



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto: 473

Introducción al procesado y análisis estadístico de datos astronómicos
con el Small Radio Telescope (SRT)
Un proyecto de innovación docente para Trabajos de Fin de Grado en la
Facultad de Ciencias Matemáticas

Responsable del proyecto: Ada Canet Varea

Facultad de Ciencias Matemáticas

Sección Departamental de Física de la Tierra y Astrofísica
Departamento de Estadística e Investigación Operativa

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El sector espacial atraviesa una etapa de expansión sin precedentes, impulsada por la innovación tecnológica y por la creciente demanda de una sociedad cada vez más interconectada y globalizada. En este contexto, las universidades desempeñan un papel esencial en la preparación de futuros profesionales capaces de afrontar los retos que plantea este sector. En particular, la Facultad de Ciencias Matemáticas ofrece una formación de excelencia en el ámbito del análisis de datos, una competencia central en las ciencias del espacio, al tiempo que fomenta una base teórica rigurosa en ciencias del espacio. Sin embargo, pese a esta preparación, las competencias prácticas para el análisis de datos espaciales, y en particular, el trabajo con datos reales derivados de instrumentación astronómica, tan solo tienen cabida en algunas asignaturas de una forma introductoria, o posiblemente de forma más extendida durante la realización del Trabajo de Fin de Grado (TFG).

Con el objetivo de reforzar la formación práctica y ofrecer a los alumnos la posibilidad de profundizar en la vertiente aplicada de las ciencias del espacio, mediante el trabajo directo con datos procedentes de misiones reales, se plantea el presente proyecto, cuyo objetivo fundamental es el diseño y desarrollo de una serie de TFGs en los distintos grados ofertados por la Facultad de Ciencias Matemáticas, todos ellos articulados en torno a un eje temático común: la utilización del radiotelescopio *Small Radio Telescope* (SRT). El SRT es un pequeño radiotelescopio de 2,3 metros de diámetro situado en el Complejo Astronómico de La Hita (Toledo, <https://fundacionastrohita.org/>), adquirido, mantenido y operado por el grupo de investigación complutense de Astronomía Espacial y Minería de Datos (AEGORA, <http://www.mat.ucm.es/~aegora/>).

La elaboración de estos TFGs permitirá a los estudiantes recorrer todas las etapas en el proceso del análisis de datos espaciales, desde la teledetección hasta el procesado de datos, contraste de hipótesis, modelización y publicación de resultados, complementando así la formación teórica de los estudiantes.

Puesto que el grupo de investigación AEGORA mantiene las dos vertientes de ciencia espacial y minería de datos, cada una alojada en un departamento diferente, este proyecto es por su propia naturaleza interdisciplinar e interdepartamental. Los Departamentos involucrados son: Sección Departamental de Física de la Tierra y Astrofísica (FTA) y el Departamento de Estadística e Investigación Operativa (EIO), ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Matemáticas de la UCM.

Los objetivos específicos del trabajo pueden ser clasificados en dos grandes bloques, siendo el primero dedicado a actividades previas necesarias al comienzo de los TFGs con los alumnos (objetivos previos), y un segundo bloque recogiendo actividades durante el transcurso y finalización de dichos trabajos (objetivos de desarrollo).

1. Objetivos previos

Las actividades propuestas en este bloque garantizan la viabilidad de los proyectos, así como los materiales didácticos necesarios para los alumnos.

1.1 Realización de un manual específico para los alumnos.

Ya que durante la realización del Trabajo de Fin de Grado el estudiante habrá de familiarizarse con la obtención y análisis de productos observacionales del SRT, se propone la elaboración un manual introductorio con contenidos básicos sobre radioastronomía, descripción específica del SRT, interfaz de datos, herramientas de cálculo de visibilidad de

objetos celestes, así como una lista de posibles temas para los TFGs. Este tipo de contenidos está actualmente fuera del programa académico de los alumnos de la Facultad de Matemáticas.

1.2. Visitas al Complejo de La Hita para el mantenimiento de la radioantena

Con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento y la fiabilidad a largo plazo de la antena SRT del Observatorio de La Hita durante el desarrollo de los TFGs propuestos, se propone un programa integral de mantenimiento que incluyera tanto la supervisión *in situ* del hardware de la radioantena como la actualización y reemplazo de componentes críticos, programando desplazamientos al complejo astronómico de La Hita.

1.3. Supervisión de la interfaz de acceso a observaciones y datos del SRT

Se planifica una reorganización integral de los datos disponibles en la interfaz del SRT, acompañada de la actualización y mejora del software de observación y descarga de datos, con el fin de optimizar el acceso y manejo de la información generada por la radioantena.

1.4. Selección de temáticas de Trabajos de Fin de Grado

Se propone la definición de líneas temáticas para los TFGs centrados en el uso del SRT, organizadas en dos ejes principales. El primer eje abarca trabajos directamente vinculados a contenidos de astronomía y geodesia, a desarrollar en la Sección Departamental de FTA. El segundo eje comprende proyectos orientados al análisis estadístico, la modelización y la optimización de procesos, destinados a realizarse en el Departamento de EIO.

2. Objetivos de desarrollo

Además de continuar con los objetivos propuestos en los apartados 1.2. y 1.3. con el fin de dar cobertura a la realización de los trabajos y a la solución de problemas eventuales, se proponen objetivos a ser ejecutados durante el desarrollo de los Trabajos de Fin de Grado:

2.1. Seguimiento a través de tutorías colectivas

Seminarios comunes a todos los estudiantes de asistencia obligatoria. Se propone organizar de dos a tres sesiones con una duración aproximada de 1,5 h con el fin de presentar el manual elaborado en la primera parte de este proyecto. El objetivo de estas sesiones es familiarizar a los estudiantes con la instrumentación astronómica a utilizar, así como con la interfaz para el envío de propuestas de observación, incluyendo la resolución de posibles dudas acerca del contenido del manual.

2.2. Seguimiento a través de tutorías individuales

Se propone un seguimiento de los TFG en función del número de alumnos con trabajos con la misma temática a discreción del tutor o tutora. De manera periódica (una vez al mes) los tutores se habrán de reunir para valorar el progreso de los estudiantes y la consecución de los objetivos especificados en el proyecto.

2.3. Valoraciones finales de los alumnos

Con el objetivo de evaluar los resultados de esta primera implementación del Proyecto de Innovación Docente, se propone la realización de una encuesta final dirigida a los alumnos. Dicha encuesta permitirá identificar las fortalezas y posibles áreas de mejora de la metodología empleada, así como valorar el grado de satisfacción de los participantes y conocer sus perspectivas de futuro en relación con el sector espacial.

2. Objetivos alcanzados

Los siguientes objetivos fueron alcanzados durante los meses anteriores al comienzo de los Trabajos de Fin de Grado:

1. Elaboración del manual “Introducción a la radioastronomía para matemáticos”

Se ha elaborado un manual de referencia en torno al SRT, fruto de la participación de todos los miembros del equipo en las distintas fases de su redacción y revisión. Este material, que se recoge parcialmente en el Anexo 1, incluye: *Introducción a la radioastronomía*, con subsecciones sobre radiación electromagnética, espectro electromagnético e instrumentación (radioantenas y el propio SRT); *Tipos de emisores en radiofrecuencias*, distinguiendo entre emisión térmica y no térmica; *Observabilidad de fuentes astronómicas en radiofrecuencias*, que aborda el movimiento diurno, efemérides, sistemas de referencia locales y absolutos, así como la visibilidad de fuentes y observaciones con el SRT; *Fuentes observables con el SRT*, con ejemplos como el Sol, el Centro Galáctico, Cygnus X-3 o remanentes de supernova; y finalmente, *Proyectos de Fin de Grado con el SRT*.

2. Mantenimiento de la radioantena. Visitas al complejo astronómico de La Hita

Durante el periodo de mantenimiento, se llevaron a cabo todas las tareas planificadas de manera exitosa. Se realizó una supervisión exhaustiva del hardware de la radioantena, se reemplazó material informático obsoleto, y se cambiaron piezas clave, incluyendo diodos, resistencias, condensadores y placas de conexión, integrando y ensamblando correctamente cada componente. Se efectuó limpieza de las superficies y elementos de la antena, garantizando la eliminación de polvo y suciedad acumulada. Finalmente, se realizaron test de calibración y apuntado, comprobando que la antena mantenía su precisión y funcionalidad, asegurando así un rendimiento óptimo y fiable en futuras operaciones científicas.

3. Base de datos abierta a la comunidad Complutense

Se llevó a cabo la reorganización completa de los datos disponibles en la interfaz, mejorando la estructura y facilitando su consulta y descarga. Además, se implementaron actualizaciones y mejoras en el software de observación, asegurando un flujo de trabajo más eficiente y estable. Estas acciones han permitido no solo un desarrollo óptimo de los trabajos de fin de grado, sino también la creación de un catálogo accesible a la comunidad universitaria, que recopila aproximadamente 700 observaciones públicas de distintos objetos de interés, incluyendo el Sol y el agujero negro central de nuestra galaxia, garantizando así un recurso valioso para futuras investigaciones y análisis científicos. En el Anexo 2 se recogen capturas de la interfaz para la descarga de datos.

4. Propuesta de temáticas para los Trabajos de Fin de Grado

Se realizó una lista de temáticas para los TFGs propuestos, adaptables a alumnos en la especialidad de FTA y en EIO:

- Desarrollo de herramientas de optimización para el seguimiento de fuentes astronómicas
- Monitorización de la actividad solar
- Análisis de variabilidad temporal de fuentes en radio
- Detección de componentes espectrales

Dentro de las temáticas propuestas, es deseable que los alumnos formulen de manera autónoma el planteamiento matemático de su trabajo, definiendo las aproximaciones, modelos y algoritmos adecuados para abordar los problemas planteados.

Los siguientes objetivos fueron alcanzados durante el desarrollo de los TFGs:

1. Supervisión colectiva e individual

La supervisión de los trabajos se llevó a cabo de manera exitosa mediante un sistema combinado de tutorías colectivas e individuales. Las tutorías colectivas permitieron abordar de forma conjunta los problemas comunes que surgieron en las fases iniciales, tanto de carácter técnico (relacionados con el manejo y análisis de los datos obtenidos con el SRT) como de la elaboración del TFG (redacción y evaluación final). Además, estas sesiones colectivas se complementaron con tutorías individuales distribuidas a lo largo de los meses de desarrollo de los TFGs, centradas en el seguimiento personalizado de cada proyecto.

2. Trabajos presentados

En total fueron presentados un total de 5 TFGs bajo la temática del SRT. El listado completo, incluyendo título final del trabajo, tutor, fecha de defensa y calificación propuesta por los tutores, se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1: Listado de TFGs defendidos durante el transcurso del Proyecto de Innovación Docente.

Título del trabajo	Tutor	Defensa	Calificación
Optimización para la planificación de observaciones en telescopios astronómicos mediante Algoritmos Genéticos: Aplicación al SRT	Ada Canet y Ana Inés Gómez de Castro (FTA)	02/2025	NOTABLE
Estudio de la variabilidad temporal en radio de SgrA	Ada Canet y Ana Inés Gómez (FTA)	07/2025	SOBRESALIENTE
Estudio del flujo solar mediante series temporales	Leire Beitia (EIO)	07/2025	SOBRESALIENTE
Modelo de clasificación mediante SVM de datos astronómicos	Leire Beitia (EIO)	09/2025	NOTABLE
Planificación Óptima de un telescopio	Javier Yáñez (EIO)	09/2025	SOBRESALIENTE

3. Realización de encuestas finales

Con el fin de valorar la experiencia de los alumnos participantes en el Programa, se elaboró una encuesta en la que se plantearon las siguientes cuestiones:

- Utilidad de los materiales de apoyo: En qué medida los materiales proporcionados por los tutores han sido útiles para el desarrollo de tu trabajo.
- Accesibilidad del SRT: ¿Qué nivel de accesibilidad y facilidad de uso has encontrado en la aplicación del SRT?
- Contribución formativa: ¿Consideras que este trabajo ha contribuido a tu formación en el ámbito de los bases de datos astronómicos?
- Proyección profesional: Tras tu experiencia con el SRT, ¿te plantearías iniciar una carrera profesional en el sector espacial?
- Recomendación a otros estudiantes: ¿Recomendarías esta experiencia a otros estudiantes? En caso afirmativo, ¿por qué?

A través de estas encuestas, los alumnos participantes en el programa han señalado que los materiales proporcionados les resultaron útiles y que la accesibilidad y facilidad de uso del SRT fue excelente. Asimismo, destacan que esta experiencia ha contribuido de manera significativa a su formación académica. Varios de los estudiantes indican que contemplan la posibilidad de iniciar una carrera profesional en el sector espacial, y todos coinciden en que recomendarían este tipo de trabajos a futuros alumnos.

3. Metodología empleada en el proyecto

La metodología empleada en el proyecto se basó en una planificación estructurada y en la distribución coordinada de tareas entre los distintos miembros del equipo, combinando actividades presenciales en el Observatorio de La Hita con el trabajo desarrollado principalmente en la Universidad Complutense de Madrid. Para ello, se estableció un calendario de actividades que permitió avanzar de forma ordenada en cada uno de los objetivos planteados.

En primer lugar, se definieron claramente los ejes de actuación: mantenimiento técnico de la antena SRT, reorganización de datos y actualización de software, elaboración de material docente y supervisión de los trabajos de fin de grado. Cada una de estas líneas fue asignada a responsables concretos, asegurando la integración de los resultados en un marco común.

La coordinación del equipo se garantizó mediante reuniones periódicas, tanto presenciales como virtuales, en las que se revisó el estado de las tareas, se resolvieron incidencias y se ajustó la planificación cuando fue necesario. Asimismo, se fomentó la combinación de tutorías colectivas (para abordar problemas comunes) e individuales (para realizar un seguimiento más detallado de los TFGs), con el fin de acompañar de manera eficaz a los estudiantes participantes en el programa.

Finalmente, se implementó un sistema de evaluación continua de las actividades mediante pruebas de calibración y control del SRT, revisiones de los materiales elaborados, y encuestas de valoración dirigidas a los estudiantes. Este enfoque metodológico permitió no solo cumplir los objetivos previstos en los plazos establecidos, sino también garantizar la calidad y utilidad de los resultados para la comunidad universitaria.

4. Recursos humanos

Como ha sido indicado anteriormente, este Proyecto de Innovación Docente está concebido por personal docente e investigador de la Sección Departamental de Astronomía y Geodesia, del Departamentos de Estadística e Investigación Operativa y de personal vinculado a la actividad del grupo de investigación AEGORA (PAI, PLI). Los TFGs planteados en el contexto del uso del SRT contienen un fuerte contenido en astronomía (desde cálculo de coordenadas, estudio de objetos emisores en radio, análisis y procesado de señal en radio, uso de instrumentación astronómica), así como en estadística (análisis estadístico de los datos, regresión, optimización, contraste de hipótesis). Es por ello por lo que los recursos humanos de este proyecto están justificados, al participar personal de ambas áreas de conocimiento.

5. Desarrollo de las actividades

El desarrollo de las actividades previstas se llevó a cabo con normalidad, cumpliéndose en su totalidad los objetivos planteados en el proyecto. A excepción de los desplazamientos al complejo astronómico de La Hita, todas las actividades restantes fueron desarrolladas en la Universidad Complutense de Madrid (UCM). Se organizaron reuniones periódicas del equipo con el fin de planificar y supervisar de manera conjunta el progreso de las distintas actividades, lo que garantizó una adecuada coordinación y cumplimiento de los plazos.

Los desplazamientos al Observatorio de La Hita fueron realizados por los miembros del equipo María Frutos, Ana Inés Gómez de Castro y Raúl de la Fuente, quienes se encargaron

de supervisar *in situ* las labores de mantenimiento y actualización de la antena SRT. Si bien fue necesario solicitar nuevos componentes electrónicos para el correcto reemplazo de piezas (placas de conexión, diodos, resistencias y condensadores), estos llegaron dentro del plazo previsto, lo que permitió integrarlos y ensamblarlos sin retrasos en el cronograma.

En paralelo, se llevó a cabo la reorganización de los datos disponibles en la interfaz y la actualización del software de observación y descarga, bajo la coordinación de Raúl de la Fuente y supervisión de María Frutos, lo que ha permitido disponer de un catálogo accesible para la comunidad universitaria con alrededor de 700 observaciones de diferentes objetos de interés, incluyendo el Sol y el agujero negro central de nuestra galaxia.

En el ámbito docente, se elaboró un manual específico sobre radioastronomía y el SRT, coordinado por Ada Canet, en cuya redacción participaron activamente todos los miembros del equipo. Este material se recoge parcialmente en el Anexo 1 y se estructura en secciones que abarcan desde conceptos básicos de radiación electromagnética y tipología de emisores en radiofrecuencias, hasta la observabilidad de fuentes astronómicas, ejemplos de observaciones con el SRT y propuestas de TFG vinculados al proyecto.

La supervisión de los trabajos de fin de grado fue realizada por los miembros PDI del equipo del proyecto de innovación docente (Leire Beitia, Ada Canet, Ana Inés Gómez de Castro y Javier Yáñez). En este marco, se organizaron tutorías colectivas dirigidas por la profesora Leire Beitia, con el fin de abordar problemas comunes de carácter técnico y conceptual, así como tutorías individuales distribuidas a lo largo de los meses de desarrollo de los TFGs, centradas en el seguimiento personalizado, la redacción y la evaluación final de los trabajos. Los TFGs resultantes fueron defendidos en las convocatorias oficiales de febrero, julio y septiembre de 2025.


Finalmente, las encuestas de valoración fueron diseñadas por el propio equipo, con el objetivo de recoger las impresiones y la experiencia de los estudiantes participantes en el programa.

6. Anexos

Anexo 1: Manual de *Introducción a la Radioastronomía para Matemáticos*

MANUAL DE INTRODUCCIÓN A LA RADIOASTRONOMÍA PARA MATEMÁTICOS

Aplicaciones del *Small Radio Telescope* (SRT-UCM)



Leire Beitia Antero, Ada Canet Varea, María Frutos Pastor,
Raúl de la Fuente Marcos, Ana Inés Gómez de Castro,
Javier Yáñez Gestoso

**Facultad de Ciencias Matemáticas
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

2025

Contenidos

1. Introducción a la radioastronomía	1
1.1. Radiación electromagnética	1
1.1.1. El espectro electromagnético	2
1.2. Instrumentación astronómica.....	4
1.2.1. Radioantenas	4
1.2.2. El SRT	5
1.3. Tipos de emisores en radiofrecuencias	6
1.3.1. Emisión térmica	7
1.3.2. Emisión no térmica	9
2. Observabilidad de fuentes astronómicas en radiofrecuencias	10
2.1. Introducción al movimiento diurno y efemérides	10
2.2. Sistemas de referencia locales	11
2.3. Sistemas de referencia absolutos	14
2.4. Visibilidad de fuentes astronómicas	16
2.5. Observaciones con el SRT	21
3. Fuentes observables con el SRT	
3.1. El Sol	33
3.2. El Centro Galáctico	36
3.3. Cygnus X-3	38
3.4. Remanentes de Supernova.....	39
4. Proyectos de Fin de Grado con el SRT	41
4.1. Desarrollo de herramientas de optimización para el seguimiento de fuentes astronómicas	41
4.2. Monitorización de la actividad solar	41
4.3. Análisis de variabilidad temporal de fuentes en radio	41
4.4. Detección de componentes espectrales	42

1. Introducción a la radioastronomía

Cuando observamos el cielo nocturno, nuestros ojos actúan como pequeños telescopios capaces de percibir la luz que nos llega de estas fuentes, identificando objetos más o menos brillantes, o incluso colores. Esta luz que nuestro ojo es capaz de procesar es sin embargo una pequeña parte de toda la radiación que pueden emitir estos objetos astronómicos tan distantes. Hoy en día, con la instrumentación adecuada, somos capaces de percibir la radiación de estos objetos no solo en el visible (la luz que perciben nuestros ojos), sino en otras bandas del espectro electromagnético, como rayos X, ultravioleta, infrarrojo, o radio (esto es, radiación en diferentes longitudes de onda o frecuencias, como se explicará más adelante en este manual).

Sin embargo, el estudio de la luz procedente de fuentes astronómicas en otras longitudes de onda distintas a las del visible comenzó a realizarse hace menos de 100 años, empezando con el hallazgo de Karl G. Jansky en 1931, que descubrió por accidente la radiación de radiofrecuencia del espacio mientras estudiaba interferencias de tormentas para mejorar antenas de los laboratorios Bell. A pesar de la naturaleza pionera del trabajo de Jansky, inicialmente no recibió mucha atención. En 1937, Grote Reber, otro ingeniero de radio, construyó el primer radiotelescopio moderno en el patio trasero de su casa en Illinois. Tras varios intentos, detectó emisiones fuertes en la longitud de onda de 1,87 metros, provenientes del plano de la Vía Láctea. Durante los años 40, Reber continuó sus investigaciones y en 1944 publicó los primeros mapas del cielo en radiofrecuencia. Hasta el final de la Segunda Guerra Mundial, Reber fue el único radioastrónomo. Después, este campo de investigación se desarrolló rápidamente gracias a los avances en tecnologías de radar durante la guerra, como la historia nos indica que suele suceder.

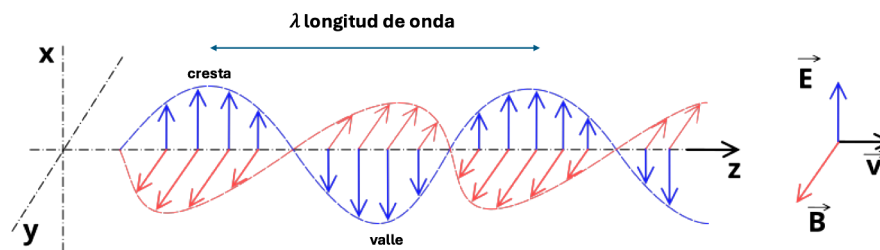
Como ya se ha mencionado, la emisión en radio y en otras frecuencias, incluida la luz que percibimos con nuestros propios ojos, es un tipo de radiación electromagnética. A continuación, será descrito este concepto, así como sus principales propiedades que nos harán caracterizar y comprender las emisiones en radio.

1.1. Radiación electromagnética

Para definir una onda electromagnética, es necesario previamente introducir el concepto físico de campo. En Física, el término campo se refiere a una región del espacio donde una fuerza ejerce influencia sobre la materia presente en esa zona, provocando perturbaciones en el medio. Por ejemplo, el Sol genera un campo gravitatorio que afecta a los planetas del sistema solar, influyendo en sus órbitas. Por tanto, cuando hablamos de campos eléctricos y magnéticos, estamos haciendo alusión a la región donde las fuerzas eléctricas y magnéticas tienen influencia sobre cargas eléctricas.

¿Pero cómo se generan estos campos? Las cargas eléctricas en reposo producen campos eléctricos, mientras que las cargas en movimiento generan tanto campos eléctricos como magnéticos. Cuando estos campos experimentan variaciones regulares y repetitivas, propagándose como ondas a través del medio, dan lugar a lo que conocemos como radiación electromagnética.

Una onda electromagnética, entonces, es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. Las oscilaciones de los dos campos son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de la energía y de la onda, formando lo que en Física denominamos una onda transversal.



Como se describió anteriormente, la radiación de tipo electromagnético puede manifestarse de diversas maneras, como ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Lo que nos hace distinguir entre estos tipos de radiación es su frecuencia o longitud de onda, parámetros fundamentales en la caracterización de la radiación electromagnética.

La **frecuencia (ν)** es la tasa a la que oscila el campo electromagnético radiado, esto es, mide el número de oscilaciones o ciclos por unidad de tiempo (segundo). Las frecuencias de la radiación electromagnética se expresan en hercios (Hz). Un hercio equivale a una oscilación o ciclo por segundo.

Asociada a la frecuencia, **la longitud de onda (λ)** representa la distancia entre dos crestas (o valles) sucesivas de la onda electromagnética. Al medir una distancia, sus unidades serán tales como el metro, centímetro, milímetro, nanómetro (1×10^{-9} m) o el Angstrom (Å , 1×10^{-10} m).

En el vacío, las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz (c , $2,9979 \times 10^8$ km/s). A partir de las definiciones de frecuencia y longitud de onda, es fácil ver que podemos pasar de una a otra simplemente a partir de la relación:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

1.1.1. El espectro electromagnético

El espectro electromagnético es la distribución de las diferentes frecuencias de la radiación electromagnética, que abarca todas las ondas electromagnéticas ordenadas según su longitud de onda creciente (y correspondientemente frecuencia decreciente). Atendiendo a estas longitudes de onda o frecuencias, clasificamos la radiación electromagnética en diferentes bandas. Incluye, en este orden, las ondas de radio, el infrarrojo (IR, que significa "por debajo del rojo"), la luz visible, el ultravioleta (UV, que significa "por encima del violeta"), los rayos X y los rayos gamma como se muestra en la Figura 1. Estas categorías representan diferentes frecuencias de un mismo fenómeno físico: la radiación electromagnética.

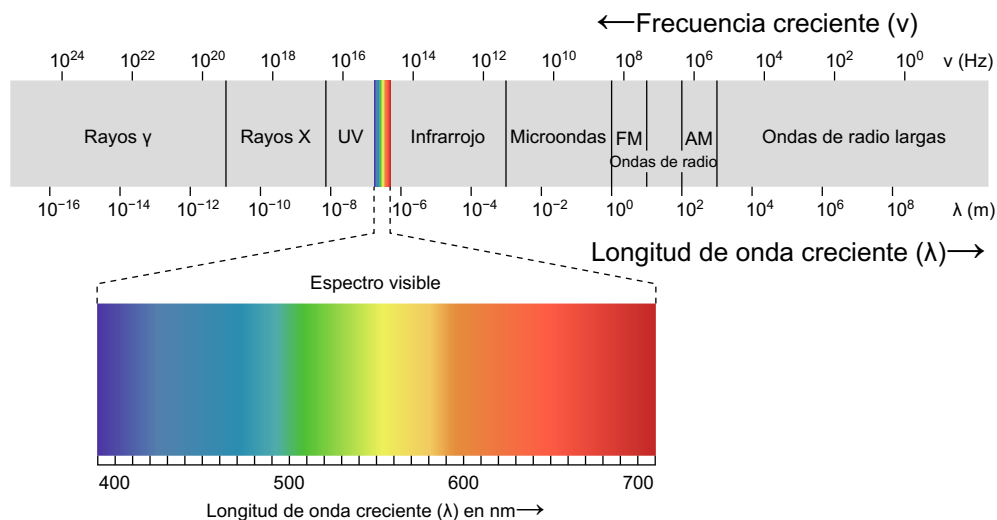


Figura 1. Espectro electromagnético

Cuando hablamos de observaciones en radiofrecuencias, o simplemente observaciones en radio, nos referimos a estudios realizados con instrumentos situados en la superficie terrestre en una banda específica del espectro electromagnético. Esta banda abarca desde los 15 MHz (20 m, ondas métricas) hasta los 300 GHz (1 mm, ondas milimétricas).

El límite superior de esta banda está determinado por la absorción resonante de las moléculas presentes en la troposfera, siendo las principales responsables de este proceso el vapor de agua (H_2O , a 22,2 GHz o 13,5 mm) y el oxígeno molecular (O_2 , a 60 GHz o 5 mm).

Por otro lado, el límite inferior de las radiofrecuencias está condicionado por los electrones libres en la ionosfera. Este plasma bloquea la radiación cuya frecuencia es menor que la frecuencia de plasma, la cual depende de la densidad electrónica. Como esta densidad varía según la hora del día y el nivel de actividad solar, el límite inferior de la ventana de observación en radiofrecuencias también puede cambiar. En general, la atmósfera y las interferencias resultado de equipos de comunicación terrestres (por ejemplo, telefonía móvil) hacen que no sea viable observar por debajo de una frecuencia de 30 MHz (1 GHz = 1000 MHz).

Asimismo, dentro del rango definido en el espectro electromagnético para las ondas de radio, existe una subclasificación en diferentes bandas, muy utilizadas en el campo de las telecomunicaciones (bandas L, S, C, X o K mostradas en la Tabla 1).

Tabla 1. Bandas usadas en telecomunicaciones

Banda	Rango de longitudes de onda (cm)	Frecuencia (GHz)
L	30 - 15	1 - 2
S	15 - 7.5	2 - 4
C	7.5 - 3.75	4 - 8
X	3.75 - 2.4	8 - 12
K	2.4 - 0.75	12 - 40

La radiación electromagnética interacciona con el medio. Como hemos mencionado anteriormente, la radiación en ondas de radio es absorbida por la presencia de vapor de agua y oxígeno en la atmósfera terrestre a partir de una cierta longitud de onda. La atmósfera

terrestre, de hecho, actúa como una barrera opaca para gran parte del espectro electromagnético como puede verse en la Figura 2. Absorbe la mayoría de las longitudes de onda más cortas que el ultravioleta, gran parte de las longitudes entre el infrarrojo y las microondas, y la mayoría de las ondas de radio más largas. Esto deja solo la luz visible, parte del ultravioleta e infrarrojo, y las ondas de radio de longitud corta como las únicas que logran atravesar la atmósfera, permitiendo que lleven información del universo a nuestros ojos e instrumentos situados en la Tierra.

La llamada ventana óptica, y con ella la astronomía óptica, puede verse gravemente limitada por condiciones atmosféricas como las nubes, la contaminación del aire, la interferencia de la luz artificial y el intenso brillo del Sol, que puede ser cegador. Por el contrario, la radioastronomía no se ve afectada por la mayoría de estas limitaciones. Sin embargo, en las frecuencias más altas de la ventana radioastronómica, fenómenos como las nubes y la lluvia pueden provocar atenuación de las señales.

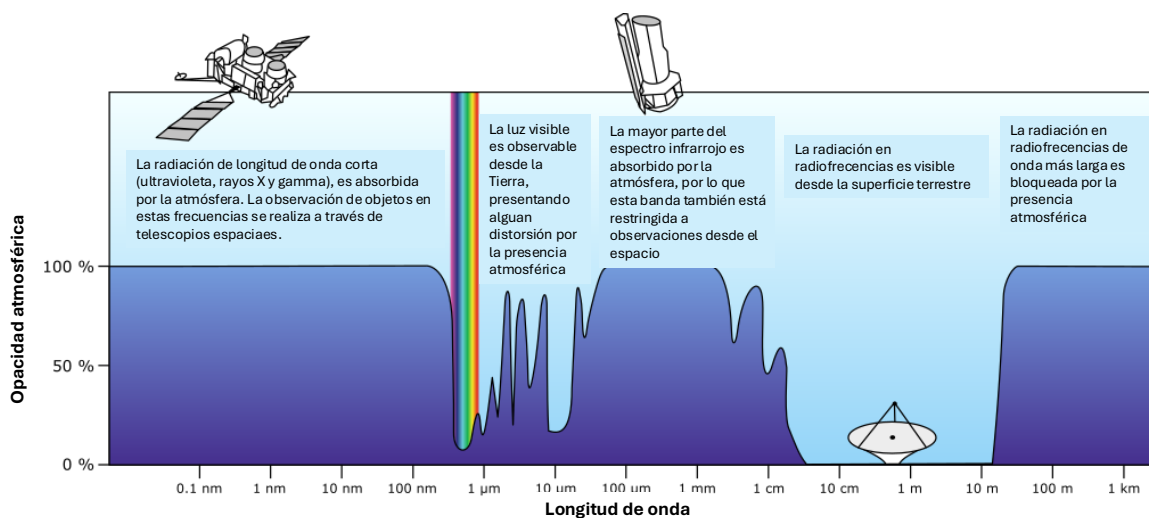


Figura 2. El efecto de la atmósfera terrestre sobre la radiación electromagnética

1.2. Instrumentación astronómica

1.2.1. Radioantenas

Las radioantenas de uso astronómico o radiotelescopios recogen la radiación electromagnética incidente y la transmiten al sistema receptor que produce un voltaje oscilante. Este voltaje es analizado por la electrónica conectada a la antena. El resultado es la potencia media recibida dentro de una cierta banda de frecuencia o canal. A frecuencias de cientos de MHz e inferiores las radioantenas se construyen con formas diversas (dipolo, de bocina, etc.), pero a frecuencias más altas las antenas parabólicas son las que ofrecen una mejor relación entre coste y eficiencia. Por tanto, lo habitual es que los radiotelescopios que observan frecuencias en torno a 1 GHz y superiores sean parabólicos.

En una antena parabólica, la potencia recibida se concentra en el foco y, para una fuente dada, su valor depende del tamaño efectivo de la antena y del ancho de banda del aparato receptor conectado al radiotelescopio. A igualdad de otros factores, cuanto mayor sea el ancho de banda del instrumento, mayor será la potencia recibida y podrán observarse fuentes más débiles y con mejor relación señal/ruido. En radioastronomía se habla frecuentemente de la

temperatura de antena que corresponde a la que tendría una resistencia calentada con la potencia recibida a través de la antena. Los radiotelescopios actúan como radio termómetros o radiómetros. En condiciones ideales, durante una observación la temperatura de antena se corresponde de forma aproximada con la denominada temperatura de brillo de la fuente estudiada. El concepto de temperatura de brillo será discutido más adelante en el contexto del cuerpo negro y la Ley de Planck.

Las antenas no recogen radiación de forma uniforme sino de acuerdo con un patrón de antena o patrón de radiación que depende de la propia construcción de la estructura y que es único para cada instrumento. Las antenas parabólicas tienen un lóbulo principal alineado con el eje de la parábola y hacia afuera de la parte cóncava. En el lóbulo principal la sensibilidad es máxima. Además, existen lóbulos secundarios que rodean al principal y cuya sensibilidad es menor. La anchura del lóbulo principal en radianes viene dada aproximadamente por la expresión $1.2 \lambda / D$, donde λ es la longitud de onda central observada y D es el diámetro de la antena.

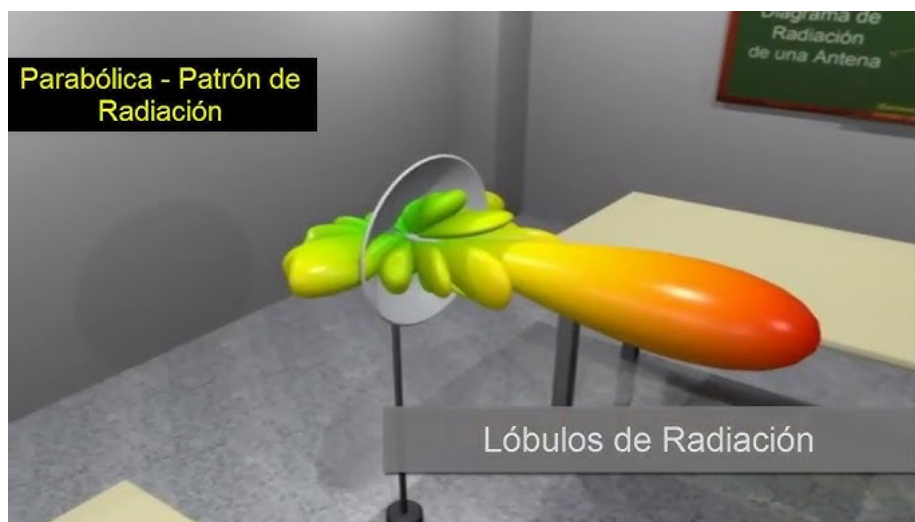


Figura 3. Patrón de antena típico de una antena parabólica

1.2.2. El SRT

El “Small Radio Telescope” o SRT fue desarrollado en el observatorio Haystack del Massachusetts Institute of Technology (MIT) como una herramienta para facilitar la enseñanza de la Astronomía y la Radioastronomía a nivel universitario. El proyecto se inició hacia 1998 y los primeros instrumentos ya estaban en uso a finales del año 2000.

El SRT consiste en una antena parabólica de 2,13 m de diámetro que puede moverse en dos ejes, acimut y altura, gracias a una montura y un mecanismo de seguimiento que es capaz de mantener el apuntado en la fuente durante horas. El receptor está optimizado para observar en la línea de 21 cm del hidrógeno neutro (HI). Por tanto, este instrumento permite realizar observaciones de nubes del medio interestelar compuestas de hidrógeno atómico neutro. El sistema incluye además una unidad de control terrestre y un preamplificador.

El SRT puede observar en el intervalo de frecuencias (1370, 1800) MHz y tiene una precisión de apuntado de 1 grado. El instrumento hace uso de un receptor digital y de un procesador de señal digital para generar la señal de salida que es analizada por el software instalado en una computadora. En el caso del SRT del grupo de investigación AEGORA, todo el procesamiento se realiza bajo el sistema operativo Linux. Las lecturas que da el SRT son proporcionales a la potencia recibida por el detector. Para tener una escala estandarizada, se hace uso de un

calibrador que consiste en un circuito que genera una señal de referencia equivalente a una temperatura de brillo de 115 K que será la referencia tomada para el análisis de la señal de salida que llega a la computadora. De esta forma se estima el factor de equivalencia entre potencia recibida y temperatura de brillo equivalente. El calibrado se realiza apuntando a una región del cielo que no incluya fuentes de radio detectables.

1.3. Tipos de emisiones en radiofrecuencias

Cuando se observa una fuente astronómica, se mide la radiación electromagnética recibida de dicha fuente, más concretamente, se mide la energía transportada por las ondas electromagnéticas desde la fuente, por unidad de área, de tiempo, y en una banda o línea espectral específica, obteniéndose una distribución de energía de la fuente (espectro). En otras palabras, se mide cómo de intensa es la radiación de esta fuente en función de la longitud de onda (o frecuencia).

Sin embargo, esta luz interactúa con la materia desde su origen y a lo largo de toda su trayectoria hasta alcanzar al observador. Según cómo interaccione con el medio la radiación de la fuente observada, se pueden distinguir diferentes distribuciones de energía en función de la longitud de onda tal y como se muestra en la Figura 4.

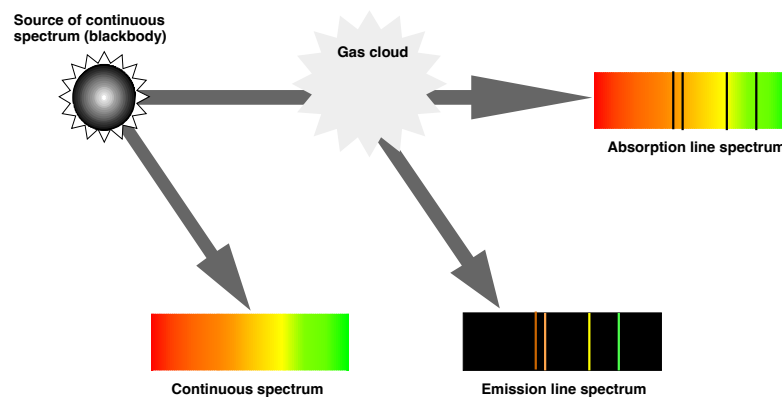


Figura 4 Tipos de espectros

Un espectro continuo se genera cuando una fuente emite luz en un rango amplio de longitudes de onda, como ocurre en cuerpos densos y calientes por ejemplo, las estrellas) que se comportan como radiadores de cuerpo negro.

En contraste, un espectro de emisión se produce cuando un gas caliente y poco denso emite luz a longitudes de onda específicas, generando líneas brillantes sobre un fondo oscuro, como en nebulosas o regiones de formación estelar.

Por otro lado, un espectro de absorción aparece cuando la luz continua de una fuente atraviesa un gas frío y poco denso, donde ciertos fotones son absorbidos por los átomos o moléculas del gas, creando líneas oscuras en el espectro continuo; este es el caso típico del análisis estelar o de atmósferas planetarias. El estudio de estas líneas permite deducir propiedades como composición, temperatura, densidad y movimientos de las fuentes observadas.

El origen de estas emisiones es frecuentemente clasificado en Física como emisiones térmicas y no térmicas.

1.3.1 Emisión térmica

Este tipo de emisión está relacionada con la temperatura de las partículas que forman un objeto o material. Dentro de un material, la velocidad con la que se mueven las partículas de las que está compuesto está relacionada con la temperatura. Cuanto más caliente esté el material, más rápido vibran o se mueven sus moléculas.

Pueden distinguirse varios tipos de radiación térmica, como la radiación de cuerpo negro, la emisión continua del gas ionizado, o la emisión en líneas espectrales específicas.

Radiación de Cuerpo Negro

La emisión térmica de cuerpo negro se refiere a la radiación electromagnética emitida por un objeto idealizado, denominado cuerpo negro, que es capaz de absorber completamente toda la radiación incidente sobre él, independientemente de su longitud de onda o dirección. La emisión térmica de este tipo de objeto depende únicamente de su temperatura, y es producida en todas las longitudes de onda (aunque no con la misma intensidad). En términos prácticos, la emisión térmica de cuerpo negro es un modelo físico fundamental para describir la radiación **continua** emitida por objetos calientes, como las estrellas.

La distribución espectral de la radiación emitida por un cuerpo negro está descrita por la ley de Planck, que establece la intensidad de radiación emitida a diferentes longitudes de onda. A partir de esta ley, la intensidad de la radiación B por un cuerpo negro (*brightness* en inglés, o intensidad, definida como potencia recibida por unidad de área, de ángulo sólido y de intervalo de frecuencia) se distribuye según la frecuencia (ν) a partir de la expresión:

$$B_{\nu}(T) = \frac{2 h \nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Y como función de la longitud de onda (λ):

$$B_{\lambda}(T) = \frac{2 h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

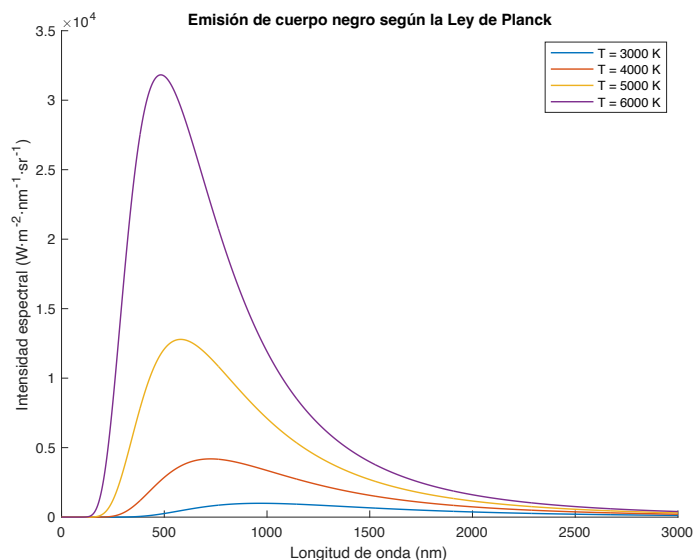


Figura 5. Emisión de cuerpo negro a diferentes temperaturas

Como se aprecia en la Figura 5, la distribución espectral depende de la temperatura del cuerpo negro, mostrando mayores/menores intensidades para diferentes longitudes de onda según sea la temperatura.

Al integrar la ecuación de Planck para la distribución espectral del cuerpo negro, obtenemos la energía total emitida:

$$B(T) = \sigma T^4$$

Esta expresión se conoce como ley de Stefan-Boltzmann, donde

$$\sigma = \frac{2 \pi^5 k^4}{15 c^2 h^3} = 5.6697 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

es la constante de Stefan-Boltzmann.

La distribución espectral dada por la ley de Planck muestra que, para cada temperatura, el máximo de emisión se da para una longitud de onda específica, con longitudes de onda más cortas para temperaturas más altas. La ley de desplazamiento de Wien precisamente establece que la longitud de onda λ_{max} , en la cual un cuerpo negro emite la mayor intensidad de radiación, es inversamente proporcional a su temperatura T . Su expresión matemática es:

$$\lambda_{\text{max}} T = b$$

donde b es la constante de desplazamiento de Wien, cuyo valor aproximado es $b=2,897 \times 10^{-3}$ m·K.

Por ejemplo, el Sol, con una temperatura aproximada de 5800 K, tiene su máximo de emisión cerca de 500 nm en la región verde-amarilla del espectro visible.

Radiación del gas ionizado

Los gases ionizados¹ emiten radiación térmica en el continuo. La emisión térmica continua en regiones de gas ionizado (como las regiones HII que son zonas que contienen hidrógeno atómico interestelar ionizado, situadas generalmente en el interior de nubes moleculares de gas donde recientemente se haya producido formación estelar) proviene de electrones libres, los cuales no tienen niveles de energía definidos. Por esta razón, pueden cambiar de una energía a otra de manera continua, dando lugar a este tipo de radiación.

Por otra parte, también es posible observar emisión. Esta emisión ocurre cuando un electrón es acelerado al pasar cerca de un protón, en un encuentro en el que el electrón sufre un desvío debido a la interacción con el protón. Este fenómeno se conoce como interacción libre-libre (*free-free*, en inglés), ya que el electrón no queda ligado al protón. Este tipo de radiación también se denomina tradicionalmente radiación de frenado o *bremstrahlung*. La energía del fotón emitido durante este proceso depende de la naturaleza de la interacción, lo que determina si la radiación resultante se encuentra en el rango óptico o en el de radio.

¹ Gases constituidos por átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o deficiencia de electrones con respecto a un átomo o molécula neutra.

Emisiones espectrales de líneas específicas

Las emisiones espectrales de líneas se producen cuando los electrones cambian de estado energético dentro de un átomo, liberando fotones de una longitud de onda característica. Este proceso se denomina **emisión de líneas**, ya que cada longitud de onda corresponde a una posición específica en el espectro electromagnético.

En el caso del hidrógeno neutro, en su estado base, el protón y el electrón tienen espines opuestos (giran en direcciones contrarias). Si el átomo recibe energía adicional, los espines pueden alinearse, dejando al átomo en un estado ligeramente excitado como puede verse en la Figura 6. Al regresar al estado base, el átomo emite un fotón con una longitud de onda de 21,11 cm (frecuencia de 1420,406 MHz). Las observaciones de la línea de 21 cm proporcionan valiosa información sobre el medio interestelar y el gas frío del universo.

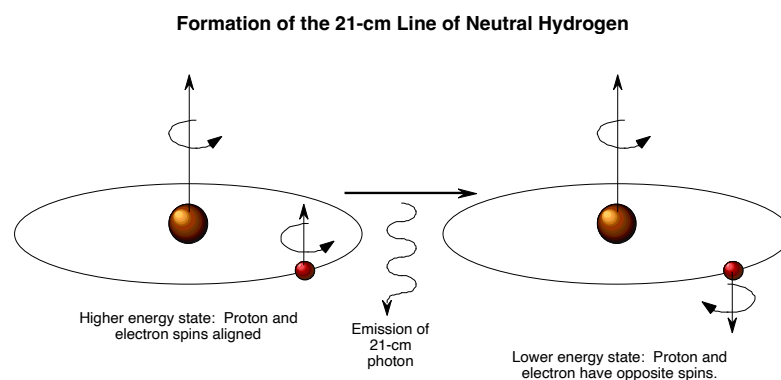


Figura 6. Formación de la línea del hidrógeno neutro en 21 cm

1.3.2 Emisión no térmica

Este tipo de emisión no depende de la temperatura de la materia, sino de la interacción de partículas cargadas con campos magnéticos. Cuando una partícula cargada entra en un campo magnético, este la obliga a moverse en trayectorias circulares o espirales alrededor de las líneas de fuerza magnética, acelerándola y provocando que emita radiación.

En condiciones no relativistas (velocidades mucho menores que la de la luz), esta radiación, llamada ciclotrón, es débil y tiene poca relevancia astronómica. Sin embargo, cuando la partícula alcanza velocidades cercanas a la luz, emite una radiación mucho más intensa conocida como radiación de sincrotrón. Esta generación de radiación sincrotrón es el mecanismo responsable de la emisión en la mayoría de las radiofuentes no térmicas.

Una fuente importante de radiación sincrotrónica son los cuásares situados en el centro de galaxias activas. Estos la emiten no solo en longitudes de onda de radio, sino también en el visible y en rayos X.

Una diferencia clave entre la radiación térmica y la no térmica es que, mientras la intensidad de la radiación térmica siempre aumenta con la frecuencia, en la no térmica suele disminuir a medida que la frecuencia aumenta.

2. Observabilidad de fuentes astronómicas en radiofrecuencias

2.1. Introducción al movimiento diurno y efemérides

El objetivo fundamental de la astronomía de posición es determinar las posiciones aparentes de los cuerpos celestes, dotando a dichos cuerpos de coordenadas definidas en un sistema de referencia particular. Aunque sabemos que los objetos que observamos en el cielo se encuentran a diferentes distancias de nosotros, en la astronomía de posición no se tienen en cuenta dichas distancias, tratándose a todos los astros como si estuviesen a una misma distancia de nosotros.

El sistema de referencia más natural para determinar la localización de una fuente astronómica es un sistema de referencia esférico, donde la posición de un objeto celeste queda determinada únicamente por dos coordenadas. Los sistemas de referencia con geometría esférica presentan la ventaja de ser sencillos, y además pueden aplicarse a objetos en todas las direcciones posibles. De este modo, definimos la **esfera celeste** como el lugar geométrico de los puntos equidistantes del centro (observador, centro de la Tierra, centro del Sistema Solar..., en general dependerá del sistema de referencia descrito), tomando como radio la unidad.

Antes de definir los diferentes sistemas de referencia utilizados en astronomía de posición, es necesario introducir algunas definiciones relacionadas con la trigonometría esférica, y que emplearemos a menudo para describir las posiciones de los astros.

Círculo máximo (o círculo mayor): intersección de la esfera con cualquier plano que pase por su centro. Su radio es el máximo posible: el de la propia esfera, es decir, la unidad.

Polos: tomamos el eje perpendicular a un plano que pase por el centro y que a su vez pase por el centro de la esfera. Los dos puntos diametralmente opuestos en los que interseca con la esfera son los polos del círculo máximo correspondiente.

Ángulo esférico: ángulo diedro que forman dos planos que definen círculos máximos.

Triángulo esférico: triángulo sobre la superficie de la esfera cuyos lados forman parte de círculos máximos. Son las figuras geométricas de las que nos valdremos para posicionar a los astros. Es importante resaltar que solo se consideran como tales aquellos cuyos lados pertenecen a círculos máximos.

Círculo menor: intersección entre la esfera y un plano que no pase por su centro. Es una circunferencia con radio siempre menor que el de la esfera, de donde viene su nombre.

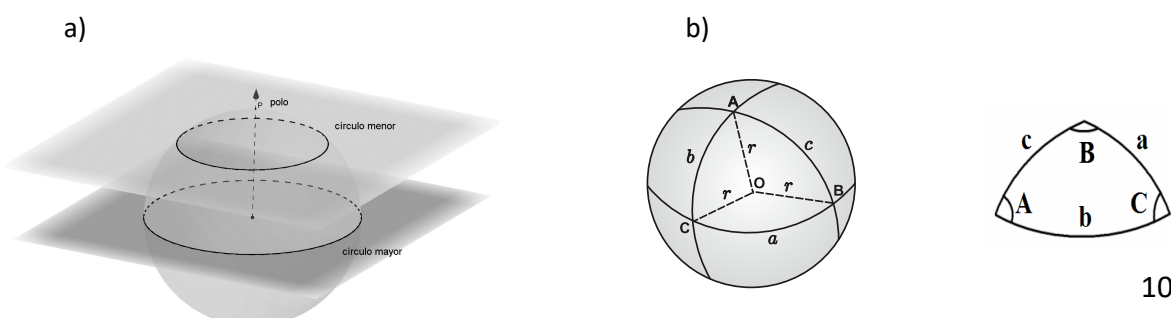


Figura 7: a) Representación sobre la esfera de un círculo máximo (mayor), un círculo menor y uno de los polos del círculo mayor representado. b) Representación de un triángulo esférico sobre la esfera, así como la notación habitual para los lados y ángulos del triángulo. Fuente: Astronomía matemática. Gema Rodríguez Velasco.

Algunas propiedades importantes a tener en cuenta de los triángulos esféricos (entre muchas otras) son:

- La suma de los ángulos del cualquier triángulo esférico **no es 180°**, sino una cantidad mayor.
- Los lados son arcos de una circunferencia y **se emplean unidades de ángulo** (grados, minutos y segundos) para describirlos. En realidad, lo que representan es el ángulo que forman en el centro las direcciones a los extremos del arco (al haber tomado la esfera de radio unidad ambas cantidades coinciden numéricamente).
- La suma de dos lados cualesquiera **siempre es mayor que el otro lado restante**.
- Cada ángulo del triángulo es **menor que 180°**.

Fórmulas de Bessel

Las fórmulas de Bessel representan una serie de relaciones entre los ángulos y los lados de un triángulo esférico dado. Como veremos más adelante, constituyen una herramienta fundamental para el cálculo de las posiciones (coordenadas) de un objeto celeste.

i. Fórmula del coseno o primera fórmula de Bessel:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

ii. Fórmula del seno o segunda fórmula de Bessel:

$$a. \quad \sin a = \sin b \sin c \sin A \sin B \sin C$$

iii. Fórmula del seno-coseno o tercera fórmula de Bessel:

$$a. \quad \sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

iv. Fórmula de las cuatro partes o cuarta fórmula de Bessel:

$$a. \quad \cos a \cos C = \sin a \cotg b - \sin C \cotg B$$

2.2. Sistemas de Referencia astronómicos locales

Para definir un sistema de referencia correctamente, hemos de determinar siempre un centro del sistema, un plano fundamental y un eje, además de puntos determinados y direcciones en los que comenzaremos a medir una determinada coordenada.

Los sistemas locales son aquellos que sitúan como centro del sistema de referencia al observador, también llamados sistemas topocéntricos.

En astronomía, definimos dos sistemas de referencia locales fundamentales: el sistema horizontal, también denotado altacimutal, y el sistema ecuatorial horario.

2.2.1. Sistema horizontal o altacimutal

- **Centro:** Observador (sistema topocéntrico)

- **Plano fundamental:** Horizonte (círculo máximo que resulta de la intersección del plano que pasa por el observador y la esfera celeste). Denotado horizonte celeste u horizonte del observador.
- **Eje polar:** Vertical del observador (tangente a la plomada). Corta a la esfera celeste en dos puntos: el punto de intersección que se encuentra sobre el observador es el **Cenit** (habitualmente denotado con la letra **Z**); el punto diametralmente opuesto es el **Nadir** (denotado por **N** o **Z'**).

En el sistema de referencia altacimutal, definimos los verticales como los círculos máximos que pasan por cenit y nadir. Los almicantrats son los círculos menores paralelos al horizonte celeste.

Para situar los puntos cardinales sobre el horizonte del observador, un observador en el hemisferio norte terrestre situaría el Norte como el punto sobre el horizonte más cercano al polo norte. El resto de puntos cardinales se situarían siguiendo el orden habitual: el Sur como el punto diametralmente opuesto al Norte, etc. De igual modo, para un observador en el hemisferio sur, se situaría el punto cardinal sur como el punto sobre el horizonte del observador que es el más cercano al polo sur. De nuevo, el resto de puntos cardinales se sitúan en concordancia.

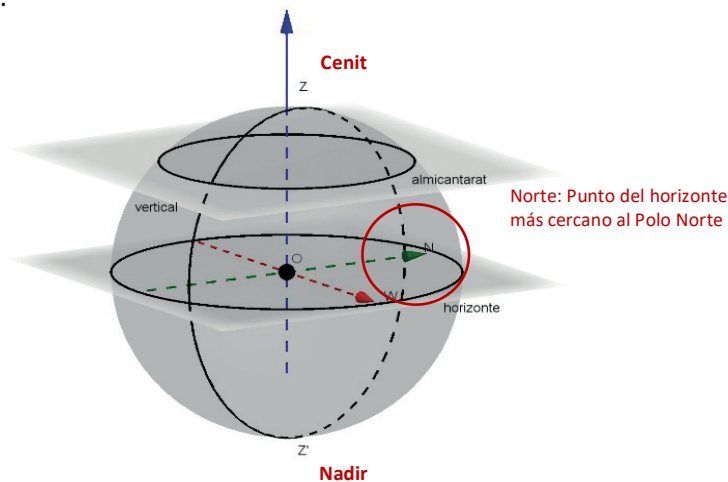


Figura 7. Vertical y almicantrat en el sistema de referencia altacimutal. Posición de los puntos cardinales. Fuente: *Astronomía Matemática*. Gema Rodríguez Velasco.

Coordenadas horizontales o altacimutales

Las dos coordenadas del sistema horizontal que definen unívocamente la posición de un astro sobre la esfera celeste son:

Altura (h): Ángulo que forman en el centro de la esfera el **horizonte con la posición de la estrella sobre el vertical de ésta**. Análogamente, definimos la distancia cenital (z) como el ángulo que forman el cenit con la posición de la estrella sobre su vertical. Se puede comprobar fácilmente que:

$$z = 90^\circ - h$$

$$-90^\circ \leq h \leq 90^\circ$$

$$0^\circ \leq z \leq 180^\circ$$

Acimut (A): Ángulo que forma en el centro de la esfera la dirección **SUR** y la vertical del astro, medido en **sentido SWNE**. De nuevo, se ve por la propia definición de esta coordenada que $0^\circ \leq A \leq 360^\circ$.

Anexo 2: Interfaz de obtención de productos de observación del SRT

HOU-España

LOGOUT (Log out)

(Salir)

RADIOTELESCOPIO UNIVERSITARIO SRT

MODIFICAR INFORMACIÓN DE USUARIO | CREAR NUEVO PROYECTO DE OBSERVACIÓN | GESTIONAR PROYECTOS DE OBSERVACIÓN NO ENVIADOS | SEGUIMIENTO DE PROYECTOS DE OBSERVACIÓN ENVIADOS

Bienvenid@ a su página personal del Scheduler del Radiotelescopio Universitario SRT. Aquí podrá crear sus Proyectos de Observación del SRT, así como gestionarlos y editarlos una vez creados. Una vez editados, los debe enviar al comité de evaluación del SRT para su valoración, aprobación y posterior ejecución. Los Proyectos de Observación del SRT no pueden ser editados una vez enviados al comité, pero podrá seguir su estado y evolución.

ARCHIVO DEL SRT

ACCESO A OBSERVACIONES | ACCESO A PRODUCTOS

Aquí podrá acceder a las observaciones realizadas con el SRT y descargar los productos de observación propios o aquellos que han sido liberados para acceso público.

Estado actual del archivo SRT:

Número de Proyectos en archivo: 398
Número de Observaciones completadas en archivo: 2126
Número de Productos en archivo: 2373
Número de Productos de acceso público: 680

Retorno a Portal

ARCHIVO DE PRODUCTOS

Mostrar filtros Limpiar filtros

Producto	Proyecto	Observación	Creado en	Errores?	Ver Detalle	Público
0000720001001	000072 Sol 12 de Diciembre	Sol	2019/12/01, 00:00			Restringido
0000860008001	000086 Sgr A	SgrA	2019/12/01, 00:00			Público
0000860007001	000086 Sgr A	SgrA	2019/12/01, 00:00			Público
0000570001001	000057 Test Sol	Sol	2019/12/01, 00:00			Restringido
0000580001001	000058 2I	2I	2019/12/01, 00:00			Restringido
0000860001001	000086 Sgr A	SgrA	2019/12/01, 00:00			Público
0000630001001	000063 Cassiopea A	CasA	2019/12/01, 00:00			Restringido
0000790002001	000079 Sgr A	SgrA	2019/12/01, 00:00			Público
0000860004001	000086 Sgr A	SgrA	2019/12/01, 00:00			Público
0000010004001	000001 Sgr A	SgrA	2019/12/01, 00:00			Público

Retorno a Observación padre

Retorno a Productos (todos)

DETALLE DE PRODUCTO

Prod. Id	Creado en	Público?	Errores?	Contenido
0000860008001	2019/12/01, 00:00	Público		Descargar Pre-visualizar
Automatically inserted				
Obs Id	Obs Ra	Obs Dec	Obs Comienzo	Obs Final
0000860008 SgrA	17 45 40.0359	-29 00 28.169	2019/12/30, 09:00	2019/12/30, 14:10
Proyecto Padre	Título Propuesta	Descripción		Ver
000086	Sgr A	Observar Sgr A en 21 cm.		
IP	Institución			
Raúl de la Fuente Marcos	UCM			