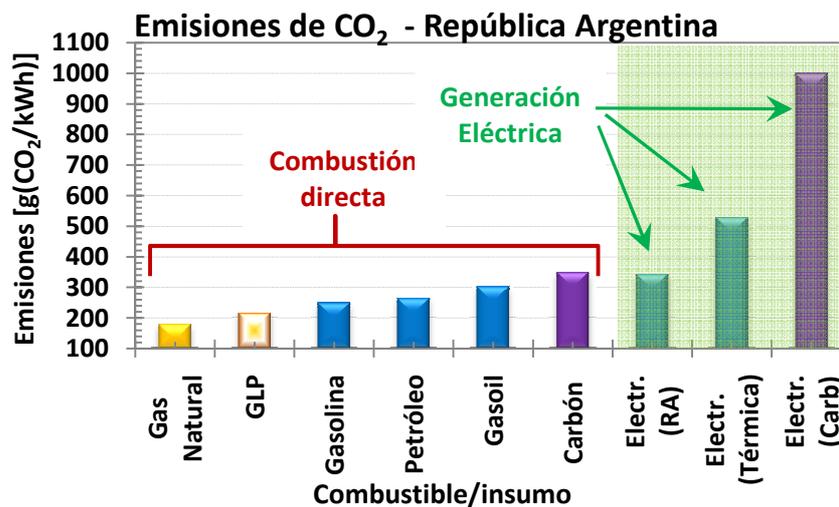


Figura 40. Emisiones de CO₂ de distintos combustibles o insumos energéticos en g(CO₂)/kWh (38).

⁶⁶ <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0221.pdf>

⁶⁷ Energía útil: Energía usada para generar un determinado producto o servicio. https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa#cite_note-EnvAcct-1

Las emisiones presentadas en la Figura 40, no incluyen las generadas en su producción ni las fugitivas producidas en las extracción, transporte o distribución. Como se observa, de todos los combustibles fósiles, el gas natural es el que genera menos emisiones. En el caso de la electricidad, sus emisiones dependen de la fuente primaria usada para producirla. Su emisión es relativamente alta debido a que la eficiencia de conversión de energía primaria a electricidad es baja, para el gas natural es inferior al 55% y para el carbón no supera el 35%. Es por ello que las emisiones producidas por la generación de electricidad con carbón, última columna de color violeta (“*Electr. (Carb)*”), sea tan elevada. En esta figura se indica en la columna “*Electr. (RA)*” el valor medio de la generación eléctrica de la República Argentina (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015).

Al comparar distintos tipos de equipos que prestan un mismo servicio, como por ejemplo un termotanque a gas y uno eléctrico para la generación de ACS, surge la pregunta: ¿Cómo comparar las eficiencias energéticas cuando se usan diversos insumos? En Argentina no hay pautas claras y consensuadas para hacer esta comparación. Actualmente las eficiencias usadas en sistemas de etiquetado, como sucede en los artefactos para obtener ACS, solo toman en cuenta el consumo del insumo energético final. En este país, cerca del 60% de la electricidad se genera usando gas natural, cuya eficiencia de transformación no supera el 55% (39) (40), ver Figura 41.

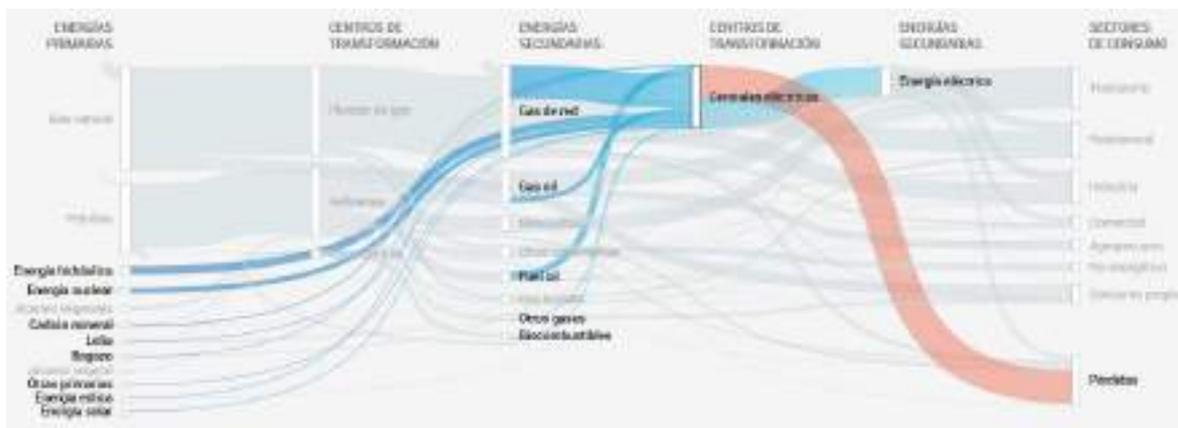


Figura 41. Ciclo de vida de la energía desde su origen hasta el consumo final para el año 2015 en Argentina, fuente Ministerio de Energía y Minería (39).

Se pueden generar coeficientes de corrección o Factores de Comparación de Insumos Energéticos (FCIE) (40), (42) para poder comparar la eficiencia de equipos que brindan una misma prestación, para ello lo que se analiza en este capítulo es considerar las emisiones de CO₂ que cada vector genera en su uso final. Se puede tener en cuenta todo el camino del insumo, desde su producción hasta su uso, o también las emisiones, a partir de que dicho insumo llegó al punto de consumo (14).

El enfoque utilizado en este trabajo para generar los FCIE, toma como referencia las emisiones de CO₂ que cada insumo energético genera en su uso final. Los valores de las emisiones los presentan regularmente la Secretaría de Energía y Minería de la Nación, y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, como parte de acuerdos internacionales, entre otros, la Convención de Cambio Climático, COP21. Los valores oficiales obtenidos del informe de Cálculo del Factor de Emisión de CO₂, de la Red Argentina de Energía Eléctrica, (43) se resumen en la Figura 42.

Argentina Año 2015	Generación Eléctrica (TWh)	Participación
Generación Térmica	85,9	63,4%
Importaciones	1,7	1,2%
Generación Hidráulica	41,5	30,6%
Generación Nuclear	6,5	4,8%
Total Eléctrico	135,6	100%

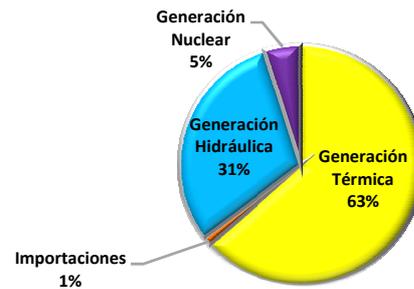


Figura 42. Izquierda, tabla de generación eléctrica de los distintos componentes de la matriz eléctrica Argentina para el año 2015. Derecha, gráfico de torta de la participación en la generación eléctrica (44).

En la Tabla 14 las emisiones por generación eléctrica, Electricidad (RA), en gCO₂/kWh de Argentina son las emisiones totales por generación térmica, hidráulica, nuclear e importaciones, lo que da aproximadamente 343 gCO₂/kWh, datos obtenidos de la página del entonces Ministerio de Energía. En España se estima que el mix de la red eléctrica emitió 392 gCO₂/kWh para el año 2017 (45). El gas natural de red no es transformado a otro tipo de energía para su utilización, como sí lo es la generación de electricidad, por lo tanto, al hablar de gas, no existe una pérdida relacionada a algún proceso de transformación. Las emisiones del CO₂ están asociadas a la generación eléctrica que se consume.

Los valores de emisiones de combustión y generación eléctrica de los principales combustibles para el sector residencial, se resumen en la Tabla 14.

	Insumos energéticos	g(CO ₂ /kWh)
Combustión	Gas Natural	179
	GLP	217
	Gasolina	249
	Petróleo	264
	Gasoil	303
	Carbón	350
	Leña	400
Generación de Electricidad	Electricidad (RA)	343
	Electricidad (GN+CC)	316
	Electricidad (Térmica)	530
	Electricidad (Carbón)	1000

Tabla 14. Emisiones de CO₂ de los distintos insumos energéticos, en Argentina año 2015 (44), (46).

Los valores de emisión de los primeros siete vectores energéticos, se refieren a su combustión como combustibles. Los cuatro últimos, se refieren a las emisiones por kWh de energía eléctrica. Electricidad (RA): Valor medio de emisiones de la electricidad de la matriz de generación eléctrica de Argentina en el año 2015. Electricidad (GN+CC): Valor medio de emisiones de la electricidad generada por las centrales de ciclo combinado que funcionan con gas natural. Electricidad (Térmica): Valor medio de emisiones de la electricidad con la matriz de generación del parque térmico. Electricidad (Carbón): Valor medio de emisiones con una central eléctrica de carbón. En el caso de la leña, las emisiones varían con el tipo de leña entre 380 a 430 g(CO₂)/kWh. Sin embargo, si se tendría en cuenta su ciclo de vida, es previsible que este valor podría ser menor. Pero no hay un consenso en este punto (47) (48).

El valor tan alto que aparece aquí, está relacionado con sus emisiones y su bajo poder calorífico, y porque no se considera el reemplazo de esta leña por la de una nueva planta.

Si se tienen en cuenta las pérdidas en los sistemas de distribución; por cada unidad de energía eléctrica utilizada se requieren por lo menos dos unidades de gas natural. Las emisiones de CO₂ son muy diferentes cuando se usa una unidad de energía, con distintos vectores energéticos. El uso del sistema de etiquetado de eficiencia energética en Argentina, está basado en el uso de energía final. Una alternativa interesante sería complementar el actual etiquetado de eficiencia, referido a la energía final, con un segundo etiquetado (ver Figura 43), como existe en varios países, que refleje las emisiones de CO₂ para la prestación de un mismo servicio, en este caso el ACS. Adoptar un sistema de señalamiento basado en las emisiones, puede ser más adecuado y objetivo, dado que la relación de las emisiones de CO₂, entre la energía eléctrica y el gas natural en Argentina es 1,92, (división 343 g(CO₂/kWh) “Eléctr. (RA)” sobre 179 g(CO₂/kWh) de “Gas Natural”, Tabla 14). Lo importante para el usuario es la elección de un artefacto con el menor valor de g(CO₂/kWh), que será más eficiente, generará menor emisiones de gases de efecto invernadero y reducirá los costos de sus facturas, ya que este valor está asociado con el uso y el costo económico de mantenimiento de los equipos hogareños.

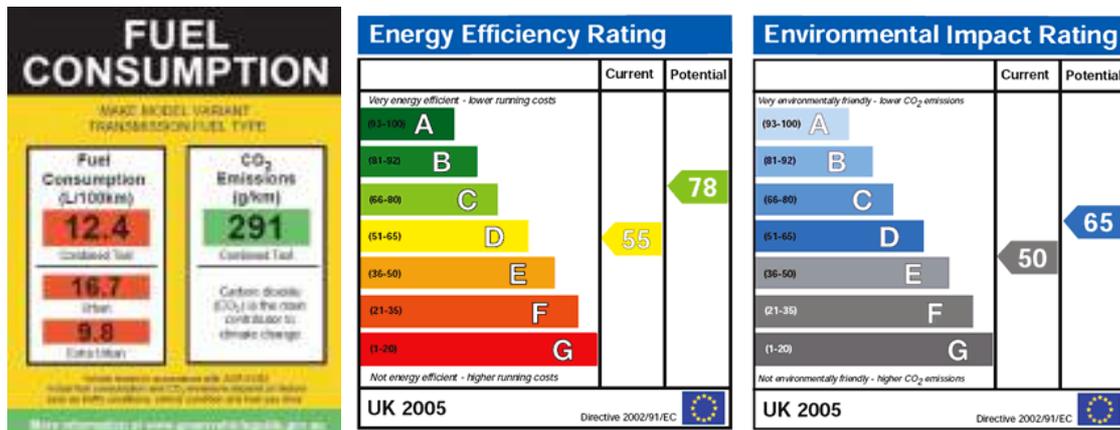


Figura 43. Doble etiquetado de eficiencia energética y de emisiones de CO₂ usado en Australia para vehículos (izquierda) y doble etiquetado de viviendas en el Reino Unido (UK), a la derecha. En ambos casos, además de los consumos de energía se indican las emisiones de CO₂, en g(CO₂) por km en el primer caso y en una escala arbitraria de 1 a 100 en el segundo (donde 100 es mejor que 1).

E.1 - Mitigación de Gases de Efecto Invernadero

Suponiendo un consumo de 180 litros de agua caliente por día, para distintos equipos a gas que están etiquetados según la NAG-313 (49) y NAG-314 (27) de ENARGAS, el calor útil para calentar esta agua, es de 0,5 m³/día. En los artefactos estándares, la mayor parte del consumo son pérdidas e ineficiencias en los equipamientos usados. Como se observa en la Tabla 15 y Figura 44, nótese la disminución de emisiones que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local. Por ejemplo, al cambiar un termotanque a gas con clase de eficiencia energética E por uno de clase de eficiencia energética A, las emisiones pasan de 3 kg(CO₂/día) a 1,98 kg(CO₂/día), respectivamente. Para termotanques y calefones a gas, producidos antes de la obligatoriedad de etiquetar artefactos, las mediciones realizadas indican que se los puede homologar como calefones F o termotanques E.

Artefactos	Clase de etiquetado de Eficiencia	Tipo de artefacto. Abreviatura	Emisiones Artefacto kg(CO ₂ /día)	Emisiones Artefacto con apoyo solar kg(CO ₂ /día)
Termotanque Gas	A	T_gas_A	1,98	1,20
	B	T_gas_B	2,23	1,45
	C	T_gas_C	2,31	1,45
	D	T_gas_D	2,82	1,95
	E	T_gas_E	3,00	2,03
Calefón Gas	A	Cal_gas_A	1,15	0,40
	B	Cal_gas_B	1,21	0,43
	C	Cal_gas_C	1,34	0,47
	D	Cal_gas_D	1,89	1,17
	E	Cal_gas_E	2,13	1,39
	F	Cal_gas_F	2,23	1,42
Termotanque Eléctrico	A	T_eléc. A	2,30	1,10
	B	T_eléc. B	2,36	1,14
	C	T_eléc. C	2,96	1,70
	D	T_eléc. D	3,16	1,84
	E	T_eléc. E	3,49	2,08
Bomba de Calor Eléctrico	BC 1	BB_1	1,15	0,77
	BC 2	BB_2	1,08	0,73

Tabla 15. Emisiones de CO₂ para diferentes tipos de artefactos y complementados con colector solar térmico. “T_gas” termotanque a gas natural, “Cal_gas” calefón a gas natural, “T_eléc.” termotanque eléctrico y “BB” bomba de calor.

Si se comparan los resultados obtenidos en las dos últimas columnas de la Tabla 15 se observa que las emisiones de un artefacto pueden disminuir aproximadamente un 60% si se lo complementa con un colector solar térmico.

Para el cálculo de las emisiones se utilizó el valor de consumo de gas por día calculado de cada artefacto en el Capítulo A: Estudio de potenciales ahorros de energía, Tabla 2 y Tabla 3. En el caso de los artefactos o sistemas híbridos a gas, primero se pasaron los m³/día a kWh/día, ya que 1m³ de GN es aproximadamente 10,814 kWh, y luego se consideraron las emisiones de CO₂ por unidad de energía para el GN presentado en la Tabla 14, de 179 g(CO₂/kWh) (44).

Para el caso de los artefactos eléctricos o sistemas híbridos eléctricos se consideraron las emisiones eléctricas promedio de la República Argentina 343 g(CO₂/kWh), ver Tabla 14.

En la Tabla 15 se observan las emisiones (kg(CO₂/día)) de diferentes artefactos para ACS tanto a gas como de electricidad existentes en el mercado. Los datos para realizar la Figura 44 fueron tomados de la cuarta columna de la Tabla 15.

Artefactos para ACS

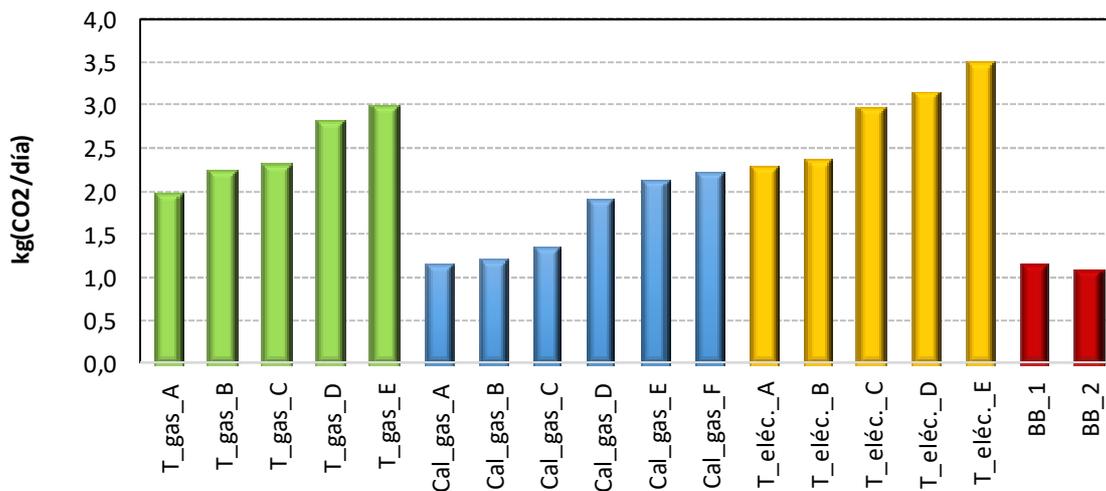


Figura 44. Comparación de emisiones de Dióxido de Carbono para distintos tipos de artefactos.

En la Figura 45 se observan las emisiones (kg(CO₂/día)) para los diferentes artefactos de ACS tanto a gas como de electricidad existentes en el mercado, cuando se los utiliza como complemento de un sistema solar térmico. Los datos para realizar dicha Figura fueron tomados de la quinta columna de la Tabla 15.

Artefactos + colector solar térmico para ACS

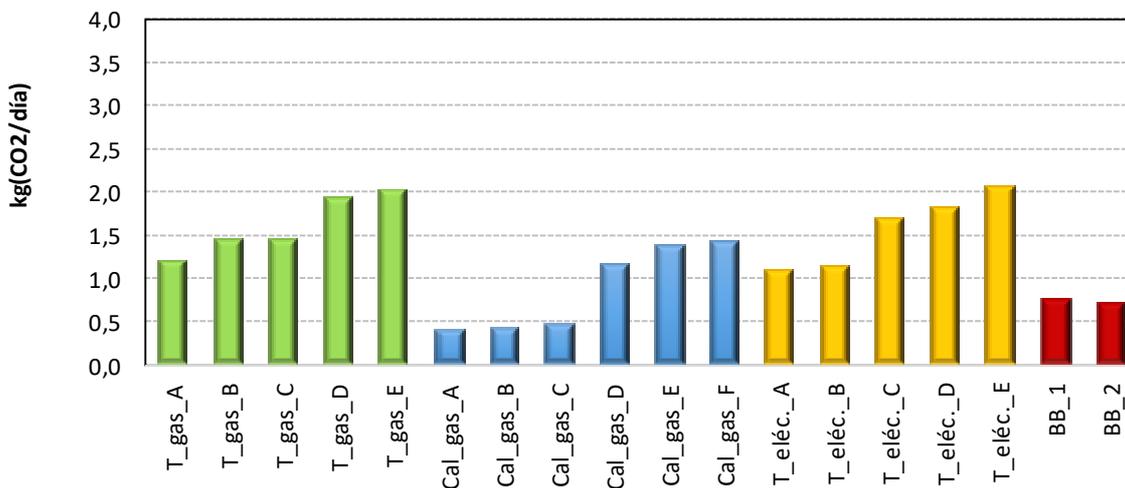


Figura 45. Emisiones de Dióxido de Carbono para distintos tipos de sistemas (artefactos a gas o eléctricos con apoyo de un colector solar térmico).

F. PROYECTO DE NORMA PARA EL SISTEMA HÍBRIDO (SOLAR+GAS) A NIVEL NACIONAL

El objetivo de este capítulo es estudiar las NAG de los diferentes artefactos a gas para el calentamiento de agua sanitaria, actualmente en el mercado y evaluar cuál/cuáles pueden ser utilizados como apoyo de un colector solar térmico. Redactar un proyecto de norma para el sistema híbrido (colector + artefacto a gas) en su conjunto.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: Evaluación de NAG de los artefactos a gas para el calentamiento de agua sanitaria. Estudio de las eficiencias que presentan los artefactos a gas para el calentamiento de agua sanitaria. Redacción de adendas para adecuar NAG de los artefactos a gas con los requisitos que deben presentar los artefactos a gas para ser utilizados como sistema de apoyo de un colector solar.

F.1 - EVALUAR NORMAS ARGENTINAS DE GAS

Las Normas Argentinas de Gas (NAG) para los artefactos a gas destinados al calentamiento de agua sanitaria son:

- **NAG-313** del año 2018 (49) con su Adenda N° 1 NAG-313 de año 2012 para los *“Calentadores de agua instantáneos de uso doméstico que utilizan gas como combustible”*
- **NAG-314** del año 1995 (27), con su la Adenda N° 1 NAG-314 del año 2016 *“Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques)”*.
- **NAG-311** del año 1995 con los *“Requisitos provisorios para la aprobación de calderas de calefacción para uso domiciliario a gas”*.

Las normas NAG-313 y NAG-314 definen los requisitos mínimos y las técnicas de ensayo a la construcción, la seguridad, la utilización racional de la energía y la aptitud para la función, sus Adendas modifican y complementan cada una de las normas. La Adenda de la NAG-313 incorpora el Anexo G de “Etiquetado de eficiencia energética”, Anexo H “Cálculo de la eficiencia y estimación de las incertezas”, y Anexo I “Fundamento teórico del cálculo de la eficiencia”, la Adenda de la NAG-314 incorpora el Anexo N° 5 de “Etiquetado de eficiencia energética” y Anexo N° 6 “Cálculo de la eficiencia y estimación de las incertidumbres”.

Los Anexos establecen las características que deben poseer las etiquetas de eficiencia energética destinadas a informar a los usuarios sobre la eficiencia. A tal fin, la etiqueta se califica a través de un sistema comparativo compuesto por clases de valores de eficiencia, identificadas mediante letras alfabéticas, donde la letra A corresponde a los artefactos más eficientes. En el caso de los calefones la letra F y en los termotanques la letra E, corresponden a los menos eficientes. La etiqueta debe imprimirse en forma legible y debe estar adherida en la parte externa. Dicha etiqueta debe permanecer en el artefacto a gas hasta que el producto haya sido adquirido por el consumidor final. La eficiencia energética declarada en la etiqueta se verifica mediante los ensayos correspondientes en el laboratorio, según los criterios indicados en las normativas.

La NAG-311 indica que el rendimiento térmico no será inferior al 70%. Dicha norma está siendo actualizada.

En la Figura 46 se observa el resumen de las normas de gasodomésticos para ACS con la fecha de obligatoriedad de etiquetado de eficiencia energética:

Norma	Gasodoméstico	Resolución N°	Fecha de obligatoriedad de Etiquetado de Eficiencia Energética
NAG-313	Calefones	I/2132 (23)	01/01/2013
NAG-314	Termotanques	I/3630 (26)	01/01/2019
NAG-311	Calderas	-	Norma en estudio

Figura 46. Normas de gasodomésticos para ACS en Argentina.

F.2 - Evaluar eficiencias

El Decreto N°140/2007, "Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía" expresa que *"el etiquetado de eficiencia energética, le permite al consumidor contar con una información adicional relevante, al momento de decidir sobre la compra de un equipo energético"* (52).

Para evaluar las eficiencias que presentan los artefactos a gas para el calentamiento de agua sanitaria se verá a continuación la importancia del etiquetado de los artefactos en venta el mercado argentino actual.

El etiquetado de eficiencia energética en gasodomésticos (53) (54) es una herramienta muy efectiva para promover un uso eficiente de la energía y permite a los usuarios elegir equipos de menor consumo. En respuesta a esta demanda, los fabricantes producen equipos más eficientes, generando un círculo virtuoso que mejora la calidad de los productos y promueve un desarrollo tecnológico y económico. La etiqueta se califica a través de un sistema comparativo compuesto por seis clases de valores de eficiencia identificadas mediante las letras A, B, C, D, E y F para el caso de los calefones y cinco clases de valores de eficiencia identificadas mediante las letras A, B, C, D y E para los termotanques, donde la letra A corresponde a los artefactos más eficientes y la letra F (en calefones) y E (en termotanques) a los menos eficientes. Como se puede observar en la Figura 47, el porcentaje de Eficiencia no figura en la Etiqueta de eficiencia energética, por lo tanto, sólo se ve representado por la letra que indica su clase.

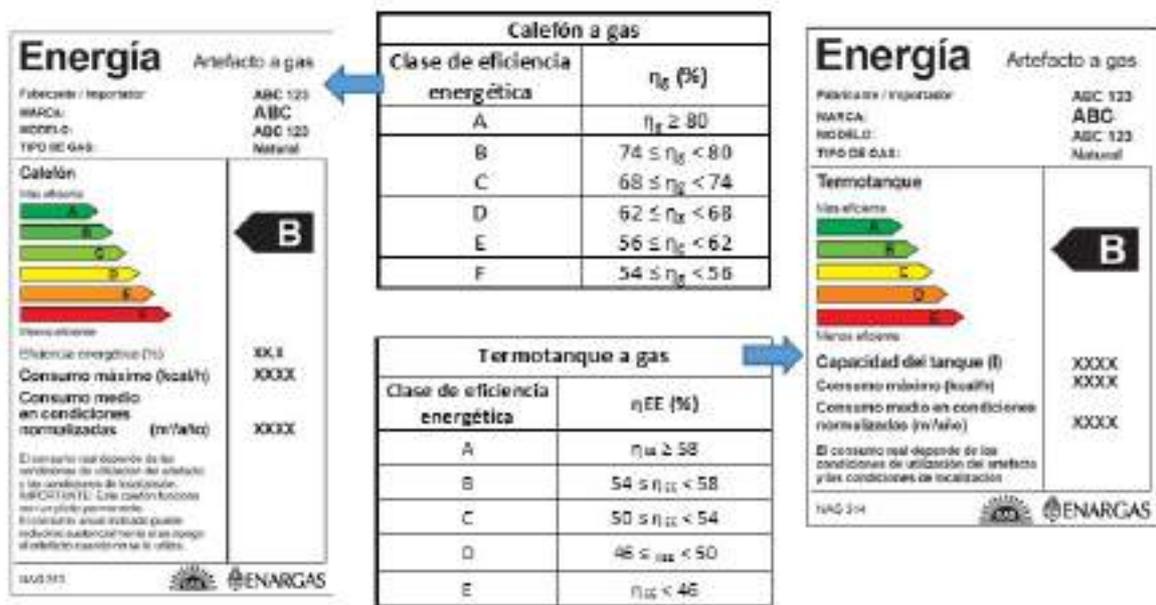


Figura 47. Izquierda etiqueta y clase de Eficiencia Energética de los calefones, NAG-313 (49). Derecha etiqueta y clase de Eficiencia Energética de los termotanques. NAG-314, Adenda 1 (55).

F.3 - Redacción de adendas NAG

Redactar adendas NAG, significa adecuar las Normas Argentinas de Gas de los artefactos a gas con los requisitos que deben presentar dichos artefactos para ser utilizados como sistema de apoyo de un sistema solar térmico.

La Ley 24.076 (56) -Marco Regulatorio de la Actividad del Gas Natural- crea en su Artículo 50 al Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). En el Artículo 52 inciso b) de la mencionada Ley se fijan las facultades del ENARGAS, entre las cuales se incluye la de dictar reglamentos en materia de seguridad, normas y procedimientos técnicos a los que deben ajustarse todos los sujetos de esta Ley. Asimismo, una de las funciones de dicho Ente es: “e) *Incentivar la eficiencia en el transporte, almacenamiento, distribución y uso del gas natural*” y “f) *Incentivar el uso racional del gas natural, velando por la adecuada protección del medio ambiente*”, Artículo 2.

Desde el punto de vista institucional, y teniendo en cuenta la trayectoria del ENARGAS en establecer las normas para los equipos de calentamiento de agua en el país, sería conveniente que este mismo Organismo sea el que regule y normalice todos los equipos de ACS, incluyendo los solares.

Por otro a lado, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), es una asociación sin fines de lucro y Organismo no gubernamental de utilidad pública que establece normas técnicas, las normas IRAM ya existentes. El IRAM cuenta con normativas de Energía Solar Térmica que resultan de aplicación para el sistema híbrido.

Otras instituciones nacionales también realizan esfuerzos en lo que hace a la formación de recursos humanos capaces de instalar y diseñar instalaciones solares, en particular el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

La normativa actual con respecto al gas natural no tiene incluido los colectores solares térmicos. El aporte proyectado a través de este trabajo consiste en proponer adecuaciones y actualización necesarias en las NAG a fin de que estas incluyan las características que deben cumplir los artefactos de gas en el mercado, para que sean aptos como complemento de un colector solar térmico. Como así también, si fuera necesario, la creación de una norma que incluya el sistema híbrido en su conjunto, como se plantea a continuación:

- ✓ NAG-360 “Requisitos mínimos de seguridad, durabilidad y eficiencia de los sistemas híbridos para el calentamiento de agua sanitaria (solar-gas)”,
- ✓ Adenda N° 1 de la NAG-311 “Requisitos provisorios para la aprobación de calderas de calefacción para uso domiciliario a gas”,
- ✓ Adenda N° 2 de la NAG-313 “Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos (calefones)”,
- ✓ Adenda N° 2 de la NAG-314 “Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques)”.

La NAG-360 establece los requisitos mínimos de seguridad, durabilidad y funcionalidad que deben cumplir los sistemas de producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) a gas natural (GN) o gas licuado de petróleo (GLP) que funcionan como complemento de sistemas de energía solar térmica. Esta norma se aplica a los sistemas solares térmicos para uso doméstico, con una capacidad de almacenamiento de agua caliente menor o igual a 500 litros, cuyo complemento es un artefacto de producción de ACS a GN o GLP -denominados sistemas híbridos para el calentamiento de ACS-. Los sistemas híbridos construidos por acoplamiento de distintos componentes, adquiridos en forma independiente, deben cumplir con esta norma. Asimismo, los fabricantes pueden proveer el sistema híbrido como un sistema completo donde cada uno de los componentes debe cumplir con las normas aplicables. Esta norma no se aplica a sistemas híbridos que utilicen como complemento energía eléctrica para el calentamiento de agua y no está prevista para su utilización como una especificación de diseño, ni contiene condiciones de la instalación. La norma ha sido elaborado por una comisión integrada por personal técnico del Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), fabricantes de artefactos para gas, representantes del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Universidad Nacional de Luján (UNLu) y del Ministerio de Energía y Minería (MINEM). El estudio de dicha norma se efectuó con el fin de aprovechar la energía renovable, en particular la energía solar térmica, de manera de disminuir los consumos de gas natural. Dicha norma indica los componentes mínimos de una instalación térmica con sistema complementario a gas. El Etiquetado de Eficiencia Energética del colector solar y del sistema solar térmico debe estar conforme con lo establecido en la Norma IRAM 210022-2 e IRAM 210015-2, respectivamente.

Los proyectos NAG-360, Adenda N° 1 de la NAG-311, Adenda N° 2 de la NAG-313 y Adenda N° 2 NAG-314 fueron sometidos a discusión pública en el año 2017. Las observaciones recibidas fueron analizadas por personal técnico del ENARGAS y se realizaron las adecuaciones de texto correspondiente.

La Adenda N° 1 de la NAG-311, Adenda N° 2 de la NAG-313 y Adenda N° 2 NAG-314 establecen las características adicionales que deben poseer las calderas, calefón o termotanque (respectivamente) para poder ser utilizados como complemento de un sistema solar térmico para producción de ACS. Dichos artefactos a gas deben llevar una etiqueta adherida que indique: **“apto como complemento de un sistema solar térmico”** (ver Figura 48).



Figura 48. Modelos de etiqueta, para artefactos a gas (ACS).

Asimismo, el artefacto a gas debe estar construido con materiales apropiados que soporten una temperatura de entrada de agua de hasta 100 °C. Además, en dichas adendas se mencionan los complementos de un sistema solar térmico: sistemas de seguridad contra excesos de presión y/o de temperatura del agua almacenada.

A continuación, se observa un esquema de las normas relacionadas con el sistema híbrido a gas natural. Arriba se observan las normas IRAM, referidas al colector solar térmico y al acumulador térmico. Abajo se observan las normas NAG referidas a los artefactos de gas natural para ACS:

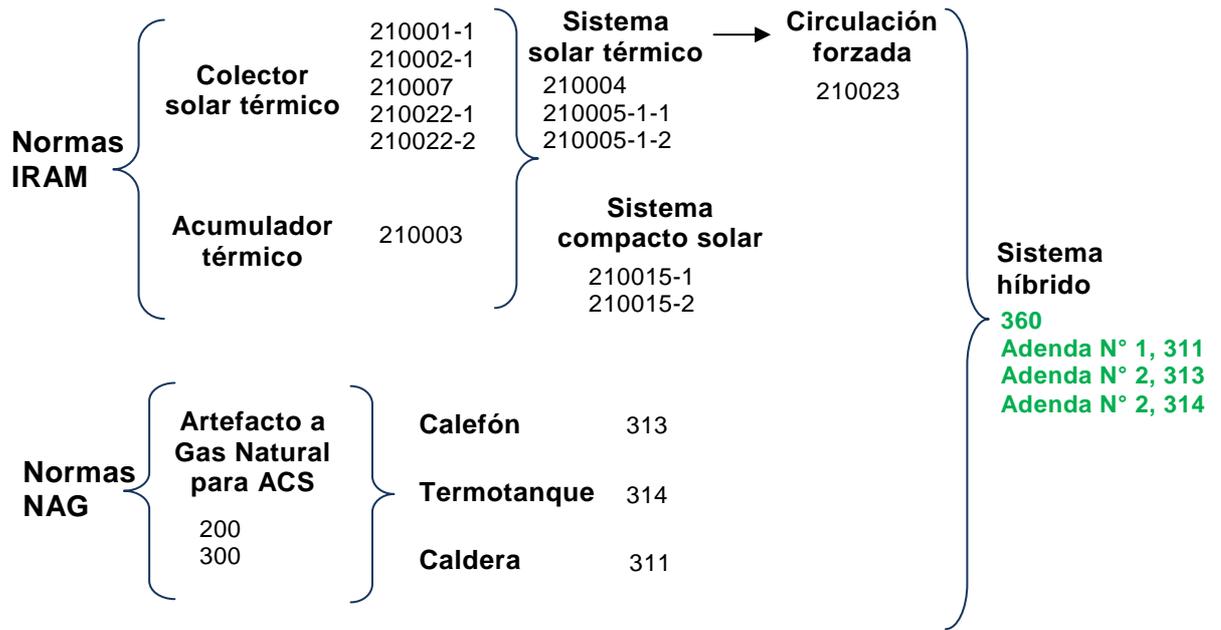


Figura 49. Esquema de las normativas para los sistemas híbridos para ACS a gas natural.

Otra alternativa es pensar en un sistema de etiquetado unificado que permita al usuario comparar entre artefacto eléctrico, gas y sistema híbrido, tanto en el consumo de energía, como el impacto económico en sus facturas y en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como se propone en el ANEXO VII: ALTERNATIVA DE ETIQUETADO EN ARTEFACTOS PARA ACS.

G. ANÁLISIS DE COSTOS Y AMORTIZACIÓN

El objetivo de este capítulo es investigar el costo de los artefactos a gas y eléctricos convencionales y de los colectores solares térmicos⁶⁸ para ACS, y calcular el tiempo de amortización del sistema híbrido, teniendo en cuenta diferentes precios del gas natural en el país.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: Análisis sobre costos de artefactos convencionales a gas y eléctricos para ACS existentes en el mercado. Análisis sobre costos de colectores solares existentes en el mercado. Estudio de amortización de los artefactos convencionales a gas y eléctricos para ACS y de los Sistemas Híbridos.

G.1 - Artefactos convencionales

En el mercado hay una gran variedad de termotanques y calefones, algunos de ellos son:

Calefón Tiro Natural de 14l/min:



Calefón marca ORBIS, modelo 315KHO a gas natural. Línea Eurotrend. Caudal de agua mínima 4 l/min. Control de temperatura mediante corredera. Presenta llama piloto permanente. Cuesta \$9.399.⁶⁹

Calefón Longvie CN414SSF 14 l, tiro natural. No presenta llama piloto permanente para funcionar (encendido electrónico). Cuesta \$10.599.⁷⁰



⁶⁸ Los costos de los equipos corresponden a diciembre de 2018.

⁶⁹ <https://www.garbarino.com/producto/calefon-tiro-natural-orbis-14-lts-315kho-gas-natural/4667554e94>

⁷⁰ <https://www.fravega.com/calefon-longvie-cn414ssf-14lt-90057/p>



Calefón marca ORBIS, modelo 315KPO digital a gas natural. Línea Eurotrend. Encendido automático ionizado (sin llama piloto permanente). Clase de eficiencia energética A. Cuesta \$12.699.⁷¹

Como se puede observar un calefón sin llama piloto permanente no cuesta mucho más que un calefón con piloto permanente.

Termotanque a gas de 120 l:



Termotanque a Gas Rheem 120 l, TGNP120RH. Cuenta con aislación de poliuretano ecológico que permite conservar el agua caliente durante un mayor lapso de tiempo. No es de alta recuperación. Clase de eficiencia energética A⁷². Cuesta \$18.599.⁷³

⁷¹ <http://www.rodod.com.ar/hogar/agua-caliente/calefones/orbis-calefon-14-litros-315kpo.html>

⁷² <http://rheem.com.ar/productos/termotanques-a-gas/aee>

⁷³ <https://www.garbarino.com/producto/termotanque-a-gas-rheem-120-l-tgnp120rh/57e083787d>

Termotanque a gas marca Saiar, modelo TPG 120 I. Aislación de poliuretano ecológico. La temperatura se selecciona a través de una perilla. Cuesta \$14.899.⁷⁴



Termotanque a gas ESCORIAL 120 I, modelo ES-120 multigas. Cuesta \$6.999.⁷⁵

Termotanque con bomba de calor

Termotanque Heat Pump eléctrico, marca BGH, capacidad de 190 litros, modelo BSTH-15/190RD, dimensiones: 1,68 m de alto y 0,56 m de diámetro. Costo \$58.999.⁷⁶



⁷⁴ <https://www.fravega.com/termotanque-a-gas-saiar-tpg-120lt-93701/p>

⁷⁵ <https://www.garbarino.com/producto/termotanque-a-gas-escorial-120-l-es-120-multigas/9527808775>

⁷⁶ Valor en pesos correspondiente a la fecha 16/02/19, BGH, Termotanque Heat Pump, <https://store.bgh.com.ar/termotanque-bgh-heat-pump-190-litros/p>

Termotanque eléctrico



Termotanque eléctrico, marca EnergySafe, modelo FD80D wifi gris, doble aislación térmica, potencia 1500 W. Costo \$12.799.⁷⁷



Termotanque eléctrico, marca Peabody, modelo PE-WT100B. Blanco, potencia 1500 W. Costo \$8.999.⁷⁸



Termotanque eléctrico de 80 litros, marca Ariston, modelo 3605348, consumo 1800 W, clase A. Costo \$10.589.⁷⁹

⁷⁷https://www.ribeiro.com.ar/producto/termotanque-electrico-energy-safe-fd80d-wifi-gris/_/A-019020020000-019020020000_s/

⁷⁸https://www.ribeiro.com.ar/producto/termotanque-electrico-peabody-pe-wt100b-blanco/_/A-019020030000-019020030000_s/

⁷⁹<https://www.sodimac.com.ar/sodimac-ar/product/179812X/Termotanque-electrico-80-l/179812X>



Termotanque eléctrico, marca Rheem, 85 litros, modelo TEC085RH, consumo 2000 W, clase A. Costo \$ 13.999⁸⁰.

Como se observa, el costo promedio inicial de un termotanque eléctrico es de aproximadamente U\$S 300.

En la Figura 50 se observa un resumen de los costos de los diferentes artefactos a gas y eléctricos en dólares. La línea punteada horizontal representa el costo promedio, U\$S 500.

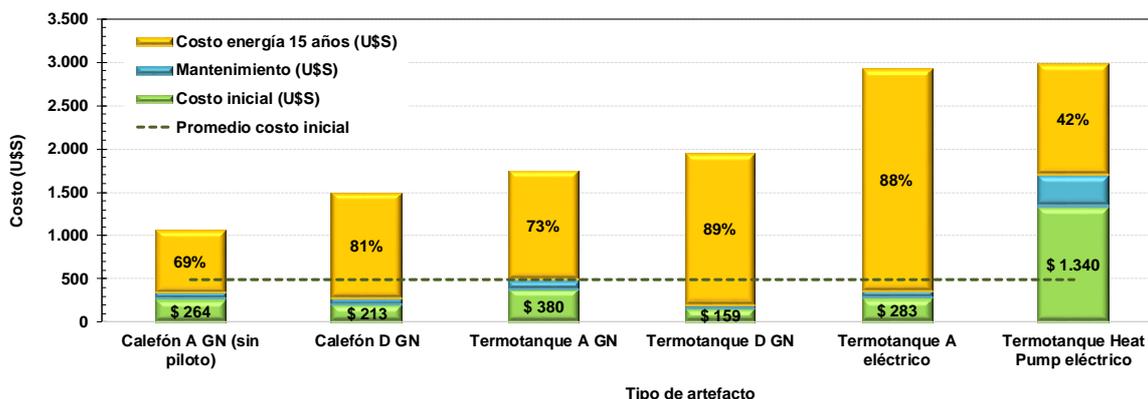


Figura 50. Costo de diferentes alternativas de artefactos a gas o eléctricos para ACS.

Las barras inferiores (verdes), de la Figura 50, es el costo del artefacto a gas o eléctrico, las barras intermedias (turquesas) corresponden al costo de mantenimiento, que se considera un 27% del costo del equipo, y las barras superiores (amarillas) son el costo del gas natural o de electricidad en 15 años de uso del equipo.

Para realizar este gráfico se consideró un costo de gas de 14,26 \$/m³ (equivalente a 0,37 U\$S/m³) y un costo de la electricidad de 4,48 \$/kWh (equivalente a 0,11 U\$S/kWh), lo que equivale al costo promedio unitario de todas las categorías o usuarios.

En la Figura se observa el costo inicial de la compra de cada artefacto. También se puede observar el porcentaje del costo del gas en 15 años respecto al del costo total (costo inicial, costo de mantenimiento y costo de la energía a valor presente en 15 años de uso del artefacto).

⁸⁰<https://www.garbarino.com/producto/termotanque-electrico-rheem-85-l-tec085rh/981450c2a6>

No es fácil comparar los costos de gas y de electricidad en Argentina: hay 8 categorías de usuarios residenciales (R1, R21,..., R34), cada uno con un costo unitario del gas y un cargo fijo diferente, y hay 9 categorías de usuarios de energía eléctrica (R1, R2,..., R9) también con distintos costos unitarios y distintos cargos fijos. En ambos servicios hay subsidios sociales diferentes y las tarifas varían entre las distintas subzonas tarifarias del país. Sin embargo, si homologamos las primeras 8 categorías de usuarios residenciales de gas con las 8 primeras categorías de usuarios de electricidad, y se comparan los costos de gas y electricidad para los usuarios residenciales de Buenos Aires^{81,82} se obtiene la Figura 51, donde se muestra el costo en pesos por kWh de energía (gas y electricidad) con las nuevas tarifas vigentes a partir de febrero de 2019. Para obtener el costo efectivo del kWh (m³ en el caso del gas natural), se calcula para cada segmento de usuario un consumo medio mensual o bimestral, igual al promedio de los valores mínimos y máximos que definen este segmento de consumo de usuario o categoría (57).

Con el consumo medio de cada categoría, se calcula el costo de la energía y se agrega el cargo fijo correspondiente. A este valor pueden agregarse los respectivos impuestos y al resultado final del costo medio de la factura, se lo divide por el consumo medio de la categoría correspondiente. De este modo se obtienen los costos efectivos de la unidad energética, para cada categoría de usuarios, que se representa en la Figura 51.

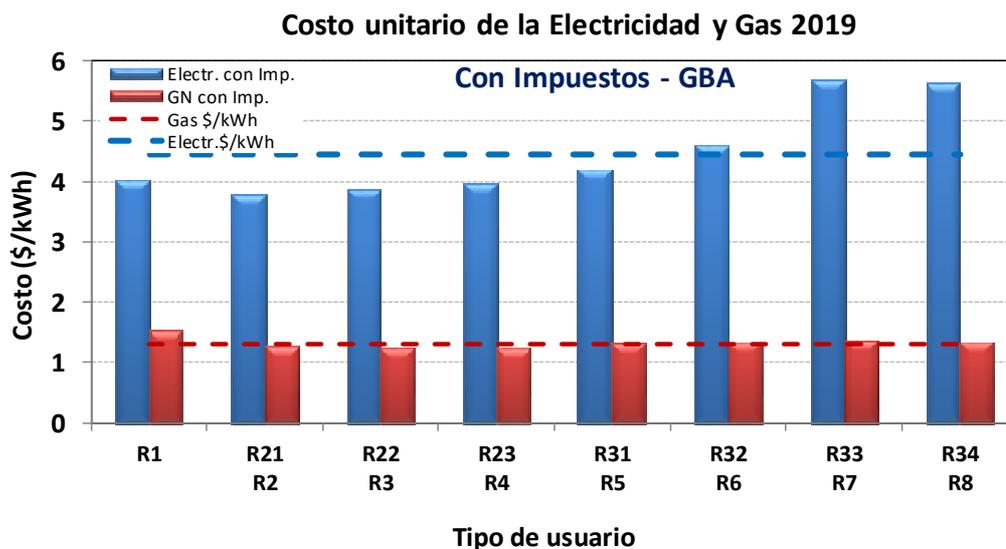


Figura 51. Costo de los insumos de gas y de electricidad en \$/kWh en el Gran Buenos Aires (GBA) a partir de febrero de 2019, para los distintos tipos de usuarios residenciales. En estos costos se incluye el valor de los cargos fijos y se supone un consumo medio igual al promedio entre el máximo y el mínimo que definen cada categoría de usuario. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 51 se incluyen los impuestos (con Imp. Como se observa en el gráfico) del 30% para el gas y 30% para la electricidad. Los usuarios de gas tienen una designación de dos dígitos: R1, R21,..., R34, mientras que los usuarios de electricidad de un solo dígito, R1 a R9.

⁸¹ENARGAS, fecha: 08/10/2018, <http://wss.enargas.gov.ar:9090/service.aspx/ObtenerArchivo?Tipo=8&Numero=292&Ano=2018>

⁸²EDENOR, Resolución ENRE N° 25/2019 Vigente a partir del 01/02/2019, <http://www.edenor.com.ar/cms/files/SP/CuadroTarifario.pdf>

Como se observa en la Figura el costo promedio de electricidad es 4,46 \$/kWh y el costo del gas es de aproximadamente 1,30 \$/kWh (líneas punteadas horizontales en el gráfico).

Un hecho interesante es que la relación del costo de la electricidad respecto al del gas para la misma unidad de energía, en todas las categorías varía entre 2,6 y 4,2, siendo el promedio aproximadamente 3,39. Esta variación de precios es razonable, ya que se necesita por lo menos 2 unidades de energía de gas para generar una unidad de energía eléctrica. Además, en este costo se debe incluir la amortización de la central eléctrica. Si se tiene en cuenta que muchas centrales eléctricas térmicas, usan combustibles más caros que el gas y que en general tienen menor eficiencia de generación, es claro que el costo de una dada unidad de electricidad en Argentina debe ser bastante mayor que el del gas, ya que cerca del 60% de la electricidad en este país se obtiene del gas natural. Sin embargo, el costo relativo de la electricidad y del gas en Argentina depende de decisiones políticas que hacen que esta relación pueda variar en un amplio rango.

En la Figura 52 se observan los consumos eléctricos residenciales promedio en las principales ciudades de Argentina para el año 2014 (58). La última columna corresponde a los consumos medios eléctricos para ACS, si se usa electricidad en vez de gas natural.

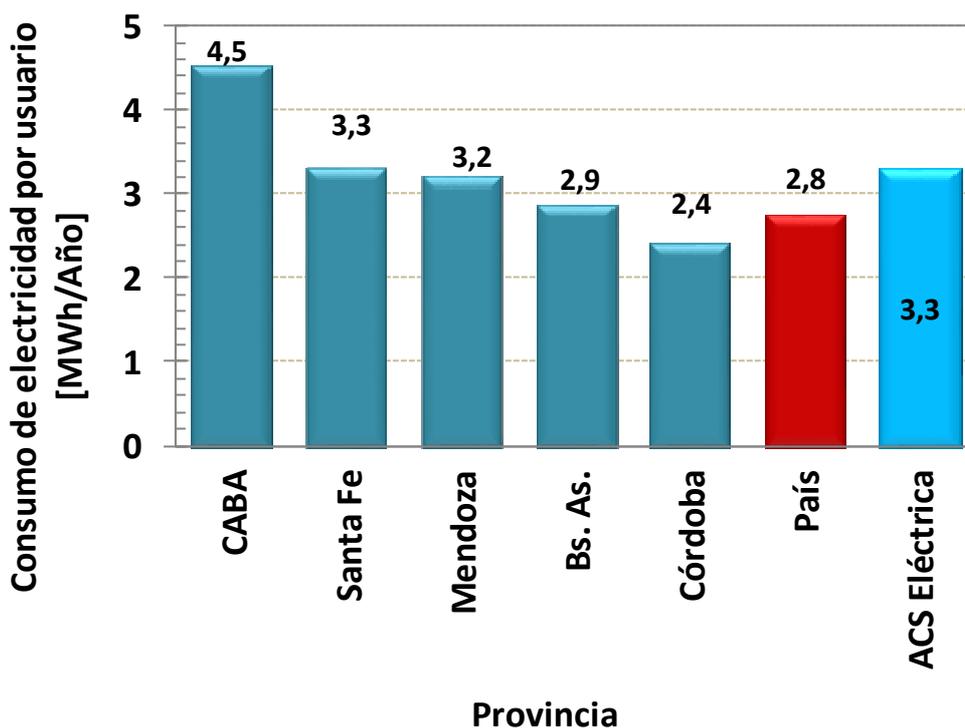


Figura 52. Consumos eléctricos residenciales promedio para las principales ciudades de Argentina, promedio país y para el uso de ACS (12),(57),(58), año 2018. Fuente: Elaboración propia.

Las primeras cinco columnas (de izquierda a derecha), corresponden a cinco ciudades de Argentina, en las que se indica el consumo eléctrico anual promedio por usuario. La sexta columna corresponde al consumo eléctrico anual promedio por usuario de todo el país, aproximadamente 2,8 MWh/año. En la séptima columna se indica el consumo de electricidad

anual promedio de un usuario para ACS, o sea 3,3 MWh/año para calentar 180 litros de agua por día. Un hecho notable es que si los usuarios de Argentina, además de consumir electricidad para los usos habituales, consumieran también electricidad para ACS, su consumo se elevaría a 6,1 MWh/año (2,8 MWh/año promedio de consumo eléctrico + 3,3 MWh/año ACS eléctrica), lo que representa más que el doble del consumo eléctrico anual promedio por usuario del país. Por lo tanto, la incidencia en el sistema eléctrico del calentamiento de agua, debe ser analizada cuidadosamente, ya que afecta de manera muy notable el abastecimiento seguro de electricidad en la mayoría de las regiones del país, siendo el sistema eléctrico actual muy vulnerable a las interrupciones por la gran demanda de este insumo. La construcción de nuevos edificios y casas con todos los servicios eléctricos, en las actuales condiciones de la red eléctrica nacional, debería ser analizada cuidadosamente.

G.2 - Colectores solares

En el mercado hay diferentes tipos de marcas, modelos y precios de colectores solares térmicos para ACS. Generalmente los precios no están publicados en Internet y es necesario solicitar el presupuesto⁸³. Algunos de los sistemas existentes en el mercado son:

- Termotanque solar “SUSTENTEC”. Termotanque solar presurizado heat pipe⁸⁴. Como se ve en la siguiente Figura, en la actualidad hay una promoción del termotanque solar que incluye el equipo y la garantía de \$46.250 más IVA.



⁸³ Los precios de los equipos corresponden a diciembre de 2018.

⁸⁴ “Heat-pipe”, se utiliza un fluido que se evapora al calentarse, ascendiendo hasta un intercambiador ubicado en el extremo superior del tubo. Una vez allí, se enfría y vuelve a condensarse, transfiriendo el calor al fluido principal. https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar_de_tubos_de_vac%C3%ADo

- Energía Solar Térmica “INNOVASOL, Energía Sustentable”⁸⁵.



Tiene una capacidad de 150 l, modelo THP-IN-15 y un costo de \$42.056,25.⁸⁶

- Solar térmico “ARISTON”⁸⁷. Presenta un sistema de circulación natural para producción de ACS:



Presenta dos modelos: KAIROS THERMO HF 150-1 TR a \$ 75.546 y KAIROS THERMO HF 200-1 TR a \$ 87.688 (IVA incluido).

⁸⁵ <http://www.innovasol.com.ar/categoria-producto/energia-solar-termica/>

⁸⁶ <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-701271017-termotanque-solar-heat-pipe-150-acero-inoxidable-kit-elec->

[_JM?matt_tool=74779814&matt_word&gclid=Cj0KCQiA597fBRCzARIsAHWby0H2NEeu7QnJtqB13MEnWDuSw_VIHcsf35YXWx5HicZHjSgQFUw9I9laAmEIALw_wcB&quantity=1](http://www.innovasol.com.ar/categoria-producto/energia-solar-termica/_JM?matt_tool=74779814&matt_word&gclid=Cj0KCQiA597fBRCzARIsAHWby0H2NEeu7QnJtqB13MEnWDuSw_VIHcsf35YXWx5HicZHjSgQFUw9I9laAmEIALw_wcB&quantity=1)

⁸⁷ http://www.ariston.com/ar/kairos_thermo_hf

Asimismo, presenta un colector solar para circulación forzada:



Las dimensiones del colector solar son 2x1m. Se pueden instalar hasta 10 colectores en paralelo. El precio sugerido al público IVA incluido es de \$ 25.070.⁸⁸

- Equipos de energía renovable “E-COLOGICA”⁸⁹, empresa de Rosario, Santa Fe. Ofrecen colectores solares no presurizados o presurizados, como también termotanques solares (tanque acumulador, colector de tubos y estructura de soporte) atmosféricos, atmosféricos con intercambiador o presurizador. Como se observa en la siguiente Figura, la promoción es un termotanque solar de 200 l de acero inoxidable, y tiene un costo de 12 cuotas de \$ 2.629.



- “MF Energía Solar”⁹⁰, importación de China. Termotanque solar.

⁸⁸ http://www.ariston.com/ar/kairos_cf_20

⁸⁹ <http://www.e-cologica.com.ar/>

⁹⁰ <http://www.mfenergiasolar.com.ar/>



Modelo MF-300, 342 litros, 30 tubos, tanque, estructura y tubos de vidrio por \$34.060,37.⁹¹

- “Triangular” presenta termotanque solar con un sistema de tubos de vacío para producción de agua caliente. Presentan equipos atmosféricos o presurizados.



Termotanque solar de 200 litros, tiene un costo de \$34.500.⁹²

- “ecospace” presenta termotanque solar termosifónico, de acero inoxidable con una capacidad de 200 litros. El colector solar está compuesto por 20 tubos de vidrio de

⁹¹[https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-712803397-termotanque-solar-mf-energia-solar-mf300-342-litros-30-tubos-](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-712803397-termotanque-solar-mf-energia-solar-mf300-342-litros-30-tubos-_JM?matt_tool=74779814&matt_word&gclid=Cj0KCQiA597fBRCzARIsAHWby0EXWgDBBRuZfl16vsQwtpcdlXbaid8D1ppl-ug2q4X8A9w11zfGvXgaAqavEALw_wcB&quantity=1)

⁹²[https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-756347691-termotanque-solar-triangular-200-litros-ahorra-tus-servicios-](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-756347691-termotanque-solar-triangular-200-litros-ahorra-tus-servicios-_JM#D[S:ADV,L:VIPCORE_RECOMMENDED,V:4,I:MTU0Mjk3ODEyNjQ2MnxILTAwMDE5YWE3fHBsYXktYWtrYS5hY3Rvci5wcm9taXNlcy1kaXNwYXRjaGVyLTEzNnwtOTEzMTg4NjU2NDQ4ODg4Mjc2Ng==,C:4.870000])

⁹²[_JM#D\[S:ADV,L:VIPCORE_RECOMMENDED,V:4,I:MTU0Mjk3ODEyNjQ2MnxILTAwMDE5YWE3fHBsYXktYWtrYS5hY3Rvci5wcm9taXNlcy1kaXNwYXRjaGVyLTEzNnwtOTEzMTg4NjU2NDQ4ODg4Mjc2Ng==,C:4.870000\]](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-756347691-termotanque-solar-triangular-200-litros-ahorra-tus-servicios-_JM#D[S:ADV,L:VIPCORE_RECOMMENDED,V:4,I:MTU0Mjk3ODEyNjQ2MnxILTAwMDE5YWE3fHBsYXktYWtrYS5hY3Rvci5wcm9taXNlcy1kaXNwYXRjaGVyLTEzNnwtOTEzMTg4NjU2NDQ4ODg4Mjc2Ng==,C:4.870000])

borosilicato con sistema de vacío. Es un calentador de agua solar no presurizado. Se puede combinar con sistemas convencionales (gas y electricidad), el costo es de \$29.200. También cuenta con calentador de agua solar presurizado de tubo de calor con una capacidad de 200 litros. El costo es de \$ 58.199. También ofrecen válvula de seguridad mezcladora termo-estática a un costo de \$3.600.

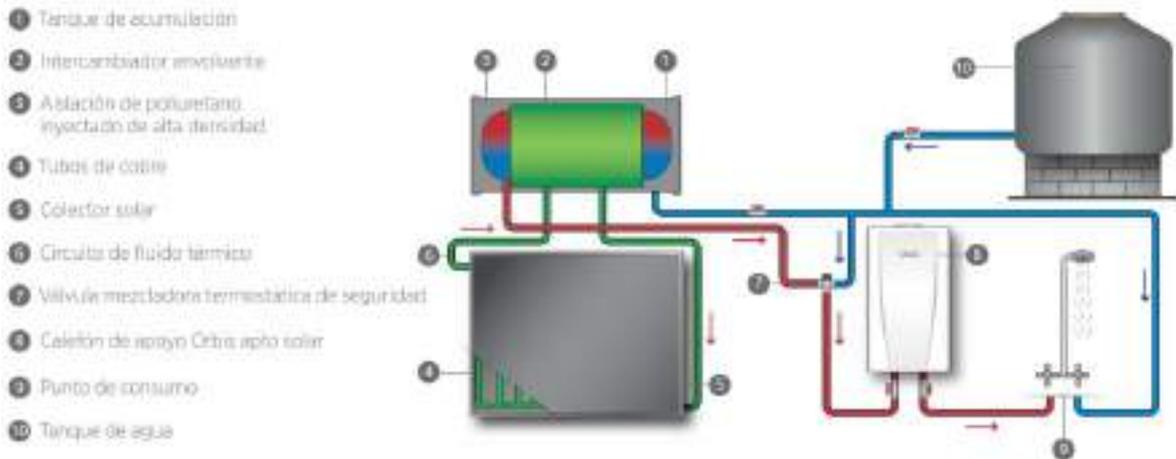


- En “Orbis Solar” el equipo incluye los siguientes elementos: válvula mezcladora termostática, válvula de sobrepresión del circuito primario, válvula de retención y sobrepresión del circuito secundario, fluido caloportador⁹³, kit de conectores de compresión y tubos con aislación para el circuito primario. El precio de un equipo solar termosifónico placa plana (modelo 05 A10 S) de 150 litros es de U\$S 1.215,34.



⁹³ Caloportador: al fluido que transporta, por conducciones, calor de un lugar a otro, <https://es.wikipedia.org/wiki/Caloportador>.

El costo del calefón apto solar es de \$ 7.420 más impuestos. No se incluye en estos costos la instalación de los equipos. El principio de funcionamiento es⁹⁴:



- El colector solar de “Rheem” consiste en la instalación de colectores solares planos en el techo junto con tanque de acumulación. Un equipo modelo 52D180/1L con una capacidad de acumulación de 180 litros, con un colector solar de una superficie de 1,88m² con aislamiento de poliéster. Tanto el colector como el tanque para una cantidad de personas a servir entre 2 y 3, cuesta aproximadamente U\$S 1.542,75 sin IVA. También presentan sistemas de 300 litros compuestos por 2 o 3 colectores.



- La marca “energe” presenta termotanques solares domiciliarios. El equipo se compone de un tanque de acero inoxidable y un colector de placa plana. Un equipo de 180 litros (para el uso entre 3 y 4 personas) cuesta \$ 38.000 incluyendo IVA, la instalación cuesta aproximadamente \$ 6.000. Los equipos son certificados y poseen garantía por 7 años. Es un producto nacional, la planta de producción se encuentra ubicada en Mendoza.

⁹⁴ Sistemas solares térmicos, 2016, https://solares.orbis.com.ar/ORBIS_Sistemas_Solares_Termosifonicos.pdf



En la Figura 53 se observa un resumen de los costos de diferentes colectores solares térmicos para ACS en dólares. La línea punteada horizontal representa el costo promedio, U\$S 1.215.

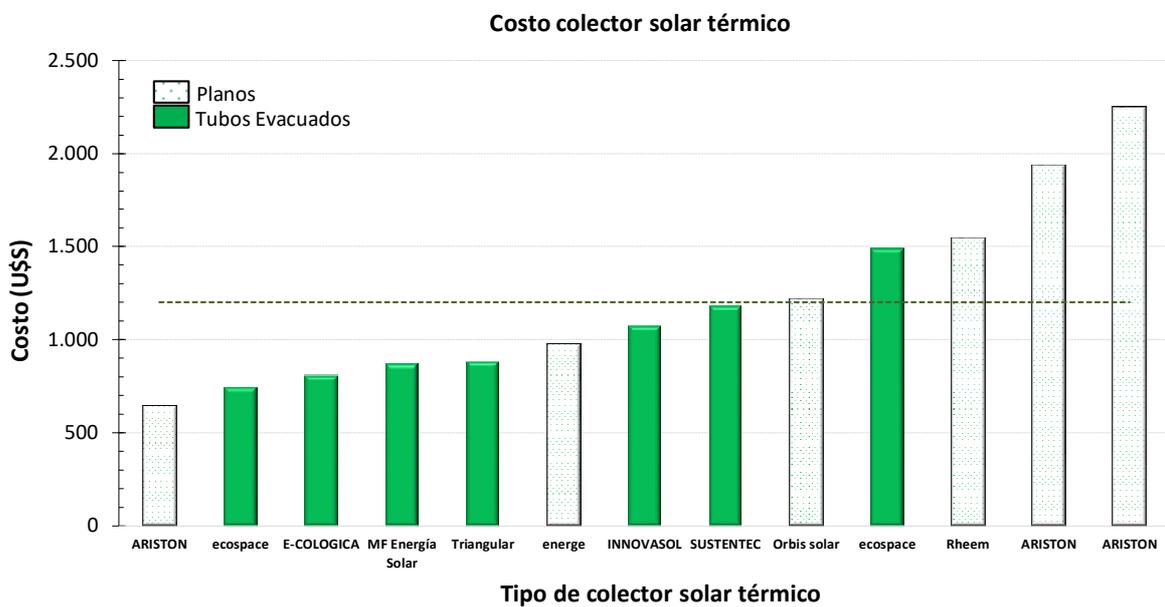


Figura 53. Costo de diferentes alternativas de colectores solares térmicos para ACS.

En el gráfico, los colectores planos están indicados con barras de color claro y los colectores de tubos evacuados (o de vacío) están indicados con color oscuro.

Un panel fotovoltaico de marca Qcells, modelo GS-270, de 270 w de potencia máxima, 1,67 m de largo y 0,99 m de ancho ($1,65\text{m}^2$), se ofrece a un costo de \$7.650.⁹⁵ El panel tiene que acompañarse con un inversor. El Inversor de marca MPPSOLAR⁹⁶, modelo PIP3024HSE, tiene una potencia de 3kW y soporta picos de 6kW, con un costo de \$ 27.150. Si se considera que la radiación media en Argentina es unos 4 kWh/m² y que un panel fotovoltaico posee una eficiencia del 85% con un área de $1,65\text{m}^2$, con cuatro paneles fotovoltaicos se generaría $4 \times 4\text{ kWh/m}^2 \times 1,65\text{m}^2 \times (1-0,85) = 3,96\text{kWh}$, lo que en un año equivale a aproximadamente 1.445,4kWh/año. Esta energía es la energía necesaria para abastecer el consumo de un termotanque con bomba de calor⁹⁷ que consume aproximadamente 1.222 kWh/año.



Un kit de dos paneles solares fotovoltaicos de 270W marca QCELLS, 2 baterías de 12V y un inversor de 3kW cuesta alrededor de \$87.810⁹⁸. Se requiere de dos kits (4 paneles fotovoltaicos) para abastecer un termotanque con bomba de calor que consume aproximadamente 1.222 kWh/año. El costo total es de \$175.622 (lo que equivale a aproximadamente U\$S 4.503) sin considerar el costo de instalación

Información suministrada por el Departamento de Energía Solar (DES), de la Comisión Nacional de Energía Atómica⁹⁹ indica que el costo de paneles fotovoltaicos, inversor y materiales eléctricos es del orden de 1 dólar el watt y un sistema “llave en mano”¹⁰⁰ de entre 2,5 a 3 kW puede costar del orden de U\$S 5.000.

G.3 - Amortización

Los costos de los equipos solares híbridos en la actualidad son muy altos respecto de los artefactos convencionales. Para un consumo medio de aproximadamente 200 l/día de agua caliente sanitaria, el costo de un equipo está en el orden de los U\$S 1500 a 2000, estos costos incluyen tanto el colector solar térmico, con su correspondiente tanque de acumulación y un sistema de respaldo y gasto de instalación. En este capítulo se supone que su costo es de U\$S 1650. En general existen pocos planes de financiación.

⁹⁵ Valor en pesos correspondiente a la fecha 18/02/19, https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-763114278-panel-solar-270w-poli-qcell-ideal-kit-solar-aleman-_JM?quantity=1#reco_item_pos=1&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=66a53e4f-18b5-4d7b-b4d7-e38de09f2c2c

⁹⁶ Valor en pesos correspondiente a la fecha 18/02/19, https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-759027037-inversor-cargador-solar-3kva6kva-24v-reg-pwm-50a-_JM?quantity=1#reco_item_pos=2&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=989a557b-87f7-4556-8b16-696032154cee

⁹⁷ P. Cozza, P. D. Romero, J. Fiora, S. Gil, “Ensayo de eficiencia de un termotanque BGH accionado por una bomba de calor”, rendimiento/COP de $2,91 \pm 0,1$, una energía de mantenimiento de 24 horas de 1,554 kWh y una eficiencia de $2,09 \pm 0,1$, año 2018.

⁹⁸ https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-765531126-kit-solar-inteligente-panel-solar-270-inverter-36-kwh-_JM?quantity=1

⁹⁹ Departamento Energía Solar, <http://www.isabato.edu.ar/energiasolar/>

¹⁰⁰ Sistema en funcionamiento, equipo listo para conectar y poner en marcha.

Un equipo convencional a gas de buena marca y con piloto permanente incluyendo la instalación cuesta unos U\$S 300 en el mercado local. Otro elemento necesario para poder comparar los tiempos de amortización es el costo del gas. Para ello se propone los siguientes escenarios, que se muestran en la Tabla 16. Por su parte, en el escenario 1, el costo del gas es similar al que paga un usuario residencial promedio (11) en la zona central de la Argentina. El escenario 2 corresponde al precio que paga un usuario de GLP (Gas Licuado del Petróleo) sin subsidio en Argentina.

En los dos escenarios indicados en la Tabla 16, tenemos los resultados que se indican en las Figura 54, Figura 55, Figura 56 y Figura 57. En todos los casos suponemos una Tasa Interna de Retorno del 5% (TIR) para reducir los costos a Valor Presente Neto (VAN). Además, suponemos, que el sistema solar está asociado a un calefón modulante, sin consumos pasivos (sin piloto permanente). Ver ANEXO VIII: ANÁLISIS DE COSTOS Y AMORTIZACIÓN.

Costo de gas	\$/m ³ (GN eq)	U\$S/MM BTU ¹⁰¹
Escenario 1 (GN)	14	9
Escenario 2 (GLP)	42	27

Tabla 16. Costo del gas al usuario residencial. Suponiendo una conversión de U\$S 1 = \$ 44, la segunda columna indica el costo de gas en \$/m³ y la tercera en U\$S/millón de BTU.

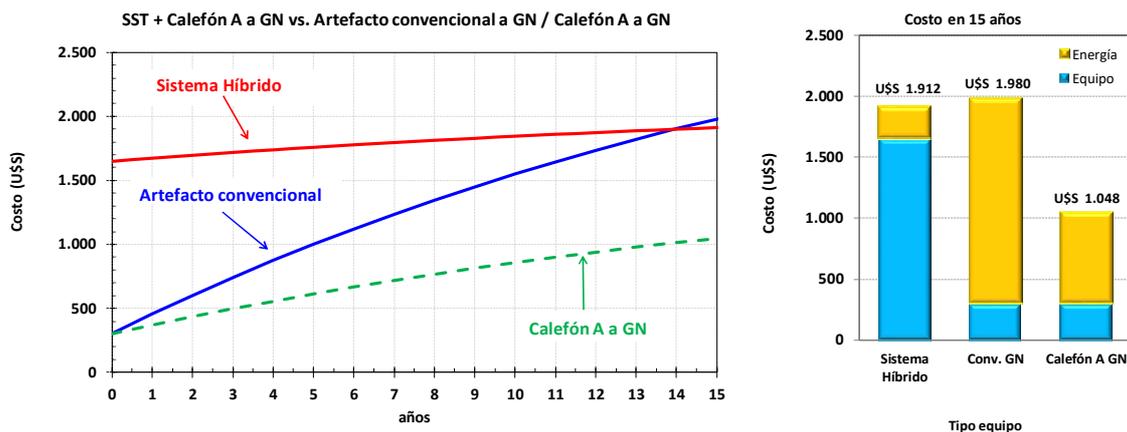


Figura 54. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los tres equipos: convencional a GN, calefón A a GN y sistema híbrido solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los tres equipos.

Se denomina “*artefacto convencional*” a un calefón a gas natural clase F (NAG-313) o termotanque a gas natural clase E (NAG-314), artefactos predominantes en las viviendas de Argentina. Se asume un consumo pasivo para el artefacto convencional que es de 0,5 m³/día (equivalente a 182,5 m³/año). El consumo anual de gas del artefacto convencional para obtener ACS se considera de 1,37 m³/día (equivalente a 500 m³/año).

El consumo anual de un calefón A a GN para obtener ACS se considera de 0,61 m³/día (equivalente a 223 m³/año).

El sistema híbrido está compuesto por un Sistema Solar Térmico (SST) y un calefón A a Gas Natural (GN), el cual no presenta consumos pasivos.

¹⁰¹ British thermal unit, unidad térmica británica, (BTU). <https://es.wikipedia.org/wiki/BTU>

Con un costo de gas de 9 U\$\$/millón de BTU, equivalente a 14 \$/m³; similar al que paga un usuario promedio en la zona central de la Argentina por el m³ de gas natural (después de los ajustes ocurridos en el 2018), el costo del sistema híbrido recién se amortiza pasados los 15 años (Figura 54). Sin embargo, el salto en el presupuesto inicial, que en general queda a cargo del usuario es muy importante, y actúa como un factor disuasorio para adoptar la opción del sistema híbrido.

En las Figura 55 se muestra la evolución de los costos en el caso que el precio del GLP sea de 27 U\$\$/millón de BTU, equivalente a 42 \$/m³; que es el costo que paga un usuario sin subsidio para este combustible en Argentina (equivale a un costo de \$2.444 el tubo de 45 kg), ver ANEXO VIII: ANÁLISIS DE COSTOS Y AMORTIZACIÓN. En este caso, los equipos solares híbridos se amortizan en 3,5 años. Sin embargo, el salto en el presupuesto inicial, es aún muy importante y actúa como un factor disuasorio para adoptar la opción del sistema solar híbrido.

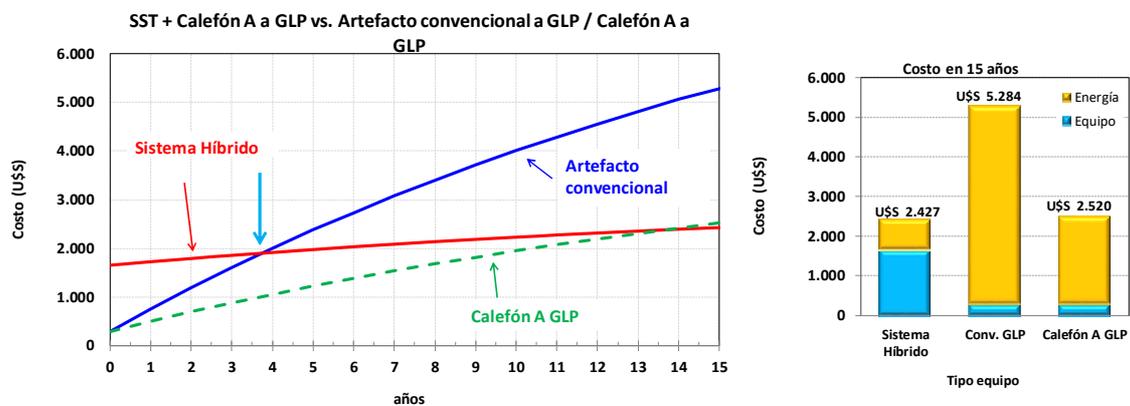


Figura 55. Escenario 2. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de GLP para los tres equipos: convencional a GLP, Calefón A a GLP y sistema híbrido solar-gas. En este caso el costo del equipo híbrido se amortiza en 3,5 años. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los tres equipos.

El sistema híbrido se compone por un SST y un calefón A a GLP, el cual no presenta consumos pasivos.

En el caso de los usuarios de GLP, la inversión en sistemas híbridos a gas se amortizaría en menos años que en los usuarios de gas natural.

Si se estudia el caso de un sistema híbrido compuesto por un termostato A a gas con un costo de aproximadamente U\$\$ 1800 incluyendo instalación y la compra de un termostato A de unos U\$\$ 400, el resultado que se observa es el siguiente en el caso de un usuario con gas natural de red (Escenario 1):

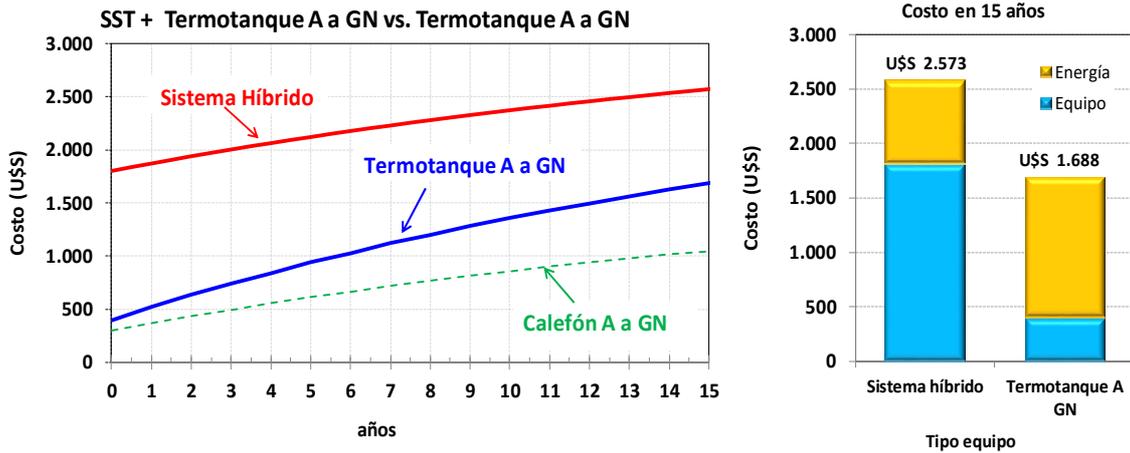


Figura 56. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: termotanque A a GN y sistema híbrido solar-gas compuesto por termotanque A. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los dos equipos.

El consumo anual del termotanque A a GN para obtener ACS se considera de 1,05 m³/día (equivalente a 383 m³/año). El sistema híbrido se compone por un SST y un termotanque A a GN. Se estima que el consumo de gas del sistema híbrido es de aproximadamente 0,63 m³/día (equivalente a 230 m³/año), ver capítulo A Estudio de potenciales ahorros de energía.

El sistema híbrido se compone por un SST y un termotanque A a GN, el cual presenta consumos pasivos.

Como se observa en la Figura 56, el sistema híbrido no se amortiza en el término de 15 años comparándolo con la compra e instalación de solo un termotanque A a gas.

Para un usuario que utiliza garrafa (GLP), escenario 2, los resultados cambian:

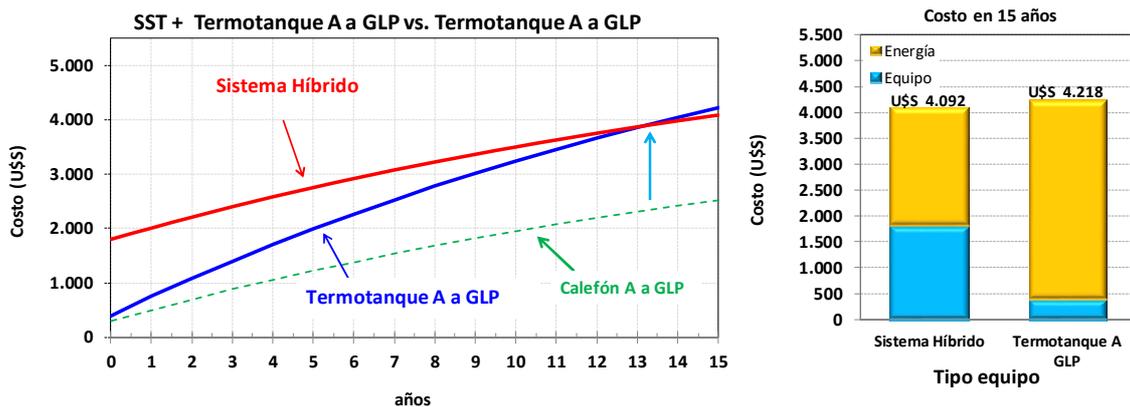


Figura 57. Escenario 2. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: termotanque A a gas y sistema híbrido solar-gas compuesto por termotanque A. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los sistemas híbridos y termotanque.

El sistema híbrido se compone por un SST y un termotanque A a GLP, el cual presenta consumos pasivos.

Como se observa en la Figura 57, en este caso la amortización ocurre a los 13 años.

H. MECANISMOS DE FINANCIACIÓN

El objetivo de este capítulo es analizar alguna forma de financiar estos sistemas híbridos para que sea más accesible y viable su implementación para los usuarios residenciales.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: Estudio de Sistemas de Financiación que faciliten a los usuarios la adquisición de estos sistemas híbridos.

H.1 - Sistemas de Financiación

En las Figura 58 y Figura 59, se observan los mismos escenarios 1 y 2, pero esta vez con un pago inicial del 18% y un financiamiento del 82%, con un plan de financiación de 3 años con un TIR del 5%. Desde luego, esta ingeniería financiera puede modificarse y mejorarse considerablemente. Los resultados indicados en estas figuras sirven para tener un modo comparativo de visualizar estas distintas alternativas y escenarios. Se puede observar que el sistema híbrido financiado no se amortiza dentro de los 15 años.

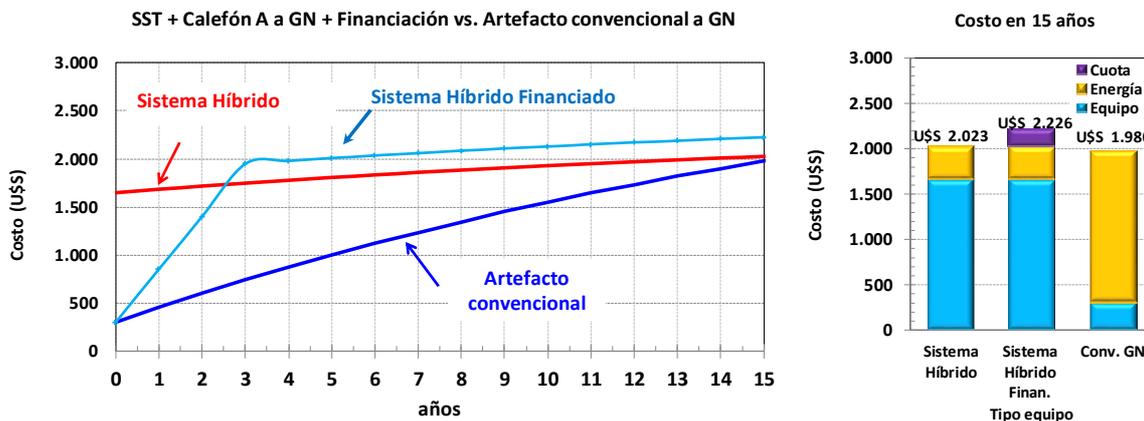


Figura 58. Escenario 1, similar al indicado en la Figura 54, pero incluyendo un pago inicial del 18% y programa de financiación a 3 años. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: convencional a GN y solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los equipos híbridos y convencionales.

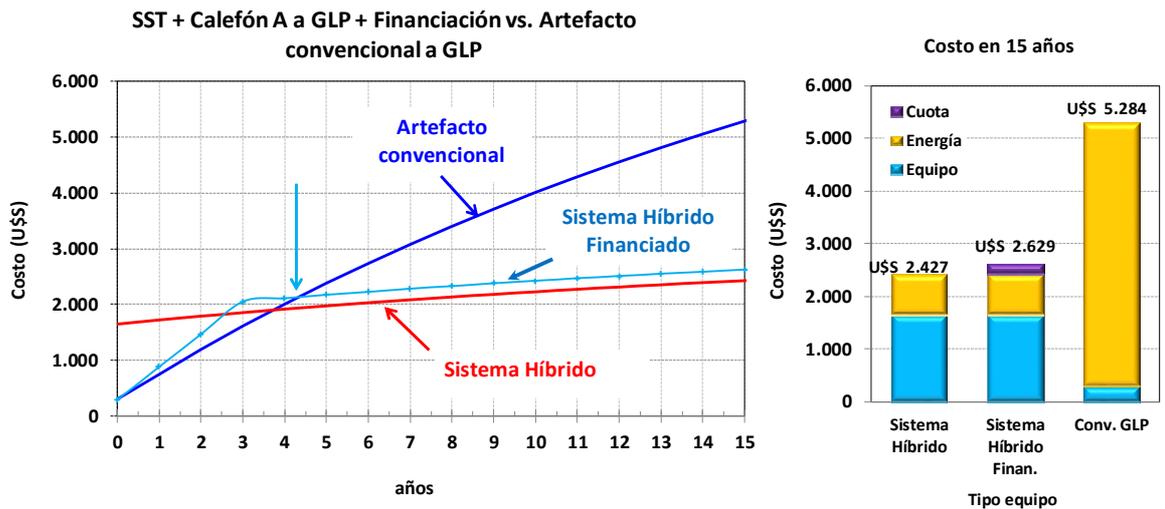


Figura 59. Escenario 2, similar al indicado en la Figura 55, pero incluyendo un pago inicial del 18% y un programa de financiación a 3 años. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos: convencional a gas y solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valores presentes, al cabo de 15 años, de los equipos híbridos y convencionales.

Como se observa en la Figura 59 el sistema híbrido con financiamiento se amortiza en aproximadamente 4,5 años.

Por lo discutido más arriba, se observa que particularmente en el caso de los usuarios de GLP en Argentina, es posible que el mercado por si solo impulse el desarrollo de sistemas híbridos para el calentamiento de agua sanitaria. Sin embargo, para su desarrollo es imprescindible una acción proactiva por parte del Estado, por un lado generando mecanismos de financiación de bajo costo y por otro, estableciendo normativas que permitan a los usuarios y a los bancos elegir equipos que efectivamente generen ahorros importantes de gas o electricidad y que se puedan amortizar en tiempos razonables, menores a los 15 años.

En el caso de los usuarios de gas natural se requiere de incentivos económicos y financieros a la par de algunos subsidios para la adquisición de sistemas híbridos. La razón de por qué el país o el gobierno debería impulsarlos, es que a nivel nacional se ahorra gas importado y se reduce la necesidad de ampliar redes de distribución. Además, se tiende a equilibrar la balanza comercial a la par de estimular un importante desarrollo industrial nacional con creación de empleo.

En el caso de los usuarios de GLP, la inversión en equipos solares híbridos a gas se amortizaría en menos años que en los usuarios de gas natural, pero aun para estos últimos es necesaria la introducción de estímulos económicos y financieros para el desarrollo de esta tecnología. Con el pago inicial del 18% (U\$S 300) y un financiamiento del 82% (U\$S 1350 para el sistema híbrido), con un plan de financiación de 3 años con un TIR del 5%, para los usuarios de GN no se llega a amortizar en 15 años y para los usuarios de GLP se amortiza en 5 años.

Resumen de costo promedio anual (en 15 años) de los artefactos y sistemas híbridos, ver Tabla 17 y Figura 60.

Nº	Artefacto o Sistema	Equipo (U\$S/año)	Energía (U\$S/año)	Cuotas (U\$S/año)	Total (U\$S/año)	Total 15 años (U\$S)
1	Calefón A GN	20	50	0	70	1.048

2	Termotanque A a GN	27	86	0	113	1.688
3	SST + Calefón A a GN	110	17	0	127	1.912
4	Conv. GN	20	112	0	132	1.980
5	SST + Calefón A a GN + Financiación	110	25	13	148	2.226
6	SST + Calefón A a GLP	110	52	0	162	2.427
7	Calefón A a GLP	20	148	0	168	2.520
8	SST + Termotanque A a GN	120	52	0	172	2.573
9	SST + Calefón A a GLP + Financiación	110	52	13	175	2.629
10	Termotanque Bomba de Calor	92	86	0	178	2.666
11	Termotanque A eléctrico	23	169	0	192	2.885
12	SST + Termotanque A eléctrico	118	80	0	198	2.977
13	SST + Termotanque A a GLP	120	153	0	273	4.092
14	Termotanque A a GLP	27	255	0	281	4.218
15	Conv. GLP	20	332	0	352	5.284

Tabla 17. Resumen de costos de los artefactos y sistemas híbridos.

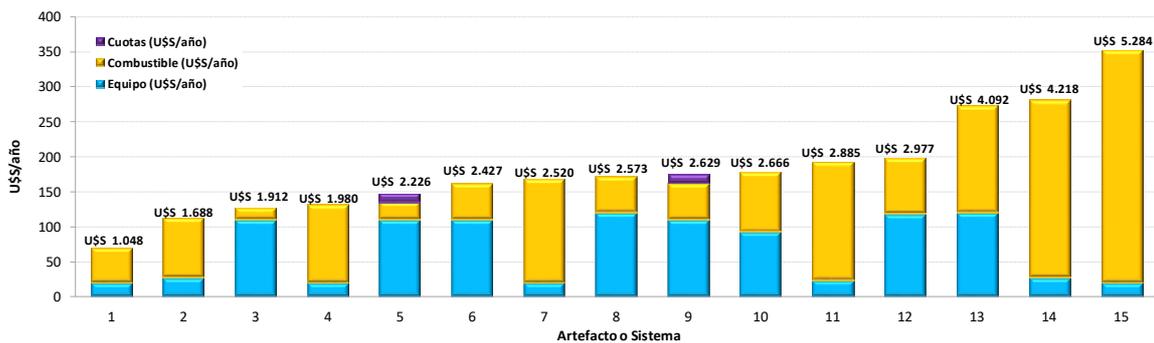


Figura 60. Costo anual (promedio de 15 años) de diferentes alternativas de artefactos a gas y sistemas híbridos.

CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se ha realizado un análisis del avance de la energía solar térmica en la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) tanto a nivel internacional como nacional. En especial se analiza el caso de los países de América y Europa. Se considera especialmente la situación de Argentina, donde algunas provincias han conseguido avanzar, tanto en normativas como en acciones de promoción y desarrollo de esta tecnología. Todos los ejemplos estudiados sintetizan el esfuerzo de varios países y regiones del mundo por reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) mediante el uso de energía renovable (ER) y el Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE).

Se analiza en particular el uso de la Energía Solar Térmica (EST) en la producción de ACS y se concluye que el uso de la EST combinada con el UREE podría contribuir significativamente a la mitigación de emisiones de GEI, responsables del calentamiento global. Esta aproximación contribuiría a ampliar la inclusión social y energética, de muchos sectores de bajos recursos. Se analizan las barreras que inhiben al uso de la energía solar y se estudian las barreras económicas, políticas, y culturales, que traban o inhiben el desarrollo de la EST en Argentina. En ese marco, surge la necesidad y conveniencia de promover en la Argentina el desarrollo y uso de equipos híbridos para ACS, para lo cual es fundamental contar con normativas que regulen la calidad y eficiencia de estos equipos y los modos de promover su producción, su comercialización, y mecanismos de mantenimiento.

Actualmente existen en el mercado local, artefactos convencionales de ACS de alta eficiencia energética, con etiqueta A en el etiquetado de eficiencia, que podrían lograr ahorros de gas del orden del 50% en el ACS. El uso de equipos híbridos, solares con apoyo de calefones modulantes a gas, clase A en eficiencia, podrían aportar ahorros hasta de un 90% en la energía usada en ACS. Esto resultaría económicamente ventajoso para los usuarios, que podrían reducir el costo de sus facturas, y para posibilitar que más personas tengan acceso al uso de ACS, en particular sectores de bajos recursos alejados de las redes de distribución de gas natural. Sin embargo, para que los sistemas solares térmicos puedan alcanzar estos niveles de ahorro de energía y se amortice sus costos en tiempos razonables, deben estar asociados a sistemas de apoyo que minimicen los consumos pasivos; por ejemplo, colectores solares térmicos planos de calentamiento indirecto asociados a calefones modulantes, sin piloto permanente. Los sistemas solares térmicos asociados a artefactos convencionales de alto consumo pasivo, calefones o termotanques C, D o E en etiquetado de eficiencia energética, generarían muy poco ahorro de gas, del orden del 30% al 35% respecto de los sistemas convencionales. De hecho, estos sistemas consumirían aún más gas que un simple calefón convencional clase A, cuyo costo es mucho más bajo y simple de instalar que un sistema solar térmico.

En los termotanques se puede mejorar la aislación térmica de la envolvente del tanque y disponer de un sistema de encendido inteligente de manera de reducir su consumo pasivo.

Tanto por razones económicas como medioambientales, sería conveniente la intervención del estado para establecer estándares de calidad y eficiencia, promover el desarrollo de esta importante industria nacional, que cuenta con un insipiente desarrollo y potencialidad en el país. La fabricación local de estos equipos generaría valor agregado, empleo y contribuiría a disminuir las emisiones de GEI. En el caso de los usuarios de GLP la inversión en sistemas solares híbridos se amortizaría en menos años que en los usuarios de

gas natural, ya que el costo unitario del GLP es mucho más elevado que el del gas natural por redes. Sin embargo, para que los usuarios de GLP puedan aprovechar esta ventaja, es necesaria la introducción de estímulos económicos y financieros que permitan disminuir el impacto del costo inicial de los sistemas híbridos.

Otro aspecto clave es el establecimiento de normas y estándares de calidad, seguridad y eficiencia, que estos equipos debieran cumplir obligatoriamente en todo el territorio nacional. Puede ser útil tomar como base las normas IRAM ya existentes, como así también los esfuerzos que realizan varias instituciones nacionales, en particular INTI, en la formación de recursos humanos capaces de instalar, mantener y diseñar instalaciones solares. Además, es necesario contar con un organismo con autoridad de aplicación, regulación y promoción de la energía solar térmica en Argentina. No menos importante es el diseño de esquemas que facilite su reparación y adecuado mantenimiento. Desde el punto de vista institucional, y teniendo en cuenta la trayectoria del ENARGAS en establecer las normas para los equipos de calentamiento de agua a gas en el país, podría ser el Organismo que regule y haga cumplir las normativas de todos los equipos de calentamiento de agua sanitaria, incluyendo los solares.

Por todo lo expuesto, es necesario contar con políticas públicas, de amplio consenso sostenidas en el tiempo y por los sucesivos gobiernos argentinos, que favorezcan el desarrollo de estas tecnologías e industrias en el país.

ANEXOS

ANEXO I: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE DISTINTOS ARTEFACTOS PARA ACS

Los artefactos para ACS no son equivalentes, es necesario evaluar cada caso en particular, ya que hay varios factores a tener en cuenta como las necesidades de consumo, la cantidad de personas que habitan, el presupuesto inicial, el lugar donde se quiere instalar el artefacto, la presión y calidad del agua, la temperatura del agua de entrada promedio, entre otras cosas. Como regla general al seleccionar un calentador de agua para un hogar o vivienda, se debe elegir un sistema que además de proporcionar la suficiente agua caliente necesaria, también lo haga de manera eficiente en términos de energía. Esto redundará en ahorro de dinero en las facturas de gas o electricidad, a la par que reducirá las emisiones de GEI (30), (13), (60), (61). De este modo, no solo se beneficiarán los usuarios (al reducir las facturas) sino que también se beneficiará el sistema energético nacional, ya que disminuirán los picos de demanda que generan interrupciones en el suministro de energía, se preservarán valiosos recursos naturales y disminuirán las emisiones de GEI. Para ello es conveniente elegir el equipo del tamaño correcto, la fuente de combustible disponible en la vivienda y sus características. Es una buena idea conocer los diferentes tipos de sistemas de calentamiento de agua disponibles antes de comprar uno:

- **Termotanques o sistemas con acumulador** de agua caliente convencionales. Estos sistemas tienen un depósito listo para usar (tanque de almacenamiento) de agua caliente.
- **Calefones o sistemas de calentamiento instantáneo**, sin tanque de acumulación. Estos sistemas calientan el agua directamente sin el uso de un tanque de almacenamiento, según se demanda agua caliente. Funcionan principalmente a gas natural o GLP, aunque también existen algunos modelos eléctricos, pero estos tienen un consumo eléctrico muy alto.
- **Los calentadores de agua con bomba de calor** mueven el calor de un lugar a otro, como los acondicionadores de aire frío-calor, en lugar de generar calor directamente con resistencias. Estos equipos son de muy alta eficiencia y se encuentran disponibles los que funcionan solo con electricidad.
- **Los calentadores de agua solares** usan el calor del sol para proporcionar agua caliente. En general requieren de algún tipo de apoyo convencional, como los ya mencionados, para proporcionar agua caliente cuando no hay sol disponible.
- **Las calderas de agua** que se usan en general para proporcionar agua caliente sanitaria y agua caliente para calefacción (caldera dual), funcionan a gas natural o GLP.

A continuación, se indican las ventajas, desventajas y las observaciones de cada artefacto:

Artefacto	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Termotanque a gas	<p>Se pueden utilizar varios grifos/duchas con ACS de forma simultánea.</p> <p>El agua de salida permanece a la misma temperatura, independiente a la presión del agua.</p> <p>Puede funcionar con bajo caudal y baja presión de agua.</p> <p>Puede trabajar con temperatura de ingreso de agua muy baja.</p>	<p>Requiere de un continuo encendido y apagado del quemador para mantener la temperatura constante.</p> <p>El consumo de gas es superior al de un calefón para el mismo consumo de agua caliente.</p> <p>Capacidad limitada de entrega de agua caliente. Cuando se agota el contenido del tanque, hay que esperar que se caliente de nuevo el agua.</p> <p>Tamaño mayor.</p> <p>Si la presión es muy alta, puede llegar a mezclarse el agua caliente del termotanque que está en la parte superior, con la fría ubicada en la parte inferior.</p> <p>Si el agua de entrada tiene mucho sarro, se sedimenta en la base.</p>	<p>Acumula ACS.</p> <p>Es adecuado para casas grandes, comercios, clubes.</p> <p>No existe un equipo que sea del tipo tiro balanceado.</p> <p>Existe en el mercado de alta recuperación. Se calienta más rápido.</p> <p>Se puede utilizar con gas natural y GLP.</p> <p><u>Recomendado:</u></p> <p>Para casas grandes, comercios, clubes, hoteles, consumos grandes y continuos.</p> <p>Para zonas donde las temperaturas son muy bajas, como en la zona sur de Argentina.</p>
Calefón a gas	<p>Brinda agua caliente sin limitación de uso a temperatura constante.</p> <p>Si es sin piloto permanente, solo consume gas cuando se usa.</p> <p>Ocupan menos espacio</p>	<p>Algunos calefones no encienden el quemador cuando el caudal de agua es menor a 4 l/min (necesitan cierta presión de agua mínima), típicamente de 0,5 Bar.</p> <p>Si el agua tiene mucho sarro, se pueden tapar las serpentinas. Esto es</p>	<p>Se puede utilizar con gas natural y GLP.</p> <p><u>Recomendado:</u></p> <p>Hogares con consumos moderados o bajos, uno o dos grifos</p>

Artefacto	Ventajas	Desventajas	Observaciones
	<p>que otro artefacto.</p> <p>Si es modulante¹⁰², el consumo de gas es menor y más eficiente.</p>	<p>más importante en los calefones con piloto.</p>	<p>consumiendo simultáneamente.</p> <p>En su versión modulante, como equipo de apoyo a sistemas solares térmicos.</p>
Caldera a gas	<p>Las de doble servicio pueden proveer simultáneamente al servicio sanitario y al sistema de calefacción (radiadores o piso/losa radiante).</p> <p>Brinda agua caliente sin limitación de uso.</p> <p>Se pueden utilizar varias canillas con ACS de forma simultánea.</p> <p>Existen calderas de condensación que son mucho más eficientes que las convencionales.</p>	<p>Costo inicial más elevado que un calefón o termotanque.</p> <p>Utilizan electricidad (no funcionan cuando hay cortes).</p> <p>Presentan recipiente para los vapores condensados que debe ser vaciado periódicamente.</p> <p>Existen equipos de condensación de vapores, que son más eficientes.</p>	<p>En zonas donde las temperaturas son muy extremas.</p> <p>Algunos cuentan con programación de horarios y temperaturas.</p> <p><u>Recomendado:</u></p> <p>Cuando se usan radiadores para calefacción, es muy adecuado.</p> <p>Tienen muy buena eficiencia.</p> <p>Se puede utilizar con gas natural y GLP.</p>
Termotanque Bomba de calor	<p>Eficiencia Energética que puede ser superior a los artefactos a gas.</p> <p>No emite gases de combustión.</p>	<p>Elevado costo inicial.</p> <p>Utiliza electricidad (no funciona cuando hay cortes).</p>	<p>Para pequeñas y grandes instalaciones.</p> <p>Si se busca un equipo muy eficiente.</p> <p>Es un equipo eléctrico (no funciona a gas o GLP)</p> <p>Algunos cuentan con programación de horarios y temperaturas.</p>

¹⁰² Ver en glosario: "calefón a gas modulante".

Artefacto	Ventajas	Desventajas	Observaciones
Termotanque eléctrico	No emite gases de combustión.	<p>Recuperación más lenta que el termotanque a gas.</p> <p>Utiliza electricidad (no funciona cuando hay cortes).</p> <p>Capacidad limitada de entrega de agua caliente.</p> <p>Si el agua de entrada tiene mucho sarro, sedimenta en la base.</p> <p>Encendido y apagado continuo de la resistencia para mantener la temperatura del agua constante.</p>	<p>Existen de alta recuperación.</p> <p>Tiene muy buena eficiencia.</p> <p>No se dispone de tiraje de gases al exterior.</p> <p><u>Recomendado:</u></p> <p>Cuando no se dispone de gas natural o GLP.</p>

Tabla 18. Cuadro comparativo de distintos tipos de equipos de calentamiento de agua sanitaria.

Como se ve en la Tabla 18, los equipos de ACS no son totalmente equivalentes, y en cada caso se debe seleccionar el más adecuado para las necesidades del usuario.

ANEXO II: EFICIENCIA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA

El consumo de ACS en Argentina es en promedio de 186 l/día por usuario. Este dato nos permite estimar el requerimiento de ACS por persona. Según el INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) (62), el número de personas promedio por vivienda es de 3,3 personas, lo que deriva a un requerimiento de agua caliente de alrededor de 56 l/día por persona. En el diseño de viviendas se utiliza una cifra de consumo que varía entre 50 y 70 l/día por persona. Como analizamos anteriormente, el consumo de energía para calentar 186 l/día de agua desde una temperatura media de 17 °C a 42°C, es de 4.625 kcal, o sea equivalente a 0,5 m³/día de gas natural. A este valor lo denominamos Energía Útil. Por ejemplo, si el sistema de calentamiento tuviese una eficiencia de 0,74, el consumo de gas sería de 0,65 m³/día. Si a este consumo le sumamos un consumo pasivo de unos 0,5 m³/día, tenemos que, en promedio, consumimos 1,15 m³/día en ACS (0,65 m³/día + 0,5 m³/día).

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

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

En estas expresiones, la *energía útil* es aquella fracción de la energía que efectivamente brinda la prestación deseada para el caso de calentamiento de agua. La *energía usada* es el total de la energía que se suministra al equipo para que funcione y realice su cometido. La diferencia entre la energía usada y la útil, la denominamos *pérdidas* (energía que se disipa y no va a calentar el agua). Según las normas vigentes para calefones (NAG-313) y termotanques a gas (NAG-314) el volumen de referencia que se usa es 400 litros de agua diarios. Por lo tanto, resulta prudente preservar este valor, es casi el doble que el que usa una familia promedio en Argentina. En un calefón, la energía útil sería la energía que se emplea en llevar una masa de agua (m_{agua}) de la temperatura de entrada (T_e) a la temperatura de salida (T_s). El salto térmico $\Delta T = T_s - T_e$, y c es el calor específico del agua, por lo que:

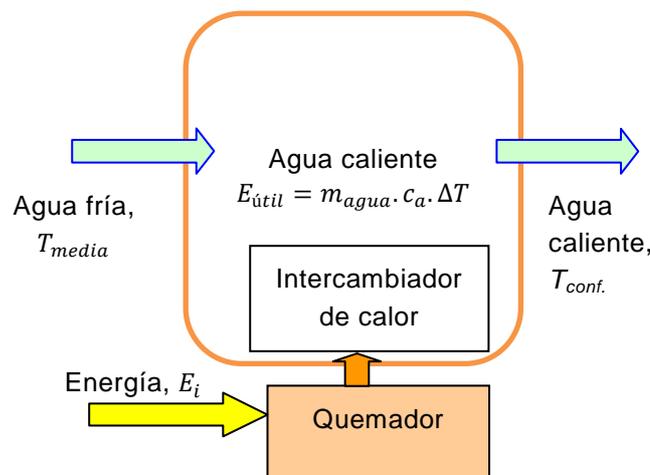


Figura 61. Diagrama esquemático de los sistemas de calentamiento de agua. Se supone que el agua ingresa a la temperatura T_e y sale o se acumula a la temperatura T_s .

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

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

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

Aquí, $E_{calentador}$, para el caso del gas, sería el producto del volumen de gas utilizado para realizar este calentamiento, V_{gas} ; por el poder calorífico del gas, H_s ; o sea:

$$E_{calentador} = V_{gas} \cdot H_s. \quad (3)$$

En el caso eléctrico, $E_{calentador}$ sería el consumo de energía eléctrica para realizar este calentamiento. Para calentar una masa de agua m_{agua} desde una temperatura T_e a otra T_s , entonces el salto térmico será: $\Delta T = T_s - T_e$.

Si se toma como referencia el volumen de agua caliente que una familia promedio usa en la zona centro-norte de Argentina, de 186 litros/día, y el salto térmico de 17°C a 42°C, la *energía útil* sería: $E_{\text{útil}} = m_{agua} \cdot c \cdot \Delta T = 4,625 \text{ kcal/día}$, equivalente a 0,5 m³/día de gas natural o 5,4 kWh/día. Para el gas natural el poder calorífico superior del gas se toma como $H_s = 9.300 \text{ kcal/m}^3$, mientras que para el GLP es $H_s = 10.950 \text{ kcal/kg}$.

Como ya se ha señalado, en los sistemas de calentamiento de agua hay en general consumos pasivos, que son muy significativos. En el caso de calefones con piloto, está el consumo de los pilotos, que por lo general en los equipos comerciales de Argentina es del orden de $E_{M24} \approx 0,5 \text{ m}^3_{(GN)}/\text{día}$. En el caso de los termotanques, aun sin consumo de agua, a lo largo de un día hay un consumo de mantenimiento, que corresponde al piloto más los arranques que realiza periódicamente el quemador para mantener el tanque caliente y compensar las pérdidas de calor del tanque de acumulación. Estos consumos son del orden de los 0,5 a 0,75 m³_(GN)/día. En Tabla 2 (página 37) se indican algunos valores típicos de R y E_{M24} . Como se ve, en muchos casos E_{M24} es superior a la energía necesaria para calentar el agua o $E_{\text{útil}}$.

Para calcular el consumo de energía por día necesaria para obtener un volumen de agua caliente V_{agua} , a la temperatura de confort, $T_{conf} \approx 42^\circ\text{C}$, es preciso conocer el rendimiento del calentador R y el consumo de mantenimiento E_{M24} del equipo.

El calor útil es:

$$E_{\text{útil}} = \rho_{\text{agua}} \cdot V_{\text{agua}} \cdot c \cdot (T_s - T_e), \quad (4)$$

Si tomamos $T_e \approx 17^\circ\text{C}$, entonces $(T_s - T_e) \approx 25^\circ\text{C}$, la densidad del agua, $\rho_{\text{agua}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$, $E_{\text{útil}} = 0,5 \text{ m}^3/\text{día}$. El consumo diario de energía para el ACS, $E_{\text{consumo}}^{(\text{día})}$ se calcula como:

$$E_{\text{consumo}}^{(\text{día})} = \frac{E_{\text{útil}}}{R} + E_{M24} = \frac{\rho_{\text{agua}} \cdot c \cdot V_{\text{agua}} \cdot \Delta T}{R} + E_{M24} \quad (5)$$

Los valores de R y E_{M24} se deben medir a los efectos de realizar el etiquetado de todos los artefactos de gas para el calentamiento de agua aprobados por ENARGAS. Por su parte, la IRAM 62410, de "Etiquetado de eficiencia energética para calentadores de agua eléctricos, de acumulación, para uso doméstico", asimismo requiere la medición de estos parámetros, por lo que para los equipos etiquetados, los valores de R y E_{M24} son conocidos.

La Eficiencia Energética se puede obtener a partir de las Ec. (1) y (5), el resultado es:

$$\eta_{EE} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{consumida}}^{(\text{día})}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{útil}}/R + E_{M24}} = \frac{R}{(1 + R \cdot E_{M24}/E_{\text{útil}})} \quad (6)$$

En el caso de termotanques, el valor de E_{M24} , depende de la aislación térmica del tanque. Muchos de los consumos pasivos se pueden eliminar o minimizar, por ejemplo, con los calefones a gas con encendido automático, donde se sustituyen los pilotos por sistemas electrónicos de autoencendido de muy bajo consumo (62) (63) (64).

ANEXO III: FUNCIONAMIENTO DE UN TERMOTANQUE

Los termotanques o calentadores de agua de acumulación poseen un tanque, por lo general de 30 a 150 litros, con una aislación térmica en su envolvente y algún tipo de quemador o resistencia eléctrica para calentar el agua. Pueden usar como energía gas natural (GN), gas envasado (GLP) o electricidad. La eficiencia de un equipo es el cociente entre la energía útil que el artefacto brinda y la energía total utilizada para su funcionamiento. En el caso de un termotanque, la energía útil es la que produce el calentamiento de agua, y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c_a \cdot (T_s - T_e) \quad (7)$$

Aquí m_{agua} es la masa de agua en el termo, c_a es el calor específico del agua y T_s y T_e son las temperaturas del agua caliente y del agua fría de entrada al tanque. La energía utilizada para su mantenimiento a lo largo de un día, E_{M24} , incluye tanto la energía que usa el quemador para mantener el agua caliente como la llama piloto.

La energía usada es la energía asociada al gas utilizado:

$$E_{\text{que}} = H_s \cdot V_{\text{gas}} \quad (8)$$

H_s es el poder calorífico del gas; y V_{gas} es el volumen del gas usado para calentar el agua y mantener el agua caliente.

En el caso de los termotanques, resulta útil definir el rendimiento del quemador R el que se determina usando dicho artefacto con su carga de agua completa. El cálculo del rendimiento surge de la siguiente expresión:

$$R = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{que}}} = \frac{m_{\text{agua}} \cdot c_a \cdot (T_s - T_e)}{H_s \cdot V_{\text{gas}}}, \quad (9)$$

V_{gas} es el volumen del gas consumido para producir el incremento de temperatura de T_e a T_s ; y E_{gas} es el calor que el quemador genera para calentar la masa de agua m_{agua} entre T_e y T_s .

Otro parámetro importante es el consumo de mantenimiento del tanque durante 24 horas, Q_{M24} . En estos sistemas, aun sin consumo de agua, se requiere energía para mantener al agua a una dada temperatura. En la Figura 62 se ilustra el comportamiento de dos termotanques en condiciones estáticas, es decir, sin consumo de agua. La línea violeta horizontal punteada es la temperatura de referencia, tomada aquí como 60°C. La variación suave del consumo, indica el consumo de la llama piloto, los saltos en consumo, indican el encendido del quemador para incrementar la temperatura del agua.

Consumo de Mantenimiento

Para cuantificar las pérdidas del termotanque se realiza el siguiente ensayo (66): con el termotanque en condiciones estáticas, es decir, sin requerimiento de agua, se mide la temperatura del agua y el consumo de gas para mantener el agua caliente, como se ilustra en las Figura 62.

Se determina el consumo de gas, E_{gas_man} , desde que el agua del interior del tanque está a la temperatura de referencia, hasta un tiempo t_{med} de aproximadamente 48 horas, en la cual el agua alcanza nuevamente esta temperatura de referencia. El consumo de mantenimiento de 24 horas (E_{M24}) se calcula como (59), (26):

$$E_{M24} = \frac{E_{gas_man}}{t_{med}} \quad (10)$$

De este modo la eficiencia energética, η_{EE} , del termostanque se determina como:

$$\eta_{EE} = \frac{E_{\acute{u}til}}{E_{gas}} = \frac{E_{\acute{u}til}}{E_{que} + E_{M24}} = \frac{E_{\acute{u}til}}{E_{que}} \cdot \frac{1}{(1 + E_{M24}/E_{que})} \quad (11)$$

Aquí $E_{\acute{u}til}$ es el calor necesario para calentar un volumen de agua V_{agua} normalizado. Según las NAG-313 y NAG-314 (66) este volumen se toma como 400 litros y las temperaturas son 17°C y 42°C, es decir, $E_{\acute{u}til} = 10.000 \text{ kcal} \approx 1,075 \text{ m}^3 \text{ (GN)}$. Así, la Ec. (3) se puede escribir como:

$$\eta_{EE} = R \cdot \frac{1}{(1 + R \cdot E_{M24}/E_{\acute{u}til})} \quad (12)$$

El valor de E_{M24} , depende de la aislación térmica del tanque. Esto se observa en las Figura 62, el termostanque B tiene mejor aislación que el termostanque D. Estas figuras muestran que el aporte de la aislación térmica es muy significativo.

Para calcular el consumo de un sistema de calentamiento de gas, para un dado volumen de agua V_{agua} , es necesario conocer el rendimiento del quemador R y el consumo de mantenimiento E_{M24} . El *calor útil efectivo* será: $E_{\acute{u}til}^{ef} = V_{agua} \cdot (T_s - T_e)$. Si tomamos $V_{agua} = 185 \text{ l}$ y $(T_s - T_e) = 25 \text{ K}$, $E_{\acute{u}til}^{ef} = 0,5 \text{ m}^3 \text{ GN/día}$.

El consumo diario de gas se calcula como:

$$E_{gas}^{(día)} = \frac{E_{\acute{u}til}^{ef}}{R} + E_{M24} \quad (13)$$

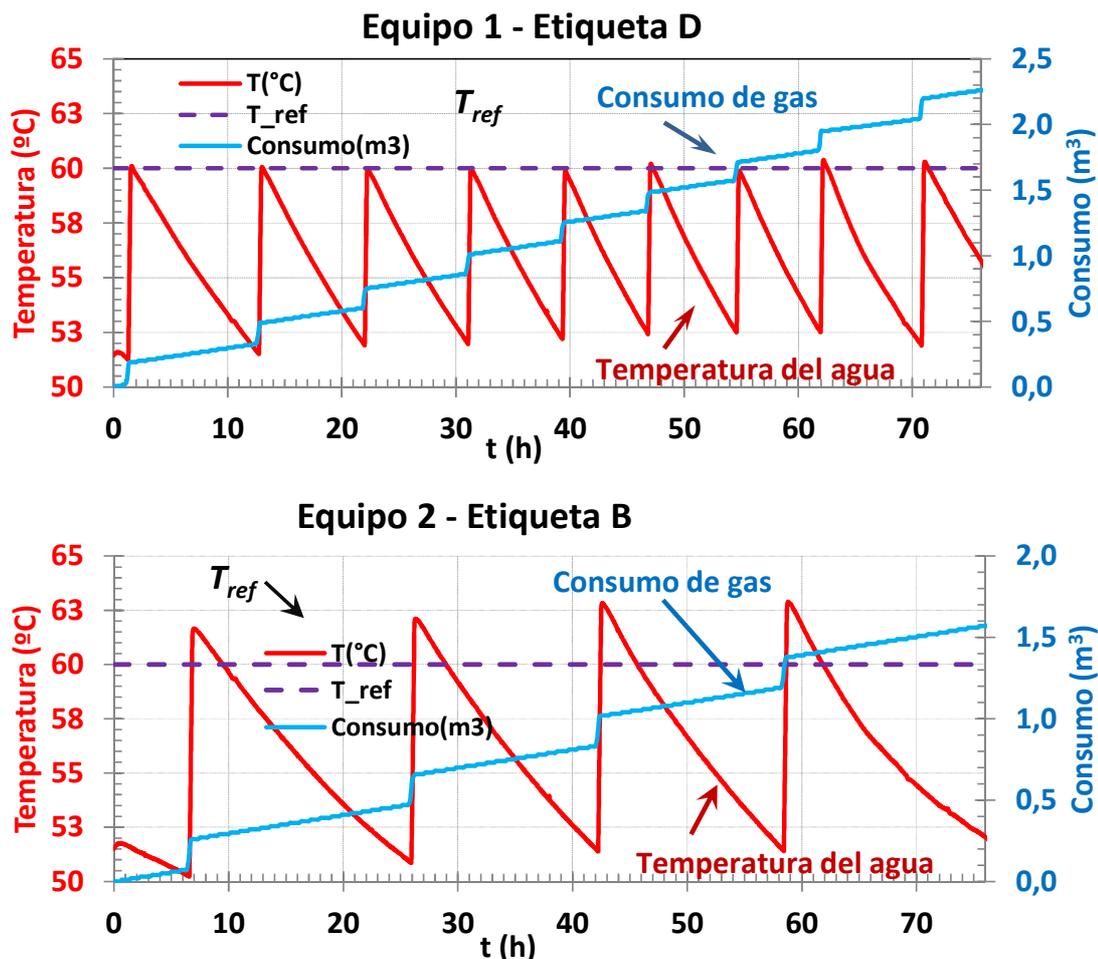


Figura 62. Variación de la temperatura del agua con el tiempo, curva roja, referida al eje vertical izquierdo y variación del consumo de gas, curva celeste, referida al eje vertical derecho. Arriba, los datos corresponden a un termotanque a gas clase D, abajo, clase B.

Se realizó ensayo a termotanque eléctrico marca Rheem de 200 litros en la Universidad Nacional de Luján (UNLu)¹⁰³, durante varios meses en el año 2012. Se estableció una temperatura de agua de salida de 42 °C (temperatura adoptada en la NAG-313 y NAG-314) y se registró la temperatura de ingreso de agua y el consumo eléctrico, como se observa en el siguiente gráfico:

¹⁰³ El Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar), <http://www.gersol.unlu.edu.ar/>

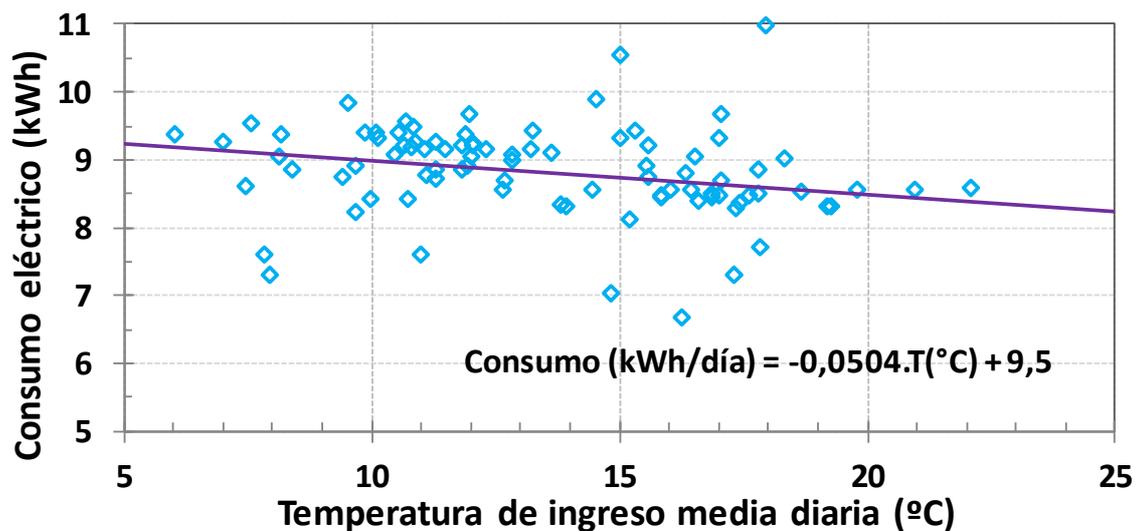


Figura 63. Consumo eléctrico (KWh) de un termotanque en función de la temperatura de ingreso de agua.

A partir de la ecuación de la línea de tendencia del gráfico ($\text{consumo (kWh/día)} = -0,0504.T(^{\circ}\text{C}) + 9,5$) se puede hallar el consumo eléctrico a una determinada temperatura de ingreso media diaria del termotanque eléctrico. Se calculó el consumo eléctrico para una temperatura de ingreso de 17°C (temperatura adoptada en la NAG-313 y NAG-314), consumo (kWh/día) = $-0,0504.17^{\circ}\text{C} + 9,5 = 8,64$ kWh/día (equivalente a 3,15 MWh/año). Como se observa en la Figura 63 al aumentar la temperatura de ingreso media diaria del agua, el consumo eléctrico del termotanque disminuye.

Un termotanque eléctrico clase A puede consumir aproximadamente 6,66 kWh/día (equivalente a 2,4 MWh/año).

En el caso de los termotanques, los usuarios no requieren de muchas horas al día de ACS, generalmente sólo cuando se duchan o lavan la vajilla. Es por ello que si se dispusiera de un termotanque (a gas o eléctrico) que se encendiera sólo unos 20 minutos antes de su uso más intensivo y se apagara unos 20 minutos posteriores a su uso¹⁰⁴, de modo de dejar el tanque con una reserva de agua caliente, se podrían minimizar los consumos de energía. Esto reduciría considerablemente los consumos pasivos de estos equipos. Lo mismo sucede en períodos de vacaciones, que generalmente los termotanques en el hogar permanecen encendidos, cuando no es necesario tener ACS. En el caso de los Termotanques a gas, esto se debe a la dificultad que muchos de estos equipos presentan para encenderlos.

Por ejemplo, un termotanque eléctrico cuyo consumo es de 8,6 kWh/día (equivalente a 3.203 kWh/año), la energía útil sería aproximadamente de unos 6 kWh/día tomando un consumo de agua de 200 litros, una diferencia de temperatura del agua entre el ingreso y la salida del termotanque de 25°C y un rendimiento del 96%. De tal modo, el consumo pasivo es de unos 2,6 kWh/día ($8,6 \text{ kWh/día} - 6 \text{ kWh/día}$).

En base a la situación planteada, ¿Qué pasaría si el termotanque no encendiera cuando uno duerme o está en el trabajo?

¹⁰⁴ The smart water heater controller, <http://seemelissa.com/en/bobbie/meet-bobbie>

Esto sería factible, con la inclusión de un sistema electrónico programable de encendido y apagado, que posibilitaría que el equipo disminuyera su consumo pasivo. Por ejemplo, si el consumo pasivo está presente solo por 8 horas diarias, el resto del tiempo permanecería apagado, el consumo pasivo sería de unos 0,86 kWh/día,¹⁰⁵ el consumo total sería de unos 6,9 kWh/día (6 kWh/día de energía útil + 0,86 kWh/día de consumo pasivo). Esto representaría una disminución del consumo en un 20%.

Lo mismo ocurrirá con un termostanque a gas, que tiene consumos pasivos de entre unos 0,5 m³/día a 0,75 m³/día.

¹⁰⁵ El consumo pasivo en 24 horas es de 2,6 kWh/día, en 8 horas es de 0,86 kWh/día.

ANEXO IV: CONSUMO DE SISTEMAS HÍBRIDOS CON APOYO CONVENCIONAL

Se realizará un esquema de cálculo de consumos de energía convencional (gas o electricidad) y un posible esquema de clasificación en eficiencia del equipo de apoyo. En primer lugar, es muy importante que el captador solar satisfaga las especificaciones técnicas que establecen las normas IRAM para estos equipos. Se supone que el colector solar puede proveer por sí energía de calentamiento de agua solo una fracción del año. La fracción solar, f_{solar} , es la proporción o fracción de energía que el equipo solar proporciona al sistema de calentamiento de agua. Por lo tanto, $(1 - f_{solar})$ es la proporción de energía convencional que el equipo de apoyo convencional deberá aportar (67). Esta cantidad se puede estimar usando programas como *F-Chart*. (68), (69).

Así, la cantidad de energía convencional necesaria para prestar el servicio de calentamiento será:

$$E_{\text{útil}}^{ef} = (1 - f_{solar})E_{\text{útil}} = (1 - f_{solar}) \cdot m_{\text{agua}} \cdot c \cdot \Delta T. \quad (14)$$

Para la zona centro-norte de Argentina, es fácil lograr con un equipo bien diseñado un $f_{solar} \geq 0,65$. Por lo tanto, suponiendo que $V_{\text{agua}} \approx 180$ litros/día $E_{\text{útil}}^{ef} \approx 0,48 \times 0,35 m^3(GN)/\text{día} = 0,17 m^3(GN)/\text{día}$. La fracción solar es consistente con el valor que se obtendría para un equipo instalado correctamente en la zona central de Argentina (70).

Por lo tanto, el consumo diario de energía convencional (gas o electricidad) que el equipo de apoyo demandará será:

$$E_{\text{apoyo}}^{(día)} = \frac{E_{\text{útil}}^{ef}}{R} + E_{M24} = \frac{(1 - f_{solar}) \cdot E_{\text{útil}}}{R} + E_{M24}. \quad (15)$$

Para calcular el consumo de un sistema de calentamiento a gas, para un dado volumen de agua diario de V_{agua} (litros), es necesario conocer el rendimiento del quemador R y el consumo de mantenimiento E_{M24} . Si se utiliza un equipo de apoyo como un termotanque D o E (Norma NAG 313 y 314) (71) o bien un calefón con piloto, (D, E o F), el valor de $E_{M24} \geq 0,5 m^3(GN)/\text{día}$, es decir, el consumo pasivo en estos casos sería más de 3 veces el consumo necesario para complementar el calentamiento de agua, $E_{\text{útil}}^{ef}$.

Mediante este análisis se puede realizar un posible esquema de etiquetado en eficiencia.

ANEXO V: NORMATIVAS INTERNACIONALES

MÉXICO

El área total de colectores solares instalados en México en el 2014 fue de 2.810.000 de m² (15 p. 65). Suponiendo que un colector solar térmico tiene un área de 2,5 m², había aproximadamente 1.124.000 colectores solares térmicos en México (2.810.000m²/2,5m²). En ese año el país contaba con 31.374.724 hogares y 119.729.273 habitantes¹⁰⁶, por lo que había aproximadamente 3,8 personas por vivienda (119.729.273 habitantes/31.374.724 hogares). La proporción de hogares que contaban con equipos de ACS en México era del 47% (15 p. 11). Por lo que unos 14.746.120 hogares contaban con equipos de ACS.

En el año 2014 aproximadamente el **7,6%** de las viviendas de México contaban con colectores solares térmicos para ACS (1.124.000 de colectores solares térmicos/14.746.120 hogares*100%).

Dada la extensión de alguna de las normativas mencionadas en el presente trabajo, se ha realizado un análisis de las mismas y se han seleccionado y resumido, los pasajes más relevantes, los que se presentan a continuación:

NMX-ES-001-NORMEX 2005

“Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua. Métodos de Prueba y Etiquetado”

Esta norma define al colector solar de la siguiente forma:

Colector solar: Dispositivo que absorbe la radiación solar incidente, la convierte en energía térmica y la transfiere al fluido que pasa por él.

Tipos de colectores: El colector solar al cual aplica esta Norma distingue a los siguientes cuatro tipos: 1) Colector solar metálico cubierto. 2) Colector solar metálico descubierto. 3) Colector solar de plástico cubierto. 4) Colector solar de plástico descubierto.

Los métodos de prueba que se presentan en el documento son aplicables a cualquier colector solar determinado en esta clasificación o pueden ser aplicados a cualquier innovación tecnológica propuesta, siempre y cuando sean sujetos de ser sometidos a dichas pruebas.

Evaluación y métodos de prueba: Los colectores solares deben ser evaluados de acuerdo a los siguientes métodos de prueba: Funcionalidad y Rendimiento térmico.

Muestreo: Se debe elegir una muestra que conste de tres unidades del mismo modelo de colector solar que se desee certificar.

Criterios de aceptación: Certificación: Si el colector solar pasa las pruebas de funcionalidad especificadas por esta Norma y ha sido sometido a las pruebas de rendimiento térmico, se otorgará la certificación correspondiente.

¹⁰⁶ ¿Cuántos habitantes y hogares hay en México?, <https://www.dineroenimagen.com/2015-07-29/59247v>

Métodos de prueba: Se establece una secuencia de pruebas, para las que debe utilizarse agua que cumpla con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (Salud ambiental, agua para uso y consumo humano).

Pruebas: Entre las pruebas a las que deben someterse los colectores solares, se mencionan: -Prueba de exposición a la radiación solar del colector solar durante treinta días. – Prueba de presión estática (posterior a los 30 días de exposición mencionados). – Prueba de rendimiento térmico. – Prueba para estimar el factor modificador por efectos del ángulo de incidencia de la radiación solar directa sobre el colector solar.

Especificaciones (entre otras): Montaje del colector solar: Debe ser montado sobre el banco de prueba aislado, de tal forma que se permita el libre flujo de aire alrededor de todas sus superficies. Mediciones: De temperatura ambiente – De la radiación solar global y directa.-De diferencia de temperatura a través del colector solar (entre la entrada y la salida del colector). – Condiciones de viento para las pruebas (medición de la velocidad del viento). – Ecuaciones básicas: Determinación de la eficiencia térmica de un colector solar.- Determinación de la Constante del tiempo de respuesta del colector solar.- Determinación del factor modificador por efectos del ángulo de incidencia de la radiación solar directa sobre el colector solar. Determinación de la cantidad de agua caliente obtenida por día.

Condiciones para las pruebas (entre otras): Valor mínimo de irradiancia solar.- Rango de la temperatura ambiente. Condiciones de viento. Flujo de agua a través del colector solar (el flujo deber ser el mismo para todos los puntos del colector).

Información al público: Proporcionar a los usuarios información relacionada con su certificación de funcionalidad y el valor de su rendimiento térmico. Etiquetado: Para su comercialización deben llevar una calcomanía, con lo cual se pueda comparar con otros equipos de su mismo tipo, (se detalla: ubicación y el contenido de la información – Tamaño de la etiqueta - Colores).

Concordancia de esta norma con normas internacionales: Concuerda parcialmente con la Norma Internacional: ISO 9806-1: 1994.

El Anexo de la norma contiene formularios para Registro de Pruebas, Inspecciones y responsables. Ejemplos de cálculos realizados.

NMX-ES-002-NORMEX 2007. Energía solar

“Definiciones y Terminología”.

Campo de aplicación: Esta norma mexicana establece los vocablos, simbología y la definición de los conceptos más usados en el campo de la investigación y el desarrollo de la tecnología para el mejor uso de la radiación solar como fuente alternativa de la energía.

Concordancia con normas internacionales: Esta norma mexicana es parcialmente equivalente a las normas internacionales ISO 31-6,1992 e ISO 9488-1999. Estas normativas se refieren a Cantidades y unidades Luz y radiaciones electromagnéticas relacionadas.

Descriptor: Unidades de medida, Medición, Cantidad, Parámetros estandarizados, Sistema SI (métrico), Símbolos, Ecuaciones, Impresión, Tipografía, Luz, Óptica, Radiación

electromagnética, Fenómenos ópticos, Propiedades ópticas de los materiales, Conversión (unidades de medida), Fórmulas (matemáticas), Símbolos matemáticos. Definiciones.

NMX-ES-003-NORMEX 2007

“Requerimientos mínimos para la Instalación de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua”.

Esta norma mexicana se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, electrónicos y demás que forman parte de las instalaciones de sistemas termo-solares de más de 500 litros, para sistemas menores de 500 litros se aplica lo establecido en el apéndice normativo I.

Para la formulación de esta norma mexicana, en cumplimiento a lo dispuesto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se realizó una convocatoria a la sociedad, para que en un periodo de 60 días los interesados presentarán en idioma español y por escrito sus comentarios ante el seno del Comité Técnico de Normalización de NORMEX, por fax o por Email.

NMX-ES-004-NORMEX 2010¹⁰⁷

“Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua. Método de prueba”.

Esta norma mexicana establece un método de prueba sencillo para que en un laboratorio al aire libre se puedan probar sistemas solares domésticos para el calentamiento de agua. El comportamiento térmico se caracteriza por medio de un ensayo usando una aproximación del tipo caja negra y cuatro pruebas de integridad de los sistemas.

El objetivo es establecer el método de prueba para evaluar y comparar el comportamiento térmico de sistemas de calentamiento de agua solares, principalmente para uso doméstico hasta una capacidad máxima de 500 litros y hasta una temperatura máxima de 90 °C como dominio de temperaturas de agua caliente.

Campo de aplicación: Sistemas solares domésticos para calentamiento de agua que funcionan mediante circulación forzada, los cuales pueden funcionar a partir de una o más de las siguientes tecnologías:

- Captadores solares planos,
- Autocontenidos,
- Captadores de tubos evacuados con o sin tubos de calor, con y sin superficies reflejantes,
- Captadores con concentradores tipo parabólico compuesto.

Las pruebas establecidas en esta NMX no pueden ser aplicadas a los siguientes sistemas solares domésticos para el calentamiento de agua:

¹⁰⁷ NMX-ES-004-NORMEX 2007 (Revisada) Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua. Método de prueba.

- Captadores solares con sistema de seguimiento.
- Sistemas que contengan más de un tanque térmico de almacenamiento.

ESPAÑA

La distribución de la superficie de energía solar térmica total instalada¹⁰⁸ en España a fines de 2005 fue de 795.571 m². Suponiendo que un colector solar térmico tiene un área de 2,5 m², había aproximadamente 318.228 colectores solares térmicos en España (795.571 m²/2,5m²).

En el año 2017 el país contaba con 18.472.800 hogares¹⁰⁹ y 46.570.000 habitantes¹¹⁰, por lo que había aproximadamente 2,5 personas por vivienda (46.570.000 habitantes/18.472.800 hogares). La proporción de hogares que contaban con equipos de ACS en España se supone del 95%, por lo que unos 17.549.160 hogares contaban con equipos de ACS.

Aproximadamente el **1,8%** de las viviendas de España contaban con colectores solares térmicos para ACS (318.228 de colectores solares térmicos/17.549.160 hogares*100%).

Dada la extensión de alguna de las normativas mencionadas en el presente trabajo, se ha realizado un análisis de las mismas y se han seleccionado y resumido, los pasajes más relevantes, los que se presentan a continuación:

UNE-ISO 94041-1 “Sistemas domésticos de apoyo de consumo calorífico”.

El punto 3 de esta norma presenta términos y definiciones, entre ellos:

Instalación solar térmica: Instalación que utiliza de manera integrada la energía solar y la energía de apoyo para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria con independencia de la disponibilidad de energía solar.

Sistema de apoyo: Conjunto de elementos definidos por el fabricante y utilizados como complemento a la contribución solar, suministrando la energía necesaria para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda de agua caliente sanitaria, en una instalación solar térmica. Un sistema de apoyo podría incluir caldera o calentador, acumuladores, válvulas termostáticas, intercambiadores o cualquier otro equipo que fuera necesario para el funcionamiento de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Sistema solar térmico: Instalación solar térmica excluyendo el sistema de apoyo.

¹⁰⁸ IDEA,

http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10374_Energia_solar_termica_06_8a90370e.pdf

¹⁰⁹ <https://www.eleconomista.es/indicadores-espana/noticias/9066031/04/18/Radiografia-de-los-hogares-en-Espana-cuantos-hay-y-como-son.html>

¹¹⁰ <https://www.google.com/search?client=firefox-b-ab&q=google+poblacion+espa%3B%3Ba>

En el listado siguiente se detallan otras normativas españolas vigentes sobre el tema del presente trabajo¹¹¹.

UNE 94003:2007. Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.

UNE-EN ISO 9806:2014. Energía solar. Captadores solares térmicos. Métodos de UNE-EN ISO 22975-3:2015 Energía solar. Componentes y materiales del captador. Captadores solares. Parte 3: Durabilidad del absorbedor solar. (ISO 22975-3:2014).

UNE-EN ISO 9488:2001. Energía solar. Vocabulario. (ISO 9488:1999).

UNE 94002:2005 Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica.

UNE-EN 12975-1:2006+A1:2011. Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 12976-1:2006. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.

UNE-EN 12976-2:2006 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 12977-1:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales para los calentadores de agua solares y las instalaciones solares combinadas.

UNE-EN 12977-2:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo para los calentadores de agua solares y las instalaciones solares combinadas.

UNE-EN 12977-3:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 3: Métodos de ensayo del rendimiento de los acumuladores de agua de calentamiento solar.

UNE-EN 12977-4:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 4: Métodos de ensayo del rendimiento para las instalaciones solares combinadas.

UNE-EN 12977-5:2012. Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 5: Métodos de ensayo del rendimiento para los sistemas de regulación.

UNE-ISO 9459-2:2008 Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción del rendimiento anual de los sistemas solares.¹¹²

¹¹¹ http://www.aenor.com/aenor/normas/buscadornormas/resultadobusnormas.asp#.WUA9Les1_cs

¹¹² http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5366/fichero/PFC_LaimaReinaPi%C3%B1ero.pdf

CANADÁ

Dada la extensión de alguna de las normativas mencionadas en el presente trabajo, se ha realizado un análisis de las mismas y se han seleccionado y resumido los pasajes más relevantes, los que se presentan a continuación:

Norma F378.1-11. “Colectores solares”

Especifica un conjunto de requisitos técnicos y métodos de prueba para colectores solares calefactores líquidos y no vidriados y cubre el rendimiento operativo y los requisitos de mercado.

Se aplica a Colectores Solares de calentamiento líquido y no vidriado utilizados para convertir la radiación solar en energía térmica calentando un líquido que fluye a través del colector. Cubre solo colectores solares con un área de apertura de no menos de 0,5 m². Incluye su uso en sistemas para calentar agua doméstica. Esta norma cubre los colectores solares de calentamiento de líquidos acristalados y no vidriados.

Está destinada a aplicarse a colectores solares que usan un líquido como medio de transferencia de calor (es decir, colectores solares de calentamiento de líquidos).

CAN / CSA-F379 SERIES-09 (R2013)

“Sistemas solares de agua caliente envasados (transferencia de calor líquido a líquido)”.

Esta Norma se aplica al rendimiento, la durabilidad y la seguridad de los sistemas de agua caliente sanitaria solar (SDHW) envasados que utilizan medios de transferencia de calor líquido a líquido y calor líquido adecuados para su uso durante todo el año.

Este estándar especifica los requisitos para los sistemas embalados en fábrica y agregados.

Se aplica a los componentes y materiales suministrados por el fabricante, las instrucciones de montaje e instalación y el funcionamiento del sistema después de haber sido ensamblado de acuerdo con estas instrucciones. No se aplica a la preparación del sitio ni a los procedimientos de instalación.

En las Normas CSA, "deberá" se utiliza para expresar un requisito, es decir, una disposición que el usuario está obligado a cumplir para cumplir con la norma. "Should" se usa para expresar una recomendación o que se aconseja pero no se requiere. "May" se usa para expresar una opción o lo que está permitido dentro de los límites de la norma, y "can" se usa para expresar posibilidad o capacidad.

Los anexos de esta norma se designan como normativos (obligatorios) o informativos (no obligatorios) para definir su aplicación.

F379.2-09

“Sistemas solares de agua caliente envasados para uso estacional”

Esta Norma se aplica al rendimiento, la durabilidad y la seguridad de los sistemas de agua caliente sanitaria solar de uso estacional empaquetados (SSDHW) que no están diseñados para funcionar en condiciones de congelación. En estos sistemas, la protección contra congelamiento se realiza manualmente (por ejemplo, drenaje completo) con o sin un dispositivo destinado a ofrecer protección contra congelamiento. Se aplica principalmente a los sistemas que calientan el agua de proceso directamente o usan agua como fluido de transferencia de calor, pero no excluye otros sistemas.

Esta Norma especifica los requisitos para los sistemas empaquetados según lo propuesto por un fabricante y para todos los subcomponentes y materiales. Se aplica también a los componentes y materiales suministrados por el fabricante, las instrucciones de montaje e instalación y el funcionamiento del sistema después de haber sido ensamblado de acuerdo con estas instrucciones. No se aplica a la preparación del sitio ni a los procedimientos de instalación.

Las notas que acompañan a las cláusulas no incluyen requisitos o requisitos alternativos; el propósito de una nota que acompaña a una cláusula es separar del texto el material explicativo o informativo.

Los anexos se designan como normativos (obligatorios) o informativos (no obligatorios) para definir su aplicación.

EUROPA

“REGLAMENTO DELEGADO (UE) Nº 812/2013 DE LA COMISIÓN de 18 de febrero de 2013”

Este Reglamento complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al etiquetado energético de los calentadores de agua, los depósitos de agua caliente y los equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar.

La Directiva 2010/30/UE exige a la Comisión que adopte actos delegados en lo relativo al etiquetado de los productos relacionados con la energía que representen un gran potencial de ahorro energético y que presenten una amplia disparidad en los niveles de rendimiento con funcionalidad equivalente.

La energía consumida por los calentadores de agua y depósitos de agua caliente representa una parte importante de la demanda energética total de la Unión, y los calentadores de agua y depósitos de agua caliente con una funcionalidad equivalente evidencian una amplia disparidad desde el punto de vista de la eficiencia energética del caldeo de agua y de las pérdidas estáticas. El margen para reducir su consumo energético es considerable e incluye la posibilidad de combinar calentadores de agua con dispositivos solares adecuados. Por ello, los calentadores de agua, los depósitos de agua caliente y los equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar deberían estar sujetos a los requisitos de etiquetado energético.

Es preciso fijar disposiciones armonizadas sobre el etiquetado y la información normalizada del producto respecto a la indicación de la eficiencia energética de los

calentadores de agua y depósitos de agua caliente, a fin de incentivar a los fabricantes para que mejoren la eficiencia energética de dichos productos, alentar a los usuarios finales a comprar productos energéticamente eficientes y contribuir al funcionamiento del mercado interior.

El presente Reglamento debe introducir una escala de etiquetado único de A a G para los calentadores de agua convencionales, los calentadores de agua solares y los calentadores con bomba de calor, y los depósitos de agua caliente. Después de dos años se añadirá a la clasificación una clase dinámica A+ de los calentadores de agua y depósitos de agua caliente más eficientes. Debe garantizar que los consumidores obtengan una información comparativa más exacta acerca del rendimiento de los calentadores de agua solares y calentadores de agua con bomba de calor en tres zonas climáticas europeas.

Se espera que en lo relativo a los requisitos de diseño ecológico para los calentadores de agua y para los depósitos de agua caliente (2), comporte para 2020 un ahorro energético anual estimado de unos 450 PJ (11 Mtep¹¹³), que corresponden a alrededor de 26 Mt de emisiones de CO₂, respecto a lo que pasaría si no se tomaran medidas.

El presente Reglamento debe especificar un diseño y contenido uniformes de las etiquetas de productos para los calentadores de agua y los depósitos de agua caliente. Además, debe especificar los requisitos relativos a la ficha de producto y la documentación técnica para los calentadores de agua y los depósitos de agua caliente. Asimismo, debe especificar los requisitos relativos a la publicidad y el material técnico de promoción relativos a estos productos.

Además de las etiquetas y fichas de producto para los calentadores de agua y depósitos de agua caliente establecidas en el presente Reglamento, una etiqueta y una ficha para equipos combinados basadas en las fichas de producto de los proveedores, deben garantizar que el usuario final tenga fácil acceso a la información sobre eficiencia energética de los calentadores de agua, en combinación con dispositivos solares. Este tipo de sistemas puede alcanzar la clase más eficiente A⁺⁺⁺.

Entre las definiciones que incluye este Reglamento, se han seleccionado las siguientes:

Calentador de agua: el aparato que está conectado a un suministro externo de agua potable o sanitaria; genera y transfiere calor para suministrar agua caliente potable o sanitaria a determinados niveles de temperatura, cantidades y caudales durante determinados intervalos de tiempo, y está equipado con uno o varios generadores de calor.

Depósito de agua caliente: el recipiente para almacenar agua caliente con fines de caldeo de agua.

Dispositivo solar: un sistema exclusivamente solar, un colector solar, un depósito de agua caliente solar o una bomba en el circuito del colector, que se comercializan por separado.

Sistema exclusivamente solar: el dispositivo equipado con uno o varios colectores solares y depósitos de agua caliente solares y posiblemente bombas en el circuito del colector

¹¹³ tep=Tonelada equivalente de petróleo.

y otros componentes, que se comercializa como una unidad y no está equipado con ningún generador de calor excepto posiblemente uno o varios calentadores de inmersión de reserva.

Equipo combinado de calentador de agua y dispositivo solar: el conjunto ofrecido al usuario final que contiene uno o varios calentadores de agua y uno o varios dispositivos solares.

Responsabilidades de los proveedores y calendario:

A partir del 26 de septiembre de 2015, los proveedores que comercialicen o pongan en servicio calentadores de agua, incluidos los integrados en equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar, velarán (entre otros puntos), porque:

- Se suministre una etiqueta impresa acorde con el formato y el contenido de la información, establecidos en el presente documento.

- Los calentadores de agua para uso en equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar irán provistos de una segunda etiqueta acorde con el formato y el contenido de la información que también se establece para cada calentador de agua.

- Cada calentador de agua esté provisto de una ficha de producto, teniendo en cuenta que los calentadores de agua con bomba de calor irán provistos de una ficha de producto por lo menos respecto al generador de calor.

- Los calentadores de agua destinados a equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar irán provistos de una segunda ficha, según se establece en este Reglamento.

A partir del 26 de septiembre de 2017, se suministrará una etiqueta impresa acorde con el formato y el contenido establecidos en el presente, con cada calentador de agua conforme a las clases de eficiencia energética de caldeo del agua, teniendo en cuenta que los calentadores de agua con bomba de calor irán provistos de una etiqueta impresa por lo menos en el embalaje del generador de calor.

A partir del 26 de septiembre de 2015, los proveedores que comercialicen o pongan en servicio depósitos de agua caliente se asegurarán de que:

- Se suministre una etiqueta impresa acorde con el formato y el contenido de la información establecida, con cada depósito de agua caliente conforme a las clases de eficiencia energética que figuran en el punto 2 del Reglamento.

- Se facilite una ficha de producto.

ANEXO VI: NORMATIVAS NACIONALES

La distribución de la superficie de energía solar térmica total instalada en Argentina es de aproximadamente 250.000 m² (incluye importados y producción nacional). Suponiendo que un colector solar térmico tiene un área de 2,5 m², hay aproximadamente 100.000 colectores solares térmicos (250.000 m²/2,5m²).

En el censo del año 2010 el país contaba con 12.171.675 hogares y 40.117.096 habitantes, por lo que había aproximadamente 3,3 personas por vivienda¹¹⁴ (40.117.096 habitantes/12.171.675 hogares). La proporción de hogares que contaban con equipos de ACS en Argentina se supone del 90%. Por lo que unos 10.954.507 hogares contaban con equipos de ACS.

Aproximadamente el **0,9%** de las viviendas de Argentina contaban con colectores solares térmicos para ACS (100.000 de colectores solares térmicos/10.954.507 hogares*100%).

CÓRDOBA

Ley 10573. Poder Legislativo Provincial

La presente Ley tiene como metas: a) Fomentar la utilización de energías limpias y provenientes de fuentes renovables; b) Disminuir la producción de gases de efecto invernadero; c) Disminuir el consumo de energía generada con vectores energéticos no renovables de origen hidrocarburífero, y d) Generar condiciones para que se realicen inversiones privadas y nuevas fuentes de trabajo.

Planes de vivienda. Todos aquellos planes de vivienda que proyecte, desarrolle y ejecute el Gobierno de la Provincia de Córdoba, deben estar dotados de la tecnología y el equipamiento adecuados a los fines de cubrir al menos un cincuenta por ciento del aporte energético para calentamiento de agua proveniente de sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica de baja temperatura.

Régimen de beneficios fiscales. A los efectos de promover y fomentar la rápida y eficaz implementación de la presente Ley el Estado Provincial otorgará beneficios fiscales a toda vivienda destinada a uso residencial que incorpore tecnología y equipamiento tendientes a efectivizar sistemas de aprovechamiento de energía solar térmica de baja temperatura para el calentamiento de agua sanitaria.

Beneficios financieros para la compra e instalación de equipamiento para la Provisión de Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Capacitación. La Autoridad de Aplicación convocará a instituciones educativas, universidades, colegios profesionales o cualquier otra entidad pública o privada, a los fines de organizar en forma conjunta actividades de capacitación sobre esta temática dirigidas a profesionales, instaladores y usuarios.

¹¹⁴ Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2010_tomo1.pdf

Registro. Créase el “Registro Único de Instaladores”.

Es requisito que las instalaciones sean realizadas por instaladores registrados.

SALTA

Plan Provincial de Energías Renovables. Gobierno de la Provincia de Salta¹¹⁵.

Se presenta a continuación el resumen de los contenidos principales del plan.

Con el Plan Provincial de Energías Renovables impulsado por el Gobierno de la Provincia de Salta, se trata de contribuir al desarrollo sostenible y utilizar energías no convencionales para mejorar la calidad de vida de los salteños (leyes N°.7823 y N°.7824, de Régimen de Fomento para las Energías Renovables y la ley N°. 7824, Balance Neto Generadores Residenciales, Industriales y/o Productivos). Con esta iniciativa Salta es pionera a nivel país.

Mediante este plan, Salta impulsa el uso de una energía diferente, menos contaminante y procura la igualdad a los habitantes de Salta. Además beneficia a comunidades rurales aisladas mediante el uso de energías renovables y contribuye al desarrollo regional. Promueve también la participación de los usuarios, la utilización de recursos energéticos disponibles en la actualidad y la posibilidad de adoptar en el futuro la tecnología que ya se emplean en otros lugares del mundo.

Objetivos del Plan Provincial de Energías Renovables: Fomentar la generación el uso de las energías renovables, a fin de satisfacer y diversificar los requerimientos energéticos de los habitantes de la provincia.

Este objetivo consta de 7 puntos esenciales:

- 1) Elaborar el marco legal para inversiones públicas y privadas para la incorporación de energías limpias.
- 2) Crear una base de datos de la situación actual de la provincia.
- 3) Promover investigaciones referidas a la producción y usos de energías no convencionales en el territorio provincial.
- 4) Impulsar proyectos de inversión para la utilización de energías renovables en la provincia.
- 5) Lograr los objetivos de la Ley Nacional 26.150 con respecto a fuentes de energías renovables.
- 6) Promover proyectos de eficiencia energética en el sector residencial (y otros).
- 7) Incorporar la temática de Energías Renovables y Eficiencia Energética en el ámbito educativo.

ARGENTINA

Norma IRAM 210001-1

“Colectores Solares”

¹¹⁵ Plan Provincial de Energías Renovables. Gobierno de la Provincia de Salta. Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable. Secretaría de Energía http://energia.salta.gob.ar/wp-content/uploads/2018/04/a_CARTILLA-Plan-de-Energ%C3%ADas-Renovables.pdf

Esta norma establece las definiciones utilizadas en los colectores solares de conversión fototérmica. Consta de 63 definiciones referidas a colectores solares, entre ellas se han seleccionado:

Acumulador térmico: Dispositivo utilizado para almacenar energía térmica.

Colector solar: Dispositivo diseñado para absorber la radiación solar, transformarla en energía térmica y transferirla a un fluido que circula por su interior.

Colector solar plano: Colector solar no concentrador en el cual el absorbedor es plano y admite la irradiación solar difusa.

Colector solar de tubos de vacío: Colector solar que utiliza tubos transparentes de vidrio donde se ha realizado vacío entre la pared del tubo y el absorbedor.

Eficiencia del colector solar: Relación entre la potencia absorbida por el fluido transportador de calor y la radiación solar incidente en el colector solar.

Sistema directo: Sistema de energía solar en el que el fluido transportador de calor es el mismo que se utiliza para el consumo de agua caliente sanitaria, calefacción u otro fin.

Sistema forzado o activo: Sistema de energía solar que utiliza equipos mecánicos (bombas, ventiladores, etc.), que no son parte integral de la estructura, para coleccionar y transferir la energía térmica al lugar de utilización o al medio de almacenamiento.

Sistema indirecto: Sistema de energía solar en el que el fluido transportador de calor no es el mismo que se utiliza para el consumo de agua caliente sanitaria, calefacción u otro fin.

Sistema híbrido: Sistema solar térmico complementado con un sistema de energía convencional.

Norma IRAM 210002-2

“Energía solar. Colectores solares. Parte 1 - Métodos de ensayo para determinar el rendimiento térmico de los colectores solares con cubierta para el calentamiento de líquidos”.

Esta norma expresa en sus Generalidades que la disposición en el montaje y ubicación del colector para el ensayo influyen en los resultados, los que no pueden ser extrapolados a colectores o conjuntos de colectores de iguales características y diferentes medidas.

Entre sus contenidos se pueden mencionar:

Montaje y ubicación del colector solar, Instrumentos, Instalación del ensayo, Ensayo de rendimiento en estado estacionario usando un simulador solar, Determinación de la capacidad térmica efectiva y de la constante de tiempo del colector, Modificador del ángulo de incidencia del colector, Determinación de la caída de presión a lo largo del colector.

Además de los contenidos detallados, la norma 210001-2 posee ocho anexos entre los cuales se encuentran:

Informe del ensayo, Determinación de la radiación térmica, Medición de la capacidad térmica efectiva y Propiedades del agua.

Esta norma contiene temas referentes al montaje del colector, ángulo de inclinación, orientación en el exterior, radiación solar difusa y reflejada.

Indica que no se deben proyectar sombras sobre el colector durante el desarrollo del ensayo.

Otros temas tratados por esta norma son:

Radiación térmica

En el exterior: La temperatura de las superficies adyacentes al colector debe estar próxima a la temperatura ambiente para minimizar la influencia de la radiación térmica (evitar cercanía a chimeneas, escapes calientes, entre otros).

Velocidad del aire: Los colectores se deben montar de manera tal que permitan la libre circulación del aire sobre el área de apertura, el lado posterior y lateral del colector.

Montaje de los sensores de temperatura: Los sensores se deben montar a una distancia igual a 200 mm de la entrada y salida del colector, como máximo.

Presenta varias figuras entre las que se han seleccionado:



Figura 64. Ubicación de los sensores de temperatura.

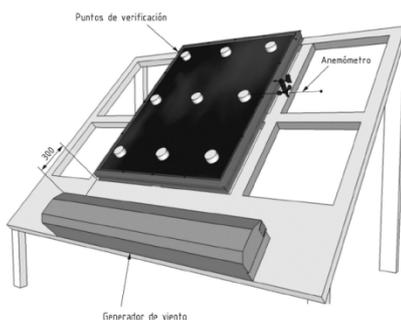


Figura 65. Dispositivo de medición de la velocidad del aire.

Norma IRAM 210003

“Acumuladores térmicos. Métodos de determinación del rendimiento térmico.”

En los acumuladores térmicos del tipo de calor sensible y de calor latente el fluido transportador de calor entra al acumulador a través de una sola entrada y sale a través de una sola salida. El fluido transportador puede ser un gas, un líquido o una mezcla de ambos.

Esta norma no incluye prescripciones relativas al costo, vida útil, confiabilidad o la consideración de requisitos para la inter-conexión con sistemas de calentamiento y enfriamiento.

Clasificación: Los acumuladores térmicos se clasifican de acuerdo con el medio que utilizan para acumular la energía térmica y al tipo de fluido transportador que circula a través de los mismos.

Los acumuladores del tipo de calor sensible son aquellos en los cuales el calor absorbido o removido del sistema determina un aumento o una disminución en la temperatura del medio acumulador y no ocurre cambio de fase. Los medios acumuladores típicos son agua, agua con glicol, piedra natural o artificial y otros materiales simples o combinados.

Los acumuladores del tipo de calor latente son aquellos que efectúan un cambio de fase del medio acumulador. En este tipo de acumulador, la mayor parte del calor agregado o retirado del sistema cambia la entalpía¹¹⁶ del medio acumulador durante el proceso de cambio de fase. Parte del calor es también acumulado como calor sensible ya que la carga y descarga implica un cambio finito en la temperatura del sistema.

Instrumental:

- Temperaturas: De acuerdo con lo indicado en la Norma IRAM 210002.
- Medición del flujo de líquido: Se determina con instrumentos adecuados.
- Medición del flujo de aire: El flujo se determina con los métodos descritos en el capítulo 6 de esta norma, se recomienda un circuito cerrado para el ensayo, aunque puede usarse un circuito abierto. En un circuito cerrado, debe incluirse dentro un acondicionador de aire para mantener constante la temperatura de entrada requerida T_e coincidente con la temperatura inicial T_i . En ambos circuitos de ensayo, abierto y cerrado, debe incluirse un dispositivo para el movimiento del aire (ventilador o soplador).
- Medición de presiones: Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la norma IRAM 210002.
- Medición de tiempo y de masa: La medición del tiempo y de la masa, para calibración, se hace con instrumentos cuya exactitud sea del $\pm 0,2\%$.
- Requisitos: En los acumuladores del tipo calor latente se realiza el cambio de fase del medio acumulador por lo menos 30 veces antes de ser ensayados.

¹¹⁶ Entalpía: cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

Esta norma contiene varias figuras entre ellas las que muestran el circuito de un acumulador térmico que utiliza aire como fluido transportador y el circuito de ensayo para un acumulador térmico que utiliza líquido como fluido transportador.

También contiene una tabla para la presentación del Informe de Resultados, con toda la información que debe registrarse después de haber realizado los ensayos con uso de aire como fluido transportador, y con el uso de líquido como fluido transportador. A continuación se muestra el ejemplo:

Item (especificando las unidades)	Ensayos con aire como fluido transportador	Ensayos con líquido como fluido transportador
Fecha		
Observador (es)		
Diferencia de temperatura dentro del acumulador		
Etc.....		

Tabla 19. Datos que deben suministrarse en los ensayos que se realizan en un acumulador.

En otras figuras, la norma describe un acumulador térmico del tipo de calor sensible y otros tipos de acumuladores, por ejemplo calor sensible con intercambiador de calor.

Norma IRAM 210004

“Sistemas de calentamiento de agua sanitaria”.

Esta norma se aplica a sistemas de calentamiento de agua sanitaria solamente solar, diseñados para calentar agua potable de uso doméstico y no tiene la intención de aplicarse a otros sistemas.

Clasificaciones del Sistema:

Los sistemas solares de agua caliente sanitaria se clasifican según siete atributos, cada uno de los cuales se divide en dos o tres categorías.

Atributo	Categoría		
	a	b	c
1	Solamente solar	Precalentamiento solar	Solar más apoyo
2	Directo	Indirecto	-
3	Abierto	Ventilado	Cerrado
4	Lleno	Con drenaje interior	Con drenaje exterior
5	Termosifón	Forzado	-
6	Con circulación	Conectado en serie	-
7	Depósito separado	Colector y depósito compacto	Colector y depósito integrado

Tabla 20. Clasificación de sistemas solares de agua caliente sanitaria. Detalle de las tres categorías a, b, y c y de los siete atributos. Se indican los atributos que corresponden a cada categoría.

Entre los requisitos, la norma menciona:

Instalación del sistema de ensayo:

El colector debe montarse en una posición fija mirando hacia el norte $\pm 10^\circ$. No debe proyectarse ninguna sombra sobre el colector.

No debe permitirse que pasen a través del sistema corrientes de aire caliente que emergen de las paredes de los edificios.

Flujo de líquido del sistema

La norma presenta el circuito a través de una figura esquemática de los equipos experimentales para el ensayo de rendimiento diario del sistema.

Esta norma indica el procedimiento de ensayo, el cual consiste en un número de ensayos de un día que son independientes unos de otros. En cada ensayo se deja al sistema operar al exterior y se aplica una única extracción al final del día. Al comienzo de cada día del ensayo, se preacondiciona el sistema por descarga con agua a una temperatura conocida. La entrada y la salida son medidas para cada día de ensayo y registrados en un diagrama de entrada en función de la salida.

Presenta además, entre otras, las fórmulas para calcular:

- Energía solar ganada durante un día.
- Temperatura del agua.
- Salida del sistema para cualquier periodo dado.
- Perfil de temperatura de extracción $f(V)$ expresado como una función de volumen y normalizado de modo que el área bajo el perfil de extracción sea igual a 1.
- Perfil de extracción de mezcla expresado como una función del volumen $g(V)$ y normalizado de modo que el área bajo el perfil de extracción sea igual a 1.

Norma IRAM 210007

“Energía Solar. Colectores solares térmicos. Método de ensayo”.

La norma presenta el Resumen de los ensayos – y la Secuencia de los mismos, en la lista siguiente:

Capítulo	Ensayos
6	Presión interna para absorbedores ^{1a}
7	Estonqueidad ^b
8	Ruptura o colapso ^b
9	Resistencia a alta temperatura ^{2a}
11	Exposición ^b
12	Choque térmico externo ^c
13	Choque térmico interno ^c
14	Penetración de lluvia ^{4a}
15	Resistencia a las heladas ^{5a}
16	Carga mecánica ^b
17	Resistencia al impacto ^f
20	Rendimiento térmico ^g
21	Medición de la caída de presión ^h
18	Inspección final ^k

^a En absorbedores orgánicos, se debe realizar primero el ensayo de resistencia a alta temperatura para determinar la temperatura de estancamiento del colector necesaria para el ensayo de presión interna.

^b Los ensayos de alta temperatura y exposición se deben realizar sobre el mismo colector.

^c Los ensayos de choque térmico interno y externo se pueden combinar con el ensayo de exposición o el ensayo de resistencia a alta temperatura.

^d El ensayo de penetración de lluvia se debe realizar sólo en colectores con cubierta.

^e El ensayo de resistencia a heladas se debe realizar sólo en colectores fabricados para ser resistentes a heladas.

^f Se aplica sólo a los colectores para el calentamiento de líquidos.

^g Para absorbedores orgánicos, se requiere una exposición completa antes del ensayo, ver el capítulo 11.

^h Se requiere una preexposición o exposición completa antes del ensayo, ver el capítulo 11.

ⁱ Se requiere una exposición completa antes del ensayo si la cubierta es un polímero, ver el capítulo 11.

^j Se requiere una exposición completa antes del ensayo de rendimiento de colectores tipo heat pipe.

^k Cada colector ensayado necesita someterse a una inspección final.

^l Se aplica sólo a los colectores para el calentamiento del aire.

Tabla 21. Lista de ensayos, Norma IRAM 210007.

Norma IRAM 210015-1

“Energía Solar. Sistemas solares compactos. Parte 1. Requisitos generales”.

Esta norma presenta los Requisitos esenciales del colector solar, en cuanto a seguridad, fiabilidad y durabilidad, y también los requisitos esenciales del acumulador térmico.

Indica en sus Generalidades que “La conformidad del sistema compacto debe ser demostrada por medio del cumplimiento de los requisitos descritos en el anexo y verificados con los ensayos enumerados en la tabla...”

Ensayos	Aplicación	Referencia normativa
Desempeño térmico	Sistema compacto	IRAM 210 004
Presión interna	Colector solar	IRAM 210 007
Resistencia a la alta temperatura	Colector solar	
Preexposición I (10h)	Colector solar	
Choque térmico interno y externo I	Colector solar	
Exposición II (20h)	Colector solar	

Choque térmico interno y externo II	Colector solar	
Penetración de lluvia	Colector solar	
Carga mecánica	Colector solar	
Resistencia al impacto	Colector solar	
Resistencia al congelamiento	Colector solar	
Volumen almacenado	Acumulador térmico	Ver 4.3
Desempeño térmico	Acumulador térmico	
Presión hidrostática	Acumulador térmico	
Marcaciones e instrucciones	Acumulador térmico	

Tabla 22. Listado de Ensayos, Norma IRAM 210015-1

Requisitos esenciales del colector solar

La conformidad del colector solar en cuanto a los requisitos de seguridad, fiabilidad y durabilidad debe ser demostrada por medio del cumplimiento a los requisitos establecidos y verificados con los ensayos enumerados en la tabla y con la secuencia que la norma presenta en un flujograma de ensayos.

Requisitos esenciales del acumulador térmico (Ensayo de volumen almacenado, Ensayo de desempeño térmico, Ensayo de presión hidrostática).

Marcado y Rotulado

El colector solar debe llevar indicado de forma indeleble, además de lo que establezcan las disposiciones legales vigentes, (entre otras indicaciones) lo siguiente:

- la marca registrada o el símbolo o el nombre y apellido o la razón social del fabricante o del responsable de la comercialización del producto (representante, fraccionador, vendedor, importador, etc.);
- el código del producto;
- el rendimiento;
- el área bruta, en m²;
- la presión máxima de trabajo;
- la mención de esta norma.

Hace indicaciones similares con respecto al Acumulador Térmico, y al Sistema Compacto, los que deben llevar indicado de forma indeleble y visible, además de lo que establezcan las disposiciones legales vigentes, lo que establece esta norma.

En el Anexo presenta la Ficha del Sistema Compacto, con las especificaciones técnicas para el colector solar y para el acumulador térmico.

Norma IRAM 210015-2

“Energía Solar. Sistemas solares compactos. Parte 2. Etiquetado de eficiencia energética.”

Esta norma establece la metodología para el cálculo de la producción de energía anual de los sistemas compactos solares que permite determinar la clasificación de eficiencia energética, y las características de la etiqueta para el cálculo correspondiente.

En la etiqueta se califica la eficiencia a través de un sistema comparativo, compuesto por clases de eficiencia energética identificadas por las letras A, B, C, D, E, y F, donde la letra A se le adjudica a los sistemas compactos solares más eficientes y la F a los menos eficientes.

Requisitos

La etiqueta debe ser fácilmente legible y se debe colocar, imprimir o adherir de forma que resulte claramente visible y que no quede oculta. Debe permanecer en el sistema compacto, como mínimo, hasta que el producto haya sido adquirido por el consumidor final.

En el caso que el embalaje impida la visibilidad de la etiqueta, otra igual se debe adherir en el embalaje.

Para que el sistema compacto sea incluido dentro de una categoría, debe cumplir con los umbrales del índice de producción de energía por volumen de acumulación (I_{peva}) establecidos en la siguiente Tabla 23.

Categorías	Jujuy	Córdoba	Buenos Aires	Bariloche
A	$X_1 \leq I_{peva} \leq X_2$			
B				
C				
D				

Tabla 23. Clases de eficiencia energética en función de ciudades de referencia.

La etiqueta debe cumplir con lo indicado en la Figura 66. La norma contiene el Anexo A en el que se detalla el diseño de la etiqueta, el que se observa a continuación.

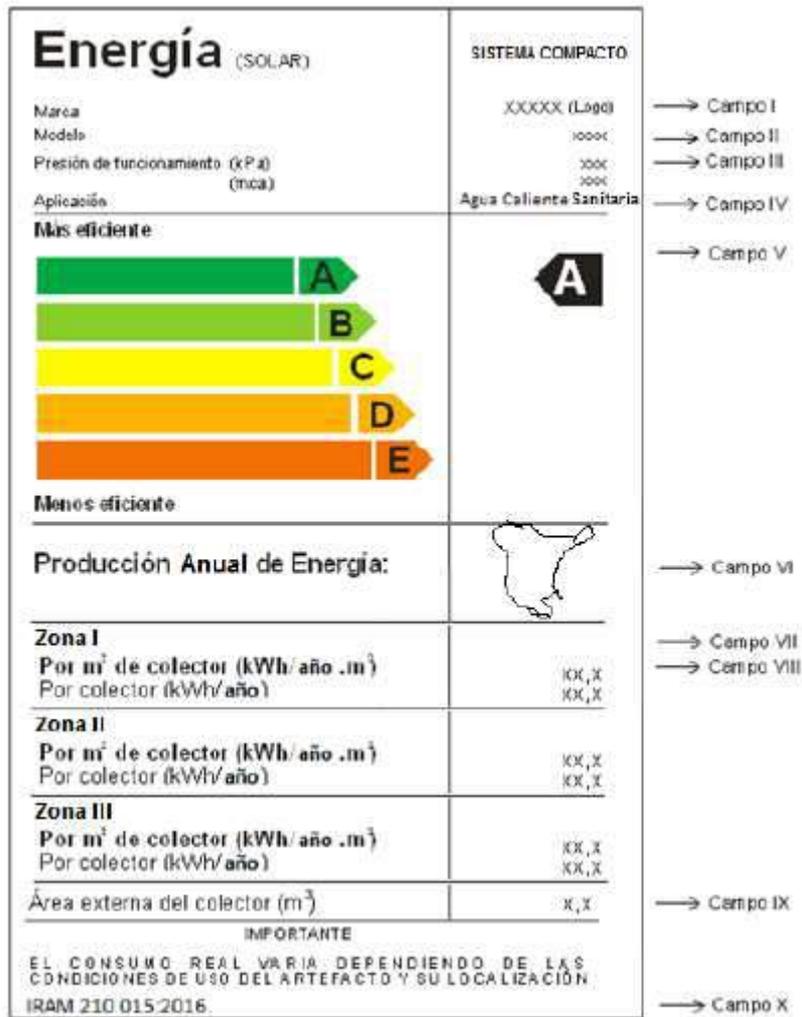


Figura 66. Diseño de la etiqueta Norma IRAM 210015-2.

Norma IRAM 210023

“Energía Solar. Sistemas solares térmicos de circulación forzada prefabricados. Requisitos generales”.

Los sistemas solares térmicos de circulación forzada prefabricados (SSTFP), son sistemas que se comercializan como sistemas completos listos para ser instalados y tienen configuraciones fijas. Si un sistema es modificado cambiando su configuración, uno o más de sus componentes, el sistema se considera como diferente y es necesario ser ensayado de nuevo.

Requisitos

Con respecto a la contaminación del agua, el SSTFP debe estar diseñado para evitar dicha contaminación por el retorno de todos los circuitos hacia la alimentación de agua fría.

La norma hace referencia a la protección contra el sobrecalentamiento, quemaduras y los materiales frente a altas temperaturas. Trata también de Componentes y Circuitos hidráulicos, y se refiere: 1) Al colector, el que debe cumplir con la IRAM 210022-1, 2) A las tuberías, cuyo diseño y materiales deben ser tales que no exista posibilidad de deformación,

3) A las bombas de circulación, 4) A los intercambiadores de calor, pensados para utilizarse en zonas con aguas de alta dureza, ya que el intercambiador en contacto con el agua de consumo debe prevenir la formación de cal. 5) Al acumulador térmico, que debe cumplir con la Norma IRAM 210015-1 en relación a los ensayos indicados en la misma.

En cuanto al Equipo de Seguridad, hace referencia a las válvulas de seguridad, al vaso de expansión SSTFP, y al marcado, que debe ser fácilmente legible.

La norma detalla métodos de ensayo, e indica la forma de presentación de los resultados obtenidos mediante fichas.

A través de una figura describe el Balance energético, e indica el cálculo de la fracción solar usando una ecuación.

Presenta una ficha para detallar el rendimiento térmico.

En cuanto al Marcado y Rotulado, el SSTFP debe llevar indicado (entre otros ítems), en forma indeleble y visible, además de lo que establezcan las disposiciones legales vigentes, lo siguiente:

- La marca registrada, o el símbolo o el nombre y apellido o la razón social del fabricante o del responsable de la comercialización del producto (representante, fraccionador, vendedor, importador, etc.).
- El código del producto.
- Indicación del SSTFP.
- Los parámetros que definen la producción de energía anual.
- El área de absorción, en metros cuadrados.

En Anexo presenta las condiciones para predicción del rendimiento, con cálculos y ficha de presentación de los resultados.

ANEXO VII: ALTERNATIVA DE ETIQUETADO EN ARTEFACTOS PARA ACS

En Argentina no hay un etiquetado de eficiencia energética unificado para los equipos/artefactos domésticos diferentes que presentan un mismo servicio, por ejemplo: equipos de calentamiento de agua que operan a gas natural (GN), gas licuado de petróleo (GLP) o electricidad. Por tal motivo, a los usuarios se les presenta una gran confusión y ambigüedad cuando deben seleccionar qué equipo es más conveniente para obtener un dado servicio, por ejemplo ACS. Así a los usuarios les resulta difícil saber cómo se comparan los consumos de energía, cuál será el impacto económico en sus facturas y como serán las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de los distintos equipos.

En el país, cada artefacto posee un rango de eficiencia energética diferente que define la clase de eficiencia pero que no guarda ninguna relación con otros equipos que brindan el mismo servicio. Por ejemplo, un calefón a gas “clase A” tiene una eficiencia superior al 80%, un termotanque a gas debe ser superior o igual al 58% y un termotanque eléctrico debe ser mayor al 83% (tres equipos que prestan el mismo servicio tienen etiquetas diferentes e incomparables). Asimismo, los costos de cada una de estas alternativas son muy diferentes. Por otro lado, las eficiencias usadas en el sistema de etiquetado de eficiencia energética, como sucede tanto en los artefactos ACS como de varios otros artefactos domésticos, solo toman en cuenta el consumo del artefacto (insumo energético final), aun cuando los usos de energía primaria sean muy diferentes al igual que las emisiones de GEI.

En los nuevos sistemas de etiquetado de eficiencia energética que se desarrollaron en Argentina, hay una tendencia a unificar las evaluaciones de energía de varios sistemas que brindan un mismo servicio, como por ejemplo la norma IRAM-11.900 del año 2017 “Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo”, requieren un procedimiento similar para evaluar la eficiencia de un mismo servicio aun usando diversos combustibles o electricidad (40). En muchos países es una práctica habitual disponer de sistemas de etiquetado unificados. En EE.UU. el programa EnergyStar del U.S. Environmental Protection Agency (EPA) incluyó el concepto de “Site-to-Source” (70). Para ello la EPA diferencia lo que denominan energía en el sitio (*site energy*, en Argentina se denomina Energía Final o Consumo Final de Energía).

La necesidad de un sistema de etiquetado basado en uso de energía final, se vuelve crítico en el caso de Argentina, donde por un lado existe una de las redes de distribución de gas natural más extendidas del mundo y por otro el abastecimiento de electricidad presenta una gran fragilidad en los picos de consumo. Además, en Argentina, cerca del 60% de la electricidad se genera mediante el uso de gas natural, cuya eficiencia de transformación no supera el 55%. Si se tienen en cuenta las pérdidas en los sistemas de distribución, por cada unidad de energía eléctrica utilizada se requieren por lo menos dos unidades de gas natural. Cuando el usuario usa electricidad en su vivienda, indirectamente está usando gas natural y para esa conversión es fundamental tener en cuenta que en la central térmica se perdió casi la mitad de la energía.

En este anexo se discute una propuesta de etiquetado en eficiencia energética para comparar equipos que usan distintos insumos energéticos para la misma prestación, que refleje tanto las emisiones de GEI como los costos de operación de los equipos.

La eficiencia energética para los artefactos a gas para ACS, se puede expresar como:

$$\eta_{EE} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{cons}}^{(\text{día})}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{útil}}/R + E_{M24}} = \frac{R}{(1 + R \cdot E_{M24}/E_{\text{útil}})} \quad (16)$$

Aquí $E_{\text{útil}}$ es el calor necesario para calentar un volumen de agua normalizado ($E_{\text{útil}} = m_{\text{agua}} \cdot c_a \cdot \Delta T$), según las normas NAG-313 y NAG-314 (23), (26), este volumen se toma como 400 litros ($m_{\text{agua}} = 400 \text{ kg}$), las temperaturas son 17°C y 42°C ($\Delta T = 25^\circ$), es decir, $E_{\text{útil}} = 10.000 \text{ kcal} \approx 1,075 \text{ m}^3(\text{GN})$. Como se observa en la ecuación, la eficiencia energética, η_{EE} , tiene en cuenta tanto el rendimiento (R) como las distintas pérdidas de calor de mantenimiento (E_{M24})¹¹⁷ de agua caliente en el artefacto.

Para el caso de sistemas solares híbridos, los parámetros R y E_{M24} hacen referencia al equipo de apoyo (a gas o eléctrico). Es interesante notar que el esquema de clasificación también se puede utilizar para el caso de equipos de apoyo eléctricos. En este caso los correspondientes consumos E_{M24} y $E_{\text{útil}}$ se deben expresar en kWh/día. Pero es importante que la eficiencia esté afectada por un Factor de Comparación de Insumos Energéticos ($FCIE$)¹¹⁸, el cual si es gas natural o energía eléctrica renovable es igual a 1 y si es electricidad obtenida de la red es igual a 1,92 (como se vio en el Capítulo E Impacto Ambiental).

$$\eta_{EE} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{cons}}^{(\text{día})}} = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{útil}}/R + E_{M24}} = \frac{R}{(1 + R \cdot E_{M24}/E_{\text{útil}}) \cdot FCIE} \quad (17)$$

Para el caso de los sistemas híbridos, se supone que el colector solar térmico puede proveer por sí solo calentamiento a una fracción de días al año, f_{solar} (71), la Ec. (17) se puede escribir como:

$$\eta_{EE_sol} = \frac{R}{\left[(1 - f_{\text{solar}}) + R \cdot \left(\frac{E_{M24}}{E_{\text{útil}}} \right) \right] \cdot FCIE} \quad (18)$$

Esta ecuación tiene en cuenta componentes como:

1. El rendimiento (R) del quemador (artefacto a gas) o resistencia eléctrica (artefacto eléctrico).
2. El consumo pasivo, representado por E_{M24} , (consumo de gas a causa del piloto en el caso que lo presente el calefón y consumo de gas por piloto y mantenimiento en los termotanques a gas o eléctricos). Si no hay consumos pasivos, como sería el caso de un calefón a gas modulante sin piloto permanente, $\eta_{EE} = R$ para el artefacto convencional (ver Ec. (16)) y $\eta_{EE_sol} = R/(1 - f_{\text{solar}})$ para el sistema híbrido (ver Ec. (18)).
3. En el caso que el artefacto de apoyo sea de gas natural o eléctrico mediante el uso de energía renovable (panel fotovoltaico, PV) $FCIE = 1$, para un artefacto eléctrico que toma la energía de la red $FCIE = 1,92$. (72)

¹¹⁷ Para el caso del calefón a gas es el piloto si este lo presenta, y para termotanques a gas es el consumo de energía necesaria para mantener el termotanque lleno a una temperatura estable durante 24 horas (está incluido el piloto), cuando no se extrae agua del termotanque.

¹¹⁸ Leila Iannelli; Jorge Fiora y Salvador Gil, "Hacia un sistema de etiquetado en eficiencia generalizado. Factores de corrección de eficiencia para distintos insumos energéticos en Argentina", ELAEE 2019.

4. Para el caso que no haya aporte solar, $f_{solar}=0$ (ver Ec.(18)), la ecuación toma la expresión antes mencionada del artefacto a gas o eléctrico sin colector solar térmico (Ec.(17)).

Para el análisis de la eficiencia energética de cada artefacto o sistema híbrido se supuso un consumo de agua de 400litros, volumen según las normas NAG-313 y NAG-314, una temperatura de ingreso de agua estándar de 17°C a la temperatura de confort de 42°C (temperatura de egreso de agua del artefacto), es decir, $E_{\text{útil}}=400\text{l/día} \times 1\text{kcal/Kl} \times (42-17)\text{K}=10.000\text{kcal/día} \approx 1,075 \text{ m}^3(\text{GN})/\text{día}$, factor $f_{solar}=0,65$, un FCIE para los artefactos eléctricos que toman energía de la red de 1,92 y para el caso de los artefactos a gas de 1. Se presume que una bomba de calor o termotanque eléctrico que obtiene la energía a partir de un panel fotovoltaico (PV) el FCIE es 1. Las calderas a gas y los termotanques con bombas de calor eléctricas no presentan en la actualidad etiqueta de eficiencia energética. Siguiendo estas consideraciones se obtienen los resultados de eficiencia energética de la tabla que se muestra a continuación:

Artefacto	Clase de etiquetado de Eficiencia	Rendimiento del quemador R%	$E_{M_3^{24}}$ m ³ (GN)	η_{EE}	η_{EE_sol}	η_{EE} (con corrección por FCIE)	η_{EE_sol} (con corrección por FCIE)
Termotanque a gas	A	76%	0,40	59%	120%	59%	120%
	B	74%	0,52	54%	105%	54%	105%
	C	68%	0,50	52%	102%	52%	102%
	D	66%	0,75	45%	81%	45%	81%
	E	60%	0,77	42%	77%	42%	77%
Calefón a gas	A	81%	0,00	81%	231%	81%	231%
	B	77%	0,00	77%	220%	77%	220%
	C	70%	0,00	70%	200%	70%	200%
	D	82%	0,40	63%	125%	63%	125%
	E	78%	0,50	57%	109%	57%	109%
	F	72%	0,50	54%	105%	54%	105%
Caldera a gas	-	70%	0,00	70%	200%	70%	200%
Termotanque Eléctrico	A2+	250%	0,04	229%	564%	119%	294%
	A1+	150%	0,06	138%	346%	72%	180%
	A	96%	0,12	87%	210%	45%	109%
	B	94%	0,13	85%	204%	44%	106%
	C	90%	0,27	73%	156%	38%	81%
	D	86%	0,30	69%	146%	36%	76%
	E	80%	0,35	63%	131%	33%	68%
Bomba de Calor	BC 1	290%	0,15	206%	384%	108%	200%

Eléctrica	BC 2	315%	0,14	222%	409%	116%	213%
-----------	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 24. Eficiencia energética del artefacto y sistema híbrido, aplicando y no aplicando los FCIE, para un consumo de 400 litros.

Un posible esquema de clasificación teniendo en cuenta los FCIE podría ser como sigue:

Etiqueta de Eficiencia	$\eta_{EE} \%$	Artefacto (Ejemplos)
A4+	$\eta_{EE} \geq 200$	Solar térmico + Calefón gas A / B Solar térmico + Caldera gas Solar térmico + Bomba de calor PV + Bomba de calor
A3+	$150 \leq \eta_{EE} < 200$	
A2+	$90 \leq \eta_{EE} < 150$	Bomba de calor Solar térmico + Termotanque gas A / B Solar térmico + Termotanque eléctrico A / B
A1+	$85 \leq \eta_{EE} < 90$	Calefón gas A ⁺
A	$80 \leq \eta_{EE} < 85$	Calefón gas A
B	$74 \leq \eta_{EE} < 80$	Calefón gas B
C	$68 \leq \eta_{EE} < 74$	Calefón gas C
D	$62 \leq \eta_{EE} < 68$	Calefón gas D Termotanque gas A ⁺
E	$56 \leq \eta_{EE} < 62$	Calefón gas E Termotanque gas A
F	$54 \leq \eta_{EE} < 56$	Calefón F Termotanque gas B

Tabla 25. Posible esquema de clasificación de artefactos y sistemas híbridos, con un consumo de 400 litros.

Observación, las categorías de eficiencia energética termotanque A⁺ y calefón A⁺ a gas no existen actualmente en la etiqueta (la clase máxima es la A). Se tomaron de referencia los rangos de eficiencia de calefones a gas que se encuentran en la NAG-313 año 2009, Adenda 1 año 2012 (23). Se reclasificaron los etiquetados de los termotanques eléctricos y a gas.

Si se toma un consumo de agua de 180 litros, valor que se asimila mejor al consumo promedio en el centro y norte del país por vivienda, como se observa en la Figura 67 (en vez de 400 litros como se estudió anteriormente), una temperatura de ingreso de agua estándar de 17°C a la temperatura de confort de 42°C, es decir, $E_{\text{util}} = 180 \text{ l/día} \times 1 \text{ kcal/Kl} \times (42-17) \text{ K} = 4.500 \text{ kcal/día} \approx 0,484 \text{ m}^3(\text{GN})/\text{día}$, factor $f_{\text{solar}} = 0,65$, un FCIE para los artefactos eléctricos que toman energía de la red de 1,92 y para los artefactos a gas de 1, se obtienen los resultados de eficiencia de la tabla que se muestra a continuación:

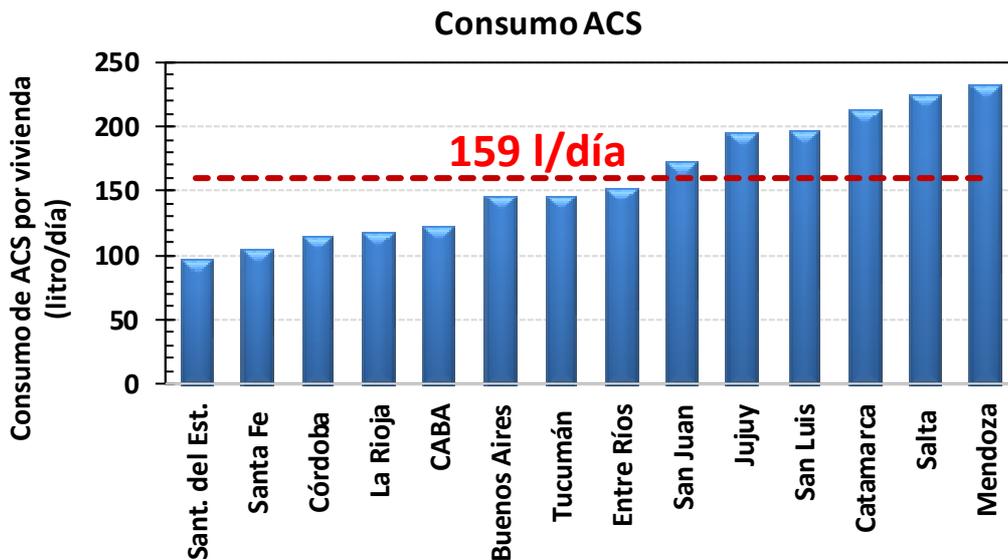


Figura 67. Consumo promedio de ACS por vivienda en CABA y diferentes provincias de Argentina¹¹⁹.

Artefacto	Clase de etiquetado de Eficiencia	Rendimiento del quemador R%	E_{M24} m ³ (GN)	η_{EE}	η_{EE_sol}	η_{EE} (con corrección por FCIE)	η_{EE_sol} (con corrección por FCIE)
Termostanque a gas	A	76%	0,40	47%	78%	47%	78%
	B	74%	0,52	41%	65%	41%	65%
	C	68%	0,50	40%	65%	40%	65%
	D	66%	0,75	33%	48%	33%	48%
	E	60%	0,77	31%	46%	31%	46%
Calefón a gas	A	81%	0,00	81%	231%	81%	231%
	B	77%	0,00	77%	220%	77%	220%
	C	70%	0,00	70%	200%	70%	200%
	D	82%	0,40	49%	80%	49%	80%
	E	78%	0,50	43%	67%	43%	67%
	F	72%	0,50	41%	66%	41%	66%
Caldera a gas	-	70%	0,00	70%	200%	70%	200%
Termostanque Eléctrico	A2+	250%	0,04	207%	449%	108%	234%
	A1+	150%	0,06	126%	280%	66%	146%
	A	96%	0,12	78%	163%	40%	85%
	B	94%	0,13	75%	158%	39%	82%

¹¹⁹Volumen de ACS promedio por vivienda utilizado por día en el centro y norte de Argentina, Fernanda Jimena Alonso "Etiquetado de Eficiencia Energética en el Sector Residencial de Argentina", UNSAM-INTI-3iA, octubre 2018.

	C	90%	0,27	60%	105%	31%	55%
	D	86%	0,30	56%	97%	29%	51%
	E	80%	0,35	51%	86%	26%	45%
Bomba de Calor Eléctrica	BC 1	290%	0,15	153%	232%	80%	121%
	BC 2	315%	0,14	163%	245%	85%	128%

Tabla 26. Eficiencia energética del artefacto y sistema híbrido, aplicando y no aplicando los FCIE, para un consumo de 180 litros.

Un posible esquema de clasificación teniendo en cuenta los FCIE podría ser como sigue:

Etiqueta de Eficiencia	$\eta_{EE} \%$	Artefacto (Ejemplos)
A4+	$\eta_{EE} \geq 230$	Solar térmico + Calefón gas A PV + Bomba de calor
A3+	$150 \leq \eta_{EE} < 230$	Solar térmico + Calefón gas B Solar térmico + Caldera gas
A2+	$90 \leq \eta_{EE} < 150$	Solar térmico + Bomba de calor
A1+	$85 \leq \eta_{EE} < 90$	Calefón gas A+
A	$80 \leq \eta_{EE} < 85$	Bomba de calor Calefón gas A
B	$74 \leq \eta_{EE} < 80$	Calefón gas B
C	$68 \leq \eta_{EE} < 74$	Calefón gas C Termotanque gas A ⁺
D	$45 \leq \eta_{EE} < 68$	Calefón gas D Termotanque gas A
E	$40 \leq \eta_{EE} < 45$	Calefón gas E / F Termotanque gas B Termotanque eléctrico A
F	$35 \leq \eta_{EE} < 40$	Termotanque eléctrico B

Tabla 27. Posible esquema de clasificación de artefactos y sistemas híbridos, con un consumo de 180 litros.

Como se observa en este análisis, el volumen de referencia (180 o 400 litros) genera alteraciones en el cálculo de eficiencia energética, y por ende en el etiquetado de eficiencia energética de los artefactos para ACS o sistemas híbridos. También se puede observar que en los dos posibles esquemas analizados, los artefactos combinados a energía renovable se encuentran en las categorías más altas de eficiencia energética.

Análogo a lo planteado, se hizo en la Unión Europea “the package label” (en español “etiqueta del paquete”¹²⁰), en la etiqueta se indica la eficiencia del artefacto cuando se combina con sistemas de energía renovable (como la energía solar térmica). En el Reglamento Delegado (UE) N° 812/2013¹²¹, por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al etiquetado energético de los calentadores de agua, los depósitos de agua caliente y los equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar, se presenta una etiqueta de equipos combinados de calentadores de agua y depósitos solar, como se observa en la Figura 68.

¹²⁰ LabelPack A+, <http://www.label-pack-a-plus.eu/>

¹²¹ REGLAMENTO DELEGADO (UE) N° 812/2013 DE LA COMISIÓN, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0812&from=EN>

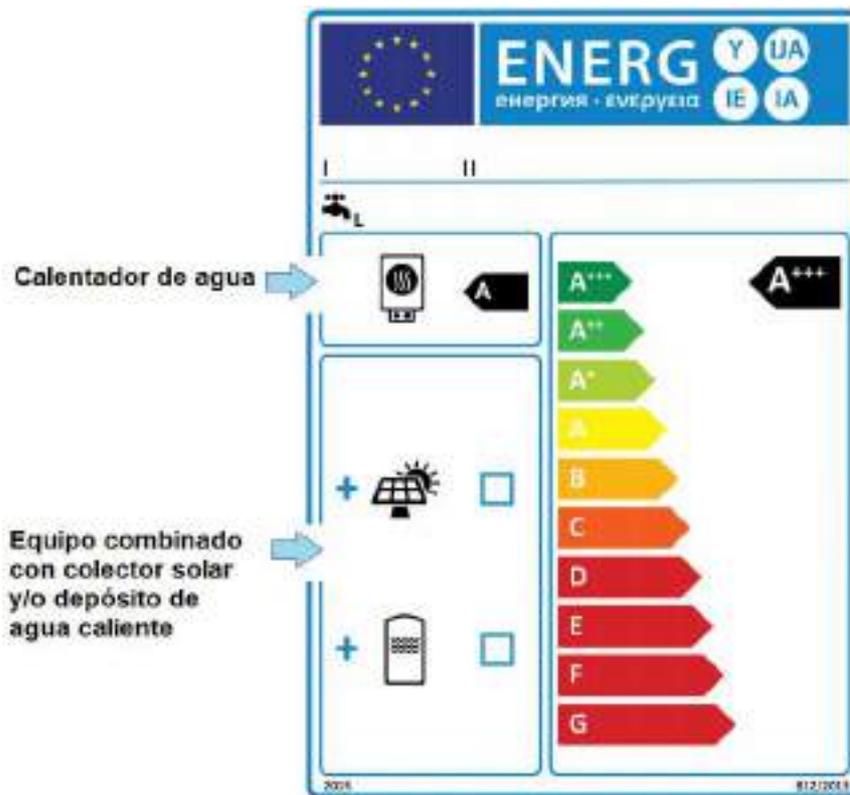


Figura 68. Etiqueta de Eficiencia Energética de equipos combinados de calentador de agua y dispositivo solar, Unión Europea.

Asimismo, hay una herramienta en línea para calcular la eficiencia energética de los paquetes¹²².

¹²²Calculate the label, Calculating Package Efficiency and Class, <http://www.label-pack-a-plus.eu/home/calculate-the-label/>

ANEXO VIII: ANÁLISIS DE COSTOS Y AMORTIZACIÓN

G.3 – Amortización.

Escenario 1

Teniendo en cuenta la tarifa de gas de usuarios residenciales (de Ban Natural Gas S.A) de octubre de 2018, el costo de gas en promedio es 14,04 \$/m³. Un millón de Btu (MM Btu) equivale a 27,8 m³ de gas natural¹²³, esto da:

$$14,04 \frac{\$}{\text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{U}\$}{44\$} \cdot \frac{27,8 \text{ m}^3}{\text{MM BTU}} = 9 \frac{\text{U}\$}{\text{MM BTU}}$$

El valor presente neto (VAN), permite calcular el valor presente de la inversión del sistema híbrido o del artefacto a gas o eléctrico. La fórmula que permite realizar el cálculo es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V}{(1 + TIR)^t} - I$$

Donde V representa los flujos de caja en cada período t; I es el valor del desembolso inicial de la inversión; n es el número de períodos considerados y TIR es la tasa interna de retorno (se asume 5%). De esta manera el cálculo para este caso queda:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Costo Anual Gas o Eléctrico (U\$/año)}}{(1 + 5\%)^t} + \text{Costo del equipo (U\$)}$$

Costos:

Equipo	Dólares (U\$)
Sistema solar termosifónico	1.215
Calefón modulante sin piloto permanente	230
Termotanque A a gas	400
Termotanque A eléctrico	300
Instalación de equipo solar híbrido	205
Equipo convencional a gas con piloto permanente con instalación	300

Tabla 28. Tabla de costos de los equipos para ACS. Nota: se consideró el Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 21%.

Costos del artefacto convencional a gas natural por red, calefón A y sistema híbrido gas (SST + calefón A a GN) a valor presente por 15 años, sin y con financiamiento. Para este último caso, se considera un pago inicial del 18% y un financiamiento del 82%, con un plan de financiación de 3 años y un TIR del 5%:

Año	Costo Artefacto Convencional a GN (U\$)	Costo Calefón A a GN (U\$)	Costo Sistema híbrido (U\$)	Costo Sistema híbrido con financiamiento (U\$)
0	300	300	1650	300
1	418	369	1674	842

¹²³ IAPG, Unidades y dimensiones usuales, <http://www.iapg.org.ar/docgas/1.pdf>

2	531	434	1697	1382
3	638	496	1719	1921
4	740	556	1739	1942
5	837	612	1759	1962
6	930	666	1778	1981
7	1018	717	1796	1998
8	1102	766	1813	2016
9	1182	812	1829	2032
10	1258	857	1845	2047
11	1331	899	1860	2062
12	1400	939	1874	2076
13	1465	977	1887	2089
14	1528	1014	1900	2102
15	1588	1048	1912	2114

Costos del termotanque A a GN y sistema híbrido gas (SST + termotanque A a GN) a valores presente por 15 años, sin financiamiento.

Año	Costo Termotanque A a GN (U\$S)	Costo Sistema híbrido (U\$S)
0	400	1800
1	518	1871
2	631	1938
3	738	2003
4	840	2064
5	937	2122
6	1030	2178
7	1118	2231
8	1202	2281
9	1282	2329
10	1358	2375
11	1431	2418
12	1500	2460
13	1565	2499
14	1628	2537
15	1688	2573

Escenario 2

El GLP¹²⁴ es una mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Generalmente es una mezcla de propano y butano.

El costo de un tubo GLP de 45kg es de aproximadamente \$2.444¹²⁵. El gas natural presenta un poder calorífico inferior de 8.300 kcal/m³ y el GLP presenta un poder calorífico superior de 11.951 kcal/kg¹²⁶, por lo que el precio del GLP de un tubo de 45kg en m³ equivalente es:

$$\frac{\$2.444}{45\text{kg}} \cdot \frac{\text{kg}}{11.951 \text{ kcal}} \cdot \frac{9.300 \text{ kcal}}{\text{m}^3} = 42,3 \frac{\$}{\text{m}^3}$$

¹²⁴ gas licuado del petróleo (GLP), https://es.wikipedia.org/wiki/Gas_licuado_del_petr%C3%B3leo

¹²⁵ Total, cilindro de 45 kg, <https://www.total-gas.com.ar/>

¹²⁶ Tabla de Conversiones Energéticas, <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3622>

O bien,

$$42,3 \frac{\$}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{U}\$}{44\$} \cdot \frac{27,8 \text{ m}^3}{\text{MM BTU}} = 26,7 \frac{\text{U}\$}{\text{MM BTU}}$$

En la siguiente Tabla se observan los costos del artefacto convencional GLP, calefón A a GLP y sistema híbrido gas (SST + calefón A a GLP) a valor presente por 15 años, sin y con financiamiento. Para este último caso, se considera un pago inicial del 18% y un financiamiento del 82%, con un plan de financiación de 3 años y un TIR del 5%:

Año	Costo Artefacto Convencional a GLP (U\$S)	Costo Calefón A a GLP (U\$S)	Costo Sistema híbrido (U\$S)	Costo Sistema híbrido con financiamiento (U\$S)
0	300	300	1650	300
1	757	504	1721	889
2	1193	698	1789	1474
3	1608	882	1854	2056
4	2003	1058	1915	2118
5	2379	1226	1974	2177
6	2737	1385	2030	2232
7	3079	1537	2083	2286
8	3404	1682	2134	2336
9	3713	1820	2182	2384
10	4008	1951	2228	2430
11	4289	2076	2272	2474
12	4556	2195	2313	2516
13	4811	2309	2353	2556
14	5053	2417	2391	2593
15	5284	2520	2427	2629

Costos del termotanque A a GLP y sistema híbrido gas (SST + termotanque A a GLP) a valor presente por 15 años, sin financiamiento.

Año	Costo Termotanque A a GLP (U\$S)	Costo Sistema híbrido (U\$S)
0	400	1800
1	750	2010
2	1084	2211
3	1402	2401
4	1704	2583
5	1993	2756
6	2267	2921
7	2528	3078
8	2777	3227
9	3015	3370
10	3240	3505
11	3455	3634
12	3660	3757
13	3855	3875
14	4041	3986
15	4218	4092

Otros esquemas posibles son:

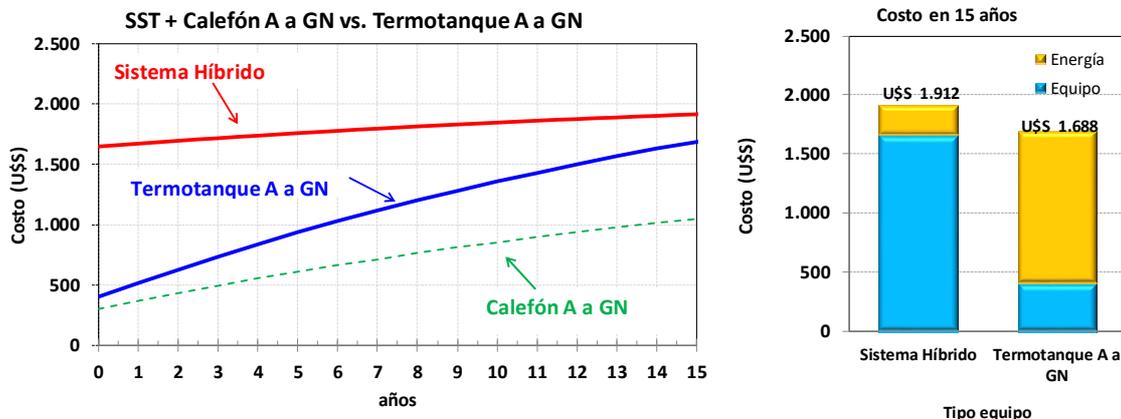


Figura 69. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas para los dos equipos, termotanque A a GN y sistema híbrido solar-gas. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los sistemas híbridos y termotanque A a GN.

El sistema híbrido se compone por un SST y un calefón A a GN, el cual no presenta consumos pasivos.

Otro estudio posible es el de artefactos eléctricos para ACS:

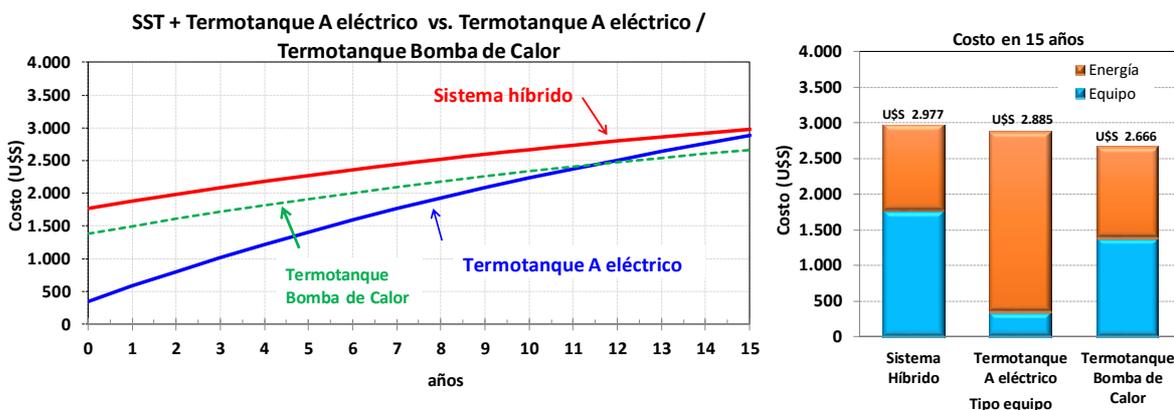


Figura 70. Variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de electricidad para los tres equipos: termotanque A eléctrico, termotanque con bomba de calor y sistema híbrido. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los tres equipos.

Se toma un consumo medio de un termotanque eléctrico clase A de 6,66 kWh/día (equivalente a 2,4 MWh/año) para ACS, teniendo en cuenta la tarifa de electricidad de usuarios residenciales (Edenor, marzo de 2019¹²⁷). Observación, para el caso de un Termotanque eléctrico clase A, el costo inicial es similar al de un calefón a gas clase A.

El sistema híbrido se compone por un SST y un Termotanque A eléctrico.

¹²⁷ Cuadro Tarifario, Resolución ENRE N°27/2019, vigencia a partir del 01/03/2019, <http://www.edenor.com.ar/cms/files/SP/CuadroTarifario.pdf>

Otro estudio posible es el recambio de artefactos, por ejemplo el remplazo de un artefacto convencional por un calefón A o Termotanque A a GN o GLP:

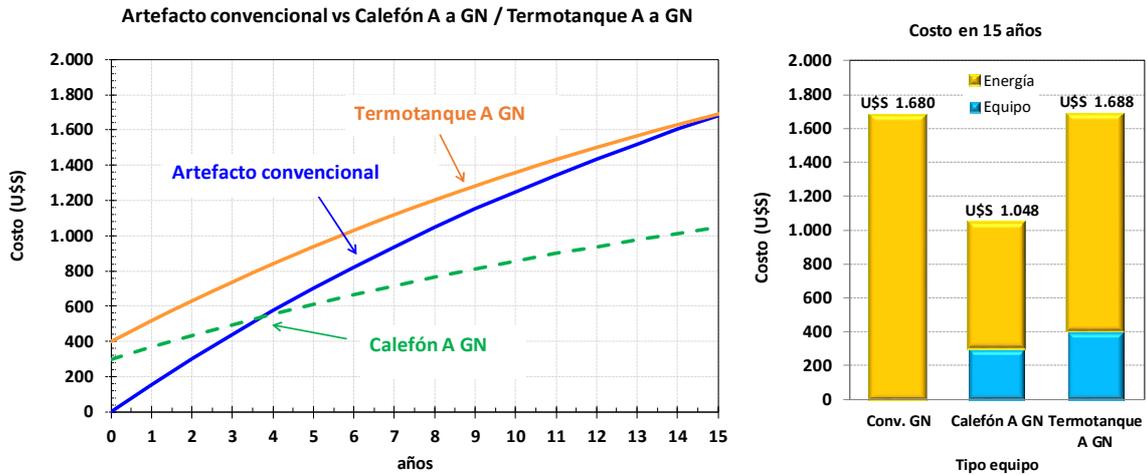


Figura 71. Escenario 1. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de gas natural (GN) para los tres equipos: termotanque A a GN, calefón A a GN y artefacto convencional a GN. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los tres equipos.

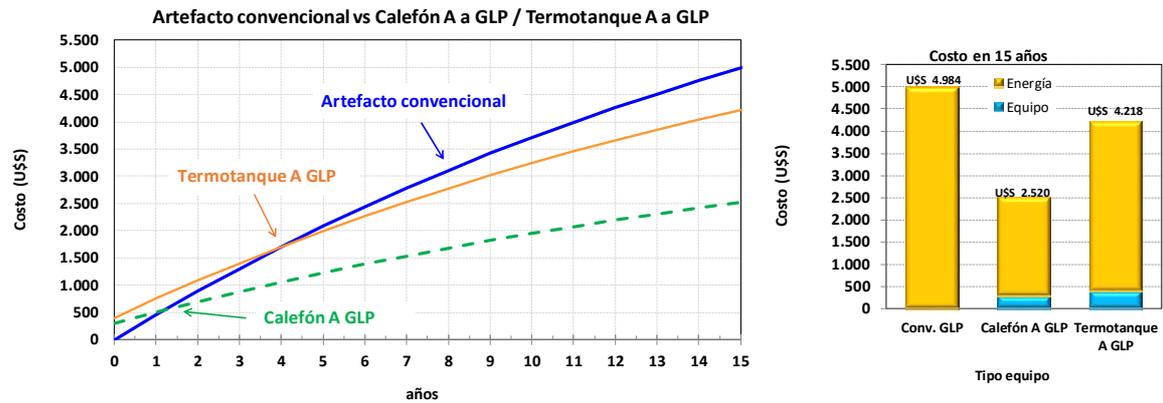


Figura 72. Escenario 2. Izquierda, variación de los costos totales, equipo y abastecimiento de GLP para los tres equipos: termotanque A a GLP, calefón A a GLP y artefacto convencional a GLP. A la derecha se indican los costos totales, reducidos a valor presente, al cabo de 15 años, de los tres equipos.

GLOSARIO

Acumulador térmico: dispositivo utilizado para almacenar energía térmica.

Adendas: todo aquel añadido que se agrega a un escrito, en este caso a una norma.

ACS: sigla de Agua Caliente Sanitaria. Se utiliza para uso sanitarios (baños, duchas) y para usos de limpieza (fregado de platos, lavadora).

Ahorros potenciales: ahorros que pueden suceder o existir, en contraposición de lo que ya existe.

ANES: sigla de Asociación Nacional de Energía Solar (Méjico).

BAGAZO: residuo de materia después de extraído su jugo. Es una fuente primaria que se consigna en el balance energético nacional.

CAFAGAS: sigla de Cámara Argentina de Fabricantes de Gas. Dicha cámara agrupa a las empresas que se dedican a la fabricación de artefactos a gas de uso doméstico, destinados a procesos de calefacción, cocción, calentamiento de agua, también a los fabricantes de accesorios, componentes y afines.

Calefones a gas modulantes: artefacto cuyo consumo de gas está proporcionalmente adaptado al caudal de agua (definición de NAG-313).

Calentador solar de agua: sistema que calienta agua solo con la energía proveniente del sol y sin consumir gas o electricidad.

Calentadores con bomba de calor: las bombas de calor para agua caliente, extraen el calor del aire para calentar el agua.

Colector solar plano: es un tipo de colector solar no concentrador en el cual el absorberdor es plano y admite la irradiancia solar difusa.

Colectores solares térmicos: dispositivos para absorber la radiación solar para producir calor que puede aprovecharse para la producción de agua caliente destinada al consumo doméstico de agua.

Colector solar de tubos de vacío (o tubos evacuados): es un tipo de colector solar que utiliza tubos transparentes de vidrio donde se ha realizado vacío entre la pared del tubo y el absorbedor.

Consumos pasivos: consumo del quemador piloto del artefacto como también de las distintas pérdidas de calor de mantenimiento de agua caliente en el termotanque (consumo de energía necesario para mantener el termotanque lleno a una temperatura estable).

Consumo residencial: servicio con medidor individual separado para usos domésticos no comerciales.

Combustibles fósiles: aquel que procede de la biomasa producida en eras pasadas, que ha sufrido enterramiento y tras él, procesos de transformación, por aumento de presión y temperatura, hasta la formación de sustancias de gran contenido energético.

Deforestación: proceso generado por la acción humana en el que se destruye la superficie forestal.

Ecotecnología: conjunto de técnicas aplicadas, y garantizan el uso de los recursos naturales de manera limpia, derivadas de algunas ciencias, que integra los campos de estudio de la ecología y la tecnología.

ENARGAS: sigla de Ente Nacional Regulador de Gas.

Energía eólica: energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las turbinas de aire, y que es convertida en electricidad.

Energía solar: obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. El calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores, pudiendo transformarse en energía eléctrica o térmica.

Energía Solar Térmica (EST): colectores solares que sumados a tanques constituyen sistemas para la provisión de ACS de uso familiar.

Energía Hidráulica: es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potenciales de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.

Energía Nuclear: es la que se libera espontánea o artificialmente en las reacciones nucleares y engloba otro significado que es el aprovechamiento de dicha energía para otros fines.

Energías Renovables (ER): aquellas energías cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza que se encuentran disponibles en forma continua o periódica (Eólica, Bioenergía, Geotérmica, Oceánica, Hidroeléctrica, Solar).

Energía usada: total de la energía que se suministra al equipo para que funcione y realice su cometido.

Energía útil ($E_{\text{útil}}$): fracción de la energía que efectivamente brinda la prestación deseada.

FCIE: Factor de Comparación de Insumos Energéticos.

GEI: sigla de Gases de Efecto Invernadero.

GLP: sigla de Gas Licuado de Petróleo.

GNC: sigla de Gas Natural Comprimido.

GNL: sigla de Gas Natural Licuado.

Impacto Ambiental: efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. Las acciones de las personas sobre el medio ambiente siempre provocan efectos colaterales sobre éste.

In situ: “en el sitio”. La generación de energía se realiza “in situ”, o sea, “en el mismo sitio en que se encuentra en la naturaleza”, evitando así parte de los elevados costos de transmisión y distribución de la energía.

Inyección nacional: inyección de gas en el yacimiento argentino y transportado por TGN (Transportadora de Gas del Norte S.A.) o TGS (Transportadora de Gas del Sur S.A.).

Matriz energética: representación cuantitativa de toda la energía disponible, en un determinado territorio, región, país.

NAG: sigla de Normas Argentinas de Gas.

NMX: Significa Normativa Mexicana.

SDB: sigla de Subdistribuidora.

Sistema compacto solar- Sistema compacto: sistema en que el acumulador térmico y el colector solar forman parte de una unidad funcional indivisible, y son montados sobre una misma estructura.

Sistema híbrido: sistema combinado para calentar agua sanitaria, constituido por colectores solares sumados a tanques que requieren también un equipo de apoyo que utilice energía convencional.

SSRFT: sigla de Sistemas Solares Térmicos de Circulación Forzada Prefabricados.

SST: sigla de Sistema Solar Térmico.

TIR: sigla de Tasa Interna de Retorno.

UREE: sigla de Uso Racional y Eficiente de la Energía.

Uso residencial (o “uso doméstico“): ver consumo residencial.

Usuario residencial: usuarios que utilizan el gas para usos típicos de vivienda única, departamentos, pisos o sus partes comunes para cubrir las siguientes necesidades: a) centrales con calderas para agua caliente y/o calefacción en edificios de propiedad horizontal para vivienda; b) necesidades domésticas tales como cocción de alimentos, calefacción y agua caliente, a partir de la utilización de cocinas, calentadores de ambiente, hornos, calentadores de agua, refrigeradores, secarropas, etc. Un usuario corresponde a 3,3 personas.

VAN: sigla de Valor Presente Neto.

Vectores energéticos: sustancias que almacenan energía, de tal manera que ésta pueda liberarse posteriormente de forma controlada. El petróleo, el gas y el carbón (en general todos los combustibles fósiles) que son extraídos de la tierra, pueden considerarse vectores que fueron previamente "recargados".

Viviendas ecológicas: autosustentable, todo su consumo energético depende de fuentes naturales. Los electrodomésticos y gasodomésticos son de bajo consumo.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ENARGAS.** Ente Nacional Regulador del Gas Argentina - Datos de Transporte y Distribución. [En línea] www.enargas.gov.ar.
2. **ieasa, Integración Energética Argentina.** <http://www.enarsa.com.ar/?p=3042>. [En línea] Septiembre de 2018.
3. Grupo de Estudios de la Radiación Solar (GERSolar) . [En línea] Universidad Nacional de Luján- UNLu. [Citado el: 02 de 03 de 2017.] <http://www.gersol.unlu.edu.ar/>.
4. **Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina.** Balance Energético Nacional. [En línea] 2015. <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>.
5. ENARGAS. *Ente Nacional Regulador de Gas.* [En línea] 2015. [Citado el: 27 de 02 de 2017.] <http://www.enargas.gov.ar/DatosOper/0302010.php>.
6. Eficiencia en el Calentamiento de agua, Consumos pasivos en sistemas convencionales y colares híbridos . *Revista Petrotecnia.* [En línea] L. Iannelli, R. Prieto, S. Gil, 2016 de 08 de 01. <http://www.petrotecnia.com.ar/agosto16/sinPublic/Eficiencia.pdf>.
7. Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS). [En línea] <http://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/normas-tecnicas-items.php?grupo=3>.
8. Global Climate Change, Global Temperature. NASA. [En línea] <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>.
9. IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Pregunta Frecuente 2.1: ¿Cómo contribuyen las actividades humanas a los cambios climáticos? y ¿Cómo se comparan con las influencias humanas?* [En línea] 2007. [Citado el: 02 de 03 de 2017.] https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html.
10. IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change.* [En línea] 2004. [Citado el: 26 de 01 de 2017.] https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/figure-1-1.html.
11. *Proyección de la demanda de gas para mediano y largo plazo.* **Gil, Salvador.** 2007. <http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnia/2007-5/Proyecciones2.pdf>.
12. *Gas versus electricidad: uso de la energía en el sector residencial.* **Gastiarrena, M., y otros.** LVII, 2017, Petrotecnia, Vol. Abril, págs. 51-60. <http://www.petrotecnia.com.ar/abril17/Petro/GasVsElec.pdf>.
13. **Pablo Sensini, Jorge Fiora, Leila Iannelli, Salvador Gil.** *¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos. Factores de corrección de eficiencia para distintos insumos energéticos en Argentina.* Buenos Aires : Enviado a publicar a ASADES, 2018.
14. **Navntoft, C. Luis, Renato, Oña Pólit y Dubrovsky, Hilda.** Calentadores de agua solares "Estudio de casos de normas de calida, procedimientos de verificación e instrumentos de información al consumidor para calentadores de agua solares en países de América Latina y

El Caribe.". [En línea] 1.1, 2018. [Citado el: 30 de Diciembre de 2018.] <http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2018/06/Informe-Bid-Final-V.11.pdf>.

15. **CAFAGAS Cámara Argentina de Fabricantes de Artefactos a Gas - Buenos Aires. Cominación Privada.** s.l. : <http://www.cafagas.org.ar/>, 2015.

16. **Iannelli, Leila Mora, Prieto, Roberto y Gil, Salvador.** Eficiencia en el Calentamiento de agua, Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos. *Revista Petrotecnia*. [En línea] 08 de 2016. [Citado el: 21 de 10 de 2017.] <http://www.petrotecnica.com.ar/agosto16/sinPublic/Eficiencia.pdf>.

17. OLADE. Barreras para el desarrollo del mercado de la energía solar para calentamiento de agua en América Latina y el Caribe. [En línea] 2010. [Citado el: 03 de 03 de 2017.] http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjnbr/v32_2/old0221.pdf.

18. Fundación Bariloche, para la Secretaría de Energía del Nación de Argentina. Energías renovables diagnóstico, barreras y propuestas. Secretaría de Energía del Nación de Argentina. Buenos Aires. [En línea] 06 de 2009. http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/EnergiasRenovables.pdf.

19. *¿Es posible disminuir nuestras importaciones de gas? Petrotécnia (Revista del IAPG).* **S.Gil.** [ed.] IAPG. Buenos Aires : s.n., 2014, Petrotécnia (Revista del IAPG), Vol. LV, págs. 82-91. Sep. (2014).

20. *Impacto de los consumos pasivos en artefactos a gas en el consumo de energía.* **Cozza, P L, y otros.** Buenos Aires : s.n., 2010. Congreso Mundial de la Energía.

21. *Posibilidades de ahorro de gas en Argentina.* **Gil, S.** 02, Abril de 2009, Petrotécnia, Vol. L. http://www.petrotecnica.com.ar/abril09/ahorro_gas.pdf.

22. Resolución I-2132, 20 de abril de 2012. [En línea] Agosto de 2017. <http://wss.enargas.gov.ar:9090/service.aspx/ObtenerArchivo?Tipo=0&Numero=2132&Ano=2012>.

23. NAG-313, "Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos". [En línea] 2012. <http://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-313-Adenda2012.pdf>.

24. Resolución I-4529. [En línea] <http://wss.enargas.gov.ar:9090/service.aspx/ObtenerArchivo?Tipo=0&Numero=4529&Ano=2017>.

25. Resolución I-3630. [En línea] Agosto de 2017. <http://wss.enargas.gov.ar:9090/service.aspx/ObtenerArchivo?Tipo=0&Numero=3630&Ano=2016>.

26. NAG-314 "Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques). (GN-GL)". [En línea] 2016. <http://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-314-Adenda2016.pdf>.

27. **ENARGAS.** NAG-311. [En línea] 1995.
<http://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-311.pdf>.
28. PEISA. [En línea] Agosto de 2017.
http://www.peisa.com.ar/promo/recambio17/?gclid=CjwKEAjwwevLBRCGy-Sp-fDKjF8SJACpwCb34j_xm175pzPc08JrE36gEbkizmkGTTOfsl32cGfp_BoCpw3w_wcB.
29. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. [En línea] [Citado el: 20 de Julio de 2016.] https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-2-1.html.
30. **L. M. Iannelli, J. A. Fiora y S. Gil.** Ondas de calor en el suelo. Aplicación de diferencias finitas usando Excel. [ed.] 7. *LAJPE (Lat. Am. J. Phys. Educ.)*. 2013, págs. 483-488.
31. ENARGAS, NAG 313 y 314. [En línea] 2015.
<http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Normas/Normas.php>.
32. Department of Energy, USA, 2016, Selecting a New Water Heater. [En línea] [Citado el: 29 de Junio de 2016.] <http://energy.gov/energysaver/selecting-new-water-heater>.
33. **M. Cordella, E. Garbarino, R. Kaps, O. Wolf.** *JRC Technical Reports, Developing an evidence base and related product policy measures for "Taps and Showers"*. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu/>. s.l. : Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), 2013.
34. **LENTINI, FERRO G & E.** *Infraestructura y equidad social: Experiencias en agua potable, saneamiento y transporte urbano de pasajeros en América Latina. División de Recursos Naturales e Infraestructura.* Comisión, Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile : CEPAL, 2012.
35. Asociación Nacional de Energía Solar A.C., México . [En línea]
<http://www.anes.org/cms/index.php>.
36. REGLAMENTO DELEGADO (UE) No 812/2013. [En línea] Febrero de 2013.
<https://www.boe.es/doue/2013/239/L00083-00135.pdf>.
37. **Ministerio de Hacienda, Secretaría de Energía, Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética (Presidencia de la Nación).** Argentina.gob.ar. [En línea]
<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/renovables/que-es-la-energia-solar-termica>.
38. United Nations Climate Change, ANEXO II. Factores de Emisión. [En línea] [Citado el: 9 de Febrero de 2018.] <http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc3s.pdf>.
39. Energía argentina, Descubrí el ciclo de vida de la energía desde su origen hasta el consumo final. Exploré los balances energéticos desde 1960 a 2015. [En línea] 2015. [Citado el: 16 de Septiembre de 2018.] <https://datosgobar.github.io/energia/>.
40. **Wikimedia.** *Central termoeléctrica, Centrales termoeléctricas de ciclo combinado.* https://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica.
41. **Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe.** *Procedimiento de cálculo del índice de prestaciones energéticas (IPE).* Rosario, Santa Fe: s.n., 2016.
[https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/210996/\(subtema\)/202798](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/210996/(subtema)/202798).

42. **Esser, A y Sensfuss, A.** *Review of the default primary energy factor (PEF)*. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). s.l. : www.isi.fraunhofer.de, 2016.
43. CAMMESA. [En línea] 2013. www.cammesa.com.
44. **Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina.** Cálculo del Factor de Emisión de CO₂, de la Red Argentina de Energía Eléctrica 2015. [En línea] 2015. <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>.
45. *Oficina Catalana del Canvi Climàtic, Factor de emisió associat a la energia elèctrica: el mix elèctric.* [En línea] [Citado el: 19 de Abril de 2018.] <http://canviclimatic.gencat.cat/es/detalls/Article/Factor-demissio-associat-a-lenergia-electrica>.
46. *Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy.* **J. D Sterma, L. Siegel and J. N Rooney-Varga.** 2018, Environ. Res. Lett. , Vol. 13, pág. 015007.
47. **Hall, C. y Otros.** *EROI of different fuels and implications for society.* 2014.
48. **Harrabin, R.** Concerns over carbon emissions from burning wood. *BBC News.* 24 de 7 de 2014.
49. NAG-313, "Aparato de producción instantánea de agua caliente para usos sanitarios provistos de quemadores atmosféricos que utilizan combustibles gaseosos". [En línea] 2012. <https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-313.pdf>.
50. Decreto 140/2007, PROGRAMA NACIONAL DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA. [En línea] Agosto de 2017. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136078/norma.htm>.
51. ENARGAS, Eficiencia energética. [En línea] <https://www.enargas.gob.ar/secciones/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica.php>.
52. toptenargentina. [En línea] https://toptenargentina.org/private/products/calef_GN.
53. NAG-314, Adenda1, "Aprobación de calentadores de agua por acumulación de funcionamiento automático (termotanques)". [En línea] <https://www.enargas.gob.ar/secciones/normativa/pdf/normas-tecnicas/NAG-314-Adenda2016.pdf>.
54. Ley N° 24.076. Marco Regulatorio de la Actividad. Privatización de Gas del Estado Sociedad del Estado. [En línea] Agosto de 2017. <http://www.enargas.gov.ar/secciones/normativa/pdf/ley24076.pdf>.
55. Resolución 409/2008. *Establécese la segmentación de las categorías definidas en el Decreto N° 181/04, respecto de los usuarios residenciales. Criterio de aplicación.* [En línea] 26 de Agosto de 2008. http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Resoluciones/Data/R08_i0409.htm.
56. Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires. *Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013.*
57. **L. Iannelli, T. Di Gennaro, J. Fiora, P. Romero, y S.Gil.** *Uso de energía en el sector residencial y Eficiencia en el calentamiento de agua sanitaria, Preparado para la*

Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minería de la Nación y ENARGAS.

58. Estadísticas económicas Ciudad de Buenos Aires, "Consumo de energía en la Ciudad de Buenos Aires en 2013" . [En línea] 2013. https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2015/04/ir_2014_663.pdf.

59. *¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas?, Modos de promover un uso más eficiente.* Gil, Salvador y Prieto, Roberto. 2013.

60. Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía. [En línea] <https://www.argentina.gob.ar/consejos-eficiencia>.

61. **Sistema Intregado de Estadísticas Sociodemográficas (SESD), 11. Hogar y familia.** [En línea] [Citado el: 27 de Septiembre de 2017.] <http://www.indec.gov.ar/indicadores-sociodemograficos.asp>.

62. **US Department of Energy.** *US Department of Energy, 10 CFR Part 430, Energy Conservation Program: Energy Conservation Standards for Residential Water Heaters, Direct Heating Equipment, and Pool Heaters; Final Rule.* 2010.

63. **Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012.** *Water Heater Guide Energy Publications, Office of Energy Efficiency Natural Resources Canada, 2012.* 2012.

64. **CLASP.** Collaborative Labelling and Appliance Standards Program. [En línea] <http://www.clasponline.org>.

65. ENARGAS, NAG 313 y 314. [En línea] <http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Normas/Normas.php>.

66. **Wikipedia.** *Fraccción Solar en Wikipedia.* s.l. : https://es.wikipedia.org/wiki/Fraccci%C3%B3n_solar, 2016.

67. **Beckman, S.A. Klein and W.A.** *F Chart.* Copyright © 2016 F-Chart Software,. s.l. : <http://www.fchart.com/>, 2016.

68. f-chart Software. [En línea] <http://www.fchart.com/fchart/>.

69. **Lanson, A., y otros.** Petrotecnia. [En línea] <http://www.petrotecnia.com.ar/febrero14/sinpublicidad/Aprovechamiento.pdf>.

70. **ENARGAS.** Ente Nacional Regulador del Gas. www.enargas.gov.ar. [En línea] 2016. www.enargas.gov.ar.

71. **Energy Star del U.S. Environmental Protection Agency.** <https://www.epa.gov>. [En línea] 15 de 2 de 2018. <https://portfoliomanager.zendesk.com/hc/en-us/articles/216670148-What-are-the-Site-to-Source-Conversion-Factors->.

72. *Eficiencia en el calentamiento de agua. Consumos pasivos en sistemas convencionales y solares híbridos.* L. Iannelli, R. Prieto y S. Gil. [ed.] IAPG. 3, Buenos Aires : s.n., 2016, PETROTECNIA, LV, N03, P.586-95, Agosto, 2016, Vol. LV, págs. 586-595.

73. *¿Qué significa la eficiencia de los artefactos domésticos? Factores de comparación energéticos.* **Sensini, P. y et, al.** 1, Salta : ASADE, 2019, Vol. 42.

74. **Codeseira, L.** Código Energético. [En línea] 2016. <http://www.codigoenergetico.com/>.

75. ENARGAS, Precios y tarifas, Informato sobre Rangos de Consumo (Residenciales), Resolución ENRG N I-409/08. [En línea] 26 de Agosto de 2008. <http://wss.enargas.gov.ar:9090/service.aspx/ObtenerArchivo?Tipo=0&Numero=409&Ano=2008>.

76. Gas Natural Ban S.A. *Nro. Resolución ENRG 292.* [En línea] Octubre de 2018. <http://wss.enargas.gov.ar:9090/service.aspx/ObtenerArchivo?Tipo=8&Numero=292&Ano=2018>.