

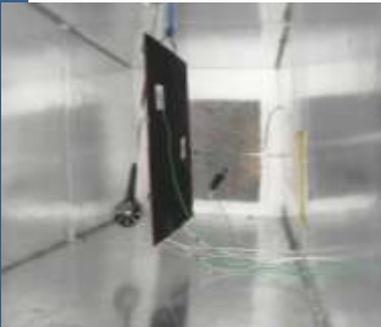


UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN

PFG



ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA SUPERFICIAL DE DISTINTAS PLACAS

Curso 2012/2013

Alumno:

Avellana Hervás, Javier

Tutora:

Aparicio Fernández, Carolina Sabina

Vivancos Bono, José Luis

ÍNDICE

1.-Introduccion	3
1.1.-Justificacion del proyecto	3
1.2.-Objetivos	5
1.2.1.- Analisis de los datos obtenidos en todos los ensayos realizados.	5
1.2.2.- Diferencias de valores según su escala de color	5
1.2.3.- Diferencias de valores según la variación de la velocidad	5
2.-Componentes del ensayo	6
2.1.-Descripcion general de los componentes	6
2.2.-Mejoras introducidas a lo largo del estudio	10
2.3.-Listado de los componentes	15
2.4.-Aparatos utilizados.....	17
3.-Desarrollo	20
3.1.-Trabajo de laboratorio	20
3.1.1.- Puesta en funcionamiento del equipo	20
3.1.2.- Recogida de datos	26
3.2.-Tablas con los datos de los ensayos.....	30
3.3.-Gráficas y análisis de los resultados obtenidos	34
3.3.1.-Placa en horizontal.....	34
3.3.2.-Placa en vertical	61
3.4.-Comparativas con distintos colores de placa	103
3.5.-Comparativas según la velocidad del viento	104
3.6.-Comparativas con otros ensayos	106
4.-Resultados y conclusiones	107
5.-Bibliografia	108
Anexo 1: Terminología	111

1. INTRODUCCIÓN

1.1- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se ha desarrollado en los laboratorios de la Universidad Politécnica de Valencia, en concreto en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, donde hemos instalado una serie de mecanismos y maquinarias para la investigación y análisis del consumo necesario para el calentamiento de unas placas y la manera con la que le afecta la velocidad del viento en su pérdida calorífica.

En estudios anteriores, se ha podido comprobar que un aumento de la velocidad del viento provocaría una disminución de la temperatura de la placa [2] [5] [7]. Por lo que si pretendemos mantener la temperatura de la placa variando la velocidad del viento, posiblemente, nos provoque un aumento de consumo. Por lo que este será uno de los puntos a analizar, durante el desarrollo de este estudio.

Por otro lado se estudia que la transferencia de calor por convección está influenciada por la velocidad del viento [1] [2] [6] [8]. Además dependerá de la orientación de la superficie, y de su rugosidad [1] [2] [8]. La relación entre el coeficiente de transferencia de calor por convección y la velocidad del viento, pueden crear discrepancias entre distintos ensayos, por muchos factores, tales como diferentes geometrías de construcción, aspereza de la superficie, altura y velocidades y direcciones del propio viento. Por lo tanto es indispensable que los ensayos sean en las mismas condiciones [11]. Nosotros pretendemos realizar un estudio detallado de la relación que existe entre estos dos parámetros, y la influencia que puede tener el color de la superficie a ensayar.

También veremos que la transferencia de calor por convección depende de la diferencia de temperatura entre la superficie de la placa y la del aire ambiente [3] [6].

Nuestro estudio estará basado en la realización de ensayos en un túnel de viento ya que las simulaciones realizadas en dicho túnel, son capaces de reproducir las características globales del viento [4].

En otros trabajos de campo realizados similares a nuestra investigación, se ha estudiado la transferencia de calor por convección sobre un edificio de baja altura [1], [2], [4]. Otro estudio se ha basado en el análisis sobre una cubierta de vidrio [3], obteniendo conclusiones claras sobre su productividad, también de aplicación a destiladores solares [5]. Los ensayos en el túnel de viento en el sector de la edificación se centrará en edificios de poca altura debido al tamaño de sus maquetas, esto da lugar a problemas de instrumentación y hace que sea imposible modelar los detalles arquitectónicos, tales como aleros y los parapetos, que pueden jugar un papel importante en la función de carga del viento [13].

Otra metodología de estudio es analizar la transferencia de calor por convección, con humedad, ensayando la influencia del viento sobre las mismas [6] [9] [12].

Los resultados indican que hay que tener cuidado con las características de turbulencia del viento natural. Éstas características, las del terreno y las del propio edificio son necesarias para la evaluación con precisión de la transferencia de calor por convección en superficies inclinadas del techo [10].

Los resultados obtenidos, también nos servirán de aplicación para la investigación sobre sistemas fotovoltaicos [7].

Por lo que, de entre las posibles aplicaciones de nuestro estudio a la edificación tendremos, la influencia sobre los cerramientos de un edificio, sobre cubiertas de vidrio y destiladores solares, y sistemas térmicos.

Para llevar a cabo todo el trabajo de investigación, realizaremos ensayos con distintas velocidades del viento, y entre distintos colores de placa, analizando y comparando los resultados obtenidos.

El propósito del estudio no será otro que la comparación entre placas de distintos colores, la manera en que le afecta la variación de las velocidades del viento, y junto con el consumo necesario para calentar la placa y el gradiente de temperatura que se produce entre la misma y el ambiente, estudiar la variación del coeficiente de convección.

Todo el conjunto de aparatos y mecanismos montados para este proyecto, en rasgos generales, consta de unas placas (en algunos ensayos en posición horizontal y en otros casos en posición vertical) colocadas en el interior de un túnel donde habrá un ventilador que nos proporciona viento dentro del mismo. Instalando diferentes sensores para medir, su velocidad, temperatura de la placa y del aire, humedad, y el consumo que tiene. Todo esto conectado a un ordenador donde haremos la recogida de los datos para realizar un estudio de los mismos.

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.- ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN TODOS LOS ENSAYOS REALIZADOS.

Pretendemos realizar todos los ensayos con los diferentes sistemas y sus mejoras que podamos ir introduciendo al lo largo del estudio. Los datos obtenidos, los transformaremos en tablas y gráficas, para poder comentar cada ensayo, a la vez que comparativa de éstos dependiendo de las variables que le afectan. Dichos factores son tales, como la temperaturas tanto de la placa como del aire, velocidades del viento y humedad.

El objetivo de estos ensayos será el análisis de los resultados obtenidos y sacar conclusiones sobre el comportamiento del material, estudiando el coeficiente de convección obtenido, con respecto al impacto del viento y su velocidad.

1.2.2.- DIFERENCIAS DE VALORES SEGÚN SU ESCALA DE COLOR.

Haremos una comparativa entre los distintos colores de placa. Estudiaremos todos los ensayos para comprobar en que nos afecta el color del material a la hora de la determinación experimental de transferencia de calor por convección. Obtendremos el consumo eléctrico, la variación de temperatura, y haremos los cálculos pertinentes con respecto a la superficie de la placa.

1.2.3.- DIFERENCIA DE VALORES SEGÚN LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD

Realizaremos ensayos, a diferentes velocidades de viento. A continuación, estudiaremos todos los resultados obtenidos para comprobar en que nos afecta, y realizaremos una comparativa, entre las distintas velocidades y el coeficiente de convección obtenido a partir de las mismas.

2.-COMPONENTES DEL PROYECTO

2.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPONENTES

La maquinaria construida para la realización del estudio, estará compuesta por una serie de elementos más simples que la constituyen. Así definimos como “elementos de la maquina” a todas aquellas piezas y componentes más sencillos que correctamente conectados y ensamblados constituyen una maquina completa y en funcionamiento.

Seguidamente presentamos cada uno de sus elementos:

Para la construcción del túnel hemos utilizado un cajón fabricado con paneles para aislamientos de conductos de climatización, de la marca “Isover”. La elección de este material ha sido su alta resistencia a los cambios de temperatura, que se pueden producir por el calentamiento de la placa. Sus dimensiones interiores son de 0.62 x 0.60 x 2.00 metros (*véase ilu. 1*).



Ilustración 1: Túnel

Para completarlo, lo cerraremos por uno de sus lados introduciéndolo dentro de un cajón de dimensiones interiores 0.69 x 0.69 x 0.60 metros. Será de madera conglomerada y contrachapa, y nos servirá para instalar en su interior un ventilador que produzca corriente de viento en el interior del túnel (*véase ilu. 2*).

El ventilador llevará instalado un controlador de potencia (*véase ilu. 3*) para regular la velocidad del viento. Con ello conseguimos distintas velocidades del viento para luego poder compararlas en el estudio realizado sobre estos ensayos.



Ilustración 2: Ventilador



Ilustración 3: Controlador de potencia de la velocidad del viento

Utilizaremos cable eléctrico tanto para la conexión de controlador al ventilador, como para conectarlo a la luz eléctrica. Todo se conectará a una misma regleta (véase *ilustración 4*) instalada para la conexión de cada uno de los equipos necesarios para la realización de todos los ensayos propuestos.

Para regular la intensidad del viento en algunos de los ensayos hemos utilizado un panel de forex que interponíamos entre el ventilador y el túnel, a diferentes alturas, para aumentar o disminuir la velocidad del viento (véase *ilustración 5*).



Ilustración 4: Regleta

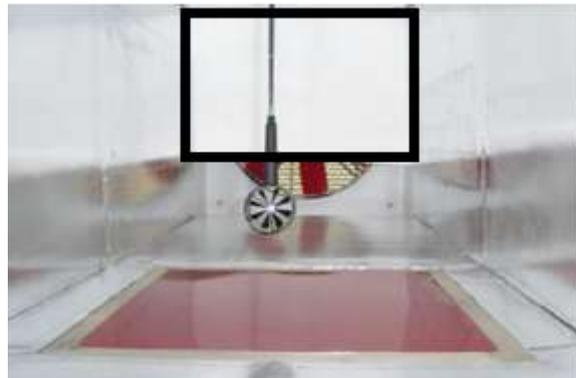


Ilustración 5: Panel colocado entre el ventilador y la placa

Para la sujeción de la placa en horizontal hemos utilizado un marco de madera con una lámina de conglomerado en su parte trasera (véase *ilustración 6*). El marco se introduce en un panel aislante de climatización como el que compone el túnel donde se instala la placa en horizontal. La placa se compone de las dos almohadillas aislantes, donde se introducen los sensores de calor, encima pondremos la placa y lo sujetaremos en su conjunto. Con un sensor instalado para medir la velocidad del viento (véase *ilustración 7*).



Ilu.6: Sujeción de la placa horizontal



Ilu.7: Sensor de medición del viento

Seguidamente nombraremos los distintos aparatos utilizados para desarrollar la recogida de datos así como sus sensores en los distintos sitios del túnel. Todos ellos aparatos irán conectados al ordenador, donde tendremos instalados los programas necesarios para la recogida de datos.

El generador, es el encargado de calentar la placa a la temperatura óptima para el estudio (*véase ilu. 8*), del cual salen los sensores que van introducidos entre las placa (*véase ilu. 9*).



Ilu.8: Generador (Caja)



Ilu.9: Sensores

Por último mencionaremos los aparatos de testeo (*véase ilu. 10*) con sus diferentes sensores (*véase ilu. 11*) para recoger los datos necesarios para la investigación: temperatura, humedad y velocidad del viento. Constará de tres aparatos de este tipo y cada uno de ellos dispone de sensores diferentes para medir las diferentes variables de las condiciones del túnel. Cada aparato llevará su detector de datos que estarán instalados en el túnel con la sujeción de hilo de pescar.



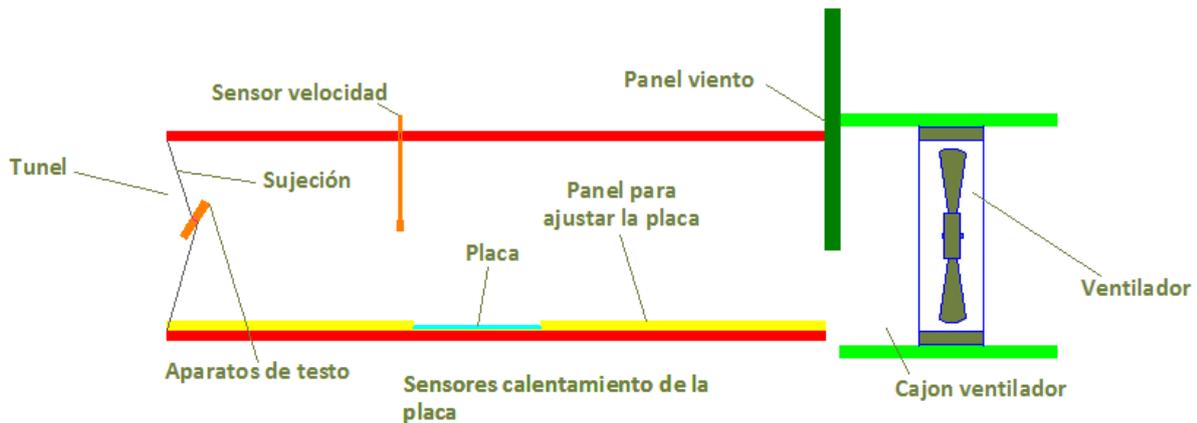
Ilu.10: Aparato de Testo



Ilu.11: Sensor de Testo

2.2.- MEJORAS INTRODUCIDAS A LO LARGO DEL ESTUDIO

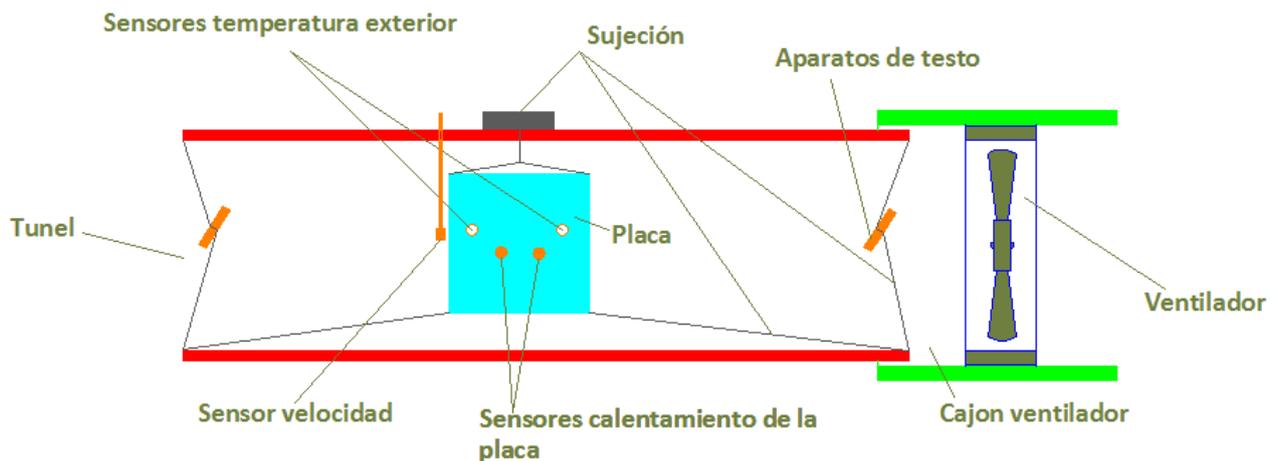
En primer lugar se han realizado los ensayos con la placa en horizontal (véase esq. 1).



Esq. 1: Esquema del túnel de viento con la placa en horizontal

Llegamos a la conclusión, de que, con la placa en esta posición, teníamos pérdidas de calor de la placa por su parte inferior, por lo que los resultados no son del todo fiables.

Por esta razón, decidimos colocar la placa en vertical (véase esq. 2).



Esq. 2: Esquema inicial con la placa en vertical

Ahora empezaremos a nombrar y definir todos los elementos que hemos introducido o modificado, además de los ya explicados anteriormente.

Respecto a la placa, ha variado su posición y su forma de sujeción. Hemos retirado el marco de madera que la sujetaba, y ahora la inmovilizamos desde la parte superior del túnel, para mantenerla en vertical. Está formada por dos almohadillas, colocadas entre las dos placas, que servirán para calentarlas. Instalaremos sobre ellas las dos placas metálicas, una a cada lado, donde irán ubicados los sensores para medir su temperatura (*véase ilu.12*).

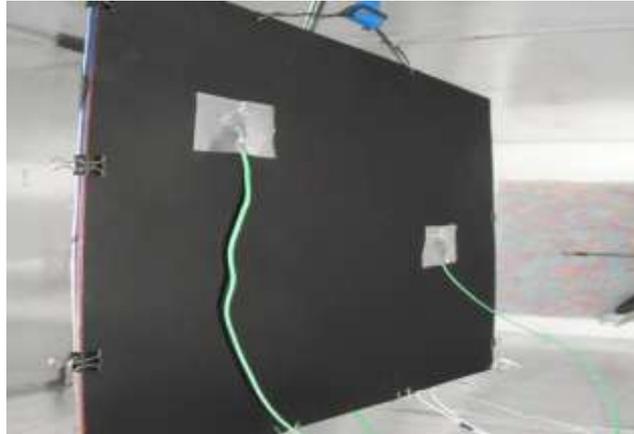


Ilustración 12: Conjunto formado por las placas, las almohadillas y los sensores

Para la colocación de la placa en vertical utilizamos un punzón para hacerle orificios, unos alambres para su sujeción superior, pasados por una cuerda trenzada de seguridad (*véase ilu.13*) que a su vez lleva un bloque de cemento en la parte superior para tensarla y sujetarla correctamente. Por otro lado también utilizamos hilo de pescar que pasa por los orificios de la placa (*véase ilu.14*) y se sujeta en los extremos del túnel mediante pinzas, todo ello para inmovilizar al máximo las placas.



Ilustración 13: Tensado superior del conjunto



Ilustración 14: Tensado inferior del conjunto

Por otro lado hemos introducido dos aparatos mas de testo (*véase ilu.10*) conectados a sensores para poder medir más variables del entorno. Por lo que, en total tendremos dos sensores que miden la velocidad del viento, uno que mide la temperatura de la placa, dos que miden la temperatura del aire (de entrada y de salida), y otro que mide la humedad.

Para la medición del consumo necesario para calentar la placa se utilizaba en un principio una caja (*véase ilu.8*), pero los valores obtenidos eran erróneos. Por ello instalamos un vatímetro para obtener una medición real del consumo necesario para calentar la placa (*véase ilu.15*), posteriormente explicaremos el funcionamiento de dicho aparato y la forma de recogida de datos.

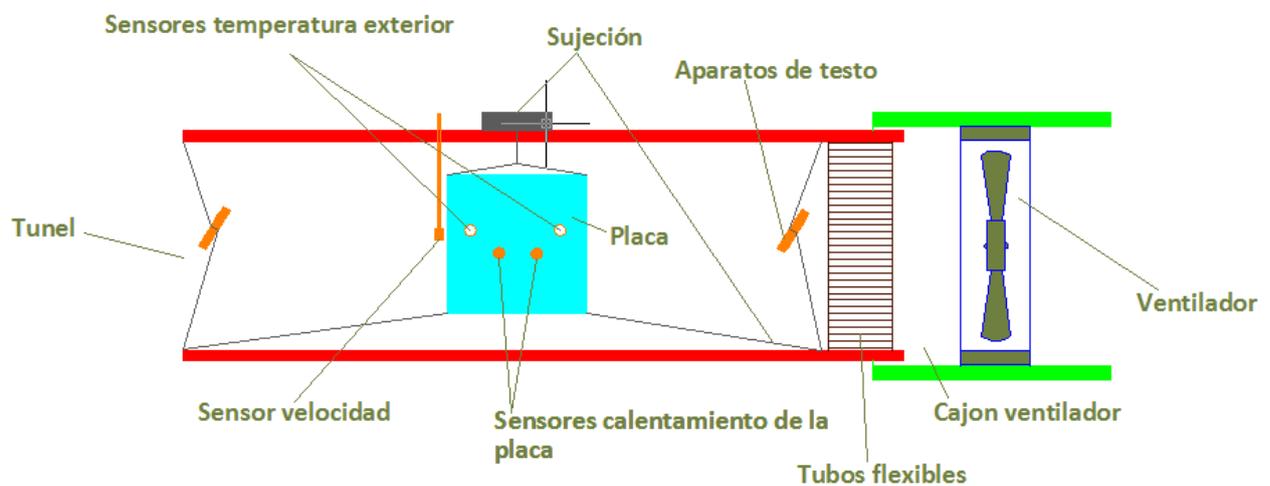


Ilu. 15: Vatímetro

MEJORAS DE CALOR Y VIENTO

A lo largo de todo el estudio pudimos darnos cuenta que el viento era turbulento, ya que las características de turbulencia de flujo, tienen un impacto significativo en la transferencia de calor por convección [7], por lo que debía ser laminado. Para conseguir estos resultados introducimos unos paneles de tubos flexibles dentro del túnel (entre el ventilador y la placa), estos tubos están sujetos por la parte del ventilador con una malla (véase *ilu.16 y 17*).

El esquema de la situación y forma de sujeción de todos los elementos que forman el sistema, es el mismo que el anteriormente citado, a diferencia de que hemos introducido los paneles.



Esq. 3: Esquema después de colocar el panel de tubos flexibles



Ilu.16: Panel de tubos flexibles



Ilu.17: Panel de tubos flexibles colocados en el interior del túnel

Por otro lado, con el transcurso de los ensayos se instaló un interruptor para poner la corriente eléctrica en serie o en paralelo. Cuando hacemos los ensayos en paralelo tendremos más temperatura y más velocidad del viento, por el contrario cuando los hacemos en serie tenemos una temperatura inferior y una velocidad del viento más pequeña (*véase ilu .18*).



Ilu.18: Interruptor para pasar de corriente continua a alterna y viceversa



2.3- LISTADO DE COMPONENTES

- Aislamiento de climatización “Isover”, utilizado para la formación del túnel con las medidas necesarias.
- Marco de madera, hecho de las medidas de la placa para la introducción de la misma en los ensayos en horizontal.
- Punzón, para realizar los orificios en la placa para su posterior sujeción.
- Panel de conglomerado, servirá como apoyo de la placa dentro del marco de madera.
- Cajón de madera, hecho a medida para la instalación del ventilador.
- Ventilador, nos proporciona el viento deseado en cada uno de los ensayos.
- Panel de forex, en algunos de los ensayos para controlar el paso del viento, interponiéndolo a diferentes alturas.
- Rollo de cinta adhesiva, para la fijación y sujeción de algunos de los sensores.
- Hilo de pescar, para la fijación y sujeción de la placa.
- Pinzas de sujeción pequeña, para la sujeción de los distintos elementos que forman el conjunto de la placa.
- Pinzas de sujeción grande, para la inmovilización del hilo de pescar que tensa la placa. De esta forma evitamos el movimiento del conjunto.
- 2 almohadillas térmicas, que se introducen entre placa para el calentamiento de las mismas.
- 2 sensores de transmisión de calor, que son los encargados mediante una potencia determinada de aumentar la temperatura de la placa necesaria en cada uno de los ensayos.
- 5 sensores de temperatura, tres de ellos estarán en contacto con la placa posicionando dos en una de sus caras y otro en la opuesta, el cuarto estará en la salida del ventilador y el quinto en la entrada del mismo.
- 2 medidores de velocidad del viento, uno es un pequeño ventilador introducido por la parte superior justo al lado de la placa, que nos recoge la velocidad del viento justo. Y el otro está colocado entre el ventilador y la placa, en el interior de túnel.
- 3 aparatos de testo, son los encargados de recoger la información de todos los sensores, y transmitirla al ordenador mediante programa informático.
- 3 sensores de testo, encargados de recoger la temperatura, velocidad y humedad.
- 3 cables de conexión de USB, para la conexión de los aparatos de testo al ordenador para su posterior recogida de datos.
- Regleta de conexión eléctrica, para la conexión de todos los aparatos necesarios.
- 2 placas metálicas gris metalizado, colocadas a los dos lados de las almohadillas.
- 2 placas metálicas negro mate, colocadas a los dos lados de las almohadillas.
- Vatímetro, instrumento de medición del consumo.
- Panel de aislamiento térmico, para la fijación de la placa en los ensayos en posición horizontal.
- Tubos flexibles, para transformar el viento turbulento en laminado.



- Malla para sujeción de los tubos flexibles, para evitar que se vuelen.
- Controlador de potencia del ventilador, con el conseguimos obtener la velocidad del viento deseada en cada caso.
- Ordenador, para la recogida de datos.
- Caja, encargada de medir el consumo y la temperatura de la placa y del aire.
- Interruptor para cambios serie/paralelo, en paralelo mayor temperatura y mayor velocidad de viento, en serie menor temperatura y menor velocidad de viento.
- Programa informático de Testo, para la recogida de datos de los 3 aparatos instalados.
- Programa informático de Excel, para trabajar con los datos y realizar todo el estudio.
- Programa informático de Word, para la redacción de este proyecto.

2.4.-APARATOS UTILIZADOS

VATÍMETRO

El vatímetro digital (*véase ilu. 19*) es un instrumento que sirve para medir la potencia o consumo (W). Tiene una gran pantalla que facilita su lectura, dando datos numéricos y gráficos. En el modo manual el vatímetro puede guardar sus valores de manera directa, con gran precisión. En el modo de registro de datos se pueden guardar una gran cantidad de valores. Los valores guardados en el aparato pueden recogerse directamente de forma manual, o ser transmitidos al PC, mediante un cable de conexión USB, para su posterior valoración.



Ilu.19: Vatímetro digital

TESTO

Es un instrumento de medición de condiciones ambientales de velocidad, humedad y temperatura ambiente. Se pueden conectar sondas adicionales de temperatura para medir con exactitud la temperatura superficial. Los valores se muestran con absoluta claridad en el amplio visualizador del instrumento, con lecturas de hasta tres sondas de temperatura (*véase ilu.20*).



Ilustración 20: Instrumento de Testeo

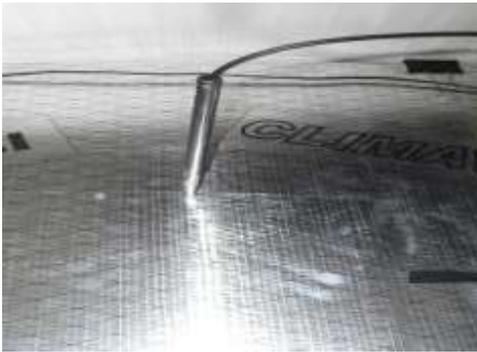
Disponemos de tres aparatos de este tipo. El primero de ellos mide la temperatura de la placa y la temperatura ambiente. El segundo mide la velocidad del aire y temperatura ambiente. Y el tercero, la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura ambiente.

La velocidad del aire se mide mediante un medidor de velocidad colocado al lado de la *placa* (véase *ilustración 21*) y otro colocado en el interior del túnel entre el ventilador y la placa (véase *ilustración 22*).



Ilustración 21: Medidor de la velocidad del viento al lado de la placa

La temperatura de la placa se mide con sensores en contacto con ella. Y por último disponemos de dos aparatos (*véase ilu.23*) del mismo tipo, pero uno mide la temperatura ambiente y la humedad relativa, y otro únicamente la temperatura ambiente.



Ilu.22: Medidor de velocidad entre el ventilador y la placa



Ilu.23: Sensores Testo

CAJA

Es una caja (*véase ilu.24*) hecha a medida para este ensayo, la cual nos proporcionaba a través de unos sensores la temperatura a la que se encuentra la placa, así como la temperatura ambiente y el consumo.



Ilu.24: Generador (Caja)

3.- DESARROLLO

3.1.- TRABAJO DE LABORATORIO.

Se va a describir el protocolo de actuación, paso por paso, para realización de los ensayos, desde que entramos en el laboratorio para poner en funcionamiento el sistema, hasta que recogemos los datos.

3.1.1.- PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

En primer lugar, encenderemos la regleta para dar corriente electrica a todos los aparatos y el ordenador, que será el encargado de almacenar los datos, que posteriormente recogeremos y analizaremos.

Una vez arrancado el sistema operativo, encenderemos instrumento por instrumento, y lo arrancaremos en el PC, con el siguiente orden:

Primero activaremos el ventilador con el interruptor y regulamos su velocidad con el aparato que lo regula (*véase ilu.25 y 26*).



Il.u.25: Interruptor de encendido/apagado del ventilador

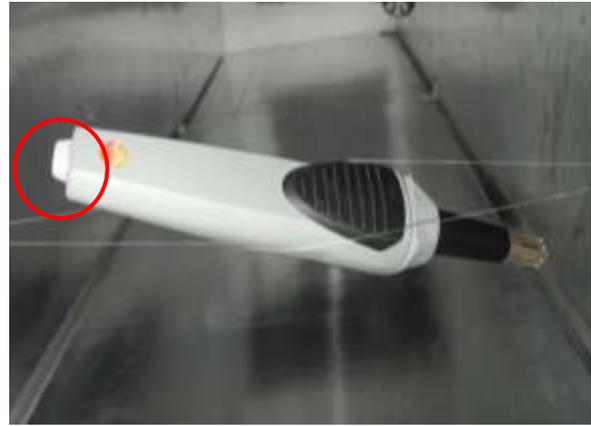


Il.u.26: Regulador de la velocidad del viento

A continuación, encenderemos los tres aparatos de testo y sus sensores (véase *ilu.27*). Los sensores sabremos que están encendidos cuando la luz azul de su extremo parpadee (véase *ilu.28*).



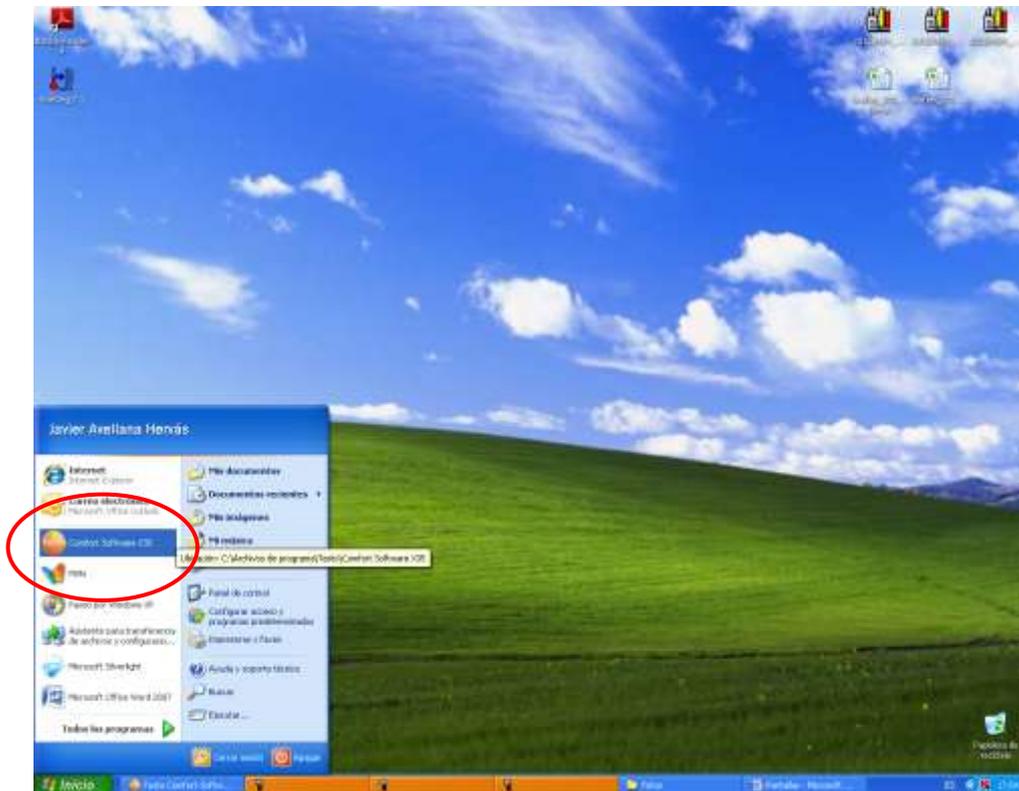
Ilu.27: Botón de encendido/apagado de Testo



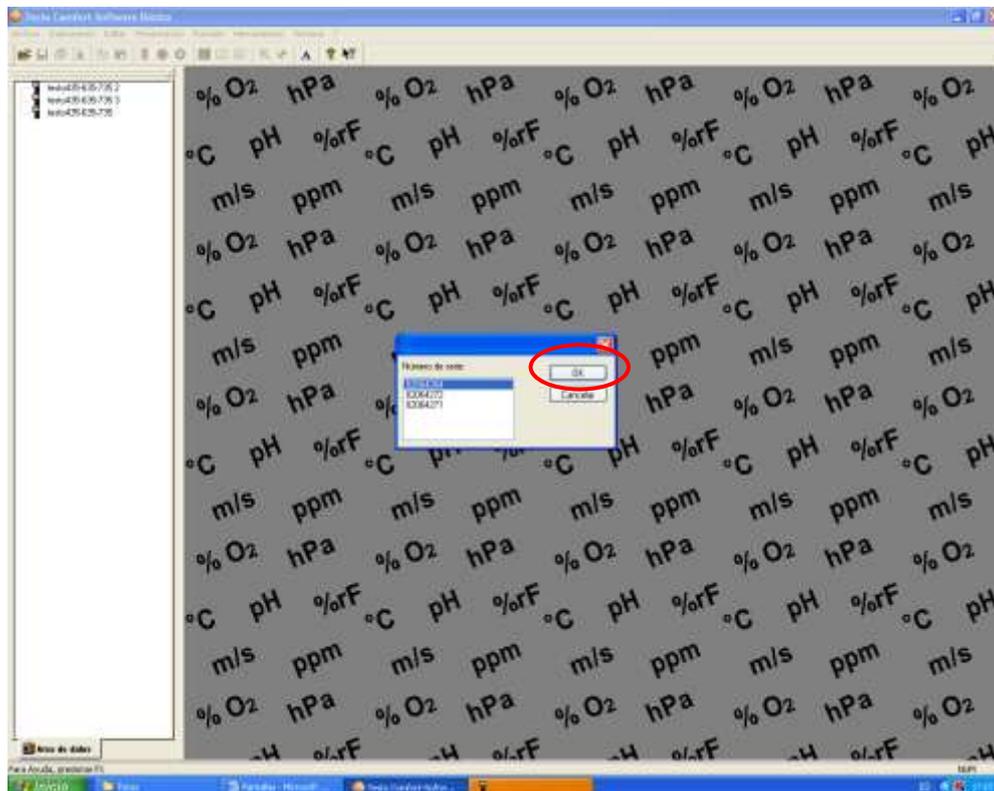
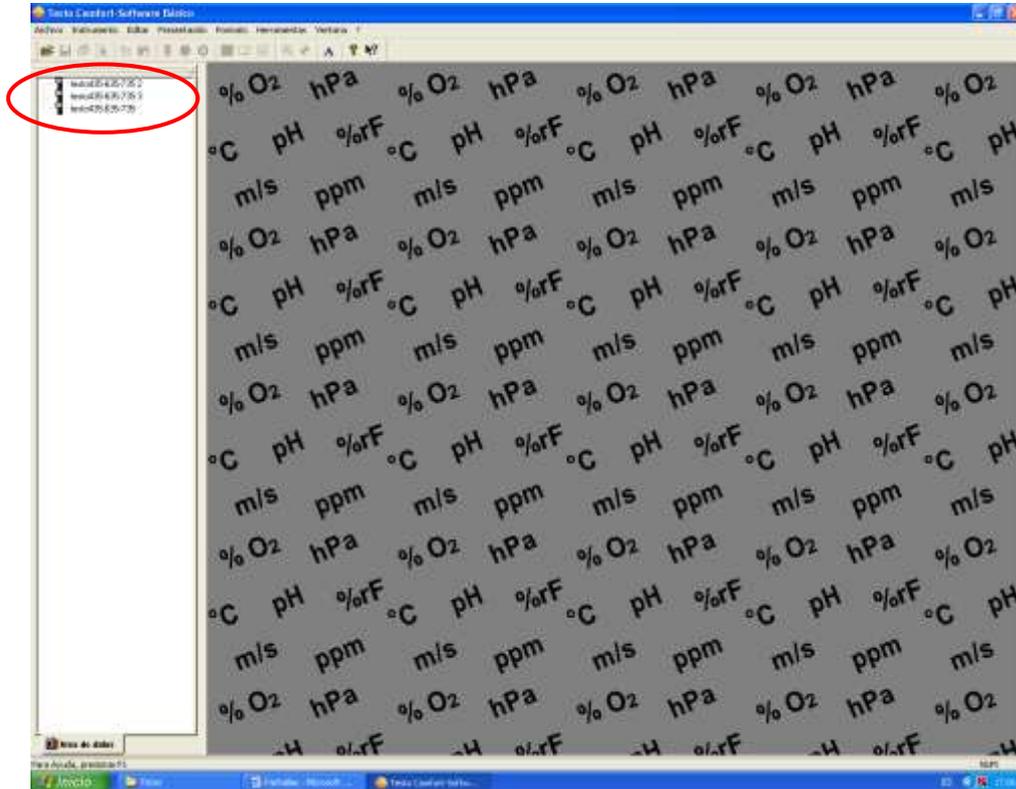
Ilu.28: Sensor de Testo

Seguidamente, iniciaremos los programas informáticos, de la siguiente forma:

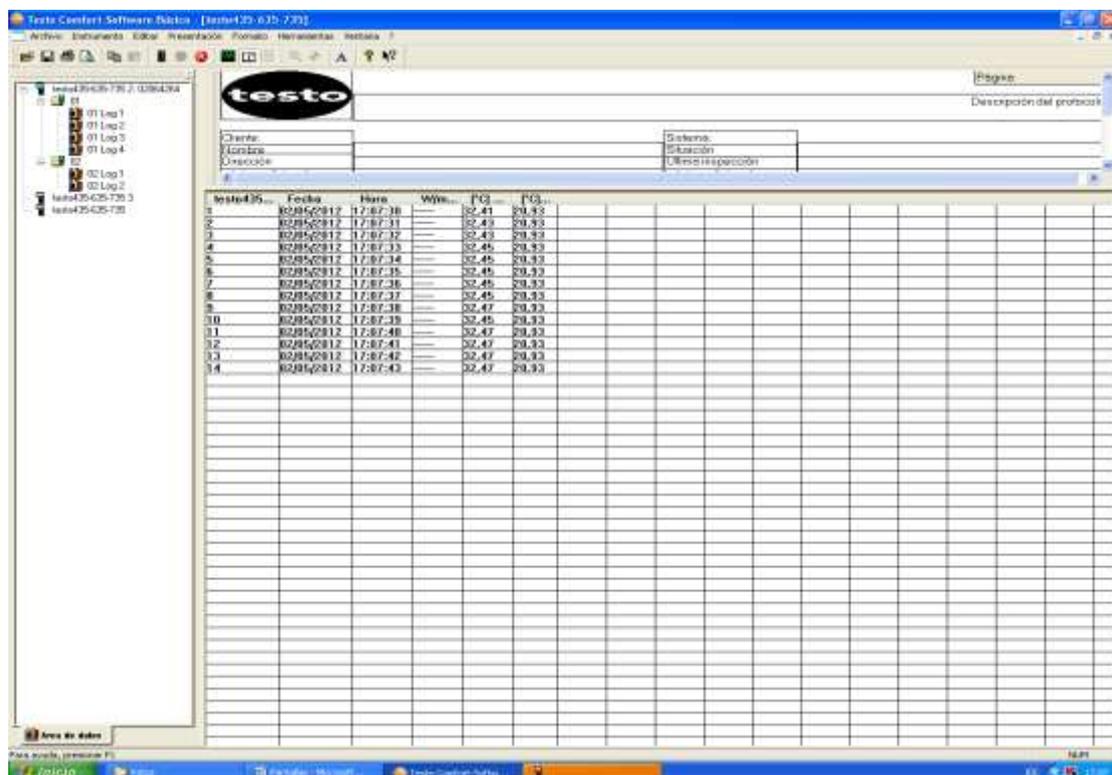
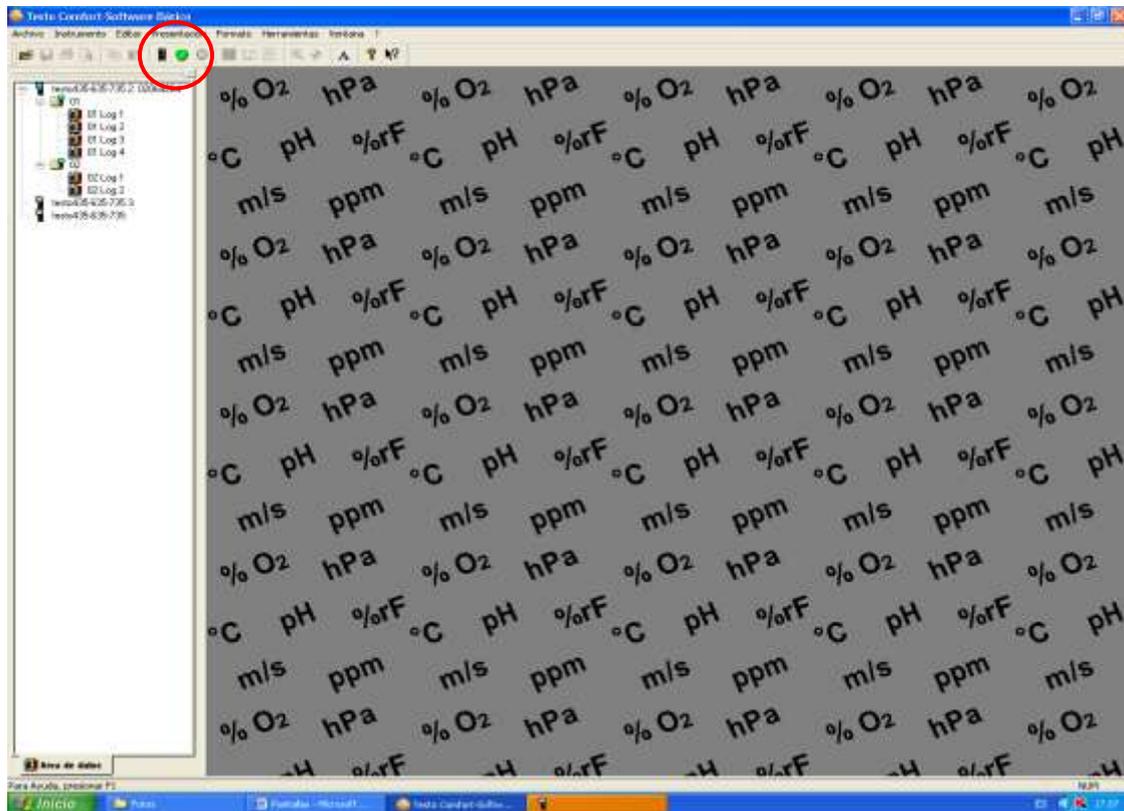
1º.- Inicio, programa Testo.



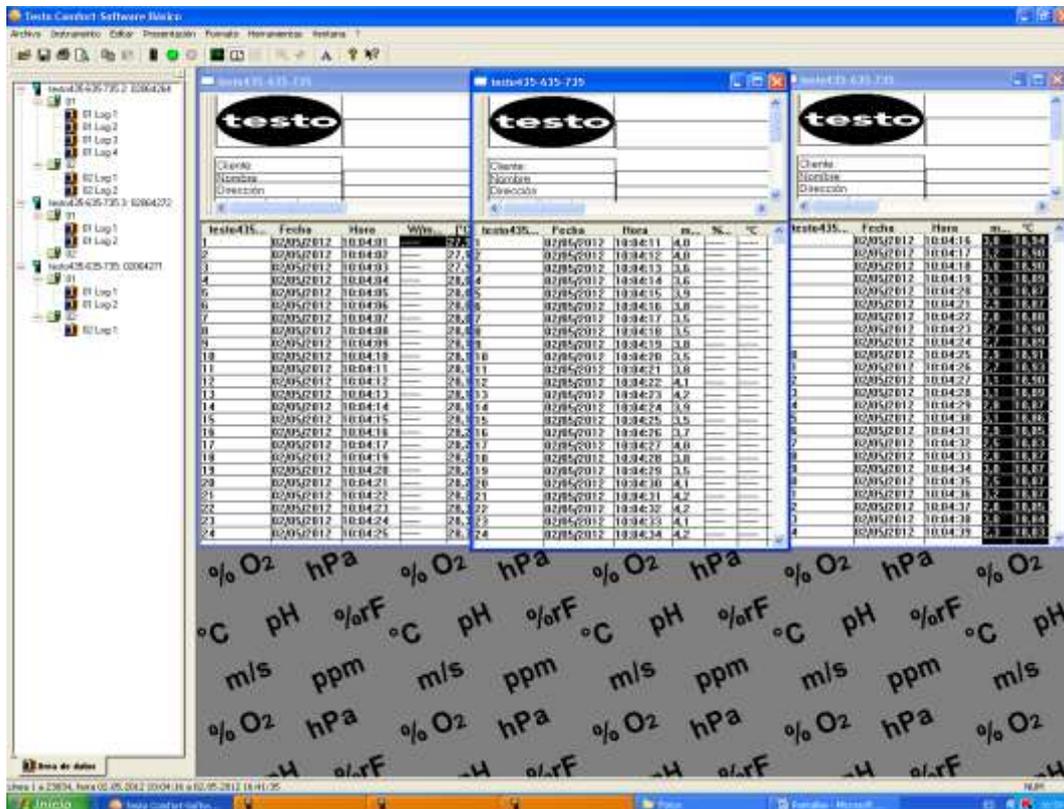
2º.- Haces "click" sobre el nombre del aparato que quieres conectar (que serán los tres) y le damos a "ok".



3º.- Le damos al icono verde, y el programa comenzara su recogida de datos.

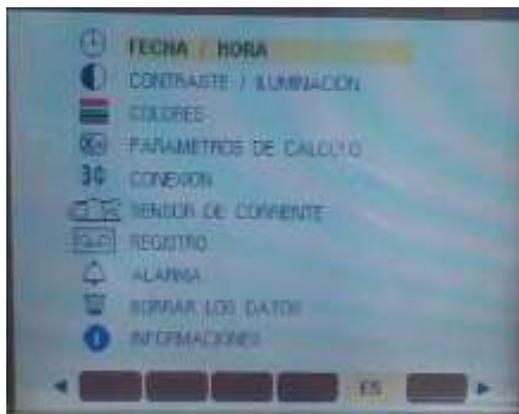


4º.- Repetiremos la misma operación para activar los otros dos aparatos de testo.



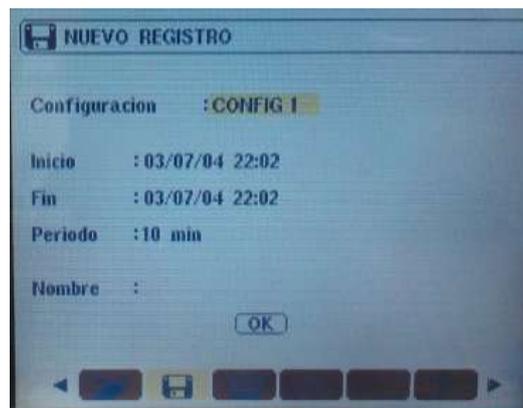
5º.- Vatímetro: con este botón  encenderemos el aparato, automáticamente se nos abrirá una pantalla de menú, que también podemos acceder a ella con el botón 

Al encender el aparato nos aparecerá la siguiente pantalla:

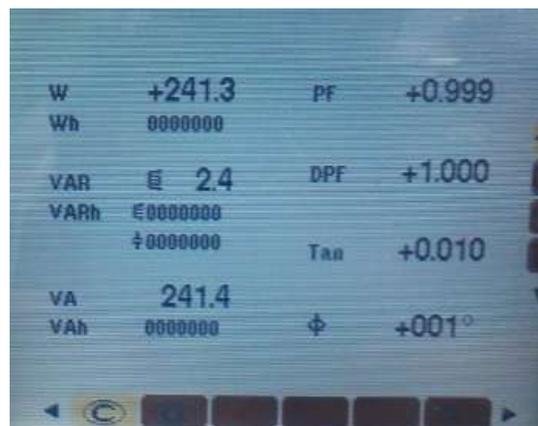


Con los botones de desplazamiento horizontal y vertical, nos moveremos sobre el menú. Para acceder a cada una de sus opciones pulsaremos la tecla de "intro".

En primer lugar configuraremos el tiempo estimado para el ensayo, intervalos de recogida de datos y fecha, para ello accedemos a esa pantalla pulsando la tecla . Con esto nos aparece la configuración para el registro en la toma de datos, en primer lugar (**Inicio**) nos pide la fecha y hora de comienzo, en segundo lugar (**fin**) la fecha y hora a la que termina, nos da la opción de elegir la duración de los intervalos de recogida de datos (**periodo**), en la que nos dará un valor promedio de dicho intervalo y por ultimo nos pedirá que le asignemos un **nombre** a dicho ensayo, para todos estos pasos de introducción de datos utilizaremos los botones de movimiento y la tecla "intro". Cuando lo tengamos todo configurado le daremos a "ok".

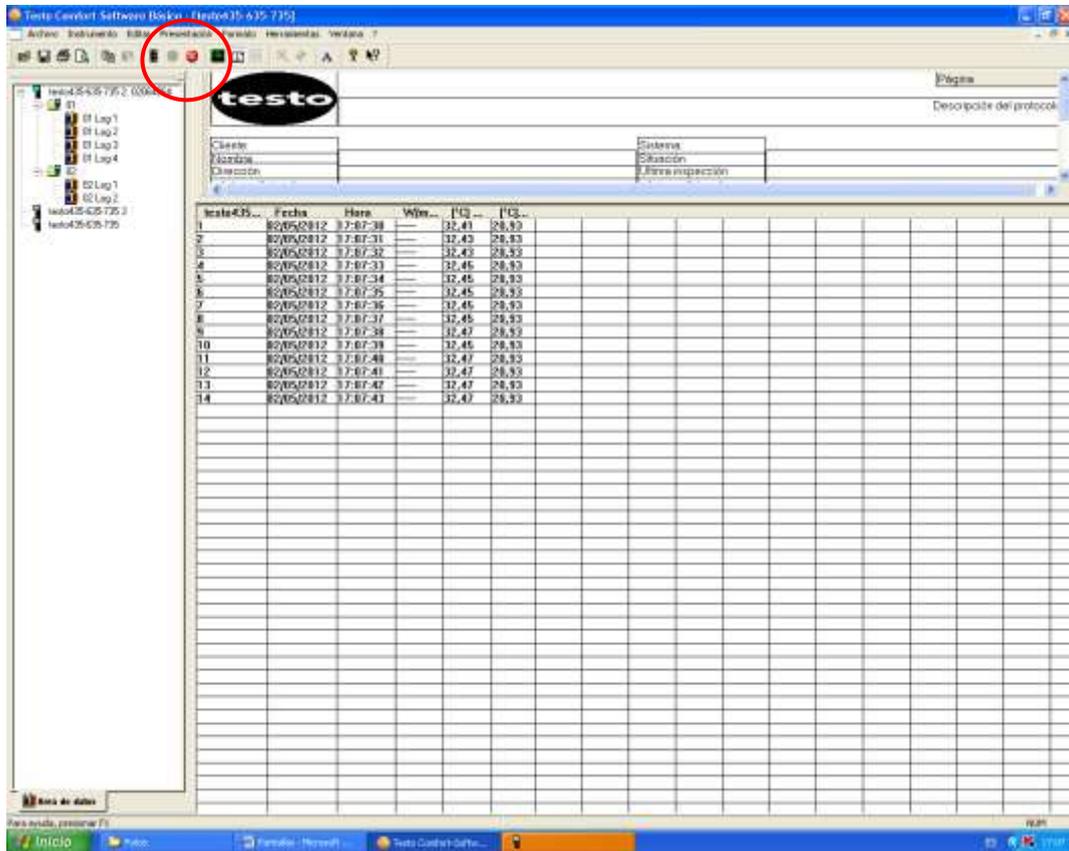


Una vez realizados todos estos pasos, se pondrá el registro en espera hasta que llegue la fecha y hora que le hemos programado, entonces nos aparecerá que el registro está en curso. Mientras esta en curso pulsando la tecla  podremos observar en todo momento la potencia que estamos consumiendo.

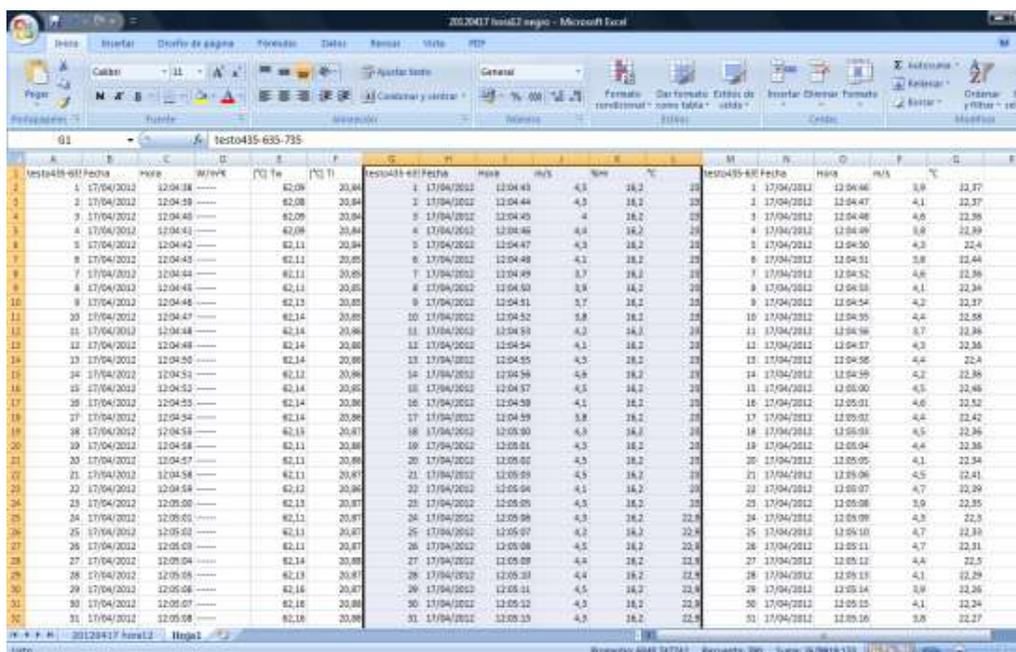


3.1.2.- RECOGIDA DE DATOS

En primer lugar detendremos el programa de testeo, haciendo "click" sobre el icono rojo (repetiremos tres veces la operación para cada uno de los aparatos).

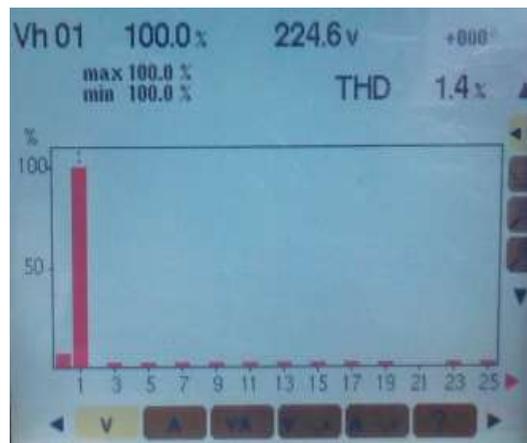


A continuación los copiaremos a una tabla de excel.



Seguidamente, recogeremos los datos del vatímetro.

Una vez a transcurrido el tiempo que le hemos programado para la recogida de datos, habrá quedado guardado en la memoria del vatímetro. Accedemos al registro del ensayo y procedemos a abrirlo mediante la tecla "intro". Con la tecla  accedemos a las graficas donde podemos observar el consumo y con las teclas de desplazamiento observaremos su valor, cada 10 minutos.



Leemos los datos obtenidos y los pasamos a una tabla de cálculo de Excel para juntarlos con los datos obtenidos anteriormente del Testo. Indicamos en una columna los intervalos de tiempo y en otra la potencia en cada uno de esos intervalos.

Microsoft Excel				
Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celdas Insertar Eliminar Formato				
I	J	K	L	M
		Tiempo	W	
		10	467,6	
		20	467,1	
		30	467,9	
		40	472,1	
		50	471,5	
		60	470,8	
		70	474,2	
		80	475,4	
		90	477,9	
		100	480,9	
		110	481,4	
		120	480,1	
		130	480,3	
		140	482,1	
		150	483	
		160	486,4	
		170	487,6	
		180	485,8	
		190	486,1	

Con toda la información recogida y mediante la formulación necesaria en las tablas de excel obtendremos todos los datos necesarios para realizar el estudio.

Finalmente, apagaremos todos los aparatos de la misma forma y en el mismo orden que los hemos encendido. Siempre teniendo en cuenta que deberemos apagar primero el generador de la placa antes que en ventilador, para evitar el sobrecalentamiento de la placa.

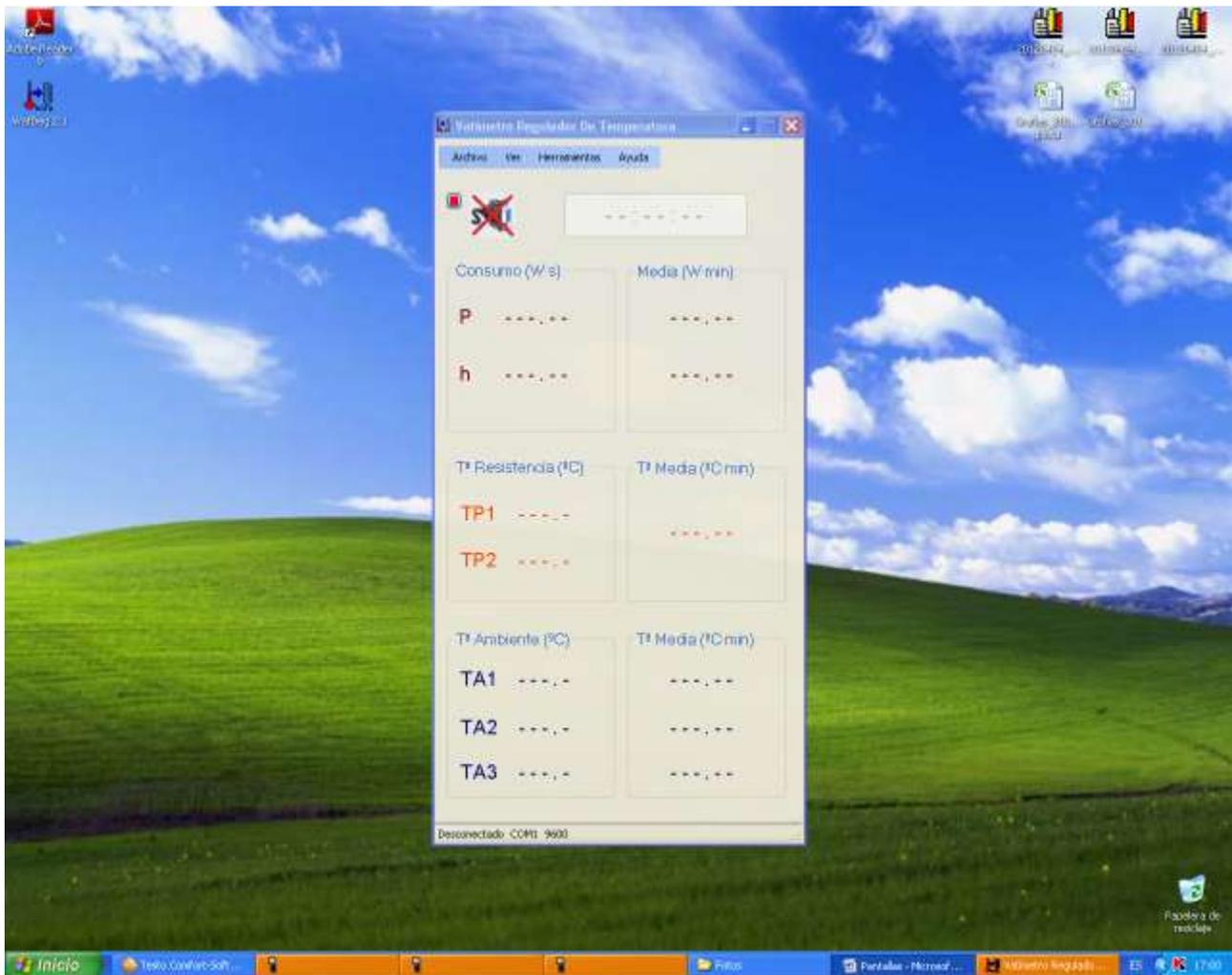
Sin olvidarnos de apagar el ordenador y la regleta.

Para los primeros ensayos que realizamos, usabamos un generador (caja) (véase *ilu. 29*) que media las distintas temperaturas de la placa y del ambiente, y el consumo necesario para dicho calentamiento.



Ilu.29: Generador (caja)

Se encendia primero el aparato, y luego se iniciaba el programa informático, este programa nos facilitaba las temperaturas exteriores e interiores de las dos almohadillas instaladas dentro de la placa, por otro lado también nos facilitaba la potencia requerida para obtener la temperatura óptima de la placa.



El protocolo de apagado era el mismo. Primero se detenía el programa y se recogían los datos, y finalmente se apagaba el aparato.

3.2.- TABLAS CON LOS DATOS DE LOS ENSAYOS.

RECOGIDA DE DATOS

En primer lugar, los resultados obtenidos con el generador (la caja), los representaremos en una tabla de excel. Tendremos medidas de datos de cada segundo, del consumo, la temperatura de la placa y la del aire, como se muestra a continuación:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Reloj	W	TP1	TP2	TA1	TA2	TA3	h		
2	0:07:29	302,9567	66,9381	31,7756	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
3	0:07:30	278,232	66,9381	32,6496	19,4567	23,3852	22,5995	74,3011344		
4	0:07:31	302,9567	3834,1405	30,9016	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
5	0:07:32	302,9567	66,9381	32,6496	19,4567	24,1709	22,5995	78,3373482		
6	0:07:33	302,9567	3834,1405	31,3386	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
7	0:07:34	302,9567	66,9381	32,2126	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
8	0:07:35	302,9567	3834,1405	31,3386	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
9	0:07:36	302,9567	66,9381	32,2126	19,4567	24,1709	22,5995	78,3373482		
10	0:07:37	302,9567	3834,1405	32,2126	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
11	0:07:38	302,9567	3834,1405	31,7756	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
12	0:07:39	278,232	66,9381	32,2126	19,4567	23,3852	23,3852	74,3011344		
13	0:07:40	278,232	3834,1405	31,7756	19,4567	23,3852	22,5995	74,3011344		
14	0:07:41	302,9567	3834,1405	32,6496	19,4567	23,3852	23,3852	80,9091333		
15	0:07:42	302,9567	3834,1405	31,7756	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
16	0:07:44	302,9567	66,9381	33,0866	19,4567	22,5995	23,3852	83,7941269		
17	0:07:45	302,9567	3834,1405	31,3386	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
18	0:07:46	302,9567	3834,1405	33,0866	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
19	0:07:47	302,9567	3834,1405	30,9016	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
20	0:07:48	302,9567	66,9381	33,0866	18,671	24,1709	22,5995	78,3373482		
21	0:07:49	278,232	66,9381	30,9016	19,4567	23,3852	23,3852	74,3011344		
22	0:07:50	302,9567	66,9381	32,6496	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
23	0:07:51	302,9567	66,9381	31,3386	19,4567	24,1709	22,5995	78,3373482		
24	0:07:52	302,9567	66,9381	32,6496	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
25	0:07:53	302,9567	66,9381	30,9016	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		
26	0:07:54	302,9567	66,4774	32,6496	19,4567	22,5995	23,3852	81,7941269		
27	0:07:55	302,9567	66,9381	30,9016	19,4567	23,3852	22,5995	80,9091333		

Como ya hemos dicho anteriormente, el consumo obtenido con el generador, no nos daba valores precisos, por lo que lo sustituimos por un vatímetro, que nos da valores promedio cada 10 minutos, que también representamos en una tabla de excel, como vemos a continuación:

Tiempo	W
20	467,8
30	467,1
40	472,9
50	471,3
60	470,8
70	471,2
80	471,4
90	477,9
100	480,9
110	481,3
120	480,1
130	480,9
140	482,1
150	481
160	488,4
170	487,6
180	485,8
190	486,1

Los tres aparatos de testeo, con sus respectivos sensores, nos proporciona también tomas de valores a cada segundo. Los resultados obtenidos son:

Aparato 1: Temperatura de la placa y del ambiente.

Aparato 2: Velocidad del viento, temperatura del aire a la entrada al túnel y humedad relativa.

Aparato 3: Velocidad del viento y temperatura del aire a la salida del túnel.

Todos estos datos, también los representamos en una tabla de excel, para posteriormente, ser analizados.

test0435-9R	test0435-8R	test0435-6R
Fecha	Fecha	Fecha
Hora	Hora	Hora
W/m²K	Hm/s	Hm/s
Tg	Hum	Hum
Tc	%	%
Tm		
1 17/04/2012 12:04:38	1 17/04/2012 12:04:43	1 17/04/2012 12:04:46
2 17/04/2012 12:04:39	2 17/04/2012 12:04:44	2 17/04/2012 12:04:47
3 17/04/2012 12:04:40	3 17/04/2012 12:04:45	3 17/04/2012 12:04:48
4 17/04/2012 12:04:41	4 17/04/2012 12:04:46	4 17/04/2012 12:04:49
5 17/04/2012 12:04:42	5 17/04/2012 12:04:47	5 17/04/2012 12:04:50
6 17/04/2012 12:04:43	6 17/04/2012 12:04:48	6 17/04/2012 12:04:51
7 17/04/2012 12:04:44	7 17/04/2012 12:04:49	7 17/04/2012 12:04:52
8 17/04/2012 12:04:45	8 17/04/2012 12:04:50	8 17/04/2012 12:04:53
9 17/04/2012 12:04:46	9 17/04/2012 12:04:51	9 17/04/2012 12:04:54
10 17/04/2012 12:04:47	10 17/04/2012 12:04:52	10 17/04/2012 12:04:55
11 17/04/2012 12:04:48	11 17/04/2012 12:04:53	11 17/04/2012 12:04:56
12 17/04/2012 12:04:49	12 17/04/2012 12:04:54	12 17/04/2012 12:04:57
13 17/04/2012 12:04:50	13 17/04/2012 12:04:55	13 17/04/2012 12:04:58
14 17/04/2012 12:04:51	14 17/04/2012 12:04:56	14 17/04/2012 12:04:59
15 17/04/2012 12:04:52	15 17/04/2012 12:04:57	15 17/04/2012 12:05:00
16 17/04/2012 12:04:53	16 17/04/2012 12:04:58	16 17/04/2012 12:05:01
17 17/04/2012 12:04:54	17 17/04/2012 12:04:59	17 17/04/2012 12:05:02
18 17/04/2012 12:04:55	18 17/04/2012 12:05:00	18 17/04/2012 12:05:03
19 17/04/2012 12:04:56	19 17/04/2012 12:05:01	19 17/04/2012 12:05:04
20 17/04/2012 12:04:57	20 17/04/2012 12:05:02	20 17/04/2012 12:05:05
21 17/04/2012 12:04:58	21 17/04/2012 12:05:03	21 17/04/2012 12:05:06
22 17/04/2012 12:04:59	22 17/04/2012 12:05:04	22 17/04/2012 12:05:07
23 17/04/2012 12:05:00	23 17/04/2012 12:05:05	23 17/04/2012 12:05:08
24 17/04/2012 12:05:01	24 17/04/2012 12:05:06	24 17/04/2012 12:05:09
25 17/04/2012 12:05:02	25 17/04/2012 12:05:07	25 17/04/2012 12:05:10
26 17/04/2012 12:05:03	26 17/04/2012 12:05:08	26 17/04/2012 12:05:11
27 17/04/2012 12:05:04	27 17/04/2012 12:05:09	27 17/04/2012 12:05:12
28 17/04/2012 12:05:05	28 17/04/2012 12:05:10	28 17/04/2012 12:05:13
29 17/04/2012 12:05:06	29 17/04/2012 12:05:11	29 17/04/2012 12:05:14
30 17/04/2012 12:05:07	30 17/04/2012 12:05:12	30 17/04/2012 12:05:15
31 17/04/2012 12:05:08	31 17/04/2012 12:05:13	31 17/04/2012 12:05:16

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A partir de todos los datos obtenidos, y ya representados en tablas de excel, procederemos a analizarlos.

Primero, sacaremos un promedio, de un intervalo de 10 minutos, de todos los datos obtenidos: temperatura de la placa, temperatura del aire (tanto de entrada como de salida) y velocidad del viento. Todo ello, mediante cálculos en tablas de excel, como vemos a continuación:

Placa	Promedio aire	Promedio m/s	Tiempo	W	Promedio m/s	Promedio T _{placa}	Promedio Aire	Promedio h
1	62,09	22,07	4,3	30	467,4	4,3	16,1	62,3
2	62,08	22,07	4,3	30	467,1	4,3	15,8	63,1
3	62,09	22,0666667	4,3	30	467,9	4,3	15,2	63,4
4	62,09	22,07999997	4,3	40	472,1	4,3	4,2	63,8
5	62,11	22,08	4,3	30	471,5	4,3	14,5	63,5
6	62,11	22,0966667	3,95	40	470,8	4,3	14,8	63,8
7	62,11	22,07	4,15	30	473,2	4,3	15,1	62,7
8	62,11	22,06333333	4	30	475,4	4,3	14,2	62,5
9	62,13	22,07333333	3,95	30	477,9	4,3	14,2	62,9
10	62,13	22,07333333	3,95	30	477,9	4,3	14,2	62,9
11	62,14	22,07666667	4,1	100	480,9	4,4	14,0	62,8
12	62,14	22,07333333	3,95	110	481,9	4,3	14,1	62,4
13	62,14	22,07333333	4,2	120	480,1	4,4	13,5	63,1
14	62,14	22,06666667	4,35					
15	62,13	22,07333333	4,4					
16	62,14	22,10333333	4,5					
17	62,14	22,12666667	4,30					
18	62,14	22,09333333	4,1					
19	62,15	22,07666667	4,4					
20	62,11	22,07333333	4,35					
21	62,11	22,06666667	4,3					
22	62,11	22,09333333	4,5					
23	62,12	22,08333333	4,4					
24	62,13	22,07333333	4,1					
25	62,11	22,03333333	4,3					
26	62,11	22,03333333	4,65					
27	62,11	22,03666667	4,6					

Con los datos obtenidos anteriormente, y junto con el consumo, calcularemos el coeficiente de convección (h), también valor promedio cada 10 minutos, para la superficie de la placa ($0,16 \times 2 \text{ m}^2$).

Para poder realizar el estudio con mas profundidad, calcularemos los valores máximos, mínimos y promedio, tanto del consumo como de la velocidad. También, los valores promedio de temperatura de la placa y del aire, el gradiente de temperatura obtenido, y el coeficiente de convección promedio, todo estos datos calculados para todo el ensayo realizado.

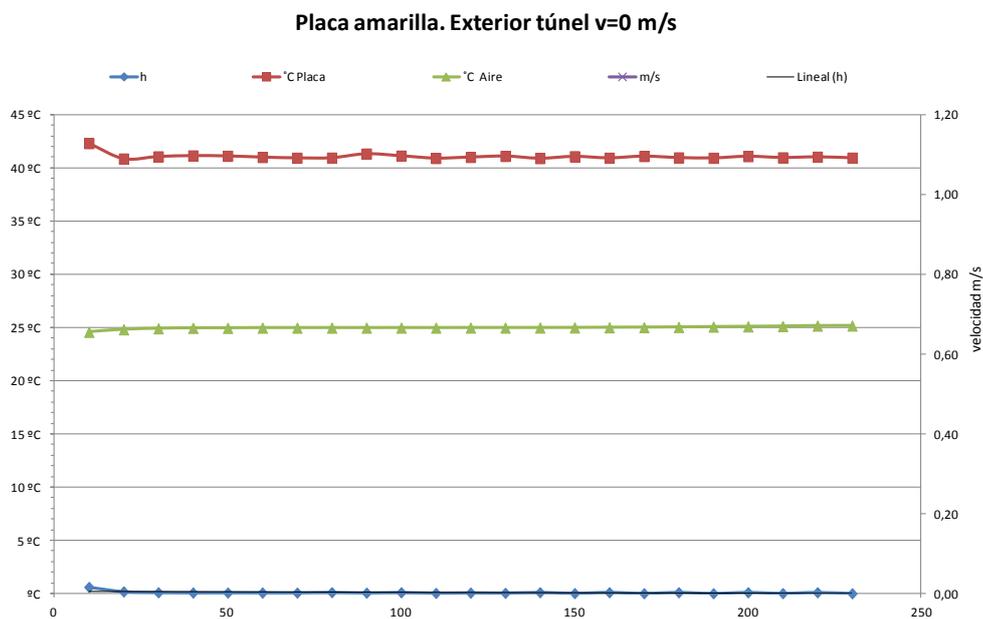
Los resultados obtenidos, los representaremos en gráficas, que analizaremos posteriormente. A partir de ellas, podremos realizar un análisis de cada ensayo por separado, también veremos en que le afectan las distintas variables, y realizar un estudio comparativo de todas ellas.

3.3.- GRÁFICAS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

3.3.1.- PLACA EN HORIZONTAL

Los primeros ensayos que realizamos fueron con la placa en horizontal, mediante la caja y sus sensores le proporcionamos calor a la placa.

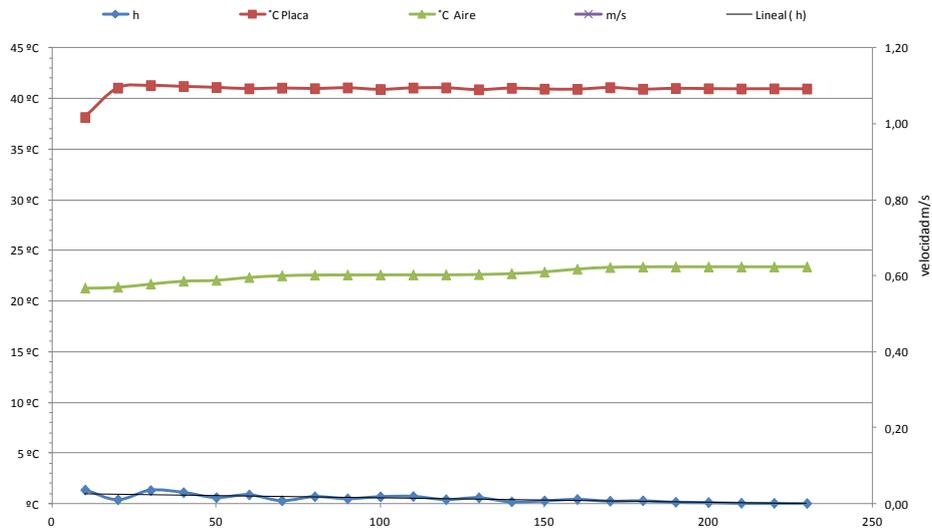
Los siguientes ensayos serán sin viento. Con los datos obtenidos de potencia y temperatura, mediante cálculo obtendremos el factor de convección (h). Todo ello, vendrá reflejado en las siguientes gráficas:



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

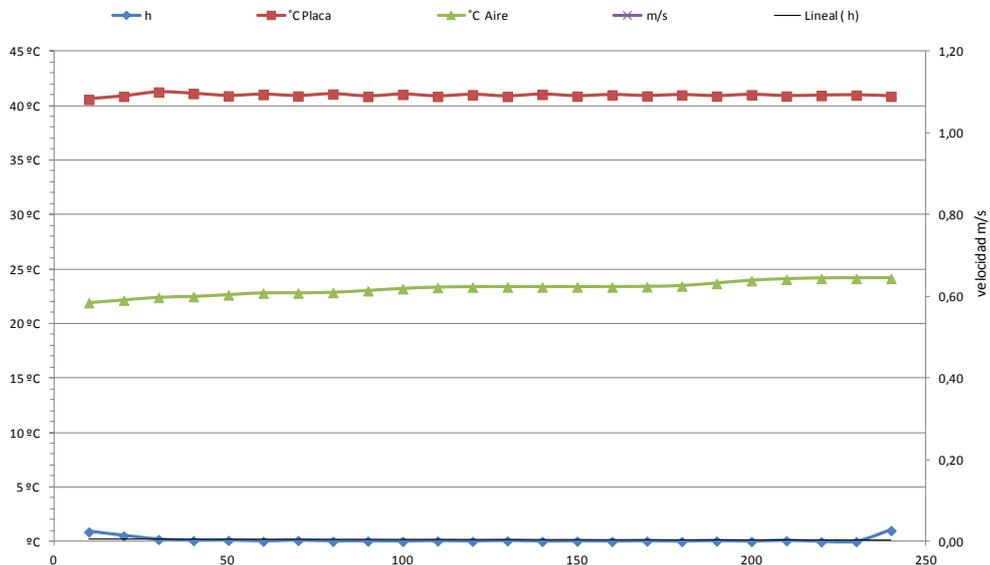
Placa amarilla. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

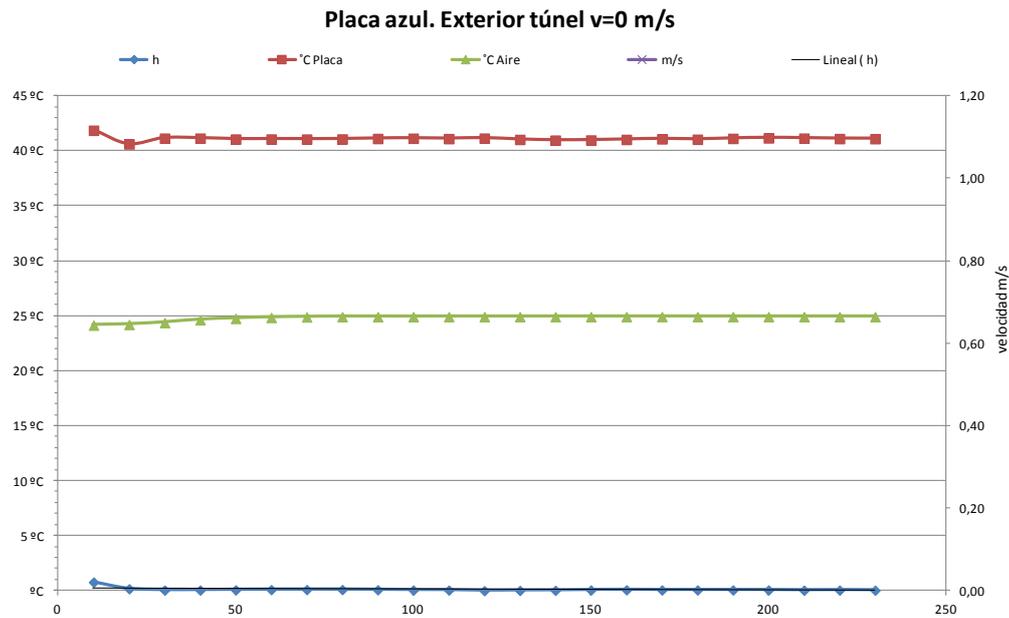
La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 21°C hasta los 24°C. El coeficiente de convección oscila desde 0 a 1,3 W/m²°C, aunque va descendiendo a medida hasta valores de 0,1 W/m²°C para estabilizarse.

Placa amarilla. Exterior túnel v=0 m/s



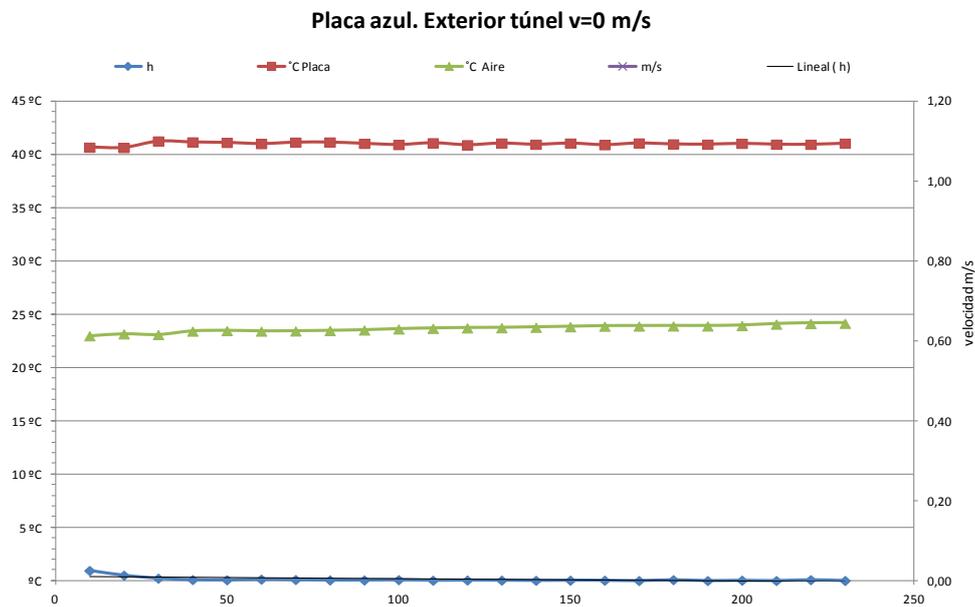
Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 22°C hasta los 24°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.



Comentarios:

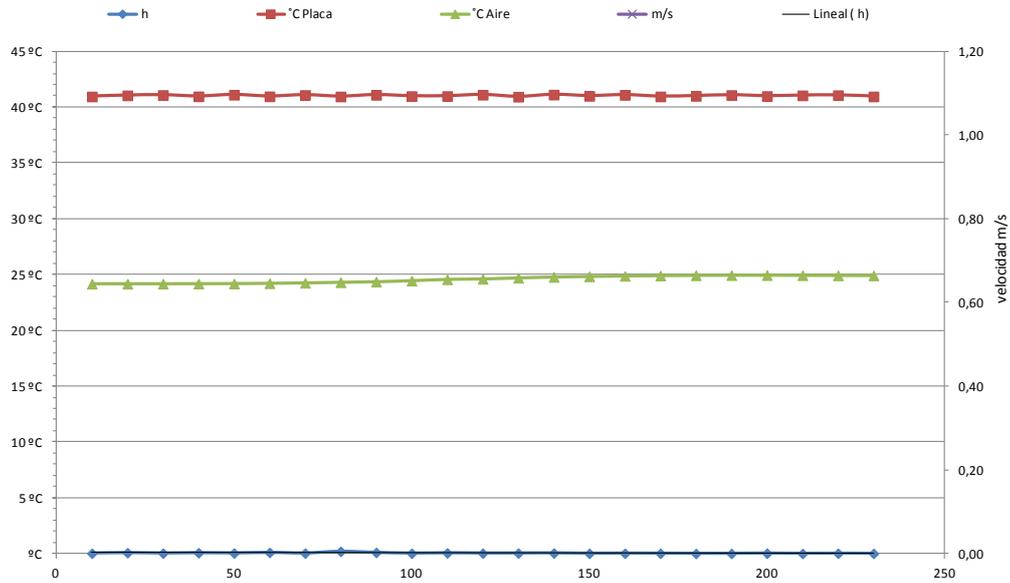
La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 23.5°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

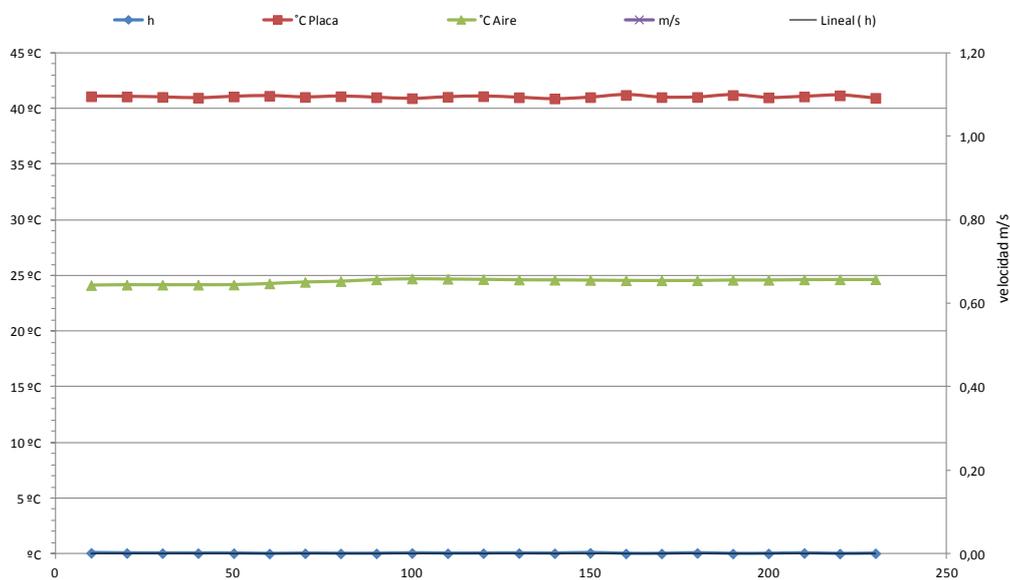
Placa azul. Exterior túnel $v=0$ m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 24.5°C , respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a $0,1 \text{ W/m}^2\text{C}$

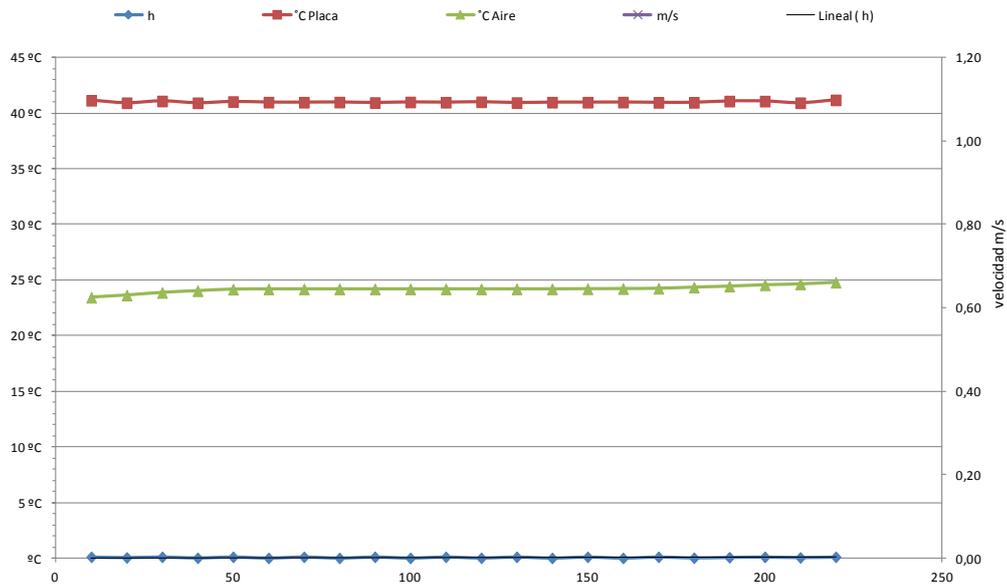
Placa blanca. Exterior túnel $v=0$ m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 24.5°C , respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a $0,1 \text{ W/m}^2\text{C}$.

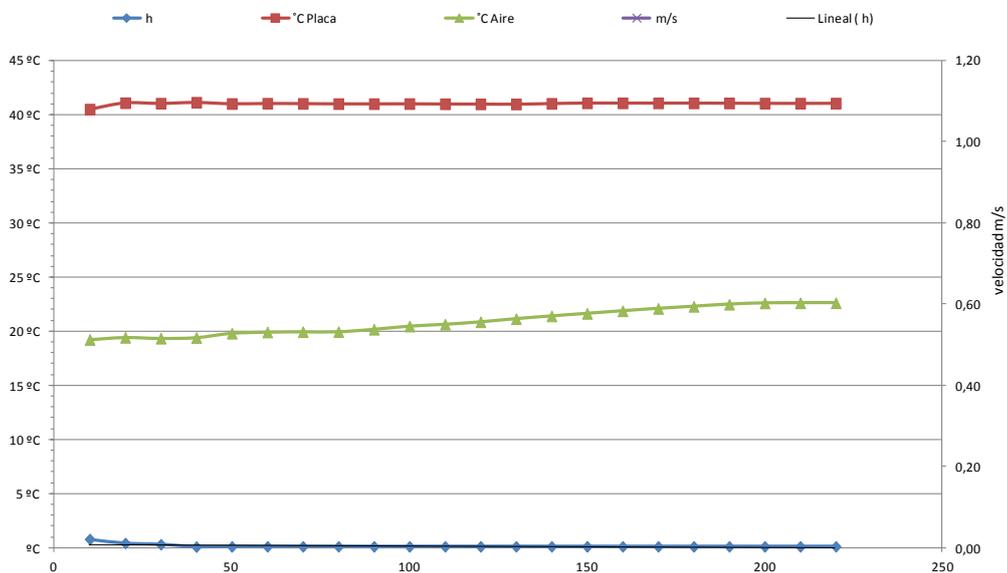
Placa blanca. Exterior túnel $v=0$ m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 24°C , respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a $0,1 \text{ W/m}^2\text{C}$.

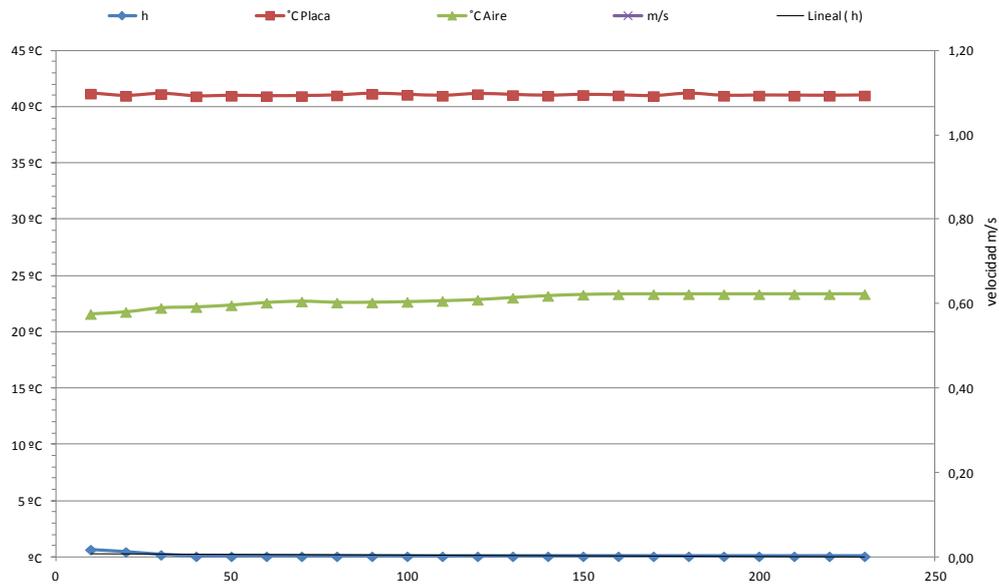
Placa gris. Exterior túnel $v=0$ m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C , en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 24°C hasta los 27.5°C . El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a $0,1 \text{ W/m}^2\text{C}$.

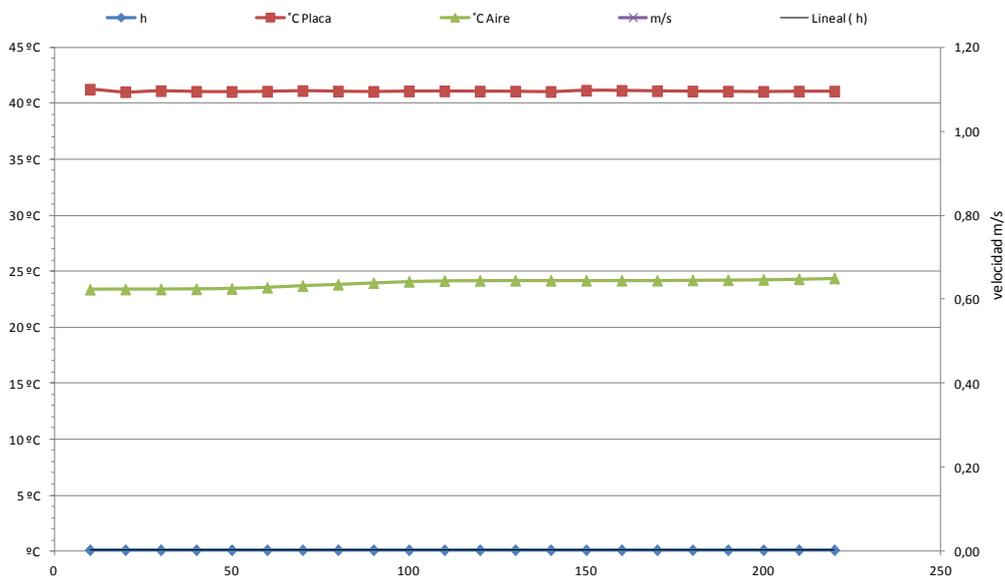
Placa gris. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 21°C hasta los 23.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

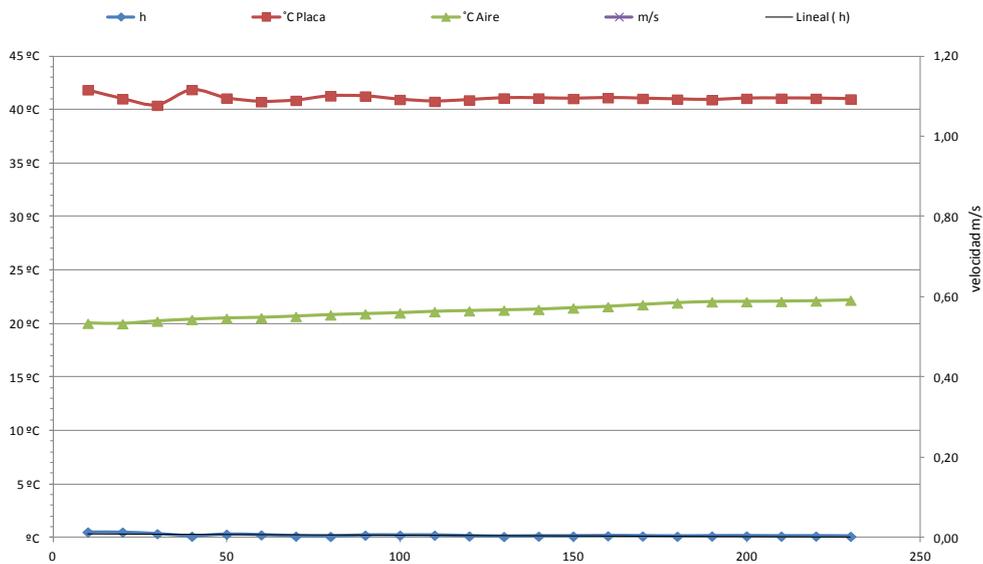
Placa gris. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 24°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

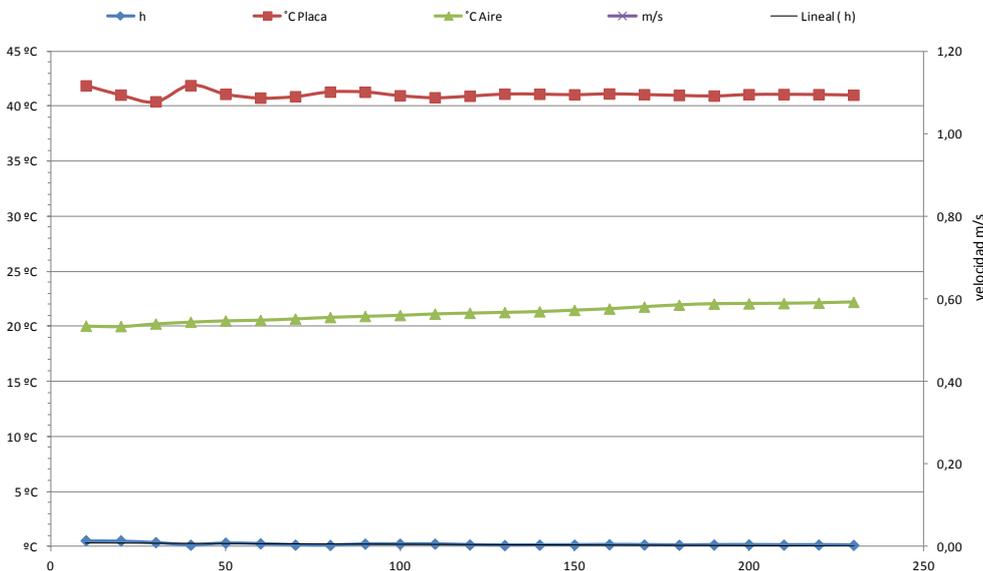
Placa negra. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 20°C hasta los 22°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

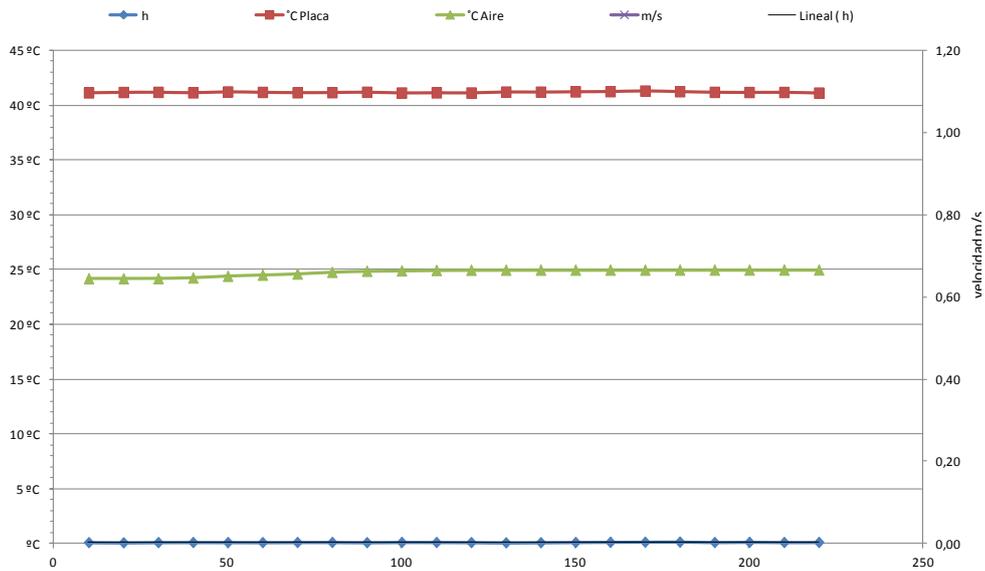
Placa negra. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 20°C hasta los 22°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

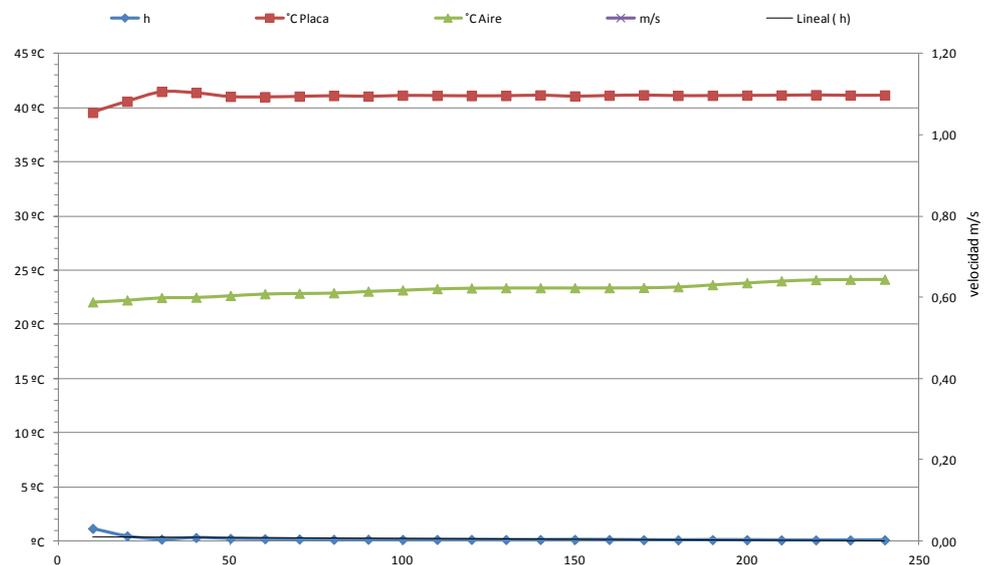
Placa negra. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

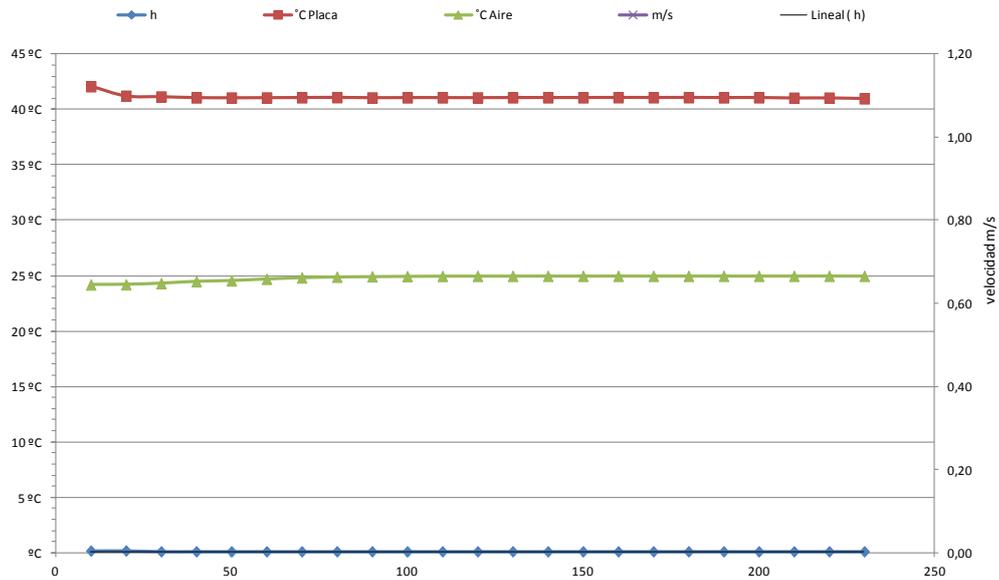
Placa negra. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 22°C hasta los 24.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

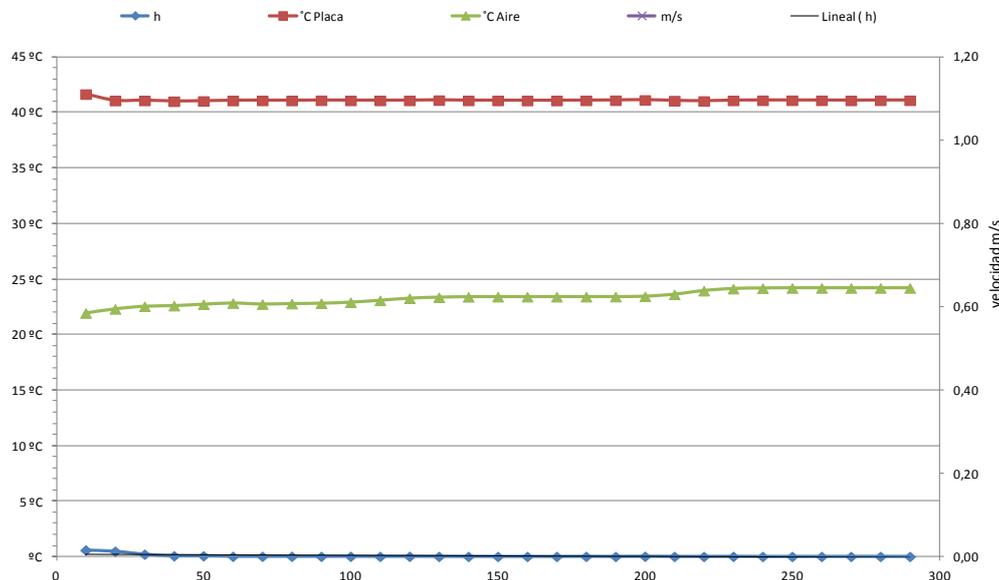
Placa roja. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

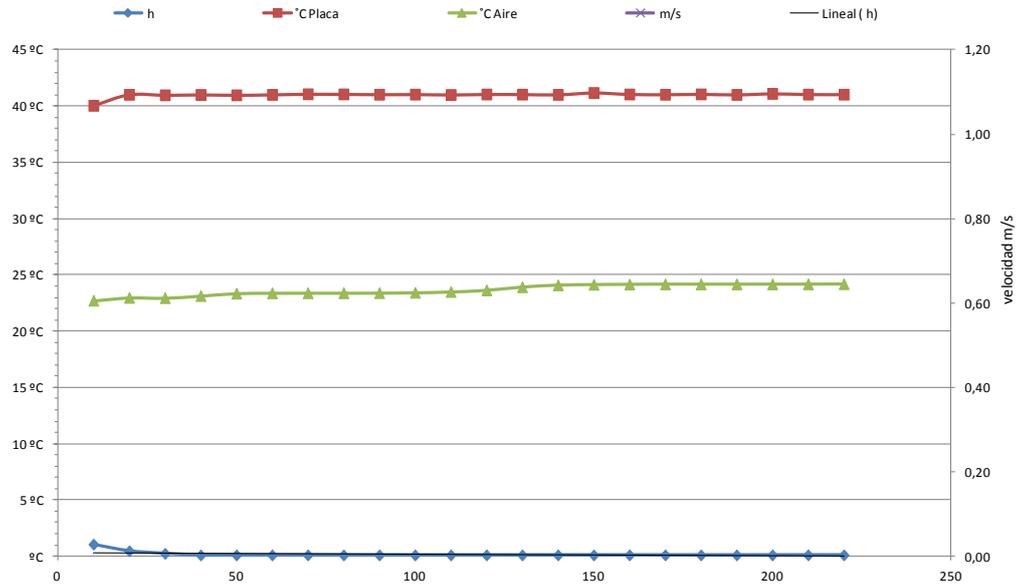
Placa roja. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 22°C hasta los 24.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

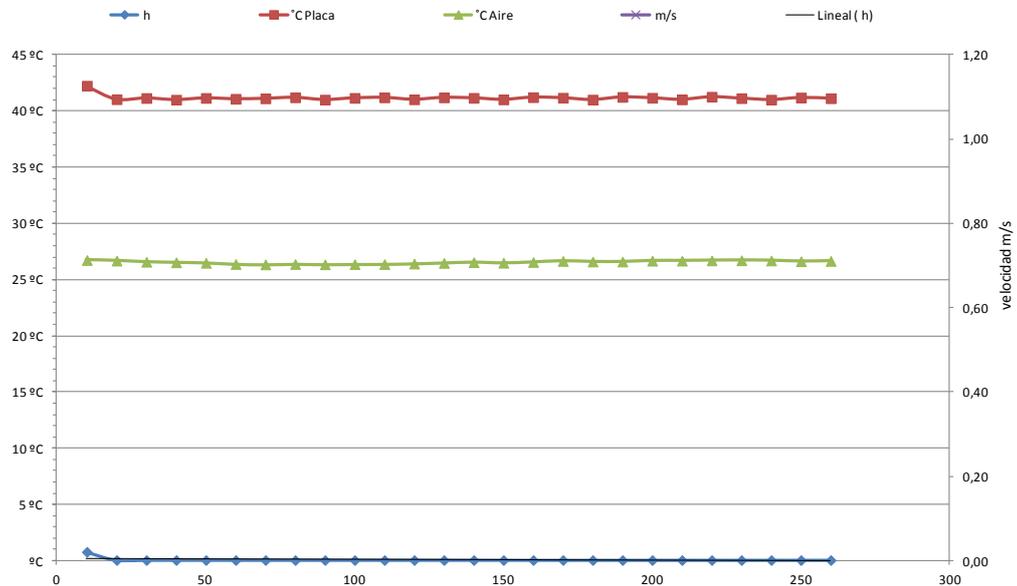
Placa roja. Exterior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 22.5°C hasta los 24.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

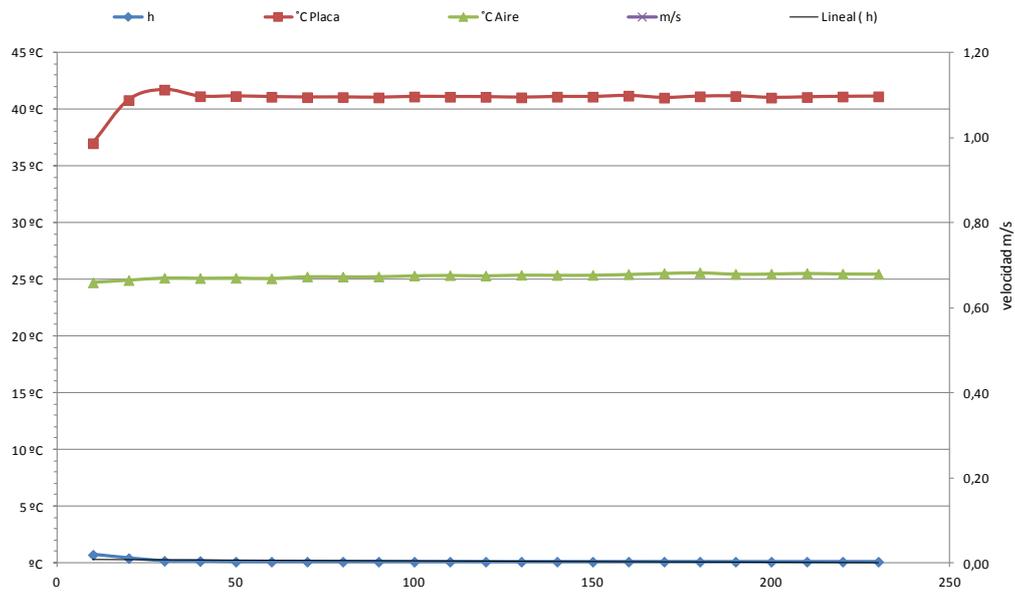
Placa amarilla. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 26.5°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 1 W/m²°C.

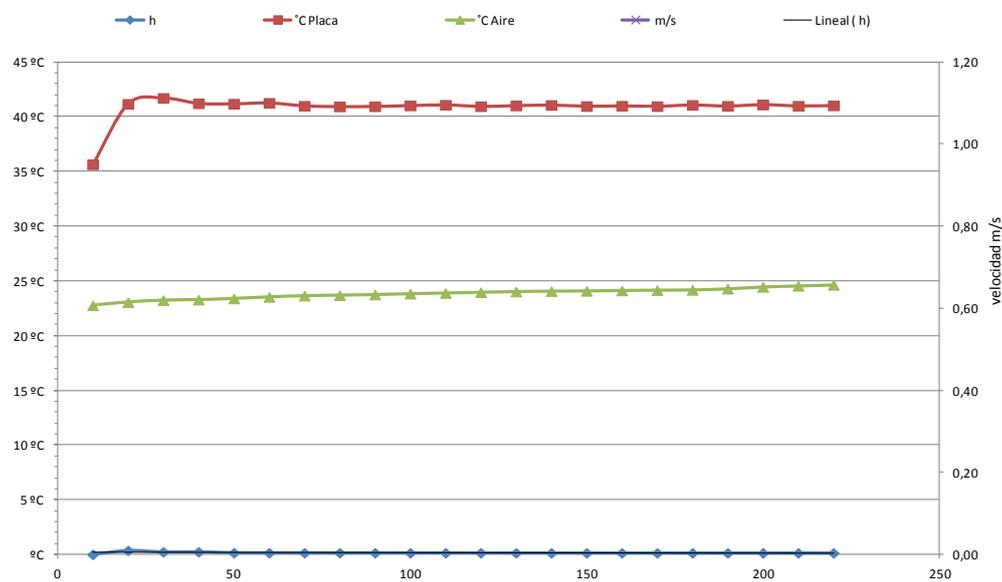
Placa amarilla. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 1 W/m²C.

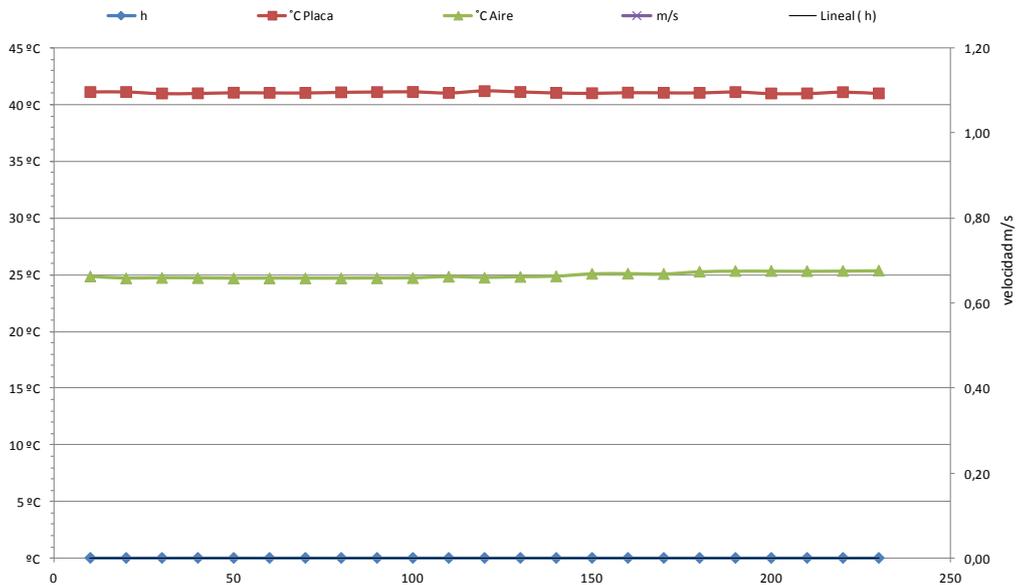
Placa amarilla. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 22.5°C hasta los 24.8°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 1 W/m²C.

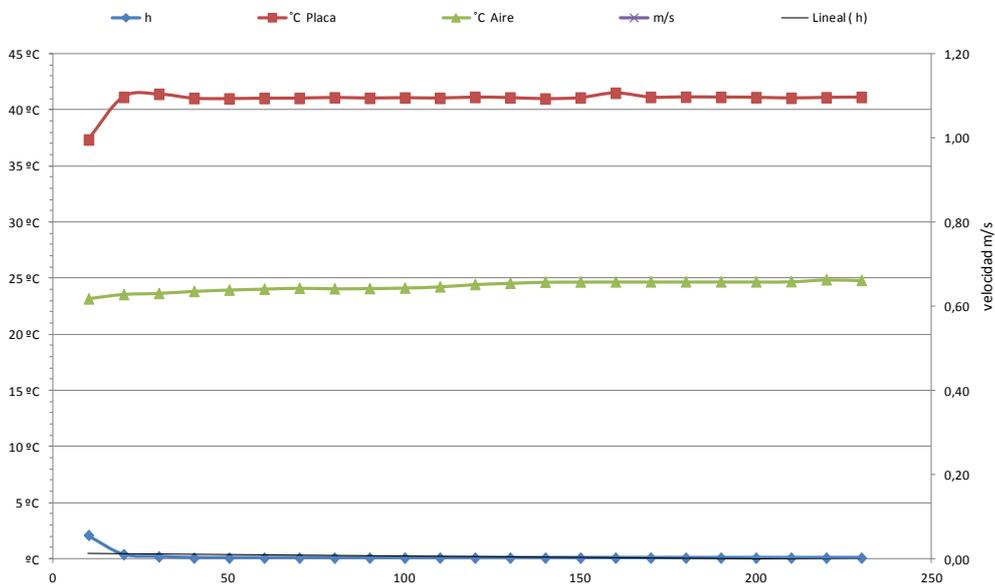
Placa azul. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 1 W/m²°C.

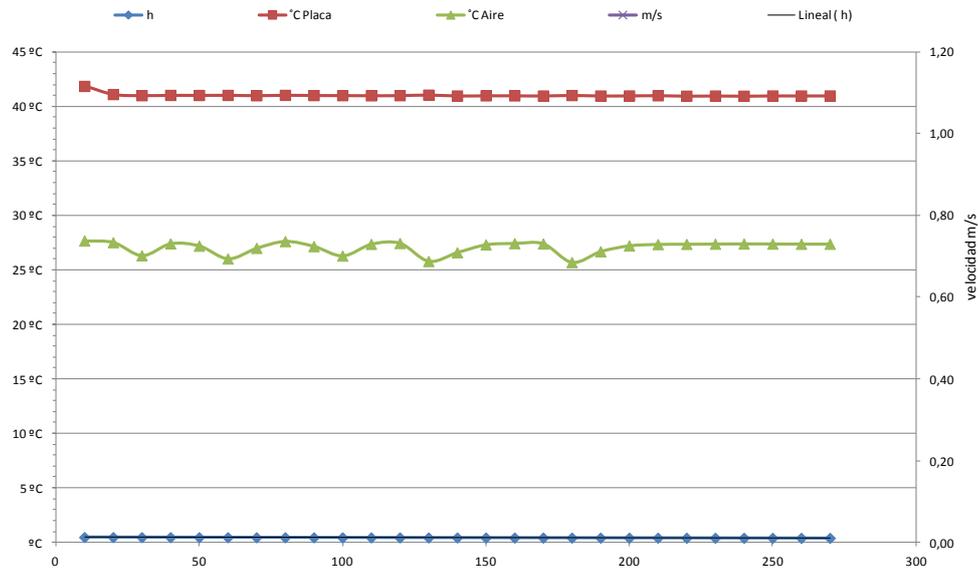
Placa azul. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 23°C hasta los 25°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 1 W/m²°C.

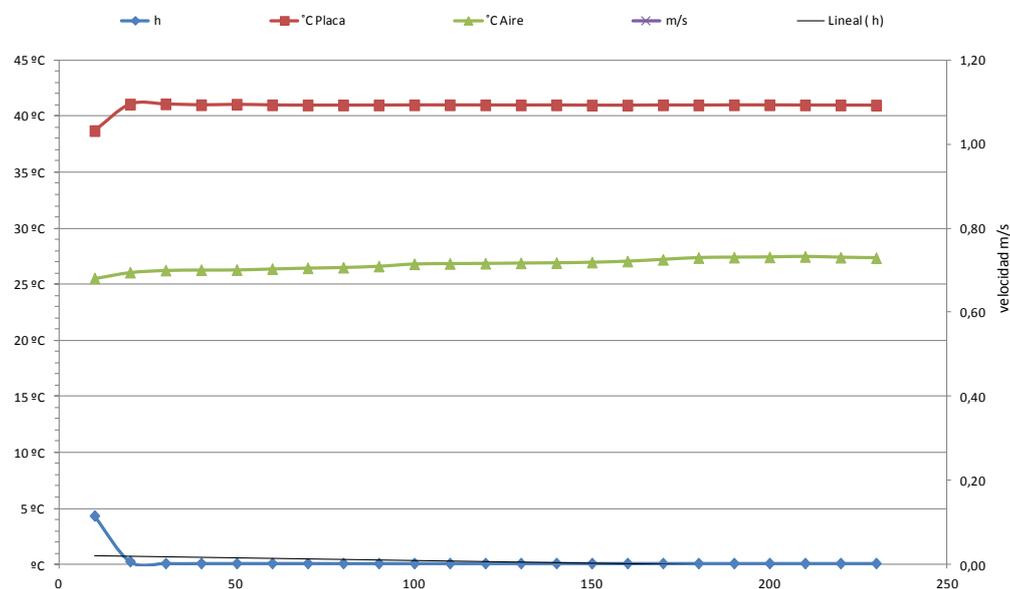
Placa blanca. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es inestable desde los 21°C hasta los 23°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,4 W/m²°C.

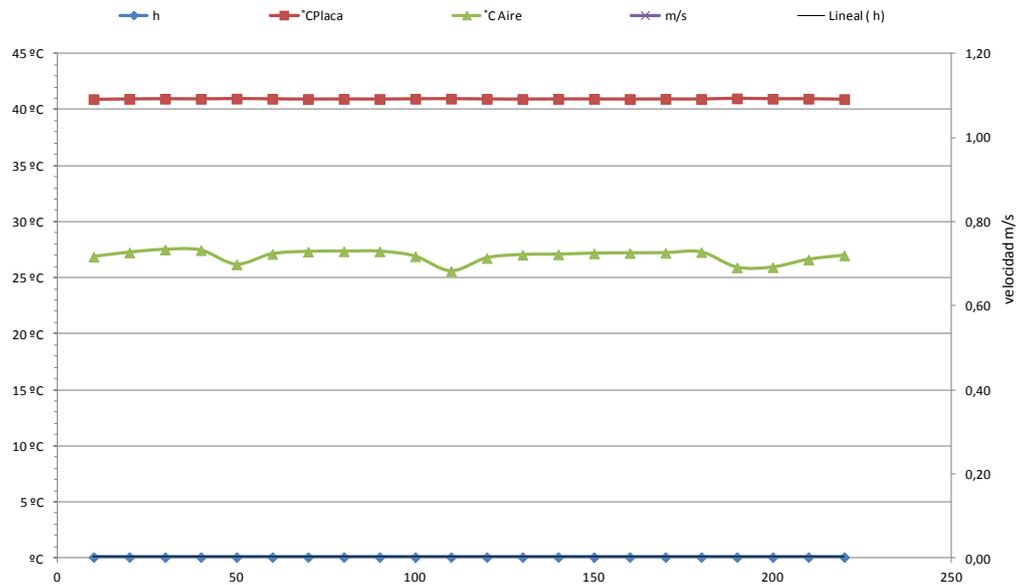
Placa blanca. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 20.5°C hasta los 23°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

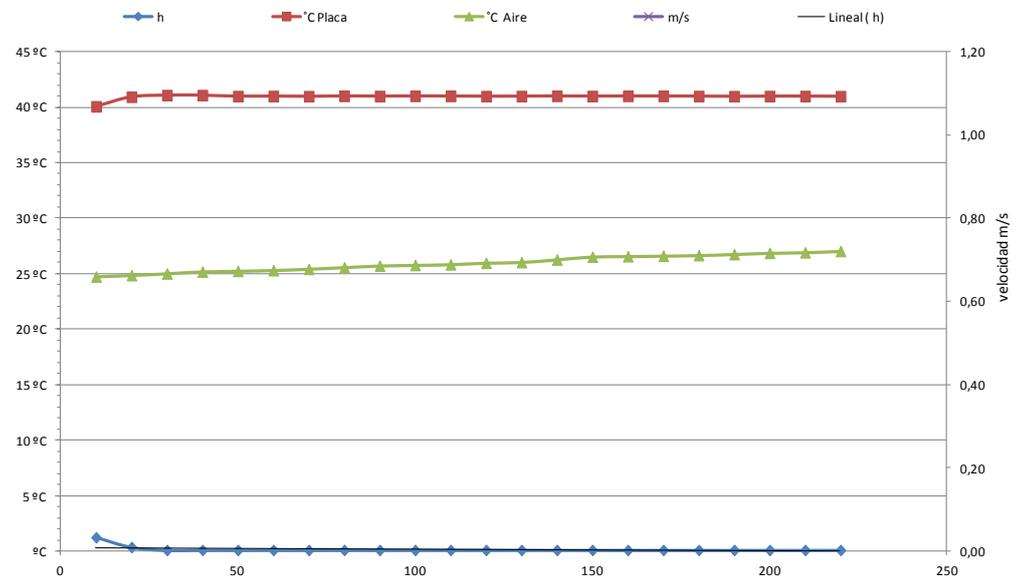
Placa blanca. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es inestable desde los 21°C hasta los 23°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²C.

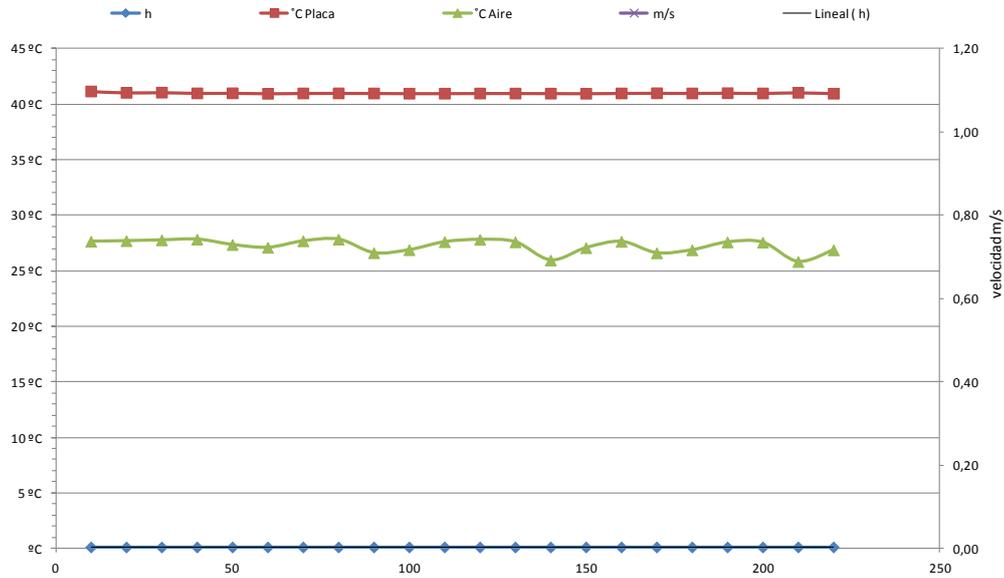
Placa gris. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 24.5°C hasta los 27.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²C.

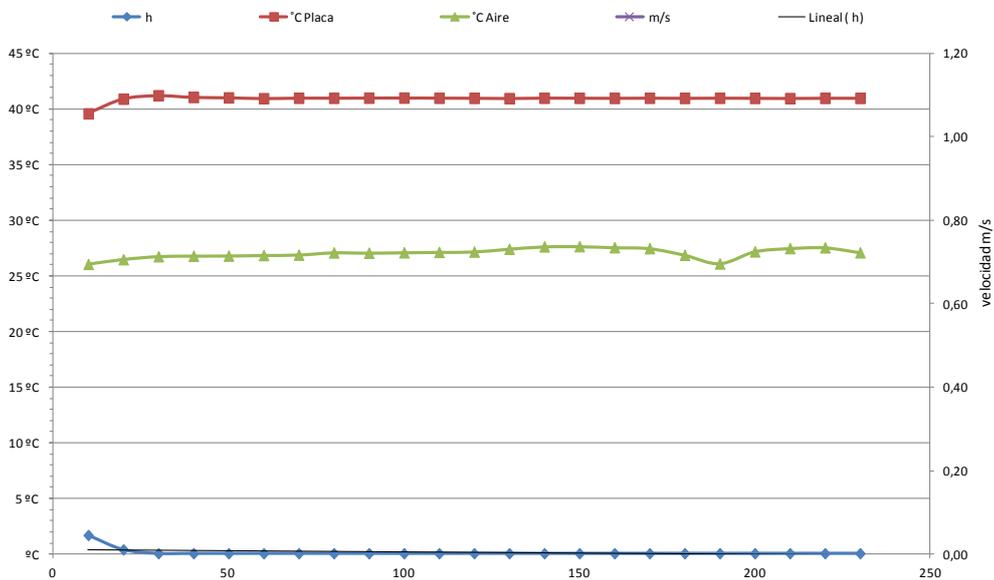
Placa gris. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es inestable desde los 21°C hasta los 23°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

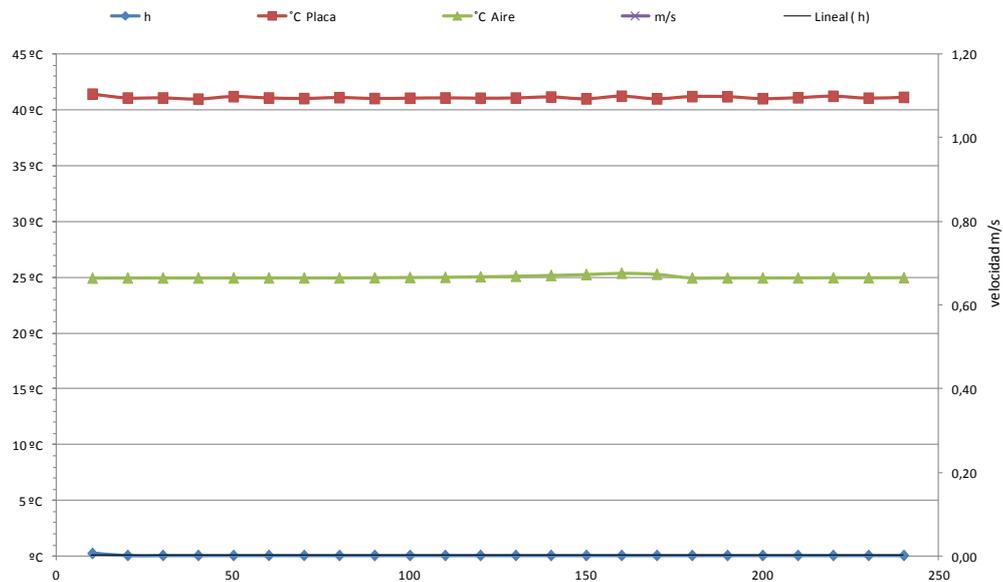
Placa gris. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es inestable desde los 21°C hasta los 23.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

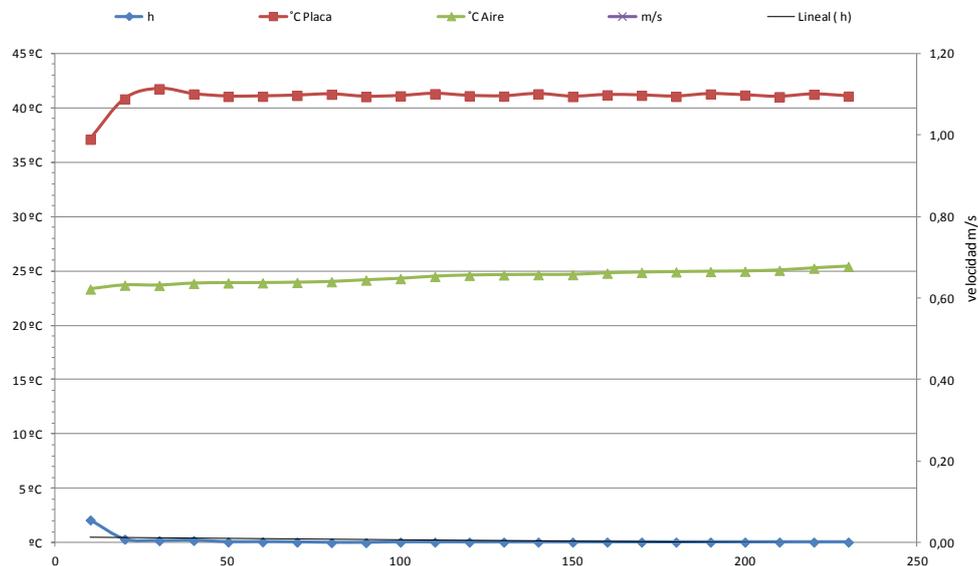
Placa negra. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 25°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

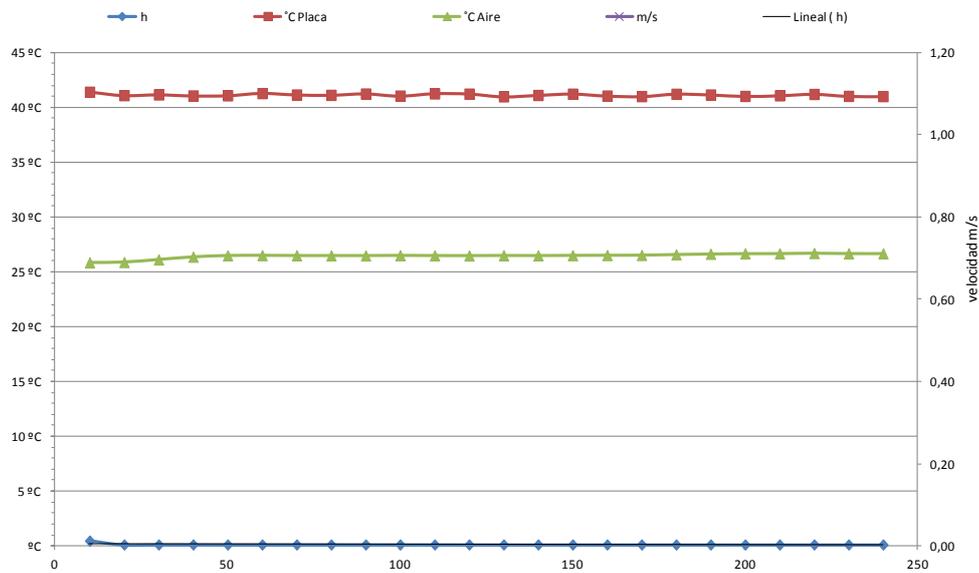
Placa negra. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 23°C hasta los 25.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

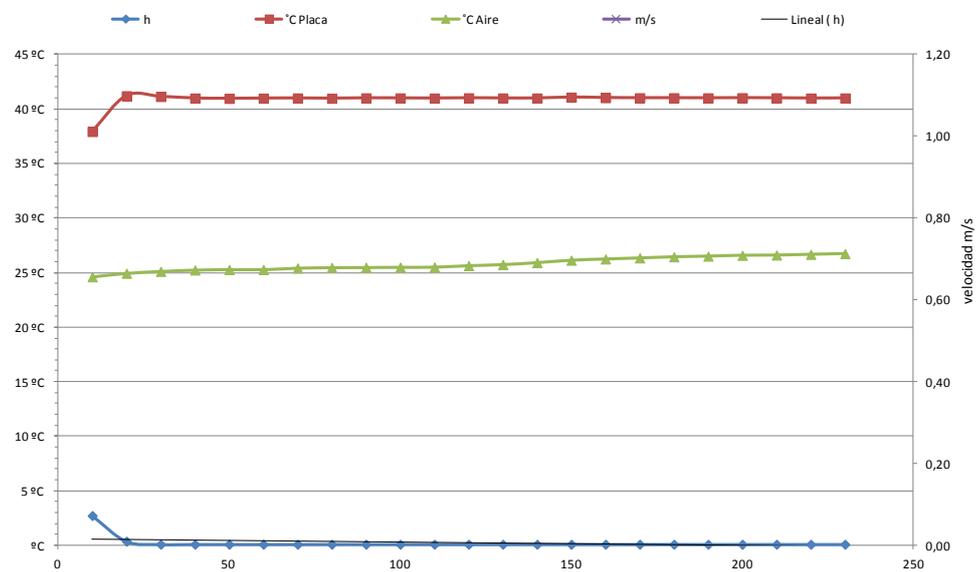
Placa negra. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 26°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

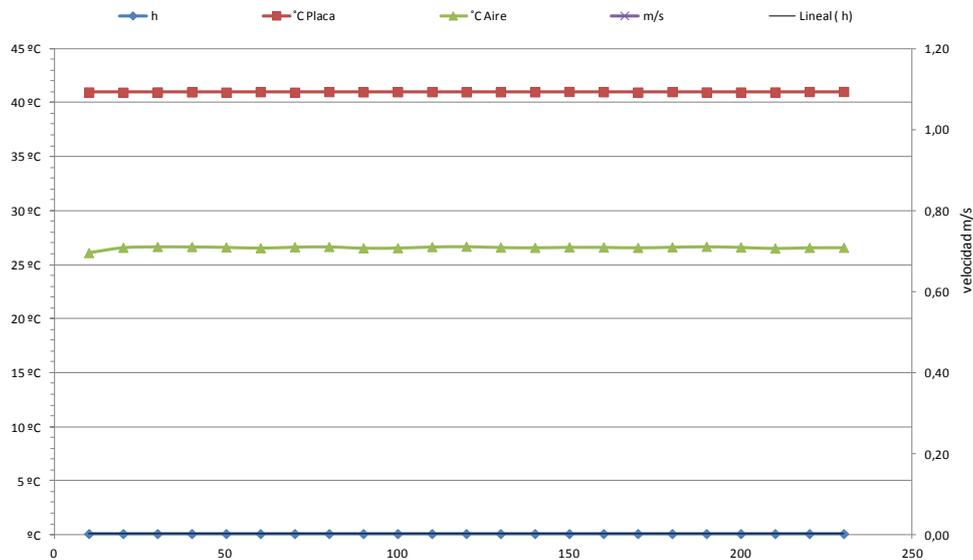
Placa roja. Interior túnel v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 24.5°C hasta los 26.5°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

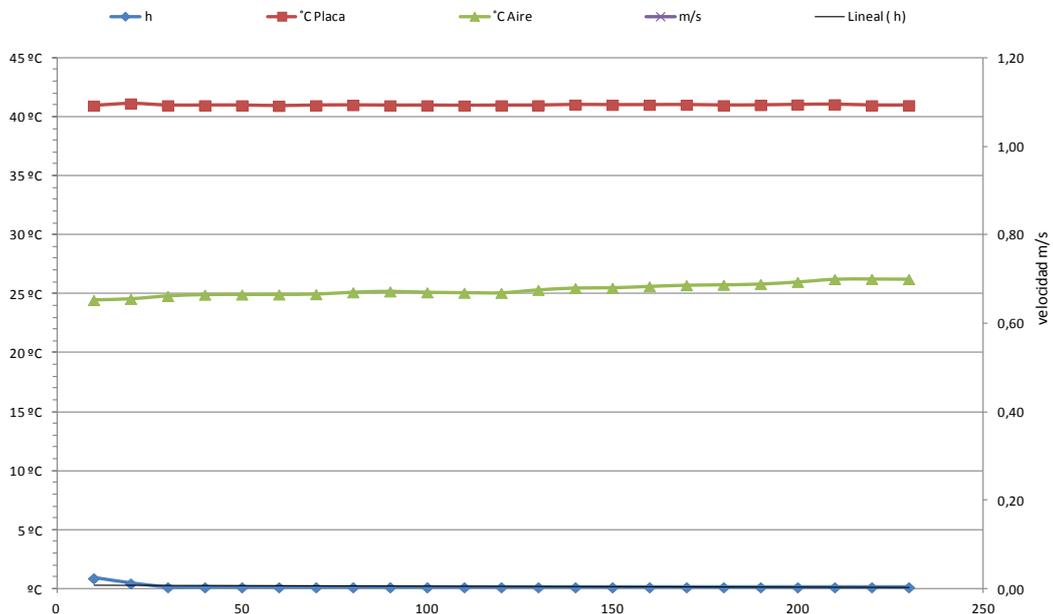
Placa roja. Interior v=0 m/s



Comentarios:

La temperatura de la placa y del aire tienen valores más o menos estables de 41°C y 26°C, respectivamente. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

Placa roja. Interior túnel v=0 m/s

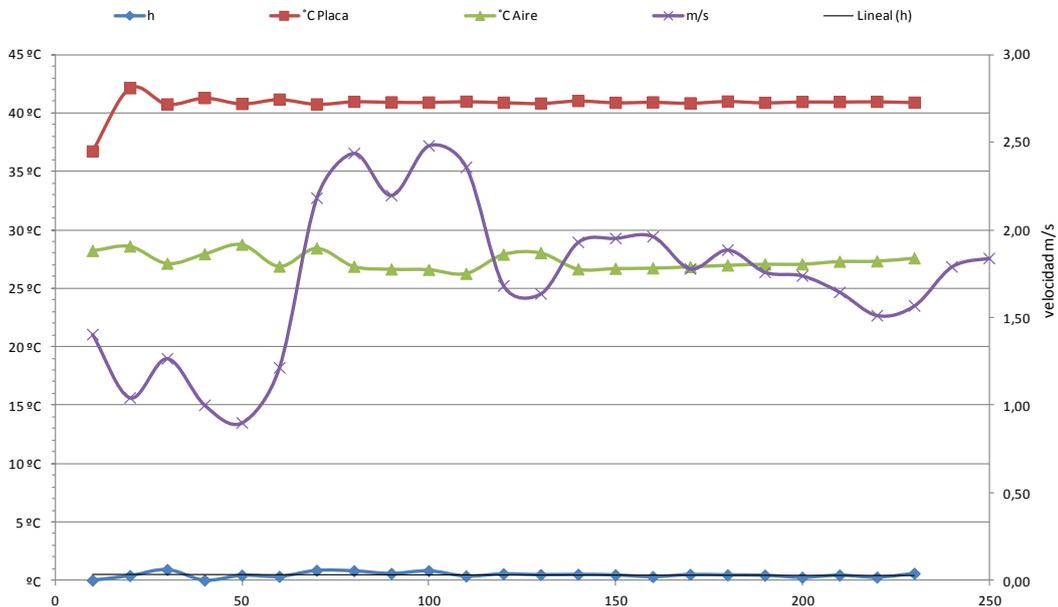


Comentarios:

La temperatura de la placa permanece más o menos estable a 41°C, en cambio la temperatura del aire es ascendente desde los 24°C hasta los 26°C. El coeficiente de convección se mantiene estable con un valor de 0 a 0,1 W/m²°C.

En los siguientes ensayos añadimos el factor del viento.

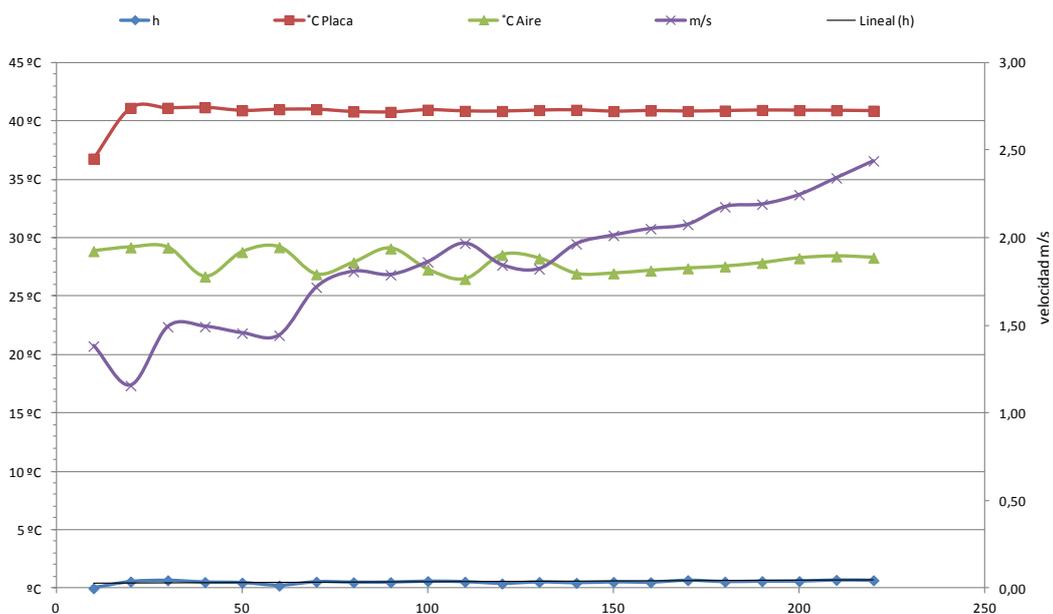
Placa amarilla. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

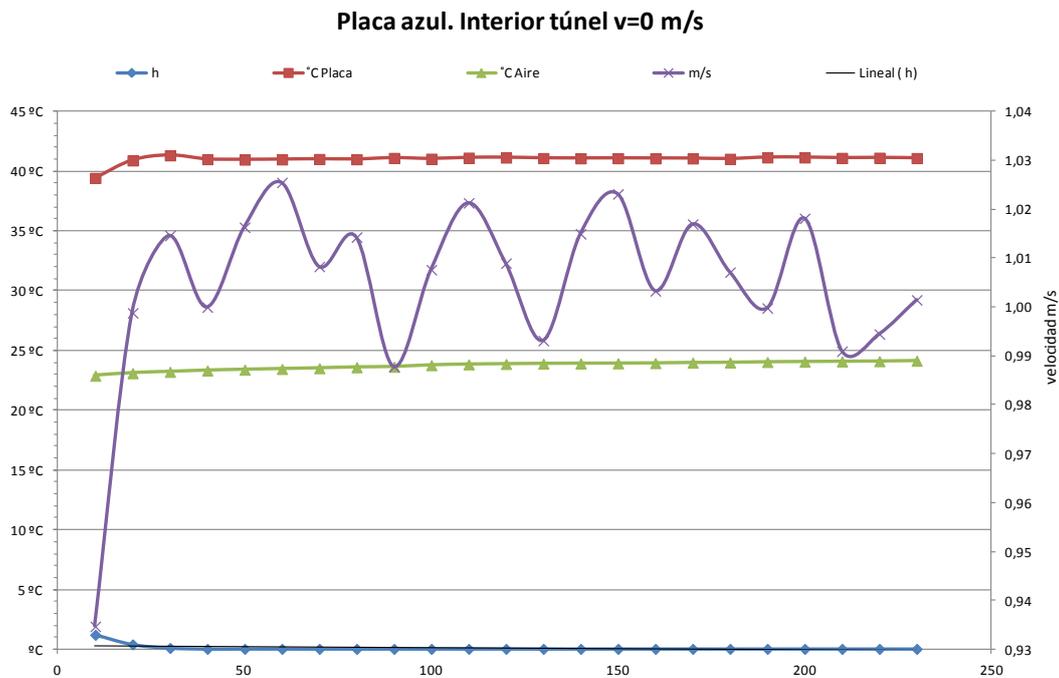
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C, la temperatura del aire tiene saltos desde los 26°C hasta los 29°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 1m/s hasta los 2,5m/s. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 0,8 W/m²°C.

Placa amarilla. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

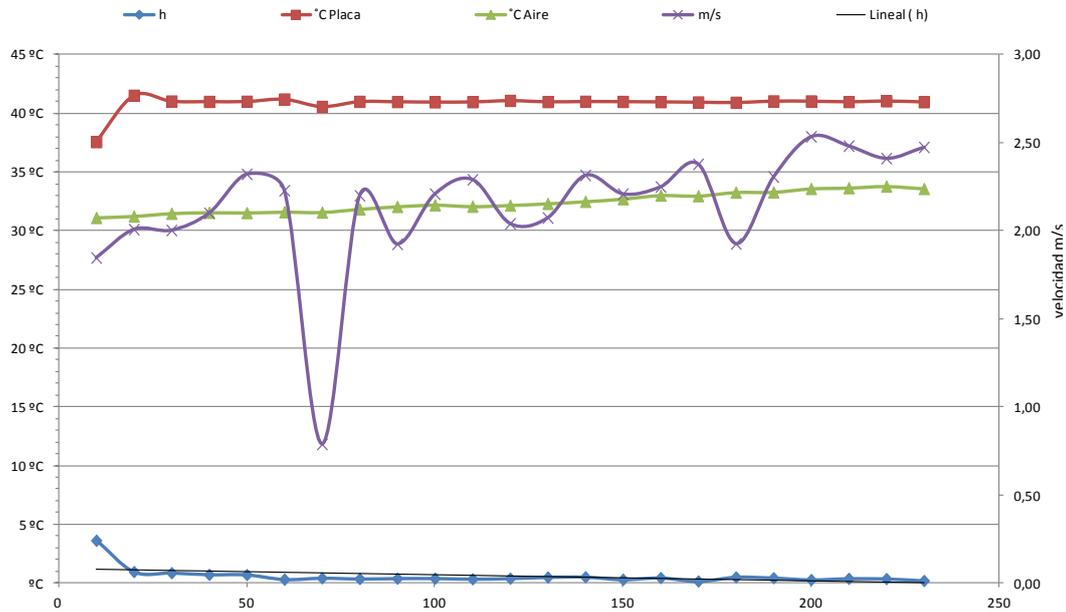
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C , la temperatura del aire tiene saltos desde los 26°C hasta los 29°C . El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde $1,1\text{m/s}$ hasta los $2,5\text{m/s}$ de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a $0,7\text{ W/m}^2\text{C}$.



Comentarios:

La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C , la temperatura del aire es estable más o menos en 24°C . El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde $0,9\text{m/s}$ hasta $1,03\text{m/s}$ de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a $0,3\text{ W/m}^2\text{C}$.

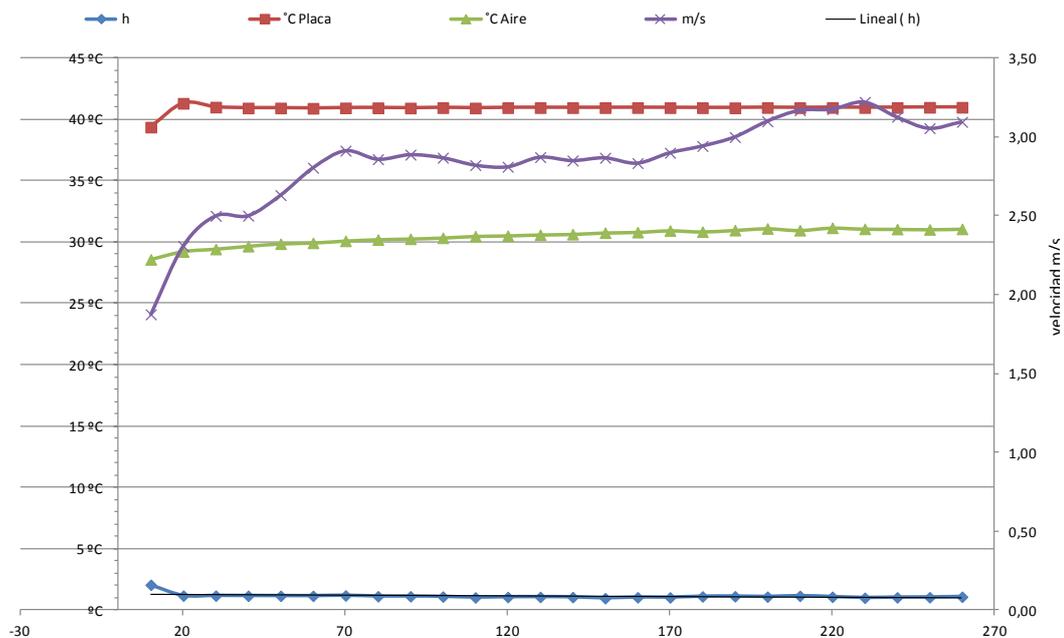
Placa azul. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

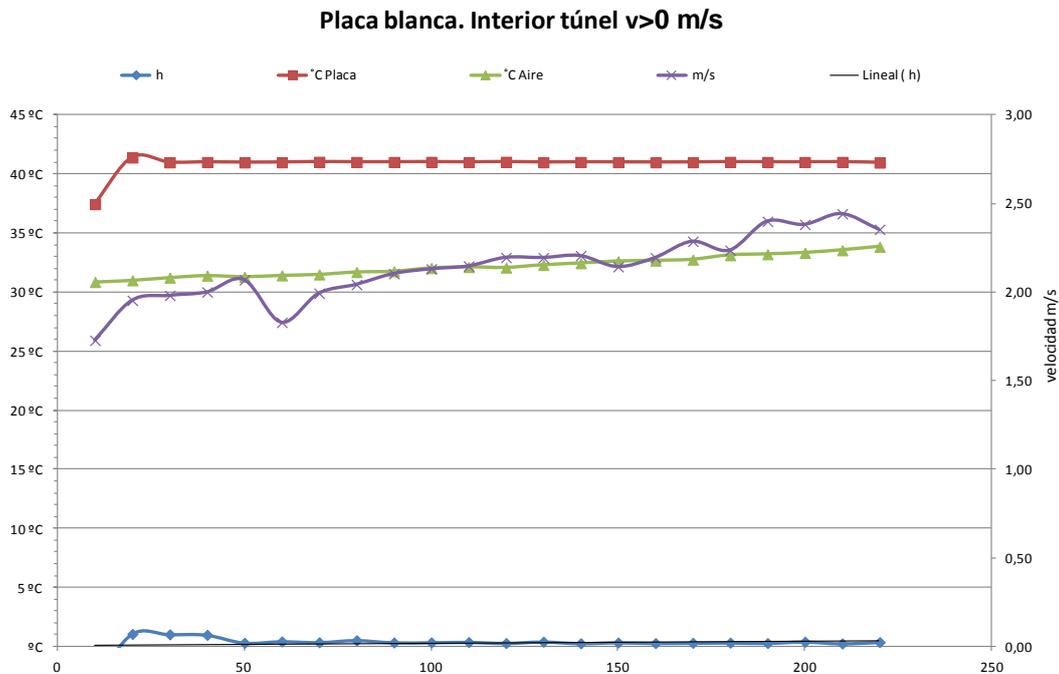
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de en los 41°C, la temperatura del aire ira desde los 31°C hasta los 34°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 0,8m/s hasta los 2,5m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 0,7 W/m²°C.

Placa blanca. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

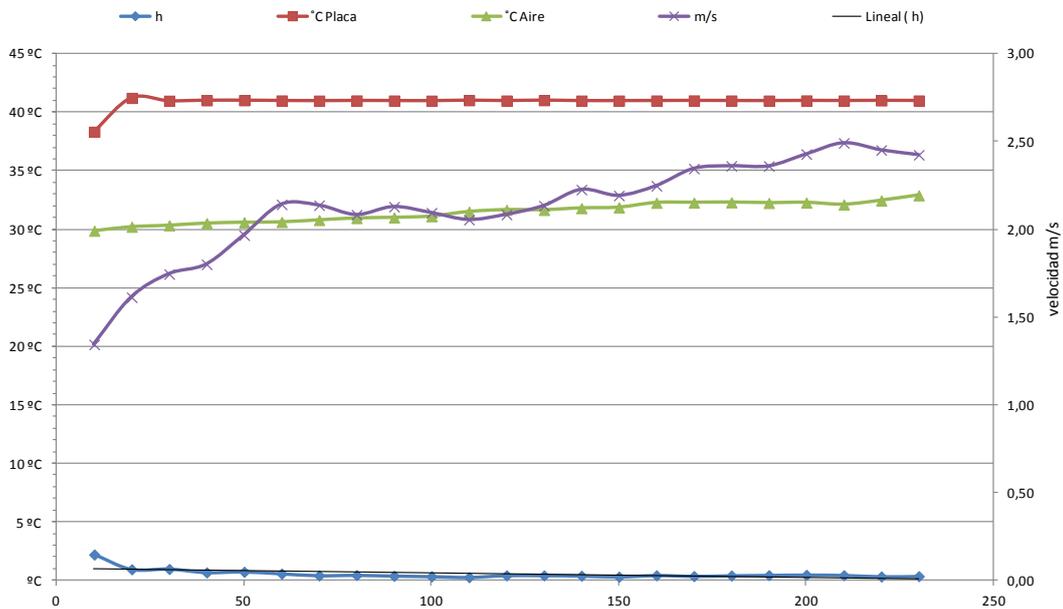
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C, la temperatura del aire ira desde los 29°C hasta los 31°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 2,0m/s hasta los 3,0 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 1 a 1,4 W/m²°C.



Comentarios:

La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C, la temperatura del aire ira desde los 31°C hasta los 34°C. El viento es turbulento y se observa que su velocidad ira desde 1,7 m/s hasta los 2,3 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 1,1 W/m²°C.

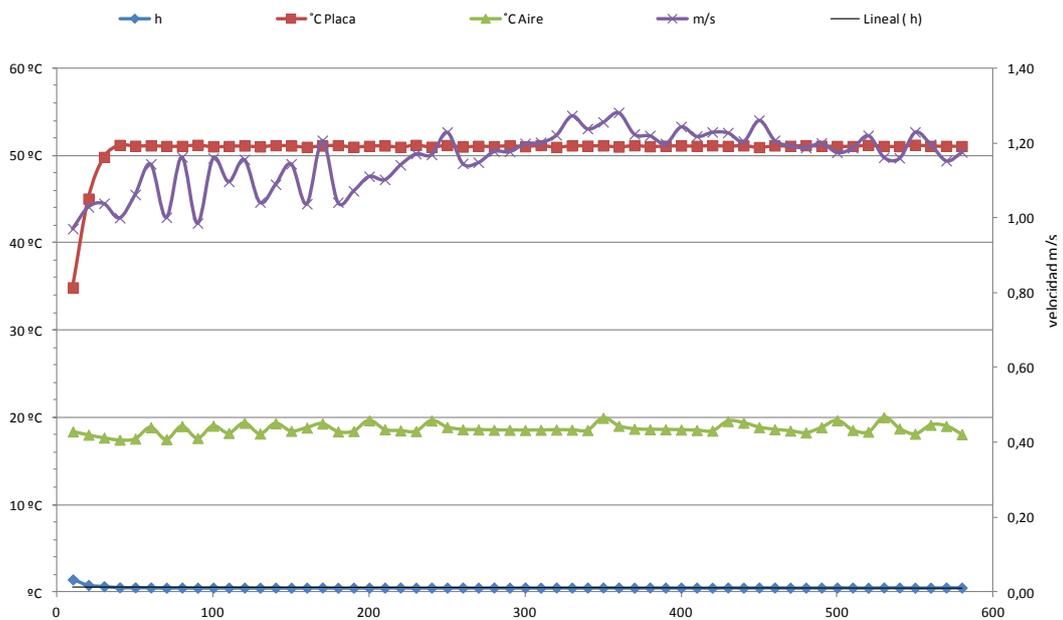
Placa blanca. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

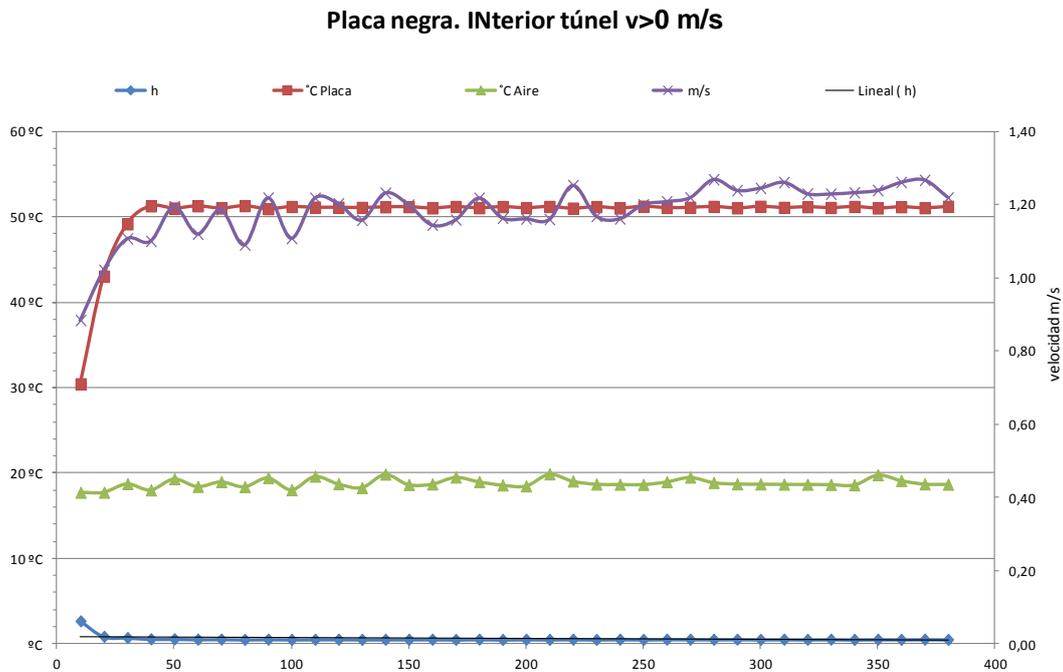
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C, la temperatura del aire ira desde los 30°C hasta los 33°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 1,3 m/s hasta los 2,5 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 1,0 W/m²°C.

Placa negra. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

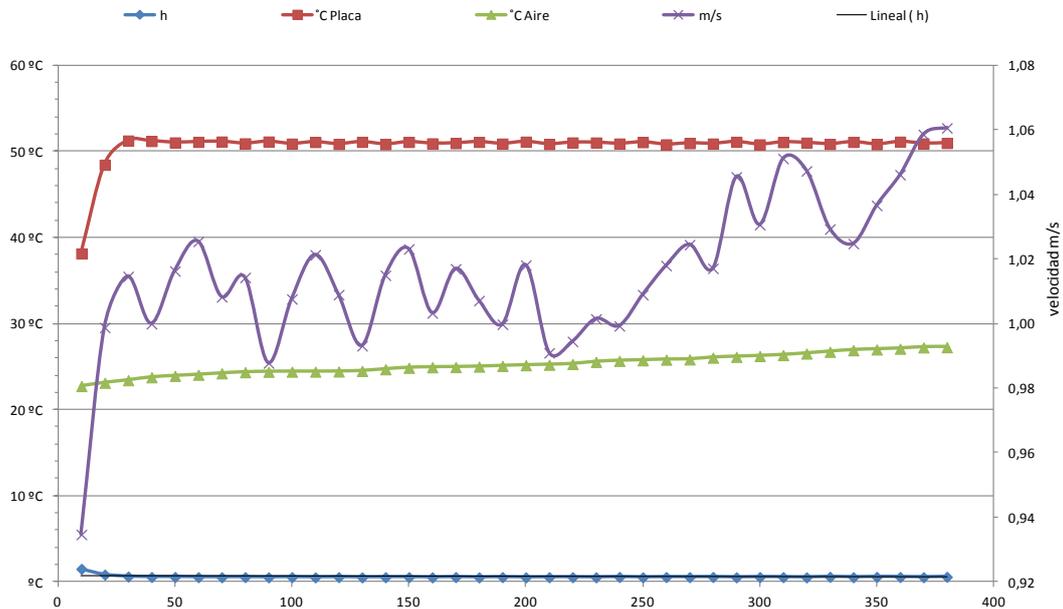
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 51°C, la temperatura del aire es más o menos estable a 19°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 1,0 m/s hasta los 1,20 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 0,5 W/m²°C.



Comentarios:

La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 51°C, la temperatura del aire es más o menos estable a 19°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 1,0 m/s hasta los 1,20 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 0,5 W/m²°C.

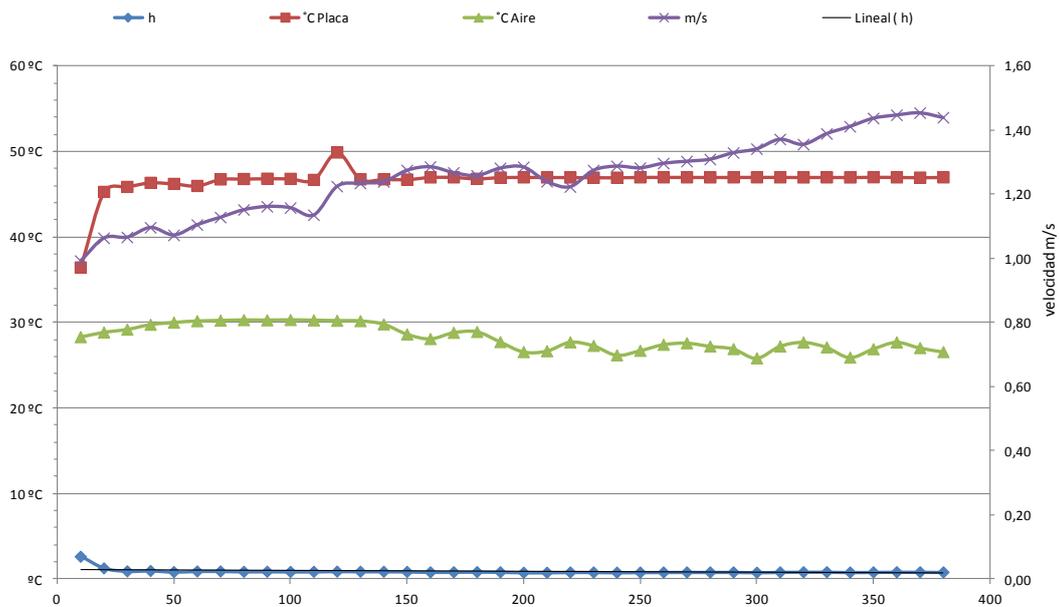
Placa negra. Interior túnel v>0 m/s



Comentarios:

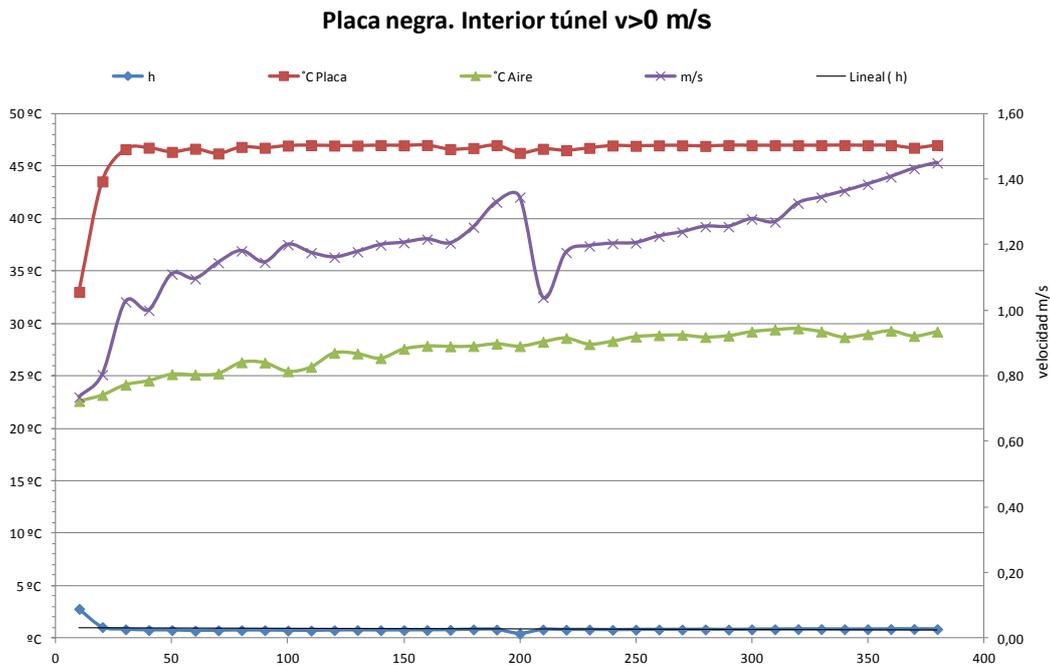
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41 °C, la temperatura del aire ira desde los 21 °C hasta los 24 °C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 0,94 m/s hasta los 1,06 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 1,0 W/m²°C.

Placa negra. Interior túnel v>0 m/s



Comentarios:

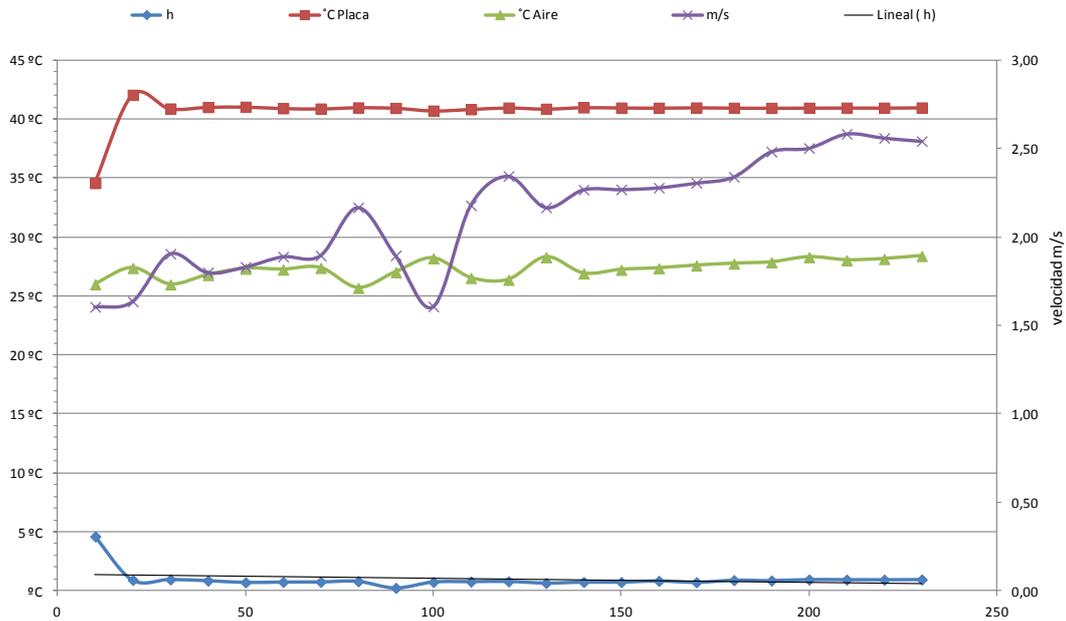
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 46°C , la temperatura del aire ira desde los 27°C hasta los 30°C . El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde $1,00\text{ m/s}$ hasta los $1,40\text{ m/s}$ de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a $1,0\text{ W/m}^2\text{C}$.



Comentarios:

La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 46°C , la temperatura del aire ira desde los 22°C hasta los $24,5^{\circ}\text{C}$. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde $0,90\text{ m/s}$ hasta los $1,40\text{ m/s}$ de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a $1,0\text{ W/m}^2\text{C}$.

Placa roja. Interior túnel $v > 0$ m/s



Comentarios:

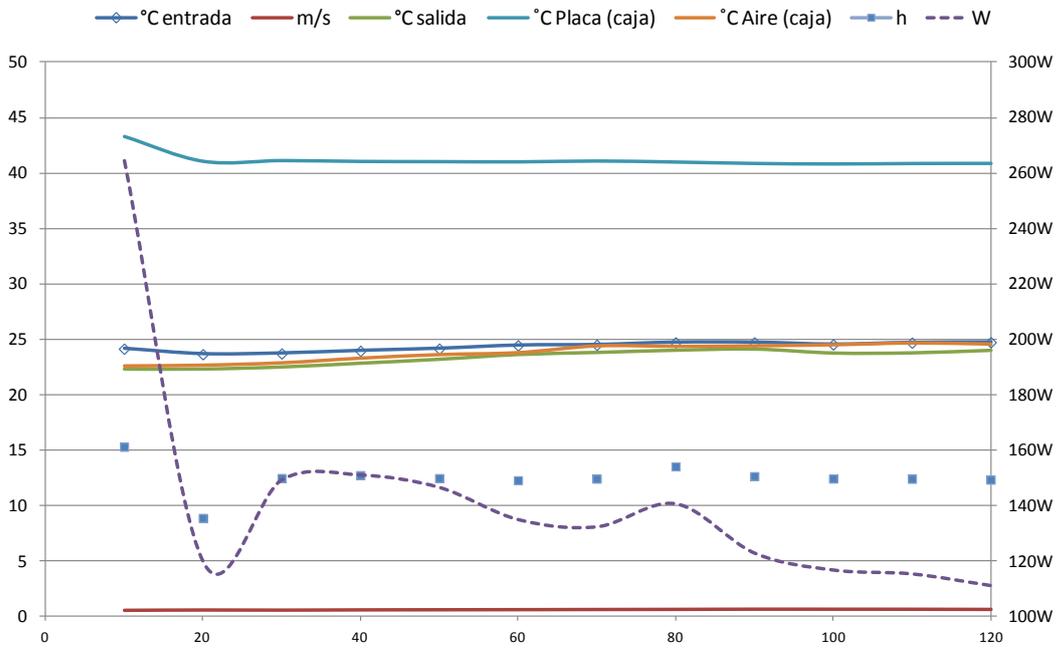
La temperatura de la placa, excepto al principio, será estable con un valor de 41°C, la temperatura del aire ira desde los 26°C hasta los 29°C. El viento es inestable y se observa que su velocidad ira desde 1.5 m/s hasta los 2,5 m/s de forma ascendente. El coeficiente de convección tendrá unos valores desde 0 a 1,0 W/m²·C.

3.3.2.- PLACA EN VERTICAL

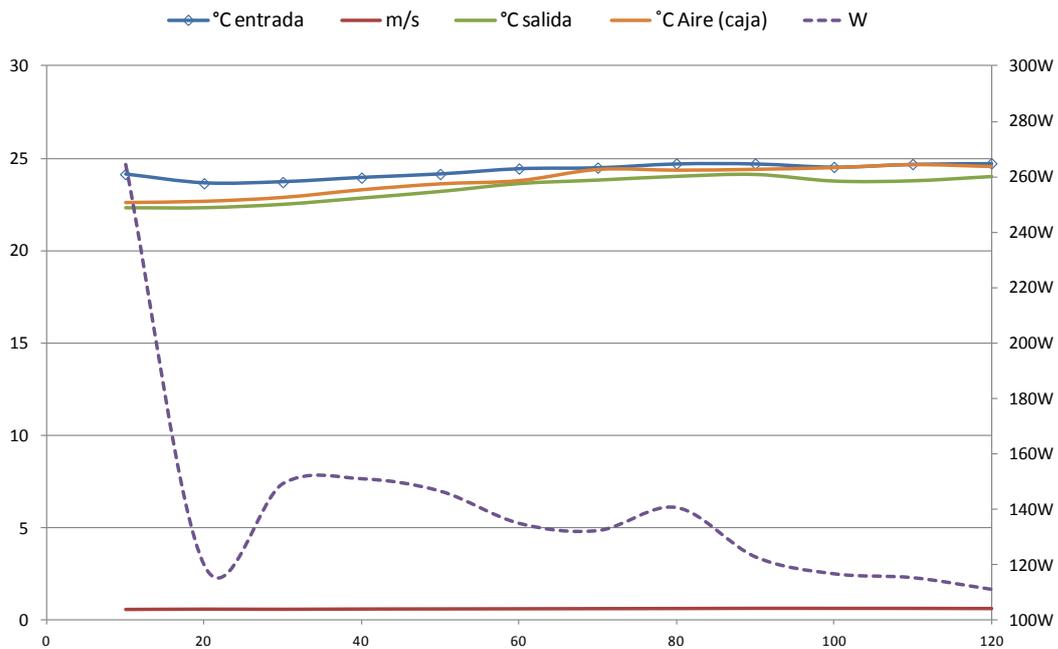
3.3.2.1.- PLACA DE COLOR PLATA

Ensayo nº 1:

Plata 1



Plata 1 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	264,3 W
Consumo mínimo	111 W
Consumo medio	141,95 W

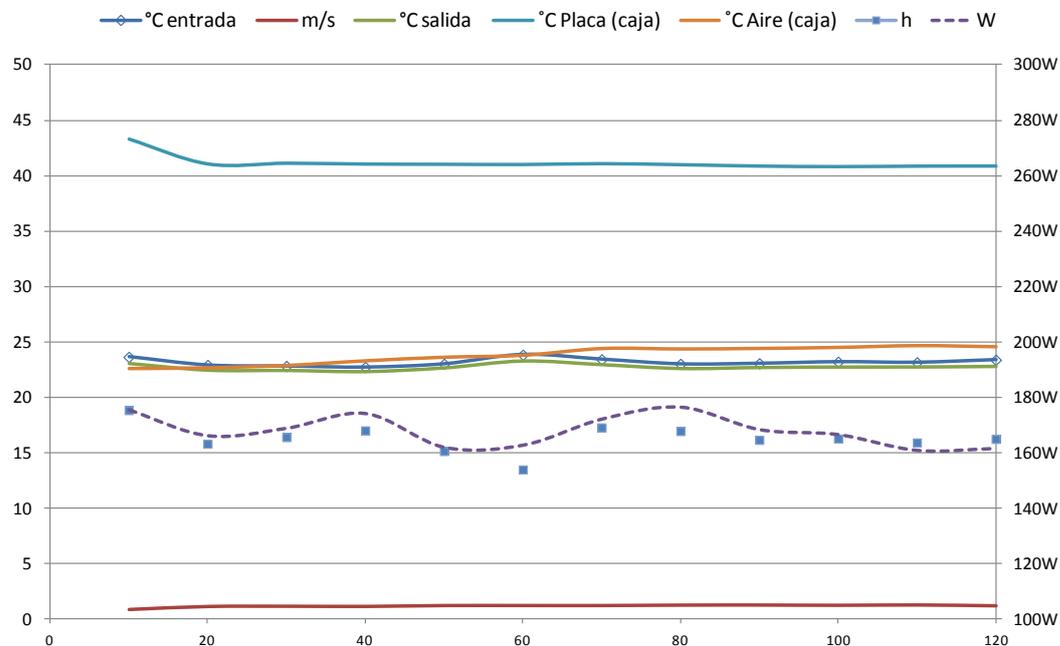
Temperatura placa (T_p)	59,12°C
Temperatura aire (T_a)	24,36°C
Δ Temperatura (ΔT)	34,76°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	0,6 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	0,5 m/s
Velocidad media (v_{media})	0,59 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	12,76 W/m ² °C

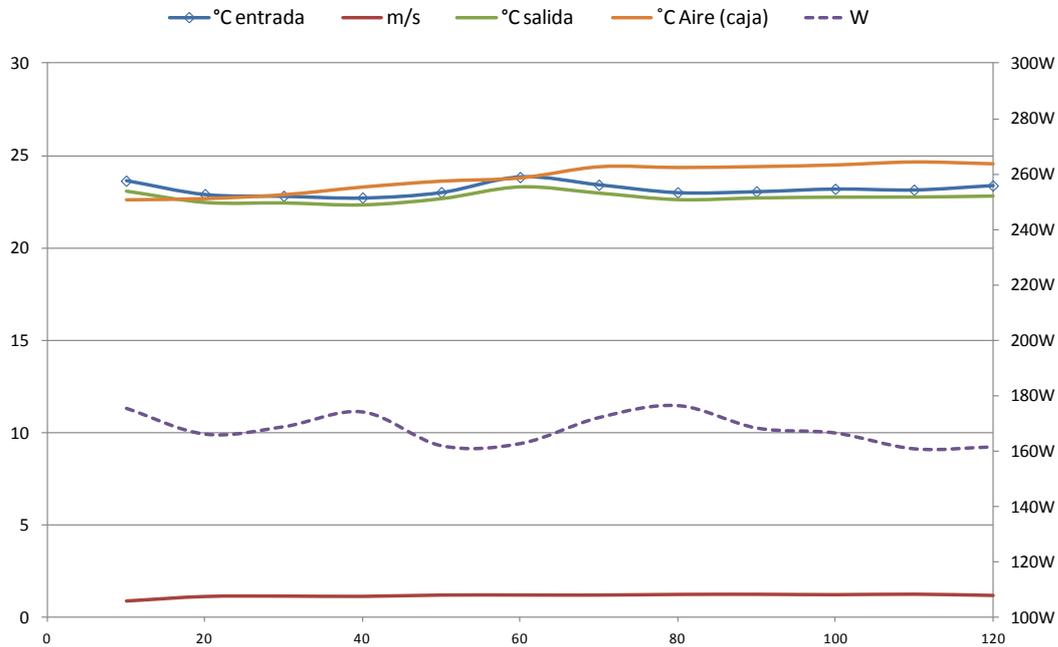
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 0,59 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 12,76 W/m²°C, los valores se mantienen estables y constantes, a partir de los 30 primeros minutos. Y un consumo que varía de 111 a 264,3 W, manteniéndose también más o menos estable, a partir del minuto 30.

Ensayo nº 2:

Plata 2



Plata 2 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	176,5 W
Consumo mínimo	134,8 W
Consumo medio	165,65 W

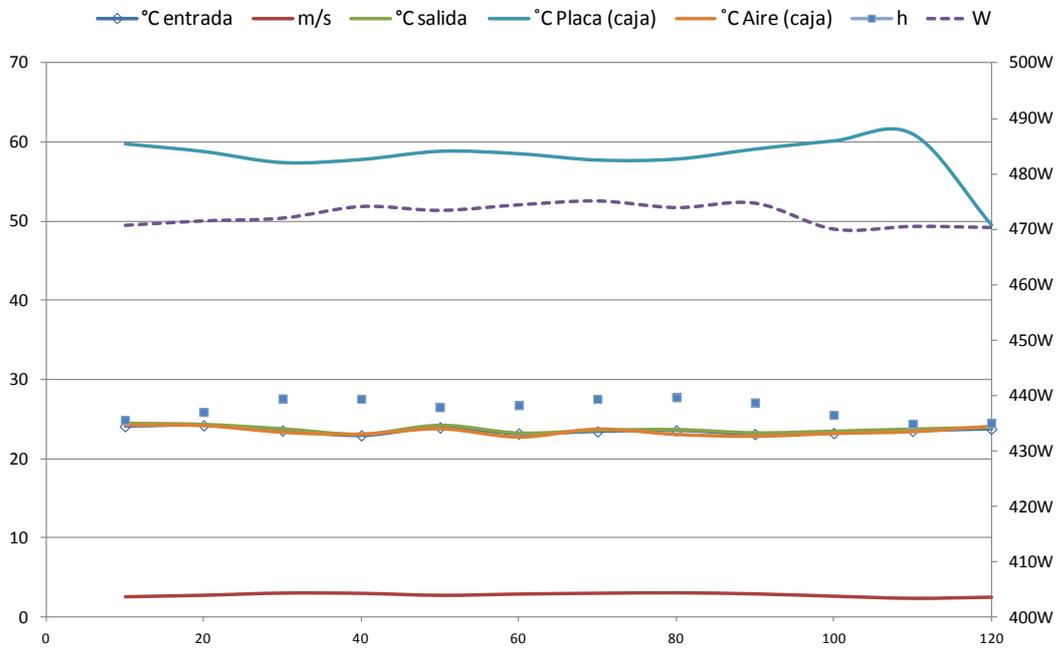
Temperatura placa (T_p)	54,95°C
Temperatura aire (T_a)	23,18°C
Δ Temperatura (ΔT)	31,77°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	1,3 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	0,9 m/s
Velocidad media (v_{media})	1,18 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	16,29 W/m ² °C

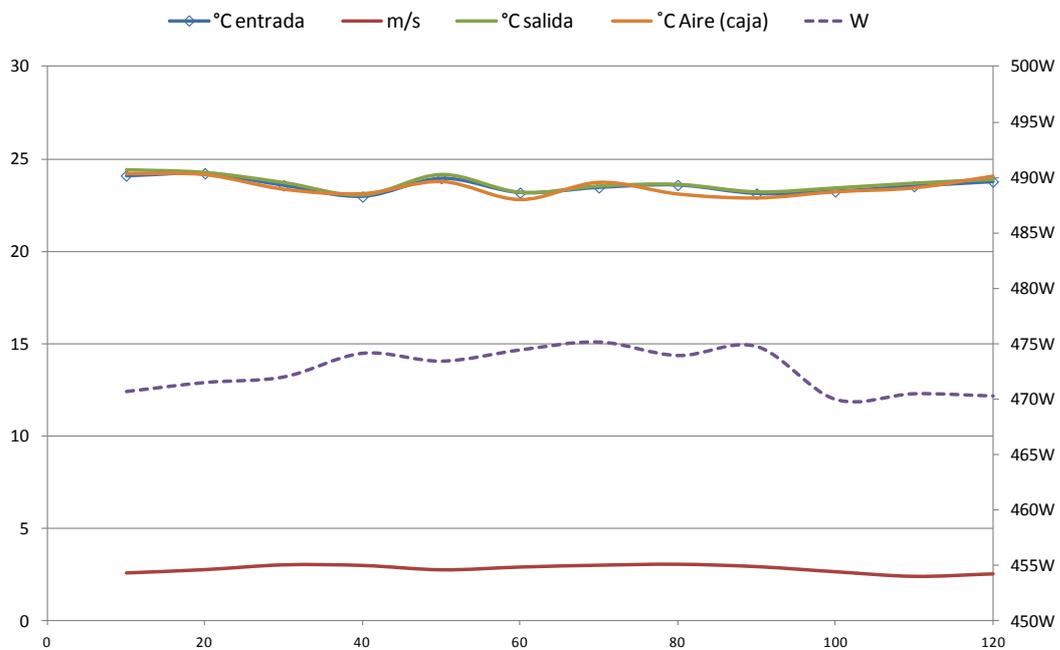
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 1,18 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 16,29 W/m²°C, los valores se mantienen estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 134,8 a 176,5 W, manteniéndose también más o menos estable.

Ensayo nº 3:

Plata 3



Plata 3 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	475,3 W
Consumo mínimo	470,15 W
Consumo medio	472,69 W

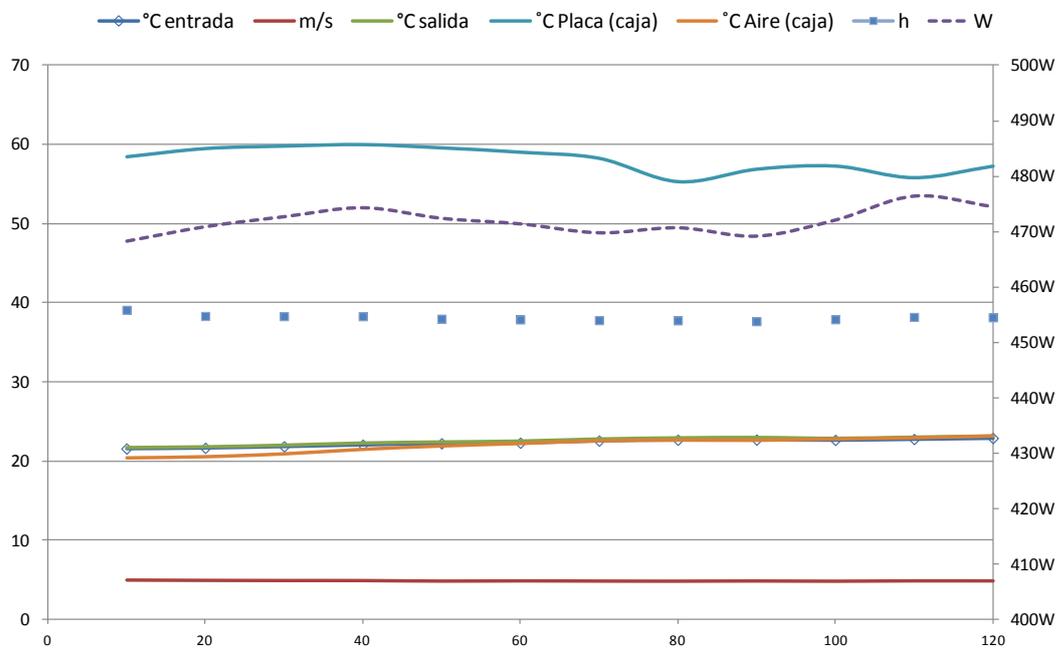
Temperatura placa (T_p)	55,63°C
Temperatura aire (T_a)	23,66°C
Δ Temperatura (ΔT)	53,97°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	3,1 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	0,6 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,63 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	27,37 W/m ² °C

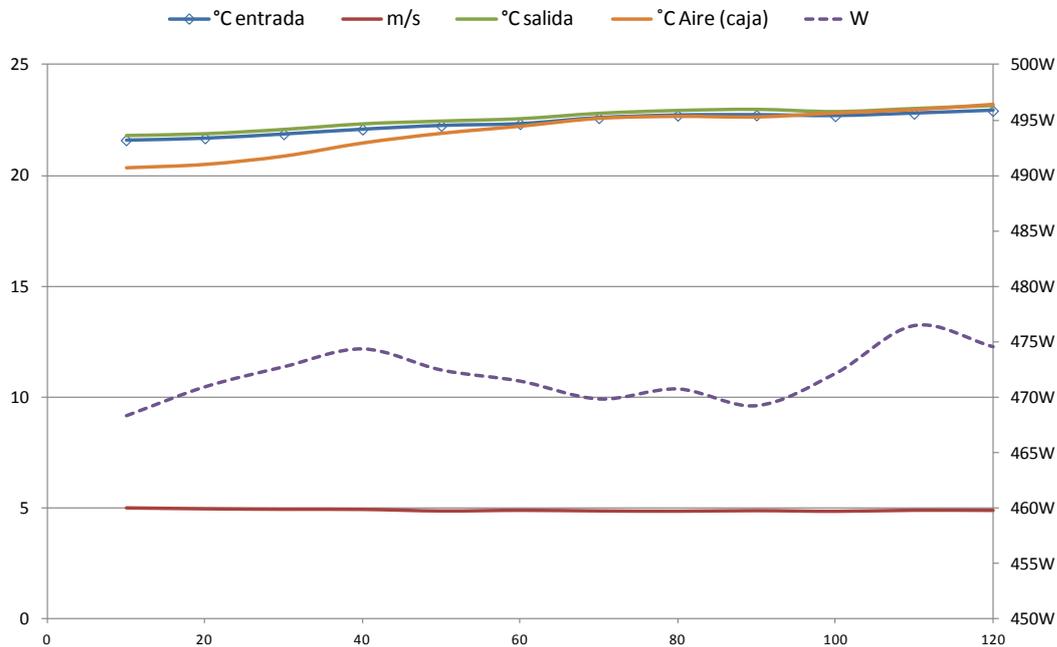
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,63 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 27,37 W/m²°C, los valores se mantienen estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 470,15 a 475,3 W, manteniéndose también más o menos estable.

Ensayo nº 4:

Plata 4



Plata 4 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	476,4 W
Consumo mínimo	468,3 W
Consumo medio	471,89 W

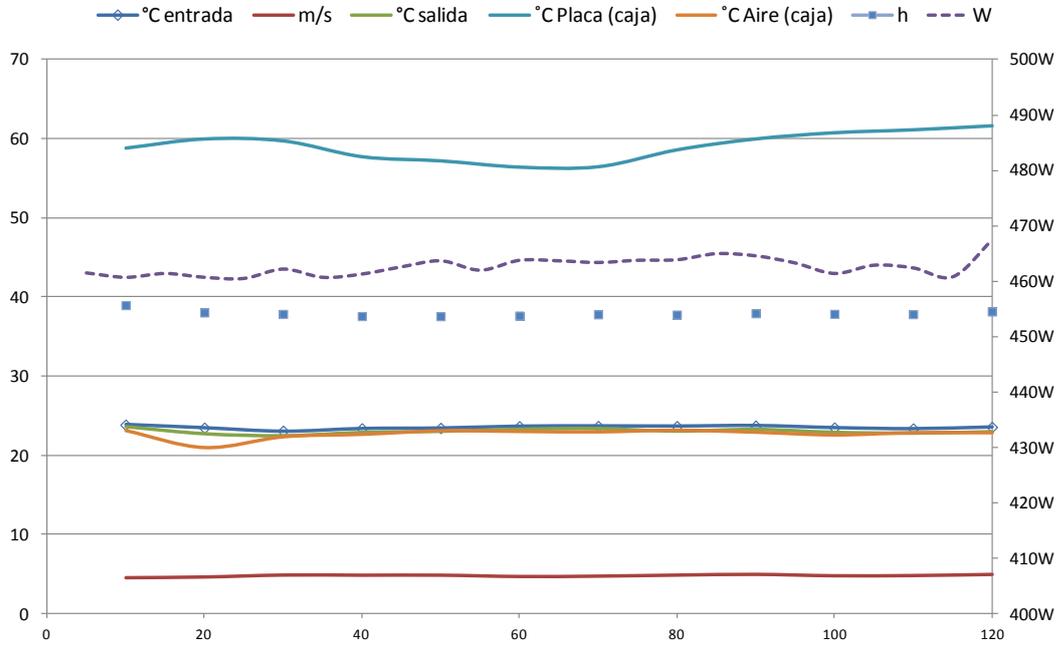
Temperatura placa (T_p)	61,08°C
Temperatura aire (T_a)	22,39°C
Δ Temperatura (ΔT)	38,68°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	4,8 m/s
Velocidad media (v_{media})	4,89 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	38,11 W/m ² °C

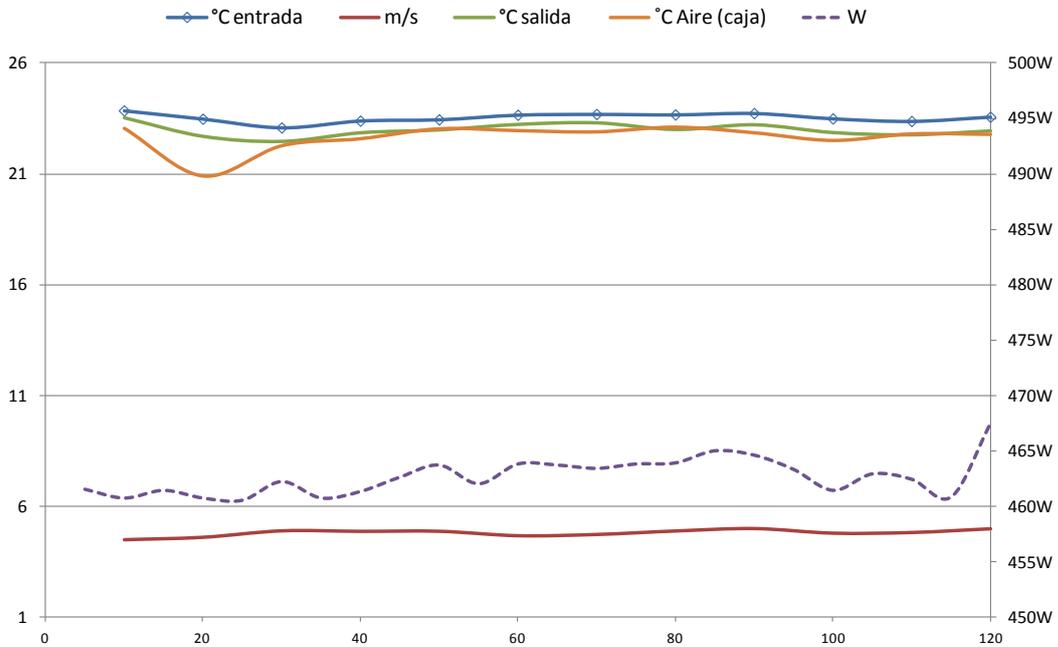
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 4,89 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 38,11 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 468,3 a 476,4 W, manteniéndose también estable.

Ensayo nº 5:

Plata 5



Plata 5 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	467,5 W
Consumo mínimo	460,5 W
Consumo medio	462,66 W

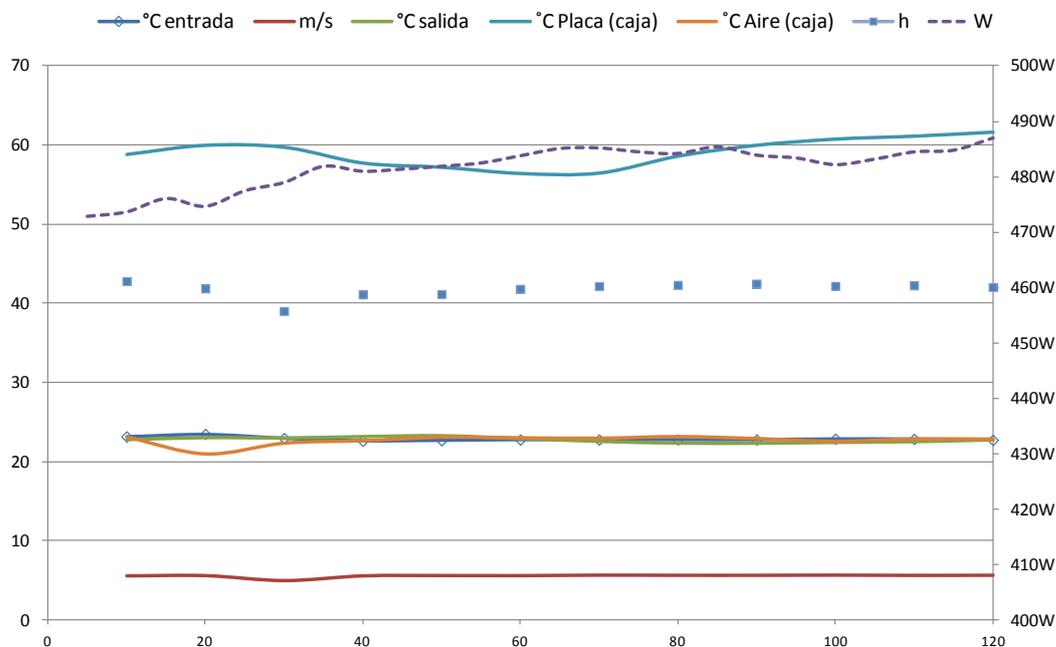
Temperatura placa (T_p)	61,66°C
Temperatura aire (T_a)	23,55°C
Δ Temperatura (ΔT)	37,93°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,2 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	4,5 m/s
Velocidad media (v_{media})	4,85 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	38,11 W/m ² °C

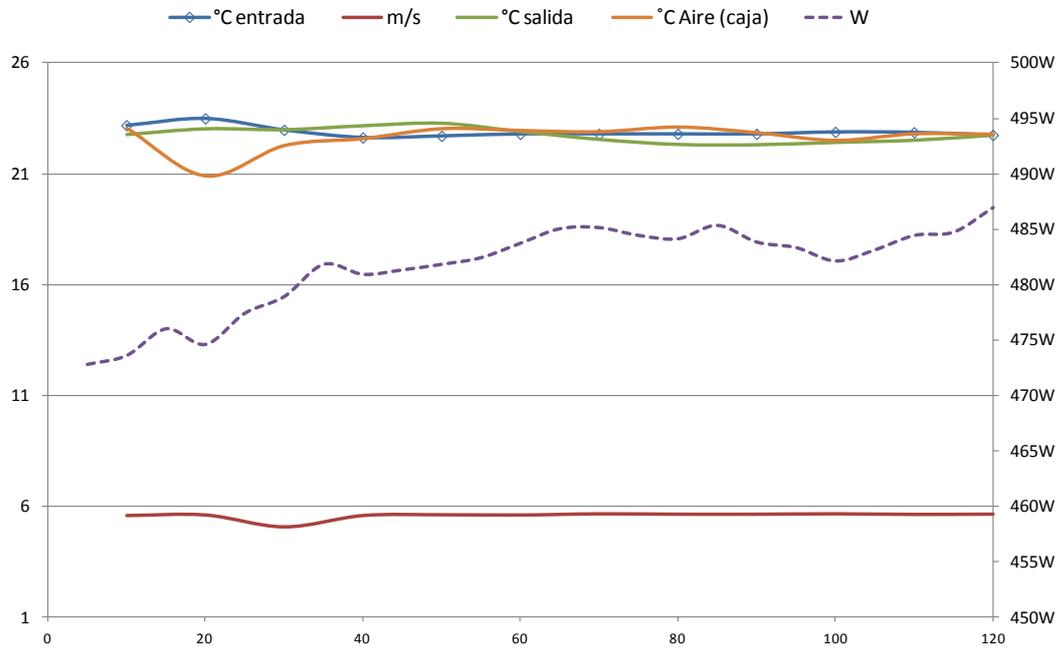
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 4,85 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 38,11 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 460,5 a 467,5 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 6:

Plata 6



Plata 6 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	486,9 W
Consumo mínimo	472,8 W
Consumo medio	481,56 W

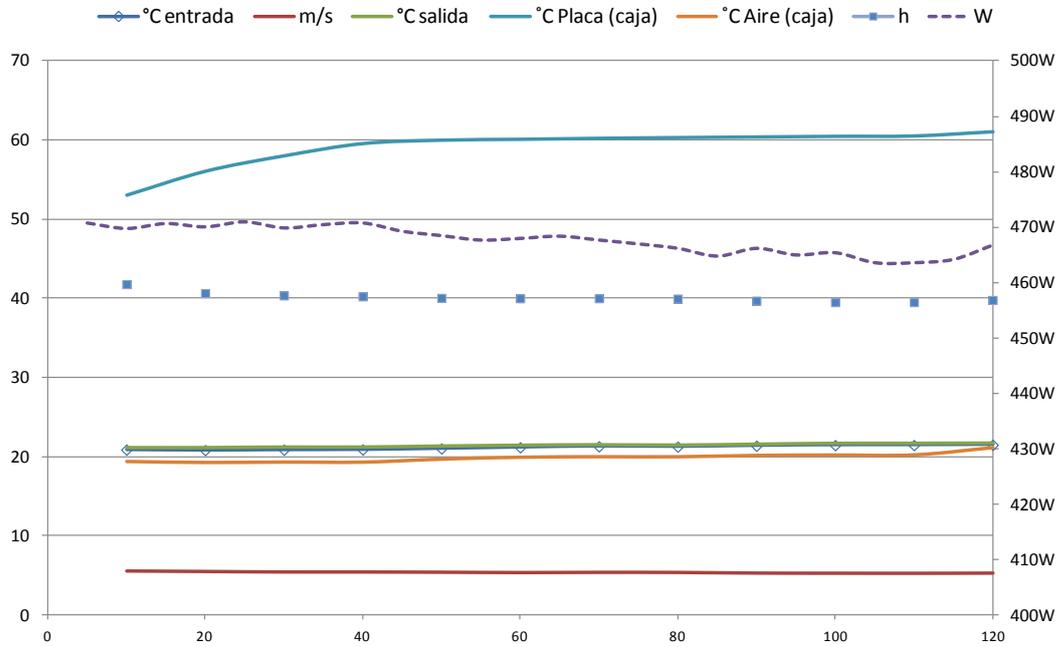
Temperatura placa (T_p)	58,97°C
Temperatura aire (T_a)	22,89°C
Δ Temperatura (ΔT)	36,08°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,7 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	5,0 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,57 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	41,70 W/m ² °C

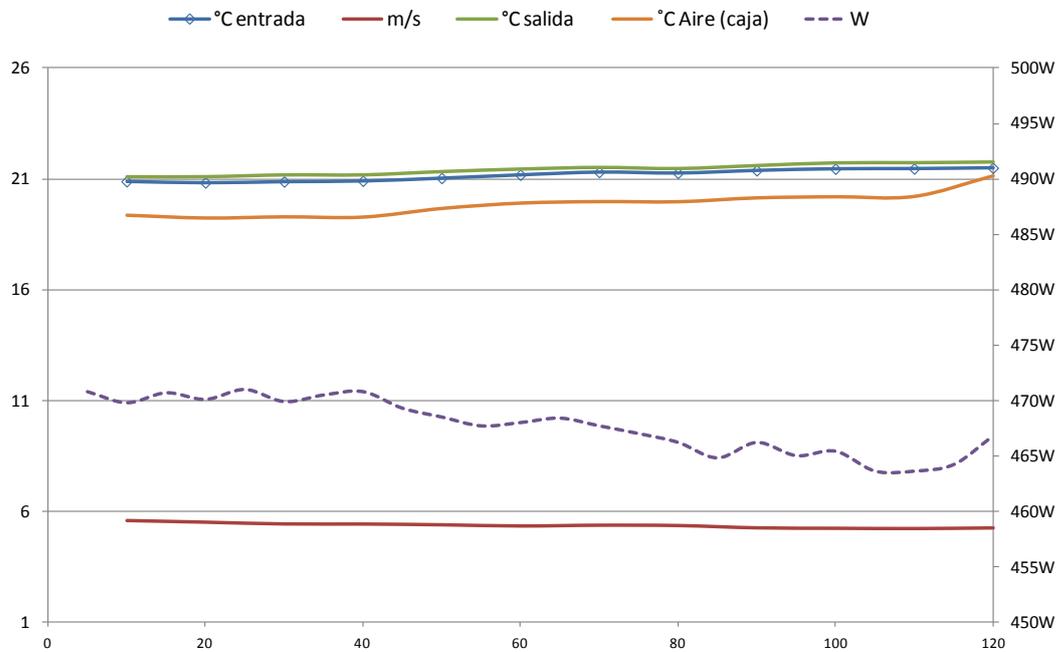
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,57 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 41,70 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 472,8 a 486,9 W, manteniéndose también bastante estable.

Ensayo nº 7:

Plata 7



Plata 7 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	471 W
Consumo mínimo	463,6 W
Consumo medio	467,75 W

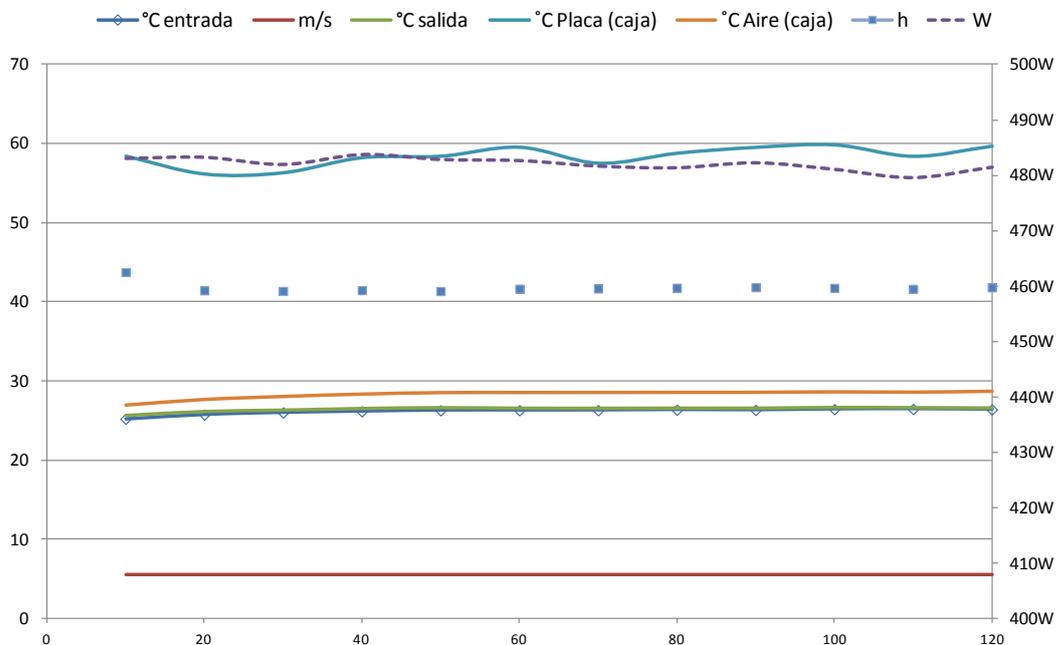
Temperatura placa (T_p)	57,72°C
Temperatura aire (T_a)	21,30°C
Δ Temperatura (ΔT)	36,42°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,6 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	5,2 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,39 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	40,13 W/m ² °C

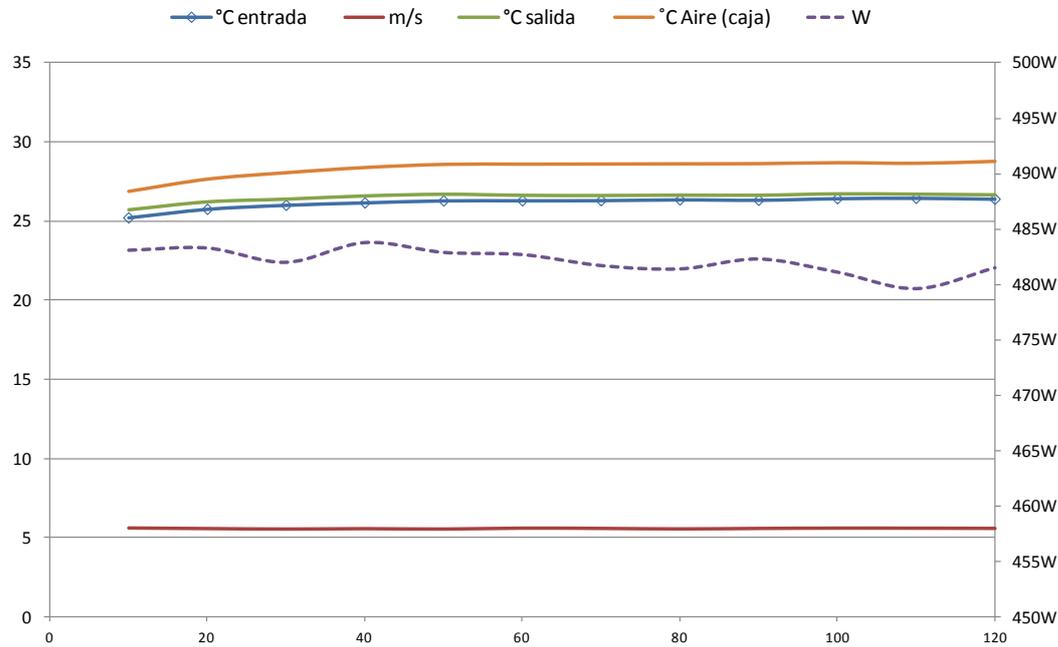
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,39 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 40,13 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 463,6 a 471 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 8:

Plata 8



Plata 8 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	482,12 W
Consumo mínimo	479,6 W
Consumo medio	467,75 W

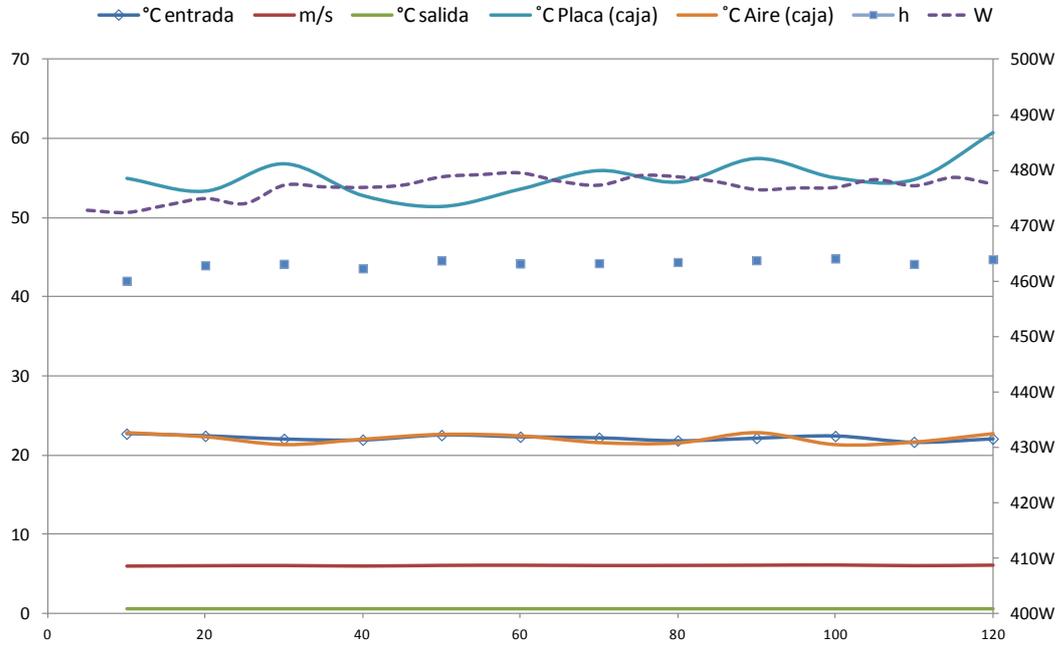
Temperatura placa (T_p)	62,26 $^{\circ}\text{C}$
Temperatura aire (T_a)	26,21 $^{\circ}\text{C}$
Δ Temperatura (ΔT)	36,04 $^{\circ}\text{C}$

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,8 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	5,5 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,58 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	41,79 W/m ² $^{\circ}\text{C}$

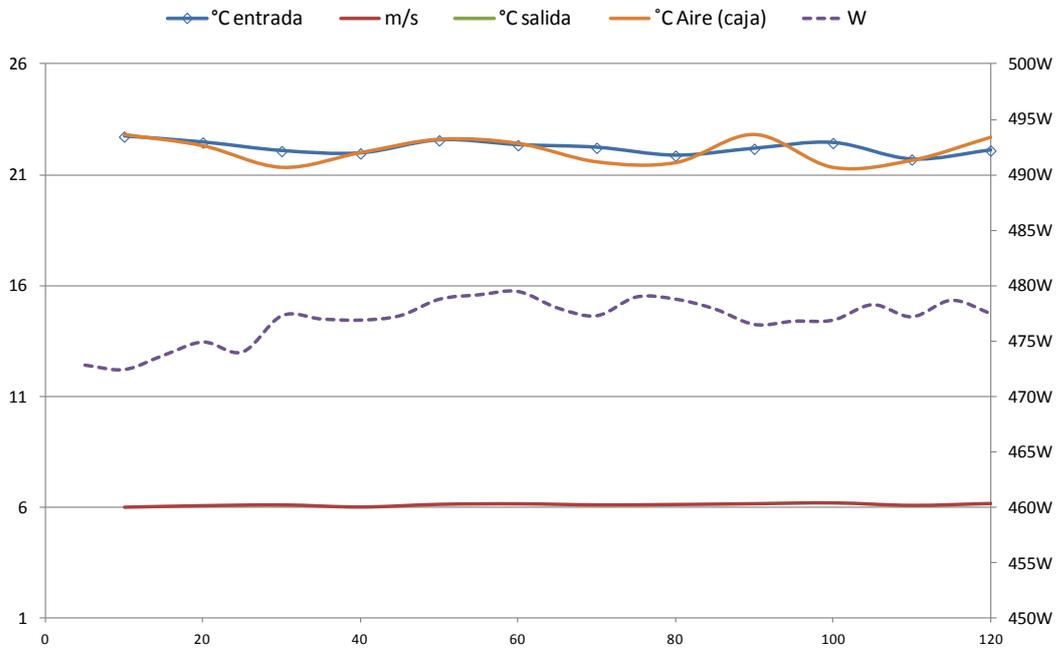
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,58 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 41,79 W/m² $^{\circ}\text{C}$, los valores se mantienen muy estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 479,6 a 482,12 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 9:

Plata 9



Plata 9 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	479,5 W
Consumo mínimo	472,4 W
Consumo medio	476,95 W

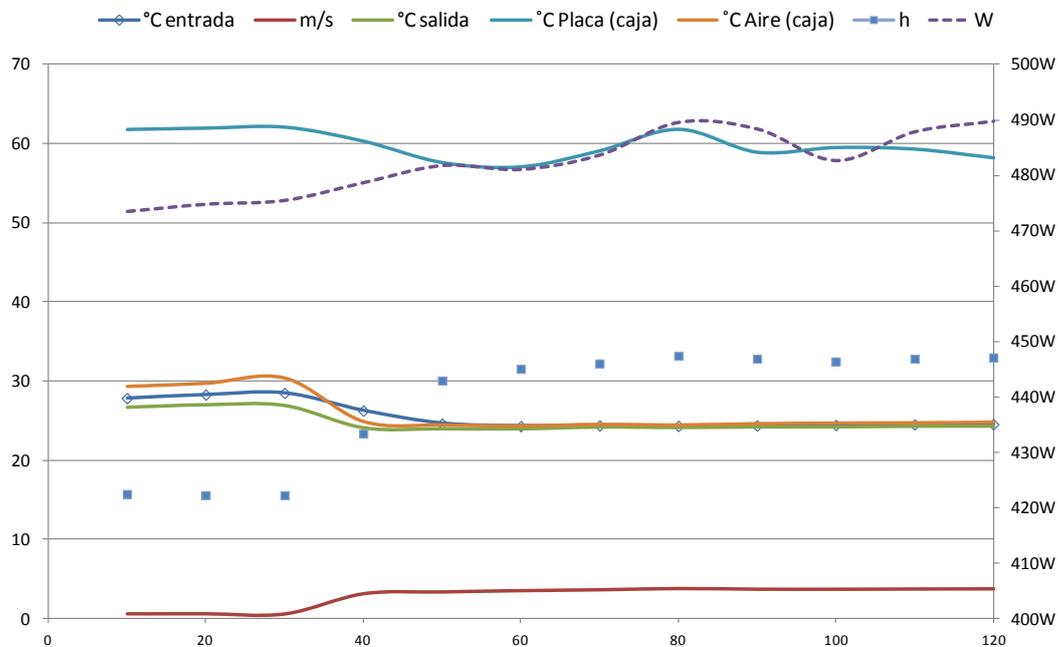
Temperatura placa (T_p)	56,22°C
Temperatura aire (T_a)	22,25°C
Δ Temperatura (ΔT)	33,97°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	6,2 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	5,7 m/s
Velocidad media (v_{media})	6,08 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	43,88 W/m ² °C

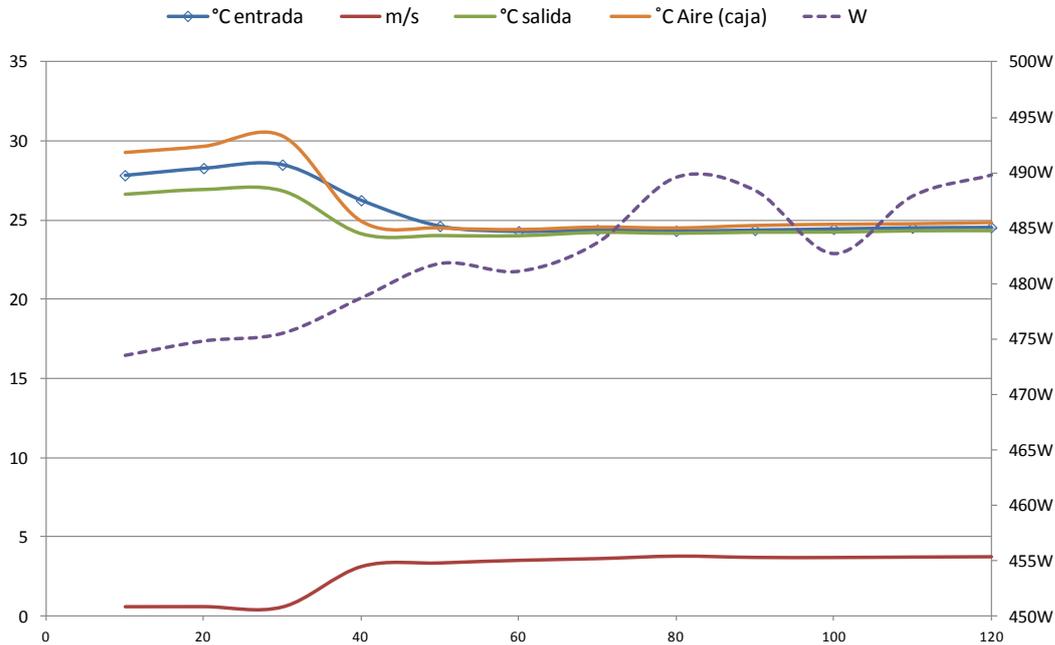
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 6,08 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 43,88 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes a lo largo de todo el ensayo. Y un consumo que varía de 472,4 a 479,5 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo n  10:

Plata 10



Plata 10 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	489,8 W
Consumo mínimo	473,5 W
Consumo medio	482,29 W

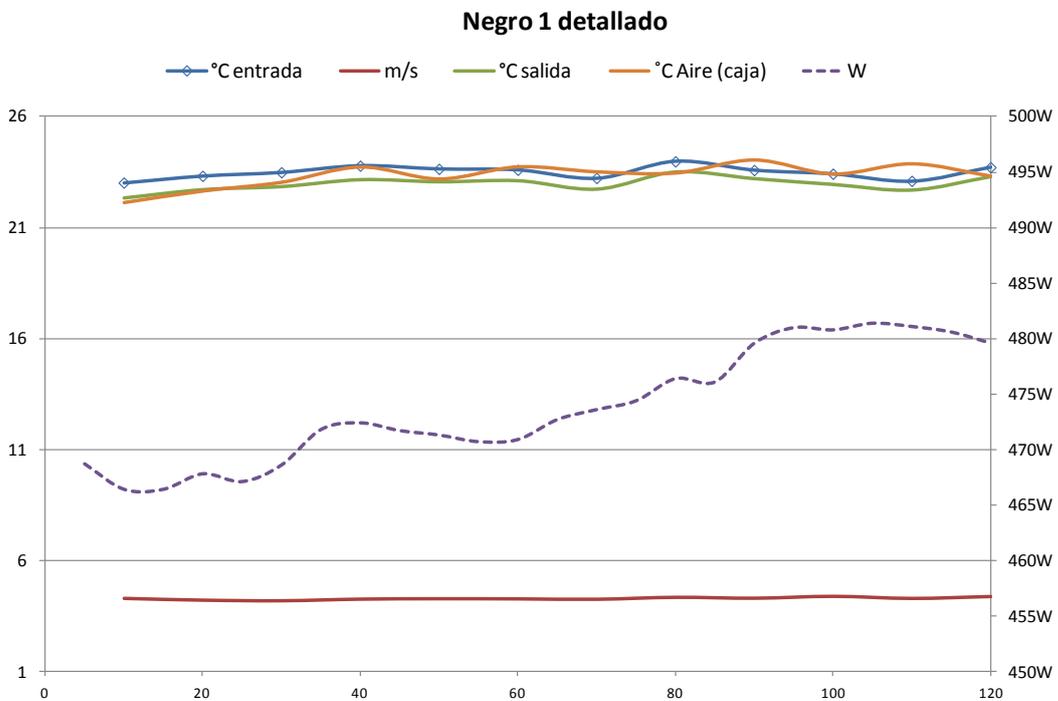
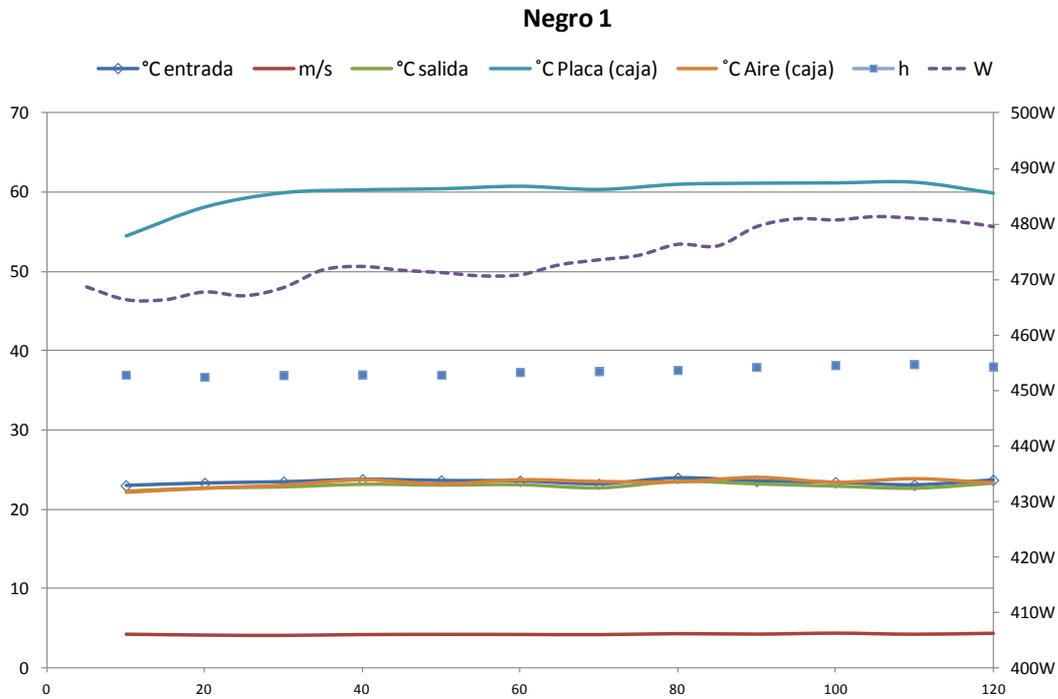
Temperatura placa (T_p)	84,81 °C
Temperatura aire (T_a)	25,47 °C
Δ Temperatura (ΔT)	59,33 °C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	3,8 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	0,5 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,89 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	25,40 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,89 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 25,40 W/m²°C, tenemos una velocidad baja en los primeros 20 minutos, y que aumenta del minuto 20 al 30, manteniéndose estables y constantes los resultados a partir de este minuto. Y un consumo que varía de 473,5 a 489,8 W, aumentando prácticamente al mismo tiempo que aumenta la velocidad. Aquí tenemos un claro ejemplo de que al aumentar la velocidad, aumenta el consumo, y por lo tanto el coeficiente de convección.

3.3.2.2.- PLACA DE COLOR NEGRO

Ensayo nº1:



Comentarios:

Consumo máximo	481,4 W
Consumo mínimo	466,4 W
Consumo medio	473,79 W

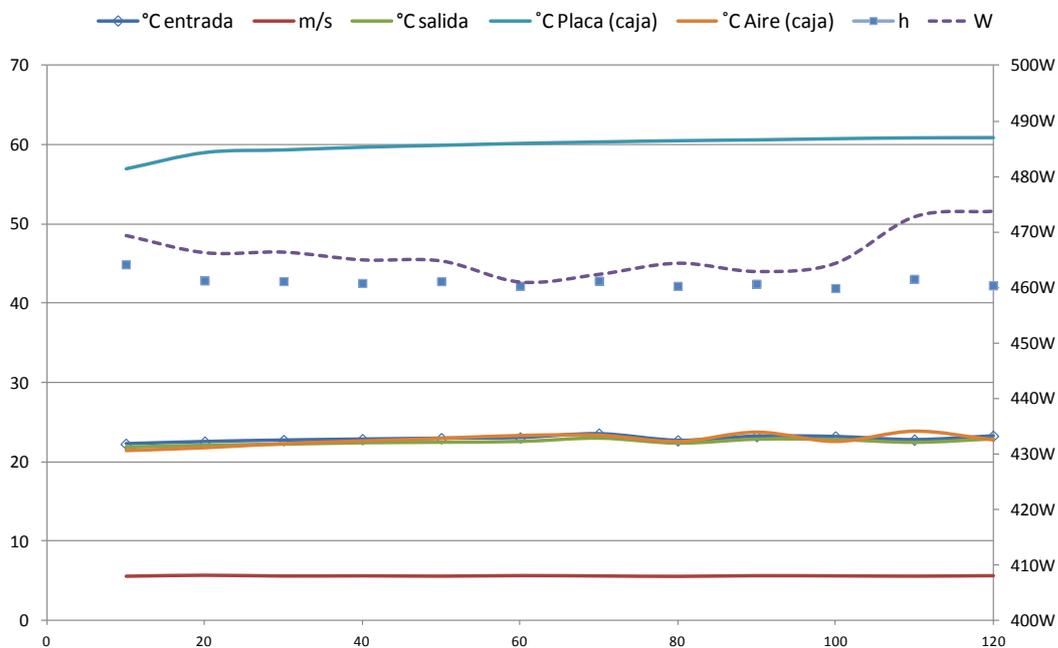
Temperatura placa (T_p)	62,99°C
Temperatura aire (T_a)	23,46°C
Δ Temperatura (ΔT)	39,53°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	4,4 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	4,2 m/s
Velocidad media (v_{media})	4,27 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	37,46 W/m ² °C

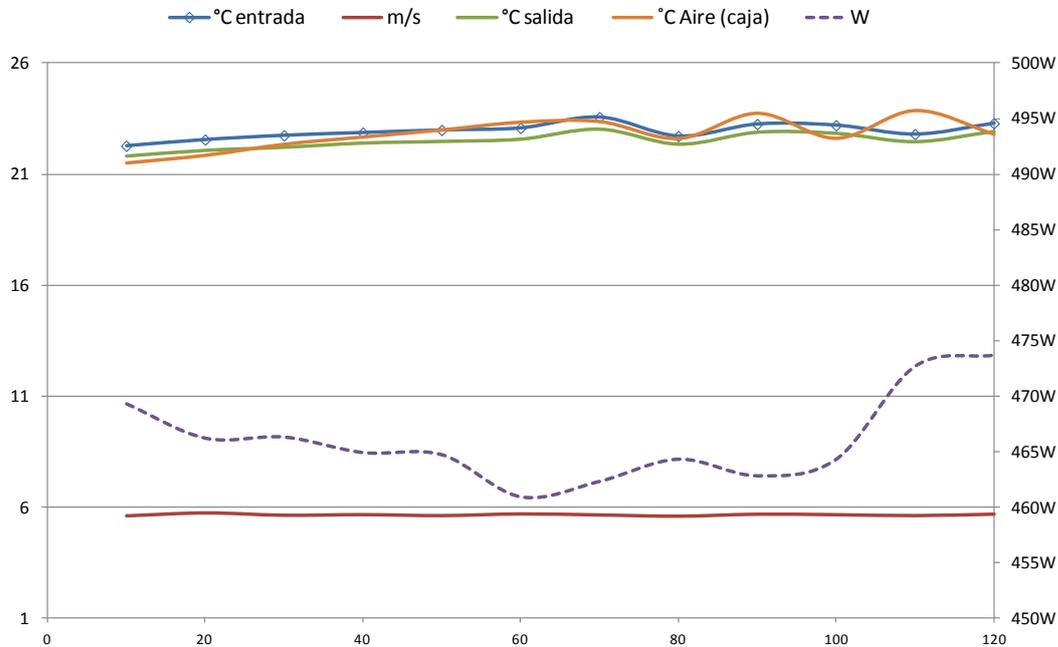
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 4,27 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 37,46 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 466,4 a 481,4 W, manteniéndose también bastante estable.

Ensayo nº 2:

Negro 2



Negro 2 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	473,7 W
Consumo mínimo	460,9 W
Consumo medio	466,03 W

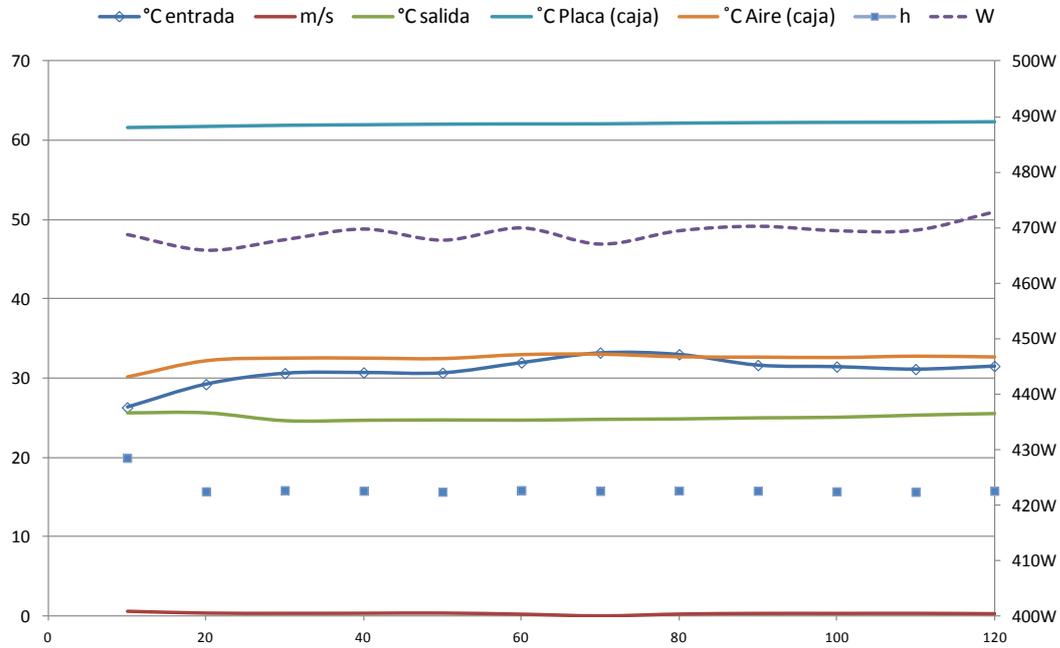
Temperatura placa (T_p)	57,05°C
Temperatura aire (T_a)	22,91°C
Δ Temperatura (ΔT)	34,14°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,7 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	5,6 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,65 m/s
Coficiente de convección medio (h_m)	42,66 W/m ² °C

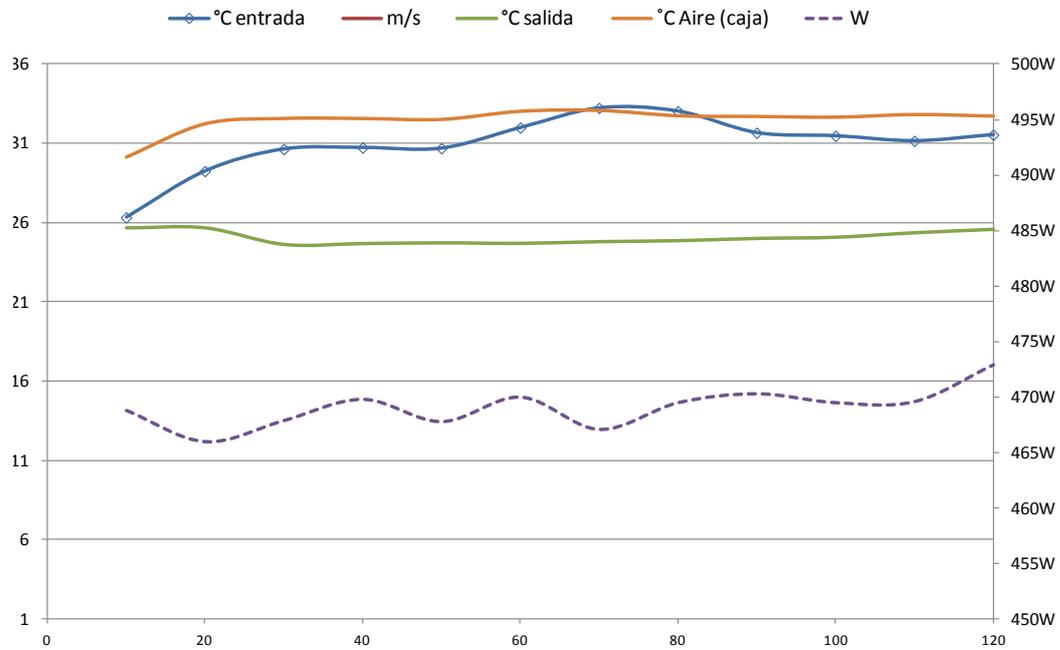
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,65 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 42,66 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 460,9 a 473,7 W, manteniéndose también bastante estable.

Ensayo nº 3:

Negro 3



Negro 3 detallado



Comentarios:

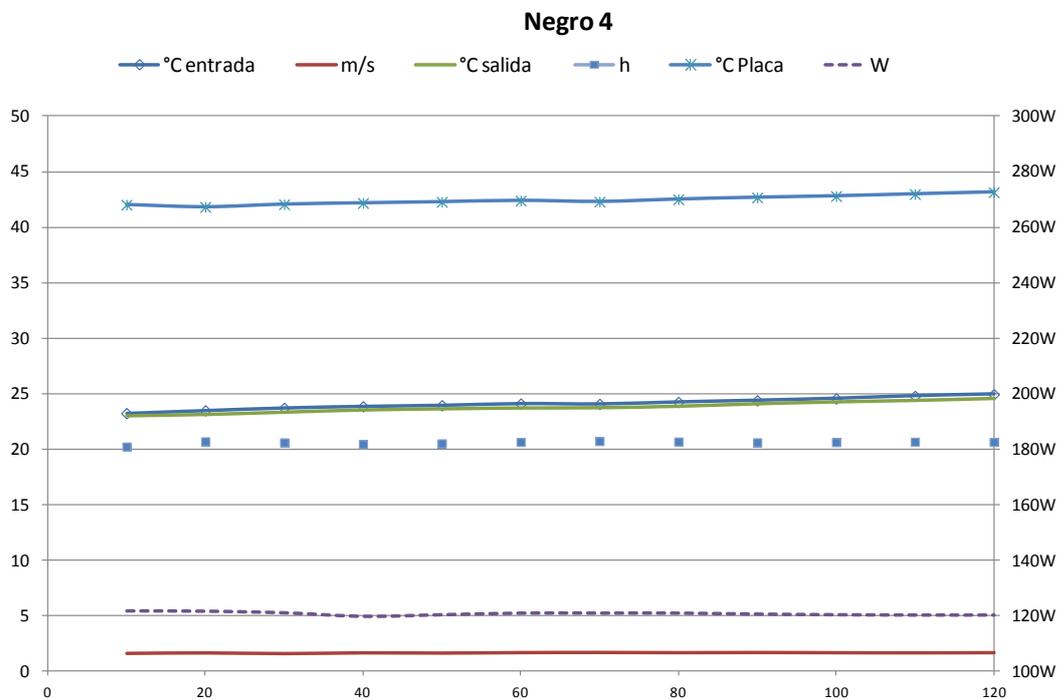
Consumo máximo	472,9 W
Consumo mínimo	466 W
Consumo medio	469,1 W

Temperatura placa (T_p)	122,45°C
Temperatura aire (T_a)	31,03°C
Δ Temperatura (ΔT)	91,42°C

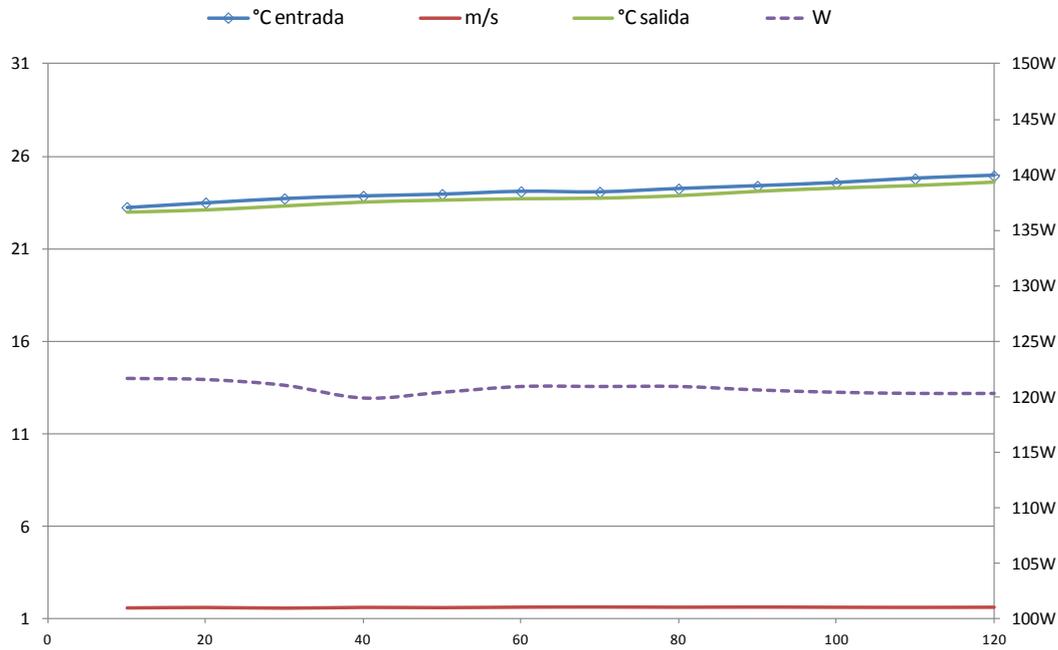
Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	0,6 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	0,1 m/s
Velocidad media (v_{media})	0,35 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	16,03 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 0,35 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 16,03 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 466 a 472,9 W, manteniéndose también bastante estable.

Ensayo nº 4:



Negro 4 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	121,6 W
Consumo mínimo	119,9 W
Consumo medio	120,73 W

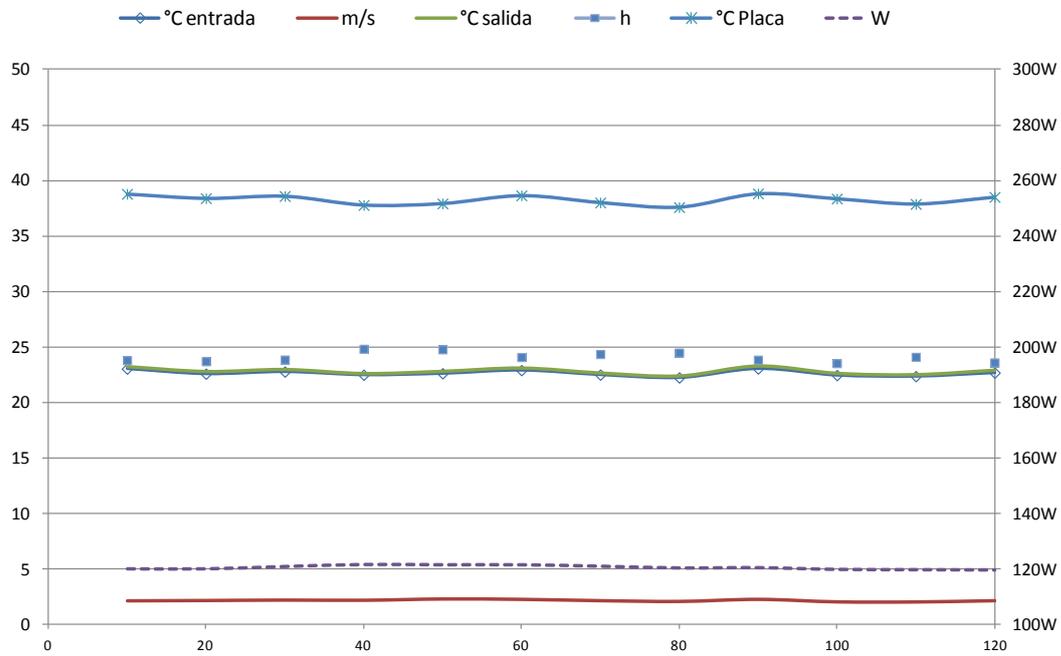
Temperatura placa (T_p)	42,50°C
Temperatura aire (T_a)	24,19°C
Δ Temperatura (ΔT)	18,31°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	1,7 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\grave{i}n}$)	1,6 m/s
Velocidad media (v_{media})	1,62 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	20,60 W/m ² °C

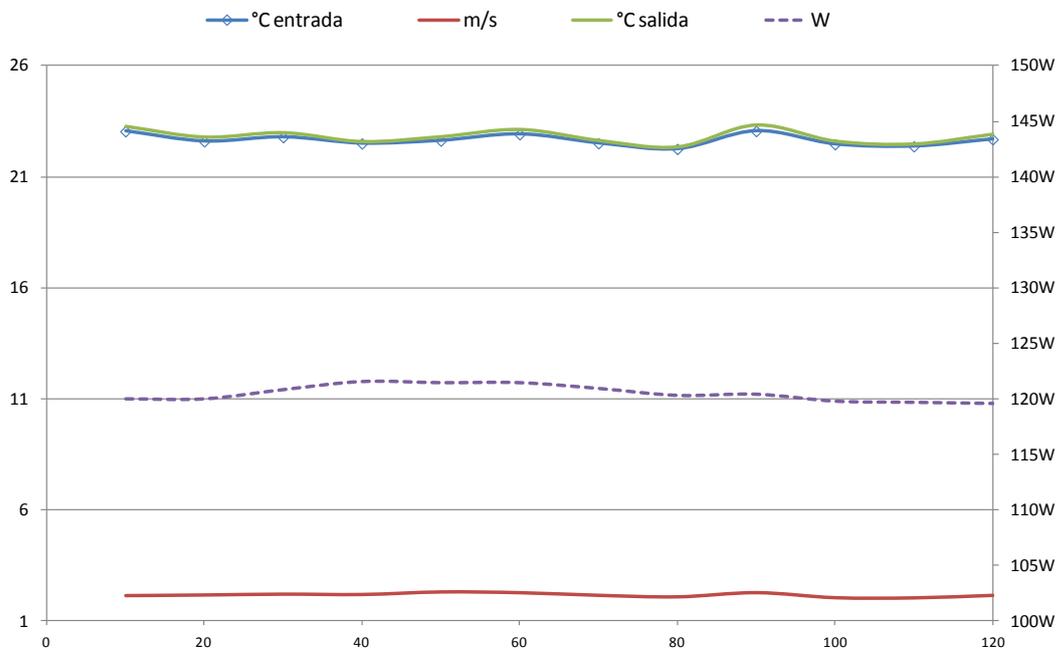
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 1,62 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 20,60 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 119,9 a 121,6 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 5:

Negro 5



Negro 5 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	121,5 W
Consumo mínimo	119,6 W
Consumo medio	120,48 W

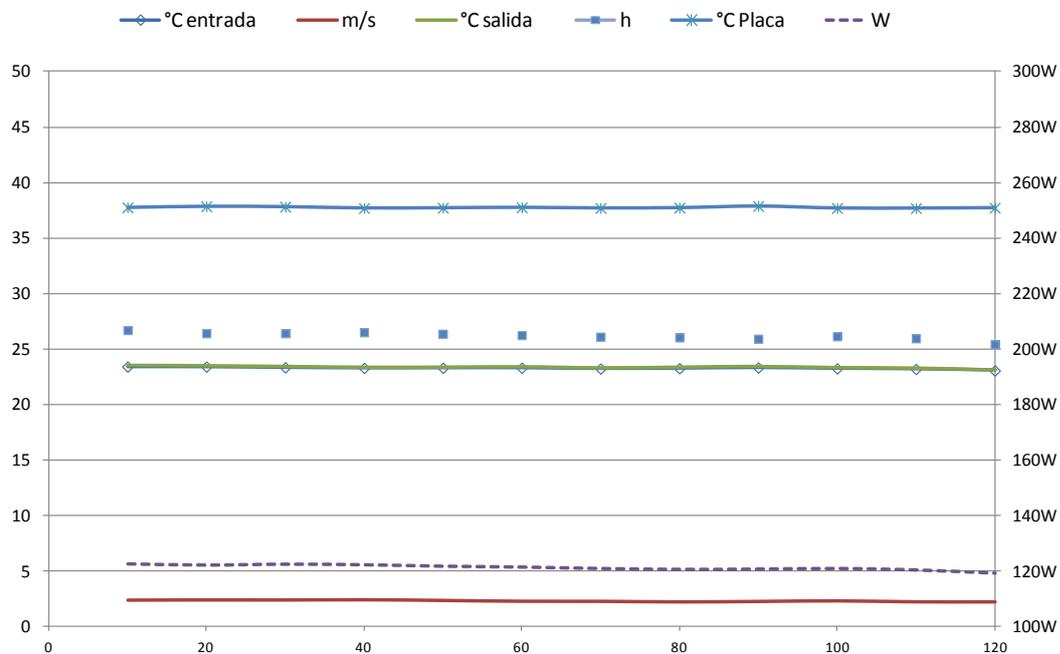
Temperatura placa (T_p)	38,28°C
Temperatura aire (T_a)	22,67°C
Δ Temperatura (ΔT)	15,62°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	2,3 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	2,0 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,16 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	24,11 W/m ² °C

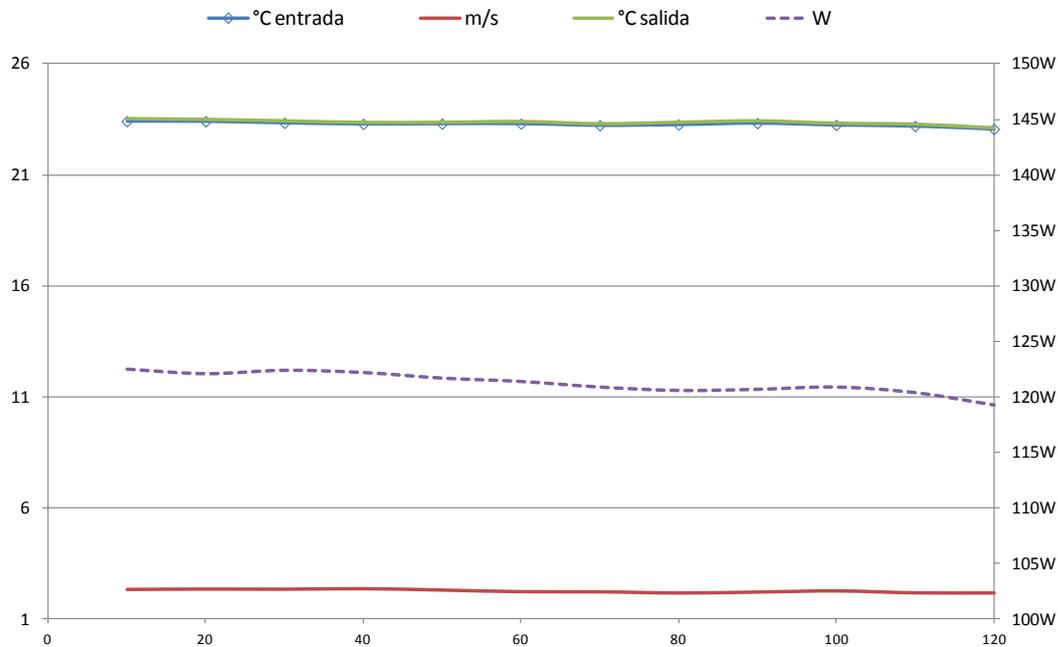
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,16 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 24,11 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 119,6 a 121,5 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo n  6:

Negro 6



Negro 6 detallado



Comentarios:

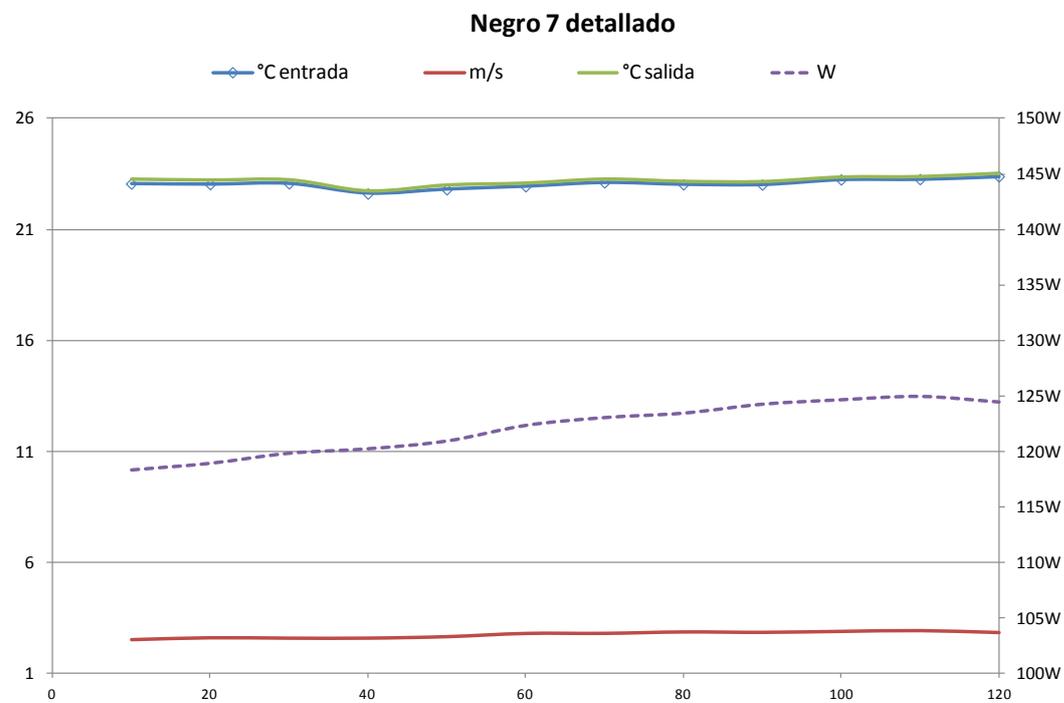
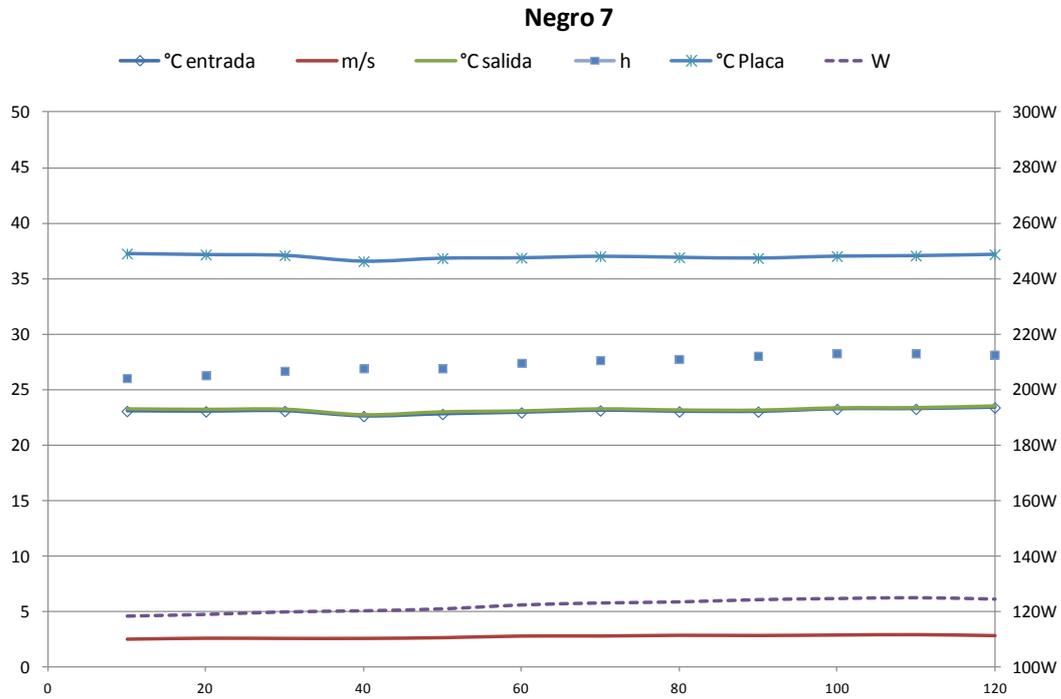
Consumo máximo	122,5 W
Consumo mínimo	119,3 W
Consumo medio	121,5 W

Temperatura placa (T_p)	37,74°C
Temperatura aire (T_a)	23,25°C
Δ Temperatura (ΔT)	14,48°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	2,4 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	2,2 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,26 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	26,17 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,26 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 26,17 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 119,3 a 122,5 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 7:



Comentarios:

Consumo máximo	124,9 W
Consumo mínimo	118,3 W
Consumo medio	122,08 W

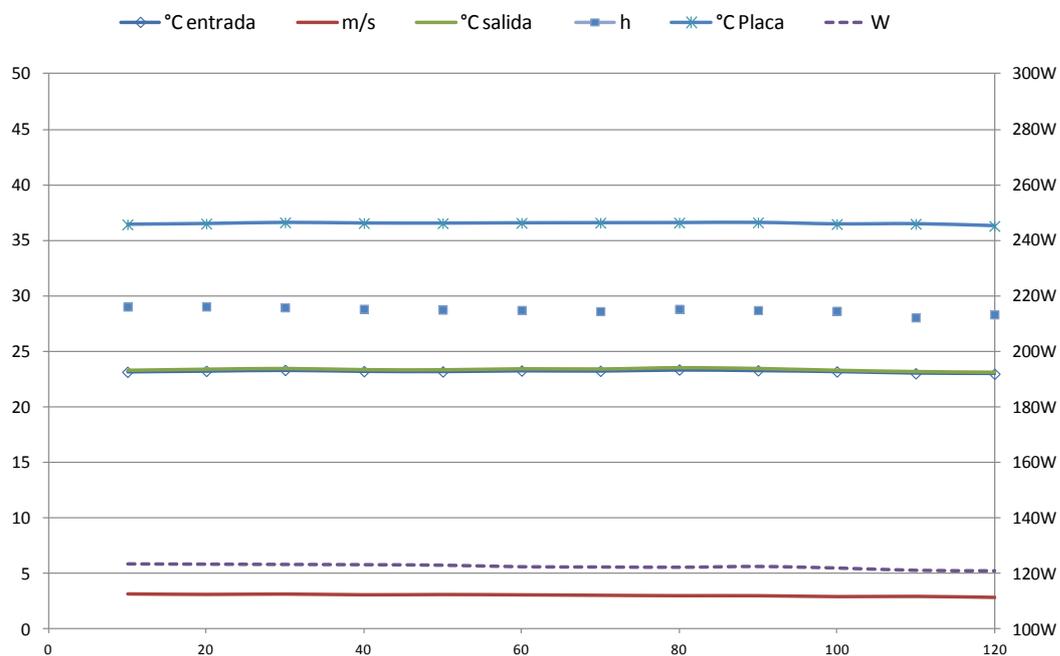
Temperatura placa (T_p)	37,08°C
Temperatura aire (T_a)	23,04°C
Δ Temperatura (ΔT)	14,04°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	2,9 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	2,5 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,73 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	27,16 W/m ² °C

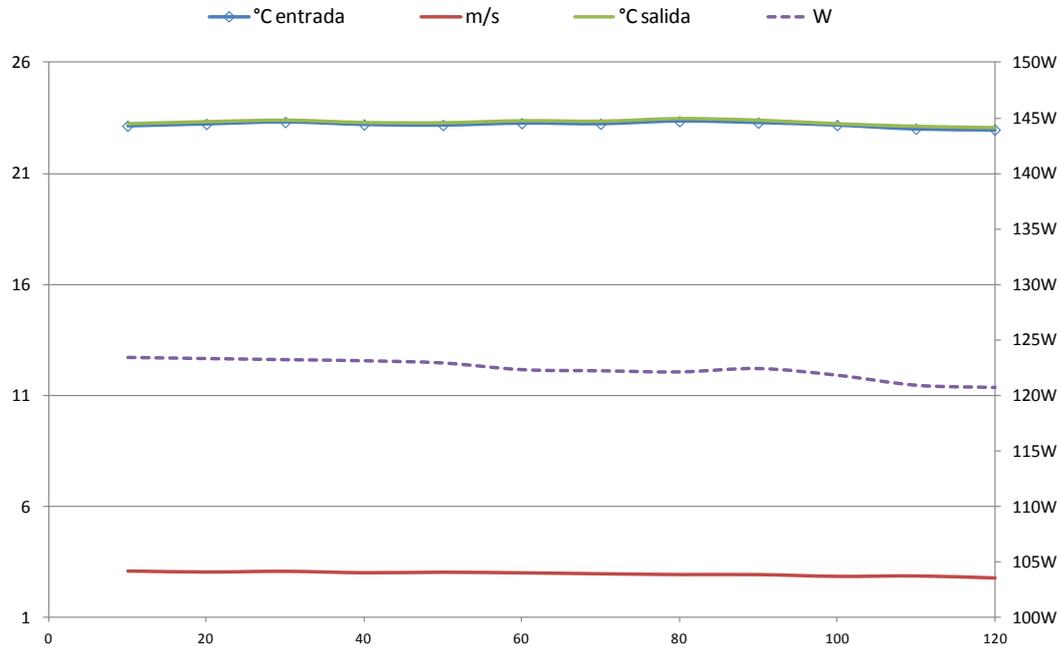
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,73 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 27,16 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 118,3 a 124,9 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo n  8:

Negro 8



Negro 8 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	123,4 W
Consumo mínimo	120,7 W
Consumo medio	122,36 W

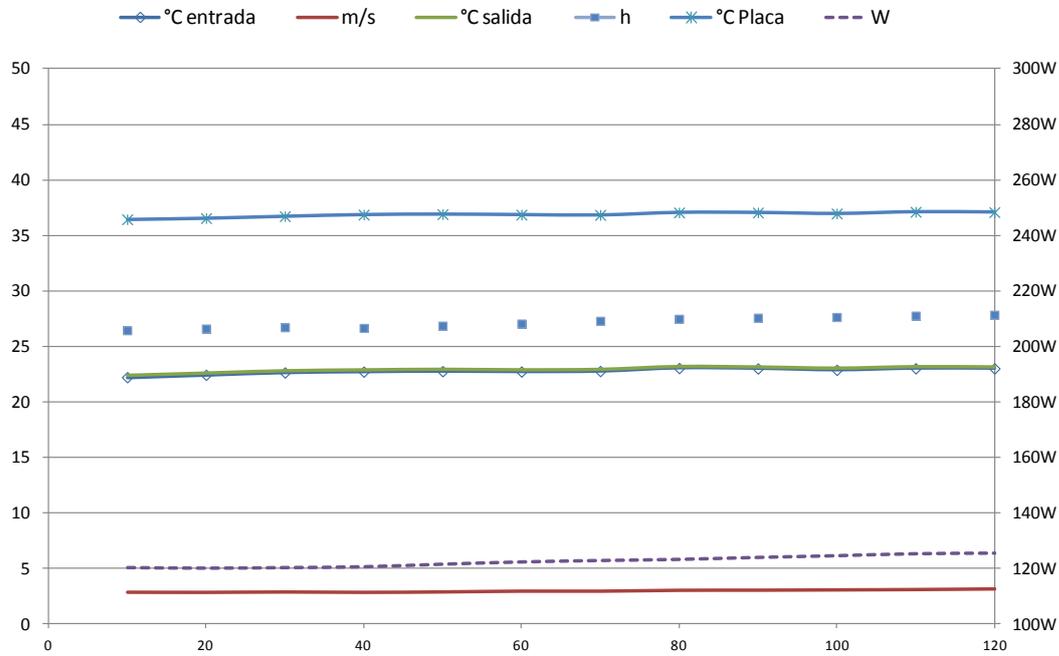
Temperatura placa (T_p)	36,54°C
Temperatura aire (T_a)	23,18°C
Δ Temperatura (ΔT)	13,36°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	3,1 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	2,8 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,97 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	28,63 W/m ² °C

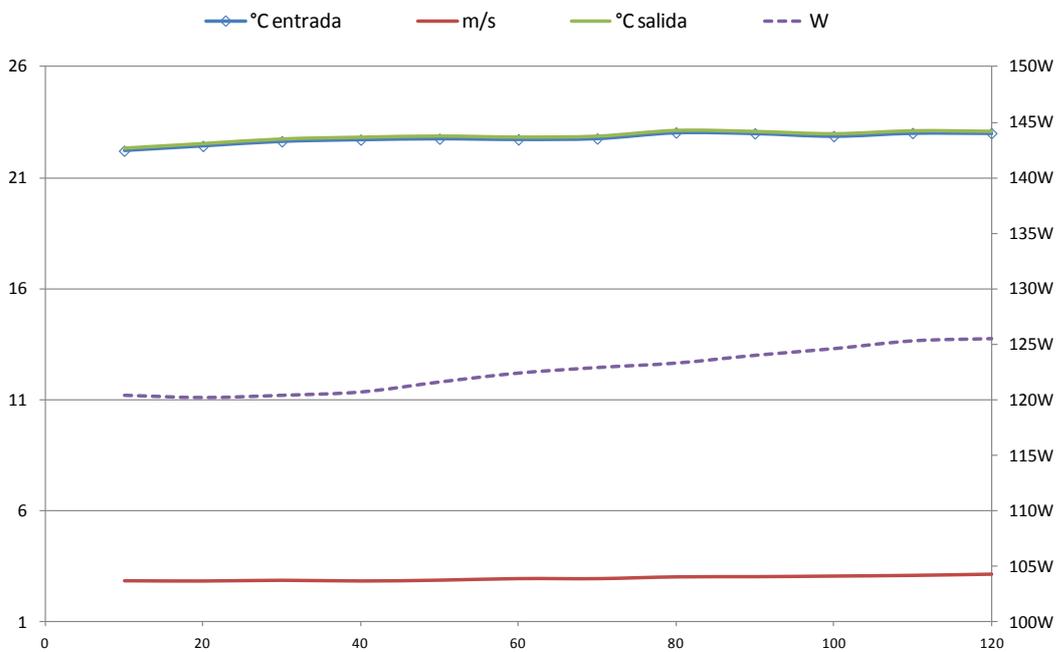
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,97 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 28,63 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 120,7 a 123,4 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 9:

Negro 9



Negro 9 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	125,5 W
Consumo mínimo	120,2 W
Consumo medio	122,61 W

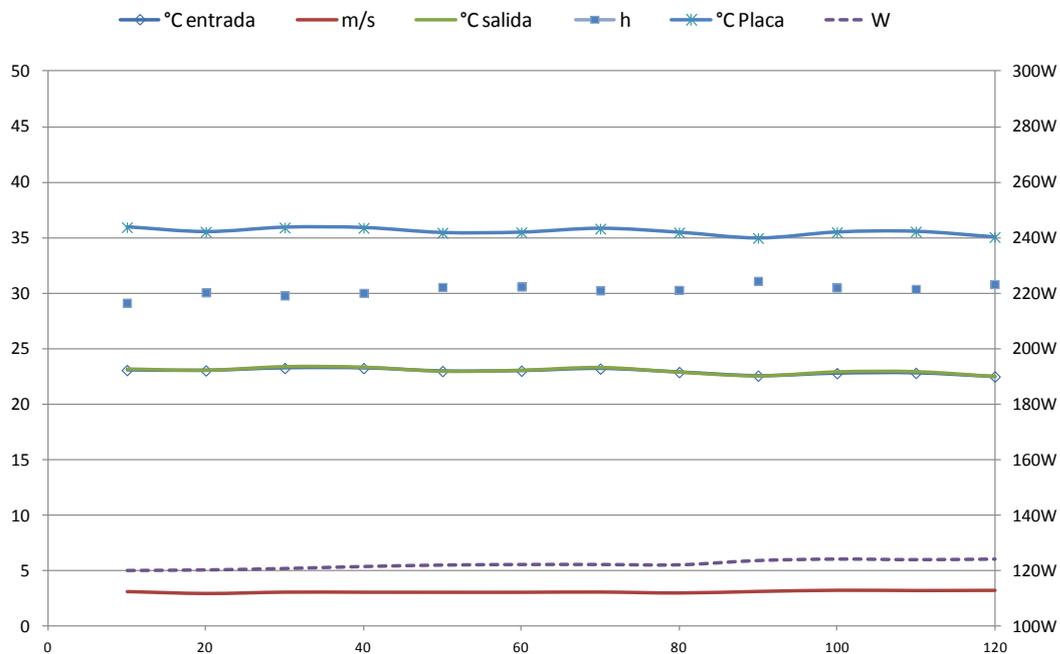
Temperatura placa (T_p)	36,89°C
Temperatura aire (T_a)	22,78°C
Δ Temperatura (ΔT)	14,11°C

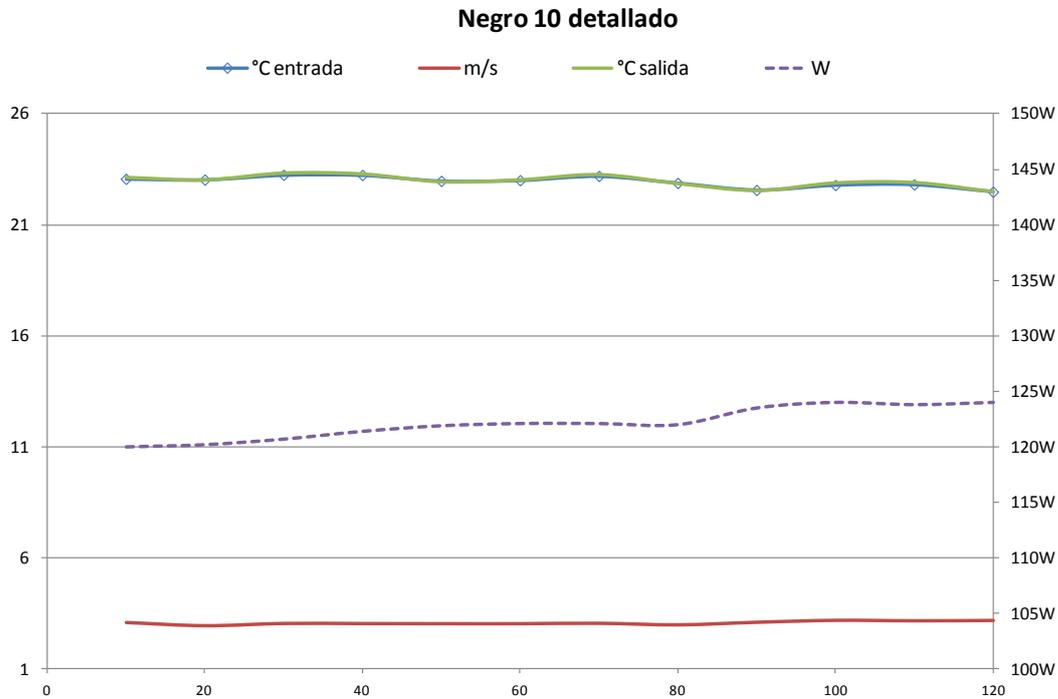
Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	3,2 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	2,8 m/s
Velocidad media (v_{media})	2,97 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	27,16 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 2,97 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 27,16 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 120,2 a 125,5 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 10:

Negro 10





Comentarios:

Consumo máximo	124 W
Consumo mínimo	120 W
Consumo medio	122,14 W

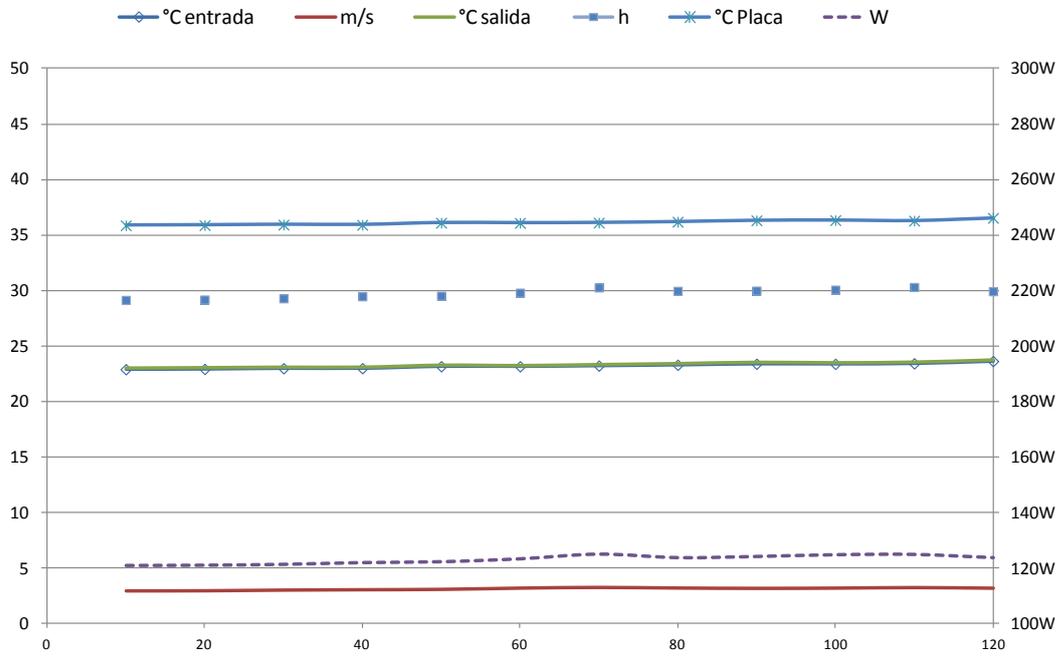
Temperatura placa (T_p)	35,63°C
Temperatura aire (T_a)	22,94°C
Δ Temperatura (ΔT)	12,69°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	3,2 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\grave{i}n}$)	2,9 m/s
Velocidad media (v_{media})	3,06 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	30,09 W/m ² °C

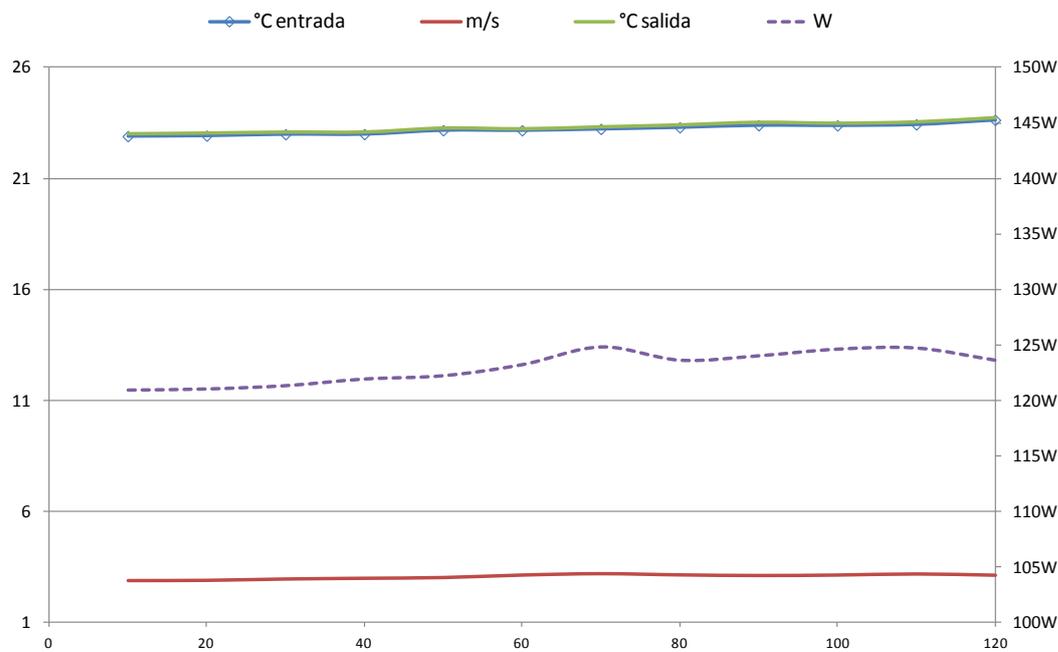
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 3,06 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 30,09 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 120 a 124 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 11:

Negro 11



Negro 11 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	124,8 W
Consumo mínimo	120,9 W
Consumo medio	122,98 W

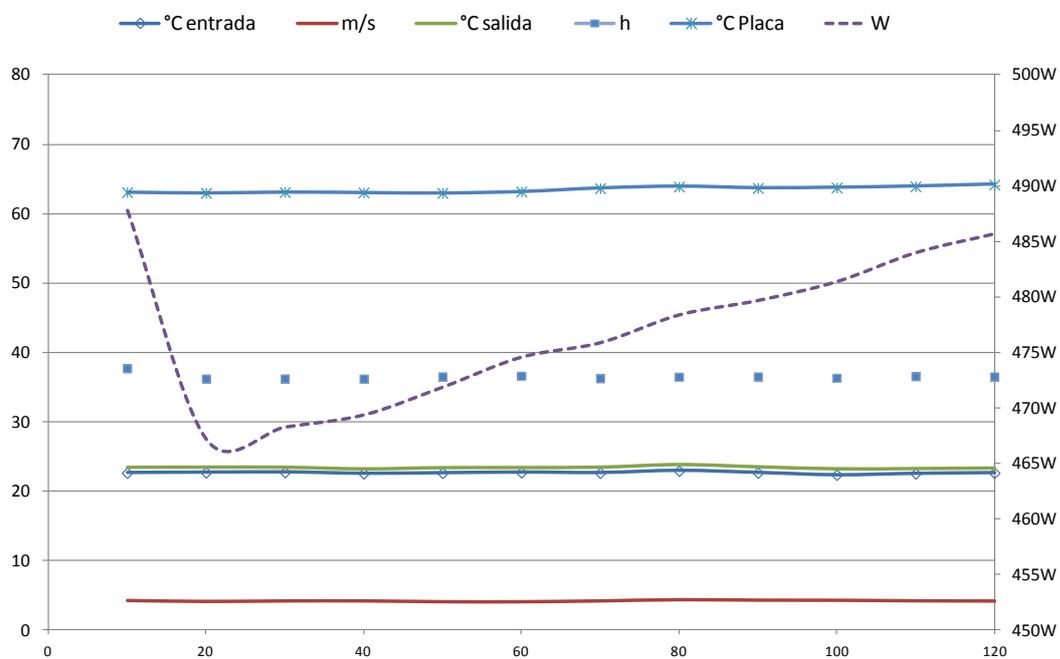
Temperatura placa (T_p)	36,17°C
Temperatura aire (T_a)	23,24°C
Δ Temperatura (ΔT)	12,93°C

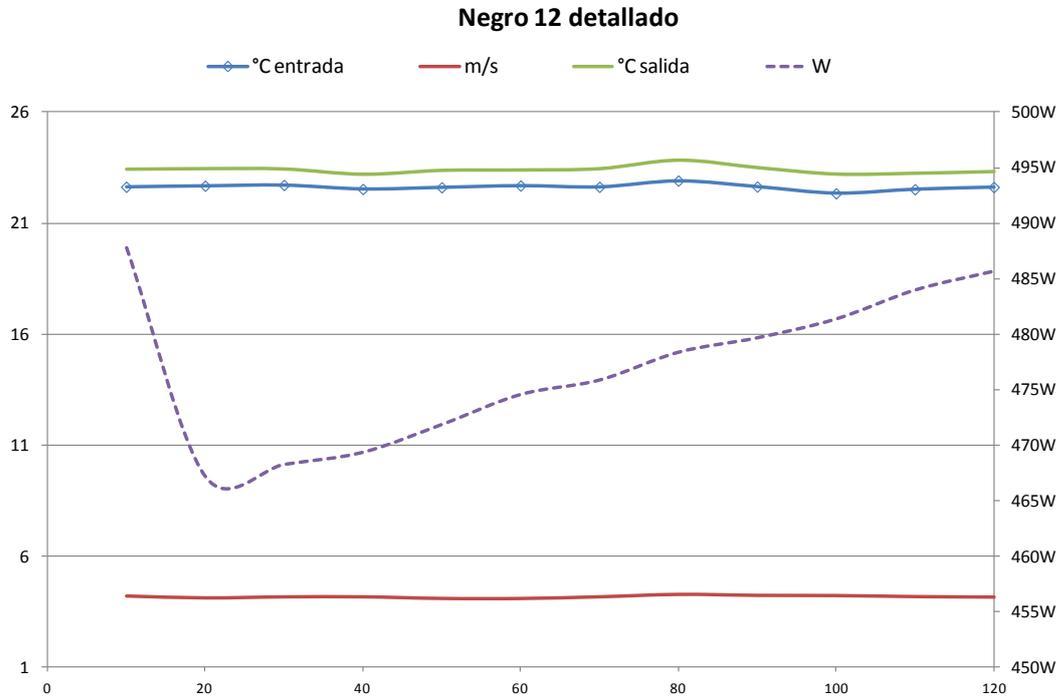
Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	3,2 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	2,9 m/s
Velocidad media (v_{media})	3,07 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	29,73 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 3,07 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 29,73 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 120,9 a 124,8 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo nº 12:

Negro 12





Comentarios:

Consumo máximo	487,8 W
Consumo mínimo	467,2 W
Consumo medio	477,03 W

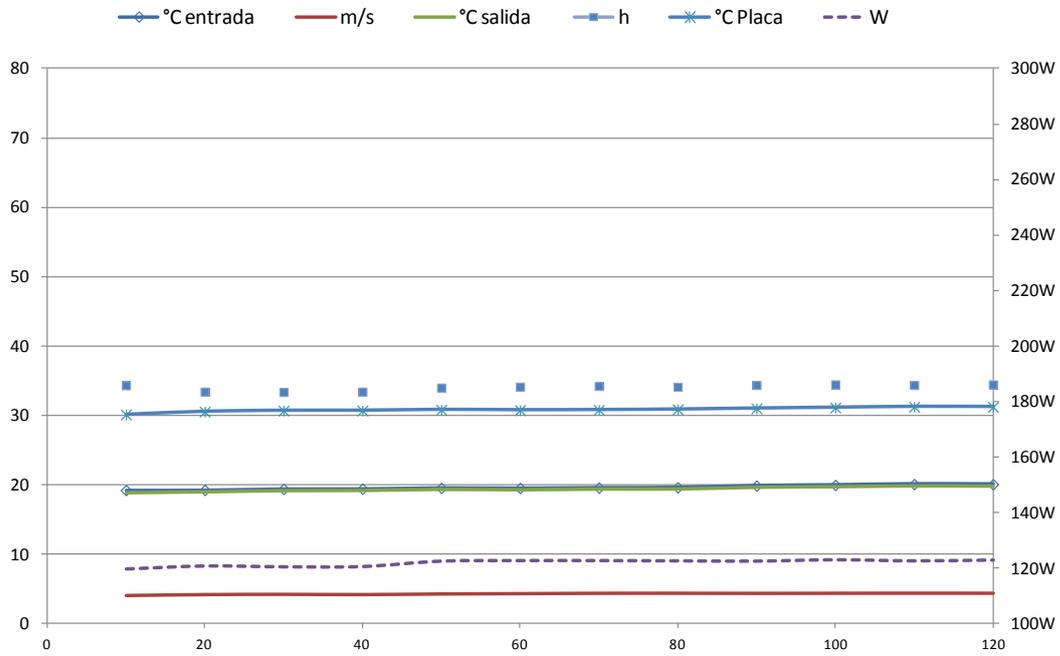
Temperatura placa (T_p)	63,53°C
Temperatura aire (T_a)	22,62°C
Δ Temperatura (ΔT)	40,91°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	4,3 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	4,1 m/s
Velocidad media (v_{media})	4,16 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	36,44 W/m ² °C

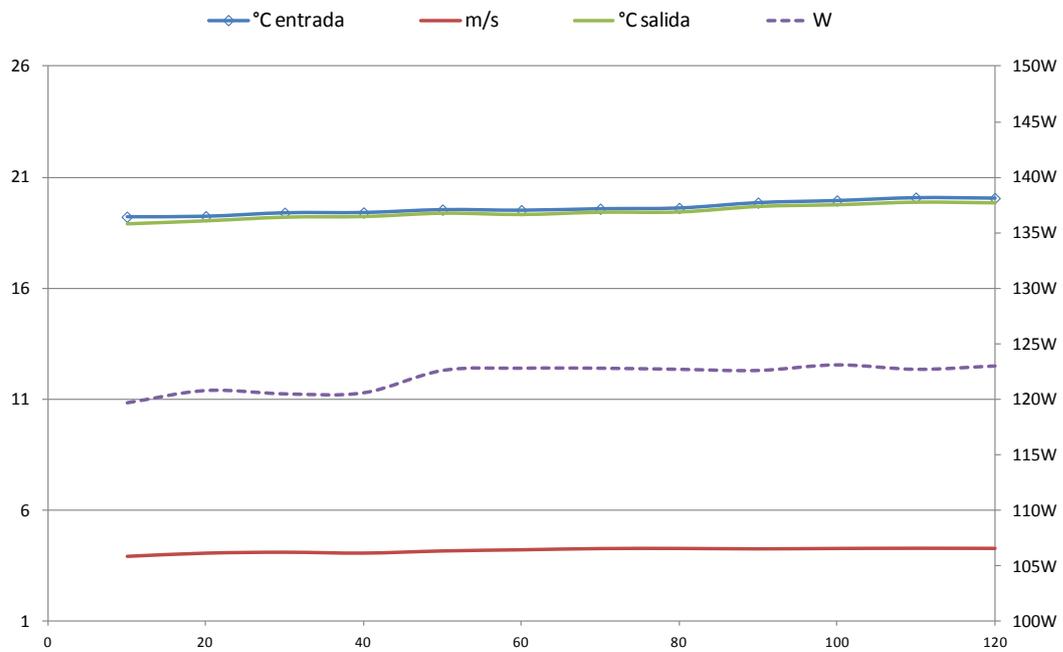
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 4,16 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 36,44 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 467,2 a 487,8 W, comenzando con un pico máximo, teniendo un pico mínimo, en el minuto 20, y a partir de aquí, aumentando progresivamente hasta el final del ensayo.

Ensayo nº 13:

Negro 13



Negro 13 detallado



Comentarios:

Consumo máximo	123,1 W
Consumo mínimo	119,7 W
Consumo medio	121,99 W

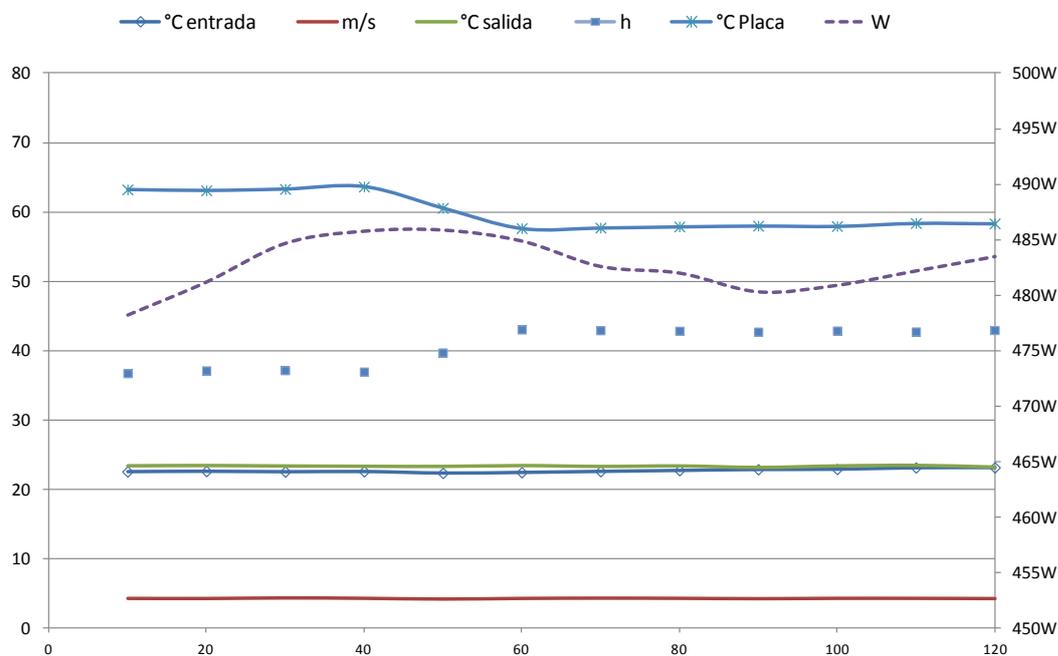
Temperatura placa (T_p)	30,84°C
Temperatura aire (T_a)	19,65°C
Δ Temperatura (ΔT)	11,19°C

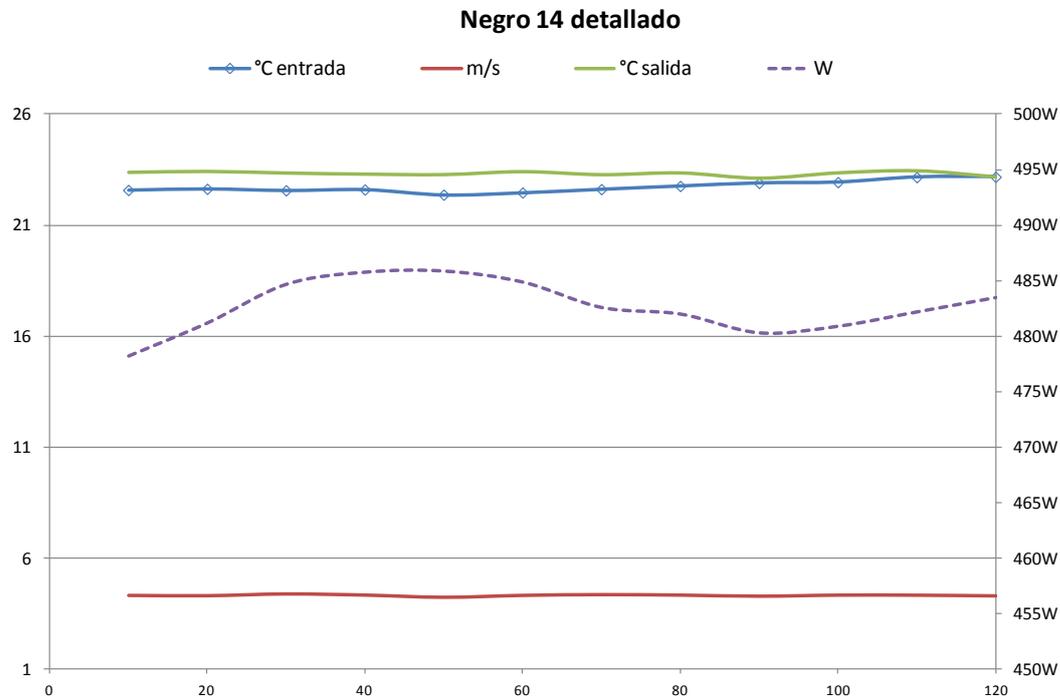
Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	4,3 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	3,9 m/s
Velocidad media (v_{media})	4,19 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	34,07 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 4,19 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 34,07 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 119,7 a 123,1 W, manteniéndose también muy estable.

Ensayo n  14:

Negro 14





Comentarios:

Consumo máximo	485,9 W
Consumo mínimo	478,2 W
Consumo medio	482,68 W

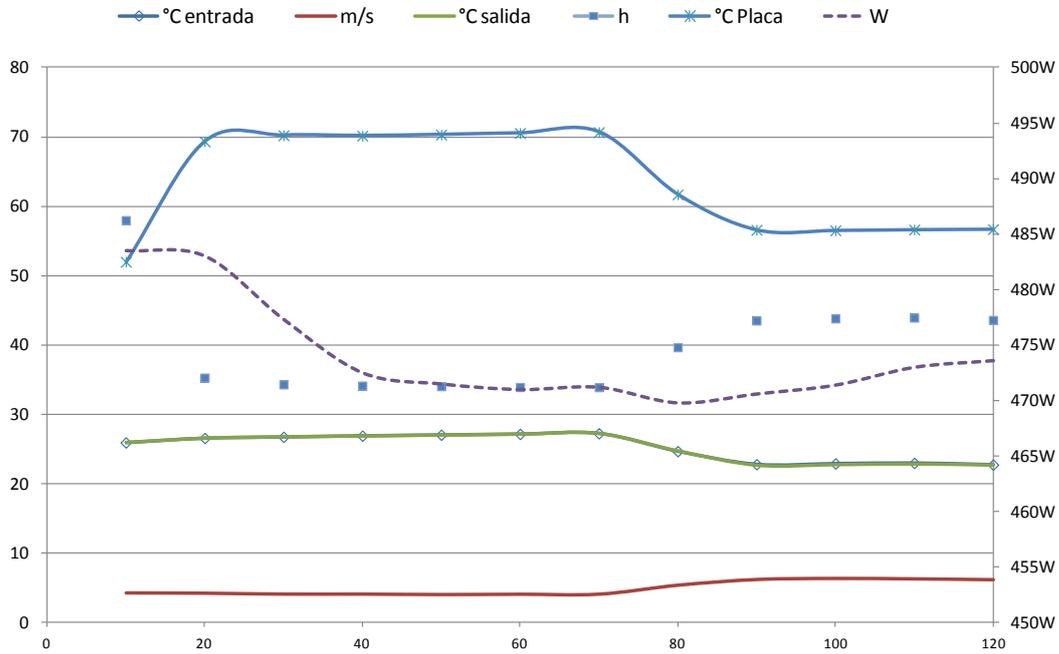
Temperatura placa (T_p)	59,86°C
Temperatura aire (T_a)	22,78°C
Δ Temperatura (ΔT)	37,07°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	4,4 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	4,2 m/s
Velocidad media (v_{media})	4,35 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	40,69 W/m ² °C

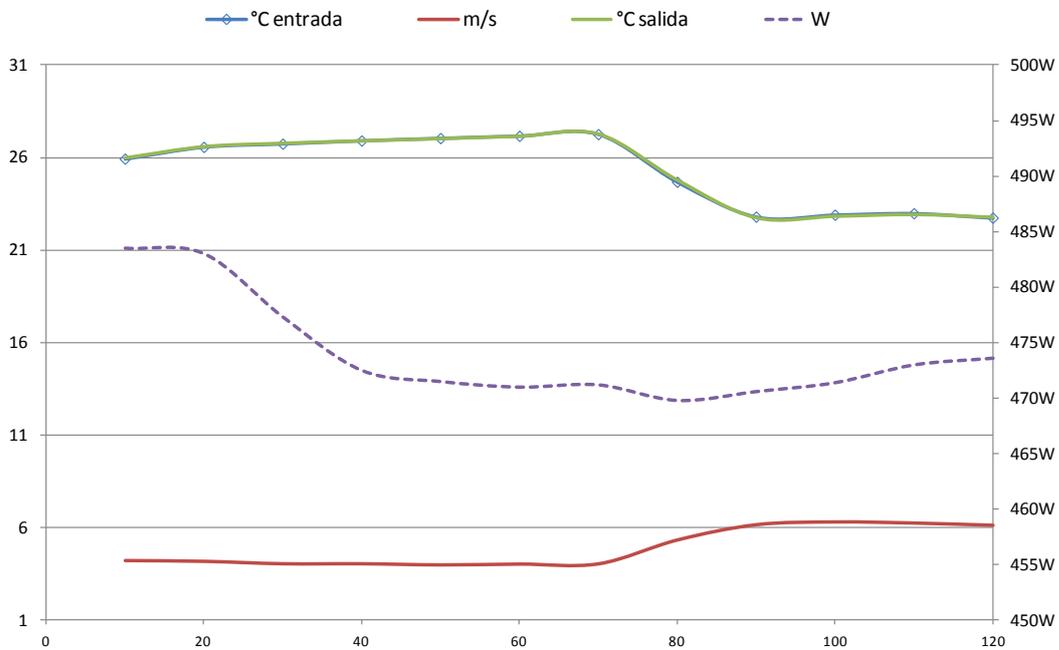
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 4,35 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 40,69 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 478,2a 485,9 W, manteniéndose también bastante estable.

Ensayo nº 15:

Negro 15



Negro 15 detallado



Comentarios:

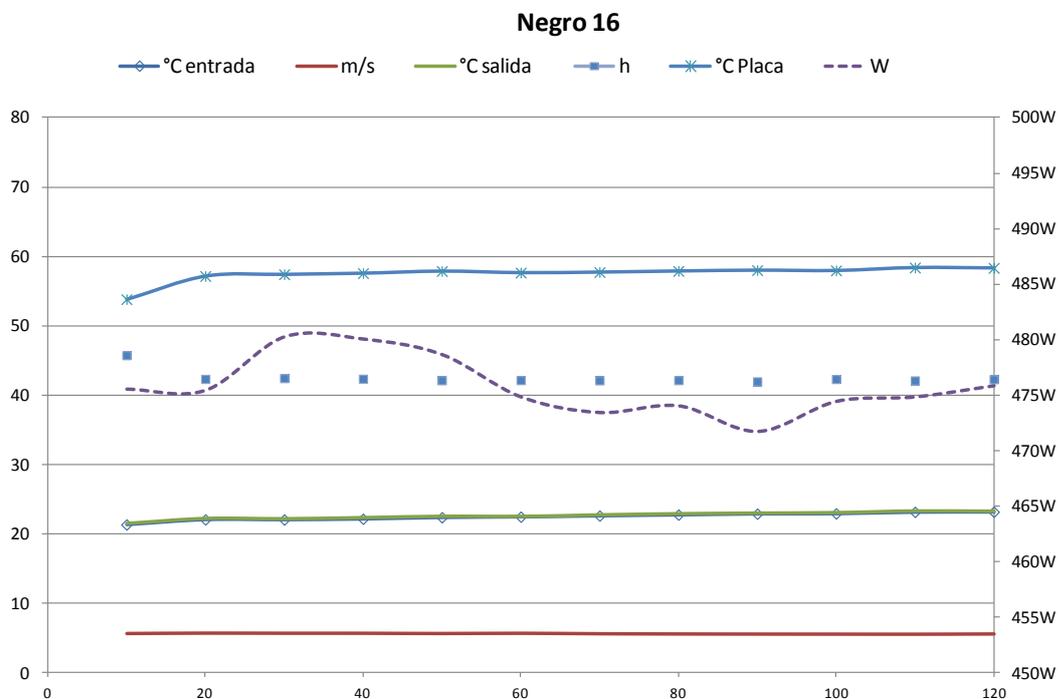
Consumo máximo	483,5 W
Consumo mínimo	469,8 W
Consumo medio	474,03 W

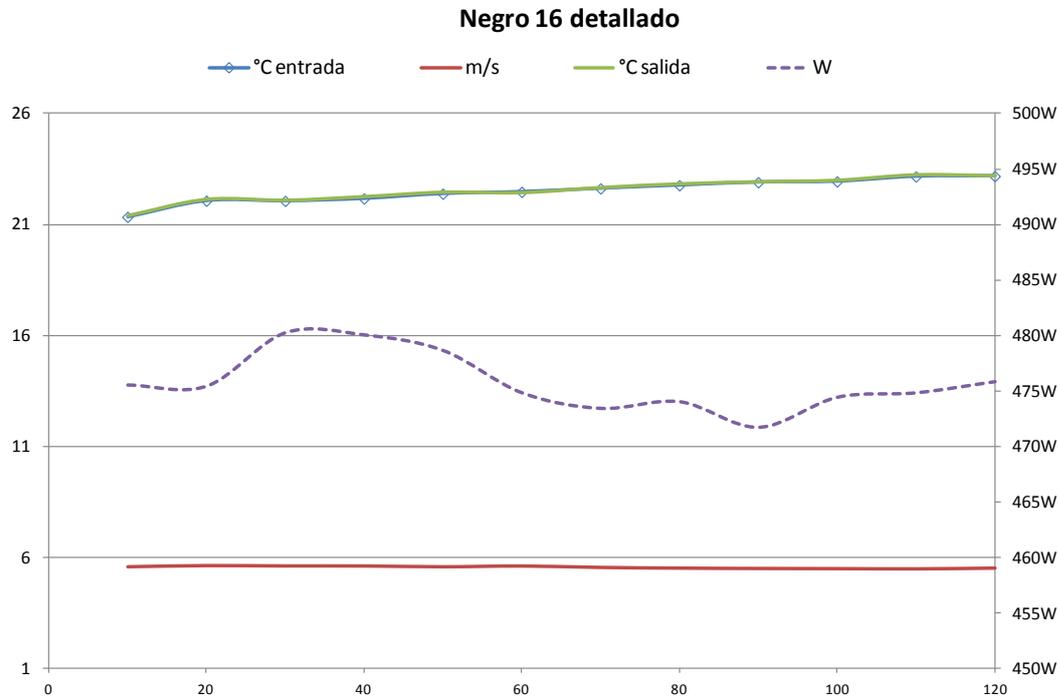
Temperatura placa (T_p)	62,93°C
Temperatura aire (T_a)	25,12°C
Δ Temperatura (ΔT)	37,81°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	6,3 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	4 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,00 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	39,17 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,00 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 39,17 W/m²°C. La temperatura de la placa, no es estable durante todo el ensayo, oscilando entre 25,12 y 62,93°C. El consumo varía de 469,8 a 483,5 W, comenzando con valores altos y manteniéndose más o menos estable a partir del minuto 40.

Ensayo nº 16:





Comentarios:

Consumo máximo	480,2 W
Consumo mínimo	471,7 W
Consumo medio	475,72 W

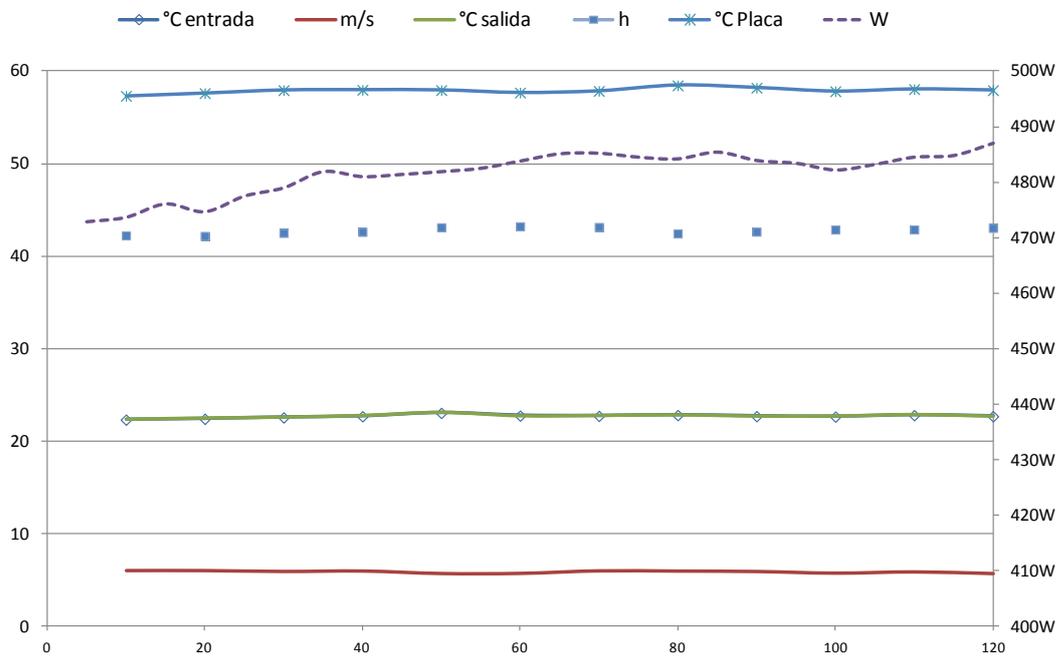
Temperatura placa (T_p)	57,55°C
Temperatura aire (T_a)	22,57°C
Δ Temperatura (ΔT)	34,98°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,6 m/s
Velocidad mínima ($v_{mín}$)	5,5 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,54 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	42,50 W/m ² °C

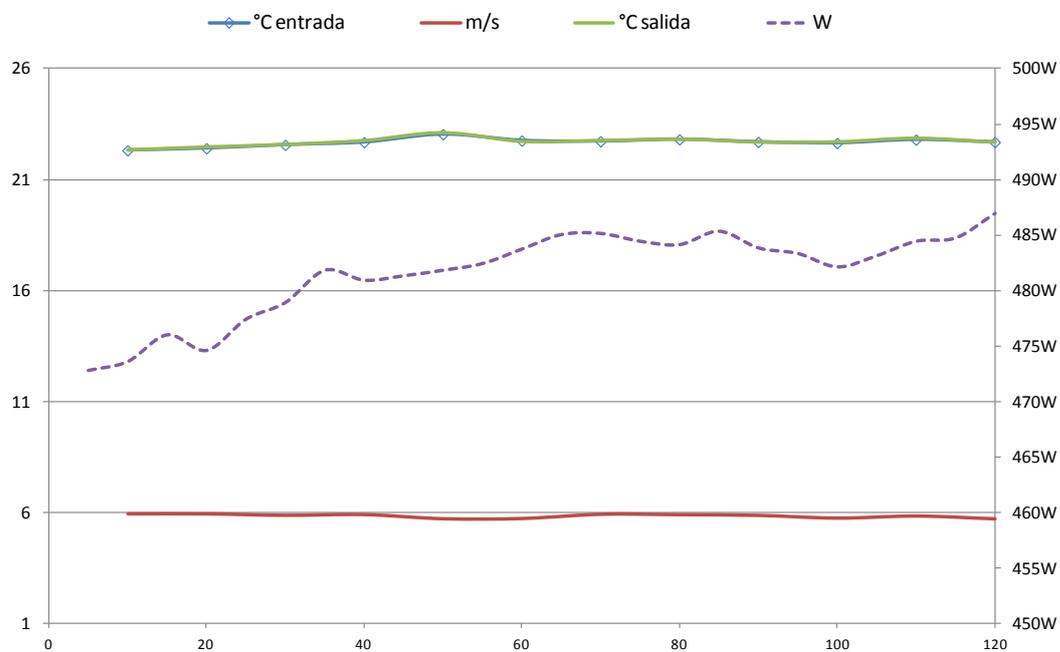
Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,54 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 42,50 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 471,7 a 480,2 W, manteniéndose también bastante estable.

Ensayo nº 17:

Negro 17



Negro 17 detallado



Comentarios:

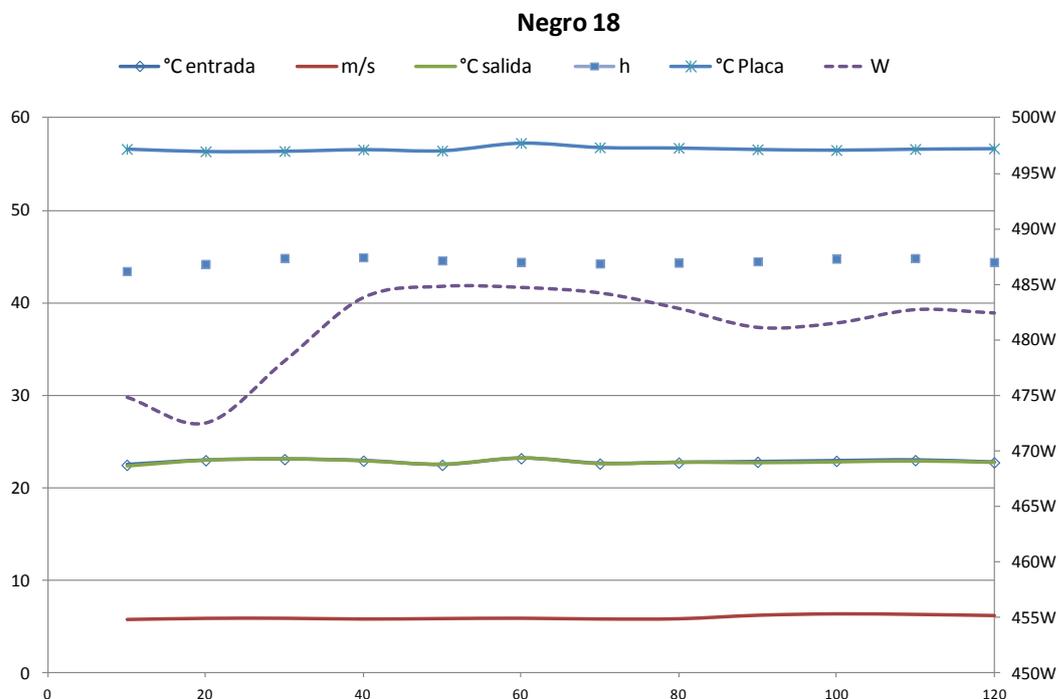
Consumo máximo	486,9 W
Consumo mínimo	472,8 W
Consumo medio	481,56 W

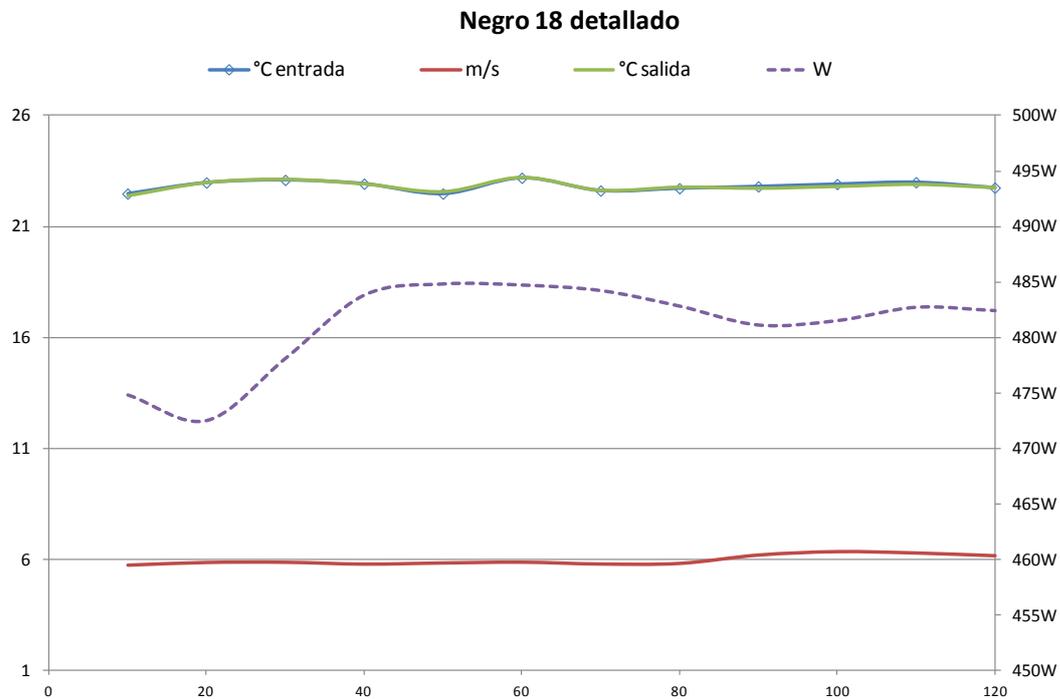
Temperatura placa (T_p)	57,87°C
Temperatura aire (T_a)	22,66°C
Δ Temperatura (ΔT)	35,22°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	5,9 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	5,7 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,82 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	42,73 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,82 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 42,73 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 472,8 a 486,9 W, manteniéndose también más o menos estable.

Ensayo nº 18:





Comentarios:

Consumo máximo	484,8 W
Consumo mínimo	472,5 W
Consumo medio	481,12 W

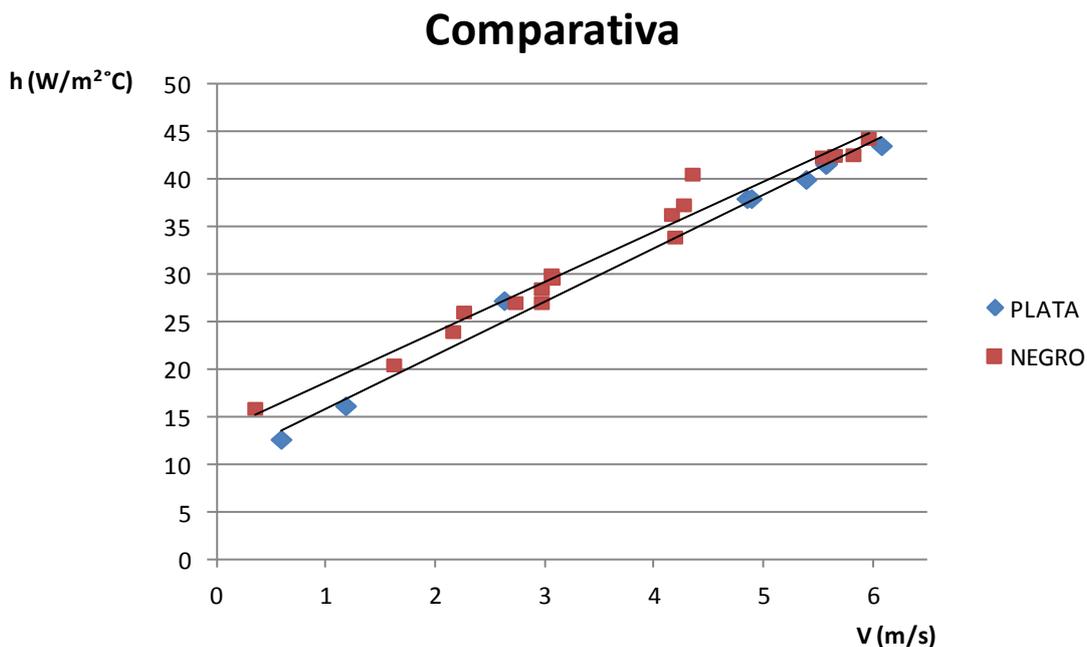
Temperatura placa (T_p)	56,65°C
Temperatura aire (T_a)	22,83°C
Δ Temperatura (ΔT)	33,83°C

Velocidad máxima ($v_{m\acute{a}x}$)	6,3 m/s
Velocidad mínima ($v_{m\acute{i}n}$)	5,7 m/s
Velocidad media (v_{media})	5,96 m/s
Coefficiente de convección medio (h_m)	44,45 W/m ² °C

Para un valor de velocidad media (v_{media}) de 5,96 m/s, obtenemos un coeficiente de convección medio (h_m) de 44,45 W/m²°C, los valores se mantienen muy estables y constantes. Y un consumo que varía de 472,5 a 484,8 W, manteniéndose estable a partir del minuto 40 de ensayo.

3.4.- COMPARATIVAS CON DISTINTOS COLORES DE PLACAS.

Para poder ver la influencia que tiene el color de la placa sobre el coeficiente de convección, hemos hecho el estudio sobre dos colores, colocando placas negras y plateadas. Al analizar los resultados hemos podido comprobar la influencia que tienen dichos colores sobre la transmisión de calor por convección.

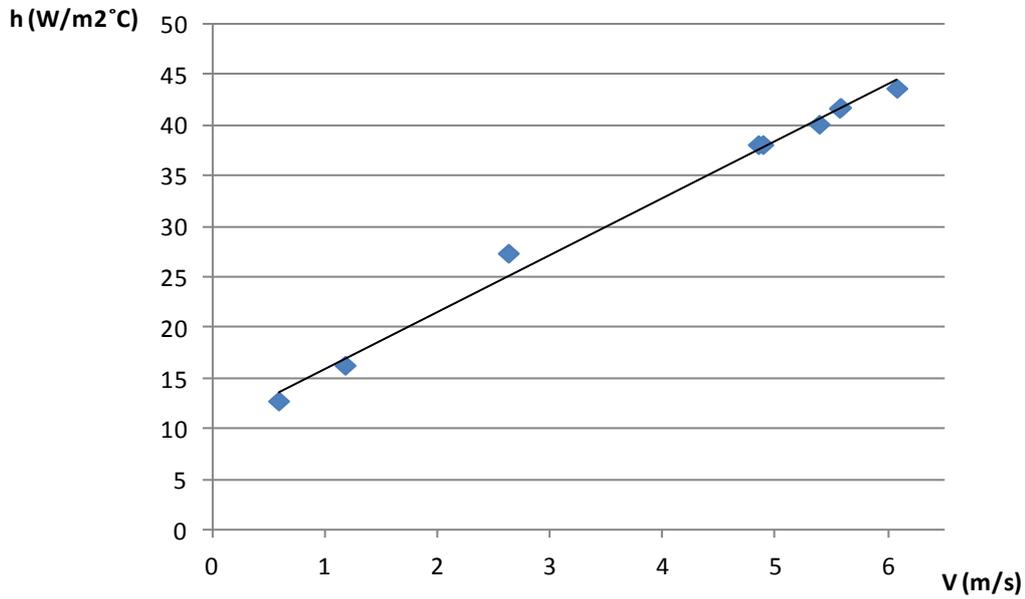


En la presente gráfica podemos observar la comparativa de los dos colores, y su relación entre el coeficiente de convección y su velocidad.

Se demuestra que para velocidades bajas, el color sí que es un factor importante, pero a medida que aumentamos la velocidad, sus resultados son cada vez más parecidos. Viendo, que si hubiéramos realizado ensayos con más velocidad, hubiera llegado un punto en que estas dos líneas se hubieran juntado, siendo despreciable el color de la placa.

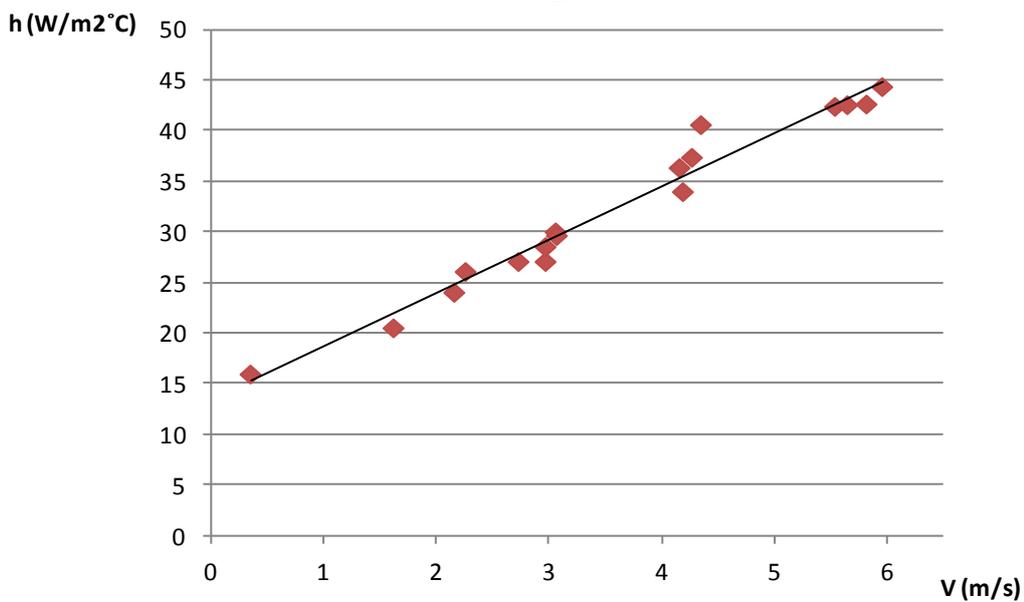
3.5.- COMPARATIVAS SEGÚN LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

Plata



Sigue una relación: $h = 5,63 \cdot v + 9,44$

Negro



Sigue una relación: $h = 5,07 \cdot v + 14,25$



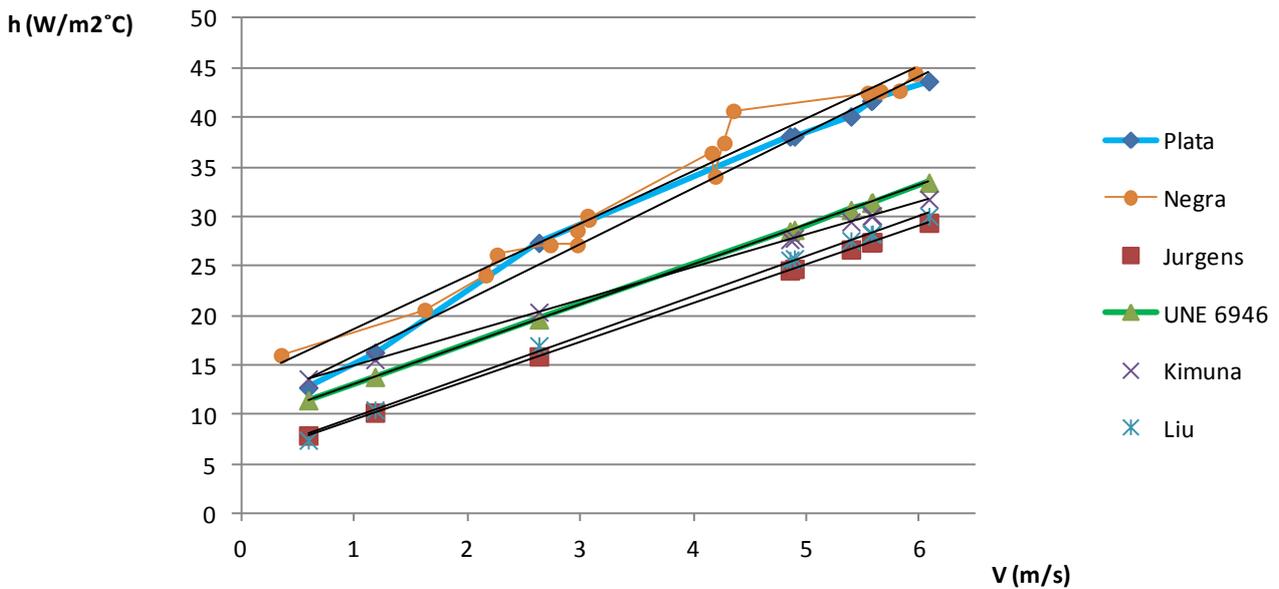
Tanto para la placa de color plata como para la negra, se ve claramente la relación entre la velocidad del viento y el coeficiente de convección.

Hemos demostrado que a medida que aumenta la velocidad del viento, el coeficiente de convección aumenta, siguiendo una relación casi lineal.

3.6.- COMPARATIVAS CON OTROS ENSAYOS.

Hemos comparado los resultados obtenidos en nuestro estudio, con publicaciones anteriores, y este es el resultado:

Comparativa ensayos



Siguiendo una relación:

$$\text{Plata} \rightarrow h = 5,63 \cdot v + 9,44$$

$$\text{Negra} \rightarrow h = 5,07 \cdot v + 14,25$$

$$\text{Jurgens} \rightarrow h = 3,91 \cdot v + 5,63 \quad [8]$$

$$\text{UNE 6946} \rightarrow h = 4 \cdot v + 9,13 \quad [15]$$

$$\text{Kimuna} \rightarrow h = 3,3 \cdot v + 11,7 \quad [$$

$$\text{Liu} \rightarrow h = 6,31 \cdot v^{0,8} + 3,32 \quad [$$

Llegamos a la conclusión de que para velocidades bajas, los resultados obtenidos con nuestro estudio se aproximan mas a los realizados con estudios anteriores.

4.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Después de realizar todo el trabajo de laboratorio, recogida de datos, análisis de los mismo, y estudio de los resultados obtenidos, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- La transferencia de calor por convección está influenciada por la velocidad del viento. Hemos podido comprobar que a medida que aumenta la velocidad del viento, tenemos un aumento del coeficiente de convección.
- El color de la placa, afecta cuando tenemos velocidades de viento bajas, a medida que ésta aumenta, deja de tener importancia el color, llegando a una velocidad en la que el color sea un dato despreciable.
- El aumento de la velocidad del viento provoca una disminución de la temperatura de la placa. Por lo que para mantener su temperatura, variando la velocidad del viento, el consumo que provoca este calentamiento aumentará o disminuirá a medida que aumente o disminua la velocidad del viento.
- La transferencia de calor por convección depende de la diferencia de temperatura entre la superficie de la placa y la del aire ambiente.

5.- BIBLIOGRAFÍA

[1] Full-Scale measurements of convective coefficient on external surface of a low-rise building in sheltered conditions.

Building and Environment, Volume 42, Issue 7, July 2007, Pages 2718-2736.

Y. Liu, D.J. Harris.

[2] Convective heat transfer coefficients at a plane surface on a full-scale building facade.

Department of Civil and Building Engineering Loughborough University Loughborough Leicestershire

D.L. Loveday, A.H. Taki

[3] On effect of wind speed on passive solar still performance based on inner/outer surface temperatures of the glass cover.

Physics Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University, P.O. Box 80203, Jeddah 21589, Saudi Arabia.

A.A. El-Sebaii.

[4] Analysis of full-scale wind and pressure measurements on a low-rise buildings.

Department of Civil and Environmental Engineering, Northeastern University, 360 Huntington Avenue, Boston, MA 02115, USA.

G.W.C. Whiting School of Engineering, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21218, USA.

Luca Caracoglia, Nicholas P. Jones.

[5] 00/00905 Effect of wind speed on some designs of solar stills.

Available online 25 November 2003.

[6] Analysis of convective heat and mass transfer at the vertical walls of a street canyon.

ETH, Swiss Federal Institute of Technology Zürich, Wolfgang-Pauli-Strasse 15, 8093 Zürich, Switzerland.

Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Switzerland.

Saba Saneinejad Peter Moonen Thijs Defraeye', Jan Carmeliet.

[7] Effect of incident flow conditions on convective heat transfer from the inclined windward roof of a low-rise building with application to photovoltaic-thermal systems.

School of Civil Engineering, Purdue University, 550 Stadium Mall Dr., CIVL 1227, West Lafayette, IN 47907, USA.

Department of Civil and Environmental Engineering, University of Western Ontario, London, ON, Canada N6A 5B9.

Department of Mechanical and Materials Engineering, University of Western Ontario, London, ON, Canada N6A 5B9.

Panagiota Karava, Chowdhury Mohammad Jubayer, Eric Savory Siwei Li.

[8] Full-scale measurements of wind-induced convective heat transfer from a roof-mounted flat plate solar collector.

Building Science Research Unit, School of Architecture, University of Sheffield, Sheffield S10 2TN, U.K.

Received 6 June 1997. Accepted 27 October 1997. Available online 23 June 1998. Communicated by BRIAN NORTON.

S. Sharples, P.S. Charlesworth

[9] A methodology to assess the influence of local wind conditions and building orientation on the convective heat transfer at building surfaces.

Laboratory of Building Physics, Department of Civil Engineering, Katholieke Universiteit Leuven, Kasteelpark Arenberg 40, 3001 Heverlee, Belgium.

Chair of Building Physics, Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETHZ), Wolfgang-Pauli-Strasse 15, 8093 Zürich, Switzerland.

Laboratory for Building Science and Technology, Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (Empa), Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Switzerland.

Thijs Defraeye, Jan Carmeliet

[10] Numerical modeling of forced convective heat transfer from the inclined windward roof of an isolated low rise-building with application to photovoltaic/thermal systems.

School of Civil Engineering and Division of Construction Engineering and Management, Purdue University, 550 Stadium Mall Dr., CIVL 1227, West Lafayette, 47907 IN, USA

Department of Mechanical and Materials Engineering, University of Western Ontario, London, ON N6A 5B9, Canada

Panagiota Karava, Chowdhury Mohammad Jubayer, Eric Savory

[11] A novel method for full-scale measurement of the external convective heat transfer coefficient for building horizontal roof.

School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Nangang District, Harbin 150090, PR China.

Received 20 August 2008. Revised 6 February 2009. Accepted 2 March 2009. Available online 13 March 2009.

Jiantao Shao, Jing Liu, Jianing Zhao, Wenwu Zhang, Dexing Sun, Zhipeng Fu.

[12] New external convective heat transfer coefficient correlations for isolated low-rise buildings.

Pontifical Catholic University of Parana, PUCPR/CCET, Thermal Systems Laboratory, LST, Rua Imaculada Conceição, 1155, Curitiba, PR 80215-901, Brazil.

LEPTAB, University of La Rochelle, La Rochelle, France.

Marcelo G. Emmel, Marc O. Abadie, Nathan Mendes.

[13] Wind pressures acting on low-rise buildings

Department of Architecture and Building Science, Tohoku University, Sendai 980-8579, Japan

Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, The University of Western Ontario, London, Ont., Canada N6A

5B9 Received 22 January 1999. Accepted 26 February 1999. Available online 17 August 1999.

Yasushi Uematsu, Nicholas Isyumov

[14] Física universitaria

Addison-Wesley iberoamericana

Francis W.Sears/Mark W.Zemonsky/Hugh D.Young

[15] UNE-EN ISO 6946:1997 Elementos y componentes de edificación. Resistencia y transmitancia térmica. Método de cálculo. (ISO 6946:1996).

ANEXO 1: TERMINOLOGÍA

Consumo (W)

El consumo o trabajo es una magnitud física escalar que se representa con la letra W (del inglés *Work*) y se expresa en unidades de energía, esto es en julios o joules (J) en el Sistema Internacional de Unidades.

Coefficiente de convección (h)

El coeficiente de convección, representado habitualmente como h , cuantifica la influencia de las propiedades del fluido, de la superficie y del flujo cuando se produce transferencia de calor por convección.

La transferencia de calor por convección se modela con la *Ley del Enfriamiento de Newton*:

$$\frac{dQ}{dt} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{inf}) \quad [14]$$

Donde:

- h es el coeficiente de película,
- A_s es el área del cuerpo en contacto con el fluido,
- T_s es la temperatura en la superficie del cuerpo
- T_{inf} es la temperatura del fluido lejos del cuerpo.

Temperatura (T)

En el Sistema Internacional la temperatura la medimos en °K, pero para la aplicación en este ensayo, la usaremos para medir variaciones de temperatura, por lo tanto, nos dará igual las unidades en la que la midamos.

Humedad relativa (Hr)

La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Ésta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en tanto por ciento %.

$$RH = \frac{p(H_2O)}{p(H_2O)^*} \times 100$$

Donde:

$p(H_2O)$ es la presión parcial de vapor de agua en la mezcla de aire

$p^*(H_2O)$ es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura en la mezcla de aire

RH es la humedad relativa de la mezcla de aire que se está considerando

La importancia de esta manera de expresar la humedad ambiente gravita en que refleja adecuadamente la capacidad del aire de admitir más o menos vapor de agua, lo que, en términos de comodidad ambiental para las personas, expresa la capacidad de evaporar la transpiración, importante regulador de la temperatura del cuerpo humano.