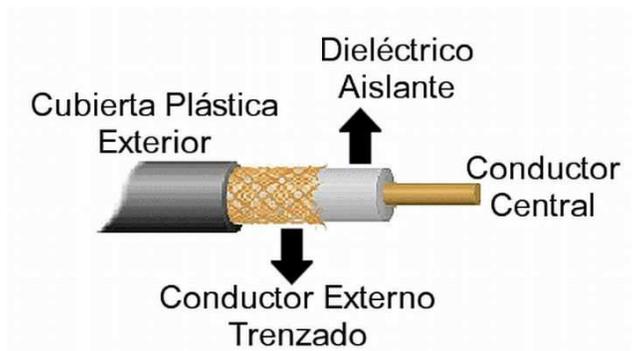


ANTENAS VERTICALES DE $\frac{1}{4}$ DE ONDA

Cuando pensamos en controlar un dispositivo a distancia a través de RF, nos encontramos con la difícil elección de la antena apropiada y la posterior construcción de la misma. Siguiendo reglas muy elementales y sencillas podremos obtener una mayor y mejor llegada a los sistemas que intentamos controlar. Para muchos, la radiofrecuencia es una especie de magia extraña y muy digna de los ingenieros más capacitados, pero eso está muy lejos de la realidad. Tu automóvil, tu robot, tu submarino, y cualquier dispositivo controlado a distancia llegarán más lejos con una buena antena. Cada vez que hemos realizado un control de dispositivos en forma remota a través de ondas de radio, siempre hemos buscado la ley fundamental que rige las comunicaciones: "llegar con nuestra señal, lo más lejos posible".

Muchos de estos intentos de cuantificar una distancia útil y efectiva de nuestro control, han traído resultados nefastos, especialmente a quienes se dedican al hobby de los aviones radiocontrolados, por mencionar algún ejemplo. En el mundo de los aviones a radiocontrol no siempre el dispositivo remoto se quedará quieto o se detendrá sin ocasionar daños. Muy por el contrario, pueden llegar a actuar de forma tan impredecible, que nos arruinaría el trabajo e ilusión de meses, en un instante. Por lo tanto, será muy útil aprender las sencillas y elementales técnicas de construcción de antenas, para así poder manejar los robots o sistemas inteligentes que construyamos, mucho más allá de lo que nuestro elemental juego de módulos de RF nos permitan por sí solos.

Para comenzar, podemos definir que un receptor (en adelante Rx) podrá recibir señales desde un transmisor (en adelante Tx), que estará apropiadamente conectado mediante una *línea de transmisión* a una *antena* o *irradiante*, que trataremos de instalar a la mayor altura posible y, preferentemente, en una zona libre de obstáculos sólidos próximos al irradiante. Lógicamente, si es necesario, nuestro Rx también estará conectado a una antena para optimizar los alcances del enlace radioeléctrico. El medio que unirá nuestro equipo (sea Rx o Tx) con la antena, será una línea de transmisión que, por su simpleza de uso y fácil adquisición, hemos optado por usar *cabla coaxial*.



Estructura de un cable coaxial convencional

Entre los cables más populares están el RG-58 de 50Ω de impedancia característica y el RG-59 de 75Ω , muy popularizado en instalaciones de TV, a diferencia del RG-58, que se lo conoce más por su amplio uso en el ámbito de las telecomunicaciones y del cual encontraremos mayor variedad de calidades constructivas. Este es un punto muy importante a tener en cuenta al momento de seleccionar el modelo de cable, ya que los coaxiales poseen una característica nociva para nuestros propósitos y es la de atenuar las señales de radiofrecuencia que lo atraviesen. Dicha atenuación será directamente proporcional a la frecuencia de trabajo y a la longitud del cable mismo. Expresado en palabras simples: a mayor frecuencia de trabajo y mayor longitud de cable, mayor atenuación en la señal.

Las frecuencias libres de uso, asignadas dentro del *espectro radioeléctrico* para aplicaciones experimentales y de ensayos de enlaces "punto a punto", son consideradas "altas" y se encuentran en la banda conocida como *UHF* y *Microondas*.

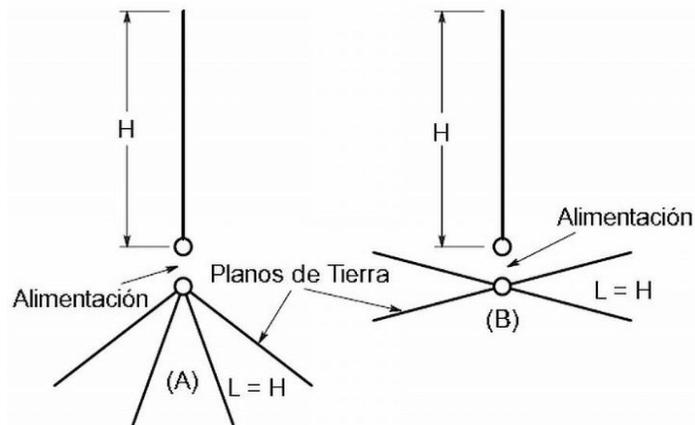
Estas frecuencias son 305MHz, 418MHz, 433MHz y 2,4GHz, por mencionar algunas. Existen otras destinadas al radiocontrol de dispositivos remotos, en otras bandas como 27MHz y 72MHz, pero ya están en desuso, gracias a que los pequeños módulos de UHF han venido a resolver muchos de los problemas y limitaciones que se planteaban al momento de pensar en un enlace vía radio.

Un cable coaxial RG-59 de buena calidad nos proporcionará menor atenuación que un cable RG-58 común, además de ser más económico, por lo que para nuestros fines y mientras manejemos bajas potencias en valores menores a 1 watt, será una elección acertada obteniendo un buen equilibrio precio/prestaciones.

Existen tres modelos prácticos de antenas, realizables de forma sencilla, que podemos enumerar de la siguiente forma:

- * Vertical de $\frac{1}{4}$ de Onda
- * Dipolo de $\frac{1}{2}$ Onda
- * Direccional Yagi

La más sencilla de construir, y por lo tanto la primera que desarrollaremos, es la *antena vertical de $\frac{1}{4}$ de onda*, también conocida como *ground-plane*, o con el simpático nombre de "*paragüitas*", en alusión al formato que le dan los planos de tierra. En su nombre encontramos resumida la arquitectura constructiva de esta antena, que se simplifica en dos partes fundamentales: el *elemento irradiante*, que estará ubicado físicamente en posición vertical, conectado al conductor central de nuestra línea de transmisión y, un segundo elemento, conformado por un *plano de tierra*, donde irá conectada la malla exterior de nuestro coaxial.



Dos opciones de planos a tierra para la antena vertical

El análisis de las imágenes de la figura anterior, nos revela muchos aspectos de esta sencilla, pero altamente efectiva antena. La primera observación nos devuelve que, por la posición vertical del elemento irradiante, la radiación de energía será en forma *omnidireccional*. Es decir, nuestra señal transmitida saldrá de la antena y viajará en todas las direcciones por igual en los 360° a su alrededor. Por otro lado, la segunda apreciación nos dice que la señal estará *polarizada* en forma *vertical*, lo que significará que la otra antena que se enlazarará con ésta, deberá poseer la misma polarización, ya que, si no coincide con ella, la señal sufrirá una importante atenuación.

Un elemento irradiante montado en forma *horizontal* al suelo trabaja polarizado en forma horizontal, mientras que, si está montado en forma *vertical*, trabaja polarizado en dicho sentido. Este concepto que parece superfluo ahora, tomará gran importancia cuando realicemos un enlace *full-duplex*.

Otro detalle no menor es la posición que otorguemos respecto a la vertical, al plano de tierra de nuestra antena. Distintos ángulos de inclinación nos proveerán distintos valores de *impedancia* de la antena. Por simple deducción, podemos tener presente que cuanto más se aproximen entre sí los valores de impedancia de nuestra antena, con el correspondiente al coaxil seleccionado, mejor

acoplamiento obtendremos entre ambos dispositivos y mayor será la energía transmitida hacia la antena. O sea, menores serán las desadaptaciones que impedirán la llegada de nuestra señal.

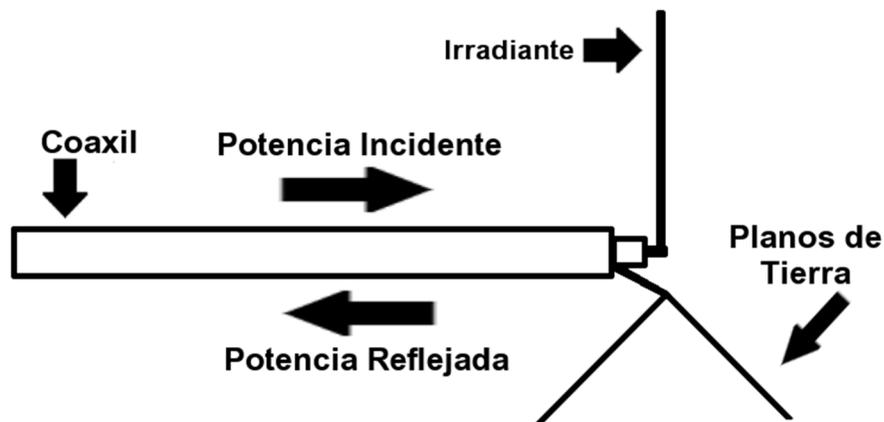
Esto es muy importante que lo tengamos claro para cualquier tipo de antena que intentemos construir. Las dimensiones de los *elementos* que hacen a nuestra antena, la forma mecánica de su construcción y el medio circundante para el emplazamiento elegido, regirán el valor final obtenido de la *impedancia* de nuestra construcción. Al ras del suelo y rodeado de edificios, no será lo mismo que en una elevación libre de obstáculos y con un enlace visual entre antenas de Rx y Tx.

El enemigo: la Relación de Ondas Estacionarias

Una antena desadaptada, respecto al cable coaxial que la enlaza al equipo, una mala construcción mecánica, deficiencias provocadas por el paso del tiempo y el clima, envejecimiento de los materiales y muchos otros factores, serán los que al cabo del tiempo irán deteriorando nuestro sistema de antena. Este hecho se verá reflejado en una variación de la impedancia característica del sistema conectado al equipo. Es decir, una parte proporcional de la energía que entregamos a nuestra antena, para que ésta se encargue de irradiarla al espacio, será devuelta al transmisor, ya que nuestro sistema no irradiará al 100% debido a los posibles defectos mencionados.

Técnicamente hablando, podemos decir que cuando una parte de la *potencia incidente*, que estamos enviando a nuestra antena, retorna al equipo como *potencia reflejada*, significa que estamos siendo presas de lo que se conoce como *relación de ondas estacionarias* comúnmente llamada *ROE*.

ROE (o SWR en inglés), es la relación que existe entre la potencia incidente y la potencia reflejada, y su valor está regido por fórmulas matemáticas y conceptos mecánicos que sería innecesario explicar ahora, pero eso no quiere decir que no sea bueno saber de la existencia de este fenómeno.



Potencia incidente vs. Potencia reflejada

Cuando los valores de ROE son altos, corremos un serio riesgo de destruir la etapa de potencia de salida de nuestro transmisor, ya que el mismo está pensado y preparado para entregar energía y no para recibirla. Un ejemplo práctico y cotidiano sería que, al intentar estornudar, te cubras la nariz, la boca y los oídos. La energía que intenta salir no puede hacerlo en su plenitud, retornando hacia el interior del cuerpo con el consecuente malestar posterior. Comprendamos entonces cuán importante será leer muy bien la hoja de datos del fabricante de nuestro Tx y Rx para conocer las impedancias características que ellos nos recomiendan utilizar a la salida de los módulos, para obtener el máximo beneficio de ellos.

Manos a la obra

Para construir nuestra antena debemos conocer las medidas apropiadas que debe tener la misma. Para el caso de la antena vertical de $\frac{1}{4}$ de onda, la fórmula es la siguiente:

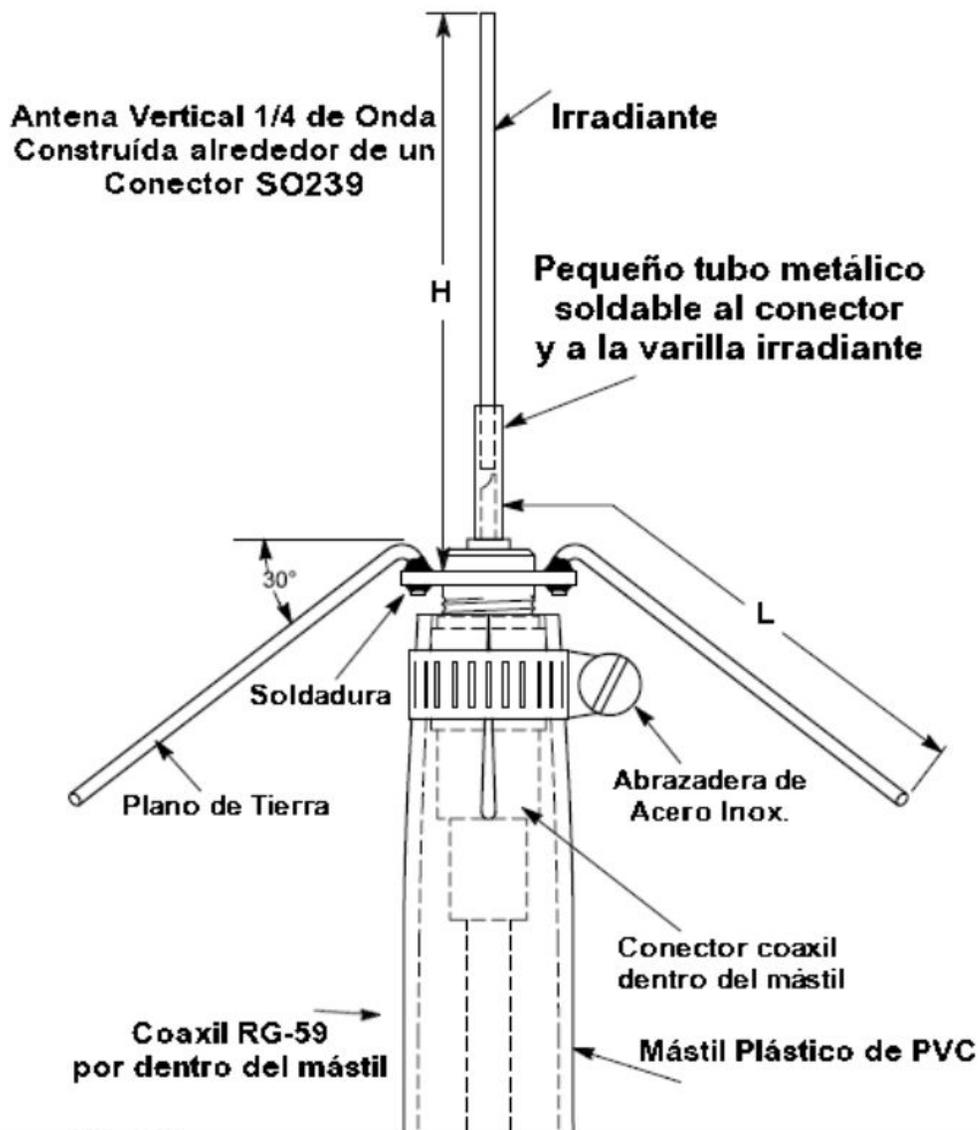
$$72/\text{Frecuencia (MHz)} = H = L \text{ (metros)}$$

Conociendo esta fórmula ya podemos saber las dimensiones de los elementos que compondrán la misma. Por ejemplo, para un módulo que transmita o recepcione en 433,92MHz (los más utilizados en robótica), la fórmula resultaría en lo siguiente:

$$72/433,92\text{MHz} = 0,1659 \text{ metros} = 16,59 \text{ centímetros}$$

O, lo que es lo mismo, 6.53 pulgadas aproximadamente. Recordemos que esta medida obtenida corresponde a cada elemento, ya sea el irradiante, como cada plano de tierra que utilicemos.

Ahora es el momento de decidir con qué materiales construiremos nuestra antena y cualquier material metálico puede sernos útil para este fin. Cobre, hierro, aluminio, zinc, bronce y/o cualquier otro que tenga propiedades conductivas y posea la rigidez mecánica suficiente como para entregarnos una construcción robusta, firme y duradera. Eso siempre quedará a criterio de cada uno de ustedes y lo realizarán con los elementos que posean al momento de la construcción.



Detalles constructivos de una antena vertical de 1/4 de onda

Otra opción es seleccionar con antelación los materiales y acopiar los mismos de a poco, a los efectos de realizarla con materiales seleccionados especialmente. Por ejemplo, buenos aluminios, buenos soportes, buenos mástiles, etc., evitando realizar una construcción que resulte endeble y poco duradera.



Conector UHF hembra (SO-239)



Conector UHF macho (PL-

259)



Puede observarse en el gráfico que, a partir de un conector UHF hembra, conocido como SO-239, podemos armar nuestra antena. Los planos a tierra podrán ser soldados a los orificios que posee el conector hembra, que nos servirá de base constructiva y doblados suavemente hacia abajo, dándoles un ángulo a los elementos (planos de tierra) de entre 30 grados (mínimos) hasta 60 grados (máximo).

Al terminal de conexión del conductor central, en el conector hembra, le soldaremos el irradiante (la varilla que quedará en posición vertical), o se la adosaremos mecánicamente de la forma que creamos más conveniente, efectiva y firme.

La llegada de la señal a transmitir o el envío al receptor de la señal captada, se logra a través del coaxial que recorre internamente el mástil de plástico o cualquier otro material aislante para terminar en un conector PL-259 roscado con fuerza a nuestra base original de construcción, que es la hembra SO-239.

Una sencilla abrazadera de material inoxidable para fijar mecánicamente los conectores, concluyen una rígida y duradera construcción.



La antena terminada y montada en el mástil

Consideraciones Finales

Una vez finalizada la construcción, si hemos comprendido y seguido las instrucciones vertidas hasta aquí, estaremos listos para conectar nuestra/s antena/s a los módulos que estarán instalados en nuestros sistemas microcontrolados. Lo primero que haremos es tratar de dotar a la instalación de nuestro sistema irradiante (recordemos que se llama de igual forma sea para Tx como para Rx), de la mayor altura posible y alejada de obstáculos circundantes que impidan la correcta emisión en algún sentido y que puedan afectar la impedancia del sistema provocándonos ROE.

Un aspecto importante a recordar es que el coaxial utilizado en la realización, posee una determinada atenuación a las señales de radio, la que es proporcional a la longitud de sí mismo, por lo que para las frecuencias de UHF y para los módulos comerciales de algunos pocos miliwatts de potencia, no podremos abusar de la cantidad de metros que utilicemos. Aproximadamente entre 5 y 10 metros, será una buena relación entre longitud/atenuación de señal y los resultados obtenidos en cuanto a radio de cobertura serán más que sorprendentes.

Siempre querremos llegar más allá. Sólo nos falta darnos cuenta, dónde y cómo utilizaremos esta antena simple, pero que nos hará

ganar muchos metros en nuestro enlace de mando. Si con módulos originales sin antena o con algún trozo de cable sencillo lográbamos varias decenas de metros, ten por seguro que con antenas exteriores esta distancia puede llegar a ser de varias centenas o más.

Esto significa nuevos horizontes en la aplicación y uso de módulos de UHF, en dispositivos enlazados vía radio.