

# Avances en estudio del retardo troposférico sobre las estaciones que componen la red SIRGAS-CON-D-Sur

Andrea Calori (1,2), Virginia Mackern (1,3), Mauricio Gende (2,4),  
Claudio Brunini (2,4), Francisco Azpilicueta(2,4)

- 1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Argentina
- 2) CONICET, Argentina
- 3) Universidad Juan Agustín Maza, Argentina
- 4) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina



Ministerio de Cultura  
y Educación  
Universidad Nacional  
de Cuyo



Universidad Juan A. Maza  
Facultad de Ingeniería

*SIRGAS*  
*Lima, noviembre 2010*



Universidad Nacional  
de La Plata

IANIGLA  
CONICET  
U.N. CUYO  
GOBIERNO  
DE MENDOZA  
GOBIERNO  
DE SAN JUAN

## ¿Qué pasa cuando la señal GNSS atraviesa la Atmósfera?

ERRORES DE OBSERVACION



$$\Delta g = \int (n - 1) ds = 10^{-6} \int N^{trop} ds$$

$$N^{trop} = N_d^{trop} + N_w^{trop}$$

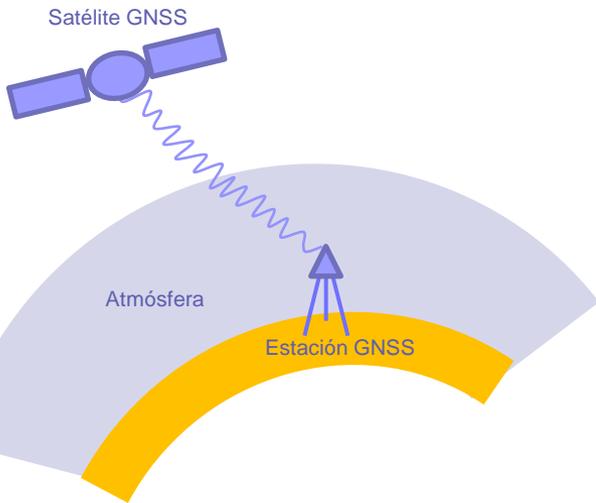
$$N_{d,0}^{trop} = 77.64 \frac{p}{T} \left[ \frac{K}{mb} \right]$$

$f$  (presión, temperatura)  
90%  
estable → modelable

$$N_{w,0}^{trop} = -12.96 \frac{e}{T} \left[ \frac{K}{mb} \right] + 3.718 * 10^5 \frac{e}{T^2} \left[ \frac{K^2}{mb} \right]$$

$f$  (presión, vapor de agua)  
10%  
Altamente variable → no modelable

$$\Delta g = \Delta g_d + \Delta g_w = 10^{-6} \int N_d^{trop} ds + 10^{-6} \int N_w^{trop} ds$$



RETARDO APROX 2.3 m

# ¿Cómo afecta la Tropósfera a la señal GNSS?

$\Delta g \longrightarrow f$  (distancia atravesada por la señal en la atmósfera)

$\longrightarrow f$  (distancia cenital del satélite)



Función de mapeo  $\Delta g = f(z)\Delta g^0$

$$\Delta g = f_d(z)\Delta g_d^0 + f_w(z)\Delta g_w^0$$

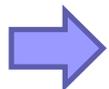
$$f_d(z) \cong f_w(z) \cong f(z) \cong \frac{1}{\cos z}$$

$$\Delta g_k^i(t, z) = \underbrace{\Delta g_{apr,k}(z_k^i)}_{\text{Modelo a priori}} + \underbrace{\Delta^h g_k(t)}_{\text{Estimación}} f(z_k^i)$$

Modelo a priori      Estimación

$$\left. \begin{aligned} p &= p_r * (1 - 0.0000226 * (h - h_r)^{5.225}) \\ T &= T_r - 0.0065 * (h - h_r) \\ H &= H_r * e^{-0.0006396 * (h - h_r)} \end{aligned} \right\}$$

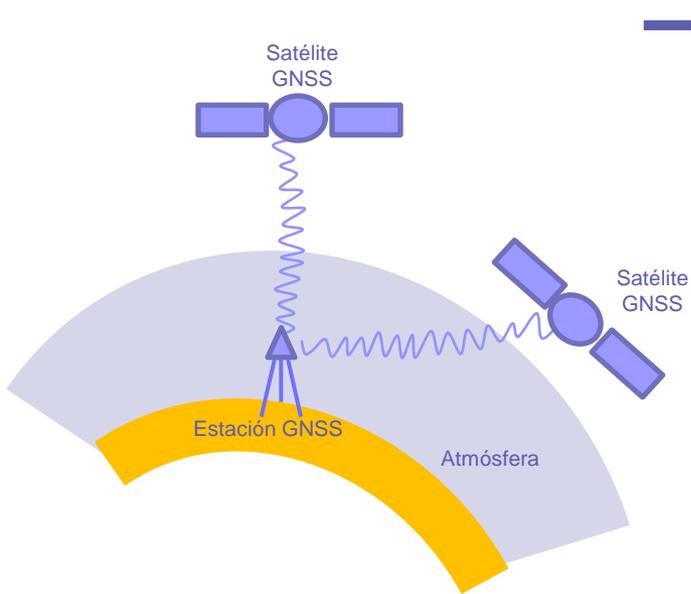
Modelo atmosférico



ESTIMAR RETARDO

CORREGIR EL ERROR

OBTENER INFORMACION UTIL DE LA ATMOSFERA



COOVEL	Intervalo de tiempo
POLUPD	Transforma ERP (Parámetros de Rotación Terrestre)
PRETAB	Genera órbitas tabulares- Corrige reloj de satélites
ORBGEN	Genera órbitas estándares
RXOBV3	Transforma RINEX
CODSPP	Sincroniza reloj receptor- Calcula coordenadas Código P
SNGDIF	Calcula simples diferencias
MAUPRP	Detecta y remueve ciclos perdidos
GPSEST	Estimación de Parámetros: Solución Flotante-v x v
GPSEST	Estimación de Parámetros: Solución Fija-v x v
GPSEST	Estimación de Parámetros: Ajuste diario-toda la red

\* No estima ambigüedades

\* No estima coordenadas **SIRGAS-CON weekly coordinates aligned to the IGS05 → FIX (reprocessing)**

\* Estimación de Parámetros Troposféricos

\*\* Modelo a priori: Dry Niell

\*\* Función de Mapeo: Wet Niell

\*\* 1par/2 h → 13 diarios

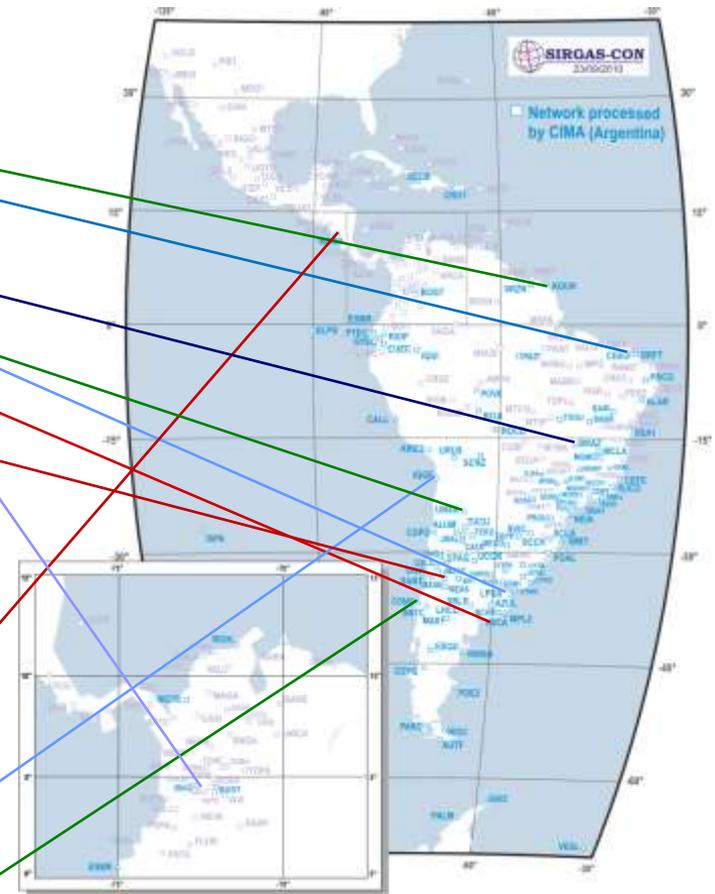
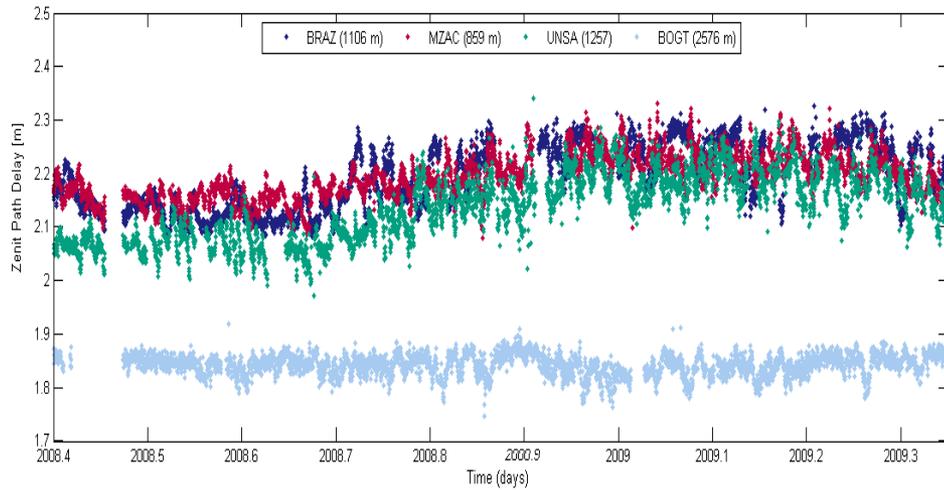
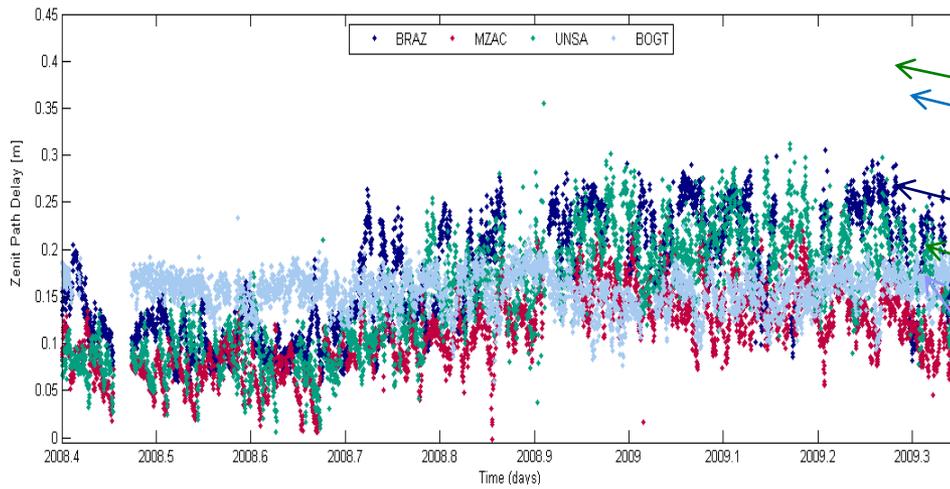
\*\* Sigma Absoluto: 5 m

\*\* Sigma relativo: 0,05 m

# ESTIMACIÓN ZPD-GNSS

Intervalo de tiempo: Mayo 2008-Mayo 2009

Red: SIRGAS-CON-D-SUR



## Técnicas utilizadas

**SIRGAS-  
CON-D-SUR**

**BERNESE**

\* Cobertura continental

\* 24hs-365 días

\* Según estimación (2h)

\* ZPDD & ZPDW



Intervalo de tiempo

**TOPEX**

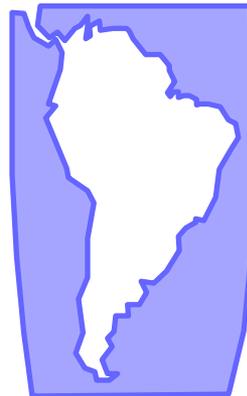
\* Cobertura marítima

\* Según pasada satélite

\* No estima → mide

\* IWVP

\* ZPDW



Mayo 2008-Mayo 2009

**Modelo  
Numérico**

**INPE**

\* Cobertura regional

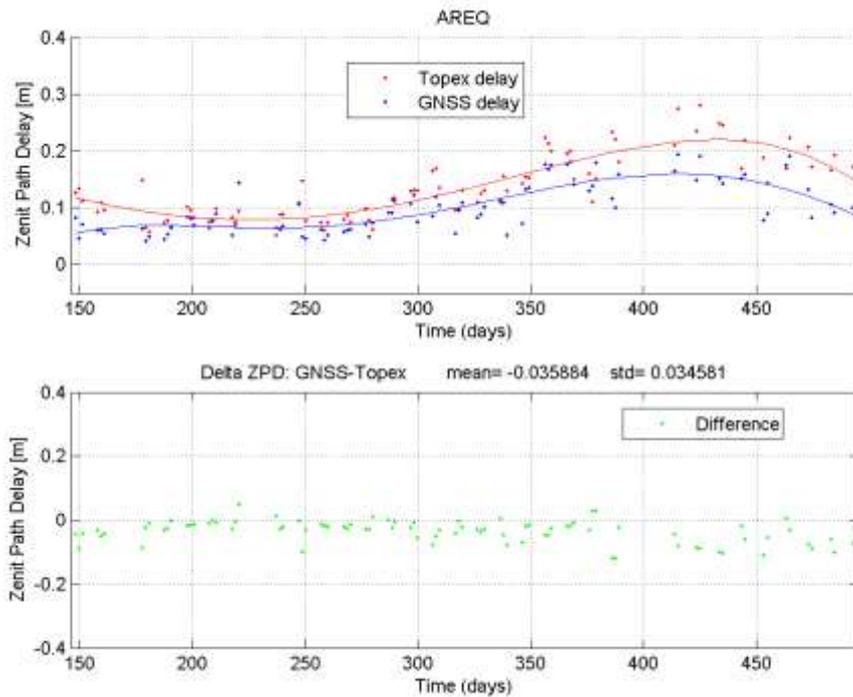
\* Modelo matemático

\* 6h

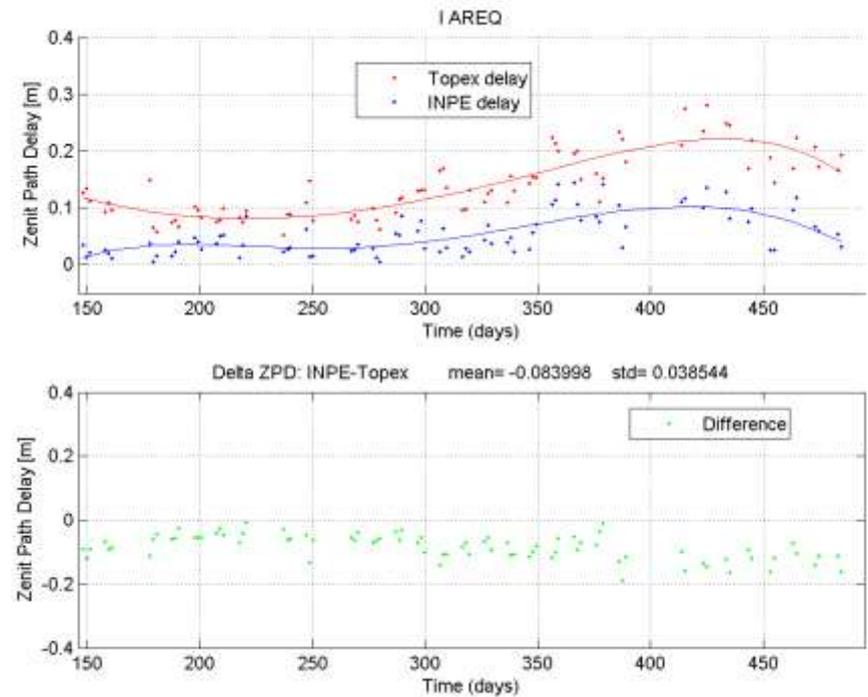
\* ZPDD & ZPDW



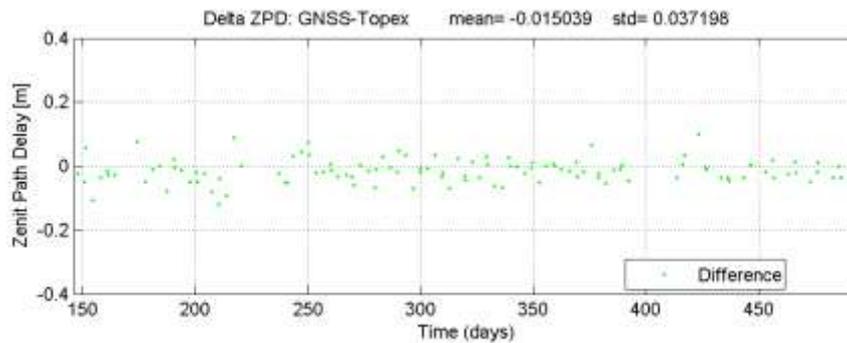
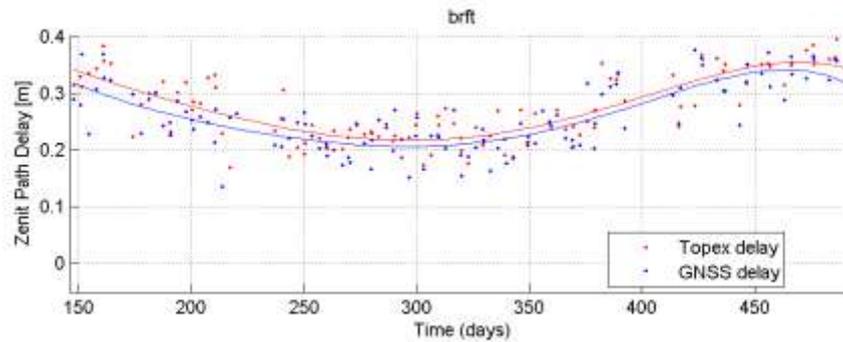
## TOPEX-GNSS



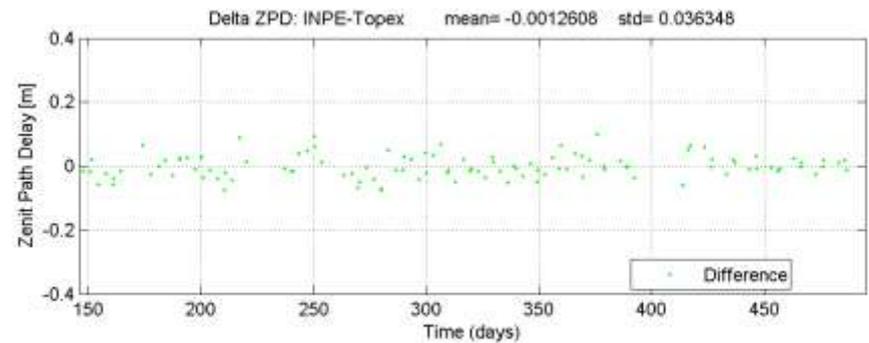
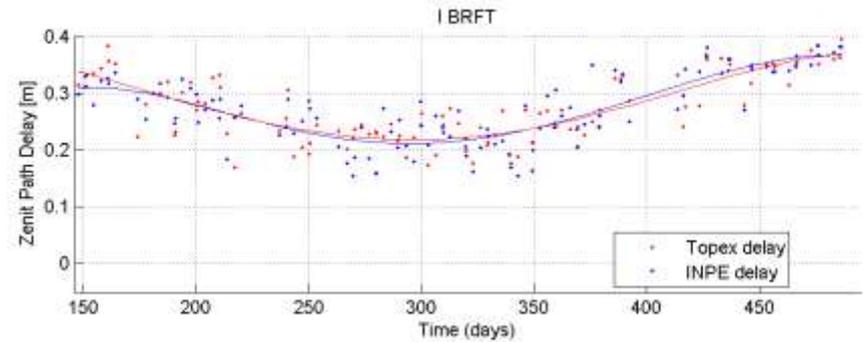
## TOPEX-INPE



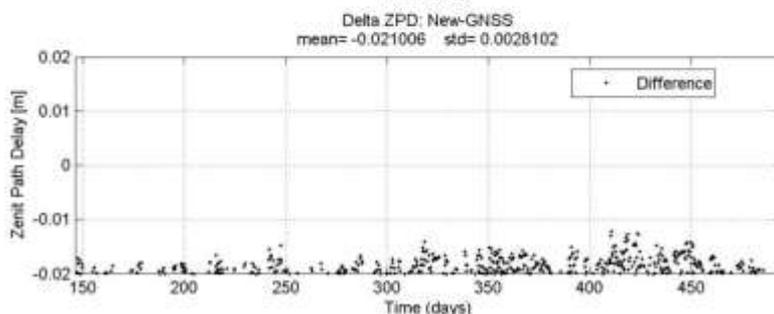
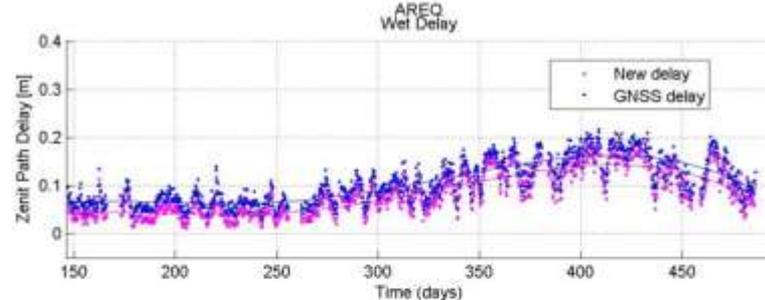
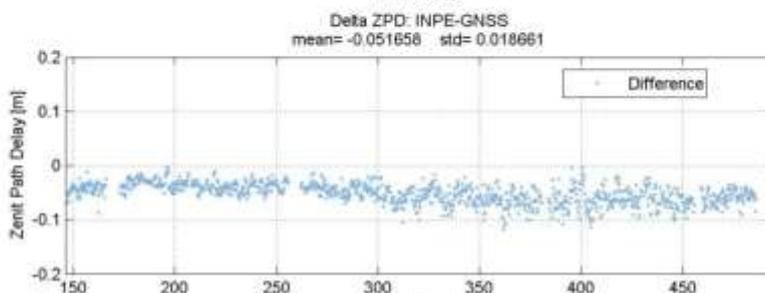
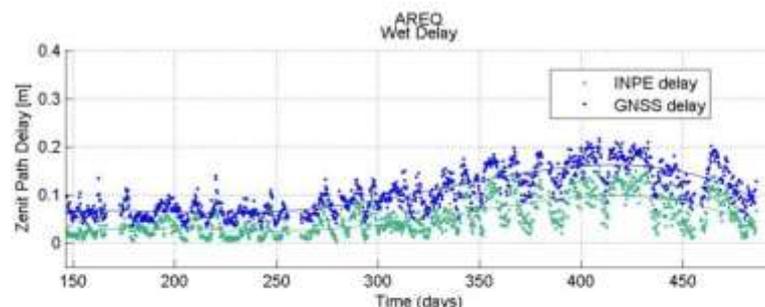
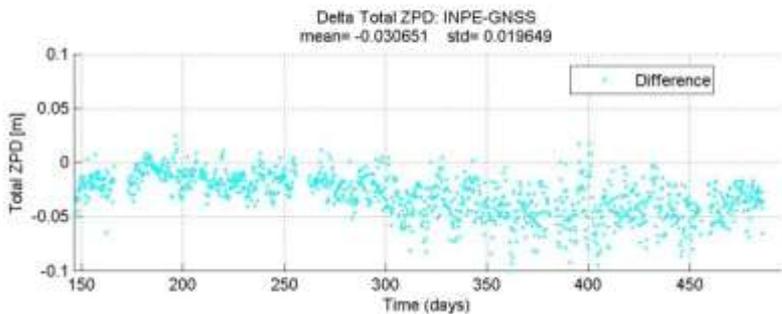
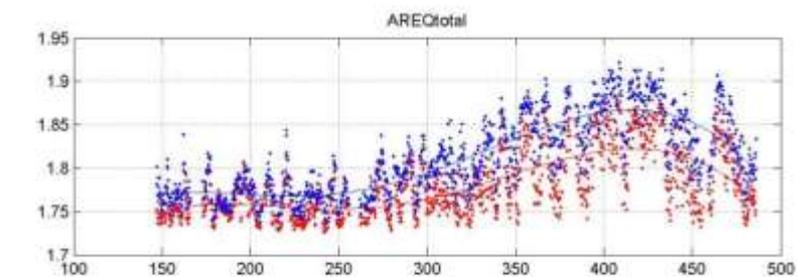
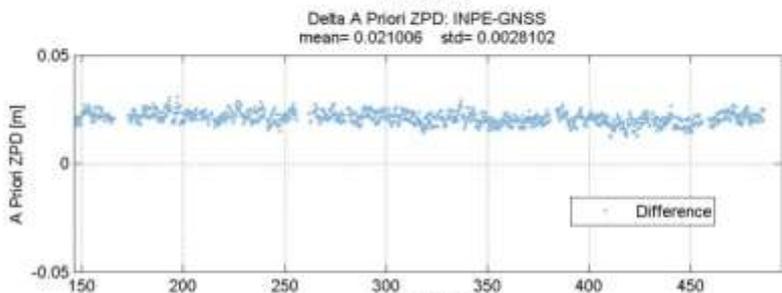
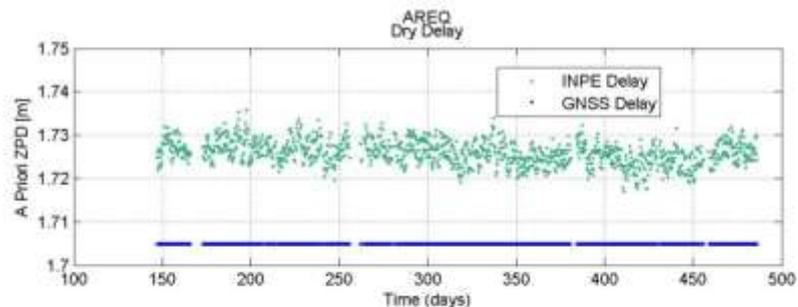
## TOPEX-GNSS



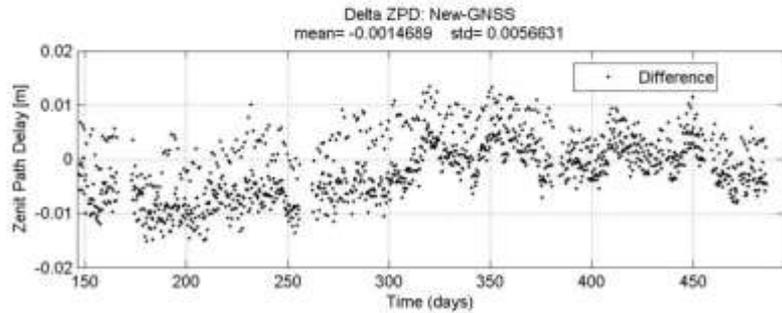
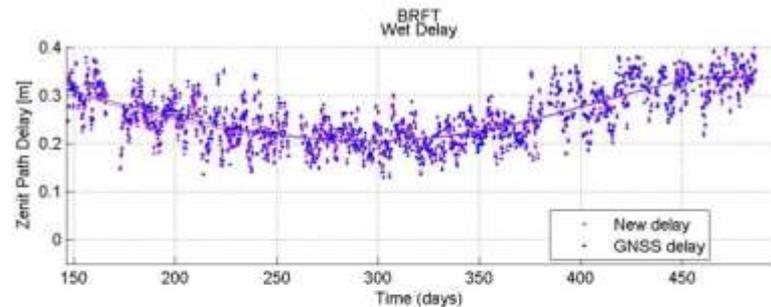
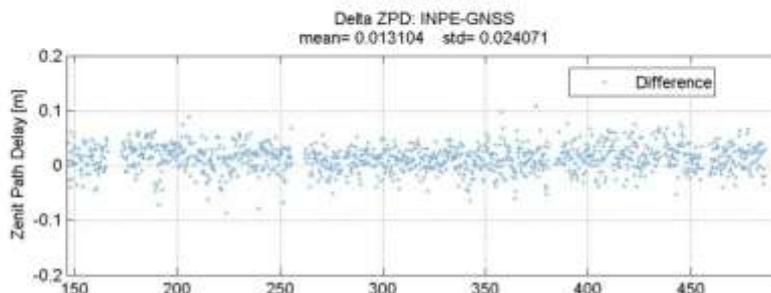
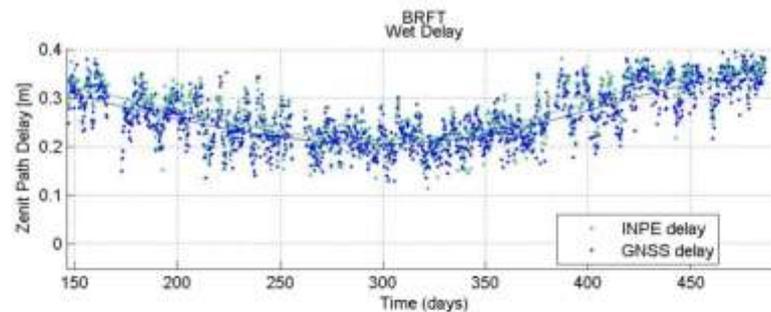
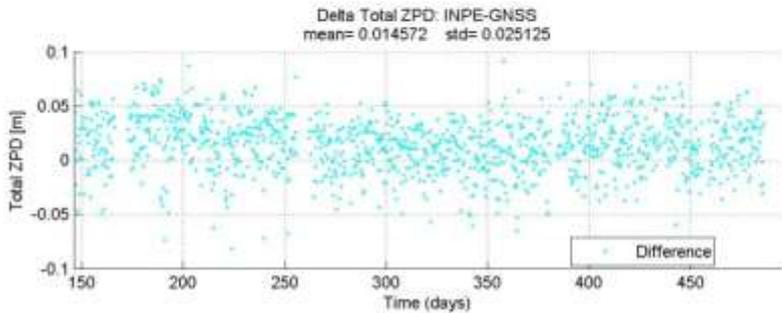
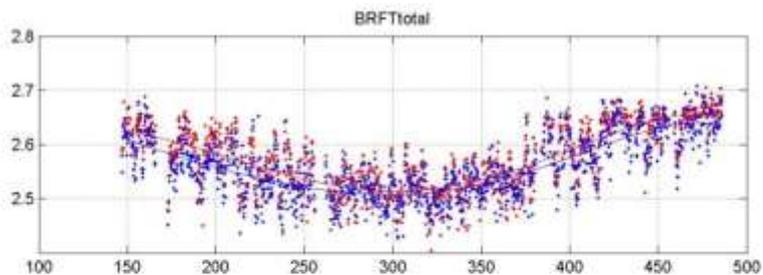
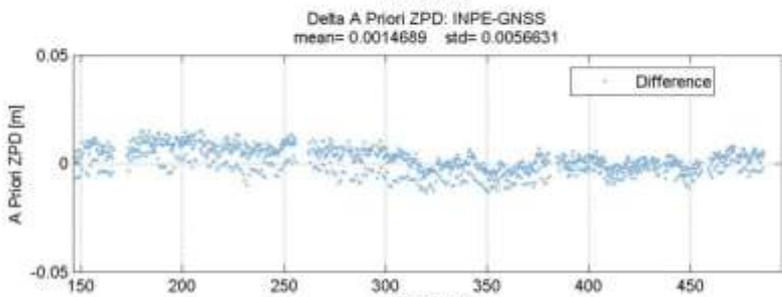
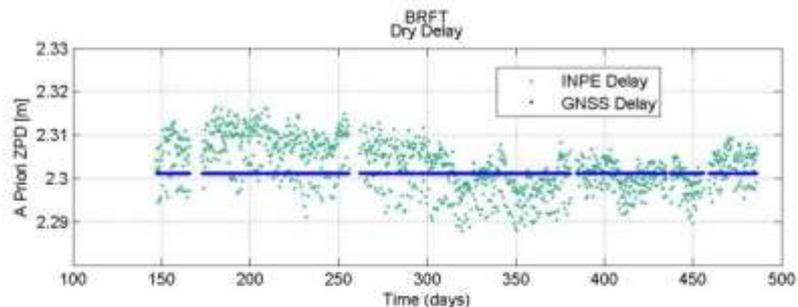
## TOPEX-INPE



# COMPARACION MODELO INPE-GNSS : ejemplo 1

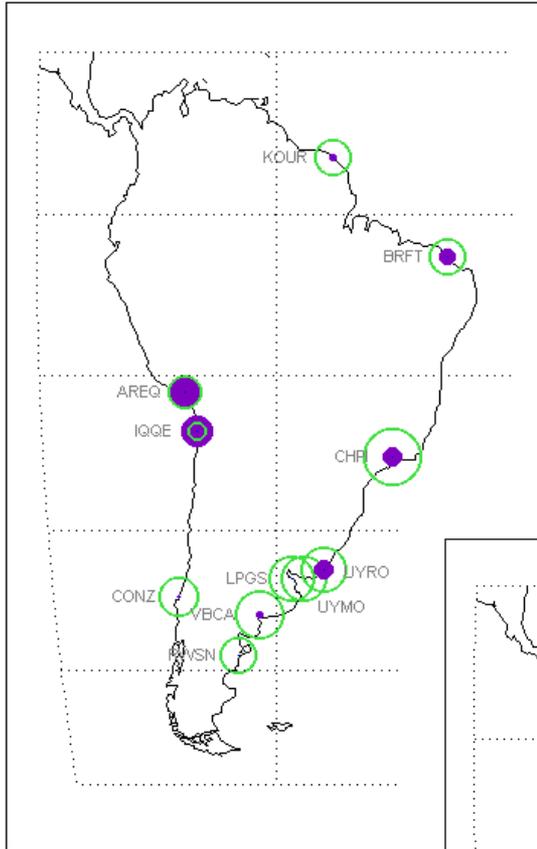


# COMPARACION MODELO INPE-GNSS : ejemplo 2

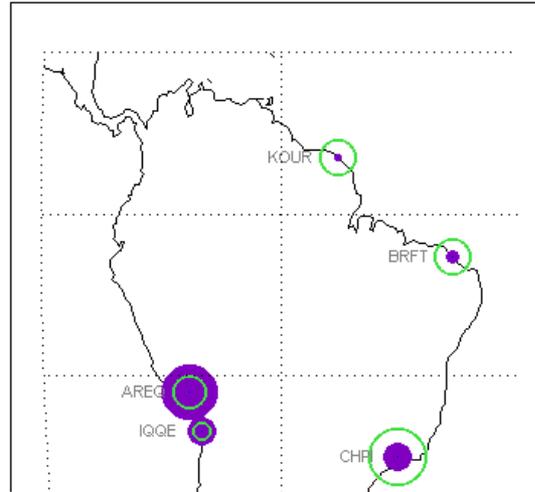


# ESTADISTICA: MEDIA\_DESVIACION STANDARD

Topex-GNSS

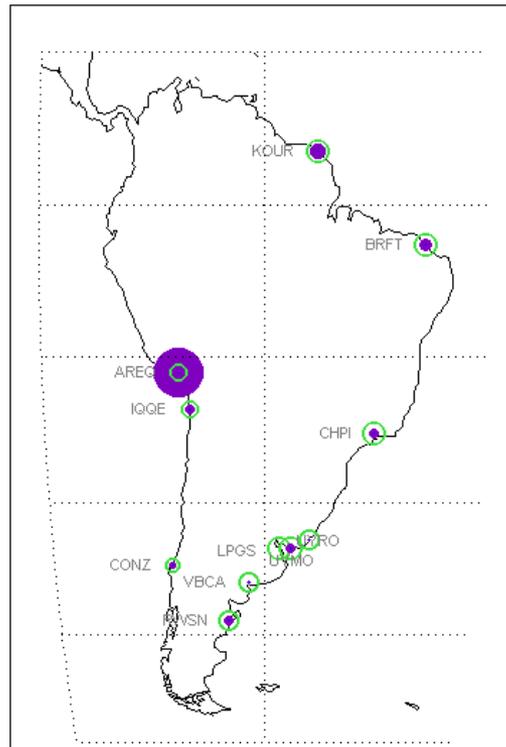


Topex-N GNSS

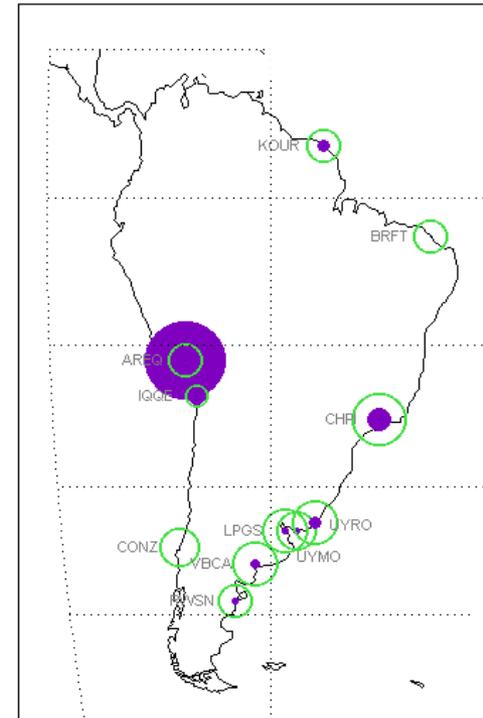


- Media de las diferencias
- Desviación Standard de las diferencias

INPE-GNSS



Topex-INPE



### *Resumiendo...*

\*\* Las estimaciones del retardo troposférico con Bernese a partir de observaciones GNSS proporcionan una muy buena herramienta para la estimación del contenido de vapor de agua sobre el continente sudamericano

### *Tareas a realizar...*

\*\* Aumentar el intervalo de estimación con el fin de detectar tendencias de comportamiento estacionaria

\*\* Avanzar en el análisis de las validaciones

\*\* Plantear hipótesis que expliquen determinados comportamientos



*Muchas  
Gracias!*