

# Análisis Tendencial de las Investigaciones de Eficiencia Energética en Sistemas de Refrigeración durante los años 2013 a 2017

## Trend Analysis of Energy Efficiency Research in Refrigeration Systems during the years 2013 to 2017

Luis BARRIOS Guzman [1](#); Yulineth CÁRDENAS Escorcía [2](#); Guillermo VALENCIA Ochoa [3](#)

Recibido: 09/07/2017 • Aprobado: 05/08/2017

### Contenido

- [1. Introducción](#)
- [2. Metodología](#)
- [3. Resultados y discusiones](#)
- [4. Conclusiones](#)
- [Referencias bibliográficas](#)
- [Agradecimientos](#)

#### RESUMEN:

Con el fin de analizar las tendencias en los resultados de investigación relacionadas a las publicaciones de la eficiencia energética en Sistemas de Refrigeración (SR), se utilizó la base datos Web of Science y Scopus como fuente de información, teniendo en cuenta solo la producción durante el período de 2013 a mayo de 2017. Posteriormente, se utilizó el software Histcite y VOSviewer para obtener un análisis cuantitativo de criterios como, volumen de producción anual, país e instituciones con más publicaciones, impacto de las citas y uso de palabras claves en la búsqueda. Los resultados muestran que la investigación en eficiencia energética en sistemas de refrigeración ha aumentado constantemente durante el período de 4 años, destacándose la República Popular de China como el país con la mayor cantidad de publicaciones e investigación, mientras que la Shanghai Jiao Tong Univ fue la institución con la mayor puntuación total de citación local (TLCS). De igual manera, la aplicación de

#### ABSTRACT:

In order to analyze the trends in research results related to publications of energy efficiency in Refrigeration Systems (SR), the database was used the period from 2013 to May 2017. Subsequently, it used the software Histology And VOSviewer to obtain a quantitative analysis of criteria such as annual production volume, country and institutions with more publications, impact of citations and use of keywords in the Search Results of research into energy efficiency in refrigeration systems has Increased over the 4-year period, highlighting the People's Republic of China as the country with the largest amount of publications and research, while the Shanghai Jiao Tong Univ was the Institution with the highest total local citation score (TLCS). In the same way, the application of the methodology allowed to determine the magazines with the largest number of publications related to the subject, among which are Applied Thermal Engineering, Energy Conversion and Management, and the

la metodología permitió determinar tanto las revistas con mayor número de publicaciones relacionadas al tema, entre las que se destacan la Applied Thermal Engineering, la Energy Conversion and Management, y la International Journal of Refrigeration, como los autores con mayor publicación como Dincer i, Cabello r y Ilopis r. Finalmente, la aplicación de metodología de análisis ciensométrico y bibliométricos presentó buenos resultados en la determinación de las tendencias de investigación en relación a la aplicación de la eficiencia energética en los sistemas de refrigeración, puede ser complementada con herramientas adicionales y fácilmente aplicable a otros ejes temáticos

**Palabras clave:** Eficiencia energética, sistemas de refrigeración, análisis ciensométrico.

International Journal of Refrigeration, such as Authors with more publication such as Dincer i, Cabello r and Ilopis r. Finally, the application of scientific analysis methodology and bibliometric results good results in the determination of research trends in relation to the application of energy efficiency in refrigeration systems, can be supplemented with additional tools and easily applicable to other axes Themed.

**Keywords:** Energy efficiency, refrigeration systems, sciensometric analysis.

## 1. Introducción

A raíz del evidente calentamiento global, el efecto invernadero ha sido tema de estudio y controversia, para contrarrestar los agentes que aportan a este fenómeno se ha propuesto la mejora en eficiencia de los diferentes sistemas y productos utilizados en la vida cotidiana como por ejemplo sistemas de combustión, los combustibles fósiles, sistemas de refrigeración entre otros.

Específicamente, el sector de refrigeración representa el 30% a 60% del uso total de electricidad en alimentos y edificios comerciales por lo tanto se le atribuye una gran proporción tanto de las emisiones de carbono indirecto como de la huella de carbono directo, con aspectos puntuales como las fuga de refrigerante que representan únicamente alrededor del 40% de la huella total de carbono de un local comercial (Tsamos et al. 2017), lo que implica que la mejora de rendimiento energético y la adecuada operación de estos Sistemas de Refrigeración (SR), los cuales abarcan grandes sectores de la industria y los supermercados, puede llegar a tener un impacto significativo en los indicadores mundiales de eficiencia energética.

En Reino Unido a través de un indicador de eficiencia energética se logró identificar las zonas operación en las que un sistema de refrigeración tenía bajo desempeño energético, realizando el seguimiento de parámetros operacionales como la presión de succión, logrando una reducción de la energía comprendida entre 10% al 7% (Acha, Du, and Shah 2016), por lo que la eficiencia energética ha sido objeto y de interés de estudio en la operación de estos equipos. Por otra parte, a nivel computacional se han realizado distintos trabajos para mejorar la eficiencia energética en estos sistemas, tales como trabajos de modelamiento dinámico (Jiang et al. 2017) , e incluso el desarrollo de robustos algoritmos computacionales (Hadidi 2017), además de la aplicaciones de paquetes de simulación comerciales como TRANSYS, que permiten simular el comportamiento energético de sistemas de refrigeración comercial, con su respectivo almacenamiento de agua para la recuperación de calor, teniendo en cuenta datos meteorológicos para la estimación de la carga térmica del recinto (Polzot et al. 2016). De igual manera, se han desarrollado modelos que incluyen la unión de un refrigerante mixto y uno puro con concentraciones comprendidas entre el 16,3% a 27,2%, con configuraciones del sistema costosa que han brindado unas condiciones de funcionamiento optimas desde el punto de vista energético (Oh et al. 2016).

En términos generales existe una estrecha relación entre los sistemas de refrigeración y el consumo de energía de los distintos sectores económicos (Erhorn, Erhom-Kluttig, and Reiß 2015) debido a que los SR por compresión de vapor (VCC) son el fundamento operacional de los equipos de calefacción, ventilación y sistema de aire acondicionado (HVAC) lo que ha conllevado al estudio de la regulación de los parámetros de estos dispositivos (Yin et al. 2016), regulaciones que se hacen efectivas a partir de la aplicación de controladores en cascada, donde el lazo de control interno tiene una dinámica más rápida que el lazo de control externos el cual cumple el rol de optimizador de punto de ajuste, que normalmente se utiliza para hallar los puntos de ajuste relacionados con rendimiento energético mediante el modelo de estado

estacionario (Huang et al. 2017). Las estrategias de control aplicadas a estos dispositivos han permitido reducir los impactos ambientales, utilizando refrigerantes ecológicos para aplicaciones de refrigeración en el sector alimento (Tsamos et al. 2017).

En este orden de idea, el principal aporte de este trabajo es presentar los resultados de un análisis cuantitativo de las publicaciones asociadas a la aplicación de la eficiencia energética a los sistemas de refrigeración, teniendo en cuenta criterios como el volumen de producción anual, los países e instituciones con más publicaciones, impacto de las citas y las palabras claves, con el fin de tener un análisis tendencial de los aportes académicos desde el año 2013 a mayo de 2017 que se han realizado a nivel mundial.

---

## **2. Metodología**

### **2.1 Objetivo del estudio**

El presente estudio pretende identificar los principales actores en la investigación de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración, teniendo en cuenta que en la sociedad es uno de los mayores consumidores de energía. El análisis de los resultados de las investigaciones que se obtuvo a través de Web of Science y Scopus fueron procesadas con el software Hiscite y VOSviewer, con el fin de obtener el comportamiento de los indicadores bibliométricos en el periodo de estudio. El problema que motivó este estudio se resume en la siguiente pregunta problema: ¿Cuál es la tendencia de búsqueda de recursos académicos a nivel mundial acerca de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración. El objetivo general de este trabajo se centra en el análisis de los indicadores bibliométricos entre los años 2013 y 2017.

Como objetivos específicos del presente trabajo se propone obtener la fuente de investigación y los criterios de búsqueda, con el fin de obtener una base de datos que permitirá el cálculo de los indicadores bibliométricos, además de analizar la información obtenida de la fuente de investigación, con el fin de comparar indicadores bibliométricos, y finalmente interpretar la información recopilada, con el propósito de analizar la producción académica suministrada a nivel mundial por universidades, revistas y autores.

### **2.2 Tratamiento de la información y generación de resultados**

Para el tratamiento de la información y generación de resultados se hizo necesario tener en cuenta 4 aspectos fundamentales, los cuales permitieron la generación de un análisis cuantitativo y cualitativo esto se muestra en la Figura 1.

**Figura 1 .** Proceso para realización de análisis bibliométrico



En la primera etapa del desarrollo del análisis, la cual corresponde a la recuperación, se definen los criterios como fuente de información, palabras claves y la ecuación de búsqueda, instancia en la que se elige la fuente de información y se descargan la base de datos obtenida. Posteriormente, en la etapa de migración, se logra obtener las bases de datos para ser trasladadas al software Hiscite, donde finalmente se logra el análisis con los indicadores bibliométricos específicos.

En la etapa de análisis, se recopilan los indicadores bibliométricos que ofrece el software Hiscite y VOSviewer, para el procesamiento de esta información científica, los cuales son visualizados en la última etapa del procedimiento, mediante la obtención de tablas gráficos que muestran los resultados estudiados.

## 3. Resultados y discusiones

### 3.1 Tipo de documento e idioma

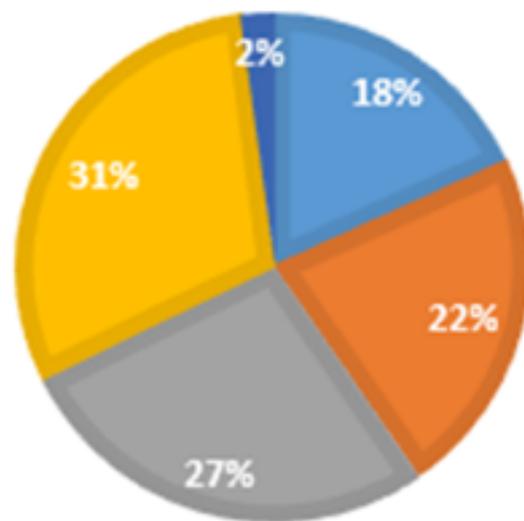
Se identificaron 2 tipos de documentos identificados en los 500 registros. La mayoría de los documentos eran artículos de revistas, que representaban el 93,4% del total de registros, lo que indica que éstos son el principal modo de comunicación científica que involucra la eficiencia energética en sistemas de refrigeración. Las revisiones y los libros fueron otros dos modos importantes de publicar logros académicos en este campo de investigación. Los trabajos fueron escritos en 4 idiomas, de los cuales dominó el inglés, con un 98,6% de los registros totales.

### 3.2. Producción anual de la investigación

La Figura 2 muestra la producción anual de la investigación entre los años 2013 y 2017, según los datos recogidos en Mayo de 2017. Durante este período de 4 años, la tendencia general ha sido un aumento porcentual constante de la producción anual, aunque el número de registros en lo corrido del año 2017 han disminuido considerablemente.

**Figura 2.** Producción académica anual de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración de 2013 a 2017

■ 2013 ■ 2014 ■ 2015 ■ 2016 ■ 2017



### 3.3 Distribución por país de los resultados de la investigación y citas

El análisis de la distribución por países de la investigación puede ayudarnos a comprender la capacidad académica de un país. Un total de 61 países, contribuyeron a la producción académica de eficiencia energética en sistemas de refrigeración. A partir de la Tabla 1 se puede ver que la mayor producción académica fue de la República Popular de China con un total de 141 artículos, además que encabeza la lista de TLCS (Total local citación Score) que son los artículos más citados, esto demuestra que la República Popular de China está a la vanguardia en producción académica y que además busca disminuir las emisiones de carbono mejorando la eficiencia de los sistemas de refrigeración. Además de la República Popular de China encontramos países como Irán, Canadá, Estados Unidos y Reino Unido que también le apuntan al mejoramiento de la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración.

Figura 3. Distribución por países



### 3.4 Distribución basada en las instituciones

La distribución basada en la institución de los resultados de la investigación puede ayudar a entender la capacidad de investigación y las actividades de las instituciones alrededor del mundo identificando así las instituciones líderes en la investigación en eficiencia energética en sistemas de refrigeración. Como muestra la Tabla 1 la producción institucional más alta fue de la institución Shanghai Jiao Tong Univ, de la cual se encontró 20 registros y encabeza la lista

con artículos más citados a nivel institucional. Las cuatro instituciones siguientes, fueron Tianjin Univ, Jaume I Univ, King Fahd Univ Petr & Minerals y Xi An Jiao Tong Univ. A diferencia de la universidad Jaume I todas son del continente asiático lo cual muestra la importancia que tiene la eficiencia energética de los sistemas de refrigeración en esta región del mundo.

**Tabla 1 .** Distribución por Instituciones

	INSTITUCION	RECS	TLCS
1	Shanghai Jiao Tong Univ	20	24
2	Tianjin Univ	11	21
3	Jaume I Univ	5	13
4	King Fahd Univ Petr & Minerals	8	12
5	Xi An Jiao Tong Univ	20	12
6	Univ Politecn Valencia	12	11
7	Univ Ontario Inst Technol	10	10
8	Hebei United Univ	6	9
9	Petr Inst	3	9
10	Shahid Bahonar Univ	6	9
11	Bu Ali Sina Univ	1	8
12	Chinese Acad Sci	10	8
13	Huazhong Univ Sci & Technol	3	8
14	Univ Sherbrooke	3	8
15	Nanyang Technol Univ	7	7

### 3.5. Distribución de revistas y documentos de investigación

Hubo 125 revistas que publicaron 500 artículos entre ellas en el área de eficiencia energética en sistemas de refrigeración. En el top 20 se publicaron 362 artículos el cual representa un 72,4% de las publicaciones. Todas las revistas fueron ordenadas en orden descendente por su respectivo número de artículos publicados. La revista con más artículos fue APPLIED THERMAL ENGINEERING, seguida de ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT, pero analizando Tabla 2, la revista en la posición número dos obtuvo mayor citación que la que encabeza la lista.

**Tabla 2 .** Top 20 revistas principales

	REVISTAS	RECS	TLCS
1	APPLIED THERMAL ENGINEERING	79	58
2	ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT	64	94
3	INTERNATIONAL JOURNAL OF REFRIGERATION- REVUE INTERNATIONALE DU FROID	53	35
4	ENERGY	43	28
5	APPLIED ENERGY	31	29
6	INTERNATIONAL JOURNAL OF EXERGY	18	2
7	ENERGY AND BUILDINGS	16	8
8	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENERGY RESEARCH	6	9
9	ENERGIES	5	0
10	ENTROPY	5	1
11	INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY	5	3
12	SOLAR ENERGY	5	2
13	THERMAL SCIENCE	5	0
14	ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING	4	1
15	BUILDING SERVICES ENGINEERING RESEARCH & TECHNOLOGY	4	0
16	HVAC&R RESEARCH	4	5
17	JOURNAL OF MECHANICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY	4	1
18	JOURNAL OF NATURAL GAS SCIENCE AND ENGINEERING	4	1
19	RENEWABLE ENERGY	4	8
20	COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING	3	1

### 3.6 Autores de alto impacto

Los autores de alto impacto fueron elegidos usando TLCS. Como se muestra en la Tabla 4, el autor con el valor más alto de TLCS fue R. Lal, que presenta 12 artículos y un valor TLCS de 18. Los 4 siguientes autores fueron Dincer I, Cabello R, Llopis R, Sanchez D y Sanchez D con una puntuación en TLCS de 16, 13, 13 y 13 respectivamente.

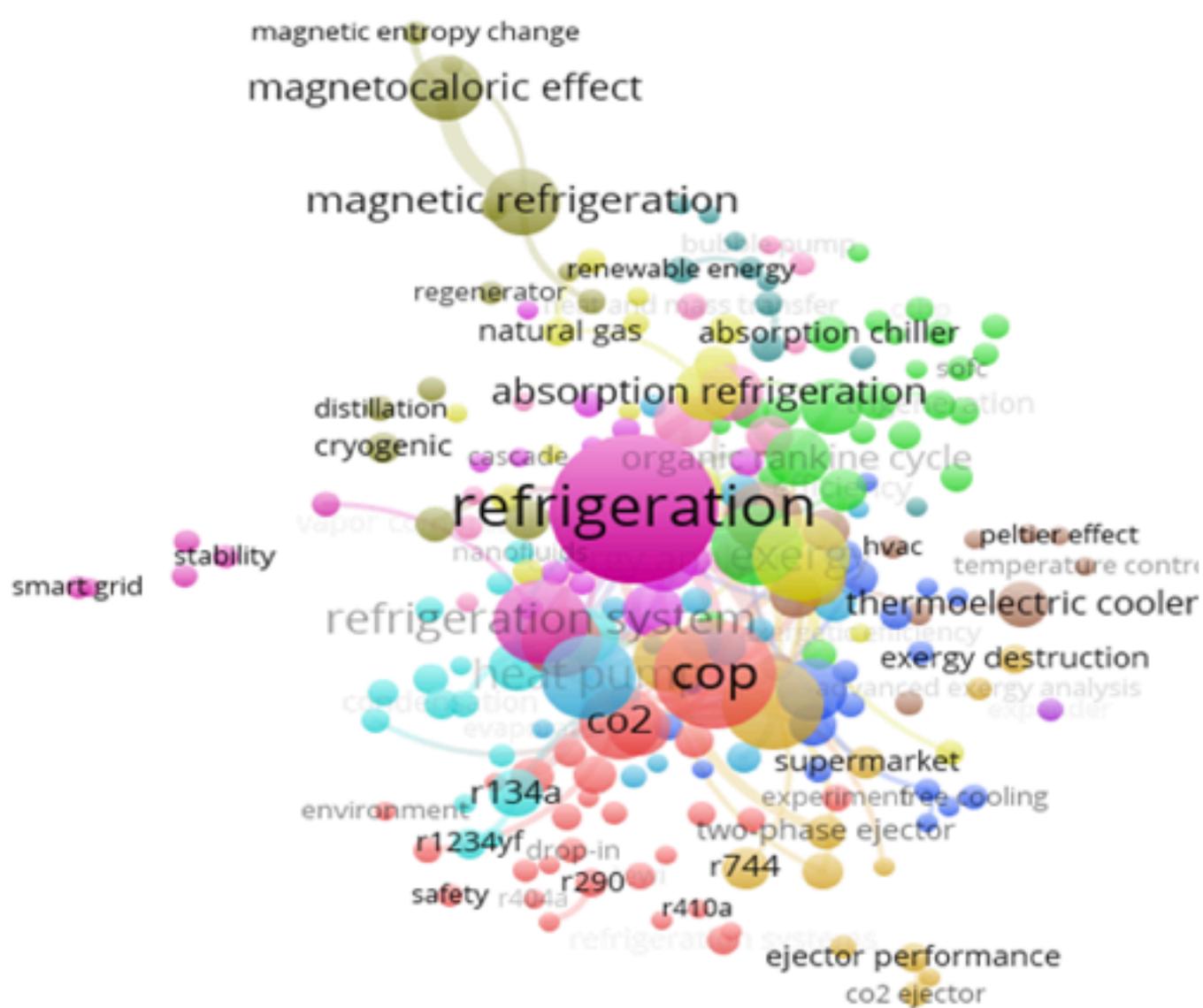
**Tabla 3.** Top 15 Autores de alto impacto

	<b>AUTOR</b>	<b>RECS</b>	<b>TLCS</b>
1	Wang RZ	12	18
2	Dincer I	17	16
3	Cabello R	6	13
4	Llopis R	6	13
5	Sanchez D	6	13
6	Ahmadi P	4	11
7	Zhang ZY	7	11
8	Li MX	5	10
9	Ma YT	5	10
10	Ameri M	8	9
11	Eveloy V	3	9
12	Popli S	3	9
13	Rodgers P	3	9
14	Cai DH	3	8
15	Galanis N	3	8

### **3.7. Análisis de visualización de palabras claves**

Se utilizó VOSviewer para generar un gráfico de relación, para identificar las palabras claves más utilizadas en los estudios enfocados en eficiencia energética en sistemas de refrigeración. La Figura 4 muestra que las palabras claves más utilizadas son "refrigeration", seguido de "absorption refrigeration" y "refrigeration system", a partir de la cantidad de veces que estas han sido utilizadas en los documentos de la base de datos estudiada.

**Figura 4 .** Grafico de relación de las Palabras Claves



## 4. Conclusiones

En general, las investigaciones en Sistemas de Refrigeración ha incrementado durante los años 2013 y 2017, tendencia que ha conllevado a que los actualmente los desarrollados en las tecnologías de los SR se conviertan en un área de investigación potencial, además de la relevancia de desarrollar estudios para la mejora de la eficiencia energética como medida de mitigación y adaptación al cambio climático.

Dado hay muchos retos tecnológicos frente al cambio climático global, se espera que las investigaciones en eficiencia energética en SR continúen su crecimiento, principalmente en los países identificados en el presente estudio con mayor número de publicaciones como los es República Popular de China con un total de 141 artículos. Adicionalmente, este país encabeza la lista del volumen de investigaciones más citadas en cuanto al TLCS (Total local citación Score), lo cual muestra que la República Popular de China se encuentra a la vanguardia en producción académica en el tema y se espera continúe en este sentido, sin embargo la institución que mayormente proyecta investigación es Shanghai Jiao Tong Univ, de la cual se encontró 20 registros en las 125 revistas que publicaron 500 artículos en el área de eficiencia energética en sistemas de refrigeración.

La mayoría de los trabajos de investigación fueron publicados en revistas específicas de la disciplina en aplicaciones de la energía, exergía, entropía y aplicaciones térmicas. El autor con el valor más alto de TLCS fue R. Lal, que presenta 12 artículos y un valor TLCS de 18, por lo que es posible concluir que las investigaciones en sistemas de refrigeración en SR y en eficiencia energética han presentado un crecimiento debido al impulso de las necesidades de la sociedad y factores económicos de ahorro y eficiencia.

## Referencias bibliográficas

Acha, Salvador, Yujia Du, and Nilay Shah. 2016. "Enhancing Energy Efficiency in Supermarket

Refrigeration Systems through a Robust Energy Amélioration de L' Efficacité Énergétique Dans Les Systèmes Frigorifiques de Supermarché Grâce À Un Indicateur de Performance Énergétique Robuste." *International Journal of Refrigeration* 64: 40–50.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.12.003>.

Erhorn, Hans, Heike Erhom-Kluttig, and Johann Reiß. 2015. "Plus Energy Schools in Germany - Pilot Projects and Key Technologies." *Energy Procedia* 78: 3336–41.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.747>.

Hadidi, Amin. 2017. "Optimization of Electrically Separated Two-Stage Thermoelectric Refrigeration Systems Using Chemical Reaction Optimization Algorithm." *Applied Thermal Engineering* 123: 514–26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.05.141>.

Huang, Yanjun et al. 2017. "An Energy-Saving Set-Point Optimizer with a Sliding Mode Controller for Automotive Air-Conditioning / Refrigeration Systems." *Applied Energy* 188: 576–85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.12.033>.

Jiang, Jingkai et al. 2017. "A New Method for Online Measurement of the Concentration of Working Fluids in Absorption Nouvelle Méthode Pour Mesurer En Ligne La Concentration En Fluides Actifs Dans Les Systèmes Frigorifiques À Absorption." *International Journal of Refrigeration* 78: 128–35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.03.012>.

Oh, Jin-sik, Michael Binns, Sangmin Park, and Jin-kuk Kim. 2016. "Improving the Energy Efficiency of Industrial Refrigeration Systems." *Energy* 112: 826–35.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.06.119>.

Polzot, Alessio, Paola D'Agaro, Paride Gullo, and Giovanni Cortella. 2016. "Modelling Commercial Refrigeration Systems Coupled with Water Storage to Improve Energy Efficiency and Perform Heat Recovery Modélisation de Systèmes Frigorifiques Commerciaux Couplés À Un Accumulateur D' Eau Pour Améliorer L' Efficacité Énergétique et Augmenter La Performance de Récupération de Chaleur." *International Journal of Refrigeration* 69: 313–23.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.06.012>.

Tsamis, K M et al. 2017. "Energy Analysis of Alternative CO<sub>2</sub> Refrigeration System Configurations for Retail Food Applications in Moderate and Warm Climates." : 0–7.

Yin, Xiaohong, Xinli Wang, Shaoyuan Li, and Wenjian Cai. 2016. "Energy-Efficiency-Oriented Cascade Control for Vapor Compression Refrigeration Cycle Systems." *Energy* 116: 1006–19.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.059>.

---

## Agradecimientos

Los autores desean agradecer al grupo de Investigación en Gestión eficiente de la energía – kaí, por el acompañamiento en los espacios de formación académica en vigilancia tecnológica, gestión energética y uso racional de la energía en sistemas de refrigeración.

---

1. Estudiante especialización en gestión eficiente de la energía, Universidad del Atlántico . [luis.barrios2909@gmail.com](mailto:luis.barrios2909@gmail.com)

2. Ingeniero Industrial, Universidad del Atlántico. Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de la Energía Kaí. [ydcardenas@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:ydcardenas@mail.uniatlantico.edu.co)

3. Ingeniero Mecánico, Docente Facultad de Ingeniería de la Universidad del Atlántico. Grupo de Investigación en gestión Eficiente de la Energía Kaí. [guillermoevalencia@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:guillermoevalencia@mail.uniatlantico.edu.co)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 54) Año 2017

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]