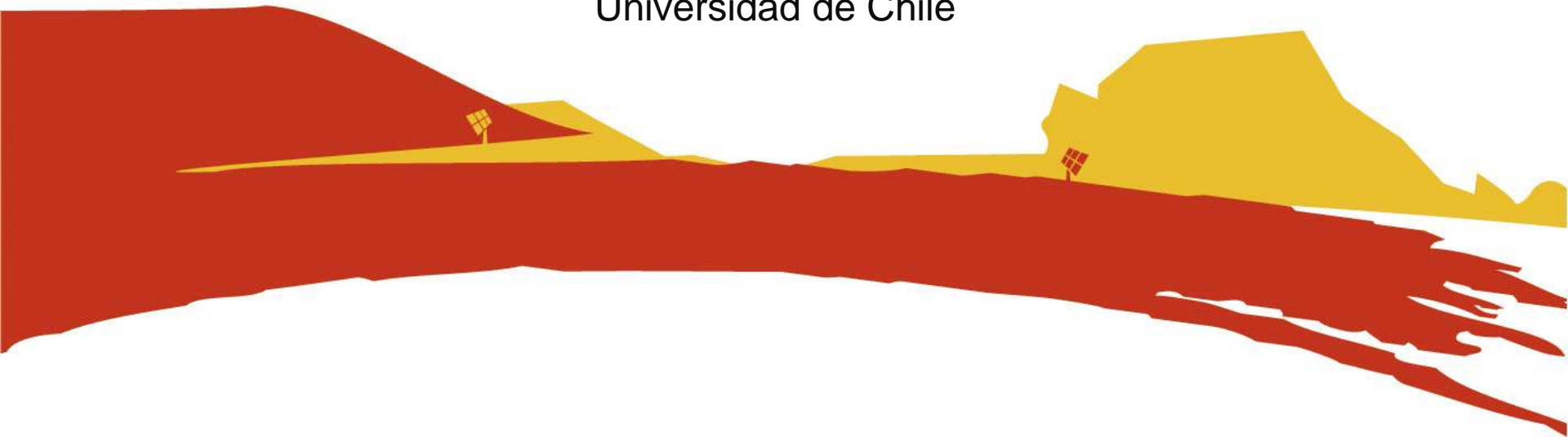




# Energía Solar y Chile:

## Módulo 3: Retscreen y Aplicaciones

Prof. Roberto Román L.  
Universidad de Chile



# Temario:

## **Módulo 1: Recurso Solar e Introducción a la Conversión Solar.**

Geometría Tierra-Sol; Influencia de Atmósfera; Datos de radiación solar; Métodos de conversión de la energía solar.

**Módulo 2: Sistemas Solares y Retscreen.** Conversión Termosolar; Conversión Directa; Introducción a Retscreen.

**Módulo 3: Aplicación de Retscreen.** Ejercicios de aplicación de Retscreen a un sistema de colectores solares térmicos; un sistema fotovoltaico fuera de red y un sistema FV conectado a red.

# Módulo 3: Retscreen

**Retscreen:** como se inicia e instala

**Aplicación Térmica:** con sistema solar térmico. Con sistema de calefacción.

**Aplicación fotovoltaica:** sistema fuera de red. Sistema conectado a red.

# ¿Que es Retscreen?

- **¿Que es?:** es un programa de diseño. No es un programa de simulación. Se construye como una serie de Macros para Excel. Es sencillo de instalar y operar.
- **Ventajas:** Es sencillo de comprender y utilizar. Tiene gran cantidad de información climática, de equipos y componentes. Es muy sencillo evaluar escenarios alternativos. Su fundamentación científica es sólida y está muy bien explicada en la documentación. Da buenos resultados en forma comparativa (es decir comparando el escenario A con el escenario B). Es rápido de comprender y aplicar. Existe mucha documentación de soporte (en inglés y francés). Y además es gratuito.
- **Desventajas:** **No** es un programa de simulación. Por lo tanto los resultados son anuales y globales. No tiene las finezas de una simulación, ya que aplica métodos bien conocidos en Ingeniería. Como aún está en desarrollo, hay módulos que funcionan mejores que otros.

# Iniciando Retscreen:

Se debe tener instalado una versión de Excel. Funciona muy bien con la versión 2003.

Con Office 2007 se debe permitir macros y habilitar enlaces externos.

Con Office 2010 seguir instrucciones especiales.

- Una vez iniciado el programa, se debe ver una pantalla similar a la que se indica en la siguiente transparencia.
- **Nota:** está el menú en inglés, pero puede ser también en Castellano.

# ¿Que es Retscreen?

- **¿Que es?:** es un programa de diseño. No es un programa de simulación. Se construye como una serie de Macros para Excel. Es sencillo de instalar y operar.
- **Ventajas:** Es sencillo de comprender y utilizar. Tiene gran cantidad de información climática, de equipos y componentes. Es muy sencillo evaluar escenarios alternativos. Su fundamentación científica es sólida y está muy bien explicada en la documentación. Da buenos resultados en forma comparativa (es decir comparando el escenario A con el escenario B). Es rápido de comprender y aplicar. Existe mucha documentación de soporte (en inglés y francés). Y además es gratuito.
- **Desventajas:** **No** es un programa de simulación. Por lo tanto los resultados son anuales y globales. No tiene las finezas de una simulación, ya que aplica métodos bien conocidos en Ingeniería. Como aún está en desarrollo, hay módulos que funcionan mejores que otros.

# Iniciando Retscreen:

Se debe tener instalado una versión de Excel. Funciona muy bien con la versión 2003.

Con Office 2007 se debe permitir macros y habilitar enlaces externos.

Con Office 2010 seguir instrucciones especiales.

- Una vez iniciado el programa, se debe ver una pantalla similar a la que se indica en la siguiente transparencia.
- **Nota:** está el menú en inglés, pero puede ser también en Castellano.

# Iniciando Retscreen:

Al inicio existen tres Hojas:

- **Inicio:** se ingresan datos básicos del proyecto. Metodología a aplicar. Si se usa poder calorífico superior o inferior como base del combustible. Se escoge el lugar y se cargan los datos climáticos. *Recomendaciones:* Usar método 1 y PCI. Si se visualizan datos, se pueden modificar.
- **Modelo de energía:** aquí se resuelve la comparación del caso base con el de referencia (el que se analiza).
- **Herramientas:** son herramientas auxiliares para análisis más fino del proyecto.



# Caso ACS:

Es sencillo explorar diversas opciones y hay muchas sugerencia útiles:

- **Cambiar lugar:** Una vez hecho el primer ejemplo, lo replicaremos en Chillán.
- **Cambiar aplicación:** También veremos brevemente un caso de hospital.
- **Guardar ejemplos:** si uno guarda los ejemplos, quedan todas las versiones disponibles para análisis posterior.

# Caso ACS:

Partir abriendo el programa y veremos un caso de calentamiento de agua con colectores hidrónicos en Coyhaique:

- **Se abre el programa:** luego se escoge Chile y Coyhaique.
- **Modelo de energía:** aquí se resuelve la comparación del caso base con el de referencia (el que se analiza).
- **Herramientas:** son herramientas auxiliares para análisis más fino del proyecto.

Microsoft Excel ribbon with tabs: Inicio, Insertar, Diseño de página, Fórmulas, Datos, Revisar, Vista, RETScreen. The RETScreen tab is active, showing icons for Ayuda, Base de datos de producto, Base de datos meteorológicos, Base de datos hidrológicos, Base de datos del proyecto, RETScreen en la Web, Acercar, Alejar, Buscar objetivo, and Calculadora.



# RETScreen® International

www.etscreen.net

## Software de Análisis de Proyectos de Energía Limpia

### Información del proyecto

[Ver la base de datos del proyecto](#)

Nombre del Proyecto	<input type="text"/>
Ubicación del Proyecto	<input type="text"/>
Preparado para	<input type="text"/>
Preparado por	<input type="text"/>
Tipo de proyecto	<input type="text" value="Generación de calor"/>
Tecnología	<input type="text" value="Calentador solar de agua"/>
Tipo de análisis	<input type="text" value="Método 1"/>
Poder calorífico de referencia	<input type="text" value="Poder Calorífico Inferior (PCI)"/>
Mostrar parámetros	<input checked="" type="checkbox"/>
Idioma	<input type="text" value="Spanish - Español"/>
Manual de usuario	<input type="text" value="English - Anglais"/>
Moneda	<input type="text" value="\$"/>
Unidades	<input type="text" value="Unidades métricas"/>

### Condiciones de referencia del sitio

[Seleccionar ubicación de datos meteorológicos](#)

Ubicación de datos meteorológicos	<input type="text" value="Coihaique"/>
-----------------------------------	--



Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista RETScreen

Ayuda Base de datos de producto Base de datos meteorológicos Base de datos hidrológicos Base de datos del proyecto RETScreen en la Web Acercar Alejar Buscar Calculadora objetivo

RETScreen

WeatherHDD\_1

**Condiciones de referencia del sitio**

[Seleccionar ubicación de datos meteorológicos](#)

Ubicación de datos meteorológicos

Mostrar datos

Al visualizar datos, los mismos se pueden reemplazar y/o modificar. Esto facilita análisis

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación del Proyecto
Latitud	°N	-45,6	-45,6
Longitud	°E	-72,1	-72,1
Elevación	m	547	547
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-4,0	
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	14,1	
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	11,8	

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Dias-grado de calentamiento mensual	Dias-grado de enfriamiento
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	9,2	76,2%	4,46	93,3	5,4	11,0	272	0
Febrero	9,9	74,3%	4,40	93,5	4,8	11,1	227	0
Marzo	8,0	79,6%	3,11	93,4	4,5	8,6	309	0
Abril	5,5	83,8%	1,97	93,3	4,9	5,6	374	0
Mayo	3,3	86,5%	1,28	93,2	4,6	3,1	455	0
Junio	1,3	87,1%	0,97	93,1	4,6	0,9	501	0
Julio	0,8	86,0%	1,12	93,3	4,7	0,3	534	0
Agosto	2,0	83,6%	1,68	93,4	4,7	1,6	497	0
Septiembre	3,3	80,3%	2,63	93,5	4,7	3,6	443	0
Octubre	5,1	79,0%	3,64	93,4	4,9	6,1	399	0
Noviembre	6,6	78,4%	4,16	93,3	5,2	8,1	343	0
Diciembre	8,2	76,6%	4,49	93,3	5,3	9,9	305	0
<b>Anual</b>	<b>5,2</b>	<b>81,0%</b>	<b>2,82</b>	<b>93,3</b>	<b>4,8</b>	<b>5,8</b>	<b>4.659</b>	<b>0</b>
Medido a	<input type="text" value="m"/>				<input type="text" value="10,0"/>	<input type="text" value="0,0"/>		

NASA [Complete la hoja del Modelo de Energía](#)

Comenzar Modelo de Energía Herramientas

Listo



J739

Modelo de Energía RETScreen - Proyecto de calefacción

Proyecto de calefacción

Tecnología

Calentador solar de agua

Características de la carga

Aplicación

- Piscina
- Agua caliente

Este es un ejemplo para una casa con 4 habitantes

Tipo de carga

Número de unidades

Tasa de ocupación

Uso diario de agua caliente - estimado

Uso diario de agua caliente

Temperatura

Días de operación por semana

Unidad	Caso base	Caso propuesto
	Casa	
Ocupante	4	
%	100%	
L/d	240	
L/d	240	240
°C	45	45
d	7	7

Aquí aparece la demanda anual de energía en MWh

Porcentaje del mes usado

Método de evaluación de la temperatura de suministro

Temperatura del agua - mínima

Temperatura del agua - máxima

Unidad	Fórmula
°C	3,7
°C	6,9

Demanda de calor

Unidad	Caso base	Caso propuesto	Energía ahorrada	Costos iniciales incrementales
MWh	4,1	4,1	0%	

Evaluación de recursos

Modo de rastreo solar

Inclinación

Azimut

Unidad	Fijado
°	45,0
°	180,0

Mostrar datos

Radiación solar diaria - horizontal      Radiación solar diaria - inclinado

Mes	kWh/m²/d	kWh/m²/d
Enero	4,45	4,04





**Evaluación de recursos**

Modo de rastreo solar  
Inclinación  
Azimut

Fijado
45,0
180,0

Ingresar inclinación paneles (no menos de 20°) y azimut. Azimut norte = 180°

**Mostrar datos**

Mes	Radiación solar diaria - horizontal	Radiación solar diaria - inclinado
	kWh/m <sup>2</sup> /d	kWh/m <sup>2</sup> /d
Enero	4,46	4,04
Febrero	4,40	4,35
Marzo	3,11	3,46
Abril	1,97	2,60
Mayo	1,28	2,08
Junio	0,97	1,73
Julio	1,12	1,91
Agosto	1,68	2,42
Setiembre	2,63	3,10
Octubre	3,64	3,71
Noviembre	4,16	3,83
Diciembre	4,49	3,98
<b>Anual</b>	<b>2,82</b>	<b>3,09</b>

Esto es la energía incidente mes a mes en pl. horizontal e inclinado

Radiación solar anual - horizontal  
Radiación solar anual - inclinado

MWh/m <sup>2</sup>	1,03
MWh/m <sup>2</sup>	1,13

**Calentador solar de agua**

Tipo  
Fabricante  
Modelo  
Área bruta por colector solar  
Área de captación de colector solar  
Coeficiente Fr (tau alfa)  
Coeficiente Fr UL  
Coeficiente de temperatura para Fr UL  
Número de colectores  
Área del colector solar  
Capacidad  
Pérdidas varias

Vidriado	
Chromagen Solar Energy Systems	
CC-A/F (CR-120)	
m <sup>2</sup>	2,80
m <sup>2</sup>	2,59
	0,74
(W/m <sup>2</sup> )/°C	4,89
(W/m <sup>2</sup> )/°C <sup>2</sup>	0,000
	1
m <sup>2</sup>	2,80
kW	1,81
%	3,0%

\$ 1.000.000

Aquí se ingresa el tipo de colectores y su cantidad



J803      fx

Radiación solar anual - inclinado      MWh/m<sup>2</sup>      1,13

**Calentador solar de agua**

Tipo  
Fabricante  
Modelo  
Área bruta por colector solar  
Área de captación de colector solar  
Coeficiente Fr (tau alfa)  
Coeficiente Fr UL  
Coeficiente de temperatura para Fr UL  
Número de colectores  
Área del colector solar  
Capacidad  
Pérdidas varias

Vidriado	
Chromagen Solar Energy Systems	
CC-A/F (CR-120)	
m <sup>2</sup>	2,80
m <sup>2</sup>	2,59
	0,74
(W/m <sup>2</sup> )/°C	4,89
(W/m <sup>2</sup> )/°C <sup>2</sup>	0,000
	1
m <sup>2</sup>	2,80
kW	1,81
%	3,0%

\$ 1.000.000

Las "pérdidas varias" son las pérdidas entre captores y acumulación. No deben ser más de 2 a 3% en buen sistema

**Balance del sistema y misceláneos**

Almacenamiento  
Capacidad de almacenamiento / área de colector solar  
Capacidad de almacenamiento  
Intercambiador de calor  
Eficiencia del intercambiador de calor  
Pérdidas varias  
Potencia de bomba / área de colector solar  
Tarifa de electricidad

	Sí
L/m <sup>2</sup>	80
L	207,1
si/no	Sí
%	80,0%
%	3,0%
W/m <sup>2</sup>	8,00
\$/kWh	150,000

El acumulador debe estar entre 70 y 120 l/m<sup>2</sup> de captor. Valores más pequeños en lugares con menos radiación. Santiago m/m 80 litros/m<sup>2</sup>

**Resumen**

Demanda de electricidad - bomba      MWh      0,0  
Calentamiento entregado      MWh      1,3  
Fracción solar      %      32%

El intercambiador de calor es esencial. La eficiencia está en el rango de 60 a 70% para los de camisa; 70 a 80% para los de tubo sumergido y 80 a 90% los de placa externos

**Sistema de calefacción**

Verificación del proyecto

Tipo de combustible  
Eficiencia estacional  
Consumo de combustible anual  
Precio del combustible  
Costo del combustible

	Caso base	Caso propuesto	
	Propano - kg	Propano - kg	
	80%	80%	
kg	380,3	256,9	kg
\$/kg	900,000	900,000	\$/kg
\$	342.229	231.171	



Este es el bloque donde se calculan los efectos de GEI. Para proyectos chicos no se usa.

Emisiones GEI		
Caso base	tCO2	1,2
Caso propuesto	tCO2	0,9
Reducción anual bruta de emisiones GEI	tCO2	0,4
Derechos de transacción por créditos GEI	%	
Reducción de emisiones GEI anual neta	tCO2	0,4
es equivalente a 0,1 Autos y camiones livianos no utilizados		
Renta por reducción de GEI		
Tasa crédito reducción de GEI	\$tCO2	

#### Análisis Financiero

Parámetros financieros			
Tasa de inflación	%		0,0%
Tiempo de vida del proyecto	año		15
Relación de deuda	%		0%
Costos iniciales			
Sistema de calefacción	\$	1.000.000	100,0%
Otro	\$		0,0%
<b>Costos iniciales totales</b>	<b>\$</b>	<b>1.000.000</b>	<b>100,0%</b>
Incentivos y donaciones	\$		0,0%
Costos anuales/pagos de deuda			
Costo de O y M (ahorros)	\$	0	
Costo de combustible - caso propuesto	\$	238.369	
Otro	\$		
<b>Costos anuales totales</b>	<b>\$</b>	<b>238.369</b>	
Ahorros y renta anuales			
Costo de combustible - caso base	\$	342.229	
Otro	\$		
<b>Total renta y ahorros anuales</b>	<b>\$</b>	<b>342.229</b>	
Viabilidad financiera			
TIR antes - impuestos - activos	%		6,1%
Pago simple de retorno del capital	año		9,6
Repago - capital	año		9,6

Este es el bloque Económico. Muy práctico para calcular TIR y en cuanto se recupera inversión. También sirve para optimizar





# Caso Calefacción:

Partir abriendo el programa y veremos un caso de calentamiento de agua con caldera normal y con colectores hidrónicos en Chillán:

- **Se abre el programa:** luego se escoge Chile y Chillán.
- **Modelo de energía:** Dato fundamental es determinar los  $W/m^2$  nominales que requiere la construcción. Esto se hace con temperatura interior de diseño y temperatura exterior de diseño.
- **Comparación:** teniendo la demanda base, es rápido determinar la demanda de energía anual en MWh.
- **Números de referencia:** es bueno usar un indicador. Un número aceptable es 100 a 120 [ $kWh/(m^2año)$ ]. Números más grandes es deficiente. Hoy el standard óptimo está entorno a 25 a 30 [ $kWh/(m^2año)$ ].

# Caso Calefacción:

Algunos valores de referencia para rendimientos:

- **Calderas murales a gas:** 80 a 85%.
- **Caldera a leña:** si es con leña normal, entre 40 y 50%, si es con leña seca, hasta 65%, si es con pellets de leña, en torno a 75 a 80%.
- **Estufa doble cámara:** con leña húmeda, 35 a 40%, leña seca 55%. La leña húmeda rinde 3 kWh/kg y la seca 5 kWh/kg.
- **Calefont a gas (ACS):** nunca tienen rendimientos superiores a 60 a 65%.

# Caso Calefacción:

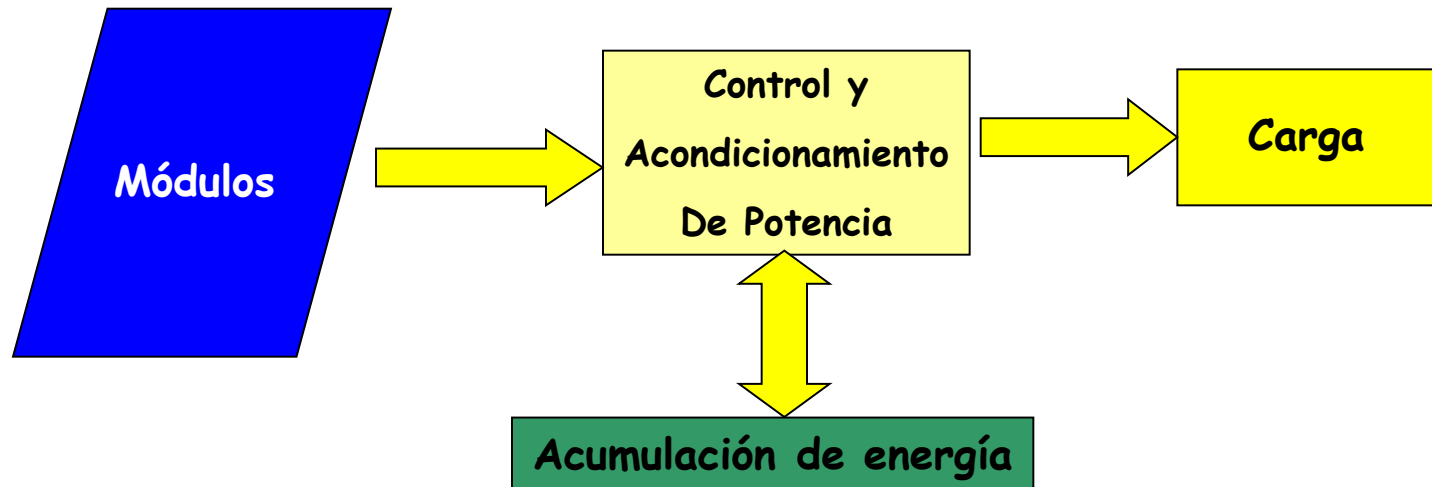
Podemos ver que la biomasa es muy competitiva, pero debe ser de buena calidad. Calefacción solar es más delicado el diseño:

# Caso Sistema Fotovoltaico:

Si bien consideraremos un sistema conectado a red, veremos brevemente los diversos tipos de sistema que existen y sus componentes principales.

- **El sistema FV:** Componentes principales.
- **Sistemas aislados de red:** estos trabajan con baterías para acumular energía
- **Sistemas conectados a red:** los más adecuados en el caso de edificación pública.
- **Sistemas conectados a red con respaldo:** tienen un grado de autonomía en el caso de falla de la red. Ideal para postas, retenes policiales, instalaciones de emergencia y otros.

# El Sistema Fotovoltaico

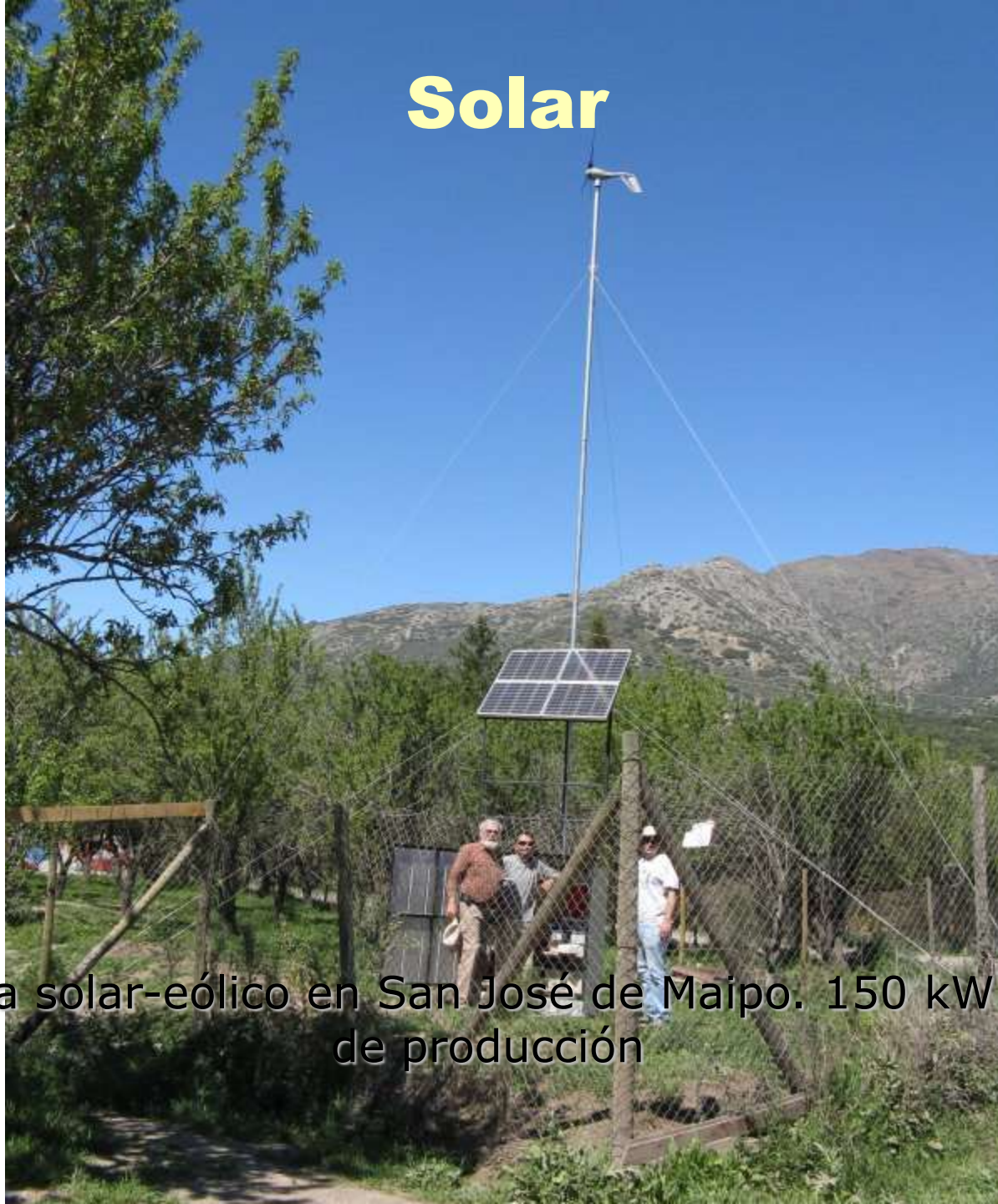


Un **sistema** fotovoltaico tiene algunos componentes que son **básicos**. Veamos cuales son: En primer lugar los **paneles** o **módulos** donde se convierte la energía solar en electricidad.

Luego un sistema de **acumulación de energía** para almacenar esta para el momento en que se necesite.

Luego un sistema de **control y acondicionamiento de potencia**. Este sirve para evitar sobrecargas o bien descargas profundas en baterías. Además puede ser más “inteligente” aún.

# Solar



Sistema solar-eólico en San José de Maipo. 150 kWh/mes de producción



# Casa con sistema integrado a red



En **Alemania** hay más de 500.000 casas que funcionan así...

# Elementos del sistema: Controlador

El primer elemento clave es el *Controlador*. Este tiene por función acoplar la energía producida por el banco de paneles a la demanda. Esta última puede ser un banco de baterías o la carga de la red.

Existen dos tipos básicos:

- Controlador de voltaje fijo (típico para bancos de baterías).
- Controlador con peak power tracking. Más avanzados y modernos.



# Elementos del sistema: Controlador

Controlador de voltaje fijo (típico para bancos de baterías).

- Este ajusta el voltaje que entregan los paneles al banco de baterías.
- Existen de 12, 24, 36 y 48 Volts. A medida que la potencia del sistema aumenta, se debe trabajar a voltajes mayores.
- Solo para sistemas con menos de 200 Watts usar 12 Volts.
- El controlador evita sobrecarga de baterías y además descarga profunda de las mismas.
- Por caída de voltaje hay una pérdida de rendimiento de algunos puntos.

# Elementos del sistema: Controlador

Controlador de *peak power tracking*. Se puede usar en sistemas conectados a red y también con bancos de baterías.

- Automáticamente ajusta el voltaje que entregan los paneles a su punto óptimo y a la vez entrega a las baterías (o inversor) también en el punto óptimo..
- Existen de 12, 24, 36 y 48 y voltajes superiores. A medida que la potencia del sistema aumenta, se debe trabajar a voltajes mayores. Sistemas grandes (2000 Watts por string) requieren voltajes de operación entre 300 y 400 Volts CC.
- Son más eficientes que los controladores comunes.
- Van a tender a desplazar los controladores comunes.

# Elementos del sistema: Baterías

Para sistemas aislados o que deban tener cierta autonomía, se debe contar con un banco de baterías. Algunas consideraciones básicas son:

- En cada banco de baterías (conectados a un grupo de paneles) las mismas deben ser todas del mismo tipo y capacidad.
- Tienen que estar conectadas en grupos paralelo/serie de manera de dar los voltajes requeridos y equilibrarse entre sí.
- Los bancos deben tener buena ventilación, pues es posible que produzcan hidrógeno por exceso de carga.
- Los conductores deben ser de la sección necesaria para conducir las corrientes generadas..

# Elementos del sistema: Baterías

La batería más común utilizada hoy son las de plomo-ácido:

- Las más comunes son las de *plomo-ácido*. Estas deben ser de descarga profunda, con baja autodescarga.
- Se deben dimensionar para que en un día no se descarguen más allá del 50% de su capacidad.
- Si se descargan en exceso, la vida útil de las mismas se ve comprometida.
- Tienen que tener una mantención adecuada. Esto significa revisar el nivel del electrolito y controlar su densidad de manera periódica.
- El banco de baterías debe tener contactor rápido de corte.
- Solo en aplicaciones muy pequeñas podrían usarse baterías de automóvil. Estas no soportan mucha descarga y son muy variables.

# Elementos del sistema: Baterías

Otros tipos de baterías que existen son:

- **Hierro nickel:** es uno de los tipos más antiguos. No les importa ser descargadas a fondo y tienen una vida útil superior a 20 años. Su autodescarga es relativamente elevada. Es difícil encontrarlas.
- **Hidruro de nickel:** son de una densidad de carga muy superior a las de plomo-ácido. Les gusta que se descarguen a fondo. Su costo es elevado.
- **Ión Litio:** las más nuevas y con mayor densidad de carga. Baja autodescarga. También se pueden descargar a fondo. Se desarrollarán por industria automotriz. Aún muy caras.

# Elementos del sistema: Inversores

El inversor es el elemento que convierte la CC en CA. Deben existir en cualquier sistema con potencia nominal superior a 200 Watts. Existen de varios tipos:

- **Onda de escalones:** son los más baratos. La onda generada no es sinusoidal. Solo para aplicaciones muy simples y no exigentes. No adecuados cuando hay motores eléctricos
- **Onda Sinusoidal:** son de mucho mejor calidad. Hay de 300 Watts a varios miles de Watts. Apto para mayor parte de instalaciones. NO PUEDEN CONECTARSE A LA RED.
- **Onda Sinusoidal y Conectado a red:** son los más modernos y cada vez más difundidos. En próxima lamina vemos características principales. Hay variante con autonomía.

# Inversores Conectados a Red

Reúnen varias características esenciales:

- **Sincronización con red:** sincronizan con la onda sinusoidal de la red. Esto implica que van midiendo con milisegundos lo que ocurre con la red.
- **Alimentación hacia y desde la red:** son interfase con exterior. Pueden alimentar los consumos internos desde el sistema FV, desde la red o bien (si hay excedentes de energía) alimentar a la red.
- **Seguridad de corte:** si la energía de la red se corta, entonces deben evitar alimentar a la red. Allí, según el caso, o dejan la instalación interior en isla o bien cortan el sistema.

# Elementos de diseño del sistema:

Los pasos esenciales son:

1. Determinar demanda de energía base: con criterio de demanda base y demandas de punta. Cuidadoso rastreo de los consumos a cubrir.
2. Ver voltaje de trabajo. Usar 12 Volts solo para potencias muy chicas.
3. Ubicar lugar para instalación y superficies disponibles.



# Sistemas conectados a red

- Es opción mucho mejor, pues se asegura calidad de suministro y también se evita el costo de las baterías (este puede ser un 30 a 40% del costo de un sistema FV).
- El ideal es tener un sistema comunitario, pues hay efectos de escala muy positivos.
- A continuación veremos un sistema que estamos instalando en Combarbalá. El mismo está en la sede social de una nueva población hecha con sistema de subsidio.

# Sistema de Combarbalá



10 kW de capacidad (30 a 40 kWh/día de generación,  
trifásico).

# Sistema de Combarbalá



Instalación paneles sobre techumbre

# Sistema de Combarbalá



Paneles y casas en construcción



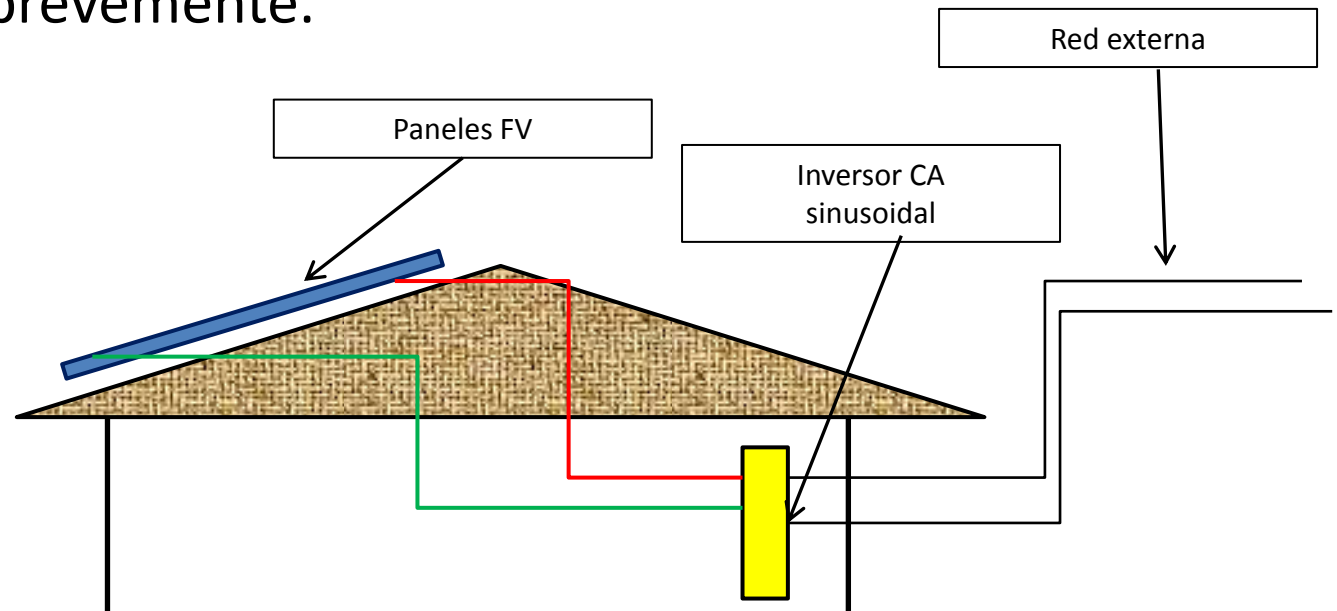
# Iniciando Retscreen:

Al inicio existen tres Hojas:

- **Inicio:** se ingresan datos básicos del proyecto. Metodología a aplicar. Si se usa poder calorífico superior o inferior como base del combustible. Se escoge el lugar y se cargan los datos climáticos. *Recomendaciones:* Usar método 1 y PCI. Si se visualizan datos, se pueden modificar.
- **Modelo de energía:** aquí se resuelve la comparación del caso base con el de referencia (el que se analiza).
- **Herramientas:** son herramientas auxiliares para análisis más fino del proyecto.

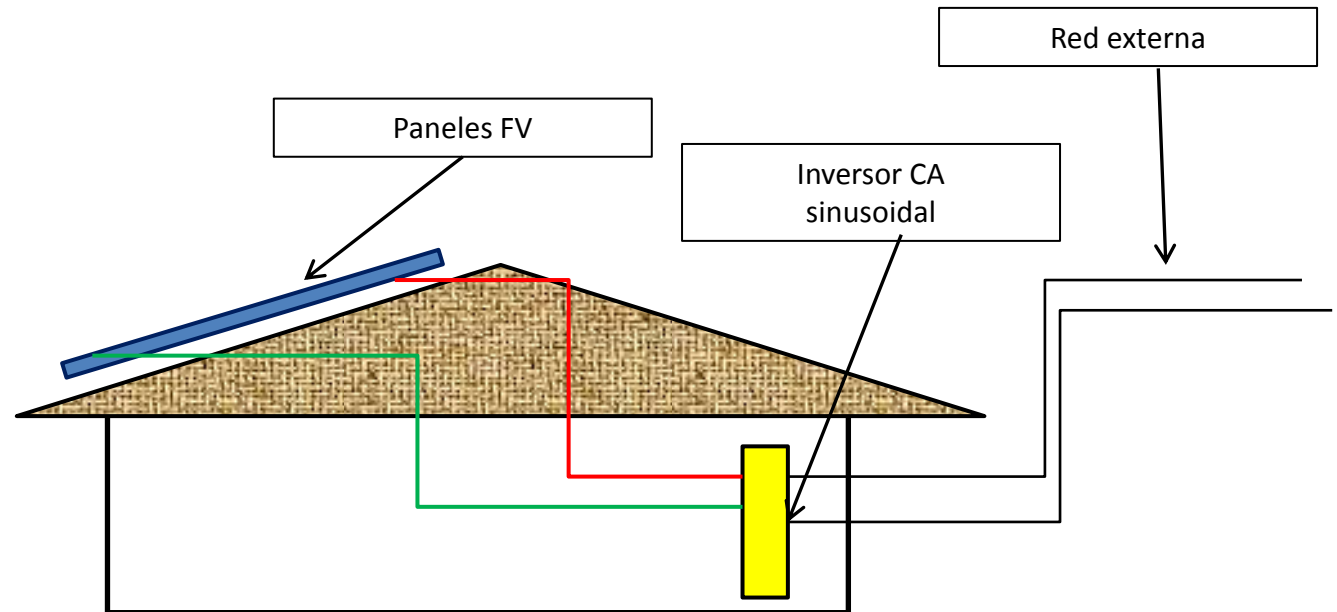
# Sistema FV conectado a red

- Es lo que se conoce comúnmente como “*grid tied*”.
- El sistema está constituido por *paneles*, *conexiones*, e *inversor conectado a red*.
- Cada componente tiene características especiales que indicaremos brevemente.



# Sistema FV conectado a red

- Los *paneles* vienen en 12 y 24 Volts CC. Para potencias muy chicas se usa 12 Volts, pero para potencias mayores a 200 Watts nominal deben conectarse en 24, 36 o 48 Volts CC. Para potencias mayores a 2.000 Watts, se suele usar 96 o más Volts. Todo para tener conductores de menor calibre.
- El inversor debe ser de onda sinusoidal completa, con sincronismo a red y aislación del exterior en caso de falla externa.
- De manera opcional uno podría tener un cierto grado de autonomía interna.



## Procedimiento dimensionado por *Retscreen*

- Es esencial determinar el llamado *factor de planta*. Esto significa lo siguiente:

Sea  $P$  la potencia nominal del sistema (p.ej. 1000 Watts = 1 kW).

Sea  $N$  las horas del año, es decir =  $24 \times 365 = 8760$

Sea  $E$  la energía anual efectivamente producida en kWh. Supongamos que al año genera 1600 kWh en el lugar especificado.

Entonces el *factor de planta*,  $FP$  será:

$$FP = \frac{E}{P \times N} = \frac{1600}{1 \times 8760} = 0,182$$

Esto no es trivial calcular, pero *Retscreen* lo hace para sistemas aislados.



## Procedimiento dimensionado por *Retscreen*

- El procedimiento es casi directo si se conoce el *Factor de Planta*.
- En caso de no conocerlo se debe primero trabajar con sistema aislado de red.

Los pasos a seguir son:

- Primero ubicar lugar.
- Determinar potencia nominal y energía diaria consumida.
- Luego seleccionar paneles y cantidad.
- Determinar inversor/controlador y eficiencia (un buen sistema tiene eficiencia del orden de 96%).
- Determinar pérdidas eléctricas entre paneles e inversor. Con buen diseño no es más de 2%.
- Considerar días de autonomía y capacidad baterías.
- Luego sale características del proyecto y el *factor de planta*.

# Primero obtenemos FP

The screenshot shows the RETScreen software interface. The title bar indicates the file name is 'RETScreen4-1'. The ribbon menu includes 'Inicio', 'Insertar', 'Diseño de página', 'Fórmulas', 'Datos', 'Revisar', 'Vista', and 'RETScreen'. The 'RETScreen' ribbon contains icons for 'Ayuda', 'Base de datos de producto', 'Base de datos meteorológicos', 'Base de datos hidrológicos', 'Base de datos del proyecto', 'RETScreen en la Web', 'Acercar', 'Alejar', 'Buscar objetivo', and 'Calculadora'. The 'Set\_GridType' dropdown is set to 'Fuera-red'. The main window is divided into two sections: 'Información del proyecto' and 'Condiciones de referencia del sitio'. In the 'Información del proyecto' section, the 'Tipo de red' dropdown is set to 'Fuera-red'. In the 'Condiciones de referencia del sitio' section, the 'Ubicación de datos meteorológicos' dropdown is set to 'Pudahue\Arturo Mer'.

**Información del proyecto** [Ver la base de datos del proyecto](#)

Nombre del Proyecto

Ubicación del Proyecto

Preparado para

Preparado por

Tipo de proyecto

Tecnología

Tipo de red

Tipo de análisis

Poder calorífico de referencia

Mostrar parámetros

**Condiciones de referencia del sitio** [Seleccionar ubicación de datos meteorológicos](#)

Ubicación de datos meteorológicos

Mostrar datos

Se escoje sistema fuera de red

Se escoje Santiago

# Segundo paso definir sistema:

D255

fx 2%

## Proyecto de generación eléctrica

### Sistema eléctrico de potencia del caso base

Tipo de red  
 Tecnología  
 Tipo de combustible  
 Precio del combustible  
 Capacidad  
 Rendimiento calórico  
 Costo anual de operación y mantenimiento  
 Tarifa de electricidad - caso base  
 Costo total de electricidad

Fuera-red	
Motor a pistones	
Petróleo Diesel (#2) - L	
\$/L	550,000
kW	3,00
kJ/kWh	15,000
\$	50,000
\$/kWh	254,754
\$	464,925

Potencia sistema respaldo

### Características de la carga

- Método 1
- Método 2

Demanda de electricidad - diaria - CC  
 Demanda de electricidad - diaria - CA  
 Correlación recurso-carga intermitente

Unidad	Caso base	Caso propuesto
kWh		
kWh	5,000	5,000
		Negativo

Demanda energía diaria y demanda de punta

### Porcentaje del mes usado

Demanda de electricidad - anual - CC  
 Demanda de electricidad - anual - CA  
 Carga punta - anual

	Caso base	Caso propuesto	Energía ahorrada	Costos iniciales incrementales
MWh	0,000	0,000		
MWh	1,825	1,825	0%	
kW		2,00		

## Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto

Inversor  
 Capacidad  
 Eficiencia  
 Pérdidas varias

kW	2,0	Costos iniciales	\$ 1.000.000
%	96%		
%	2%		

Inversor, eficiencia y pérdidas varias

# Siguiendo con definición de sistema:

<b>Batería</b>			
Días de autonomía	d	2,0	
Tensión	V	24,0	
Eficiencia	%	85%	
Máxima profundidad de descarga	%	80%	
Eficiencia del controlador de carga	%	96%	
Método de control de temperatura		Ambiente	
Reducción promedio de la capacidad de la batería por	%	4,8%	
Capacidad	Ah	600	603
Batería	kWh	14	\$ 600.000

**Tecnología** Fotovoltaico

## Evaluación de recursos

Modo de rastreo solar	*	Fijado
Inclinación	°	30,0
Azimut	°	180,0

Mostrar datos

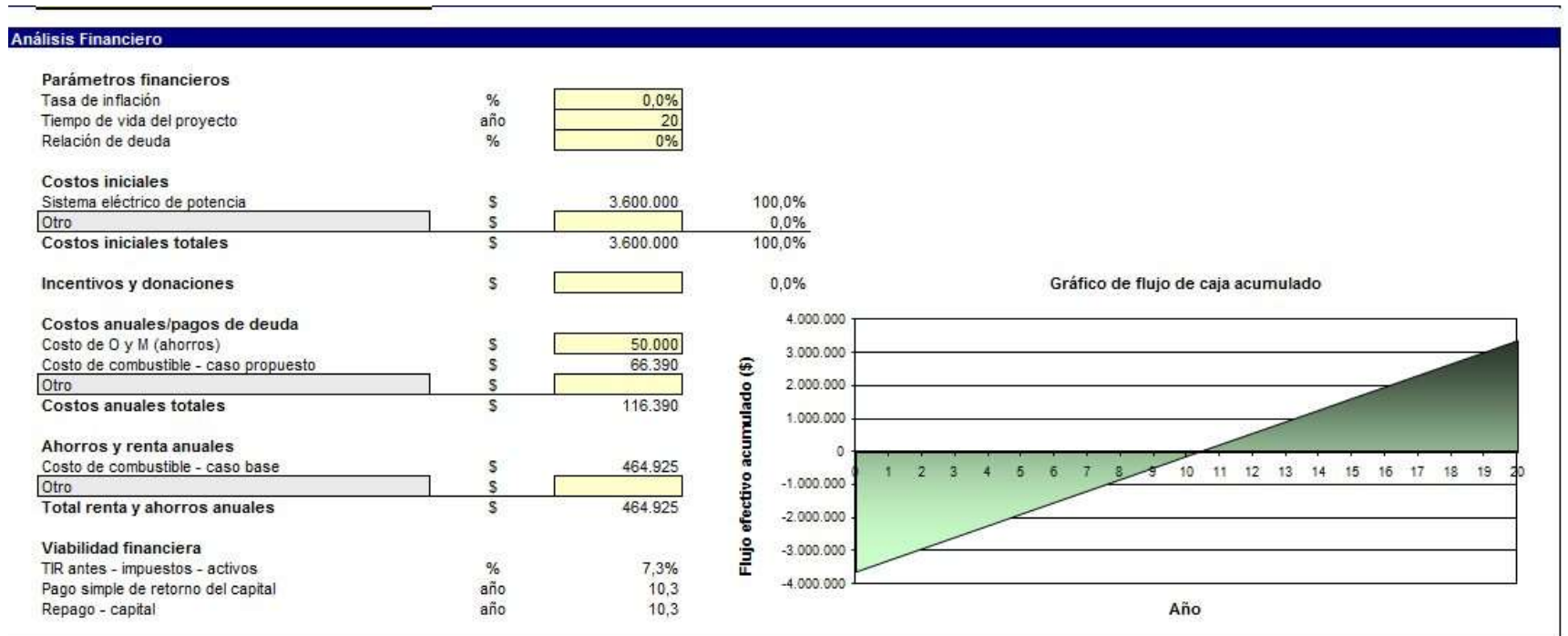
Mes	Radiación solar	Radiación solar	Electricidad
	diaria - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	diaria - inclinado kWh/m <sup>2</sup> /d	entregada a la carga MWh
Enero	7,89	7,23	0,16
Febrero	6,96	6,90	0,15
Marzo	5,46	5,96	0,16
Abril	3,67	4,45	0,13
Mayo	2,42	3,22	0,10
Junio	1,88	2,59	0,08
Julio	2,22	3,06	0,09
Agosto	2,93	3,67	0,11
Setiembre	4,17	4,67	0,13
Octubre	5,75	5,85	0,16
Noviembre	7,29	6,82	0,16
Diciembre	7,91	7,10	0,16
<b>Anual</b>	<b>4,87</b>	<b>5,12</b>	<b>1,58</b>

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,78
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,87



# Siguiendo con definición de sistema:



¿Seremos capaces de asumir los desafíos?

¿Pasar de ser un país que explota y exporta materias con poca elaboración a un país capaz de desarrollar, crear y mejorar tecnologías?

