

# Términos y definiciones

**Master Universitario en  
Ingeniería Geomática y Geoinformación  
Curso 2024-2025**



**E.T.S.I.Geodesica, Cartografía y Topográfica**

- Groves, P.D. Principles of GNSS, inertial and multisensory integrated navigation systems (2<sup>nd</sup> ed) – Chapter 1
- Hofmann-Wellenhof et al. Navigation: principles of positioning and guidance – Chapter 1

# ¿Qué es navegación?

- No existe una definición universal para navegación.
- Concise Oxford Dictionary → “any of several methods of determining or planning a ship’s or aircraft’s position and course by geometry, astronomy, radio signals, etc.”
- El término navegación comprende **dos conceptos**:
  - Determinación de la situación y velocidad de un objeto en movimiento respecto a un determinado sistema de referencia (**ciencia de la navegación**)
  - Planificación y mantenimiento de una ruta, de una localización a otra, evitando obstáculos y colisiones (**arte de la navegación**, pilotaje, guiado, etc.)
- Esta asignatura se centra únicamente del primer concepto, la ciencia de la navegación.

# Posición/Localización

(Position/location)

- **Posición** (situación) → describe una situación mediante un conjunto de coordenadas referidas a un determinado sistema de referencia bien definido
  - Determinación de la posición → **posicionamiento** (abs/rel)
- **Localización** (lugar) → describe una situación en términos topológicos (Valencia, UPV, 7i, Aula CGF-1)
  - Determinación del lugar → **localización**
- Esta asignatura se centra únicamente en el primer concepto, el posicionamiento
- La determinación de la situación o del lugar responde a la pregunta

**¿dónde estoy?**

# Términos de navegación

- **Trayectoria** (trajectory) → polígono que conecta las sucesivas posiciones de un objeto en movimiento
- **Ruta** (route) → lista detallada de maniobras a realizar para que un objeto en movimiento alcance su destino
- **Tramo** (leg) → segmento de una ruta entre dos maniobras consecutivas
- **Punto de paso** (waypoint) → un punto concreto de la ruta que generalmente coincide con un cambio de dirección

# Itinerario/Guiado

(routing/guidance)

- **Itinerario** (routing) → planificación de una ruta de forma apropiada

¿A dónde voy?  
¿Cómo voy?

- **Guiado** (guidance) → describe qué maniobra hay que realizar en cada punto del itinerario

¿Qué es lo siguiente que tengo que hacer?

# Navegación

- **Ciencia de la navegación** → determinación de la trayectoria seguida por un objeto. Implica determinar el vector de estado de dicho objeto en ciertos instantes.
- **Vector de estado** → situación, velocidad (en algunos casos, + orientación)

**navegación = posicionamiento + tiempo**

- **Arte de la navegación** (guiado) → fuerza a que el objeto en movimiento siga una determinada trayectoria. En general es un vehículo y por tanto un objeto 3D

# Términos y definiciones

- **Técnica de navegación** → método para determinar la situación y velocidad, ya sea manualmente o automáticamente
- **Sistema de navegación/ayuda a la navegación** → dispositivo que determina la situación y la velocidad automáticamente
  - Algunos también proporcionan la orientación, aceleración y velocidad de giro.
  - Pueden ser **autocontenidos** a bordo del vehículo que navega (e.g., INS) o pueden requerir una infraestructura externa (e.g. GNSS).
- **Solución de navegación** → salida/resultado de un sistema o técnica de navegación.
- **Sensor de navegación** → dispositivo empleado para medir una propiedad susceptible de ser empleada para calcular una solución de navegación (e.g. acelerómetros, giróscopos, receptores GNSS, cámara, etc.)
- **Posicionamiento** → determinación de la situación de un cuerpo, pero no su velocidad o su orientación
- **Seguimiento/vigilancia** (tracking/surveillance) → difiere de la navegación en que la situación y la velocidad se obtienen de forma externa sin necesidad de usar equipamiento a bordo del objeto que navega.



# Técnicas de navegación

- Posicionamiento absoluto/Position fixing → Existen diversos métodos

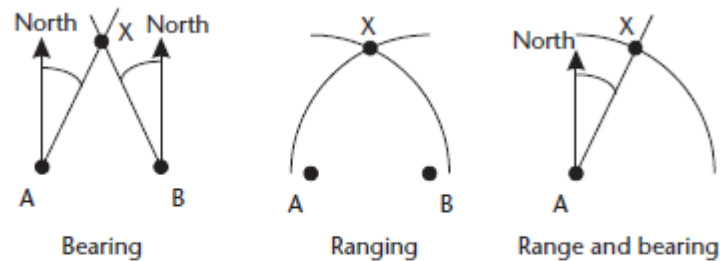


Figure 1.1 The bearing and ranging position fixing methods.

- Posicionamiento relativo/Dead reckoning → puede medir la variación de posición, o bien la de velocidad e integrarla

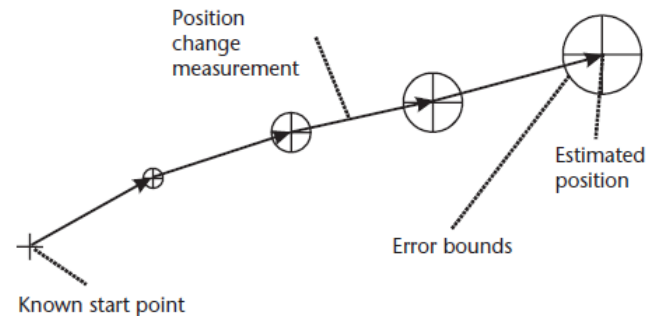


Figure 1.2 The dead reckoning method.

# Sensores activos y pasivos

## Sensores pasivos



## Sensores activos



# Parámetros de calidad

US Federal Radionavigation Plan  
International Maritime Organization  
European Commision

Las prestaciones de un sistema de navegación se caracterizan mediante los siguientes parámetros de calidad:

- Exactitud/Accuracy
- Disponibilidad/Availabilty
- Capacidad/Capacity
- Continuidad/Continuity
- Cobertura/Coverage
- Integridad/Integrity

# Parámetros de calidad

US Federal Radionavigation Plan  
International Maritime Organization  
European Commission

El desempeño de un sistema de navegación se suele caracterizar por los siguientes parámetros estadísticos de calidad:

## Exactitud/Accuracy

Grado de concordancia entre el valor estimado para un cierto parámetro (e.g. posición) y su valor verdadero. El valor se suele acompañar de un nivel de confianza (e.g. 95%).

**Exactitud absoluta** → error de la solución de navegación en comparación con unas coordenadas conocidas

**Exactitud relativa** → error entre las soluciones de navegación de dos objetos diferentes en un mismo instante

**Exactitud repetible o precisión** → diferencia de coordenadas al retornar a un punto previamente registrado con el mismo sistema de navegación

# Parámetros de calidad

## Disponibilidad/Availability

Porcentaje de tiempo durante el cual un sistema funciona dentro de su área de cobertura bajo unas determinadas condiciones.

e.g. GNSS: el receptor proporciona el nivel requerido de exactitud, integridad y/o continuidad

## Capacidad/Capacity

Número de usuarios que pueden emplear el sistema simultáneamente

## Continuidad/Continuity

Capacidad del sistema para realizar su función sin interrupciones no deseadas durante una cierta operación (e.g. fase de aterrizaje de un avión)

# Parámetros de calidad

## Cobertura/Coverage

Aquella superficie o volumen donde el funcionamiento del sistema es adecuado para permitir al usuario determinar una posición con el nivel de exactitud especificado.

## Integridad/Integrity

Medida de la confianza que puede depositarse en la bondad de la información proporcionada por un sistema de navegación.

Es la capacidad de un sistema de navegación para proporcionar alarmas a tiempo para que los usuarios sepan cuándo el sistema no debería ser usado

**Riesgo de integridad:** probabilidad de proporcionar información incorrecta sin que el usuario reciba una alarma durante el tiempo que dura la operación.

# Navegación inercial

- Sistema de Navegación Inercial (INS) → es un sistema de navegación relativa autocontenido
- Unidad de Medición Inercial (IMU) → cada uno de los sensores que componen el INS

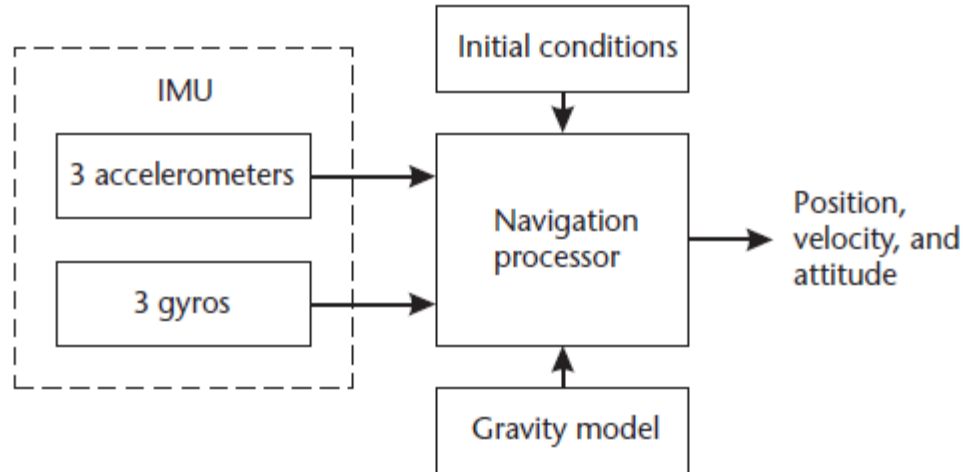


Figure 1.3 Basic schematic of an inertial navigation system. (From: [4]. © 2002 QinetiQ Ltd. Reprinted with permission.)

# Tipos de INS

- Variaciones significativas en coste, tamaño, peso y rendimiento. En general, cuanto más caros mayor precisión.
- Giróscopos
  - mecánicos (spinning mass gyros)
  - ópticos (ring laser gyros /interferometric fiber optic gyros)
  - vibración (vibratory gyros)
- Acelerómetros
  - péndulo (pendulous)
  - vibración (vibrating beam accelerometers)
- MEMS → Gióscopos y acelerómetros fabricados mediante micro componentes electró-mecánicos que ofrecen importantes ventajas (bajo coste, pequeño tamaño, bajo consumo, gran resistencia), pero su precisión es generalmente inferior



# Tipos de INS

- La solución de navegación se degrada a lo largo del tiempo debido a que los errores de los acelerómetros y de los giróscopos se van acumulando
- El rendimiento puede variar varios órdenes de magnitud dependiendo de la calidad de los sensores inerciales:
  - Máximo nivel (barcos, submarinos, algunos aviones) el posicionamiento horizontal deriva menos de 1500m la primera hora ( + 100K €)
  - Nivel medio (avionetas, helicópteros, guiado armamentístico, etc.), generalmente dos ordenes de magnitud peor, aunque son más económicos ( ~ 100K €)
  - Los más económicos y pequeños son de tipo MEMS y actualmente no son suficientes para navegar por si solos, pero pueden emplearse para PDR (pedestrian dead reckoning)
- **Principales ventajas:** operación continua, alta frecuencia (>50 Hz), bajo ruido en periodo corto, proporciona la orientación, velocidad angular y aceleración (de ellos se puede obtener la posición y la velocidad)
- **Principales inconvenientes:** la degradación de la exactitud a lo largo del tiempo y el coste

# Navegación basada en señales electromagnéticas

- **Terrestrial Radio Navigation** (desde 1930s)
  - Loran-C, Omega, VOR,... (generalmente de largo alcance)
- **Explotación de señales de radio comunicación** (desde 1990s)
  - Telefonía móvil, Wi-Fi, Bluetooth, etc. (generalmente de corto alcance)
- **Satellite Navigation** (es la empleada en la asignatura)
  - U.S. Navy's Transit system (1958-1996)
  - GNSS: GPS (1973), GLONASS (1982), Galileo, Beidou2
  - El posicionamiento básico ofrece 1–10m (pseudodistancias)
  - El posicionamiento empleando medida de fase puede proporcionar posicionamiento centimétrico para la navegación en tiempo real y milimétrico en geodesia y topografía, aunque este tipo de posicionamiento relativo es más sensible a interferencias, interrupciones de la señal y geometría de los satélites que el posicionamiento básico.
  - **Ventajas:** Buena exactitud a largo plazo y bajo coste ( < 100 €)
  - **Limitaciones:** falta de continuidad en la señal (señal vulnerable a interferencias, puede ser bloqueada, atenuada y reflejada por el entorno. La frecuencia suele ser como mucho de 10Hz.

# Reconocimiento del entorno

## (Feature matching)

- **Feature-matching techniques:** determinan la posición del usuario mediante la comparación del terreno o el entorno con una base de datos

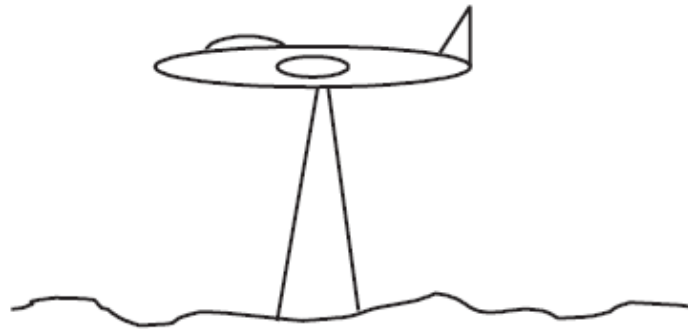


Figure 1.5 The concept of terrain-referenced navigation. (From: [4] © 2002 QinetiQ Ltd. Reprinted with permission.)

- **Astronomía, anomalías del sistema magnético, etc.**
- **TRN Terrain Navigation** (desde 1960s)
  - exactitud aproximada de 50 m
  - funciona mejor con orografías pronunciadas (no sirve sobre llanuras o sobre el agua)
  - factores limitadores: posible impacto de los sensores (láser/radar/sonar) y la calidad de la base de datos
- Actualmente el escaneado laser es una opción que mejora la resolución del sistema

# Navegación basada en imagen

- Las posiciones se pueden obtener extrayendo las características de las imágenes y comparándolas con una base de datos (mejor en terrenos llanos,  $\sim 20\text{m}$ )
- Se puede emplear en modo relativo, mediante la relación entre imágenes sucesivas, lo que permite obtener el desplazamiento relativo, la velocidad y los cambios de orientación



- Este último método será el empleado en la asignatura

# Navegación basada en mapas

- Emplean el hecho de que los vehículos terrestres se mueven generalmente por carreteras o vías de ferrocarril o que los peatones no atraviesan paredes, por ejemplo, para constreñir el desplazamiento relativo o el posicionamiento
- Se monitoriza la solución de navegación sobre un mapa y se aplican las correcciones oportunas cuando esta se encuentra en zonas no permitidas
- NOTA: Todos los sistemas de reconocimiento del entorno pueden producir ocasionalmente soluciones de navegación equivocadas.

# Sistema de navegación completo

- Las diferentes aplicaciones de navegación tienen **requisitos muy diferentes** en términos de exactitud, frecuencia, fiabilidad, coste, tamaño, peso, condiciones meteorológicas, o si además de la velocidad y la posición se necesita la orientación:
  - aviación comercial / barcos
  - aplicaciones militares
  - navegación personal o en vehículos
- Por tanto, dependiendo de la aplicación son admisibles diferentes combinaciones de sensores

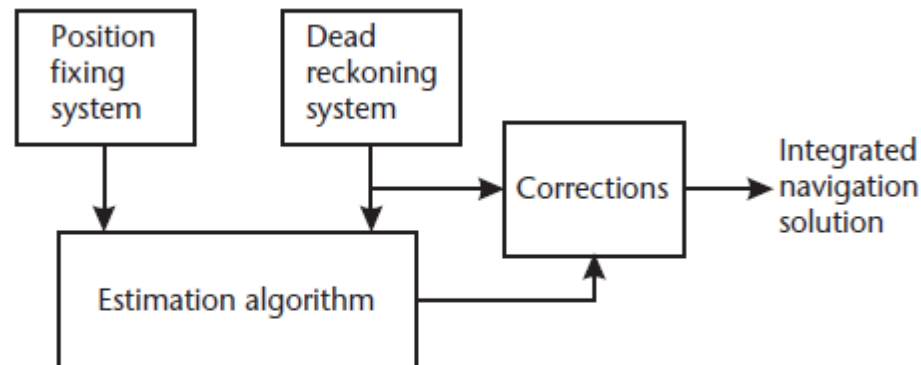


Figure 1.6 A typical integrated navigation architecture.