

Análisis estadístico de las precisiones del posicionamiento a Tiempo Real en Argentina

M.F.Camisay^{1,2}, M.V.Mackern¹, L. Di Marco¹, M.L.Mateo^{1,2}, C. Brunini²

1-Fac. de Ingeniería. Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza, Argentina

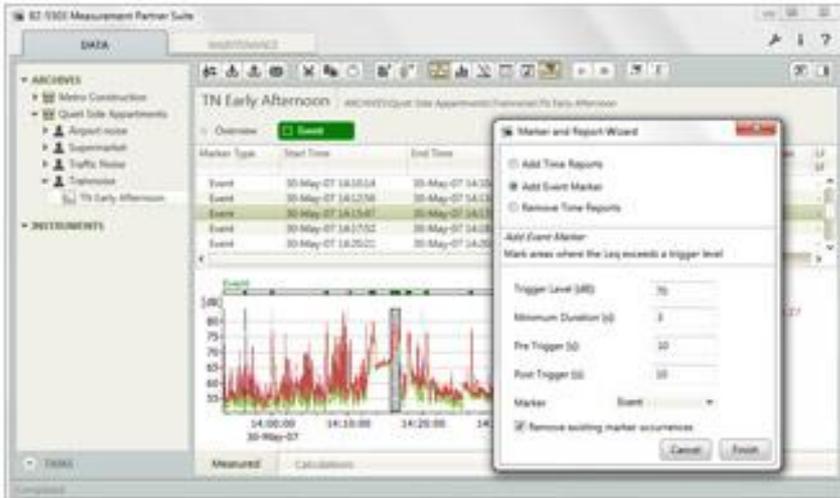
2 – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina



POSICIONAMIENTO GNSS

Post-Procesamiento

- Diferencial (Estático, Cinemático, Stop & Go)
- + Precisiones Milimétricas
- Diferido en el tiempo.
- Procesamiento y Cálculo



Tiempo Real

- Absoluto (Navegación)
 - + Muy económico y de fácil utilización
 - Precisión métrica, falta de seguridad e integridad del sistema.
- Absoluto Corregido (PPP)
 - + Precisión decimétrica RT.
 - Necesita aplicar correcciones (orbitas y reloj de los satélites, errores atmosféricos, etc).
- Diferencial (DGPS, RTK)
 - + Precisión centimétrica (fase) y decimétrica (código) RT.
 - + Disminución de costos y mayor productividad
 - Necesita aplicar correcciones generadas por una *estación base*



INFRAESTRUCTURA

¿POR QUE es necesaria?



ESTACIONES BASE
(Red de EC)
Correcciones en formato RTCM

RADIO-transmisores (UHF-VHF)

1 BASE → POCOS USUARIOS

ESTACIONES REMOTAS con equipamiento adecuado

Receptores RTK



IGS
Correcciones de órbitas y relojes de los satélites precisas a Tiempo Real

INTERNET- NTRIP



Navegadores con RTCM





Experiencias NTRIP

Experiencias RT-NTRIP

OBJETIVO



Evaluar la precisión de las técnicas RT

RTK: Es el posicionamiento diferencial de **fase** a Tiempo Real.

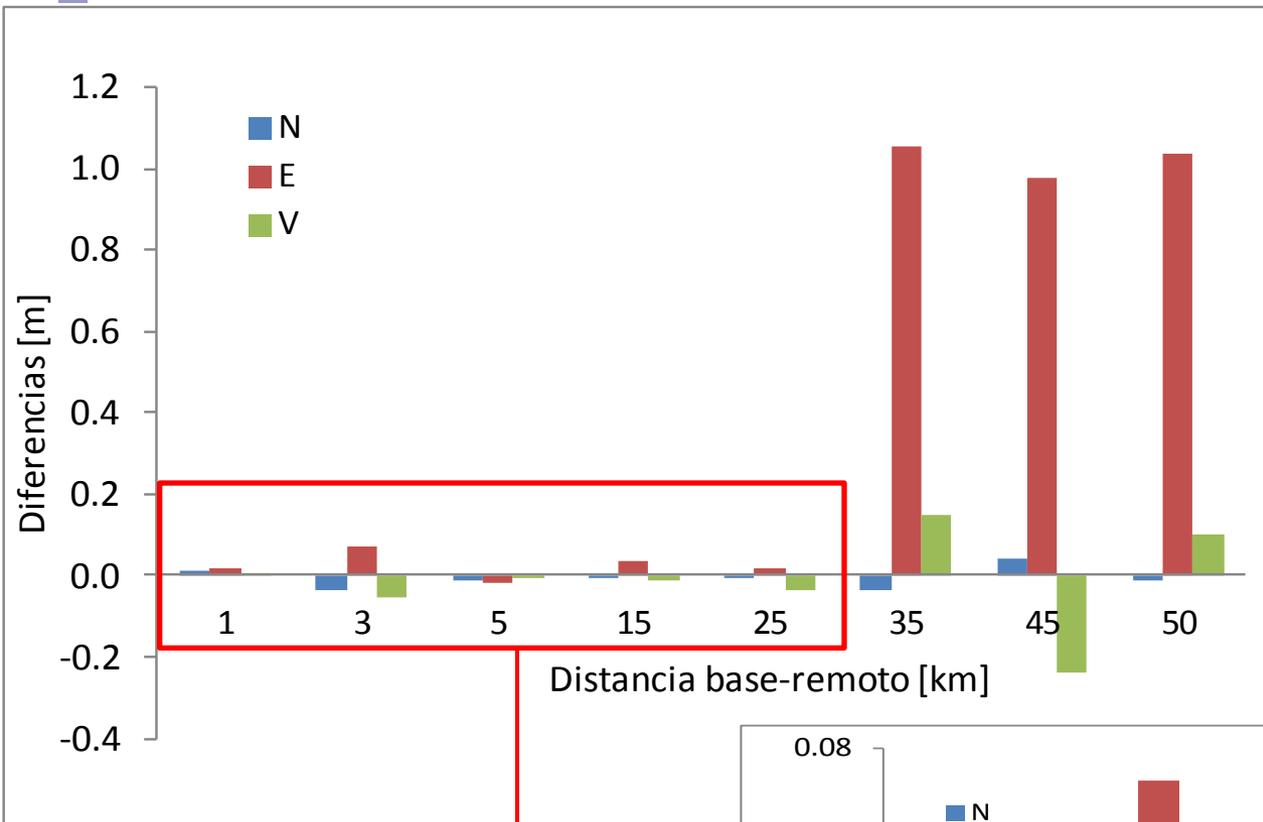
DGPS: Posicionamiento diferencial de **código** a Tiempo Real.



Caster RAMSAC-NTRIP
Estación Base MZAE
Octubre de 2011

□ MZAE (Base)

RESULTADOS "RTK-NTRIP"



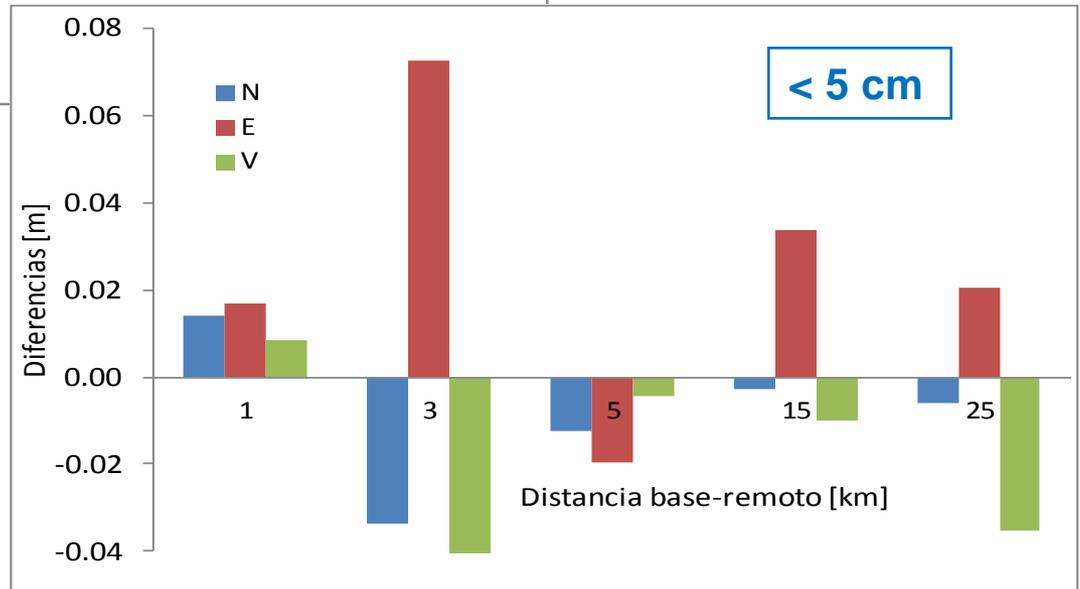
- ✓ Transmisión NTRIP
- ✓ Estación Base: MZAE
- ✓ Remoto: Receptor **RTK** doble frecuencia a distancias variables.

Muestreo: 10 observaciones para cada estación remota

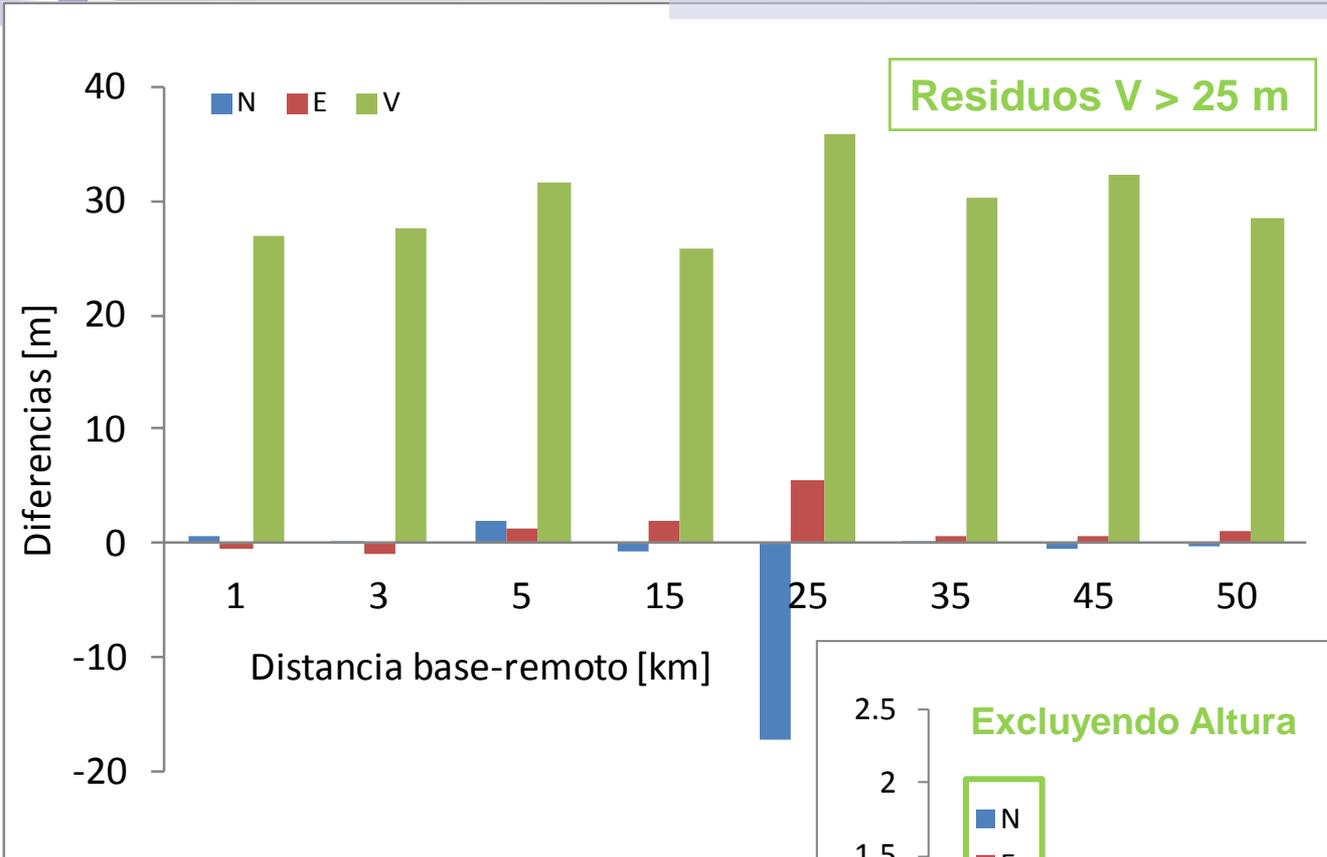
✓ Estadísticos utilizados : \bar{X} , σ

✓ Datos simétricos.

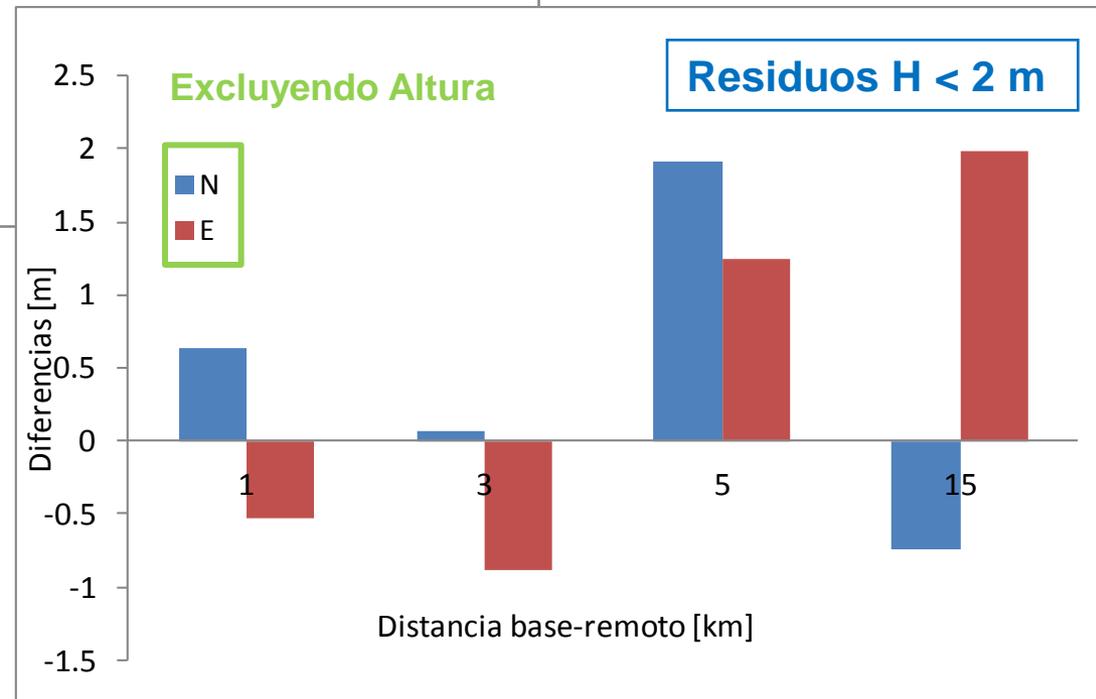
✓ No se observan valores alejados.



RESULTADOS "DGPS-NTRIP"



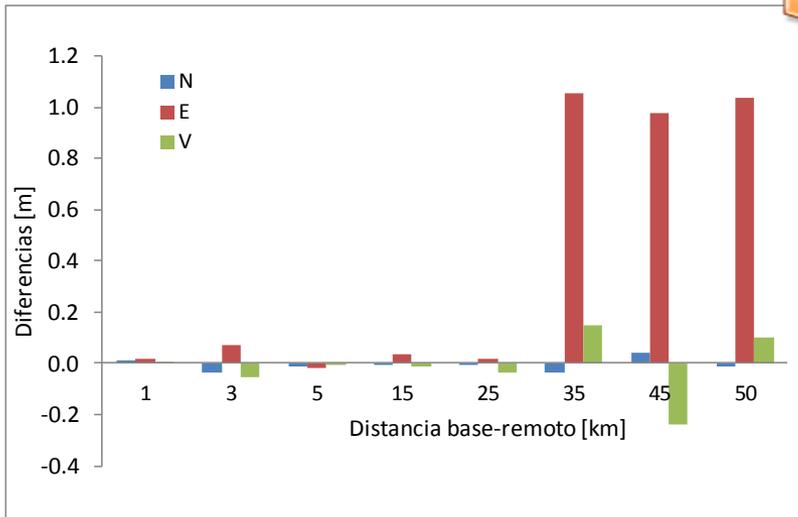
- ✓ Transmisión: NTRIP
- ✓ Estación Base: MZAE
- ✓ Remoto: **DGPS**
Navegador con entrada RTCM a distancias variables



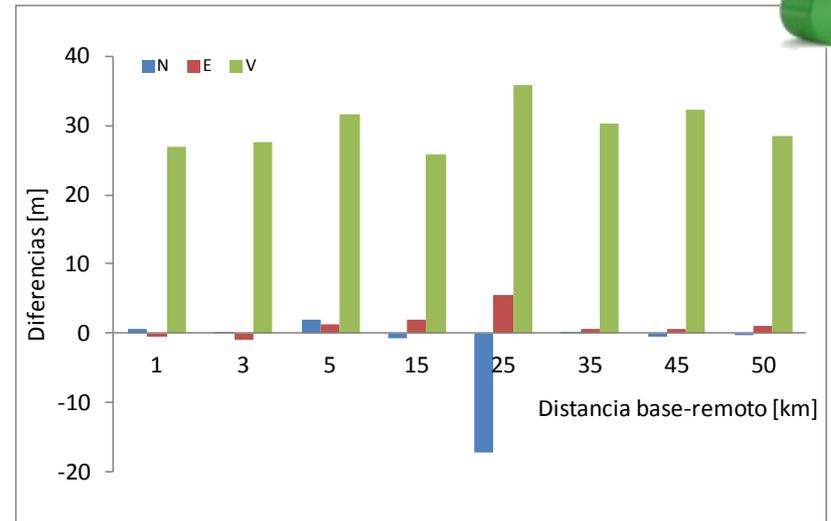
Muestreo: 10 observaciones para cada estación remota

- ✓ Estadísticos utilizados : \bar{X} , σ
- ✓ Datos simétricos.
- ✓ Se observan valores alejados en la estación a 25 km.

LA PRECISIÓN RTK-NTRIP VARÍA CON LA DISTANCIA



DGPS-NTRIP CORRIGE LA ALTURA



FUNDAMENTOS

¿CUÁLES SON LOS ERRORES DEL POSICIONAMIENTO?

¿CÓMO SE CALCULAN LAS CORRECCIONES DIFERENCIALES?

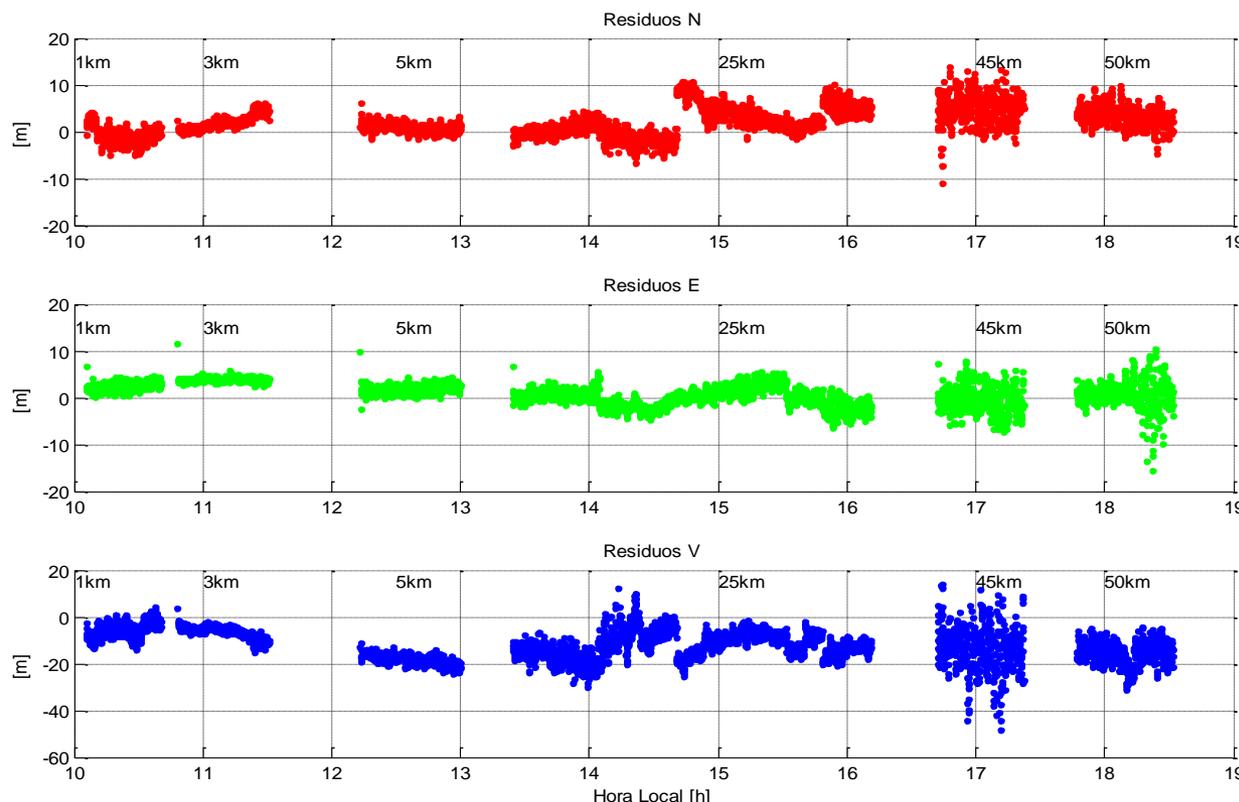
¿QUÉ OTROS MODELOS O CORRECCIONES SE APLICAN?



Errores en el Posicionamiento Absoluto

1. Retardo Ionosférico: $\sim 20\text{-}30\text{ m}$ en el día, $\sim 2\text{-}3\text{ m}$ en la noche
2. Retardo Troposférico: $\sim 2\text{-}2.5\text{ m}$ para $z = 0^\circ$, $\sim 20\text{-}28\text{ m}$ para $z = 85^\circ$
3. Errores en las observaciones: $\pm 1\text{ m}$ para CA, $\pm 30\text{ cm}$ para P
4. Multicamino: $\pm 3\text{ m}$ para CA, $\pm 1\text{ m}$ para P
5. Errores en las efemérides de los satélites:

Efemérides	Posición	Reloj
Transmitidas	1m	1.5 m
RT-IGS	5 cm	4.5 cm
Precisas IGS	2.5 cm	2.2 cm



Precisiones de nuestro levantamiento
Horizontal: $\pm 10\text{ m}$
Vertical: $\pm 20\text{ m}$

OBJETIVO → Analizar y cuantificar la influencia de los errores del posicionamiento

POSICIONAMIENTO PUNTUAL MEJORADO “PPP”

- ✓ **Input:** Archivos RINEX de observación y de navegación (efemérides transmitida).
- ✓ **Cálculo:** Posición y error de reloj de los satélites en el instante de emisión, distancia geométrica satélite-receptor y error de reloj del receptor.
Suavizado del código con la fase, efecto relativista, rotación terrestre y aplicación de modelo troposférico global.
- ✓ **Output:** Posición absoluta de código *corregida* época por época.

POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL “DGPS”

- ✓ **Input:** DOS Archivos RINEX : estación BASE y estación REMOTA
- ✓ **Cálculo** de correcciones a la pseudodistancia **PRC** y su tasa de variación (RRC) para cada satélite, época a época, a partir de las observaciones RINEX de la estación Base:

$$PRC(t) = PRC(t_0) + RRC \cdot (t - t_0)$$

- ✓ Dichas correcciones diferenciales se aplican al “código” observado en la estación Remota.



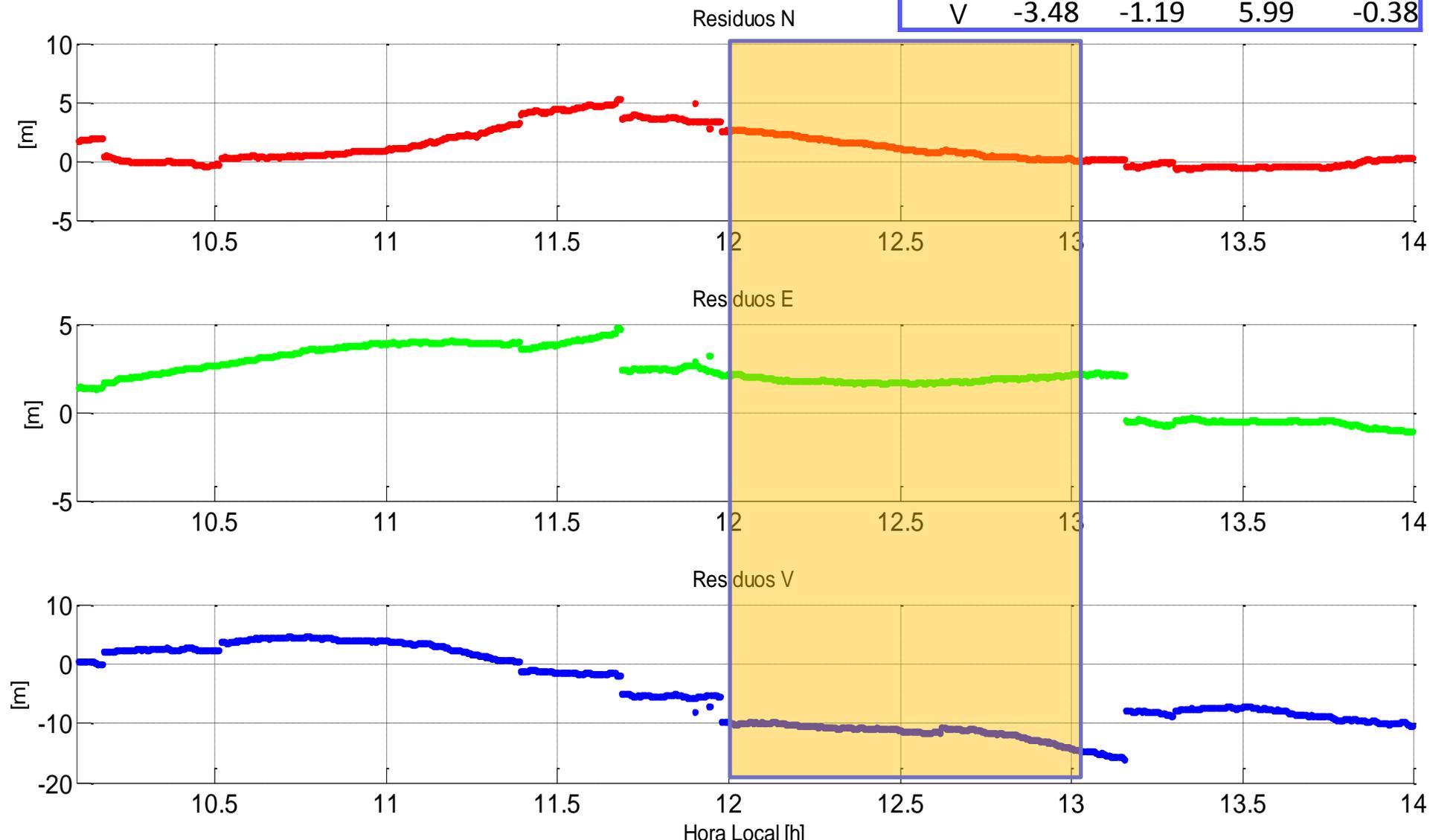
Precisiones en Posicionamiento Puntual mejorado:

- Suavizado del código con la fase.
- Efecto relativista, rotación terrestre.
- Aplicación de modelo troposférico global.

Precisiones en Posicionamiento Puntual

Precisión Horizontal: ± 2.5 m
Precisión Vertical: ± 10 m

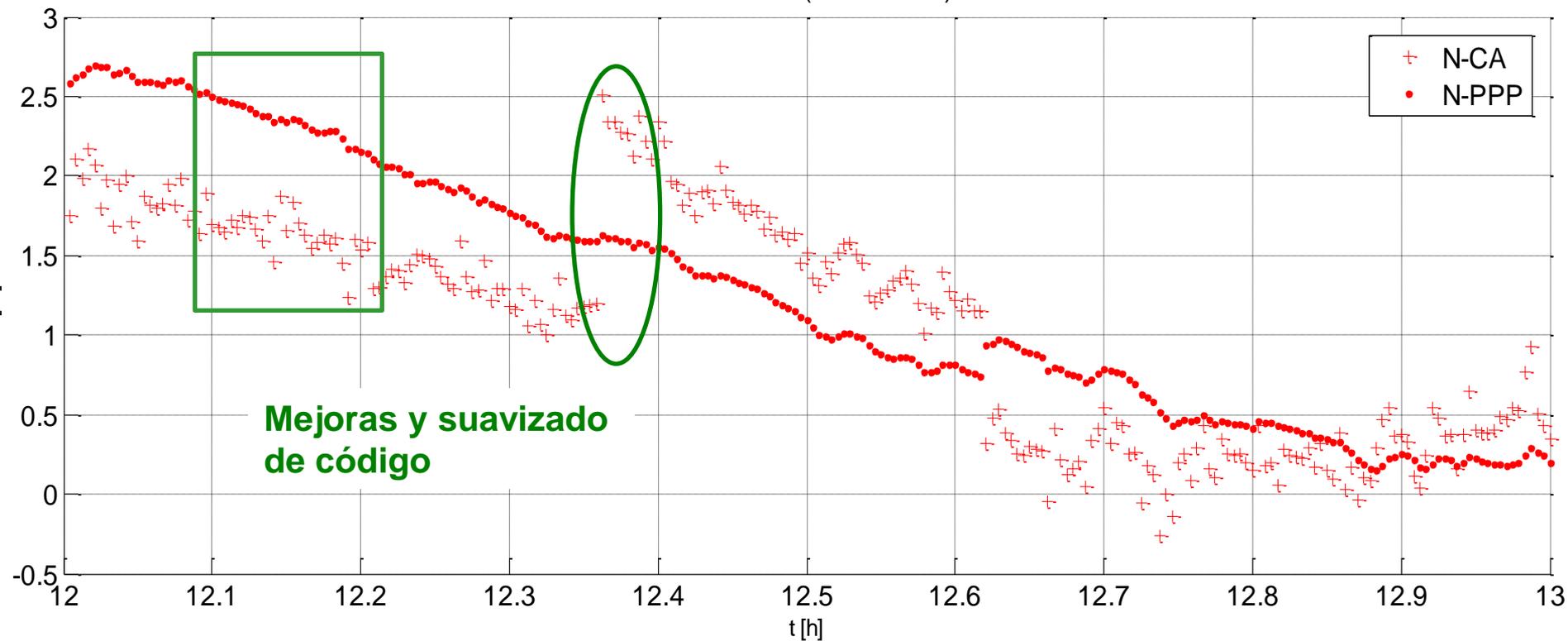
	Media	Mediana	σ	Simetría
N	0.94	0.57	1.58	0.24
E	1.23	1.73	1.89	-0.26
V	-3.48	-1.19	5.99	-0.38



Comparación con Pos. Absoluto

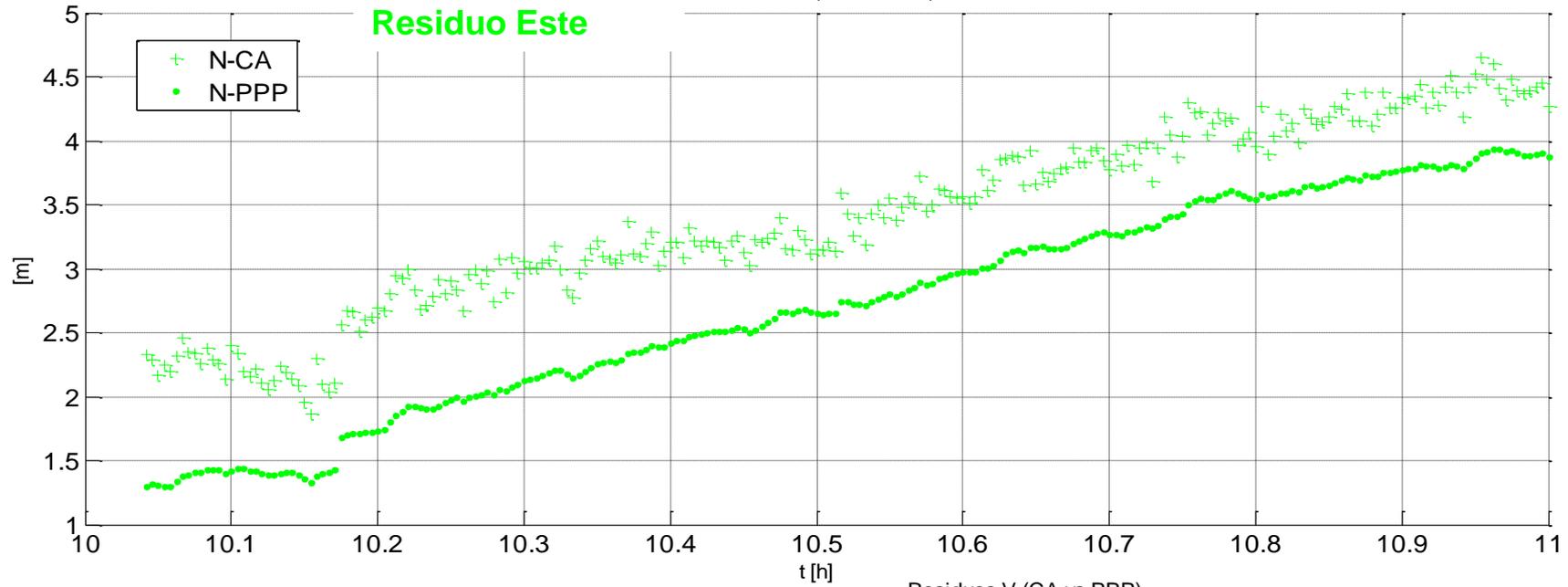
Residuos N (CA vs PPP)

Residuo Norte

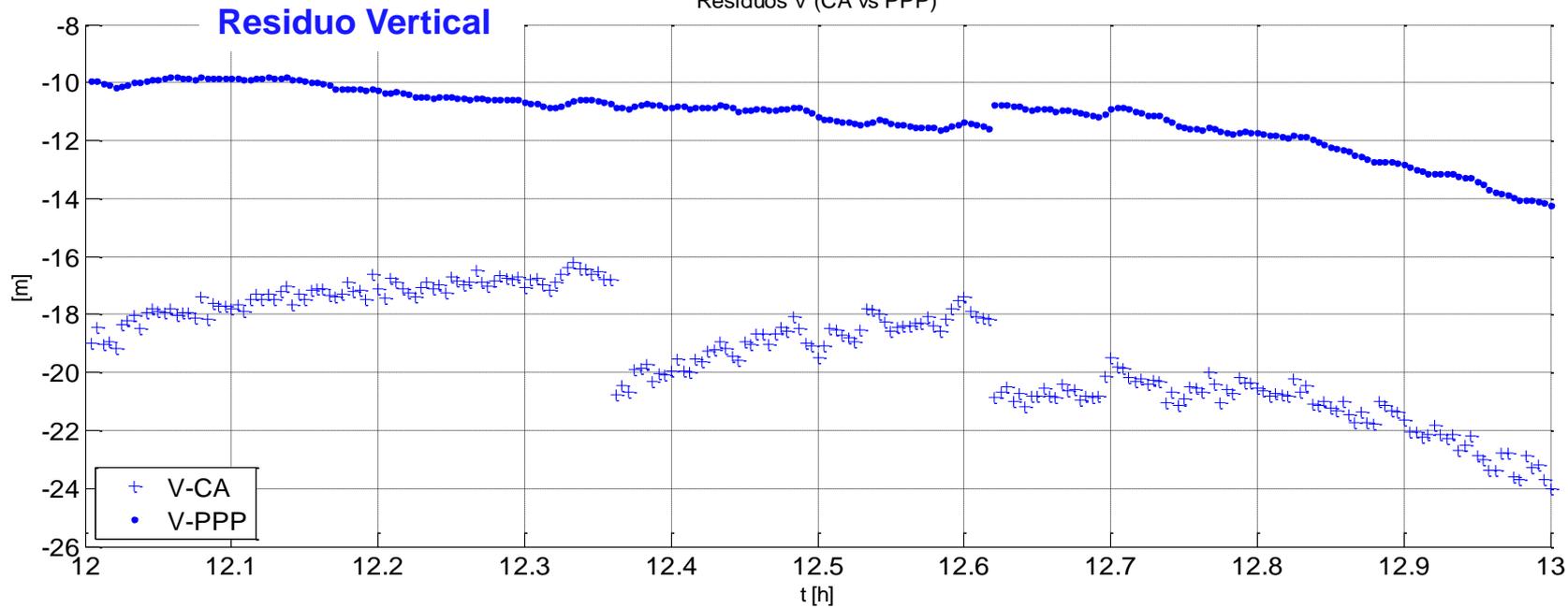


Comparación con Pos. Absoluto

Residuos E (CA vs PPP)



Residuos V (CA vs PPP)



Precisiones en Posicionamiento Diferencial

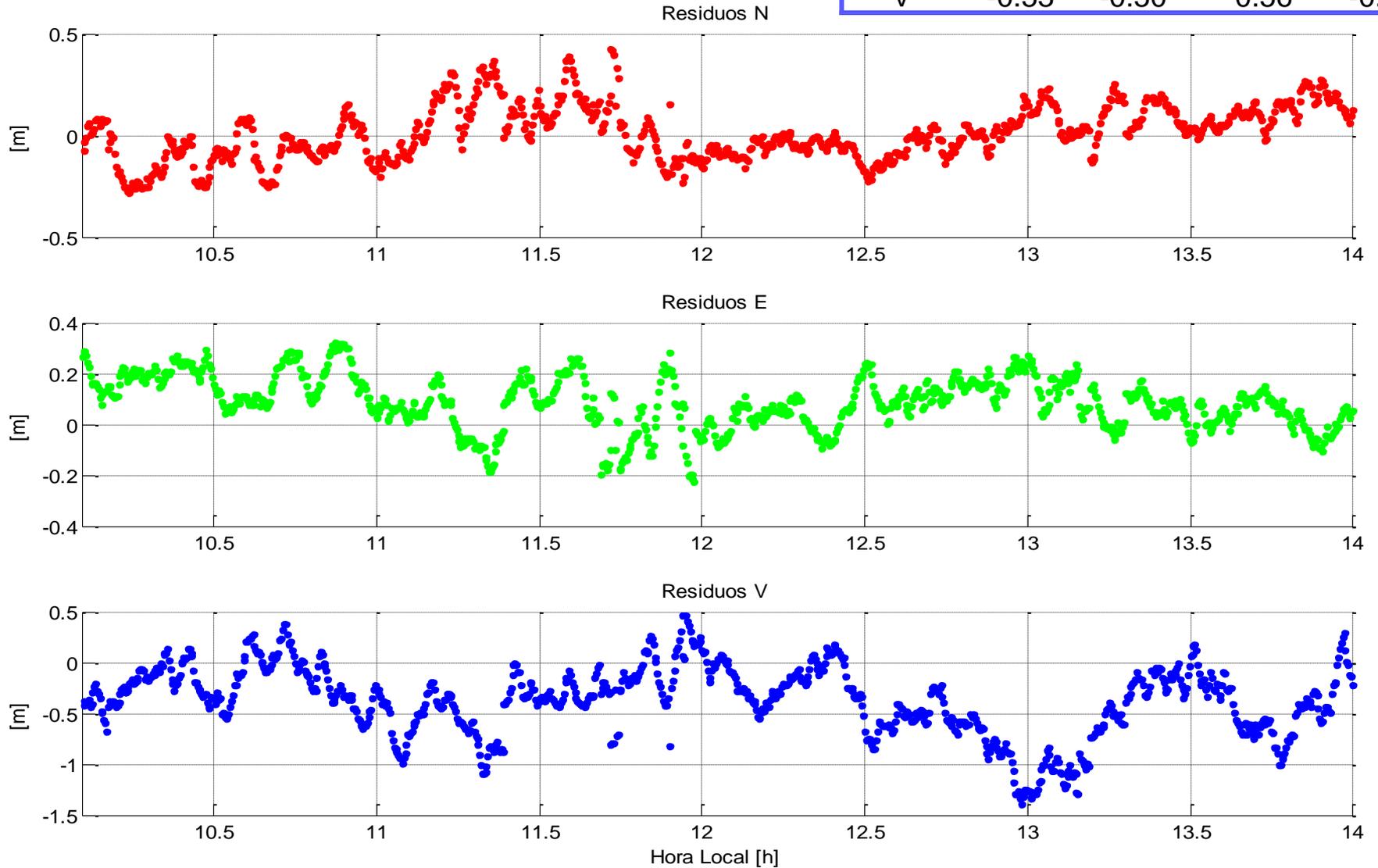
**Código suavizado y corregido
+
Correcciones PRC**

- ✓ Estación Base: MZAE
 - ✓ Distancia base-remoto: 35 km
- TRM4600- Mayo 2011

Precisiones DGPS

Precisión Horizontal: ± 0.5 m
Precisión Vertical: ± 1 m

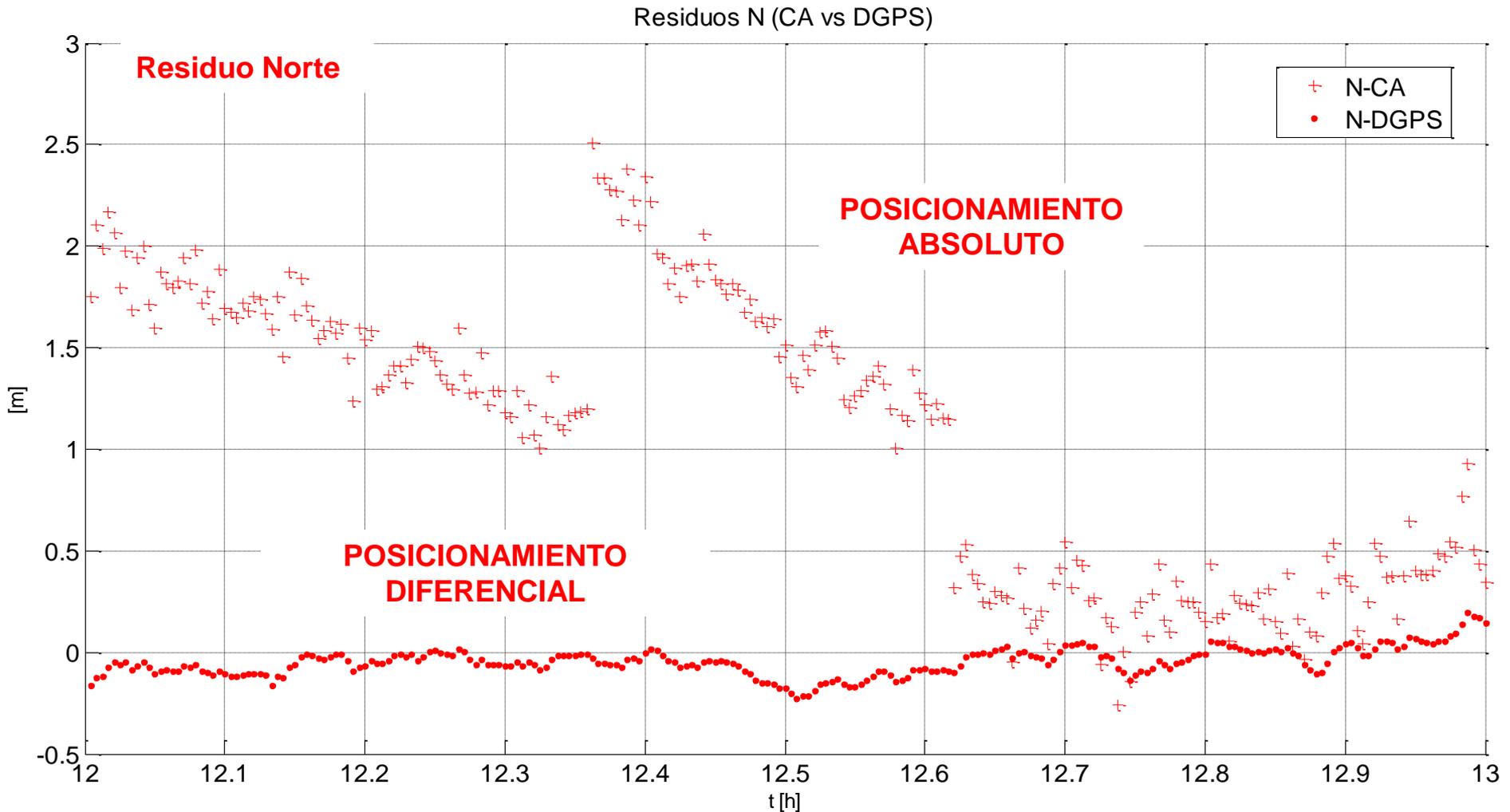
	Media	Mediana	σ	Simetría
N	0.17	0.06	0.41	0.27
E	0.56	0.27	0.56	0.51
V	-0.53	-0.50	0.56	-0.06



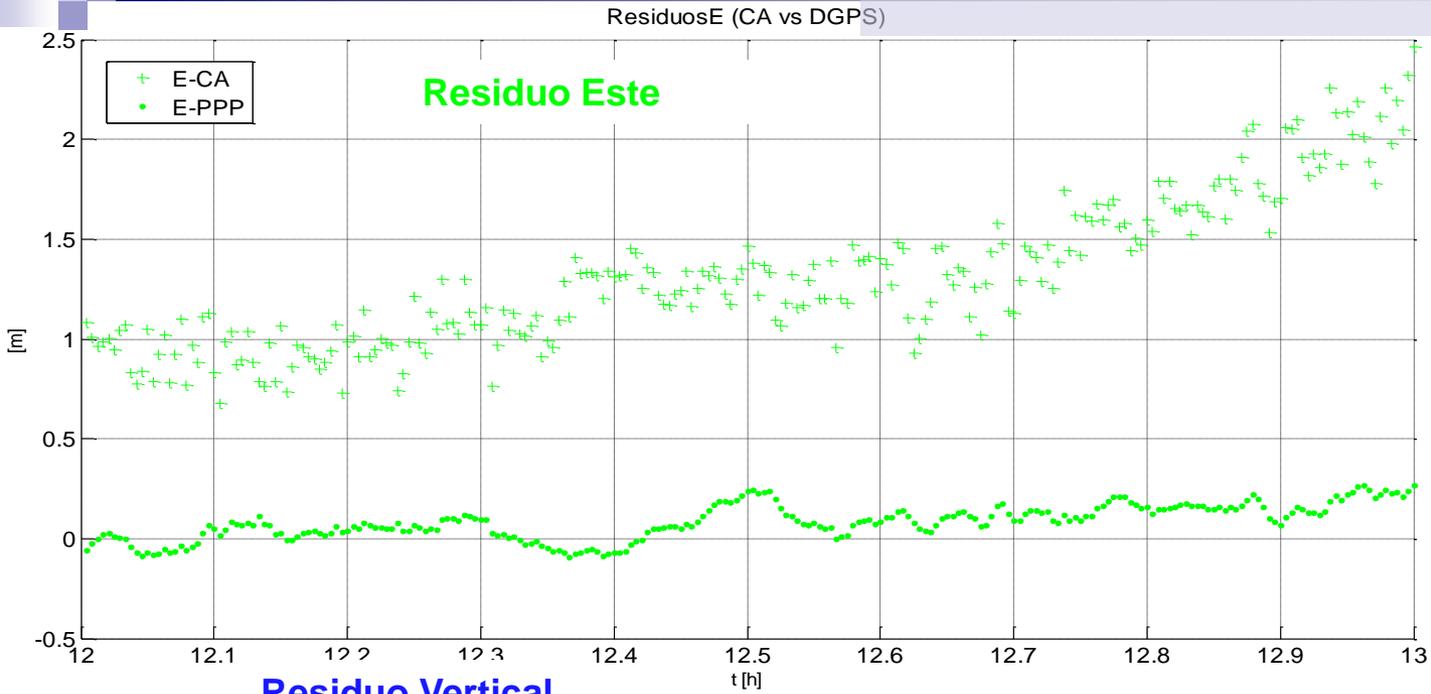
Precisiones DGPS vs P Abs.

- ✓ Correcciones PRC calculadas en la base MZAE.
- ✓ Modelo Troposférico.

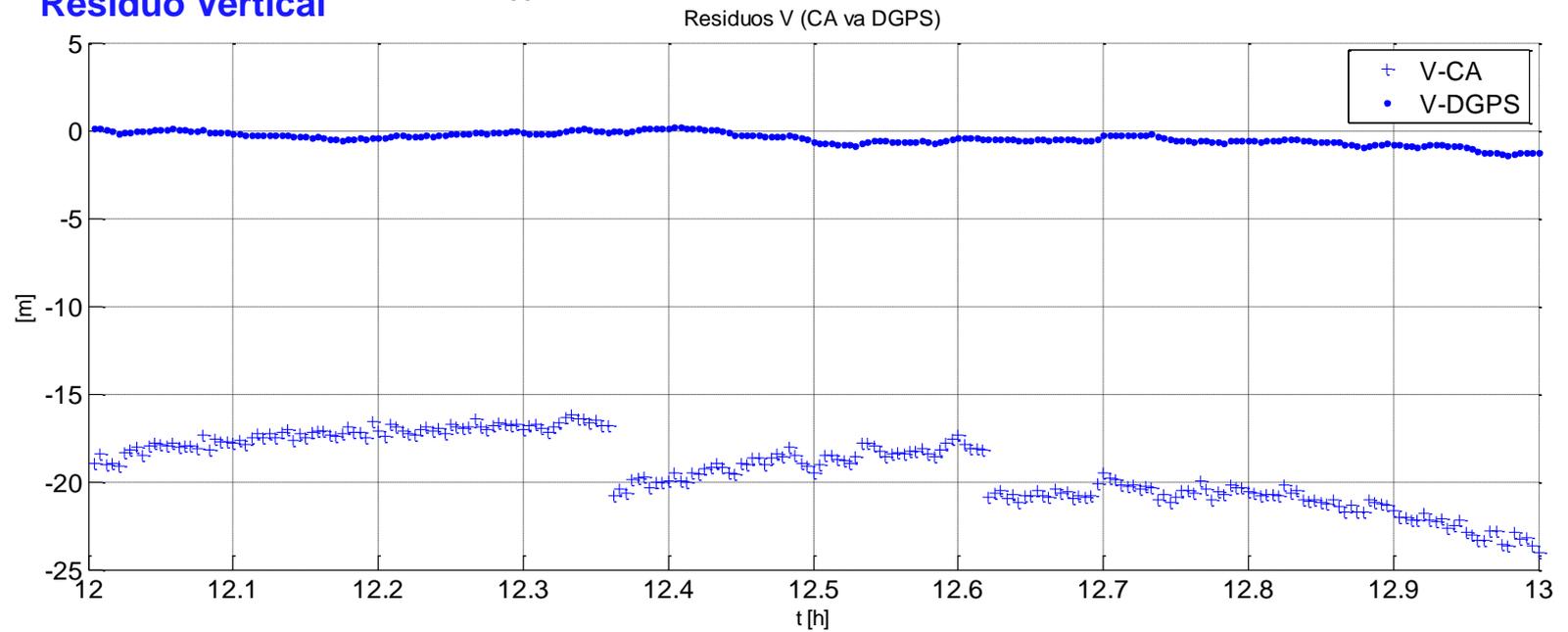
Precisión Horizontal: ± 0.5 m
Precisión Vertical: ± 1 m



Precisiones DGPS vs P Abs.



Residuo Vertical



- Es posible obtener mediante RTK-NTRIP, precisiones de 5 cm en líneas bases cortas (menores a 25km).
- La aplicación de correcciones diferenciales **PRC**, permite conocer la posición instantánea de un usuario DGPS con precisiones de ± 0.5 m en horizontal y ± 1 m en vertical.

Las técnicas mencionadas requieren una Infraestructura mínima: Estaciones base y comunicación a Tiempo Real

- El posicionamiento puntual de código corregido (PPP) permite obtener precisiones de 2,5 m en horizontal y 10m en altura. Mejora considerable respecto al posicionamiento absoluto, sin requerir infraestructura adicional.

Tareas futuras

- Incursionar en la técnica PPP-RTK (FASE) utilizando correcciones a las **orbitas y relojes de los satélites** transmitidas a RT por el IGS.
- Implementar correcciones locales a los retardos atmosféricos (**ionosféricos y troposféricos**) calculados en base a la red de monitoreo continuo SIRGAS-CON.



iiiiii Muchas gracias!!!!!!!