

IV CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE ENERGÍA SOLAR (IV ISES-CLA)

XVII SIMPOSIO PERUANO DE ENERGÍA SOLAR (XVII-SPES)



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL SANTA
Chimbote Perú

DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN UN COLECTOR DE AIRE CON LECHO DE LADRILLO ASFÁLTICO

Por:

Francisco Risco Franco

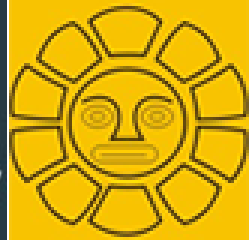
(fjrisco@uns.edu.pe)

Germán Chumpitaz Ayala

(germanraul2cha@hotmail.com)



APES



Contenido

- Introducción
- Antecedentes
- Análisis del Experimento
- Resultados
- Conclusiones



ISES

International
Solar Energy
Society



INTRODUCCION

- El presente trabajo se encarga del análisis de un nuevo tipo de colector solar con lecho de ladrillo asfáltico como superficie absorbadora.
- Necesidad de probar nuevos materiales y formas, para almacenar energía, sobre todo aquellos que se pueden encontrar día a día en nuestro alrededor.
- Mediante el estudio sobre estos sistemas se desarrolla el aspecto teórico, así como la simulación, pudiendo experimentar para varias velocidades y configuraciones obteniéndose la temperatura final del aire a la salida del colector



ISES

International
Solar Energy
Society



ANTECEDENTES

- ONG K. (1995)

Realiza un modelamiento matemático de la transferencia de calor a lo largo de un colector solar de aire, haciendo suposición de temperatura constante alrededor del mismo.

- TIWARI G.N, and Al...(1995)

Presenta el análisis de un secador de grano utilizando un colector, el cual almacena energía térmica en agua contenida en un recipiente que se coloca debajo de la placa colectora.



ISES

International
Solar Energy
Society



ANÁLISIS DEL EXPERIMENTO

DESCRIPCION DEL COLECTOR Fig. N° A1: DIMENSIONES DEL COLECTOR SOLAR

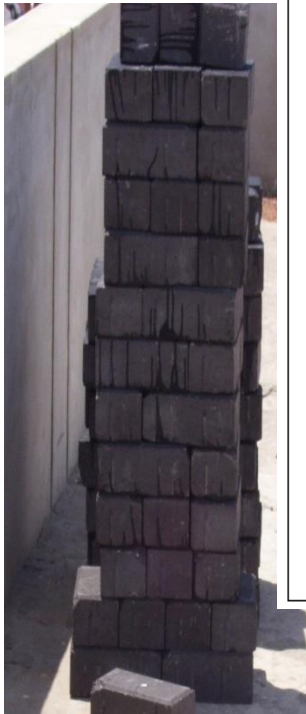
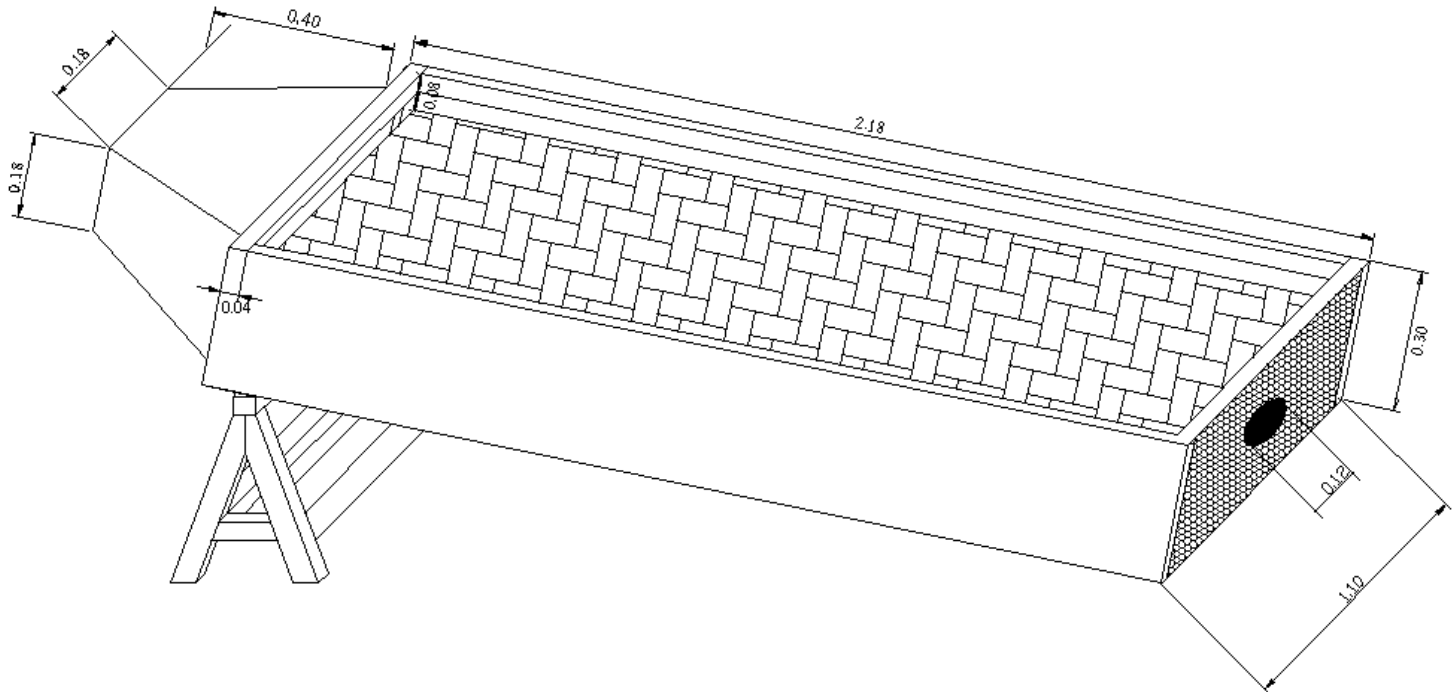
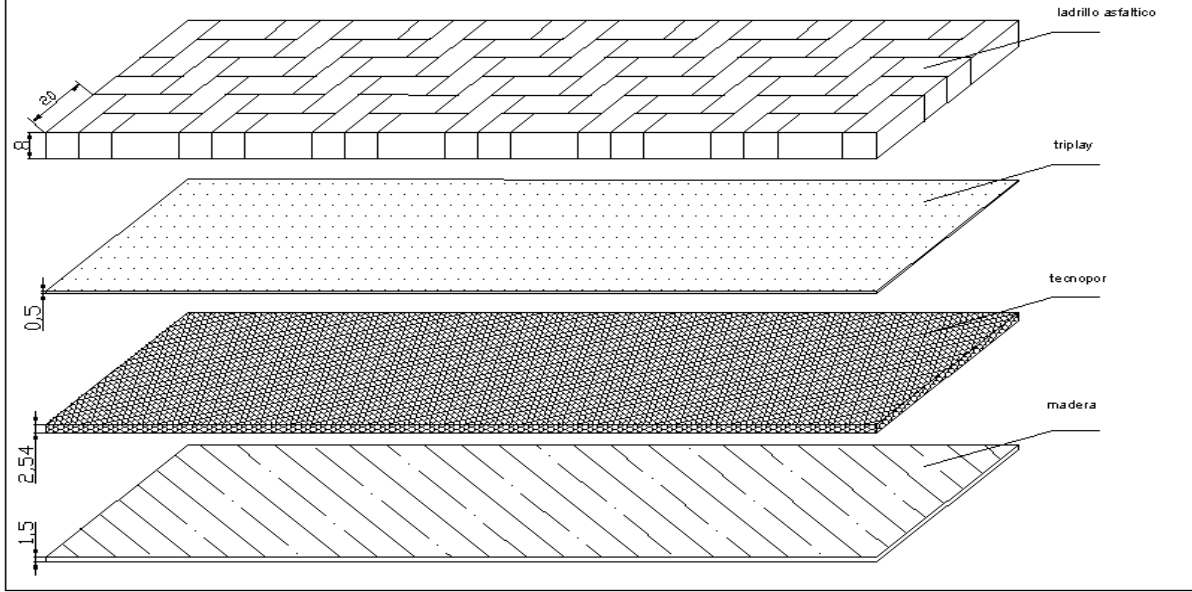


Fig. N°A2 UBICACION DE LOS MATERIALES EN EL COLECTOR



Distribución de sensores de temperatura en el colector

T_2 : Temperatura Ambiente

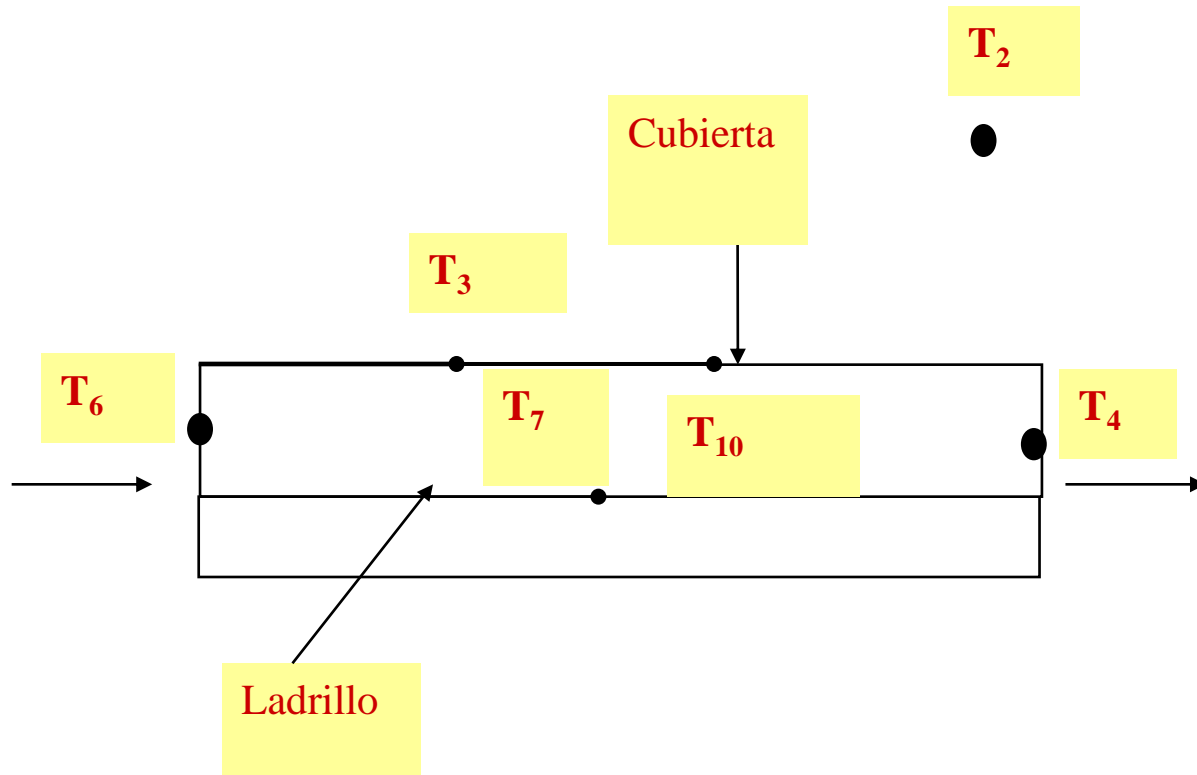
T_3 : Temperatura Cubierta - Exterior

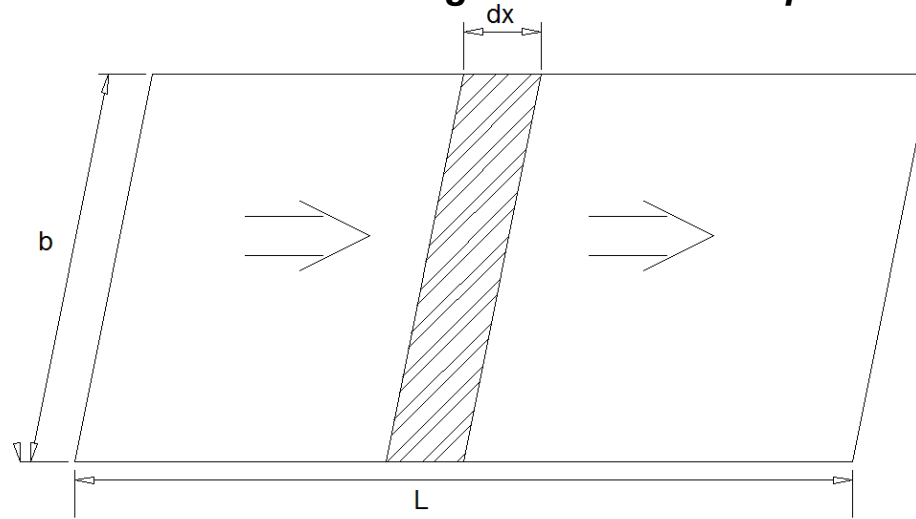
T_{10} : Temperatura Cubierta - Interior

T_7 : Temperatura Ladrillo

T_6 : Temperatura de Entrada de Aire

T_4 : Temperatura de Salida de Aire





Para hacer este análisis se tomaron en cuenta estas suposiciones:

- La capacidad de almacenamiento de la energía por parte del vidrio, aislamiento y superficies que conforman el colector son despreciables.
- El sistema no presenta fugas.
- Las propiedades de los materiales del colector se mantienen constantes en el tiempo.

MODELO TEÓRICO

● Para la superficie superior del ladrillo asfáltico

$$\alpha\tau I(t)A_c = k(T_s - T_L)A_c + h_a(T_s - T_A)A_c$$

Donde:

- α = Absortividad de la superficie oscura.
- τ = Transmitancia o transmisividad de la cubierta de vidrio.
- $I(t)$ = Radiación solar incidente en el colector (W/m^2).
- k = Coeficiente de transferencia de calor por conducción entre la superficie superior del ladrillo y el lecho de ladrillo ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$).
- T_s = Temperatura de la superficie superior del ladrillo ($^{\circ}\text{C}$).
- T_L = Temperatura del lecho de ladrillos ($^{\circ}\text{C}$).
- A_c = Área del colector (m^2).
- h_a = Coeficiente convectivo de calor entre la superficie oscura y el aire ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$).
- T_A = Temperatura del aire dentro del colector ($^{\circ}\text{C}$)

Para el lecho de ladrillo asfáltico

$$k(T_s - T_L)A_c = M_L C_L \frac{dT_L}{dt} + (A_c + A_s)(T_L - T_a)h_b$$

M_L = Masa del ladrillo (Kg).

C_L = Calor específico del ladrillo (J/Kg°C).

h_b = Coeficiente global de transferencia de calor desde el lecho de ladrillo hacia el aire circundante a través del aislante (W/m²°C).

T_a = Temperatura ambiente del aire (°C).

T_s = Temperatura de la superficie oscura (°C).

T_L = Temperatura del lecho de ladrillos (°C).

A_c = Área del colector (m²).

h_a = Coeficiente convectivo de calor entre la superficie oscura y el aire (W/m²°C).

T_A = Temperatura del aire dentro del colector (°C)

Para el flujo de aire

$$h_a (T_S - T_A) b dx = \dot{m}_A C_A \frac{dT_A}{dx} + h_C (T_A - T_a) b dx$$

- h_c = Coeficiente global de transferencia de calor desde el aire del colector hacia el ambiente a través de la cubierta de vidrio ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$).
- x = Coordenada de posición a lo largo de la dirección de flujo (m).
- b = Ancho del colector (m).
- \dot{m}_a = Flujo másico del aire a través del colector (Kg/s)
- C_A = Calor específico del aire ($\text{J}/\text{Kg}^{\circ}\text{C}$).

Combinando las ecuaciones

$$\frac{dT_A}{dx} + \frac{(h_c + h_a)bdx}{\dot{m}_A C_A} T_A = \frac{h_a bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{\alpha\tau I(t) + kT_L + h_a T_A}{k + h_a} \right] + \frac{h_c bdx}{\dot{m}_A C_A} T_a$$

Resultando:

$$\frac{dT_A}{dx} + \frac{bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[h_c + \frac{kh_a}{k + h_a} \right] T_A = \frac{bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{h_a \alpha\tau I(t)}{k + h_a} + h_c T_a \right] + \frac{bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{kh_a}{k + h_a} \right] T_L$$

Resolviendo la ecuación diferencial:

$$\frac{dT_A}{dx} + a'T_A = F'(t) + b'T_L$$

Donde:

$$a' = \frac{bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[h_c + \frac{kh_a}{k + h_a} \right]$$

$$b' = \frac{bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{kh_a}{k + h_a} \right]$$

$$F'(t) = \frac{bdx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{h_a \alpha \tau I(t)}{k + h_a} + h_c T_a \right]$$

Obtenemos:

$$T_A = T_{Ao} e^{-a'x} + \frac{(1 - e^{-a'x})}{a' [F'(t) + b'T_L]}$$

En la cual si asumimos una longitud L del colector, la temperatura a la salida del colector será:

$$T_{A(L)} = T_{Ao} e^{-a'L} + \frac{(1 - e^{-a'L})}{a' [F'(t) + b'T_L]}$$

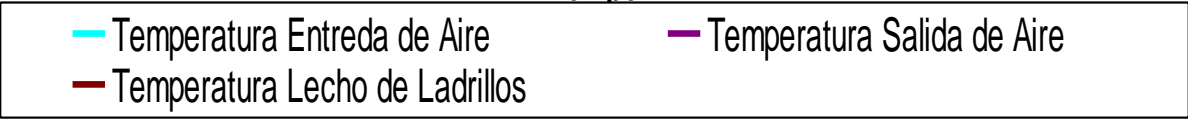
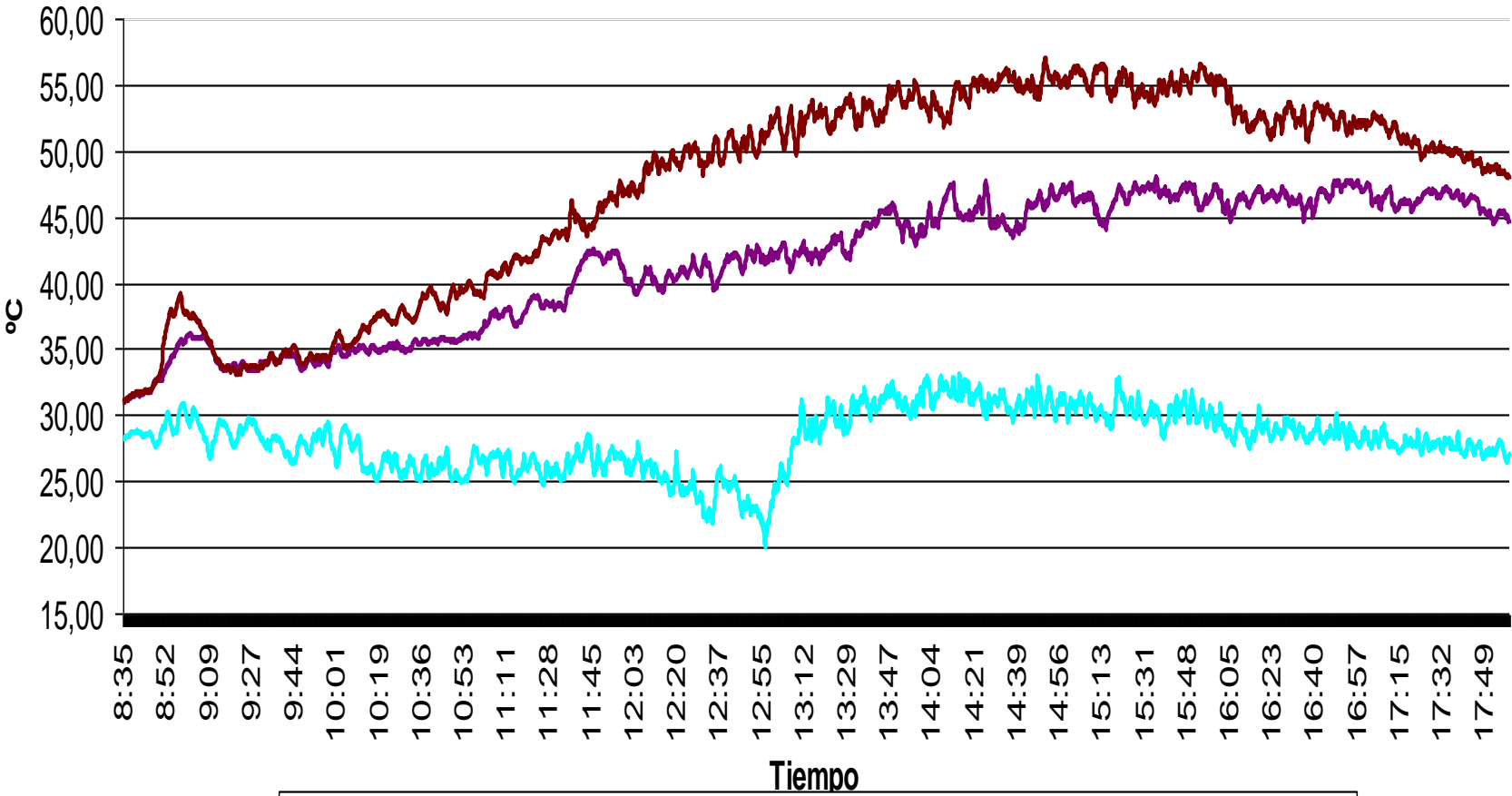
Para obtener la temperatura promedio del aire será:

$$\bar{T}_A = \frac{1}{L} \int_0^L T_A dx$$

Con la cual obtendremos:

$$\bar{T}_A = \frac{[F'(t) + b'T_L]}{a' \left[1 - \frac{1 - e^{-a'L}}{a'L} \right]} + T_{Ao} \left[\frac{(1 - e^{-a'L})}{a'L} \right]$$

Gráfico N°1 Temperatura VS Tiempo



ISES
International
Solar Energy
Society



Superficie: Campode velocidad [m/s]

Máximo: 0.752

Campo de velocidades (m/s)

0,45 m/s

Mínimo: 0

Gráfico. No. 2 Campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico (0,45 m/s)



ISES
International
Solar Energy
Society



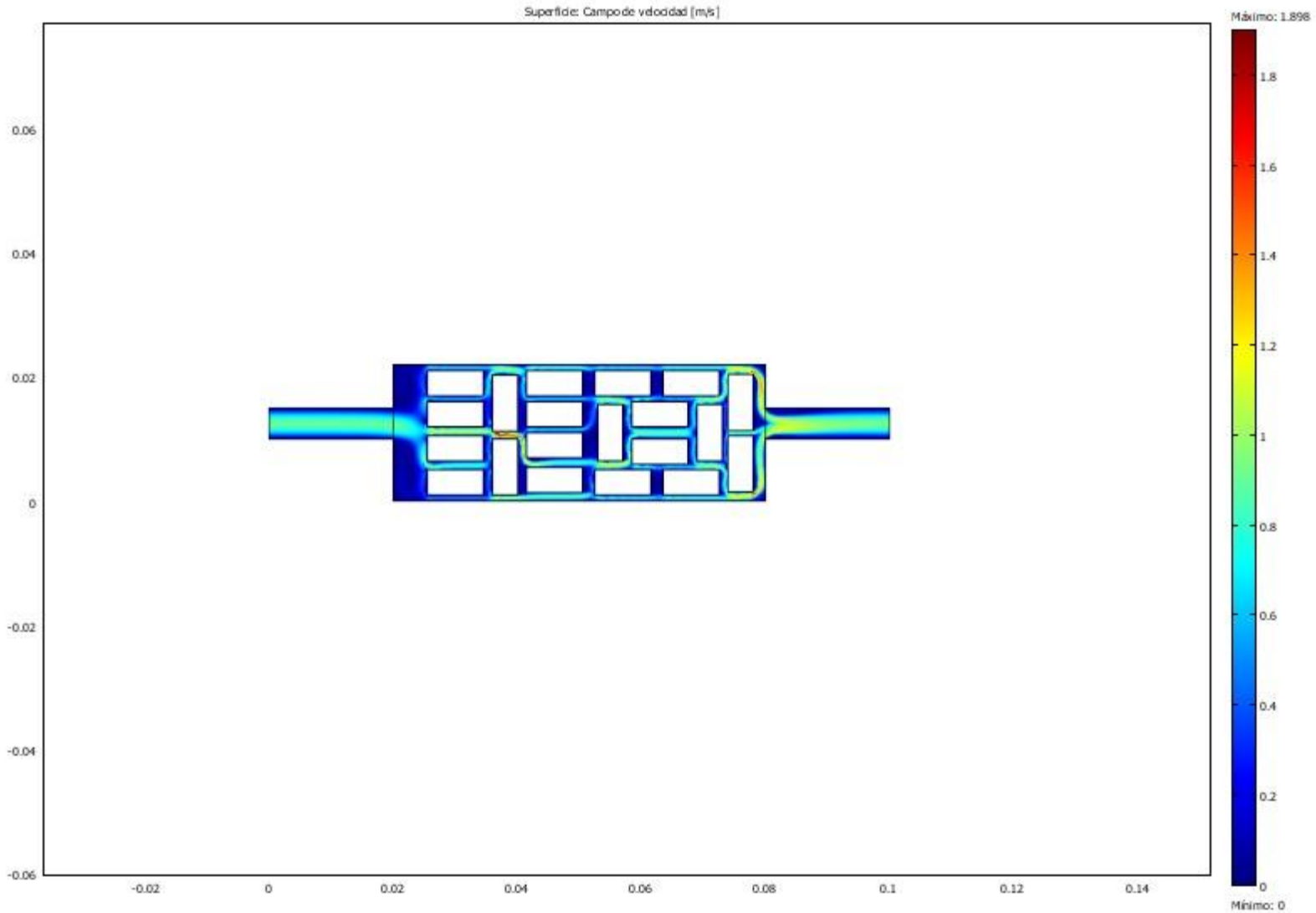


Gráfico. No. 3 Campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico diferente configuración. (0,7 m/s)



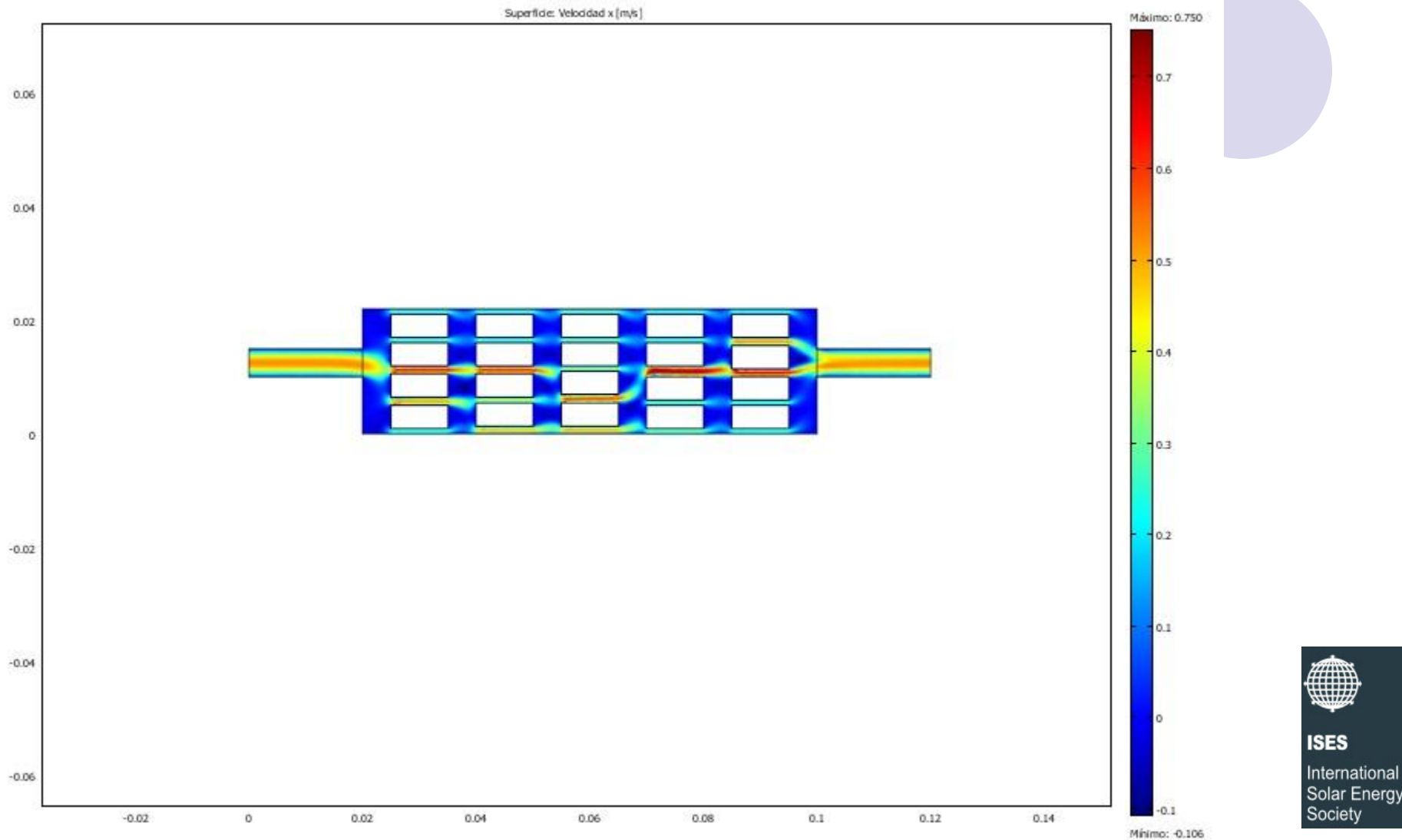
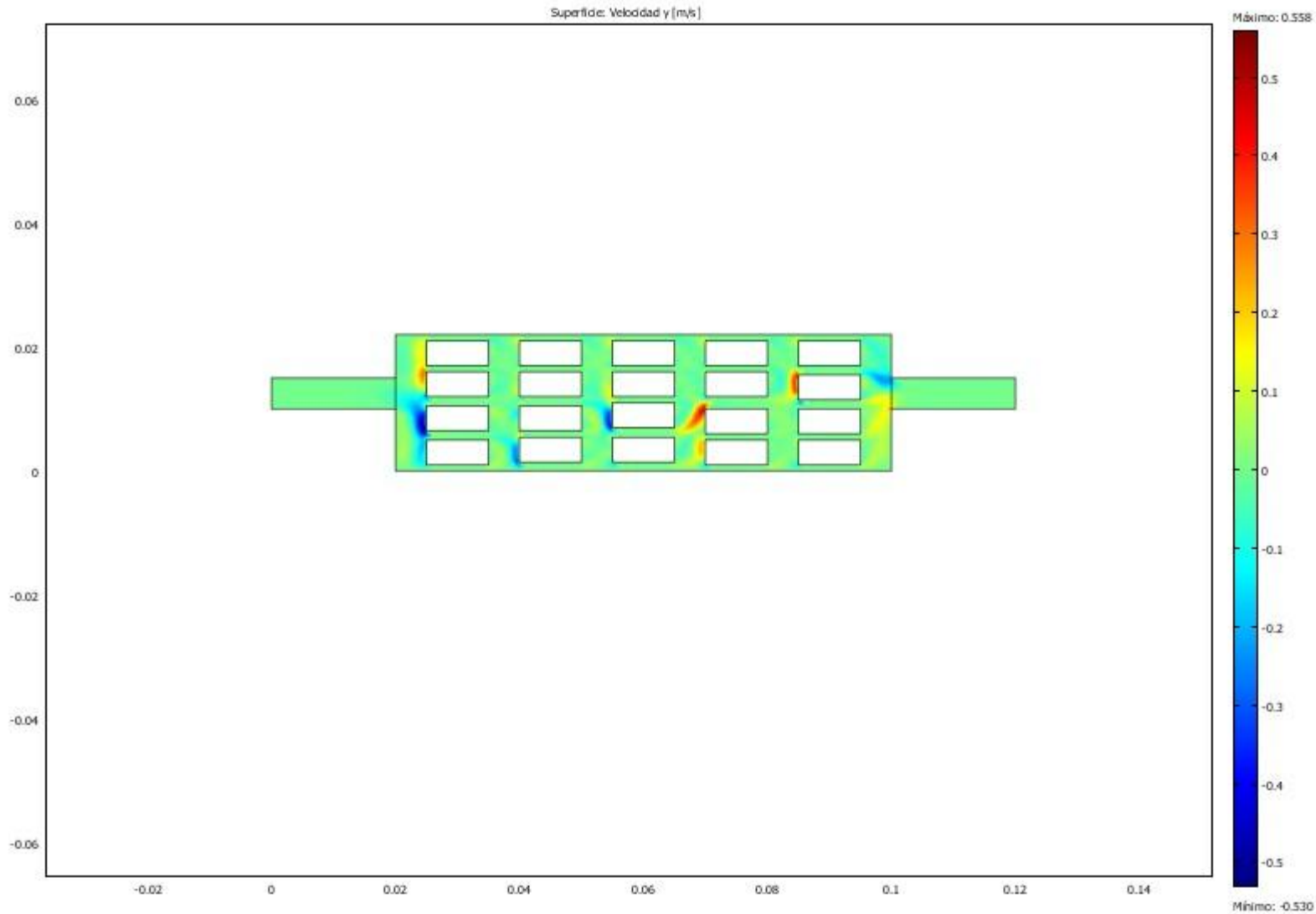


Gráfico. No. 4 Campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico. (0,5 m/s)





ISES

International
Solar Energy
Society

Gráfico. No. 5 Campo de velocidades en el eje y en un colector con lecho de ladrillo asfáltico. (0.01 m/s)



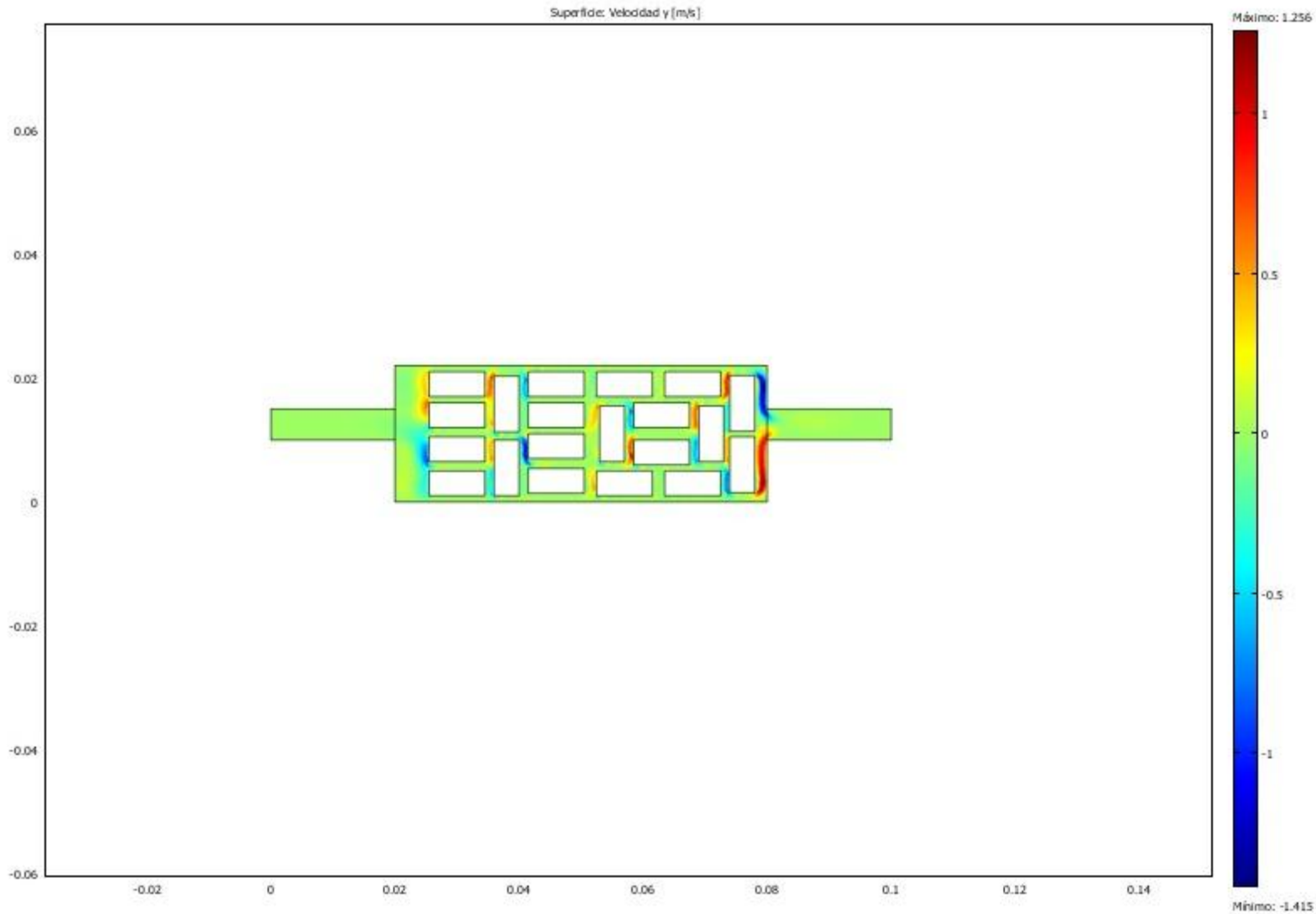


Gráfico. No. 6 Campo de velocidades eje y en un colector con lecho de ladrillo asfáltico



ISES
International
Solar Energy
Society



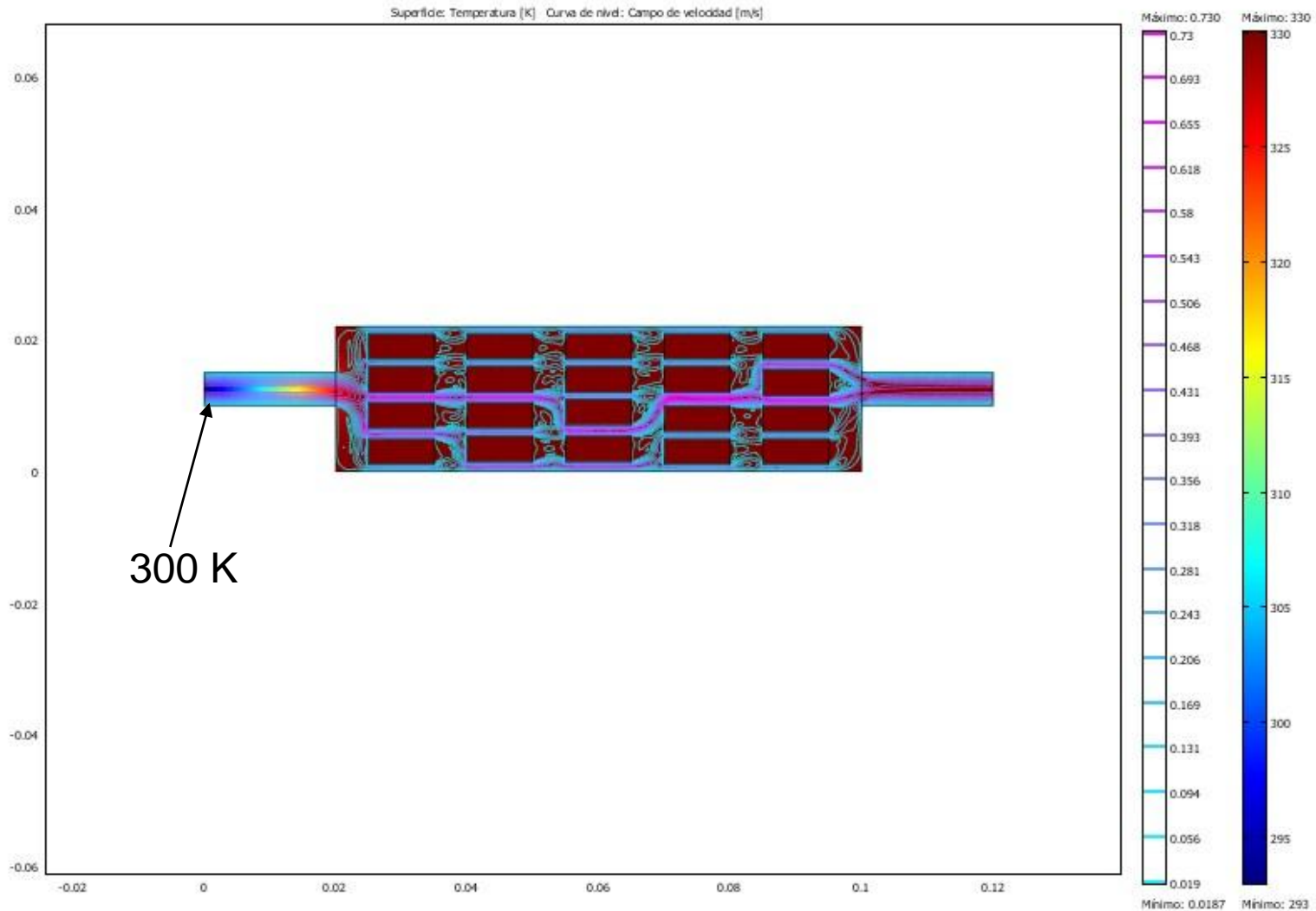


Gráfico. No. 7 Temperatura y campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico



ISES
International
Solar Energy
Society



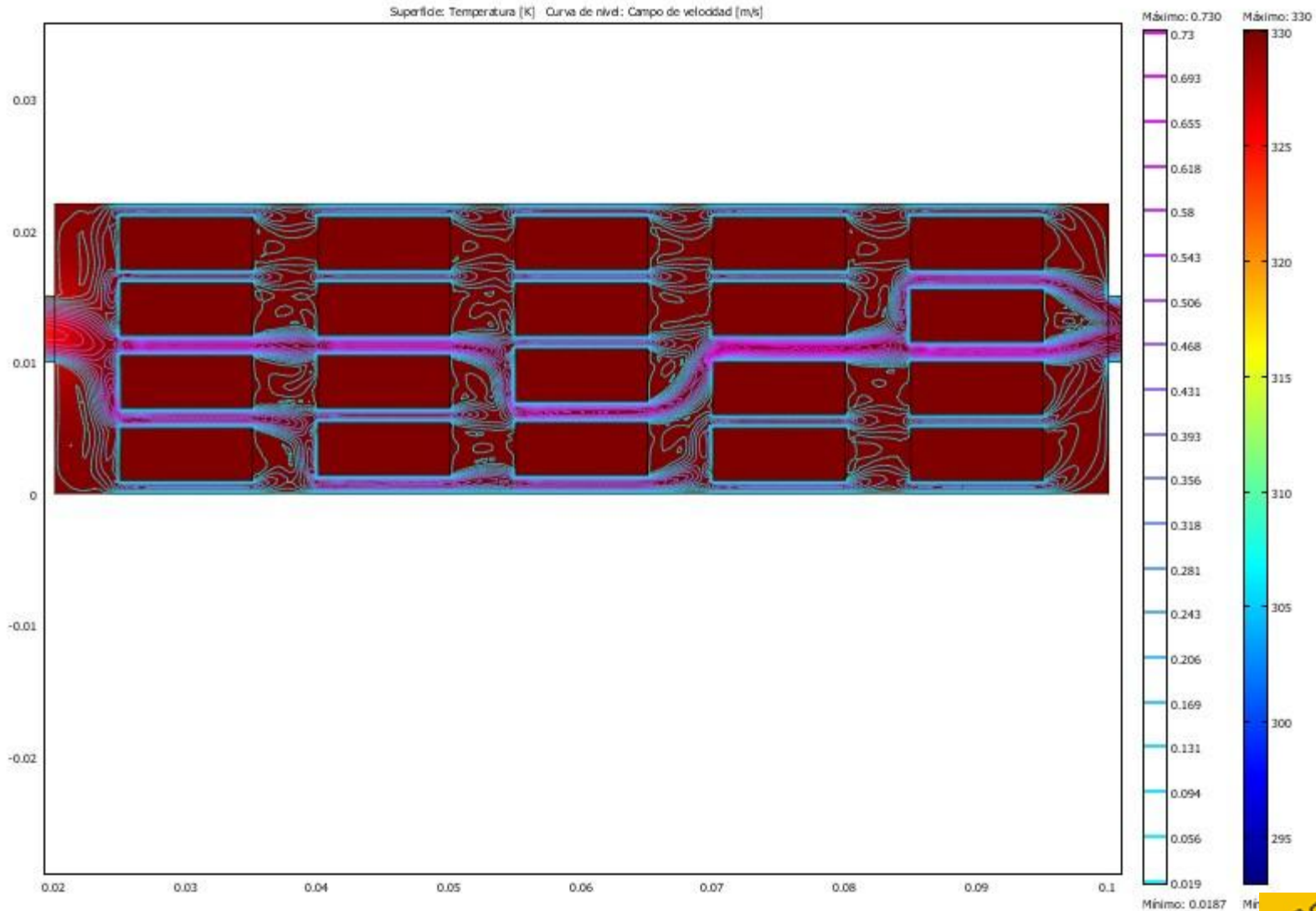


Gráfico. No. 8 Temperatura y campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico



ISES
International
Solar Energy
Society



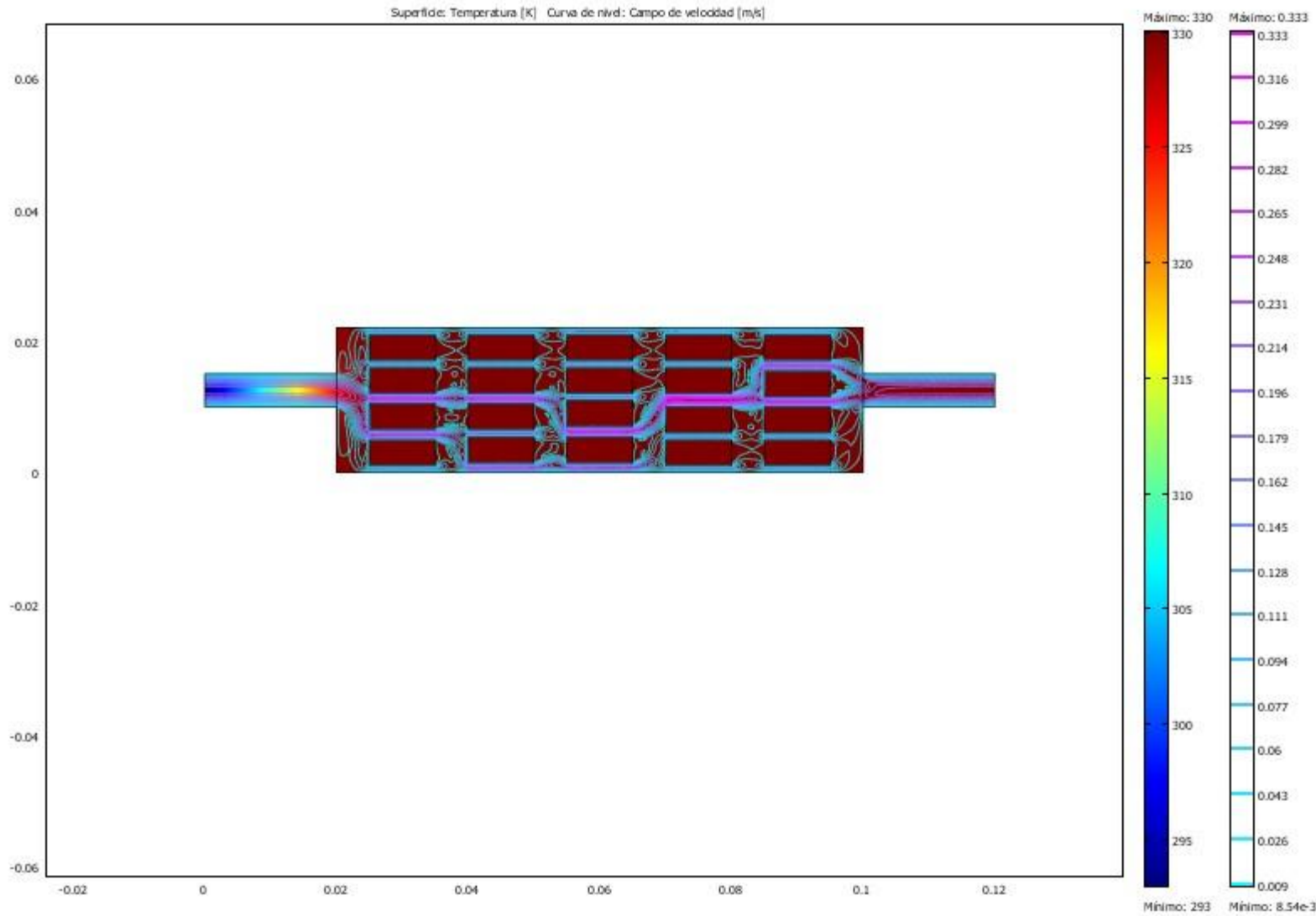


Gráfico. No. 9 Temperatura y campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico



ISES
International
Solar Energy
Society



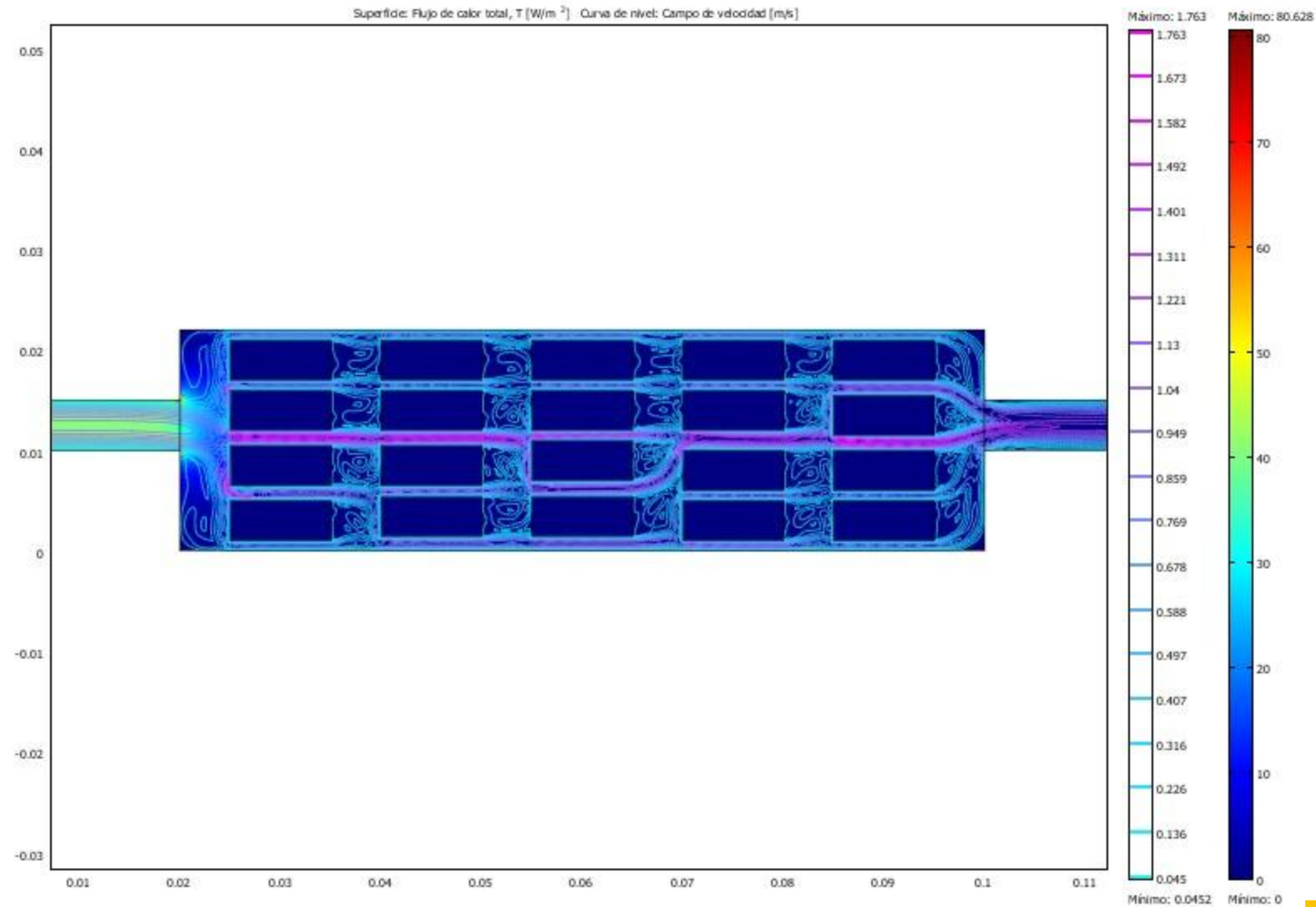


Gráfico. No. 10 Flujo de calor total y campo de velocidades en un colector con lecho de ladrillo asfáltico



CONCLUSIONES

Los valores máximos de temperatura alcanzados en el lecho fueron de $56,9^{\circ}\text{C}$, $60,2^{\circ}\text{C}$ y $59,8^{\circ}\text{C}$ respectivamente para cada uno de los días considerados.

Los máximos valores de temperatura de salida de aire son de $47,9^{\circ}\text{C}$, $50,8^{\circ}\text{C}$ y $53,8^{\circ}\text{C}$ respectivamente para cada uno de los días considerados.

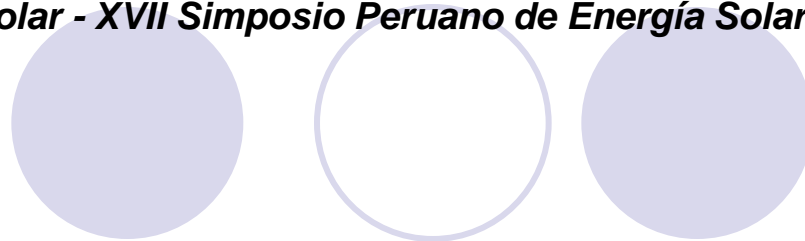
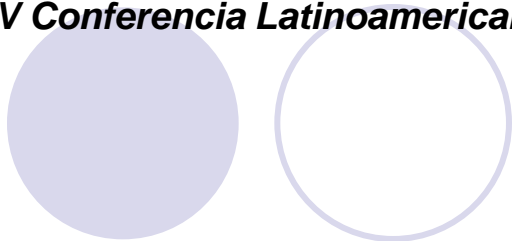
La simulación permite observar el fenómeno con mayor profundidad y optimizar los diferentes parámetros que intervienen en el experimento



ISES

International
Solar Energy
Society





GRACIAS

