

## Tema 3: Liñas de Transmisión

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN.....                                              | 2  |
| 3.1. CARACTERIZACIÓN DAS LIÑAS DE TRANSMISIÓN .....            | 2  |
| 3.1.1. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA DUNHA LIÑA.....               | 2  |
| 3.1.2. REFLEXIÓNS NA CARGA.....                                | 5  |
| 3.1.3. LIÑAS CURTAS E LONGAS.....                              | 6  |
| 3.2. RESOLUCIÓN DE CIRCUÍTOS CON LIÑAS LONGAS .....            | 8  |
| 3.2.1. LIÑA ADAPTADA.....                                      | 8  |
| 3.2.2. LIÑA DESADAPTADA. COEFICIENTE DE REFLEXIÓN E ROE.....   | 8  |
| 3.3. CARACTERÍSTICAS DAS LIÑAS DE TRANSMISIÓN .....            | 13 |
| 3.3.1. FACTOR DE VELOCIDADE.....                               | 13 |
| 3.3.2. TENSIÓN MÁXIMA.....                                     | 13 |
| 3.3.3. POTENCIA MÁXIMA.....                                    | 13 |
| 3.3.4. ATENUACIÓN DA LIÑA .....                                | 13 |
| 3.4. TIPOS DE LIÑAS DE TRANSMISIÓN.....                        | 14 |
| 3.4.1. LIÑAS BALANCEADAS .....                                 | 14 |
| 3.4.2. LIÑAS NON BALANCEADAS .....                             | 17 |
| 3.4.3. LIÑAS DE TRANSMISIÓN PARA MICROONDAS .....              | 23 |
| 3.4.4. FIBRAS ÓPTICAS .....                                    | 24 |
| 3.5. INSTALACIÓN DE CABREADO .....                             | 28 |
| 3.6. POSTA A TERRA EN INSTALACIÓNS DE RADIO .....              | 30 |
| 3.7. DISTRIBUCIÓN (BRANCHING) DE RADIOFRECUENCIA .....         | 32 |
| 3.7.1. ACOPLADOR OU DERIVADOR (COUPLER) .....                  | 32 |
| 3.7.2. DIVISOR DE POTENCIA OU REPARTIDOR (POWER SPLITTER)..... | 33 |
| 3.7.3. DIPLEXOR OU COMBINADOR (DIPLEXER).....                  | 33 |
| 3.7.4. DUPLEXOR (DUPLEXER).....                                | 34 |
| 3.7.5. ATENUADOR (ATTENUATOR) .....                            | 34 |
| 3.7.6. ILLADOR (ISOLATOR).....                                 | 34 |

## INTRODUCCIÓN

As liñas de transmisión úsanse para comunicar entre si os equipos de comunicacións. Estas liñas deben cumprir unha serie de características dependendo do tipo de sinal que transporten xa que, do contrario, poden desaxustar todo o sistema de comunicacións.

As liñas de transmisión atopámolas en todas as etapas dun sistema de comunicacións. Dende os sistemas xeradores da información (micrófonos, reprodutores...) a os equipos que procesan a información para o seu envío (moduladores, amplificadores...), dende estes ata as antenas emisoras, dende as antenas receptoras ata os equipos de recepción (demoduladores, amplificadores...) é dende estes aos equipos terminais (televisores, computadoras, altosfalantes...).

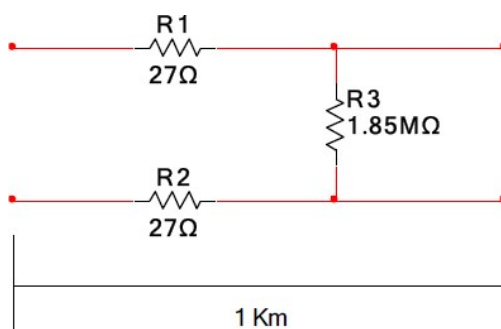
En cada etapa as características dos sinais son diferentes (frecuencias, amplitudes...) e polo tanto os requirimentos sobre as liñas polas que se propagan son moi diferentes. Por exemplo, se queremos levar un sinal de moita amplitude de un equipo a outro os requirimentos de protección contra as interferencias serán pequenos xa que as interferencias terán unha amplitude inferior ao nivel do ruído que acompaña ao sinal. Por contra, ao transportar sinais de moi baixa amplitude precisaremos un illamento moi bo xa que as interferencias poderían chegar a ter unha amplitude comparable á dos sinais imposibilitando a comunicación.

### 3.1. CARACTERIZACIÓN DAS LIÑAS DE TRANSMISIÓN

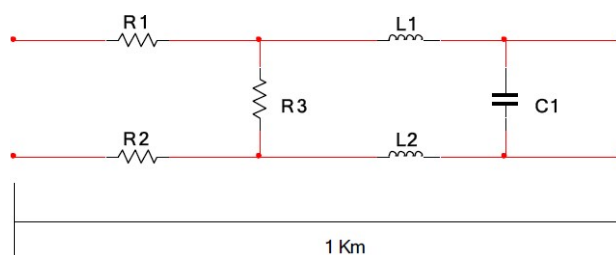
#### 3.1.1. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA DUNHA LIÑA

Se a liña fora ideal, a resistencia dos condutores da liña sería nula e o illamento entre eles sería infinito. Este caso non se produce nunha liña real, xa que os condutores teñen unha resistencia ao paso da corrente e o illamento entre eles non é infinito. Nestas condicións teremos que supoñer que as propiedades eléctricas da liña atópanse distribuídas pola mesma. Para caracterizala empregaremos un circuíto equivalente no que, a cada tramo da liña, corresponderalle un conxunto de compoñentes discretos de comportamento equivalente.

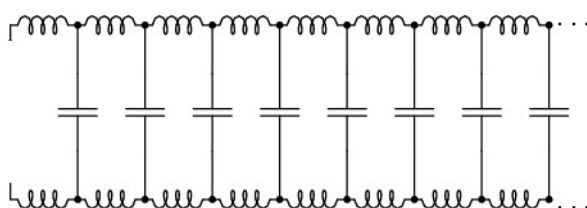
Se supoñemos o caso dunha liña formada por uns condutores que teñen unha resistencia eléctrica de  $27\ \Omega/\text{km.}$ , e unha resistencia de illamento de  $1,85\text{M}\Omega/\text{km.}$ , a un tramo de 1 km de liña pódese representar polo seguinte circuíto equivalente:



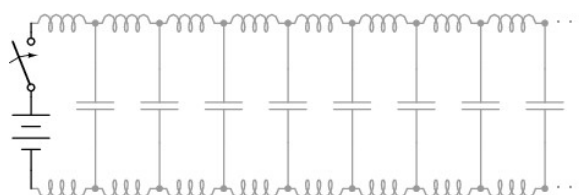
Unha liña de lonxitude infinita estaría formada por infinitos elementos como os da figura anterior. Ademais hai que ter en conta que entre dous condutores próximos sempre vai existir unha certa capacidade debida ao campo eléctrico que se establece entre os mesmos. Do mesmo xeito haberá que ter en conta que un cable sempre presentará unha certa autoindución debida ao campo magnético que xera ao seu redor. A resistencias das liñas, a resistencia de illamento, a capacidade e a indutancia das mesmas dependen unicamente das características físicas da liña: distancias, materiais, seccións... Na seguinte figura represéntase o circuíto equivalente a un tramo de 1km tendo en conta todos os efectos mencionados:



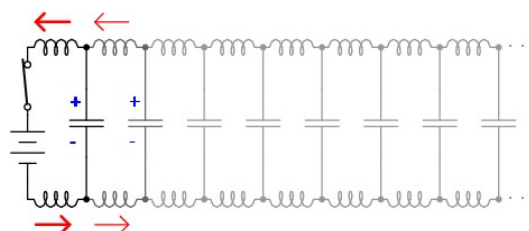
Incluso no caso de que decidísemos supoñer que a resistencia das liñas é nula ( $R_1=R_2=0$ ) e que o illamento entre elas é perfecto ( $R_3=\infty$ ) haberá que ter en conta as capacidades e indutancias da mesma como se mostra na figura:



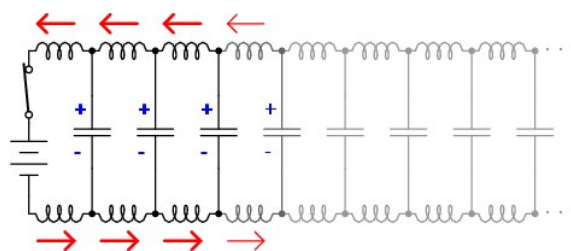
Supoñamos que cargamos este ultimo modelo de liña de transmisión cunha fonte de continua como mostra a figura.



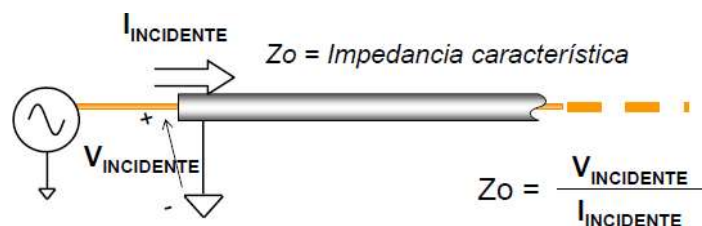
Ao pechar o interruptor comezará a fluír a corrente tratando de cargar as capacidades que presenta a liña; ao fluír a corrente a través das indutancias manterase nun valor relativamente pequeno, se a fonte vise so un condensador esta corrente sería enorme.



A medida que o tempo avance a corrente seguirá fluíndo tratando de cargar as capacidades as que vai chegando. A velocidade de propagación dos sinais nos cables é moi elevada pero finita polo que o sinal vai avanzando polo cable de xeito que a corrente non deixa de fluír en ningún momento.

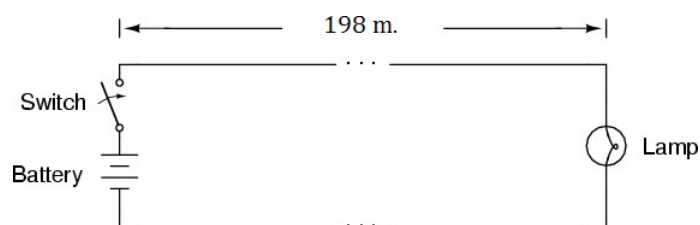


Se a liña é infinita a corrente non deixará nunca de fluír e a liña comportarase como unha impedancia que demanda unha corrente constante da fonte. A impedancia característica dunha liña ( $Z_0$ ) sería a impedancia que presentaría a unha fonte unha liña de lonxitude infinita. Será polo tanto a relación entre a tensión e a corrente no punto de alimentación para a devandita liña infinita. Xeralmente é resistiva, por iso as veces chamáselle resistencia característica( $R_0$ ).



### 3.1.2. REFLEXIÓNS NA CARGA

En realidade cando alimentamos unha liña de transmisión finita cunha fonte de calquera tipo (CC ou CA) o que sucede é máis complexo do que parece a primeira vista. Supoñamos o seguinte circuíto no que unha lámpada de  $100\ \Omega$  é accionada por unha fonte de tensión de  $100\text{V}$  a través dunha liña de transmisión de  $198\text{ metros}$  de lonxitude. Suporemos cable RG-58 de impedancia característica  $50\ \Omega$  no que os sinais propáganse a unha velocidade de  $1,98 \cdot 10^8\text{ m/s}$ .



- ✓ Inicialmente a fonte ve unha impedancia igual á característica da liña,  $50\ \Omega$  e comeza a proporcionarlle unha corrente de  $2\text{ A}$  como corresponde á súa impedancia interna.
- ✓  $1\ \mu\text{s}$  despois, o que tarda en chegar a tensión á lámpada, a lámpada “ve” unha tensión de  $100\text{ V}$  e unha corrente de  $2\text{ A}$  na liña o que lle resulta inadmisíble xa que a súa resistencia é de  $100\ \Omega$  e, como lámpada(resistencia pura), ten que cumprir coa lei de Ohm. Polo tanto chega a un “acordo” para acadar uns valores razoables para ela, a corrente redúcese nun factor  $1/3$  a cambio de aumentar a tensión en  $1/3$ . Dese xeito na lámpada aparece unha tensión de  $133\text{V}$  e unha corrente de  $1,33\text{A}$  axeitada para unha resistencia de  $100\ \Omega$ . **O xeito correcto de interpretar o que sucede e que unha tensión de  $33\text{V}$  esta sendo reflexada pola carga cara a fonte.**
- ✓  $1\ \mu\text{s}$  despois, o que tarda en chegar a tensión da lámpada de novo á fonte, a fonte verá que na liña hai  $133\text{V}$  xa que lle chegaron os  $33\text{V}$  reflexados e dirá, isto non pode ser, como fonte de  $100\text{ V}$  e na miña saída hai  $100\text{ V}$ . E polo

tanto baixará a tensión... Este proceso seguirá con reflexións na carga e na fonte ata chegar á situación final na que a tensión valerá 100 V, como corresponde á fonte, e a corrente 1A como corresponde á carga.

Todo este proceso de reflexións entre a fonte e a carga dura moi pouco tempo (fixémonos que cada traxecto nunha liña de 198 m dura só 1 $\mu$ s) por este motivo se conectamos un polímetro entre extremos da carga marcara 100V directamente. Nin a nós nin ao polímetro nos dará tempo a ver os valores que se suceden durante as sucesivas reflexións.

### 3.1.3. LIÑAS CURTAS E LONGAS

#### *Liña curta*

Unha liña curta é aquela cunha lonxitude física menor que un cuarto da lonxitude de onda dos sinais que circulan por ela.

Vexamos que significa liña curta para algúns dos sinais alternos coñecidos por nós, tomaremos como referencia a velocidade de propagación dos sinais eléctricos nun cable coaxial RG-58 que é de  $0,66 \cdot c = 1,98 \cdot 10^8$  m/s. Nestas condicións teremos:

- ✓ Corrente alterna:  $f = 50$  Hz  $\rightarrow \lambda = c/f = 3,96 \cdot 10^6$  m.  $\rightarrow$  Liña curta para  $L < 990$ km
- ✓ Audio:  $f_{\text{MAX}} = 20$  kHz  $\rightarrow \lambda_{\text{MIN}} = c/f = 9900$  m.  $\rightarrow$  Liña curta para  $L < 2,5$ km
- ✓ LF:  $f_{\text{MAX}} = 300$  kHz  $\rightarrow \lambda_{\text{MIN}} = c/f = 660$  m.  $\rightarrow$  Liña curta para  $L < 165$  m.
- ✓ MF:  $f_{\text{MAX}} = 3$  MHz  $\rightarrow \lambda_{\text{MIN}} = c/f = 6,6$  m.  $\rightarrow$  Liña curta para  $L < 1,65$  m.

Nestas condicións pódese considerar que as variacións dos sinais introducidos na liña pola fonte son moito máis lentas que as variacións producidas polas reflexións sucesivas das que falamos no apartado anterior e non necesitaremos tomalas en conta. Consideraremos que a fonte “ve” a carga directamente e en todo momento e non precisaremos ter en conta o proceso de reflexións sucesivas discutido no apartado anterior.

#### *Liña longa*

Aquela cunha lonxitude física maior que un cuarto da lonxitude de onda dos sinais que circulan por ela.

Nestas condicións as variacións dos sinais introducidos na liña son máis rápidas que as variacións producidas polas reflexións das que falamos no apartado anterior de xeito que na liña o sinal incidente e o reflexado combínanse interferindo entre elas. Nestas condicións necesitaremos tomalas en conta para analizar o comportamento do circuíto.

### *Adaptación de impedancias*

Das dúas clases de liñas, as que mais nos interesan en radiocomunicacións son as liñas longas xa que, polo xeral, as liñas teñen lonxitudes grandes comparadas coas lonxitudes de onda das ondas empregadas en radiocomunicacións. Isto é máis acusado canto máis alta é a frecuencia.

Sen embargo existe un caso no que non teremos que preocuparnos polo efecto das reflexións, pensemos que se a fonte ve unha liña infinita non existiran reflexións. Se a carga ten exactamente o mesmo valor que a resistencia característica da liña o xerador verá unha liña infinita e non haberá reflexións. A esta condición chamáselle **adaptación de impedancias** e é a situación na que se deben conectar, polo xeral, os diferentes elementos que forman un sistema de comunicacións cando traballamos en radiofrecuencia.

Sempre que existe unha conexión entre dous elementos en RF, fonte-liña ou liña-carga, produciranse reflexións dos sinais ao chegar ás fronteiras, **excepto** se se cumpre a condición de **adaptación de impedancias**.

O caso máis interesante é, con moito, o das reflexións na carga. Os amplificadores e os equipos de distribución de sinal ou branching deséñanse de xeito que presentan unha impedancia de saída moi próxima á da liña para calquera das frecuencias que emiten, sen embargo isto é moito máis complexo de conseguir nas cargas (antenas). Para adaptar correctamente as antenas á liña é moi habitual ter que recorrer a redes de adaptación de impedancias situadas entre a liña e a antena. En ocasións non é sinxelo recoñecelas xa que mesmo un anaco de liña de transmisión dunha lonxitude determinada pode ser unha rede de adaptación moi eficaz.

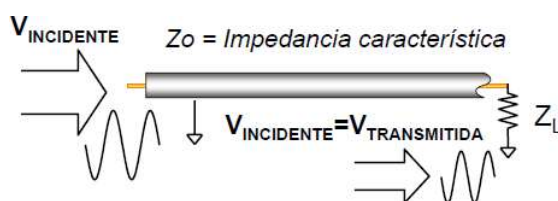
### 3.2. RESOLUCIÓN DE CIRCUITOS CON LIÑAS LONGAS.

Supoñamos unha fonte que alimenta unha liña de transmisión en condicións de liña longa. Cando o sinal eléctrico chega ao extremo onde se atopa cunha impedancia de carga ( $Z_L$ ) atoparase un dos seguintes casos:

#### 3.2.1. LIÑA ADAPTADA

Se a impedancia da carga coincide coa impedancia característica da liña de transmisión, entón toda a potencia eléctrica que chega ao extremo da liña é transmitida á impedancia da carga: non hai potencia reflectida na carga e dicimos que hai **adaptación de impedancias** na carga ou que a carga está adaptada.

Pensemos que se a impedancia característica é a impedancia que presenta unha liña infinita, ao conectar unha impedancia de carga que coincida con esta impedancia característica da liña ( $Z_L=Z_0$ ) o xerador “verá” unha liña infinita na que nunca se producirá unha reflexión na carga.



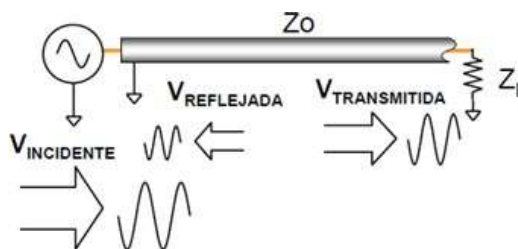
Nestas condicións a solución ao problema coincide coa clásica, a que se ten en conta as reflexións na carga xa que  $V_L = V_{inc}$

A corrente na carga pode calcularse como:  $I_L = \frac{V_{inc}}{Z_L}$

E a potencia disipada na carga é:  $P_L = V_L \cdot I_L = \frac{V_{inc}^2}{Z_L}$

#### 3.2.2. LIÑA DESADAPTADA. COEFICIENTE DE REFLEXIÓN E ROE.

Se a impedancia de carga que se conecta á liña de transmisión non é igual á súa impedancia característica parte da potencia proporcionada polo xerador é devolta pola carga cara ao xerador en forma de onda reflectida.



### *Coefficiente de reflexión, tensión transmitida e ROE:*

O cociente entre as amplitudes da onda reflectida e a incidente chámase **Coefficiente de Reflexión**, de símbolo  $\Gamma$ , e pode calcularse a partir das impedancias dos elementos que interconectamos, neste caso a impedancia de carga e a característica da liña.

$$\Gamma = \frac{V_{ref}}{V_{inc}} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Cando hai adaptación ( $Z_L = Z_0$ ),  $\Gamma=0$ , non se reflecte potencia:  $V_{ref} = 0$ . Cando hai reflexión total,  $\Gamma=\pm 1$ , reflíctese toda a potencia:  $V_{ref} = \pm V_{inc}$

En calquera caso pode calcularse a potencia incidente como:  $P_{inc} = \frac{V_{inc}^2}{Z_0}$

E a potencia reflexada como:  $P_{ref} = \frac{V_{ref}^2}{Z_0} = \frac{(\Gamma \cdot V_{inc})^2}{Z_0}$

Polo tanto a potencia transmitida á carga será:

$$P_{trans} = P_L = P_{inc} - P_{ref} = \frac{V_{inc}^2}{Z_0} - \frac{(\Gamma \cdot V_{inc})^2}{Z_0} = \frac{V_{inc}^2}{Z_0} \cdot (1 - \Gamma^2) = P_{inc} \cdot (1 - \Gamma^2)$$

O rendemento ( $\eta\%$ ) pode calcularse como:

$$\eta\% = (1 - \Gamma^2) \cdot 100$$

Definimos tamén as perdas de Retorno (Return Loss) – Relación entre a potencia incidente e a reflectida na carga:

$$RL(dB) = -10 \cdot \log \left( \frac{P_{ref}}{P_{inc}} \right) = -10 \cdot \log \left( \frac{V_{ref}^2}{V_{inc}^2} \right) = -10 \cdot \log \Gamma^2 = -20 \cdot \log |\Gamma|$$

A onda emitida e a reflectida interfírense ao longo da liña. Esta superposición de sinais pode provocar que nalgúns puntos da liña prodúzase unha anulación do sinal e noutros prodúzase unha amplificación. A este patrón de interferencias na liña chamámoslle onda estacionaria. A **Relación de Onda Estacionaria (ROE)**, tamén coñecida polas súas siglas en inglés **SWR (Standing Wave Ratio)** é a relación entre o valor da tensión máxima e a tensión mínima que poden aparecer na liña de transmisión.

$$ROE = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}}$$

A tensión máxima na liña darase para o caso no que as ondas emitida e reflectida interfiran construtivamente sumándose. Pola súa banda o mínimo darase para o caso no que as amplitudes das ondas emitida e reflectida interfiran de xeito destrutivo, restándose. Matematicamente:

$$ROE = \frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = \frac{V_{inc} + V_{ref}}{V_{inc} - V_{ref}}$$

O módulo do coeficiente de reflexión,  $|\Gamma|$ , relaciona  $V_{ref}$  e  $V_{inc}$  polo que teremos:

$$ROE = \frac{V_{inc} + |\Gamma| \cdot V_{inc}}{V_{inc} - |\Gamma| \cdot V_{inc}} = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

Operando pódese obter tamén:

$$|\Gamma| = \frac{ROE - 1}{ROE + 1}$$

Para o caso especial de carga puramente resistiva e liña sen perdas a ROE pode expresarse como a relación entre as resistencias de carga e característica da liña. Hai que ter en conta que a máis grande das dúas debe colocarse no numerador xa que, por definición, a ROE ten que ser maior que 1.

$$ROE = \frac{R_{MAX}}{R_{MIN}}$$

Se a impedancia da carga e/ou a característica cambian coa frecuencia, o coeficiente de reflexión e a ROE tamén cambiarán coa frecuencia.

Algúns casos de interese son:

✓ Carga adaptada ( $Z_L = Z_0$ ).

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Z_0 - Z_0}{Z_0 + Z_0} = 0$$

$$P_{trans} = P_{inc} \cdot (1 - \Gamma^2) = P_{inc}$$

$$RL(dB) = -20 \cdot \log |\Gamma| = -\infty dB$$

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 0}{1 - 0} = 1$$

✓ Circuito aberto no extremo da liña ( $Z_L = \infty$ ).

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{\infty - Z_0}{\infty + Z_0} = 1$$

$$P_{trans} = P_{inc} \cdot (1 - \Gamma^2) = 0$$

$$RL(dB) = -20 \cdot \log |\Gamma| = 0 \text{ dB}$$

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 1}{1 - 1} = \infty$$

✓ Curtocircuíto no extremo da liña ( $Z_L = 0$ ).

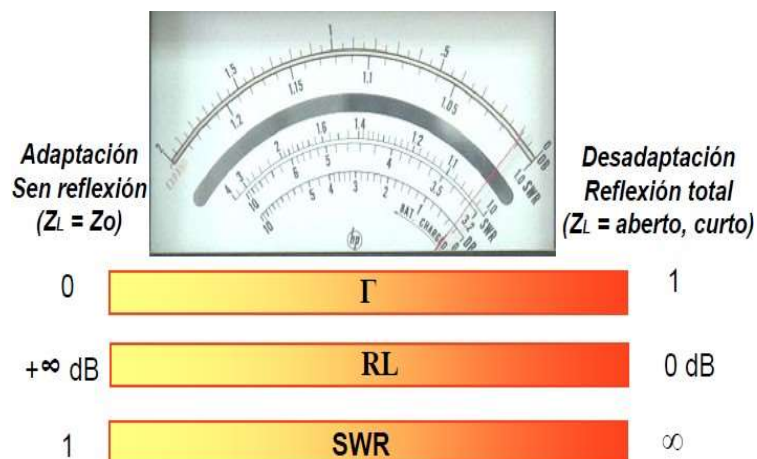
$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{0 - Z_0}{0 + Z_0} = -1$$

$$P_{trans} = P_{inc} \cdot (1 - \Gamma^2) = 0$$

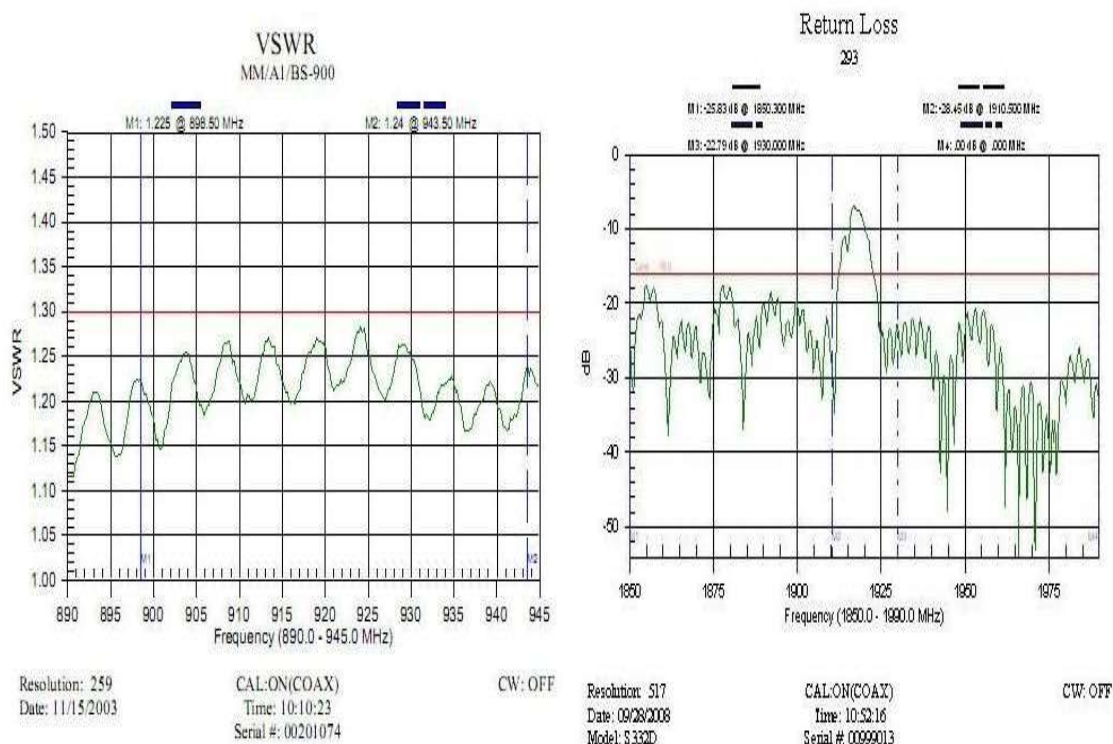
$$RL(dB) = -20 \cdot \log |\Gamma| = 0 \text{ dB}$$

$$ROE = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 1}{1 - 1} = \infty$$

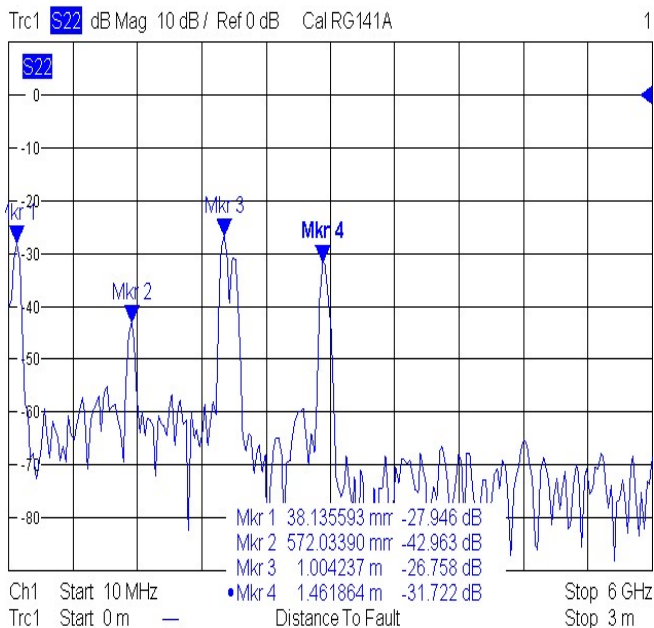
No caso ideal a ROE deberá valer 1, sen embargo isto é moi complexo de lograr e en xeral será suficiente con que estea por debaixo de 1,5 chegando a ser aceptable, dependendo do caso, un valor de ata 2. Na figura da dereita pode verse a caratura dun medidor de ROE de agullas.



Os equipos modernos de medición de ROE permiten medir a ROE no intervalo frecuencias de interese e presentan o resultado de xeito gráfico. Xeralmente permiten a medida tanto da ROE como das perdas de retorno. As seguintes figuras mostran a saída deste tipo de equipos.



Moitos deles permiten tamén visualizar as distancias ás que se producen as reflexións na liña, o que facilita enormemente a localización de fallas. Na figura da dereita pode verse esa funcionalidade. Cada un dos picos indica a posición dunha discontinuidade na liña. Estas poden deberse a un erro ou á existencia de conectores, kits de terra, descargadores...



### 3.3. CARACTERÍSTICAS DAS LIÑAS DE TRANSMISIÓN

Os parámetros mais importantes que caracterizan unha **liña de transmisión** son os seguintes:

- ✓ Factor de velocidade.
- ✓ Tensión máxima.
- ✓ Potencia máxima.
- ✓ Atenuación da liña.

#### 3.3.1. FACTOR DE VELOCIDADE.

A **velocidade de propagación** dun sinal por un cable eléctrico é inferior a velocidade de propagación polo baleiro (300000 Km/s). O mais usual é expresar a velocidade de propagación como un tanto por cento (%) da velocidade de propagación dos sinais radioeléctricos no baleiro.

Por esta razón defínese un novo parámetro da liña denominado **factor de velocidade**. Este factor, cuxos valores típicos oscilan entre 0,6 e 0,7, indica a velocidade da onda no interior do cable respecto á velocidade da luz.

#### 3.3.2. TENSIÓN MÁXIMA

A **tensión máxima** é o valor de tensión que se pode aplicar entre os dous condutores da liña sen que o dieléctrico se deteriore. Esta tensión depende do material co que estea fabricado o dieléctrico. Na actualidade pode chegar a ser moi elevada, do orden de 10.000 voltios.

#### 3.3.3. POTENCIA MÁXIMA

A **potencia máxima** que pode transmitirse por un cable depende da temperatura á que se lle someta e da frecuencia do sinal que circula pola liña do mesmo xeito que as perdas na mesma.

#### 3.3.4. ATENUACIÓN DA LIÑA

A atenuación do cable da conta da diminución da corrente e da tensión ao longo da liña como consecuencia da resistencia óhmica. A **atenuación dunha liña** depende da lonxitude desta e da frecuencia do sinal e adoita expresarse en dB por quilómetro (dB/km) ou en dB por metro (dB/m).

### 3.4. TIPOS DE LIÑAS DE TRANSMISIÓN

Distiguimos neste apartado basicamente catro tipos de liñas de transmisión:

**Liñas balanceadas** (Formadas por dous condutores con idénticas características eléctricas): Falaremos das liñas bifilares para sinais de radiofrecuencia e das liñas de pares trenzados moi empregadas para tráfico de datos en redes de datos.

**Liñas non balanceadas** (Formadas por dous condutores de diferentes características eléctricas): os cables coaxiais.

**Liñas de Transmisión para microondas:** falaremos neste tema unicamente das guías de onda que son as que teñen interese dende o punto de vista da instalación. Existen outras como por exemplo a liña microstrip empregada en circuítos impresos de radiofrecuencia.

**Fibras ópticas:** para empregar con ondas electromagnéticas visibles, luz; empregadas para tráfico de datos en redes de datos de alta capacidade e/ou longo alcance.

#### 3.4.1. LIÑAS BALANCEADAS

##### *Liña bifilar*

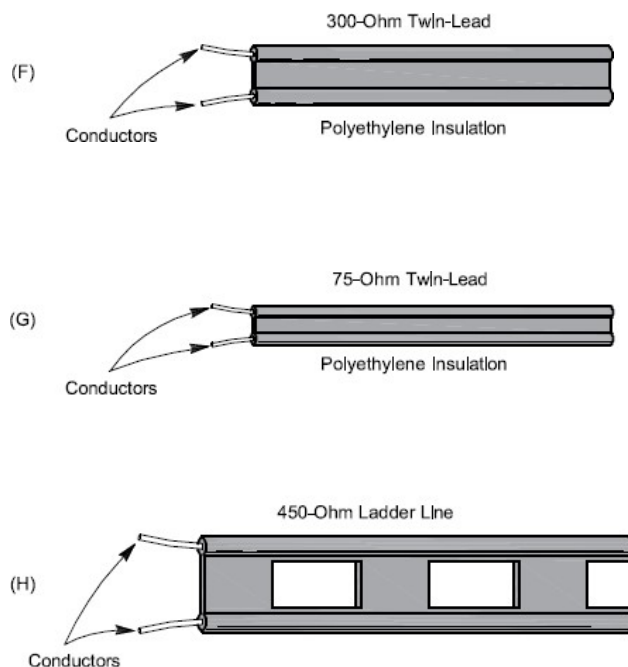
A liña bifilar é unha liña de transmisión formada por dous condutores paralelos. A distancia entre eles é mantida constante por un material dieléctrico. O mesmo material que mantén o espazado e o paralelismo entre os condutores serve tamén de vaina.

Os parámetros característicos dunha liña bifilar (impedancia característica, factor de velocidade...) dependen do dieléctrico, do diámetro dos condutores e da distancia entre eles.

Os cables bifilares son utilizados como liñas de transmisión entre unha antena, e un transmisor ou receptor. A súa principal vantaxe reside en que as liñas de transmisión simétricas teñen perdas dunha orde de magnitude menores que as liñas de transmisión coaxiais.

Os cables bifilares a dieléctrico sólido sofren cambios na súa impedancia cando se deposita xeo ou choiva sobre eles. Para evitar a influencia destes cambios

meteorolóxicos, algúns modelos presentan buracos no dieléctrico, o que equivale a substituílo por aire como dieléctrico. Isto aumenta o coeficiente de velocidade, e diminúe a sensibilidade aos cambios de impedancia; chámaselles "liñas escaleira".



### *Pares trenzados*

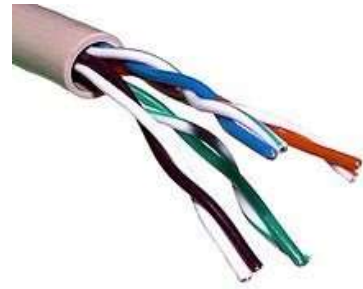
Están formados por dous arames de cobre trenzados para reducir a interferencia eléctrica. Tipicamente utilízanse feixes nos que se introducen varios pares mediante unha envoltura protectora; o máis habitual é o de catro pares pero taménos hai de 25, 50, 75 e 100 para empregar fundamentalmente en grandes instalacións de telefonía.

Utilízanse tanto para transmisión dixital como analóxica. Os máis modernos poden transportar sinais de ata 1200MHz en tiradas de cable de ata 100m.

É a liña de transmisión que soporta a rede telefónica tradicional e a gran maioría das redes de area local cabreadas, actualmente está sendo substituído polas febras ópticas cando se precisan taxas de transmisión moi elevadas e/ou transmisións a gran distancia. En instalacións de radiocomunicacións o seu uso limítase á interconexión de equipos e non ao transporte de sinais.

Segundo o a súa construción poden ser:

- ✓ UTP - Unshielded Twisted Pair ou partrenzado sen blindaxe, son cables de pares trenzados sen blindar que se utilizan para diferentes tecnoloxías de redes locais. Son de baixo custo e de fácil uso, por contra producen máis erros que outros tipos de cable e teñen limitacións para traballar a grandes distancias.



- ✓ STP - Shielded Twisted Pair ou par trenzado blindado. Trátase dun conxunto de pares de cobre illados, cada par, dentro dunha cuberta protectora. É máis caro que a versión sen blindaxe.



- ✓ FTP ou S/UTP - Foil Twisted Pair ou Screened Unshielded Twisted Pair, par trenzado con blindaxe global. Son uns cables de pares que posúen unha pantalla condutora global ao redor de todos os pares en conxunto. Mellora a protección fronte a interferencias.

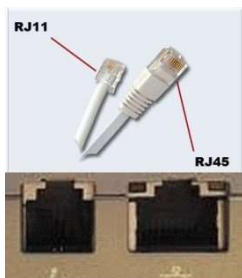


- ✓ S/STP (Screened Shielded Twisted Pair) par trenzado con blindado e apantallado combinan a blindaxe de cada par como no STP coa pantalla global como a dos FTP. Son os mais caros de todos.

Segundo as súas características físicas e eléctricas agrúpanse en categorías:

| Performance   | Wire Gauge | Nominal Impedance  | Transmission   |
|---------------|------------|--------------------|----------------|
| Category 1    | 18-26      | Not specified      | Audio, DC      |
| Category 2    | 22-26      | Not specified      | Up to 1.5 MHz  |
| Category 3    | 22-24      | 100 ohms $\pm$ 10% | Up to 16 MHz   |
| Category 4    | 22-24      | 100 ohms $\pm$ 10% | Up to 20 MHz   |
| Category 5/5e | 22-24      | 100 ohms $\pm$ 10% | Up to 100 MHz  |
| Category 6    | 22-24      | 100 ohms $\pm$ 10% | Up to 200 MHz  |
| Category AC6  | 22-24      | 100 ohms $\pm$ 10% | Up to 500 MHz  |
| Category 7    | 22         | 100 ohms $\pm$ 10% | Up to 1200 MHz |

Os conectores máis empregados para este tipo de cables son os RJ-11 e RJ-45 moi coñecidos por ser empregados en teléfonos e redes locais. Sen embargo nas categorías máis altas, cat. 7 e superiores, deberán ser cambiados por outros máis modernos como o GG-45 ou o TERA.



RJ-11 e RJ-45



GG-45



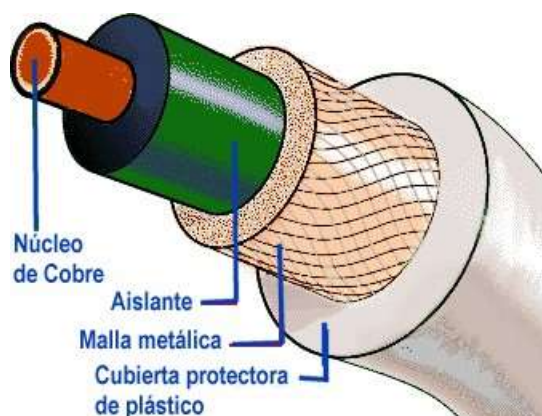
TERA

### 3.4.2. LIÑAS NON BALANCEADAS

#### *O cable coaxial*

Trátase da liña maioritariamente utilizada para transportar sinais de radio e televisión.

Está formada por dous condutores concéntricos, separados por un material illante. O condutor central é un fío ou un conxunto de fíos de cobre



ou outros materiais condutores, mentres que o segundo fío da liña é en realidade unha maia e/ou unha lámina condutora que a rodea. Esta forma construtiva garante unha excelente protección contra as interferencias xa que as ondas electromagnéticas non poden atravesar as barreiras condutoras. Ao mesmo tempo evita que as ondas que transmite sexan radiadas cara o exterior. Este efecto coñecido como blindaxe electromagnético será máis efectivo canto máis tupida sexa a maia que envolve o fío central, presentando as mellores calidades cando se trata dunha cobertura continua (lámina condutora).

No mercado podemos atopar diferentes tipos de cable coaxial para radiofrecuencia. Os mais económicos disporán dun condutor central duns 0,6 mm de sección e unha maia lixeira formada por uns poucos fíos de cobre. A medida que a calidade do cable aumenta, faíno tamén o diámetro do condutor central, así como a densidade da maia illante exterior. Nos mellores cables atoparemos unha pantalla electromagnética dobre, formada pola asociación dunha lámina condutora continua (de cobre ou aluminio) sobre a que se atopa unha maia flexible do mesmo material.



Os cables coaxiais presentan unha atenuación crecente coa frecuencia, polo que a súa utilización vese limitada polo xeral a sinais de ata 5 GHz. Esta atenuación depende tamén do material usado como illante entre os condutores.

Como xa comentamos, a impedancia característica do cable depende da súa construción física e debemos coñecela para garantir unha correcta adaptación en todos os elementos da instalación. En sistemas domésticos de distribución de radio e televisión utilízanse maioritariamente liñas de  $75\Omega$  de impedancia, a mesma que atoparemos nas entradas e saídas de tódolos equipos que se empregan nelas (cabeceiras, reprodutores de televisión e radio, antenas, elementos de distribución...). Sen embargo nos demais sistemas de comunicación por radio (sistemas de emisión de radio e televisión, instalacións de radioaficionados, telefonía móbil, WiFi e WiMAX, equipos para radioenlaces...) a impedancia característica dos equipos e liñas de transmisión é de  $50\Omega$ .

Os cables coaxiais tamén teñen un radio de curvatura máximo permitido para o cal manteñen as súas características, existen corrugados para facilitar o seu dobrado sen danar a estrutura, semiríxidos e mesmo totalmente ríxidos que teñen moi baixas perdas e poden transportar potencias enormes a cambio de non poder apenas ser dobrados.

Podemos atopar cables con dieléctrico de polietileno compacto (plástico), aptos para frecuencias de ata uns 100 MHz. Para frecuencias de ata 1 GHz, aproximadamente, úsanse liñas con dieléctrico de polietileno expandido, unha especie de espuma flexible que presenta unha menor atenuación. Para frecuencias superiores a 1 GHz o mellor dieléctrico posible é o aire.

Existen multitude de tipos de cable coaxial con diferentes dimensións, diferentes dieléctricos... Unha taboa coas características dalgúns deles pode consultarse en <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Tabla-cable-coaxial.php>, os códigos RG-# que poden verse na táboa proveñen dunha serie de estándares para uso militar publicados a mediados do século XX que, se ben están obsoletos, aínda se empregan para designar algúns tipos de cables coaxiais. Tamén existen numerosas denominacións comerciais como os LRM de [Times Microwave](#) ou os HELIAX e CNT de [Andrew Solutions](#).

Algúns coaxiais, fundamentalmente os ríxidos, denótanse polo diámetro do seu condutor exterior en polgadas. É común ver cables de 7/8", 1 5/8", 3 1/8" ...

### *Conectores para cable coaxial*



Existen moitos tipos de conectores para coaxial. Distínguense por:

- ✓ O tipo de coaxial ao que se acoplan (tamaño e forma).
- ✓ O ancho de banda.
- ✓ A potencia máxima que poden soportar.
- ✓ O tipo de ensamblaxe ao coaxial (soldado, roscado ou crimpado).

Todos os conectores para coaxial teñen un tipo de conector chamado macho e outro chamado femia. O macho adoita incorporar un roscado interior que se pecha sobre o roscado interior da femia. De non haber rosca séguese o mesmo criterio, o conector macho recubre á femia cando se produce a conexión.

#### *Conector N:*

Son axeitados para frecuencias por enriba de 400MHz e ata 11GHz na actualidade.

Serven para unha ampla gama de coaxiais e hai moita variedade: de panel, acodados, para crimpado, para soldar...



Teñen unha moi boa relación calidade/prezo. Entre as súas aplicacións están: antenas, telefonía móvil, radiodifusión, WiMAX, radar, comunicacións por Satélite, WiFi...

#### *Conectores PL-259 e SO-239:*

Tamén se chaman conectores UHF, o macho é o PL-259, e a femia o SO-239. Traballan axeitadamente nas bandas de VHF e HF e poden manexar potencias de ata 1kW. A pesar de ser chamados UHF por motivos históricos raramente se empregan nesta banda. Son conectores moi típicos nos equipos de radioaficionados.



#### *Conector BNC:*

Tamén chamado “**Baioneta**” polo seu mecanismo de acoplamento. Empregase con cable coaxial flexible RG-58. Existen 2 tipos:

- ✓ Para coaxial de resistencia 50 Ohmios operativo na banda de 0 a 4GHz.



- ✓ Para coaxial de resistencia 75 Ohmios operativo na banda de 0 a 1GHz.

Adoitan acoplarse ao coaxial por un mecanismo de *crimpado* sen precisar de ningunha soldadura. Empregase moito en equipos de test e medida (osciloscopio, analizador de espectro) e, antigamente, nas redes Ethernet sobre coaxial.

#### *Conector Belling-Lee ou IEC 169-2:*

Este conector, máis coñecido como conector de TV ou conector PAL é o conector empregado en Europa nos equipos de radio e televisión. É o máis antigo dos conectores para radiofrecuencia que se segue a empregar, foi inventado en Inglaterra en 1922 coincidindo coas primeiras emisións da BBC.



Conectores Macho e Femia IEC 9.5mm para TV PAL

#### *Conector F*

O conector F é un tipo de conector coaxial de RF de uso común na televisión terrestre, televisión por cable e universal para a televisión por satélite e os modems de cable. O conector F é barato e conta cun ancho de banda aproveitable de até varios GHz. Unha das razóns do seu baixo custo é que utiliza o condutor sólido (cable central) do cable coaxial como pin do conector macho.



#### *Conectores SMA:*

Os conectores SMA (*SubMiniature version A*) son pequenos conectores desenvolto nos anos 60 para cable coaxial que presentan un excelente comportamento dende continua e ata uns 18GHz.

Os RP-SMA son esencialmente idénticos salvo que é a femia a que ten o pin de conexión e o macho ten un burato de conexión, sen embargo segue a ser o macho o que ten a rosca interior coma no resto dos conectores. Na figura aparecen só os conectores SMA.



Son moi empregados para sinais de moi alta frecuencia, por exemplo nas antenas ou nos latiguillos de interconexión. Nos equipos de WiFi e WiMAX adoitan empregarse os RP-SMA.

Tamén existen outras versións como SMB e SMC aínda que son menos populares.

### *Conectores 7/16*

O nome destes conectores provén das dimensións das súas interfaces, 7mm é o diámetro externo do contacto interno mentres que 16mm é o diámetro interno do contacto externo. Estes conectores poden manexar potencias moi elevadas, ata 1800W a 1 GHz, e son capaces de traballar en frecuencias de ata 7,5GHz. Son de orixe Europeo e moi populares aquí. Nos últimos tempos veñen ganando popularidade en EEUU pola súa capacidade para manexar grandes niveis de potencia.



### *Conectores 1.6/5.6 e 1.0/2.3:*

Son conectores moi pequenos e de moi sinxela conexión e desconexión. Empréganse con coaxial flexible en instalacións de interior. É habitual velos en interconexións de equipos en estacións base e centrais de conmutación.

O 1.0/2.3 hainos con impedancias características de

50Ω e 75Ω e pode traballar a frecuencias de ata 10GHz.

O 1.6/5.6 presenta unha impedancia característica de 75Ω e pode traballar a frecuencias de ata 1GHz.



### *Instalación de conectores*

Os conectores son un dos puntos que provocan a maior parte das avarías debidas a un alto nivel de ROE ou perdas de potencia de transmisión. Por este motivo, a montaxe débese realizar sempre seguindo as instrucións do fabricante.

Dependendo do tipo de conector, existirán modelos nos que o seu axuste ao cable realizarase mediante soldadura, mentres que noutros se realizará mediante crimpado.

En conectores situados no exterior é moi importante que queden correctamente illados. Para iso, se encintarán en primeiro lugar con cinta vulcanizada, estirándoa ata que o seu ancho se reduza a aproximadamente un 30% e solapando cada volta coa seguinte. Esta cinta se solda por si soa, creando unha funda que protexe ao conector da humidade. Con todo, a súa resistencia aos axentes meteorolóxicos e á luz do sol é reducida, polo que, a continuación, será necesario cubrila con cinta illante negra. O ideal é realizar un encintado solapando a cinta aproximadamente un 30% sobre a da volta anterior, até conseguir tres capas.

### 3.4.3. LIÑAS DE TRANSMISIÓN PARA MICROONDAS

#### *Guías de onda metálicas*

Cando se desexa transferir sinais de microondas (de 1 ate 330 GHz), os coaxiais non resultan axeitados polas grandes perdas que introducen. Neste caso recórrese ás guías de ondas, tubos metálicos en cuxo interior propágase o sinal, unha vez radiada nun dos seus extremos. Poden ter sección circular, elíptica, rectangular ou cadrada.



As súas principais vantaxes son:

- ✓ Baixas perdas.
- ✓ Capacidade de transportar grandes potencias.

As desvantaxes máis salientables son:

- ✓ Presentan un ancho de banda, intervalo de frecuencias que poden transportar, moito menor que outras liñas de transmisión. Tamén son incapaces de transportar un nivel de corrente continua.

- ✓ Presentan unha elevada dificultade de instalación; nas ríxidas precísase de pezas especiais para realizar xiros e as flexíbles non permiten radios de curvatura grandes.
- ✓ Para garantir a homoxeneidade do medio no seu interior, e tamén para eliminar a humidade do aire que enche a guía (que introduciría perdas), adoitan instalarse con equipos de presurización. Estes equipos de presurización complican e encarecen en gran medida a instalación.

O tamaño físico das guías de onda determina o rango de frecuencias de operación. As dimensións da guía deben estar no entorno da metade da largura de onda que se quere propagar. Non se empregan en frecuencias por debaixo de 1GHz xa que terían un tamaño enorme nin en frecuencias por enriba de 1100GHz porque terían un tamaño demasiado pequeno. Na seguinte táboa poden verse as características dalgunhas das guías de onda rectangulares normalizadas:

| Waveguide frequency bands and interior dimensions |                    |                        |                                             |
|---------------------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------------------------|
| Frequency Band                                    | Waveguide Standard | Frequency Limits (GHz) | Inside Dimensions (inches) 1 inch = 5,54 cm |
|                                                   | WR-2300            | 0.32 - 0.49            | 23.000 x 11.500                             |
|                                                   | WR-2100            | 0.35 - 0.53            | 21.000 x 10.500                             |
|                                                   | WR-1800            | 0.43 - 0.62            | 18.000 x 9.000                              |
|                                                   | WR-1500            | 0.49 - 0.74            | 15.000 x 7.500                              |
|                                                   | WR-1150            | 0.64 - 0.96            | 11.500 x 5.750                              |
|                                                   | WR-1000            | 0.75 - 1.1             | 9.975 x 4.875                               |
|                                                   | WR-770             | 0.96 - 1.5             | 7.700 x 3.385                               |
|                                                   | WR-650             | 1.12 to 1.70           | 6.500 x 3.250                               |
| R band                                            | WR-430             | 1.70 to 2.60           | 4.300 x 2.150                               |
| D band                                            | WR-340             | 2.20 to 3.30           | 3.400 x 1.700                               |
| S band                                            | WR-284             | 2.60 to 3.95           | 2.840 x 1.340                               |
| E band                                            | WR-229             | 3.30 to 4.90           | 2.290 x 1.150                               |
| G band                                            | WR-187             | 3.95 to 5.85           | 1.872 x 0.872                               |
| F band                                            | WR-159             | 4.90 to 7.05           | 1.590 x 0.795                               |
| C band                                            | WR-137             | 5.85 to 8.20           | 1.372 x 0.622                               |
| H band                                            | WR-112             | 7.05 to 10.00          | 1.122 x 0.497                               |
| X band                                            | WR-90              | 8.2 to 12.4            | 0.900 x 0.400                               |
| Ku band                                           | WR-62              | 12.4 to 18.0           | 0.622 x 0.311                               |
| K band                                            | WR-51              | 15.0 to 22.0           | 0.510 x 0.255                               |
| K band                                            | WR-42              | 18.0 to 26.5           | 0.420 x 0.170                               |
| Ka band                                           | WR-28              | 26.5 to 40.0           | 0.280 x 0.140                               |
| Q band                                            | WR-22              | 33 to 50               | 0.224 x 0.112                               |
| U band                                            | WR-19              | 40 to 60               | 0.188 x 0.094                               |
| V band                                            | WR-15              | 50 to 75               | 0.148 x 0.074                               |
| E band                                            | WR-12              | 60 to 90               | 0.122 x 0.061                               |
| W band                                            | WR-10              | 75 to 110              | 0.100 x 0.050                               |
| F band                                            | WR-8               | 90 to 140              | 0.080 x 0.040                               |
| D band                                            | WR-6               | 110 to 170             | 0.0650 x 0.0325                             |
| G band                                            | WR-5               | 140 to 220             | 0.0510 x 0.0255                             |
|                                                   | WR-4               | 170 to 260             | 0.0430 x 0.0215                             |
|                                                   | WR-3               | 220 to 325             | 0.0340 x 0.0170                             |
| Y-band                                            | WR-2               | 325 to 500             | 0.0200 x 0.0100                             |
|                                                   | WR-1.5             | 500 to 750             | 0.0150 x 0.0075                             |
|                                                   | WR-1               | 750 to 1100            | 0.0100 x 0.0050                             |

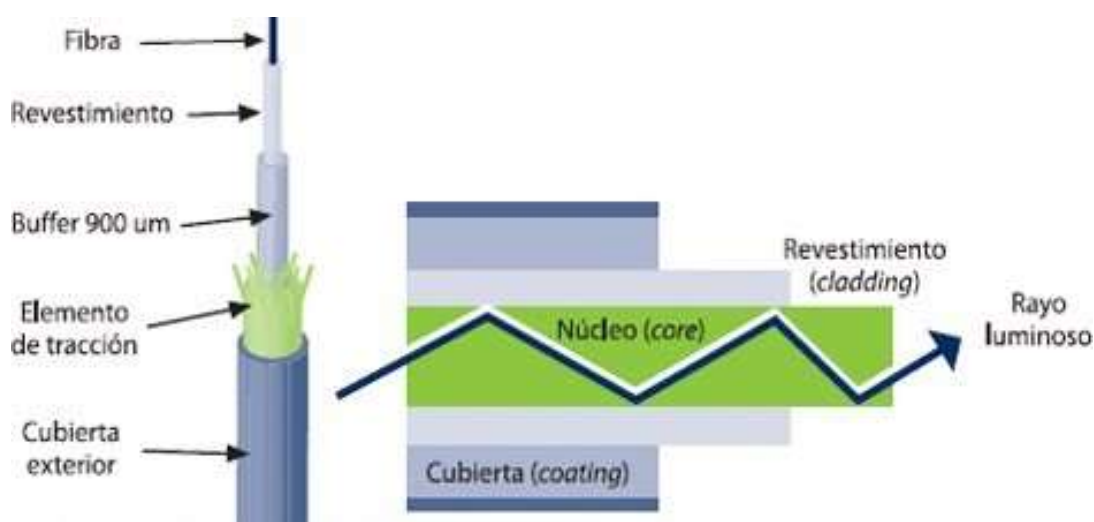
#### 3.4.4. FIBRAS ÓPTICAS

A fibra óptica é un medio de transmisión empregado habitualmente en redes de datos e aplicacións con altas taxas de transmisión. Trátase dun fío moi fino de vidro ou materiais plásticos polo que se envían pulsos de luz nos que se codifican

os datos a transmitir. O feixe de luz queda completamente confinado e propágase polo interior da fibra. A fibra óptica é unha guía de ondas dieléctrica que opera a frecuencias ópticas. A fonte de luz pode ser un emisor láser ou un díodo LED.

As fibras utilízanse amplamente en telecomunicacións, xa que permiten enviar datos a unha gran distancia con velocidades superiores ás de radio ou cable.

Cada filamento consta dun núcleo central de plástico ou cristal, rodeado dunha capa dun material similar cun índice de refracción lixeiramente menor. No interior dunha fibra óptica, a luz vaise reflectindo contra as paredes en ángulos moi abertos, de tal forma que practicamente avanza polo seu centro. Deste xeito, pódense guiar os sinais luminosos sen perdas por longas distancias.



### Vantaxes

- ✓ Pequeno tamaño, por tanto ocupa pouco espazo.
- ✓ Gran flexibilidade, o radio de curvatura pode ser inferior a 1 cm, o que facilita a instalación enormemente.
- ✓ Gran lixeireza; o peso é da orde dalgúns gramos por quilómetro, o que resulta ata nove veces menos que o dun cable convencional.
- ✓ Inmunidade total ás perturbacións de orixe electromagnética, o que implica unha calidade de transmisión moi boa, xa que o sinal é inmune ás interferencias radioeléctricas, transformadores, motores, tormentas...
- ✓ Gran seguridade: a intrusión nunha fibra óptica é facilmente detectable polo enfraquecemento da enerxía luminosa en recepción, ademais, non radia

nada, o que é particularmente interesante para aplicacións que requiren alto nivel de confidencialidade.

- ✓ Non produce interferencias.
- ✓ Atenuación moi pequena o que permite salvar distancias importantes sen elementos activos intermedios, repetidores.
- ✓ Gran resistencia mecánica (resistencia á tracción, o que facilita a instalación).
- ✓ Resistencia á calor, frío, corrosión.
- ✓ Custo menor respecto ao cobre.

### *Desvantaxes*

- ✓ A alta fraxilidade das fibras.
- ✓ Necesidade de usar transmisores e receptores máis caros.
- ✓ Os empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en campo, o que dificulta as reparacións en caso de ruptura do cable.
- ✓ Non pode transmitir electricidade para alimentar repetidores intermedios.
- ✓ A necesidade de efectuar, en moitos casos, procesos de conversión electro-óptica.

### *Tipos de fibras ópticas*

As diferentes traxectorias que pode seguir un feixe de luz no interior dunha fibra denomínanse modos de propagación. E segundo o modo de propagación teremos dous tipos de fibra óptica: multimodo e monomodo.

#### *Fibra multimodo*

Unha fibra multimodo é aquela na que os feixes de luz poden circular por máis dun modo ou camiño, isto supón que non chegan todos á vez. A este fenómeno que deforma os sinais chámase dispersión. As fibras multimodo úsanse comunmente en aplicacións de curta distancia, ata 1 km, os enlaces son simples de deseñar e económicos.

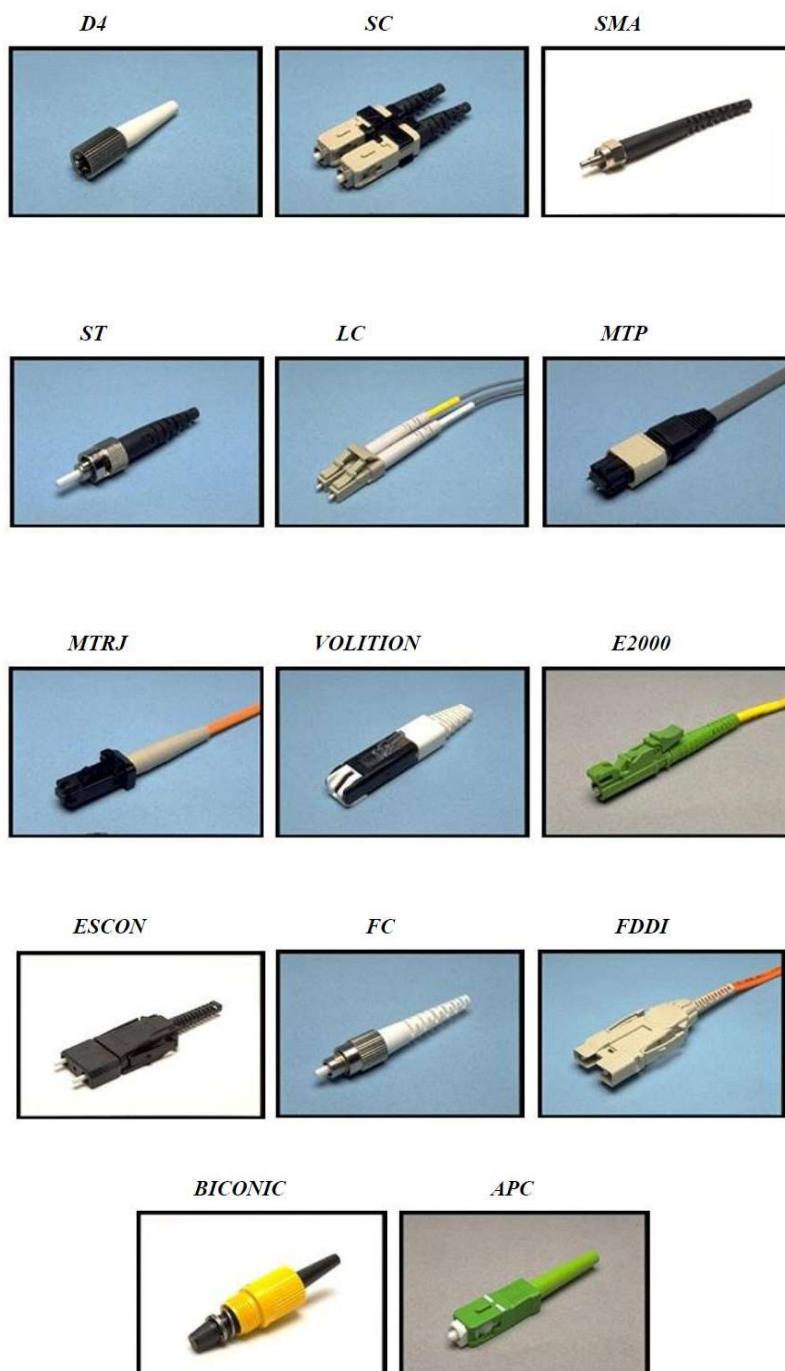
#### *Fibra monomodo*

Unha fibra monomodo é unha fibra óptica na que só se propaga un modo de luz. Lógrase reducindo o diámetro do núcleo da fibra até un tamaño que só permite un

modo de propagación. A súa transmisión é paralela ao eixo da fibra. As fibras monomodo permiten alcanzar distancias maiores que as multimodo (até 400 km máximo, mediante un láser de alta intensidade) e transmitir elevadas taxas de información.

### *Conectores para fibra óptica*

Existe unha enorme variedade de conectores para fibra. Os máis comúns empregados en redes de área local (LAN) son os conectores ST,LC,FC e SC.



Existen conectores para a súa instalación sobre fibra, sen embargo o [proceso de instalación](#) é lento e complexo e a calidade acadada pode non ser suficiente. O máis común é recorrer a trozos de fibra xa conectorizados que se acoplan á fibra por medio dunha [fusión \(splice\)](#) acadando perdas de menos de 0,1dB.

### 3.5.INSTALACIÓN DE CABREADO

Neste apartado falarase de algúns elementos que é necesario coñecer para comprender como se instalan os medios de transmisión nas instalacións de radiocomunicacións.

#### *Bastidores ou racks*

Nas instalacións de radiocomunicacións atopamos equipos que conforman por si mesmos un bastidor que deberá ancorarse ao chan ou á parede, ou ben con outros que están preparados para montalos sobre un rack ou armario que poderán compartir con outros dispositivos doutras funcións e mesmo procedentes de distintos fabricantes. O tipo de rack máis habitual é o de 19 polgadas (482 mm). O espazo dispoñible nun rack mídese en unidades, cada unha das cales equivale a 44,5 mm. Estas medidas están normalizadas de modo que os equipos de distintos fabricantes poidan montarse nun mesmo armario.



O tipo de montaxe consiste na fixación mediante parafusos das “orellas” do equipo a uns buratos situados para isto no interior do rack. Algúns racks dispoñen de railes para facilitar a inserción e a extracción dos elementos.

As principais consideracións que debemos ter en conta cando instalamos equipos nun armario ou rack son as seguintes:

- ✓ O armario debe estar firmemente suxeito ao chan ou á parede, para evitar vibracións e riscos de envorco.
- ✓ Debe dispor dunha pletina para a conexión das tomas de terra e dos dispositivos de protección eléctrica.
- ✓ En caso de dispor de ventilación forzada, os equipos e cabreados deben colocarse de forma que non a dificulten.

### *Pasamuros*

Chamamos pasamuros ao elemento que permite a entrada ou saída de cables desde a torre ao interior da estación de radiocomunicacións. Este poderá consistir nun módulo de tacos de goma con axuste por presión ou nun par de chapas mecanizadas con racores.



En calquera caso, é importante que o pasamuros sexa o máis estanco posible para evitar a entrada de auga e sucidade á estación. Ademais, débese dar aos cables unha lixeira inclinación de baixada desde o pasamuros cara á torre, para evitar que a auga da choiva poida escorregar baixo eles e chegar ao interior.

### *Elementos de suxeición de coaxiais*

Existen diferentes accesorios para fixar e suxeitar os medios de transmisión á torre ou soporte de antenas. O máis utilizado nas torres de celosía é o mostrado na figura da dereita e que se denomina grapa ou morseto.

Estes elementos constan de dúas partes, unha metálica, con forma de U e atravesada por un parafuso, que realiza a suxeición á torre de forma similar a como a realiza un sarxento a unha mesa de traballo, e outra plástica, encargada de suxeitar un ou varios cables ou guías de onda.

Estes morsetos deben colocarse a unha distancia que permita unha suxeición firme e rectilínea do cable (habitualmente colócanse a entre un e dous metros de distancia).



Na seguinte imaxe pode verse un detalle do pasamuros e os morsetos nunha instalación de radio real realizada no monte Aloia en Tui en Febreiro de 2013.



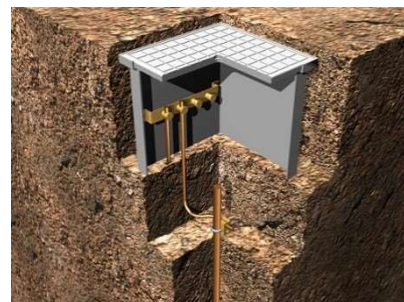
### 3.6. POSTA A TERRA EN INSTALACIÓNS DE RADIO

Calquera equipo eléctrico ou electrónico debe estar protexido mediante unha adecuada posta a terra. No caso dos sistemas de radiocomunicacións, ademais, ao atoparse expostos aos fenómenos meteorolóxicos (tormentas eléctricas e raios), esta protección cobra unha importancia aínda maior.

#### *Arquetas*

A estación de radiocomunicacións debe dispor dun bo sistema de posta a terra. O valor óhmico obtido cun telurómetro debe ser o máis baixo posible. A maioría dos operadores de telecomunicacións esixen que a resistencia da posta a terra sexa inferior a  $5\Omega$ .

A rede de terras consiste habitualmente nunha ou varias picas de cobre de aproximadamente 2 metros de lonxitude cravadas no terreo e unidas por un cable subterráneo de cobre espido. Cada unha das picas, así como as conexións que deban realizarse, estarán aloxadas nas arquetas de toma de terra.

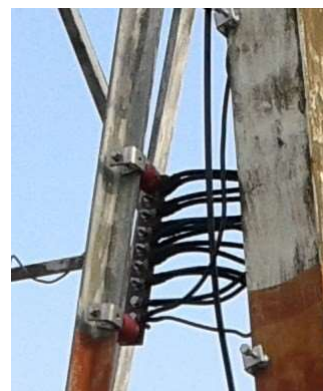


### Caixa de terras

Nunha das patas da torre adóitase colocar unha caixa que contén unha pletina, á cal se conectan as distintas tomas de terra dos elementos instalados sobre ela (descargadores, kits de terra, antenas, soportes, equipos). Esta pletina estará conectada ao anel de terra do emprazamento.

### Pletinas de terra

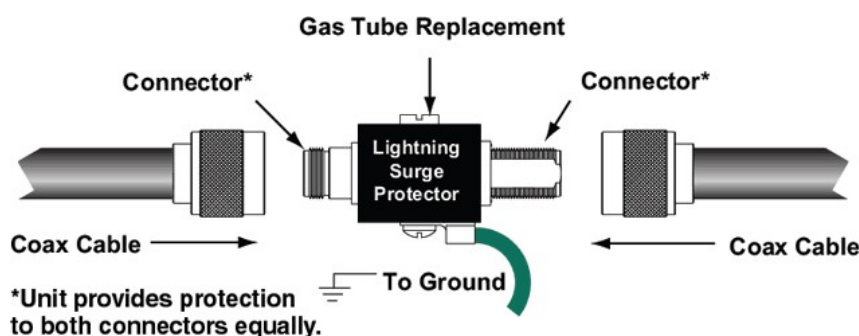
No interior da caseta ou edificio da estación de radiocomunicacións así como na caixa de terras deberán existir unhas pletinas de conexión a terra. Estas pletinas estarán perforadas para permitir a conexión das tomas de terra dos distintos equipos e elementos. As conexións de terra executaranse con cable de cobre espido ou con cable illado de cor amarela-verde.



### Descargadores

Os descargadores son elementos que se colocan en serie co coaxial, protexendo aos equipos de transmisión das sobretensións producidas por fenómenos atmosféricos ou por picos da rede eléctrica. Deberán conectarse directamente a terra, a través dunha pletina ou dun cable que debe discorrer augas abaixo.

Algúns descargadores están baseados nun filtro que desvía a terra todos os sinais de frecuencia diferente a o valor para o que se deseñan. Outros están baseados en tubos de descarga gaseosos que se activan a unha certa tensión.



### Kits de terra

Os kits de terra consisten nunha abrazadera metálica que permite a posta a terra do condutor exterior dos cables coaxiais. Instalaranse polo menos dous no tramo vertical de cada tirada de cable, un na parte superior (antes da curva cara ás antenas) e outro na parte inferior (antes da curva cara ao interior da estación). Se a torre mide máis de 50 metros colocarase un kit máis por cada 25 metros de torre.



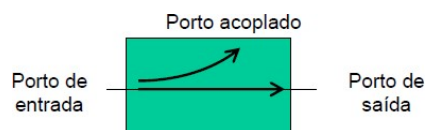
## 3.7.DISTRIBUCIÓN (BRANCHING) DE RADIOFRECUENCIA

Neste apartado falaremos dos diferentes elementos empregados para levar a cabo a distribución da potencia nos sistemas de radiofrecuencia.

### 3.7.1. ACOPLADOR OU DERIVADOR (COUPLER)

O acoplador ten un porto de entrada e dous ou mais portos de saída:

- ✓ Un dos portos será a saída principal onde irá a maior parte da potencia de entrada.
- ✓ Os demais serán portos acoplados que derivarán unha pequena porcentaxe da potencia de entrada. Estes portos están illados dos demais, de xeito que só poden extraer potencia do acoplador e non inxectala.



A Potencia no porto de saída é a da entrada menos as perdas de inserción do acoplador (Insertion Losses, IL). As perdas de inserción son baixas.

$$P_{saída} = P_{entrada} - IL[dB]$$

A Potencia no porto acoplado é a da entrada menos o factor de acoplamento (Coupling Factor, CF).

$$P_{acoplado} = P_{entrada} - CF[dB]$$

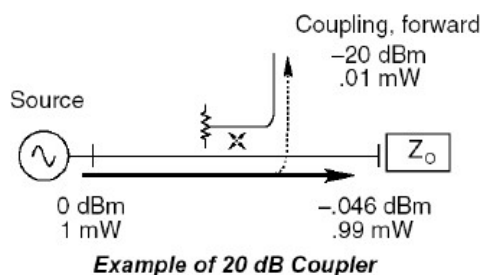
A potencia entregada en calquera dos portos procedente dun dos portos acoplados, é a potencia do porto acoplado menos o factor de illamento (Isolation Factor, IF).

$$P_{saída} = P_{acoplado} - IF[dB]$$

No exemplo da figura temos un derivador con características:

$$IL = 0,046 \text{ dB}$$

$$CF = 20 \text{ dB}$$



### 3.7.2. DIVISOR DE POTENCIA OU REPARTIDOR (POWER SPLITTER)

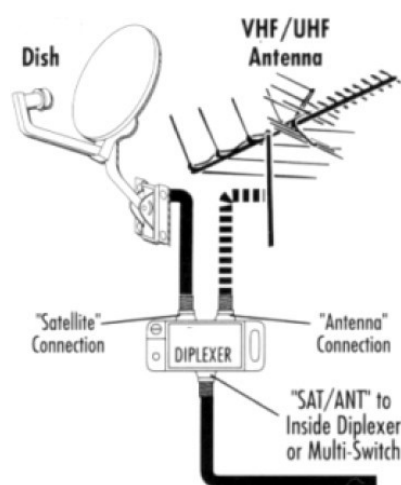
Distribúe en partes iguais a potencia entregada no porto de entrada entre os seus portos de saída. Só divide a potencia, non fai ningún tipo de filtrado como o diplexor que veremos logo. A potencia en todos os portos de saída é a mesma, e calcúlase coma a potencia na entrada menos as perdas de inserción (Insertion Loss). As perdas de inserción dependen do nº de portos de saída e apenas varían coa frecuencia.



### 3.7.3. DIPLEXOR OU COMBINADOR (DIPLEXER)

É un multiplexor en frecuencia, filtra unha canle de radio (rango de frecuencias) distinta en cada portode entrada e mézclaas na saída. No senso contrario serve para demultiplexar ou separar as canles.

Cada porto ten perdas de inserción diferentes e opera nunha banda de frecuencia distinta. As bandas precisan ter certa separación para que o diplexor as filtre correctamente.



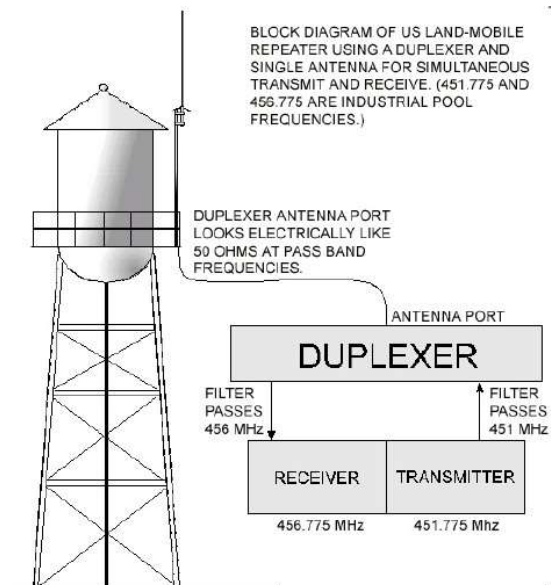
Pode ter mais de dous portos de saída. Se ten 3 portos chamase triplexor, cuatriplexor, etc.

#### 3.7.4. DUPLEXOR (DUPLEXER)

Separa os dous sensores de propagación (transmisión e recepción) de xeito que se pode empregar a mesma antena para transmitir e recibir.

O duplexor separa radiocanles do mesmo senso de propagación. Pola súa banda o duplexor separa radiocanles de distinto senso de propagación.

A diferenza dun duplexor cun circulator (circulator) é que o duplexor ademais filtra os canles para evitar interferencias entre eles.



#### 3.7.5. ATENUADOR (ATTENUATOR)

Os atenuadores serven para diminuír a potencia que os atravesa.



#### 3.7.6. ILLADOR (ISOLATOR)

O illador só permite que flúa o campo electromagnético a través del nun único senso.

