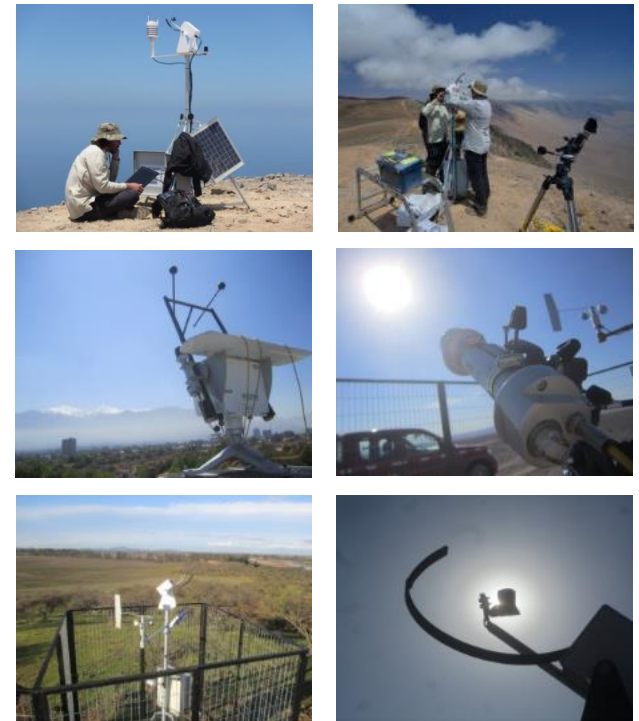


CENTER FOR SOLAR ENERGY TECHNOLOGIES

Red de estaciones solarimétricas PUC/DICTUC/FCR

Alan Pino

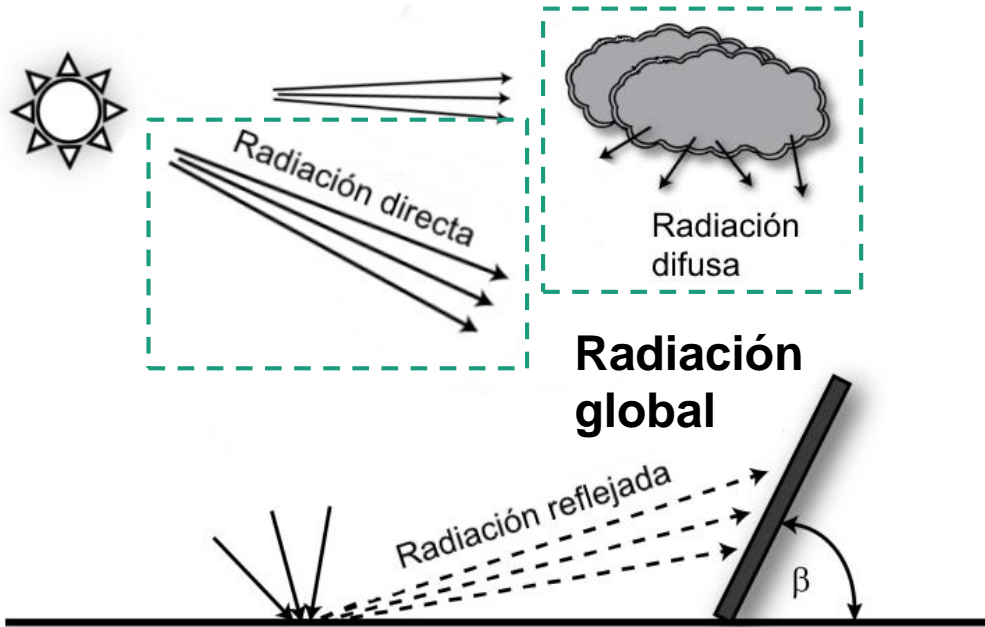
14 de Agosto de 2015



Contenidos

- Medición del recurso solar
- Red de estaciones solarimétricas
 - Laboratorio San Joaquín
 - Estaciones en terreno
- Variabilidad espacial y temporal de mediciones
- Recomendaciones para evaluación correcta del recurso
- Conclusiones

Radiación solar



Irradiación Global horizontal (GHI)

Irradiación Difusa horizontal (DiffHI)

Irradiación Directa Normal (DNI)

$$GHI = DNI \cdot \cos(Z) + DiffHI$$

PV y SST: Global en plano del colector



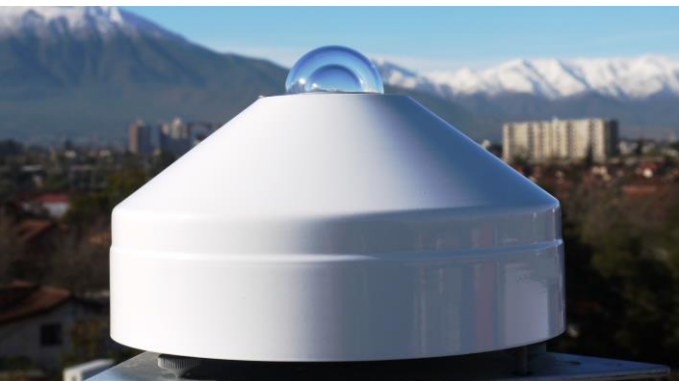
Concentración: Directa Normal (DNI)



Instrumentación

Global Horizontal

Medida por un **piranómetro** horizontal



Directa Normal

Medida por un **pirheliómetro (NIP)** montado en un seguidor solar (*tracker*)



Difusa Horizontal

Medida por un **piranómetro** bajo una bola de sombreadamiento



Medida por un radiómetro con **banda rotatoria de sombreadamiento** (RSR: *Rotating Shadowband Radiometer*)

Global, directa y difusa

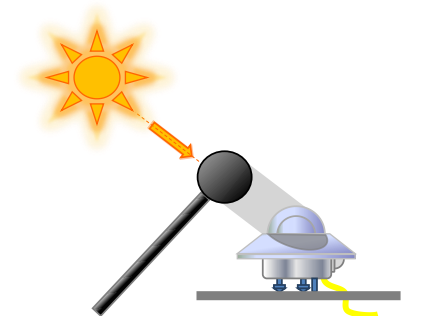
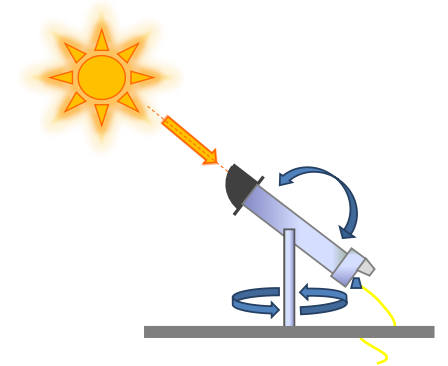
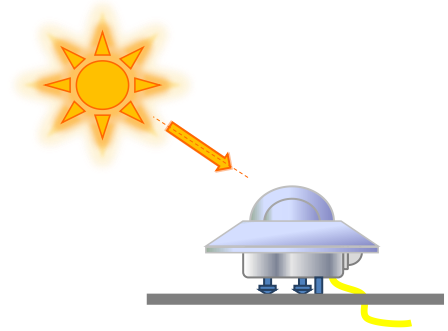
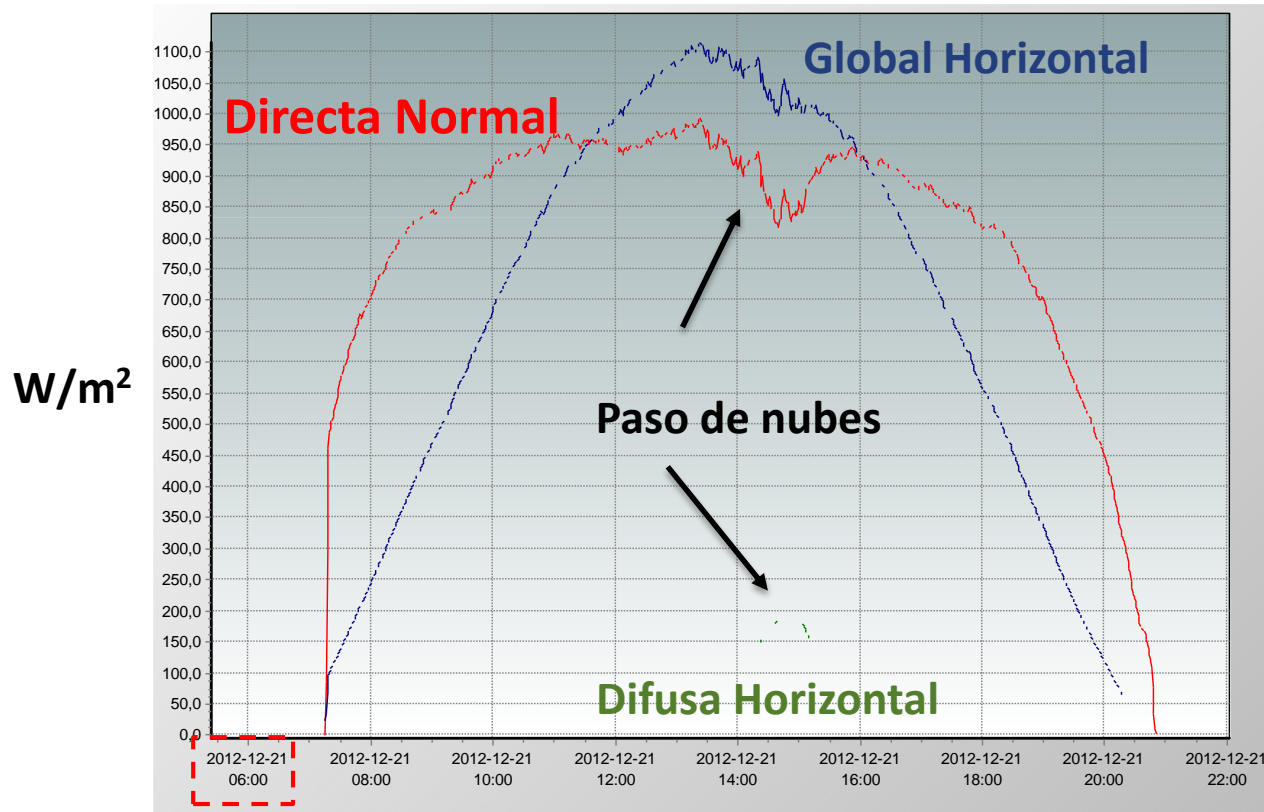
Medida por un radiómetro **sombreado internamente** (SPN1)



Irradiance Inc.

delta-t.co.uk/

Radiómetros de termopila

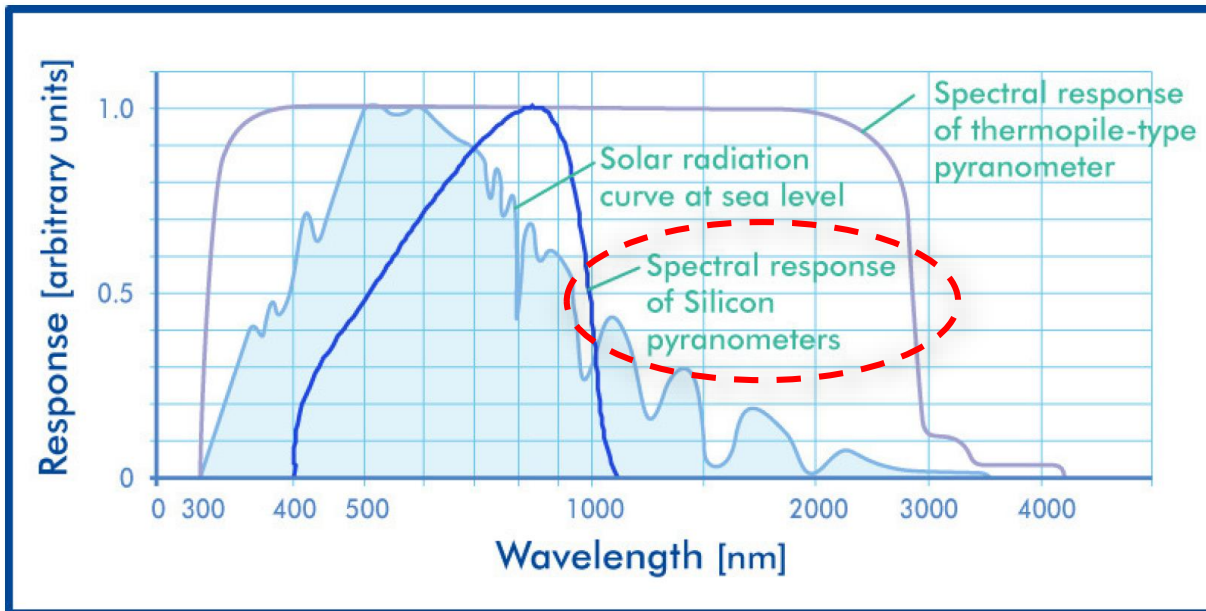


COSTO: USD 2000 - 6000
Velocidad: 1 – 5 segundos
Precisión: $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$ (subhorario)

Radiómetros fotoeléctricos

COSTO: USD 300-700
Velocidad: 10 μ s para 95%
Precisión: \pm 5% a \pm 8% (subhorario)

Rápida respuesta, baratos, precisión aceptable, PERO...



Otros radiómetros

PAR



UVA
UVB



IR (Pirgeómetro)

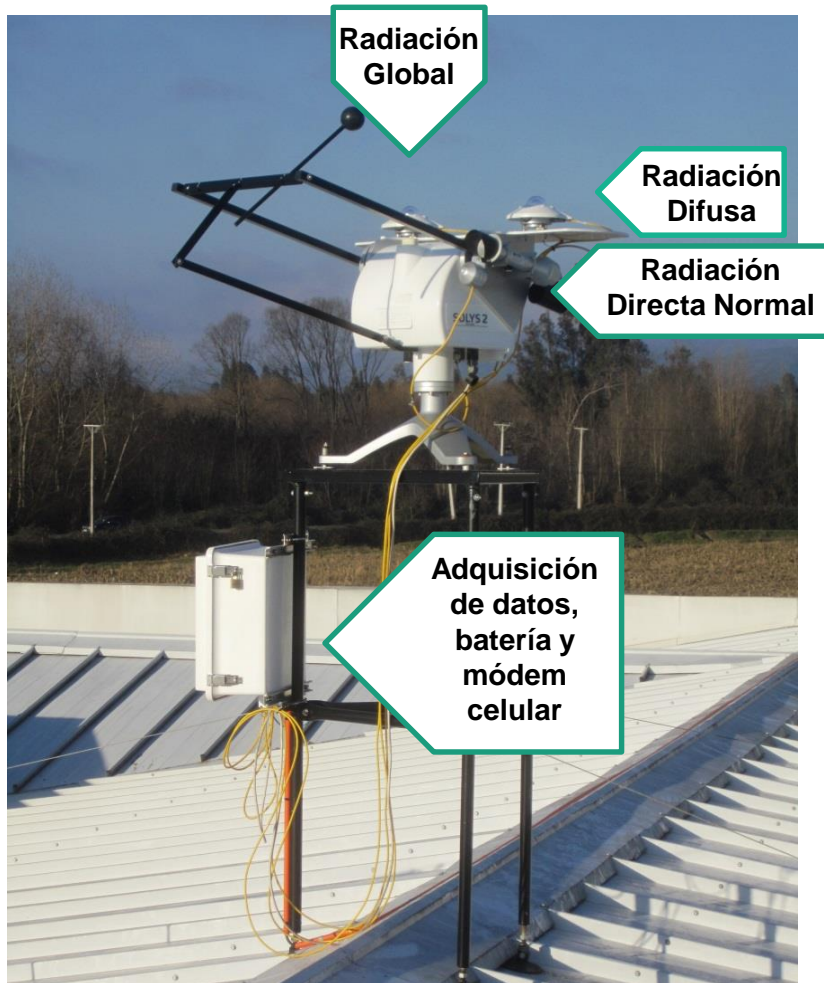


...entre otros

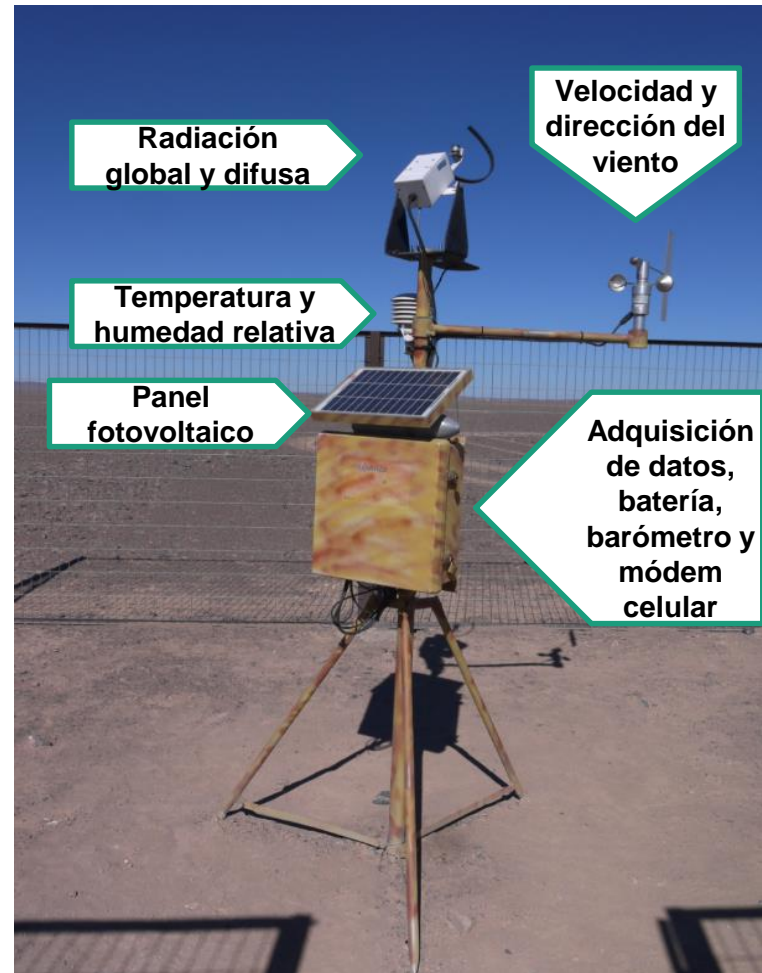


kippzonen.com

Estaciones solarimétricas



COSTO: USD 40000 - 50000



COSTO: USD 23000

¿Sun Tracker

o

RSR?

- + instrumentos de mayor precisión
- + medición de DNI
- requieren conexión a red eléctrica
- mantenciones más frecuentes

- + requiere baja mantención
- + autónoma (batería + PV)
- + costo moderado
- cálculo de DNI
- sensor de menor precisión

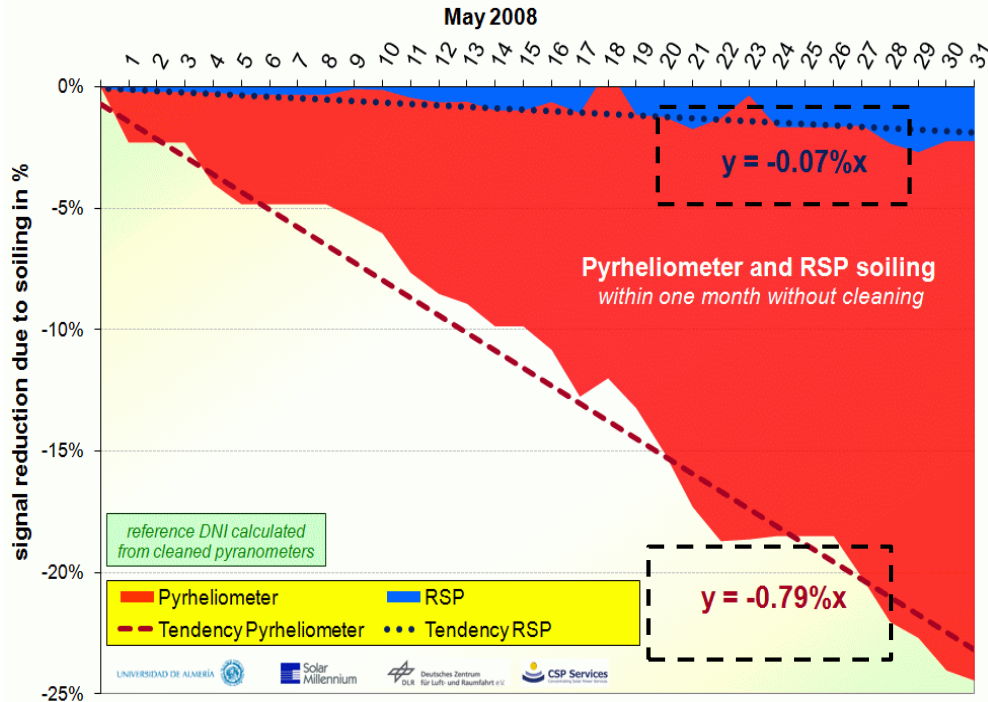


Kipp & Zonen



Irradiance Inc.

¿Pirheliómetro o RSR?



La degradación en la precisión del sensor sucio implica que el RSR **siempre** es mejor que un NIP sin limpieza diaria.

Para DNI:

- NIP+Tracker es un **equipo de laboratorio**: su mejor desempeño se obtiene en condiciones controladas con **limpieza diaria y electricidad 24/7**. La incertidumbre es baja pero el costo es alto.
- El RSR es un **equipo de terreno**: sobrevive y opera bien con **mantención mínima**. Su incertidumbre es más alta pero el costo es mucho más bajo.



Red de estaciones

- 10 estaciones
 - 6 tipo RSR
 - 4 tipo Sun Tracker
- Investigación
- Contratos con la industria
- Colaboración con otros centros/universidades

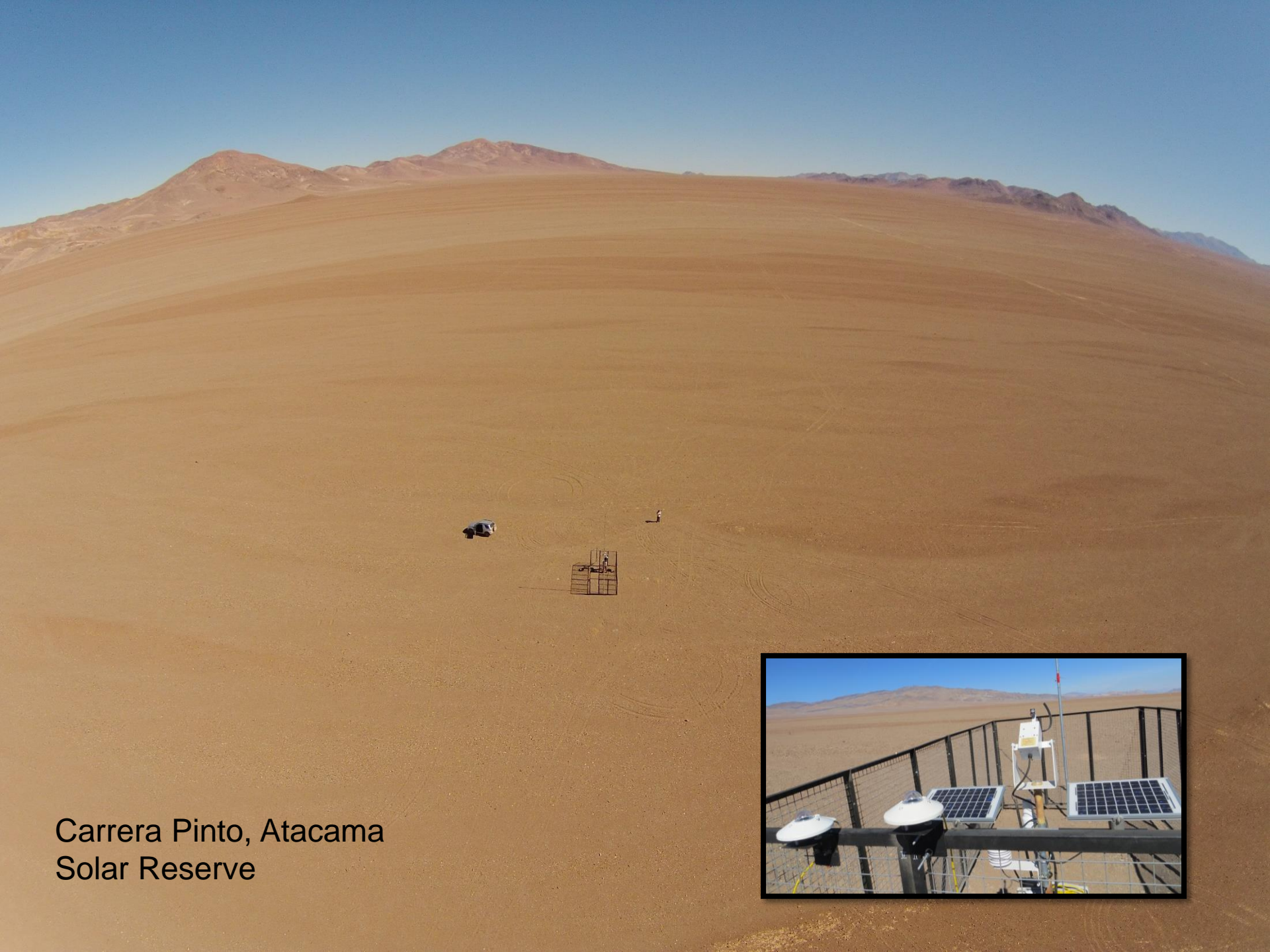


Laboratorio PUC/DICTUC/CSET

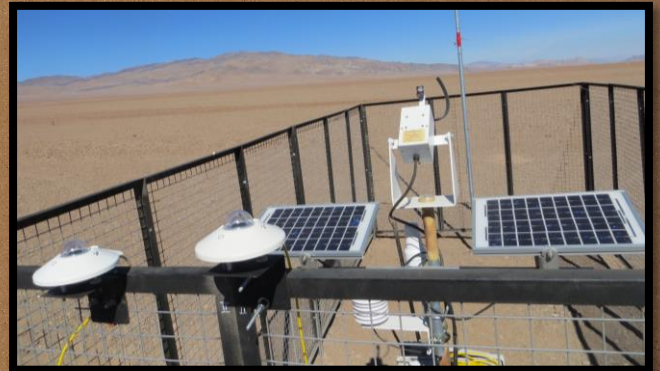
Campus San Joaquín UC

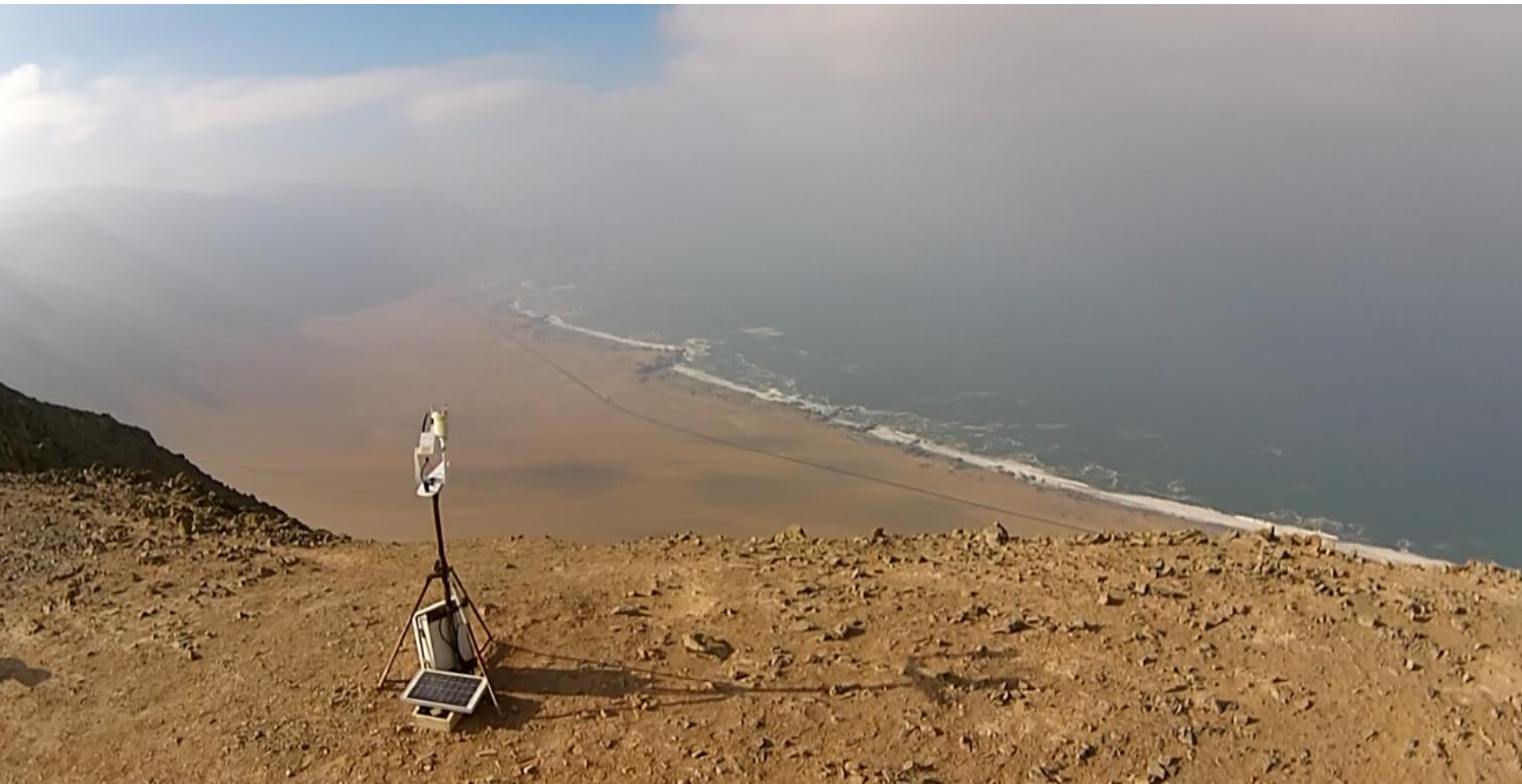
- Actividades de docencia pre/postgrado
- Investigación
- Consultoría
- Entrenamiento y prueba de equipos





Carrera Pinto, Atacama
Solar Reserve





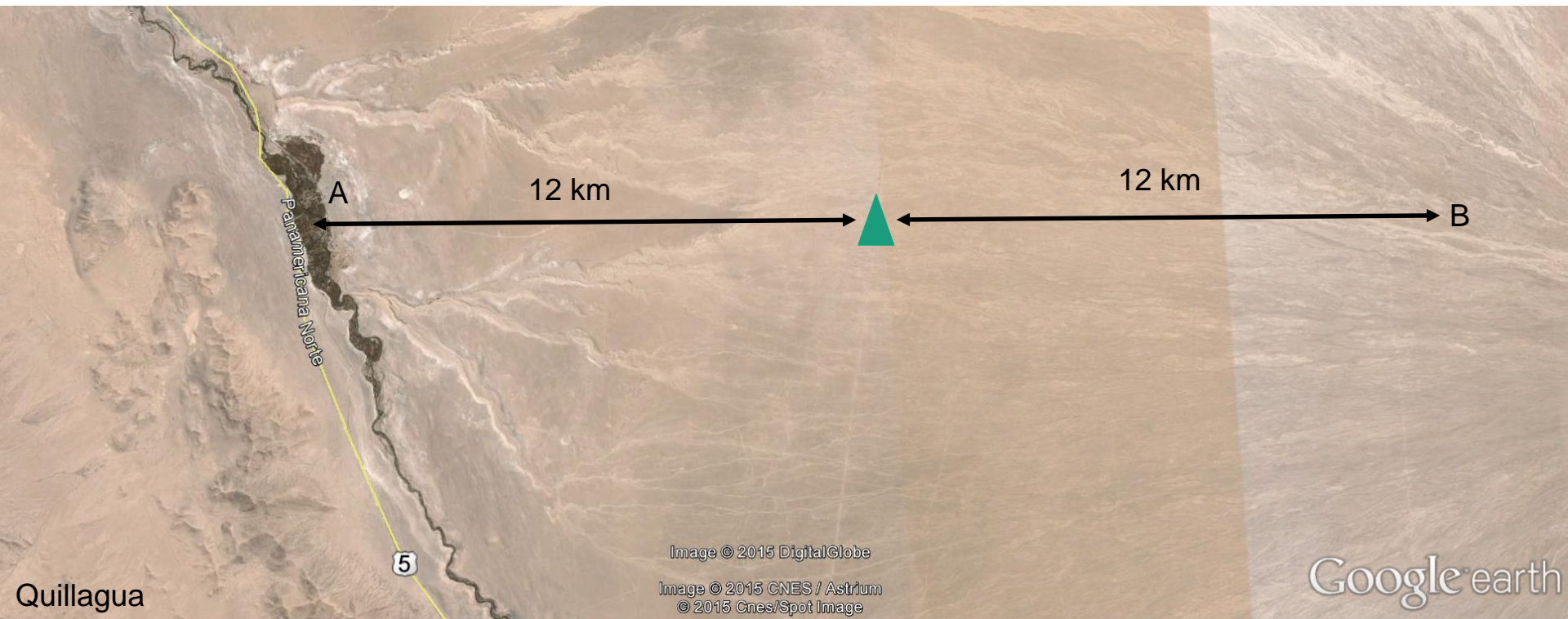
Alto Patache, Tarapacá.
Centro UC Desierto de Atacama



La Tirana, Tarapacá.
DICTUC / Latin America Power

Variabilidad espacial: ¿dónde medir?

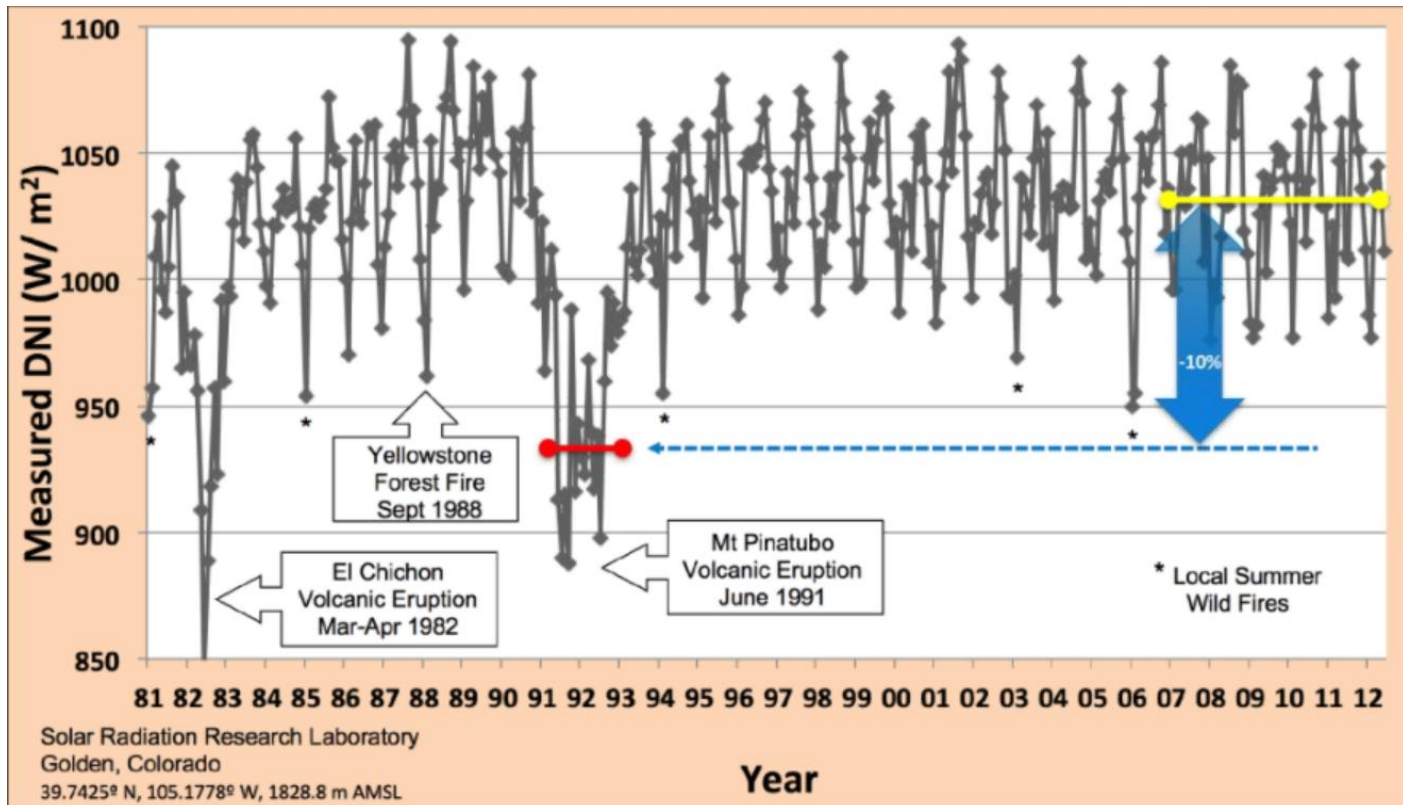
- Medición DEBE ser representativa del área de interés
 - Depende del clima local y terreno: puede ser uniforme (desierto) o complejo (montañas, valles, centro urbano, cuerpos de agua).



Variabilidad temporal: ¿por cuánto tiempo medir?

- Se debe considerar costo, incertidumbres aceptables, opción de complementar con satelital...

DNI máxima mensual

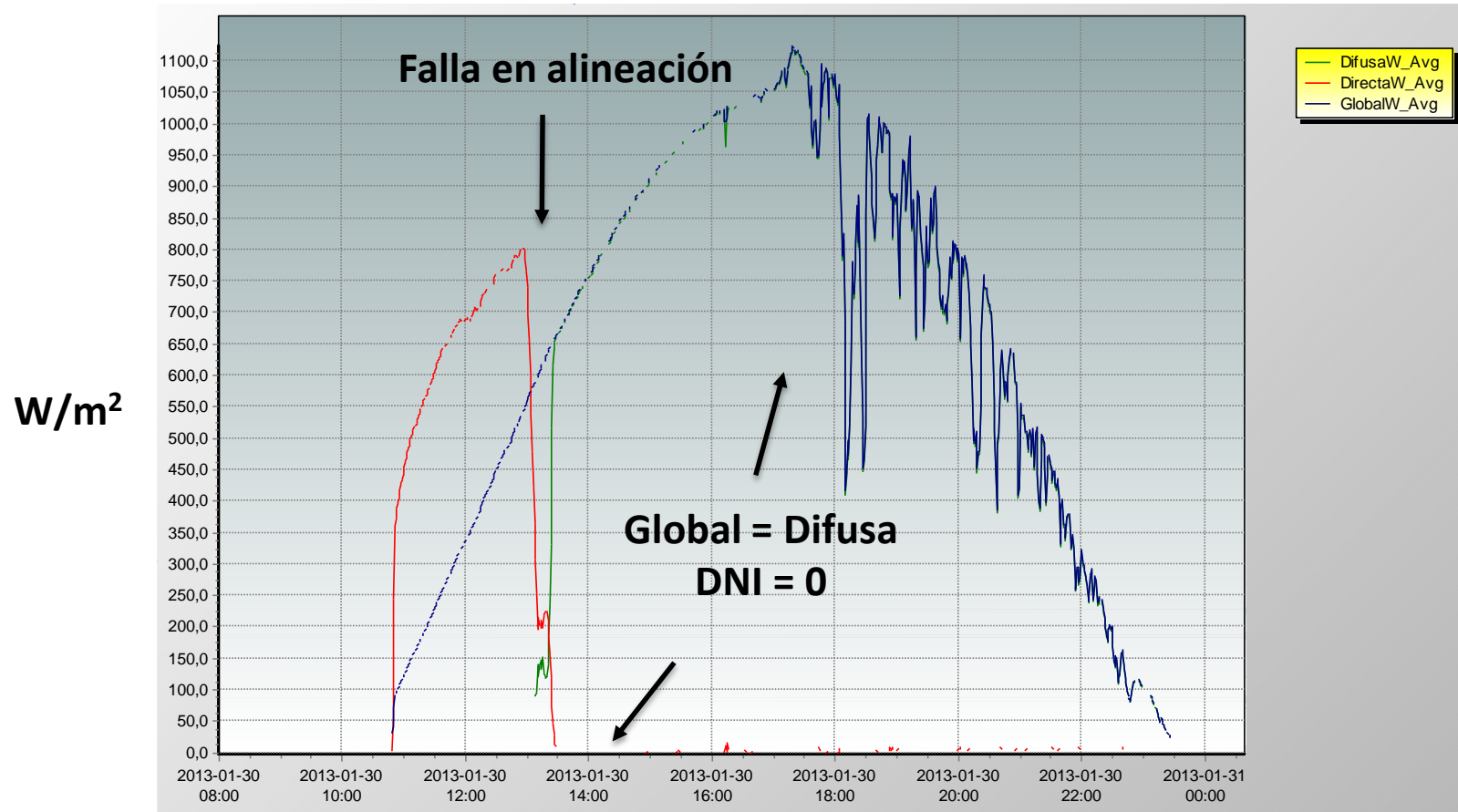


Tom Stoffel, Steve Wilcox: Overview of Best practices for solar resource assessment

Consideraciones generales

- Es muy importante la calibración periódica de los sensores
- Descarga de datos con mayor frecuencia posible
 - Probabilidad de tener una potencial pérdida de datos se incrementa con el tiempo
 - Opción de descarga remota
- Revisión de datos periódicamente
 - Detección de fallas
 - Minimizar datos erróneos
- En terreno, logística es vital. Repuestos de instrumentos, herramientas, sensores adicionales para comparación.
- Buscar personal local para mantenciones – entrenar
- Documentación adecuada (bitácora de visitas, mantenimiento, resolución de problemas básico)

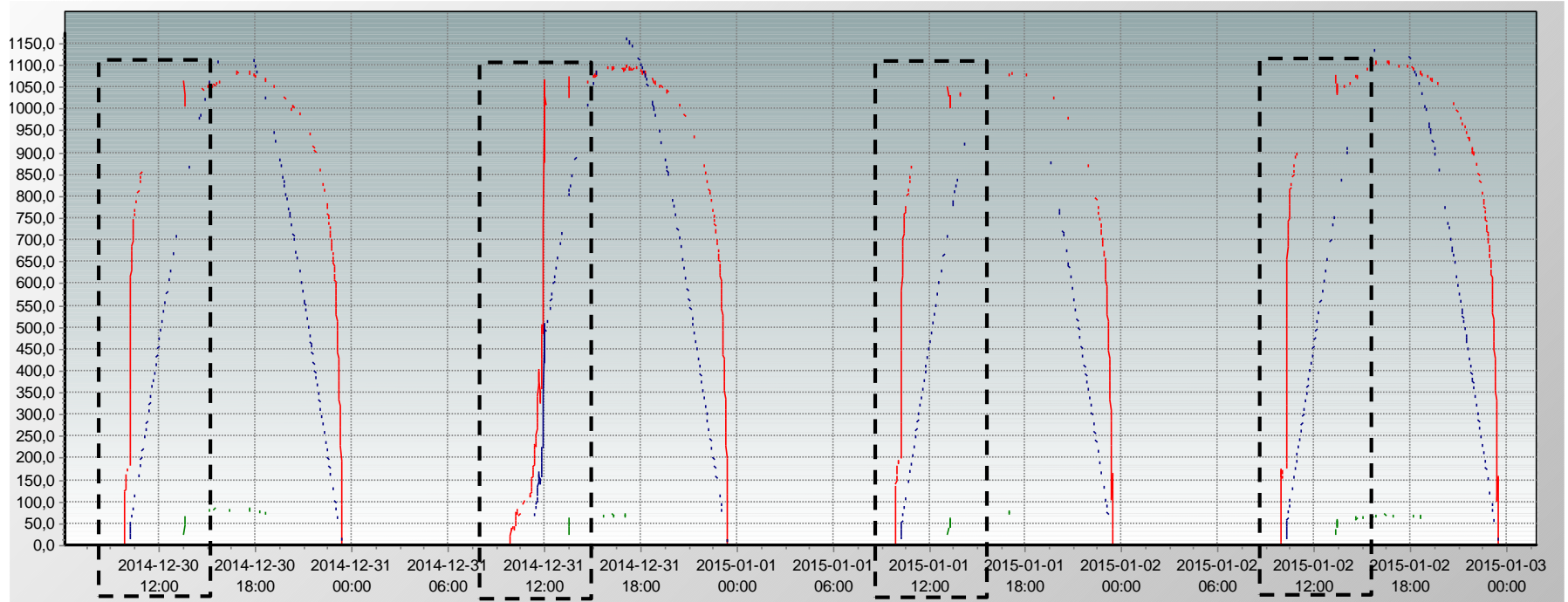
Falla en la medición: Sun Tracker



Falla en la medición: RSR



W/m^2



**Por baja de batería la banda rota de forma aleatoria o no rota
→ Medición errónea de difusa → Cálculo erróneo de DNI**

Conclusiones

- Campaña de medición en terreno es cara, pero necesaria.
- Periodo de medición con error o inexistente → **no se puede recuperar**
- Correcta selección de equipos según necesidad (laboratorio o terreno) es esencial para evitar problemas a futuro, sobrecostos, etc.
- Precisión del sensor es importante, pero **más importante** es la correcta instalación y mantención de los instrumentos.

Gracias!

Alan Pino
Investigador Concentración y Calor Solar
Center for Solar Energy Technologies
Fraunhofer Chile Research
alan.pino@fraunhofer.cl
www.fraunhofer.cl

