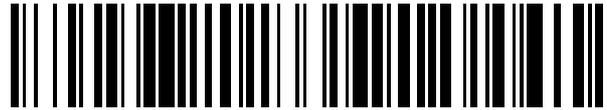


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 671**

51 Int. Cl.:

**C09K 3/30** (2006.01)

**C09K 5/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2011 E 11728909 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2015 EP 2571954**

54 Título: **Composiciones de transferencia de calor**

30 Prioridad:

**14.02.2011 GB 201102556**

**06.12.2010 GB 201020624**

**16.06.2010 GB 201010057**

**20.05.2010 GB 201008438**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**29.02.2016**

73 Titular/es:

**MEXICHEM FLUOR S.A. DE C.V. (100.0%)**

**Eje 106, Zona Industrial**

**C.P. 78395 San Luis Potosí, S.L.P., MX**

72 Inventor/es:

**LOW, ROBERT E.**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 561 671 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Composiciones de transferencia de calor

5 La invención se refiere a composiciones de transferencia de calor, y en particular a composiciones de transferencia de calor que pueden ser adecuadas como sustitutos de refrigerantes existentes tales como R-134a, R-152a, R-1234yf, R-22, R-410A, R-407A, R-407B, R-407C, R507 y R-404a.

10 El listado o descripción de un documento publicado previamente o cualquier antecedente en esta memoria descriptiva no se debe tomar necesariamente como un reconocimiento de que cualquier documento o antecedente forma parte del estado de la técnica o es de conocimiento general.

15 Los sistemas de refrigeración mecánica y dispositivos de transferencia de calor relacionados tales como bombas de calor y sistemas de aire acondicionado son muy conocidos. En dichos sistemas, un líquido refrigerante se evapora a baja presión tomando calor de la zona circundante. A continuación el vapor resultante se comprime y se pasa a un condensador en donde se condensa y desprende calor a una segunda zona, con el condensado que se devuelve a través de una válvula de expansión al evaporador, completando así el ciclo. La energía mecánica necesaria para comprimir el vapor y bombear el líquido se suministra, por ejemplo, mediante un motor eléctrico o un motor de combustión interna.

20 Además de tener un punto de ebullición adecuado y un alto calor latente de vaporización, las propiedades preferidas de un refrigerante incluyen una baja toxicidad, baja inflamabilidad, ausencia de corrosividad, alta estabilidad y ausencia de olores desagradables. Otras propiedades deseables son una compresibilidad fácil a presiones inferiores a 25.000 hPa, baja temperatura de descarga en compresión, alta capacidad de refrigeración, alta eficiencia (alto coeficiente de rendimiento) y una presión del evaporador superior a 1000 hPa a la temperatura de evaporación deseada.

30 El diclorodifluorometano (refrigerante R-12) posee una combinación de propiedades adecuada y fue durante muchos años el refrigerante más ampliamente utilizado. Debido a la preocupación internacional de que los clorofluorocarbonos total y parcialmente halogenados estaban dañando la capa de ozono protectora de la tierra, se llegó a un acuerdo general de que su fabricación y su uso se deberían restringir enormemente y en última instancia se deberían reducir paulatinamente hasta eliminarlos por completo. El uso de diclorodifluorometano se detuvo por completo en la década de 1990.

35 El clorodifluorometano (R-22) se introdujo como sustituto del R-12 debido a su inferior potencial de agotamiento del ozono. A raíz de la preocupación de que el R-22 es un gas con un potente efecto invernadero, también se está eliminando su uso.

40 A pesar de que los dispositivos de transferencia de calor del tipo al que se refiere la presente invención son esencialmente sistemas cerrados, se puede producir la pérdida de refrigerante a la atmósfera debido a filtraciones durante el funcionamiento del equipo o durante procedimientos de mantenimiento. Por tanto, es importante sustituir los refrigerantes de clorofluorocarbono completa o parcialmente halogenados por materiales que tengan potenciales de agotamiento de ozono nulos.

45 Además de la posibilidad del agotamiento de ozono, se ha sugerido que concentraciones importantes de refrigerantes de halocarbono en la atmósfera podrían contribuir al calentamiento global (el denominado efecto invernadero). Por tanto, es deseable usar refrigerantes que tengan tiempos de vida atmosférica relativamente cortos como resultado de su capacidad para reaccionar con otros constituyentes atmosféricos tales como radicales hidroxilo, o como resultado de una degradación sencilla mediante procesos fotolíticos.

50 Los refrigerantes R-410A y R-407 (incluidos los refrigerantes R-407A, R-407B y R-407C) se han introducido como refrigerantes sustitutos del R-22. Sin embargo, los refrigerantes R-22, R-410A y R-407 tienen todos un alto potencial de calentamiento global (GWP, también conocido como potencial de calentamiento de efecto invernadero).

55 Se introdujo el 1,1,1,2-tetrafluoroetano (refrigerante R-134a) como refrigerante sustituto del R-12. El R-134a es un refrigerante energéticamente eficiente, que se utiliza actualmente para aires acondicionados de automóviles. Sin embargo, es un gas de efecto invernadero con un GWP de 1430 con respecto al CO<sub>2</sub> (el GWP del CO<sub>2</sub> es 1 por definición). La proporción del impacto medioambiental general de los sistemas de aire acondicionado para automóviles que utilizan este gas, que se puede atribuir a la emisión directa de refrigerante, normalmente se encuentra en el intervalo del 10-20 %. Ahora, en la Unión Europea, se ha aprobado una legislación para prohibir el uso de refrigerantes que tengan un GWP superior a 150 para nuevos modelos de coche desde 2011. La industria del automóvil trabaja con plataformas tecnológicas globales, y en cualquier caso la emisión de gases de efecto invernadero tiene un impacto global, por tanto existe la necesidad de encontrar fluidos que tengan un menor impacto medioambiental (por ejemplo, un menor GWP) en comparación con el HFC-134a.

65 El R-152a (1,1-difluoroetano) ha sido identificado como una alternativa al R-134a. Es un poco más eficiente que el

R-134a y tiene un potencial de calentamiento de efecto invernadero de 120. Sin embargo, la inflamabilidad del R-152a se considera demasiado alta, por ejemplo, para permitir su uso seguro en sistemas de aire acondicionado móviles. En particular, se cree que su límite de inflamabilidad inferior en el aire es demasiado bajo, sus velocidades de llama son demasiado altas, y su energía de ignición es demasiado baja. Así, existe la necesidad de proporcionar refrigerantes alternativos que tengan propiedades mejoradas tales como una baja inflamabilidad. La química de combustión del fluorocarbono es compleja e impredecible. No siempre sucede que la mezcla de un fluorocarbono no inflamable con un fluorocarbono inflamable reduzca la inflamabilidad del fluido o reduzca el rango de las composiciones inflamables al aire. Por ejemplo, los inventores han comprobado que si se mezcla R-134a no inflamable con R-152a inflamable, el límite inflamable inferior de la mezcla se altera de forma impredecible. La situación se vuelve incluso más compleja y menos predecible si se consideran composiciones ternarias o cuaternarias.

También existe la necesidad de proporcionar refrigerantes alternativos que se puedan usar en dispositivos ya existentes tales como dispositivos de refrigeración con poca o ninguna modificación.

El R-1234yf (2,3,3,3-tetrafluoropropeno) ha sido identificado como refrigerante alternativo candidato para reemplazar al R-134a en ciertas aplicaciones, en particular en aplicaciones de aire acondicionado móvil o de bombeo de calor. Su GWP es de aproximadamente 4. El R-1234yf es inflamable pero sus características de inflamabilidad en general se consideran aceptables para ciertas aplicaciones, incluidas para aire acondicionado móvil o bombeo de calor. En particular, cuando se compara con el R-152a, su límite de inflamabilidad inferior es mayor, su energía de ignición mínima es mayor y la velocidad de llama al aire es significativamente más baja que la del R-152a.

Se debe considerar el impacto medioambiental de trabajar con un sistema de aire acondicionado o de refrigeración, en términos de emisiones de gases de efecto invernadero con referencia no solo al denominado GWP "directo" del refrigerante, sino también con referencia a las denominadas emisiones "indirectas", es decir, las emisiones de dióxido de carbono resultantes del consumo de electricidad o combustible para hacer funcionar el sistema. Se han desarrollado diversos indicadores de este impacto total del GWP, incluidos los conocidos como análisis del impacto equivalente total de calentamiento (TEWI, por sus siglas en inglés), o análisis de producción de carbono durante el ciclo de vida (LCCP, por sus siglas en inglés). Estas dos medidas incluyen una estimación del efecto del GWP del refrigerante y la eficiencia energética sobre el impacto de calentamiento global. También se deben considerar las emisiones de dióxido de carbono asociadas a la fabricación del equipo refrigerante y del sistema.

Se ha comprobado que la eficiencia energética y la capacidad de refrigeración de R-1234yf son significativamente inferiores que las de R-134a y además se ha comprobado que el fluido presenta una mayor caída de presión en las tuberías e intercambiadores de calor del sistema. Una de sus consecuencias es que para usar R-1234yf y lograr una eficiencia energética y un rendimiento refrigerante equivalente a R-134a, se requiere el aumento de la complejidad del equipo y el aumento del tamaño de las tuberías, lo que da lugar a un aumento en las emisiones indirectas asociadas al equipo. Además, se cree que la producción de R-1234yf es más compleja y menos eficiente en su uso de materias primas (fluorados y clorados) que R-134a. Las proyecciones actuales de fijación de precios a largo plazo para R-1234yf se encuentran en el rango de 10-20 veces superior que R-134a. Esta diferencia de precios y la necesidad de gasto adicional en equipos limitarán la velocidad a la que se sustituyen los refrigerantes y por lo tanto limita la velocidad a la cual puede reducirse el impacto medioambiental global de refrigeración o del aire acondicionado. En resumen, la adopción de R-1234yf para reemplazar a R-134a consumirá más materias primas y dará lugar a más emisiones indirectas de gases de efecto invernadero que R-134a.

Algunas tecnologías existentes diseñadas para R-134a pueden incluso no ser capaces de aceptar la inflamabilidad reducida de algunas composiciones de transferencia de calor (se cree que cualquier composición que tenga un GWP inferior a 150 es hasta cierto punto inflamable).

La patente de Estados Unidos 2009/253820 describe un agente de soplado que comprende: (a) trans-1,1,1,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze (E)); y (b) al menos un compuesto seleccionado del grupo que consiste en: fluoroalquenos distintos de R-1234ze (E); hidrocarburos; hidrofluorocarbonos (HFCs), éteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, formiato de metilo, ácido fórmico, agua, trans-1,2-dicloroetileno, dióxido de carbono y combinaciones de cualquiera de dos o más de estos.

Por consiguiente, un objetivo principal de la presente invención es proporcionar una composición de transferencia de calor que se pueda utilizar *per se* o sea adecuada como sustituto para usos de refrigeración ya existentes que debería tener un GWP reducido, y aun así tener una capacidad y una eficiencia energética (que se puede expresar de forma conveniente como "coeficiente de rendimiento") idealmente dentro del 10 % de los valores, por ejemplo, de los obtenidos usando refrigerantes existentes (por ejemplo, R-134a, R-152a, R-1234yf, R-22, R-410A, R-407A, R-407B, R-407C, R507 y R-404a), y preferentemente por debajo del 10 % (por ejemplo, el 5 % aproximadamente) de estos valores. En la técnica se sabe que, entre fluidos, diferencias de este orden normalmente se pueden resolver rediseñando las características del equipo o las operaciones del sistema. Además, idealmente la composición debe tener una toxicidad reducida y una inflamabilidad aceptable.

La presente invención aborda las deficiencias anteriores al proporcionar una composición de transferencia de calor

que comprende (i) del 10 aproximadamente al 95 % en peso aproximadamente de trans-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze (E));

(ii) del 2 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub> o R-744); y (iii) del 3 aproximadamente al 60 % en peso aproximadamente de un tercer componente que comprende fluoretano (R-161).

5 Todos los productos químicos descritos en el presente documento están disponibles en el mercado. Por ejemplo, los compuestos fluorados se pueden obtener en Apollo Scientific (Reino Unido).

10 Las composiciones de la invención contienen trans-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze (E)). La mayoría de las composiciones específicas descritas en este documento contienen R-1234ze (E).

15 Normalmente, la composición de la invención contiene al menos el 5 % en peso aproximadamente de R-1234ze (E), preferentemente al menos el 15 % en peso aproximadamente. En una realización, las composiciones de la invención contienen al menos el 45 % en peso aproximadamente de R-1234ze (E), por ejemplo del 50 aproximadamente al 98 % en peso aproximadamente.

Las cantidades preferidas y la elección de los componentes para la invención se determinan por una combinación de propiedades:

- 20
- (a) Inflamabilidad: se prefieren composiciones no inflamables o débilmente inflamables.
  - (b) la temperatura de trabajo efectiva del refrigerante en un evaporador de un sistema de aire acondicionado.
  - (c) la temperatura de "deslizamiento" de la mezcla y su efecto sobre el rendimiento del intercambiador de calor.
  - (d) la temperatura crítica de la composición. Esta debería ser superior a la temperatura máxima esperada del condensador.

25 La temperatura de trabajo efectiva en un ciclo de aire acondicionado, especialmente un aire acondicionado para automóviles, está limitada por la necesidad de evitar la formación de hielo en la superficie del lado del aire del evaporador refrigerante. Normalmente los sistemas de aire acondicionado deben enfriar y deshumidificar el aire húmedo; por lo que se formará agua líquida sobre la superficie del lado del aire. La mayoría de los evaporadores (sin excepción para la aplicación en automoción) tienen superficies con aletas con una separación estrecha entre aletas. Si el evaporador está demasiado frío, entonces se puede formar hielo entre las aletas, restringiendo el flujo de aire sobre la superficie y reduciendo el rendimiento global al reducir la superficie de trabajo del intercambiador de calor.

30

35 Se sabe que para aplicaciones de aire acondicionado para automóviles (Modern Refrigeration and Air Conditioning by AD Althouse et al., Edición de 1988, Capítulo 27, que se incorpora en este documento como referencia) se prefieren temperaturas de evaporación del refrigerante de -2 °C o superior para garantizar que con ello se evita el problema de la formación de hielo.

40 También se sabe que las mezclas refrigerantes no azeotrópicas presentan "deslizamiento" de temperatura durante la evaporación o condensación. En otras palabras, a medida que el refrigerante se vaporiza o condensa progresivamente a presión constante, la temperatura se incrementa (durante la evaporación) o disminuye (durante la condensación), con la diferencia de temperatura total (de la entrada a la salida) que se denomina deslizamiento de temperatura. También se debe considerar el efecto del deslizamiento sobre la temperatura de evaporación y condensación.

45

La temperatura crítica de una composición de transferencia de calor debe ser superior a la temperatura máxima esperada del condensador. Esto es debido a que la eficiencia del ciclo disminuye a medida que se acerca a la temperatura crítica. A medida que esto sucede, el calor latente del refrigerante se reduce y por lo tanto tiene lugar más eliminación de calor en el condensador por enfriamiento del refrigerante gaseoso; esto requiere más área por unidad de calor transferido.

50

El R-410A se usa habitualmente en sistemas de bombeo de calor de construcción y domésticos y a modo de ilustración su temperatura crítica es aproximadamente 71 °C superior que la temperatura de condensación normal más alta necesaria para suministrar aire caliente útil a 50 °C aproximadamente. El trabajo en automoción requiere aire a 50 °C aproximadamente de forma que la temperatura crítica de los fluidos de la invención debe ser superior a estas y se debe utilizar un ciclo convencional de compresión de vapor. La temperatura crítica preferentemente es al menos 15 K superior a la temperatura máxima del aire.

55

En un aspecto, las composiciones de la invención tienen una temperatura crítica superior a 65 °C aproximadamente, preferentemente superior a 70 °C aproximadamente.

60

El contenido de dióxido de carbono de las composiciones de la invención está limitado principalmente por las consideraciones (b) y/o (c) y/o (d) anteriores. De forma conveniente, las composiciones de la invención normalmente contienen hasta el 35 % en peso aproximadamente de R-744, preferentemente hasta el 30 % en peso aproximadamente.

65

En un aspecto preferido, las composiciones de la invención contienen del 4 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-744, preferentemente del 4 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente, o del 8 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente, o del 10 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente.

5 El contenido del tercer componente, que incluye el refrigerante inflamable R-161, se selecciona de modo que incluso en ausencia del elemento de dióxido de carbono de la composición, la mezcla de fluorocarbono residual tiene un límite de inflamabilidad inferior en aire a temperatura ambiente (por ejemplo 23 °C) (como se determina en el aparato matraz de ensayo de 12 litros ASHRAE-34) que es superior al 5 % en v/v, preferentemente superior al 6 % en v/v, lo  
10 más preferentemente tal que la mezcla es no inflamable. La cuestión de la inflamabilidad se describe más adelante en esta memoria descriptiva.

Normalmente, las composiciones de la invención contienen hasta el 60 % en peso aproximadamente del tercer componente. Preferentemente, las composiciones de la invención contienen hasta el 50 % en peso  
15 aproximadamente del tercer componente. De forma conveniente, las composiciones de la invención contienen hasta el 45 % en peso aproximadamente del tercer componente. En un aspecto, las composiciones de la invención contienen del 1 aproximadamente al 40 % en peso aproximadamente del tercer componente.

Las composiciones de la invención comprenden del 10 aproximadamente al 95 % en peso aproximadamente de R-1234ze (E), del 2 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-744, y del 3 aproximadamente al 60 %  
20 en peso aproximadamente del tercer componente.

Tal como se usa en el presente documento, todas las cantidades en % mencionadas en las composiciones de este documento, incluidas las reivindicaciones, son en peso basado en el peso total de las composiciones, a menos que  
25 se indique lo contrario.

Para evitar cualquier duda, se debe entender que los valores superior e inferior indicados para intervalos de cantidades de componentes en las composiciones de la invención descritas en este documento se pueden  
30 intercambiar de cualquier forma, siempre que los intervalos resultantes caigan dentro del ámbito más amplio de la invención.

En una realización, las composiciones de la invención consisten esencialmente en (o consisten en) el primer componente (por ejemplo, R-1234ze (E)), R-744 y un tercer componente.

35 Por el término "consistir esencialmente en", queremos decir que las composiciones de la invención sustancialmente no contienen ningún otro componente, en particular no más (hidro)(fluoro)compuestos (por ejemplo, (hidro)(fluoro)alcanos o (hidro)(fluoro)alquenos) conocidos por su uso en las composiciones de transferencia de calor. Incluimos el término "consisten en" en el sentido de "consisten esencialmente en".

40 Para evitar dudas, cualquiera de las composiciones de la invención descritas en este documento, incluidas aquellas con los compuestos y cantidades de compuestos o componentes definidos específicamente, puede consistir esencialmente en (o consistir en) los compuestos o componentes definidos en esas composiciones.

En este documento también se describen composiciones en las que el tercer componente se ha seleccionado entre  
45 R-152a, R-161, y sus mezclas.

En un aspecto también descrito en este documento, el tercer componente contiene solo uno de los componentes listados. Por ejemplo, el tercer componente puede contener solo uno de 1,1-difluoroetano (R-152a) o fluoroetano (R-161). Por lo tanto, las composiciones de la invención son mezclas ternarias de R-1234ze (E), R-744 y uno de R-152a  
50 o R-161. Sin embargo, como tercer componente se pueden usar mezclas de R-152a y R-161.

La invención contempla composiciones en las que se incluyen compuestos adicionales en el tercer componente. Ejemplos de dichos compuestos incluyen difluorometano (R-32), 1,1,1,2-tetrafluoroetano (R-134a), 2,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234yf), 3,3,3-trifluoropropeno (R-1243zf), 1,1,1-trifluoropropano (R-263fb), 1,1,1,2,3-pentafluoropropano (R-245eb), propileno (R-1270), propano (R-290), n-butano (R-600), isobutano (R-600a),  
55 amoniaco (R-717) y sus mezclas.

Por ejemplo, las composiciones de la invención pueden incluir R-134a. Si está presente, el R-134a normalmente está presente en una cantidad del 2 aproximadamente al 50 % en peso aproximadamente, tal como del 5  
60 aproximadamente al 40 % en peso aproximadamente (por ejemplo, del 5 aproximadamente al 20 % en peso aproximadamente).

Preferentemente, las composiciones de la invención que contienen R-134a no son inflamables a una temperatura de ensayo de 60 °C utilizando la metodología ASHRAE-34. De forma ventajosa, las mezclas de vapor que existen en  
65 equilibrio con las composiciones de la invención a cualquier temperatura entre aproximadamente -20 °C y 60 °C tampoco son inflamables.

## ES 2 561 671 T3

En una realización, el tercer componente además comprende R-152a. En este documento también se describen composiciones en las que el tercer componente puede consistir esencialmente en (o consistir en) R-152a.

5 En este documento se describen composiciones que contienen R-152a normalmente en una cantidad del 2 aproximadamente al 50 % en peso aproximadamente, de forma conveniente en una cantidad del 3 aproximadamente al 45 % en peso aproximadamente, preferentemente del 4 aproximadamente al aproximadamente 30 en peso.

10 En este documento también se describen composiciones que contienen del 30 aproximadamente al 94 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 4 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-744 y del 2 aproximadamente al 40 % en peso aproximadamente de R-152a.

15 Otras composiciones descritas en este documento contienen del 42 aproximadamente al 85 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 10 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente de R-744 y del 5 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-152a.

El tercer componente de la invención comprende R-161. El tercer componente puede consistir esencialmente en (o consistir en) R-161.

20 Las composiciones de la invención contienen R-161 normalmente en una cantidad del 2 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente, de forma conveniente en una cantidad del 3 aproximadamente al 20 % en peso aproximadamente, por ejemplo del 4 aproximadamente al 15 % en peso aproximadamente.

25 Las composiciones preferidas de la invención contienen del 45 aproximadamente al 94 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 4 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-744 y del 2 aproximadamente al 25 % en peso aproximadamente de R-161. Por ejemplo, dichas composiciones pueden comprender del 52 aproximadamente al 86 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 10 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente de R-744 y del 4 aproximadamente al 20 % en peso aproximadamente de R-161.

30 Otras composiciones ventajosas de la invención comprenden del 62 aproximadamente al 92 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 10 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente de R-744 y del 2 aproximadamente al 10 % en peso aproximadamente de R-161.

35 Las composiciones de la invención pueden contener, además, pentafluoroetano (R-125). Si está presente, el R-125 normalmente está presente en cantidades de hasta el 40 % en peso aproximadamente, preferentemente del 2 aproximadamente al 20 % en peso aproximadamente.

40 Las composiciones de acuerdo con la invención de forma conveniente no contienen esencialmente nada de R-1225 (pentafluoropropeno), de forma conveniente esencialmente nada de R-1225ye (1,2,3,3,3-pentafluoropropeno) o R-1225zc (1,1,3,3,3-pentafluoropropeno), compuestos que pueden acarrear problemas de toxicidad.

45 Por "esencialmente nada", incluimos el significado de que las composiciones de la invención contienen el 0,5 % en peso o inferior del componente indicado, preferentemente el 0,1 % o inferior, basado en el peso total de la composición.

Ciertas composiciones de la invención pueden no contener esencialmente nada de:

- 50 (i) 2,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234yf),  
(ii) *cis*-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze (Z)), y/o  
(iii) 3,3,3-trifluoropropeno (R-1243zf).

Las composiciones de la invención tienen potencial de agotamiento del ozono nulo.

55 Normalmente, las composiciones de la invención tienen un GWP que es inferior a 1300, preferentemente inferior a 1000, más preferentemente inferior a 800, 500, 400, 300 o 200, especialmente inferior a 150 o 100, incluso inferior a 50 en algunos casos. A menos que se indique lo contrario, en el presente documento se han utilizado los valores del TAR (Tercer Informe de Evaluación) del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) del GWP.

60 De forma ventajosa, las composiciones presentan un peligro de inflamabilidad reducido cuando se compara con el tercer componente solo, por ejemplo, R-161. Preferentemente, las composiciones presentan un peligro de inflamabilidad reducido cuando se compara con R-1234yf.

65 En un aspecto, las composiciones tienen uno o más de (a) un límite inferior de inflamabilidad superior; (b) una energía de ignición superior; o (c) una velocidad de llama más baja en comparación con el tercer componente R-161 o en comparación con R-1234yf. En una realización preferida, las composiciones de la invención no son inflamables.

De forma ventajosa, las mezclas de vapor que existen en equilibrio con las composiciones de la invención a cualquier temperatura entre aproximadamente -20 °C y 60 °C tampoco son inflamables.

5 La inflamabilidad se puede determinar de acuerdo con la norma ASHRAE 34 que incorpora la norma ASTM E-681 con la metodología de ensayo según el Addendum 34p con fecha de 2004, todo el contenido de la cual se incorpora en este documento por referencia.

10 En algunas aplicaciones puede no ser necesario que la formulación se clasifique como no inflamable por la metodología ASHRAE-34; es posible desarrollar fluidos cuyos límites de inflamabilidad en el aire sean suficientemente reducidos para hacerlos seguros para su uso en la aplicación, por ejemplo, si físicamente no es posible hacer una mezcla inflamable al liberar la carga del equipo de refrigeración al entorno.

15 R-1234ze (E) no es inflamable en el aire a 23 °C, aunque presenta inflamabilidad a temperaturas superiores en aire húmedo. Hemos determinado experimentalmente que las mezclas de R-1234ze (E) con fluorocarbonos inflamables tales como R-32, R-152a o R-161 permanecerán no inflamables en el aire a 23 °C si el "la relación de flúor"  $R_f$  de la mezcla es superior a 0,57 aproximadamente, en donde  $R_f$  se define por gramo-mol de la mezcla total de refrigerante como:

$$R_f = (\text{gramo - moles de flúor}) / (\text{gramo - moles de flúor} + \text{gramo - moles de hidrógeno})$$

20 Así, para R-161,  $R_f = 1/(1+5) = 1/6$  (0,167) y es inflamable, en contraste R-1234ze (E) tiene una  $R_f = 4/6$  (0,667) y no es inflamable. Mediante experimentación comprobamos que una mezcla al 20 % en v/v de R-161 en R-1234ze (E) tampoco era inflamable. La relación de flúor de esta mezcla no inflamable es  $0,2 * (1/6) + 0,8 * (4/6) = 0,567$ .

25 La validez de esta relación entre la inflamabilidad y una relación de flúor de 0,57 o superior hasta ahora ha sido demostrada experimentalmente para HFC-32, HFC-152a y mezclas de HFC-32 con HFC-152a.

30 Takizawa et al., Reaction Stoichiometry for Combustion of Fluoroethane Blends, ASHRAE Transactions 112(2) 2006 (que se incorpora en el presente documento por referencia), muestra que existe una relación casi lineal entre esta relación y la velocidad de llama de mezclas que comprenden R-152a, con una relación de flúor cada vez mayor que da lugar a velocidades de llama más bajas. Los datos en esta referencia enseñan que la relación de flúor debe ser mayor que 0,65 aproximadamente para que la velocidad de llama caiga a cero, en otras palabras, para que la mezcla sea no inflamable.

35 Del mismo modo, Minor et al. (Solicitud de patente de Du Pont WO 2007/053697) enseña sobre la inflamabilidad de muchas hidrofluoroolefinas, mostrando que se puede esperar que dichos compuestos sean no inflamables si la relación de flúor es superior a 0,7 aproximadamente.

40 En vista de esta enseñanza de la técnica anterior, no se espera que las mezclas de R-1234ze (E) con fluorocarbonos inflamables, tales como R-152a o R-161 permanezcan no inflamables en el aire a 23 °C si la relación de flúor  $R_f$  de la mezcla es superior a 0,57 aproximadamente.

45 Además, hemos identificado que si la relación de flúor es superior a 0,46 aproximadamente, entonces se puede esperar que la composición tenga un límite inferior de inflamabilidad en el aire superior al 6 % en v/v a temperatura ambiente.

50 Al producir mezclas poco o nada inflamables de R-744/tercer componente/R-1234ze (E) que contienen cantidades inesperadamente bajas de R-1234ze (E), se incrementa la cantidad del tercer componente, en particular, en dichas composiciones. Se cree que esto da lugar a composiciones de transferencia de calor que presentan una mayor capacidad de enfriamiento y/o disminución en la caída de presión, en comparación con composiciones equivalentes que contienen mayores cantidades de (por ejemplo, casi el 100 %) R-1234ze (E).

55 Por lo tanto, las composiciones de la invención presentan una combinación completamente inesperada de baja/no inflamabilidad, GWP bajo y mejores propiedades de rendimiento de refrigeración. Algunas de estas propiedades de rendimiento de refrigeración se explican con más detalle a continuación.

60 El deslizamiento de temperatura, que se puede considerar como la diferencia entre las temperaturas del punto de burbuja y del punto de rocío de una mezcla zeotrópica (no azeotrópica) a presión constante, es una característica de un refrigerante; si se desea reemplazar un fluido con una mezcla, entonces a menudo es preferible tener un deslizamiento similar o reducido en el fluido alternativo. En una realización, las composiciones de la invención son zeotrópicas.

65 De forma ventajosa, la capacidad de refrigeración volumétrica de las composiciones de la invención es al menos el 85 % del fluido refrigerante existente que es reemplazando, preferentemente al menos el 90 % o incluso al menos el 95 %.

Las composiciones de la invención normalmente tienen una capacidad de refrigeración volumétrica que es al menos el 90 % de la de R-1234yf. Preferentemente, las composiciones de la invención tienen una capacidad de refrigeración volumétrica que es al menos el 95 % de la de R-1234yf, por ejemplo de aproximadamente el 95 % a aproximadamente el 120 % de la de R-1234yf.

5 En una realización, la eficiencia del ciclo (coeficiente de rendimiento, CdR) de las composiciones de la invención está dentro del 5 % aproximadamente o incluso mejor que el fluido refrigerante existente que reemplaza.

10 De forma conveniente, la temperatura de descarga del compresor de las composiciones de la invención está dentro de 15K aproximadamente del fluido refrigerante existente que reemplaza, preferentemente de 10K aproximadamente o incluso de 5K aproximadamente.

15 Las composiciones de la invención preferentemente tienen una eficiencia energética al menos el 95 % (preferentemente al menos el 98 %) de R-134a en condiciones equivalentes, mientras que tienen unas características de caída de presión reducidas o equivalentes y una capacidad al 95 % o superior de los valores de R-134a. De forma ventajosa, las composiciones tienen una mayor eficiencia energética y unas características de caída de presión inferiores que R-134a en condiciones equivalentes. Las composiciones de forma ventajosa también tienen una mejor eficiencia energética y mejores características de caída de presión que R-1234yf solo.

20 Las composiciones de transferencia de calor de la invención son adecuadas para su uso en los diseños de equipos existentes, y son compatibles con todas las clases de lubricantes utilizados actualmente con los refrigerantes de HFC establecidos. Opcionalmente se pueden estabilizar o compatibilizar con aceites minerales con el uso de aditivos adecuados.

25 Preferentemente, cuando se utiliza en equipos de transferencia de calor, la composición de la invención se combina con un lubricante.

30 De forma conveniente, el lubricante se selecciona del grupo constituido por aceite mineral, aceite de silicona, polialquilbencenos (PAB), ésteres de poliol (POEs), polialquilenglicoles (PAGs), ésteres de polialquilenglicol (ésteres de PAG), éteres de polivinilo (PVEs), poli (alfa-olefinas) y sus combinaciones.

De forma ventajosa, el lubricante además comprende un estabilizante.

35 Preferentemente, el estabilizante se selecciona del grupo que consiste en compuestos a base de dieno, fosfatos, compuestos de fenol y epóxidos, y sus mezclas.

De forma conveniente, la composición de la invención se puede combinar con un retardante de llama.

40 De forma ventajosa, el retardante de llama se selecciona del grupo que consiste en tri- (2-cloroetil)fosfato, (cloropropil)fosfato, tri-(2,3-dibromopropil)fosfato, tri-(1,3-dicloropropil) fosfato, fosfato diamónico, diversos compuestos aromáticos halogenados, óxido de antimonio, trihidrato de aluminio, cloruro de polivinilo, un yodocarbono fluorado, un bromocarbono fluorado, trifluoro yodometano, perfluoroalquilaminas, bromo fluoroalquilaminas y sus mezclas.

45 Preferentemente, la composición de transferencia de calor es una composición refrigerante.

En una realización, la invención proporciona un dispositivo de transferencia de calor que comprende una composición de la invención.

50 Preferentemente, el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración.

55 De forma conveniente, el dispositivo de transferencia de calor se selecciona del grupo que consiste en sistemas de aire acondicionado para automóviles, sistemas de aire acondicionado residenciales, sistemas de aire acondicionado comerciales, sistemas frigoríficos residenciales, sistemas de congelación residenciales, sistemas frigoríficos comerciales, sistemas de congelación comerciales, sistemas de aire acondicionado enfriadores, sistemas de refrigeración enfriadores y sistemas de bombas de calor comerciales o residenciales. Preferentemente, el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración o un sistema de aire acondicionado.

60 Las composiciones de la invención son adecuadas en particular para su uso en aplicaciones de aire acondicionado móviles, tales como sistemas de aire acondicionado para automóviles (por ejemplo, ciclo de bomba de calor para aires acondicionados para automóviles).

De forma ventajosa, el dispositivo de transferencia de calor contiene un compresor de tipo centrífugo.

65 La invención también proporciona el uso de una composición de la invención en un dispositivo de transferencia de calor como se describe en este documento.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un agente de soplado que comprende una composición de la invención.

5 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona una composición espumable que comprende uno o más componentes capaces de formar espumas y una composición de la invención.

Preferentemente, el uno o más componentes capaces de formar espumas se seleccionan entre poliuretanos, polímeros y resinas termoplásticas, tales como poliestireno y resinas epoxi.

10 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona una espuma que se puede obtener a partir de la composición espumable de la invención.

Preferentemente, la espuma comprende una composición de la invención.

15 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona una composición pulverizable que comprende un material a pulverizar y un propulsor que comprende una composición de la invención.

20 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para enfriar un artículo que comprende condensar una composición de la invención y a continuación evaporar dicha composición en las proximidades del artículo a enfriar.

25 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método para calentar un artículo que comprende condensar una composición de la invención en las proximidades del artículo a calentar y a continuación evaporar dicha composición.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para extraer una sustancia a partir de biomasa comprende la puesta en contacto de la biomasa con un disolvente que comprende una composición de la invención, y la separación de la sustancia del disolvente.

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de limpieza de un artículo que comprende la puesta en contacto del artículo con un disolvente que comprende una composición de la invención.

35 De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para extraer un material de una solución acuosa que comprende la puesta en contacto de la solución acuosa con un disolvente que comprende una composición de la invención, y separar el material del disolvente.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método para extraer un material de una matriz sólida particulada que comprende la puesta en contacto de la matriz sólida particulada con un disolvente que comprende una composición de la invención, y separar el material del disolvente.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, se proporciona un dispositivo de generación de energía mecánica que contiene una composición de la invención.

45 Preferentemente, el dispositivo de generación de energía mecánica está adaptado para utilizar un ciclo de Rankine o una modificación del mismo para generar trabajo a partir de calor.

50 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de adaptación de un dispositivo de transferencia de calor que comprende la etapa de extracción de un fluido de transferencia de calor existente, y la introducción de una composición de la invención. Preferentemente, el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración o un sistema de aire acondicionado (estático). De forma ventajosa, el método además comprende la etapa de obtención de asignación de crédito de emisiones de gases de efecto invernadero (por ejemplo, dióxido de carbono).

55 De acuerdo con el método de adaptación descrito anteriormente, se puede extraer completamente un fluido de transferencia de calor existente del dispositivo de transferencia de calor antes de la introducción de una composición de la invención. Un fluido de transferencia de calor existente también se puede extraer parcialmente de un dispositivo de transferencia de calor, seguido por la introducción de una composición de la invención.

60 En otra realización en la que el fluido de transferencia de calor existente es R-134a, y la composición de la invención contiene R134a, R-1234ze (E), R-744, el tercer componente y cualquier R-125 presente (y componentes opcionales tales como un lubricante, un estabilizante o un retardante de llama adicional), se pueden añadir R-1234ze (E) y R-744, etc., a R-134a en el dispositivo de transferencia de calor, formando de este modo las composiciones de la invención, y el dispositivo de transferencia de calor de la invención, *in situ*. Parte del R-134a existente se puede extraer del dispositivo de transferencia de calor antes de añadir el R-1234ze (E), R-744, etc., para facilitar el suministro de los componentes de las composiciones de la invención en las proporciones deseadas.

65

5 Por lo tanto, la invención proporciona un método para preparar una composición y/o un dispositivo de transferencia de calor de la invención que comprende introducir R-1234ze (E), R-744, el tercer componente, cualquier R-125 deseado, y los componentes opcionales, tales como un lubricante, un estabilizante o un retardante de llama adicional, en un dispositivo de transferencia de calor que contiene un fluido de transferencia de calor existente que es R-134a. Opcionalmente, al menos se extrae parte de R-134a del dispositivo de transferencia de calor antes de introducir R-1234ze (E), R-744, etc.

10 Naturalmente, las composiciones de la invención también se pueden preparar mezclando simplemente R-1234ze (E), R-744, el tercer componente, cualquier R-125 deseado (y componentes opcionales, tales como un lubricante, un estabilizante o un retardante de llama adicional) en las proporciones deseadas. A continuación las composiciones se pueden añadir a un dispositivo de transferencia de calor (o se pueden usar de cualquier otra forma tal como se define en el presente documento) que no contenga R-134a o cualquier otro fluido de transferencia de calor existente, tal como un dispositivo del cual se ha extraído el R-134a o cualquier otro fluido de transferencia de calor existente.

15 En un aspecto adicional de la invención, se proporciona un método para reducir el impacto medioambiental derivado de trabajar con un producto que comprende un compuesto o una composición existente, comprendiendo el método la sustitución al menos parcialmente del compuesto o composición existente con una composición de la invención. En este documento también se describe un método de este tipo que comprende la etapa de obtención de asignación de crédito de emisiones de gases de efecto invernadero.

20 Por impacto medioambiental se incluye la generación y emisión de gases de efecto invernadero al trabajar con el producto.

25 Como se ha mencionado anteriormente, este impacto medioambiental se puede considerar que incluye no solo las emisiones de compuestos o composiciones que tienen un impacto medioambiental significativo por fugas u otras pérdidas, sino que también incluye la emisión de dióxido de carbono como resultado de la energía consumida por el dispositivo a lo largo de su vida de trabajo. Dicho impacto medioambiental se puede cuantificar por la medida conocida como impacto equivalente total de calentamiento (TEWI, por sus siglas en inglés). Esta medida se ha utilizado en la cuantificación del impacto medioambiental de determinados equipos de refrigeración estacionaria y de aire acondicionado, incluidos por ejemplo los sistemas de refrigeración de supermercados (véase, por ejemplo, [http://en.wikipedia.org/wiki/Total equivalent warming impact](http://en.wikipedia.org/wiki/Total_equivalent_warming_impact)).

35 El impacto medioambiental además se puede considerar que incluye las emisiones de gases de efecto invernadero como resultado de la síntesis y fabricación de los compuestos o composiciones. En este caso, las emisiones de fabricación se agregan al consumo de energía y a los efectos directos de pérdida para producir la medida conocida como producción de carbono durante el ciclo de vida (LCCP, véase por ejemplo <http://www.sae.org/events/aars/presentations/2007papasavva.pdf>). El uso de LCCP es común en la evaluación del impacto medioambiental de los sistemas de aire acondicionado para automóviles. Los crédito(s) de emisiones son concedidos por reducir las emisiones contaminantes que contribuyen al calentamiento global y, por ejemplo, se pueden depositar, negociar o vender. Se expresan de forma convencional en la cantidad equivalente de dióxido de carbono. Así, si se evita la emisión de 1 kg de R-134a entonces se puede conceder un crédito de emisión de  $1 \times 1300 = 1300$  kg de equivalente de CO<sub>2</sub>.

45 En este documento también se describe un método para generar crédito(s) de emisión de gases de efecto invernadero que comprende (i) la sustitución de un compuesto o composición existente con una composición de la invención, en la que la composición de la invención tiene un GWP más bajo que el compuesto o composición existente; y (ii) la obtención de créditos de emisión de gases de efecto invernadero para dicha etapa de sustitución.

50 En una realización preferida, el uso de la composición de la invención da lugar a un equipo que tiene un menor impacto de calentamiento total equivalente, y/o una Producción de carbono durante el ciclo de vida inferior a la que se obtendría mediante el uso del compuesto o composición existente.

55 Estos métodos se pueden llevar a cabo sobre cualquier producto adecuado, por ejemplo en los campos de aires acondicionados, de refrigeración (por ejemplo, la refrigeración a baja y media temperatura), transferencia de calor, agentes de soplado, aerosoles o propulsores atomizables, dieléctricos gaseosos, criocirugía, procedimientos veterinarios, procedimientos dentales, extinción de incendios, supresión de llama, disolventes (por ejemplo, vehículos para aromas y fragancias), limpiadores, bocinas de aire, pistolas de perdigones, anestésicos tópicos y aplicaciones de expansión. Preferentemente, el campo es el de aires acondicionados o refrigeración.

60 Ejemplos de productos adecuados incluyen dispositivos de transferencia de calor, agentes de soplado, composiciones espumables, composiciones pulverizables, disolventes y dispositivos de generación de energía mecánica. En una realización preferida, el producto es un dispositivo de transferencia de calor, tal como un dispositivo de refrigeración o una unidad de aire acondicionado.

65 El compuesto o composición existente tiene un impacto medioambiental medido por GWP y/o TEWI y/o LCCP que es superior a la composición de la invención que reemplaza. El compuesto o composición existente puede

comprender un compuesto de fluorocarbono, tal como un compuesto de perfluoro-, hidrofluoro-, clorofluoro- o hidroclorofluoro-carbono o puede comprender una olefina fluorada.

5 Preferentemente, el compuesto o composición existente es un compuesto o composición de transferencia de calor tal como un refrigerante. Ejemplos de refrigerantes que se pueden sustituir incluyen R-134a, R-152a, R-1234yf, R-410A, R-407A, R-407B, R-407C, R507, R-22 y R-404A. Las composiciones de la invención son particularmente adecuadas como sustitutos de R-134a, R-152a o R-1234yf, especialmente R-134a o R-1234yf.

10 Se puede sustituir cualquier cantidad del compuesto o composición existente con el fin de reducir el impacto medioambiental. Esto puede depender del impacto medioambiental del compuesto o composición existente a ser reemplazado y el impacto medioambiental de la composición de sustitución de la invención. Preferentemente, el compuesto o composición existente en el producto es reemplazado completamente por la composición de la invención.

15 La invención se ilustra mediante los siguientes ejemplos no limitantes.

## Ejemplos

### **Datos de rendimiento modelados**

20 Generación de un modelo de propiedades físicas preciso

Las propiedades físicas de R-1234yf y R-1234ze (E) requeridas para modelar el rendimiento del ciclo de refrigeración, en concreto el punto crítico, la presión de vapor, la entalpía del líquido y del vapor, la densidad del líquido y del vapor y capacidades caloríficas del vapor y el líquido se determinaron con precisión por métodos experimentales sobre el intervalo de presión de 0-200.000 hPa y el intervalo de temperatura de -40 a 200 °C, y los datos resultantes se utilizaron para generar la ecuación de energía libre de Helmholtz de los modelos de estado del tipo Span-Wagner para el fluido en el *software* NIST REFPROP Versión 8.0, que se describe con más detalle en la guía de usuario [www.nist.gov/srd/PDFfiles/REFPROP8.PDF](http://www.nist.gov/srd/PDFfiles/REFPROP8.PDF), y se incorpora en el presente documento por referencia. Se estimó la variación de entalpía de los gases ideales de ambos fluidos con la temperatura usando el *software* de modelado molecular HyperChem v7.5 (que se incorpora en el presente documento por referencia) y la función de entalpía de los gases ideales resultante se usó en la regresión de la ecuación de estado para estos fluidos. Las predicciones de este modelo para R-1234yf y R-1234ze (E) se compararon con las predicciones producidas con el uso de los archivos convencionales para R-1234yf y R-1234ze (E) incluidos en REFPROP Versión 9.0 (incorporados en el presente documento por referencia). Se comprobó que se obtenía una concordancia estrecha para las propiedades de cada fluido. Se estudió el comportamiento de equilibrio del vapor-líquido de R-1234ze (E) en una serie de pares binarios con dióxido de carbono, R-32, R-125, R-134a, R-152a, R-161, propano y propileno en el intervalo de temperaturas de -40 a +60 °C, que engloba el intervalo operativo práctico de la mayoría de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. La composición se modificó a lo largo de todo el espectro compositivo para cada binario en el programa experimental. Los parámetros de la mezcla para cada par binario se sometieron a regresión para los datos obtenidos experimentalmente y los parámetros también se incorporaron en el modelo del *software* REFPROP. A continuación se buscaron datos en la literatura académica sobre el comportamiento del equilibrio líquido-vapor del dióxido de carbono con los hidrofluorocarbonos R-32, R-125, R-152a, R-161 y R-152a. Se utilizaron los datos de VLE obtenidos de fuentes de referencia en el artículo Applications of the simple multi-fluid model to correlations of the vapour-liquid equilibrium of refrigerant mixtures containing carbon dioxide, por R. Akasaka, Journal of Thermal Science and Technology, 159-168, 4, 1, 2009 (que se incorpora en el presente documento por referencia) para generar parámetros de mezcla para las mezclas binarias correspondientes y a continuación éstas también se incorporaron al modelo REFPROP. También se incorporaron a este modelo los parámetros de mezcla para el REFPROP convencional para el dióxido de carbono con propano y propileno.

50 Se utilizó el modelo de *software* resultante para comparar el rendimiento de fluidos seleccionados de la invención con R-134a en una aplicación de ciclo de bombeo de calor.

### Comparación del ciclo de bombeo de calor

55 En una primera comparación, se evaluó el comportamiento de los fluidos por un ciclo de compresión de vapor simple con las condiciones típicas de trabajo de bombeo de calor del automóvil a baja temperatura ambiente de invierno. En esta comparación se incluyeron en el modelo los efectos de la caída de presión mediante la asignación de una caída de presión esperada representativa al fluido de referencia (R-134a), seguido de la estimación de la caída de presión equivalente para el refrigerante mixto de la invención en el mismo equipo a la misma capacidad de calentamiento. La comparación se realizó en base a un área del intercambiador de calor igual para el fluido de referencia (R-134a) y para los fluidos mezclados de la invención. La metodología utilizada para este modelo se obtuvo utilizando los supuestos de un coeficiente de transferencia de calor global efectivo igual para los procesos de condensación del refrigerante, evaporación del refrigerante, subenfriamiento del líquido refrigerante y sobrecalentamiento del vapor refrigerante para deducir el denominado *modelo UA* para el proceso. La deducción de un modelo de este tipo para mezclas refrigerantes no azeotrópicas en los ciclos de bomba de calor se explica con más profundidad en el texto de

referencia Vapor Compression Heat Pumps with refrigerant mixtures de R. Radermacher & Y. Hwang (pub Taylor & Francis 2005), Capítulo 3, que se incorpora en el presente documento por referencia.

5 En pocas palabras, el modelo comienza con una estimación inicial de las presiones de condensación y evaporación para la mezcla refrigerante y estima las temperaturas correspondientes al comienzo y al final del proceso de condensación en el condensador y el proceso de evaporación en el evaporador. Estas temperaturas se utilizan junto con los cambios especificados en las temperaturas del aire sobre el condensador y el evaporador para estimar el área global del intercambiador de calor necesaria para cada uno del condensador y del evaporador. Este es un cálculo iterativo: las presiones de condensación y evaporación se ajustan para asegurar que las áreas globales del  
10 intercambiador de calor sean las mismas para el fluido de referencia y para el refrigerante mixto.

Para la comparación se asumió el peor caso para el bombeo de calor en aplicaciones de automoción con los siguientes supuestos para la temperatura del aire y para las condiciones del ciclo de R-134a.

15 **Condiciones del ciclo**

Temperatura del aire ambiente al condensador y al evaporador	-15 °C
Temperatura del aire que sale del evaporador:	-25 °C
Temperatura del aire que sale del condensador (aire del pasajero)	+ 45 °C
Temperatura de evaporación de R134a	-30 °C
Temperatura de condensación de R134a	+ 50 °C
Subenfriamiento del refrigerante en el condensador	1K
Sobrecalentamiento del refrigerante en el evaporador	5K
Temperatura de aspiración del compresor	0 °C
Eficiencia isoentrópica del compresor	66 %
Carga de calefacción de aire del pasajero	2 kW
Caída de presión en el evaporador para R-134a	30 hPa
Caída de presión en el condensador para R-134a	30 hPa
Caída de presión en la línea de succión para R-134a	30 hPa

El modelo asume flujo en contracorriente para cada intercambiador de calor en el cálculo de las diferencias de temperatura efectivas para cada uno de los procesos de transferencia de calor.

20 Las temperaturas de condensación y de evaporación para las composiciones se ajustaron para dar el uso equivalente de área de intercambio de calor como fluido de referencia. Se utilizaron los siguientes parámetros de entrada.

Parámetro		Referencia
Refrigerante		R134a
Temperatura media en el condensador	°C	50
Temperatura media en el evaporador	°C	-30
Subenfriamiento del condensador	K	1
Sobrecalentamiento del evaporador	K	5
Diámetro de aspiración	mm	16,2
Capacidad de calentamiento	kW	2
Caída de presión del evaporador	hPa	30
Caída de presión en la línea de aspiración	hPa	30
Caída de presión del condensador	hPa	30
Temperatura de aspiración del compresor	°C	0
Eficiencia isoentrópica		66 %
Evaporador del aire encendido	°C	-15,00
Evaporador del aire apagado	°C	-25,00
Aire del condensador encendido	°C	-15,00
Aire del condensador apagado	°C	45,00
Área del condensador	100,0 %	100,0 %
Área del evaporador	100,0 %	100,0 %

25 Usando el modelo anterior, a continuación se muestran los datos de rendimiento del R-134a de referencia.

CdR (calentamiento)		2,11
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia		100,0 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	kJ/m <sup>3</sup>	879

Capacidad con respecto a la Referencia		100,0 %
Temperatura crítica	°C	101,06
Presión crítica	hPa	40.590
Cambio de entalpía en el condensador	kJ/kg	237,1
Relación de presión		16,36
Flujo másico de refrigerante	kg/h	30,4
Temperatura de descarga en el compresor	°C	125,5
Presión de entrada en el evaporador	hPa	860
Presión de entrada en el condensador	hPa	13.200
Temperatura de entrada en el evaporador	°C	-29,7
Punto de rocío en el evaporador	°C	-30,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	°C	-25,3
Temperatura media en el evaporador	°C	-30,0
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	K	-0,6
Presión de aspiración en el compresor	hPa	810
Presión de descarga en el compresor	hPa	13.200
Caída de presión en la línea de aspiración	Pa/m	292
Caída de presión con respecto a la referencia		100,0 %
Punto de rocío del condensador	°C	50,0
Punto de burbuja en el condensador	°C	50,0
Temperatura del líquido a la salida del condensador	°C	49,0
Temperatura media en el condensador	°C	50,0
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	K	0,1

Los datos de rendimiento generados para composiciones seleccionadas de la invención se exponen en las siguientes Tablas. Las tablas muestran los parámetros clave del ciclo de la bomba de calor, incluidas las presiones de trabajo, la capacidad de calentamiento volumétrico, la eficiencia energética (expresada como coeficiente de rendimiento para el CdR de calentamiento), temperatura de descarga en el compresor y caídas de presión en las tuberías. La capacidad de calentamiento volumétrico de un refrigerante es una medida de la cantidad de calor que se puede obtener para un tamaño de compresor dado que trabaja a velocidad fija. El coeficiente de rendimiento (CdR) es la relación de la cantidad de energía calorífica suministrada en el condensador del ciclo de la bomba de calor a la cantidad de trabajo consumida por el compresor.

El rendimiento de R-134a se toma como punto de referencia para la comparación de la capacidad de calentamiento, la eficiencia energética y la caída de presión. Este fluido se utiliza como referencia para comparar la capacidad de los fluidos de la invención para su utilización en el modo de bomba de calor de un sistema combinado de aire acondicionado y bomba de calor para automóvil.

Cabe señalar de paso que la utilidad de los fluidos de la invención no se limita a sistemas para automóviles. De hecho estos fluidos se pueden usar en el llamado equipo estacionario (residencial o comercial). Actualmente los principales fluidos utilizados en dichos equipos estacionarios son R-410A (que tiene un GWP de 2100) o R-22 (con un GWP de 1800 y un potencial de agotamiento del ozono de 0,05). El uso de los fluidos de la invención en dichos equipos estacionarios ofrece la capacidad de apreciar una utilidad similar pero con fluidos que no tienen potencial de agotamiento del ozono y un GWP significativamente menor en comparación con R410A.

Es evidente que los fluidos de la invención pueden proporcionar una mayor eficiencia energética en comparación con R-134a o R-410A. De forma inesperada se comprobó que la adición de dióxido de carbono a los refrigerantes de la invención puede incrementar el CdR del ciclo resultante por encima del de R-134a, incluso en el caso en el que la mezcla de los otros componentes de la mezcla se tradujese en un fluido que tiene peor eficiencia energética que el R-134a.

Además se comprobó que para todos los fluidos de la invención, se pueden utilizar composiciones de hasta el 30 % en p/p de CO<sub>2</sub> aproximadamente que den fluidos refrigerantes cuya temperatura crítica sea de 70 °C aproximadamente o superior. Esto es particularmente importante para aplicaciones de bombeo de calor estacionario en las que actualmente se utiliza R-410A. La eficiencia termodinámica fundamental de un proceso de compresión de vapor se ve afectada por la proximidad de la temperatura crítica a la temperatura de condensación. R-410A ha ganado aceptación y se puede considerar un fluido aceptable para esta aplicación; su temperatura crítica es de 71 °C. De forma inesperada se ha comprobado que se pueden incorporar cantidades significativas de CO<sub>2</sub> (temperatura crítica 31 °C) en los fluidos de la invención para producir mezclas que tienen una temperatura crítica similar o superior a R-410A. Las composiciones preferidas de la invención, por tanto, tienen temperaturas críticas

que son de 70 °C aproximadamente o superior.

5 La capacidad de calentamiento de los fluidos preferidos de la invención normalmente es superior a la de R134a. Se piensa que R-134a solo, operado en un sistema de A/C y bomba de calor para automóviles, no puede proporcionar toda la demanda potencial de calentamiento de aire del pasajero en el modo de bomba de calor. Por tanto se prefieren capacidades de calefacción superiores a R-134a para su posible uso en la aplicación de un sistema de A/C y bomba de calor para automóviles. Los fluidos de la invención ofrecen la posibilidad de optimizar la capacidad del fluido y la eficiencia energética tanto para modelos de aire acondicionado como de refrigeración a fin de proporcionar una mejor eficiencia energética global para ambos trabajos.

10 Como referencia, la capacidad de calentamiento de R-410A en las mismas condiciones del ciclo se estima en el 290 % aproximadamente del valor de R-134a y se comprobó que la eficiencia energética correspondiente era aproximadamente el 106 % del valor de referencia de R-134a.

15 Es evidente por al inspeccionar las tablas que se han descubierto fluidos de la invención que tienen capacidades de calentamiento y eficiencias energéticas comparables a R-410A, lo que permite la adaptación de la tecnología existente para R-410A al uso de los fluidos de la invención, si así se desea.

20 Algunas ventajas adicionales de los fluidos de la invención se describen con más detalle a continuación.

A una capacidad de enfriamiento equivalente las composiciones de la invención ofrecen una menor caída de presión en comparación con R-134a. Se cree que esta característica de una menor caída de presión da lugar a una mejora adicional en la eficiencia energética (al reducir las pérdidas de presión) en un sistema real. Los efectos de la caída de presión son de particular importancia para aplicaciones de aire acondicionado y de bomba de calor para automóviles por lo que estos fluidos ofrecen una ventaja particular para esta aplicación.

25 El rendimiento de los fluidos de la invención se comparó con mezclas binarias de CO<sub>2</sub>/R-1234ze (E). Para todas las composiciones ternarias de la invención se aumentó la eficiencia energética de las mezclas ternarias con respecto a la mezcla binaria que tiene un contenido de CO<sub>2</sub> equivalente. Por tanto, estas mezclas representan una solución mejorada con respecto a la mezcla refrigerante binaria de CO<sub>2</sub>/R-1234ze (E), al menos para un contenido de CO<sub>2</sub> inferior al 30 % en p/p.

**Tabla 1: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 5 % de R-161**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso**

	0/5/95	2/5/93	4/5/91	6/5/89	8/5/87	10/5/85	12/5/83	14/5/81
CdR (calentamiento)	2,04	2,09	2,13	2,16	2,19	2,21	2,22	2,23
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	96,7 %	99,2 %	101,2 %	102,6 %	103,7 %	104,6 %	105,3 %	105,9 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	670	750	832	918	1007	1088	1193	1290
Capacidad con respecto a la Referencia	76,2 %	85,3 %	94,7 %	104,4 %	114,6 %	125,0 %	135,8 %	146,8 %
Temperatura crítica	109,03	105,33	101,85	98,56	95,44	92,48	89,68	87,01
Presión crítica	37,75	38,50	39,24	39,98	40,73	41,47	42,20	42,94
Cambio de entalpía en el condensador	226,9	239,7	250,7	260,2	268,3	275,6	282,2	288,2
Relación de presión	18,03	18,23	18,27	18,16	17,94	17,65	17,30	16,93
Flujo másico de refrigerante	31,7	30,0	28,7	27,7	26,8	26,1	25,5	25,0
Temperatura de descarga en el compresor	116,2	120,3	124,1	127,5	130,6	133,5	136,3	138,8
Presión de entrada en el evaporador	0,69	0,73	0,78	0,85	0,91	0,99	1,07	1,15
Presión de entrada en el condensador	11,1	12,2	13,4	14,5	15,7	16,8	17,9	19,0
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,3	-30,0	-30,7	-31,4	-32,1	-32,9	-33,8	-34,7
Punto de rocío en el evaporador	-30,1	-29,5	-28,9	-28,1	-27,3	-26,6	-25,8	-25,1
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,1	-24,5	-23,9	-23,1	-22,3	-21,6	-20,8	-20,1
Temperatura media en el evaporador	-29,7	-29,8	-29,8	-29,7	-29,7	-29,8	-29,8	-29,9
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-0,8	0,4	1,8	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6
Presión de aspiración en el compresor	0,62	0,67	0,73	0,80	0,87	0,95	1,04	1,12
Presión de descarga en el compresor	11,1	12,2	13,4	14,5	15,7	16,8	17,9	19,0
Caída de presión en la línea de aspiración	401	344	299	264	235	211	191	174
Caída de presión con respecto a la referencia	137,2 %	117,7 %	102,5 %	90,4 %	80,5 %	72,3 %	65,4 %	59,6 %
Punto de rocío en el condensador	52,8	54,6	56,1	57,3	58,3	59,1	59,6	60,0
Punto de burbuja en el condensador	51,9	46,6	42,4	39,0	36,3	34,1	32,3	30,8
Temperatura del líquido a la salida del condensador	50,9	45,6	41,4	38,0	35,3	33,1	31,3	29,8
Temperatura media en el condensador	52,4	50,6	49,2	48,2	47,3	46,6	46,0	45,4
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,9	8,0	13,7	18,3	22,0	25,0	27,4	29,2

Tabla 2: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 5 % de R-161

Composición de CO <sub>2</sub> /R-161/R-1234ze (E) % en peso ▲	16/5/79	18/5/77	20/5/75	22/5/73	24/5/71	26/5/69	28/5/67	30/5/65
CdR (calentamiento)	2,24	2,25	2,25	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	106,3 %	106,7 %	106,9 %	107,1 %	107,2 %	107,2 %	107,2 %	107,2 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1389	1.490	1593	1697	1802	1907	2014	2121
Capacidad con respecto a la Referencia	158,1 %	169,6 %	181,3 %	193,1 %	205,1 %	217,1 %	229,2 %	241,4 %
Temperatura crítica	84,47	82,05	79,74	77,53	75,42	73,40	71,47	69,61
Presión crítica	43,68	44,41	45,14	45,88	46,61	47,34	48,06	48,79
Cambio de entalpía en el condensador	293,7	303,8	303,8	308,5	313,0	317,4	321,6	325,8
Relación de entalpía	16,54	16,14	15,76	15,38	15,02	14,67	14,35	14,03
Flujo másico de refrigerante	24,5	24,1	23,7	23,3	23,0	22,7	22,4	22,1
Temperatura de descarga en el compresor	141,3	143,6	145,9	148,1	150,3	152,5	154,6	156,7
Presión de entrada en el evaporador	1,24	1,34	1,43	1,53	1,64	1,74	1,85	1,96
Presión de entrada en el condensador	20,1	21,2	22,2	23,2	24,3	25,3	26,3	27,3
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,6	-36,6	-37,6	-38,6	-39,5	-40,5	-41,5	-42,4
Punto de rocío en el evaporador	-24,4	-23,8	-23,2	-22,6	-22,2	-21,8	-21,4	-21,1
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,4	-18,8	-18,2	-17,6	-17,2	-16,8	-16,4	-16,1
Temperatura media en el evaporador	-30,0	-30,2	-30,4	-30,6	-30,9	-31,1	-31,4	-31,8
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	11,2	12,8	14,4	15,9	17,4	18,8	20,1	21,3
Presión de aspiración en el compresor	1,21	1,31	1,41	1,51	1,62	1,72	1,83	1,94
Presión de descarga en el compresor	20,1	21,2	22,2	23,2	24,3	25,3	26,3	27,3
Caída de presión en la línea de aspiración	159	147	135	126	117	109	103	97
Caída de presión con respecto a la referencia	54,5 %	50,2 %	46,4 %	43,0 %	40,1 %	37,5 %	35,1 %	33,0 %
Punto de rocío en el condensador	60,3	60,4	60,3	60,2	60,0	59,7	59,3	58,9
Punto de burbuja en el condensador	29,5	28,5	27,6	26,8	26,2	25,6	25,1	24,7
Temperatura del líquido a la salida del condensador	28,5	27,5	26,6	25,8	25,2	24,6	24,1	23,7
Temperatura media en el condensador	44,9	44,4	44,0	43,5	43,1	42,6	42,2	41,8
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	30,7	31,9	32,7	33,4	33,8	34,1	34,2	34,2

**Tabla 3: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 10 % de R-161**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	0/10/90	2/10/88	4/10/86	6/10/84	8/10/82	10/10/80	12/10/78	14/10/76
CdR (calentamiento)	2,08	2,13	2,16	2,19	2,21	2,23	2,24	2,25
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	98,6 %	100,8 %	102,5 %	103,7 %	104,8 %	105,6 %	106,2 %	106,7 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	724	803	885	971	1059	1150	1244	1340
Capacidad con respecto a la Referencia	82,4 %	91,4 %	100,8 %	110,5 %	120,5 %	130,9 %	141,6 %	152,5 %
Temperatura crítica	108,26 °C	104,81 °C	101,54 °C	98,44 °C	95,49 °C	92,69 °C	90,02 °C	87,48 °C
Presión crítica	38,95 10 <sup>5</sup> Pa	39,67 10 <sup>5</sup> Pa	40,39 10 <sup>5</sup> Pa	41,10 10 <sup>5</sup> Pa	41,81 10 <sup>5</sup> Pa	42,52 10 <sup>5</sup> Pa	43,23 10 <sup>5</sup> Pa	43,94 10 <sup>5</sup> Pa
Cambio de entalpía en el condensador	243,0 kJ/kg	255,3 kJ/kg	265,8 kJ/kg	275,0 kJ/kg	283,0 kJ/kg	290,2 kJ/kg	296,6 kJ/kg	302,6 kJ/kg
Relación de presión	17,40	17,54	17,55	17,44	17,23	16,96	16,64	16,30
Flujo másico de refrigerante	29,6 kg/h	28,2 kg/h	27,1 kg/h	26,2 kg/h	25,4 kg/h	24,8 kg/h	24,3 kg/h	23,8 kg/h
Temperatura de descarga en el compresor	119,4 °C	123,2 °C	126,8 °C	130,1 °C	133,1 °C	135,9 °C	138,5 °C	140,9 °C
Presión de entrada en el evaporador	0,72 10 <sup>5</sup> Pa	0,77 10 <sup>5</sup> Pa	0,83 10 <sup>5</sup> Pa	0,89 10 <sup>5</sup> Pa	0,96 10 <sup>5</sup> Pa	1,03 10 <sup>5</sup> Pa	1,11 10 <sup>5</sup> Pa	1,20 10 <sup>5</sup> Pa
Presión de entrada en el condensador	11,5 10 <sup>5</sup> Pa	12,6 10 <sup>5</sup> Pa	13,7 10 <sup>5</sup> Pa	14,8 10 <sup>5</sup> Pa	15,9 10 <sup>5</sup> Pa	17,0 10 <sup>5</sup> Pa	18,0 10 <sup>5</sup> Pa	19,1 10 <sup>5</sup> Pa
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,7 °C	-30,3 °C	-31,0 °C	-31,6 °C	-32,4 °C	-33,1 °C	-34,0 °C	-34,8 °C
Punto de rocío en el evaporador	-29,9 °C	-29,3 °C	-28,7 °C	-28,0 °C	-27,2 °C	-26,5 °C	-25,8 °C	-25,1 °C
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-24,9 °C	-24,3 °C	-23,7 °C	-23,0 °C	-22,2 °C	-21,5 °C	-20,8 °C	-20,1 °C
Temperatura media en el evaporador	-29,8 °C	-29,9 °C	-30,0 °C					
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-0,2 K	1,0 K	2,3 K	3,7 K	5,1 K	6,6 K	8,2 K	9,7 K
Presión de aspiración en el compresor	0,66 10 <sup>5</sup> Pa	0,72 10 <sup>5</sup> Pa	0,78 10 <sup>5</sup> Pa	0,85 10 <sup>5</sup> Pa	0,92 10 <sup>5</sup> Pa	1,00 10 <sup>5</sup> Pa	1,08 10 <sup>5</sup> Pa	1,17 10 <sup>5</sup> Pa
Presión de descarga en el compresor	11,5 10 <sup>5</sup> Pa	12,6 10 <sup>5</sup> Pa	13,7 10 <sup>5</sup> Pa	14,8 10 <sup>5</sup> Pa	15,9 10 <sup>5</sup> Pa	17,0 10 <sup>5</sup> Pa	18,0 10 <sup>5</sup> Pa	19,1 10 <sup>5</sup> Pa
Caída de presión en la línea de aspiración	352 Pa/m	306 Pa/m	269 Pa/m	239 Pa/m	215 Pa/m	194 Pa/m	177 Pa/m	161 Pa/m
Caída de presión con respecto a la referencia	120,6 %	104,8 %	92,2 %	82,0 %	73,5 %	66,5 %	60,4 %	55,3 %
Punto de rocío en el condensador	52,4 °C	54,1 °C	55,4 °C	56,6 °C	57,5 °C	58,2 °C	58,7 °C	59,1 °C
Punto de burbuja en el condensador	51,0 °C	46,1 °C	42,2 °C	39,1 °C	36,5 °C	34,4 °C	32,7 °C	31,3 °C
Temperatura del líquido a la salida del condensador	50,0 °C	45,1 °C	41,2 °C	38,1 °C	35,5 °C	33,4 °C	31,7 °C	30,3 °C
Temperatura media en el condensador	51,7 °C	50,1 °C	48,8 °C	47,8 °C	47,0 °C	46,3 °C	45,7 °C	45,2 °C
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	15 K	7,9 K	13,2 K	17,5 K	21,0 K	23,8 K	26,0 K	27,8 K

Tabla 4: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 10 % de R-161  
Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▲

	16/10/74	18/10/72	20/10/70	22/10/68	24/10/66	26/10/66	28/10/62	30/10/60
CdR (calentamiento)	2,26	2,27	2,27	2,27	2,28	2,28	2,28	2,28
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	107,1 %	107,5 %	107,7 %	107,9 %	108,0 %	108,0 %	108,0 %	108,0 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1438	1538	1640	1743	1.847	1952	2057	2164
Capacidad con respecto a la Referencia	163,7 %	175,1 %	186,6 %	198,3 %	210,2 %	222,1 %	234,2 %	246,3 %
Temperatura crítica	85,06	82,74	80,52	78,40	76,37	74,42	72,55	70,75
Presión crítica	44,65	45,36	46,06	46,76	47,46	48,17	48,86	49,56
Cambio de entalpía en el condensador	308,1	313,3	318,2	322,9	327,3	331,7	335,9	340,0
Relación de presión	15,95	15,60	15,24	14,90	14,57	14,25	13,94	13,64
Flujo másico de refrigerante	23,4	23,0	22,6	22,3	22,0	21,7	21,4	21,2
Temperatura de descarga en el compresor	143,3	145,6	147,8	149,9	152,0	154,1	156,1	158,2
Presión de entrada en el evaporador	1,29	1,38	1,47	1,57	1,68	1,78	1,89	2,00
Presión de entrada en el condensador	20,1	20,1	22,1	23,2	24,1	25,1	26,1	27,1
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,7	-36,6	-37,5	-38,4	-39,3	-40,2	-41,1	-41,9
Punto de rocío en el evaporador	-24,5	-23,9	-23,3	-22,8	-22,4	-22,0	-21,6	-21,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,5	-18,9	-18,3	-17,8	-17,4	-17,0	-16,6	-16,3
Temperatura media en el evaporador	-30,1	-30,2	-30,4	-30,6	-30,8	-31,1	-31,3	-31,6
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	11,2	12,7	14,2	15,6	17,0	18,2	19,5	20,6
Presión de aspiración en el compresor	1,26	1,36	1,45	1,55	1,66	1,76	1,87	1,98
Presión de descarga en el compresor	20,1	21,1	22,1	23,2	24,1	25,1	26,1	27,1
Caída de presión en la línea de aspiración	148	137	127	118	110	103	97	92
Caída de presión con respecto a la referencia	50,8 %	46,9 %	43,5 %	40,5 %	37,8 %	35,4 %	33,3 %	31,4 %
Punto de rocío en el condensador	59,3	59,5	59,5	59,4	59,2	58,9	58,6	58,2
Punto de burbuja en el condensador	30,1	29,0	28,1	27,4	26,7	26,2	25,7	25,2
Temperatura del líquido a la salida del condensador	29,1	28,0	27,1	26,4	25,7	25,2	24,7	24,2
Temperatura media en el condensador	44,7	44,2	43,8	43,4	42,9	42,5	42,1	41,7
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	29,3	30,4	31,3	32,0	32,4	32,7	32,9	32,9

**Tabla 5: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 15 % de R-161**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	0/15/85	2/15/83	4/15/81	6/15/79	8/15/77	10/15/75	12/15/73	14/15/71
CdR (calentamiento)	2,11	2,15	2,18	2,21	2,23	2,24	2,26	2,27
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	100,2 %	102,1 %	103,6 %	104,7 %	105,6 %	106,4 %	107,0 %	107,4 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	777	856	938	1022	1110	1201	1293	1388
Capacidad con respecto a la Referencia	88,5 %	97,4 %	106,7 %	116,3 %	126,3 %	136,7 %	147,2 %	158,0 %
Temperatura crítica	107,59	104,35	101,26	98,33	95,54	92,88	90,34	87,91
Presión crítica	40,13	40,82	41,50	42,18	42,87	43,55	44,23	44,90
Cambio de entalpía en el condensador	258,7	270,3	280,5	289,3	297,2	304,2	310,7	316,6
Relación de presión	16,81	16,90	16,88	16,77	16,57	16,32	16,04	15,73
Flujo másico de refrigerante	27,8	26,6	25,7	24,9	24,2	23,7	23,2	22,7
Temperatura de descarga en el compresor	122,3	126,0	129,3	132,5	135,3	138,0	140,5	142,9
Presión de entrada en el evaporador	0,76	0,81	0,87	0,93	1,00	1,08	1,16	1,24
Presión de entrada en el condensador	11,9	12,9	14,0	15,0	16,1	17,1	18,1	19,1
Temperatura de entrada en el evaporador	-30,0	-30,6	-31,2	-31,9	-32,6	-33,3	-34,1	-34,9
Punto de rocío en el evaporador	-29,7	-29,2	-28,5	-27,9	-27,2	-26,5	-25,8	-25,2
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-24,7	-24,2	-23,5	-22,9	-22,2	-21,5	-20,8	-20,2
Temperatura media en el evaporador	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-30,0
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	0,3	1,4	2,7	4,0	5,4	6,8	8,3	9,7
Presión de aspiración en el compresor	0,71	0,76	0,83	0,90	0,97	1,05	1,13	1,22
Presión de descarga en el compresor	11,9	12,9	14,0	15,0	16,1	17,1	18,1	19,1
Caída de presión en la línea de aspiración	313	275	244	219	198	179	164	151
Caída de presión con respecto a la referencia	107,2 %	94,2 %	83,6 %	74,9 %	67,6 %	61,4 %	56,2 %	51,6 %
Punto de rocío en el condensador	52,1	53,6	54,8	55,8	56,7	57,3	57,8	58,2
Punto de burbuja en el condensador	50,1	45,7	42,2	39,2	36,8	34,8	33,2	31,8
Temperatura del líquido a la salida del condensador	49,1	44,7	41,2	38,2	35,8	33,8	32,2	30,8
Temperatura media en el condensador	51,1	49,6	48,5	47,5	46,8	46,1	45,5	45,0
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	2,0	7,8	12,6	16,6	19,8	22,5	24,7	26,4

**Tabla 6: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 15 % de R-161**

Composición de CO <sub>2</sub> /R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶		16/15/69	18/15/67	20/15/65	22/15/63	24/15/61	26/15/59	28/15/57	30/15/55
CdR (calentamiento)		2,27	2,28	2,28	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia		107,8 %	108,1 %	108,4 %	108,5 %	108,6 %	108,7 %	108,7 %	108,7 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	kJ/m <sup>3</sup>	1486	1584	1,685	1787	1890	1994	2099	2206
Capacidad con respecto a la Referencia		169,1 %	180,3 %	191,8 %	203,3 %	215,1 %	226,9 %	238,9 %	251,1 %
Temperatura crítica	°C	85,59	83,37	81,24	79,20	77,24	75,35	73,54	71,80
Presión crítica	10 <sup>5</sup> Pa	45,58	46,26	46,93	47,61	48,28	48,95	49,62	50,29
Cambio de entalpía en el condensador	kJ/kg	322,1	327,2	332,1	336,8	341,3	345,6	349,7	353,8
Relación de presión		15,41	15,08	14,76	14,45	14,14	13,84	13,55	13,27
Flujo másico de refrigerante	kg/h	22,4	22,0	21,7	21,4	21,1	20,8	20,6	20,4
Temperatura de descarga en el compresor	°C	145,1	147,3	149,4	151,5	153,5	155,5	157,5	159,5
Presión de entrada en el evaporador	10 <sup>5</sup> Pa	1,33	1,42	1,52	1,62	1,72	1,82	1,93	2,04
Presión de entrada en el condensador	10 <sup>5</sup> Pa	20,1	21,1	22,1	23,1	24,0	25,0	25,9	26,9
Temperatura de entrada en el evaporador	°C	-35,7	-36,5	-37,4	-38,2	-39,0	-39,8	-40,6	-41,3
Punto de rocío en el evaporador	°C	-24,6	-24,0	-23,5	-23,0	-22,6	-22,2	-21,8	-21,5
Temperatura del gas a la salida del evaporador	°C	-19,6	-19,0	-18,5	-18,0	-17,6	-17,2	-16,8	-16,5
Temperatura media en el evaporador	°C	-30,1	-30,3	-30,4	-30,6	-30,8	-31,0	-31,2	-31,4
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	K	11,1	12,5	13,9	15,2	16,5	17,7	18,8	19,8
Presión de aspiración en el compresor	10 <sup>5</sup> Pa	1,31	1,40	1,50	1,60	1,70	1,81	1,91	2,02
Presión de descarga en el compresor	10 <sup>5</sup> Pa	20,1	21,1	22,1	23,1	24,0	25,0	25,9	26,9
Caída de presión en la línea de aspiración	Pa/m	139	129	120	112	105	98	92	87
Caída de presión con respecto a la referencia		47,6 %	44,1 %	41,0 %	38,3 %	35,8 %	33,6 %	31,7 %	29,9 %
Punto de rocío en el condensador	°C	58,4	58,6	58,6	58,5	58,3	58,1	57,8	57,5
Punto de burbuja en el condensador	°C	30,6	29,6	28,7	28,0	27,3	26,8	26,3	25,8
Temperatura del líquido a la salida del condensador	°C	29,6	28,6	27,7	27,0	26,3	25,8	25,3	24,8
Temperatura media en el condensador	°C	44,5	44,1	43,6	43,2	42,8	42,4	42,0	41,7
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	K	27,8	29,0	29,9	30,5	31,0	31,4	31,6	31,6

**Tabla 7: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 20 % de R-161**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	0/20/80	2/20/78	4/20/76	6/20/74	8/20/72	10/20/70	12/20/68	14/20/66
CdR (calentamiento)	2,14	2,18	2,20	2,22	2,24	2,26	2,27	2,28
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	101,6 %	103,2 %	104,5 %	105,5 %	106,4 %	107,1 %	107,6 %	108,1 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	830	908	989	1073	1160	1249	1341	1435
Capacidad con respecto a la Referencia	94,4 %	103,3 %	112,5 %	122,1 %	132,0 %	142,2 %	152,7 %	163,3 %
Temperatura crítica	106,99	103,93	101,02	98,24	95,58	93,05	90,62	88,30
Presión crítica	41,26	41,92	42,57	43,22	43,87	44,52	45,16	45,81
Cambio de entalpía en el condensador	273,9	285,0	294,7	303,4	311,0	318,0	324,3	330,2
Relación de presión	16,25	16,32	16,28	16,17	15,98	15,74	15,48	15,20
Flujo másico de refrigerante	26,3	25,3	24,4	23,7	23,1	22,6	22,2	21,8
Temperatura de descarga en el compresor	125,0	128,5	131,7	134,7	137,4	139,9	142,3	144,6
Presión de entrada en el evaporador	0,80	0,85	0,91	0,98	1,05	1,12	1,20	1,29
Presión de entrada en el condensador	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2
Temperatura de entrada en el evaporador	-30,3	-30,9	-31,5	-32,1	-32,7	-33,4	-34,1	-34,9
Punto de rocío en el evaporador	-29,6	-29,0	-28,4	-27,8	-27,1	-26,5	-25,8	-25,2
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-24,6	-24,0'	-23,4	-22,8	-22,1	-21,5	-20,8	-20,2
Temperatura media en el evaporador	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-30,0	-30,0	-30,1
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	0,7	1,8	3,0	4,3	5,6	7,0	8,3	9,7
Presión de aspiración en el compresor	0,75	0,81	0,87	0,94	1,02	1,09	1,18	1,26
Presión de descarga en el compresor	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2
Caída de presión en la línea de aspiración	281	249	223	201	183	167	153	141
Caída de presión con respecto a la referencia	96,2 %	85,4 %	76,4 %	68,9 %	62,6 %	57,1 %	52,4 %	48,3 %
Punto de rocío en el condensador	51,7	53,1	54,2	55,1	55,9	56,5	57,0	57,3
Punto de burbuja en el condensador	49,4	45,4	42,1	39,4	37,2	35,3	33,7	32,3
Temperatura del líquido a la salida del condensador	48,4	44,4	41,1	38,4	36,2	34,3	32,7	31,3
Temperatura media en el condensador	50,6	49,2	48,2	47,3	46,5	45,9	45,3	44,8
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	2,3	7,6	12,0	15,7	18,7	21,3	23,3	25,0

Tabla 8: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 20 % de R-161  
Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶

	16/20/64	18/20/62	20/20/60	22/20/58	24/20/56	26/20/54	28/20/52	30/20/50
CdR (calentamiento)	2,29	2,29	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	108,4 %	108,7 %	108,9 %	109,1 %	109,2 %	109,3 %	109,3 %	109,3 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1531	1629	1728	1829	1931	2035	2140	2246
Capacidad con respecto a la Referencia	174,2 %	185,4 %	196,7 %	208,2 %	219,8 %	231,6 %	243,5 %	255,6 %
Temperatura crítica	86,08	83,94	81,89	79,93	78,03	76,21	74,46	72,77
Presión crítica	46,46	47,11	47,75	48,40	49,04	49,69	50,33	50,97
Cambio de entalpía en el condensador	335,7	340,8	345,7	350,4	354,8	359,1	363,2	367,2
Relación de presión	14,91	14,61	14,32	14,02	13,74	13,46	13,19	12,92
Flujo másico de refrigerante	21,4	21,1	20,8	20,5	20,3	20,0	19,8	19,6
Temperatura de descarga en el compresor	146,8	148,9	151,0	153,0	155,0	156,9	158,8	160,6
Presión de entrada en el evaporador	1,37	1,47	1,56	1,66	1,76	1,86	1,97	2,08
Presión de entrada en el condensador	20,2	21,1	22,1	23,0	23,9	24,9	25,8	26,7
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,7	-36,4	-37,2	-37,9	-38,7	-39,4	-40,1	-40,8
Punto de rocío en el evaporador	-24,7	-24,1	-23,6	-23,2	-22,8	-22,4	-22,1	-21,8
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,7	-19,1	-18,6	-18,2	-17,8	-17,4	-17,1	-16,8
Temperatura media en el evaporador	-30,2	-30,3	-30,4	-30,6	-30,7	-30,9	-31,1	-31,3
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	11,0	12,3	13,5	14,7	15,9	17,0	18,0	19,0
Presión de aspiración en el compresor	1,35	1,44	1,54	1,64	1,74	1,85	1,95	2,07
Presión de descarga en el compresor	20,2	21,1	22,1	23,0	23,9	24,9	25,8	26,7
Caída de presión en la línea de aspiración	131	121	113	106	99	94	88	83
Caída de presión con respecto a la referencia	44,8 %	41,6 %	38,8 %	36,3 %	34,0 %	32,0 %	30,2 %	28,5 %
Punto de rocío en el condensador	57,6	57,7	57,7	57,7	57,5	57,3	57,1	56,8
Punto de burbuja en el condensador	31,2	30,2	29,3	28,6	27,9	27,4	26,9	26,5
Temperatura del líquido a la salida del condensador	30,2	29,2	28,3	27,6	26,9	26,4	25,9	25,5
Temperatura media en el condensador	44,4	43,9	43,5	43,1	42,7	42,3	42,0	41,6
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	26,4	27,5	28,4	29,1	29,6	30,0	30,2	30,3

**Tabla 9: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 25 % de R-161**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 25 % de R-161**

	0/25/75	2/25/73	4/25/71	6/25/69	8/25/67	10/25/65	12/25/63	14/25/61
CdR (calentamiento)	2,17	2,20	2,22	2,24	2,26	2,27	2,28	2,29
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	102,7 %	104,2 %	105,3 %	106,2 %	107,0 %	107,6 %	108,2 %	108,6 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	880	958	1038	1122	1207	1296	1387	1480
Capacidad con respecto a la Referencia	100,2 %	109,0 %	118,2 %	127,6 %	137,4 %	147,5 %	157,9 %	168,4 %
Temperatura crítica	106,45	103,56	100,79	98,15	95,62	93,20	90,88	88,66
Presión crítica	42,33	42,95	43,57	44,19	44,81	45,43	46,05	46,67
Cambio de entalpía en el condensador	288,7	299,3	308,7	317,1	324,6	331,5	337,7	343,6
Relación de presión	15,76	15,79	15,73	15,61	15,44	15,22	14,98	14,72
Flujo másico de refrigerante	24,9	24,1	23,3	22,7	22,2	21,7	21,3	21,0
Temperatura de descarga en el compresor	127,6	130,8	133,9	136,7	139,3	141,8	144,1	146,3
Presión de entrada en el evaporador	0,84	0,90	0,96	1,02	1,09	1,17	1,25	1,33
Presión de entrada en el condensador	12,6	13,5	14,5	15,5	16,4	17,4	18,3	19,3
Temperatura de entrada en el evaporador	-30,5	-31,1	-31,6	-32,2	-32,9	-33,5	-34,2	-34,9
Punto de rocío en el evaporador	-29,4	-28,9	-28,3	-27,7	-27,1	-26,5	-25,9	-25,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-24,4	-23,9	-23,3	-22,7	-22,1	-21,5	-20,9	-20,3
Temperatura media en el evaporador	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,1
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	1,1	2,2	3,3	4,5	5,8	7,0	8,3	9,5
Presión de aspiración en el compresor	0,80	0,86	0,92	0,99	1,06	1,14	1,22	1,31
Presión de descarga en el compresor	12,6	13,5	14,5	15,5	16,4	17,4	18,3	19,3
Caída de presión en la línea de aspiración	255	228	205	186	170	156	144	133
Caída de presión con respecto a la referencia	87,1 %	78,0 %	70,3 %	63,8 %	58,2 %	53,4 %	49,2 %	45,5 %
Punto de burbuja en el condensador	51,4	52,6	53,6	54,4	55,1	55,7	56,2	56,5
Temperatura del líquido a la salida del condensador	48,9	45,2	42,2	39,6	37,5	35,7	34,1	32,8
Temperatura media en el condensador	47,9	44,2	41,2	38,6	36,5	34,7	33,1	31,8
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	50,1	48,9	47,9	47,0	46,3	45,7	45,2	44,7
	2,5	7,3	11,4	14,8	17,7	20,0	22,0	23,6

Tabla 10: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 25 % de R-161

Composición de CO <sub>2</sub> /R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶	16/25/59	18/25/57	20/25/55	22/25/53	24/25/51	26/25/49	28/25/47	30/25/45
CdR (calentamiento)	2,30	2,30	2,31	2,31	2,31	2,32	2,32	2,32
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	108,9 %	109,2 %	109,4 %	109,6 %	109,7 %	109,8 %	109,8 %	109,9 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1575	1771	1770	1869	1.971	2074	2178	2284
Capacidad con respecto a la Referencia	179,2 %	190,2 %	201,4 %	212,8 %	224,3 %	236,0 %	247,9 %	260,0 %
Temperatura crítica	86,52	84,47	82,49	80,59	78,76	77,00	75,30	73,66
Presión crítica	47,28	47,90	48,52	49,14	49,75	50,37	50,99	51,60
Cambio de entalpía en el condensador	349,0	354,2	359,0	363,7	368,1	372,4	376,5	380,4
Relación de presión	14,45	14,18	13,90	13,63	13,37	13,10	12,85	12,59
Flujo másico de refrigerante	20,6	20,3	20,1	19,8	19,6	19,3	19,1	18,9
Temperatura de descarga en el compresor	148,4	150,5	152,4	154,4	156,2	158,1	159,9	161,6
Presión de entrada en el evaporador	1,42	1,51	1,60	1,70	1,80	1,90	2,01	2,12
Presión de entrada en el condensador	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,7	25,6	26,5
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,6	-36,3	-37,0	-37,6	-38,3	-39,0	-39,6	-40,2
Punto de rocío en el evaporador	-24,8	-24,3	-23,8	-23,4	-23,0	-22,7	-22,4	-22,1
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,8	-19,3	-18,8	-18,4	-18,0	-17,7	-17,4	-17,1
Temperatura media en el evaporador	-30,2	-30,3	-30,4	-30,5	-30,7	-30,8	-31,0	-31,1
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	10,8	12,0	13,1	14,2	15,3	16,3	17,2	18,1
Presión de aspiración en el compresor	1,40	1,49	1,58	1,68	1,78	1,89	2,00	2,11
Presión de descarga en el compresor	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,7	25,6	26,5
Caída de presión en la línea de aspiración	123	115	108	101	95	89	84	80
Caída de presión con respecto a la referencia	42,3 %	39,4 %	36,8 %	34,5 %	32,4 %	30,6 %	28,9 %	27,3 %
Punto de rocío en el condensador	56,7	56,8	56,9	56,8	56,7	56,6	56,3	56,0
Punto de burbuja en el condensador	31,7	30,7	29,9	29,2	28,5	28,0	27,5	27,1
Temperatura del líquido a la salida del condensador	30,7	29,7	28,9	28,2	27,5	27,0	26,5	26,1
Temperatura media en el condensador	44,2	43,8	43,4	43,0	42,6	42,3	41,9	41,6
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	25,0	26,1	27,0	27,7	28,2	28,6	28,8	29,0

Tabla 11: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 30 % de R-161  
Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶

	0/30/70	2/30/68	4/30/66	6/30/64	8/30/62	10/30/60	12/30/58	14/30/56
CdR (calentamiento)	2,19	2,21	2,24	2,25	2,27	2,28	2,29	2,30
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	103,7 %	105,0 %	106,0 %	106,9 %	107,5 %	108,1 %	108,6 %	109,0 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	930	1006	1086	1168	1253	1341	1431	1523
Capacidad con respecto a la Referencia	105,8 %	114,5 %	123,6 %	133,0 %	142,6 %	152,6 %	162,8 %	173,3 %
Temperatura crítica	105,96	103,22	100,59	98,07	95,66	93,34	91,12	88,98
Presión crítica	43,33	43,92	44,50	45,10	45,69	46,28	46,87	47,46
Cambio de entalpía en el condensador	303,1	313,3	322,4	330,6	338,0	344,7	351,0	356,7
Relación de presión	15,30	15,30	15,24	15,11	14,95	14,75	14,52	14,28
Flujo máximo de refrigerante	23,8	23,0	22,3	21,8	21,3	20,9	20,5	20,2
Temperatura de descarga en el compresor	129,9	133,0	135,9	138,6	141,1	143,5	145,7	147,8
Presión de entrada en el evaporador	0,88	0,94	1,00	1,07	1,14	1,21	1,29	1,37
Presión de entrada en el condensador	12,9	13,8	14,7	15,7	16,6	17,5	18,4	19,3
Temperatura de entrada en el evaporador	-30,7	-31,3	-31,8	-32,4	-32,9	-33,5	-34,2	-34,8
Punto de rocío en el evaporador	-29,3	-28,8	-28,3	-27,7	-27,1	-26,6	-26,0	-25,5
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-24,3	-23,8	-23,3	-22,7	-22,1	-21,6	-21,0	-20,5
Temperatura media en el evaporador	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	30,0	-30,1	-30,1
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	1,4	2,4	3,5	4,7	5,8	7,0	8,2	9,3
Presión de aspiración en el compresor	0,84	0,90	0,97	1,04	1,11	1,19	1,27	1,35
Presión de descarga en el compresor	12,9	13,8	14,7	15,7	16,6	17,5	18,4	19,3
Caída de presión en la línea de aspiración	232	209	190	173	159	146	135	126
Caída de presión con respecto a la referencia	79,6 %	71,7 %	65,0 %	59,3 %	54,4 %	50,1 %	46,3 %	43,0 %
Punto de rocío en el condensador	51,0	52,1	53,0	53,8	54,4	55,0	55,4	55,7
Punto de burbuja en el condensador	48,4	45,0	42,2	39,8	37,8	36,1	34,6	33,3
Temperatura del líquido a la salida del condensador	47,4	44,0	41,2	38,8	36,8	35,1	33,6	32,3
Temperatura media en el condensador	49,7	48,6	47,6	46,8	46,1	45,5	45,0	44,5
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	2,6	7,0	10,8	13,9	16,6	18,9	20,8	22,3

**Tabla 12: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-161/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 30 % de R-161**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-161/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	16/30/54	18/30/52	20/30/50	22/30/48	24/30/46	26/30/44	28/30/42	30/30/40
CdR (calentamiento)	2,31	2,31	2,32	2,32	2,32	2,32	2,33	2,33
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	109,4 %	109,6 %	109,9 %	110,0 %	110,2 %	110,3 %	110,3 %	110,4 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1617	1712	1,810	1909	2009	2111	2215	2320
Capacidad con respecto a la Referencia	184,0 %	194,9 %	206,0 %	217,2 %	228,7 %	240,3 %	252,1 %	264,1 %
Temperatura crítica	86,93	84,95	83,05	81,21	79,44	77,73	76,08	74,48
Presión crítica	48,05	48,64	49,24	49,83	50,42	51,01	51,60	52,19
Cambio de entalpia en el condensador	362,2	367,3	372,1	376,8	381,2	385,4	389,5	393,4
Relación de presión	14,03	13,78	13,52	13,27	13,02	12,77	12,53	12,29
Flujo másico de refrigerante	19,9	19,6	19,3	19,1	18,9	18,7	18,5	18,3
Temperatura de descarga en el compresor	149,9	151,8	153,7	155,6	157,4	159,2	160,9	162,6
Presión de entrada en el evaporador	1,46	1,55	1,64	1,74	1,84	1,94	2,05	2,16
Presión de entrada en el condensador	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,6	25,5	26,4
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,4	-36,1	-36,7	-37,3	-37,9	-38,5	-39,1	-39,6
Punto de rocío en el evaporador	-25,0	-24,5	-24,1	-23,7	-23,3	-23,0	-22,7	-22,4
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-20,0	-19,5	-19,1	-18,7	-18,3	-18,0	-17,7	-17,4
Temperatura media en el evaporador	-30,2	-30,3	-30,4	-30,5	-30,6	-30,7	-30,9	-31,0
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	10,5	11,6	12,6	13,7	14,6	15,5	16,4	17,2
Presión de aspiración en el compresor	1,44	1,53	1,63	1,72	1,82	1,93	2,04	2,15
Presión de descarga en el compresor	20,2	21,1	22,0	22,9	23,8	24,6	25,5	26,4
Caída de presión en la línea de aspiración	117	109	102	96	91	85	81	77
Caída de presión con respecto a la referencia	40,0 %	37,4 %	35,0 %	32,9 %	31,0 %	29,3 %	27,7 %	26,2 %
Punto de rocío en el condensador	55,9	56,0	56,1	56,0	56,0	55,8	55,6	55,4
Punto de burbuja en el condensador	32,3	31,3	30,5	29,7	29,1	28,6	28,1	27,7
Temperatura del líquido a la salida del condensador	31,3	30,3	29,5	28,7	28,1	27,6	27,1	26,7
Temperatura media en el condensador	44,1	43,7	43,3	42,9	42,5	42,2	41,8	41,5
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	23,6	24,7	25,6	26,3	26,8	27,2	27,5	27,7

**Tabla 13: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 5 % R-152a**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	05/95	215/93	415/91	615/89	815/87	1015/85	1215/83	1415/81
CdR (calentamiento)	2,02	2,08	2,12	2,15	2,18	2,20	2,21	2,22
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	95,6 %	98,4 %	100,5 %	102,0 %		104,2 %	104,9 %	105,5 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	635	714	796	881	970	1061	1156	1253
Capacidad con respecto a la Referencia	72,3 %	81,3 %	90,6 %	100,3 %	110,4 %	120,8 %	131,5 %	142,6 %
Temperatura crítica	110,17	106,33	102,72	99,31	96,08	93,03	90,13	87,38
Presión crítica	37,46	38,22	38,98	39,74	40,49	41,24	42,00	42,75
Cambio de entalpía en el condensador	219,5	232,8	244,1	253,7	262,1	269,5	276,1	282,1
Relación de presión	18,43	18,67	18,73	18,63	18,40	18,10	17,74	17,34
Flujo másico de refrigerante	32,8	30,9	29,5	28,4	27,5	26,7	26,1	25,5
Temperatura de descarga en el compresor	115,1	119,3	123,2	126,8	130,0	133,0	135,8	138,4
Presión de entrada en el evaporador	0,66	0,70	0,75	0,81	0,88	0,95	1,03	1,12
Presión de entrada en el condensador	10,8	11,9	13,1	14,3	15,4	16,6	17,7	18,8
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,1	-29,8	-30,4	-31,2	-31,9	-32,8	-33,6	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,3	-29,7	-29,0	-28,3	-27,5	-26,7	-25,9	-25,2
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,3	-24,7	-24,0	-23,3	-22,5	-21,7	-20,9	-20,2
Temperatura media en el evaporador	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,8	-29,9
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-1,2	0,0	1,4	2,9	4,4	6,0	7,7	9,4
Presión de aspiración en el compresor	0,59	0,64	0,70	0,77	0,84	0,92	1,00	1,09
Presión de descarga en el compresor	10,8	11,9	13,1	14,3	15,4	16,6	17,7	18,8
Caída de presión en la línea de aspiración	434	369	319	280	248	222	201	182
Caída de presión con respecto a la referencia	148,4 %	126,3 %	109,3 %	95,9 %	85,0 %	76,1 %	68,7 %	62,3 %
Punto de rocío en el condensador	52,7	54,6	56,2	57,5	58,6	59,4	60,0	60,4
Punto de burbuja en el condensador	52,4	46,8	42,3	38,8	36,0	33,7	31,9	30,4
Temperatura del líquido a la salida del condensador	51,4	45,8	41,3	37,8	35,0	32,7	30,9	29,4
Temperatura media en el condensador	52,6	50,7	49,3	48,2	47,3	46,6	45,9	45,4
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,3	7,8	13,9	18,7	22,6	25,6	28,1	30,0

**Tabla 14: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 5 % R-152a**

Composición de CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶	16/5/79	18/5/77	20/5/75	22/5/73	24/5/71	26/5/69	28/5/67	30/5/65
CdR (calentamiento)	2,23	2,24	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25	2,25
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	105,9 %	106,3 %	106,5 %	106,7 %	106,8 %	106,9 %	106,9 %	106,8 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1352	1453	1556	1660	1765	1870	1976	2083
Capacidad con respecto a la Referencia	153,8 %	165,3 %	177,0 %	188,9 %	200,8 %	212,8 %	224,9 %	237,0 %
	84,77							
Temperatura crítica	°C	82,28	79,91	77,65	75,49	73,43	71,45	69,56
Presión crítica	10 <sup>5</sup> Pa	43,50	44,25	45,74	46,49	47,24	47,98	48,72
Cambio de entalpía en el condensador	kJ/kg	287,6	292,8	297,8	302,5	307,0	315,6	319,8
Relación de presión		16,93	16,51	16,10	15,70	15,32	14,62	14,30
Flujo másico de refrigerante	kg/h	25,0	24,6	24,2	23,8	23,5	22,8	22,5
Temperatura de descarga en el compresor	°C	140,9	143,3	145,6	147,9	150,1	154,6	156,8
Presión de entrada en el evaporador	10 <sup>5</sup> Pa	1,21	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,81
Presión de entrada en el condensador	10 <sup>5</sup> Pa	19,9	21,0	22,1	23,1	24,2	25,2	26,2
Temperatura de entrada en el evaporador	°C	-35,5	-36,5	-37,5	-38,6	-39,6	-40,6	-41,7
Punto de rocío en el evaporador	°C	-24,4	-23,8	-23,2	-22,6	-22,1	-21,7	-21,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	°C	-19,4	-18,8	-18,2	-17,6	-17,1	-16,7	-16,0
Temperatura media en el evaporador	°C	-30,0	-30,1	-30,3	-30,6	-30,9	-31,2	-31,8
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	K	11,1	12,7	14,4	15,9	17,5	19,0	20,4
Presión de aspiración en el compresor	10 <sup>5</sup> Pa	1,18	1,27	1,37	1,47	1,58	1,68	1,79
Presión de descarga en el compresor	10 <sup>5</sup> Pa	19,9	21,0	22,1	23,1	24,2	25,2	26,2
Caída de presión en la línea de aspiración	Pa/m	166	153	141	130	121	113	106
Caída de presión con respecto a la referencia		56,9 %	52,3 %	48,2 %	44,6 %	41,5 %	38,8 %	34,1 %
Punto de rocío en el condensador	°C	60,6	60,7	60,7	60,6	60,3	60,0	59,6
Punto de burbuja en el condensador	°C	29,1	28,0	27,1	26,4	25,7	25,1	24,6
Temperatura del líquido a la salida del condensador	°C	28,1	27,0	26,1	25,4	24,7	24,1	23,6
Temperatura media en el condensador	°C	44,9	44,4	43,9	43,5	43,0	42,6	42,1
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	K	31,5	32,7	33,6	34,2	34,7	34,9	35,0

**Tabla 15: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 10 % de R-152a**

Composición de CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶	01/0/90	2/10/88	4/10/86	6/10/84	8/10/82	10/10/80	12/10/78	14/10/76
CdR (calentamiento)	2,04	2,10	2,14	2,17	2,19	2,21	2,22	2,24
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	96,8 %	99,4 %	101,3 %	102,8 %	103,9 %	104,8 %	105,5 %	106,0 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	653	732	813	897	985	1076	1169	1265
Capacidad con respecto a la Referencia	74,4 %	83,3 %	92,5 %	102,1 %	112,1 %	122,4 %	133,1 %	144,0 %
Temperatura crítica	110,43	106,71	103,20	99,89	96,74	93,76	90,93	88,24
Presión crítica	38,27	39,02	39,78	40,53	41,27	42,02	42,76	43,51
Cambio de entalpía en el condensador	228,7	241,8	253,1	262,7	271,0	278,4	285,0	291,0
Relación de presión	18,14	18,37	18,43	18,35	18,13	17,84	17,49	17,11
Flujo másico de refrigerante	31,5	29,8	28,5	27,4	26,6	25,9	25,3	24,7
Temperatura de descarga en el compresor	117,3	121,5	125,4	128,9	132,1	135,0	137,8	140,4
Presión de entrada en el evaporador	0,67	0,71	0,76	0,82	0,89	0,96	1,04	1,12
Presión de entrada en el condensador	10,9	12,0	13,1	14,3	15,4	16,5	17,6	18,7
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,2	-29,9	-30,5	-31,3	-32,0	-32,8	-33,7	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,3	-29,7	-29,1	-28,3	-27,5	-26,8	-26,0	-25,2
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,3	-24,7	-24,1	-23,3	-22,5	-21,8	-21,0	-20,2
Temperatura media en el evaporador	-29,8	-29,8	-29,8	-29,8	-29,8	-29,8	-29,8	-29,9
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-1,0	0,1	15	2,9	4,4	6,0	7,7	9,3
Presión de aspiración en el compresor	0,60	0,65	0,71	0,78	0,85	0,93	1,01	1,09
Presión de descarga en el compresor	10,9	12,0	13,1	14,3	15,4	16,5	17,6	18,7
Caída de presión en la línea de aspiración	408	350	304	268	238	214	194	176
Caída de presión con respecto a la referencia	139,9 %	119,8 %	104,2 %	91,8 %	81,6 %	73,3 %	66,3 %	60,3 %
Punto de rocío en el condensador	52,3	54,1	55,7	57,0	58,0	58,8	59,4	59,9
Punto de burbuja en el condensador	52,0	46,5	42,2	38,7	35,9	33,7	31,9	30,4
Temperatura del líquido a la salida del condensador	51,0	45,5	41,2	37,7	34,9	32,7	30,9	29,4
Temperatura media en el condensador	52,1	50,3	48,9	47,8	47,0	46,3	45,7	45,1
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,3	7,6	13,5	18,3	22,1	25,1	27,6	29,5

Tabla 16: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 10 % de R-152a

Composición de CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▲		16/10/74	18/10/72	20/10/70	22/10/68	24/10/66	26/10/64	28/10/62	30/10/60
CdR (calentamiento)		2,24	2,25	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26	2,26
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia		106,5 %	106,8 %	107,1 %	107,2 %	107,3 %	107,4 %	107,4 %	107,3 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	kJ/m <sup>3</sup>	1,363	1,463	1,565	1,668	1,772	1,877	1,982	2,087
Capacidad con respecto a la Referencia		155,1 %	166,5 %	178,1 %	189,8 %	201,7 %	213,6 %	225,5 %	237,6 %
Temperatura crítica	°C	85,68	83,24	80,91	78,68	76,55	74,51	72,56	70,69
Presión crítica	10 <sup>5</sup> Pa	44,25	44,99	45,73	46,46	47,20	47,93	48,66	49,40
Cambio de entalpía en el condensador	kJ/kg	296,6	301,8	306,7	311,4	315,9	320,3	324,5	328,7
Relación de presión		16,72	16,32	15,92	15,54	15,17	14,82	14,48	14,17
Flujo másico de refrigerante	kg/h	24,3	23,9	23,5	23,1	22,8	22,5	22,2	21,9
Temperatura de descarga en el compresor	°C	142,8	145,2	147,5	149,7	151,9	154,1	156,2	158,4
Presión de entrada en el evaporador	10 <sup>5</sup> Pa	1,21	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,81	1,92
Presión de entrada en el condensador	10 <sup>5</sup> Pa	19,8	20,9	21,9	22,9	23,9	24,9	25,9	26,9
Temperatura de entrada en el evaporador	°C	-35,5	-36,4	-37,4	-38,5	-39,5	-40,5	-41,5	-42,5
Punto de rocío en el evaporador	°C	-24,5	-23,9	-23,3	-22,7	-22,2	-21,8	-21,4	-21,1
Temperatura del gas a la salida del evaporador	°C	-19,5	-18,9	-18,3	-17,7	-17,2	-16,8	-16,4	-16,1
Temperatura media en el evaporador	°C	-30,0	-30,2	-30,4	-30,6	-30,8	-31,1	-31,4	-31,8
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	K	10,9	12,6	14,2	15,7	17,2	18,7	20,1	21,4
Presión de aspiración en el compresor	10 <sup>5</sup> Pa	1,18	1,28	1,38	1,48	1,58	1,68	1,79	1,90
Presión de descarga en el compresor	10 <sup>5</sup> Pa	19,8	20,9	21,9	22,9	23,9	24,9	25,9	26,9
Caída de presión en la línea de aspiración	Pa/m	161	148	137	127	118	110	104	97
Caída de presión con respecto a la referencia		55,2 %	50,7 %	46,9 %	43,5 %	40,5 %	37,8 %	35,5 %	33,3 %
Punto de rocío en el condensador	°C	60,1	60,3	60,3	60,2	60,0	59,7	59,3	58,9
Punto de burbuja en el condensador	°C	29,1	28,0	27,1	26,4	25,7	25,1	24,6	24,2
Temperatura del líquido a la salida del condensador	°C	28,1	27,0	26,1	25,4	24,7	24,1	23,6	23,2
Temperatura media en el condensador	°C	44,6	44,1	43,7	43,3	42,8	42,4	42,0	41,5
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	K	31,0	32,2	33,1	33,8	34,3	34,6	34,7	34,7

Tabla 17: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 15 % de R-152a

Composición de CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶	0/15/85	2/15/83	4/15/81	6/15/79	8/15/77	10/15/75	12/15/73	14/15/71
CdR (calentamiento)	2,06	2,11	2,15	2,18	2,20	2,22	2,24	2,25
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	97,8 %	100,3 %	102,1 %	103,4 %	104,5 %	105,4 %	106,0 %	106,6 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	671	748	829	912	999	1089	1181	1276
Capacidad con respecto a la Referencia	76,3 %	85,1 %	94,3 %	103,8 %	113,7 %	123,9 %	134,4 %	145,2 %
Temperatura crítica	110,68	107,07	103,66	100,43	97,36	94,45	91,69	89,05
Presión crítica	39,01	39,76	40,50	41,25	41,99	42,73	43,46	44,20
Cambio de entalpía en el condensador	237,8	250,9	262,1	271,7	280,0	287,4	294,0	300,0
Relación de presión	17,87	18,10	18,16	18,08	17,87	17,60	17,27	16,91
Flujo másico de refrigerante	30,3	28,7	27,5	26,5	25,7	25,1	24,5	24,0
Temperatura de descarga en el compresor	119,5	123,7	127,5	131,0	134,1	137,0	139,7	142,3
Presión de entrada en el evaporador	0,68	0,72	0,77	0,83	0,90	0,97	1,05	1,13
Presión de entrada en el condensador	10,9	12,0	13,1	14,2	15,4	16,5	17,5	18,6
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,4	-30,0	-30,6	-31,3	-32,1	-32,8	-33,7	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,3	-29,8	-29,1	-28,4	-27,6	-26,8	-26,1	-25,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,3	-24,8	-24,1	-23,4	-22,6	-21,8	-21,1	-20,3
Temperatura media en el evaporador	-29,8	-29,9	-29,9	-29,9	-29,8	-29,8	-29,9	-29,9
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-0,9	0,2	1,5	2,9	4,5	6,0	7,6	9,2
Presión de aspiración en el compresor	0,61	0,66	0,72	0,79	0,86	0,93	1,02	1,10
Presión de descarga en el compresor	10,9	12,0	13,1	14,2	15,4	16,5	17,5	18,6
Caída de presión en la línea de aspiración	386	333	291	257	229	207	187	171
Caída de presión con respecto a la referencia	132,3 %	113,9 %	99,6 %	88,0 %	78,6 %	70,7 %	64,1 %	58,4 %
Punto de rocío en el condensador	51,9	53,7	55,2	56,5	57,5	58,3	59,0	59,4
Punto de burbuja en el condensador	51,5	46,2	42,0	38,6	35,9	33,7	31,8	30,3
Temperatura del líquido a la salida del condensador	50,5	45,2	41,0	37,6	34,9	32,7	30,8	29,3
Temperatura media en el condensador	51,7	49,9	48,6	47,5	46,7	46,0	45,4	44,9
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,4	7,5	13,2	17,9	21,7	24,7	27,1	29,0

**Tabla 18: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 15 % de R-152a**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	16/15/69	18/15/67	20/15/65	22/15/63	24/15/61	26/15/59	28/15/57	30/15/55
CdR (calentamiento)	2,26	2,26	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	107,0 %	107,3 %	107,6 %	107,7 %	107,8 %	107,9 %	107,9 %	107,8 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1373	1472	1573	1675	1778	1882	1986	2090
Capacidad con respecto a la Referencia	156,3 %	167,6 %	179,0 %	190,6 %	202,3 %	214,1 %	226,0 %	237,9 %
Temperatura crítica	86,54	84,14	81,85	79,66	77,56	75,55	73,62	71,77
Presión crítica	44,93	45,66	46,39	47,12	47,84	48,57	49,29	50,01
Cambio de entalpia en el condensador	305,6	310,8	315,7	320,4	324,9	329,3	333,5	337,7
Relación de presión	16,53	16,14	15,76	15,39	15,03	14,69	14,36	14,05
Flujo másico de refrigerante	23,6	23,2	22,8	22,5	22,2	21,9	21,6	21,3
Temperatura de descarga en el compresor	144,7	147,0	149,3	151,5	153,7	155,8	157,9	160,0
Presión de entrada en el evaporador	1,22	1,31	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,91
Presión de entrada en el condensador	19,7	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,5	-36,4	-37,4	-38,3	-39,3	-40,3	-41,3	-42,3
Punto de rocío en el evaporador	-24,6	-24,0	-23,4	-22,8	-22,3	-21,9	-21,5	-21,2
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,6	-19,0	-18,4	-17,8	-17,3	-16,9	-16,5	-16,2
Temperatura media en el evaporador	-30,0	-30,2	-30,4	-30,6	-30,8	-31,1	-31,4	-31,7
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	10,8	12,4	14,0	15,5	17,0	18,4	19,8	21,1
Presión de aspiración en el compresor	1,19	1,28	1,38	1,48	1,58	1,68	1,79	1,90
Presión de descarga en el compresor	19,7	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6
Caída de presión en la línea de aspiración	156	144	133	124	115	108	101	95
Caída de presión con respecto a la referencia	53,5 %	49,3 %	45,6 %	42,4 %	39,5 %	36,9 %	34,7 %	32,6 %
Punto de rocío en el condensador	59,7	59,8	59,9	59,8	59,6	59,4	59,0	58,6
Punto de burbuja en el condensador	29,1	28,0	27,1	26,4	25,7	25,1	24,6	24,2
Temperatura del líquido a la salida del condensador	28,1	27,0	26,1	25,4	24,7	24,1	23,6	23,2
Temperatura media en el condensador	44,4	43,9	43,5	43,1	42,7	42,2	41,8	41,4
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	30,6	31,8	32,7	33,4	33,9	34,2	34,4	34,4

**Tabla 19: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 20 % de R-152a**

Composición de CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶	0/20/80	2/20/78	4/20/76	6/20/74	8/20/72	10/20/70	12/20/68	14/20/66
CdR (calentamiento)	2,08	2,13	2,17	2,19	2,22	2,23	2,25	2,26
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	98,8 %	101,1 %	102,8 %	104,1 %	105,1 %	105,9 %	106,5 %	107,1 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	687	763	843	926	1012	1101	1192	1286
Capacidad con respecto a la Referencia	78,2 %	86,9 %	95,9 %	105,4 %	115,2 %	125,3 %	135,7 %	146,4 %
Temperatura crítica	110,91	107,40	104,09	100,94	97,95	95,11	92,40	89,82
Presión crítica	39,69	40,43	41,17	41,91	42,64	43,37	44,10	44,83
Cambio de entalpía en el condensador	247,0	260,0	271,1	280,7	289,0	296,4	303,0	309,1
Relación de presión	17,62	17,84	17,91	17,83	17,64	17,38	17,06	16,72
Flujo másico de refrigerante	29,1	27,7	26,6	25,7	24,9	24,3	23,8	23,3
Temperatura de descarga en el compresor	121,6	125,8	129,5	133,0	136,1	139,0	141,7	144,2
Presión de entrada en el evaporador	0,68	0,73	0,78	0,84	0,91	0,98	1,05	1,13
Presión de entrada en el condensador	11,0	12,0	13,1	14,2	15,3	16,4	17,4	18,5
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,5	-30,1	-30,7	-31,4	-32,1	-32,9	-33,7	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,4	-29,8	-29,2	-28,4	-27,7	-26,9	-26,1	-25,4
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,4	-24,8	-24,2	-23,4	-22,7	-21,9	-21,1	-20,4
Temperatura media en el evaporador	-29,9	-30,0	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-29,9	-30,0
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-0,9	0,3	1,6	3,0	4,4	6,0	7,5	9,1
Presión de aspiración en el compresor	0,62	0,67	0,73	0,80	0,87	0,94	1,02	1,11
Presión de descarga en el compresor	11,0	12,0	13,1	14,2	15,3	16,4	17,4	18,5
Caída de presión en la línea de aspiración	367	318	279	247	221	200	181	166
Caída de presión con respecto a la referencia	125,6 %	108,7 %	95,4 %	84,7 %	75,8 %	68,3 %	62,1 %	56,7 %
Punto de rocío en el condensador	51,5	53,2	54,8	56,0	57,1	57,9	58,5	58,9
Punto de burbuja en el condensador	51,1	45,9	41,8	38,5	35,8	33,6	31,8	30,3
Temperatura del líquido a la salida del condensador	50,1	44,9	40,8	37,5	34,8	32,6	30,8	29,3
Temperatura media en el condensador	51,3	49,6	48,3	47,3	46,4	45,7	45,2	44,6
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,4	7,3	12,9	17,5	21,3	24,3	26,7	28,6

**Tabla 20: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 20 % de R-152a**

	16/20/64	18/20/62	20/20/60	22/20/58	24/20/56	26/20/54	28/20/52	30/20/50
<b>Composición de CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶</b>								
CdR (calentamiento)	2,27	2,27	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28	2,28
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	107,5 %	107,8 %	108,0 %	108,2 %	108,3 %	108,4 %	108,3 %	108,3 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1,382	1480	1580	1,681	1783	1885	1988	2092
Capacidad con respecto a la Referencia	157,3 %	168,5 %	179,8 %	191,3 %	202,9 %	214,6 %	226,3 %	238,1 %
Temperatura crítica	87,35	85,00	82,74	80,59	78,52	76,54	74,63	72,80
Presión crítica	45,55	46,27	47,00	47,71	48,43	49,15	49,86	50,57
Cambio de entalpía en el condensador	314,7	319,9	324,8	329,5	334,0	338,3	342,6	346,7
Relación de presión	16,35	15,98	15,61	15,25	14,90	14,57	14,25	13,95
Flujo másico de refrigerante	22,9	22,5	22,2	21,9	21,6	21,3	21,0	20,8
Temperatura de descarga en el compresor	146,6	148,9	151,1	153,3	155,4	157,5	159,6	161,7
Presión de entrada en el evaporador	1,22	1,31	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,91
Presión de entrada en el condensador	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	25,4	26,4
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,4	-36,3	-37,3	-38,3	-39,2	-40,2	-41,1	-42,1
Punto de rocío en el evaporador	-24,7	-24,1	-23,5	-22,9	-22,4	-22,0	-21,6	-21,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,7	-19,1	-18,5	-17,9	-17,4	-17,0	-16,6	-16,3
Temperatura media en el evaporador	-30,1	-30,2	-30,4	-30,6	-30,8	-31,1	-31,4	-31,7
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	10,7	12,3	13,8	15,3	16,8	18,2	19,5	20,8
Presión de aspiración en el compresor	1,19	1,28	1,38	1,48	1,58	1,68	1,78	1,89
Presión de descarga en el compresor	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	24,5	25,4	26,4
Caída de presión en la línea de aspiración	152	140	130	121	113	106	99	93
Caída de presión con respecto a la referencia	52,0 %	48,0 %	44,5 %	41,3 %	38,6 %	36,1 %	33,9 %	32,0 %
Punto de rocío en el condensador	59,3	59,4	59,5	59,4	59,3	59,1	58,8	58,4
Punto de burbuja en el condensador	29,1	28,0	27,1	26,4	25,7	25,1	24,6	24,2
Temperatura del líquido a la salida del condensador	28,1	27,0	26,1	25,4	24,7	24,1	23,6	23,2
Temperatura media en el condensador	44,2	43,7	43,3	42,9	42,5	42,1	41,7	41,3
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	30,2	31,4	32,4	33,1	33,6	34,0	34,2	34,2

**Tabla 21: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 25 % de R-152a**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶**

	0/25/175	2/25/73	4/25/71	6/25/69	8/25/67	10/25/65	12/25/63	14/25/61
CdR (calentamiento)	2,10	2,15	2,18	2,21	2,23	2,24	2,26	2,27
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	99,7 %	101,8 %	103,4 %	104,7 %	105,7 %	106,4 %	107,0 %	107,5 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	702	777	856	938	1024	1112	1202	1295
Capacidad con respecto a la Referencia	79,9 %	88,5 %	97,5 %	106,8 %	116,5 %	126,5 %	136,8 %	147,4 %
Temperatura crítica	111,12	107,72	104,49	101,42	98,50	95,72	93,07	90,54
Presión crítica	40,30	41,04	41,78	42,51	43,24	43,96	44,68	45,40
Cambio de entalpía en el condensador	256,2	269,1	280,2	289,7	298,1	305,5	312,1	318,2
Relación de presión	17,40	17,61	17,67	17,61	17,42	17,18	16,87	16,54
Flujo másico de refrigerante	28,1	26,8	25,7	24,9	24,2	23,6	23,1	22,6
Temperatura de descarga en el compresor	123,8	127,8	131,6	135,0	138,0	140,9	143,5	146,0
Presión de entrada en el evaporador	0,69	0,74	0,79	0,85	0,91	0,98	1,06	1,14
Presión de entrada en el condensador	11,0	12,0	13,1	14,2	15,2	16,3	17,3	18,4
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,6	-30,2	-30,8	-31,5	-32,1	-32,9	-33,7	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,4	-29,8	-29,2	-28,5	-27,7	-27,0	-26,2	-25,5
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,4	-24,8	-24,2	-23,5	-22,7	-22,0	-21,2	-20,5
Temperatura media en el evaporador	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-29,9	-29,9	-30,0	-30,0
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-0,8	0,3	16	3,0	4,4	5,9	7,5	9,0
Presión de aspiración en el compresor	0,63	0,68	0,74	0,81	0,88	0,95	1,03	1,11
Presión de descarga en el compresor	11,0	12,0	13,1	14,2	15,2	16,3	17,3	18,4
Caída de presión en la línea de aspiración	349	304	268	238	214	193	176	161
Caída de presión con respecto a la referencia	119,6 %	104,0 %	91,6 %	81,6 %	73,2 %	66,2 %	60,2 %	55,1 %
Punto de rocío en el condensador	51,1	52,8	54,3	55,6	56,6	57,4	58,1	58,5
Punto de burbuja en el condensador	50,7	45,7	41,6	38,4	35,7	33,6	31,8	30,3
Temperatura del líquido a la salida del condensador	49,7	44,7	40,6	37,4	34,7	32,6	30,8	29,3
Temperatura media en el condensador	50,9	49,3	48,0	47,0	46,2	45,5	44,9	44,4
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,4	7,1	12,7	17,2	20,9	23,9	26,3	28,2

Tabla 22: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 25 % de R-152a  
Composición de CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶

	16/25/59	18/25/17	20/25/55	22/25/53	24/25/51	26/25/49	28/25/47	30/25/45
CdR (calentamiento)	2,28	2,28	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29	2,29
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	107,9 %	108,2 %	108,5 %	108,6 %	108,7 %	108,8 %	108,8 %	108,8 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1390	1487	1586	1,685	1786	1888	1990	2092
Capacidad con respecto a la Referencia	158,2 %	169,3 %	180,5 %	191,8 %	203,3 %	214,8 %	226,4 %	238,1 %
Temperatura crítica	88,12	85,81	83,59	81,47	79,43	77,48	75,60	73,79
Presión crítica	46,12	46,84	47,55	48,26	48,97	49,67	50,38	51,08
Cambio de entalpía en el condensador	323,7	329,0	333,9	338,6	343,1	347,4	351,7	355,8
Relación de presión	16,19	15,83	15,47	15,12	14,79	14,46	14,15	13,86
Flujo másico de refrigerante	22,2	21,9	21,6	21,3	21,0	20,7	20,5	20,2
Temperatura de descarga en el compresor	148,4	150,7	152,9	155,0	157,1	159,2	161,2	163,3
Presión de entrada en el evaporador	1,22	1,31	1,40	1,50	1,59	1,69	1,79	1,90
Presión de entrada en el condensador	19,4	20,4	21,4	22,3	23,3	24,2	25,2	26,1
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,4	-36,3	-37,2	-38,2	-39,1	-40,1	-41,0	-41,9
Punto de rocío en el evaporador	-24,8	-24,2	-23,6	-23,0	-22,5	-22,1	-21,7	-21,3
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,8	-19,2	-18,6	-18,0	-17,5	-17,1	-16,7	-16,3
Temperatura media en el evaporador	-30,1	-30,2	-30,4	-30,6	-30,8	-31,1	-31,3	-31,6
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	10,6	12,1	13,7	15,1	16,6	18,0	19,3	20,6
Presión de aspiración en el compresor	1,20	1,29	1,38	1,48	1,57	1,67	1,78	1,88
Presión de descarga en el compresor	19,4	20,4	21,4	22,3	23,3	24,2	25,2	26,1
Caída de presión en la línea de aspiración	148	137	127	118	110	103	97	92
Caída de presión con respecto a la referencia	50,6 %	46,8 %	43,4 %	40,4 %	37,7 %	35,4 %	33,3 %	31,4 %
Punto de rocío en el condensador	58,9	59,1	59,1	59,1	59,0	58,8	58,6	58,2
Punto de burbuja en el condensador	29,1	28,0	27,1	26,3	25,7	25,1	24,6	24,2
Temperatura del líquido a la salida del condensador	28,1	27,0	26,1	25,3	24,7	24,1	23,6	23,2
Temperatura media en el condensador	44,0	43,5	43,1	42,7	42,3	42,0	41,6	41,2
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	29,8	31,0	32,0	32,8	33,3	33,7	34,0	34,1

Tabla 23: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % de R-744 y un 30 % de R-152a

Composición de CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (E) % en peso ▶	0/30/70	2/30/68	4/30/66	6/30/64	8/30/64	10/30/60	12/30/58	14/30/56
CdR (calentamiento)	2,12	2,16	2,19	2,22	2,24	2,25	2,27	2,28
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	100,5 %	102,5 %	104,1 %	105,2 %	106,2 %	106,9 %	107,5 %	108,0 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	716	791	869	950	1034	1.121	1211	1303
Capacidad con respecto a la Referencia	81,5 %	90,0 %	98,9 %	108,1 %	117,7 %	127,6 %	137,8 %	148,3 %
Temperatura crítica	111,32	108,01	104,87	101,88	99,03	96,31	93,71	91,23
Presión crítica	40,87	41,60	42,33	43,06	43,78	44,50	45,21	45,93
Cambio de entalpía en el condensador	265,3	278,2	289,2	298,8	307,1	314,5	321,2	327,3
Relación de presión	17,20	17,39	17,45	17,40	17,22	16,99	16,70	16,38
Flujo másico de refrigerante	27,1	25,9	24,9	24,1	23,4	22,9	22,4	22,0
Temperatura de descarga en el compresor	125,9	129,9	133,6	136,9	140,0	142,8	145,4	147,9
Presión de entrada en el evaporador	0,70	0,74	0,79	0,85	0,92	0,99	1,06	1,14
Presión de entrada en el condensador	11,0	12,1	13,1	14,1	15,2	16,2	17,2	18,2
Temperatura de entrada en el evaporador	-29,7	-30,3	-30,9	-31,5	-32,2	-32,9	-33,7	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,4	-29,9	-29,2	-28,5	-27,8	-27,0	-26,3	-25,6
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,4	-24,9	-24,2	-23,5	-22,8	-22,0	-21,3	-20,6
Temperatura media en el evaporador	-30,1	-30,1	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,0	-30,1
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-0,7	0,4	16	3,0	4,4	5,9	7,4	8,9
Presión de aspiración en el compresor	0,64	0,69	0,75	0,81	0,88	0,95	1,03	1,11
Presión de descarga en el compresor	11,0	12,1	13,1	14,1	15,2	16,2	17,2	18,2
Caída de presión en la línea de aspiración	334	291	258	230	207	187	171	157
Caída de presión con respecto a la referencia	114,2 %	99,8 %	88,2 %	78,7 %	70,8 %	64,2 %	58,5 %	53,6 %
Punto de rocío en el condensador	50,8	52,4	53,9	55,2	56,2	57,0	57,7	58,1
Punto de burbuja en el condensador	50,4	45,5	41,5	38,3	35,7	33,5	31,8	30,3
Temperatura del líquido a la salida del condensador	49,4	44,5	40,5	37,3	34,7	32,5	30,8	29,3
Temperatura media en el condensador	50,6	49,0	47,7	46,7	45,9	45,3	44,7	44,2
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0,4	7,0	12,4	16,9	20,5	23,5	25,9	27,9

**Tabla 24: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-152a/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % de R-744 y un 30 % de R-152a**

	16/30/54	18/30/52	20/30/50	22/30/48	24/30/46	26/30/44	28/30/42	30/30/40
CdR (calentamiento)	2,28	2,29	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	108,4 %	108,7 %	108,9 %	109,1 %	109,2 %	109,2 %	109,2 %	109,2 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1397	1493	1591	1689	1789	1889	1990	2091
Capacidad con respecto a la Referencia	159,0 %	169,9 %	181,0 %	192,2 %	203,6 %	215,0 %	226,5 %	238,0 %
Temperatura crítica	88,86	86,58	84,41	82,31	80,31	78,38	76,52	74,74
Presión crítica	10 <sup>5</sup> Pa							
Cambio de entalpía en el condensador	46,64	47,35	48,05	48,76	49,46	50,15	50,85	51,55
Relación de presión	332,9	338,1	343,0	347,7	352,3	356,6	360,9	365,0
Flujo másico de refrigerante	16,04	15,69	15,35	15,01	14,68	14,36	14,06	13,77
Temperatura de descarga en el compresor	21,6	21,3	21,0	20,7	20,4	20,2	20,0	19,7
Presión de entrada en el evaporador	150,2	152,5	154,6	156,7	158,8	160,9	162,9	164,9
Presión de entrada en el condensador	1,22	1,31	1,40	1,49	1,59	1,69	1,79	1,89
Temperatura de entrada en el evaporador	19,2	20,2	21,2	22,1	23,1	24,0	24,9	25,8
Punto de rocío en el evaporador	-35,4	-36,2	-37,2	-38,1	-39,0	-39,9	-40,8	-41,7
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-24,9	-24,3	-23,7	-23,1	-22,6	-22,2	-21,8	-21,4
Temperatura media en el evaporador	-19,9	-19,3	-18,7	-18,1	-17,6	-17,2	-16,8	-16,4
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-30,1	-30,3	-30,4	-30,6	-30,8	-31,0	-31,3	-31,6
Presión de aspiración en el compresor	10,5	12,0	13,5	15,0	16,4	17,8	19,1	20,3
Presión de descarga en el compresor	1,20	1,29	1,38	1,47	1,57	1,67	1,77	1,87
Caída de presión en la línea de aspiración	19,2	20,2	21,2	22,1	23,1	24,0	24,9	25,8
Caída de presión con respecto a la referencia	144	133	124	115	108	101	95	90
Punto de rocío en el condensador	49,4 %	45,6 %	42,4 %	39,5 %	36,9 %	34,7 %	32,6 %	30,8 %
Punto de burbuja en el condensador	58,5	58,7	58,8	58,8	58,7	58,6	58,3	58,1
Temperatura del líquido a la salida del condensador	29,0	28,0	27,1	26,3	25,7	25,1	24,6	24,1
Temperatura media en el condensador	28,0	27,0	26,1	25,3	24,7	24,1	23,6	23,1
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	43,8	43,3	43,0	42,6	42,2	41,8	41,5	41,1
	29,5	30,7	31,7	32,5	33,1	33,5	33,8	33,9

**Tabla 25: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-1234ze (E) que contienen un 0-14 % R-744**  
**Composición de CO<sub>2</sub>/R-1234ze (E) % en peso ▲**

	0/100	2/98	4/96	6/94	8/92	10/90	12/88	14/86
CdR (calentamiento)	1,99	2,05	2,10	2,14	2,16	2,18	2,20	2,21
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	94,4 %	97,4 %	99,6 %	101,3 %	102,5 %	103,5 %	104,3 %	104,9 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	615	695	778	864	953	1046	1141	1239
Capacidad con respecto a la Referencia	70,0 %	79,1 %	88,6 %	98,3 %	108,5 %	119,0 %	129,8 %	141,0 %
Temperatura crítica	109,89	105,93	102,20	98,69	95,38	92,25	89,29	86,48
Presión crítica	36,57	37,34	38,10	38,87	39,63	40,40	41,16	41,92
Cambio de entalpía en el condensador	210,2	223,7	235,1	244,8	253,2	260,5	267,2	273,2
Relación de presión	18,75	18,99	19,05	18,95	18,71	18,39	18,00	17,58
Flujo másico de refrigerante	34,2	32,2	30,6	29,4	28,4	27,6	27,0	26,4
Temperatura de descarga en el compresor	112,8	117,1	121,1	124,7	127,9	131,0	133,8	136,5
Presión de entrada en el evaporador	0,65	0,69	0,74	0,80	0,87	0,95	1,03	1,11
Presión de entrada en el condensador	10,7	11,9	13,1	14,3	15,5	16,7	17,8	19,0
Temperatura de entrada en el evaporador	-28,9	-29,6	-30,3	-31,1	-31,9	-32,7	-33,6	-34,5
Punto de rocío en el evaporador	-30,3	-29,7	-29,0	-28,3	-27,5	-26,6	-25,8	-25,1
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-25,3	-24,7	-24,0	-23,3	-22,5	-21,6	-20,8	-20,1
Temperatura media en el evaporador	-29,6	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,7	-29,8
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	-1,3	-0,1	1,3	2,8	4,4	6,0	7,7	9,4
Presión de aspiración en el compresor	0,57	0,63	0,69	0,75	0,83	0,91	0,99	1,08
Presión de descarga en el compresor	10,7	11,9	13,1	14,3	15,5	16,7	17,8	19,0
Caída de presión en la línea de aspiración	462	390	336	294	259	231	208	189
Caída de presión con respecto a la referencia	158,3 %	133,6 %	115,0 %	100,5 %	88,8 %	79,2 %	71,3 %	64,6 %
Punto de rocío en el condensador	53,1	55,1	56,7	58,1	59,2	60,0	60,5	60,9
Punto de burbuja en el condensador	53,0	47,1	42,6	38,9	36,1	33,8	31,9	30,4
Temperatura del líquido a la salida del condensador	52,0	46,1	41,6	37,9	35,1	32,8	30,9	29,4
Temperatura media en el condensador	53,1	51,1	49,7	48,5	47,6	46,9	46,2	45,7
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	0: 1	7,9	14,2	19,1	23,1	26,2	28,6	30,6

Tabla 26: Datos de rendimiento teórico de mezclas seleccionadas de R-744/R-1234ze (E) que contienen un 16-30 % R-744  
Composición de CO<sub>2</sub>/R-1234ze (E) % en peso ▲

	16/84	18/82	20/80	22/78	24/76	26/74	28/72	30/70
CdR (calentamiento)	2,22	2,23	2,23	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
CdR (calentamiento) con respecto a la Referencia	105,4 %	105,7 %	106,0 %	106,2 %	106,3 %	106,3 %	106,3 %	106,2 %
Capacidad de calentamiento volumétrico en aspiración	1339	1441	1545	1650	1756	1862	1969	2076
Capacidad con respecto a la Referencia	152,4 %	164,0 %	175,8 %	187,7 %	199,8 %	211,9 %	224,1 %	236,3 %
Temperatura crítica	83,81	81,28	78,87	76,57	74,38	72,28	70,28	68,37
Presión crítica	42,68	43,44	44,20	44,96	45,72	46,47	47,23	47,98
Cambio de entalpía en el condensador	278,7	283,9	288,9	293,6	298,1	302,5	306,8	311,0
Relación de presión	17,15	16,72	16,29	15,88	15,49	15,12	14,77	14,44
Flujo másico de refrigerante	25,8	25,4	24,9	24,5	24,2	23,8	23,5	23,1
Temperatura de descarga en el compresor	139,0	141,4	143,8	146,1	148,4	150,6	152,9	155,1
Presión de entrada en el evaporador	1,20	1,29	1,39	1,49	1,60	1,70	1,81	1,92
Presión de entrada en el condensador	20,1	21,2	22,3	23,3	24,4	25,4	26,5	27,5
Temperatura de entrada en el evaporador	-35,5	-36,5	-37,6	-38,7	-39,7	-40,8	-41,9	-42,9
Punto de rocío en el evaporador	-24,4	-23,7	-23,1	-22,5	-22,0	-21,6	-21,2	-20,9
Temperatura del gas a la salida del evaporador	-19,4	-18,7	-18,1	-17,5	-17,0	-16,6	-16,2	-15,9
Temperatura media en el evaporador	-29,9	-30,1	-30,3	-30,6	-30,9	-31,2	-31,5	-31,9
Deslizamiento en el evaporador (fuera-dentro)	11,2	12,9	14,5	16,2	17,7	19,2	20,7	22,0
Presión de aspiración en el compresor	1,17	1,27	1,37	1,47	1,57	1,68	1,79	1,90
Presión de descarga en el compresor	20,1	21,2	22,3	23,3	24,4	25,4	26,5	27,5
Caida de presión en la línea de aspiración	172	157	145	134	125	116	109	102
Caida de presión con respecto a la referencia	58,8 %	53,9 %	49,7 %	45,9 %	42,7 %	39,8 %	37,2 %	35,0 %
Punto de rocío en el condensador	61,2	61,2	61,2	61,0	60,8	60,4	60,0	59,5
Punto de burbuja en el condensador	29,1	28,0	27,1	26,3	25,7	25,1	24,6	24,1
Temperatura del líquido a la salida del condensador	28,1	27,0	26,1	25,3	24,7	24,1	23,6	23,1
Temperatura media en el condensador	45,1	44,6	44,1	43,7	43,2	42,7	42,3	41,8
Deslizamiento en el condensador (dentro-fuera)	32,1	33,2	34,1	34,7	35,1	35,3	35,4	35,3

**Datos de miscibilidad del lubricante**

5 Se ensayó la miscibilidad de composiciones de la invención con el lubricante de polialquilenglicol (PAG) YN12. El lubricante está presente a una concentración del 4 % en p/p. Esta concentración es representativa de la concentración de aceite típica presente en un sistema de aire acondicionado. Los resultados de estos experimentos se compararon con la miscibilidad de R-1234yf puro. Los resultados se muestran a continuación.

Temperatura/°C	0	10	20	30	40
R-1234yf (comparativo)	opaco	opaco	opaco	muy opaco	opaco
CO <sub>2</sub> /R-152a/R-1234ze (10/10/80 % en peso)	opaco	ligeramente opaco	muy ligeramente opaco	Ok	
CO <sub>2</sub> /R-161/R-1234ze (6/10/84 % en peso)	opaco	opaco	opaco	opaco	opaco

10 Las composiciones de la invención han mejorado la miscibilidad con lubricantes en comparación con el R-1234yf fluido puro.

15 En resumen, la invención proporciona nuevas composiciones que presentan una sorprendente combinación de propiedades ventajosas, incluyendo un buen rendimiento de refrigeración, baja inflamabilidad, bajo GWP, y/o miscibilidad con lubricantes en comparación con los refrigerantes existentes, tales como R-134a y el refrigerante R-1234yf propuesto.

La invención se define por las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Una composición de transferencia de calor que comprende:

- 5 (i) del 10 aproximadamente al 95 % en peso aproximadamente de trans-1,3,3,3-tetrafluoropropeno (R-1234ze (E));  
 (ii) del 2 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de dióxido de carbono (R-744); y  
 (iii) del 3 aproximadamente al 60 % en peso aproximadamente de un tercer componente que comprende fluoroetano (R-161).

10 2. Una composición de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende del 4 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-744, preferentemente del 4 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente, o del 8 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente, o del 10 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente.

15 3. Una composición de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, que comprende hasta el 50 % en peso aproximadamente del tercer componente.

20 4. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene una temperatura crítica superior a 65 °C aproximadamente, preferentemente superior a 70 °C aproximadamente.

5. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que comprende del 2 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-161.

25 6. Una composición de acuerdo con la reivindicación 5 que comprende del 45 aproximadamente al 94 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 4 aproximadamente al 30 % en peso aproximadamente de R-744 y del 2 aproximadamente al 25 % en peso aproximadamente de R-161.

30 7. Una composición de acuerdo con la reivindicación 6 que comprende del 52 aproximadamente al 86 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 10 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente de R-744 y del 4 aproximadamente al 20 % en peso aproximadamente de R-161.

35 8. Una composición de acuerdo con la reivindicación 6 que comprende del 62 aproximadamente al 92 % aproximadamente de R-1234ze (E), del 10 aproximadamente al 28 % en peso aproximadamente de R-744 y del 2 aproximadamente al 10 % en peso aproximadamente de R-161.

9. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que además comprende pentafluoroetano (R-125).

40 10. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición es menos inflamable que R-152a solo o R-161 solo, opcionalmente en donde la composición tiene:

- 45 (a) un límite superior de inflamabilidad;  
 (b) una energía de ignición superior; y/o  
 (c) una velocidad de llama inferior

en comparación con R-152a solo o R-161 solo, preferentemente en donde la composición es no inflamable.

50 11. Una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene una relación de flúor (F/(F+H)) de aproximadamente 0,42 a aproximadamente 0,7, preferentemente de aproximadamente 0,44 a aproximadamente 0,67.

55 12. Una composición que comprende un lubricante y una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, opcionalmente en la que el lubricante se selecciona entre aceite mineral, aceite de silicona, polialquilbencenos (PAB), ésteres de poliol (POEs), polialquilenglicoles (PAGs), ésteres de polialquilenglicol (ésteres de PAG), éteres de polivinilo (PVES), poli(alfa-olefinas) y sus combinaciones.

60 13. Una composición de acuerdo con la reivindicación 12 que además comprende un estabilizante, opcionalmente en la que el estabilizante se selecciona entre compuestos a base de dieno, fosfatos, compuestos de fenol y epóxidos, y sus mezclas.

65 14. Una composición que comprende un retardante de llama y una composición de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, opcionalmente en la que el retardante de llama se selecciona del grupo que consiste en tri-(2-cloroetil)fosfato, (cloropropil)fosfato, tri-(2,3-dibromopropil)fosfato, tri-(1,3-dicloropropil)fosfato, fosfato diamónico, diversos compuestos aromáticos halogenados, óxido de antimonio, trihidrato de aluminio, cloruro de polivinilo, un yodocarbono fluorado, un bromocarbono fluorado, trifluoro yodometano, perfluoroalquil aminas, bromo

fluoroalquilaminas y sus mezclas.

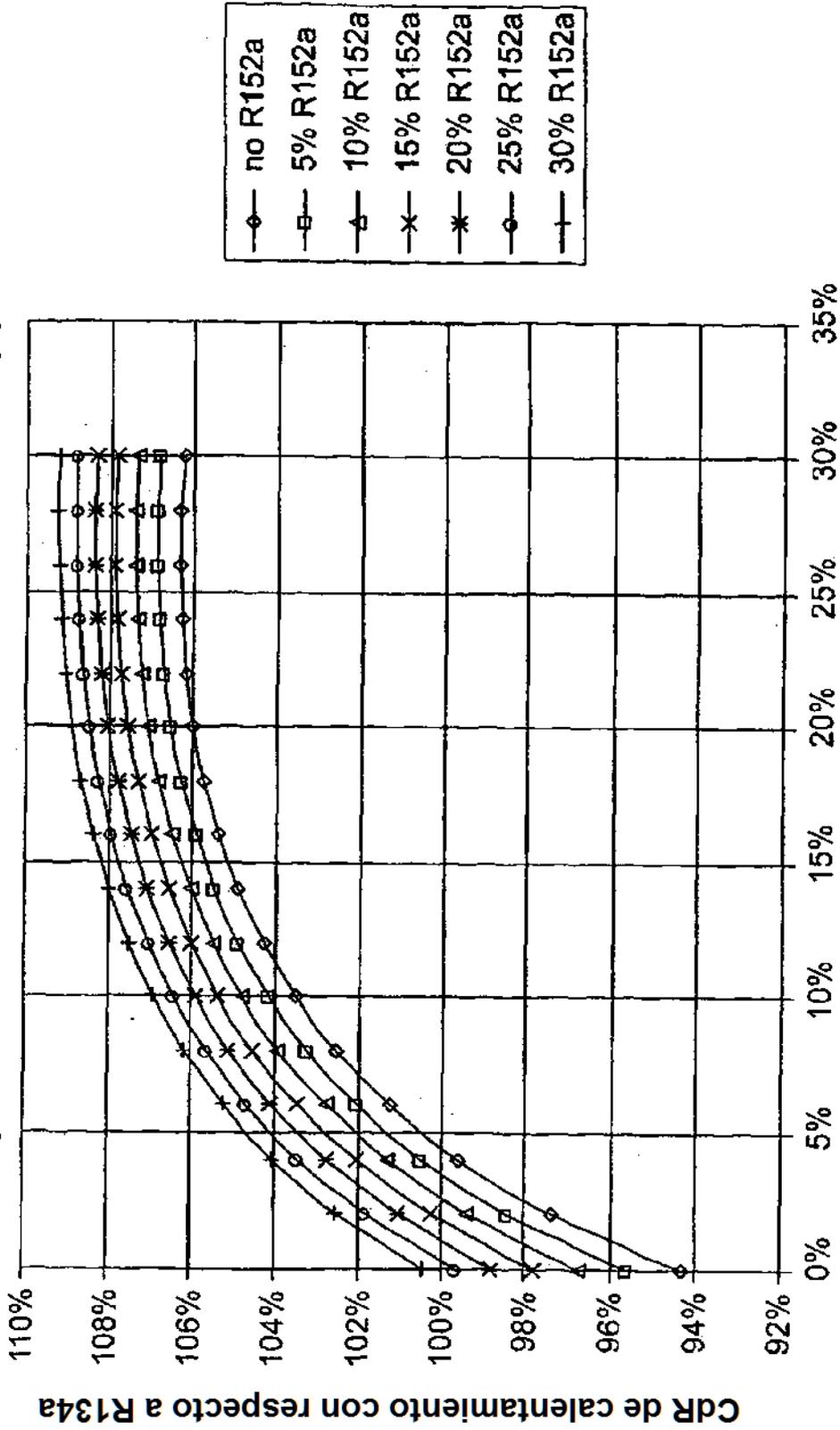
- 5 15. Un dispositivo de transferencia de calor que contiene una composición como se ha definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, opcionalmente en el que el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en sistemas de aire acondicionado para automóviles, sistemas de aire acondicionado residenciales, sistemas de aire acondicionado comerciales, sistemas frigoríficos residenciales, sistemas congeladores residenciales, sistemas frigoríficos comerciales, sistemas congeladores comerciales, sistemas de aire acondicionado enfriadores, sistemas de refrigeración enfriadores y sistemas de bombas de calor comerciales o residenciales, preferentemente en donde el dispositivo de transferencia de calor es un sistema de aire acondicionado para automóviles, preferentemente en donde el dispositivo de transferencia de calor contiene un compresor.
- 10 16. Uso de una composición definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 en un dispositivo de transferencia de calor.
- 15 17. Un agente de soplado que comprende una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.
- 20 18. Una composición espumable que comprende uno o más componentes capaces de formar espuma y una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en donde el uno o más componentes capaces de formar espuma se seleccionan entre poliuretanos, polímeros termoplásticos y resinas, tales como poliestireno y resinas epoxi, y sus mezclas.
- 25 19. Una espuma que comprende una composición como se ha definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.
- 30 20. Una composición pulverizable que comprende un material a pulverizar y un propulsor que comprende una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.
- 35 21. Un método para enfriar un artículo, que comprende condensar una composición definida en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y, posteriormente, evaporar la composición en las proximidades del artículo a enfriar.
- 40 22. Un método para calentar un artículo que comprende condensar una composición como se ha definido en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 en las proximidades del artículo a calentar y a continuación evaporar la composición.
- 45 23. Un método para extraer una sustancia a partir de biomasa, que comprende la puesta en contacto de la biomasa con un disolvente que comprende una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y la separación de la sustancia del disolvente.
- 50 24. Un método para limpiar un artículo, que comprende la puesta en contacto del artículo con un disolvente que comprende una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.
- 55 25. Un método de extracción de un material a partir de una solución acuosa o una matriz sólida particulada, que comprende la puesta en contacto de la solución acuosa o la matriz con un disolvente que comprende una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y la separación del material a partir del disolvente.
- 60 26. Un dispositivo generador de energía mecánica que contiene una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, opcionalmente en el que el dispositivo generador de energía mecánica está adaptado para utilizar un ciclo de Rankine o una modificación del mismo para generar trabajo a partir de calor.
- 65 27. Un método de adaptación de un dispositivo de transferencia de calor que comprende la etapa de extracción de un fluido de transferencia de calor existente y la introducción de una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, opcionalmente en el que el dispositivo de transferencia de calor es un dispositivo de refrigeración, preferentemente en el que el dispositivo de transferencia de calor es un sistema de aire acondicionado.
28. Un método para reducir el impacto medioambiental derivado de la operación de un producto que comprende un compuesto o una composición existentes, comprendiendo el método reemplazar al menos parcialmente el compuesto o la composición existentes con una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, opcionalmente en el que el producto se selecciona de un dispositivo de transferencia de calor, un agente de soplado, una composición espumable, una composición pulverizable, un disolvente o un dispositivo generador de energía mecánica, opcionalmente en donde el producto es un dispositivo de transferencia de calor, opcionalmente en donde el compuesto o la composición existentes son una composición de transferencia de calor, preferentemente en donde la composición de transferencia de calor es un refrigerante seleccionado entre R-134a, R-1234yf, R-152a, R-404A, R-410A, R-507, R-407A, R-407B, R-407D, R-407E y R-407F.

29. Un método para preparar una composición como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, y/o un dispositivo de transferencia de calor como se define en la reivindicación 15, composición o dispositivo de transferencia de calor que contienen R-134a, comprendiendo el método la introducción de R-1234ze (E), R-744, el tercer componente y, opcionalmente, R-125, un lubricante, un estabilizante y/o un retardante de llama, en un dispositivo de transferencia de calor que contiene un fluido de transferencia de calor existente que es R-134a, que opcionalmente comprende la etapa de extracción de al menos parte del R-134a existente del dispositivo de transferencia de calor antes de introducir el R-1234ze (E), R-744, el tercer componente y opcionalmente el R-125, el lubricante, el estabilizante y/o el retardante de llama.

10

**CdR de calentamiento de mezclas CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E)**

La leyenda muestra el contenido de R-152a en base al p/p

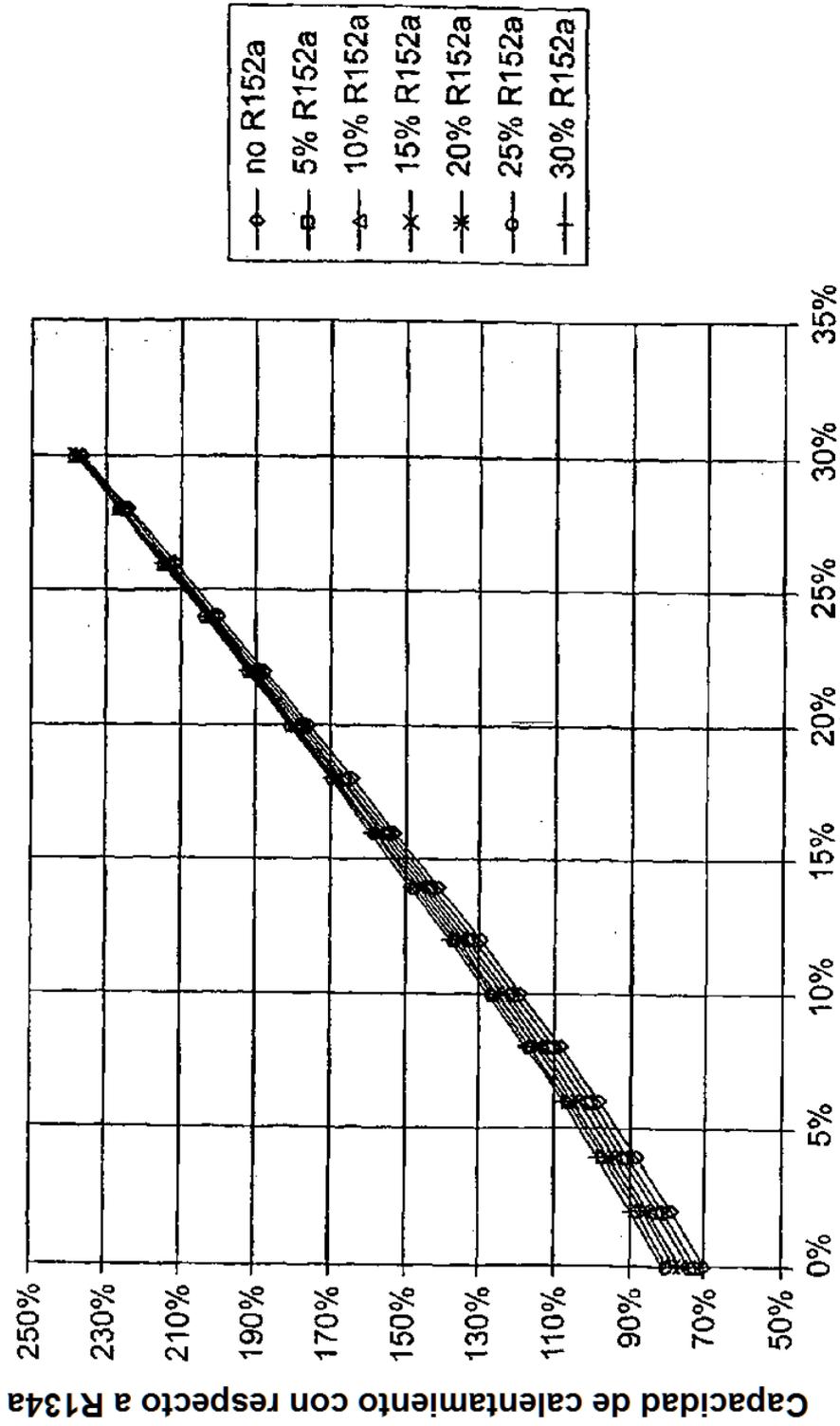


**Contenido de CO<sub>2</sub> de la mezcla (p/p)**

**Figura 1**

**CdR de calentamiento de mezclas CO<sub>2</sub>/R-152a/R-1234ze (E)**

La leyenda muestra el contenido de R-152a en base al p/p



**Contenido de CO<sub>2</sub> de la mezcla (p/p)**

**Figura 2**