



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

# “SIMULACIÓN DE UNA PLANTA TERMOSOLAR DE COLECTORES CILINDRO PARABÓLICOS”

Ing. Raúl La Madrid Olivares  
Dr. Ing. Daniel Marcelo Aldana  
Ing. José Bruno Moreno Begazo

SECCION ENERGÍA  
[www.udep.edu.pe](http://www.udep.edu.pe)  
Av Ramón Mugica 131. Piura. Perú  
073-284500

# OBJETIVOS

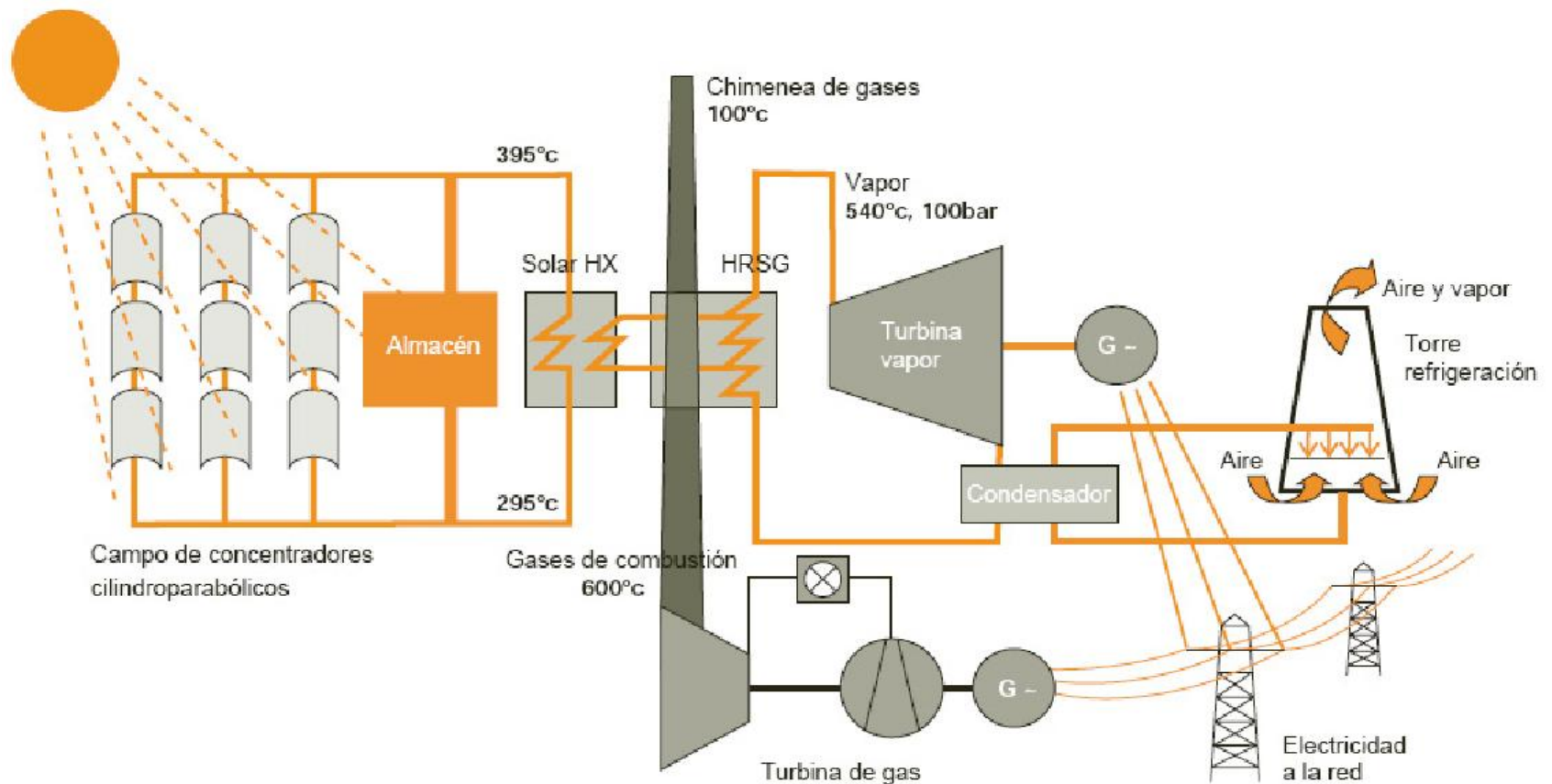
- ESTUDIO EXHAUSTIVO DE UNA PLANTA TERMOSOLAR PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- COMPRENDER EL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA TERMOSOLAR.
- DESARROLLO DE UNA SIMULACIÓN ENERGÉTICA DE LA PLANTA UTILIZANDO UN SOFTWARE ESPECIALIZADO (TRNSYS)

## COLECTORES CILINDRO PARABOLICOS



# COMBINACION DE LA TECNOLOGIA SOLAR Y LOS CICLOS DE POTENCIA CONVENCIONALES

## ➤ COLECTORES CILINDRO PARABOLICOS



# IMPACTO SOCIAL

- EMPLEO LOCAL DIRECTO DEBIDO A LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA TERMOSOLAR
- EMPLEO INDIRECTO LOCAL, CON LO CUAL SE ACTIVA LA INDUSTRIA LOCAL, DEBIDO AL PROCESO DE CONSTRUCCION DEL CAMPO SOLAR
- LOS DISTINTOS TIPOS DE SERVICIO QUE SON NECESARIOS DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA
- LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO QUE SE DEBEN REALIZAR A LO LARGO DE TODA LA VIDA UTIL DE LA PLANTA (LIMPIEZA COLECTORES SOLARES)



# HIPOTESIS

- CADA UNO DE LOS COMPONENTES SERA CONSIDERADO ADIABATICO Y QUE TRABAJA EN ESTADO ESTACIONARIO.
- NO HABRA PERDIDA DE VAPOR, ES DECIR, QUE TODO EL VAPOR GENERADO PRODUCIRA TRABAJO EN LA TURBINA, EL CUAL POSTERIORMENTE GENERARA ENERGIA ELECTRICA.
- LOS CAMBIOS EN LA VELOCIDAD DEL FLUIDO SERAN DESPRECIABLES, ASI COMO LOS CAMBIOS EN LA ENERGIA POTENCIAL.
- LOS PEQUEÑOS CAMBIOS QUE SUFRE EL FLUIDO ENTRE LA SALIDA DE UN COMPONENTE Y LA ENTRADA A OTRO SERAN DESPRECIABLES.

# BALANCE DE MASA Y ENERGIA

$$\sum \dot{m}_{\text{en}} = \sum \dot{m}_{\text{sal}}$$

$$\dot{Q}_e + \dot{W}_e + \sum \dot{m}_e \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) = \dot{Q}_s + \dot{W}_s + \sum \dot{m}_s \left( h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right)$$

# RESULTADOS

CALORES CALCULADOS POR UNIDAD DE TIEMPO EN CADA ELEMENTO:

<b>Elemento</b>	<b>Calor por unidad de tiempo</b>
PRECALENTADOR	15909.54 kW
GENERADOR DE VAPOR	50674.51 kW
SOBRECALENTADOR	10808.12 kW
RECALENTADOR	16652.38 kW
CONDENSADOR	74440.8 kW

# RESULTADOS

## POTENCIA GENERADA POR LA TURBINA

Elemento	Calor por unidad de tiempo
Primera etapa Turbina Alta presión	7715.86 kW
Segunda etapa Turbina Alta presión	3495.68 kW
Primera etapa Turbina Baja presión	5747.91 kW
Segunda etapa Turbina Baja presión	6867 kW
Tercera etapa Turbina Baja presión	5173.19 kW
Cuarta etapa Turbina Baja presión	4688.63 kW
Quinta etapa Turbina Baja presión	4734.48 kW
<i>Potencia bruta total</i>	<b>38.42MW</b>

RENDIMIENTO TOTAL DE LA PLANTA TERMOSOLAR = 20.51%

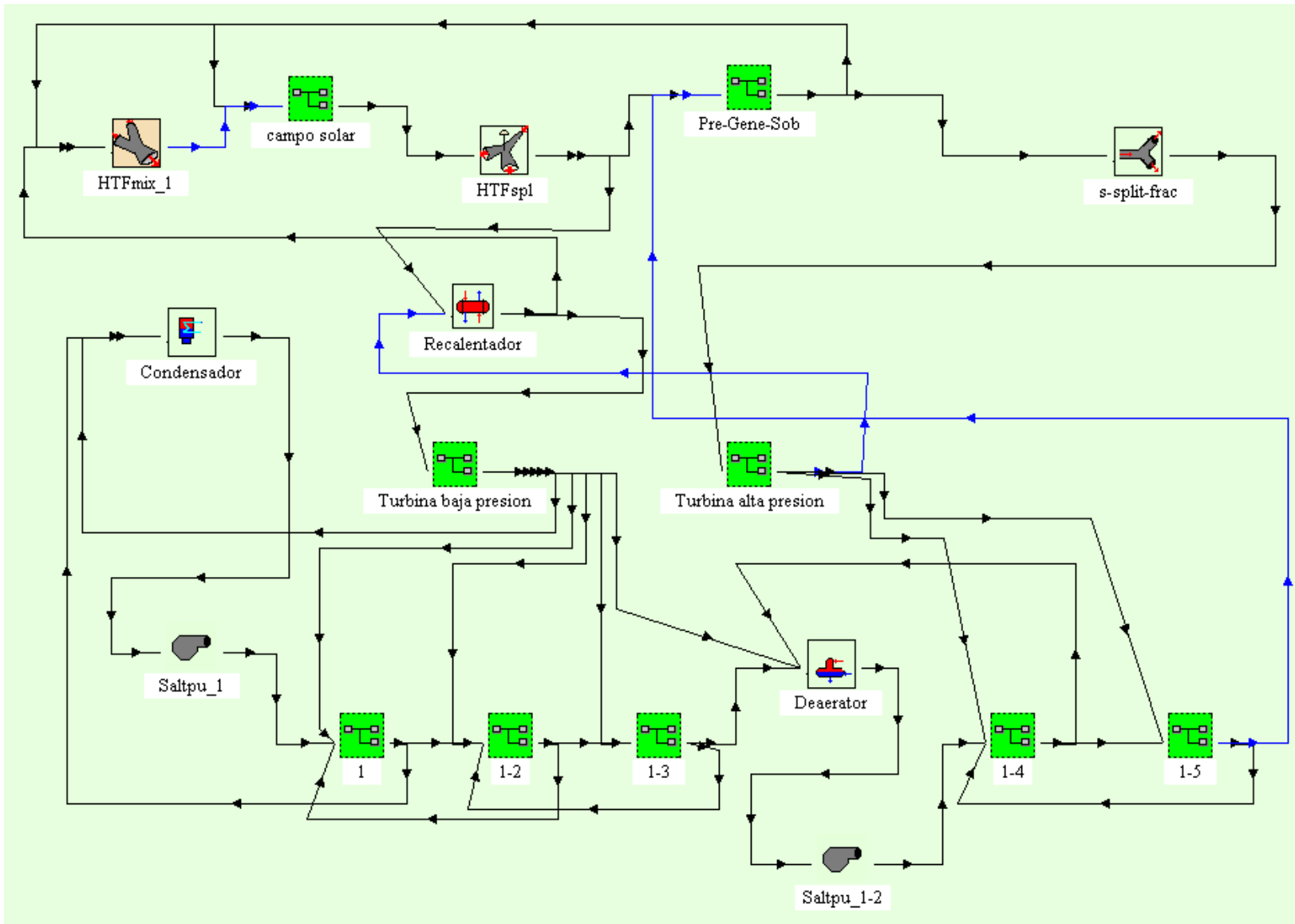
# TRNSYS

TRNSYS es un programa especializado en la simulación de sistemas energéticos en estado transitorio (The Transient Energy System Simulation Tool), disponible desde 1975.

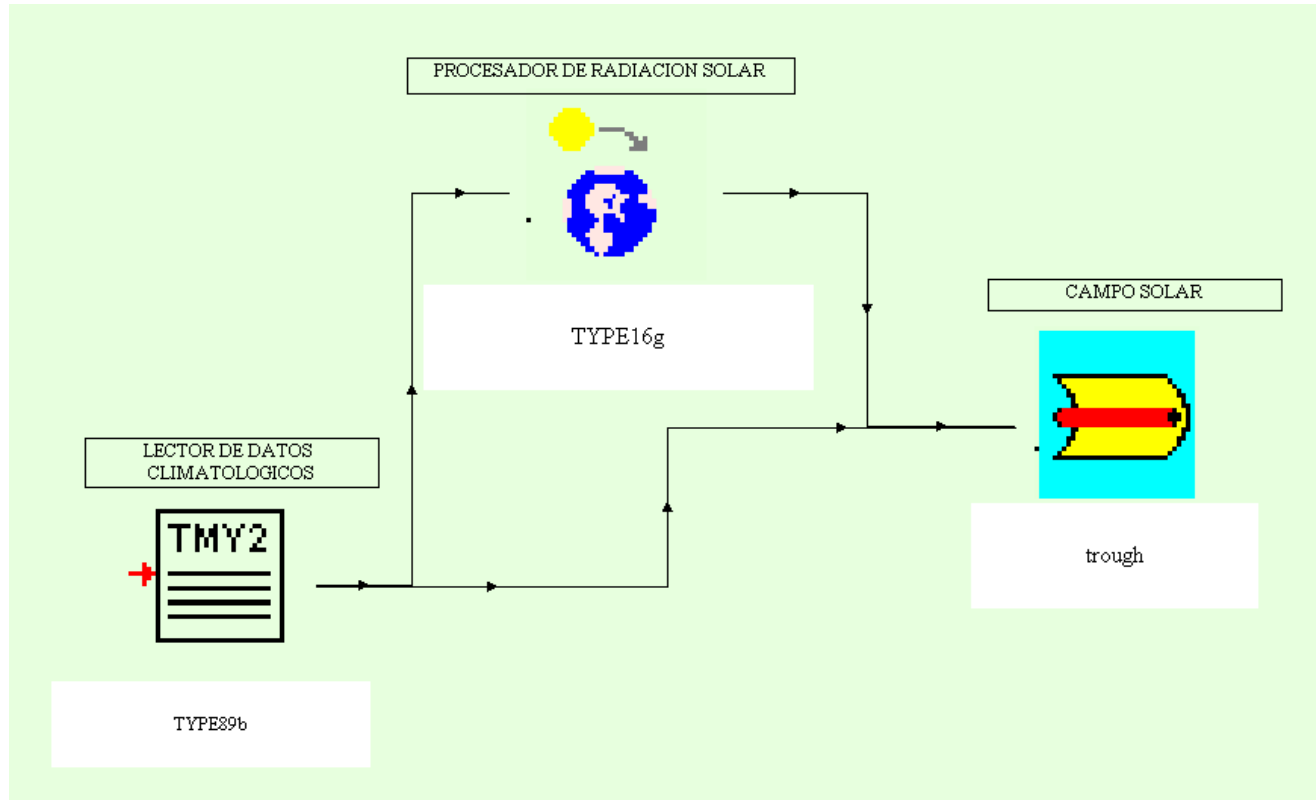
TRNSYS cuenta, actualmente, con una interfaz gráfica, con una librería con 80 componentes estándar, además de otras librerías que ofrecen alrededor de 300 componentes y cuenta con usuarios y distribuidores alrededor de todo el mundo (Francia, Alemania, España, EEUU, Japón).

Antes de empezar a explicar cómo se ha modelado el sistema, es importante señalar que ha sido necesario el uso de una librería especial que cuenta con los componentes adecuados para plantas termosolares. El nombre de la librería es “Solar Thermal Electric Components - **STEC** library”, la que no tiene ningún costo.

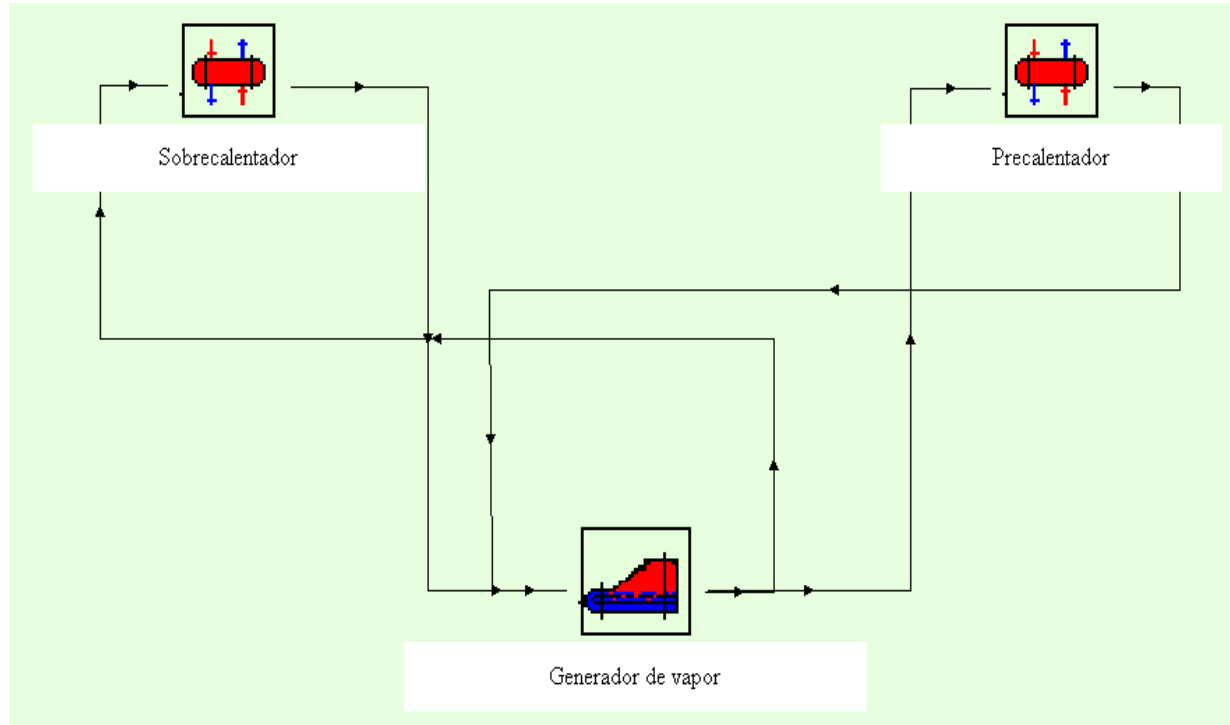
# ESQUEMA UTILIZADO PARA LA SIMULACION EN TRNSYS DE LA PLANTA TERMOSOLAR SEGS VI



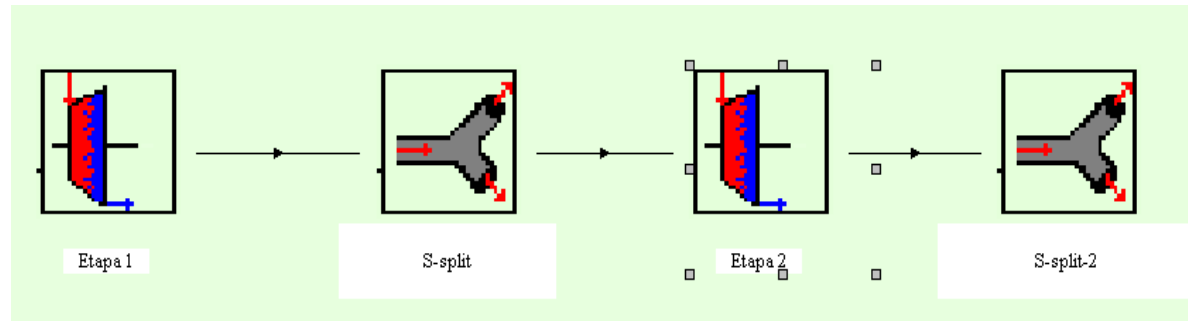
# MODELACIÓN DEL CAMPO SOLAR



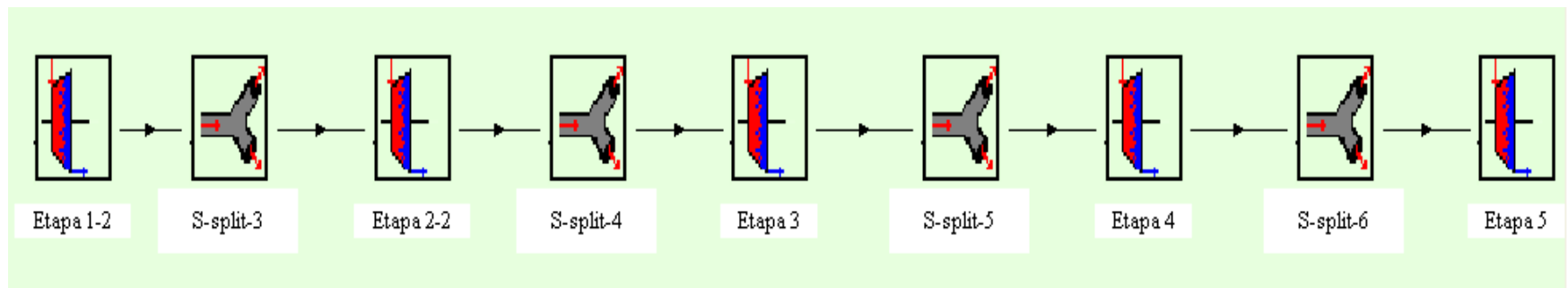
# MODELACIÓN DEL PRECALENTADOR, GENERADOR DE VAPOR Y SOBRECALENTADOR



# MODELACIÓN DE LA TURBINA DE VAPOR



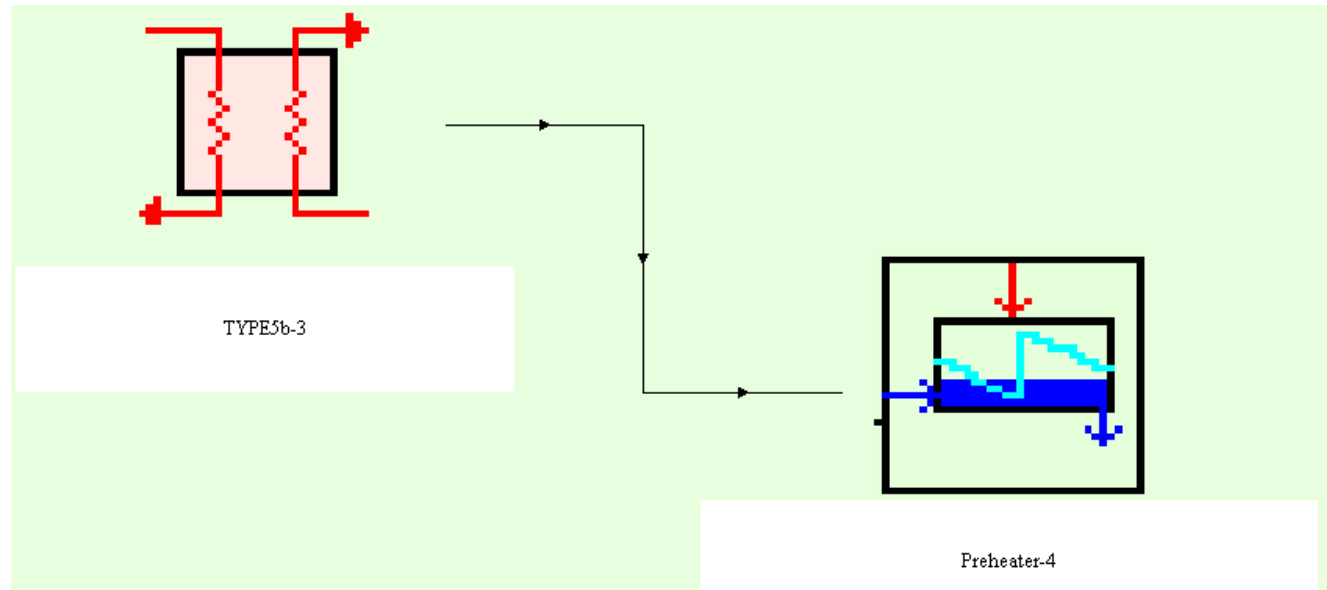
Modelación de la turbina de alta presión



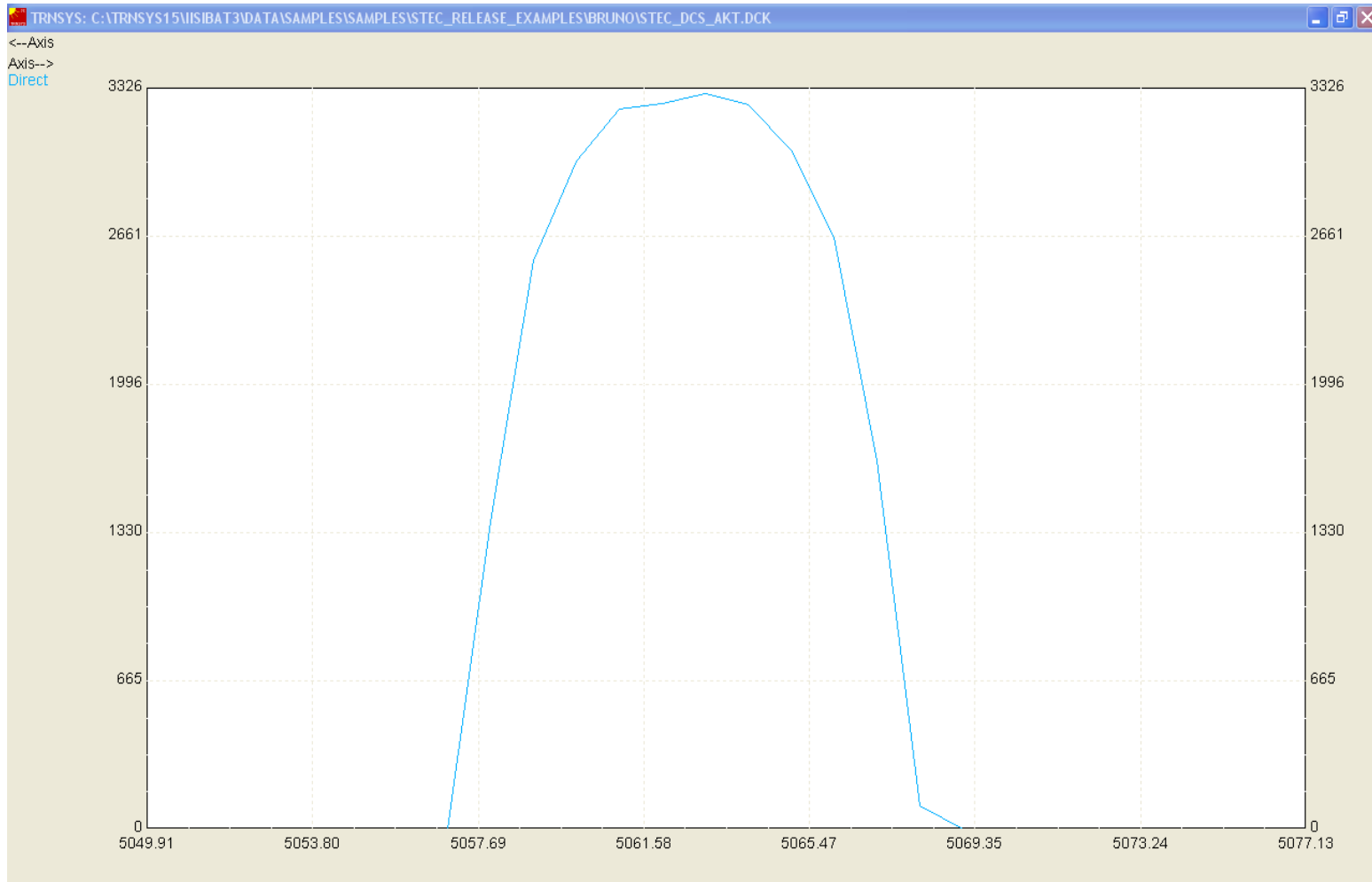
Modelación de la turbina de baja presión



# MODELACIÓN DE LOS CALENTADORES

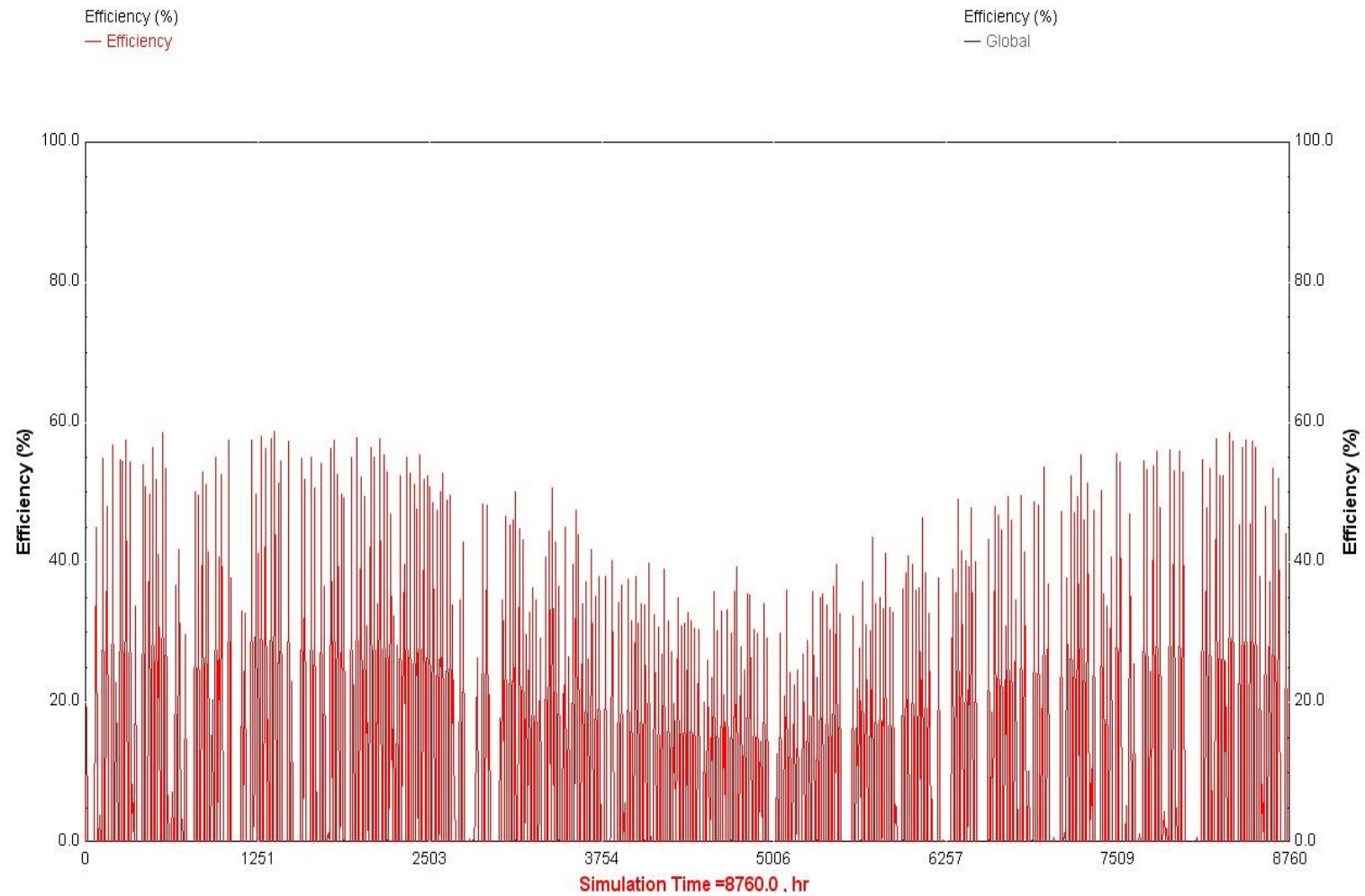


# RADIACION DIRECTA DURANTE UN DIA DE VERANO

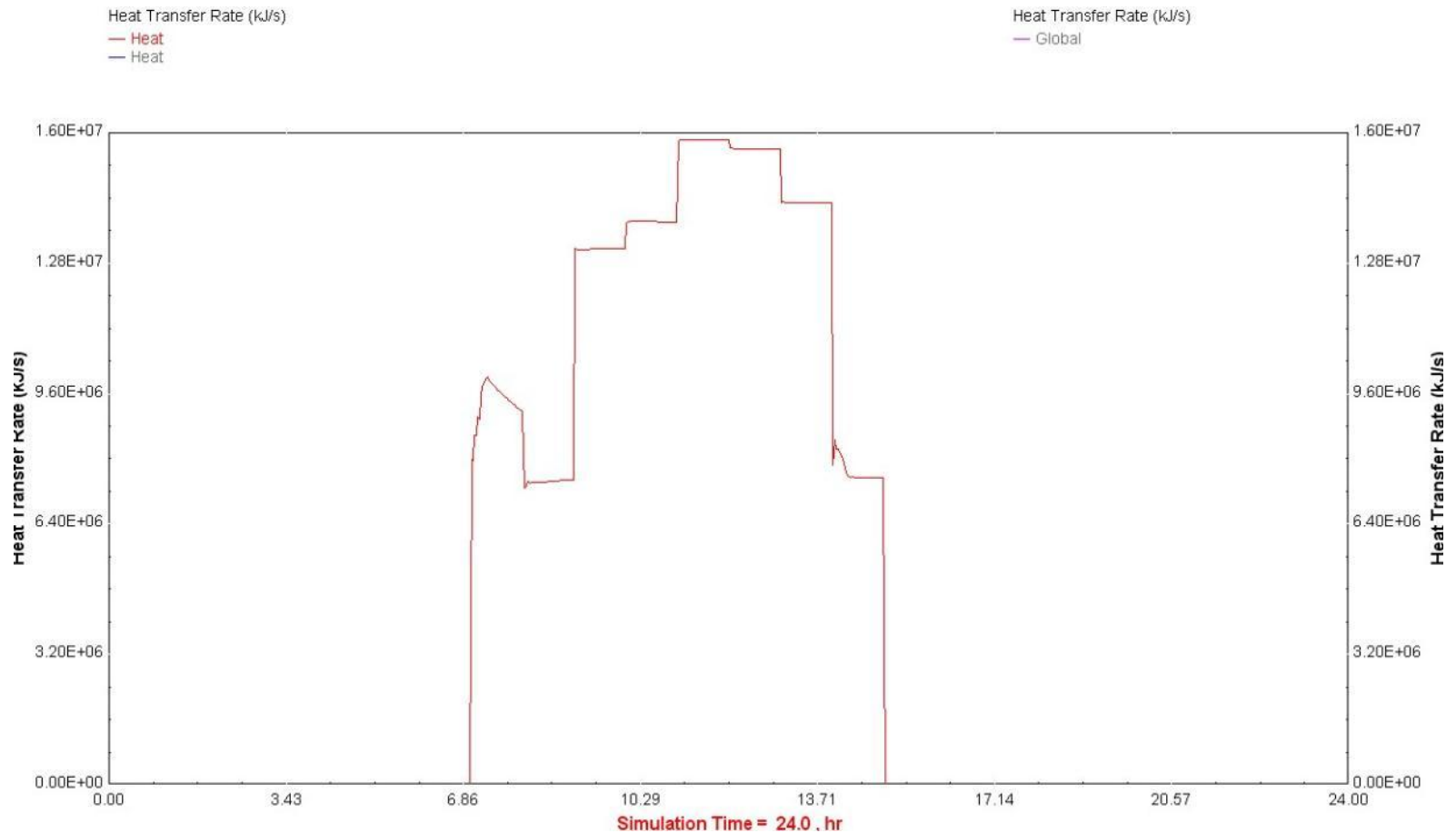


RADIACIÓN MÁXIMA = 3326 kJ/h. m<sup>2</sup>

# EFICIENCIA ANUAL DEL CAMPO DE COLECTORES

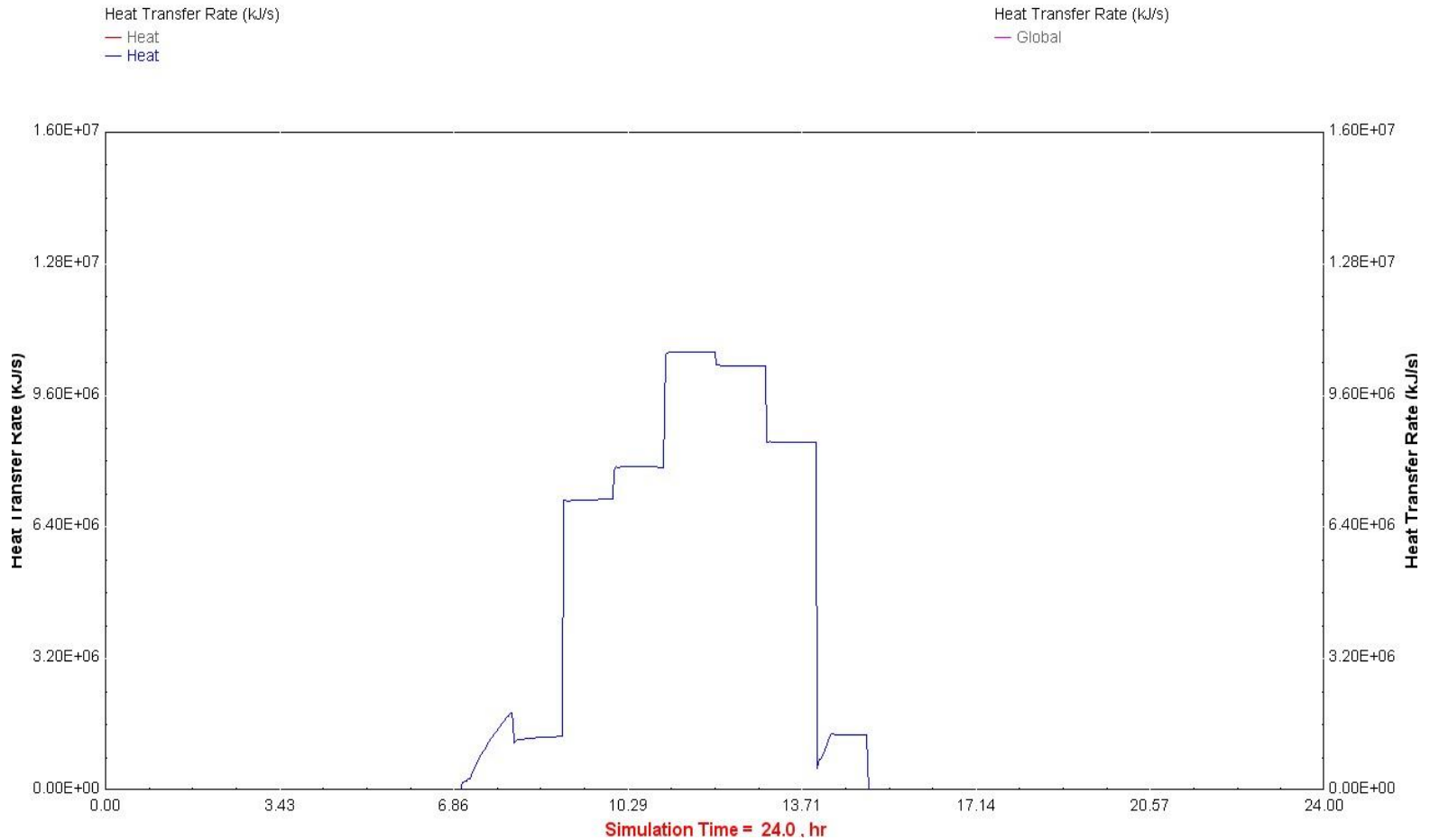


# CALOR TRANSFERIDO EN EL PRECALENTADOR



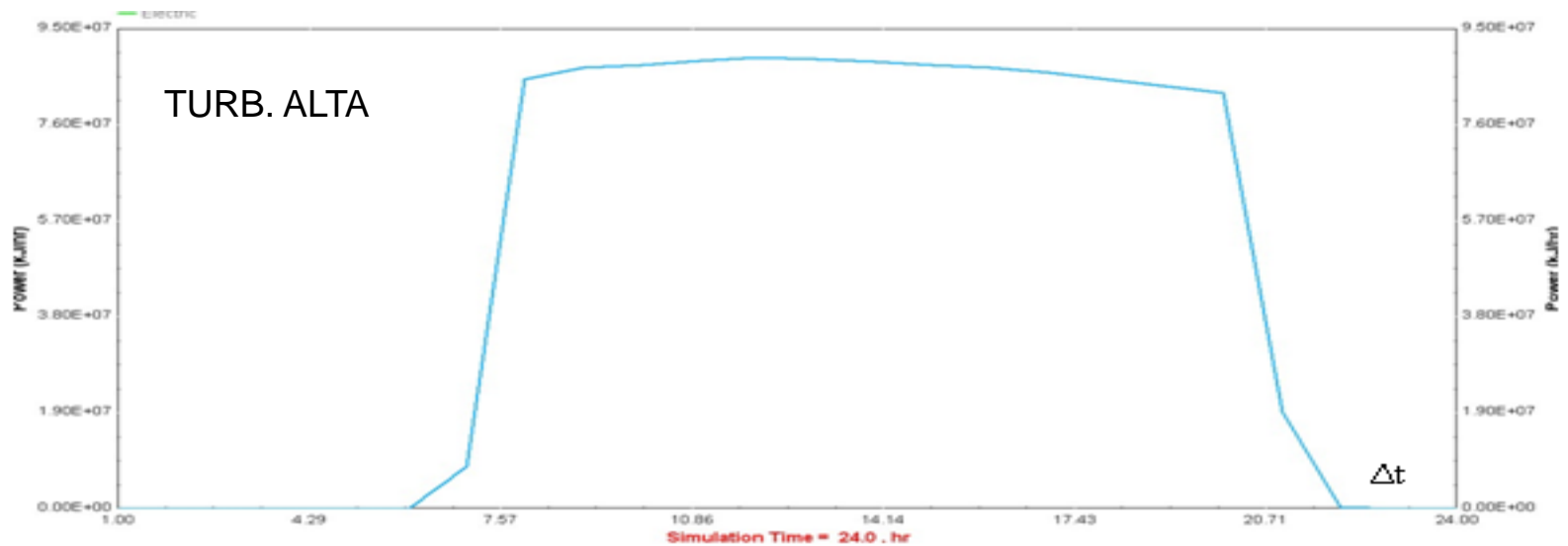
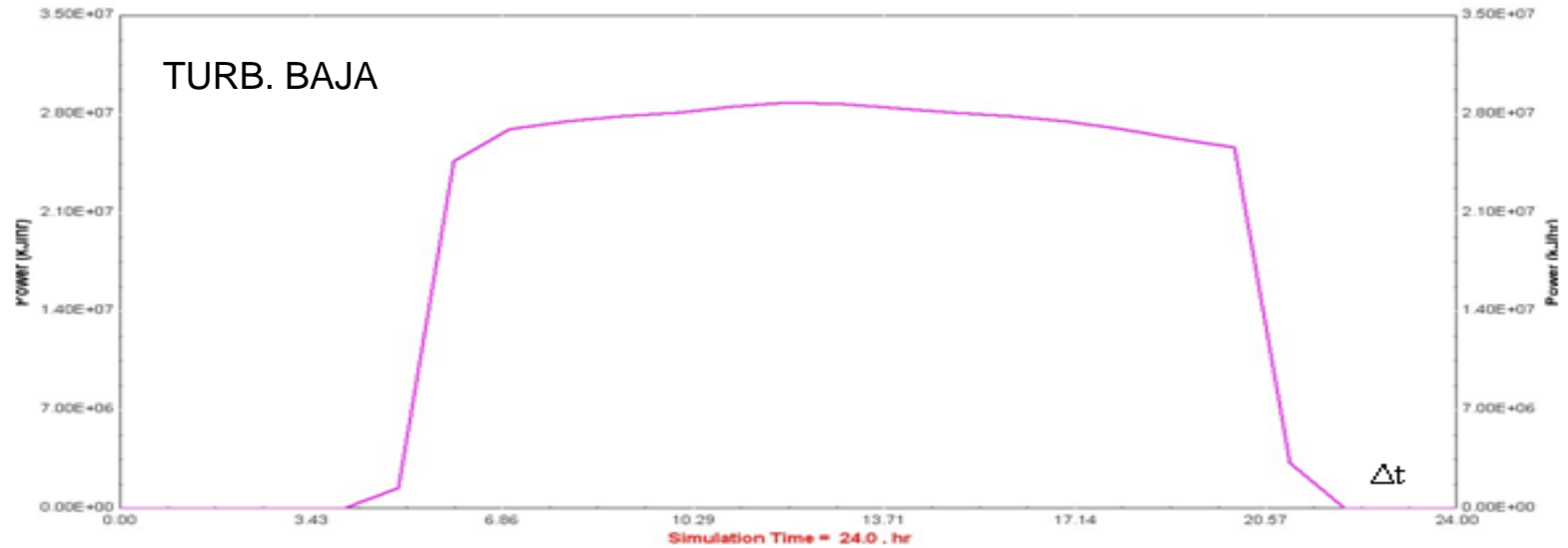
EL CALOR TRANSFERIDO HALLADO ANALITICAMENTE FUE 15909.54 kJ/s

# CALOR TRANSFERIDO EN EL SOBRECALENTADOR

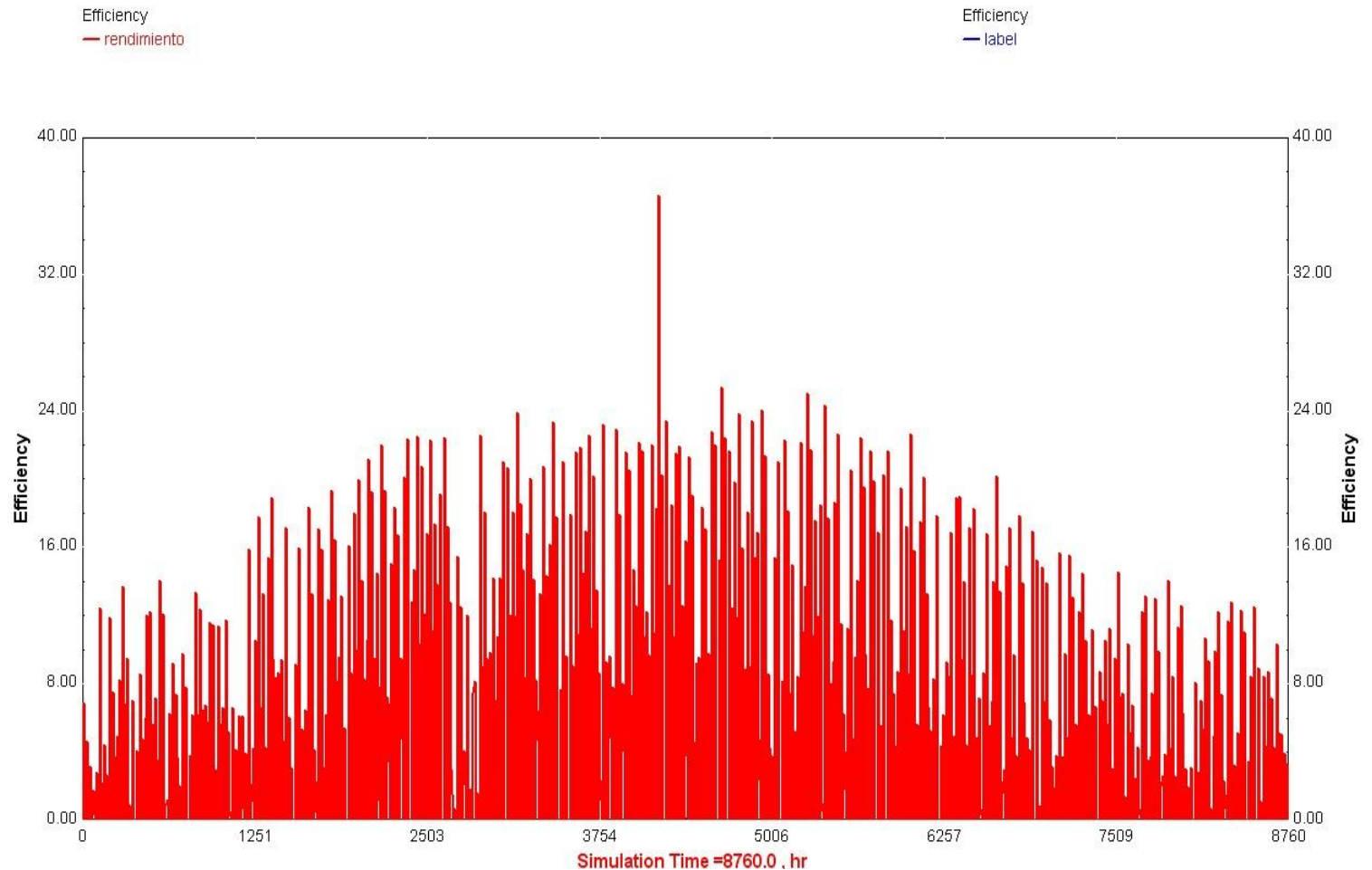


EL CALOR TRANSFERIDO HALLADO ANALITICAMENTE FUE 10808.12 kJ/s

# ENERGIA ELECTRICA DE SALIDA (32.15 MWe)



# EFICIENCIA DE LA PLANTA TERMOSOLAR



EFICIENCIA CALCULADA: 20.51%

# CONCLUSIONES

- LA ENERGIA SOLAR ES UNA DE LAS FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES CON MAYOR POTENCIAL DE CRECIMIENTO EN LOS PROXIMOS AÑOS.
- LA TECNOLOGIA SOLAR QUE SE HA PRESENTADO ESTA LISTA PARA SER UTILIZADA, LA UNICA RESTRICCIÓN EXISTENTE ES LA PARTE ECONOMICA.
- EL ALTO COSTO DE LA INSTALACION Y LA FALTA DE PRIMAS GUBERNAMENTALES HACEN QUE ESTA TECNOLOGIA SEA POCO ATRACTIVA PARA LOS INVERSIONISTAS.
- LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO SON CAPACES DE COMPENSAR LA VARIACION DE RADIACION SOLAR DIRECTA DURANTE LAS DISTINTAS EPOCAS DEL AÑO Y PERMITEN PROLONGAR LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA DURANTE LA NOCHE.



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

# GRACIAS

**Ing. Raúl La Madrid**

**073-284500-3367**

**rlamadri@gmail.com**

**Dr. Ing. Daniel Marcelo**

**073-284500-3325**

**daniel.marcelo@udep.pe**