

# **SÍLABO DEL CURSO ONLINE DE PLANTAS TERMOSOLARES. CENTRAL DE TORRE, FRESNEL Y STIRLING**

**Profesor: FRANK RODRÍGUEZ TROUWBORST**



## **I. PROGRAMA DETALLADO DEL CURSO**

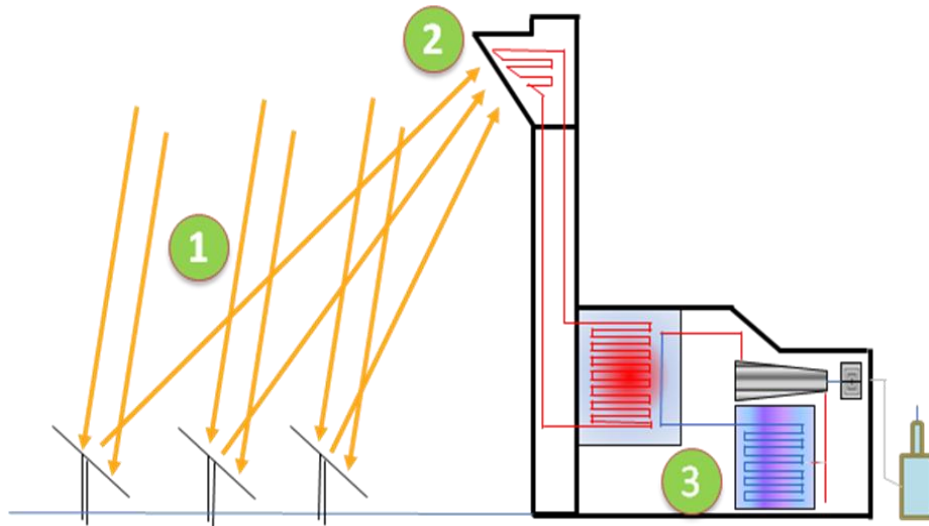
### **1. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de este curso es dar a conocer los principios básicos de las diversas tecnologías que existen actualmente para convertir la radiación solar en energía térmica a temperaturas superiores a los 150 °C. Profundizaremos concretamente en tres tecnologías. Tecnología de torre, tecnología fresnel y disco stirling, de las cuales analizaremos su operación, componentes, balances energéticos y aplicaciones comerciales.

### **2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS TECNOLOGÍA DE TORRE:**

#### **Objetivo Específico: Tecnología de torre (Receptor Central).**

Descripción básica del principio de Central de Torre, dependiendo del fluido de trabajo y de su configuración. Para cada tipo de planta, presentaremos diagramas explicativos y características técnicas específicas. Además, incluiremos información sobre tecnólogos y plantas en operación.



#### AGENDA

- Sales
- Agua - Vapor
- Aire

#### **Objetivo Específico: Campo Solar. Heliostatos**

En este punto incluiremos fotografías y esquemas de equipos reales y sus sistemas auxiliares (LOC, trackers, hidráulicos, etc.)

#### AGENDA

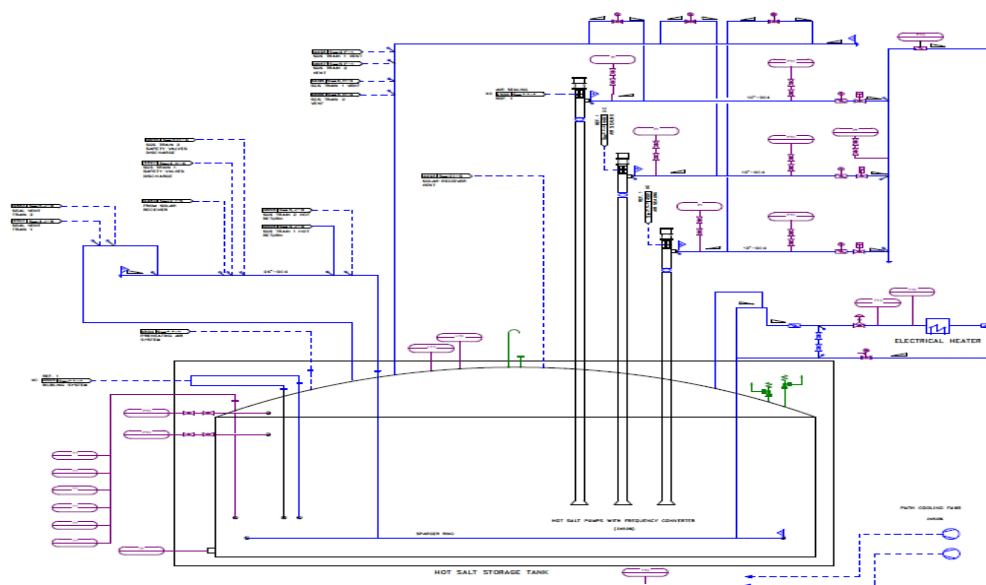
- Principales Características
- Componentes
- Modelos Comerciales

#### **Objetivo Específico: El Receptor Central y la Torre.**

Al igual que en el punto anterior, incluiremos diagramas y fotos sobre cada uno de los tipos.

<b>AGENDA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de diseño</li> <li>• Tipos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Tubular</li> <li>o Volumétrico</li> </ul> </li> <li>• Performance</li> </ul>

**Objetivo Específico: Almacenamiento Térmico**



Además de fotos y esquemas, aquí añadiremos planos de ingeniería donde se puedan desarrollar cada uno de los elementos (resistencias, anillos de distribución, instrumentación, etc.)

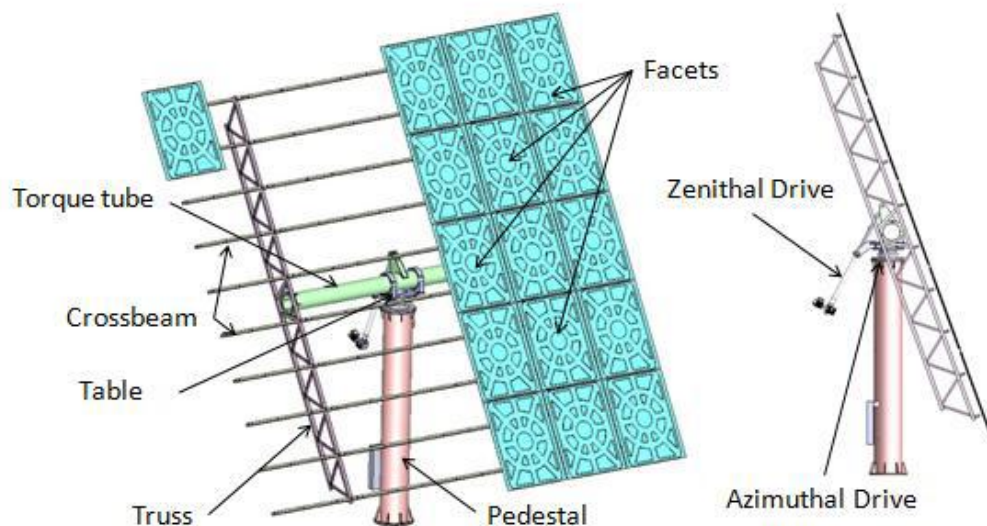
<b>AGENDA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de diseño</li> <li>• Equipamiento Principal               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Bombas</li> <li>o Tanques</li> <li>o Sales</li> </ul> </li> </ul>

### **Objetivo Específico: Bloque de potencia**

En este punto además de diagramas de ingeniería, incluiremos fotos de equipos en campo y una idea de los principales suministradores. Además incluiremos P&IDs y PFDs de ingeniería que den una idea del proceso. También incluiremos balances de masa y energía para las condiciones específicas de la torre.

<b>AGENDA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Generación de Vapor. Bases de Diseño</li> <li>• Turbina de Vapor</li> <li>• Sistemas Auxiliares</li> </ul>

### **Objetivo Específico: Diseño Conceptual. Campo Solar. Campo de Heliostatos**



En este apartado comentaremos el proceso iterativo de diseño del campo solar, así como los límites de la tecnología.

### AGENDA

- Distribución en Planta
  - o Eficiencia Óptica
  - o Sombras
  - o Atenuación Atmosférica
- Procedimientos de diseño
- Límites de diseño

#### **Objetivo Específico: Diseño Conceptual. Bloque de Potencia**

Aportaremos varios ejemplos de distribución de la isla de potencia, en forma tanto de planos como de fotos, así como los criterios básicos de diseño de los sistemas principales.



### AGENDA

- Distribución en Planta
- Diseño de los equipos principales

#### **Objetivo Específico: Diseño Conceptual. Inversión y costes de mantenimiento.**

En este apartado daremos una idea aproximada de los pesos de cada partida para una planta típica comercial, tanto en inversión como en operación.

AGENDA
<ul style="list-style-type: none"><li>• CAPEX Estimation</li><li>• OPEX Estimation</li></ul>



**Objetivo Específico: Diseño Conceptual. Levelized Cost of Electricity (LCOE)**

Metodología y cálculos típicos del LCOE, con estimaciones actualizadas

AGENDA
<ul style="list-style-type: none"><li>• Características Técnicas.</li><li>• Estipulaciones Contractuales</li><li>• Herramienta de simulación: SAM</li></ul>



**Objetivo Específico: Operación y Mantenimiento**

Descripción básica de la operación de una planta de torre.

AGENDA
<ul style="list-style-type: none"><li>• Modos y Estrategias de Operación</li><li>• Arranque</li><li>• Operación del Campo Solar</li><li>• Operación del almacenamiento térmico</li><li>• Desconexión</li></ul>

### **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DISCO PARABÓLICO:**

#### **Objetivo Específico:**



#### **AGENDA**

- Evolución Histórica
- Descripción de los sistemas
- Diseño del Concentrador
- Intercambiador de Calor
- Generador
- Cilindro
- Ingeniería Stirling
- Cálculos del Performance
- Datos de entrada solares
- Datos de salida solares
- Performance
- Estimación de costes del sistema



#### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS LINEAR FRESNEL:**



#### **Objetivo Específico:**

<b>AGENDA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción de sistemas</li> <li>• Cálculos del Performance</li> <li>• Estimación de costes del sistema</li> <li>• Desarrollo Comercial</li> </ul>

### **II. METODOLOGÍA**

Al inicio de la semana se le hará entrega al alumno del temario con toda la información.

### **III. REFERENCIAS GENERALES**

1. Benz, N. et al., 2008."Advances in Receiver Technology for Parabolic Troughs". In: Proceedings of 14th International SolarPACES Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies, Las Vegas, EEUU.





2. Duffie, J.A. y Beckman, W.A., 1991, "Solar Engineering of Thermal Processes". Ed. John Wiley & Sons, (2ª Edición), New York, EEUU. ISBN: 0-471-22371-9.
3. García Casals, X., 2001, "La energía solar térmica de alta temperatura como alternativa a las centrales térmicas convencionales y nucleares
4. Harats, Y., and Kearney, D., 1989, "Advances in Parabolic Trough Technology in the SEGS Plants", ASME Int. Solar Energy Conference., San Diego, CA.
5. Herrmann, U. y Nava, P., 2008, "Performance of the SKAL-ET collector of the Andasol power plants". In Proceedings of 14th International SolarPACES Symposium on Solar Thermal Concentrating Technologies, Las Vegas, EEUU.
6. Kelly, B. y Kearney, D., 2006, "Thermal Storage Commercial Plant Design Study for a 2-Tank Indirect Molten Salt System", Report No. NREL/SR-550-40166, NREL, Colorado