

## Raya del Hidrogeno neutro Hn en 1420.4 MHz y desplazamiento Doppler

Mediciones en Madrid en EL = 70° , DEC +20°

Normalmente, para las medidas de la actividad del Sol en radiofrecuencia, a la frecuencia de 1420 MHz, pero en el continuo banda ancha, utilizo un radiómetro formado por una antena parabólica de 223 Cm de diámetro, con un iluminador de los llamados de TIN CAN, o de bote de conservas, llamado así por utilizarse un bote de conservas de 15 Cm de diámetro para su construcción. Conectado directamente al iluminador está un previo de bajo ruido, con una temperatura de ruido de unos 50K.

La temperatura total de ruido del sistema, está más bien en unos 110K, en gran parte por el ruido captado por los lóbulos laterales de la antena, tanto del suelo como de edificaciones y arbolado próximo a la antena, aparte de la aportación del resto del equipo.

Este conjunto de captación de señal, se enlaza con el bloque de mezclador, o cambiador de frecuencia, mediante unos 40 metros de cable coaxial de bajas pérdidas.

El bloque mezclador, consiste en un previo de bajo ruido con unos 70K de temperatura de ruido, de un filtro interdigital de cuatro resonadores sintonizado a 1420 MHz y banda pasante de unos 20 MHz, seguido de un segundo amplificador sintonizado a esa misma frecuencia y del propio bloque mezclador con un oscilador local controlado por un resonador de cuarzo, para conseguir una alta estabilidad, con una salida de frecuencia intermedia FI de 145 MHz.

La salida del mezclador, frecuencia intermedia FI de 145 MHz, se conecta al amplificador de FI, sintonizado a 145 MHz y con una anchura de banda de 20 MHz, a la salida de este conectamos un detector cuadrático formado a partir de un diodo de germanio.

Este tipo de radiómetro con una anchura de banda bastante ancha tiene bastantes ventajas para realizar medidas en el continuo de la radiación pues la captación de potencia es mayor lo que puede proporcionar más sensibilidad, sin embargo actualmente y con la proliferación de servicios en bandas próximas, también tiene la desventaja de ser mucho más fácilmente afectado por las interferencias, interferencias que realmente parece que aumentan de año en año.

Recientemente modifique el receptor colocando un divisor de potencia resistivo a la salida de FI de 145 MHz, con dos salidas desacopladas, de este modo puedo utilizar un segundo receptor en la segunda salida de FI, sin perturbar las medidas realizadas en la primera salida de FI. En esta segunda salida puedo conectar un receptor del tipo SDR,

o receptor definido por software, por ejemplo un Funcube Pro+, un TDT RTL USB Dongle, un RSP2 de SDRplay, o cualquier otro tipo de receptor.

De los anteriores, el mejor como receptor es el RSP2, seguido por el Funcube Pro+ y el peor el TDT RTL USB Dongle, pero este último tiene la gran ventaja de que su precio está por debajo de los 30 € e incluso pueden conseguirse por menos de 20 €, mientras que los otros dos están en el orden de los 200€.

El RSP2 tiene, al menos en mi caso y para aplicaciones de medida un problema que de momento me ha sido imposible eliminar del todo. Dispone de dos controles de ganancia automáticos que no consigo desactivarlos totalmente, uno por Hard y el otro por Soft, de modo que me produce cambios inesperados de la salida que me desvirtúan la calibración, por lo demás, tanto su figura de ruido como su convertidor ADC es superior al de los otros dos.

Todos estos receptores SDR se controlan desde alguno de los programas adecuados a este fin. Normalmente utilizo el SDR# y el HSDR, ambos gratuitos, desde ellos se controla la frecuencia, el modo de recepción y el resto de parámetros configurables en cada caso. Como registrador de la toma de datos utilizo el programa de Radio SKY, SKYPIPE II. La versión gratuita de este programa es suficiente en la mayor parte de los casos, aunque puede registrarse por menos de 40€ y se amplían sus posibilidades.

La señal de entrada al SKY PIPE II puede proceder de varias fuentes configurables, pero normalmente basta con tomar su entrada de la salida de audio del propio receptor SDR. Esto puede hacerse, bien con un cable virtual, o simplemente conectando la salida de auriculares a la entrada audio, configurada como entrada de línea, o en muchos casos solo puede hacerse como configurada como entrada de micro. Es muy importante tener en cuenta que la entrada de micro suele proporcionar tensión de alimentación para micrófonos de electret y que si la conectamos directamente a la salida de auriculares podemos tener problemas, por lo que es conveniente medir primero con un polímetro y si es el caso, instalar un condensador de bloqueo entre la salida y la entrada de audio antes de proceder a conectarlas juntas.

También debemos tener en cuenta que la entrada de micro puede ser demasiado sensible y saturarse con señales fuertes, por lo que en este caso debemos desactivar los previos interiores, o incluso conectar un atenuador externo. Lo mejor es realizar una calibración previa con las señales esperadas para ver si la linealidad es la adecuada.

Otro programa muy interesante es el SPECTRUM LAB, que también puede utilizarse como registrador, configurándole adecuadamente, sin dejar por ello de su función como analizador de audio.

Con estos antecedentes realice una serie de pruebas conectando el TDT RTL USB Dongle en la segunda salida de FI del radiómetro, intercalando además un atenuador de unos 7 dB para desacoplar más las dos salidas de FI, aunque la figura de ruido de este segundo receptor también queda determinada por los previos de bajo ruido y por el mezclador, ya que disponen de ganancia suficiente para que el ruido de la antena y el primer LNA predominen tanto en el receptor de banda ancha como en este segundo receptor configurado como USB y BW de 10 KHz.

Las frecuencias de este segundo receptor estaban preparadas para estudiar la raya del Hn y sus desplazamientos Doppler al paso del haz de la antena por los dos brazos del plano galáctico.

La antena que apuntaba al mediodía y a una elevación de uno 70º, en realidad como las pruebas duraron varios días, la antena siguió la elevación del Sol en esos días, variando su elevación entre unos 68º y 71º que es, más, o menos, la altura del paso del Sol durante los días en que realice las medidas, mes de mayo.

La radiación del Sol, que aparece en todos los barridos, no es del Hn sino radiación del continuo, principalmente ruido térmico. Como la AR del sol aumenta cada día en unos 4 minutos y no todas las frecuencias se exploraron en días contiguos, más bien en un intervalo de 15 días, el pico solar puede aparecer algo desplazado de un día para otro.

La frecuencia de la raya del Hn en reposo, 1420.4 MHz, a la salida del mezclados se traslada a la frecuencia de 144.3736 MHz, por lo que realice una serie de barridos de unas 23 horas de duración, 11 en total y cada uno a una frecuencia próxima a los 144.380 MHz, separados entre sí por 50 KHz.

Estas frecuencias fueron las siguientes.

144.080 MHz, 144.130 MHz, 144.180 MHz, 144.230 MHz, 144.280 MHz, 144.330 MHz, 144.380 (la más próxima a la del Hn en reposo), 144.480 MHz, 144.530 MHz, 144.580 MHz y 144.630 MHz.

Me fallo una frecuencia, la de 144.430 MHz, ya que el ordenador utilizado, un portátil con más de 10 años, conectado 24 horas al día, durante varios días seguidos, se colgó, o reinicio en alguno de los días en que la temperatura ambiente se elevó bastante y perdí esos datos.

En cada registro almacenaba una medida cada 10 segundos, posteriormente edite los once ficheros para que sus registros comenzaran a la misma ascensión recta, a la AR= 12H y también los ajuste para que fueran todos de igual longitud. Utilizando MATLAB con los 11 ficheros forme una única matriz de once columnas en la que filtre cada columna y posteriormente diezme para formar la figura en tres dimensiones, Figuras Nº1 y Figura Nº2, en realidad estas dos figuras proceden de un mismo gráfico con dos

vistas rotadas de forma diferente, para que se visualice mejor la amplitud y posición de las señales del Hn.

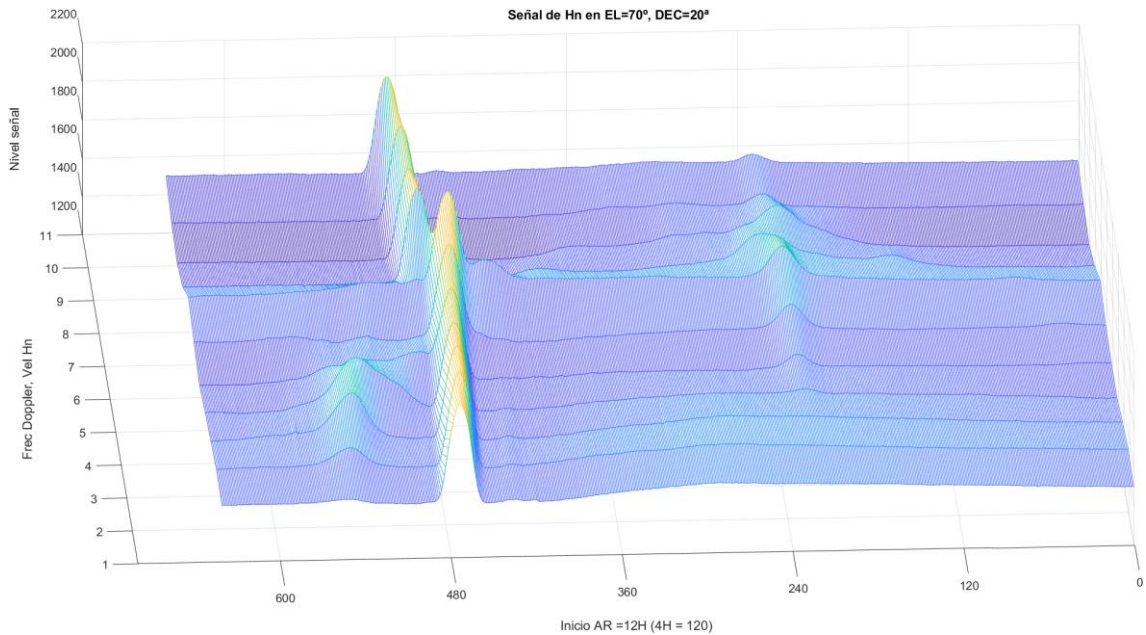


Figura Nº 1

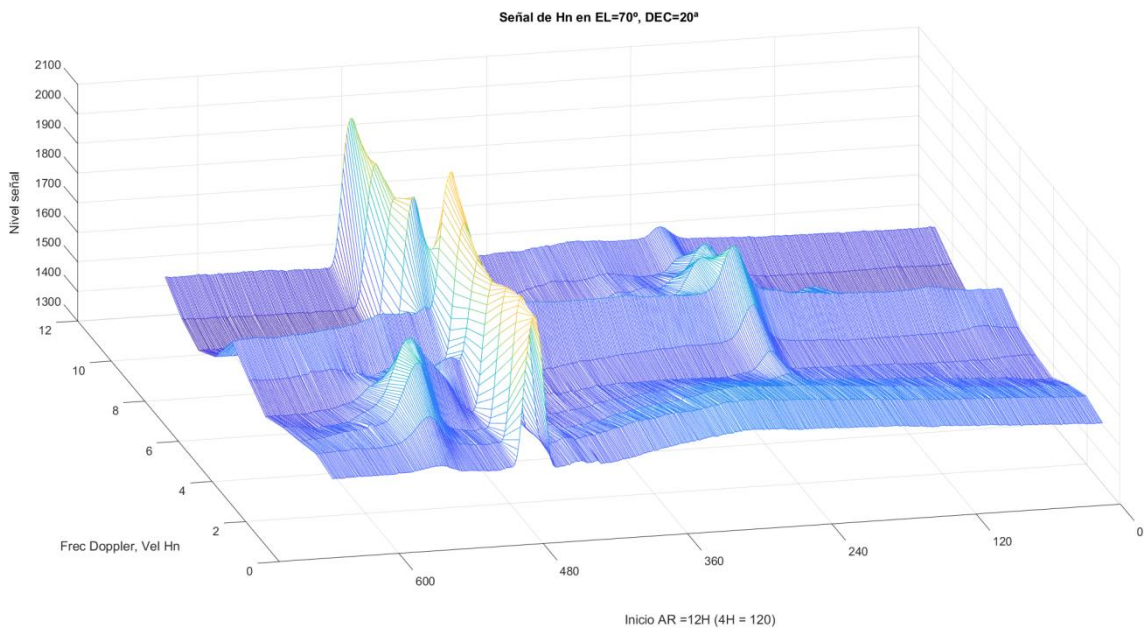


Figura Nº 2

En ambas figuras, se aprecia como aumenta la señal del Hn al paso por los dos brazos del plano galáctico y como al paso por la zona de la AR= 20H el Hn está principalmente en reposo como se desprende por estar la frecuencia del pico de la raya justo en la frecuencia de reposo, mientras que al paso por la zona de la AR=6H el Hn se aleja como se desprende por estar el pico de la raya del Hn por debajo de la frecuencia de

reposito. En todo caso le forma del pico se asemeja a una campana de frecuencias y los 50 KHz de salto hacen que el muestreo de frecuencias sea algo basto.

La velocidad de alejamiento calculada a partir de estos datos, es aproximadamente de unos 32 Km por segundo.

### **Datos complementarios.**

Las pruebas se realizaron entre el 12 y el 27 de mayo 2020, con un radiómetro, cuya antena es una parabólica de 223 Cm de diámetro,  $F/D = 0.3$  y de construcción casera, ver foto de la antena en la figura N°3.



Figura N° 3

A la frecuencia de 1420 MHz el, ancho de haz a semipotencia, es de unos  $6^\circ$  aproximadamente, la elevación durante estas pruebas varió entre  $67'5^\circ$  y  $71^\circ$ .

El previo LNA colocado junto al iluminador de antena, es de la marca DEMI (DOWN EAST MICROWAVE), con una  $NF = 0.5$  dB,

Estas medidas se realizan al paso por el haz de la antena de las radiofuentes, según la rotación de la tierra. Tanto del plano galáctico en A.R. = 6 H como en AR 20H se exploran a la DEC aproximada de entre  $+18^\circ$  a  $+20^\circ$ . También se observa el paso del Sol como referencia, que en esas fechas tiene una DEC similar, pero cuya AR varía en 4

minutos por día y su radiación es de origen térmico ya que su hidrógeno está totalmente ionizado.

El receptor, un TDT RTL USB DONGLE se conecta a la segunda salida de FI del radiómetro, controlado por el programa HSDR.

Utilizando el calibrador de DEMI para la raya del H $\alpha$ , con cuarzo de 118,367.15 MHz que multiplicado por 12 nos da 1420,4058 MHz, en el receptor SDR la sintonizamos para USB, batido de 1 KHz, en 144.3736 MHz, cercana a la de 144.380 KHz que utilizamos como referencia de frecuencia de reposo del hidrogeno neutro a nuestra salida de frecuencia intermedia.