

Algoritmo de detección de azimut en mediciones de campo de radiación solar en plano inclinado

Inti Piccioli

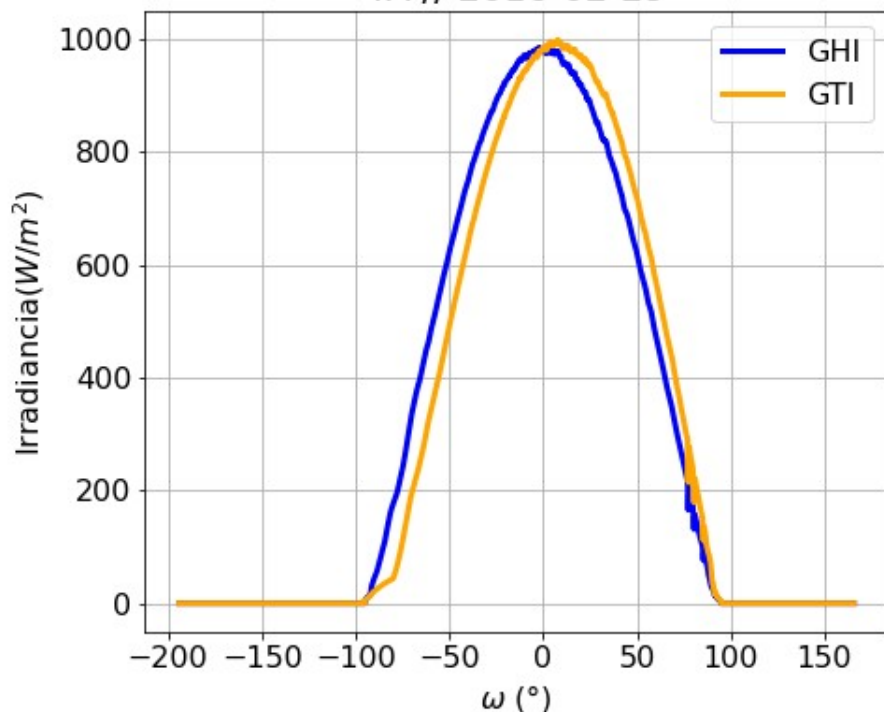
Laboratorio de Energía Solar - UdelaR

inti.piccioli@gmail.com

MOTIVACIÓN

Trabajando en modelos de transposición
(GTI a partir de GHI,DHI,DNI):

TA // 2016-02-29



Se observa desalineación en la medida de
GTI (supuesta mirando al N) - Desvío
azimutal.

Indicadores de incerteza al evaluar
modelos de transposición de irradiancia
en PH a PI:

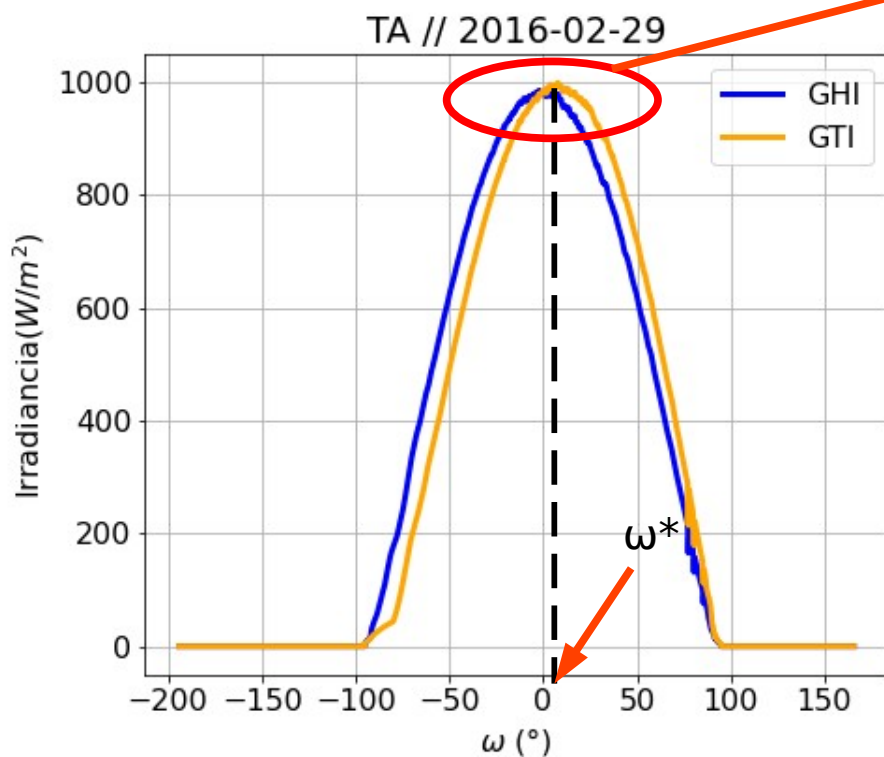
| Modelo | rMBE(%) | rRMSD (%) |
|--------|---------|-----------|
| iso | -3.1 | 12.3 |
| hd | -1.4 | 11.7 |
| per | 0.6 | 11.6 |
| klu | 0.2 | 11.5 |
| rei | -0.9 | 11.7 |

Suponiendo que la superficie
mira hacia el norte.

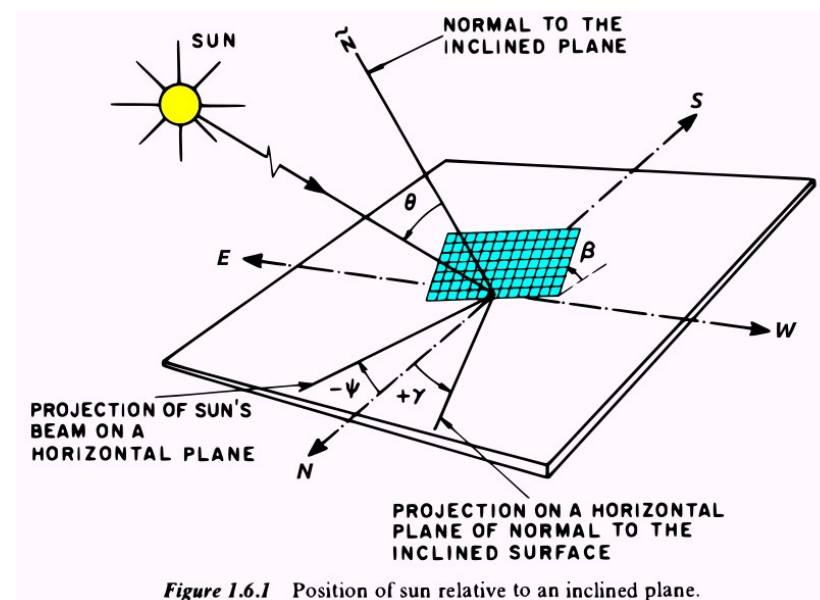
rRMSD horarios muy altos (~3 a 8%
para sup. mirando al ecuador).

MOTIVACIÓN

¿Cómo determinar este desvío?



Se intentará relacionar ω^* con el azimut γ



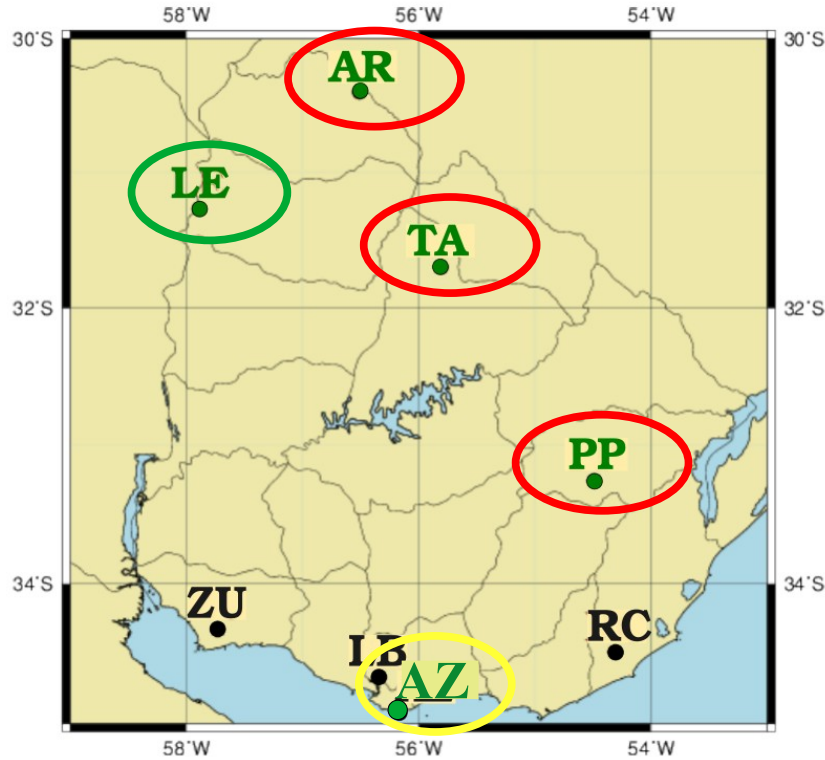
El máximo de GTI se alcanza a las ω^* en términos del ángulo horario.

No es posible relacionarlos geoméricamente.

El máximo de GTI no ocurre cuando θ es mín.

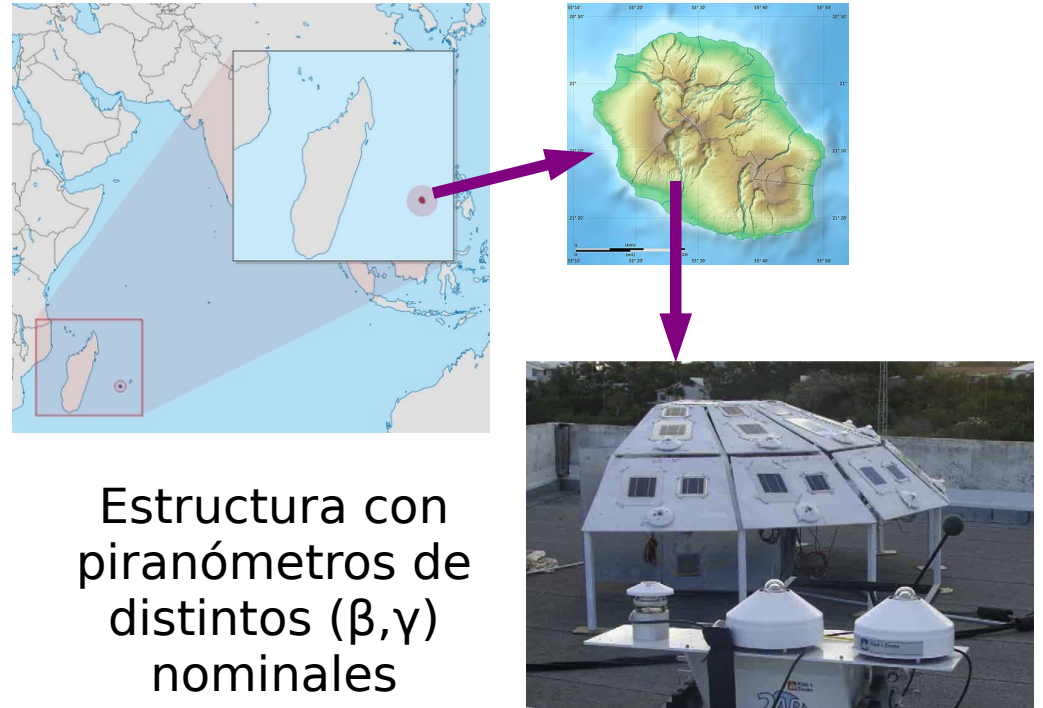
DATOS

5 estaciones de la RMCIS (Uruguay)



Azimut desconocido
Medidas de GHI simult.
Buena estadística

Islas Reunion (Fr.) - RE



Estructura con
piranómetros de
distintos (β, γ)
nominales

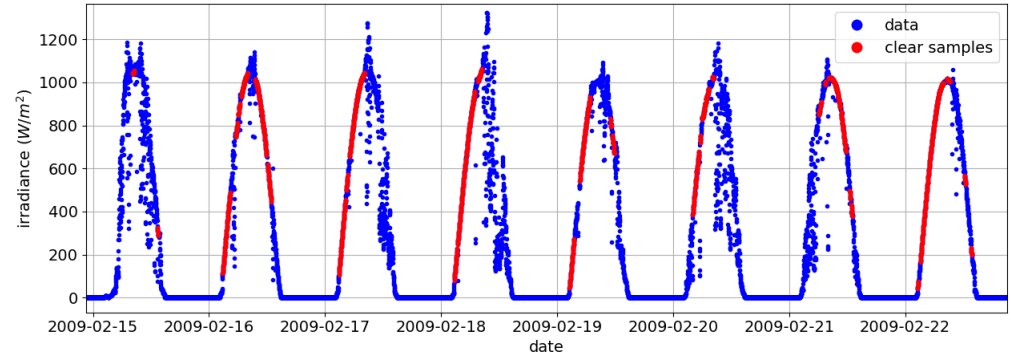
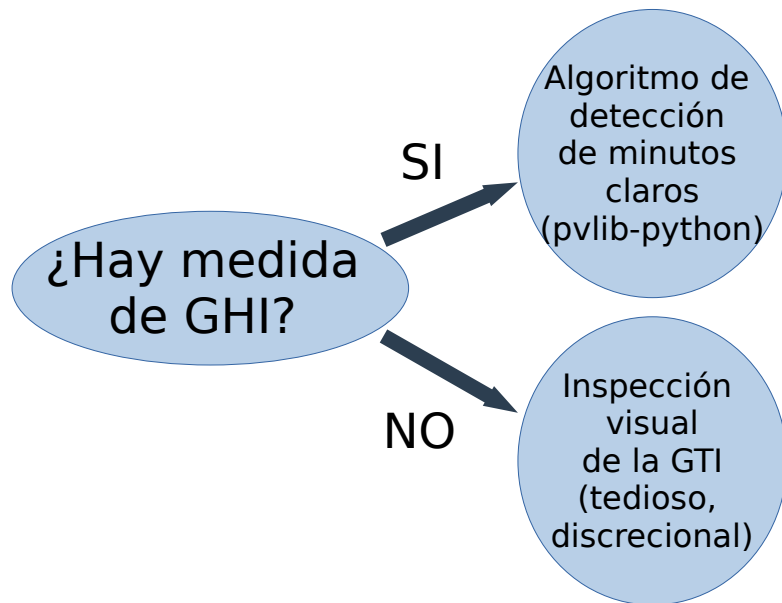
1 año de GTI, a escala minutil
GHI, DHI, DNI simult. muy escasa
Validación / asignar incertidumbre

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

- 1) Selección de días claros apropiados**
- 2) Determinación de ω^* a partir de GTI**
- 3) Relación ω^* - azimut // Cálculo de azimut por día**
- 4) Inspección de la serie temporal de azimuts**
- 5) Estimación final del azimut de la sup.**

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

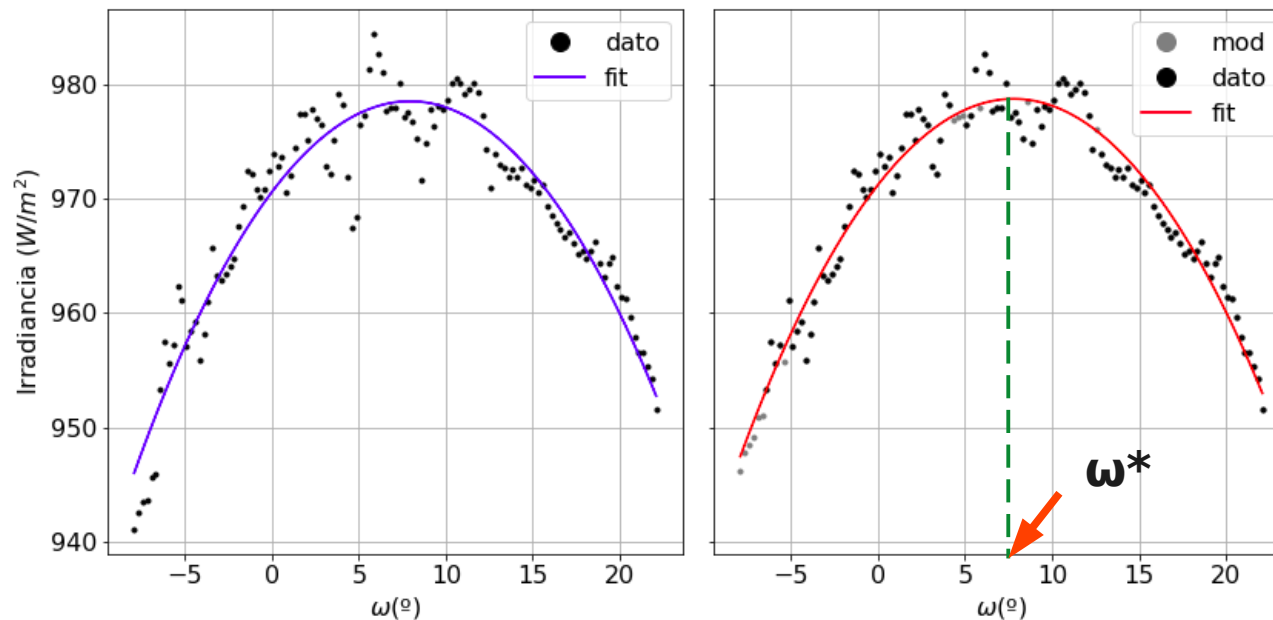
1) Selección de días claros apropiados



DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

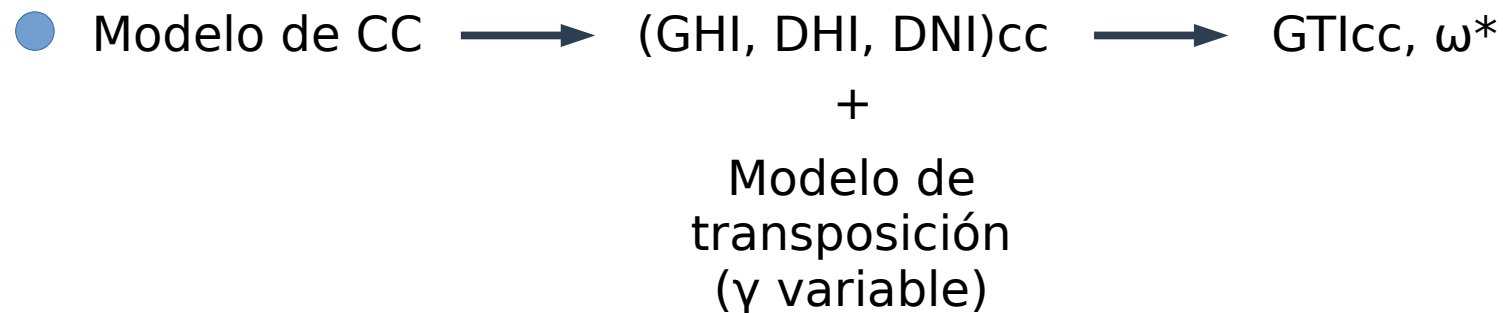
2) Determinación de ω^* a partir de GTI

Se ajusta la medida de GTI alrededor de su máximo por un polinomio cuadrático



DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

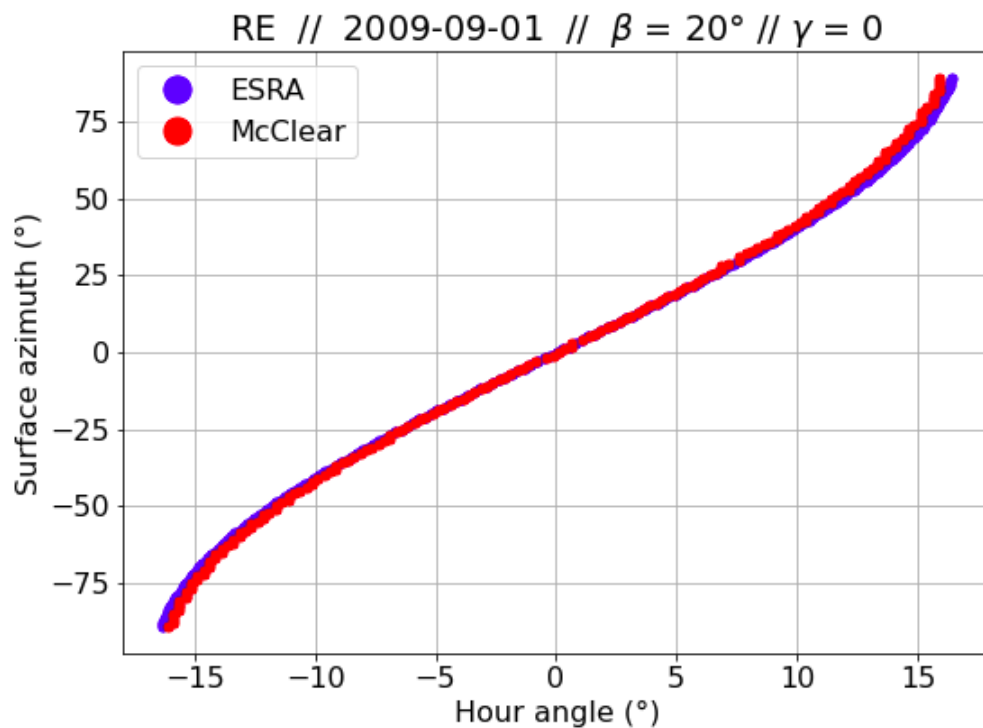
3) Relación ω^* - γ // Cálculo de γ por día



- Para un rango de γ se calcula el ω^*
- γ - ω^* debe ser invertible (en el rango de interés)
- ¿Modelo CC? - ESRA y McClear (2 implementaciones)
- ¿Modelo de transp.? - Isotrópico vs Perez (simple vs complejo)

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

3) Relación ω^* - γ // Cálculo de γ por día



- ESRA + Per // McClear + Iso
- Sustituyendo el ω^* en 2), se obtiene el estimativo γ_i para ese día.

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

3) Relación ω^* - γ // Cálculo de γ por día

- Una alternativa analítica:

$$G_t = G_h [(1 - f_d) r_b + f_d F_\beta + \rho_g K_\beta] \quad (\text{Mod. Isotrópico})$$

Diagram illustrating the components of the equation:

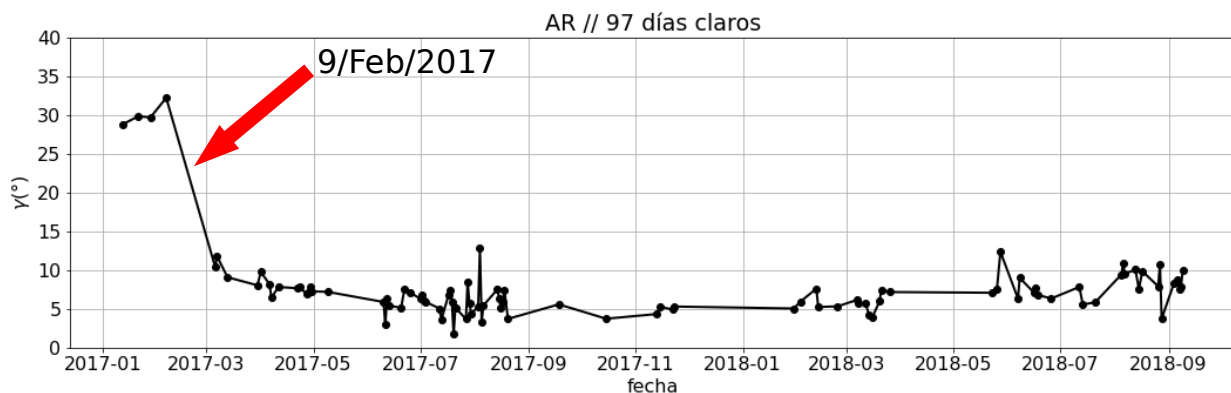
- G_h : ESRA (Depende de TL y m)
- $(1 - f_d)$: DHlcc/GHlcc (cte.)
- r_b : Depende de γ
- $f_d F_\beta + \rho_g K_\beta$: cte.

$$\text{en } \omega = \omega^* \quad dG_t/d\omega \equiv \dot{G}_t = 0$$

Operando se llega a una ecuación cuya solución es γ_i

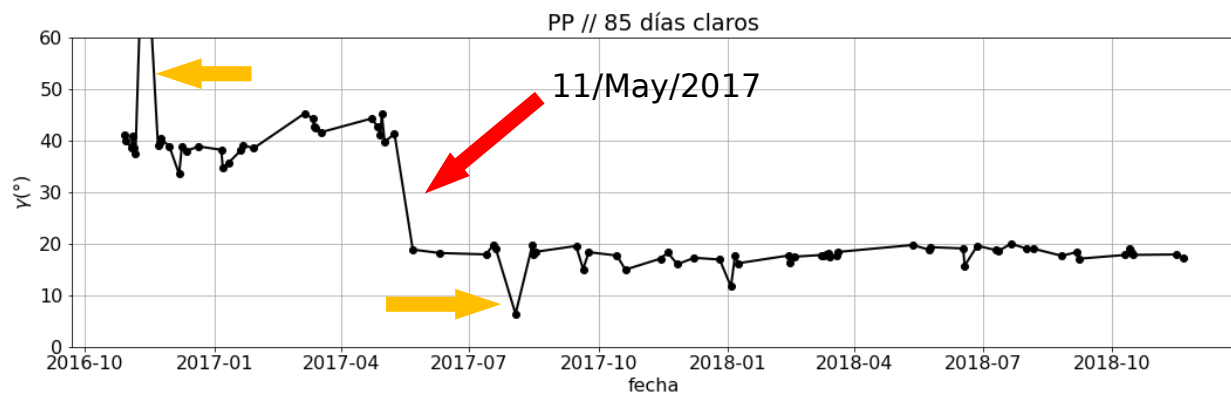
DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

4) Inspección de la serie temporal de azimuts



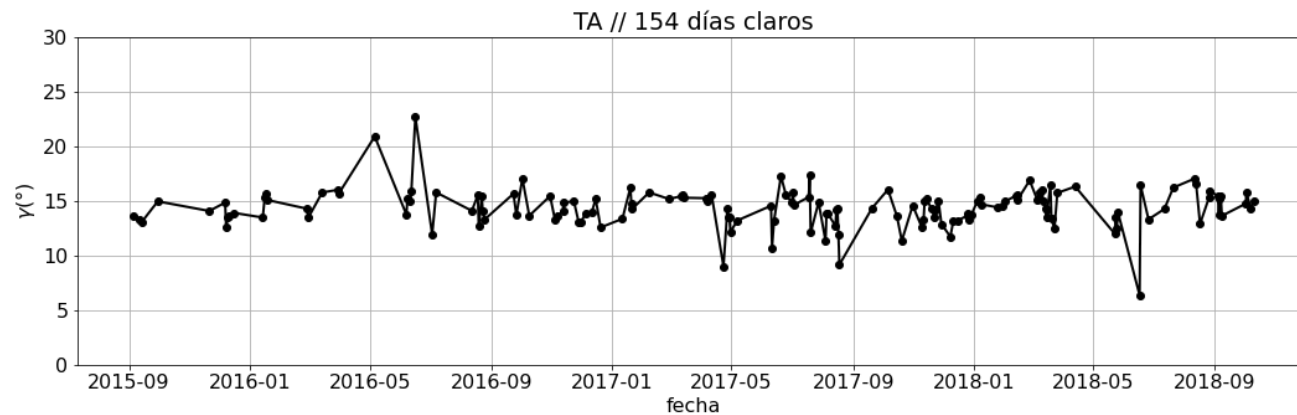
Es capaz de detectar cambios en el azimut reportados en los logs de las estaciones:

| | |
|---|--|
| Se reubica la estación a un metro (al sur oeste) de posición anterior | |
| La estación no estaba orientado al norte, sino al noroeste 20° | |
| Esto afectó la GTI hasta la fecha. | |
| Se determina el N usando varilla de sombra y mediodía solar. | |
| Se colocan 4 tapas de hormigón de 60*60 cm. | |
| Se fija el soporte a las losas con bulones, ahora orientado al N. | |
| Uno de los ejes de la unión de las losas apunta al norte. | |
| Se miden instrumentos. | |
| Se ajustan lingas. | |

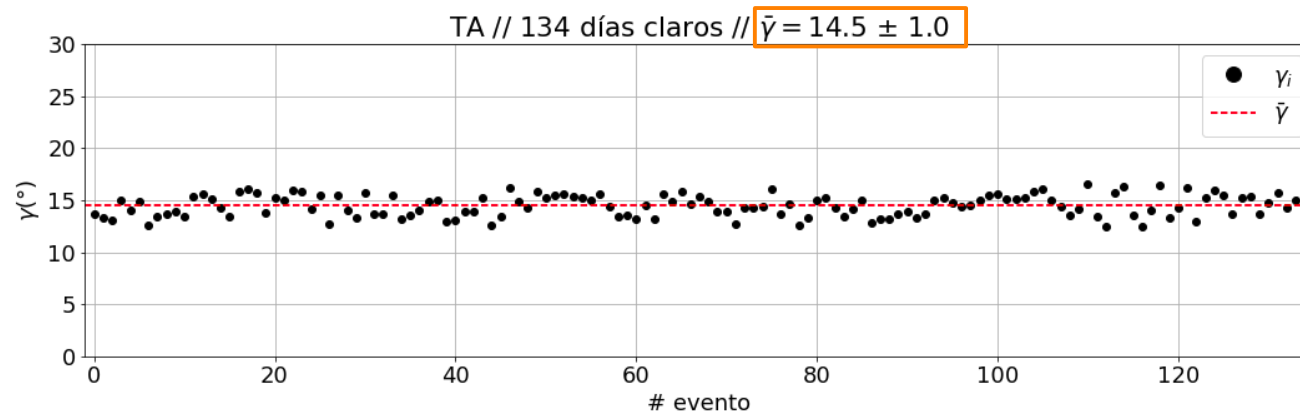


DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

5) Estimación final del azimut de la sup.



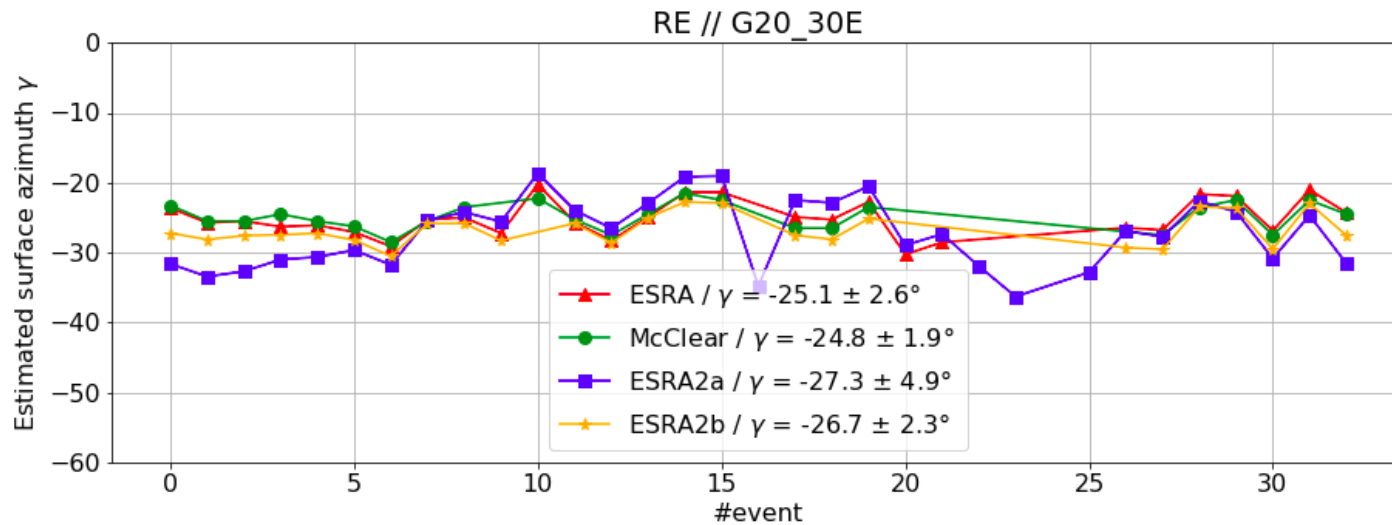
Calculo $\bar{\gamma}$ y σ de los γ_i ; descarto aquellos a más de 2σ de $\bar{\gamma}$



RESULTADOS (selectos)

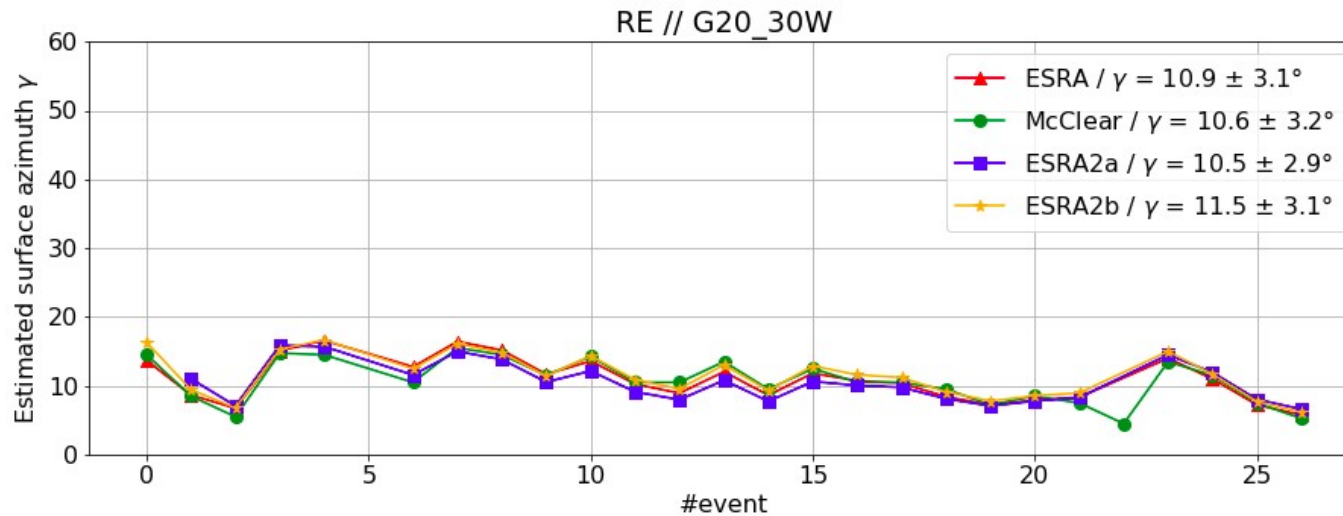
RE:

| nombre | inc_nom | az_nom | az_ESRA | u_ESRA | az_mc | u_mc | mean | sdv | d = est - nom |
|---------|---------|--------|---------|--------|-------|------|-------|-----|---------------|
| G20-0 | 20 | 0.0 | -1.3 | 2.0 | -1.7 | 2.5 | -1.5 | 2.3 | -1.5 |
| G20-30E | 20 | -30 | -25.1 | 2.6 | -24.8 | 1.9 | -25.0 | 2.3 | 5.1 |
| G20-30W | 20 | 30 | 10.9 | 3.1 | 10.6 | 3.2 | 10.8 | 3.2 | -19.3 |
| G20-60E | 20 | -60 | -47.2 | 3.7 | -46.5 | 3.2 | -46.9 | 3.5 | 13.2 |
| G40-0 | 40 | 0 | -0.9 | 0.7 | -1.1 | 0.8 | -1.0 | 0.8 | -1.0 |
| G40-30E | 40 | -30 | -32.3 | 1.9 | -31.5 | 1.6 | -31.9 | 1.8 | -1.9 |
| G40-30W | 40 | 30 | 28.8 | 2.3 | 28.6 | 2.4 | 28.7 | 2.4 | -1.3 |
| G40-60E | 40 | -60 | -73.3 | 8.7 | -68.4 | 3.9 | -70.9 | 6.7 | -10.9 |
| G40-60W | 40 | 60 | 57.6 | 5.9 | 56.4 | 5 | 57.0 | 5.5 | -3.0 |



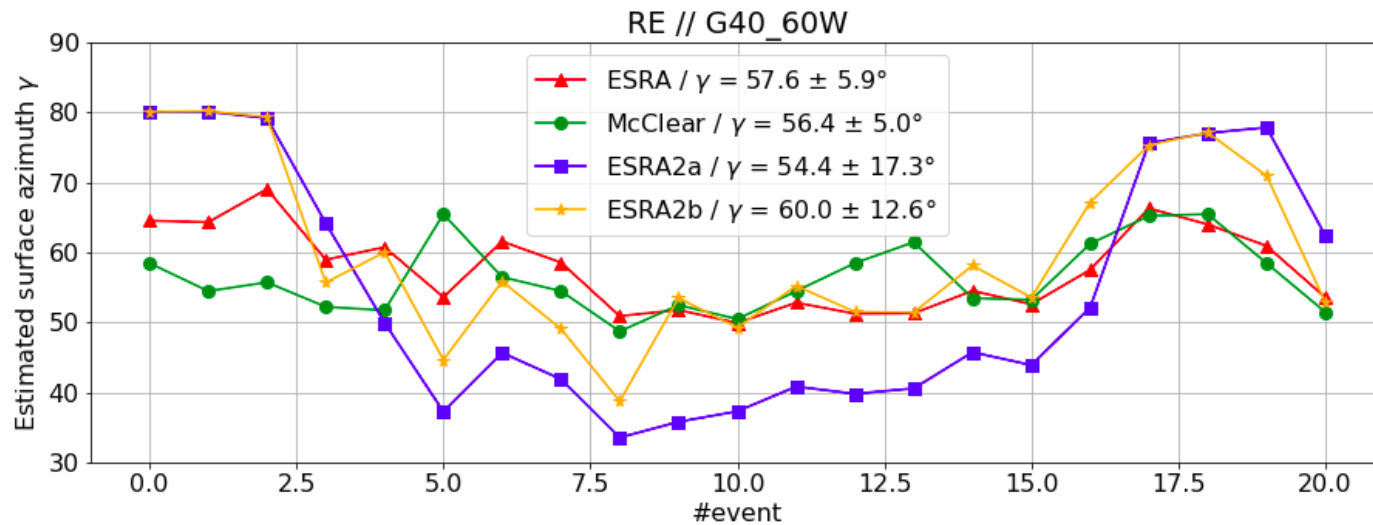
RESULTADOS (selectos)

| nombre | inc_nom | az_nom | az_ESRA | u_ESRA | az_mc | u_mc | mean | sdv | d = est - nom |
|---------|---------|--------|---------|--------|-------|------|-------|-----|---------------|
| G20-0 | 20 | 0.0 | -1.3 | 2.0 | -1.7 | 2.5 | -1.5 | 2.3 | -1.5 |
| G20-30E | 20 | -30 | -25.1 | 2.6 | -24.8 | 1.9 | -25.0 | 2.3 | 5.1 |
| G20-30W | 20 | 30 | 10.9 | 3.1 | 10.6 | 3.2 | 10.8 | 3.2 | -19.3 |
| G20-60E | 20 | -60 | -47.2 | 3.7 | -46.5 | 3.2 | -46.9 | 3.5 | 13.2 |
| G40-0 | 40 | 0 | -0.9 | 0.7 | -1.1 | 0.8 | -1.0 | 0.8 | -1.0 |
| G40-30E | 40 | -30 | -32.3 | 1.9 | -31.5 | 1.6 | -31.9 | 1.8 | -1.9 |
| G40-30W | 40 | 30 | 28.8 | 2.3 | 28.6 | 2.4 | 28.7 | 2.4 | -1.3 |
| G40-60E | 40 | -60 | -73.3 | 8.7 | -68.4 | 3.9 | -70.9 | 6.7 | -10.9 |
| G40-60W | 40 | 60 | 57.6 | 5.9 | 56.4 | 5 | 57.0 | 5.5 | -3.0 |



RESULTADOS (selectos)

| nombre | inc_nom | az_nom | az_ESRA | u_ESRA | az_mc | u_mc | mean | sdv | d = est - nom |
|---------|---------|--------|---------|--------|-------|------|-------|-----|---------------|
| G20-0 | 20 | 0.0 | -1.3 | 2.0 | -1.7 | 2.5 | -1.5 | 2.3 | -1.5 |
| G20-30E | 20 | -30 | -25.1 | 2.6 | -24.8 | 1.9 | -25.0 | 2.3 | 5.1 |
| G20-30W | 20 | 30 | 10.9 | 3.1 | 10.6 | 3.2 | 10.8 | 3.2 | -19.3 |
| G20-60E | 20 | -60 | -47.2 | 3.7 | -46.5 | 3.2 | -46.9 | 3.5 | 13.2 |
| G40-0 | 40 | 0 | -0.9 | 0.7 | -1.1 | 0.8 | -1.0 | 0.8 | -1.0 |
| G40-30E | 40 | -30 | -32.3 | 1.9 | -31.5 | 1.6 | -31.9 | 1.8 | -1.9 |
| G40-30W | 40 | 30 | 28.8 | 2.3 | 28.6 | 2.4 | 28.7 | 2.4 | -1.3 |
| G40-60E | 40 | -60 | -73.3 | 8.7 | -68.4 | 3.9 | -70.9 | 6.7 | -10.9 |
| G40-60W | 40 | 60 | 57.6 | 5.9 | 56.4 | 5 | 57.0 | 5.5 | -3.0 |



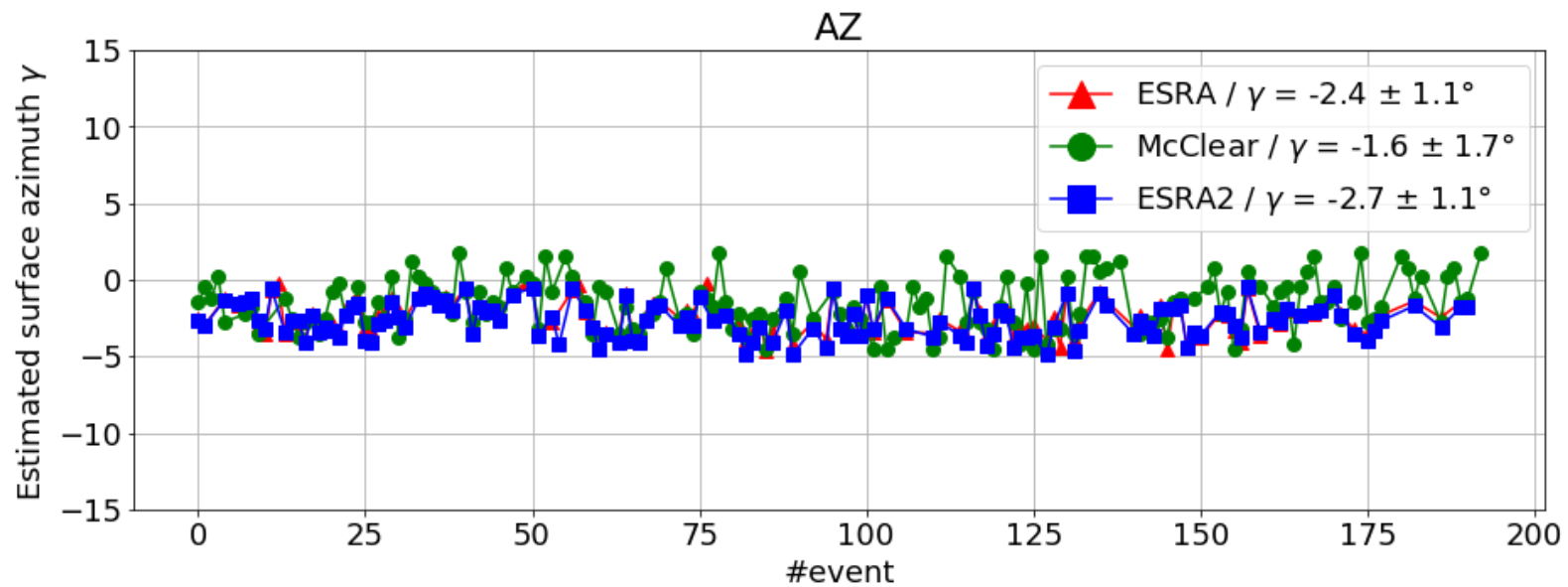
RESULTADOS (selectos)

Indicadores de incerteza al evaluar modelos de transposición de irradiancia en PH a PI (est. TA):

| Modelo | azimut = 0° | | azimut = 14.5° | |
|--------|-------------|-------|----------------|-------|
| | rMBE | rRMSD | rMBE | rRMSD |
| iso | -3.1 | 12.3 | -2.8 | 6.1 |
| hd | -1.4 | 11.7 | -1.1 | 4.2 |
| per | 0.6 | 11.6 | 0.9 | 3.9 |
| klu | 0.2 | 11.5 | 0.5 | 4.0 |
| rei | -0.9 | 11.7 | -0.6 | 4.0 |

RESULTADOS (selectos)

Mención especial a A. Laguarda:



MUCHAS GRACIAS

Contacto:
inti.piccioli@gmail.com