

ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS NUEVOS MODELOS DE PROPAGACIÓN ATMOSFÉRICA, CON DATOS OBTENIDOS POR PARTE DEL SISTEMA DE MEDICIÓN METEOROLÓGICO MET4 UBICADO EN LA ESTACIÓN GNSS ESPE - ECUADOR

^{1 2} Pilapanta, C., ² Viteri, A., & ² Tierra, A.

¹ Instituto Geográfico Militar del Ecuador. Quito – Ecuador

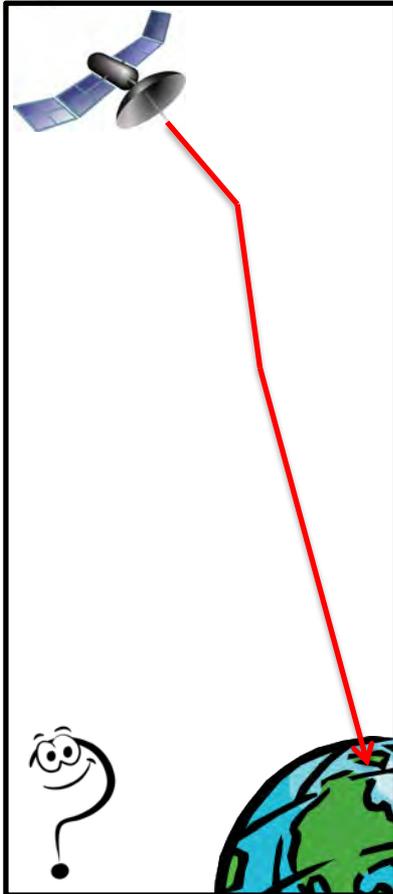
² Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Sangolquí - Ecuador





A. ANTECEDENTES

PRINCIPALES FUENTES DE ERROR EN EL POSICIONAMIENTO



Errores en la posición del satélite

- Efemérides Precisas

Errores instrumentales en el satélite

- ✓ Reloj
- ✓ Variaciones del centro de fase
- Pos. Diferencial. Parametrización
- Calibración de antenas emisoras

Propagación de la señal

- ✓ **Tropósfera**
- ✓ Ionósfera
- ✓ Multicamino (satélite y receptor)
- **Modelamiento. Efecto Troposférico**
- Modelamiento. Efecto Ionosférico
- Selección del lugar. Parametrización

Variaciones de la posición del receptor

- ✓ Mareas Terrestres
- ✓ Carga oceánica y atmosférica
- ✓ Movimientos Tectónicos
- Modelamiento de variaciones
- Modelamiento de cargas
- Aplicación de velocidades lineales

Errores instrumentales en el receptor

- ✓ Reloj
- ✓ Variaciones del centro de fase
- Pos. Diferencial. Parametrización
- Calibración de antenas receptoras

Ruidos

- ✓ Saltos de Ciclo
- ✓ Propagación entre canales
- ✓ Interferencias y otros
- Resolución de ambigüedades
- Mejoramiento de los equipos
- Medidas prácticas

Fuente: Sánchez, L. 2008





A. ANTECEDENTES

¿POR QUÉ MODELAR EL RETRASO TROPOSFÉRICO?

Retraso (o aceleración) de la señal s

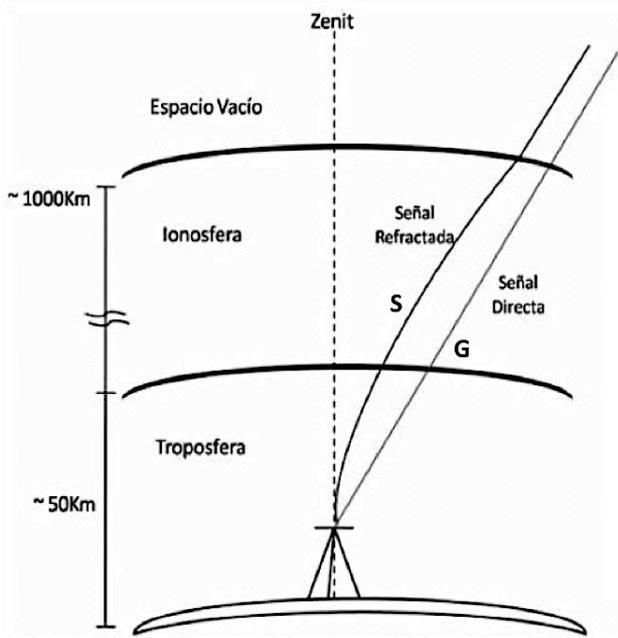


Figura 1. Esquema básico de refracción atmosférica

Fuente: Cioce, V. et al. 2010

Señal GPS (onda) se ve alterada en la atmósfera

Razón: Estado físico de 2 de sus capas (tropósfera y ionósfera)

Error máx: 2 m a nivel del mar

Fuente: IERS Conventions. 2010 (Up. June 2013)

Error mín: 20 cm en los trópicos y zonas de altura

Fuente: IERS Conventions. 2010 (Up. June 2013)





A. ANTECEDENTES SIMPLIFICANDO ...

Retraso (o aceleración) de la señal s

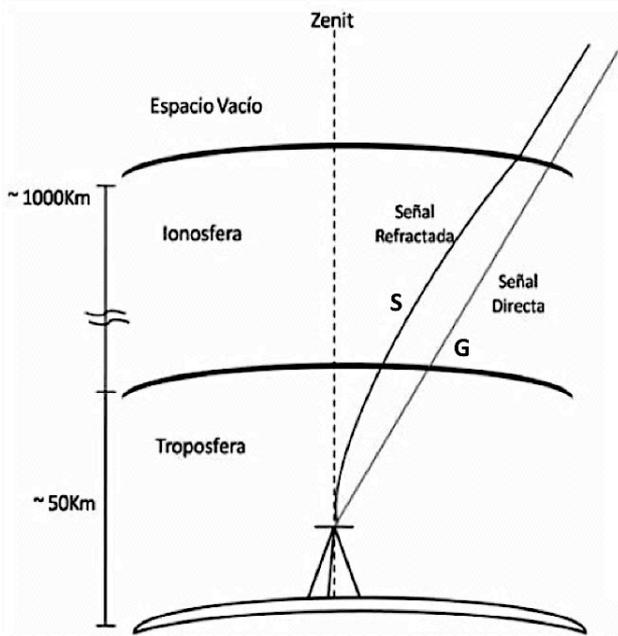


Figura 1. Esquema básico de refracción atmosférica

Fuente: Cioce, V. et al. 2010

$$\delta\rho_{atm} = \int_L (n(s) - 1) ds - (S - G)$$

Ecuación General

$$N = (n - 1) \cdot 10^{-6}$$

Coíndice de refracción (refractividad)

$$N = N_d + N_w$$

Coíndice función (Parte húmeda (wet) y seca (dry))

$$\delta\rho_{trop} = 10^{-6} \int N_d(s) ds + 10^{-6} \int N_w(s) ds$$

Ecuación General del Retraso Troposférico





A. ANTECEDENTES EN LA REALIDAD ...

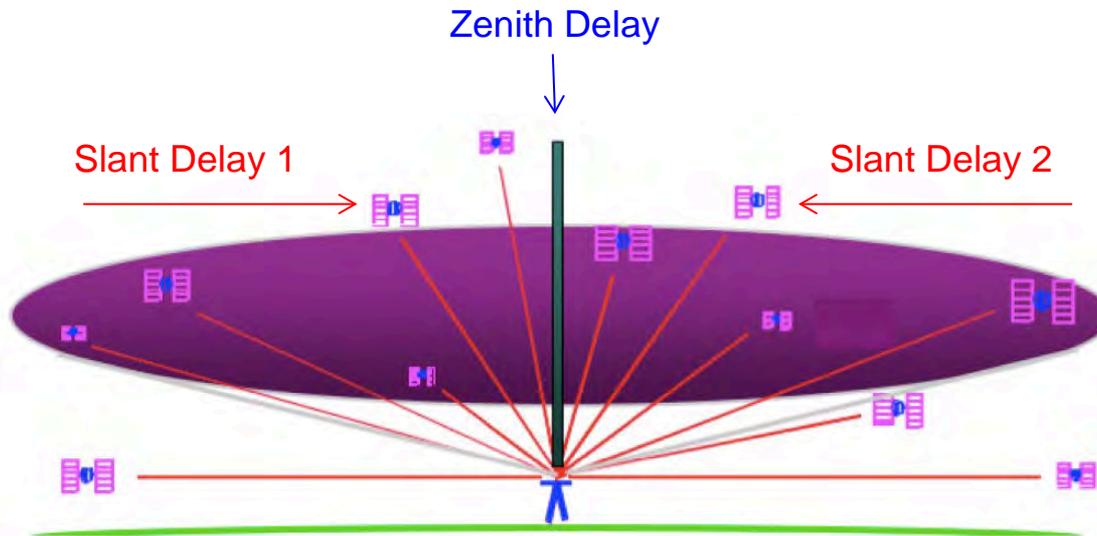


Figura 2. Principio básico del proceso de refracción troposférica

Fuente: COSMIC Program, 2012 citado en Herring, T. 2012

$$\delta\rho_{trop}(z) = \underbrace{m_{t,d}(z)\delta\rho_{trop,d}^0}_{\text{Término Seco}} + \underbrace{m_{t,w}(z)\delta\rho_{trop,w}^0}_{\text{Término Húmedo}}$$





B. EL PROBLEMA

¿QUÉ FUNCIÓN DE MAPEO UTILIZAR?

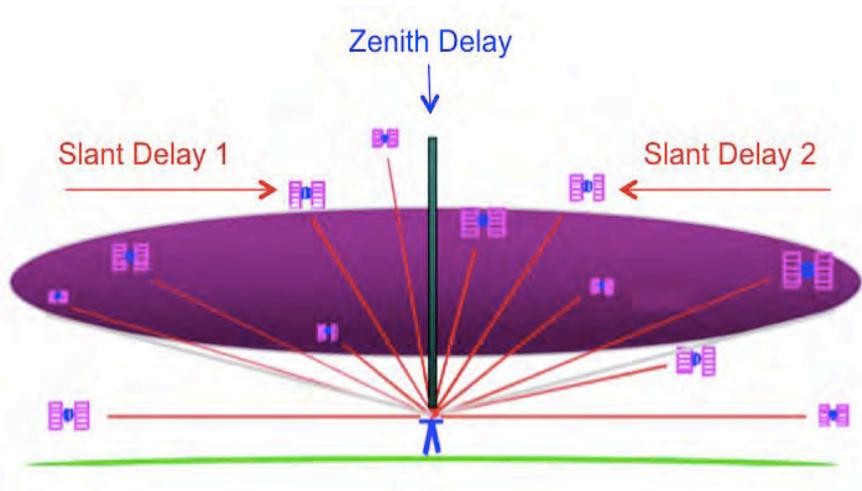


Figura 3. Principio básico del proceso de refracción troposférica

Fuente: COSMIC Program, 2012 citado en Herring, T. 2012

$$\delta\rho_{trop}(z) = m_{t,d}(z)\delta\rho_{trop,d}^0 + m_{t,w}(z)\delta\rho_{trop,w}^0$$

$$m_t(z) = \frac{1}{\cos Z}$$

Ecuación General

Funciones de Mapeo más utilizadas

NMF Niell Mapping Function

GMF Global Mapping Function

VMF1 Vienna Mapping Function





B. EL PROBLEMA

¿DE DÓNDE OBTENER LOS VALORES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN?

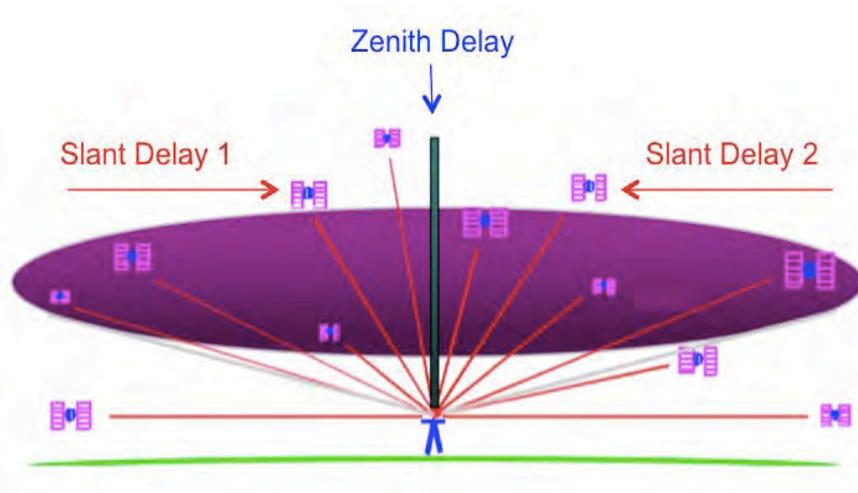


Figura 3. Principio básico del proceso de refracción troposférica

Fuente: COSMIC Program, 2012 citado en Herring, T. 2012

Mediante un modelo simplificado:

$$\delta\rho_{trop}^0 = \frac{2277 \times 10^{-6}}{\cos Z} \left(P + \left\{ \frac{1255}{T} + 0,05 \right\} \cdot e^{-1,16 \tan^2 z} \right)$$

Modelo de Saastamoinen (1972)

Donde:

P Presión
T Temperatura
z Ángulo de elevación

$$\delta\rho_{trop}(z) = m_{t,d}(z) \delta\rho_{trop,d}^0 + m_{t,w}(z) \delta\rho_{trop,w}^0$$





B. EL PROBLEMA

¿QUÉ FUNCIÓN Y QUE MODELO UTILIZAR?

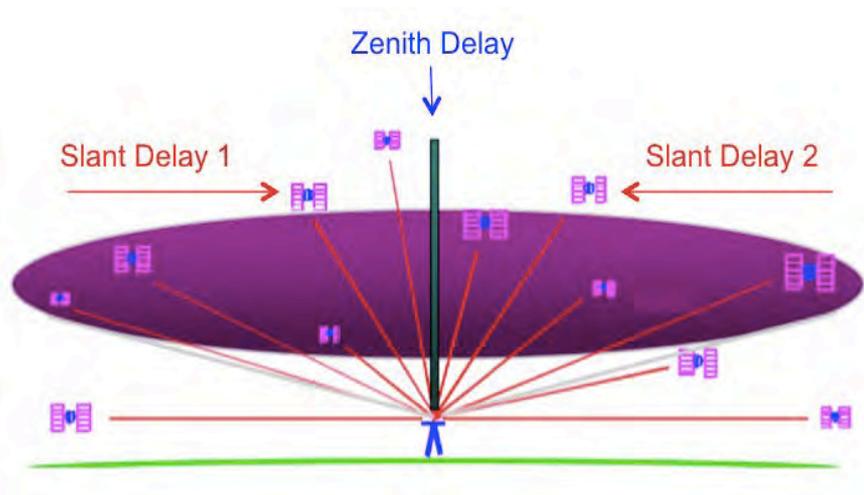
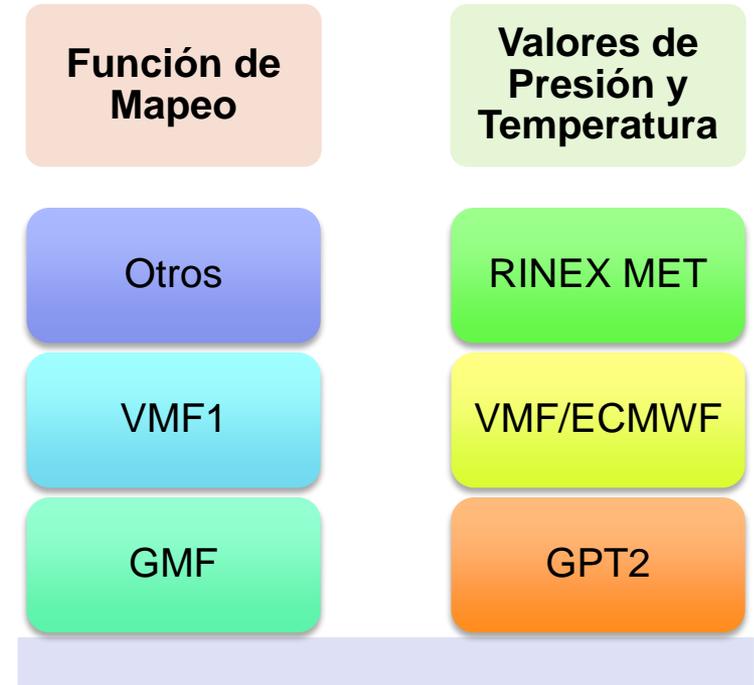


Figura 3. Principio básico del proceso de refracción troposférica

Fuente: COSMIC Program, 2012 citado en Herring, T. 2012

$$\delta\rho_{trop}(z) = m_{t,d}(z)\delta\rho_{trop,d}^0 + m_{t,w}(z)\delta\rho_{trop,w}^0$$



Modelos Estandarizados

Fuente: IERS Conventions (Last Update. June 2010)





B. EL PROBLEMA

¿QUÉ FUNCIÓN Y QUE MODELO UTILIZAR?

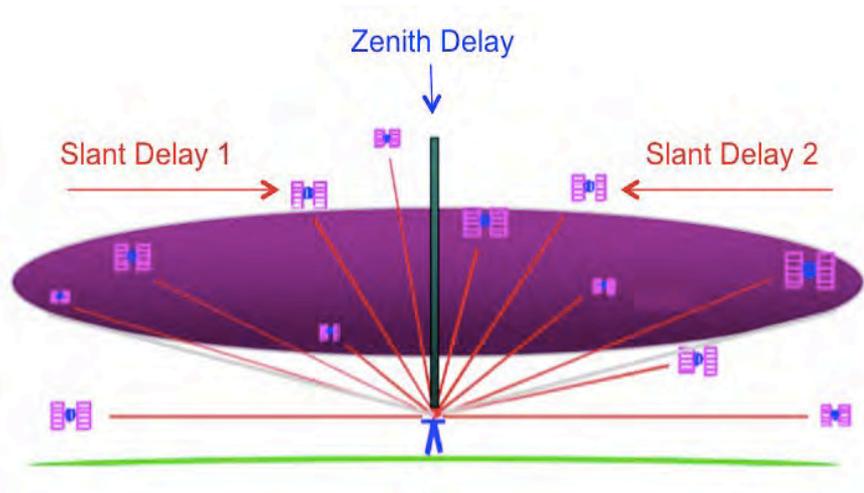
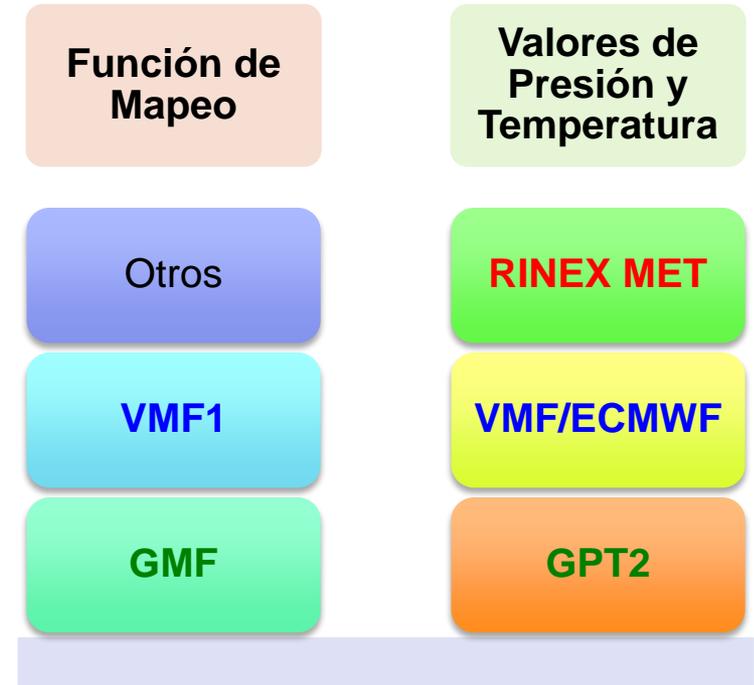


Figura 3. Principio básico del proceso de refracción troposférica

Fuente: COSMIC Program, 2012 citado en Herring, T. 2012

$$\delta\rho_{trop}(z) = m_{t,d}(z)\delta\rho_{trop,d}^0 + m_{t,w}(z)\delta\rho_{trop,w}^0$$



Modelos Estandarizados

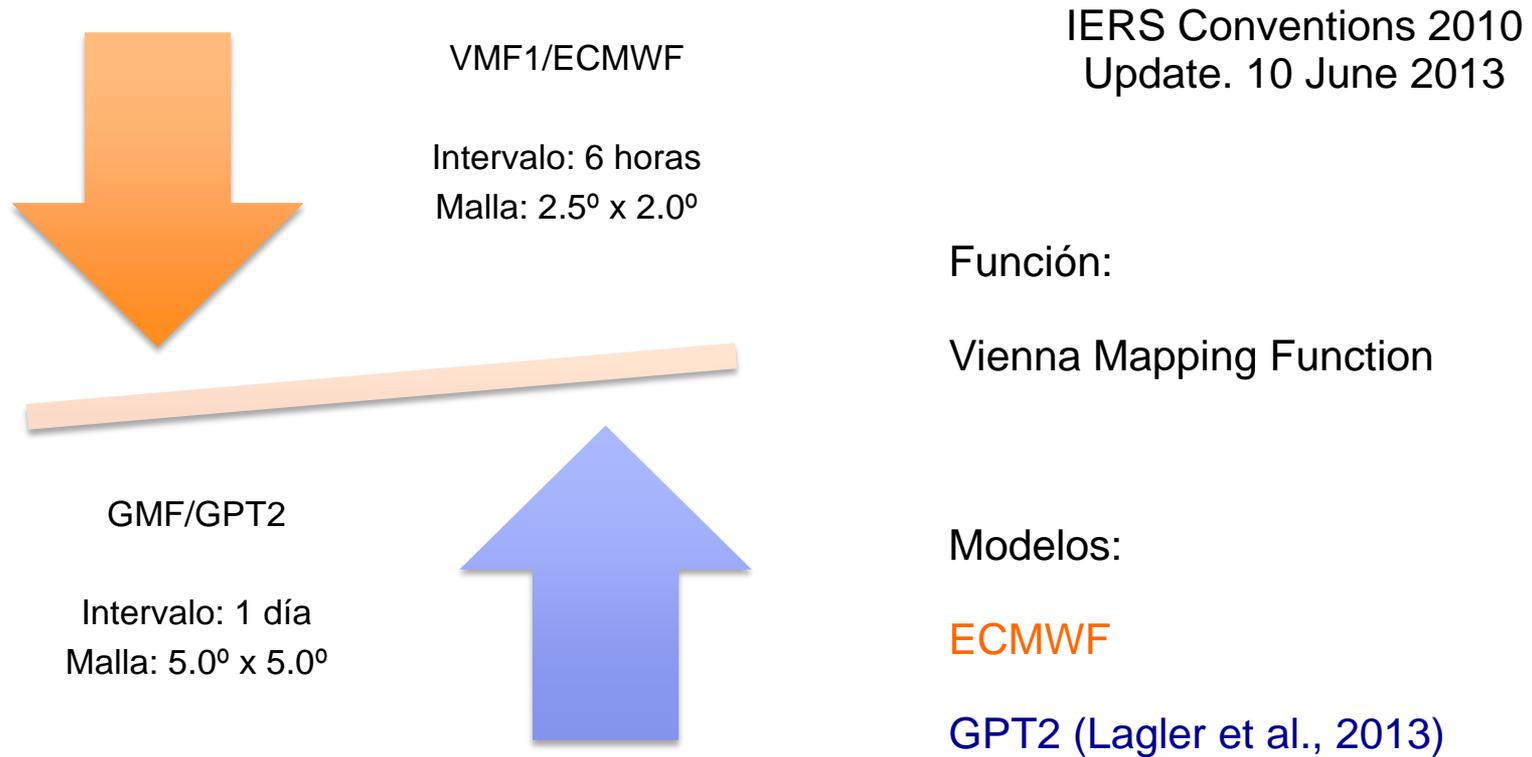
Fuente: IERS Conventions (Last Update. June 2010)





B. EL PROBLEMA

ESTÁNDARES FINALES DE LA IERS



Fuente: IERS Conventions 2010. Update: 10 June 2013





C. METODOLOGÍA

PROCESAMIENTO DE DATOS GPS (SOFT. GAMIT – GLOBK. VERSIÓN 10.5)

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS GNSS

CONTROL DE CALIDAD DE ARCHIVOS DE OBSERVACIÓN

SELECCIÓN DE LOS MODELOS Y PARÁMETROS DE CORRECCIÓN

AJUSTE DE LAS OBSERVACIONES Y CÁLCULO DE RETRASOS

GENERACIÓN DE SOLUCIONES POSICIONALES

SOLUCIONES SEMILIBRES

SOLUCIONES SEMANALES DIARIAS AJUSTADAS AL MARCO DE REFERENCIA IGS08

SOLUCIÓN MULTIANUAL AJUSTADA AL MARCO DE REFERENCIA IGS08

MODELAMIENTO DEL RETRASO TROPOSFÉRICO

DETERMINACIÓN DEL RETRASO TROPOSFÉRICO TOTAL. INTERVALO DE 1 Y 2 HORAS

DETERMINACIÓN DEL RETRASO TROPOSFÉRICO REAL (SLANT DELAY)

VALIDACIÓN DE LOS DATOS





D. METODOLOGÍA

ESTACIÓN GNSS DE MONITOREO CONTINUO ESPE - ECUADOR



Figura 4. ESTACIÓN GNSS – MET DE MONITOREO CONTINUO ESPE - ECU





C. METODOLOGÍA

ESQUEMA DE INTEROPERABILIDAD ESTACION GNSS - MET

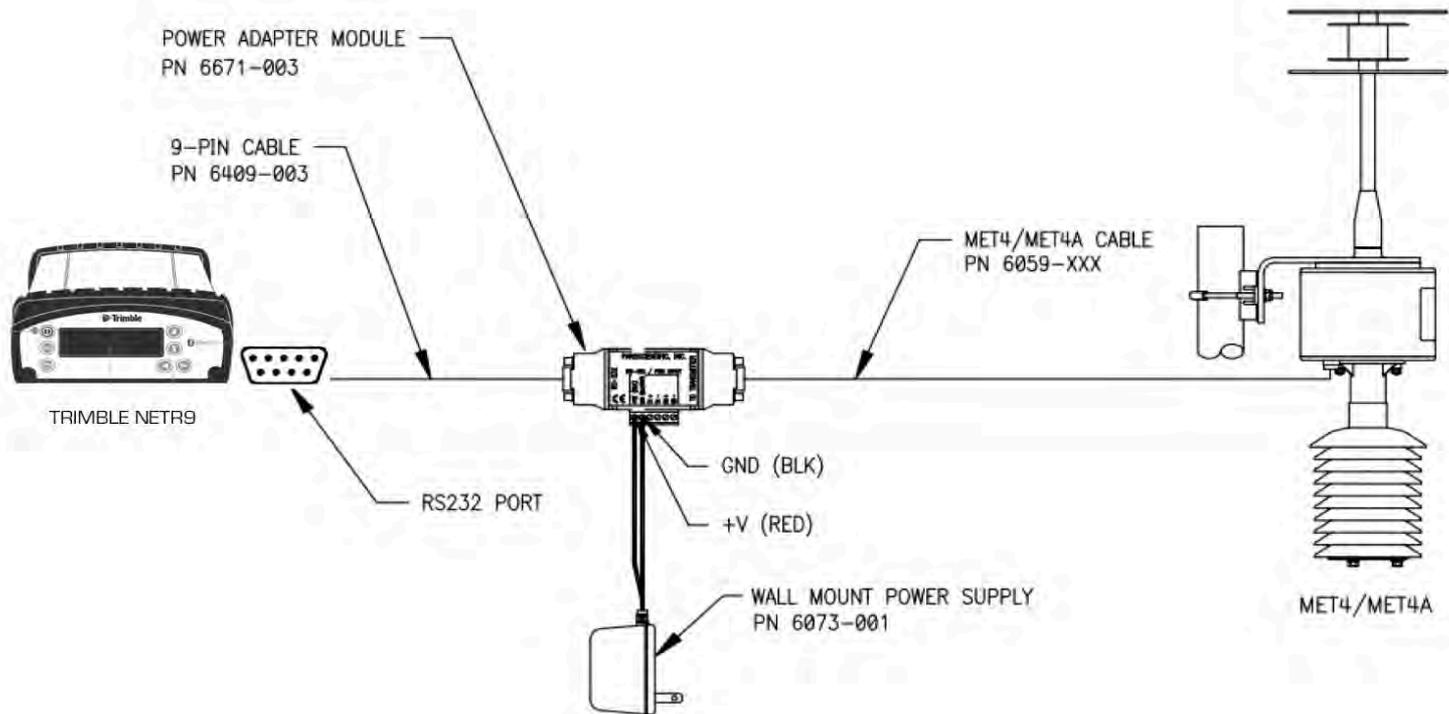
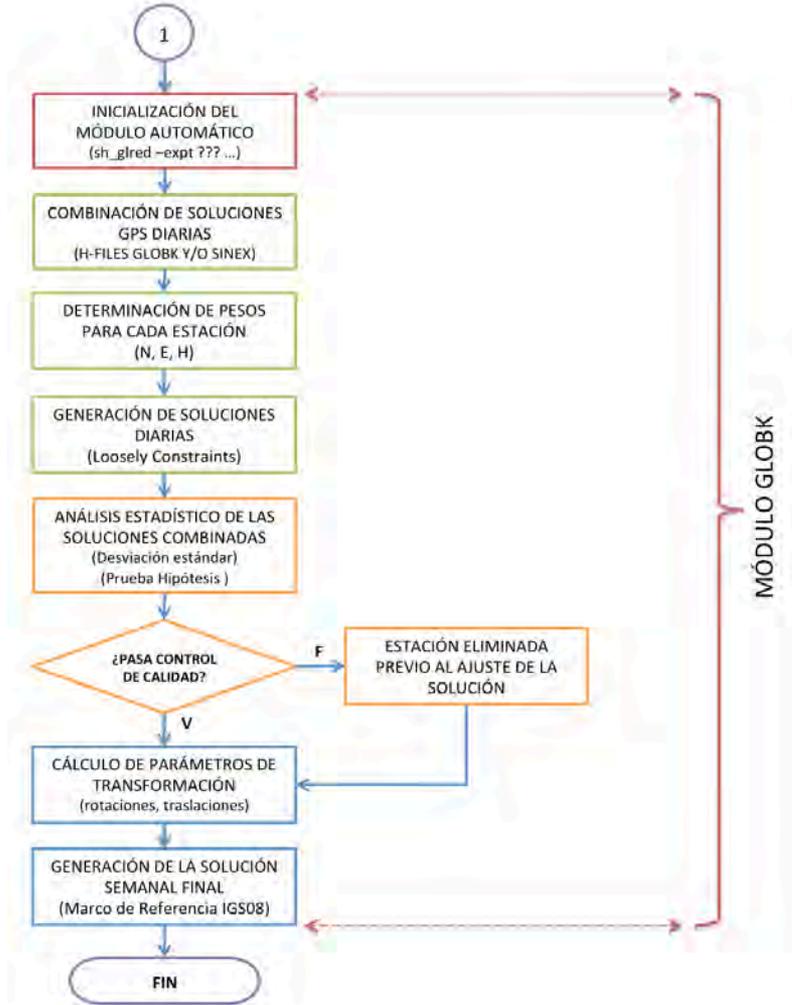
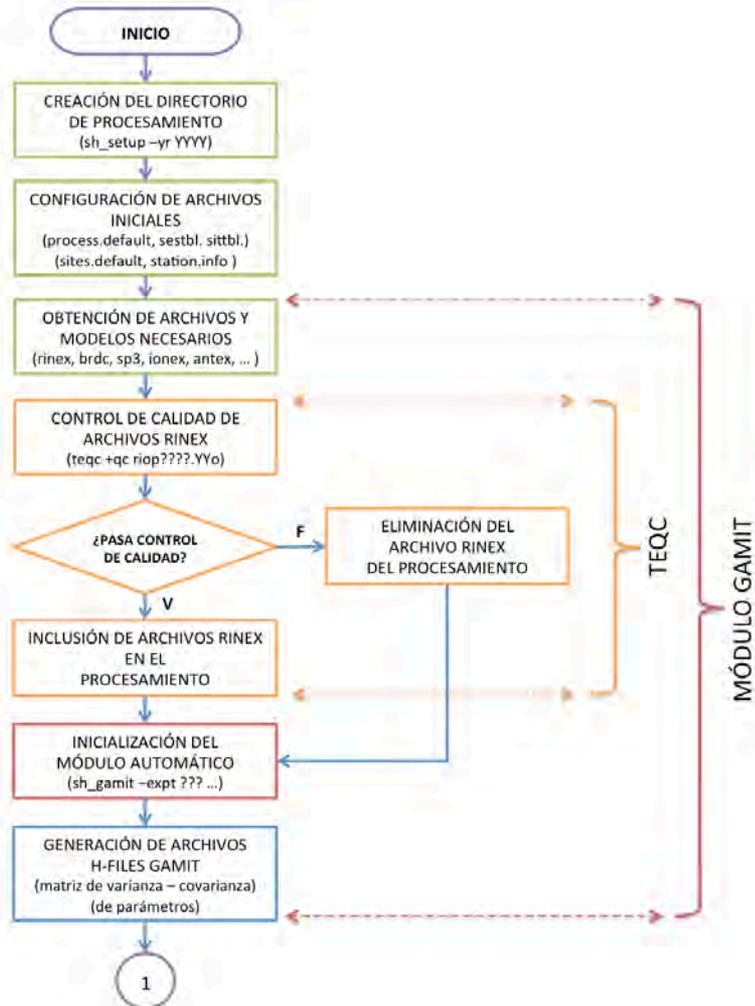


Figura 6. ESQUEMA DE INTEROPERABILIDAD GNSS TRIMBLE NETR9 – MET4A



FLUJOGRAMA DE PROCESAMIENTO





D. RESULTADOS

RETRASO TROPOSFÉRICO. ESTACIÓN GNSS - MET ESPE

met_espe.13118 -- Modificado

* Estimated atmospheric values for ESPE. Height estimate: 2522.9675 +/- 0.0149 m.
* METUTIL Version 3.0 2009-08-27
* Input files: oespe.118 zespe3.118 ZTD-file sigmas scaled by 1.0

* Yr	Day	Hr	Mn	Sec	Total Zen	Wet Zen	Sig Zen	PW	Sig PW (mm)	Press (hPa)	Temp (K)	ZHD (mm)	Grad NS	Sig NS	Grad EW	Sig EW (mm)
2013	118	0	0	0.	1877.10	146.90	7.90	23.45	1.26	757.30	286.40	1730.20	26.00	13.30	-60.70	18.60
2013	118	2	0	0.	1859.20	127.40	4.60	20.22	0.73	758.00	284.00	1731.80	21.29	13.50	-57.92	19.13
2013	118	4	0	0.	1876.50	142.90	5.30	22.70	0.84	758.80	284.40	1733.60	16.58	13.69	-55.15	19.64
2013	118	6	0	0.	1875.50	143.00	4.90	22.70	0.78	758.30	284.20	1732.50	11.88	13.88	-52.38	20.15
2013	118	8	0	0.	1855.80	125.80	4.30	19.95	0.68	757.20	283.70	1730.00	7.17	14.07	-49.60	20.64
2013	118	10	0	0.	1847.60	118.10	4.50	18.73	0.71	757.00	283.80	1729.50	2.46	14.26	-46.82	21.11
2013	118	12	0	0.	1846.90	115.30	4.80	18.31	0.76	757.90	284.30	1731.60	-2.25	14.44	-44.05	21.58
2013	118	14	0	0.	1848.90	116.80	5.60	18.79	0.90	758.20	289.40	1732.10	-6.96	14.62	-41.27	22.04
2013	118	16	0	0.	1784.10	54.40	6.30	8.86	1.03	757.10	294.10	1729.70	-11.67	14.80	-38.50	22.49
2013	118	18	0	0.	1836.30	110.20	6.20	18.09	1.02	755.50	297.40	1726.10	-16.38	14.98	-35.72	22.93
2013	118	20	0	0.	1814.70	92.30	5.40	15.02	0.88	753.90	293.80	1722.40	-21.08	15.16	-32.95	23.36
2013	118	22	0	0.	1861.80	138.00	6.20	21.98	0.99	754.50	285.50	1723.80	-25.79	15.33	-30.18	23.78
2013	119	0	0	0.	1881.90	155.70	7.00	24.94	1.12	755.50	287.70	1726.20	-30.50	15.50	-27.40	24.20

Figura 4. Archivo de Resultados Meteorológicos

Estación GNSS ESPE. Año 2013 - Día GPS 118

Intervalo de Muestreo. 2 horas

Modelo Troposférico RINEX – Función de Mapeo Troposférica VMF1

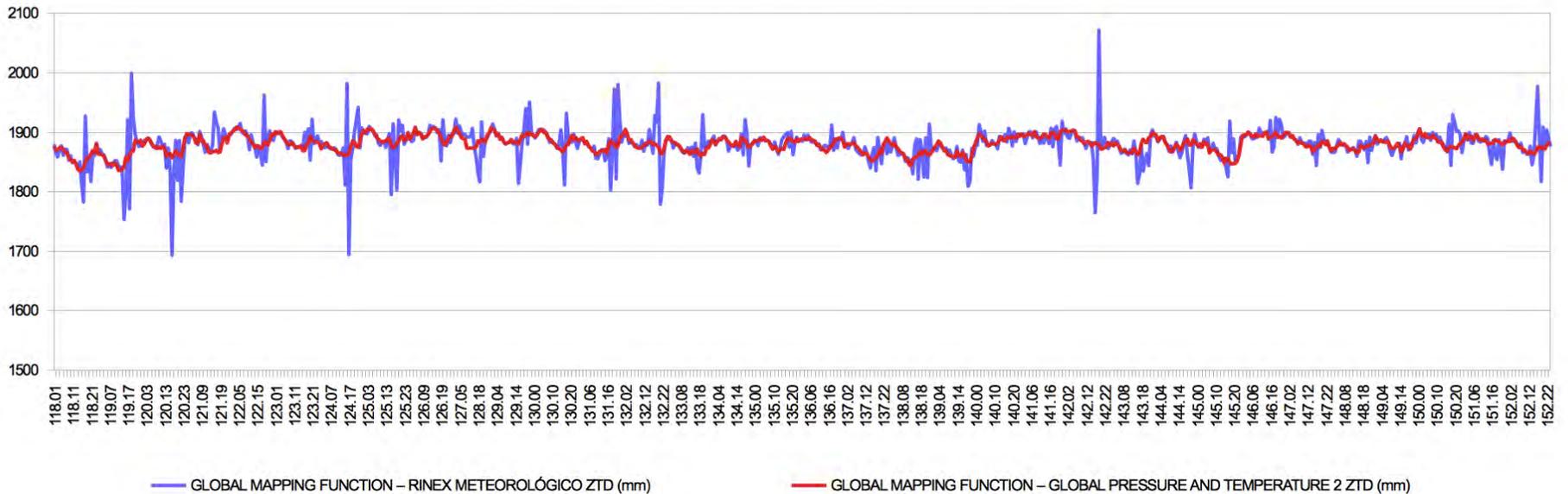




D. RESULTADOS

RETRASO TROPOSFÉRICO. ESTACIÓN GNSS - MET ESPE

RETRASO TROPOSFÉRICO TOTAL. ESTACIÓN GNSS DE MONITOREO CONTINUO ESPE
COMPARACIÓN ENTRE MODELOS GPT2 Y RINEX METEOROLÓGICO

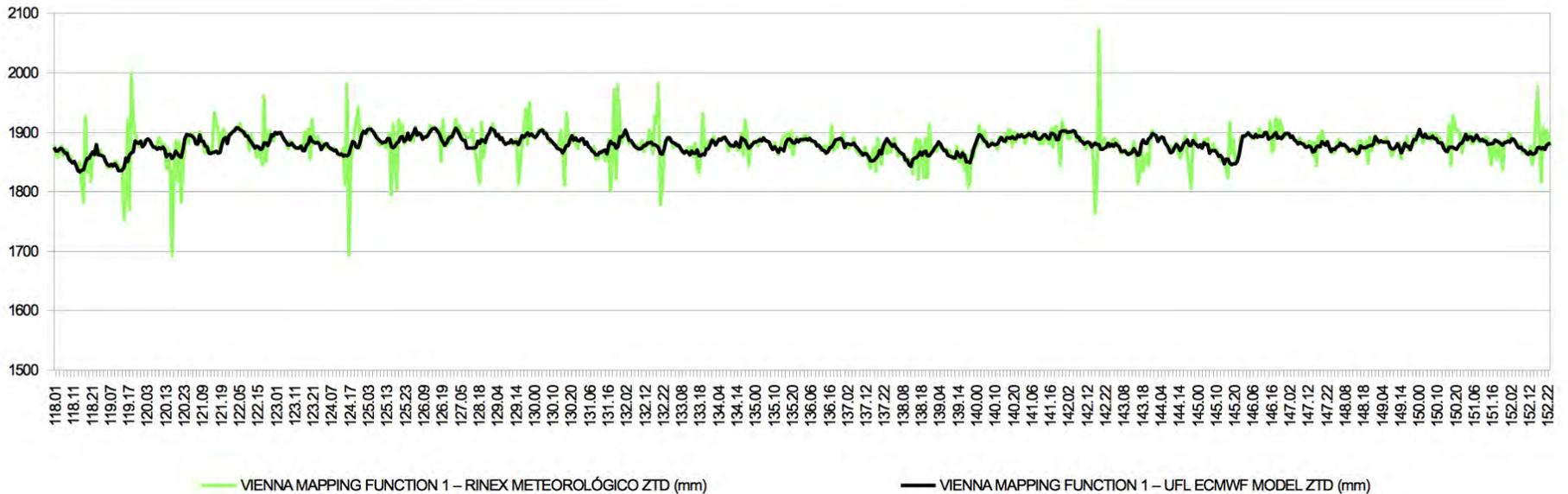




D. RESULTADOS

RETRASO TROPOSFÉRICO. ESTACIÓN GNSS - MET ESPE

RETRASO TROPOSFÉRICO TOTAL. ESTACIÓN GNSS DE MONITOREO CONTINUO ESPE
COMPARACIÓN ENTRE MODELOS VIENNA/ECMWF Y RINEX METEOROLÓGICO



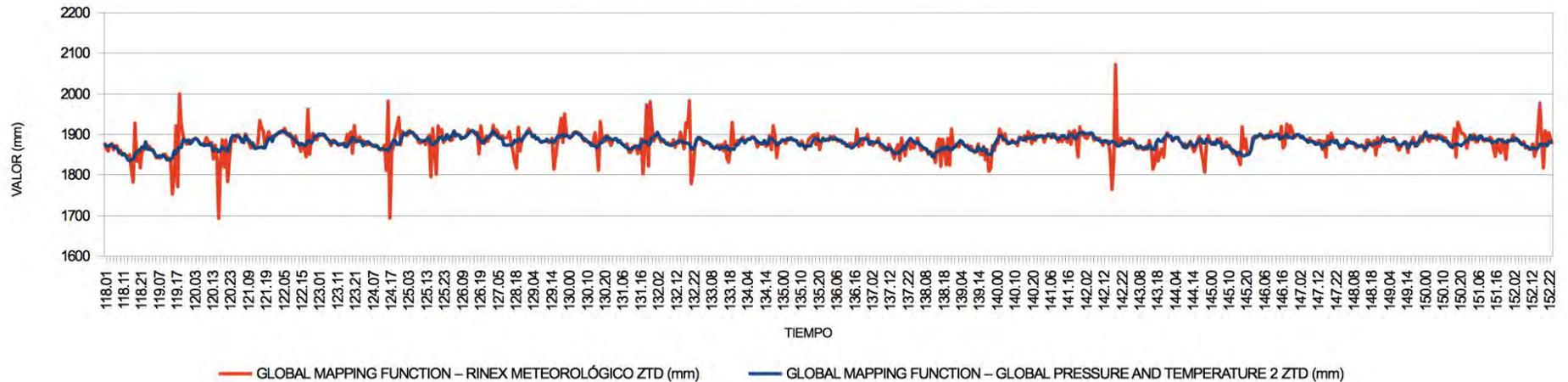


D. RESULTADOS

RETRASO TROPOSFÉRICO. ESTACIÓN GNSS - MET ESPE

RETRASO TROPOSFÉRICO TOTAL. ESTACIÓN GNSS DE MONITOREO CONTINUO ESPE

COMPARACIÓN ENTRE EL MODELO GPT2 Y RINEX MET



ESTADÍSTICO	GMF – RNX (mm)
VALOR MÁXIMO	170.30
VALOR MÍNIMO	-191.80
AMPLITUD	362.10

ESTADÍSTICO	GMF – GPT2 (mm)
PROMEDIO	0.23
MEDIANA	-0.10
MODA	-0.70

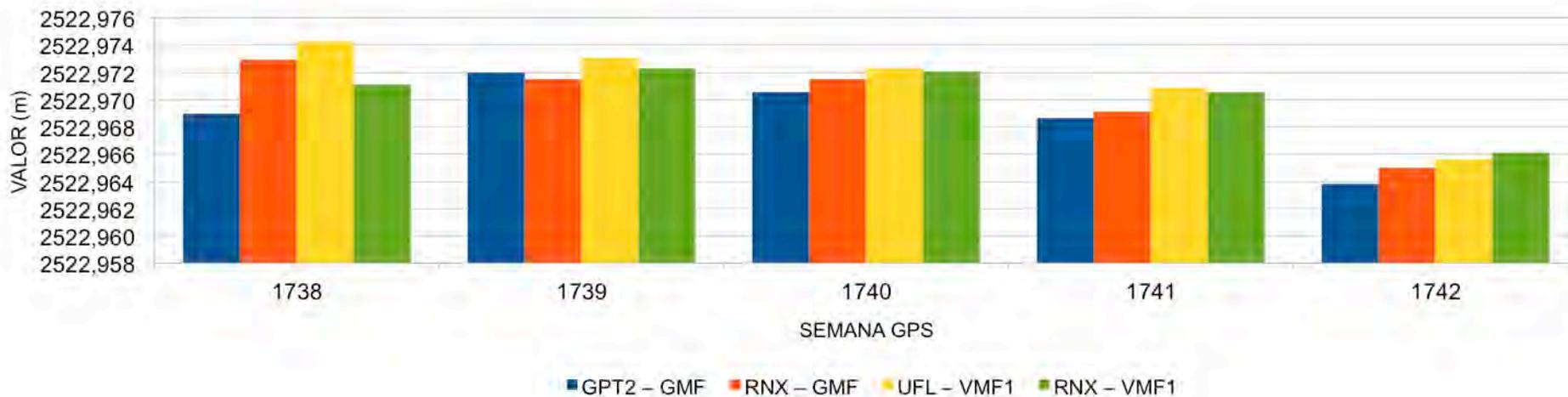




D. RESULTADOS

RETRASO TROPOSFÉRICO. ESTACIÓN GNSS - MET ESPE

ALTURA ELIPSOIDAL. ESTACIÓN GNSS ESPE
COMPARACIÓN ENTRE MODELOS: GPT2 - UFL - RNX



ESTADÍSTICO	GPT2 - GMF (cm)	RNX - GMF (cm)	VMF1/ECMWF - VMF1 (cm)	RNX - VMF1 (cm)
VALOR MÁXIMO	24,4	29,5	24,7	29,2
PROMEDIO	23,2	27,5	23,1	27,5
MEDIANA	22,4	26,5	22,6	26,6

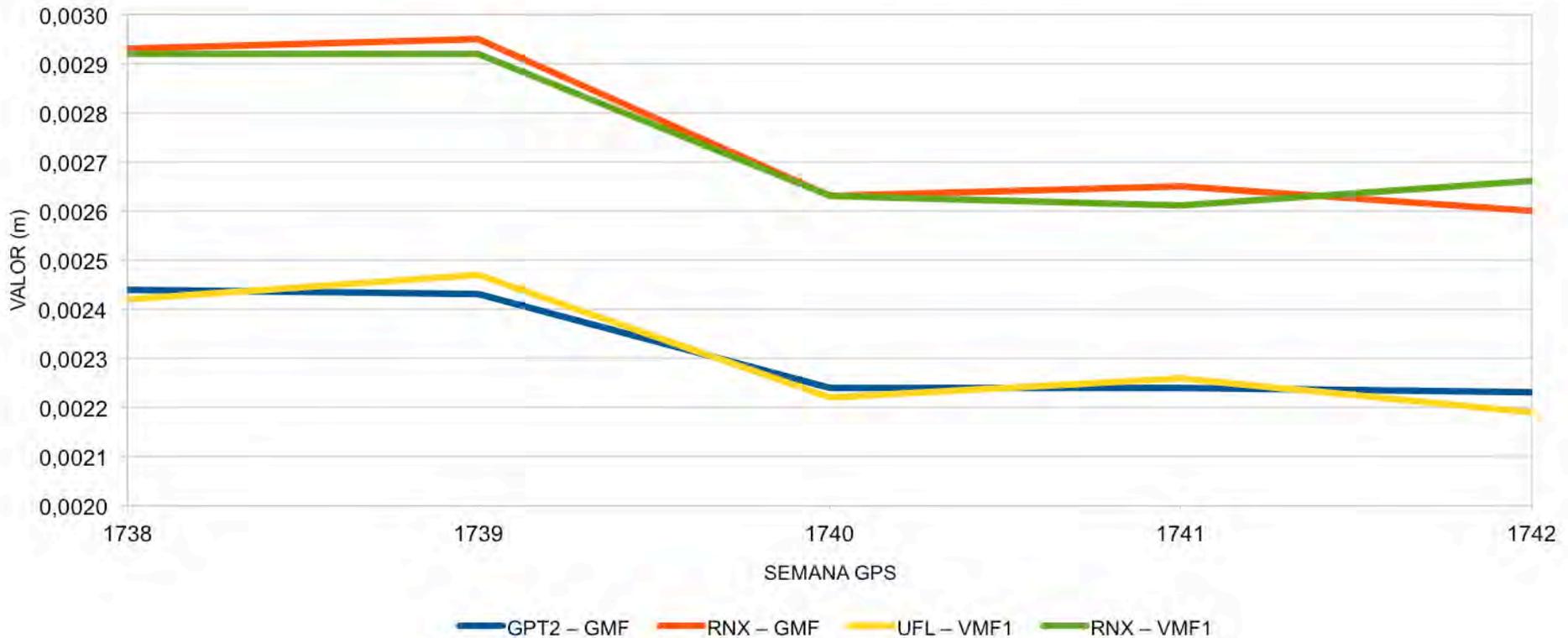




D. RESULTADOS

RETRASO TROPOSFÉRICO. ESTACIÓN GNSS - MET ESPE

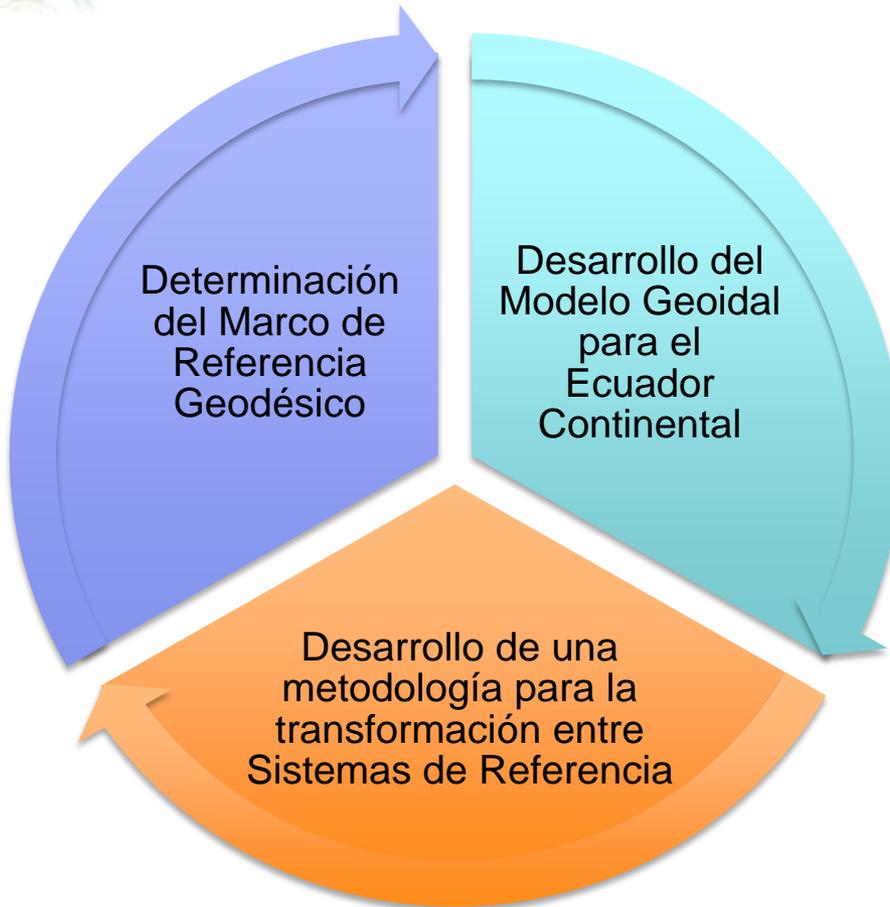
SIGMA. ALTURA ELIPSOIDAL. ESTACIÓN GNSS ESPE
COMPARACIÓN ENTRE MODELOS: GPT2 - UFL - RINEX





E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN. CAMBIO DE REFERENCIAL GEODÉSICO



INSTITUCIONES INVOLUCRADAS

- ✓ SECRETARIA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (SENESCYT)
- ✓ INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR DEL ECUADOR (IGM)
- ✓ UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS (ESPE)

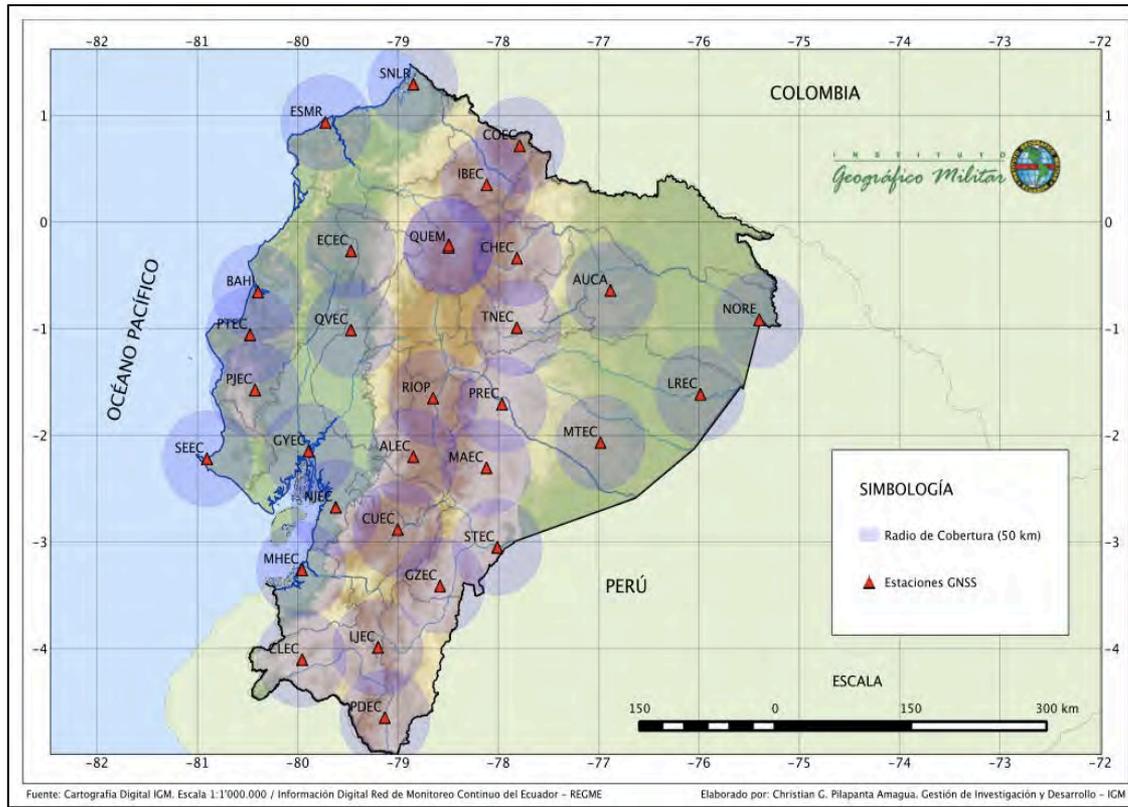




E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

DETERMINACIÓN DEL MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO ECUATORIANO

Figura 1. RED DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR. REGME



OBJETIVOS PRINCIPALES

- ✓ DETERMINAR EL MARCO DE REFERENCIA GEODÉSICO DEL ECUADOR, ACORDE A LOS ESTÁNDARES MUNDIALES.
- ✓ GENERAR UN **MODELO DE CORRECCIÓN TROPOSFÉRICO PARA EL ECUADOR CONTINENTAL**, MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA GNSS DE LA REGME.

Fuente: GEOPORTAL IGM - EC. 2013



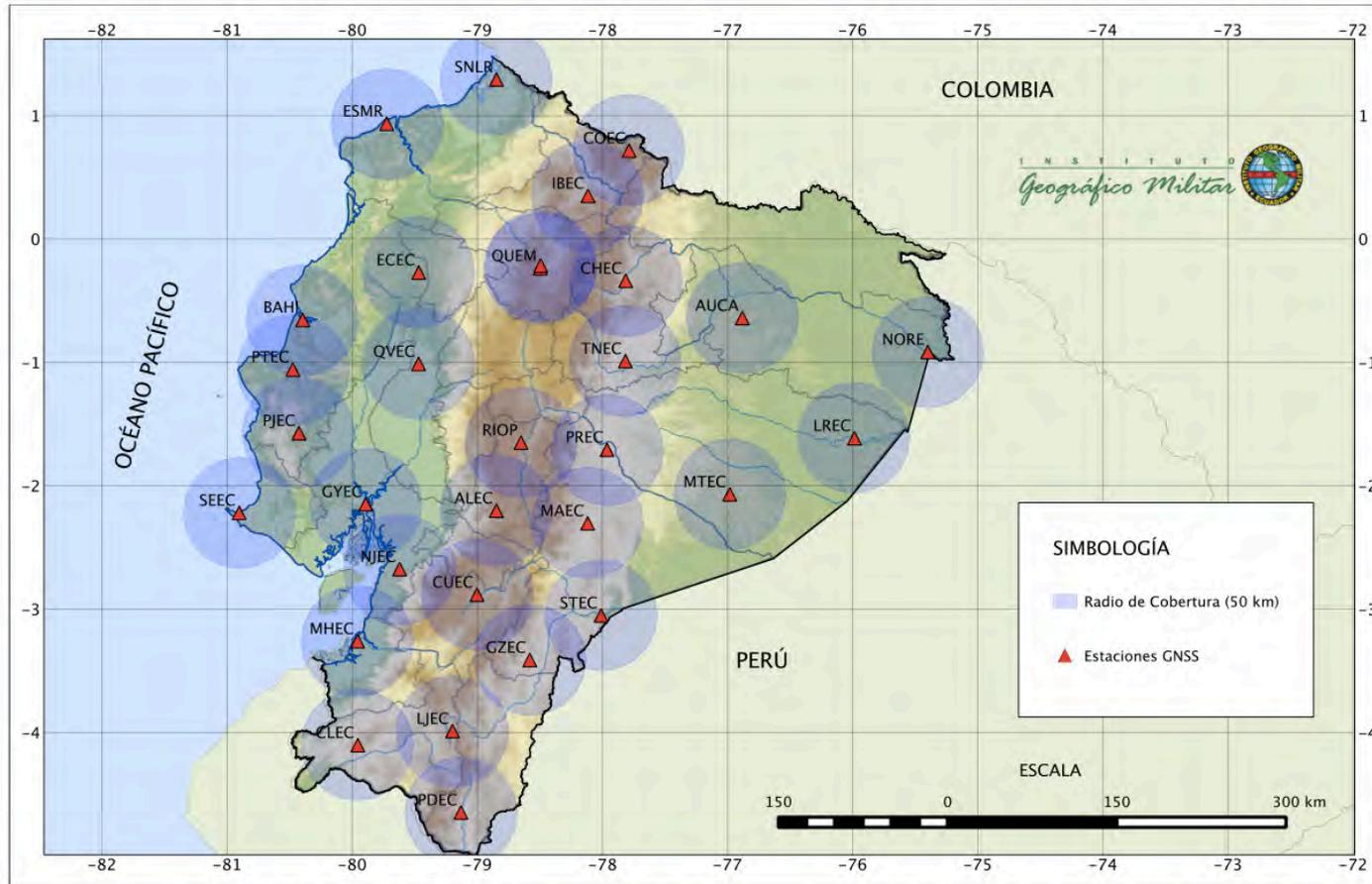
Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. "Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos de propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE - ECUADOR"



E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

ANÁLISIS DE LA REGME PARA INSTALACIÓN SISTEMAS MET

RED GNSS DE MONITOREO CONTINUO DEL ECUADOR - REGME. RADIO DE COBERTURA DE 50 KILÓMETROS



Fuente: Cartografía Digital IGM. Escala 1:1'000.000 / Información Digital Red de Monitoreo Continuo del Ecuador - REGME

Elaborado por: Christian G. Pilapanta Amagua. Gestión de Investigación y Desarrollo - IGM



Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. "Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos de propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE - ECUADOR"



E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

ESTUDIO DE LOS TIPOS DE CLIMAS EN EL ECUADOR CONTINENTAL



Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. "Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos de propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE - ECUADOR"



E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

ESTACIONES SELECCIONADAS PARA INSTALACIÓN SISTEMAS MET

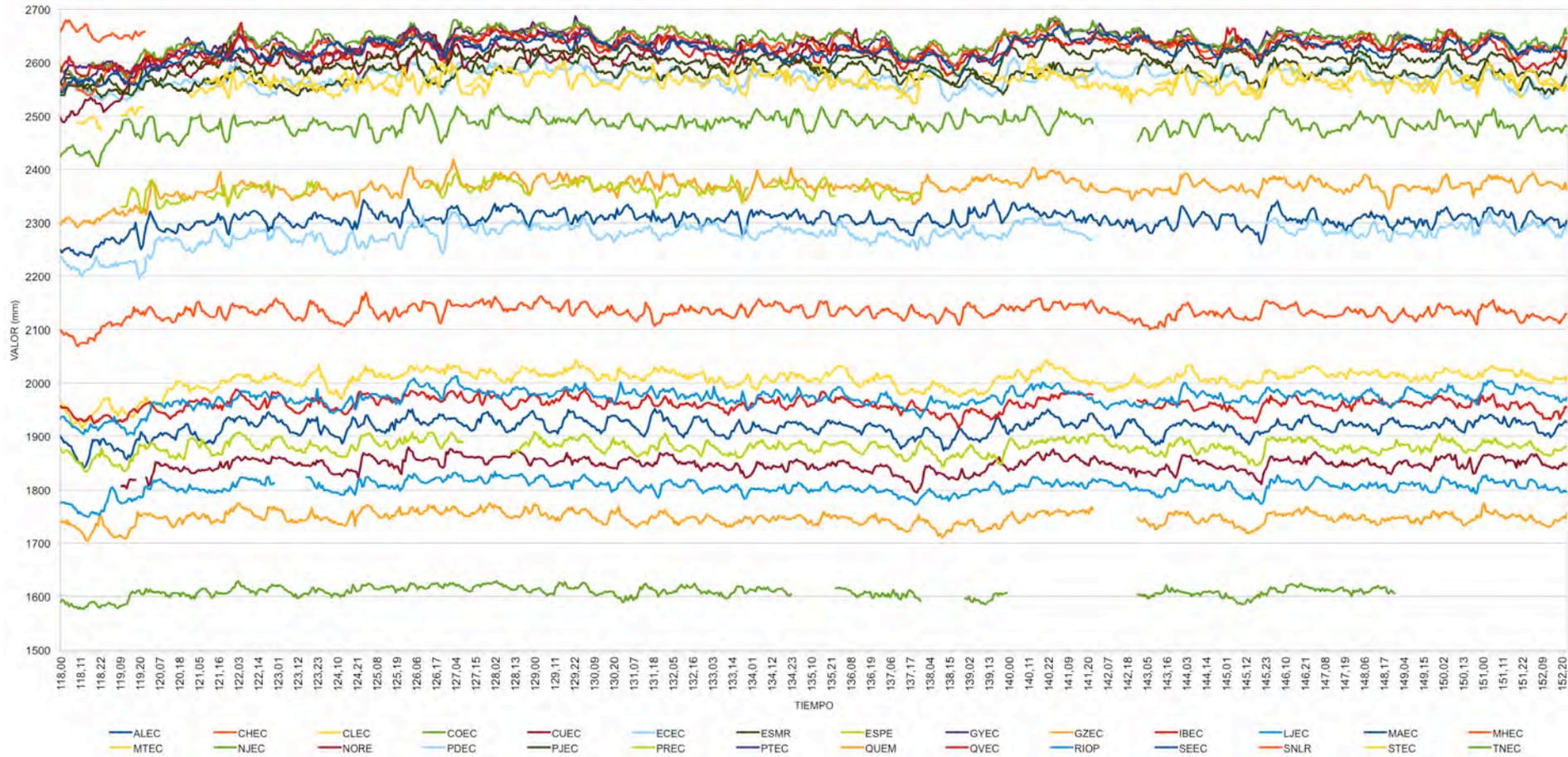


Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. "Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos de propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE - ECUADOR"



E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

RETRASO TROPOSFÉRICO POR ESTACIÓN. PERIODO DÍA GPS 118 - 152

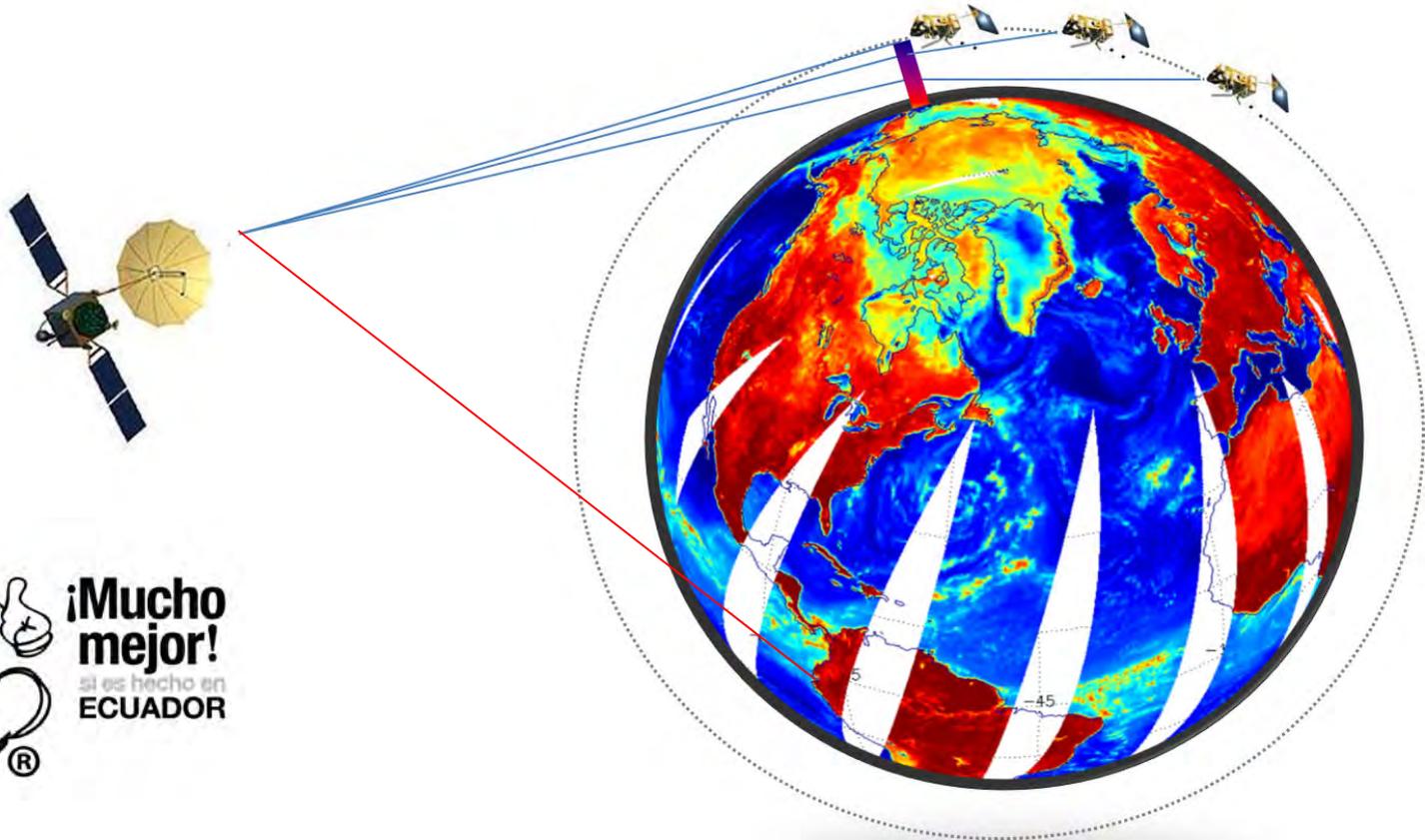


Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. "Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos de propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE - ECUADOR"



E. ACTUALIDAD Y PROSPECTIVA

DETERMINACIÓN DEL MODELO TROPOSFÉRICO DEL ECUADOR CONTINENTAL



Pilapanta, C., Viteri, A. & Tierra, A. 2013. "Análisis, evaluación y comparación de los nuevos modelos de propagación atmosférica, con datos obtenidos por parte del sistema de medición meteorológico MET4 ubicado en la estación GNSS ESPE - ECUADOR"



F. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

C

- En el Ecuador, debido a que los modelos de predicción meteorológicos actuales poseen resoluciones espaciales demasiado grandes (en comparación con el territorio), la interpolación no determina un valor cercano a la realidad, por lo cual, se hace necesario el uso de sistemas de medición meteorológicos o de instrumentación especializada para dicho fin.

C

- En el cálculo del retraso, se puede evidenciar que las funciones de mapeo troposférico no posee una diferencia significativa al ser comparadas, caso contrario a lo que sucede con los modelos numéricos meteorológicos, los cuales, para el caso específico de la estación de la ESPE poseen diferencias hasta de 20 cm.

C

- Debido a que los valores obtenidos por el sensor meteorológico, poseen un comportamiento variable, se puede evidenciar que la precisión en las alturas de la estación GNSS de la ESPE disminuyen en relación a los modelos. (No necesariamente mejoran)

R

- Es importante repetir dicho estudio con la inclusión de los valores meteorológicos reales a fin de determinar un modelo lo más cercano a la realidad y capaz de ser incluido en el procesamiento de soluciones, así como **buscar nuevas alternativas para su uso (manejo de tecnología NTRIP).**





Christian G. Pilapanta A.
christian.pilapanta@mail.igm.gob.ec
cgpilapanta@espe.edu.ec

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

