



## Guía docente

# 230378 - GNSS - Grandes Conjuntos de Datos Gnss: de la Percepción Remota a la Climatología Espacial

Última modificación: 11/04/2025

**Unidad responsable:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona

**Unidad que imparte:** 749 - MAT - Departamento de Matemáticas.

**Titulación:** MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2013). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA (Plan 2013). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE TELECOMUNICACIÓN (Plan 2019). (Asignatura optativa).  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA (Plan 2022). (Asignatura optativa).

**Curso:** 2025

**Créditos ECTS:** 3.0

**Idiomas:** Inglés

## PROFESORADO

**Profesorado responsable:** MANUEL HERNANDEZ PAJARES

**Otros:**

## REQUISITOS

Conocimientos básicos de Matemáticas y Física (a nivel de educación secundaria)

## COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

### Específicas:

CE5. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.

CEE13. Capacidad de analizar y evaluar el funcionamiento a nivel físico de los principales dispositivos y sensores, de las relaciones entre magnitudes en sus terminales y de sus circuitos equivalentes.

CE15. Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.

### Transversales:

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

## METODOLOGÍAS DOCENTES

Clases de aplicación

Clases expositivas

Trabajo individual (no presencial)

Pruebas de respuesta corta (Control)



## OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Introducir los conceptos básicos de la percepción remota y climatología espacial con los sistemas de navegación global por satélite (GNSS), a partir de los requerimientos recientes de la industria y del uso directo de nuevos receptores multi-GNSS multi-frecuencia de bajo coste.

Resultado del aprendizaje:

Expresa con claridad los procesos de planificación y resolución de ejercicios y problemas que precisen el uso de GNSS.

Comprende y domina los métodos más útiles para la resolución de problemas en el ámbito de esta asignatura.

Afronta la descripción numérica y la formulación de problemas con enunciado descriptivo.

Hace uso de más de una fuente, y lo utiliza en forma complementaria, para observar los hechos descritos en el texto principal.

Identifica y modela problemas a partir de situaciones abiertas y estudia alternativas para su resolución.

## HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	14,0	18.67
Horas grupo pequeño	10,0	13.33
Horas aprendizaje autónomo	51,0	68.00

**Dedicación total:** 75 h

## CONTENIDOS

### Introducción a GNSS

#### Descripción:

- 1.1 Concepto, señales y formatos
- 1.2 Segmentos
- 1.3 Modelos básicos y precisos

#### Competencias relacionadas:

- CEE13. Capacidad de analizar y evaluar el funcionamiento a nivel físico de los principales dispositivos y sensores, de las relaciones entre magnitudes en sus terminales y de sus circuitos equivalentes.
- CE15. Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.
- CE5. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.
- CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

#### Dedicación: 19h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 15h



## Teledetección troposférica GNSS

### Descripción:

- 2.1 Estimación del retraso troposférico con GNSS
- 2.2 Aplicación para el monitoreo de eventos climáticos extremos (huracanes, subida repentina de ríos)

### Competencias relacionadas:

- CEE13. Capacidad de analizar y evaluar el funcionamiento a nivel físico de los principales dispositivos y sensores, de las relaciones entre magnitudes en sus terminales y de sus circuitos equivalentes.
- CE15. Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.
- CE5. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.
- CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

### Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 2h

Aprendizaje autónomo: 8h

## Teledetección ionosférica GNSS

### Descripción:

contenido castellano

### Objetivos específicos:

- 3.1 Estimación del retraso ionosférico con GNSS
- 3.2 Conferencias prácticas de introducción a Linux y herramientas IonSAT
- 3.2 Perturbaciones ionosféricas de escala media
- 3.3 Advertencia y monitoreo de tsunamis

### Competencias relacionadas:

- CEE13. Capacidad de analizar y evaluar el funcionamiento a nivel físico de los principales dispositivos y sensores, de las relaciones entre magnitudes en sus terminales y de sus circuitos equivalentes.
- CE15. Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.
- CE5. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.
- CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

### Dedicación: 21h

Grupo grande/Teoría: 2h

Grupo pequeño/Laboratorio: 8h

Aprendizaje autónomo: 11h



### Meteorología espacial con GNSS

**Descripción:**

- 4.1 Huellas de tormentas geomagnéticas en GNSS
- 4.2 Detección y medición de fulguraciones solares con GNSS
- 4.3 Logro en febrero de 2020: detección y medición de fulguraciones estelares con GNSS

**Competencias relacionadas:**

CEE13. Capacidad de analizar y evaluar el funcionamiento a nivel físico de los principales dispositivos y sensores, de las relaciones entre magnitudes en sus terminales y de sus circuitos equivalentes.

CE15. Capacidad para la integración de tecnologías y sistemas propios de la Ingeniería de Telecomunicación, con carácter generalista, y en contextos más amplios y multidisciplinares como por ejemplo en bioingeniería, conversión fotovoltaica, nanotecnología, telemedicina.

CE5. Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.

CT5. TERCERA LENGUA: Conocer una tercera lengua, preferentemente el inglés, con un nivel adecuado oral y escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán los titulados y tituladas.

**Dedicación:** 22h

Grupo grande/Teoría: 4h

Grupo pequeño/Laboratorio: 2h

Aprendizaje autónomo: 16h

## ACTIVIDADES

### Presentaciones trabajo

**Descripción:**

Presentaciones de los trabajos del curso basados en la ionosfera GNSS y en los receptores multi-GNSS disponibles.

**Competencias relacionadas:**

CT3. TRABAJO EN EQUIPO: Ser capaz de trabajar como miembro de un equipo interdisciplinar, ya sea como un miembro más o realizando tareas de dirección, con la finalidad de contribuir a desarrollar proyectos con pragmatismo y sentido de la responsabilidad, asumiendo compromisos teniendo en cuenta los recursos disponibles.

**Dedicación:** 2h

Aprendizaje autónomo: 1h

Grupo grande/Teoría: 1h

### Prueba de respuesta larga (Examen final)

**Descripción:**

Examen final

**Dedicación:** 2h

Grupo grande/Teoría: 2h



## SISTEMA DE CALIFICACIÓN

---

Trabajo (30%) y respuestas a cuestionario de sesión de laboratorio (20%).

Examen final: 50%

En esta asignatura se evaluarán las competencias genéricas:

- Aprendizaje autónomo (Nivel elemental)
- Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería (Nivel elemental)

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Básica:

- Teunissen, P.J.G.; Montenbruck, O. (Eds.). Springer handbook of global navigation satellite systems: with 818 figures and 193 tables [en línea]. Cham: Springer International Publishing AG, 2017 [Consulta: 24/07/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=4880030>. ISBN 9783319429281.
- Teunissen, P.J.G.; Kleusberg, A. GPS for geodesy. 2nd rev. and extended ed. Berlin: Springer, 1998. ISBN 3540636617.
- Cander, L.R. Ionospheric space weather [en línea]. Cham: Springer Nature, 2019 [Consulta: 15/07/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=5516524>. ISBN 9783319993317.
- Hernández-Pajares, M. Learning global navigation satelllite systems from actual data (LegAD): Introduction to GNSS data processing: lecture notes [en línea]. Barcelona: UPC-IonSAT, 1996-2015 [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <http://chapman.upc.es/lectures/legad/>.
- Graffigna, V.; Hernández-Pajares, M.; Gende, M.; Azpilicueta, F.; Antico, P. "Interpretation of the tropospheric gradients estimated with GPS during Hurricane Harvey". Earth and Space Science [en línea]. Vol. 6, Issue 8, 1348-1365 [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018EA000527>.- Graffigna, V.; Brunini, C.; Gende, M.; Hernández-Pajares, M.; Galván, R.; Oreiro, F. "Retrieving geophysical signals from GPS in the La Plata River region". GPS Solutions [en línea]. 23, 84 (2019), 7 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/article/10.1007/s10291-019-0875-6>.- Hernández-Pajares, M.; García-Rigo, A.; Juan, J.M.; Sanz, J.; Monte, E.; Aragón-Àngel, A. "GNSS measurement of EUV photons flux rate during strong and mid solar flares". Space Weather [en línea]. Vol. 10, Issue 12, 16 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1029/2012SW000826>.- Hernández-Pajares, M.; Juan, J.M.; Sanz, J.; Aragón-Àngel, A. "Propagation of medium scale traveling ionospheric disturbances at different latitudes and solar cycle conditions". Radio Science [en línea]. Vol. 47, Issue 6, 2012, 22 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1029/2011RS004951>.- Yang, H.; Monte-Moreno, E.; Hernández-Pajares, M. "Multi-TID detection and characterization in a dense Global Navigation Satellite System receiver network". Journal of Geophysical Research: Space Physics [en línea]. Vol. 122, Issue 9, 2017, 22 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1002/2017JA023988>.- Yang, H., Monte Moreno, E., & Hernández-Pajares, M.. "ADDTID: an alternative tool for studying earthquake/tsunami signatures in the ionosphere: case of the 2011 Tohoku earthquake". Remote Sensing [en línea]. Vol. 11, Issue 16, 2019, 1894:1-1894:23 [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/16/1894>.- Hernández-Pajares, M.; Moreno-Borràs, D. "Real-time detection, location, and measurement of geoeffective stellar flares from global navigation satellite system data: new technique and case studies". Space Weather [en línea]. Vol. 18, Issue 3, 2020, 10 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1029/2020SW002441>.- Hernández-Pajares, M.; Juan, J.M.; Sanz, J.; Aragón-Àngel, À.; García-Rigo, A.; Salazar, D.; Escudero, M. "The ionosphere: effects, GPS modeling and the benefits for space geodetic techniques". Journal of Geodesy [en línea]. Vol. 85; 2011; pp. 887-907 [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/article/10.1007/s00190-011-0508-5>.

### Complementaria:

- Hernández-Pajares, M.; Wielgosz, P.; Paziewski, J.; Krypiak-Gregorczyk, A.; Krukowska, M.; Stepniak, K.; ... Orus-Perez, R. "Direct MSTID mitigation in precise GPS processing". Radio Science [en línea]. Vol. 52, Issue 3, 2017, 17 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/action/doSearch?AllField=Direct+MSTID+mitigation+in+precise+GPS+processing&SeriesKey=1944799x>.- Monte-Moreno, E.; Hernández-Pajares, M. "Occurrence of solar flares viewed with GPS: statistics and fractal nature". Journal of Geophysical Research: Space Physics [en línea]. Vol. 119, Issue 11, 2014, 12 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1002/2014JA020206>.- Singh, T., Hernandez-Pajares, M., Monte, E., Garcia-Rigo, A., & Olivares-Pulido, G.. "GPS as a solar observational instrument: real-time estimation of EUV photons flux rate during strong, medium, and weak solar flares". Journal of Geophysical Research: Space Physics [en línea]. Vol. 120, Issue 12, 2015, 11 pp [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a: <https://agupubs-onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/10.1002/2015JA021824>.- Yang, H.; Monte Moreno, E.; Hernández-Pajares, M. "Detection and description of the different ionospheric disturbances that appeared during the solar eclipse of



21 August 2017". Remote Sensing [en línea]. vol. 10, núm. 11, p. 1710:1 - 1710:24 [Consulta: 06/07/2020]. Disponible a:  
<https://www.mdpi.com/2072-4292/10/11/1710>.