



# Navegación Integrada INS-GPS y Aplicaciones a un SAR Aerotransportado

*Alumno: Gonzalo Castillo*

*Director: Dr. Martín España*

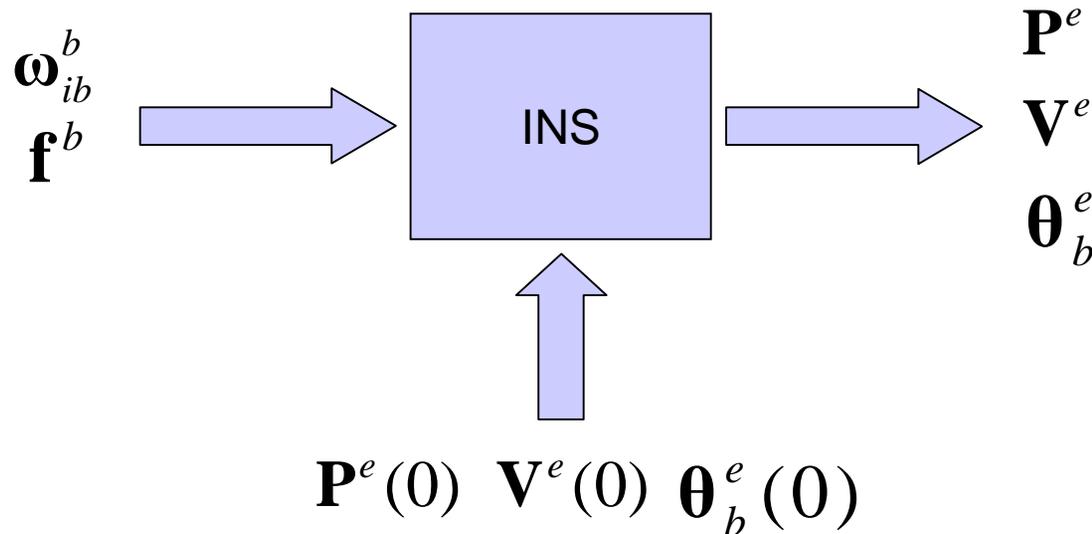
*Co-Director: Dr. Juan I. Giribet*

# Problema de la Navegación Inercial

- Obtener la trayectoria (posición, velocidad y actitud) de un vehículo a partir de mediciones inerciales:

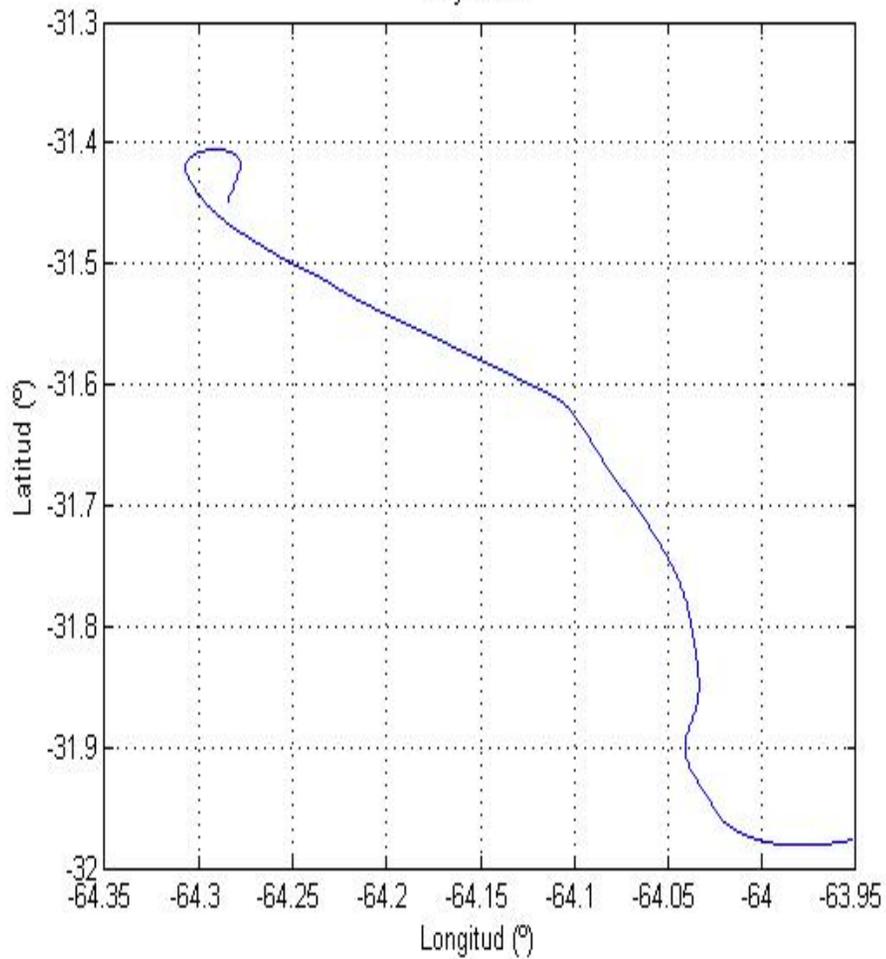
*Giróscopos* → *Velocidad angular*

*Acelerómetros* → *Aceleración lineal*

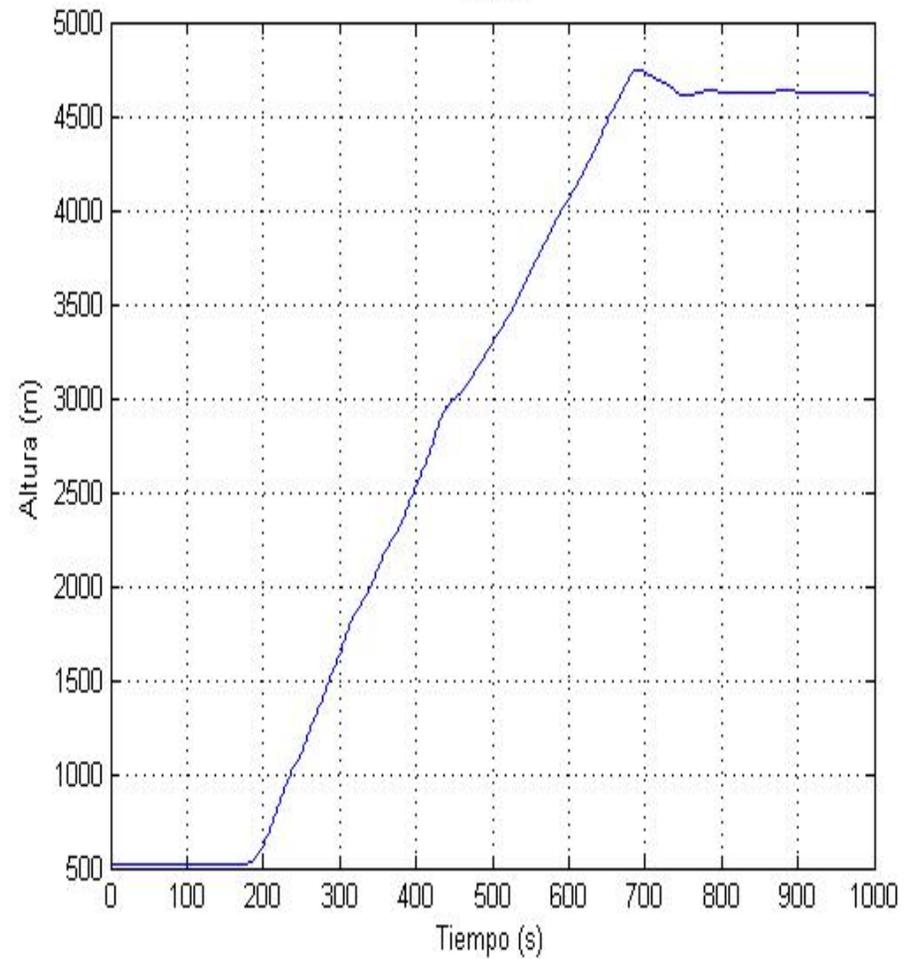


# Trayectoria de prueba

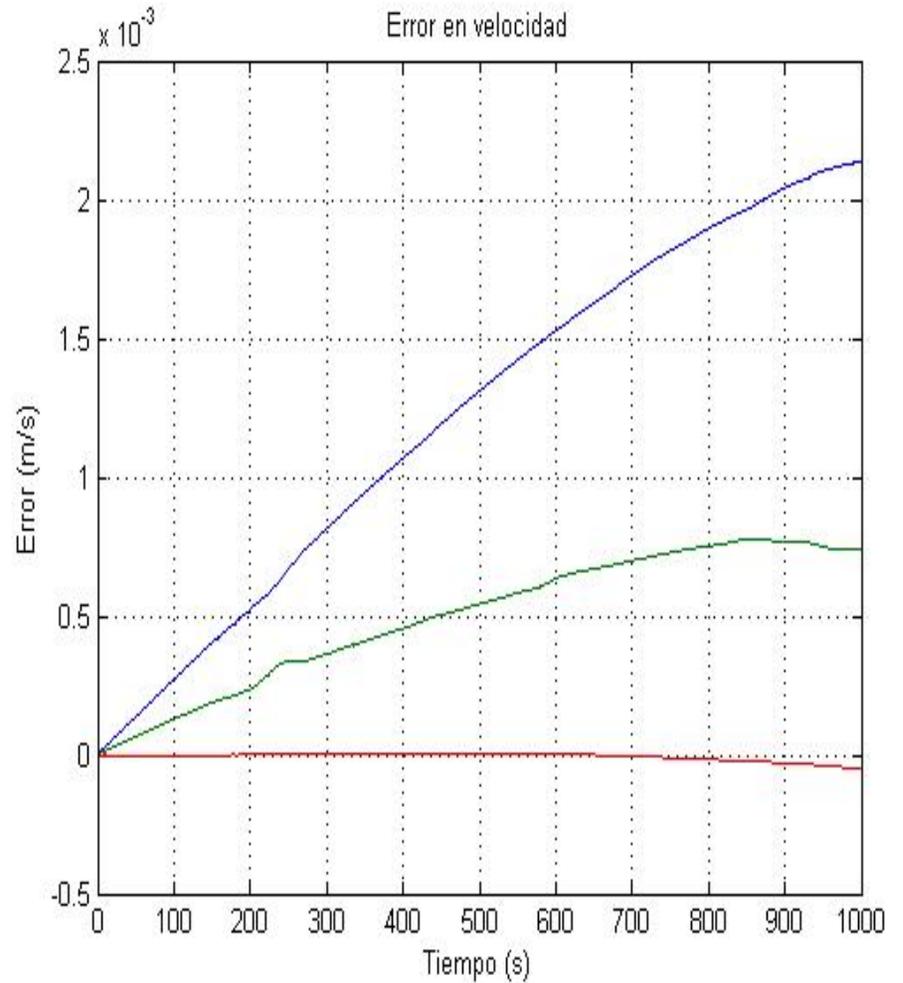
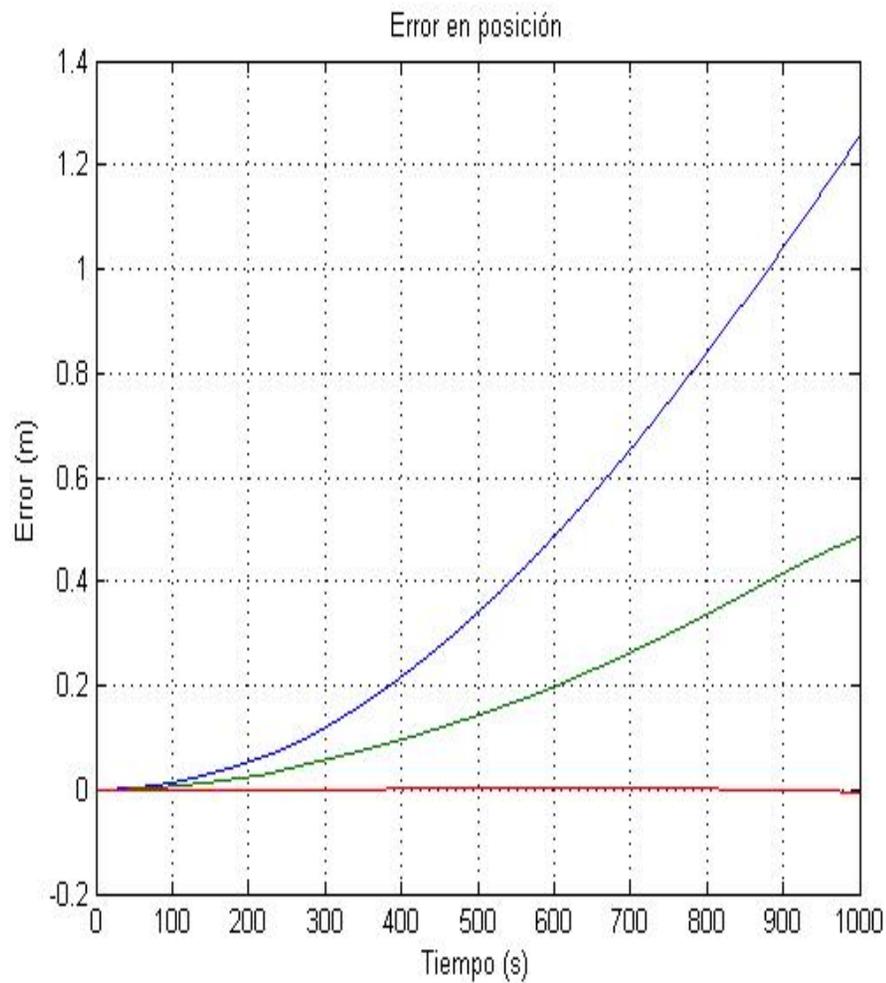
Trayectoria



Altura



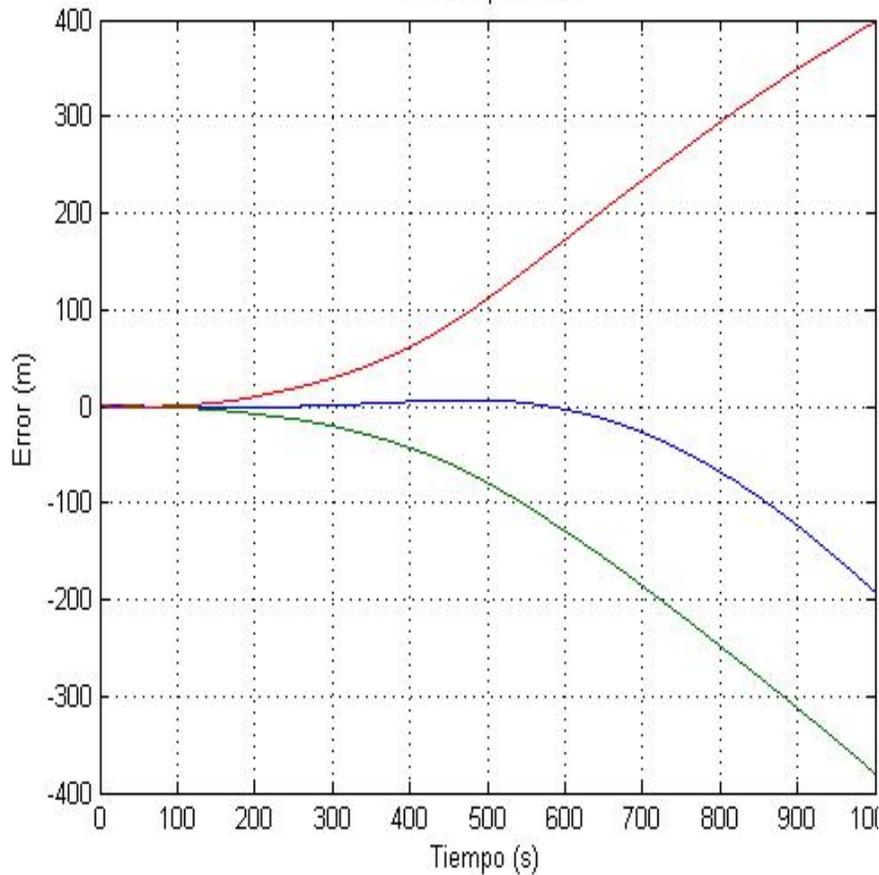
# Errores INS (Mediciones ideales)



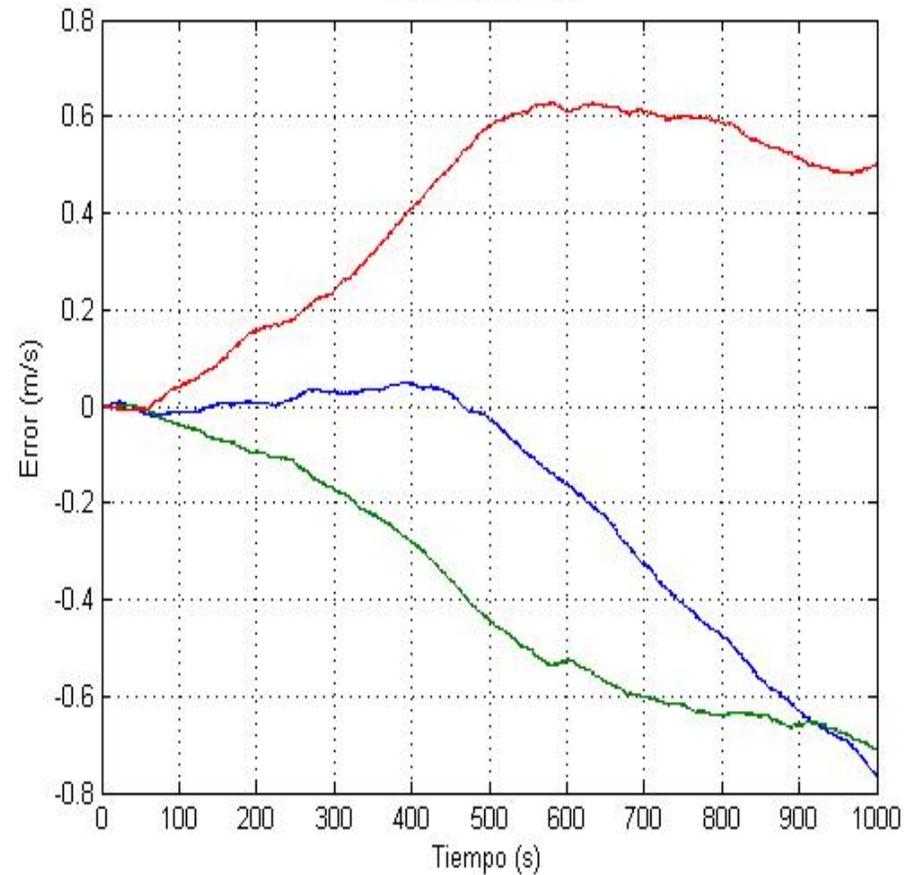
# Errores INS (Mediciones con ruido)

$$\sigma_{\omega}^2 = 10^{-8} \quad \sigma_f^2 = 10^{-4}$$

Error en posición



Error en velocidad



# Modelo del sensor inercial

- Además de ruido aditivo existen otras fuentes de error en el INS: errores en condiciones iniciales y parámetros de los sensores inerciales.
- Tiene sentido desarrollar un modelo del sensor inercial:

$$\boldsymbol{\mu}^b = (\mathbf{I} + \boldsymbol{\Sigma}_m) \widehat{\boldsymbol{\mu}}^b + \mathbf{b}_\mu + \boldsymbol{\xi}_\mu$$

$\boldsymbol{\mu}^b$  → Valor real de la magnitud física medida por el sensor inercial.

$\widehat{\boldsymbol{\mu}}^b$  → Valor medido por el sensor inercial.

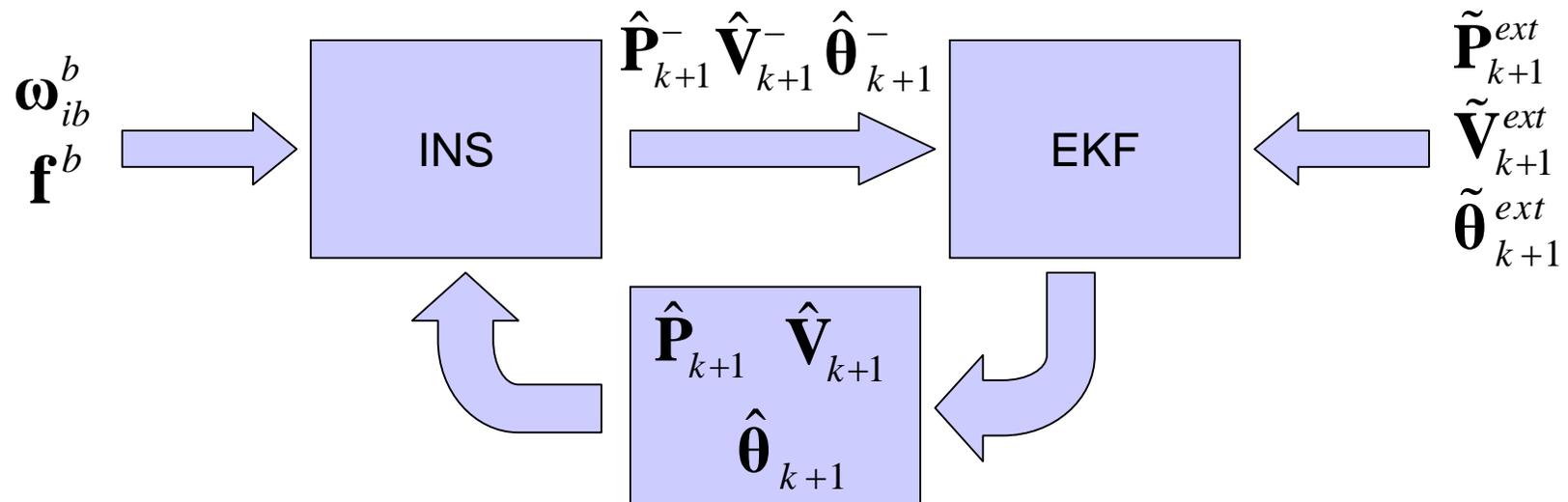
$\mathbf{b}_\mu$  → Sesgo de la medición.

$\boldsymbol{\Sigma}_m \triangleq \begin{bmatrix} \sigma_x & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_y & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}$  → Factores de escala (diagonal) y factores de ortogonalidad.

$\boldsymbol{\xi}_\mu$  → Ruido blanco aditivo y gaussiano.

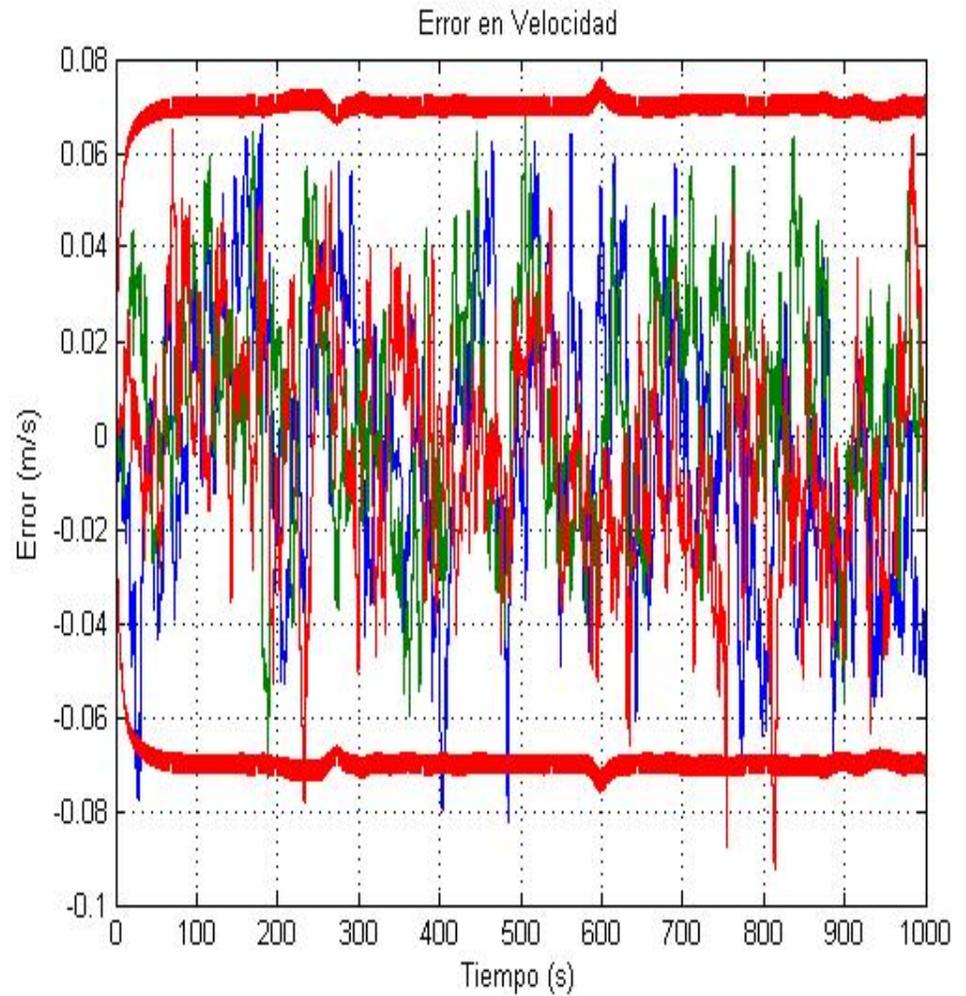
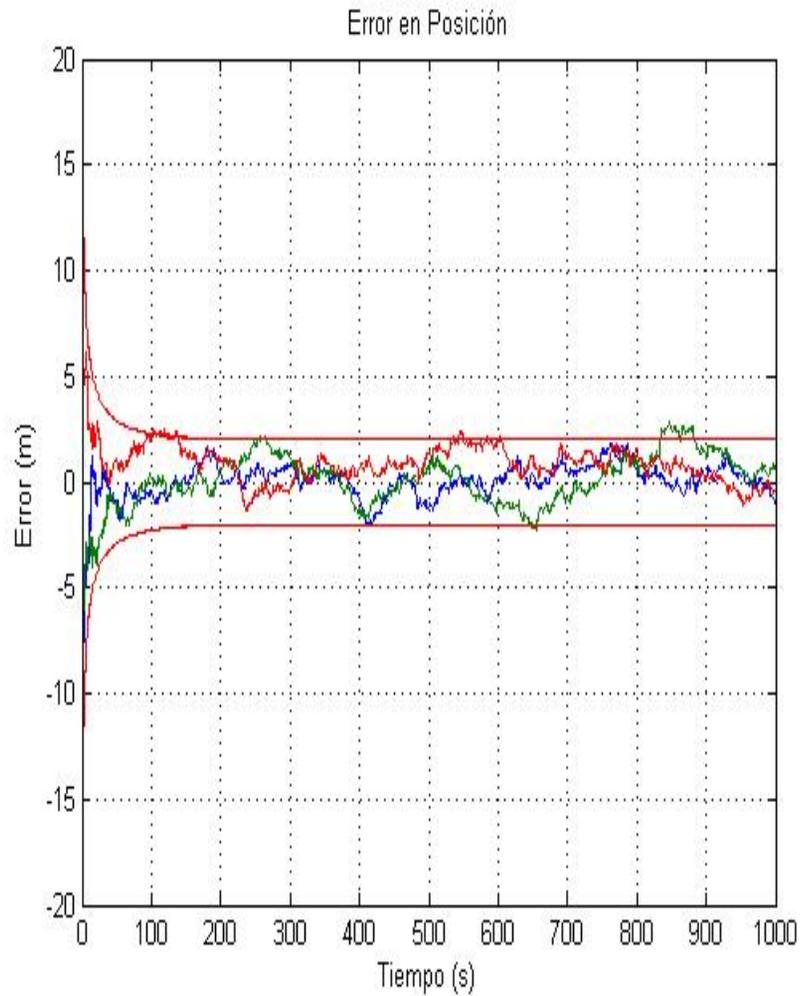
# Filtro de Kalman Extendido

- Estamos frente a un problema inherente a la navegación inercial y que **no depende de la calidad de los sensores**.
- Surge la necesidad de disponer de mediciones directas de los parámetros de navegación → **Filtro de Kalman Extendido (EKF)**.



- El **EKF** recibe estimaciones del INS y del sensor externo con sus covarianzas.
- Hace un promedio pesado de ambas estimaciones y obtiene la estimación **óptima** de las variables de navegación y su nueva incertidumbre.
- Esto último se utiliza como CI del ciclo siguiente.

# Errores Kalman (Mediciones con ruido)



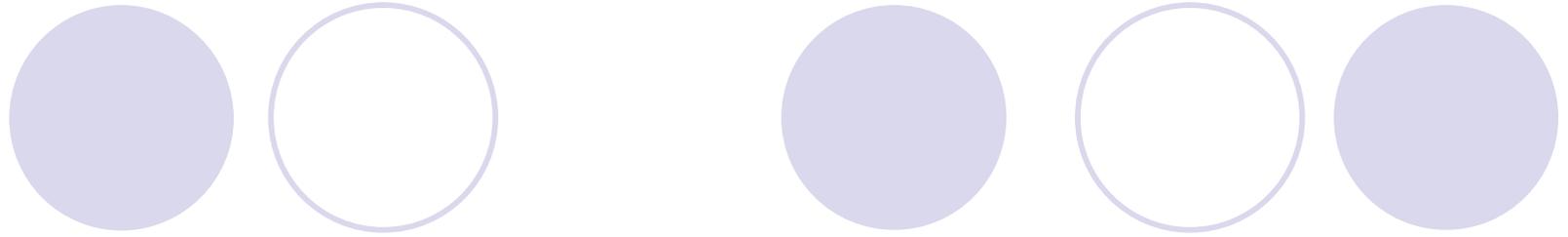
# ¿Qué es el SARAT?

- Un SAR (Synthetic Aperture Radar) es un radar que combina varios barridos de la antena para obtener un único barrido virtual.
- El SARAT (SAR Aerotransportado) de CONAE se encuentra a bordo de un Beechcraft B-200 de la Armada Argentina.
- Aplicaciones: Gestión de emergencias, supervisión de costas, minería, agricultura, meteorología e hidrología.
- La calidad de las imágenes obtenidas depende fuertemente de la calidad de la navegación.



# Objetivos de la Tesis

- Tema: Mejoras del sistema de navegación integrada del SARAT de la CONAE.
- Objetivos:
  - Un algoritmo operativo de pos-procesamiento que combine los datos de ambas unidades de navegación a bordo. Esto comporta dos sistemas GPS con antenas no co-localizadas (y por tanto con información giroscópica), dos unidades inerciales y un magnetómetro.
  - Estudiar el impacto en el error de navegación del desconocimiento de los brazos de palanca entre la/s antenas GPS y el centro de navegación de la unidad de navegación.
  - Proponer un esquema de navegación integrada que permita la estimación del brazo de palanca con datos de vuelo.
  - Anticipar las mejoras que introduciría la incorporación de una brújula GPS en el futuro.
  - Proponer un esquema de uso de la corrección DGPS Omnistar.
  - Contrastar los resultados con lo predicho por la Teoría de la Observabilidad.



***¡Gracias por la  
atención!***