

# RADIOTELESCOPIOS

## Programa-guía



# Actividades de presentación o introducción

---

## A1.1 Lectura de documentos

*Artículos de prensa donde se aparecen noticias sobre radiotelescopios.*

---

En esta actividad, los alumnos hacen resúmenes o esquemas de la información aparecida en artículos de prensa para delimitar y definir, en una primera aproximación, los conceptos que se van a ver en este tema. Es muy conveniente pedirles que apunten en una lista tanto las palabras que no conozcan, para buscar información sobre ellas, como las que consideren clave, ya que les servirán para situarse en el tema. Como ayuda, los alumnos pueden usar enciclopedias, diccionarios enciclopédicos o Internet para buscar información sobre los distintos términos que aparecen en dicha lista. También se pueden usar los datos que aparecen en los distintos artículos, con especial atención a los datos numéricos, para comprobar que la información es correcta o para afianzar conceptos.

Es interesante pedir a los alumnos que sean críticos con la información que aparece en las diferentes noticias, hasta el punto de animarles a que busquen errores, tanto en la terminología usada, como en los datos numéricos que aparecen. A modo de ejemplo, es curiosa la confusión producida en uno de los artículos con el telescopio de rayos X Chandra, que en algún pasaje del artículo se dice que es un radiotelescopio. Es bastante llamativo el escaso rigor con el que se usa, por regla general, la terminología científica en los artículos de prensa, como también lo es el poco cuidado que se dedica a la exactitud de los datos numéricos presentados. Por todo ello es muy probable que en los artículos de prensa que lean los alumnos sobre este tema aparezcan algunos errores. En el caso de no hallar errores, se produce igualmente un refuerzo de los conceptos al realizar el esfuerzo de comprobar todo lo leído.

---

## A1.2 Actividad multimedia

*Telescopios y radiotelescopios. Similitudes y diferencias.*

*Búsqueda de información en Internet usando como criterio de búsqueda términos relacionados.*

---

A raíz de la actividad anterior surge de manera natural una pregunta ¿qué diferencias y qué similitudes hay entre un telescopio y un radiotelescopio? ¿Son lo mismo, casi lo mismo o muy diferentes? Es posible que algunos alumnos, si no la mayoría, sepa reconocer lo que es un telescopio y decir para qué sirve. Incluso es posible que sean capaces de hacer un esquema de su funcionamiento. Esto, como hemos visto, nos permite partir de las ideas que tienen los alumnos para desarrollar las diferentes actividades de aprendizaje.

Los alumnos pueden diseñar una plantilla para recoger las similitudes y diferencias que encuentren. Pueden ayudarse de esquemas o dibujos explicativos, así como recopilar imágenes. Para ayudarles en esta búsqueda es interesante usar diferentes categorías que sirvan para guiarles:

- Construcción, montura, dimensiones.
- Sensibilidad. poder resolutivo.
- Disposición de elementos, funcionamiento.

Usando estas palabras clave, los alumnos deben buscar en Internet información sobre el tema. Es importante hacer hincapié en que no se limiten sólo a páginas en castellano. También es mejor que comiencen por los telescopios ópticos, más conocidos.

---

### A1.3 Actividad de lápiz y papel

#### *Cuestionario sobre monturas de telescopios ópticos.*

---

En esta actividad presentamos un cuestionario a los alumnos para que indiquen las monturas de un conjunto de dibujos e imágenes reales de telescopios ópticos, para afianzar los tipos de monturas.

---

### A2 Actividad de lápiz y papel

#### *Cuestionario inicial sobre ideas previas o concepciones alternativas.*

---

Puede ser interesante pasar un cuestionario sobre concepciones alternativas a los alumnos para hacernos una idea de su estado general de conocimientos, aunque la mayoría de ellos no habrá tenido ningún tipo de información previa sobre radiotelescopios, excepto, en todo caso, la información obtenida en la actividad anterior. El motivo por el que planteamos esta actividad en segundo lugar es que pretendemos activar previamente las concepciones alternativas de los alumnos a través de la búsqueda de información realizada anteriormente. Así, los alumnos se ven obligados a *buscar acomodo* a la información que recogen dentro de su estructura cognitiva, lo que les lleva a relacionar dicha información con conceptos preexistentes, o incluso a construir nuevas concepciones. De ahí la pertinencia de plantearles ahora preguntas, preferentemente de tipo abierto, que permitan *activar* estas concepciones alternativas. Para este tema en particular de los radiotelescopios, las preguntas tienen que ver con los conocimientos que los alumnos pueden tener acerca de las ondas de radiofrecuencia, sus rangos y su captación.

# Actividades de desarrollo

## A3 Actividad de lápiz y papel y/o multimedia

### ¿Qué es un radiotelescopio?

Un radiotelescopio es un aparato que capta las ondas de radiofrecuencia procedentes del espacio. Esto permite determinar la posición de las radiofuentes en la bóveda celeste y estudiar dichos objetos en la frecuencia en la que está sintonizado el radiotelescopio. Los radiotelescopios actuales constan de un colector de ondas, denominado normalmente antena, y de un receptor.

#### El colector de ondas o antena

Para las ondas de longitud inferior a un metro se emplean como colectores las antenas parabólicas; para mayores longitudes de onda se usan las redes de antenas. La ganancia de potencia de un radiotelescopio se mide en términos de la mejora frente a una simple antena dipolar (una antena de radio o de TV común) y depende directamente del área de la antena e inversamente del cuadrado de la longitud de onda a la que opera el radiotelescopio. En una antena de alta ganancia, la radiación es captada por un estrecho haz, cuyo ancho depende de la relación entre la longitud de onda y el diámetro de la antena. En el caso de las antenas parabólicas, su poder resolutivo, análogamente a los telescopios ópticos, viene dado por la relación entre la longitud de onda y el diámetro de la parábola; pero así como en los telescopios ópticos se captan las ondas de longitud de onda inferior a la micra ( $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$ ), los radiotelescopios trabajan con ondas con longitud de onda millones de veces mayor y, por tanto, su poder resolutivo es mucho menor. Para que un radiotelescopio que observa a una longitud de onda de 6 cm tenga la misma resolución que un telescopio óptico de 5 m, su diámetro debería ser de unos 500 km. Para alcanzar una mayor resolución en radio, muy superior en algunos casos a la de los telescopios ópticos, se usan interferómetros.

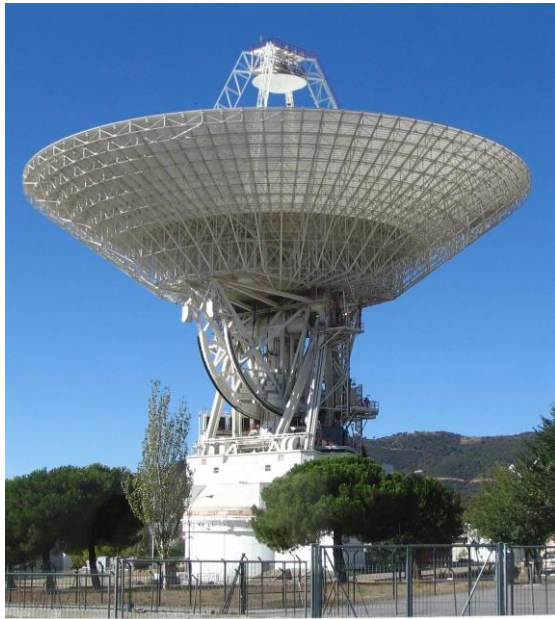
#### Montura

En algunos radiotelescopios, la antena está situada sobre una montura ecuatorial, a lo largo de dos ejes perpendiculares, ascensión recta y declinación, con uno de ellos, el de declinación, alineado con el eje de giro de la Tierra. Esta alineación, denominada polar, depende de la localización del radiotelescopio y coincide con la latitud del lugar. El uso de monturas ecuatoriales facilita la labor del seguimiento de las radiofuentes, pues basta girar la antena alrededor de un solo eje, el de ascensión recta, para tener la radiofuente permanentemente enfocada. Sin embargo, son monturas caras y difíciles de construir, sobre todo, en los radiotelescopios de antenas muy grandes.

La antena de PARTNeR tiene una montura ecuatorial, tal y como puede verse en la imagen de la derecha.



Crédito: PARTNeR



La montura más sencilla es la montura altitud-azimut o altazimutal. Un eje, vertical, gira en azimut (en el plano horizontal), y otro eje, horizontal, permite el giro del radiotelescopio para cambiar la altitud (en el plano vertical). Los grandes telescopios modernos usan monturas altazimutales controladas por ordenador para hacer el seguimiento de la radiofuente. En la imagen de la izquierda aparece la antena de 70 metros de diámetro que se encuentra en el Complejo Espacial de Comunicaciones de la NASA (MDSCC, *Madrid Deep Space Communications Complex*) en Robledo de Chavela (Madrid) tiene una montura altazimutal.

Crédito: Celso Frade

En esta imagen aparecen ambas antenas y pueden apreciarse las diferencias entre ambas monturas:



Crédito: MDSCC

## Rendimiento

El rendimiento de un radiotelescopio está limitado por varios factores:

- La exactitud de la superficie reflectora, que puede desviarse de su forma ideal.
- Las diferencias térmicas, que producen expansiones y contracciones que deforman la estructura.
- Las deflexiones debidas a los cambios en las cargas gravitatorias que se producen cuando se mueve la antena durante el seguimiento.

Las desviaciones de la superficie parabólica son importantes cuando alcanzan el 10% de la longitud de onda a la que operan. Los radiotelescopios diseñados para operar en longitudes de onda milimétrica o submilimétrica necesitan una superficie reflectora muy precisa (el 10% de 1 mm es 0,1 mm o 100  $\mu\text{m}$  -micras-), que parece a veces prácticamente la de un espejo. Debido a que las superficies pequeñas pueden ser construidas con más precisión que las grandes, los radiotelescopios diseñados para operar en el rango milimétrico o submilimétrico (microondas) son más pequeños que los diseñados para observar las ondas de radio largas. Tradicionalmente, el

problema de la deformación gravitatoria ha sido minimizado mediante el empleo de estructuras móviles lo más tensas posible. Una técnica más efectiva, basada en el principio de homología, permite a la estructura deformarse bajo la acción de la gravedad, pues la sección transversal y el peso de cada miembro de la estructura móvil son elegidos con el propósito de que las fuerzas de gravedad deformen la superficie reflectora en un nuevo paraboloide con un foco ligeramente diferente. Entonces, sólo es necesario desplazar el alimentador o el subreflector a la posición del nuevo foco para mantener las prestaciones óptimas del radiotelescopio. Los diseños homológicos sólo han sido posibles con la ayuda del diseño asistido por ordenador.

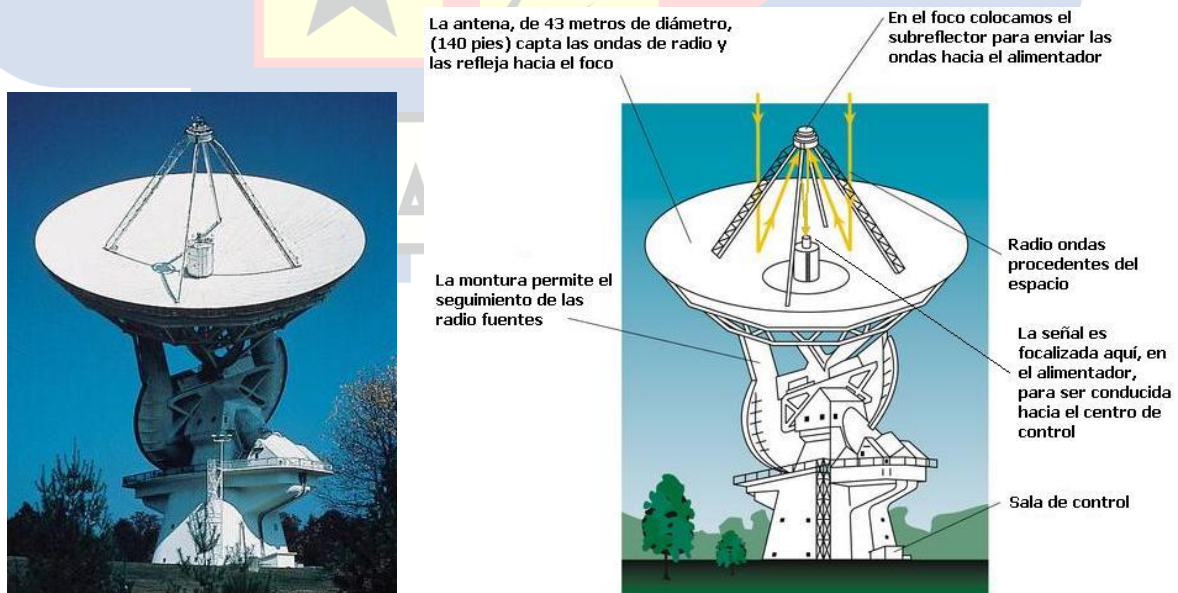
Algunos radiotelescopios, particularmente aquellos diseñados para operar en el rango milimétrico y submilimétrico, se colocan dentro de cúpulas protectoras, que anulan los efectos del viento y de las diferencias térmicas. Esto no puede hacerse en los grandes radiotelescopios.

El coste de construcción de una gran antena puede ser reducido fijando la estructura al suelo y moviendo el alimentador o el subreflector para dirigir el haz de recepción, aunque sólo con unos pocos grados de amplitud para evitar introducir aberraciones en la señal.

Para el caso de longitudes de onda relativamente largas, donde la superficie reflectora tiene un margen de precisión de unos pocos centímetros, resulta práctico construir grandes estructuras en las cuales la superficie reflectora puede ser una simple estructura formada por varillas metálicas en lugar de ser una superficie continua, reduciendo de esta manera el peso total de la antena, y permitiendo aumentar su tamaño.

### Disposición de elementos

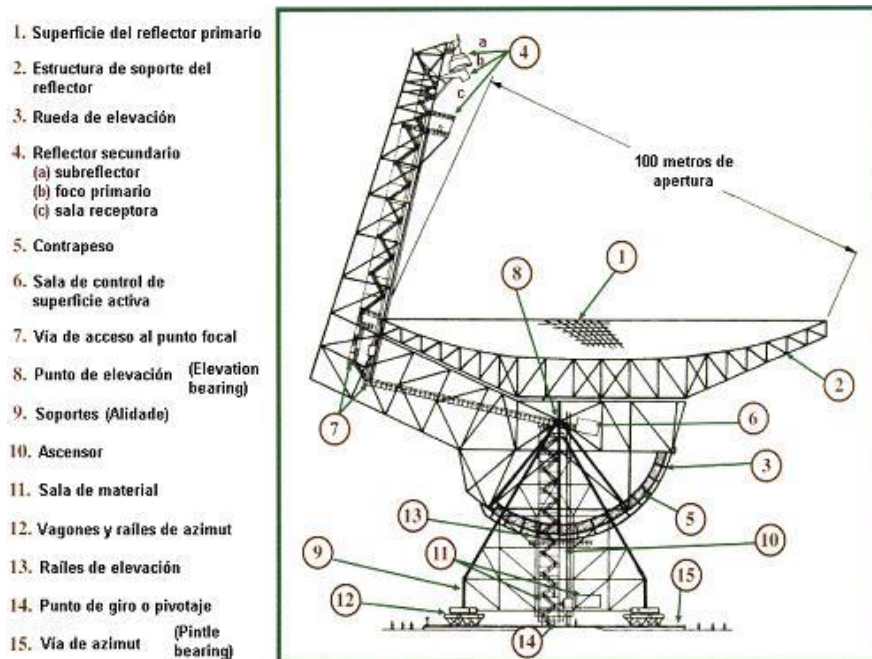
En los radiotelescopios más simples, el receptor se coloca directamente en el foco de la antena parabólica y la señal detectada se lleva por cable hasta un registrador en donde se puede analizar. Sin embargo, en este tipo de configuración es difícil acceder a la instrumentación para su mantenimiento y reparación, y razones de peso limitan el tamaño y el número de receptores individuales que se pueden instalar en el foco.



Disposición de elementos en el radiotelescopio de 43 m (140 ft), en Green Bank (EEUU)

En los radiotelescopios más grandes, en los que hay receptores para varias bandas, la disposición más usada es la denominada Cassegrain. En esta disposición, en el lugar del foco primario se sitúa el reflector secundario o subreflector, que tiene forma de hiperboloide de revolución. Este subreflector vuelve a reflejar las ondas enviándolas hacia el alimentador o cono receptor, situado en la base de la superficie reflectora parabólica. De este modo se facilita el acceso a la

instrumentación del receptor para su mantenimiento, y se permite un tamaño y peso mayores por estar en un punto más estable. Los radiotelescopios con subreflector tienen la ventaja de permitir reconfigurar el conjunto con el fin de mejorar la ganancia total.



Disposición de elementos en el radiotelescopio GBT, en Green Bank (EEUU)

## Sensibilidad

La sensibilidad del radiotelescopio, esto es, la habilidad para detectar radiofuentes débiles depende:

- Del área y la eficiencia de la antena.
- De la sensibilidad del receptor empleado para amplificar y detectar la señal.
- De la duración de la observación.

La superficie colectora de un radiotelescopio suele tener forma de paraboloide de revolución. Esta superficie actúa como un espejo, de forma que las ondas planas que le llegan de la radiofuente se reflejan en ella y son enviadas hacia el denominado foco primario. La forma paraboloide de la superficie colectora permite filtrar interferencias procedentes de otras fuentes a las que no se está apuntando, ya que las ondas que no incidan frontalmente contra dicha superficie no serán reflejadas hacia el foco primario. En el foco primario se coloca el receptor, denominado alimentador. En un radiotelescopio, el alimentador es una guía de ondas en forma de trompeta (*feed horn*) que está conectado a un receptor de radio muy sensible. El receptor de radio, denominado radiómetro, tiene una importancia capital pues determina la relación señal-ruido. Se usan receptores con amplificadores de bajo ruido enfriados criogénicamente para minimizar el ruido.

Debido a que algunas fuentes astronómicas son extremadamente débiles, los radiotelescopios tienen antenas muy grandes y emplean receptores muy sensibles.

Las débiles fuentes astronómicas son fácilmente enmascaradas por las interferencias terrestres, por lo que los radiotelescopios deben protegerse de las interferencias producidas por el hombre. Para hacernos una idea de lo increíblemente débiles que son las señales recibidas basta señalar que la energía recogida por todos los radiotelescopios del mundo, más de 80, a lo largo de los últimos 50 años es menor que la energía liberada por una gota de lluvia al chocar contra el suelo.

Las observaciones suelen durar varias horas y se emplean sofisticadas técnicas de procesamiento

de señales para detectar sólo las astronómicas, que son un millón de veces más débiles que el propio ruido generado en el receptor. Los cálculos necesarios para reducir los datos a información científicamente útil se realizan con potentes ordenadores.

En esta actividad presentamos a los alumnos dos cuestionarios:

- Uno con imágenes de radiotelescopios para que indiquen la montura de cada uno y la disposición de los elementos (simple o cassegrain).
- Otro con un diagrama de un radiotelescopio para que señalen todos los elementos que conozcan, y para que expliquen su funcionamiento.

---

## A4 Actividad multimedia

¿Cómo funciona un telescopio?

*Visionado de una presentación PowerPoint sobre el tratamiento de la señal recibida por un radiotelescopio.*

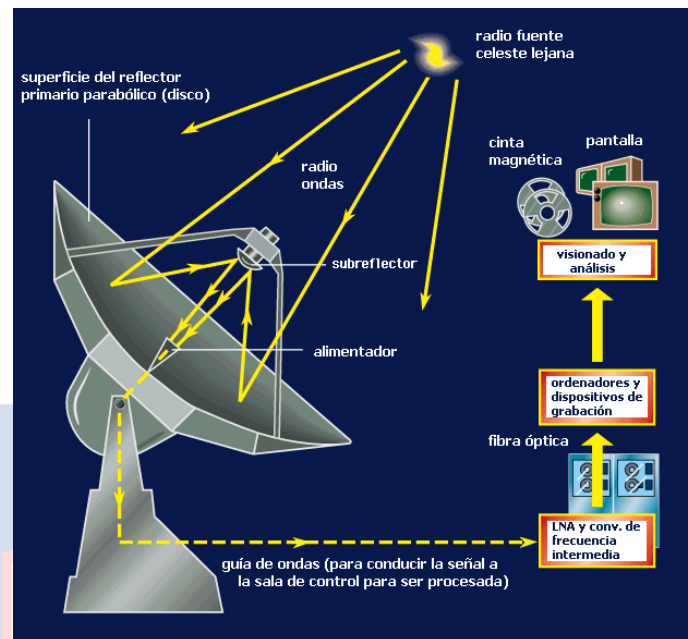
---

La radiación es recogida por la parábola de la antena y enviada hacia el subreflector. Desde ahí, se refleja hacia un punto en la parábola de la antena, donde se encuentra el alimentador (*feed horn*, en inglés). Allí la frecuencia se selecciona mediante filtros, y se envía la señal resultante, a través de una guía de ondas y, previo paso por el amplificador de bajo ruido (*LNA Low Noise Amplifier*, en inglés), hacia un convertidor de frecuencia intermedia. Desde allí, la señal es conducida por medio de fibra óptica hacia el centro de procesado de datos.

Las señales de alta frecuencia, como las que se reciben en un radiotelescopio, se atenúan muy rápidamente al transmitir las por un cable, por lo que si se trabajase a estas frecuencias todo el sistema receptor sufriría grandes inestabilidades. Para transmitir una señal con una pérdida mínima, es conveniente bajarle la frecuencia. Esto se hace utilizando un conversor de frecuencia intermedia, que en realidad es un mezclador que combina la señal original recibida en la antena con otra señal artificial y monocromática, es decir de frecuencia fija, proporcionada por un oscilador local. Esta mezcla tiene como consecuencia el cambio en la frecuencia de la emisión recibida del cielo que nos interesa, y la obtención de dos señales: una cuya frecuencia es la suma de la original más la del oscilador local y otra cuya frecuencia es la resta (en valor absoluto) de las mismas. Esta última señal, llamada de frecuencia intermedia es la que se utiliza para ser propagada por los cables con las mínimas pérdidas, ya que proporciona exactamente la misma información que la señal inicial y es más fácil de transmitir.

Lo habitual es bajar la señal recibida (inicialmente de más de 1 GHz de frecuencia) a varias decenas de MHz. Veamos un ejemplo de esto con números. Supongamos que queremos estudiar la emisión en radio de una galaxia en 2 GHz y que nuestro sistema está preparado para procesar señales de 300 MHz después del conversor de frecuencia intermedia. En este caso, para que la señal astronómica que nos interesa baje a 300 MHz, tendremos que usar un oscilador local que nos proporcione una señal de 2300 o de 1700 MHz. En ambos casos, la frecuencia intermedia (original - oscilador local) será de 300 MHz. Supongamos entonces que elegimos un oscilador local de 1700 MHz. La señal de 2 GHz que nos interesa también saldrá del conversor a 3700 MHz (original + oscilador local), pero al ser una frecuencia superior a la original, sufrirá aún más problemas de pérdidas, así que no nos resultará muy útil. También hay que tener en cuenta que usando un oscilador local a 1700 MHz, no sólo bajamos a 300 MHz la radiación que la galaxia observada emite en 2 GHz, sino también la que emite en 1,4 GHz (la diferencia 1700 MHz - 1400 MHz es también de 300 MHz). A menos que filtremos la señal de 1,4 GHz antes de llegar al conversor de frecuencia, las señales originales de 1,4 y de 2 GHz las tendremos superpuestas tras el conversor. Si hacemos este filtrado previo tendremos un sistema receptor de banda simple, que es lo más habitual. Si no filtramos, tendremos un sistema receptor de banda doble, y estaremos procesando

simultáneamente la emisión de dos frecuencias diferentes. La señal obtenida con la nueva frecuencia intermedia es amplificada de nuevo y enviada a un medidor de potencias o a un espectrómetro para su análisis. Un medidor de potencia simplemente cuantifica la energía recibida por unidad de tiempo en el intervalo de frecuencias determinado por nuestros filtros. Es el tipo de sistema de medida que utilizaríamos para medir radiación continua, ya que esta emisión no cambia mucho en una anchura de banda (intervalo de frecuencias) relativamente estrecha. Cuanto mayor sea la anchura de banda, más cantidad de energía estaremos recibiendo y, por tanto, la señal recibida será de más calidad, es decir, menos ruidosa.



Traducido de [abyss.uoregon.edu/~js/images/radio\\_telescope.gif](http://abyss.uoregon.edu/~js/images/radio_telescope.gif)

Pero si ampliamos demasiado la anchura de banda (por ejemplo, más allá de 1 GHz), puede que las variaciones de emisión de nuestra fuente dentro de la banda observada empiecen a ser importantes. En PARTNeR utilizamos medidores de potencia. Un espectrómetro puede realizar un análisis de cómo varía la emisión en función de la frecuencia dentro del intervalo de frecuencias que estemos observando. Este tipo de equipos es útil para observar líneas de emisión, que sólo emiten en una zona de frecuencias muy estrecha. En PARTNeR no disponemos de espectrómetros.

Los radiotelescopios son usados para medir tanto el continuo de ancho de banda como características espectroscópicas debido a líneas atómicas y moleculares encontradas en la parte radio del espectro electromagnético. En los primeros radiotelescopios, las observaciones espectroscópicas eran hechas sintonizando un receptor a lo largo de un rango de frecuencias. Este procedimiento consumía mucho tiempo y restringía las observaciones. Los radiotelescopios modernos funcionan en un gran número de frecuencias simultáneamente, gracias a dividir las señales en miles de canales de frecuencias separadas, que cubren un ancho de banda de decenas o centenas de Mhz.

El tipo más sencillo de radio espectrómetro emplea un gran número de filtros (cada uno de ellos sintonizado a una frecuencia y seguido por un detector separado), para producir un receptor multifrecuencia. Si el receptor es de banda ancha y se pretende detectar señales débiles, la salida del receptor es promediada sobre períodos de varias horas, para así reducir el efecto del ruido generado por el propio receptor.

Todo esto se muestra en una presentación PowerPoint que muestra el tratamiento que se da a la señal desde que es recibida por un radiotelescopio hasta que ésta es enviada mediante fibra óptica al centro de procesamiento de datos.

## A5 Actividad de lápiz y papel

### Creación de un mapa conceptual.

Ya hemos comentado anteriormente lo que son los mapas o diagramas conceptuales. Por ello, en este momento simplemente recordamos algunos aspectos importantes, como que, desde el punto de vista descriptivo, un mapa conceptual está formado por una serie de conceptos escritos en un papel, unidos mediante líneas. Cada una de estas líneas representa una relación entre los conceptos situados en sus extremos.

Asimismo, la característica más significativa de un mapa conceptual como técnica gráfica es la importancia que en ellos tienen las líneas de unión entre los conceptos. En otras técnicas diagramáticas las líneas de unión son un nexo entre bloques de información sin un significado especial, tan sólo indican el paso de un bloque de información a otro. En el caso de los mapas conceptuales la línea de unión tiene un significado preciso, y constituye una proposición con los conceptos extremos. La distribución espacial de los conceptos que forman el diagrama debe corresponderse con la relación de significado entre los mismos. Así, los conceptos más relevantes deben ocupar posiciones preferentes y deben ser resaltados convenientemente.

Recordar también que existen dos tendencias para construir los mapas, una denominada piramidal y la otra central. En la primera el concepto que se considera más importante se sitúa en la parte superior y, a partir de él, se van colocando los demás en niveles cada vez más bajos. A medida que descendemos por el diagrama los conceptos son menos importantes. La otra tendencia concede una posición central al concepto más relevante y a partir de él se ramifica en todas direcciones, dando al conjunto un aspecto estrellado.

En una primera aproximación, los conceptos pueden encerrarse en recuadros unidos mediante líneas, pero en ese caso una línea que une dos conceptos puede significar cosas distintas para personas distintas, por lo que el mapa pierde su utilidad como técnica para representar la estructura cognitiva. Es recomendable etiquetar las líneas de unión entre conceptos para conseguir así un mayor poder explicativo del mapa. Lo más usual es que la etiqueta sea un verbo con un significado claro (tiene, da lugar a, se compone de, etc.). Además de la etiqueta, es necesario añadir una flecha a cada una de las líneas del diagrama para indicar el sentido en que se establece la relación. Si el mapa es lo suficientemente complejo, se pueden añadir comentarios breves al pie de los conceptos y relaciones más relevantes.

Las pautas para crear un mapa conceptual son:

- Partiendo del material disponible, seleccionamos los conceptos más importantes, es decir, aquellos conceptos necesarios para entender el significado del texto. Hacemos una lista con estos conceptos.
- Identificamos cuál de ellos es el concepto más importante, o sea, cuál es la idea más general del texto.
- Colocamos el concepto más importante al principio de una lista ordenada de conceptos y vamos disponiendo en ella los restantes conceptos de la lista inicial hasta que todos los conceptos queden ordenados de mayor a menor generalidad.
- Una vez que se ha llegado a este punto, se puede empezar a elaborar un mapa conceptual empleando la lista ordenada como guía para construir la jerarquía conceptual.
- Buscamos a continuación relaciones cruzadas entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte de la *pirámide* o *estrella* conceptual.
- La mayor parte de las veces, en los primeros intentos, los mapas tienen una mala simetría o presentan grupos de conceptos con una localización deficiente con respecto a otros conceptos o grupos de conceptos con los que están estrechamente relacionados. Muchas veces hay que rehacer los mapas para clarificar los conceptos y sus relaciones.

En esta actividad, presentamos a los alumnos una lista desordenada de conceptos y les pedimos

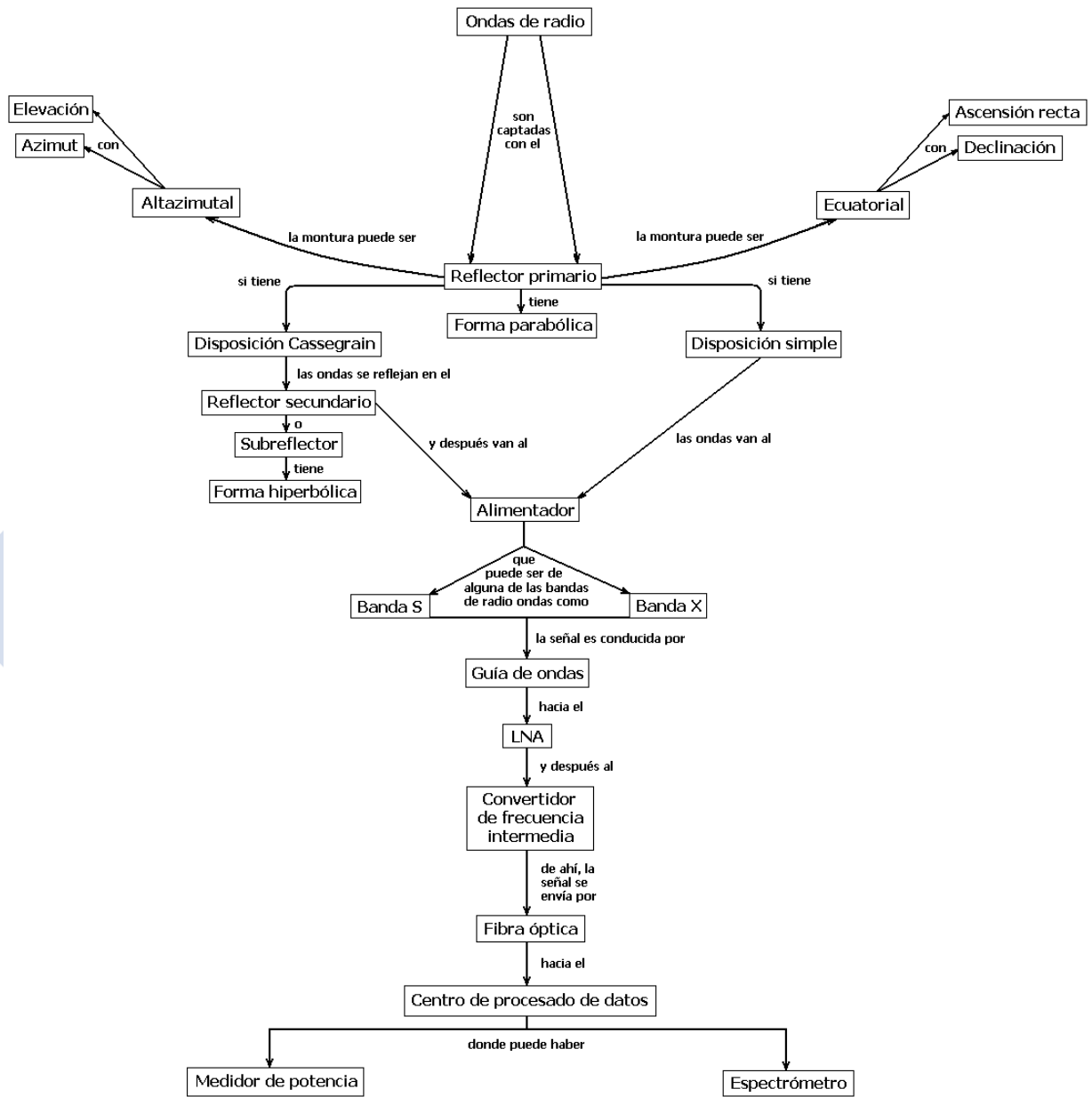
que la usen para crear el esquema conceptual del tema, en esta caso radiotelescopios:

disposición cassegrain	medidor de potencia	reflector primario	forma parabólica
LNA	subreflector	declinación	azimut
guía de ondas	elevación	disposición simple	espectrómetro
alimentador	ecuatorial	banda S	ascensión recta
altazimutal	forma hiperbólica	convertidor de frecuencia intermedia	reflector secundario
fibra óptica	ondas de radio	centro de procesado de datos	banda X

Después de que los alumnos hayan realizado sus esquemas, se presenta a los alumnos un esquema realizado por nosotros para que puedan comparar las diferentes relaciones entre conceptos y así clarificar los conceptos que hayan quedado poco claros. Es posible que haya más de un esquema correcto desde el punto de vista conceptual, aunque las relaciones sean ligeramente diferentes. La cuestión importante que debe quedar clara a los alumnos es que *existen muchas posibilidades de realización del esquema y no hay una estructura obligatoria*. A continuación se muestra un posible esquema conceptual.



PARTN\_eR



# Actividades de refuerzo

## A6 Construcción de aparatos sencillos

### *Construcción de una maqueta, a escala, de un radiotelescopio.*

En esta actividad se propone a los alumnos la construcción a escala de un radiotelescopio.

El primer paso es buscar toda la información necesaria para hacerse una idea de cómo son las antenas, su forma, dimensiones y movimientos.

A continuación, se debe elegir la escala a la que se va a realizar la construcción y los materiales que se van a usar. Esta elección debe hacerse en función del grado de implicación y de pericia de los alumnos. Es aconsejable recurrir a materiales sencillos y también a material de reciclado: papel, cartón, cartulina, tapones de todo tipo, envases de plástico y cosas por el estilo; para que la actividad se pueda desarrollar sin problemas en el aula. Si se puede disponer del aula-taller de Tecnología, entonces se pueden realizar las antenas con otros materiales, como cartón-pluma, madera o alambre.

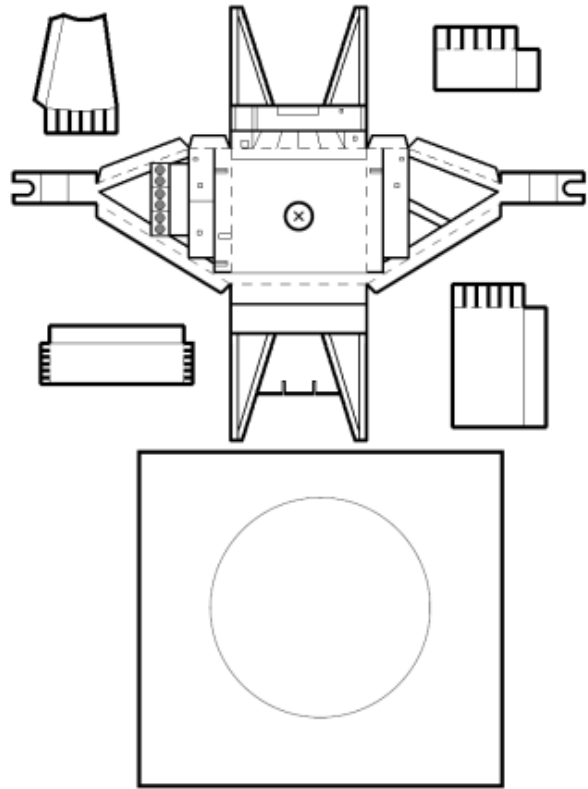
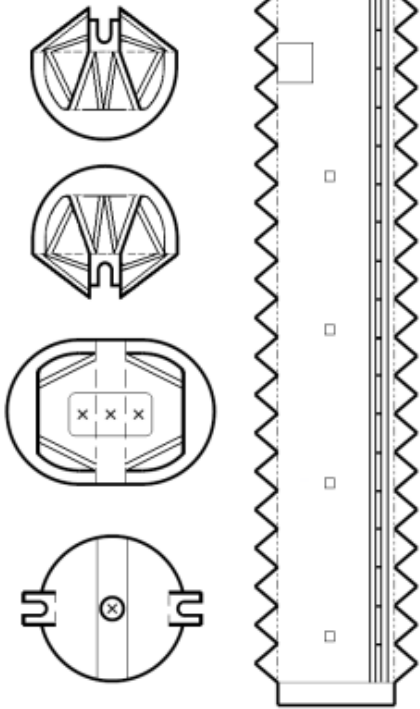
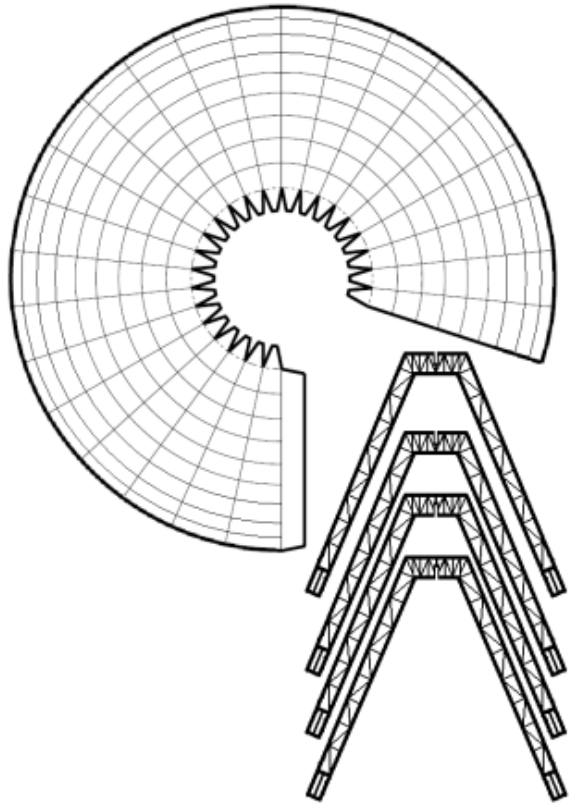
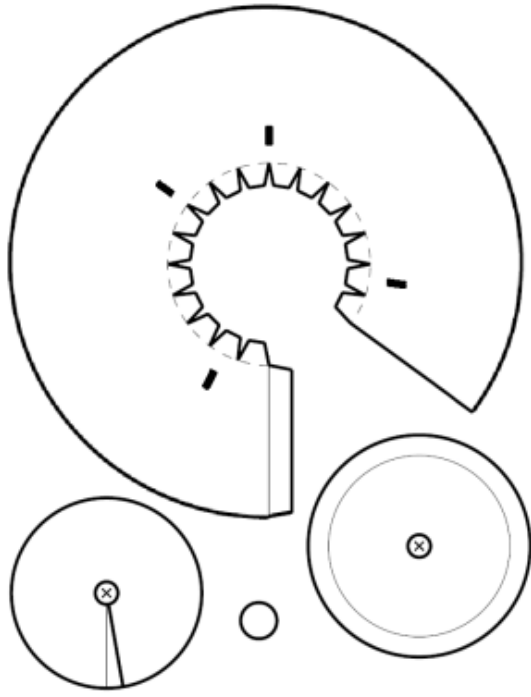
En este caso, presentamos un par de posibilidades, ambas a realizar en papel o cartulina: una de las maquetas corresponde a la antena de 70 metros de diámetro que se encuentra en el Complejo Espacial de Comunicaciones de la NASA (MDSCC, *Madrid Deep Space Communications Complex*) en Robledo de Chavela (Madrid) y la segunda corresponde a otra de las antenas del mismo complejo, la DSS-55, de 34 metros de diámetro, que puede obtenerse en la página web:

<http://deepspace.jpl.nasa.gov/dsn/educ/model.html>

Es interesante recalcar a los alumnos las dificultades tecnológicas que aparecen en la construcción de estos aparatos y los estudios estructurales que deben realizarse para asegurar su plena operatividad.

Las piezas que forman la maqueta de la antena de 70 metros de diámetro se muestran en la siguiente figura:

PARTN<sub>e</sub>R



---

## A7 Actividad experimental sencilla

*Usar una montura de horquilla para pasar de altazimutal a ecuatorial.*

---

Esta actividad sirve para mostrar la diferencia entre los dos tipos de montura, ecuatorial y altazimutal, usando para ello una sencilla horquilla. Basta orientar convenientemente la horquilla para tener rápidamente una montura altazimutal (si apoyamos la horquilla en un plano horizontal) o una ecuatorial (si la apoyamos sobre un plano que forma un ángulo igual a la latitud del lugar).

El mayor atractivo consiste en pedir a los alumnos que construyan, preferentemente con material de reciclado, una pequeña réplica a escala de una horquilla como las de las monturas que han visto en actividades anteriores, y que luego construyan dos plataformas sobre las que colocar la horquilla para conseguir ambos tipos de monturas.

---

## A8 Actividad experimental sencilla

*Captar ondas de radiofrecuencia procedentes de Júpiter.*

---

Júpiter emite ondas de radio en varias frecuencias. No está clara su procedencia, pero parece ser que tienen que ver con su campo magnético y también con su luna Ío. Una emisión es en la banda de frecuencias de 18 a 22 Mhz, con un máximo en 21 Mhz. Estos valores están dentro de la capacidad de bastantes receptores de radio caseros. Dichos aparatos deben tener onda corta (SW) y su dial debe llegar a esos valores.

Las emisiones de Júpiter no son continuas. Tiene tres chorros más o menos equidistantes que giran con el planeta cada diez horas. Además, esos chorros a veces están activos y a veces no, por lo que es posible que en un primer intento no consigamos captar nada. Al igual que en otros aspectos de la vida, también en Astronomía la paciencia es una virtud.

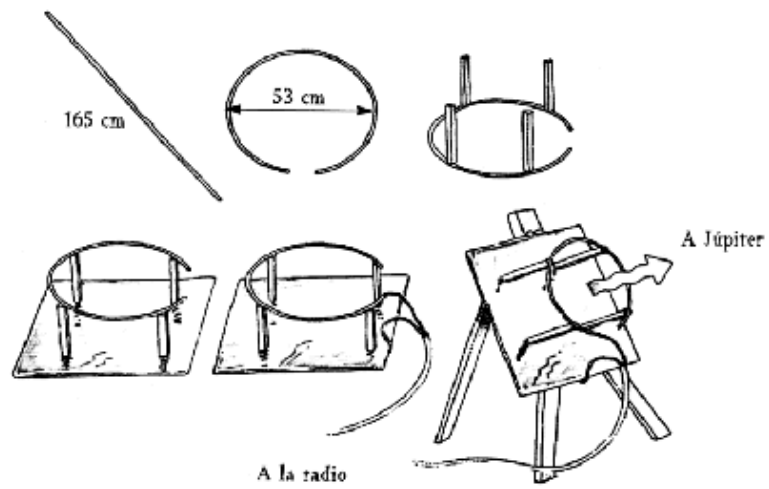
Sintoniza la radio en algún punto de esa banda en que no haya mucho ruido de fondo, y espera. Las emisiones suenan como olas de mar en una playa, que llegaran con una frecuencia de unas tres por segundo aproximadamente. Su intensidad crece hasta un máximo que dura algunos minutos (o segundos a veces), y después decae. La experiencia dice que si estás 20 minutos a la escucha, tienes 1 probabilidad entre 6 de oírlas. Como es lógico, Júpiter debe estar en el cielo, aunque no le interfieren las nubes.

La propia antena de la radio es adecuada, aunque es omnidireccional y captará ondas que procedan de todas las direcciones. Si se quiere mejorar la escucha, y además asegurar que procede de Júpiter, hay que construirse una antena direccional que sustituya a la normal. Necesitas los siguientes materiales:

- Radio doméstica que tenga onda corta (SW), con dial que llegue hasta 18-22 Mhz.
- 165 cm de alambre de cobre rígido.
- Cuatro palos de madera de unos 30 cm de longitud.
- Una plancha de madera de 60x60 cm.
- Papel de aluminio.
- Cable coaxial (como el que se usa en las antenas de TV).

Se hace de la siguiente forma: con los 165 cm de alambre de cobre, haz una circunferencia de 53 cm de radio, sin cerrarla. Sujétala a cuatro palos de 30 cm de longitud. Forra una madera de 60 x 60 cm con papel de aluminio, sólo por una cara. Clava en ella la circunferencia de cobre. Coge un cable coaxial de antena y conecta el cable interior a la circunferencia de cobre, y la malla exterior al

aluminio. El otro extremo conéctalo a la antena de la radio. Por último, dirige la antena hacia Júpiter.



Fuente: Ricardo Moreno en la sección Taller de Astronomía en <http://www.apea.es>.

PARTN<sub>e</sub>R

# Actividades de ampliación

---

## A9 Actividad multimedia

### *Censo mundial de radiotelescopios.*

---

En esta actividad los alumnos deben usar Internet. La idea es realizar el censo de todos los radiotelescopios que hay en el mundo. La información que deben recopilar es:

- ❑ Lugar donde se encuentra el radiotelescopio.
- ❑ Diámetro de la antena.
- ❑ Frecuencia y longitud de onda de trabajo.
- ❑ Imagen, si es posible.

Puede ser interesante que busquen la información en los sitios web de los observatorios donde se hallan los radiotelescopios. Como ayuda, pueden buscar sitios web que presentan censos parciales, como los siguientes:

[http://www.nas.edu/bpa1/NonUS\\_Radio\\_Astronomy\\_Observatories.htm](http://www.nas.edu/bpa1/NonUS_Radio_Astronomy_Observatories.htm)

[http://www.nas.edu/bpa1/US\\_Radio\\_Astronomy\\_Observatories.htm](http://www.nas.edu/bpa1/US_Radio_Astronomy_Observatories.htm)

En ellos aparece un listado bastante amplio de radiotelescopios, tanto fuera como dentro de los EE.UU. Se puede proponer a los alumnos que rellenen una plantilla por escrito con los datos pedidos, o también que realicen una presentación PowerPoint donde organicen toda la información de una manera mucho más atractiva, sobre todo visualmente.

---

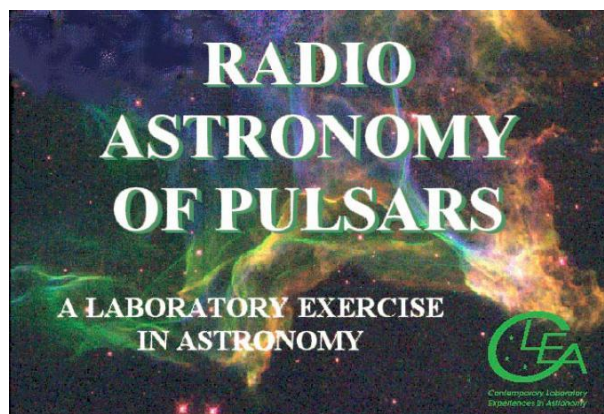
## A10 Uso de programas que permitan desarrollar experiencias sencillas

### *Programa de radioastronomía con púlsares de CLEA.*

---

Este interesante software plantea el uso virtual de un radiotelescopio para la observación de púlsares y la medición de su periodo de rotación. El programa se denomina PlsrLab.exe y pertenece a una familia de programas que componen un completo laboratorio astrofísico virtual. Es muy interesante aunque bastante avanzado. Se puede encontrar una traducción de las instrucciones en:

<http://mural.uv.es/papediaz/math/Pr%E1ctica%201.doc>



La práctica planteada en este documento es de nivel universitario y en ella se estudia, además, uno de los modos que existen para calcular las distancias a las que se encuentran los púlsares y también sus edades relativas.

Como ampliación a la práctica se propone también investigar un poco el propio funcionamiento del radiotelescopio, calculando la anchura del haz y si éste actúa dentro de los límites de difracción.

---

## A11 Construcción de aparatos sencillos

*Robótica: implementar un programa de control de antena que permita apuntarla para observación y seguimiento de radiofuentes.*

---

Esta actividad se plantea como un proyecto a desarrollar dentro del campo de la robótica. El objetivo es programar un conjunto de mecanismos que actúen del mismo modo que lo haría un control de antena, permitiendo moverla para apuntar a una fuente y para realizar un seguimiento de la misma. La montura ecuatorial es más sencilla de programar en lo que respecta al seguimiento de las fuentes ya que, una vez fijada la declinación, sólo se debe hacer variar la ascensión recta a un ritmo constante de  $0,004^\circ$  por segundo (es decir,  $360^\circ/86400s$ ); pero es más compleja de construir, al tener que colocarla siguiendo el eje polar. La montura altazimutal es más sencilla de construir, ya que hay que disponerla simplemente siguiendo dos ejes, uno vertical y otro horizontal; mientras que la programación para realizar el seguimiento de las fuentes es bastante más compleja que en el caso anterior, ya que durante el mismo la antena debe moverse a la vez a lo largo de ambos ejes, elevación y azimut, para mantener enfocada la fuente.

Este proyecto puede adquirir una gran envergadura con la construcción final de un mecanismo a escala que incluya los engranajes para los ejes móviles y sus motores asociados (con velocidades de giro controladas por reductoras), y con el desarrollo de un completo programa de control que permita la operatividad total del modelo construido, como si fuera un radiotelescopio de verdad.

En este caso, además, la construcción debe hacerse con materiales más robustos que el papel, cartón y cartulina, debiendo recurrir al uso de madera, plástico y metal, lo que hace indispensable el uso del aula-taller de Tecnología y de las herramientas que allí se encuentran para la construcción del dispositivo.

PARTN<sub>e</sub>R