



X CONGRESO IBÉRICO  
VIII CONGRESO IBEROAMERICANO  
CIENCIAS Y TÉCNICAS DEL FRÍO

**CYTEF**  
**20**  
**20**

PAMPLONA - IRUÑA

## ABSTRACTS

11 - 12 NOVIEMBRE 2020 | UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

## Índice general

<b>Prólogo</b>	<b>VII</b>
<b>Comité científico y organizador</b>	<b>X</b>
<b>Sesiones plenarias</b>	<b>XIV</b>
<b>Patrocinadores</b>	<b>XV</b>
<b>Programa</b>	<b>XVI</b>
<b>Sesión A1</b>	<b>1</b>
120: Strategies for DHW preheating using residual heat from facilities in hospitals . . . . .	2
123: Profitability of PV generators in urban environment considering the new Spanish regulation . . . . .	3
238: Supermarkets - Sustainable cabinets . . . . .	4
<b>Sesión A2</b>	<b>5</b>
138: Analysis of the refrigerant maldistribution in brazed plate heat exchangers and its influence in the heat pump performance. . . . .	6
147: Energy analysis of a 3D printed building and energy improvement to achieve Near Zero Energy Building . . . . .	7
148: Calibration with real measurements of a straw-bale passive building model . . . . .	8
176: Thermodynamic analysis of absorption heat pumps using CO <sub>2</sub> /Methanol as working pair . . . . .	9
198: Thermal analysis by using a T-history method for nano-enhanced phase change materials . . . . .	10
181: Air-to-air thermoelectric heat pump prototype for a passive house building . . . . .	11
<b>Sesión A3</b>	<b>12</b>
145: Comparison of an innovative subcooled heat pump model working with propane (R290) with the commercially available CO <sub>2</sub> (R744) heat pump for domestic hot water production from the point of view of the installation . . . . .	13
107: Analysis of R-452A as an alternative to R-404A in vapor compression systems . . . . .	14
149: Experimental analysis of alternative blends of refrigerants for CO <sub>2</sub> transcritical refrigeration systems . . . . .	15
166: Performance of a refrigeration system in Pamplona city . . . . .	16

<b>Sesión A4</b>	<b>17</b>
131: Nanoencapsulated clove essential oil embedded in ice used in stunning and slaughtering by hypothermia of trout enhances animal welfare . . . . .	18
162: Performance characterization of an ice-storage system for small scale cooling applications . . . . .	19
199: Control optimization for cold-room (walk-in) refrigeration units . . . . .	20
200: Connected Indexes for food product temperature and quality monitoring . . . . .	21
128: MAP packaging with essential oils vapours increases the quality and shelf life of refrigerated breaded meat products . . . . .	22
<b>Sesión A5</b>	<b>23</b>
129: Active cardboard box with smart internal lining based on encapsulated essential oils for enhancing the shelf life of refrigerated fresh nectarines . . . . .	24
130: When salmon is stunned using nanoencapsulated anaesthetic, and it is cold stored in ice including nanoencapsulated essential oils, the quality and shelf life increase . . . . .	25
235: Análisis de la influencia de la apertura y cierre de los muelles de carga y descarga en la demanda energética frigorífica de una nave industrial de grandes dimensiones para productos hortifrutícolas . . . . .	26
237: Control de viraje de color en etiquetas tiempo-temperatura para verificación de la cadena de frío en productos refrigerados . . . . .	27
173: Photovoltaic-energy driven domestic refrigerator with thermal energy storage units using phase change materials . . . . .	28
<b>Sesión B1</b>	<b>29</b>
151: Experimental COP enhancement of a transcritical CO <sub>2</sub> cooling machine including thermoelectric subcooling . . . . .	30
106: Thermodynamic analysis of an ejector based auto-cascade system for ultra low temperature freezing using a mixture of refrigerants R600a/R1150 . . . . .	31
108: A non-invasive methodology for estimating the oil mass flow rate in refrigeration cycles	32
<b>Sesión B2</b>	<b>33</b>
109: Performance analysis of a variable speed drive . . . . .	34
111: Evaluación teórica de compresión en paralelo y eyector como configuraciones para bombas de calor de alta temperatura . . . . .	35
133: Simulation of the refrigerant charge effect on a R407C liquid-to-water heat pump . . . . .	36
118: Design of a high-temperature heat pump for thermal energy storage applications . . . . .	37
119: CO <sub>2</sub> refrigeration for the detectors at CERN. Reliability and energy efficiency . . . . .	38
110: Desarrollo experimental de un prototipo de bomba de calor de alta temperatura para la recuperación de calor residual industrial . . . . .	39
<b>Sesión B3</b>	<b>40</b>
134: R452B drop-in performance in an R410A liquid-to-water heat pump . . . . .	41
137: Experimental and theoretical study of refrigerant charge extraction methods . . . . .	42
192: Experimental comparison between a R744 heat pump and a R290 heat pump in order to produce domestic hot water in energy recovery applications . . . . .	43
<b>Sesión B4</b>	<b>44</b>
105: A novel design of a very low charge ammonia chiller . . . . .	45
155: Finned-tube evaporators re-design for new refrigerants, Part 2: basic guidelines and optimization . . . . .	46
159: Computational model validation of a complete transcritical CO <sub>2</sub> refrigeration system with thermoelectric subcooling . . . . .	47
167: Refrigerated cabinet modelling based on the characterisation of R290 behaviour. . . . .	48

165: Suitable Design of Plat Fin Heat Exchangers by Minimizing Entropy Generation . . .	49
<b>Sesión B5</b>	<b>50</b>
103: On the development of a technological solution to mitigate summer mortality in Brazilian oysters' crops: reporting experimental results. . . . .	51
175: Evaluation of a new simulation software for absorption refrigeration and heat pumps	52
160: Determinación de las curvas características de un ventilador axial para uso en refrigeración doméstica mediante túnel de viento. . . . .	53
184: Thermodynamic performance comparison of a direct-expansion solar-assisted heat pump using a thermostatic expansion valve and an electronic expansion valve . . . .	54
164: Simulación numérica de un cobertor con geometría trapezoidal para el desarrollo del flujo de aire en un enfriador vertical con puerta panorámica. . . . .	55
<b>Sesión C1</b>	<b>56</b>
212: Refrigerantes naturais: Tendências do mercado, políticas e tecnologias na indústria agroalimentar portuguesa . . . . .	57
114: Thermal comfort improvement by personalized evaporative systems in offices . . . . .	58
154: Ecodesign for commercial refrigeration devices. Contribution of certification schemes	59
121: Development and validation of a simplified dynamic thermal model of a vehicle's cabin	60
116: Energy assessment and optimization of a dual source heat pump system located in Amsterdam . . . . .	61
194: Supermarket project without network connection . . . . .	62
<b>Sesión C2</b>	<b>63</b>
183: LNG-regasification in satellite plants: Cold recovery for refrigeration applications in agro-food industries . . . . .	64
186: Refrigeración. Hacia donde vamos. . . . .	65
113: Subcooled CO <sub>2</sub> refrigeration cycles: current status and lines of research . . . . .	66
142: Experimental evaluation of alternative mixtures to R-600a in a domestic fridge and freezer . . . . .	67
210: Enfriamiento adiabático en almacenamiento frigorífico de alimentos. Uso en retrofit de plantas existentes y con nuevas tecnologías . . . . .	68
<b>Sesión C3 - Poster</b>	<b>69</b>
104: Recovery of ice solutes from freeze concentration of whey . . . . .	70
115: Case studies to evaluate the applicability of portable Direct Evaporative Coolers in indoor spaces . . . . .	71
117: Energy analysis of an energy recovery system from a nearly zero energy building (nZEB). . . . .	72
126: Potential of the vacuum-assisted freeze concentration applied to the cheese whey . .	73
135: Antimicrobial effect of a natural food composition at 5°C in the control of Candida metapsilosis in ranch sauce . . . . .	74
136: Inactivation of Candida metapsilosis in refrigerated sucrose syrups by natural antimicrobial . . . . .	75
163: Design of a linear fresnel reflector for high efficiency solar cooling systems . . . . .	76
177: Comportamiento de dos nuevas variedades de Granada, Smith y Purple Queen, durante la conservación a dos temperaturas. . . . .	77
182: Review on the use of nanorefrigerants in compact mini-split heat exchangers . . . . .	78
202: Simulation of a solar cooling system using nanofluids and membrane-based components in the absorption chiller . . . . .	79
204: Setting up a Transient Hot Wire device to determine the thermal conductivity of fluids	80

<b>Sesión C4</b>	<b>81</b>
102: Mejora del rendimiento de equipos de aire acondicionado tipo Split mediante el uso del condensado para enfriamiento evaporativo de la unidad exterior . . . . .	82
153: The future of the certification and the conformity assessment services in the HVACR sector . . . . .	83
185: Numerical comparison of several control strategies for domestic hot water generation in a CO <sub>2</sub> heat pump water heater . . . . .	84
187: Improvement of the performance of a transcritical CO <sub>2</sub> cycle by increasing the sub-cooling . . . . .	85
207: Simulation of a Stirling engine-compression/absorption hybrid cooling system . . . .	86
<b>Sesión D1</b>	<b>87</b>
157: Visit to a real refrigeration system as a teaching tool for engineering students . . . .	88
127: Methodology and follow-up of the teaching and learning process in Heat Transfer during 2018 and 2019 . . . . .	89
234: Optimización de una instalación frigorífica con mezcla agua-glicol como refrigerante de una nave industrial de almacenaje de productos perecederos . . . . .	90
236: Evaluation of a convective heat transfer performance for a graphene derivative nanofluid through a test rig . . . . .	91
190: Optimization of transcritical CO <sub>2</sub> refrigeration plants based on real-time operating parameters. . . . .	92
<b>Sesión D2</b>	<b>93</b>
170: A newly implemented system for autonomous refrigerated cabinet validation . . . . .	94
171: Finned-tube evaporators re-design for new refrigerants, Part 1: review of heat transfer and pressure drop correlations . . . . .	95
174: Integration of Absorption Chillers into Biomass-Fired District Heating Networks for Space Cooling Applications: Technical Evaluation for the Case of Southern Catalonia . . . . .	96
178: Thermodynamic investigation of the performance of carbon dioxide/acetone fluid mixture in a compression/resorption refrigeration system . . . . .	97
179: Comparison and selection of optimal experimental designs for refrigeration scroll compressors: Statistical tools to conform the test matrices. . . . .	98
<b>Sesión D3</b>	<b>99</b>
201: Overview of CryoHub thermal storage technologies . . . . .	100
203: Modelling and design of the CryoHub demonstrator . . . . .	101
205: Energy management strategy to make CryoHub concept profitable . . . . .	102
208: Europe-wide energy mapping and co-locating of large refrigerated warehouses with renewable resources as key enablers for cryogenic energy storage . . . . .	103
<b>Sesión D4</b>	<b>104</b>
211: Differential calorimeter for testing efficiency of samples processed for radiative cooling	105
101: Theoretical and experimental analysis of the R-404A replacement with the mixture R-454A . . . . .	106
112: Experimental evaluation of an integrated mechanical subcooling cycle on a CO <sub>2</sub> refrigeration plant . . . . .	107
168: Parametric evaluation of closed refrigerated display cabinets performance . . . . .	108
156: R468A as alternative refrigerant to R404A in low temperature refrigeration applications. Energy Evaluation. . . . .	109
158: Industry 4.0 in the Centralized Supervision of Refrigeration Facilities . . . . .	110
<b>Lista de autores</b>	<b>111</b>

El Congreso de Ciencias y Técnicas del Frío (CYTEF) ha alcanzado este año 2020 su décima edición Ibérica y la octava Iberoamericana, dando continuidad a su objetivo principal de reunir a los mejores expertos e investigadores relacionados con la refrigeración, procesado y conservación de alimentos, climatización, y eficiencia energética, tanto del sector industrial como de las universidades y centros tecnológicos de todo Iberoamérica. Desde su primera edición en 2002, CYTEF se ha convertido en un importante foro de encuentro donde compartir conocimiento, experiencia y opiniones que permiten un enriquecimiento mutuo de los participantes y el progreso de este campo de la tecnología. Gracias, por tanto, a todos los comités organizadores de las anteriores ediciones, al comité científico y a todos los participantes.

Este año el CYTEF2020 ha sido organizado por el Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Pública de Navarra, celebrándose por primera vez de manera virtual, debido a la compleja situación provocada por la enfermedad COVID-19. Este hecho, sin embargo, en nada a supuesto una merma de la calidad científica y técnica de este evento, ni del número de participantes, alcanzándose un total de 98 contribuciones, repartidas en dos sesiones paralelas durante los días 11 y 12 de noviembre de 2020. Los participantes están distribuidos entre España (77 contribuciones), Ecuador (4), México (3), Portugal (2), Brasil (2), Reino Unido (2), Suecia (2), Francia (2), Colombia (1), Alemania (1), Noruega (1), Bulgaria (1). No obstante, sí que hemos de admitir, que la no presencialidad resta una parte importante necesaria en toda reunión técnica o científica, especialmente en lo referente a las relaciones humanas y profesionales que se establecen en estos eventos y que tanta importancia tienen, también en los trabajos de investigación. Desde el comité organizador nos habíamos preparado, con mucho esfuerzo y dedicación, para que esta parte del congreso también fuera un éxito, resistiéndonos a la celebración online, hasta que las circunstancias de la pandemia lo hicieron totalmente inevitable. Es nuestro deseo, por tanto, que las próximas ediciones del CYTEF vuelvan a la presencialidad.

La temática que se aborda en este congreso tiene un papel esencial en la sociedad, puesto que se ocupa de la conservación de productos perecederos de primera necesidad y de generar condiciones de confort en edificios y vehículos. Esta importancia se traduce en un gran alcance económico del sector, facturando anualmente del orden de 500 billones de dólares en todo el mundo. Pero también en términos energéticos, puesto que se estima que el consumo de energía eléctrica de este sector supone el 20 % del total y es responsable del 7.8 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Estos datos ponen claramente de manifiesto la importancia del sector, pero también

la necesidad de mejorar su eficiencia y de reducir su impacto medioambiental. Además, la actual crisis sanitaria mundial provocada por el COVID-19 ha visibilizado un problema que los técnicos de este sector ya veníamos denunciando años atrás, como es la importancia que tiene una correcta y eficiente renovación del aire en espacios cerrados habitados, donde según la OMS pasamos más del 80% del tiempo.

En este contexto se celebra este año el congreso CYTEF 2020, que aglutina la gran actividad de investigación y desarrollo tecnológico que se realiza en este campo, cuyos objetivos fundamentales son reducir el consumo de energía de este sector, favorecer el empleo de fluidos refrigerantes con mínima o nula contribución al efecto invernadero y mejorar la seguridad y calidad de la conservación de los alimentos, así como la calidad del aire y la eficiencia en la climatización. Es con el esfuerzo conjunto, la colaboración nacional e internacional de los equipos de investigación y los agentes políticos y de gestión, la difusión de los resultados y la pasión y generosidad en nuestro trabajo, como lograremos el objetivo de un mundo más sostenible y justo para todos.

**David Astrain Ulibarrena**

*Presidente del Comité Organizador del CYTEF 2020  
Pamplona, 11 y 12 de noviembre del 2020*

“

El medio ambiente, la sociedad y la economía son los tres pilares que sustentan Exkal.

Cuando estos tres pilares se encuentran, damos con la esencia de nuestro origen: la **SOSTENIBILIDAD**.

Para conseguirla, ideamos soluciones innovadoras y respetuosas, como nuestra Gama 0, que nos permite mantener con precisión la temperatura de los alimentos y así mejorar su conservación.

No concebimos otra manera de hacer crecer nuestro negocio que respetar el entorno que lo hace posible.

Se lo debemos, ahora y siempre.

—  FOR FUTURE GENERATIONS —

Firme compromiso con el desarrollo sostenible.



**exkal**

[exkalsa.com](http://exkalsa.com)



[mialimentosaludable.com](http://mialimentosaludable.com)



**Comité Científico – Scientific committee**

Adélio Gaspar	PRT	FCTUC, Coimbra
Alberto Coronas Salcedo	ESP	U.Rovira i Virgil, Tarragona
Alejandro Zacarías,	MEX	INP
Angel Barragán Cervera	ESP	U.Jaume I, Castellón
António Carrillo Andrés	ESP	ETSII-UMA, Málaga
Antonio Lecuona Neumann	ESP	EPS-UCIII, Madrid
Antonio López Gómez	ESP	ETSIA, UPCT, Cartagena
António Raimundo	PRT	FCTUC, Coimbra
Armando Inverno	PRT	ISE-UALG, Faro
Armando Oliveira	PRT	FEUP, Porto
Avelino Monteiro	PRT	ISEC, Coimbra
Belén Zalba Nonay	ESP	UZ, Zaragoza
Celestino Ruivo	PRT	ISE, Faro
Clito Afonso	PRT	FEUP, Porto
David Astrain Ulibarrena	ESP	UPNA, Pamplona
Domingos de Almeida	PRT	ISA, Lisboa
Eloy Velasco Gómez	ESP	ETSII, UVa, Valladolid
F. Javier Rey Martínez	ESP	ETSII, UVa, Valladolid
Flávio Fiorelli	BRA	DEM-USP, São Paulo
Francisco Artés Calero	ESP	ETSIA, UPCT, Cartagena
Francisco Taboas Touceda	ESP	EPS, U. Córdoba
Fulgencio Marín Iniesta	ESP	Universidad de Murcia
Ismael Rodríguez Maestre	ESP	EPSA-UC, Cádiz
Joan Carles Bruno Argilaguet	ESP	U.Rovira i Virgil, Tarragona
João Garcia	PRT	EST, IPS, Setúbal
João Jorge Mestre Dias	PRT	ESA-IPB, Beja
Joaquim Rigola Serrano	ESP	CTTC-UPC, Terrassa
Joaquín Navarro Esbrí	ESP	U.Jaume I, Castellón

Jordi Graell Sarlé	ESP	ETSIA, UdL, Lleida
José Antonio Fernández Benitez	ESP	ETSII, UP Madrid
José Costa	PRT	FCTUC, Coimbra
José Fernández Seara	ESP	ETSII, UVigo, Vigo
José González Maciá	ESP	IUIIE, UPV, Valencia
José Macías Macías	ESP	DIET-UH, Huelva
José Manuel Cejudo López	ESP	ETSII-UMA, Málaga
José Manuel Pinazo Ojer	ESP	ETSII, UPV, Valencia
Jose Miguel Corberán Salvador	ESP	IUIIE, UPV, Valencia
José Ramón García Cascales	ESP	UPCT, Cartagena
Juan Francisco Coronel Toro	ESP	ETSII, USevilla, Sevilla
Luis Paulo Coelho Neto	PRT	IPCB. Castelo Branco
Luisa F. Cabeza	ESP	EPS, UdL, Lleida
M. Paloma Vírveda Chamorro	ESP	UPNA, Pamplona
Mahmoud Bourouis	ESP	U. Rovira i Virgili, Tarragona
Marcelo Izquierdo Millán	ESP	EPS-UCIII, Madrid
Margarida Moldão	PRT	ISA, Lisboa
Mercè Raventós Santamaría	ESP	ESAB, UPC, Barcelona
Pedro D. Sanz Martínez	ESP	ICTAN-CSIC
Pedro Dinis Gaspar	PRT	UBIC, Covilhã
Pedro Ginés Vicente Quiles	ESP	U. Miguel Hernández, Elche
Rafael Royo Pastor	ESP	IUIIE, UPV, Valencia
Rafael Ruiz Mansilla	ESP	ETSEIB, UPC, Barcelona
Ramon Cabello López	ESP	U.Jaume I, Castellón
Reynaldo Guillen Gordín	CUB	Universidad de Oriente
Rodrigo Llopis Domenech	ESP	U.Jaume I, Castellón
Rogério Duarte	PRT	EST-IPS, Setúbal
Victor Manuel Soto Francés	ESP	ETSII, UPV, Valencia
Wilfrido Rivera Gomez Franco	MEX	IER UNAM

## Comité Organizador – Organization Committee

The local Organization committee is formed by the members of the research group “Ingeniería Térmica y de Fluidos (ITF)” from the Public University of Navarre

- David Astrain Ulibarrena (chairperson)
- Patricia Aranguren Garacochea
- Miguel Araiz Vega
- Álvaro Martínez Echeverri
- Leyre Catalán Ros
- Álvaro Casi Satrustegui
- Gurutze Pérez Artieda
- Antonio Rodríguez García
- Patricia Alegría Cía

CYTEF

20  
20

PAMPLONA - IRUÑA

# CITI NAVARRA

Formación  
Empleo  
Servicios a empresas

[www.citinavarra.es](http://www.citinavarra.es)



GRADUADOS EN INGENIERÍA  
INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES  
**NAVARRA**



**CÁTEDRA INDUSTRIA 4.0**  
DE CITI NAVARRA

## Sesión Plenaria 1

### Frío y Sociedad

Miércoles, 11 de noviembre 09:30

Link ponencia: <https://unavarra.zoom.us/j/91335104001>

#### **Ponente: Ramón Cabello López**

Ingeniero Industrial (1996) y doctor en Ingeniería Industrial (2003) por la Universidad Politécnica de Valencia especializado en sistemas de producción de frío por compresión de vapor. Ramón Cabello cuenta con una amplia carrera investigadora certificada por la publicación de 77 artículos indexados, participación en 27 proyectos de pública concurrencia, siendo líder de 15 de ellos, participación en 28 proyectos de ámbito privado, publicación de 15 libros y capítulos de libro, contribución a más de un centenar de conferencias nacionales e internacionales, invención de una patente y dirección de 5 tesis doctorales. Asimismo, es miembro del comité técnico de ATECYR desde 2017, de la Sociedad Española de Ciencias y Técnicas del Frío desde su fundación en 2002 y es consultor técnico del Ministerio de Ciencia e Innovación y de la Fundación para la Eficiencia Energética de la Comunidad Valenciana.

Actualmente es Catedrático de Universidad en la Universidad Jaume I de Castellón desde 2012 y coordina el Máster Universitario en Ingeniería Industrial y el Grupo de investigación en Ingeniería Térmica de la misma universidad.

## Sesión Plenaria 2

### Tendencias en la energética edificatoria

Jueves, 12 de noviembre 09:00

Link ponencia: <https://unavarra.zoom.us/j/91335104001>

#### **Ponente: Sergio Díaz de Garayo Balsategui**

Ingeniero Industrial Mecánico (UPV-EHU Bilbao, 1993-98 y Tor Vergata Roma, 1999) especializado en eficiencia energética e integración de energías renovables en edificios. Después de cuatro años como ingeniero en Asia-Pacífico, cursó los estudios de Máster Europeo de Energías Renovables (Universidad de Zaragoza, 2004) y el DEA (INSA CETHIL de Lyon). Trabajó en el área de Eficiencia de Fundación CIRCE entre el 2006-2010, siendo profesor asociado de la Universidad de Zaragoza. Es miembro fundador de PEP (Plataforma Española de Passivhaus) e inBiot, una start-up especializada en monitorización y análisis del aire interior de los edificios mediante IoT.

Desde 2011 trabaja en CENER dirigiendo proyectos de investigación en el Departamento de Energética Edificatoria de CENER (Pamplona).

Gold



Silver

Bronze

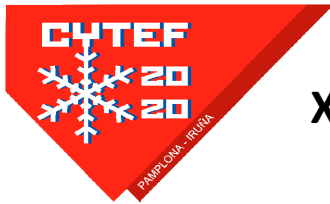


Organiza



Colaboradores





# CIENCIAS Y TÉCNICAS DEL FRÍO

## X Congreso Ibérico | VIII Congreso Iberoamericano

miércoles 11 de noviembre de 2020

9:00 - 9:30		APERTURA	
		Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/91335104001">https://unavarra.zoom.us/j/91335104001</a>	
9:30 - 10:15		PLENARIA. Frío y Sociedad Ramón Cabello	
		Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/91335104001">https://unavarra.zoom.us/j/91335104001</a>	
		Sesión A1. David Astrain Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/93776892408">https://unavarra.zoom.us/j/93776892408</a>	Sesión B1. Álvaro Martínez Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/99124476957">https://unavarra.zoom.us/j/99124476957</a>
10:15 - 10:30	Strategies for DHW preheating using residual heat from facilities in hospitals <u>E. Velasco Gómez</u> , A. Tejero González, Á. Iglesias Pordomingo, J. San Jose Alonso, F. Espí García	Experimental COP enhancement of a transcritical CO2 cooling machine including thermoelectric subcooling <u>P. Aranguren</u> , D. Sánchez, Á. Casi, M. Araiz, D. Astrain, R. Cabello	
10:30 - 10:45	Profitability of PV generators in urban environment considering the new Spanish regulation <u>E. Fuster-Palop</u> , C. Prades-Gil, X. Masip, J. Viana-Fons, J. Payá	Thermodynamic analysis of an ejector based auto-cascade system for ultra low temperature freezing using a mixture of refrigerants R600a/R1150 <u>J. Expósito Carrillo</u> , F. Sánchez de La Flor, J. Salmerón Lissén	
10:45 - 11:00	Supermarkets - Sustainable cabinets <u>D. Antoñanzas</u>	A non-invasive methodology for estimating the oil mass flow rate in refrigeration cycles <u>R. Ossorio</u> , E. Navarro-Peris, A. López-Navarro, J. González-Macia	
11:00 - 11:15		BREAK	
		Sesión A2. Álvaro Martínez Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/92488365096">https://unavarra.zoom.us/j/92488365096</a>	Sesión B2. Antonio Rodríguez Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/98458087197">https://unavarra.zoom.us/j/98458087197</a>
11:15 - 11:30	Analysis of the refrigerant maldistribution in brazed plate heat exchangers and its influence in the heat pump performance. L. Álvarez-Piñeiro, E. Navarro-Peris, L. Schnabel, <u>J.M. Corberán</u>	Performance analysis of a variable speed drive <u>R. Ossorio</u> , E. Navarro-Peris, A. López-Navarro, J. Martínez Román	
11:30 - 11:45	Energy analysis of a 3D printed building and energy improvement to achieve Near Zero Energy Building <u>V. de las Heras Reverte</u> , X. Masip, C. Prades-Gil, F. Barceló-Ruescas	Evaluación teórica de compresión en paralelo y eyector como configuraciones para bombas de calor de alta temperatura C. Mateu-Royo, A. Mota-Babiloni, J. Navarro-Esbrí, R. Moscardó-Boscà, <u>F. Molés</u> , <u>Á. Barragán-Cervera</u>	
11:45 - 12:00	Calibration with real measurements of a straw-bale passive building model <u>V. de las Heras Reverte</u> , X. Masip, C. Prades-Gil, P. Carnero Melero, F. Barceló-Ruescas, J. Romero Clausell	Simulation of the refrigerant charge effect on a R407C liquid-to-water heat pump <u>I. Ortega</u> , J. Sieres, F. Cerdeira, E. Álvarez	
12:00 - 12:15	Thermodynamic analysis of absorption heat pumps using CO2/Methanol as working pair <u>J. Bruno Argilaquet</u> , C. Chen	Design of a high-temperature heat pump for thermal energy storage applications V. Sánchez-Canales, J. Corberán, J. Payá, <u>A. Hassan</u>	
12:15 - 12:30	Thermal analysis by using a T-history method for nano-enhanced phase change materials <u>J. Prado</u> , D. Cabaleiro, L. Lugo	CO2 refrigeration for the detectors at CERN. Reliability and energy efficiency <u>Á. Álvarez Pardiñas</u> , S. Blust, B. Verlaet, A. Hafner	
12:30 - 12:45	Air-to-air thermoelectric heat pump prototype for a passive house building <u>S. Diaz de Garayo</u> , Á. Martínez, P. Aranguren, D. Astrain	Desarrollo experimental de un prototipo de bomba de calor de alta temperatura para la recuperación de calor residual industrial C. Mateu-Royo, J. Navarro-Esbrí, A. Mota-Babiloni, <u>F. Molés</u> , M. González-Piquer, <u>Á. Barragán-Cervera</u>	
12:45 - 13:00		BREAK	
		Sesión A3. Patricia Aranguren Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/93563148662">https://unavarra.zoom.us/j/93563148662</a>	Sesión B3. Antonio Rodríguez Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/98981446728">https://unavarra.zoom.us/j/98981446728</a>
13:00 - 13:15	Comparison of an innovative subcooled heat pump model working with propane (R290) with the commercially available CO2 (R744) heat pump for domestic hot water production from the point of view of the installation X. Masip, L. Álvarez-Piñeiro, E. Hervás-Blasco, <u>E. Navarro-Peris</u> , J. Corberán	R452B drop-in performance in an R410A liquid-to-water heat pump I. Ortega, <u>J. Sieres</u> , F. Cerdeira, E. Álvarez, J. Dopazo	
13:15 - 13:30	Analysis of R-452A as an alternative to R-404A in vapor compression systems A. Mota Babiloni, J. Navarro Esbrí, <u>Á. Barragán Cervera</u> , C. Gómez Macián, <u>F. Molés Riberá</u> , C. Mateu Royo	Experimental and theoretical study of refrigerant charge extraction methods <u>L. Sánchez-Moreno-Giner</u> , F. Barceló-Ruescas, A. López-Navarro, J. González-Macia	
13:30 - 13:45	Experimental analysis of alternative blends of refrigerants for CO2 transcritical refrigeration systems <u>D. Sánchez</u> , D. Calleja-Anta, L. Nebot-Andrés, J. Catalán-Gil, R. Llopis, R. Cabello	Experimental comparison between a R744 heat pump and a R290 heat pump in order to produce domestic hot water in energy recovery applications E. Navarro-Peris, J. Corberán, J. González-Macia, <u>F. Illán-Gómez</u> , V. Sena-Cuevas, J. Garcia-Cascales, F. Sánchez Velasco	
13:45 - 14:00	Performance of a refrigeration system in Pamplona city <u>C. Alves Afonso</u> , J. Alexandre		

14:00 - 15:30	<b>DESCANSO</b>	
	<b>Sesión A4. David Astrain</b> Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/97891372812">https://unavarra.zoom.us/j/97891372812</a>	<b>Sesión B4. Miguel Araiz</b> Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/99463129534">https://unavarra.zoom.us/j/99463129534</a>
15:30 - 15:45	Nanoencapsulated clove essential oil embedded in ice used in stunning and slaughtering by hypothermia of trout enhances animal welfare A. López Cánovas, A. García Ayala, L. Navarro-Segura, M. Ros-Chumillas, <a href="#">A. López-Gómez</a>	A novel design of a very low charge ammonia chiller <a href="#">J. Expósito Carrillo</a> , M. García Jiménez, Á. Ruíz Ruíz
15:45 - 16:00	Performance characterization of an ice-storage system for small scale cooling applications <a href="#">M. Hussien</a> , V. Torres-Toledo, J. Müller, D. Alemu, A. Coronas	Finned-tube evaporators re-design for new refrigerants, Part 2: basic guidelines and optimization C. Prades-Gil, <a href="#">E. Navarro-Peris</a> , J. González-Macia, A. Hassan
16:00 - 16:15	Control optimization for cold-room (walk-in) refrigeration units <a href="#">P. Moreno</a> , X. Albets-Chico, G. Zsembinski, Á. de Gracia, J. Maldonado, L. Cabeza	Computational model validation of a complete transcritical CO2 refrigeration system with thermoelectric subcooling <a href="#">Á. Casi</a> , P. Aranguren, D. Sanchez, D. Astrain, M. Araiz, R. Cabello, R. Llopis
16:15 - 16:30	Connected Indexes for food product temperature and quality monitoring X. Albets-Chico, <a href="#">P. Moreno</a> , I. Muñoz, S. Bover, A. Jofre, R. Rovira	Refrigerated cabinet modelling based on the characterisation of R290 behaviour. <a href="#">A. Sáez</a> , J. Patiño, L. Prades, G. Monrós-Andreu, D. Sánchez, R. Llopis, R. Cabello
16:30 - 16:45	MAP packaging with essential oils vapours increases the quality and shelf life of refrigerated breaded meat products <a href="#">M. Ros-Chumillas</a> , V. Antolinos, M. Sánchez-Martínez, L. Navarro-Segura, L. Buendía-Moreno, G. Martínez-Hernández, A. Esnoz-Nicuesa, A. Iguaz-Gainza, A. López-Gómez	Suitable Design of Plat Fin Heat Exchangers by Minimizing Entropy Generation <a href="#">F. Nezhad</a> , R. Khodabandeh
16:45 - 17:00	<b>BREAK</b>	
	<b>Sesión A5. Gurutze Pérez</b> Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/96572805129">https://unavarra.zoom.us/j/96572805129</a>	<b>Sesión B5. Miguel Araiz</b> Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/92505903869">https://unavarra.zoom.us/j/92505903869</a>
17:00 - 17:15	Active cardboard box with smart internal lining based on encapsulated essential oils for enhancing the shelf life of refrigerated fresh nectarines <a href="#">M. Ros-Chumillas</a> , L. Buendía-Moreno, M. Sánchez-Martínez, V. Antolinos, L. Navarro-Segura, G. Martínez-Hernández, <a href="#">A. López-Gómez</a>	On the development of a technological solution to mitigate summer mortality in Brazilian oysters' crops: reporting experimental results. <a href="#">M. Garcia</a> , N. Silveira Jr., L. Mendes, K. Cordeiro Mendonça
17:15 - 17:30	When salmon is stunned using nanoencapsulated anaesthetic, and it is cold stored in ice including nanoencapsulated essential oils, the quality and shelf life increase L. Navarro-Segura, M. Ros-Chumillas, M. Sánchez-Martínez, L. Buendía-Moreno, A. López-Cánovas, A. García-Ayala, J. Galindo-Villegas, <a href="#">A. López-Gómez</a>	Evaluation of a new simulation software for absorption refrigeration and heat pumps <a href="#">A. Jimenez-Carlson</a> , J. Prieto, D. Ayou, I. Carvajal- Mariscal, A. Coronas
17:30 - 17:45	Análisis de la influencia de la apertura y cierre de los muelles de carga y descarga en la demanda energética frigorífica de una nave industrial de grandes dimensiones para productos hortifrutícolas <a href="#">J. Rubio Rubio</a> , F. Vera García, E. Hontoria Hernández, A. Lopéz Belchí	Determinación de las curvas características de un ventilador axial para uso en refrigeración doméstica mediante túnel de viento. <a href="#">A. Vintimilla Palomeque</a> , F. Narváez Buestán, N. Jara Cobos, F. Reinoso Avecillas
17:45 - 18:00	Control de viraje de color en etiquetas tiempo-temperatura para verificación de la cadena de frío en productos refrigerados <a href="#">S. Zabala González</a>	Thermodynamic performance comparison of a direct-expansion solar-assisted heat pump using a thermostatic expansion valve and an electronic expansion valve <a href="#">W. Quitiaquez</a> , I. Simbaña, C. Isaza-Roldán, C. Nieto-Londoño, P. Quitiaquez, F. Toapanta-Ramos
18:00 - 18:15	Photovoltaic-energy driven domestic refrigerator with thermal energy storage units using phase change materials <a href="#">C. Mira Hernández</a> , L. Mejía Arias, S. Valencia Canola, J. Palacio Mejía, C. Isaza Roldán	Simulación numérica de un cobertor con geometría trapezoidal para el desarrollo del flujo de aire en un enfriador vertical con puerta panorámica. <a href="#">A. Vintimilla Palomeque</a> , F. Narváez Buestán, N. Jara Cobos, F. Reinoso Avecillas





# CIENCIAS Y TÉCNICAS DEL FRÍO

## X Congreso Ibérico | VIII Congreso Iberoamericano

jueves 12 de noviembre de 2020

9:00 - 9:30		<b>PLENARIA: Tendencias en la energética edificatoria</b> <b>Sergio Díaz de Garayo</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/97452978726">https://unavarra.zoom.us/j/97452978726</a></b>	
	<b>Sesión C1. David Astrain</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/94515502366">https://unavarra.zoom.us/j/94515502366</a></b>		<b>Sesión D1. Álvaro Martínez</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/91629385151">https://unavarra.zoom.us/j/91629385151</a></b>
9:30 - 9:45	Refrigerantes naturais: Tendências do mercado, políticas e tecnologias na indústria agroalimentar portuguesa M. Aguiar, <u>P. Gaspar</u>		Visit to a real refrigeration system as a teaching tool for engineering students <u>M. Araiz Vega</u> , P. Aranguren Garacochea, Á. Casi Satrústegui, L. Catalán Ros, D. Astrain Ullbarrena, A. Rodríguez García
9:45 - 10:00	Thermal comfort improvement by personalized evaporative systems in offices <u>A. Tejero González</u> , Á. Iglesias Pordomingo, A. Rodríguez Hernández, A. San José Martín, E. Velasco Gómez		Methodology and follow-up of the teaching and learning process in Heat Transfer during 2018 and 2019 G. Vilarinho Feltrer, J. Rodríguez Hernández, C. Montagud Montalvá, E. Sarabia Escrivá, F. Barceló Ruescas, <u>E. Navarro-Peris</u> , J. Payá Herrero
10:00 - 10:15	Ecodesign for commercial refrigeration devices. Contribution of certification schemes <u>F. Muñoz</u>		Optimización de una instalación frigorífica con mezcla agua-glicol como refrigerante de una nave industrial de almacenaje de productos perecederos <u>J. Rubio Rubio</u> , F. Vera García, E. Hontoria Hernández, A. Lopéz Belchí
10:15 - 10:30	Development and validation of a simplified dynamic thermal model of a vehicle's cabin <u>J. Viana-Fons</u> , J. González-Maciá, J. Payá		Evaluation of a convective heat transfer performance for a graphene derivative nanofluid through a test rig U. Calviño, <u>J. Vallejo</u> , M. Buschmann, J. Fernández-Seara, L. Lugo
10:30 - 10:45	Energy assessment and optimization of a dual source heat pump system located in Amsterdam <u>A. Cazorla-Marín</u> , C. Meeng, C. Montagud, J. Corberán		Optimization of transcritical CO2 refrigeration plants based on real-time operating parameters. <u>M. García</u> , Á. Ruiz Ruiz, J. Exposito
10:45 - 11:00	Supermarket project without network connection <u>A. Antoñanzas Aranguren</u>		
11:00 - 11:15	<b>BREAK</b>		
	<b>Sesión C2. Leyre Catalán</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/98488873128">https://unavarra.zoom.us/j/98488873128</a></b>		<b>Sesión D2. Álvaro Martínez</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/96612202018">https://unavarra.zoom.us/j/96612202018</a></b>
11:15 - 11:30	LNG-regasification in satellite plants: Cold recovery for refrigeration applications in agro-food industries A. Atienza-Márquez, <u>J. Bruno</u> , <u>A. Coronas</u>		A newly implemented system for autonomous refrigerated cabinet validation <u>J. Patiño Pérez</u> , G. Monrós-Andreu, L. Prades Martell, A. Sáez Pastor
11:30 - 11:45	Refrigeración. Hacia donde vamos. <u>F. Sanz del castillo</u>		Finned-tube evaporators re-design for new refrigerants, Part 1: review of heat transfer and pressure drop correlations <u>A. Hassan</u> , C. Prades-Gil, E. Navarro-Peris, J. González-Macia
11:45 - 12:00	Subcooled CO2 refrigeration cycles: current status and lines of research <u>R. Llopis</u> , L. Nebot-Andrés, D. Sánchez, J. Catalán-Gil, D. Calleja-Anta, R. Cabello		Integration of Absorption Chillers into Biomass-Fired District Heating Networks for Space Cooling Applications: Technical Evaluation for the Case of Southern Catalonia M. Solorzano, J. Prieto, D. Ayou, <u>A. Coronas</u>
12:00 - 12:15	Experimental evaluation of alternative mixtures to R-600a in a domestic fridge and freezer <u>D. Calleja-Anta</u> , L. Nebot-Andrés, A. Ariano, D. Sánchez, R. Cabello, R. Llopis		Thermodynamic investigation of the performance of carbon dioxide/acetone fluid mixture in a compression/resorption refrigeration system R. Moreira-da-Silva, <u>A. Coronas</u>
12:15 - 12:30	Enfriamiento adiabático en almacenamiento frigorífico de alimentos. Uso en retrofit de plantas existentes y con nuevas tecnologías <u>J. Ausín García</u> , S. Mauri		Comparison and selection of optimal experimental designs for refrigeration scroll compressors: Statistical tools to conform the test matrices. <u>J. Marchante-Avellaneda</u> , J. Corberán, E. Navarro-Peris
12:30 - 12:45			
12:45 - 13:00	<b>BREAK</b>		
	<b>Sesión C3. Patricia Aranguren</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/98611769153">https://unavarra.zoom.us/j/98611769153</a></b>		<b>Sesión D3. Álvaro Casi - Judith Evans</b> <b>Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/93716313738">https://unavarra.zoom.us/j/93716313738</a></b>
13:00 - 13:15	<b>Póster</b>		Overview of CryoHub thermal storage technologies <u>G. Alvarez</u> , D. Leducq, A. Damas, A. Dallais, D. Negro
13:15 - 13:30			Modelling and design of the CryoHub demonstrator A. Foster, <u>D. Negro</u> , T. Brown, A. Damas, J. Evans
13:30 - 13:45			Energy management strategy to make CryoHub concept profitable <u>G. García</u> , A. Kalms, M. Estevez, R. Garde
13:45 - 14:00			Europe-wide energy mapping and co-locating of large refrigerated warehouses with renewable resources as key enablers for cryogenic energy storage <u>K. Fikiin</u>

<b>DESCANSO</b>		
<b>REUNIÓN SECYTEF (Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/97238892279">https://unavarra.zoom.us/j/97238892279</a>)</b>		
	<b>Sesión C4. Antonio Rodríguez</b> Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/97217877821">https://unavarra.zoom.us/j/97217877821</a>	<b>Sesión D4. Patricia Aranguren</b> Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/99571362810">https://unavarra.zoom.us/j/99571362810</a>
15:30 - 15:45	Mejora del rendimiento de equipos de aire acondicionado tipo Split mediante el uso del condensado para enfriamiento evaporativo de la unidad exterior <u>A. Velázquez Marin</u> , P. Martínez	Differential calorimeter for testing efficiency of samples processed for radiative cooling D. Navajas, <u>C. Pinto</u> , A. Andueza, J. Bengoechea, E. Zugasti, A. Buceta, J. Sevilla
15:45 - 16:00	The future of the certification and the conformity assessment services in the HVACR sector <u>F. Muñoz</u>	Theoretical and experimental analysis of the R-404A replacement with the mixture R-454A A. Mota Babiloni, J. Navarro Esbrí, <u>Á. Barragán Cervera</u> , A. Martínez Micó, C. Mateu Royo
16:00 - 16:15	Numerical comparison of several control strategies for domestic hot water generation in a CO2 heat pump water heater <u>F. Illán Gómez</u> , V. Sena Cuevas, J. García Cascales, F. Sánchez Velasco	Experimental evaluation of an integrated mechanical subcooling cycle on a CO2 refrigeration plant <u>L. Nebot-Andrés</u> , J. Catalán-Gil, D. Sánchez, R. Cabello, D. Calleja-Anta, R. Llopis
16:15 - 16:30	Improvement of the performance of a transcritical CO2 cycle by increasing the subcooling <u>J. García Cascales</u> , R. Otón Martínez, F. Illán Gómez, F. Sánchez Velasco, V. Sena Cuevas	Parametric evaluation of closed refrigerated display cabinets performance <u>L. Prades</u> , G. Monrós-Andreu, A. Sáez, J. Patiño
16:30 - 16:45	Simulation of a Stirling engine-compression/absorption hybrid cooling system A. Zacarías Santiago, G. Ramage, <u>C. Jiménez Castillo</u> , I. Carvajal Mariscal, A. Flores Vasconcelos, F. Donís Sánchez, M. Venegas Bernal	R468A as alternative refrigerant to R404A in low temperature refrigeration applications. Energy Evaluation. <u>R. Cabello</u> , D. Sánchez, L. Nebot-Andrés, D. Calleja-Anta, R. Llopis
16:45 - 17:00		Industry 4.0 in the Centralized Supervision of Refrigeration Facilities <u>A. Montanary Morales</u>
<b>CLAUSURA</b>		
Link sesión: <a href="https://unavarra.zoom.us/j/92036198245">https://unavarra.zoom.us/j/92036198245</a>		

**Sesión A1**



## STRATEGIES FOR DHW PREHEATING USING RESIDUAL HEAT FROM FACILITIES IN HOSPITALS.

Eloy Velasco Gómez<sup>1\*</sup>, Ana Tejero González<sup>1</sup>, Álvaro Iglesias Pordomingo<sup>1</sup>, Julio F. San José Alonso<sup>1</sup>, Fernando J. Espí García<sup>2</sup>.

1: Grupo de Termotecnia, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, Escuela de Ingenierías Industriales, ITAP, Universidad de Valladolid.  
Paseo del Cauce, N° 59, 47011, Valladolid (España).  
e-mail: eloy@eii.uva.es

2: Unidad Técnica, Hospital Universitario Río Hortega, Dulzaina, N° 2, 47012 Valladolid (España)

**Resumen:** *Residual heat recovery is among the existing alternatives to reduce the energy consumed in buildings. In hospitals, there is a high-energy demand related to DHW generation for the patients' toilets, cleaning, washing, etc., which is then driven to the sewage at a relatively high temperature. Moreover, the also high cooling demand in summer derives in large amount of thermal energy dissipated to the ambient air through the condensation heat in the refrigeration machines. This work proposes preheating the DHW through the use of the residual heat related to these effluents, thus reducing the energy consumed with this aim. Experimental measurements have been performed during summer period of 2019 at a public hospital, with the objective of identifying the temperature levels available at the greywater driven to the sewage. Also, the evolution of the condensing temperatures at two refrigeration machines have been measured. Results are analysed and discussed to propose different alternatives of preheating tap water for DHW and it is estimated the energy savings achievable and the related reduction in the CO2 emissions.*

**Palabras clave:** Energy consumption reduction; residual heat recovery; Domestic Hot Water (DHW); greywater heat recovery; heat recovery from condensation.



ID 123

## PROFITABILITY OF PV GENERATORS IN URBAN ENVIRONMENTS CONSIDERING THE NEW SPANISH REGULATION

Enrique Fuster-Palop, Carlos Prades-Gil, X. Masip, Joan D. Viana-Fons, Jorge Payá

Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética (IUIIE), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Ed 8E, Semisótano frente Acceso J, 46022 València, Spain.

e-mail: enfuspa@etsii.upv.es

**Abstract:** *In recent years, photovoltaic energy has consolidated a technological maturity to be competitive against other energy resources, constituting a strategic energy source to promote a sustainable energy transition. In this context, the recent publication of Royal Decree 244/2019 on photovoltaic self-consumption facilitates administratively, legally and technically the possibility of integrating this type of facilities into buildings.*

*The purpose of this work is to estimate the profitability of photovoltaic generators in several buildings in the city of Valencia according to the new legislation. The calculations have been carried out using a model that predicts the energy generated on roofs, considering the shadowing due to nearby buildings, and obtains the cash flows throughout their useful lifetime.*

*This study updates the line of research started by the study ProSumE. Both researches have been promoted thanks to the Chair of Urban Energy Transition of the Universitat Politècnica de València, which researches, educate and disseminates in order to develop energy models for the development of more sustainable cities.*

**Keywords:** Photovoltaics, self-consumption, radiation, buildings, profitability.



## SUPERMARKETS – SUSTAINABLE CABINETS

Daniel Antoñanzas<sup>1\*</sup>

1: EXKAL, España.

e-mail: [exkalsa@exkalsa.com](mailto:exkalsa@exkalsa.com)

### Abstract:

*Regardless of the type or family of display case, the heat to be extracted from the cabinet so that inside we have the temperature necessary for the conservation of refrigerated or frozen foods, is the sum of the heat losses, plus the heat provided by the electrical elements What is inside.*

*Losses are caused by convection, radiation and conduction. The electrical elements inside are fans, lighting, anti-condensation resistors and defrost resistors.*

*Solutions to optimize energy consumption must be sought in each of these components and sections. And for most of the solutions the starting point is the "design". And the main criterion, the inefficiencies reduction.*

**Keywords:** design, sustainable cabinets

## Sesión A2



## ANALYSIS OF THE REFRIGERANT MALDISTRIBUTION IN BRAZE PLATE HEAT EXCHANGERS AND ITS INFLUENCE IN THE HEAT PUMP PERFORMANCE.

Lucas Alvarez-Piñeiro<sup>1</sup>, Emilio Navarro-Peris<sup>1\*</sup>, Paloma Albaladejo<sup>1</sup>, Lena Schnabel<sup>2</sup>, José Miguel Corberán<sup>1</sup>

1: Instituto de Ingeniería Energética, Universitat Politècnica de València, Camino de vera s/n 46022, Valencia, Spain. e-mail: emilio.navarro@ie.upv.es

2: Fraunhofer ISE, Heidenhofstr. 2, 79110, Freiburg, Germany

**Abstract:** *In this contribution, an experimental analysis of the refrigerant distribution in an evaporator BPHE as a function of the inlet and outlet conditions will be presented. The BPHE has been tested and evaluated working at several inlet conditions (quality) and outlet conditions (superheat) for different temperature difference in the secondary fluid. As refrigerant propane was used, the refrigerant distribution inside the BPHE has been registered using thermography. It has been seen that: i) the flow maldistribution is present in most of the tests, ii) there is an influence of the external conditions in the refrigerant maldistribution.*

*Based on that a thermal model in order to evaluate this influence on the heat pump performance has been built. From that model, the degradation of the heat exchanger performance has been predicted and the results compared with an evaporator with a uniform distribution. Based on this work, the refrigerant maldistribution can be taken into account in the selection of brazed plate heat exchangers in order to improve the final system performance.*

**Keywords:** brazed plate heat exchanger, maldistribution, performance degradation, energy recovery.





## ENERGY ANALYSIS OF A 3D PRINTED BUILDING AND ENERGY IMPROVEMENT TO ACHIEVE NEAR ZERO ENERGY BUILDING

V. Reverte\*, X. Masip, Carlos Prades-Gil, F. Barceló-Ruescas

Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética (IUIIE), Universitat Politècnica de València, València, 46022, Spain  
e-mail: vicdelas@etsii.upv.es  
web: <http://www.iie.upv.es>

**Abstract:** Nowadays, energy consumption in the construction, maintenance and use of buildings represents 40% of the total final energy demand as indicated in Directive 2012/27/EU, which has turned into a significant economic expense and large amounts of GHG emissions that contribute to the climate change. In addition, most of the energy demand in houses is given by the consumption of HVAC.

Therefore, the objective of this work lies in the energy analysis of a residential building using an innovative 3D printing technology by BEMORE 3D, as well as the study of passive strategies in order to reach the necessary requirements to achieve the nearly zero-energy building certification.

With an initial consumption of 234,85 kWh/(m<sup>2</sup> year), it is possible to reduce to 28,63 kWh/(m<sup>2</sup> year). These measures have an impact on an economic saving of 278,44 €/year and of GHG emissions savings of 1,23 tons of CO<sub>2</sub>, eq /year.

**Keywords:** Energy building simulation, energy efficiency, Near Zero Energy Building, 3D printed building.



## CALIBRATION WITH REAL MEASUREMENTS OF A STRAW-BALE PASSIVE BUILDING MODEL

V. Reverte\*<sup>1</sup>, X. Masip<sup>1</sup>, Carlos Prades-Gil<sup>1</sup>, Pablo Carnero-Melero<sup>2</sup>, F. Barceló-Ruescas<sup>1</sup>, J.R. Clausell<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética (IUIIE), Universitat Politècnica de València, València, 46022, Spain

<sup>2</sup>Departamento de Termodinámica Aplicada, Universitat Politècnica de València, València, 46022, Spain

<sup>3</sup>Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación, Universitat Politècnica de València, València, 46022, Spain

e-mail: vicdelas@etsii.upv.es

web: <http://www.iie.upv.es>

**Abstract:** *As a consequence of the imminent global warming, diverse solutions are being investigated to reduce energy consumption and GHG emissions to the atmosphere. For this reason, materials as the straw are being considered for the construction sector.*

*This work addresses the calibration of a real straw-bale building. Given the house built by OKAMBUVA in the surroundings of Vila-real, a model was created with building simulation software and validated with real in-situ measured data. The project presents the procedure for both, the building modelling and the experimental campaign. Finally, the work introduces the calibration process of the building model with the experimental data.*

*It is intended as future work to compare the energy, techno-economic and environmental performance of the straw-bale building with the conventional building. The final objective is to address the potential contribution of the straw-bale construction in the global warming challenge in front of the conventional construction.*

**Keywords:** Straw-bale construction, Near Zero Energy Building, Energy efficiency.



## THERMODYNAMIC ANALYSIS OF ABSORPTION HEAT PUMPS USING CO<sub>2</sub>/METHANOL AS WORKING PAIR

Joan Carles Bruno<sup>1\*</sup>, Eduard Recasens<sup>1</sup>, Cheng-Hsiu Yu<sup>2</sup> and Chau-Chyun Chen<sup>2</sup>

1: Universitat Rovira I Virgili, Dept. of Mechanical Engineering, CREVER, Avda. Països Catalans, 26, 43007 – Tarragona (Spain).

e-mail: juancarlos.bruno@urv.cat

2: Texas Tech University, Dept. of Chemical Engineering, Whitacre College of Engineering, Lubbock, TX 79409-3121 (U.S.A.).

**Abstract:** *The objective of this work is to contribute to the development of absorption heat pumps using CO<sub>2</sub>/Methanol as working fluid. A thermodynamic analysis of a feasible transcritical single-effect absorption cycle is performed to evaluate the potential of this type of new mixtures to provide heating and cooling. For the proper modelling of the thermodynamic properties of the CO<sub>2</sub>/Methanol mixture is done a validation against the experimental Pxy data from the literature between -20°C and 200°C, PR-BM is selected as the most suitable thermodynamic property model and it is implemented in the process simulator Aspen Hysys to calculate the cycle performance. The results show a promising potential for the use of these CO<sub>2</sub>/Methanol absorption systems as energy distributed systems for the efficient use of waste or renewable heat at about 100-140°C. The working conditions suggested so far in the patent literature could not be the optimal.*

**Keywords:** Absorption system, chiller, heat pump, carbon dioxide, transcritical cycle.



## IMPLEMENTATION, CALIBRATION AND VALIDATION OF A T-HISTORY EXPERIMENTAL SETUP FOR MEASURING THERMAL PROPERTIES OF NANO-ENHANCED PHASE CHANGE MATERIALS

Jose I. Prado\*, David Cabaleiro and Luis Lugo

Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidade de Vigo,  
Campus Lagoas-Marcosende, 36310 Vigo, Spain  
\*e-mail: joseiglesias@uvigo.es

**Abstract:** *An appropriate and correct method to determine latent heat and solid-liquid transition temperature of nano-enhanced phase change materials (NePCMs) should be achieved for a proper design of thermal energy storage systems. The phase transition behaviour can be determined via thermal analysis, studying the evolution of the temperature of the samples when heating and/or cooling under different operation conditions. Conventional thermal analysis methods employ small sample sizes to ensure a good accuracy of the measurement. However, use of larger samples helps to match lab-scale tests and applications. In this work, a modified T-history installation was implemented trying to fulfil this lack of study of meaningful size NePCMs samples. The assembly and calibration of the experimental setup is carefully explained. Additionally, T-history tests of n-hexadecane were performed to validate the experimental setup, allowing to obtain enthalpy-temperature curves. Also, results were compared with new measurements using a heat-flux DSC.*

**Keywords:** PCM, T-history, Thermal energy storage, Nanoenhanced phase change materials.



ID XXX

## BOMBA DE CALOR AIRE-AIRE TERMOELÉCTRICA PARA REFRIGERACIÓN DE EDIFICIOS RESIDENCIALES

Sergio Díaz de Garayo<sup>1\*</sup>, Álvaro Martínez<sup>2</sup>, Patricia Aranguren<sup>2</sup> y David Astrain<sup>2</sup>

1: National Renewable Energy Centre, Sarriguren, 31621 Spain, web: <http://www.cener.com>, e-mail: [sdiaz@cener.com](mailto:sdiaz@cener.com)

2: Mechanical Department, Smart Cities Institute, Public University of Navarra, Campus Arrosadía, Pamplona, 31006 Spain

### Resumen:

*Los edificios van a jugar un rol fundamental en la transición hacia un nuevo modelo energético, siendo responsables actualmente de un 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a escala europea. Según datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, el cambio climático ha provocado una disminución de las necesidades de calefacción de los edificios y un incremento de las necesidades de refrigeración. Este hecho, unido a una mayor exigencia de confort térmico por parte de los usuarios, hacen prever un significativo aumento del número de instalaciones de aire acondicionado en el sector residencial, en climas donde hasta ahora no se contemplaba su instalación.*

*Una alternativa al uso de refrigerantes y el ciclo de compresión en bombas de calor de baja potencia es el empleo de dispositivos termoeléctricos. El presente artículo describe el diseño, construcción y ensayo de un prototipo de bomba de calor aire-aire basada en este tipo de tecnología.*

*El prototipo ha sido ensayado en modo refrigeración entre dos espacios: uno a 25°C y otro a 31°C, variando alternativamente el foco caliente y el frío. Los COP obtenidos dependen en gran medida del voltaje aplicado, variando entre 3,4 y 0,4; y logrando un máximo salto térmico de 11,5°C en el canal de refrigeración.*

*A continuación se desarrolla un modelo computacional simplificado, que se ajusta y valida con los datos experimentales. El modelo se emplea para estudiar las posibilidades de integración de la bomba de calor con un sistema de ventilación mecánica controlada en el sector residencial; planteando el acoplamiento de un recuperador de calor y un humidificador.*

*Los resultados demuestran que se podría llegar a reducir en 20°C la temperatura de entrada del caudal de aire de ventilación (asumiendo 31°C exteriores).*

**Palabras clave:** termoelectricidad, edificio de energía casi nula, calefacción, refrigeración, ventilación.

**Sesión A3**



## COMPARISON OF AN INNOVATIVE SUBCOOLED HEAT PUMP MODEL WORKING WITH PROPANE (R290) WITH THE COMMERCIALY AVAILABLE CO<sub>2</sub> (R744) HEAT PUMP FOR DOMESTIC HOT WATER PRODUCTION FROM THE POINT OF VIEW OF THE INSTALLATION

X. Masip\*, Lucas Álvarez-Piñero, Estefanía Hervás-Blasco, Emilio Navarro-Peris, J. M. Corberán

Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética (IUIIE), Universitat Politècnica de València, València, 46022, Spain  
e-mail: [xmasip@iie.upv.es](mailto:xmasip@iie.upv.es)  
web: <http://www.iie.upv.es>

**Resumen:** Heat pumps working with propane have shown great improvement when working with subcooling being able to displace the leading position of CO<sub>2</sub> heat pumps for DHW applications in the market. It was also observed that the water inlet temperature has such a great impact in the performance that having a high temperature entry increases global performance. European Project “Next Generation of Heat Pumps working with Natural fluids” prototype model is able to work with the optimized degree of subcooling in function of the secondary temperature lift at the condenser, being able to supply the demanded hot water from different net water temperatures with the less consumption of energy.

The working performance of the innovative prototype and a commercially available CO<sub>2</sub> heat pump is performed using advanced simulation tool TRNSYS. The comparison is made from the point of view of the installation, analyzing the system global efficiency. The analysis is performed under an application of heat recovery considering a temperature of 20 °C for a 20 multi-family houses of 1.98 people per house.

**Keywords:** Domestic Hot Water, heat pump, energy efficiency, optimization, subcooling control

## ANÁLISIS DE R-452A COMO ALTERNATIVA AL R-404A EN SISTEMAS DE COMPRESIÓN DE VAPOR

Adrián Mota Babiloni<sup>1</sup>, Joaquín Navarro Esbrí<sup>1</sup>, Ángel Barragán Cervera<sup>1</sup>,  
Carlos Gómez Macián<sup>1</sup>, Francisco Molés Ribera<sup>1,2</sup>, Carlos Mateu Royo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación ISTENER, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I. Av. Vicent Sos Baynat s/n, E-12071 Castelló (España)  
e-mail: mota@uji.es

<sup>2</sup> Polígono Industrial La Mezquita, Parcela 412 – nave B, E-12600 La Vall d'Uixó (España)  
e-mail: info@rank-orc.com

**Resumen:** *El refrigerante R-404A, comúnmente utilizado en refrigeración comercial, debe ser retirado urgentemente para cumplir con el Reglamento (UE) n° 517/2014. El objetivo de este trabajo es comparar el funcionamiento del R-452A, una alternativa con menor valor de Potencial de Calentamiento Atmosférico, con el del R-404A utilizando un banco de ensayos que simula la operación de los sistemas de compresión de vapor. Primeramente, se realiza un análisis teórico previo para validar su potencial como alternativa. A continuación, se realizan los ensayos para confirmar los beneficios energéticos. Las condiciones de ensayo han sido variadas combinando tres valores de condensación y otras tres de evaporación, que permitan obtener conclusiones representativas en diferentes aplicaciones. De ambos, resultados teóricos y experimentales, se observa que el caudal másico del R-452A es mayor, al igual que ocurre con la potencia frigorífica. Pese a consumir mayor potencia eléctrica, la buena perspectiva energética se mantiene en el Coefficient of Performance (COP) y aumenta hasta aprox. un 8%. Aunque mayores, las temperaturas de descarga alcanzadas por el R-452A no presentan valores que representen un riesgo para el compresor, en las condiciones propuestas en este trabajo. A la luz de estos resultados positivos, se concluye que la sustitución directa del refrigerante R-452A por el R-404A es viable y causar beneficios medioambientales en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>eq.*

**Palabras clave:** R-404A, R-452A, estudio experimental, intercambiador recalentamiento subenfriamiento, refrigeración comercial.





## EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ALTERNATIVE BLENDS OF REFRIGERANTS FOR CO<sub>2</sub> TRANSCRITICAL REFRIGERATION SYSTEMS

Daniel Sánchez<sup>1\*</sup>, Daniel Calleja-Anta<sup>1</sup>, Laura Nebot-Andrés<sup>1</sup>,  
 Jesús Catalán-Gil<sup>1</sup>, Rodrigo Llopis<sup>1</sup>, Ramón Cabello<sup>1</sup>

1: Thermal Engineering Group (GIT), Department of Mechanical Engineering & Construction, Jaume I University, Castellón (Spain)

e-mail: sanchezd@uji.es

### Abstract:

CO<sub>2</sub> is a non-flammable and natural refrigerant that is being used extensively in commercial refrigeration systems. Due to its low critical temperature, transcritical cycles are adopted in warm regions where the use of “new” configurations is mandatory to enhance the energy cycle performance. The adoption of CO<sub>2</sub> in stand-alone systems is scared due to the energy consumption and the cost of the cycle, which does not admit complex systems excepting suction-to-liquid heat exchanger.

Blends of CO<sub>2</sub> with hydrocarbons or hydrofluorocarbons allow upgrading the physical properties of pure CO<sub>2</sub>, such as critical temperature, latent heat or specific volume. The effect of these changes can improve the energy performance of the system lowering the energy consumption of the compressor. According to that, this communication aims to analyse experimentally some fluids that can be mixed with CO<sub>2</sub> to improve its performance warranting non-flammability and a global warming potential lower than 150. The experimental energy tests were conducted in a vertical CO<sub>2</sub> beverage cooler with three blends of CO<sub>2</sub> (R32/CO<sub>2</sub>, R290/CO<sub>2</sub> and R1270/CO<sub>2</sub>) at two ambient temperatures (25 and 30°C). The results from tests confirmed that CO<sub>2</sub>-blends allow energy saving of up to 17.2% at 25°C and up to 12.2% at 30°C concerning pure CO<sub>2</sub> operation. Moreover, energy tests with R290 were introduced to determine the potential benefit of these mixtures giving as a conclusion that the energy consumption of non-flammable CO<sub>2</sub> blends are similar to R290.

**Keywords:** *Zeotropic Mixture, CO<sub>2</sub>, Commercial refrigeration, Beverage cooler, Transcritical Cycle.*



ID XXX

## PERFORMANCE OF REFRIGERATION SYSTEMS IN PAMPLONA CITY

Clito Afonso<sup>1\*</sup> and José Luis Alexandre<sup>2</sup>

1, 2: Faculty of Engineering, University of Porto, Portugal.

R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto.

e-mail: first.author clito@fe.up.pt

**Abstract:** *This paper analyses the behaviour of refrigeration systems to be potentially implemented in the city of Pamplona. Two alternative systems were compared: the first is a vapour compression cycle where the working fluid is R404A and the second is a transcritical cycle in which the working fluid is R744. The same design conditions were maintained in both cases. Likewise, it was used the climatic data of the city of Pamplona. Dynamic simulation of the systems (annual basis) was performed using the Pack Calculation Pro code. It was concluded that the average annual COP of the vapour compression system was 2.78 while of the transcritical was 3.23. Accordingly, the annual electrical energy saved in the transcritical system was 9945 kWh, equivalent to 13.9% relative to the vapour compression system, showing that the transcritical system has a more significant energy performance, for this case study. The equivalent CO<sub>2</sub> emissions analysis were analysed.*

**Keywords:** Transcritical systems, vapour compression systems, COP, dynamic simulation, energy saving.

**Sesión A4**



## NANOENCAPSULATED CLOVE ESSENTIAL OIL EMBEDDED IN ICE USED IN STUNNING AND SLAUGHTERING BY HYPOTHERMIA OF RAINBOW TROUT ENHANCES ANIMAL WELFARE

Amanda Esperanza López-Cánovas<sup>1</sup>, Alfonso García-Ayala<sup>1</sup>, Laura Navarro-Segura<sup>2</sup>,  
María Ros-Chumillas<sup>2</sup>, Antonio López-Gómez<sup>2\*</sup>.

1: Department of Cell Biology and Histology, Faculty of Biology, Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo, 30100 (Murcia, Spain)

2: Food Safety and Refrigeration Engineering Group, Department of Agricultural Engineering, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203-Cartagena, Murcia, Spain  
e-mail: antonio.lopez@upct.es

**Abstract:** *In aquaculture, the slaughter method is one of the most stressful stages due to long agony and suffering on farmed fish. In terms of fish welfare, the main goal of this work was to achieve a rapid loss in consciousness, decrease stress levels and also improve the conservation of refrigerated quality of farm fish. Thus, we designed a new technology of slaughter with anaesthesia using clove essential oil (CEO) encapsulated in beta-cyclodextrins ( $\beta$ -CD), embedded in the ice crystals. Rainbow trout was used as a model due to its world aquaculture production importance. Thus, we tested low doses of CEO+ $\beta$ -CD embedded in crushed ice. Our results showed a decrease of induction times of anaesthesia and also lower levels of plasmatic stress parameters in fish treated with CEO+ $\beta$ -CD, compared with control group. Parallely, farmed fish treated with CEO+ $\beta$ -CD does not significantly increase the initial level of CEO residue that fish already had.*

**Key words:** Aquaculture, farmed fish, CEO+ $\beta$ -CD complex, stress level, slaughter.



## PERFORMANCE CHARACTERIZATION OF AN ICE-STORAGE SYSTEM FOR SMALL SCALE COOLING APPLICATIONS

Muaz Bedru Hussen <sup>1,2,3\*</sup>, Victor Torres-Toledo <sup>2</sup>, Joachim Müller <sup>2</sup>, Demiss Alemu <sup>3</sup>, Alberto Coronas <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Group of Applied Thermal Engineering (CREVER), University Rovira i Virgili, Avinguda Països Catalans 26, Tarragona, Spain

<sup>2</sup> Institute of Agricultural Engineering, Tropics and Subtropics Group, Universität Hohenheim (440e), Stuttgart 70599, Germany

<sup>3</sup> School of Mechanical and Industrial Engineering, Addis Ababa Institute of Technology, Addis Ababa University, Ethiopia

\* Corresponding author. E-mail address: muazbedru@gmail.com (Muaz Bedru Hussen)

**Keywords:** Ice-storage, Flat evaporator in water, Coefficient of performance, Phase change

**Abstract:** *An external ice-on-flat surface ice storage system based on a conventional vapor compression refrigeration principle was studied. The system uses a variable speed DC-Compressor of 75W nominal power and a flat tube channeled evaporator surface fully immersed in a water bath. A performance characterization was carried out for two compressor speeds at 2000 rpm and 3500 rpm and three ambient temperatures of 25°C, 35°C, and 45°C. A daily ice mass production rate ranging from 26.28 kg to 13.96 kg was obtained for the compressor speeds and ambient temperature ranges studied. The compressor energy consumption ranged from 0.83kWh to 1.71kWh and the COP values varied between 2.63 and 1.5. A system configuration with a better ice production tends to have a COP value of 1.75 and 2.09 respectively for higher and lower compressor speeds. According to the results, energy efficient operation of small capacity variable speed compressors could be achieved at lower compressor speeds and ambient temperatures.*



ID 199

## CONTROL OPTIMIZATION FOR COLD-ROOM (WALK-IN) REFRIGERATION UNITS

Pere Moreno<sup>1\*</sup>, Xavier Albets-Chico<sup>1</sup>, Gabriel Zsembinski<sup>2</sup>, Alvaro de Gracia<sup>2,3</sup>, Jose Miguel Maldonado<sup>2</sup>, Luisa F. Cabeza<sup>2</sup>

1: AKO Group

Sant Pere de Ribes, 08800, Spain

e-mail: xalbets@ako.com

2: GREiA Research Group INSPIRES Research Centre

University of Lleida Lleida, 25501, Spain

3: CIRIAF – Interuniversity Research Centre

University of Perugia Perugia, 06125, Italy

**Abstract:** *Cold-rooms are widely used in food retail and food service industry. The objective of this work is to present an optimized control strategy to enhance the performance of the cold-rooms, with special emphasis on energy savings through defrost optimization. A novel cold-room control algorithm was developed to predict the frost level accumulated on the evaporator so the controller is able to launch defrosts only when necessary, skipping unnecessary defrosts, which negatively affects energy consumption. The control is also able to manage the evaporator fans according to the frost level, providing free-cooling when the frost level is suitable to cool down the cold-room without using the compressor. The new algorithm was tested in four cold-rooms working under different conditions and satisfactory results were obtained. All cold-rooms drastically decreased their number of defrosts (reaching up to 90% reduction) and obtained important energy savings, from 15.9% to 39.3%.*

**Keywords:** Cold-room, Control (automatic), Cooling, Defrosting, Energy saving.



## CONNECTED INDEXES FOR FOOD PRODUCT TEMPERATURE AND QUALITY MONITORING

X. Albets-Chico<sup>1</sup>, P. Moreno<sup>1</sup>, I. Muñoz<sup>2</sup>, J. Comaposada<sup>2</sup>, S. Bover<sup>2</sup>, A. Jofre<sup>2</sup>, R. Rovira<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> AKO Group

St. Pere de Ribes, 08812, Spain, [xalbets@ako.com](mailto:xalbets@ako.com)

<sup>(2)</sup> IRTA-Food Technology

Monells, 17121, Spain, [israel.munoz@irta.cat](mailto:israel.munoz@irta.cat)

**Summary:** *Related to food retail and food services in general, two clear market tendencies can be distinguished nowadays: i) food retail is shifting towards smaller, specialized quality-based proximity and convenience stores and ii) delivery-based food retail and catering services are substantially growing. Both tendencies require even greater degrees of food product control temperature, quality standards and food microbiology risk analysis, either for stored or transported foods. The aim of this paper is to present two different indexes related to a) storage quality regarding drying conditions and b) product shelf-life evolution based on storage temperature. Both indexes are part of a greater connected data facility, using new cellular wireless technologies and internet of things (IoT) concepts, such that the indexes are able to provide full traceability in real time, therefore demonstrating and quantifying whether the food storage or transport conditions have abided optimal quality standards and if microbiology hazards are under control.*

**Keywords:** Air-Transport, Drying, Food Industry, Microbiological Quality, Quality.

### 1. INTRODUCTION

Food retail stores and catering services are nowadays addressing their quality standards only on temperature monitoring, without any quantification of the impact of temperature-time and/or air relative humidity on the food products. Moreover, it is often found that the food retail industry presents an important lack of knowledge related to optimal refrigeration/storage conditions for specific products, while air relative humidity is generally neglected. The lack of knowledge related to the effects of variations with respect to the optimal conditions is seen in two directions:

- Effects of the storage temperature and air relative humidity (when different from optimal) on the drying/weight loss rate of fresh products, therefore, on its water content and related organoleptic and visual features, i.e. sensory characteristics.
- Effects of the storage temperature and time on the growth of microorganisms in perishable products, therefore, on its microbiological quality, safety and general sensory characteristics.

Beyond the effects on both drying/weight loss and microbiological aspects of the perishable products, another point of interest is the traceability of the cold chain and the compliance of HACCP (Hazardous Analysis of Critical Control Points). Indeed, despite big efforts made by the industry in the recent years, it is still not yet a common practice to consistently monitor and register storage conditions all along the cold chain from the farm to the table. One of the most important barriers related to this aspect is the still technical complexity of data management and connectivity, often related to complex wired sensors networks, local databases and lack of accessible engineered front-ends where all the information can be gathered and analysed (or when these current technical solutions are still cost prohibitive for many applications). The still incipient *IoT* (Internet of Things) technologies and practices can clearly provide interesting functionalities for this field, as the independent



## MAP PACKAGING WITH ESSENTIAL OILS VAPOURS INCREASES THE QUALITY AND SHELF LIFE OF REFRIGERATED BREADED MEAT PRODUCTS

María Ros-Chumillas<sup>1</sup>, Vera Antolinos<sup>1</sup>, María José Sánchez-Martínez<sup>1</sup>, Laura Navarro-Segura<sup>1</sup>, Laura Buendía-Moreno<sup>1</sup>, Gines Benito Martínez Hernández<sup>1</sup>, Arturo Esnoz-Nicuesa<sup>1</sup>, Asunción Iguaz-Gainza<sup>1</sup>, and Antonio López-Gómez<sup>1\*</sup>.

1: Food Safety and Refrigeration Engineering Group, Department of Agricultural Engineering, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203, Cartagena, Murcia, Spain

\*e-mail: antonio.lopez@upct.es

**Abstract:** *Modified atmosphere packaging (MAP) increases the shelf life of refrigerated breaded meat products, but its shelf-life is relatively short. In this work, it was proposed to increase the shelf life by the application of essential oil vapor (EOsV) immediately before the MAP injection (EOs + MAP). The tests were performed with chicken nuggets. Conditions studied were: (i) Commercial: product manufactured and packed by the industry (ii) Control: product manufactured by the industry and packed using EOs + MAP technology without EOsV application; (iii) Treated: product manufactured by the industry and packed using EOs + MAP technology with EOsV treatment. Nuggets were stored at 4 and 8 °C during a period of 12 and 7 days, respectively. Microbiological and sensory analyses were carried out. EOsV + MAP technology preserves the quality of the product more than 8 days at 4 °C, increasing the nugget shelf-life more than 150%.*

**Keywords:** Essential oils vapors, vacuum, chicken nuggets, shelf-life, microbiology quality.



**Sesión A5**



## ACTIVE CARDBOARD BOX WITH SMART INTERNAL LINING BASED ON ENCAPSULATED ESSENTIAL OILS FOR ENHANCING THE SHELF LIFE OF REFRIGERATED FRESH NECTARINES

María Ros-Chumillas<sup>1</sup>, Laura Buendía-Moreno<sup>1</sup>, María José Sánchez-Martínez<sup>1</sup>, Vera Antolinos<sup>1</sup>, Laura Navarro-Segura<sup>1</sup>, Ginés Benito Martínez-Hernández<sup>1</sup> and Antonio López-Gómez<sup>1\*</sup>

1: Food Safety and Refrigeration Engineering Group, Department of Agricultural Engineering, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203, Cartagena, Murcia, Spain.

\*e-mail: antonio.lopez@upct.es

**Abstract:** *Whole fresh fruits as nectarine are normally sold in bulk and refrigerated ( $\approx 2-4$  °C, 85-90 % RH) in open cardboard boxes with alveoli reaching a relatively short shelf-life of 12-15 days. The common physiological/pathological disorders of nectarines during postharvest life are rot, dehydration, and internal breakdown. Therefore, it was developed the concept of active cardboard container for this product, to improve the freshness and shelf-life and to some extent alleviate these quality problems. Active cardboard boxes were developed in our laboratories incorporating essential oils (EOs) encapsulated in  $\beta$ -cyclodextrin in the water-based acrylic emulsion applied on the cardboard surface. The nectarine quality was better preserved with the active boxes for more than 25 days, with a reduction of dehydration and decay when compared with the conventional cardboard boxes. Contrary, the sensory quality (mainly due to flavour and texture) of nectarines packaged in conventional cardboard trays was of 14-15 days.*

**Palabras clave:** Nanoencapsulation, sensory quality,  $\beta$ -cyclodextrins, firmness, decay incidence.



## WHEN SALMON IS STUNNED USING NANOENCAPSULATED ANAESTHETIC, AND IT IS COLD STORED IN ICE INCLUDING NANOENCAPSULATED ESSENTIAL OILS, THE QUALITY AND SHELF-LIFE INCREASE.

Laura Navarro-Segura<sup>1</sup>, María Ros-Chumillas<sup>1</sup>, María José Sanchez-Martínez<sup>1</sup>, Laura Buendía-Moreno<sup>1</sup>, Amanda Esperanza López-Cánovas<sup>2</sup>, Alfonso García-Ayala<sup>2</sup>, Jorge Galindo-Villegas<sup>3</sup> and Antonio López-Gómez<sup>1\*</sup>

1: Food Safety and Refrigeration Engineering Group, Department of Agricultural Engineering, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203, Cartagena, Murcia, Spain.

\*e-mail: antonio.lopez@upct.es

2: Department of Cell Biology and Histology, Faculty of Biology, Universidad de Murcia, Campus Universitario de Espinardo, 30100 (Murcia, Spain).

3: Faculty of Biosciences and Aquaculture, Nord Universitet, Universitetsalléen 11, 8026 Bodø, Nordland, Norway.

**Abstract:** *Quality of fresh Atlantic salmon is influenced by the stunning method. Salmon slaughter is currently done by electrical method but it can fail. Then, we propose a slaughter technology with previous anesthesia using a natural anesthetic being less aggressive, while also improving the quality of fresh salmon. Moreover, it is proposed to keep this fresh salmon refrigerated (2 °C) on antimicrobial ice (including essential oils) for extending its shelf-life. Experimental results showed that salmon slaughtered with previous anesthesia (dose 60 mg CEO/kg water) suffered less stress according to fish glucose levels and lower time (50 s) until loss of balance and mobility of fish. TMA-N and water holding capacity of refrigerated gutted fresh salmon stored on ice confirmed that salmon stored with the antimicrobial ice showed higher freshness, reaching its acceptability limit more than 15 days, whereas the limit for salmon stored in control ice was 9 days.*

**Keywords:** Salmon, natural anesthetic, stress reduction, antimicrobial ice, shelf-life extension.



ID XXX

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE OPENING AND CLOSING OF THE LOADING DOCKS ON THE COOLING ENERGY DEMAND OF A LARGE-SIZED INDUSTRIAL WAREHOUSE USED FOR STORING FRUIT AND VEGETABLES

José Javier Rubio Rubio<sup>1\*</sup>, Francisco Vera García<sup>2</sup>, Eloy Hontoria Hernández<sup>3</sup> y Alejandro López Belchí<sup>4</sup>

1: Universidad Politécnica de Cartagena. C/Doctor Fleming s/n. 30202. Cartagena.  
e-mail: josejavier.rubio@edu.upct.es

2: Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Politécnica de Cartagena. C/Doctor Fleming s/n. 30202. Cartagena.

3: Departamento de Economía de la Empresa. Universidad Politécnica de Cartagena. C/Doctor Fleming s/n. 30202. Cartagena.

4: Departamento de Ingeniería y Técnicas Aplicadas. Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire. C/ Coronel López Peña s/n. 30729. Santiago de la Ribera. Murcia

**Abstract:** *This article investigates the influence that the infiltration of external air through the loading docks has on the energetic cooling demand of an industrial cooling unit of big dimensions used for storing perishable food. For this purpose, a model of the industrial unit in two different energetic simulation software, CLIMA and TRNSYS17, was developed. The values of the parameters analysed were introduced depending on the possibilities software bring. Forcing functions, previously obtained, were used as inputs to the model to represent the values of the parameters. All these data put together allow to estimate how this thermal load affect to the energetic cooling demand.*

*A logical thought is that a greater thermal load due to the infiltration of external air implicate a bigger energetic cooling demand. Actually, the results show this but the percentual variation of the effect of the thermal load analysed, in a separated way or put together, has more interest than the quantitative results. Besides, check how the results change depending the software used is also an interesting matter.*

**Keywords:** energy demand, air infiltration, CLIMA, TRNSYS 17.



ID 237

## CONTROL DEL VIRAJE DE COLOR EN ETIQUETAS TIEMPO-TEMPERATURA PARA VERIFICACIÓN DE LA CADENA DE FRÍO EN PRODUCTOS REFRIGERADOS

**Silvia Zabala González**

Área de Fabricación por Impresión, NAITEC.  
C/ Zarapuz, 1 – 31200-Estella (Navarra)  
e-mail: szabala@naitec.es

**Resumen:** *Se ha desarrollado una etiqueta TTI (time-temperature indicator) fabricable con tecnologías de impresión roll-to-roll y capaz de indicar eventos térmicos de interés con cambios de color irreversibles, empleando una estrategia bacteriológica para la formulación de la tinta. Es una etiqueta barata, no tóxica, fácilmente integrable en los envases y fabricable en masa. Con el control de las diferentes variables del proceso de fabricación, incluyendo la formulación de la tinta, es posible adaptar el cambio de color a las necesidades de cada producto. Se lleva a cabo la prueba de concepto para considerar la estrategia de alcalinización del sustrato para diferenciar zonas funcionales en una misma etiqueta en un proceso de fabricación sencillo, ya que la impresión de la capa funcional se da en una única etapa*

**Palabras clave:** Etiqueta tiempo-temperatura, Time-temperature indicator, Smart tag, cold-chain control, functional printing.

## REFRIGERADOR DOMÉSTICO CON UNIDADES DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA CON MATERIAL DE CAMBIO DE FASE Y OPERADO CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

**Carolina Mira-Hernández<sup>1</sup>, Laura V. Mejía-Arias<sup>2</sup>, Santiago Valencia-Canola<sup>3</sup>, Juan C. Palacio-Mejía<sup>3</sup> y Cesar A. Isaza-Roldán<sup>5\*</sup>**

Grupo de Investigación de Energía Termodinámica, Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana

Cq. 1 #70-01, Medellín, Antioquia, Colombia

1: e-mail: carolina.mira@upb.edu.co

2: e-mail: laura.mejiaa@upb.edu.co

3: e-mail: santiago.valenciac@upb.edu.co

4: e-mail: juancamilo.palaciome@upb.edu.co

5: e-mail: cesar.isaza@upb.edu.co

**Resumen:** *El presente estudio se concentra en el desarrollo de un refrigerador doméstico de 219 L, con refrigerante R134a, compresor de corriente directa y operado con un sistema de energía solar fotovoltaica de 250 Wp, con capacidad de almacenamiento de energía térmica “fría” (CTES por sus siglas en inglés) en unidades con materiales de cambio de fase (PCM por sus siglas en inglés). Las unidades de CTES son de descarga pasiva y se implementan en un refrigerador de descongelamiento manual. Las unidades de CTES consisten de módulos llenos de PCM con geometría rectangular y protuberancias en la superficie frontal en forma de aletas rectangulares que permiten extender el área para la transferencia de calor por convección natural. Los módulos con PCM inorgánico se ubican en las paredes del compartimiento congelador. Se realizan pruebas experimentales comparativas para evaluar el desempeño y comportamiento del refrigerador con y sin CTES. La implementación de módulos con PCM se traduce en ciclos de refrigeración más largos y una mayor autonomía.*

**Palabras clave:** Almacenamiento de energía térmica, materiales de cambio de fase, refrigeración doméstica, energía solar fotovoltaica

**Sesión B1**



ID 151

## EXPERIMENTAL COP ENHANCEMENT OF A CO<sub>2</sub> TRANSCRITICAL REFRIGERATING PLANT INCLUDING THERMOELECTRIC SUBCOOLING

Patricia Aranguren<sup>1,2\*</sup>, Daniel Sánchez<sup>3</sup>, Álvaro Casi<sup>1,2</sup>, Miguel Araiz<sup>1,2</sup>

David Astrain<sup>1,2</sup>, Ramón Cabello<sup>3</sup>

1: Engineering Department, Public University of Navarre  
Campus Arrosadía, 31006, Pamplona (Navarra), Spain  
e-mail: patricia.aranguren@unavarra.es

2: Smart Cities Institute, Public University of Navarre  
Campus Arrosadía, 31006, Pamplona (Navarra), Spain

3: Department of Mechanical Engineering and Construction, Jaume I University  
Campus Riu Sec s/n, 12071 (Castellón), Spain

**Abstract:** *The latter fluorinated greenhouse gases regulations are reinforcing the use of CO<sub>2</sub> as working fluid in commercial refrigerating plants due to its ultra-low global warming potential and its natural condition. Nevertheless, the transcritical operation at high ambient temperatures provokes a decrement on their coefficient of performance promoting further investigation on this topic to optimize their behavior. This research combines thermoelectric cooling with a CO<sub>2</sub> vapor compression facility, providing a subcooling at the exit of the gas-cooler that increases the COP up to the 9.9 %.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, thermoelectric subcooling, R744, transcritical operation, COP.





## THERMODYNAMIC ANALYSIS OF AN EJECTOR BASED AUTO-CASCADE SYSTEM FOR ULTRA LOW TEMPERATURE FREEZING USING A MIXTURE OF REFRIGERANTS R600a AND R1150

José Antonio Expósito Carrillo<sup>1\*</sup>, Francisco José Sánchez de La Flor<sup>1</sup>, José Manuel Salmerón Lissén<sup>2</sup>

1: Escuela Superior de Ingeniería, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos Universidad de Cádiz. Avenida de la Universidad, Puerto Real 11519, Spain  
e-mail: jose.expositocarrillo@alum.uca.es

2: Escuela Superior de Ingeniería, Grupo de termotecnia Universidad de Sevilla Camino de los Descubrimientos S/N, Sevilla 41092, Spain

**Abstract:** *The range of temperatures required by the ultra-low temperature applications,  $-50^{\circ}\text{C}$  to  $-100^{\circ}\text{C}$ , cannot be economically achieved with single stage systems because of the limitation on the compression ratio. Different types of solutions like cascade, auto-cascade or two-stage systems can be implemented to achieve the desired working conditions. However, those systems are usually complex or the efficiency achieved is not good enough.*

*In the present article, a modification of the auto-cascade system has been proposed by including an ejector device to improve its COP. As an alternative to the conventional refrigerants, with very high GWP, used in this type of systems, R23 or R508B, a mixture of the hydrocarbons iso-butene and ethylene has been used.*

*The results showed a potential improvement of 29% on the COP of the system for the design working conditions at  $-90^{\circ}\text{C}$  of evaporating temperature. It can be concluded that ejectors can be implemented in this type of cooling cycle without adding excessive complexity and cost.*

**Key words:** Ultra-Low-Temperature, refrigeration, ejector, natural refrigerants.



## A NON-INVASIVE METHODOLOGY FOR ESTIMATING THE OIL MASS FLOW RATE IN REFRIGERATION CYCLES

R.Ossorio\*, E.Navarro, A.López and J.Gonzalvez

Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética (IUIIE),  
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, ed. 8E cubo F semisótano,  
Valencia, 46022, Spain.  
e-mail: r.ossorio@iie.upv.es

### Abstract:

*ASHRAE 41.4 standard [1] proposes a methodology to estimate the oil mass flow in a refrigeration cycle. However, the procedure itself is tedious and invasive. In this study, another method is analysed which offers an online, non-invasive and qualitative estimation of the oil mass flow.*

*The performance of this method has been tested in the characterization of the oil circulation rate (OCR) of a refrigeration system driven by a variable speed compressor in which the effect of the speed of the compressor and the evaporating temperature (suction specific volume) on the OCR is analysed over a set of 36 tests.*

**Keywords:** Variable Speed Compressor, OCR, Oil Circulation Rate, Oil separator

**Sesión B2**



## PERFORMANCE ANALYSIS OF A VARIABLE SPEED DRIVE

**R.Ossorio\*, E.Navarro, A.López and J.A.M. Román**

Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética (IUIIE),  
Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, ed. 8E cubo F semisótano,  
Valencia, 46022, Spain.  
e-mail: r.ossorio@iie.upv.es

### **Abstract:**

*Typically, when characterizing a variable speed compressor for air conditioning, the performance of the variable speed drive (inverter) is not analyzed: the compressor-inverter system is studied as a whole.*

*Consequently, discrepancies rise with regard to power consumption and efficiency of the overall system when the compressor is delivered without inverter and other inverter brand is installed. This fact affects to appliance designers directly as a compressor can underperform in the final appliance when installed with a different inverter.*

*In this study a model of the performance of an inverter is presented. The model uses as input the consumption of the system and the speed of the compressor and only 4 fitting coefficients are used. The model has been fitted with a dataset of more than 130 tests which covers all the working conditions of the variable speed compressors and provides typical deviations lower than 5%.*

**Keywords:** Variable Speed Compressor, Inverter, Power loss, model

## EVALUACIÓN TEÓRICA DE COMPRESIÓN EN PARALELO Y EYECTOR COMO CONFIGURACIONES PARA BOMBAS DE CALOR DE ALTA TEMPERATURA

**Carlos Mateu-Royo<sup>1\*</sup>, Adrián Mota-Babiloni<sup>1</sup>, Joaquín Navarro-Esbrí<sup>1</sup>,  
Rafa Moscardó-Boscà<sup>1</sup>, Francisco Molés<sup>1,2</sup> y Ángel Barragán-Cervera<sup>1</sup>**

1: Grupo de investigación ISTENER Research Group, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Campus de Riu Sec s/n, 12071 Castelló de la Plana, España.

e-mail: mateuc@uji.es

2: Expander Tech S.L. (Rank), 12600 La Vall d'Uixó, España.

**Resumen:** *Este artículo presenta una evaluación teórica de compresión en paralelo y eyector como configuraciones para bombas de calor de alta temperatura, operando con y sin intercambiador interno. Se ha establecido como configuración referencia el ciclo simple de compresión de vapor y como fluido de trabajo en todas las configuraciones el HFC-245fa. La temperatura de producción de calor se ha simulado entre 110 y 140 °C, mientras que la temperatura de calor residual varía entre 60 y 90 °C. Mientras que la configuración de compresión en paralelo con economizador muestra el mayor aumento de COP, también presenta la mayor reducción de capacidad calorífica volumétrica. Las configuraciones de eyector y compresión simple, ambas con intercambiador interno, muestran notables mejoras de COP, ambas con similares o incluso mayor capacidad calorífica volumétrica que la configuración referencia de compresión simple sin intercambiador interno.*

**Palabras clave:** configuraciones avanzadas, HTHP, eyector, eficiencia energética

### 1. INTRODUCCIÓN

Las bombas de calor de alta temperatura han surgido de la necesidad de incrementar la temperatura de producción de calor para satisfacer las demandas térmicas de los procesos industriales, así como la necesidad de recuperar el calor residual industrial para mejorar la eficiencia energética de una forma sostenible [1]. Ambas necesidades han dado lugar al desarrollo de nuevos componentes resistentes a las altas temperaturas, además de nuevos fluidos refrigerantes y configuraciones.

En los últimos años se ha investigado en el desarrollo de esta emergente tecnología con el fin de mejorar la eficiencia energética y sostenibilidad, buscando nuevas y más eficientes configuraciones junto a nuevos refrigerantes con bajo Poder de Calentamiento Global (PGC) [2]. Mateu-Royo et al. [3] analizaron teóricamente varias configuraciones para bombas de calor de alta temperatura de ciclo simple y doble etapa con y sin intercambiador interno, obteniendo que la configuración de doble etapa con intercambiador interno proporcionaba el mayor COP. Posteriormente, Mota-Babiloni et al. [4] realizaron un análisis más detallado de configuración en cascada para bomba de calor de alta temperatura, donde se observó que esta configuración daba muy buenos resultados para grandes saltos térmicos entre la fuente de calor y la temperatura de producción. Finalmente, Arpagaus et al. [5] realizaron un análisis teórico de varias configuraciones para bombas de calor englobando la mayoría de las configuraciones empleadas en los sistemas de refrigeración para ver su comportamiento en la producción de calor a alta temperatura. Dicho



## SIMULACIÓN DEL EFECTO DE LA CARGA DE REFRIGERANTE EN UNA BOMBA DE CALOR LÍQUIDO-AGUA CON R407C

I. Ortega<sup>1</sup>, J. Sieres<sup>1\*</sup>, F. Cerdeira<sup>1</sup> y E. Álvarez<sup>2</sup>

1: Área de Máquinas y Motores Térmicos, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende 9, 36310 Vigo, España  
e-mail: jsieres@uvigo.es

2: Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende 9, 36310 Vigo, España

**Resumen:** *En este trabajo se presenta un modelo matemático para predecir el efecto de la carga de refrigerante en el funcionamiento de una bomba de calor con R407C. Este tipo de modelos puede resultar especialmente interesante en bombas de calor sin depósito de refrigerante, ya que en estos casos la carga de refrigerante utilizada afecta directamente a el comportamiento del sistema. Los componentes principales de la bomba de calor analizada son: un compresor tipo scroll, intercambiadores de placas soldadas (para el condensador, evaporador y desrecalentador) y una válvula de expansión termostática con igualador externo. En el trabajo se presentan y analizan resultados numéricos para condiciones de operación típicas de bombas de calor líquido-agua (según EN 14511-2, 2019) considerando distintas cargas de refrigerante. Uno de los objetivos principales del trabajo es estimar el grado de subenfriamiento a la salida del condensador en función de la carga de refrigerante. Puesto que el evaporador, el desrecalentador y, especialmente, el condensador pueden albergar cantidades importantes de refrigerante, son necesarios modelos detallados para los procesos de pérdida de carga y de transferencia de calor en estos componentes.*

**Palabras clave:** bomba de calor, R407C, modelo de simulación, carga de refrigerante, grado de subenfriamiento.



## DESIGN OF A HIGH-TEMPERATURE HEAT PUMP FOR THERMAL ENERGY STORAGE APPLICATIONS

Violeta Sánchez-Canales<sup>1,\*</sup>, Jorge Payá<sup>1</sup>, José Miguel Corberán<sup>1</sup>, Abdelrahman Hassan<sup>1,2</sup>

1: Universitat Politècnica de València, Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética, Camino de Vera s/n, Valencia 46022, Spain, Phone: 34-96-3879124, Fax: 34-96 3879126

\*e-mail (first author): violeta.sanchez@iie.upv.es

2: Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Engineering, Zagazig University, Zagazig 44519, Egypt

**Abstract:** *The improvement of the heat storage technologies will allow the security of supply and dispatchability of renewable energy sources (RES), enabling their better integration in the electricity grid. This work proposes a solution by means of a Compressed Heat Energy Storage (CHEST) technology. In CHEST concept a high-temperature heat pump (HTHP) uses surplus energy from RES to pump heat from low-temperature source to a high-temperature thermal energy storage (HT-TES) system. Later, stored heat is discharged to drive an organic Rankine cycle (ORC) producing electrical power. In this paper detailed design and sizing of a HTHP for a laboratory-scale CHEST prototype, in the range of 10 kWe, is presented. Parametric studies were done to assess the HTHP's performance under different operating condition. The results showed that the proposed HTHP can reach a coefficient of performance (COP) of 4.86, at source and sink temperatures of 85 and 133 °C, respectively.*

**Keywords:** Compressed heat energy storage, High-temperature heat pump, Modeling, Refrigerants, Heat exchangers



## CO<sub>2</sub> REFRIGERATION FOR THE DETECTORS AT CERN. RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY

Ángel Á. Pardiñas<sup>1\*</sup>, Stefanie Blust<sup>2</sup>, Bart Verlaat<sup>3</sup>, Armin Hafner<sup>2</sup>

1: Thermal Energy Department, SINTEF Energy Research, Trondheim, 7034, Norway.

e-mail: angel.a.pardinas@sintef.no

2: Department of Energy and Process Engineering, NTNU, Trondheim, 7491, Norway.

e-mail: angel.a.pardinas@ntnu.no

3: Engineering Department, CERN, Geneva, 1211, Switzerland.

**Abstract:** 2025 is the date for the installation of the phase-II silicon detectors in the ATLAS and CMS experiments at CERN. The silicon cells within detectors need to be kept cold to minimize radiation damage from the particle flux travelling through, and stability is crucial to extend their lifetime. Heat removal will be achieved by oil-free CO<sub>2</sub> evaporative cooling, and a CO<sub>2</sub> vapor compression cycle will be implemented as primary refrigeration system for the first time at CERN, phasing out the conventional units with HFCs. This paper describes the primary R744 cooling units, focusing into the measures to control cooling capacity, e.g. installation of several units in parallel or utilization of hot gas bypass and/or inverter. Hot gas bypass and inverter strategies are compared utilizing a numerical tool developed specifically for this project and energy performance is evaluated in each case. Important power consumption reduction can be achieved.

**Keywords:** Refrigeration, carbon dioxide, R744, CERN.





## DESARROLLO EXPERIMENTAL DE UN PROTOTIPO DE BOMBA DE CALOR DE ALTA TEMPERATURA PARA LA RECUPERACIÓN DE CALOR RESIDUAL INDUSTRIAL

Carlos Mateu-Royo<sup>1\*</sup>, Joaquín Navarro-Esbrí<sup>1</sup>, Adrián Mota-Babiloni<sup>1</sup>, Francisco Molés<sup>1,2</sup>, Manuel González-Piquer<sup>2</sup> y Ángel Barragán-Cervera<sup>1</sup>

1: Grupo de investigación ISTENER, Departamento de Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Campus de Riu Sec s/n, 12071 Castelló de la Plana, Spain

e-mail: mateuc@uji.es

2: Expander Tech S.L. (Rank), 12600 La Vall d'Uixó, Spain

**Resumen:** *Las bombas de calor de alta temperatura (BCAT) representan una prometedora tecnología de revalorización energética capaces de sustituir las calderas de combustibles fósiles, mejorando la eficiencia energética y contribuyendo a la descarbonización del sector industrial, en línea con el cumplimiento del Acuerdo de París sobre la mitigación del cambio climático. Este artículo presenta el desarrollo y los primeros resultados experimentales de un prototipo de bomba de calor de alta temperatura para la recuperación de calor residual industrial. El prototipo alcanza temperaturas de producción de calor de hasta 140 °C utilizando HFC-245fa como fluido refrigerante. Parámetros energéticos como la potencia calorífica, consumo energético del compresor, temperatura de descarga, etc. son analizados para varios puntos de operación. Finalmente, un estudio ambiental muestra una potencial reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes entorno al 57.3% en comparación con las tecnologías convencionales de producción de calor industrial.*

**Palabras clave:** BCAT, cambio climático, descarbonización, eficiencia energética

### 1. INTRODUCCIÓN

Las bombas de calor están basadas en una tecnología sostenible que utiliza los principios de la termodinámica para revalorizar calor gracias a un pequeño consumo de energía eléctrica. Los beneficios de esta tecnología pueden ser aplicados en el sector industrial para cumplir con los objetivos del Acuerdo de París y por lo tanto, limitar el incremento de la temperatura global superficial por debajo de 2 °C desde los niveles preindustriales [1]. Por otro lado, se ha observado que la mayoría de los procesos industriales demandan temperaturas por encima de los 100 °C, y una importante fracción (alrededor del 2.8%) del consumo energético industrial es disipado en forma de calor residual de baja temperatura por debajo de los 100 °C [2]. Por ese motivo, recuperando el calor residual industrial por debajo de 100 °C y revalorizándolo hasta niveles dónde sea de nuevo calor útil para la industria con tecnologías eficientes, conseguirá una mejora en la eficiencia energética así como una reducción de las emisiones de efecto invernadero en el sector industrial [3]. Por ese motivo, una opción puede ser la utilización de la tecnología de bomba de calor integrada en diferentes procesos industriales, ofreciendo flexibilidad operativa y un amplio rango de maniobra.

De esta necesidad por analizar, desarrollar y extender los límites tecnológicos de la bomba de calor en el sector industrial nace el término bomba de calor de alta temperatura [4]. Esta nueva denominación hace

## Sesión B3



## EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DEL R452B COMO SUSTITUTO DIRECTO AL R410A EN UNA BOMBA DE CALOR LÍQUIDO-AGUA

I. Ortega<sup>1</sup>, J. Sieres<sup>1\*</sup>, F. Cerdeira<sup>1</sup>, E. Álvarez<sup>2</sup> y J.A. Dopazo<sup>1</sup>

1: Área de Máquinas y Motores Térmicos, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende 9, 36310 Vigo, España  
e-mail: jsieres@uvigo.es

2: Departamento de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende 9, 36310 Vigo, España

**Resumen:** Actualmente, el R410A es un refrigerante ampliamente utilizado en bombas de calor domésticas para aplicaciones geotérmicas. Aunque no daña la capa de ozono, sí contribuye de forma directa al calentamiento global del planeta, contribución que se cuantifica mediante un parámetro conocido como Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA). El PCA del R410A es 1924 por lo que, desde hace unos años, se están proponiendo refrigerantes alternativos de menor PCA. Uno de estos refrigerantes alternativos es el R452B, con un PCA de 676.

En este trabajo se presenta un estudio experimental de sustitución directa del R410A por el R452B en una bomba de calor líquido-agua. Los componentes principales de la bomba de calor son: un compresor tipo Scroll, una válvula de expansión electrónica e intercambiadores de placas para el condensador y el evaporador. Los resultados obtenidos muestran que el R452B puede ser un sustituto adecuado al R410A en este tipo de máquinas.

**Palabras clave:** bomba de calor, R410A, R452B, refrigerantes de bajo PCA, resultados experimentales.



## ANÁLISIS DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE REFRIGERANTE

Luis Sánchez-Moreno-Giner\*, Francisco Barceló-Ruescas, Alejandro López-Navarro y José González-Maciá

1: Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética, Universitat Politècnica de València.  
Camino de vera S/N, 46022, Valencia.  
e-mail:luis.sanchez@iie.upv.es

**Resumen:** *Los refrigerantes que pueden ser utilizados para sustituir a los actuales en el uso en bombas de calor para la producción de calefacción y agua caliente sanitaria, son transcíticos, o al menos ligeramente inflamables. Por esta razón, la carga de refrigerante, en caso de utilizar alguno de estos, está limitada debido a condiciones de seguridad. Es por ello que, la predicción de carga ha cobrado gran interés en los últimos años.*

*Para poder generar modelos que se ajusten a la realidad, es necesario saber la distribución real de la carga de refrigerante a lo largo de una bomba de calor, es decir, en cada uno de sus componentes. Experimentalmente, esto se realiza extrayendo carga de cada uno de los componentes tras haberlo aislado, después de haber parado la bomba de calor mientras se encontraba en estado estacionario.*

*Esta contribución intenta ayudar a la elección de que método utilizar para la extracción de carga de refrigerante en una bomba de calor.*

**Palabras clave:** Bomba de calor, carga de refrigerante, proceso de extracción.

## EXPERIMENTAL COMPARISON BETWEEN A R744 HEAT PUMP AND A R290 HEAT PUMP IN ORDER TO PRODUCE DOMESTIC HOT WATER IN ENERGY RECOVERY

**Emilio Navarro Peris<sup>1</sup>, José Miguel Corberán Salvador<sup>1</sup>, José González Maciá<sup>1</sup>, Fernando Illán Gómez<sup>2</sup>, Victor Sena Cuevas<sup>2</sup>, José Ramón García Cascales<sup>2</sup>, Francisco Javier Sánchez Velasco<sup>2</sup>**

1: Dep. Termodinámica Aplicada, ETSII, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera, s/n  
46022 Valencia, Spain.  
e-mail: fernando.illan@upct.es

2: Dep. Ingeniería Térmica y de Fluidos, ETSII, Universidad Politécnica de Cartagena, Dr. Fleming s/n  
30202 Cartagena, Murcia, Spain.

**Abstract:** *Water-to-Water heat pump (WtWHP) is an efficient alternative to the current technologies used in Domestic Hot Water (DHW) production with the advantage of having the possibility of performing energy recovery from any source of waste heat. Traditionally the most efficient solution in order to overcome the high temperature water lift present in DHW production has been done using transcritical cycles using R744 as refrigerant. Nevertheless, in the last years a new approach consisting of controlling the subcooling in subcritical cycles in order to improve the condenser temperature match has been developed improving significantly the COP of subcritical systems for these applications. In this work, a comparison between a transcritical and a subcritical WtWHP for DHW production in energy recovery applications has been developed. In order to do that an experimental test campaign with each prototype has been developed under the same working conditions. From that analysis, a comparative analysis of the relative performance of each system depending on the working conditions has been implemented and the observed differences discussed in terms of the different thermodynamic parameters of each system. From this analysis and taking into account cost parameters, this work allows to evaluate in a quantitative way the best solution to use depending on the working conditions.*

**Keywords:** Water-to-water heat pumps, heat pumps, domestic hot water production.

**Sesión B4**



## A NOVEL DESIGN OF A VERY LOW CHARGE AMMONIA CHILLER

José Antonio Expósito Carrillo<sup>1,2\*</sup>, Manuel Jesús García Jiménez<sup>2</sup>, Ángela Ruíz Ruíz<sup>2</sup>

1: Escuela Superior de Ingeniería, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos Universidad de Cádiz. Avenida de la Universidad, Puerto Real 11519, Spain. e-mail: jose.expositocarrillo@alum.uca.es

2: Research & Development department, Intarcon S.L, P.I Los Santos, Lucena, 14900, Spain

**Abstract:** *The restrictions imposed by the F-Gas directive have greatly increased the price of the HFC refrigerants during the last years. Then, the interest in natural refrigerants like carbon dioxide, propane or ammonia is arising as an alternative to the synthetic options. One of the key factors to safely implement solutions with flammable or toxic refrigerants like ammonia is the reduction of the refrigerant charge. Thus, researchers and manufacturers are making enormous efforts to achieve the minimum possible ammonia charge.*

*This article reports the experimental analysis of a novel concept of a compact ammonia chiller with a much reduced refrigerant charge. An air condensed unit with a semi-hermetic screw compressor and dry expansion plate heat exchanger in the evaporator side is proposed. Contrary to what has been commonly used in most of the industrial units, a miscible oil solution has been chosen as a lubrication system together with a single stage oil separator in the discharge of the compressor.*

*Considering all the features of the unit and a careful design of the piping, a value of the ammonia specific charge of 65 g/kW have been achieved with a COP of 2.0 for a nominal capacity of 220 kW at -8°C of glycol supply. The results have proven that an efficient ammonia system with a much reduced specific refrigerant charge can be built and safely operated..*

**Key words:** ammonia, refrigeration, low charge, design.



## FINNED-TUBE EVAPORATORS RE-DESIGN FOR NEW REFRIGERANTS, PART 2: BASIC GUIDELINES AND OPTIMIZATION

Carlos Prades-Gil<sup>1,\*</sup>, Emilio Navarro-Peris<sup>1</sup>, José González-Macia<sup>1</sup>, Abdelrahman Hassan<sup>1,2</sup>

1: Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain

\*e-mail (first author): cprades@iie.upv.es

2: Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Engineering, Zagazig University, 44519 Zagazig, Egypt

**Abstract:** *This work details a methodology in order to estimate the heat transfer coefficient and pressure drop of refrigerant- and air-side and their impacts on the evaporator design. From that point of view, the performance of finned-tube evaporators for different configurations and the evaluation of its design is done. As a probe of concept, different refrigerant circuitries are presented and compared. The main design considerations to optimize the operation of selected evaporator using R-290 as refrigerant are presented. Moreover, the propose evaporator was integrated in a complete air-to-water heat pump to investigate the effect of main air-side geometry parameters, such as spacing between rows and tubes, and fin pitch, on the heat pump's global performance.*

**Keywords:** Evaporator, Optimization, Flow-pattern, Modelling, Heat pump





## Computational model validation of a complete transcritical CO<sub>2</sub> refrigeration system with thermoelectric subcooling

Álvaro Casi<sup>1,2\*</sup>, Patricia Aranguren<sup>1,2</sup>, Daniel Sánchez<sup>3</sup>, David Astrain<sup>1,2</sup>, Miguel Araiz<sup>1,2</sup>, Ramón Cabello<sup>3</sup> y Llopis Rodrigo<sup>3</sup>

1: Departamento de Ingeniería, Universidad Pública de Navarra  
Campus Arrosadía s/n 31006 Pamplona (Navarra), España  
e-mail: alvaro.casi@unavarra.es

2: Instituto de Smart Cities, Universidad Pública de Navarra  
Campus Arrosadía s/n 31006 Pamplona (Navarra), España

3: Departamento de Ingeniería Mecánica y de Construcción, Universidad Jaume I  
Campus Riu Sec s/n 12071 (Castellón), España

**Resumen:** *En la actualidad el sector de la refrigeración provoca un gran impacto en el cambio climático debido a la utilización de fluidos refrigerantes altamente contaminantes para el medio ambiente. Este gran impacto ha impulsado la introducción de nuevas regulaciones y normativas en el sector de la refrigeración que limitan la utilización de los refrigerantes que cuentan con un alto poder de calentamiento atmosférico (PCA). Estas limitaciones han provocado un aumento considerable de la utilización de CO<sub>2</sub> en nuevas instalaciones por ser un refrigerante natural muy poco contaminante con bajo PCA. La operación de sistemas de CO<sub>2</sub> en climas cálidos es más compleja que con otros refrigerantes ya que trabaja en condiciones transcriticals al elevarse la temperatura. Además, al operar bajo estas condiciones la eficiencia del sistema de refrigeración disminuye. Una de las maneras de mejorar la eficiencia de estos sistemas es la utilización de un sistema de subenfriamiento el cual ha sido demostrado que aumenta la eficiencia del ciclo al aumentar la potencia frigorífica del sistema.*

*En este trabajo se ha desarrollado una herramienta computacional que es capaz de simular un ciclo de refrigeración de CO<sub>2</sub> operando en condiciones transcriticals. Además, la herramienta computacional predice el funcionamiento al introducir un sistema de subenfriamiento termoeléctrico que mejora la eficiencia global del conjunto. En el desarrollo de esta herramienta se ha simulado termodinámicamente el ciclo de compresión de vapor junto con el sistema de subenfriamiento que utiliza módulos termoeléctricos. Se ha tenido en cuenta para la implementación de la herramienta computacional el intercambio de calor y trabajo en el ciclo termodinámico, los intercambiadores de calor utilizados en el subenfriador termoeléctrico, las pérdidas térmicas y todos los fenómenos termoeléctricos.*

**Palabras clave:** subenfriamiento termoeléctrico, modelo computacional, CO<sub>2</sub>.



ID 1059

## REFRIGERATED CABINET MODELLING BASED ON THE CHARACTERISATION OF R290 BEHAVIOUR.

**Alejandro Sáez Pastor<sup>1\*</sup>, Jorge Patiño Pérez<sup>1</sup>, Lledó Prades Martell<sup>1</sup>, Guillem Monrós-Andreu<sup>1</sup>, Daniel Sánchez García-Vacas<sup>2</sup>, Rodrigo Llopís Doménech<sup>2</sup> y Ramón Cabello López<sup>2</sup>**

1: Departamento I+D Innovación 4.0, Frost-Trol S.A., España.  
CV 159 KM 2, C.P.12180-Cabanes (Castellón), España.  
e-mail: a.saez@frost-trol.es

2: GIT, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, España.

**Resumen:** *En este trabajo se presenta la herramienta desarrollada para el diseño de los diferentes componentes que constituyen el ciclo de frío de los muebles que se fabrican en la empresa Frost-Trol. El parámetro principal para tener en cuenta en el diseño de los intercambiadores de calor es el coeficiente de transferencia de calor del refrigerante. Para su cálculo se han empleado correlaciones pseudo-empíricas y correlaciones basadas en diagramas de patrones de flujo. Al modelar cada componente y enlazarlos entre sí se obtiene un modelo de todo el ciclo frigorífico, del cual se puede determinar cómo se comporta el refrigerante desde la descarga del compresor hasta la aspiración. Estos algoritmos han sido desarrollados para implementarlos en un controlador que comande el comportamiento del mueble frigorífico. Al tener caracterizado el mueble, se podrá adaptar el funcionamiento de este a las condiciones óptimas de funcionamiento con el fin de incrementar su eficiencia energética.*

**Palabras clave:** Muebles frigoríficos, propano, coeficientes de convección.



## SUITABLE DESIGN OF PLAT FIN HEAT EXCHANGERS BY MINIMIZING ENTROPY GENERATION

Farokh Nexhad<sup>1\*</sup>, Rahmatollah Khodabandeh<sup>1</sup>

1: KTH Royal Institute of Technology, Sweden.

e-mail: farokhsn@kth.se

**Abstract:** *The Entropy Generation Minimization (EGM) method is investigated to optimize design of the aluminum Plate-fin heat exchanger (PFHE). EMG has applied to identify and analyses the energy losses generated by heat transfer and pressure drop on cold and hot media of heat exchanger. Fin geometry, shape, height, pitch, thickness are considered to evaluate the effects of the design parameters on the Thermo-hydraulic performance of PFHE. The objective function of analyses is the specific entropy generation and total heat transfer area is the constraint in this study to identify the compactness factor of oil heat exchanger cooled by air. Performance of the PFHE is studied experimentally and the entropy generated by the system is calculated. The results reveal that heat dissipation on the hot fluid side and heating capacity of cold side respectively have significant effects on entropy generation compared to pressure drop. In addition, compactness factor of air fin has shown a better contribution on minimizing entropy in comparison with oil channels. Hence, more focus employed on air fin optimization. According to the results, the entropy generation rate by heat transfer is dominant compared to the one generated by pressure drop. It is also found that decreasing the height of the oil channel results in a reduction of entropy generation rate. Consequently, these promising results will allow industrial designers and manufacturers to reduce aluminum consumption for a similar application in a sustainable manner.*

**Keywords:** Compact heat exchanger, Plate-fin heat exchanger, aluminum oil-air cooler, Entropy generation minimization, Sustainable design

**Sesión B5**



## ON THE DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SOLUTION TO MITIGATE SUMMER MORTALITY IN BRAZILIAN OYSTERS' CROPS: REPORTING EXPERIMENTAL RESULTS

Marcos Antonio Garcia<sup>1,3\*</sup>, Nelson Silveira Jr.<sup>2</sup>, Luciano Antonio Mendes<sup>3</sup> and Kátia Cordeiro Mendonça<sup>4</sup>

1: Departamento de Refrigeração e Climatização, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus São José.  
R. José Lino Kretzer, 608 - Praia Comprida, São José - SC, 88103-902.  
e-mail: marcos.garcia@ifsc.edu.br

2: Fazenda Marinha Atlantico Sul, Nixxen Comércio de Frutos do Mar Ltda., 88064-002, Rod.  
Baldicero Filomeno, 9680 - Ribeirão da Ilha, Florianópolis - SC

3: Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Curitiba.  
R. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba - PR, 80215-901.

4: CESI Ecole d'ingénieurs, LINEACT, La Rocheller, 8 Rue Isabelle Autissier, 17140 Lagord.

**Abstract:** *The Pacific oyster mortality syndrome also occurs in Brazilian crops, with predominance in the adult phase, generating significant losses for local producers. According to the literature, if the spawning process is not triggered, a substantial reduction in the mortality rates can be achieved. This hypothesis steered the synthesis of a technological solution for the matter, a process enhanced by the product development methodologies. This article reports the experimental results of a proposed technological solution designed to mitigate the effects of summer mortality, and preserving desirable attributes in the final product, by inducing a regime comparable to the basal metabolism in long term confinements. Experimental results show that the Pacific oysters tolerate the designed controlled environment, presenting low mortality rates and preserving desirable commercial attributes.*

**Key words:** POMS, *Crassostrea gigas*, Refrigeration, Product development, Summer mortality.



ID XXX

## EVALUATION OF A NEW SIMULATION PROGRAM FOR ABSORPTION REFRIGERATION AND HEAT PUMPS

A. R. Jimenez-Carlson<sup>1\*</sup>, J. Prieto<sup>2</sup>, D. S. Ayoub<sup>2</sup>, I. Carvajal-Mariscal<sup>1</sup>, and A. Coronas<sup>2</sup>

1: Instituto Politecnico Nacional, ESIME, UPALM, Av. IPN s/n, Mexico City 07738, Mexico.

e-mail: aldorjc@gmail.com

2: Universidad Rovira i Virgili, Dept. Ingenieria Mecanica, CREVER, Avada Païses Catalans 26, 43007 Tarragona, Spain

**Abstract:** *Absorption refrigeration and heat pumps have gained a renewed research interest due to their abilities to utilize renewable thermal energy resources and contribute to the reduction of greenhouse gases emission. These systems are relatively complex and need specific software tools for modeling and simulation of their performances under different scenarios. SorpSim is an open-source software program developed to simulate the steady-state performance of sorption systems based on a flexible and modular approach. The software was developed in 2014 by the Oak Ridge National Laboratory (Tennessee, USA) based on the computing engine of ABSIM Version 5.0. The advantage of SorpSim is its user-friendly graphic interface, which helps the user to build sorption system models without the necessity of coding knowledge. Moreover, its capacity can be expanded by incorporating new user-defined component modules and properties of new working fluids.*

**Keywords:** Absorption, Heat pump, Modeling software, Refrigeration, Steady-state model.

## DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UN VENTILADOR AXIAL PARA USO EN REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA MEDIANTE TÚNEL DE VIENTO

Andrés R. Vintimilla<sup>1\*</sup>, Freddy E. Narváez<sup>2</sup>, Nelson G. Jara<sup>3</sup> y Fran Z. Reinoso<sup>3</sup>

1: Grupo de Investigación y Desarrollo en Simulación, Optimización y Toma de Decisiones, Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, EC030102.

e-mail: avintimillap@est.ups.edu.ec

2: Carrera de Mecánica, Instituto Superior Tecnológico del Azuay, EC010105, freddy.narvaez@tecazuay.edu.ec

3: Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, EC010105, njara@ups.edu.ec, freinoso@ups.edu.ec

**Resumen:** *Los refrigeradores domésticos, constituyen uno de los equipos de mayor consumo eléctrico a nivel residencial en el mundo, es por esto que en los últimos años se han desarrollado una serie de investigaciones que buscan optimizar su funcionamiento y minimizar la energía que demandan a través de propuestas de innovación tecnológica orientadas a la construcción de electrodomésticos que posean una mayor eficiencia energética.*

*Uno de los componentes del refrigerador doméstico que debe ser optimizado es el ventilador axial utilizado para la distribución del aire frío al interior. En este sentido y con la intención de establecer procesos de análisis, se ha visto la necesidad de determinar la curva característica caudal-presión, utilizando para ello un banco de ensayos tipo túnel de viento implementado en la Universidad Politécnica Salesiana Cuenca Ecuador bajo la normativa ANSI/AMCA Standard 210-16 y los métodos de prueba aerodinámicos de ventiladores, en el que se puede evaluar los moto-ventiladores en un diámetro de descarga de hasta 120 mm.*

*Para la validación de los resultados de la curva obtenida, se realizará una comparación con las que son obtenidas por el fabricante.*

**Palabras clave:** refrigeración doméstica, túnel de viento, ventilador axial, curvas características.



## COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO TÉRMICO DE UNA BOMBA DE CALOR DE EXPANSIÓN DIRECTA ASISTIDA POR ENERGÍA SOLAR UTILIZANDO UNA VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA Y UNA VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA

**William Quitiaquez<sup>1\*</sup>, Isaac Simbaña<sup>1</sup>, C.A. Isaza Roldán<sup>2</sup>, César Nieto-Londoño<sup>2</sup>,  
Patricio Quitiaquez<sup>1</sup>, Fernando Toapanta-Ramos<sup>1</sup>**

1: Grupo de Investigación en Energías Renovables e Implementación Mecánica de Pymes GIERIMP,  
Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana.

Dirección postal: 170131  
e-mail: \*wquitiaquez@ups.edu.ec

2: Grupo de Investigación Energía y Termodinámica,  
Universidad Pontificia Bolivariana.

Dirección postal: 050031

**Resumen:** *En el presente documento se analizó y comparó el rendimiento de una bomba de calor de expansión directa utilizando una válvula de expansión termostática y una electrónica. El sistema fue estudiado considerando un ciclo de refrigeración por compresión de vapor utilizando como fluido de trabajo el refrigerante R600a, mediante balances de energía en cada componente del sistema. Las pruebas experimentales fueron realizadas bajo condiciones climáticas similares para cada configuración. El sistema fue evaluado en función del coeficiente de rendimiento (COP) que relaciona el calor cedido con respecto a la potencia consumida. La válvula electrónica reguló de manera precisa el flujo másico de refrigerante, lo que generó una menor demanda energética del compresor y el COP aumentó, alcanzando 7.48, valor 25.4 % superior al alcanzado con la VET. El agua elevó su temperatura de 19.1 a 51.1 °C en 50 minutos utilizando VEE, un 40 % más rápido que la VET.*

**Palabras clave:** Refrigeración doméstica, válvula de expansión, energía solar, DX-SAHP.





## SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN COBERTOR CON GEOMETRÍA TRAPEZOIDAL PARA EL DESARROLLO DEL FLUJO DE AIRE EN UN ENFRIADOR VERTICAL CON PUERTA PANORÁMICA

Andrés R. Vintimilla<sup>1\*</sup>, Freddy E. Narváez<sup>2</sup>, Nelson G. Jara<sup>3</sup> y Fran Z. Reinoso<sup>3</sup>

1: Grupo de Investigación y Desarrollo en Simulación, Optimización y Toma de Decisiones, Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, EC030102.

e-mail: avintimillap@est.ups.edu.ec

2: Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico del Azuay, EC010105, freddy.narvaez@tecazuay.edu.ec

3: Carrera de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, EC010105, njara@ups.edu.ec, freinoso@ups.edu.ec

**Resumen:** *Este trabajo presenta el desarrollo de un modelo de simulación numérica basado en el método de elementos finitos (MEF) para el flujo de aire de un cobertor modificado con geometría trapezoidal con 8 a 12 salidas distribuidas en el mismo, a fin de obtener una mejora en la eficiencia energética de un enfriador vertical con puerta panorámica modelo VFV.*

*El modelo de simulación numérica desarrollado se procederá a validarlo en base a los resultados obtenidos en la simulación numérica de flujo de aire y transferencia de calor de un enfriador vertical con puerta panorámica que utiliza un cobertor plano con 2 salidas el cual fue validado experimentalmente; con este nuevo modelo se pretende simular bajo los mismos parámetros el cobertor trapezoidal, para visualizar la distribución del aire en el enfriador vertical según las variantes de salidas de 8, 10 y 12 y así establecer la mejor distribución. Se concluye que se realizó la optimización del cobertor, se mejoró las salidas del flujo de aire, ampliándola de 2 a un rango de 8 a 12 salidas.*

*En un trabajo posterior se podrían utilizar los resultados finales para la construcción del cobertor modificado mediante impresión 3D y su correspondiente verificación experimental.*

**Palabras clave:** refrigeración doméstica, enfriador vertical, cobertor, simulación de flujos.

## Sesión C1



## REFRIGERANTES NATURAIS: TENDÊNCIAS DO MERCADO, POLÍTICAS E TECNOLOGIAS NA INDÚSTRIA AGROALIMENTAR PORTUGUESA

Pedro D. Gaspar<sup>1, 2\*</sup> and Martim L. Aguiar<sup>1,2</sup>

1: Universidade da Beira Interior.  
Rua Calçada Fonte do Lameiro, Covilhã, 6200-001, Portugal.  
e-mail: dinis@ubi.pt.

2: C-MAST – Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies.  
Rua Calçada Fonte do Lameiro, Covilhã, 6200-001, Portugal.

**Abstract:** *As tecnologias de refrigeração desempenham um papel importante na indústria agroalimentar mundial, representando 15% da eletricidade consumida globalmente. Este setor requer mudanças profundas devido à comprovada relação com as mudanças climáticas atuais decorrentes de fugas de refrigerantes e emissões de gases com efeito de estufa. A implementação da legislação mais rigorosa sobre o uso de refrigerantes tem levado à proibição e definição de prazos para a eliminação gradual de vários refrigerantes. Essa situação implica desafios mais exigentes relativos ao desenvolvimento de sistemas de refrigeração eficientes com o mínimo impacto no meio ambiente.*

*Este artigo discute as restrições que afetam o uso de refrigerantes e, particularmente, o estudo atual e tendências futuras do uso de refrigerantes na indústria agroalimentar portuguesa. Além disso, as substituições de HFC são revistas e resumidas. São apresentadas as tendências tecnológicas do uso de sistemas de refrigerantes alternativos e naturais e as previsões do seu uso no setor agroalimentar.*

**Keywords:** Refrigerantes naturais, Tendências, Indústria agroalimentar, Mercado global, Tecnologias.



## THERMAL COMFORT IMPROVEMENT BY PERSONALIZED EVAPORATIVE SYSTEMS IN OFFICES

Ana Tejero González<sup>1\*</sup>, Álvaro Iglesias Pordomingo<sup>1</sup>, Alberto Rodríguez Hernández<sup>1</sup>,  
Alejandro San José Martín<sup>1</sup>, Eloy Velasco Gómez<sup>1</sup>

1: Grupo de Termotecnia, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid. Paseo del Cauce, N°59. 47011 Valladolid (España).  
e-mail: anatej@eii.uva.es

**Resumen:** *Indoor Climate Quality has a determinant role in the occupants comfort, health and productivity. Hence, an appropriate design and control of the thermal comfort and Indoor Air Quality can improve work and learning performance as well as reduce absenteeism. Moreover, it is also determinant for the energy consumed in the building. Current standards on indoor environment focus on the whole indoor space, but do not consider the possibility of creating individual, proper spaces by personalized systems. A personalized system may divide the space in two zones, one close to the occupant and a general zone. This paper aims at studying the possible improvement of the thermal comfort in the individual occupied zone in offices by installing a personalized evaporative cooling system. The device consists of a small fan and a humidified media throughout which air supplied to the target zone is cooled by direct evaporation. This work presents the results of the characterization of the system operation and its effect on the thermal comfort at an office. Results show that it is possible to achieve neutral comfort conditions in the individual space if the system is properly placed, while it has a non-significant effect in the adjacent spaces. The system cannot neutralized the thermal loads if there is more than one occupant in the target space. It is thus concluded that the system can improve the individual thermal comfort in non-conditioned offices, provided that occupation is limited to one person per target space.*

**Palabras clave:** Direct Evaporative Cooling DEC; Thermal Comfort; Personalized ventilation system; Offices; Energy Efficiency.



ID 154

## ECODISEÑO PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL.CONTRIBUCIÓN DE LOS ESQUEMAS DE CERTIFICACIÓN

**Federico Muñoz Sánchez**

Centro de Ensayos, Innovación y Servicios, CEIS  
Carretera de Móstoles a Villaviciosa de Odón Km 1,5 28935 Móstoles. España.  
e-mail: [fmunoz@ceis.es](mailto:fmunoz@ceis.es)

Director Técnico Comercial, CEIS

**Resumen:** *Los aparatos de refrigeración con función de venta directa (por ejemplo, armarios para supermercados, refrigeradores de bebidas, pequeños congeladores de helados, vitrinas de helados y máquinas expendedoras) son fundamentales para garantizar la conservación de la calidad de los alimentos en la cadena alimentaria en la Unión Europea.*

*La certificación de producto y los ensayos asociados a los procesos de certificación son unas eficaces herramientas para demostrar el compromiso del sector de la refrigeración comercial con los objetivos europeos de ahorro de electricidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El esfuerzo necesario para la obtención de la certificación permite poner de manifiesto el progreso tecnológico del sector en comparación con otras economías y por tanto permite mostrar a compradores profesionales, usuarios, Administraciones y a la sociedad en general la contribución a la competitividad de esta industria en la UE y a su papel de liderazgo en la fabricación de gran calidad.*

*Los productos certificados permiten una segmentación de mercado favorable a una mejora de la calidad y de la diversidad de los productos*

**Palabras clave:** certificación, ensayos, refrigeración comercial



## DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A SIMPLIFIED DYNAMIC THERMAL MODEL OF A VEHICLE'S CABIN

Joan D. Viana-Fons\*, José González-Maciá, Jorge Payá

Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética (IUIIE), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, Ed 8E, Semisótano frente Acceso J, 46022 València, Spain.  
e-mail: [jviana@iie.upv.es](mailto:jviana@iie.upv.es)

**Abstract:** *The present paper presents a simple methodology to estimate the thermal load in a vehicle's cabin under variable ambient conditions, including possible shadings of the surroundings and the orientation of the vehicle. The model is based on a lumped parameter approach and, using a simplified method derived from the heat balance method (HBM), it helps to accurately obtain the thermal load encountered in the passengers' compartment of vehicles. Given the thermal and geometrical parameters of the cabin, the net overall thermal load can be calculated for each time step considering the ambient conditions, internal loads and air changes. The validation of the model has been done with experimental data under variable environmental conditions obtaining an RMSE of 1.07K. The developed model accurately reproduces the measured cabin temperature and it can help to design and optimize the air-conditioning system of a vehicle and to study its impact on the overall performance, fuel consumption and emissions of the vehicle.*

**Keywords:** dynamic thermal model, vehicle thermal load, mobile air conditioning, experimental validation.



## ENERGY ASSESSMENT AND OPTIMIZATION OF A DUAL SOURCE HEAT PUMP SYSTEM LOCATED IN AMSTERDAM

Antonio Cazorla-Marín<sup>1\*</sup>, Chloé Meeng<sup>2</sup>, Carla Montagud<sup>1</sup> and José Miguel Corberán<sup>1</sup>

1: Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética (IUIIE), Universitat Politècnica de València.

Camino de Vera s/n, València, 46022, Spain.

e-mail: ancamar4@upvnet.upv.es

2: Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

**Abstract:** *The use of more efficient and renewable systems in the building sector is key to reduce the carbon emissions and reduce the global warming effect. In this sector, ground source heat pumps are able to provide heating, cooling and domestic hot water with a higher efficiency than conventional systems but a higher investment cost, due to the ground source heat exchanger. In order to reduce its length and improve the efficiency of the system, a new solution was developed: a dual source heat pump (DSHP) system with a single heat pump unit, able to work with the air or the ground as a source, selecting the most favourable and reducing the impact on the ground. A detailed model of the DSHP system has been developed and adapted to one building in Amsterdam. It has been used to assess the energy performance of the system and test different optimization strategies.*

**Keywords:** Energy Optimization, HVAC Systems, Geothermal Energy, Dual Source Heat Pump.



## SUPERMARKET PROJECT WITHOUT NETWORK CONNECTION

Alfonso Antoñanzas Aranguren<sup>1\*</sup>

1: EXKAL, España.

e-mail: exkalsa@exkalsa.com

**Abstract:** *The Project aims to reduce more than 50% of direct and indirect emissions and promote the consumption of renewable energy. To test the solution, renewable energy generators (solar and wind), modular electric energy accumulators, a calorific accumulator and sustainable refrigerated cabinets have been installed.*

- **PHOTOVOLTAIC AND WIND PRODUCTION:**

*The wind installation is generated through a wind turbine located in the factory plant's field while photovoltaic production is managed through solar panels located on the roof of the Marcilla manufacturing area.*

*On a project basis of 100Kw, a photovoltaic installation saves 158,000 kWh / year. It is the equivalent of the energy consumed by 72 households, 102.7 Tn / year of CO<sub>2</sub>.*

- **STORAGE (European project STORY H2020):**

*EXKAL is one of the 18 members of the STORY project, which is part of the H2020 Program of the European Union. The objective is to show the added value of energy storage in the energy supply system to make it increasingly sustainable, flexible and secure.*

*The STORY project consortium consists of 18 members, both from the field of research and from different companies. EXKAL is one of the three Spanish members participating. The project, which is in its final phase, is the largest one being carried out on storage at this time in the EU, will last for 60 months and has a budget of more than 15 million euros.*

*At first, the batteries are charged with the energy generated by the photovoltaic installation, but the electronic power equipment, MM60 60 kVA / 54kW, will have the flexibility to make the battery charge from the power grid, in the future.*

- **COMMERCIAL REFRIGERATED CABINETS:**

*The project also seeks the maximum energy efficiency of commercial refrigeration furniture, selecting sustainable furniture, waste reduction, water consumption reduction and material reduction.*

**Keywords:** STORY2020, Eficiencia energética, sostenibilidad



**Sesión C2**



## LNG-REGASIFICATION IN SATELLITE PLANTS: COLD RECOVERY FOR REFRIGERATION APPLICATIONS IN AGRO-FOOD INDUSTRIES

Antonio Atienza-Márquez<sup>1\*</sup>, Joan Carles Bruno<sup>1</sup>, Alberto Coronas<sup>1</sup>

1: Universitat Rovira i Virgili, España

e-mail: antonio.atienza@urv.cat

**Abstract:** *Liquefied Natural Gas (LNG) is a solution to supplying natural gas to areas without access to city gas distribution pipelines. Moreover, LNG is also a convenient fuel for areas scattered geographically (e.g., archipelagoes) or even for the so-called “energy islands” such as rural areas or isolated villages with weak connections to energy grids. The main reasons are a high transport flexibility and a lower carbon footprint in comparison with fuels as coal or oil (and its derivatives).*

*LNG has to be regasified before being combusted, for example, to produce driving heat for electric generators or to produce process steam or hot water. LNG-regasification is a process in which the natural gas at liquid phase (around 111 K) is heated to ambient temperature so vaporizes. But although an important amount of cold energy at low temperature could be recovered and utilized (for example, for refrigeration applications), LNG cold is usually wasted. There are only a few large-scale terminals with LNG cold recovery systems in operation; in the case of small-scale terminals (satellite) this cold recovery potential has hardly been considered.*

*But frequently, there are warehouses with huge refrigeration demand throughout the year (e.g., agro-food sector) that are located in areas considered as “energy islands”. Typically, these industries utilize natural gas regasified in a satellite LNG plant (owned or located nearby) as a fuel, but without cold recovery. Depending of the warehouse’s energy isolation degree, the combustion is used to produce process steam, hot water or even the electricity to drive conventional refrigeration equipment, for lighting, etc.*

*The objective of this work is to evaluate the potential of cold recovery from LNG-regasification in satellite plants. Particularly, we focused on the application of the cold recovered for refrigeration applications in agro-food industry warehouses.*

**Keywords:** Liquefied Natural Gas (LNG) regasification; Satellite LNG plant; Cold recovery; Refrigeration; Agro-food industry



ID XXX

## REFRIGERACIÓN. ¿DE DÓNDE VENIMOS? ¿DÓNDE ESTAMOS? ¿HACIA DÓNDE VAMOS?

Félix Sanz<sup>1\*</sup>

1: Asociación de Empresas de Frio y sus Tecnologías.  
c/ Diego de Leon 50. 28006 Madrid.  
e-mail: felix.sanz@aefyt.es

**Resumen:** *Este documento indica algunos de los logros de la refrigeración durante el siglo pasado, y tras exponer los riesgos que algunos productos utilizados como ciertos refrigerantes han generado, se adentra en nuevos ciclos de refrigeración con nuevos productos así como en la incorporación de las nuevas tecnologías disruptivas TIC e industria 4.0 abordando también el cambio de mentalidad necesario para incorporar el análisis del ciclo de vida de los equipos para realizar el diseño de equipos.*

**Palabras clave:** Medioambiente, HFO, refrigerantes naturales, ciberseguridad.



## SUBCOOLED CO<sub>2</sub> REFRIGERATION CYCLES: CURRENT STATUS AND LINES OF RESEARCH

Rodrigo Llopis<sup>1\*</sup>, Laura Nebot-Andrés<sup>1</sup>, Daniel Sánchez<sup>1</sup>, Jesús Catalán-Gil<sup>1</sup>, Daniel Calleja-Anta<sup>1</sup>, Ramón Cabello<sup>1</sup>

1: Thermal Engineering Group. Mechanical Engineering and Construction Department. Universitat Jaume I, España;.

e-mail: rllopis@uji.es

**Abstract:** *Subcooling techniques have been considered during the last five years as a way to enhance the energy performance of CO<sub>2</sub> refrigeration cycles, pursuing as main objective to overcome their reduced efficiency in warm and hot climates. During the last years, different research groups all over the world have evaluated theoretically and experimentally different subcooling techniques and methodologies, and it has been demonstrated that subcooling is a promising and feasible technology for CO<sub>2</sub> refrigeration cycles. This communication will aim to describe the current status about subcooling techniques used up to the moment, to highlight the limitations of those technologies and to define the promising lines that must be considered.*

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, subcooling, review



## EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MEZCLAS ALTERNATIVAS AL R-600a EN UN FRIGORÍFICO Y UN CONGELADOR DOMÉSTICO

Daniel Calleja-Anta<sup>1\*</sup>, Laura Nebot-Andrés<sup>1</sup>, Andrea Ariano<sup>2</sup>,  
Daniel Sánchez<sup>1</sup>, Ramón Cabello<sup>1</sup> y Rodrigo Llopis<sup>1</sup>

1: Grupo de Ingeniería Térmica, Departamento de Ingeniería Mecánica y construcción, Universidad Jaume I, España  
e-mail: calleja@uji.es

2: Università Degli Studi Di Salerno, Italia

**Resumen:** Con la adopción del Reglamento (UE) N° 517/2014, los refrigerantes que pueden utilizarse en los nuevos sistemas domésticos se limitan a aquellos cuyo GWP sea inferior a 150 a partir del 01/01/2015. Hasta ahora, el refrigerante más utilizado en los aparatos domésticos es el isobutano (R-600a), que tiene un GWP de 3 y ofrece un rendimiento energético suficiente para cumplir los requisitos energéticos existentes. Sin embargo, un screening termodinámico realizado por estos autores reveló que existen numerosas mezclas compuestas por HC, HFC y HFO que podrían ofrecer mejoras energéticas, alcanzando beneficios de hasta el 8,6%.

En este artículo se presentan los resultados de los ensayos experimentales realizados con las mezclas más prometedoras identificadas en el estudio teórico, llevados a cabo en un frigorífico con capilar adiabático y en un congelador con capilar no adiabático, ambos a un nivel de evaporación de aproximadamente  $-30^{\circ}\text{C}$ . Las pruebas se realizaron en una cámara climática a  $25^{\circ}\text{C}$  y 60% de HR, según lo establecido por la ISO15502:2005.

**Palabras clave:** R-600a, COP, mejora del rendimiento, refrigeración doméstica

## ENFRIAMIENTO ADIABATICO EN ALMACENAMIENTO FRIGORIFICO DE ALIMENTOS - USO EN RETROFIT DE PLANTAS EXISTENTES Y CON NUEVAS TECNOLOGÍAS

**\*Julio Ausín, Michele Vio y Stefano Mauri**

Dirección técnica, Torraval Cooling, S.L (MITA Group) Avda. Autonomía 4, 1º, Leioa, Vizcaya  
e-mail: julio.ausin@torraval.com

Ingeniero, freelancer para MITA Cooling Technologies

Ingeniero en MITA Cooling Technologies, Siziano, Pavia, Italia

**Palabras clave:** refrigeración comercial, refrigeración adiabática, sistema de refrigeración adiabática, enfriamiento adiabático, subcooler adiabático

### Resumen:

*Reducir el consumo de los sistemas de almacenamiento en frío no es fácil, ya que la temperatura de funcionamiento es demasiado baja para aprovechar cualquier tecnología de refrigeración gratuita. Sin embargo, se pueden utilizar formas interesantes de enfriamiento adiabático para mejorar el rendimiento, tanto en los nuevos sistemas transcíticos con R744 (CO<sub>2</sub>) como en la modernización de los sistemas existentes que usan R134a y R404A como refrigerantes.*

*Estos sistemas pasan por añadir un pequeño equipo de refrigeración adiabático tras la refrigeración tradicional seca, de tal forma que con un incremento muy pequeño en el consumo energético global de la instalación, se pueden conseguir temperaturas apreciablemente más bajas en el líquido refrigerante, lo cual redundará en una importante mejora del COP global.*

*Este sistema mediante una refrigeración en serie, primero seca y después adiabática, presenta importantes ventajas frente a la alternativa de una refrigeración puramente adiabática. Estas ventajas se manifiestan claramente durante los días con temperatura ambiente baja y media, como lo son la gran mayoría durante el ciclo anual.*

**Sesión C3 - Poster**



ID 104

## RECUPERACION DE SOLUTOS DEL HIELO PROCEDENTE DE UN PROCESO DE CRIOCONCENTRACION DE SUERO LACTEO

Eduardo Hernández<sup>1\*</sup>, Ariadna Rubio<sup>1</sup>, Mercè Raventós<sup>1</sup>

1: Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, C/ Esteve Terradas, 8, 08860 Castelldefels, Barcelona (España)  
e-mail:eduard.hernandez@upc.edu

**Abstract:** *La crioconcentración se basa en la concentración de los sólidos mediante la congelación parcial del agua que contiene. Un limitante del sistema de crioconcentración es la cantidad de solutos retenidos en el hielo. Para su recuperación se utiliza la descongelación fraccionada (FT). El hielo obtenido en cuatro etapas de PFC de lactosuero es sometido a FT, que se divide en diez fracciones de igual peso, siendo descongelado a temperatura ambiente. Los parámetros estudiados son el índice de concentración (IC) y el rendimiento de solutos (Y). El hielo de la primera etapa del proceso de PFC presenta valores de IC más elevados. El IC disminuye a medida que aumenta la fracción de descongelación. En cuanto al rendimiento de solutos (Y) de forma general se puede afirmar que para recuperar un 60 % de los solutos iniciales se requiere la descongelación de sólo 40 % del hielo formado.*

**Keywords:** suero, crioconcentración, descongelación fraccionada





ID 115

## CASE STUDIES TO EVALUATE THE APPLICABILITY OF PORTABLE DIRECT EVAPORATIVE COOLERS IN INDOOR SPACES

Ana Tejero González<sup>1\*</sup>, Sara Viñas Malillos<sup>1</sup>, Paula M. Esquivias Fernández<sup>1</sup>,  
Eloy Velasco Gómez<sup>1</sup> and Francisco J. Rey Martínez<sup>1</sup>

1: Grupo de Termotecnia, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid.  
Paseo del Cauce, N°59. 47011 Valladolid (España).  
e-mail: anatej@eii.uva.es

**Resumen:** *Energy use could be highly improved in the building sector. However, energy efficiency measures in buildings must not hinder the increasing exigencies of Indoor Air Quality and thermal comfort expected in occupied spaces. Space cooling in summer is gaining importance, with the consequent electric energy demand peaks. Within this situation, evaporative cooling systems arise among the strategies that can improve both energy efficiency and Indoor Climate Quality with nearly no energy consumption. The use of Direct Evaporative Coolers is nonetheless limited when aiming to condition indoor spaces, due to the restricted relative humidity levels required indoors. This problem can be easily overcome in appropriately ventilated spaces. This work presents the experimental measures performed in three case studies with portable Direct Evaporative Coolers: a residential indoor space, a shop and a bar. Indoor comfort conditions achieved have been evaluated. Moreover, results obtained have shown to be helpful in proposing some guidelines to use these systems indoors with appropriate performance, in terms of the design of the ventilation and the intermittent or continuous operation of the system.*

**Palabras clave:** Direct Evaporative Cooling DEC; Thermal comfort; Portable cooling systems; Indoor Climate Quality; Energy Efficiency.



ID 117

## ENERGY ANALYSIS OF AN ENERGY RECOVERY SYSTEM FROM A NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (nZEB)

Eloy Velasco Gómez<sup>1</sup>, Paula M. Esquivias Fernández<sup>1</sup>, Francisco J. Rey Martínez<sup>1</sup>, Alberto Rodríguez Hernández<sup>1</sup>, Eduardo Valverde Lorenzo<sup>1</sup>, Sergio L. González González

1: Grupo de Termotecnia, Departamento de Ingeniería Energética y Fluidomecánica, Escuela de Ingenierías Industriales, ITAP, Universidad de Valladolid.  
Paseo del Cauce, Nº 59, 47011, Valladolid (España).  
e-mail: eloy@eii.uva.es

**Resumen:** *One of the alternatives for reducing the energy demand is the use of energy recovery systems within the ventilation building service. During the summer of 2019 the Air Handling Unit (AHU) from the LUCIA building has been monitored using different Data Loggers for measuring temperature and humidity which allow to monitor the evolution of the air conditions inside the AHU. These measures allow to determine, based on the characteristics of the different air inputs, coming from free cooling, from energy recovery with or without adiabatic cooling or from geothermal heat exchanger, the most adequate operational conditions. This work provides the measured experimental results, the study of the actual performance of the existing ventilation service and the analysis of the best alternatives to be used in the air conditioning service of the LUCIA building during summertime.*

**Palabras clave:** nZEB, energy recovery system, ventilation, building services monitoring.

## POTENTIAL OF THE VACUUM-ASSISTED FREEZE CONCENTRATION APPLIED TO THE CHEESE WHEY

**Eduardo Hernández<sup>1\*</sup>, Noelia Gil<sup>1</sup>, Gisela Quinteros<sup>1</sup>, Mónica Blanco<sup>2</sup>, Shafirah Samsuri<sup>3</sup>  
and Nurul Aini Amran<sup>3</sup>**

1: Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, C/ Esteve Terradas, 8, 08860 Castelldefels, Barcelona (España)  
e-mail:eduard.hernandez@upc.edu

2: Departamento de Matemáticas, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, C/ Esteve Terradas, 8, 08860 Castelldefels, Barcelona (España)

3: Chemical Engineering Department, Universiti Teknologi PETRONAS, 32610 Seri Iskandar, Perak, Malaysia

**Abstract:** *Freeze concentration is considered an emerging technology that allows obtaining high quality organoleptic products, due to the low temperatures employed. In this work the vacuum-assisted freeze concentration of whey was investigated. The effect of the vacuum time (20 and 60 min), the vacuum pressure (10 and 70 kPa) and the initial solids concentration in whey (7.5 and 19°Brix) were studied. The results obtained show that the three variables significantly affect the parameters analysed: solute yield (Y) and Concentration Index (CI). The best solute yield were obtained at a pressure of 10 kPa, 7.5°Brix concentration and 60 min of vacuum. For the CI parameter the highest values were given at 10 kPa, 7.5°Brix and 20 min. It was determined analytically that lactose is preferably concentrated in the liquid phase, which suggests a differential effect according to the type of molecule. The whey treatment by this technique could find several applications in the industry.*

**Keywords:** freeze concentration, vacuum, solids, lactose and protein



## ANTIMICROBIAL EFFECT OF A NATURAL FOOD COMPOSITION AT 5°C IN THE CONTROL OF CANDIDA METAPSILOSIS IN RANCH SAUCE

Juan D. Hernández-Cánovas<sup>1</sup>, Isidro Guillén-López<sup>1</sup>, Pascuala Vizcaíno-Milla<sup>1</sup>, María I. Andreo-López<sup>3</sup>, Marta Sánchez-Rubio<sup>1</sup>, Amaury Taboada-Rodríguez<sup>2</sup>, Fulgencio Marín-Iniesta<sup>3\*</sup>

1: PROSUR S.A. Av. Francisco Salzillo P/27-2, CP 30169, San Ginés, Murcia.

e-mail: juandedios@prosur.es

2: Desarrollos Bio-Tecno-Alimentarios Ltd. (Debiotec). Calle Senda de Enmedio 12, 1C, CP 30009, Murcia.

3: Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, CP 30100 Murcia.

**Abstract:** *Ranch sauce is very consumed in the USA, and despite having a very acid pH (3.5-4.5), some species of pathogenic yeasts have been detected in this type of sauces. On the other hand, consumers demand food with a clean label, free of chemical synthesis additives. The objective of this work has been to avoid the food contamination by Candida species, without the use of chemical preservatives in ranch sauce. The treatments were, one, using a common mixture of potassium sorbate and sodium benzoate, and the other, using a natural food composition rich in plant polyphenols (NFC) at 5°C for 10 weeks. NFC showed partial fungicidal effect against C. metapsilosis, reducing two logarithmic units for 10 weeks. S/B decreased viable cells to non-detectable counts from the second week of the experiment. The incorporation of NFC opens the possibility of formulating clean label sauces without chemical preservatives.*

**Keywords:** *Candida metapsilosis*, spoilage, ranch sauce, chemical preservative.



## INACTIVATION OF CANDIDA METAPSILOSIS IN SUCROSE SYRUPS BY NATURAL ANTIMICROBIAL. SHELF LIFE STUDY.

Juan D. Hernández-Cánovas<sup>1</sup>, Isidro Guillén-López<sup>1</sup>, Pascuala Vizcaíno-Milla<sup>1</sup>, María I. Andreo-López<sup>3</sup>, Marta Sánchez-Rubio<sup>1</sup>, Amaury Taboada-Rodríguez<sup>2</sup>, Fulgencio Marín-Iniesta<sup>3\*</sup>

1: PROSUR S.A. Av. Francisco Salzillo P/27-2, CP 30169, San Ginés, Murcia.

e-mail: juandedios@prosur.es

2: Desarrollos Bio-Tecno-Alimentarios Ltd. (Debiotec). Calle Senda de Enmedio 12, 1C, CP 30009, Murcia.

3: Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, CP 30100 Murcia.

**Abstract:** *Minimally processed foods are one of the major growing sectors in food industry. In order to avoid the food contamination by Candida species, avoiding the use of chemical preservatives, a study was carried out to test the inactivation of C. metapsilosis, as target pathogen microorganism, using a natural food composition rich in plant polyphenols (NFC), with syrups as model food system. For this purpose, syrups were studied at different pH and °Brix together with the NFC compound, at 5°C for 43 days. NFC showed a partial fungicidal effect against C. metapsilosis, in most of the syrups, except in the syrups D60 and D75 in which the total inhibition of the microorganism occurred at 43 and 20 days respectively. The incorporation of NFC opens the possibility of formulating clean label syrups without chemical preservatives and with a high standard of food safety.*

**Keywords:** *Candida metapsilosis, sucrose syrups, spoilage, natural antimicrobial*



ID163

## DISEÑO DE UN COLECTOR LINEAL FRESNEL PARA SISTEMAS DE FRÍO SOLAR DE ALTA EFICIENCIA

Andrés Angora<sup>1\*</sup>, José Daniel Marcos<sup>1</sup>

1: UNED, España  
e-mail: jdmarcos@ind.uned.es

**Palabras clave:** Colector lineal Fresnel; frío solar; absorción; Doble efecto; simulación.

**Resumen:** *El objetivo principal de este trabajo es diseñar un modelo matemático para un colector lineal Fresnel (LFR) acoplado a una máquina de absorción de doble efecto H<sub>2</sub>O/LiBr. Se simula mediante EES el rendimiento de la máquina de absorción y del LFR durante tres días representativos de verano: muy caluroso, caluroso y templado. El modelo Fresnel está diseñado con suficiente flexibilidad para considerar diferentes geometrías y parámetros térmicos y simular el rendimiento del LFR propuesto en cualquier ubicación. Partiendo de una demanda de frío conocida es posible calcular el área total del LFR requerida, la inclinación de los reflectores primarios, pérdidas ópticas, sombras generadas, longitud del tubo receptor no iluminado, energía proporcionada y pérdidas del LFR y el factor de recolección solar.*



## COMPORTAMIENTO DE DOS NUEVAS VARIEDADES DE GRANADA, SMITH Y PURPLE QUEEN®, DURANTE LA CONSERVACIÓN A DOS TEMPERATURAS

Daniel Valero<sup>1</sup>, María Serrano<sup>2</sup>, Fabian Guillen<sup>1</sup>, Domingo Martínez Romero<sup>1</sup>, Pedro Zapata<sup>1</sup>, M<sup>a</sup> Enma García-Pastor<sup>1</sup>, Salvador Castillo<sup>1</sup>

1: Dpto. Tecnología Agroalimentaria, EPSO, Universidad Miguel Hernández, Ctra. de Beniel km 3,2 sn.  
e-mail: scastillo@umh.es

2: Dpto. Biología, EPSO, Universidad Miguel Hernández, Ctra. de Beniel km 3,2 sn.

**Resumen:** *La introducción de nuevas variedades tempranas ha llevado al estudio de su comportamiento durante la conservación, de dos variedades de granadas rojas como Smith y Purple Queen®, la primera se caracteriza por su acidez (2,20+ 0,04%) y la segunda por su baja acidez (0,37+ 0,01%). Para ello se han almacenado a dos temperaturas, 2°C y a 12°C, empezó a detectarse un deterioro por daño por frío en el periodo de un mes en las conservadas a 2°C en las dos variedades estudiadas, siendo este daño muy superior para la variedad Smith con claros daños superficiales. Además, se produjo para las dos temperaturas variaciones de antocianinas siendo mayores para los frutos conservados a 12°C, y las pérdidas de peso durante la conservación a las dos temperaturas menores para la Purple Queen®. No existiendo diferencias significativas en la variación de otros componentes como son la acidez y azúcares.*

**Palabras clave:** Daños por frío, Firmeza, Pérdida de peso, Antocianinas.



## REVIEW ON THE USE OF NANOREFRIGERANTS IN COMPACT MINI-SPLIT HEAT EXCHANGERS

Gonçalves, Vinícius Vitor\*; Fiorelli, Flávio Augusto Sanzovo

1: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo - USP, BR.  
ppgem@usp.br.  
e-mail: viniciusvitorgoncalves@gmail.com

**Abstract:** *This paper presents a review of studies on the use of nanoparticles in suspension as the working fluids of compact mini-split heat exchangers. There are several studies indicating the feasibility of applying nanoparticles in refrigeration systems and resulting in increased efficiency. The physical properties of nano refrigerants, mainly viscosity and thermal conductivity, are fundamental parameters for analysing heat transfer and drag coefficients when designing a climatization system. This review presents recent experimental and theoretical research on thermal conductivity and viscosity of nanofluids. Results reveal that viscosity and thermal conductivity are function of base fluid and particle's shape, size, temperature, and concentration. Particle concentration has a positive correlation with thermal conductivity, but the effects of particle size, shape, base fluid property, and temperature are not similar. In addition, the main difficulties and future challenges are reviewed in the literature and presented at the end of this article.*

**Keywords:** nanorefrigerants, heat exchangers, mini split





## SIMULATION OF A SOLAR COOLING SYSTEM USING NANOFLUIDS AND MEMBRANE-BASED COMPONENTS IN THE ABSORPTION CHILLER

María Venegas<sup>1\*</sup>, Néstor García-Hernando<sup>1</sup>, Alejandro Zacarías<sup>2</sup> y Mercedes de Vega<sup>1</sup>

1: Department of Thermal and Fluids Engineering, UC3M, Madrid, Spain  
e-mail: mvenegas@ing.uc3m.es

2: Instituto Politécnico Nacional, ESIME Azcapotzalco, Ciudad de México, México

**Keywords:** absorption refrigeration, membranes, rectangular microchannels, H<sub>2</sub>O-LiBr, nanofluids.

**Abstract:** *In the present work a solar absorption cooling system is simulated. Main novelty is the use of nanofluids in the absorption chiller that includes membrane-based components in the absorber and desorber. First, correlations available for thermal conductivity, dynamic viscosity, density and specific heat of nanofluids are reviewed and the most appropriate are selected, based on previous studies found in the open literature. Second, nanofluid properties are calculated using volume concentration up to 5% for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and carbon nanotubes (CNT) nanoparticles. Finally, the absorption and desorption rates in the membrane-based components are predicted using a validated model and results are compared with those obtained using only H<sub>2</sub>O-LiBr solution. COP of the absorption chiller is evaluated and global solar COP for the whole facility is obtained. The best improvements respect to the conventional system (without nanoparticles) were obtained when the maximum volume concentration evaluated and CNT nanoparticles are used.*



## SETTING UP A TRANSIENT HOT WIRE DEVICE TO DETERMINE THE THERMAL CONDUCTIVITY OF FLUIDS

Uxía Calviño, Jose I. Prado\* and Luis Lugo

Departamento de Física Aplicada, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo  
Campus Lagoas-Marcosende, E-36310 Vigo (Spain)

\*e-mail: joseiglesias@uvigo.es

**Abstract:** *The lack of a standard experimental procedure to determine thermal conductivity of complex fluids is noticeable in the study of heat transfer processes from practical and fundamental perspectives. Researchers have been using a wide variety of techniques leading to huge discrepancies in the values reported in the literature. Among them, one of the most used is the transient hot wire method, based on a linear heat source embedded in the test material. In this study, a recent transient hot wire based device was set up and checked by means of testing some extensively studied fluids in the literature that covers a thermal conductivity range from 0.1 to 0.7 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Thermal conductivities were tested in the temperature range from 283.15 to 333.15 K. Repeatabilities and deviations between the reported values and those from the literature are discussed.*

**Keywords:** Thermal conductivity, Heat transfer, Transient Hot Wire, experimental device, transport property

## Sesión C4

## MEJORA DEL RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO TIPO SPLIT MEDIANTE EL USO DEL CONDENSADO PARA ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO DE LA UNIDAD EXTERIOR

Alfredo Velázquez<sup>1\*</sup>, Pedro Juan Martínez<sup>2</sup> y Pedro Martínez<sup>3</sup>

1: Programa de Doctorado en Tecnologías Industriales y de Telecomunicación. Universidad Miguel Hernández. Avda. de la Universidad, s/n, 03202 Elche, Spain.  
e-mail: alfredo.velazquez@murciaeduca.es

2: Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández Avda. de la Universidad, s/n, 03202 Elche, Spain.

3: Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía, Universidad Miguel Hernández Avda. de la Universidad, s/n, 03202 Elche, Spain

**Resumen:** *El uso de equipos de aire acondicionado tipo Split para la refrigeración en el sector residencial/doméstico está ampliamente extendido y estos equipos son responsables de un gran parte del consumo energético actual en estos sectores. La reducción de la temperatura de condensación tiene una gran influencia en el rendimiento del ciclo frigorífico estando cifrado un aumento del COP entre 2-4% por cada grado de bajada en la temperatura de condensación. A pesar de las investigaciones y publicaciones realizadas, en la actualidad no se comercializa ningún sistema de condensación evaporativo en equipos Split. El trabajo presenta el desarrollo de un sistema capaz de proporcionar un enfriamiento del aire de condensación simple, fácil de instalar en equipos existentes, que utiliza exclusivamente el condensado que proporciona el propio equipo de climatización, mejorando su eficiencia energética, a la vez de ser una solución a la evacuación del condensado*

**Palabras clave:** Split, condensado, eficiencia energética, enfriamiento evaporativo.



ID 153

## EL FUTURO DE LA CERTIFICACIÓN Y DE LOS SERVICIOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD EN EL SECTOR HVAC

**Federico Muñoz Sánchez**

Centro de Ensayos, Innovación y Servicios, CEIS  
Carreterra de Móstoles a Villaviciosa de Odón Km 1,5 28935 Móstoles. España.  
e-mail: [fmunoz@ceis.es](mailto:fmunoz@ceis.es)

Director Técnico Comercial, CEIS

**Resumen:** *El desarrollo de componentes electrónicos, la automatización y el IoT, entre otros, así como la posibilidad de la medida instantánea y acumulada de los consumos de energía en las instalaciones de HVAC, abre caminos nuevos en el análisis energético de las instalaciones con grandes posibilidades de ahorro energético, contribuyendo de esta manera al reto global de construir un mundo y un modelo realmente sostenible.*

*Por otro lado, es importante asegurar los aspectos ligados a la ciberseguridad, dado que las posibles brechas de seguridad pudieran tener repercusiones en las instalaciones y por tanto en las personas que disfrutan de ellas.*

*Por último, la garantía de sistemas que generen condiciones climáticas saludables es sin duda un aspecto a considerar en la evolución de los sistemas de certificación ligados al HVAC en el corto plazo.*

**Palabras clave:** certification, testing, IoT, cybersecurity, HVACR



## NUMERICAL COMPARISON OF SEVERAL CONTROL STRATEGIES FOR DOMESTIC HOT WATER GENERATION IN A CO<sub>2</sub> HEAT PUMP WATER HEATER.

**Fernando Illán Gómez\*, Victor Sena Cuevas, José Ramón García Cascales, Francisco Javier Sánchez Velasco**

Grupo de Modelado de Sistemas Térmicos y Energéticos, Departamento Ingeniería Térmica y de Fluidos, ETSI Industrial, Universidad Politécnica de Cartagena.  
 C/ Dr. Fleming s/n 30202, Cartagena, España  
 e-mail: Fernando.Illan@upct.es

**Abstract:** *This paper presents a numerical comparison of several control strategies of a CO<sub>2</sub> heat pump water heater that improves its energy efficiency by recovering the energy contained in the greywater used as secondary fluid in the evaporator.*

*Based on the correlations provided by the compressor manufacturer for the mass flow rate and the power consumption, and later adjusted to experimental data collected in our experimental facility, the paper compares the COP of the system during domestic hot water generation at 60 °C.*

*Two different control strategies will be analyzed for the water loop: constant water flow rate with variable inlet and outlet water temperature and constant water outlet temperature with variable water flow rate and water inlet temperature. Each water control strategy will be analyzed under two different control strategy for the refrigerant loop: constant gas cooler pressure and variable (optimal) gas cooler pressure.*

*The paper begins with the description of the experimental facility developed for the tests used to adjust compressor's model. Then the adjustment of the experimentally measured values of compressor power consumption and mass flow rate to typical AHRI correlations is presented. This adjustment will be used in a simplified numerical model to assess the influence of the control strategy in the system's performance. Finally, in order to validate the model, it will be compared to some experimental results.*

**Keywords:** heat pump water heater, optimal pressure, control strategy.



ID 187

## IMPROVEMENT OF THE PERFORMANCE OF A TRANSCRITICAL CO<sub>2</sub> CYCLE BY INCREASING THE SUBCOOLING

García Cascales, José Ramón<sup>1\*</sup>; Otón-Martínez, Ramón Antonio<sup>2</sup>; Illán Gómez, Fernando<sup>1</sup>; Sánchez Velasco, Francisco Javier<sup>1</sup> y Sena Cuevas, Víctor<sup>1</sup>

1: Dep. Ingeniería Térmica y de Fluidos, ETSII, Universidad Politécnica de Cartagena, Dr. Fleming s/n  
30202 Cartagena, Murcia, Spain.

e-mail: jr.garcia@upct.es

2: Dep. de Ingeniería y Técnicas Aplicadas, Centro Universitario de la Defensa (AGA)  
30720 San Javier, Murcia, Spain.

**Resumen:** *A CO<sub>2</sub> transcritical heat pump is analyzed in this paper, where the inclusion of a heat exchanger after the gas cooler working as recuperator is numerically assessed to improve the performance of the heat pump. To do so, an experimental heat pump for hot water production already constructed in our laboratory has been considered and several models have been developed for the different systems working in the cycle. They have been included in the library of components of the TRNSYS Simulation Studio program. After, the results obtained from the models are contrasted with experiments and a modified heat pump and the effect of including this heat exchanger in the energy consumption is evaluated. The operation of this new heat pump configuration is compared with the performance of the original installation when working at optimal pressure.*

**Palabras clave:** heat pumps, CO<sub>2</sub>, control strategies.



## Simulation of a Stirling engine-compression/absorption hybrid cooling system

### Simulación de un sistema de enfriamiento híbrido motor Stirling-compresión/absorción

Guerlin Ramage<sup>1</sup>, Cuauhtémoc Jiménez<sup>1</sup>, Alejandro Zacarías<sup>1,\*</sup>, Ignacio Carvajal<sup>2</sup>, Alicia Flores<sup>3</sup>, Fredy Donís<sup>1</sup>, María Venegas<sup>4</sup>

1: Academia de Térmicas/Termodfluidos, ESIME Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional. Av. de las granjas, 682, Santa Catarina, 02550, Ciudad de México, Mexico. \*azacarias@ipn.mx

2: LABINTHAP, ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional. Av. IPN s/n, 07738, Ciudad de México, Mexico. icarvajalm@yahoo.com

3: Academia de Finanzas ESCA Santo Tomás, Instituto Politécnico Nacional. Prolongación de Carpio 471, Plutarco Elías Calles, 11340, Ciudad de México, Mexico. afloresva@ipn.mx

4: Departamento de Ingeniería térmica y de Fluidos, Universidad Carlos III de Madrid, Av. Universidad 30, 28911, Leganés, Madrid, España. mvenegas@ing.uc3m.es

**Resumen:** *This paper presents the simulation of a hybrid cooling system operating with a steam compression cooling system coupled to a Stirling engine and an absorption one. The cooling load of the system is obtained with different transmission and solar radiation loads, depending on the outside temperature. The compressor of the compression system is coupled with a Stirling engine. The energy demand for the entire system is thermal energy. The study was first conducted using only the compression cooling system. Subsequently, the load was partially removed with the support of the absorption system between 0% and 100% of the total load. The influence of the cooling load of the space to be cooled, as well as that of each of the cooling systems, on the overall thermal load of the hybrid system was evaluated. The results show that the greatest thermal supply load is required when only the absorption system is used. As the compression system is used, the thermal feed load decreases. The best combination of production and consumption of thermal load was when the absorption system operates between 20% and 40% of its maximum load.*

**Palabras clave:** Motor Stirling, sistema de compresión, sistema de absorción, enfriador híbrido, energía solar.



## Sesión D1



## VISIT TO A REAL REFRIGERATION SYSTEM AS A TEACHING TOOL FOR ENGINEERING STUDENTS

Miguel Araiz<sup>1,2\*</sup>, Patricia Aranguren<sup>1,2</sup>, Álvaro Casi<sup>1,2</sup>, Leyre Catalán<sup>1,2</sup>, David Astrain<sup>1,2</sup>, Antonio Rodríguez<sup>1,2</sup>

1: Departamento de Ingeniería, Universidad Pública de Navarra  
Campus de Arrosadía, 31006, Pamplona (Navarra), España  
e-mail: miguel.araiz@unavarra.es

2: Instituto de Smart Cities, Universidad Pública de Navarra  
Campus de Arrosadía, 31006, Pamplona (Navarra), España

**Resumen:** *Este trabajo presenta las posibilidades de emplear la instalación de refrigeración de la Universidad Pública de Navarra (UPNA) como herramienta educativa dentro de la asignatura de Sistemas y Procesos de Refrigeración Industrial, del Máster Universitario en Ingeniería Industrial de la UPNA. En esta asignatura se estudia el diseño y análisis de diferentes sistemas de refrigeración y se profundiza en las características de las máquinas más frecuentes empleadas en el ámbito industrial y equipos de grandes potencias. La disponibilidad de una instalación como el sistema de refrigeración de la Universidad, brinda una oportunidad perfecta para complementar los contenidos impartidos en el aula, de modo que los estudiantes puedan afianzar esos contenidos y puedan trabajar con una instalación real. Para ello, en esta actividad se propone el análisis del sistema de refrigeración, así como la identificación de los elementos que lo forman, tratando de comprender los rangos de funcionamiento de las distintas variables de la instalación. Además, con un sencillo ejemplo, se pretende que los estudiantes puedan resolver y calcular los parámetros de operación del sistema, y determinar la eficiencia del mismo.*

**Palabras clave:** sistemas refrigeración reales, prácticas asignatura, máster universitario, visita educativa



## METHODOLOGY AND FOLLOW-UP OF THE TEACHING AND LEARNING PROCESS IN HEAT TRANSFER DURING 2018 AND 2019

Vilariño Feltrer, Guillermo; Rodríguez Hernández, José Carlos; Montagud MontalvÀ, Carla; Sarabia EscrivÀ, Emilio; Barceló Ruescas, Fran; Navarro Peris, Emilio; PayÀ Herrero, Jorge\*

Departamento de TermodinÀmica Aplicada, Universitat Politècnica de València (Valencia, Spain)  
e-mail: jorge.paya@iie.upv.es

### *Abstract:*

*Within the academic context of the University, the study programs, the students and the different subjects are continuously changing. Students from the first years in Bachelor degrees present low capacities of concentration and comprehension. For this reason, and furthermore in core subjects such as Heat Transfer, it is essential for the teachers to make a good planning and follow-up of the teaching and learning processes. This paper presents an analysis of the subject Heat Transfer during the academic course 2018-2019. A survey was carried out at the end of the semester. 40 out of 293 students answered, providing a valuable feedback. Although 30% of the students think that the theoretical lessons helped to deepen their knowledge, only 5% recommend dedicating more time to theoretical lessons, and none have consulted the extended bibliography. The teachers suggest nevertheless adding more theoretical questions in the evaluation, in order to promote studying the underlying physics, which will in turn help to reach a deep learning.*

**Keywords:** Heat Transfer, Engineering, student survey, teaching methods.

### 1. INTRODUCCIÓN

The implementation of the new educational framework of the Bologna Plan, has involved a redesign and adaptation of the curricula of both the degrees and master's degrees. In this context of adaptation, it is necessary to redefine the teaching-learning methodology traditionally used in the classrooms, going from being focused solely on the contents (master class) to focusing more on the student and on the development of their abilities as mentions [1]. And, as in any process of change, it is of utmost importance to carry out a follow-up and feedback process that must be considered both from the point of view of the students and the teacher.

From the point of view of the students, prompt feedback is necessary so that they are aware of what they know and what they don't, and can act accordingly well in advance to be able to correct their attitude throughout the teaching-learning process (Ferguson, 2011). From the teacher's point of view, there is a wide variety of methods that can be used to track teaching, get feedback and implement student-focused



ID XXX

## OPTIMIZATION OF A COOLING SYSTEM OF A LARGE-SIZED INDUSTRIAL WAREHOUSE USED FOR STORING PERISHABLE FOOD WITH WATER-GLYCOL MIXTURE AS COOLANT

José Javier Rubio Rubio<sup>1\*</sup>, Francisco Vera García<sup>2</sup>, Eloy Hontoria Hernández<sup>3</sup> y Alejandro López Belchí<sup>4</sup>

1: Universidad Politécnica de Cartagena. C/Doctor Fleming s/n. 30202. Cartagena.  
e-mail: josejavier.rubio@edu.upct.es

2: Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Politécnica de Cartagena. C/Doctor Fleming s/n. 30202. Cartagena.

3: Departamento de Economía de la Empresa. Universidad Politécnica de Cartagena. C/Doctor Fleming s/n. 30202. Cartagena.

4: Departamento de Ingeniería y Técnicas Aplicadas. Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire. C/ Coronel López Peña s/n. 30729. Santiago de la Ribera. Murcia

**Abstract:** *This article investigates the energetic optimization of a cooling installation made up of air cooled chillers and cooling coils as main units in order to keep cooling an industrial unit of big dimensions used as storehouse of perishable food. The coolant is water-glycol and the installation has three main air-air cooled chiller, a primary and a secondary pumping circuit, an inertial tank, several cooling coils and all the pipes that connect the components.*

*A comparison between two components of TRNSYS 17 has been carried out in order to obtain which configuration is better for keeping the temperature of one zone of the industrial warehouse close to its set temperature point. The components are a cooling coil and a heat exchanger with constant effectiveness. The results show that a simplify model with basics heat exchangers with a high effectiveness improve the behaviour of the system.*

**Keywords:** cooling coil, heat exchanger, TRNSYS 17, water-glycol.



## EVALUATION OF THE CONVECTIVE HEAT TRANSFER PERFORMANCE FOR A GRAPHENE DERIVATIVE NANOFLUID THROUGH A TEST RIG

Uxía Calviño<sup>1,2</sup>, Javier P. Vallejo<sup>1,2</sup>, Matthias H. Buschmann<sup>3</sup>, José Fernández-Seara<sup>2</sup>,  
Luis Lugo<sup>1\*</sup>

- 1 Departamento de Física Aplicada, Facultade de Ciencias, Universidade de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende, 36310 Vigo, SPAIN
- 2 Área de Máquinas e Motores Térmicos, Escola de Enxenería Industrial, Universidade de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende, 36310 Vigo, SPAIN
- 3 Institut für Luft-und Kältetechnik Dresden, Bertolt-Brecht Allee 22, 01309 Dresden, GERMANY

\* Corresponding author: luis.lugo@uvigo.es

**Abstract:** Graphene has shown exceptional thermal properties which are partly maintained in its multi-layered form, graphene nanoplatelets (GnP). Since these carbon-base nanostructures are hydrophobic, a functionalization is needed in order to assess long-term stability of the aqueous suspensions. In this study, the convective heat transfer performance of a polycarboxylate chemically modified GnP dispersion in water at 0.50 wt% was experimentally analysed. Dynamic viscosity, thermal conductivity, isobaric heat capacity and density were measured by rotational rheometry, transient hot wire technique, differential scanning calorimetry and vibrating U-tube methods, respectively, in a wide temperature range. The whole analysis of thermophysical and rheological properties were validated between two laboratories. Afterwards, an experimental facility was used to evaluate the heat transfer performance. The convective heat transfer coefficients were obtained through the thermal resistances method, reaching enhancements for the nanofluid of up to 13%. Finally, dimensionless analyses were carried out by employing Nusselt, Reynolds or Prandtl numbers.

**Keywords:** heat transfer coefficients; convection; thermophysical properties; aqueous nanofluid; graphene nanoplatelets.



## OPTIMIZACIÓN DE CENTRALES FRIGORÍFICAS DE CO<sub>2</sub> TRANSCRÍTICO BASADA EN LOS PARÁMETROS OPERATIVOS EN TIEMPO REAL

Manuel Jesús García Jiménez<sup>1\*</sup>, Ángela Ruiz Ruiz<sup>2</sup> y José Antonio Expósito Carrillo<sup>3</sup>

1: Departamento Termodinámica y Refrigerantes Naturales, INTARCON.  
P.I. Los Santos, Bulevar de los Santos, 34 14900 Lucena, Córdoba, España.  
e-mail: mgarcia@intarcon.es

2: Departamento Termodinámica y Refrigerantes Naturales, INTARCON.  
P.I. Los Santos, Bulevar de los Santos, 34 14900 Lucena, Córdoba, España.

3: Escuela Superior de Ingeniería, Departamento de Máquinas y Motores Térmicos Universidad de Cádiz.

**Palabras clave:** CO<sub>2</sub>, optimización, booster, compresor paralelo, transcrito.

**Resumen:** *La optimización de la presión de gas cooler en una central de refrigeración transcrito es un aspecto fundamental para la correcta operación de la misma. La eficiencia y con ello el coste de explotación dependen directamente de su correcta gestión. Este artículo estudia qué influencia tiene cada uno de los parámetros operativos de la central, así como la tipología del diseño frigorífico. Como resultado, se obtienen las curvas de funcionamiento óptimo en función del tipo de central. Al mismo tiempo, se analiza la recuperación de calor en una central transcrito, mediante dos estrategias de control distintas, teniendo como resultado unos costes energéticos en función de la temperatura exterior y el tipo de gestión de la planta.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El sistema Booster se encuentra muy extendido hoy en día entre las posibles soluciones para utilizar R744 como refrigerante, lo forman dos etapas de compresión una de baja temperatura que descarga en otra de media temperatura con el fin de reducir la relación de compresión y el consumo de los compresores.

Una de las mejoras que se puede realizar para aumentar la eficiencia del sistema es la compresión en paralelo, que ofrece la posibilidad de aumentar la capacidad frigorífica y la eficiencia de media temperatura durante el funcionamiento del sistema a altas temperaturas ambiente. Además, la compresión en paralelo disminuye la temperatura de salida del gas cooler y la presión de descarga junto con la cantidad de flash-gas en el calderín.

El ciclo transcrito de CO<sub>2</sub> también se puede utilizar en un sistema en cascada utilizándose este mismo ciclo en la parte de alta presión y propileno en la parte de baja presión en aplicaciones de refrigeración y calefacción con una bomba de calor con economizador en la parte de alta presión [1].

Con el sistema en cascada se aumenta la eficiencia del ciclo al disminuir el trabajo de compresión, aunque el coste de este tipo de sistemas es superior a un sistema de compresión simple. Por otra parte, el uso de propileno como refrigerante del ciclo de baja presión previene la ignición de este hidrocarburo debido a las bajas temperatura de trabajo en este punto del sistema. Además, utilizar CO<sub>2</sub> en la parte de baja presión limita la temperatura de evaporación por debajo del punto triple (-56.6°C). Por tanto, para aplicaciones donde se requieren temperaturas por debajo de -56.6°C no es posible utilizar CO<sub>2</sub> en la parte de baja presión del

## Sesión D2



## A newly implemented system for autonomous refrigerated cabinet validation

**Patiño Pérez, Jorge\***; **Monrós-Andreu, Guillem**; **Prades Martell, Lledó**; **Sáez Pastor, Alejandro**

1: Departamento I+D Innovación 4.0 Frost-trol  
12180 Cabanes.  
e-mail: j.patino@frost-trol.com

2: Departamento I+D Innovación 4.0 Frost-trol

**Resumen:** *La sociedad actual demanda sistemas de refrigeración con una mayor eficiencia energética y a su vez más respetuosos con el medio ambiente. El cumplimiento de estos objetivos está condicionado a mejorar tanto, la fase inicial de diseño como el desarrollo de tecnologías que contribuyan a mejorar la calidad de los sistemas de fabricación de los muebles frigoríficos. El principal reto al que se enfrenta el sector del retail es garantizar el funcionamiento correcto de todos los muebles fabricados en una línea de producción, y llevarlo a cabo con la mayor seguridad, la mayor eficiencia energética y sin olvidar, el impacto ambiental causado por el uso de los refrigerantes. En este artículo se ha diseñado un dispositivo llamado test room system (TRS) que garantizará el correcto funcionamiento de los muebles frigoríficos mediante el análisis termodinámico del ciclo de refrigeración y de la caracterización del comportamiento de cada mueble fabricado.*

**Palabras clave:** SCADA, adquisición, validar, muebles, TRS.





## FINNED-TUBE EVAPORATORS RE-DESIGN FOR NEW REFRIGERANTS, PART 1: REVIEW OF HEAT TRANSFER AND PRESSURE DROP CORRELATIONS

Abdelrahman Hassan<sup>1,2,\*</sup>, Carlos Prades-Gil<sup>1</sup>, Emilio Navarro-Peris<sup>1</sup>, José González-Macia<sup>1</sup>

1: Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, Spain;

\*e-mail (first author): ahasan@iie.upv.es

2: Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Engineering, Zagazig University, 44519 Zagazig, Egypt

**Abstract:** *This paper reviews the most commonly used correlations in the literature for heat transfer and pressure drop for finned-tube evaporators. On the refrigerant-side, the paper discusses the latest predictions models based on flow patterns. Also, a comparison between different refrigerants is presented as a proof of the importance of having the different behavior of heat transfer and pressure drop coefficients in mind to perform a correct design of heat exchangers. In a similar trend, modeling of the air-side of evaporators was discussed and a comparison of the most renowned correlations was presented based on the tube outer diameter. This work is the first part of a global vision on the correct dimensioning of finned-tube evaporators. In the second part a methodology for designing and optimizing finned-tube evaporators is presented based on the main conclusions of the current paper.*

**Keywords:** Evaporators, Review, Air-side, Refrigerant-side, Correlations.



ID XXX

# INTEGRATION OF ABSORPTION CHILLERS INTO BIOMASS-FIRED DISTRICT HEATING NETWORKS FOR SPACE COOLING APPLICATIONS: TECHNICAL EVALUATION FOR THE CASE OF SOUTHERN CATALONIA

Martín Solórzano-Canales<sup>1</sup>, Dereje S. Ayoub<sup>1</sup>, Juan Prieto<sup>1</sup>, Alberto Coronas<sup>1\*</sup>

1: Universitat Rovira i Virgili, Department of Mechanical Engineering, Research Group on Applied Thermal Engineering (CREVER), Av. Països Catalans 26, 43007 Tarragona, Spain

\* e-mail: alberto.coronas@urv.cat

**Abstract:** *Recently, small capacity absorption chillers (ABCs) with a new set of technical features suitable for coupling to District Heating (DH) networks have been emerging in the market. Programs for biomass-fired DH networks are currently under development in the Southern Catalonia area of Spain. The integration of ABCs to DH networks improve their market competitiveness by providing sustainable cooling in summer season. The technical feasibility of coupling the ABCs with the DH networks to deliver cooling is demonstrated through a case study. The case study shows that a proposed NH<sub>3</sub>/LiNO<sub>3</sub> single-effect absorption chiller prototype can achieve about 45.1 % reduction in CO<sub>2</sub> equivalent emissions. At the same time, an electrical COP of around 7.4 is achieved resulting in considerable economic and environmental benefits compared to conventional vapor compression systems.*

**Keywords:** Absorption chiller, Biomass, District heating network, Space cooling, Integration



## THERMODYNAMIC INVESTIGATION ON THE PERFORMANCE OF CARBON DIOXIDE/ACETONE FLUID MIXTURE IN A COMPRESSION/RESORPTION REFRIGERATION SYSTEM.

R J B Moreira-da-Silva<sup>1\*</sup>, and A Coronas<sup>1</sup>

1: Group of Applied Thermal Engineering – CREVER, Dep. Mechanical Engineering, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, Spain  
43007.

e-mail: jefferson.batista@estudiants.urv.cat

**Abstract:** *Compression/resorption refrigeration system is an option to use the carbon dioxide as a refrigerant. In this paper, carbon dioxide/acetone is used as the working pair for this refrigeration technology. To compute the thermodynamic system performance for cooling applications, this fluid mixture had its thermodynamic properties calculated with a simple, yet accurate method based on the Redlich-Kwong-Soave Equation of State. Accurate correlations obtained from manufacturer's data has been used to compute the compressor's volumetric and isentropic efficiencies. The system's performance has been analyzed considering the influence of the external circuits temperatures. For doing so, the Closest Approach Temperature method has been applied to link the external circuits to the internal one. From the system's performance results, it may be possible to obtain cooling effect for a wide range of cooling application temperatures and different levels of heat sink temperature.*

**Keywords:** Compression/resorption, carbon dioxide, refrigeration



ID 179

## COMPARACIÓN Y SELECCIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES ÓPTIMOS PARA COMPRESORES SCROLL: HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA COMFORMAR LAS MATRICES DE ENSAYO

Javier Marchante-Avellaneda\*, José Miguel Corberán y Emilio Navarro-Peris

1: Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería Energética (Universitat Politècnica de València).  
C/ Camino de Vera S/N, 46022 (Valencia).  
e-mail: jamarav@iie.upv.es

**Resumen:** *El uso de bombas de calor y enfriadoras es una solución ampliamente utilizada por los fabricantes en la industria. Estos fabricantes requieren de modelos capaces de representar su comportamiento, con el objetivo de mejorar sus diseños.*

*Centrándonos en el componente principal de estos equipos, el compresor, el estándar AHRI-540 es el referente utilizado para caracterizar su performance planteando un modelo polinomial de 10 coeficientes. Lamentablemente la normativa no ofrece información sobre dónde realizar las mediciones experimentales, necesarias para el ajuste del modelo.*

*Con estos antecedentes, el presente estudio muestra una comparación entre varias metodologías de Diseños Experimentales aplicadas sobre el mapa de trabajo de un compresor scroll, del que se cuenta con resultados para 64 puntos de operación.*

*Estas herramientas estadísticas proponen el número de ensayos a realizar y ubicación en el mapa de trabajo. El objetivo será determinar cuál de ellas resulta más conveniente en base a realizar un buen ajuste del modelo.*

**Palabras clave:** Bombas de calor, modelos empíricos, Diseño de Experimentos, Diseños óptimos, Compresores scroll.

## Sesión D3

## OVERVIEW OF CRYOHUB THERMAL STORAGE TECHNOLOGIES

Graciela Álvarez<sup>1</sup>, Denis Leducq<sup>1</sup>, Alain Damas<sup>2</sup>, Anthony Dallais<sup>2</sup>, Daniele Negro<sup>3</sup>

1: Irstea, Antony, France.

2: Air Liquide, Les Loges en Josas, France.

3: London South bank Unisersity, Langford Bristol, UK

e-mail: [graciela.alvarez@irstea.fr](mailto:graciela.alvarez@irstea.fr)

**Abstract:** *The design of the thermal stores is an important part of the CryoHub project. The cold generation does not follow a demand and supply process. Thermal storage is a solution to align the demand and availability of the thermal energy produced. The thermal store consists in a tank charged with a storage material (several materials as candidates) and a fluid moving through a tank filled with the material. In the case of a cold store, the charging period consists of cold fluid circulating through the material. For the discharging period, the inlet fluid leaves the tank colder and the material becomes warmer*

*We had to proceed by several steps to complete the design of the tanks:*

- *to select the type of material to be used as the thermal storage material*
- *to establish a numerical model to predict heat transfer and transport phenomena in the thermal storage gravel tank*
- *to identify the parameters of the numerical model*
- *to validate the numerical model with independent experiments*
- *to use the numerical model to study the optimal conditions and dimensions of the thermal store tank*
- *to develop a dynamic version of the model*
- *to test the concept at the laboratory scale with a 100 kWh cold thermal store*

**Keywords:** cold storage, refrigerated warehouse, cryogenic



## MODELLING AND DESIGN OF THE CRYOHUB DEMONSTRATOR

Alan Foster<sup>1</sup>, Daniele Negro<sup>1</sup>, Tim Brown<sup>1</sup>, Alain Damas<sup>2</sup>, Judith Evans<sup>1</sup>

1: London South bank Unisersity, Langford Bristol, UK

2: Air Liquide, Les Loges en Josas, France.

e-mail: alan.foster@lsbu.ac.uk

**Abstract:** *The design of a cryogenic energy system (CES) integrated with the refrigeration system of a refrigerated food warehouse is presented. Liquid nitrogen is expanded through a set of expansion turbines to provide electrical power at times of high electrical grid demand. The expansion of the nitrogen provides cooling to both a refrigerated warehouse and a thermal store.*

*Recycling cold from the expansion to the liquefier is a way to boost the CES efficiency. In a CES, cold release from the turbines happens at a different time than the gas liquefaction, such an exchange of low-temperature exergy, therefore, requires a thermal store. In this demonstrator the thermal store can provide cooling to the warehouse, when there is a need for cooling but not electrical power, or a lack of stored liquid air.*

*The CES demonstrator will not contain a liquefaction system, but instead contain a storage vessel of liquid nitrogen. Cooling of the warehouse and thermal store will be practically demonstrated at the same time as generating electrical power. The potential to exchange cold exergy between a liquefaction system and the thermal store will be simulated.*

*This paper will cover the design and operation of the demonstration system. Details of how the system was modelled and the design constraints applied will be explained*

**Keywords:** Liquid air energy storage (LAES), thermal storage, cryogenic, cold store warehouses



## ENERGY MANAGEMENT STRATEGY TO MAKE CRYOHUB CONCEPT PROFITABLE

Gabriel García<sup>1</sup>, Alicia Kalms<sup>1</sup>, Marional Estevez<sup>1</sup>, Raquel Garde<sup>1</sup>

1: CENER, Spain

e-mail: ggarcia@cener.com

**Abstract:** *Energy Storage Systems (ESS) can provide numerous grid support services to facilitate Renewable Energy Sources (RES) integration without jeopardizing the Security of Supply and the Power Quality. However, it is difficult to quantify the added value and benefits provided by the ESS and therefore, to make them profitable. A key aspect to determine the feasibility of a system including ESS is the strategy applied to manage the overall plant to maximise the benefits (incomes, savings, etc.). The Energy Management System is a decision-making tool managing the power flows in an optimal way once the goal of the plant has been defined.*

*In this work, we present the methodology applied in the framework of the CryoHub project, to define the most suitable energy management strategy to be later implemented in the demonstration pilot plant. We will describe the strategies, the logic behind and the parameters which impact the most the economics of the system. Besides, we will show some results obtained by simulation that will be validated in the future.*

**Keywords:** LAES, Energy Management Strategy, Energy Storage, Cogeneration, Business Case





## EUROPE-WIDE ENERGY MAPPING AND CO-LOCATING OF LARGE REFRIGERATED WAREHOUSES WITH RENEWABLE RESOURCES AS KEY ENABLERS FOR CRYOGENIC ENERGY STORAGE

Kostadin Angueloy Fikiin<sup>1</sup>

1: Technical University of Sofia, Bulgaria

e-mail: k.fikiin@tu-sofia.bg

**Abstract:** *Refrigerated warehouses for chilled and frozen food commodities are large electricity consumers, possess powerful installed refrigeration capacities and waste substantial amounts of heat. Powering refrigerated warehouses by renewable energy sources (RES) turns from an extravagancy to a routine. The intermittency of RES requires suitable energy storage for both off-grid and on-grid applications. Cryogenic energy storage (CES), integrated synergistically with RES and large refrigerated warehouses, is a promising environmentally friendly technology (addressed by the EU CryoHub project), which enables on-site storage of RES energy during periods of high generation (by liquefying a cryogenic gas) and its use at peak grid demand (by boiling the stored cryogen to drive turbines, thereby restoring electricity to the grid). Unlike standalone CES installations, large refrigerated food warehouses provide an ideal industrial environment to host and implement the cogeneration technology of CryoHub, as the cryogenic cold released could directly be utilised to ease the work of existing warehouse refrigerating plants. In this context, studies were carried out to identify where large energy-intensive refrigerated warehouses are situated across Europe and how much power they consume. By employing diverse instruments and data sources, some 1049 warehouses were established, while 503 energy intensive ones were mapped and further co-located with 3200 solar PV and 11700 onshore wind parks to discover the best areas for RES integration across EU28. As compared with similar international surveys, the CryoHub statistics covers simultaneously warehouse capacity, geographical location and energy data, which permit a comprehensive analysis and strategic planning in both food refrigeration and energy sectors.*

**Keywords:** Refrigeration, food, refrigerated storage, warehousing, renewable energy, energy storage, mapping, European Union

**Sesión D4**



## DIFFERENTIAL CALORIMETER FOR TESTING EFFICIENCY OF SAMPLES PROCESSED FOR RADIATIVE COOLING

David Navajas<sup>1\*</sup>, Cristina Pinto<sup>1,3</sup>, Angel Andueza<sup>1,2</sup>, Joaquín Sevilla<sup>1,2</sup>, Jaione Bengoechea<sup>3</sup>, Eugenia Zugasti<sup>3</sup>, and Alicia Buceta<sup>3</sup>

1: Department of Electric, Electronic and Communication Engineering, Universidad Pública de Navarra

2: Smart Cities Institute, Universidad Pública de Navarra  
Campus de Arrosadia, 31006 Pamplona (Spain)

3: National Renewable Energy Centre of Spain (CENER)  
Ciudad de la Innovación 7, 31621, Sarriguren, Spain

**Abstract:** *Radiative cooling is nowadays being revisited as an effective mean to passively evacuate heat in systems. The existence of a wavelength window of atmospheric transparency (between 8- 13  $\mu\text{m}$ ) allows sending heat to the outer space. Materials with surfaces of enhanced emittance in this window are the key for passive heat evacuation. In this work, we present an experimental system designed to test the efficiency of samples as radiative coolers. This “differential calorimeter” is composed of two identical devices where heat is applied and temperatures are monitored. Equilibrium temperatures are directly related to the heat evacuation capacity of the samples. Micro-cylinders structured on the surface of glass samples demonstrate to provide an increased emissivity in the thermal wavelengths, which is translated into an enhanced radiative cooling functionality tested with the presented system. Increasing the radiative cooling capability for glass surfaces is important for several applications such as for building integration and photovoltaics.*

**Keywords:** Radiative cooling, passive, structured glass, simulations, differential calorimeter.

## ANÁLISIS TEÓRICO Y EXPERIMENTAL DE LA SUSTITUCIÓN DEL R-404A CON LA MEZCLA R-454A

**Adrián Mota Babiloni, Joaquín Navarro Esbrí, Ángel Barragán Cervera, Albert T. Martínez Micó, Carlos Mateu Royo**

Grupo de Investigación ISTENER, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I. Av. Vicent Sos Baynat s/n, E-12071 Castelló (España)  
e-mail: mota@uji.es

**Resumen:** *En la actualidad, uno de los retos más importantes que enfrentamos es dar solución al cambio climático, provocado en parte por el uso de refrigerantes de segunda y tercera generación. Este fenómeno se manifiesta por el papel vital de la refrigeración en la emisión de gases de efecto invernadero y, en particular, las aplicaciones de refrigeración comercial. Entre estos fluidos nocivos para el medioambiente, destaca el R-404A, con un potencial de calentamiento atmosférico (PCA) de 3922. El presente trabajo analiza la viabilidad de una de las nuevas alternativas con PCA significativamente menor, actualmente disponible en el mercado internacional: la mezcla hidrofluorocarbono/hidrofluoroolefina (HFC/HFO) R-454A. El refrigerante alternativo se compara con el R-404A mediante análisis tanto teóricos como experimentales. Las pruebas se realizan en diversas condiciones de trabajo, y se estudian los parámetros que se consideran de mayor relevancia a la hora de evaluar el comportamiento de la instalación con cada uno de los dos refrigerantes. Con menores diferencias, tanto los resultados teóricos como los experimentales confirman, para el R-454A y en comparación con el R-404A, un descenso del caudal másico, un aumento de la potencia frigorífica y la potencia consumida por el compresor, y como consecuencia de la diferencia entre ambos; un aumento del Coefficient of Performance (COP). Adicionalmente, la temperatura de descarga aumenta con el refrigerante R-454A hasta 19 °C y se recomienda tomar precauciones si se va a ensayar condiciones más sensibles que las propuestas en este trabajo. Aun así, los beneficios energéticos y por tanto medioambientales del uso del R-454A son destacables, y se recomienda su uso si la legislación lo permite, teniendo en cuenta las medias de seguridad.*

**Palabras clave:** Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA), refrigeración, ensayos experimentales, mezcla hidrofluorocarbono/hidrofluoroolefina (HFC/HFO), eficiencia energética.



## EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN CICLO DE SUBENFRIAMIENTO MECÁNICO INTEGRADO EN UNA PLANTA DE REFRIGERACIÓN CON CO<sub>2</sub>

Laura Nebot-Andrés<sup>1\*</sup>, Jesús Catalán-Gil<sup>1</sup>, Daniel Sánchez<sup>1</sup>,  
Ramón Cabello<sup>1</sup>, Daniel Calleja-Anta<sup>1</sup> y Rodrigo Llopis<sup>1</sup>

1: Grupo Ingeniería Térmica, Departamento Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I.  
Campus Riu Sec s/n, 12071 Castellón de la Plana, España.  
e-mail: lnebot@uji.es

**Resumen:** *Los sistemas de CO<sub>2</sub> utilizados en refrigeración son cada vez más complejos con el objetivo de mejorar su rendimiento energético. Actualmente, se están estudiando varias soluciones para mejorar el COP y la potencia frigorífica de las plantas. Los sistemas de subenfriamiento son una de las opciones más estudiadas en los últimos años.*

*El subenfriamiento mecánico integrado es un sistema capaz de mejorar el rendimiento energético de los ciclos de CO<sub>2</sub> utilizando únicamente dióxido de carbono como refrigerante. Este trabajo analiza experimentalmente el comportamiento de este ciclo. Las pruebas se realizaron en una planta de CO<sub>2</sub> de una sola etapa evaluada a diferentes niveles de evaporación y diferentes temperaturas de salida de gas-cooler.*

*Se determinan las condiciones óptimas de operación, presión en gas-cooler y grado de subenfriamiento, y se evalúan y discuten los principales parámetros de energía, como COP y potencia frigorífica.*

**Palabras clave:** COP, Dióxido de carbono, mejora energética, subenfriamiento mecánico integrado



## PARAMETRIC EVALUATION OF CLOSED REFRIGERATED DISPLAY CABINETS PERFORMANCE

Lledó Prades Martell<sup>1\*</sup>, Guillem Monrós-Andreu<sup>1</sup>, Alejandro Sáez Pastor<sup>1</sup> and Jorge Patiño Pérez<sup>1</sup>

1: Departamento I+D Innovación 4.0, Frost-Trol S.A, CV 159 KM 2,  
C.P.12180-Cabanes (Castellón), Spain

e-mail: l.prades@frost-trol.com

**Abstract:** *During last years, supermarkets have increased the demand for closed refrigerated display cabinets due to their potential on energy savings compared to the open ones. However, the performance of this type of refrigerated display cabinets is not completely known, being of utmost importance how the generated airflow could affect over the temperature distributions. Consequently, this work presents a parametric evaluation of the performance of closed display cabinets. The air-curtains flow was evaluated and analysed for different operating conditions (i.e. air flow, initial and desired temperatures) by a set of computational fluid dynamics (CFD) simulations. This set of simulations served to accurately analyse and evaluate the steady-state and transient behaviour of the turbulent air flow distributions and temperature evolutions, comparing the performance of diverse functional configurations (i.e. open/closed doors) that the refrigerated cabinet is subjected under operating conditions.*

**Keywords:** CFD modelling; refrigerated air curtain; thermal insulation; sealing ability.



## EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL REFRIGERANTE R468A COMO ALTERNATIVA AL R404A EN APLICACIONES COMERCIALES DE BAJA TEMPERATURA

Ramón Cabello López<sup>1</sup>, Daniel Sánchez García-Vacas<sup>1</sup>, Laura Nebot Andrés<sup>1</sup>, Daniel Calleja Anta<sup>1</sup>, Rodrigo Llopis Doménech<sup>1</sup>

1: Universitat Jaume I, Grupo de Ingeniería Térmica  
Avda. Vicente Sos Baynat s/n 12071 Castellón (España)  
e-mail: [cabello@uji.es](mailto:cabello@uji.es)

**Resumen:** En este trabajo se presenta la comparación energética experimental de los refrigerantes R468A y R404A operando en un ciclo de compresión de vapor a baja temperatura. Se ha trabajado con una instalación real a pequeña escala, utilizando una central de producción frigorífica que daba servicio a un mueble de congelación, operando con los mismos criterios que una instalación real. El refrigerante R468A es una mezcla zeotrópica ternaria de última generación compuesta por R1234yf/R32/R1132a (75/21.5/3.5 % en masa) que ha sido incluida dentro del Std34 de Ashrae en junio de 2019 (addenda y), con la clasificación de seguridad A2L. Su reducido PCA<150 hace que cumpla con los criterios medioambientales de las nuevas reglamentaciones, quedando exenta de la tasa impositiva en España. En el trabajo se comprueba que es apto para emplearse como sustituto directo del R404A, consiguiéndose una mejora en COP y  $\dot{Q}_o$  dentro del rango de temperatura ensayado.

**Palabras clave:** R468A, R404A, reducido PCA, experimental, evaluación energética



ID XXX

## INDUSTRIA 4.0 EN LA SUPERVISIÓN CENTRALIZADA DE INSTALACIONES DE REFRIGERACIÓN

**Antonio Montanary Morales\***

kiconex

P.I. Los Santos, Bulevar de Los Santos, 34 | 14900 Lucena (Córdoba) - España

e-mail: amontanary@kiconex.es

**Resumen:** *La Industria 4.0 está basada en la Conectividad de Equipos.*

*Los conceptos fundamentales en la Supervisión y Control de Instalaciones de Refrigeración son:*

- *Internet de las Cosas.*
- *Hiperconectividad*
- *Almacenamiento y tratamiento de Datos en la nube.*
- *Minería de Datos o Big Data.*
- *Sistemas Ciberfísicos.*
- *Inteligencia de máquinas.*

*Los sistemas de supervisión y control para instalaciones de refrigeración que hoy día demandan, tanto la empresa instaladora, como la propiedad de una instalación, son aquellos basados en la Industria 4.0 y que suponen un paso más respecto a los sistemas SCADA tradicionales.*

*Estos sistemas están compuestos por una parte hardware que recoge los datos de todos los parámetros a medir y a través de una red segura (VPN) vuelca los datos en la nube. Estos datos quedan a la espera de ser consultados por los usuarios, a través de una plataforma que use un protocolo seguro de transferencia de hipertexto (https).*

**Palabras Clave:** Industria 4.0, supervisión, control, cloud, conectividad.



## Lista de autores

- Aguiar, M., 57  
Albets-Chico, X., 20, 21  
Alemu, D., 19  
Alexandre, J., 16  
Alvarez Pardiñas, Á., 38  
Alvarez, E., 36, 41  
Alvarez, G., 100  
Alvarez-Piñeiro, L., 6, 13  
Alves Afonso, C., 16  
Andreo-López, M., 74, 75  
Andueza, A., 105  
Angora, A., 76  
Antolinos, V., 22, 24  
Antoñanzas, A., 62  
Antoñanzas, D., 4  
Araiz, M., 30, 47, 88  
Aranguren, P., 11, 30, 47, 88  
Ariano, A., 67  
Astrain, D., 11, 30, 47, 88  
Atienza-Márquez, A., 64  
Ausín García, J., 68  
Ayou, D., 52, 96  
  
Barceló-Ruescas, F., 7, 8, 42, 89  
Barragán-Cervera, Á., 14, 35, 39, 106  
Bengoechea, J., 105  
Blanco, M., 73  
Blust, S., 38  
Bover, S., 21  
Brown, T., 101  
Bruno, J.C., 9, 64  
Buceta, A., 105  
Buendía-Moreno, L., 22, 24, 25  
Buschmann, M., 91  
  
Cabaleiro, D., 10  
Cabello, R., 15, 30, 47, 48, 66, 67, 107, 109  
  
Cabeza, L., 20  
Calleja-Anta, D., 15, 66, 67, 107, 109  
Calviño, U., 80, 91  
Carnero Melero, P., 8  
Carvajal-Mariscal, I., 52, 86  
Casi, Á., 30, 47, 88  
Castillo, S., 77  
Catalán, L., 88  
Catalán-Gil, J., 15, 66, 107  
Cazorla-Marín, A., 61  
Cerdeira, F., 36, 41  
Chen, C., 9  
Corberán, J.M., 6, 13, 37, 43, 61, 98  
Cordeiro Mendonça, K., 51  
Coronas, A., 19, 52, 64, 96, 97  
  
Dallais, A., 100  
Damas, A., 100, 101  
de Gracia, Á., 20  
de las Heras Reverte, V., 7, 8  
de Vega, M., 79  
Díaz de Garayo, S., 11  
Donís Sánchez, F., 86  
Dopazo, J.A., 41  
  
Esnoz-Nicuesa, A., 22  
Espí García, F., 2  
Esquivias Fernández, P., 71, 72  
Estevez, M., 102  
Evans, J., 101  
Expósito, J.A., 31, 45, 92  
  
Fernández-Seara, J., 91  
Fikiin, K., 103  
Fiorelli, F., 78  
Flores Vasconcelos, A., 86  
Foster, A., 101

- Fuster-Palop, E., 3
- Galindo-Villegas, J., 25
- García Ayala, A., 18
- García Cascales, J., 84
- García Jiménez, M., 92
- García, G., 102
- García, M., 51
- García, M.J., 45
- García-Ayala, A., 25
- García-Cascales, J., 43, 85
- García-Hernando, N., 79
- García-Pastor, M., 77
- Garde, R., 102
- Gaspar, P., 57
- Gil, N., 73
- González González, S., 72
- González-Piquer, M., 39
- González-Maciá, J., 32, 42, 43, 46, 60, 95
- Gonçalves, V., 78
- Guillen, F., 77
- Guillén-López, I., 74, 75
- Gómez Macián, C., 14
- Hafner, A., 38
- Hassan, A., 37, 46, 95
- Hernández, E., 70, 73
- Hernández-Cánovas, J., 74, 75
- Hervás-Blasco, E., 13
- Hontoria Hernández, E., 26, 90
- Hussen, M., 19
- Iglesias Pordomingo, Á., 2, 58
- Iguaz-Gainza, A., 22
- Illán-Gómez, F., 43, 84, 85
- Isaza-Roldán, C., 28, 54
- Jara Cobos, N., 53, 55
- Jiménez Castillo, C., 86
- Jiménez-Carlson, A.R., 52
- Jofre, A., 21
- Kalms, A., 102
- Khodabandeh, R., 49
- Leducq, D., 100
- Llopis, R., 15, 47, 48, 66, 67, 107, 109
- López Belchí, A., 26, 90
- Lugo, L., 10, 80, 91
- López-Cánovas, A., 18, 25
- López-Gómez, A., 18, 22, 24, 25
- López-Navarro, A., 32, 34, 42
- Maldonado, J., 20
- Marchante-Avellaneda, J., 98
- Marcos, J., 76
- Marin-Iniesta, F., 74, 75
- Martínez Román, J., 34
- Martínez Micó, A., 106
- Martínez, P., 82
- Martínez, Á., 11
- Martínez-Hernández, G., 22, 24
- Martínez-Romero, D., 77
- Masip, X., 3, 7, 8, 13
- Mateu-Royo, C., 14, 35, 39, 106
- Mauri, S., 68
- Meeng, C., 61
- Mejía Arias, L., 28
- Mendes, L., 51
- Mira Hernández, C., 28
- Molés, F., 14, 35, 39
- Monrós-Andreu, G., 48, 94, 108
- Montagud, C., 61, 89
- Montanary Morales, A., 110
- Moreira-da-Silva, R., 97
- Moreno, P., 20, 21
- Moscardó-Boscà, R., 35
- Mota-Babiloni, A., 14, 35, 39, 106
- Muñoz, F., 59, 83
- Muñoz, I., 21
- Müller, J., 19
- Narváez Buestán, F., 53, 55
- Navajas, D., 105
- Navarro-Esbri, J., 14, 35, 39, 106
- Navarro-Peris, E., 6, 13, 32, 34, 43, 46, 89, 95, 98
- Navarro-Segura, L., 18, 22, 24, 25
- Nebot-Andrés, L., 15, 66, 67, 107, 109
- Negro, D., 100, 101
- Nezhad, F., 49
- Nieto-Londoño, C., 54
- Ortega, I., 36, 41
- Ossorio, R., 32, 34
- Otón Martínez, R., 85
- Palacio Mejía, J., 28
- Patiño, J., 48, 94, 108
- Payá, J., 3, 37, 60, 89
- Pinto, C., 105
- Prades, L., 48, 94, 108
- Prades-Gil, C., 3, 7, 8, 46, 95
- Prado, J., 10
- Prado, J.I., 80
- Prieto, J., 52, 96
- Quitiaquez, P., 54

- Quitiaquez, W., 54
- Raventós, M., 70
- Reinoso AVECILLAS, F., 53, 55
- Rey Martínez, F., 71, 72
- Rodríguez García, A., 88
- Rodríguez Hernández, A., 58, 72
- Rodríguez Hernández, J., 89
- Romage, G., 86
- Romero Clausell, J., 8
- Ros-Chumillas, M., 18, 22, 24, 25
- Rovira, R., 21
- Rubio Rubio, J., 26, 90
- Rubio, A., 70
- Ruiz Ruiz, Á., 45, 92
- Salmerón Lissén, J.M., 31
- San Jose Alonso, J., 2
- San José Martín, A., 58
- Sanz del Castillo, F., 65
- Sarabia Escrivà, E., 89
- Schnabel, L., 6
- Sena-Cuevas, V., 43, 84, 85
- Serrano, M., 77
- Sevilla, J., 105
- Sieres, J., 36, 41
- Silveira Jr., N., 51
- Simbaña, I., 54
- Solorzano, M., 96
- Sáez, A., 48, 94, 108
- Sánchez de La Flor, F.J., 31
- Sánchez Velasco, F., 84, 85
- Sánchez, D., 15, 30, 47, 48, 66, 67, 107, 109
- Sánchez-Canales, V., 37
- Sánchez-Martínez, M., 22, 24, 25
- Sánchez-Moreno-Giner, L., 42
- Sánchez-Rubio, M., 74, 75
- Sánchez-Velasco, F.J., 43
- Taboada-Rodríguez, A., 74, 75
- Tejero González, A., 2, 58, 71
- Toapanta-Ramos, F., 54
- Torres-Toledo, V., 19
- Valencia Canola, S., 28
- Valero, D., 77
- Vallejo, J., 91
- Valverde Lorenzo, E., 72
- Velasco Gómez, E., 2, 58, 71, 72
- Velázquez Marín, A., 82
- Venegas, M., 79, 86
- Vera García, F., 26, 90
- Verlaat, B., 38
- Viana-Fons, J., 3, 60
- Vilariño Feltrer, G., 89
- Vintimilla Palomeque, A., 53, 55
- Vizcaíno-Milla, P., 74, 75
- Viñas Malillos, S., 71
- Zabala González, S., 27
- Zacarías, A., 79, 86
- Zapata, P., 77
- Zsembinszki, G., 20
- Zugasti, E., 105