

# The Universal Fridge ODS18, Objetivos del milenio 2030

## *The Universal Fridge SDG18, 2030 Goals*

Élida Pereiro López<sup>1</sup>, Jesús Fernández Díez<sup>2</sup>, Ricardo Baamonde Couto<sup>3</sup>

### Resumen

En el año 2015, los Estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible en la que se establecen 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) para ser alcanzados en el año 2030 (ONU, 2015). El Fin de la pobreza (ODS1), Hambre cero (ODS2) e Igualdad de género (ODS5) son algunos de los objetivos que se marcan en la agenda 2030.

La consecución de dichos objetivos va a depender, en gran medida, de la capacidad de la tecnología para adaptarse a la situación de pobreza en la que se encuentra aún gran parte de la población mundial.

Se estima que, actualmente, 1.500 millones de personas en todo el mundo no disponen aún de la posibilidad de refrigerar sus alimentos. No tener acceso a una nevera provoca que, mayormente las mujeres tengan que estar atadas a las cocinas día tras día, impidiendo de manera importante su progreso y desarrollo. Para tratar de buscar una solución a este problema, nace el proyecto The Universal Fridge (TUF), cuyo objetivo principal es que todo el mundo disponga de la posibilidad de refrigerar sus alimentos en el año 2030. Este logro permitiría, a su vez, el empoderamiento de muchas personas, mujeres en su mayoría, que hoy en día aún no tienen la posibilidad de refrigerar su comida.

### Palabras clave

Objetivos del milenio, objetivos de desarrollo sostenible, innovación para la cooperación y el desarrollo, igualdad de género, refrigeración. Agenda 2030.

### Abstract

*The 2030 Agenda for Sustainable Development, adopted by all United Nations Member States in 2015, is a call for action to promote prosperity while protecting the planet. At its heart there are the 17 Sustainable Development Goals (SDGs), which are an urgent call for action by all countries in a global partnership. Ending poverty, Zero hunger and Gender equality are some of the goals to be reached by 2030.*

*The achievement of these objectives will depend, to a large extent, on the ability of technology to adapt to the poverty situation in which a large part of the world population still finds itself.*

*Around 1.5 billion people worldwide are currently unable to refrigerate their food. Not having a fridge forces women to be tied to kitchens for hours day after day, preventing them from personal progress and development. The Universal Fridge (TUF) was born to try to solve this problem. Its primary goal is to find a simple and affordable solution which allows people to refrigerate their food, all over the world, by 2030. Achieving this objective will allow the empowerment of many people, mainly women, who do not have the possibility to refrigerate their food.*

### Keywords

*Sustainable development goals, gender equality, innovation for cooperation and development, refrigeration, 2030 Agenda.*

Recibido / received: 01/06/2020. Aceptado / accepted: 16/06/2020.

1 Ingeniera técnica industrial (EUP Ferrol, UDC). Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática (Universidad de León). Profesora técnica de Formación Profesional de la especialidad de Instalación y Mantenimiento de Equipos Térmicos y de Fluidos (CIFP Politécnico de Santiago).

2 Ingeniero técnico industrial (EUP Ferrol, UDC). Licenciatura en Derecho (UDC). Técnico especialista FPPII en Instalaciones Frigoríficas. Profesor de Formación Profesional de la especialidad de Organización y Proyectos de Sistemas Energéticos (IES Universidade Laboral, Culleredo, A Coruña).

3 Ingeniero técnico industrial (EUP Ferrol, UDC). Grado en Investigación y Técnicas de Mercado (UOC). Profesor de Formación Profesional de la especialidad de Organización y Proyectos de Fabricación Mecánica (IES Universidade Laboral, Culleredo, A Coruña).

Autor para correspondencia: Ricardo Baamonde Couto. Email: rbcouto@theuniversalfridge.org



Figura 1. Los 17 objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) de la ONU para el 2030.

### Introducción

Cuando se habla de innovación siempre se piensa en la creación de un nuevo producto o en la evolución tecnológica de uno ya existente, es decir, se piensa en tratar de mejorar técnica y tecnológicamente lo ya realizado. Lo que puede suceder es que una innovación pueda no continuar la evolución prevista por diferentes motivos. Por ejemplo, la tecnología actual permite la producción de coches 100% eléctricos. Estos, a día de hoy, son ya vehículos muy fiables y disponen de unas prestaciones que superan, por lo general, a los vehículos con motor de combustión. Además, su impacto medioambiental es significativamente menor. Pero tienen un gran inconveniente que actúa de barrera para su uso masivo: su coste aún no está al alcance de la gran mayoría de la población.

Algo similar, en otra escala, está sucediendo con las neveras domésticas. La más común de las neveras disponible en nuestras viviendas, incluso la más económica, posee unas excelentes prestaciones: alcanza bajas temperaturas, dispone de un buen rendimiento energético, una capacidad (en litros) que permite conservar un importante

volumen de alimentos por espacios de tiempo relativamente largos, además de una fiabilidad muy alta. La nevera es uno de los electrodomésticos que menos averías presentan y con una vida útil que puede alcanzar fácilmente los 20 años. Además, todo esto a un coste económico relativamente bajo. Por menos de 200 euros es posible encontrar en el mercado frigoríficos con congelador con una capacidad superior a 200 litros.

Se puede decir que las neveras domésticas actuales son un prodigio de la evolución de la tecnología que, como tantas otras cosas, solo apreciamos cuando no podemos disponer de ella. Y esta es la situación en la que se encuentran aproximadamente 1.500 millones de personas en el mundo (Wolfram y cols., 2012).

Una simple nevera, que tanto facilita la vida de las personas, no está al alcance del 20% de la población mundial. ¿La razón? No hay una única razón, pero si hubiese que escoger, la pobreza sería una de las principales causas (Ritchie y Roser, 2019). Y la cuestión que esto presenta es que la situación de pobreza no viene determinada por una única causa y que el denominado círculo de la pobreza,

como bien indica su nombre, no tiene principio ni fin. Es cerrado.

El círculo de la pobreza provoca, entre otras muchas consecuencias, que no se pueda tener acceso al suministro eléctrico de red. Para los 1.000 millones de personas que no tienen acceso a la electricidad (IEA, 2017), con una renta disponible que no supera el euro diario (World Bank, 2018) solo insinuar que podrían disponer de una nevera en la vivienda sonaría, hoy en día, a sueño imposible de alcanzar (figura 2).

En la mayoría de los países de los denominados “en desarrollo”, las labores del hogar recaen en las mujeres, casi exclusivamente (UNWOMEN, 2012). Desde niñas son las encargadas de realizar las tareas domésticas, entre las que se encuentra preparar la comida diariamente para toda la familia (figura 3). Esto impide tanto que puedan asistir al colegio cuando son niñas y jóvenes, como que puedan disponer, ya de adultas, de cierta independencia económica realizando un trabajo remunerado fuera de casa o montando su propio negocio.

Dado que el reparto de responsabilidades en el hogar y la igualdad de género están lejos de ser alcanzadas en casi todos los países del mundo, si es-



Figura 2. Dos amigos de Malawi compartiendo sus pertenencias, bicicleta y zapatos incluidos. Foto: Operación Pangono Pangono.



Figura 3. Mujeres en la cocina para pacientes en un hospital de Malawi. En muchos países las personas ingresadas en un hospital deben ir acompañadas de una persona cuidadora que tiene, entre otras funciones, la de realizar la comida para la persona ingresada. Incluso tienen que aportar la madera que usarán para preparar la comida. Foto: Operación Pangono Pangono.

tas mujeres tuviesen la posibilidad de refrigerar su comida podrían, por una parte, liberar parte del tiempo diario que dedican a hacer la comida, al poder conservarla de un día para otro. Por otra parte, tendrían la posibilidad de almacenar en buen estado productos agrícolas para ser vendidos en los pequeños mercados locales que se celebran semanal o quincenalmente.

La cuestión que se pone sobre la mesa es si sería técnicamente posible, con un coste accesible a toda la po-

blación, solucionar este problema. El bajo poder adquisitivo de la población que sufre esta situación desincentiva la investigación por el poco margen de beneficio de la posible solución. Esto, unido a las excelentes cualidades de las neveras actuales de funcionamiento por compresión (y evaporación) de un fluido, ha provocado que actualmente no se busque de manera prioritaria una alternativa a la nevera doméstica “común”, con un coste aún menor y, lo que es más importante,



Figura 4. Logo del proyecto The Universal Fridge (TUF).

sin depender de un enchufe. La solución técnica y económica existe, simplemente hay que buscarla y son muchas las tecnologías aplicables a The Universal Fridge.

Nuestra experiencia como miembros de la Asociación Operación Pangono Pangono en el campo del voluntariado y la cooperación nos ha motivado para la creación del proyecto The Universal Fridge (TUF) (figura 4), el cual tiene como primer objetivo dar a conocer la situación de este 20% de la población mundial que aún no puede refrigerar su comida, y cómo, dando esa posibilidad básica, mejorarían sustancialmente sus posibilidades de desarrollo, especialmente para niñas y mujeres. Buscamos la sensibilización de la sociedad, en general, y de instituciones, empresas, ingenieras e ingenieros en particular, para tratar de buscar una solución que, sin duda alguna, sería una excelente herramienta para alcanzar muchos de los objetivos de la agenda 2030.

#### Características del diseño de TUF

Buscar la solución para estos 1.500 millones de personas que no tienen la posibilidad de refrigerar sus alimentos no significa que se trate de buscar una única solución. The Universal Fridge (La Nevera Universal) puede tener distintas soluciones técnicas para el mismo problema.

Tecnológicamente, no tiene por qué utilizarse la misma solución para las mujeres del Sahel africano, con altas temperaturas, baja humedad y sin acceso a la electricidad, que para una familia de la India que vive en una zona también de altas temperaturas pero con un alto grado de humedad,



y que puede que disponga de acceso al suministro eléctrico. Se estima que en el año 2030 la práctica totalidad de la población de la India dispondrá de acceso al suministro eléctrico de red (World Bank, 2018). Otra cuestión diferente es su capacidad económica para adquirir una nevera para su hogar.

Teniendo esto en cuenta, el punto de partida es que no existe una única “nevera universal”, sino que dependiendo de la situación se pueden aplicar diferentes soluciones, por lo que se exponen a continuación distintas variables de diseño que tener en consideración a la hora de buscar las soluciones posibles para que todo el mundo pueda refrigerar su comida: The Universal Fridge.

### Coste

Mil millones de personas sobreviven hoy en día con menos de un euro diario. La mitad de la población mundial dispone de menos de cinco euros de renta diaria (World Bank, 2018). Es evidente que el primer parámetro que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar cualquier solución para The Universal Fridge es su coste. En principio, un coste de adquisición superior a 30 euros la haría prácticamente inalcanzable para la población que tiene que tratar de sobrevivir con un euro diario. A pesar del gran avance que supondría instalar un refrigerador de alimentos en casa, la baja renta disponible se debe destinar a necesidades básicas e ineludibles para la supervivencia, comida principalmente. El círculo de la pobreza aparece de nuevo.

Sin embargo, un coste en principio superior al precio objetivo de 20 o 30 euros no debiera descartarla automáticamente como posible solución. Por ejemplo, si piezas o partes de la solución técnica propuesta pudiesen ser “autofabricadas” con materiales accesibles para la población objetivo o con materiales reciclados, el escollo del “sobrecoste” podría ser salvable. Asimismo, si la solución propuesta fuese una solución centralizada (para varios hogares o poblados pequeños) podría sobrepasarse la cifra de los 30 euros y ser una propuesta perfectamente útil y válida.

### Temperatura mínima

Para una correcta conservación de la mayoría de los alimentos se recomienda una temperatura entre 4 °C y 6 °C.

Si hablamos de la congelación de alimentos, y para que puedan durar varios meses, se necesitan entre -18 °C y -22 °C. Estas son situaciones ideales, en las que el coste de fabricación y la disponibilidad del suministro eléctrico no son requisitos que determinen el diseño final.

Pero el no alcanzar esas temperaturas en la posible solución (o soluciones) de The Universal Fridge, no implica que no puedan ser soluciones válidas. Por ejemplo, en climas con altas temperaturas, como el desértico, disponer de un espacio donde se puedan conservar alimentos y bebidas a 10 o 15 °C, sería una mejora considerable en las condiciones de vida de esas personas.

### Temperatura diferencial ‘in-out’ (AT)

Algunas tecnologías no están tan condicionadas por la temperatura mínima que puedan alcanzar como por el incremento (o diferencial, mejor dicho) al que son capaces de llegar con respecto a la temperatura ambiente. Ciertas tecnologías son descartadas para ser usadas en refrigeración por no poder alcanzar los 4 °C, independientemente de las condiciones exteriores, pero que sí pueden ser utilizadas para alcanzar un diferencial de 10 o 15 °C respecto a la temperatura ambiente. La posibilidad de conservar alimentos a 20 °C, cuando el exterior está a 35 °C, puede ser la diferencia entre que estos deban consumirse en pocas horas y que puedan conservarse unos días. Y, en el caso de productos agrícolas, puede significar una oportunidad de negocio para las mujeres de la vivienda al poder comercializarlos en pequeños mercados.

### Potencia frigorífica

Como norma general, las neveras domésticas comunes no tienen dificultades para refrigerar todos los alimentos que pueden albergar en su interior. Además, ya no son usadas únicamente para refrigerar alimentos básicos y, en (casi) todas las neveras de occidente, se pueden encontrar además de alimentos gran cantidad de bebidas elaboradas, como refrescos, listas para ser consumidas ya frías pocas horas después de haberlas depositado en la nevera.

Una nevera doméstica común, con un consumo eléctrico de unos 100 W, es capaz de tener una capacidad de refrigeración de 300 W gracias a su

Coefficiente de Operación (COP), superior a 3.

Esta capacidad de refrigeración, indispensable en cualquier nevera doméstica actual, no sería un requisito imprescindible en The Universal Fridge. Evidentemente, disponer de una tecnología con una potencia frigorífica importante sería estupendo, pero hay que tener en cuenta que los patrones de consumo son totalmente diferentes cuando el poder adquisitivo varía de manera importante.

Por tanto, aunque se encuentre una solución con una capacidad de refrigeración (en kg) relativamente baja, no debe descartarse como una posible solución para The Universal Fridge.

### Consumo energético y eficiencia (%)

Los equipos de compresión mecánica usados actualmente en las neveras domésticas pueden tener solo un consumo eléctrico de 100 W y alcanzar valores de COP cada día más altos gracias a las mejoras de materiales y nuevos refrigerantes. Este “bajo consumo” y esta “alta eficiencia”, entre otras razones, hacen que sea el sistema mayoritariamente usado en los equipos de refrigeración, tanto domésticos como industriales.

Esto no significa que se tengan que descartar otros sistemas menos eficientes para su uso en The Universal Fridge. Aprovechar algún tipo de energía disponible o sobrante para “producir” frío, aunque con una eficiencia baja, puede ser una buena solución en determinadas circunstancias.

### Capacidad (litros)

Un combi de lo más común ofrece una capacidad de 300 litros de almacenamiento. El más pequeño de los frigoríficos comerciales, alrededor de 100 litros. Con estas capacidades de almacenamiento una familia podría conservar, fácilmente, los alimentos necesarios para una semana. Y si esa capacidad se usase solo para alimentos básicos, mucho más tiempo. Una solución para The Universal Fridge con capacidades inferiores sería perfectamente válida ya que solo sería usada para la conservación de alimentos básicos.

### Portabilidad

Hay determinadas características tecnológicas que, desde un punto de vista occidental, no son relevantes. Un

ejemplo podría ser la portabilidad de las neveras. ¿Quién quiere o necesita que una nevera sea móvil? Desde nuestro punto de vista puede no ser necesaria, más allá de la típica nevera de picnic o de conservación de congelados para el supermercado. Pero cuando la temperatura ambiente supera los 30 °C y es necesario desplazarse durante varias horas para poder vender productos de la huerta en un mercado local, disponer de una nevera portable permitiría comercializar dichos productos y obtener una fuente de ingresos para las familias (figura 5).

De igual modo, hay circunstancias en las que romper la cadena de frío, aunque sea por un breve periodo de tiempo, pueden arruinar completamente el producto. Un ejemplo claro son las vacunas que, tras un breve periodo de tiempo expuestas a temperaturas diferentes a las de conservación, pasarían a ser totalmente inservibles. Por este tipo de situaciones la portabilidad de la The Universal Fridge se considera un factor clave.



Figura 5. Camino hacia el mercado local semanal en una carretera de Malaui. Foto: Operación Pangono Pangono

CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN USO MODELO PARA THE UNIVERSAL FRIDGE						
Ejemplo TUF	Valores referencia	Valor objetivo (=5)	Valor mínimo (=0)	Unidad	Valor modelo estudiado	Puntuación (5 ideal, 0 no óptimo)
Coste (€)	5€-100€	5	100	€	5	5,0
Temperatura mínima (°C)	4°C - 20°C	4	20	°C	15	1,6
Temperatura diferencial (in/out)	5°C - 40°C	40	5	°C	15	1,4
Potencia frigorífica (W)	10W-100 W	100	10	W	20	0,6
Consumo energético (W)	0W-100 W	0	100	W	0	5,0
Eficiencia (comparación COP nevera comp)	0,25< COPcompr <1,5	1,5	0,25	%	1,5	5,0
Capacidad (l)	5 litros - 100 litros	100	5	l	50	2,4
Portabilidad	5 (portable) - 0 (fija)	5	0	Valoración	3	3,0
Durabilidad	1 - 20 años	20	1	años	20	5,0
Complejidad	5 (simple) - 0 (complejo)	5	0	Valoración	5	5,0
<b>Total</b>						<b>33,9</b>

### Ejemplo estudio modelo The Universal Fridge

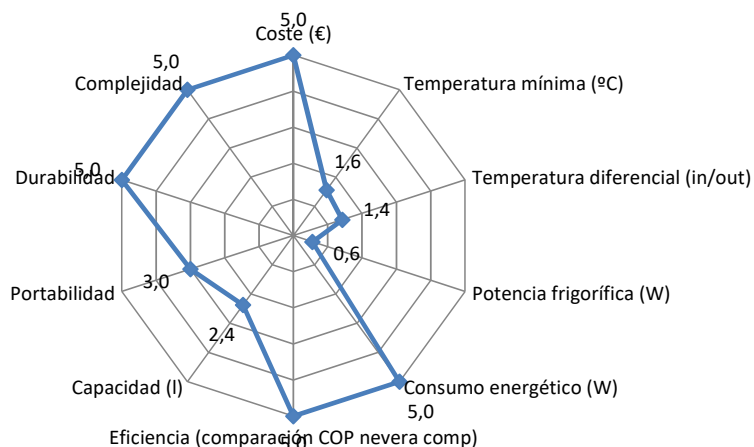


Figura 6. Ejemplo de valoración y cuantificación de un modelo para ser usado como TUF.



Figura 7. Quiosco móvil de recarga de crédito y de baterías para teléfonos móviles, alimentado por energía solar en Kenia.

### Durabilidad y complejidad (fabricación y mantenimiento)

De nuestra experiencia adquirida como voluntarias y voluntarios realizando instalaciones técnicas en el África Subsahariana, podemos concluir que uno de los puntos clave de cualquier instalación o equipo es la facilidad para su conservación y mantenimiento. Hay que pensar que las condiciones de uso de estos equipos van a ser muchas veces extremas (temperatura, polvo, etc.), por lo que se debe buscar la mayor sencillez posible a la hora de diseñar, fabricar y mantener The Universal Fridge. Así se incidirá en una mayor durabilidad.

Esta sencillez y durabilidad, además de hacer más asequible el equipo, supondría un menor impacto medioambiental. Muchas veces no somos conscientes de que en muchos países del mundo el sistema de gestión de residuos es, simplemente, inexistente.

### Clasificación de las alternativas TUF

Como se ha visto, a la hora de proponer soluciones para una The Universal Fridge, puede ser necesario sacrificar alguna prestación para tratar de alcanzar otras, pero esto permitirá diversificar diseños que se adapten a las innumerables causas que impiden que hoy en día 1.500 millones de personas no puedan aún refrigerar sus alimentos.

La definición y cuantificación de los requisitos de diseño de propuestas para convertirse en una TUF permitirán su clasificación en función de sus características e idoneidad de aplicación

en función de la situación para la cual pueda ser útil (figura 6).

### Tecnologías aplicables

Una vez establecidos los distintos requisitos de diseño de una posible solución tecnológica que aspire a convertirse en una de las The Universal Fridge, hay que realizar un estudio para tratar de adaptar las tecnologías del frío ya existentes o que se están investigando y que puedan ser aplicadas a una posible TUF.

Se debe tener en cuenta a la hora de aplicar estas tecnologías disponibles que los criterios técnicos y económicos no son los únicos condicionantes a la hora de buscar una solución. A modo de ejemplo, los factores sociológicos pueden determinar, y de manera importante, la tecnología que utilizar.

De este modo, desde el punto de vista occidental, siempre se asocia una nevera con un electrodoméstico para el hogar. Pensar en una nevera compartida, en nuestra sociedad, no tendría mucho sentido, pero en un poblado del Amazonas o del África Subsahariana, donde la unidad familiar no es el patrón madre-padre-hijas-hijos, sino que el propio poblado es la “unidad familiar”, una solución *compartida* puede ser perfectamente válida. Incluso un modelo centralizado de nevera puede dar lugar a una oportunidad de negocio para muchas mujeres que regentan pequeñas tiendas de alimentación repartidas por el rural africano.

Un ejemplo similar se encuentra en los espacios de recarga de teléfonos

móviles (figura 7), donde la gente de los alrededores acude, no solo a comprar cupones de recarga de minutos y datos para sus teléfonos móviles, sino también para recargar sus baterías, puesto que en sus viviendas no disponen de electricidad.

El impacto de la telefonía móvil en países en desarrollo es un caso aparte de estudio. Resulta a veces sorprendente, desde el punto de vista de nuestra sociedad, que una africana o un africano dedique parte de sus limitados recursos económicos a comprar y recargar un teléfono móvil en vez de destinar estos recursos a aquellas necesidades consideradas básicas: vivienda, alimentación, salud, educación, etc.

No es extraño encontrarse en África con personas realmente pobres, incluso descalzas por la calle, usando *smartphones*. Y aunque puede resultar impactante, e incluso incoherente la primera vez que se presencia una escena así, la realidad es que la tecnología móvil ha permitido a millones de africanas y africanos acceder por primera vez a una cuenta bancaria (o similar), y esto no es más que un pequeño ejemplo de lo significativo del impacto de la tecnología en la sociedad. Cuando el pago con móvil no deja de ser una acción anecdótica en países occidentales, ha permitido a la ciudadanía de muchos de los países en desarrollo adoptarlo de manera masiva, puesto que les permite acceder a pagos en diferido o a pequeños créditos, indispensables para cualquier actividad económica (World Bank, 2017).

No hace tantos años, disponer de un frigorífico en una vivienda en España era un lujo impensable. Antes de la aparición de las neveras domésticas, la única forma de enfriamiento del que disponían nuestras viviendas era por medio de un sistema central de distribución del “frío”. El hielo como “vector energético” frigorífico era producido industrialmente en las fábricas de hielo, y distribuido posteriormente, cada día, a las privilegiadas viviendas que podían pagar el servicio de frío. Sorprendentemente, este hielo dejó de producirse en las últimas fábricas de hielo para consumo doméstico del país hace tan solo 30 años.

Una The Universal Fridge centralizada para un poblado, que disponga de una nevera comunitaria con posibilidad de alquilar un espacio o que distribuya placas eutécticas (acumuladoras)



en servicio de intercambio, sería una solución totalmente impensable hoy en día para nuestra sociedad, pero podría ser una muy buena solución en muchos lugares del mundo.

En cualquier caso, como ya se ha dicho, la tecnología que se adopte no va a ser única, sino una combinación de varias de las disponibles, y se tendrán en cuenta otros muchos aspectos, como pueden ser los sociológicos, a la hora de plantear propuestas para The Universal Fridge.

A continuación, se enumeran distintas tecnologías susceptibles de ser usadas para solucionar el problema global que supone la falta de posibilidad de refrigerar los alimentos. En la actualidad, la mayoría de las innovaciones e investigaciones en materia de refrigeración se orientan únicamente a aplicaciones de tipo industrial. El hecho de que la mayor parte de la sociedad, junto con personal investigador e ingenieros e ingenieras, no sean conscientes de que hoy en día el 20% de la población mundial aún no puede disponer de una nevera conlleva que muchas de estas soluciones disminuyan sus posibilidades de uso futuro si estas no son de aplicación en occidente o industrialmente.

Por tanto, la labor de difusión del problema que genera la no posibilidad de refrigeración de alimentos de la quinta parte de la población mundial, así como el impacto que esta tecnología tendría en la mejora de su calidad de vida son unas de las principales razones de ser del proyecto The Universal Fridge y que hacen totalmente fundamental la labor de difusión del proyecto.

#### TUF de compresión

En el año 1805, el ingeniero Oliver Evans describe el proceso para producir hielo mediante un sistema cerrado de evaporación-condensación de un fluido. Después de innumerables pruebas y múltiples mejoras del sistema a lo largo del siglo XIX, en el año 1876 el ingeniero alemán Carl von Linde patenta la primera máquina fiable y altamente eficiente para producir frío usando amoníaco como refrigerante. Se puede decir que esto marca el punto de inicio de la *dictadura* del ciclo de compresión y evaporación de un fluido en un circuito cerrado como método casi exclusivo y más eficiente para la refrigeración de alimentos en entornos industriales y domésticos.

Como se comentó anteriormente, la elevada eficiencia del ciclo de refrigeración de este sistema, junto con su alta fiabilidad, hacen de este sistema el mejor aspirante en la candidatura a The Universal Fridge. ¿Qué haría falta para que este sistema se pudiese universalizar?

En primer lugar, el sistema de producción de frío por compresión requiere de una fuente constante de energía, un suministro eléctrico constante en este caso. En segundo lugar, el equipo electromecánico de producción de frío precisa de una serie de subsistemas para que el conjunto funcione correctamente: un aislamiento eficiente, un sistema de control, hermeticidad del sistema, etc.

Por otro lado, aunque un consumo eléctrico de 100 W se puede considerar moderado, o incluso bajo desde nuestro punto de vista, cuando no se dispone de red de distribución eléctrica es un obstáculo insalvable. Y con otra limitación adicional: se requiere de una disponibilidad energética 24 horas y 7 días a la semana para que el sistema pueda entrar en funcionamiento cuando la temperatura de consigna ascienda de los valores fijados.

En principio, la solución tecnológica para solventar todos estos condicionantes es realmente sencilla. Con placas solares fotovoltaicas, acumulación de energía eléctrica en baterías y neveras con compresores alimentados a corriente continua (CC) ya se dispondría de una fuente de frío eficiente. Pero aquí surge la cuestión realmente impactante: el alto coste económico de esta solución.

Un sistema sencillo técnicamente hablando formado por una nevera con un motor de CC, panel solar de 100 W y una simple batería de plomo-ácido puede suponer un precio de adquisición realmente importante y, en cualquier caso, del todo inalcanzable para quien tiene que tratar de sobrevivir con poco más de un euro diario. Solo la nevera alimentada por CC tiene un coste de adquisición que puede llegar a ser tres veces superior al de una nevera equivalente de corriente alterna (CA). ¿Y cuál es el motivo de este grandísimo incremento si técnicamente son casi idénticas? La diferencia en el número de unidades producidas. Es una de las leyes que rigen el mercado: a menor demanda, mayor coste.

Otra posibilidad interesante podría ser rebajar la potencia frigorífica requerida (en kg) y la capacidad (en litros) de la nevera de manera importante para tratar de contener el coste, y aun así sería una muy buena solución. Todos los factores que puedan ayudar a salvar el principal escollo que impide su universalización deben tenerse en cuenta.

En esta línea, ya hay en el mercado compresores herméticos de CC con una potencia eléctrica consumida realmente pequeña, inferior incluso a 50 W, que permitirían con una pequeña placa solar fotovoltaica alimentar una *universal fridge*. Paradójicamente, esta miniaturización en el compresor no va acompañada de una reducción lineal de su coste, al contrario. El coste de compra de estos minicompresores de CC es realmente alto, superando incluso los 180 euros a pesar de su pequeño tamaño.

La evolución técnica de estos compresores debería centrarse tanto en reducir su coste como en procurar la máxima simplicidad. Por ejemplo, al hablar de la capacidad de refrigeración, el sistema de control del compresor no debería estar centrado en la temperatura de consigna, sino en la disponibilidad de energía, de la placa fotovoltaica en este caso. Los actuales sistemas electrónicos de control de los compresores de CC, además de tener un coste similar al del propio compresor en muchos casos, están pensados para ser alimentados por medio de una fuente de energía constante como una batería. Y, precisamente, lo que necesita The Universal Fridge es deshacerse de componentes para tratar de reducir su coste a la mínima expresión.

La simplificación se podría conseguir alimentando un microcompresor de CC directamente a través de una placa solar, es decir, sin batería de acumulación eléctrica. En función de la energía disponible, el microcompresor podría variar su capacidad de enfriamiento y, en caso de que hubiera energía sobrante, esta se acumularía en forma de energía térmica mediante bloques de hielo o placas eutécticas.

Y para simplificar el sistema al máximo, todos los sistemas mecánicos y de control de la nevera (compresor, evaporador, condensador, termostatos, etc.) irían montados en kit, lo que permitiría su fácil adaptación a equipos para que pueden ser montados *in situ*,

como en neveras convencionales recicladas o cajas de espuma de bajo coste (poliestireno expandido o similares).

Otro apartado por investigar es el uso de una fuente de energía distinta a la eléctrica para alimentar los compresores de las neveras. Los compresores de tipo hermético, que incorporan el motor eléctrico y el compresor en su interior, han demostrado desde su aparición ser los más adecuados debido a su alta fiabilidad y por evitar pérdidas de refrigerante del sistema. No obstante, se podría abrir un nuevo campo de innovación tecnológica con la utilización, por ejemplo, de compresores del tipo abierto. Su uso permitiría el aprovechamiento de otras fuentes primarias de energía alternativas (mini-hidráulica, eólica, etc.) para el accionamiento directo de estos compresores para la producción de frío.

#### Cajas isotérmicas (acumulación térmica)

Debido a lo económico de la solución y a su sencillez, se podrían considerar las cajas isotérmicas una muy buena opción para llegar a convertirse en una de las posibles *universal fridges*.

Una caja aislante no es más que un contenedor, normalmente de pequeño tamaño (10-50 litros) y muy aislado, que conserva los alimentos refrigerados. El material aislante que suele usarse para su fabricación es espuma, como el poliestireno expandido, y puede aumentar su resistencia mecánica con una cubierta externa de plástico rígido. Con menor capacidad aislante pero disponible para la mayoría de la población rural, existe la posibilidad del uso de paja como material aislante. También la madera puede ser usada para dar resistencia mecánica y ofrecer cierto aislamiento térmico. En cualquier caso, la capacidad de aislamiento de estos materiales naturales no es comparable con la de las espumas aislantes, por lo que parece acertado su uso combinado con las espumas aislantes para aumentar la capacidad aislante del sistema.

Evidentemente, al ser la caja isotérmica una nevera pasiva (no cuenta con una fuente de frío propia), la capacidad de refrigeración debe ser suministrada externamente, bien por medio de la introducción en su interior de un foco frío (bloque de hielo o placa eutéctica), acoplado a la misma un sistema de enfriamiento o una combinación de ambos.

Este tipo de sistema es utilizado normalmente en países occidentales como “conservador” de temperatura; es decir, se introducen en su interior los productos a baja (o alta) temperatura en comparación con la temperatura ambiente, y gracias a su alto grado de aislamiento térmico, limitan el intercambio de calor con el exterior. De este modo, se mantiene la temperatura del producto durante periodos relativamente largos de tiempo.

Esta solución, en principio, no podría ser válida como una posible para The Universal Fridge, puesto que se introducirían en su interior los alimentos a temperatura ambiente. ¿Cómo se podría solucionar este problema? En primer lugar, con el uso de bloques de hielo o, más eficaces e higiénicas, con placas eutécticas previamente enfriadas. Evidentemente, la capacidad de refrigeración (en kg) de este sistema es reducida, pero se podría mejorar con algún sistema de apoyo para generar frío que sea económico y sencillo. Como se verá posteriormente, los módulos por enfriamiento termoelectrónico por efecto Peltier podrían ser una de las posibles soluciones.

En principio, cabría pensar que este sistema, por su extremada sencillez técnica, no puede ser mejorado. Si se necesita más aislamiento, se aumenta el grosor de las paredes del contenedor y poco más se puede hacer. Nada

más lejos de la realidad. Es importante conseguir que la temperatura de solidificación-fusión de las placas eutécticas esté adaptada a la temperatura que queremos conseguir y, sobre todo, que la absorción de calor se realice de manera gradual. De nada sirve reducir mucho la temperatura en la nevera en el momento de introducir las placas si no se va a poder mantener la temperatura deseada durante mucho tiempo. Un correcto diseño de las placas eutécticas y de su alojamiento dentro de las cajas isotérmicas permitiría mantener relativamente constante la temperatura en su interior y, al mismo tiempo, aumentar su duración.

La segunda cuestión que se plantea es dónde *recargar* las placas eutécticas. Evidentemente, este sistema de The Universal Fridge necesita de un sistema alternativo de generación de frío donde poder enfriar las placas para ser usadas posteriormente en las cajas isotérmicas. Aquí sería donde entrarían en funcionamiento otras posibilidades como las ya comentadas en el punto anterior: sistemas centralizados para la producción y distribución del frío mediante pequeños negocios locales en pequeños poblados o barrios.

#### Barro

Puede sorprender que se nombre el barro o arcilla como posible *productor* de frío y de su posibilidad de ser usado en



Figura 8. El botijo se puede considerar el primer aparato refrigerador de la historia. Foto: Olería de Buño (Malpica de Bergantiños, A Coruña).





Figura 9. Fórmula de Pinto y Zubizarreta para cuantificar enfriamiento del botijo. Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.



Figura 10. Pot-in-pot diseñado por el profesor nigeriano Mohammed Bah Abba. Foto: Rolex award.

una TUF, sobre todo después de hablar de posibles aplicaciones tecnológicas más complejas, aparentemente, con ciclos termodinámicos de evaporación y condensación de un fluido.

Realmente, el barro se puede considerar el primer material usado como refrigerante de la historia elaborado por humanos. En principio, el barro fue usado para elaborar simples recipientes de líquidos (fuentes, vasos, vasijas). Posteriormente, se sometió a altas temperaturas y se obtuvo lo que hoy se conoce como cerámica. La cerámica mejoró las propiedades físicas del barro y, además, se descubrió que tenía una propiedad adicional. Podía refrigerar el líquido que albergaba en su interior sin utilizar, en principio, ninguna fuente de energía exterior.

Esta propiedad de la cerámica llevó

a la construcción de lo que se puede considerar la primera máquina frigorífica creada por el ser humano: el botijo (figura 8).

El botijo utiliza la misma técnica usada por los seres humanos para disminuir la temperatura corporal. La evaporación del agua al entrar en contacto con la superficie exterior del botijo, o la piel en nuestro caso. La cerámica es un material poroso por lo que al ser usado para almacenar agua en su interior, parte de la misma se filtra (suda) hacia el exterior del recipiente. En el exterior, gracias a la combinación de la temperatura y del movimiento del aire, se evapora absorbiendo calor de la superficie del recipiente reduciendo, así, su temperatura. Es decir, por medio de procesos naturales, los recipientes cerámicos como el

botijo, pueden refrigerar el agua de su interior (Pinto y Zubizarreta, 1995). Únicamente sacrifican parte del agua de su interior para refrigerar el resto del líquido. Es un método realmente sencillo y económico para refrigerar agua (figura 9).

Evidentemente, el sistema del botijo como sistema de refrigeración cuenta con muchas limitaciones: básicamente, solo funciona con agua y tanto la capacidad de refrigeración y el diferencial de temperatura con respecto al exterior son limitados. Además, el efecto refrigerador de la cerámica únicamente es apreciable en climas secos y de altas temperaturas, como los desérticos o semidesérticos.

Para tratar de paliar parte de los inconvenientes del botijo pero aprovechando las propiedades de la cerámica como refrigerante natural, el profesor nigeriano Mohammed Bah Abba diseñó, en la década de 1990, el denominado *pot-in-pot* (o *zeer*, en árabe). Consiste en dos recipientes de cerámica porosa, una en el interior de la otra, con una capa de arena entre ambos. La arena es humedecida con agua que transpira hacia la pared exterior del recipiente. Una vez allí, el principio de funcionamiento es el mismo que provoca el enfriamiento del agua en un botijo con la ventaja de que en el interior del *pot-in-pot* podemos refrigerar y conservar alimentos sólidos (figura 10).

A pesar de la sencillez y el bajo coste del *pot-in-pot* (un euro en algunos mercados locales) se consigue un poder de refrigeración importante, que puede llegar incluso a diferenciales de temperatura exterior-interior de 15 °C (Martínez, 2018). El mayor inconveniente es que, al igual que el botijo, el *pot-in-pot* disminuye su eficiencia al aumentar la humedad relativa del aire. Con humedades cercanas al punto de saturación del aire (100% Hr) el *pot-in-pot* carece de capacidad de refrigeración (Ortiz, 2017).

Existen numerosos estudios para la mejora del poder de refrigeración del *pot-in-pot*, en lo relativo a materiales que utilizar en su fabricación, forma, tamaño, etc. En cambio, pocos intentos ha habido para combinar esta con otras tecnologías para aumentar su eficacia, disminuyendo la temperatura que puede alcanzar en su interior. Su uso combinado por pequeños módulos termoeléctricos por efecto Peltier po-

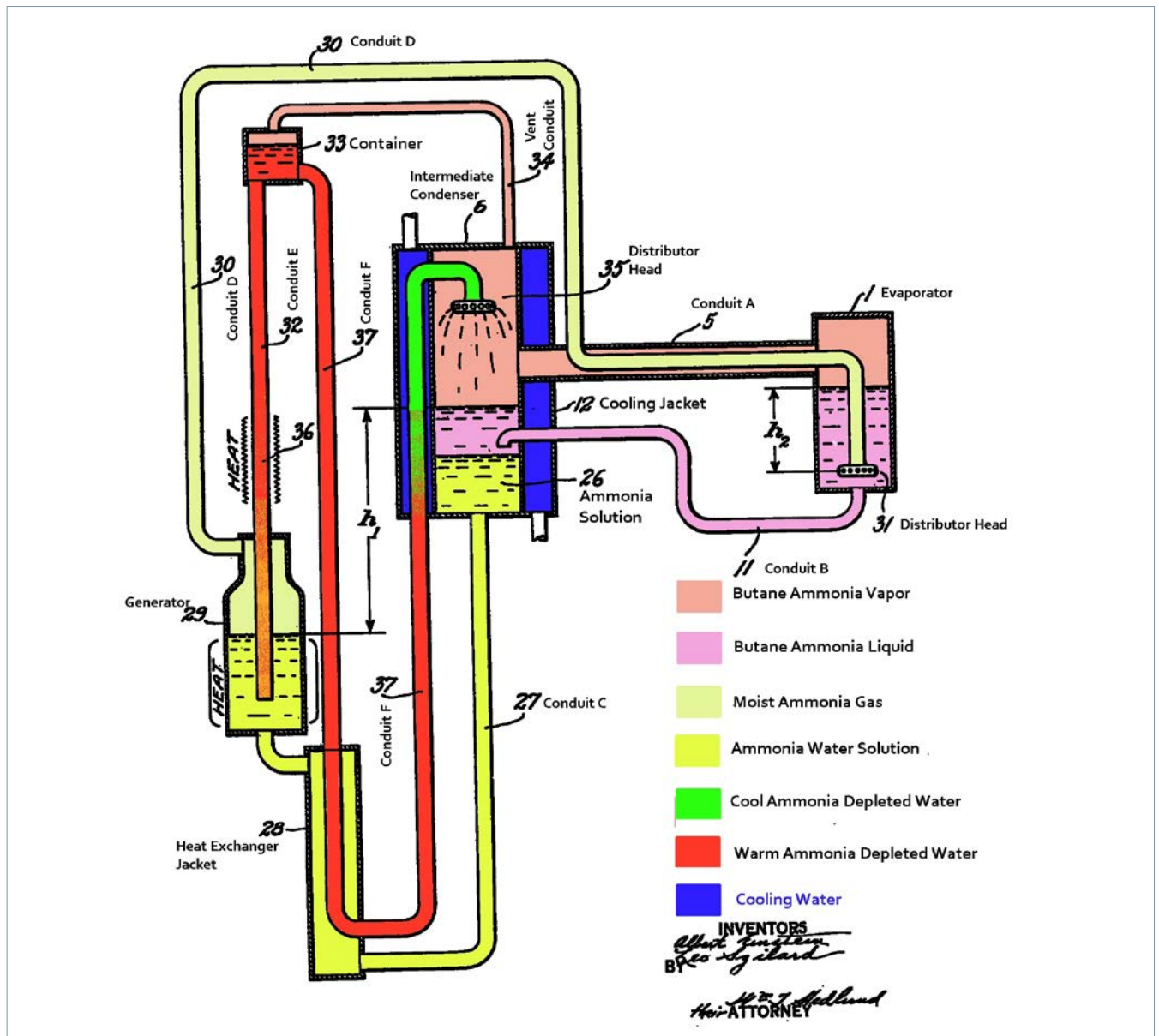


Figura 11. Esquema de la nevera de absorción de A. Einstein y L. Szilard. Fig: Wikimedia.

dría ser una buena solución: sencilla, práctica y económica.

Igualmente, se está innovando en la refrigeración evaporativa para acondicionamiento de aire con ladrillos de barro con un alto grado de eficiencia gracias a formas complejas usando tecnología de impresión 3D. Sería interesante tratar de aplicar una técnica similar para la refrigeración de alimentos en recipientes cerámicos.

### Refrigeración por absorción

Las neveras de refrigeración por absorción fueron otra de las tecnologías que, con la aparición de las neveras por compresión y, sobre todo, después de la aparición de los freones como flui-

do refrigerante en la década de 1920, pasaron a tener un uso totalmente anecdótico. Incluso Albert Einstein elaboró un modelo mejorado de refrigerador utilizando esta tecnología (APS, 2010), pero no pudo competir con la nevera por compresión debido a la eficacia, economía y relativa sencillez de esta tecnología (figura 11).

Físicamente, un ciclo de refrigeración por absorción aprovecha la capacidad que tienen ciertas sustancias de absorber otras sustancias que se encuentran en fase vapor. En la práctica, esto se traduce en que mediante una fuente de calor podemos *producir* frío. El sistema, relativamente complejo y mucho menos eficiente (en principio)

que el ciclo de compresión, no sería un buen candidato para ser usado en The Universal Fridge, pero cuenta con una gran ventaja en relación con el ciclo de compresión. La producción de frío no necesita un suministro eléctrico constante.

Otro factor importante favorable a la refrigeración por absorción es que se puede aprovechar una fuente de calor residual para producir frío. En este caso, la relativa falta de eficiencia comparada con el ciclo de compresión es una cuestión totalmente irrelevante. Más bien al contrario, puesto que aumenta la eficiencia total del sistema al dar uso a un calor que no iba a ser aprovechado en un principio.

Se han producido intentos para usar la refrigeración por absorción para tratar de solucionar el problema en países con deficiente sistema de distribución eléctrica. Aunque su coste y, principalmente, su complejidad técnica frenaron su expansión masiva, la investigación y el desarrollo de esta tecnología permitirían mejoras y su aplicación futura en The Universal Fridge, sobre todo teniendo en cuenta las ventajas que suponen el aprovechamiento de una fuente de calor disponible y la posibilidad de funcionar sin suministro eléctrico.

#### Efecto termoeléctrico

El efecto termoeléctrico, también conocido como efecto Peltier en honor al físico francés Jean Charles Athanase Peltier (Catalán, 2014), consiste en la creación de una diferencia térmica a partir de una diferencia de potencial en la unión de dos metales diferentes.

Los conocidos como módulos Peltier (la unión de los dos metales para producir diferencia de temperatura) cuentan con muy buenas características: son módulos pequeños, relativamente económicos, sencillos (sin partes móviles). En cambio, la eficiencia del sistema es claramente menor que en el ciclo de compresión, un tercio aproximadamente. Además, la pequeña distancia entre en el foco frío y el foco caliente de los módulos Peltier hace que se produzcan pérdidas importantes de rendimiento cuando la diferencia de temperatura entre ambas partes del módulo aumenta. La potencia frigorífica que se puede alcanzar con los módulos Peltier es también, por el momento, bastante inferior a la que se puede obtener con un equipo de refrigeración por compresión.

En cambio, se están produciendo avances significativos del sistema que suponen un aumento importante de la eficiencia y capacidad frigorífica de los módulos Peltier. Su extrema sencillez de fabricación, mantenimiento y regulación, junto con su bajo coste, lo convierten en uno de los sistemas candidatos más probables para convertirse en un sistema de The Universal Fridge, sobre todo si se combina con otros sistemas. En esta línea, se están desarrollando sistemas que combinan módulos Peltier alimentados por pequeñas placas solares fotovoltaicas con cajas isotérmicas y que ofrecen muy buen rendimiento coste-eficacia.

También se está buscando la manera de combinar estos módulos con sistemas *pot-in-pot*, tratando de aprovechar el foco caliente para aumentar la evaporación del agua de la superficie de la vasija exterior que potencie el efecto refrigerante de los dos sistemas en la vasija interior. Por otra parte, al disponer este sistema de una placa solar fotovoltaica, se podría aprovechar para efectuar la carga de baterías de móviles o pequeñas linternas led en aquellos lugares que no dispongan de suministro eléctrico. Sin duda alguna, este sería un aparato multifunción realmente útil para los 1.000 millones de personas que aún no tienen acceso a suministro eléctrico en la actualidad.

#### Hielo seco

El CO<sub>2</sub> en estado sólido, comúnmente conocido como hielo seco, ha sido utilizado desde que a principios del siglo XX se logró su producción a nivel industrial. El hielo seco es un excelente agente enfriador gracias a su alta capacidad de absorción de calor y la ausencia de residuos. Esto es debido a que el CO<sub>2</sub> sólido sublima, es decir, pasa directamente de estado sólido a gaseoso, a una temperatura de -78 °C, a presión atmosférica, y tiene una capacidad de refrigeración tres veces superior al hielo húmedo.

Gracias a estas propiedades se ha usado en largos periodos del siglo XX como sustituto del hielo húmedo como vector frigorífico. Hoy en día todavía se usa para la conservación de alimentos y bebidas a baja temperatura en contenedores portátiles, en usos como la distribución de productos refrigerados a puntos de venta o en carros de comida y bebidas de aviones, por ejemplo.

La producción de hielo seco es técnicamente sencilla. Con una simple botella de CO<sub>2</sub> líquido a alta presión, al permitir que se expanda a presión atmosférica se produce una nieve carbónica que, por medio de compresión mecánica, se convierte en un bloque sólido. La sencillez de producción y su elevada capacidad de refrigeración del hielo seco contrasta con el alto coste del CO<sub>2</sub> líquido.

Además, a diferencia de la producción de frío por compresión que se efectúa en circuitos cerrados, la sublimación del CO<sub>2</sub> sólido se realiza en espacios abiertos, por lo que es necesario producir nuevo CO<sub>2</sub> líquido presuriza-

do para volver a tener la capacidad de refrigeración.

Hoy en día, el alto coste de la obtención del CO<sub>2</sub> lo convierte, en principio, en un candidato poco idóneo para ser usado como The Universal Fridge. Sin embargo, el aumento de la proporción de CO<sub>2</sub> en la atmósfera debido al uso de combustibles fósiles y que está provocando el aumento global de temperatura, ha derivado en un rápido avance en técnicas para su captura de la atmósfera para tratar de reducir su presencia y con unos costes de producción cada vez menores (Voskian y Hatton, 2019).

Si en un futuro disminuyese el coste del CO<sub>2</sub> embotellado en estado líquido a alta presión, sería posible plantear su uso como refrigerante donde no se disponga de suministro eléctrico. Se realizaría una distribución global del CO<sub>2</sub> líquido en botellas para producir hielo seco que se pondría a disposición de las familias que no tienen posibilidad de refrigerar sus alimentos.

#### Refrigeración magnética

El efecto magnetocalórico que presentan algunos materiales permite un descenso más o menos importante de su temperatura al someterlos a campos magnéticos. Este efecto fue observado a principios del siglo XX por los físicos P. Weiss y A. Piccard y ha permitido alcanzar, en condiciones de laboratorio, temperaturas realmente bajas y cercanas al cero absoluto, inferiores incluso a 1 K (-272 °C) (Robeau, 2016).

Aunque hoy en día se está aprovechando esta capacidad de alcanzar tan bajas temperaturas en procesos de criogenia, se empieza a considerar la refrigeración magnética la tecnología capaz de llegar a desplazar en un futuro más o menos cercano el uso casi exclusivo de la refrigeración por compresión en refrigeradores domésticos. Pruebas realizadas en los últimos años están demostrando que la refrigeración magnética puede llegar a ser realmente eficiente, llegando incluso a ser el 30% más eficiente que los refrigeradores domésticos actuales.

En la actualidad, la investigación está centrada en producir nuevos materiales con propiedades magnetocalóricas que, bajo el efecto de campos magnéticos relativamente pequeños y a temperatura ambiente, permitan su aplicación en refrigeradores domésticos. En la última década se han producido grandes avan-



ces en esta línea, aunque parece que las versiones comerciales de refrigeradores magnéticos domésticos aún van a tardar unos años en irrumpir en el mercado. Sería importante que si esta tecnología consiguiera desbancar el dominio de más de un siglo de la refrigeración por compresión, el desarrollo e innovación de la misma también permitiera ayudar en la búsqueda de una posible solución para el 20% de la población que actualmente no puede aún refrigerar sus alimentos.

### Métodos alternativos de refrigeración

Aunque por su buena eficiencia y relativa sencillez y economía, la tecnología de refrigeración por compresión ha sido prácticamente la única que se ha usado para los refrigeradores domésticos, un buen número de tecnologías alternativas son susceptibles de ser usadas para refrigerar los alimentos y las bebidas en los hogares. Algunas de ellas ya han sido nombradas pero aún hay muchas otras que, estando todavía en sus primeras fases de investigación, podrían ser susceptibles de ser utilizadas en un futuro en las neveras de los hogares de todo el mundo.

Las investigaciones actuales se centran en la posible aplicación de las nuevas tecnologías en la mejora de la nevera por compresión existente y en aplicaciones industriales, pero no se enfocan a quienes no tienen aún acceso, hoy en día, a la posibilidad de refrigerar sus alimentos. Por eso es importante en este sentido, la labor de difusión para dar a conocer la situación en la que se encuentra esta quinta parte de la población mundial que no tiene todavía acceso a algo tan habitual para nosotros como es una simple nevera.

Se realiza, a continuación, un rápido repaso de estas vías alternativas de refrigeración que aparecieron en los últimos años con la esperanza de que alguna de ellas, convenientemente enfocada, pueda servir para una posible The Universal Fridge.

### Nanomateriales

La aparición de nanomateriales está abriendo grandes y nuevas posibilidades de uso hasta ahora inimaginables en casi todos los campos de la ciencia y la tecnología. La refrigeración también se aprovecha de las increíbles propiedades de estos materiales. A modo de ejemplo, en el año 2015, investigadores de la University of Colorado

### A flexible route to coolness

In previous approaches, intricate crystalline nanostructures emitted thermal infrared light. Zhai *et al.* use larger glass spheres (~10  $\mu\text{m}$  diameter) in a flexible polymer to create a scalable, thin-film cooling material.

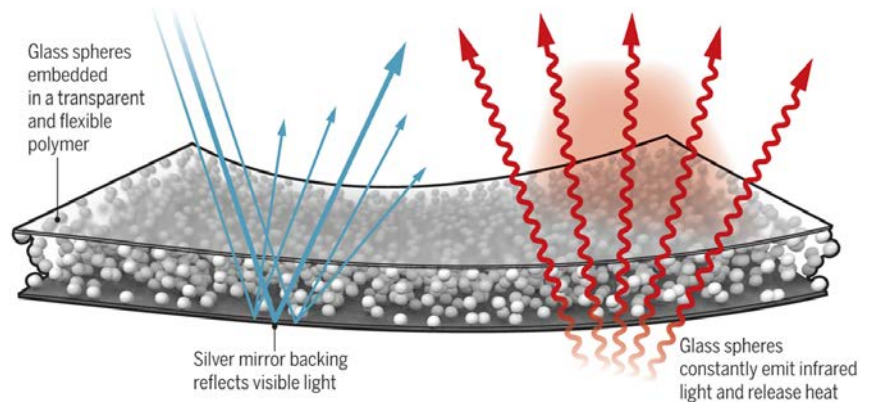


Figura 12. Estructura del *film* con nanomateriales que disipa calor. Figura: [www.radi-cool.com](http://www.radi-cool.com)

Boulder (CU-Boulder, EE. UU.) desarrollaron una película plástica (*film*) formada por microesferas de vidrio, polímero y plata que tiene la propiedad de disipar el calor de la superficie a la que está adherida sin necesidad de una fuente de energía externa (Zhai y cols., 2017). Este *film* tiene la propiedad de emitir hacia el exterior energía infrarroja además de reflejar la luz solar. Y lo que es también importante, puede ser fabricado en grandes cantidades a un coste realmente bajo (figura 12).

Lo curioso es que las investigaciones, a la hora de buscar aplicaciones a este nuevo material, únicamente se centran en procesos industriales o de acondicionamiento de aire (confort térmico), aunque sería importante tratar de buscar aplicación también en aquellos lugares que no disponen de energía eléctrica ni de la posibilidad de refrigerar sus alimentos y bebidas.

### Refrigerantes en estado sólido

La mayoría de los sistemas de refrigeración se basan en el cambio de estado del refrigerante puesto que es precisamente, en el denominado calor latente, cuando los materiales tienen mayor capacidad de absorción (y cesión) de calor.

En cambio, en los últimos años se están investigando materiales para aprovechar los denominados métodos calóricos en estado sólido. Estas técnicas pretenden controlar el intercambio de calor asociado a la aplicación de un campo externo a materiales en estado sólido y que no sufren un cambio de estado.

Además del efecto magnetocalórico indicado anteriormente, ciertos materiales reaccionan también a campos eléctricos y esfuerzos mecánicos o hidrostáticos (presión), absorbiendo y cediendo calor. Son los denominados efectos electrocalóricos, elastocalóricos y barocalóricos, respectivamente. Con el descubrimiento y el desarrollo de estos materiales, denominados genéricamente “cristales plásticos”, se espera que permitan su aplicación en la refrigeración al absorber una cantidad de calor equiparable a los procesos de cambio de estado de condensación o evaporación (figura 13). En este sentido, los materiales barocalóricos en estado sólido ofrecen unas propiedades realmente esperanzadoras como alternativa al ciclo de compresión como sistema más utilizado de refrigeración en un futuro más o menos próximo (Bermúdez-García, 2017).

Una propiedad muy importante de los cristales plásticos que lo hacen ser una de las tecnologías más esperanzadoras para ser usada en The Universal Fridge es su capacidad de miniaturización. Estos materiales mantienen su capacidad de refrigeración incluso en cantidades pequeñas, lo que se supone que va a permitir su aplicación a pequeñas neveras y que su coste va a ser proporcional a su tamaño.

Al igual que otras nuevas tecnologías de refrigeración en las que se están investigando, es importante que se trate de buscar su aplicación en una posible The Universal Fridge. Además, puede suceder que estas nuevas

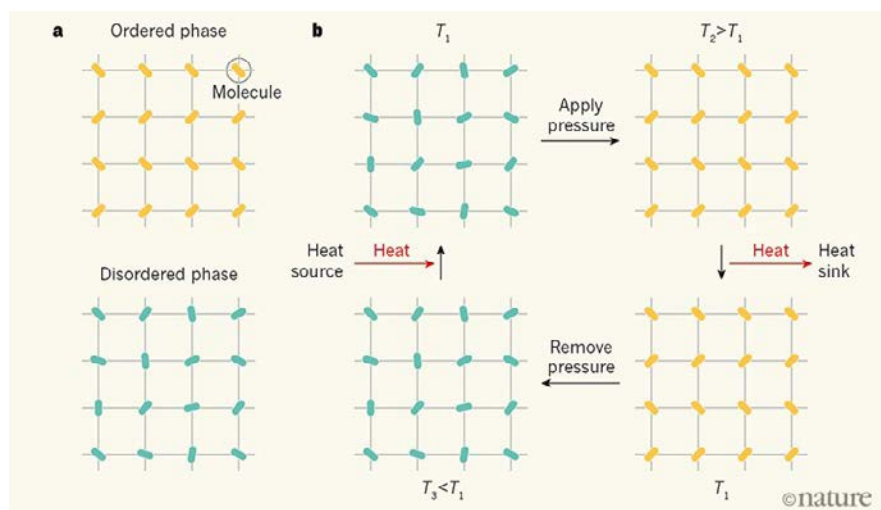


Figura 13. Enfriamiento por variación de presión en un cristal plástico. Fig: www.nature.com.

tecnologías no puedan sustituir a las neveras por compresión a corto plazo, pero sí que puedan ser una posible solución futura para la población que aún no tiene ninguna posibilidad actualmente de acceder a un sistema de refrigeración.

### The Universal Fridge Challenge

Como se ha visto, para refrigerar los alimentos existen múltiples tecnologías susceptibles de ser aplicadas además de la más extendida de condensar y evaporar un fluido en un circuito cerrado.

Desde nuestra organización, The Universal Fridge, queremos retar a organizaciones, centros de enseñanza o investigación, empresas e ingenieras e ingenieros a tratar de buscar una solución para los 1.500 millones de personas que no pueden refrigerar su comida hoy en día.

Para ello, estamos promoviendo la celebración del primer The Universal Fridge Challenge, en el que la comunidad científica e investigadora mundial pueda mostrar sus propuestas para solucionar el problema de refrigeración de los alimentos y que supondría, de conseguirlo, una mejora sustancial en el nivel de vida de muchas personas, mayormente de las mujeres, que actualmente no tienen esa posibilidad.

Desde The Universal Fridge queremos animar a entidades, organizaciones y empresas a sumarse a este ambicioso proyecto para que, con la constitución de la Fundación The Universal Fridge, entre todas y todos sea posible lo que debería ser ya, hoy en

día, una realidad global: la universalización de la refrigeración de alimentos en todos los hogares del mundo.

### Agradecimientos

La situación de emergencia que vivimos debido a la crisis sanitaria provocada por la covid-19 ha servido para visualizar a los miles de personas anónimas quienes, sin importarles el peligro al que se exponen, realizan todo lo posible por ayudar a los demás. Personal sanitario, de limpieza, seguridad, de servicios básicos como el suministro de agua, alimentación, electricidad, telecomunicaciones, etc. Todas y todos, heroínas y héroes anónimos, están trabajando para que superemos la situación tan grave en la que nos encontramos.

Situaciones límite como la originada por la covid-19, o de extrema pobreza de muchos países del mundo, permiten la visualización y puesta en valor del trabajo diario y constante de muchas personas que dedican su vida a ayudar al resto sin buscar la fama ni el reconocimiento público. Simplemente realizan lo que piensan que es de justicia: hacer todo lo posible para tratar de mejorar la vida del resto de personas.

No podemos dejar pasar la oportunidad que se nos ofrece para agradecer a todas estas personas su trabajo y dedicación. ¡Muchas gracias!

Queremos aprovechar también para agradecer a quienes nos ayudaron e inspiraron para poner en marcha el proyecto The Universal Fridge. Y, sin querer dejar a nadie atrás, nos gustaría destacar la suerte que tuvimos en cruzarnos en nuestro camino con las

Misioneras de María Mediadora, puesto que las consideramos un ejemplo por su dedicación sin condiciones a las personas más desfavorecidas y que nos han servido de referente por su humanidad, humildad, constancia y valentía, principios básicos en los que se apoya el proyecto The Universal Fridge.

### Referencias

- APS Physics (2010), Patent granted for Einstein-Szilard refrigerator [Internet]. Disponible en: www.aps.org
- Bermúdez-García J. M., Sánchez-Andújar M., Castro-García S., López-Beceiro J., Artiaga R., Señaris-Rodríguez M. A. (2017). Giant barocaloric effect in the ferroic organocinorganic hybrid [TPrA][Mn(dca)3] perovskite under easily accessible pressures [Internet]. Disponible en: www.nature.com
- Catalán Solsona J.A. (2014), Materiales termoelectrónicos. Aplicaciones para la refrigeración y la generación de electricidad [Internet]. Disponible en: http://zaguan.unizar.es
- IEA (2017). Special Report: Energy Access Outlook [Internet]. Disponible en: www.iea.org
- IEA (2018). World Energy Outlook 2018 [Internet]. Disponible en: www.iea.org
- Martínez de la Orden, A. (2018), Dispositivo pot-in-pot: estudio de variables y herramientas para su divulgación [Internet]. Disponible en: http://oa.upm.es/
- Organización de Naciones Unidas, 2015. Objetivos de Desarrollo Sostenible [Internet]. Disponible en: www.un.org/sustainabledevelopment/es/
- Ortiz Domínguez C. (2017), Enfriamiento por evaporación de agua en recipientes cerámicos porosos para conservación de alimentos. Estudio teórico y experimental del dispositivo pot-in-pot [Internet]. Disponible en: http://oa.upm.es/
- Pinto G. y Zubizarreta, J.I. (1995), An ancient method for cooling water explained by mass and heat transfer [Internet]. Disponible en: http://quim.iqi.etsii.upm.es
- Ritchie H and Roser M. (2019). Access to Energy [Internet]. Disponible en: https://ourworldindata.org/energy-access
- Roubeau O. (2016), Refrigerantes magnéticos moleculares para bajas temperaturas. Revista española de física. 2016;30(3):8-11.
- UNWOMEN (2012), Hechos y cifras: Empoderamiento económico [Internet]. Disponible en: www.unwomen.org
- Voskian S. y Hatton T.A. (2019). Faradaic electroswinging reactive adsorption for CO<sub>2</sub> capture [Internet]. Disponible en: https://pubs.rsc.org/
- Wolfram C, Shelef O, Gertler P. 2012. How will energy demand develop in the developing world [Internet]. National Bureau of Economic Research Working Paper 17747. Disponible en: http://www.nber.org/papers/w17747
- World Bank (2017), The global index database 2017 [Internet]. Disponible en: https://globalindex.worldbank.org/
- World Bank (2018), Access to electricity (% of population) [Internet]. Disponible en: https://data.worldbank.org
- World Bank (2018), Piecing together the poverty puzzle [Internet]. Disponible en: https://openknowledge.worldbank.org/
- Zhai Y., Ma Y., David S.N., Zhao D., Lou R., Tan G., Yang R., Yin A (2017). Scalable-manufactured randomized glass-polymer hybrid metamaterial for daytime radiative cooling. Science. 2017;355(6329):1062-6.