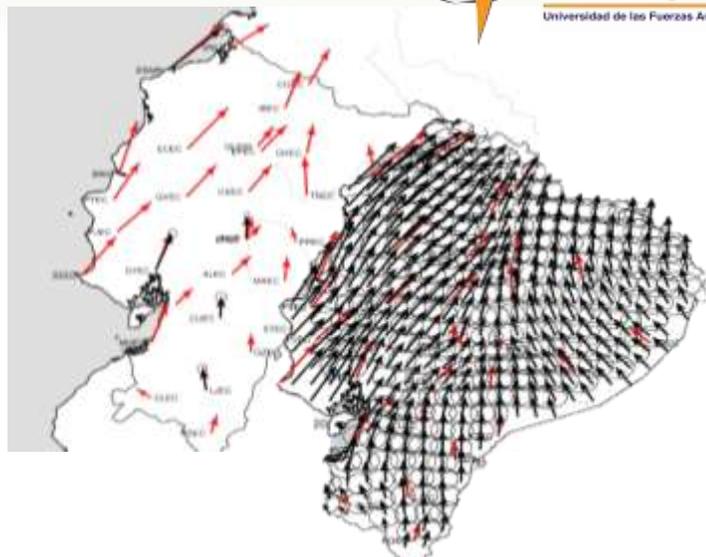




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS
DE EXCELENCIA
INTERNACIONAL



Escuela Técnica Superior de Ingenieros en
Topografía, Geodesia y Cartografía

APORTE METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO DEL MODELO DE VELOCIDADES PARA ECUADOR CONTINENTAL

SIMPOSIO SIRGAS 2016

Quito, Ecuador

M. Luna; A. Staller; M.B. Benito; J. Gaspar

Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE Universidad Politécnica de Madrid



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

INTRODUCCIÓN



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Introducción. Movimiento de la Corteza Terrestre





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGÍA



Preparación de ficheros (observaciones/datos de entrada).

Pre-procesamiento de datos.

Procesamiento de datos y cálculo de coordenadas diarias.

SINEX



Coordenadas cartesianas geocéntricas

(X, Y, Z)



Coordenadas locales topocéntricas

(e, n, u)



Eliminación o corrección de valores atípicos u offsets

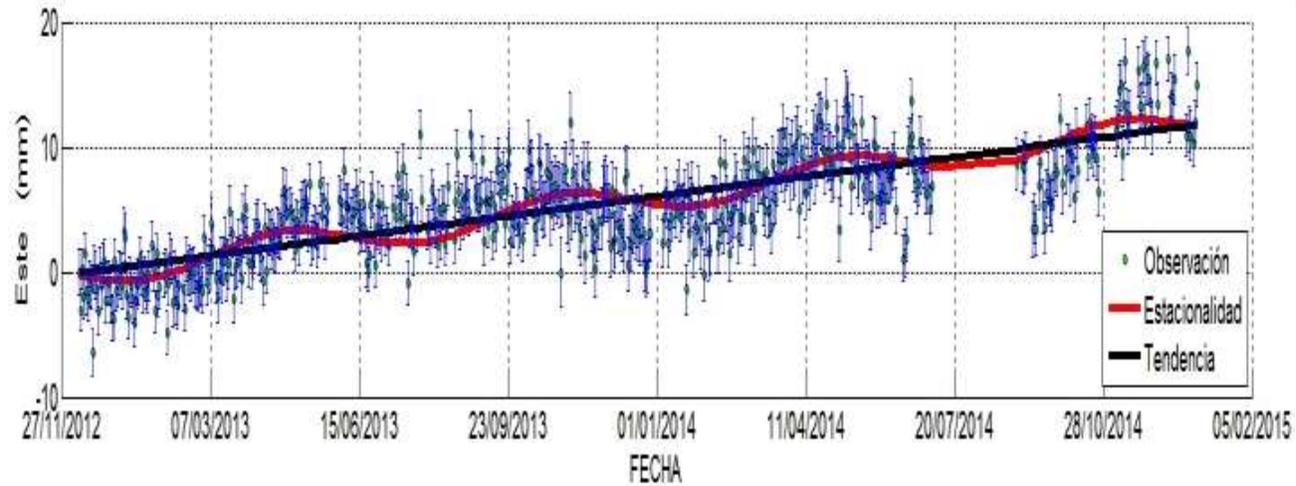


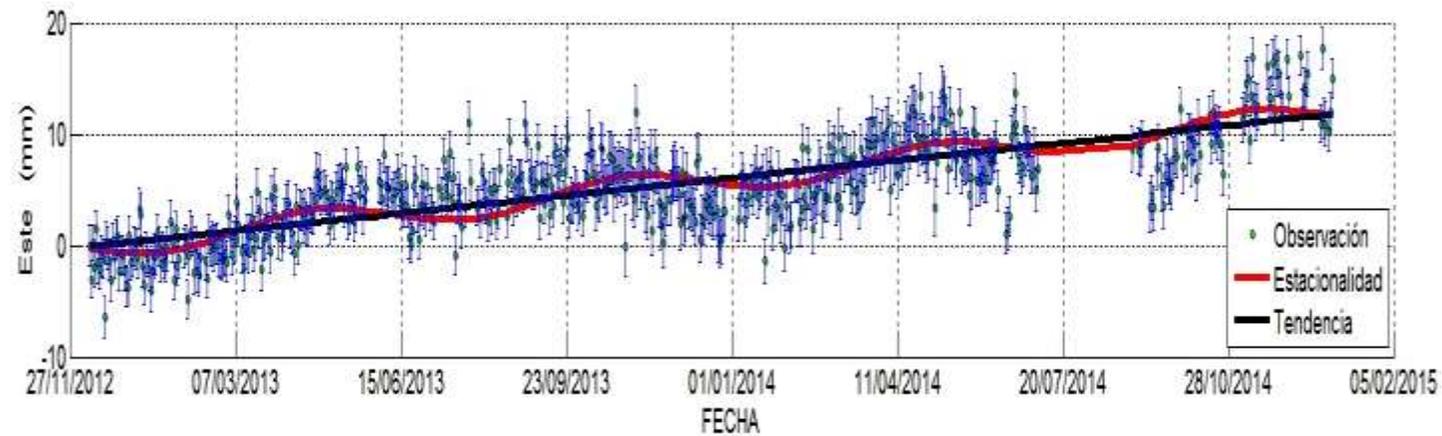
Figura 1. Descomposición Aditiva de Series Temporales

$$y_t = T_t + S_t + N_t$$

y_t son los valores observados,
 T_t la tendencia,
 S_t la estacionalidad
 N_t el ruido.



Cuando la línea de tendencia describe el comportamiento de los datos, el modelo es:



$$T(t) = y_0 + rt + \varepsilon$$

y_0 representa la ordenada en el origen

r la pendiente

t el instante de tiempo

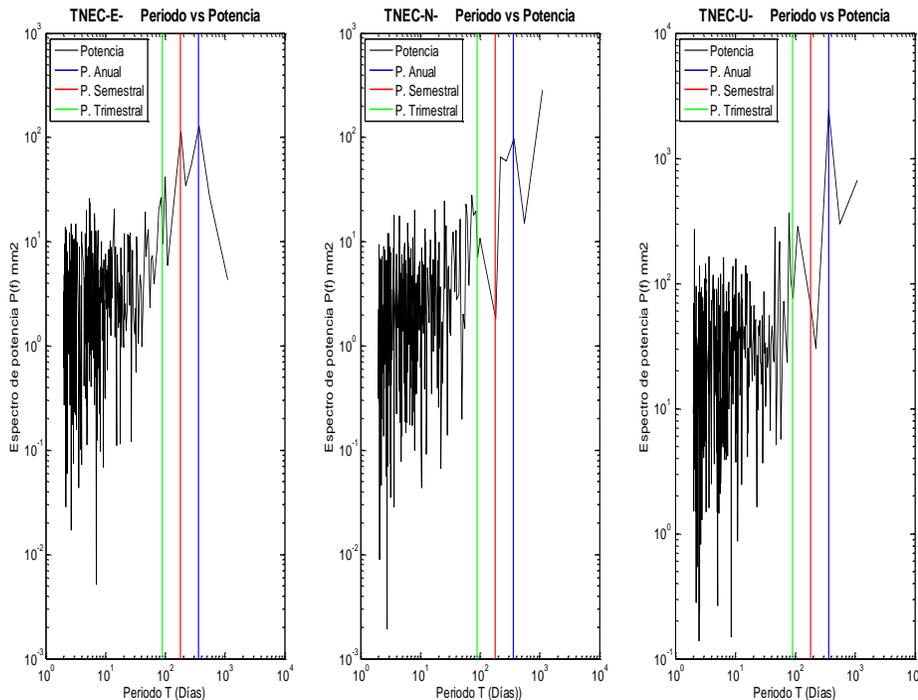
ε el error de ajuste.



Procedimiento
propuesto por
Lomb (1976), donde:

$$\tan(4\pi f\tau) = \frac{\sum_{i=1}^N \sin(4\pi t_i f)}{\sum_{i=1}^N \cos(4\pi t_i f)}$$

$$P(f) = \frac{1}{2} \left\{ \frac{[\sum_{i=1}^N x_i \cos(2\pi f(t_i - \tau))]^2}{\sum_{i=1}^N \cos^2(2\pi f(t_i - \tau))} + \frac{[\sum_{i=1}^N x_i \sin(2\pi f(t_i - \tau))]^2}{\sum_{i=1}^N \sin^2(2\pi f(t_i - \tau))} \right\}$$



Los picos del espectro de potencia $P(f)$ representan las frecuencias y periodos predominantes.

Las variaciones estacionales están dadas por:

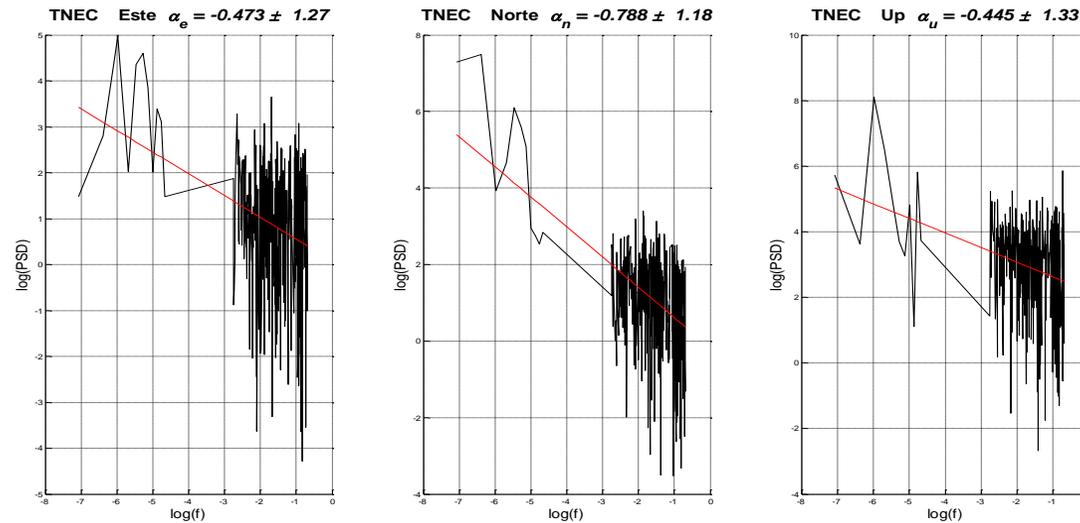
$$S(t) = \sum_{k=1}^p (A_k \cdot \sin(2\pi f_k t) + B_k \cdot \cos(2\pi f_k t)) + \varepsilon$$

$$A = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N v_i * \sin(2\pi f t_i)$$

$$B = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N v_i * \cos(2\pi f t_i)$$



El espectro de potencia P , de muchos fenómenos geofísicos están bien aproximados por una ley de potencia dependiente de la frecuencia de la forma (Agnew, 1992).

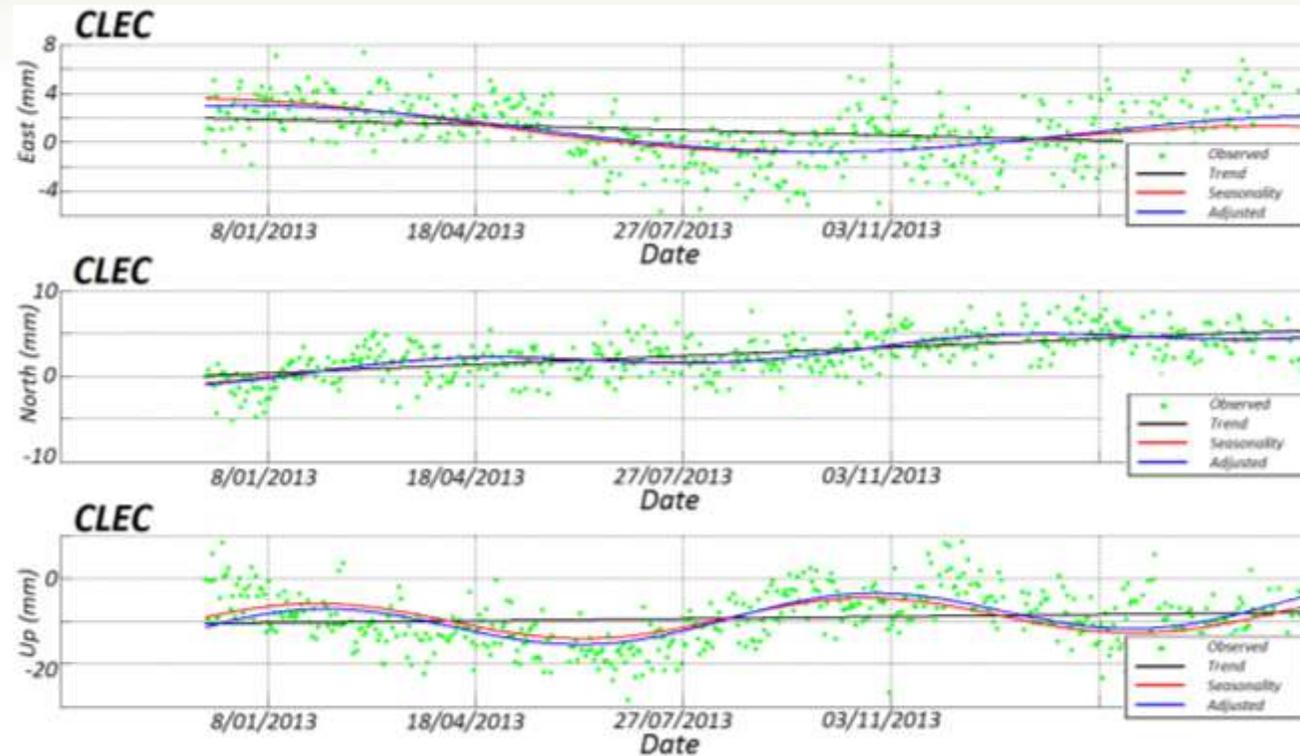


$$P(f) = P_0 f / f_0^\alpha$$

f es la frecuencia temporal

P_0 y f_0 son constantes de normalización

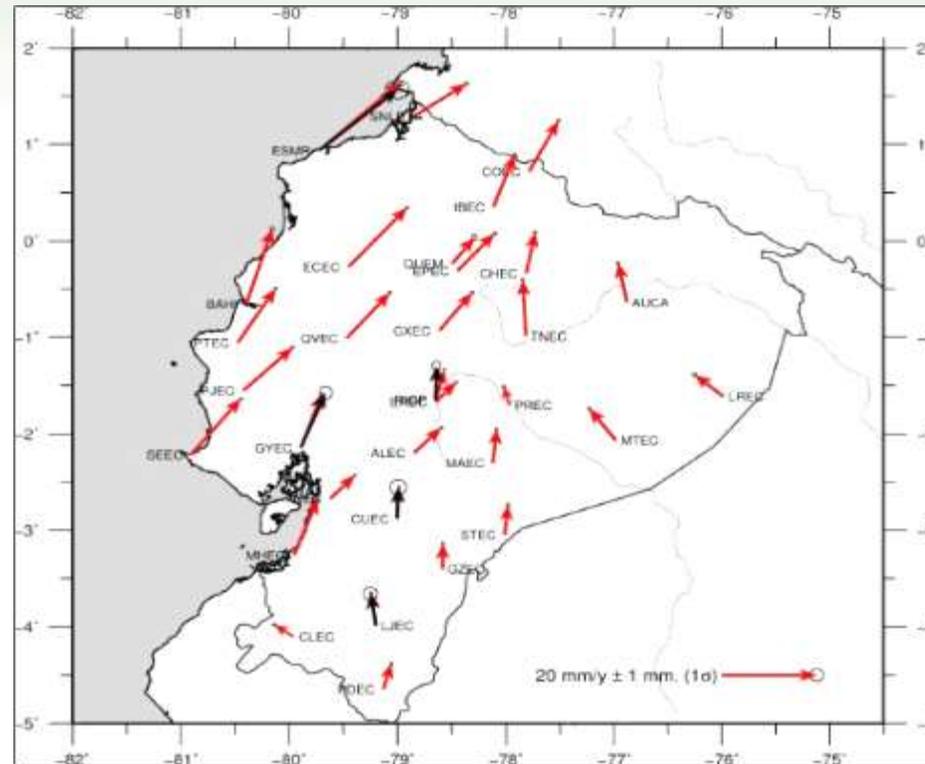
α es el índice espectral.



$$y_i = y_o + rt_i + A \cdot \sin(2\pi ft_i) + B \cdot \cos(2\pi ft_i) + \varepsilon_i$$



Metodología. Cálculo de Velocidades



$$y_i = y_o + rt_i + A. \sin(2\pi ft_i) + B. \cos(2\pi ft_i) + \varepsilon_i$$



Kriging

Esta herramienta ofrece una manera de describir la continuidad espacial, y proporciona adaptaciones de las técnicas clásicas de regresión para tomar ventajas de esta continuidad (Isaaks & Srivastava, 1989).

Conocimiento de la estructura de autocorrelación para cualquier posible distancia entre sitios dentro del área de estudio.



Kriging

Este método garantiza la varianza mínima de predicción sujeto a la condición de que la sumatoria de los pesos es igual a uno

La suma de los pesos debe ser igual a uno para que la esperanza del predictor sea igual a la esperanza de la variable.

Esto último se conoce como el requisito de insesgamiento



Semivariograma

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Covariograma

$$C(h) = COV(Z(x+h), Z(x))$$

Correlograma

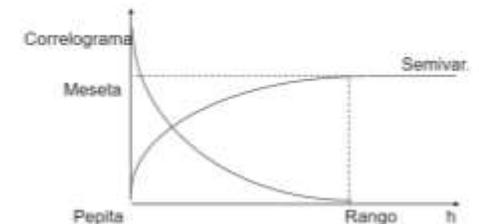
$$r(h) = \frac{COV(Z(x+h), Z(x))}{\sigma_{x+h} \cdot \sigma_x}$$

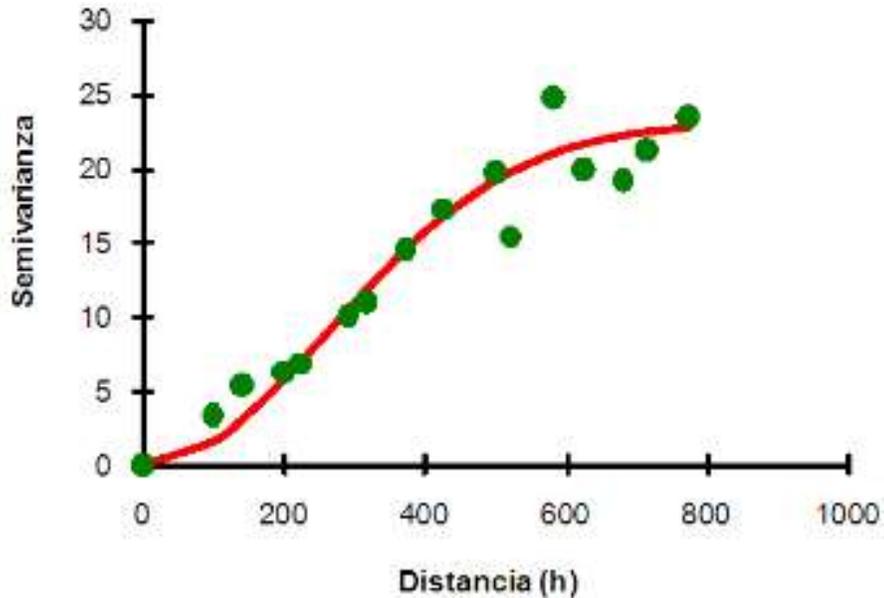
Otras Medidas de Correlación Espacial

$$C(h) = \sigma^2 - \gamma(h)$$

$$\rho(h) = 1 - \frac{\gamma(h)}{\sigma^2}$$

Semivariograma y Correlograma





$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left(1 - \exp\left(\frac{-h^2}{a^2}\right) \right)$$



$$\begin{vmatrix} \gamma_{11} & \cdot & \cdot & \gamma_{1n} & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma_{n1} & & & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & \cdot & \cdot & 1 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda_n \\ -\mu \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma_{10} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \gamma_{n0} \\ 1 \end{vmatrix}$$

Obtenido los parámetros del semivariograma, se utilizó el método de kriging ordinario, donde el valor a predecir esta dado por:

$$Z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_i$$

Donde:

λ_i son los pesos

Z_i las mediciones



ESPE

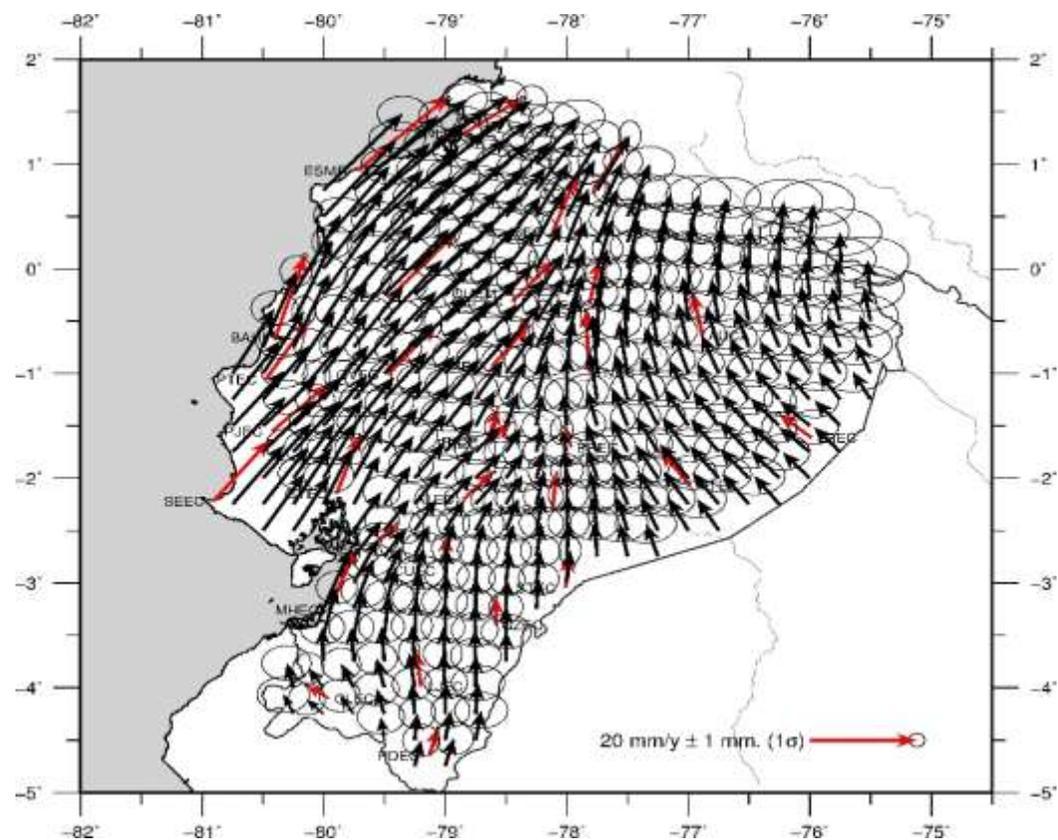
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESULTADOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES



- Del análisis espectral se determina que el ruido preponderante en la series de tiempo es el ruido blanco.
- La mayoría de sitios presentan variaciones estacionales anuales y semianuales en sus componentes
- La introducción de las variaciones cíclicas, la tendencia y el ruido en series con periodos de tiempo relativamente cortos (aproximadamente dos años) hace que mejore la precisión y los valores de la velocidad aproximándose a series con periodos más largos.
- Las velocidades generalmente tienen pequeños errores formales que probablemente son una subestimación del verdadero error (Larson et al., 1997), en este estudio las velocidades se han determinado valores más realistas, que se encuentran acordes a la repetibilidad de las series.
- El modelo utilizado estima las velocidades con una precisión de $\pm 1\text{mm}$ en la componente horizontal y $\pm 2\text{ mm}$ en la componente vertical



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS