

# “ESTUDIO ENERGÉTICO DE PANEL RADIANTE ELÉCTRICO PARA CALEFACCIÓN”

**INFORME N°: 917805**

**FECHA: 15-12-2010**

**“Cencosud Retail S.A.”**

“La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica específica acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos o patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido “certificados por DICTUC”, ni reproducir en forma parcial o total el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.”

INF-AES-033-10

<b>1. Tipo Informe</b> Informe Técnico	<b>2. Cuerpo del Informe</b> 10 hojas (incluye portada)
<b>3. Título del Proyecto</b> <i>Estudio Energético de Panel Radiante Eléctrico para Calefacción</i>	<b>4. Fecha Informe</b> 13 de diciembre de 2010
<b>5. Autor (es)</b> M.Sc. Fabián Hormazábal Ing. Martin Keller	<b>6. Contrato</b> Aceptación de propuesta técnica
<b>7. Nombre y Dirección de la Organización Investigadora</b> DICTUC; Pontificia Universidad Católica de Chile Vicuña Mackenna Nº 4860, Casilla 306 – Correo 22, Macul - Santiago	<b>8. Períodos de Investigación</b> 21 de noviembre al 06 de diciembre de 2010
<b>9. Antecedentes de la Institución Mandante</b> Nombre: Cencosud Retail S.A. Dirección: Av. Kennedy 9001 Piso 5, Las Condes RUT: 81.201.000-k Teléfono: (02) 336 7000	<b>10. Contraparte Técnica</b> Nombre: Jose Muzard Trotter Cargo: Ingeniero de Climo Chile S.A. Teléfono: (02) 366 04 85
<b>11. Correlativo</b> INF-AES-033-10	<b>12. Antecedentes</b> AES-P-090-10
<b>13. Resumen</b> Al operar bajo régimen de operación modulante, la estufa Atlantic muestra consumos de energía promedios (en kWh) de un 17% menor que la estufa Trotter, pese a que la potencia promedio medida de la estufa Atlantic es un 13% mayor que la Trotter. Los tiempos de calentamiento de la estufa Atlantic son significativamente menores que la estufa Trotter. Sin embargo, se debe tener en consideración que la estufa Trotter tiene una potencia de un 13% menor que la Atlantic. Dentro del periodo evaluado, las estufas Atlantic y Trotter obtuvieron un aumento de temperatura de la cámara ensayos, respecto de la condición inicial, de aproximadamente 7°C y 5°C respectivamente. Dentro de la primera hora de mediciones las estufas Atlantic y Trotter aumentaron la temperatura de la cámara de ensayos, respecto de la condición inicial, aproximadamente 5°C y 2°C respectivamente.	

M.Sc. Fabián Hormazábal P.  
Subgerente Área Energía Sustentable

División Ingeniería Mecánica y Metalúrgica

DICTUC S.A.

“La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica específica acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos o patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido “certificados por DICTUC”, ni reproducir en forma parcial o total el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC.”	INF-AES-033-10
---	----------------

## Cencosud Retail S.A.

Informe Técnico

### **“Estudio Energético de Panel Radiante Eléctrico para Calefacción”**

13 de diciembre de 2010

#### 1. Introducción

El Señor Jose Muzard en representación de Climo Chile S.A., solicitó al Área Energía Sustentable (AES) de DICTUC, realizar un estudio energético de un panel radiante para calefacción y comparar los resultados con ensayos equivalentes realizados con una estufa oleo eléctrica de potencia similar.

Este documento contiene el informe técnico presentado por el Área Energía Sustentable de DICTUC a Climo Chile S.A., con los resultados del servicio solicitado.

#### 2. Objetivos

Medir y comparar los siguientes parámetros de un panel radiante eléctrico para calefacción y una estufa oleo eléctrica, bajo condiciones a documentar:

- Consumo eléctrico.
- Temperatura en cámara de ensayos.

#### 3. Metodología

La metodología seguida para realizar las mediciones fue la siguiente.

##### 3.1. Artefactos

Climo Chile, con anterioridad a la ejecución de los ensayos, hizo entrega de los artefactos a estudiar. Los artefactos estudiados fueron:

- Estufa de panel radiante marca Atlantic modelo Tatou.
- Estufa oleo eléctrica ensayar marca Trotter modelo UT-7T.

##### 3.2. Cámara de Ensayos

Para realizar las mediciones, DICTUC acondicionó una cámara de ensayo con el fin de reproducir condiciones de sollicitación térmica. En particular, en dicha cámara se controlaron las condiciones de temperatura interna, la tasa de aireación (cambios de aire por hora) y la temperatura de una cámara

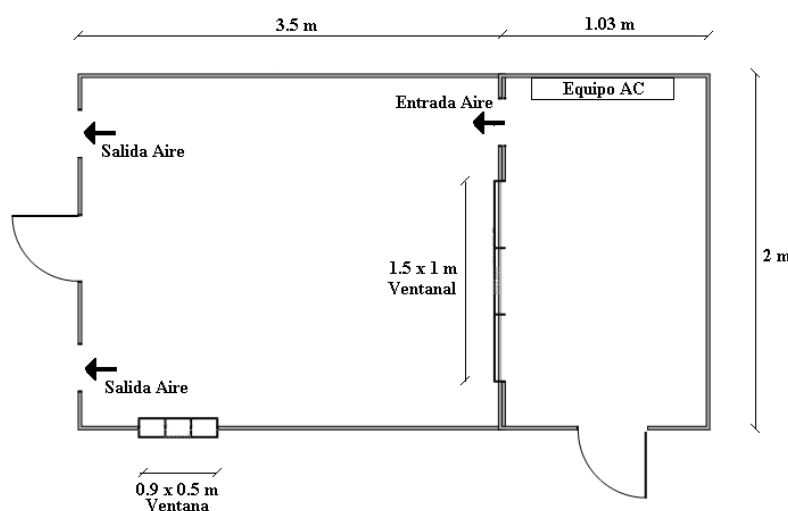
*DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile*

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago – Chile / Fono: (56-2) 354 4626 / Fax: (56-2) 354 7226 / [www.dictuc.cl/aes](http://www.dictuc.cl/aes)

refrigerada adyacente. En estas condiciones, es importante mencionar que los resultados de las mediciones están condicionados a las características de la cámara de ensayo, con lo cual éstos no podrán ser considerados como resultados repetibles en cualquier tipo de construcción o habitación.

En la cámara refrigerada, se ubica un sistema de aire acondicionado que mantiene dicha cámara a baja temperatura. Desde aquí se inyecta aire frío hacia la segunda cámara, denominada cámara calefaccionada, lugar donde se posiciona el artefacto a ensayar. La pared que divide ambas cámaras consiste en un ventanal, cuyo objetivo es generar una sollicitación térmica por conducción, y que además cumple la función de permitir la visualización de los ensayos sin intervenir el área donde se encuentra el artefacto de calefacción. Para extraer el aire caliente, la cámara calefaccionada posee cuatro extractores de aire.

Un esquema con las dimensiones de la cámara se puede ver en la **Figura 1**.



**Figura 1**  
Dimensiones Cámara Ventilada

### 3.3. Mediciones y Equipos

Los principales parámetros medidos fueron temperaturas en el interior de la habitación (con termopar de globo negro), temperatura ambiental externa (termopar desnudo) y consumo eléctrico de los artefactos.

La temperatura interior de la habitación se midió mediante termopares tipo K, situados dentro de globos negros, en el centro de la habitación, el primero a 1,8m del suelo y el segundo a 1,2m del suelo. Adicionalmente, se instalaron dos termopares, uno de ellos a 50cm del techo y otro a 5cm del suelo. Lo

anterior se realizó con el fin de analizar la estratificación de aire caliente dentro de la habitación.

La medición del consumo eléctrico de los artefactos como la recopilación de datos de los termopares fue realizada mediante el uso de un sistema OPTO 22.

La medición de la potencia activa, reactiva y aparente y factor de potencia se realizó con un wattmetro marca Hioki, model 3334.

### 3.4. Pruebas preliminares

Una vez instalados el equipo de medición, se procedió a realizar algunas pruebas preliminares con el fin de verificar el correcto funcionamiento del equipo y artefactos. Para lo anterior, se ejecutó el protocolo señalado a continuación, durante una jornada de medición.

### 3.5. Protocolo de Ensayos

El protocolo de medición utilizado fue el siguiente:

- a) Verificación que las condiciones internas y externas de la habitación son estables.
- b) Comenzar a medir las variables señaladas de temperatura, consumo de corriente y voltaje.
- c) Seteo del termostato del artefacto a ensayar en la temperatura de confort definida.
- d) Encendido del artefacto de calefacción.
- e) Medición de parámetros.
- f) Desenergizado del artefacto de calefacción después de aproximadamente 9 horas del inicio de los ensayo.
- g) Ventilación y enfriado de la habitación.

### 3.6. Resultados

#### **Parámetros eléctricos**

En el **Cuadro 1** se muestran los resultados de las mediciones de parámetros eléctricos de ambos artefactos. Cabe destacar que la estufa oleo eléctrica solo se evaluó en capacidad mínima, cuya potencia es similar a la estufa de panel radiante.

Artefacto	Unidad	Atlantic	Trotter		
			Posición I	Posición II	Posición III
Voltaje	V	220,0	220,0	220,0	220,0
Corriente	A	2,892	2,474	3,807	6,267
Potencia	Watt	636,1	544,3	838,0	1.379
Factor de Potencia	---	1,00	1,00	1,00	1,00

**Cuadro 1**  
Resultado de las Mediciones de Parámetros Eléctricos

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de la potencia medida durante las mediciones realizados en la cámara ensayos. Cabe destacar que se realizaron mediciones con el fin de evaluar el comportamiento de las respectivas estufas durante un periodo de aproximadamente 9 horas seteando el termostato en temperatura máxima (operación continua durante todo el periodo). Con la estufa Trotter se realizaron las mediciones solo en la posición I del selector de potencia, dado que es la que mas se asemejaba a la potencia de la estufa Atlantic.

Todas las mediciones se realizaron con una tasa aproximada de 0,5 cambios de aire por hora del volumen de aire de la cámara de ensayos.

La temperatura de confort fijada en el seteo de las estufas para los ensayos con modulación de la potencia fue de 23°C.

	Estufa Atlantic Tatou				Estufa Trotter UT-7T (en Posición I)			
	Operación Continua		Operación Modulante		Operación Continua		Operación Modulante	
	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo	Potencia	Consumo
	Watt	kWh	W	kWh	W	kWh	W	kWh
Mínimo	515,3	0,591	0,0	0,363	376,3	0,527	0,0	0,402
Máximo	653,9	0,631	644,5	0,453	569,0	0,547	588,0	0,569
<b>Promedio</b>	<b>621,0</b>	<b>0,620</b>	<b>409,6</b>	<b>0,409</b>	<b>542,6</b>	<b>0,539</b>	<b>501,4</b>	<b>0,494</b>
Varianza	161,4				109,6			
Desviación Estándar	12,7				10,4			
Coefficiente de Variación	2,0				1,9			

**Cuadro 2**  
Potencia y consumo de las estufas en régimen de operación continuo y modulante

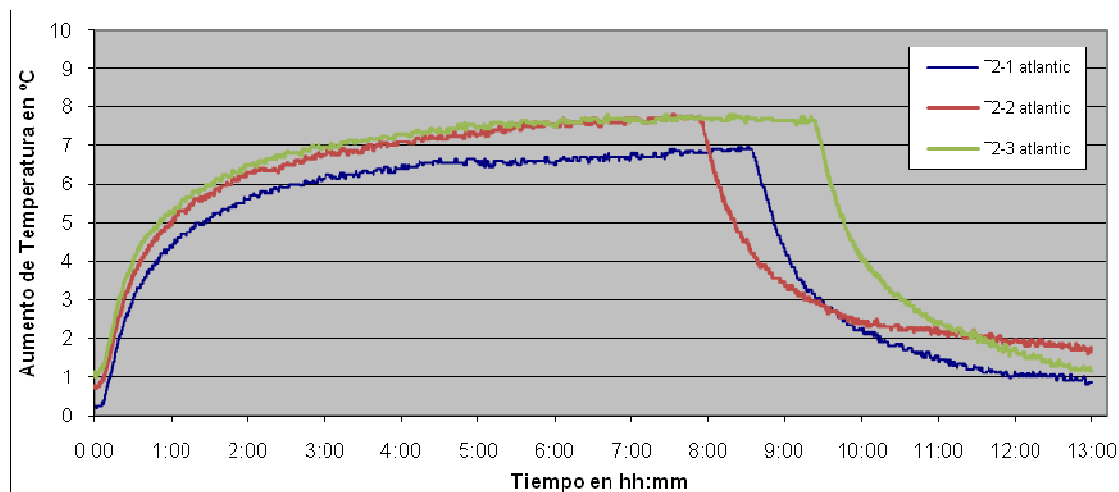
Con el fin de evaluar el comportamiento de las estufas se midió el tiempo transcurrido para elevar en 2, 3, 4 y 5°C la temperatura medida con el termopar de globo negro ubicado a 1,2m del nivel del suelo de la cámara de ensayos. Cabe destacar que en estos ensayos ambas estufas operaron en forma continua, es decir, sin modular la potencia para ajustar la temperatura de la habitación a un valor pre-seteado. En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos.

Aumento de Temperatura de la Cámara de Ensayos °C	Atlantic	Trotter
	Tiempo de Operación minutos	
2	15	31
3	23	50
4	37	87

**Cuadro 3**

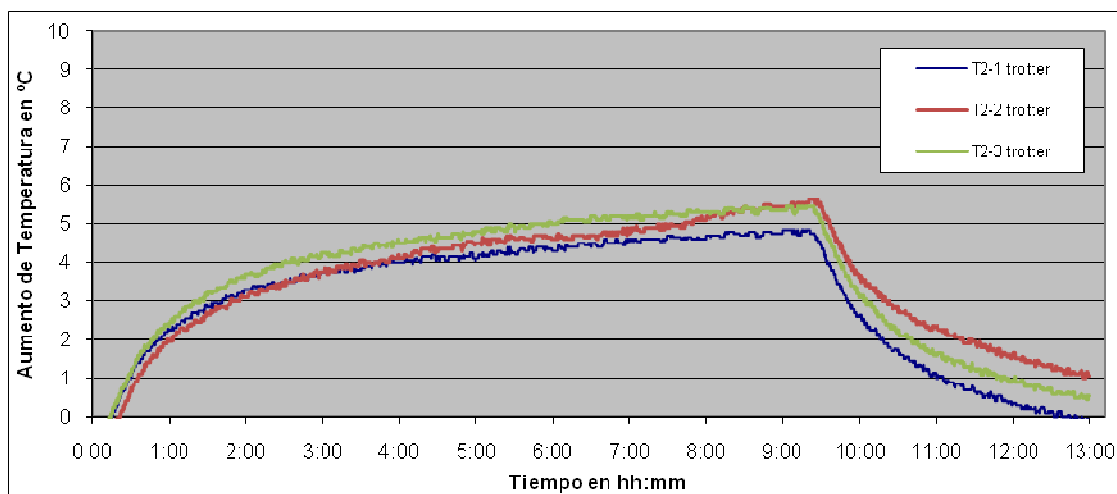
Tiempo de calentamiento del al Cámara de Ensayos medido para el termopar de globo negro ubicado a 1,2m del nivel del suelo

En las siguientes figuras se muestra el comportamiento de la temperatura del termopar de globo negro (T2) ubicado a 1,2m del suelo para las 3 corridas de mediciones realizadas tanto con la estufa Atlantic como con la estufa Trotter.



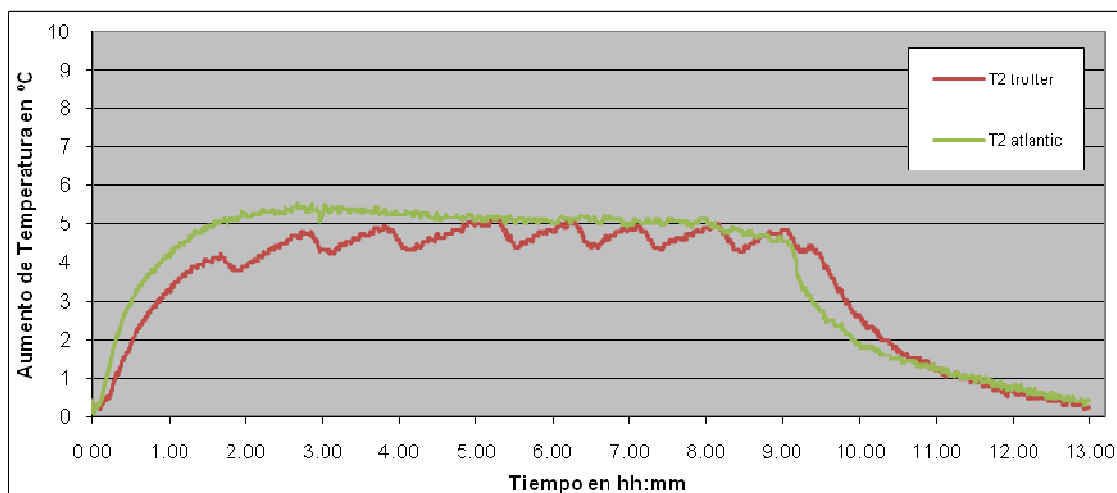
**Figura 2**

Curvas de variación de temperaturas de las 3 corridas de mediciones con la estufa Atlantic.

**Figura 3**

Curvas de variación de temperaturas de las 3 corridas de mediciones con la estufa Trotter.

En la **Figura 4** se muestra el comportamiento de la temperatura del termopar de globo negro (T2) ubicado a 1,2m del suelo en las mediciones realizadas tanto con la estufa Atlantic como con la estufa Trotter al operara con un seteo ambiente de 23°C. Ambas estufas modularon la potencia para ajustarse a la temperatura seteada.

**Figura 4**

Curvas de variación de temperaturas de las estufas Atlantic y Trotter modulando la potencia para ajustarse a una temperatura de 23°C

### 3.7. Análisis de resultados

#### Parámetros eléctricos

En el **Cuadro 1** se muestran los resultados de las mediciones realizadas de los parámetros eléctricos de las estufas Atlantic y Trotter. Se observa que la potencia de la estufa Atlantic es de 636 kW y la de la estufa Trotter (en posición I, seteo utilizado para los ensayos) es de 544 kW. Para ambos artefactos, el factor de potencia medido fue 1.

En el **Cuadro 2** se puede observar la potencia y consumo promedio obtenida durante los ensayos a capacidad máxima y bajo régimen de operación modulante de ambos artefactos. Al operar bajo régimen de operación modulante, la estufa Atlantic muestra consumos promedios, en kWh, de un 17% menor que la Trotter, pese a que la potencia promedio medida de la estufa Atlantic es un 13% mayor que la Trotter. Cabe destacar que las variaciones en la potencia son consecuencia de las variaciones del voltaje propias de la red de alimentación eléctrica.

En el **Cuadro 3** se puede observar que los tiempos de calentamiento de la estufa Atlantic son significativamente menores que la estufa Trotter. Sin embargo, se debe tener en consideración que la estufa Trotter tiene una potencia de un 13% menor que la Atlantic, por lo que era de esperar tiempos mayores de calentamiento para esta última.

#### Parámetros térmicos

En las **Figuras 2 y 3** se puede observar las características de las curvas de calentamiento de las estufas Atlantic y Trotter respectivamente. En ambos casos, los artefactos no lograron llegar a la temperatura seteada en el termostato dentro del periodo de ensayo de 9 horas, por lo que no entraron al régimen de operación con modulación de la potencia. Además:

- La estufa Atlantic obtuvo un mayor aumento de temperatura de aproximadamente 7°C, respecto de la condición inicial, dentro del periodo evaluado.
- La estufa Atlantic elevó aproximadamente 5°C la temperatura de la cámara de ensayos dentro de la primera hora de ensayos.
- La estufa Trotter obtuvo un aumento de temperatura aproximadamente 5°C, respecto de la condición inicial, dentro del periodo evaluado.
- La estufa Trotter elevó aproximadamente 2°C la temperatura de la cámara de ensayos dentro de la primera hora de ensayos.

En la **Figuras 4** se puede observar las características de las curvas de calentamiento bajo régimen modulante de las estufas Atlantic y Trotter respectivamente. La estufa Trotter muestra variaciones del orden de 0,5°C durante el periodo estable de operación. La estufa Atlantic no presenta

variaciones significativas en su condición de operación, manteniendo una temperatura estable.

#### 4. Conclusiones

Al operar bajo régimen de operación modulante, la estufa Atlantic muestra consumos promedios (en kWh) de un 17% menor que la estufa Trotter, pese a que la potencia promedio medida de la estufa Atlantic es un 13% mayor que la Trotter.

Los tiempos de calentamiento de la estufa Atlantic son significativamente menores que la estufa Trotter. Sin embargo, se debe tener en consideración que la estufa Trotter tiene una potencia de un 13% menor que la Atlantic.

Dentro del periodo evaluado (aprox. 9 horas de operación continua), las estufas Atlantic y Trotter obtuvieron un aumento de temperatura de la cámara ensayos, respecto de la condición inicial, de aproximadamente 7°C y 5°C respectivamente.

Dentro de la primera hora de mediciones las estufas Atlantic y Trotter aumentaron la temperatura de la cámara de ensayos, respecto de la condición inicial, aproximadamente 5°C y 2°C respectivamente.