



# Módulo 3: Medios de Transmisión

## Medios y técnicas de transmisión cableados e inalámbricos

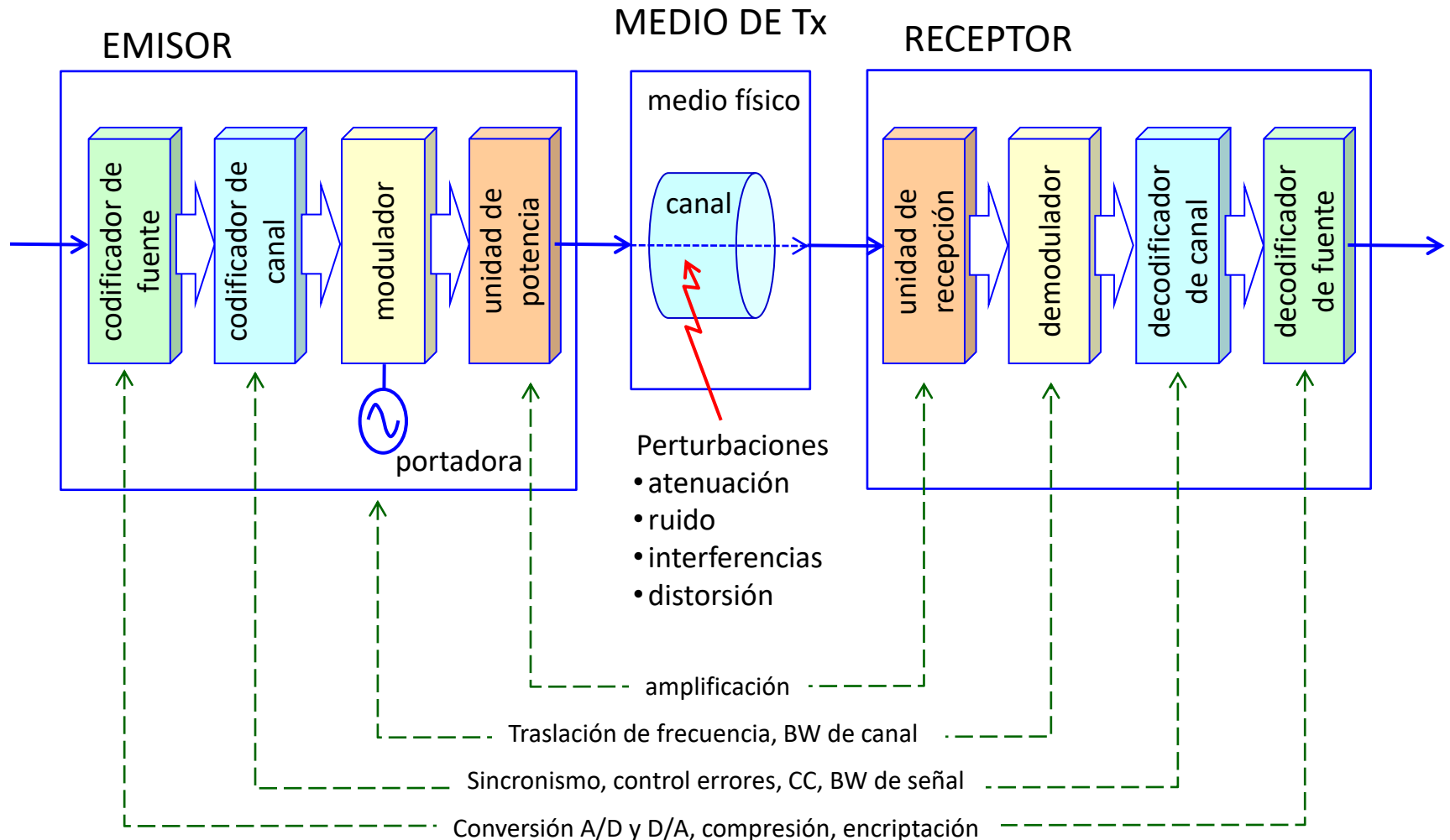
Relator: Jorge Olivares A.  
2012



# Contenidos

Modelo general de un sistema de telecomunicaciones  
La problemática de la transmisión digital  
La problemática de los medios de transmisión  
Disponibilidad y facilidad de instalación, operación y mantención.  
Clasificación de los medios de transmisión  
Medios guiados (Cables multipares)  
Cables multipares (calibres)  
Cables multipares (telefonía y banda ancha)  
Cables multipares (concepto y estructura del cable)  
Cables multipares (mediciones planta externa)  
Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)  
Cables multipares (código de colores)  
Cables multipares (cableado estructurado)  
Cables coaxiales (tipos según soporte)  
Cables coaxiales (tipos)  
Cables coaxiales flexibles(especificaciones)  
Especificaciones de cables coaxiales  
Conectores para cable coaxial  
Aplicación de coaxial en redes HFC

Fibra óptica (fundamentos)  
Fibra óptica (mecanismo de propagación de la luz)  
Fibra óptica (ventanas espectrales)  
Fibra óptica (conectores)  
Fibra óptica ( unión de conectores)  
Cables fibra óptica (aplicación GPON)  
Fundamentos de Propagación y Antenas  
Modelos de representación  
Modulaciones analógicas y digitales para servicios terrestres y satelitales  
Modulación digital  
Modulación digital PSK y QAM  
Modulación OFDM  
Parámetros de la comunicación digital inalámbrica  
Modelos de representación  
Tipos y características de antenas  
Parámetros y cálculos de radioenlaces  
Aplicaciones inalámbricas (WIFI)  
Envío de una trama en 802.11 con AP  
Aplicaciones inalámbricas (WIFI)  
Aplicaciones inalámbricas (RFID)  
Estándares RFID





## La problemática de la transmisión digital

- ✓ Transporte de información en el menor tiempo, a la mayor velocidad posible, en forma segura y eficiente.
- ✓ Utilizar el menor ancho de banda posible (BW) para transportar la mayor cantidad de información.
- ✓ Transporte libre de errores o con capacidad de controlarlos.
- ✓ En caso de falla o interrupción del servicio, lograr el restablecimiento en el menor tiempo posible y con las menores pérdidas.



## La problemática de los medios de transmisión

- ✓ Disponibilidad y facilidad de instalación, operación y mantenimiento.
- ✓ Capacidad, atenuación, inmunidad a interferencias.
- ✓ Calidad, confiabilidad y seguridad en el transporte de información.
- ✓ Costos de instalación, operación y mantenimiento.



# Clasificación de los medios de transmisión

Medios de tx {  
 Guiados  
 No guiados

Guiados	eléctrico	par de cobre	multipar telefónico	1 a 2400 pares, AWG 26, 24, 22, 18	UTP STP ScTP
			cableado estructurado	4 pares, AWG 24, 22	
			coaxial	rígido	
			flexible	75 $\Omega$ , RG-59, RG-6, RG-11	
				50 $\Omega$ , RG-58, RG-8	
	óptico	fibra óptica	SM Monomodo	Redes PON, FFTx	
			MM Multimodo	cableado estructurado	
	electromagnético	guía de onda			



# Clasificación de los medios de transmisión

No guiados	electromagnético	ondas de radio	Comunicaciones terrestres	radiodifusión	AM, FM	
				televisión	analógica	NTSC
					digital	ISDB-Tb MMDS
				enlaces microondas	minilink	
				trunked	Tetra	
				coordless	DECT-1900	
				celular	2G: GSM	
					3G: UMTS	
				datos	WPAN	BlueTooth
					WLAN	WIFI, DLNA
	WMAN	WiMax				
	Comunicaciones satelitales	Televisión	DBS, DTH			
		Datos	VSAT			
		Telefonía				
		Geoposicionamiento	GPS			
Telemetría/Telecontrol	Zigbee					
	RFID					
óptico	Infrarrojo	Telemetría/Telecontrol	Mando a distancia			
		comunicaciones terrestres	FSO			

# Medios guiados (Cables multipares)



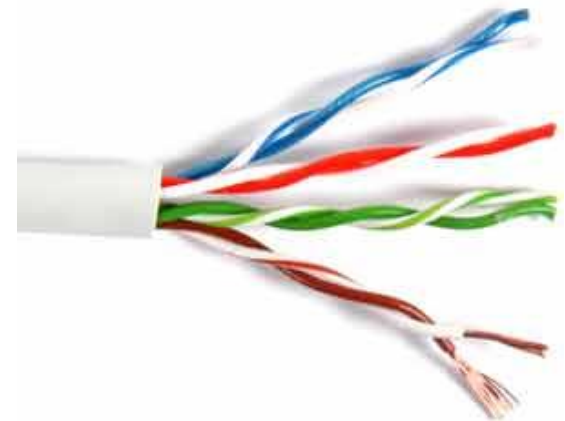
Cable 100 pares



Empalme de cable multipar



Cable 2400 pares

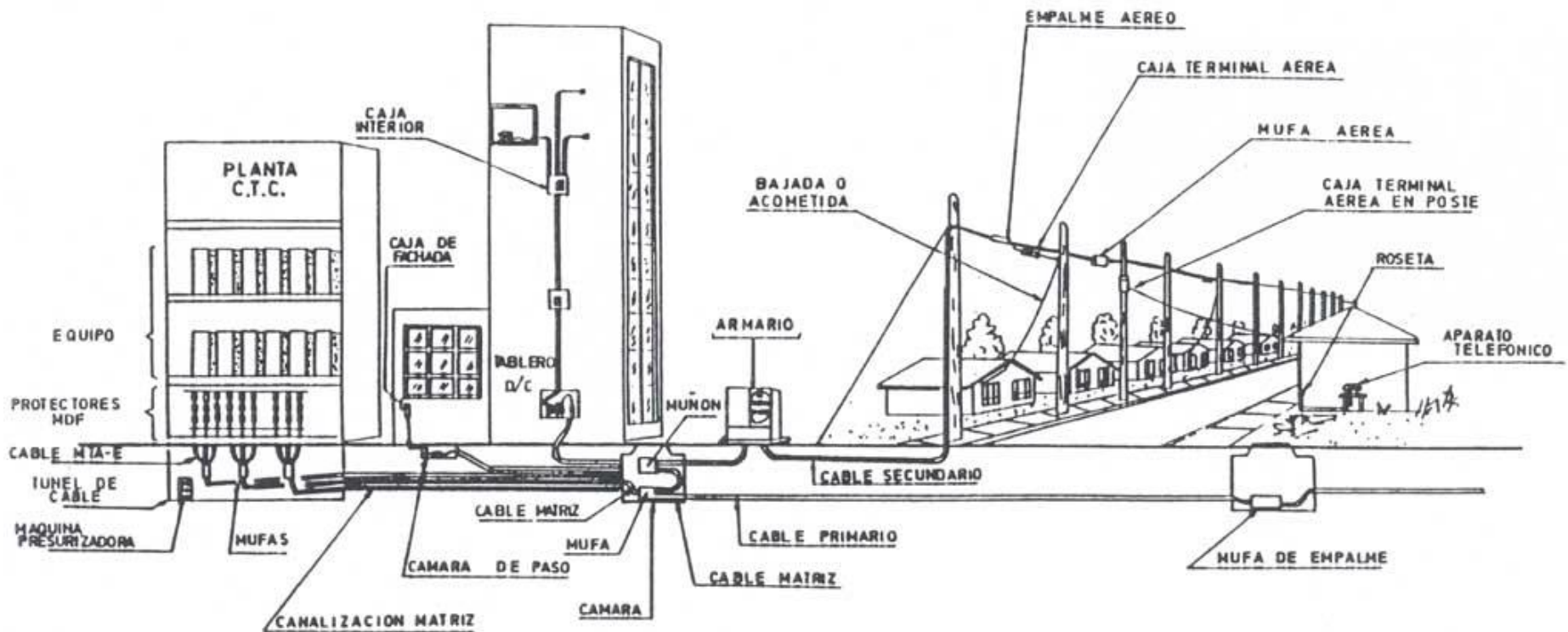


Cable UTP 4 pares



# Medios guiados (Cables multipares)

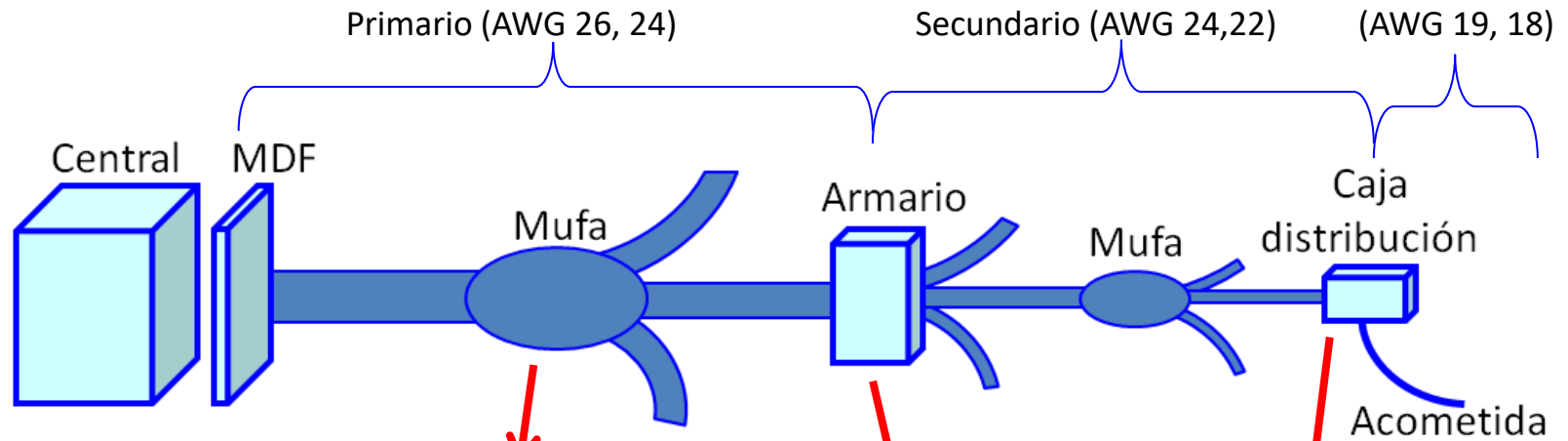
Diagrama de instalación de red de pares de cobre para telefonía



Fuente: Telefónica

# Cables multipares (calibres)

Diagrama esquemático de red de pares de cobre para telefonía



AWG	Diám. (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )
17	1.15	1.04
18	1.024	0.823
19	0.912	0.653
20	0.812	0.519
21	0.723	0.412
22	0.644	0.325
23	0.573	0.259
24	0.511	0.205
25	0.455	0.163
26	0.405	0.128
27	0.361	0.102
28	0.321	0.0804



## Ejemplo: Cable multipar Furukawa

### CABLE TELEFÓNICO METÁLICO PAL RS

#### Aplicación

Las rigurosas características técnicas de este cable le permiten transmisión de señales analógicas y digitales posibilitando una buena calidad en servicios de voz y datos. Recomendado para redes externas como cable tronco, primario o secundario, debiendo instalarse en ductos.

#### Características constructivas

Cantidad de pares	10 hasta 2400
Núcleo	Relleno
Conductor	Cobre desnudo, calibres 26 y 24 AWG
Aislamiento	Foam Skin
Compuesto de relleno	Gel tipo ETPR
Cubierta externa	PAL
Color	Negro



26 AWG				24 AWG				
pares	∅ externo (mm)	masa (Kg/Km)	longitud (m)	pares	∅ externo (mm)	masa (Kg/Km)	longitud (m)	
10	8,9	82	2000	10	9,7	99	2000	
20	10,7	126		20	12,3	162		
30	12,4	169		30	13,6	240		
50	14,2	252		50	16,8	336		
75	17,7	355		75	19,9	543		
100	18,7	446		100	22,9	657		
200	25,3	834		200	32,3	1336		1000
300	30,1	1215		300	37,9	1927		500
400	34,2	1606		400	43,3	2490		
600	41,5	2274		600	51,4	3672		
900	49,6	3348	400	900	60,8	4908	400	
1200	56,7	4386		1200	64,2	7209		
1500	62,9	5782						
1800	68,3	6770						
2400	76,3	8702						

Fuente: Catálogo Furukawa



# Cables multipares (telefonía y banda ancha)

## CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Cable		PAL; PAL-AS; PAL-R; PAL-RS					
		Sólido	Foam Skin	Sólido	Foam Skin		
Calibre del conductor AWG (mm)		26 (0,404)		24 (0,511)			
Resistencia eléctrica máxima (W / km a 20°C)		144,2		89,5			
Desequilibrio resistivo (%)		Promedio máximo		1,5			
		Máximo individual		5,0			
Capacidad mutua (nF/km)	Promedio	≤ 20 pares		52 ± 4			
		> 20 pares		52 ± 2			
Atenuación de transmisión (dB/km)	150 kHz	Promedio	Relleno	11,2	12,1	7,4	7,8
			Seco	11,4	n/a	8,0	n/a
	1024 kHz	Promedio	Relleno	25,1	25,8	19,0	19,5
			Seco	26,0	n/a	19,8	n/a

## FAMILIA DE CABLES PARA TRANSMISIONES EN BANDA ANCHA

Frecuencia de operación	8,5 MHz	40 MHz								
Cable	PAL-xDSL; PAL-AS-xDSL; PAL-RS-xDSL	PAL-xDSL; PAL-AS-xDSL; PAL-RS-xDSL								
Descripción	Núcleo seco o relleno y calibre del conductor de 26 AWG (0,404 mm)	Núcleo seco o relleno y calibre del conductor de 24 AWG (0,511 mm)								
Características de transmisión										
Frecuencia (MHz)	Impedancia Característica (W)	Atenuación de transmisión a 20 °C (dB/100m)	PSNEXT (dB)	PSELFEXT (dB/100 m)	Pérdida de retorno (dB)	Impedancia característica (W)	Atenuación de transmisión a 20 °C (dB/100 m)	PSNEXT (dB)	PSELFEXT (dB/100 m)	Pérdida de retorno (dB)
0,15	130 ± 20	0,9	67	66	36	100 ± 15	0,8	73	71	39
0,30		1,2	63	63	32		1,0	69	68	36
0,50		1,3	59	58	30		1,3	66	64	34
1,1		1,9	50	52	28		1,9	58	57	32
2		2,4	45	47	26		2,6	53	51	31
6,3		4,1	39	38	24		4,7	46	44	29
8,5		4,8	34	34	18		5,5	42	40	21
20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	8,7	39	35	18	
31,25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10,9	34	30	15	
40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	12,4	32	23	14	

Fuente: Catálogo Furukawa



# Cables multipares (telefonía y banda ancha)

Código	EAP-SP stock	Formación (pares)	Bobinas (m)	tipo bobinas	Diámetro (mm)	Peso (kg/Km)
<b>Cables EATI 0,405 mm</b>						
674006ANGP	No	6x2x0,405	2.000	09	7,4	73
674011ANGP	No	11x2x0,405	2.000	09	8	77
674016ANGP	No	16x2x0,405	2.000	10	8,9	95
674026ANGP	No	26x2x0,405	2.000	12	10,4	135
674051ANGP	No	51x2x0,405	2.000	14	13,2	225
674076ANGP	No	76x2x0,405	2.000	14	15,4	320
6740BAANGP	No	101x2x0,405	1.000	11	17,2	400
6740BBANGP	No	152x2x0,405	1.000	13	20,5	580
6740BCANGP	No	202x2x0,405	1.000	14	23,3	760
6740BDANGP	No	303x2x0,405	1.000	14	27,5	1100
6740BEANGP	No	404x2x0,405	400/1.000	14/18	31,2	1400
6740BFANGP	No	606x2x0,405	500	18	37,3	2050
6740BGANGP	No	909x2x0,405	400	18	45,1	3000
6740BHANGP	No	1212x2x0,405	400	20	51,3	3900
6740BIANGP	No	1818x2x0,405	400	22	61,9	5800
6740BJANGP	No	2424x2x0,405	400	25	70,8	7700

Código	EAP-SP stock	Formación (pares)	Bobinas (m)	tipo bobinas	Diámetro (mm)	Peso (kg/Km)
<b>Cables EATI 0,64 mm</b>						
6740068NGP	No	6x2x0,64	2.000	10	9	115
6740118NGP	No	11x2x0,64	1.000	10	11,2	145
6740168NGP	No	16x2x0,64	2.000	10	11,7	175
6740268NGP	No	26x2x0,64	2.000	12	13,4	235
6740518NGP	No	51x2x0,64	2.000	14	16,1	415
6740768NGP	No	76x2x0,64	2.000	14	18,2	575
6740BA8NGP	No	101x2x0,64	1.000	11	20,6	775
6740BB8NGP	No	152x2x0,64	1.000	13	24,2	1105
6740BC8NGP	No	202x2x0,64	1.000	14	27,7	1455
6740BD8NGP	No	303x2x0,64	1.000	14	32,5	2005
6740BE8NGP	No	404x2x0,64	400/1.000	14/18	37,3	2705
6740BF8NGP	No	606x2x0,64	500	18	45,2	3705
6740BG8NGP	No	909x2x0,64	400	18	53,4	4950
6740BH8NGP	No	1212x2x0,64	400	20	62,1	6525

Código	EAP-SP stock	Formación (pares)	Bobinas (m)	tipo bobinas	Diámetro (mm)	Peso (kg/Km)
<b>Cables EATI 0,91 mm</b>						
6740069NGP	No	6x2x0,91	2.000	10	10,4	145
6740119NGP	No	11x2x0,91	1.000	10	12,6	185
6740169NGP	No	16x2x0,91	2.000	10	13,3	225
6740269NGP	No	26x2x0,91	2.000	12	15,3	305
6740519NGP	No	51x2x0,91	2.000	14	18,2	495
6740769NGP	No	76x2x0,91	1.000	14	20,9	685
6740BA9NGP	No	101x2x0,91	1.000	11	23,3	915
6740BB9NGP	No	152x2x0,91	500	16	27,4	1305
6740BC9NGP	No	202x2x0,91	500	20	31,3	1705
6740BD9NGP	No	303x2x0,91	300	20	37,9	2495
6740BE9NGP	No	404x2x0,91	300	20	44,8	3305
6740BF9NGP	No	606x2x0,91	300	22	53,7	4405

A partir de una especificación técnica o de un cálculo, determinar el tipo de cable a utilizar y los restantes parámetros

A partir de una marca y modelo de cable, determinar sus parámetros y aplicarlos en un problema o verificar mediante mediciones

90
105
130
190
330
460
610
880
1150
1650
2150
2700
3200
3700
4200
4700
5200
5700
6100
6500
6900
7300
7700
8100
8500
8900
9300
9700
10100
10500
10900
11300
11700
12100
12500
12900
13300
13700
14100
14500
14900
15300
15700
16100
16500
16900
17300
17700
18100
18500
18900
19300
19700
20100
20500
20900
21300
21700
22100
22500
22900
23300
23700
24100
24500
24900
25300
25700
26100
26500
26900
27300
27700
28100
28500
28900
29300
29700
30100
30500
30900
31300
31700
32100
32500
32900
33300
33700
34100
34500
34900
35300
35700
36100
36500
36900
37300
37700
38100
38500
38900
39300
39700
40100
40500
40900
41300
41700
42100
42500
42900
43300
43700
44100
44500
44900
45300
45700
46100
46500
46900
47300
47700
48100
48500
48900
49300
49700
50100
50500
50900
51300
51700
52100
52500
52900
53300
53700
54100
54500
54900
55300
55700
56100
56500
56900
57300
57700
58100
58500
58900
59300
59700
60100
60500
60900
61300
61700
62100
62500
62900
63300
63700
64100
64500
64900
65300
65700
66100
66500
66900
67300
67700
68100
68500
68900
69300
69700
70100
70500
70900
71300
71700
72100
72500
72900
73300
73700
74100
74500
74900
75300
75700
76100
76500
76900
77300
77700
78100
78500
78900
79300
79700
80100
80500
80900
81300
81700
82100
82500
82900
83300
83700
84100
84500
84900
85300
85700
86100
86500
86900
87300
87700
88100
88500
88900
89300
89700
90100
90500
90900
91300
91700
92100
92500
92900
93300
93700
94100
94500
94900
95300
95700
96100
96500
96900
97300
97700
98100
98500
98900
99300
99700
100100
100500
100900
101300
101700
102100
102500
102900
103300
103700
104100
104500
104900
105300
105700
106100
106500
106900
107300
107700
108100
108500
108900
109300
109700
110100
110500
110900
111300
111700
112100
112500
112900
113300
113700
114100
114500
114900
115300
115700
116100
116500
116900
117300
117700
118100
118500
118900
119300
119700
120100
120500
120900
121300
121700
122100
122500
122900
123300
123700
124100
124500
124900
125300
125700
126100
126500
126900
127300
127700
128100
128500
128900
129300
129700
130100
130500
130900
131300
131700
132100
132500
132900
133300
133700
134100
134500
134900
135300
135700
136100
136500
136900
137300
137700
138100
138500
138900
139300
139700
140100
140500
140900
141300
141700
142100
142500
142900
143300
143700
144100
144500
144900
145300
145700
146100
146500
146900
147300
147700
148100
148500
148900
149300
149700
150100
150500
150900
151300
151700
152100
152500
152900
153300
153700
154100
154500
154900
155300
155700
156100
156500
156900
157300
157700
158100
158500
158900
159300
159700
160100
160500
160900
161300
161700
162100
162500
162900
163300
163700
164100
164500
164900
165300
165700
166100
166500
166900
167300
167700
168100
168500
168900
169300
169700
170100
170500
170900
171300
171700
172100
172500
172900
173300
173700
174100
174500
174900
175300
175700
176100
176500
176900
177300
177700
178100
178500
178900
179300
179700
180100
180500
180900
181300
181700
182100
182500
182900
183300
183700
184100
184500
184900
185300
185700
186100
186500
186900
187300
187700
188100
188500
188900
189300
189700
190100
190500
190900
191300
191700
192100
192500
192900
193300
193700
194100
194500
194900
195300
195700
196100
196500
196900
197300
197700
198100
198500
198900
199300
199700
200100
200500
200900
201300
201700
202100
202500
202900
203300
203700
204100
204500
204900
205300
205700
206100
206500
206900
207300
207700
208100
208500
208900
209300
209700
210100
210500
210900
211300
211700
212100
212500
212900
213300
213700
214100
214500
214900
215300
215700
216100
216500
216900
217300
217700
218100
218500
218900
219300
219700
220100
220500
220900
221300
221700

# Cables multipares (telefonía y banda ancha)

Túnel de cables



MDF: Main Frame Distribution

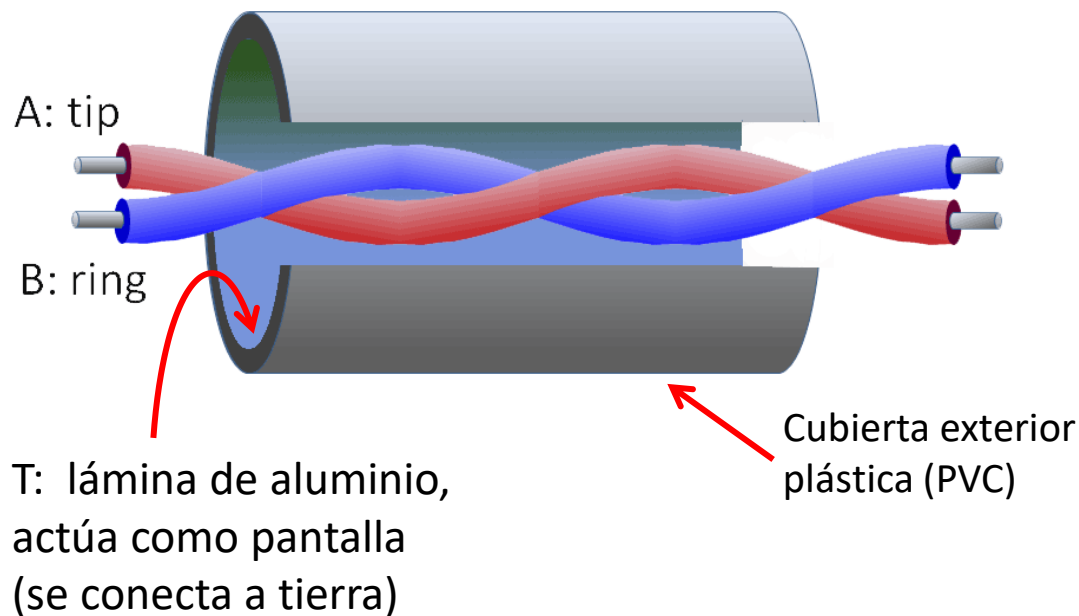


Referencia: Telefónica

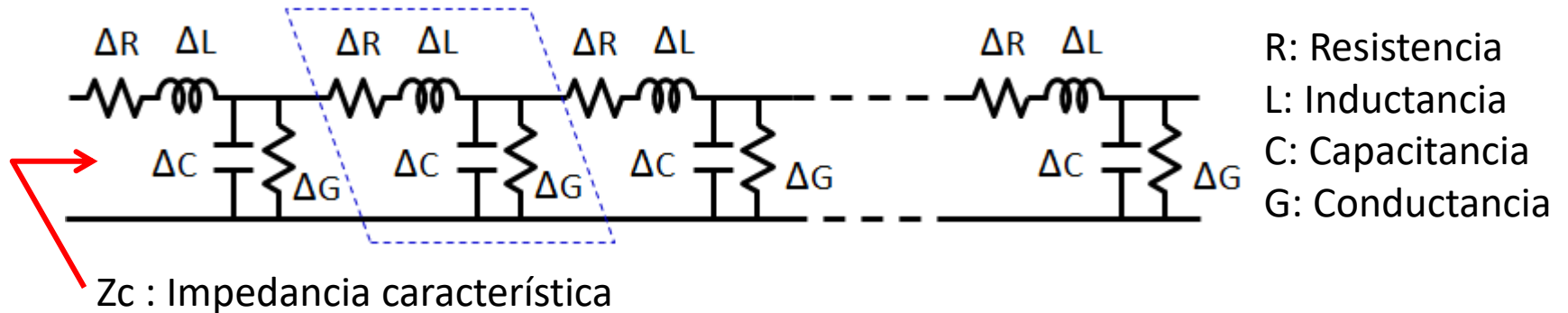
# Cables multipares (concepto y estructura del cable)

Definición:

Par: Dos conductores paralelos y trenzados, denominados “hilo” A (Tip) e “hilo” B (Ring)



Circuito eléctrico equivalente de una línea de transmisión



Una línea de transmisión es un complejo circuito eléctrico formado por infinitas secciones L que contienen componentes equivalentes a resistencias, condensadores e inductancias.

Mediciones eléctricas sobre los conductores A-B, A-T y B-T:

- Voltaje
- Aislación
- Resistencia de loop
- Capacidad



## Instrumento Dynatel 965AMS de 3M

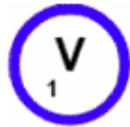


Combina los instrumentos de medición mas comunes de uso en redes de telecomunicaciones de cobre para Voz y Banda Ancha con la facilidad de usar módulos de prueba enchufables:

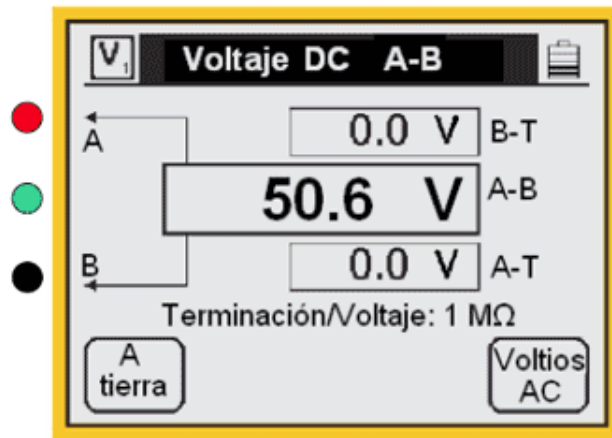
- Localizador de fallas en red Telefónica
- TDR
- Analizador
- Modem ADSL2+ (ATU-R)



# Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



**VOLTAJE 1** – SE USA PARA MEDIR VOLTAJES EN DC O AC EN UN PAR TELEFONICO QUE SE CONECTE ENTRE LAS PUNTAS DE PRUEBA DE COLOR NEGRO, ROJO (A Y B) Y VERDE (TIERRA). PERMITE DETECTAR FALLAS COMO CRUCE DE BATERÍA y MEDIR LOS VOLTAJES QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES.

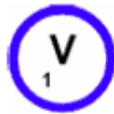


**Rango de Medición de Voltaje:**  
DC: 0 a 300 Voltios.  
AC: 0 a 250 Voltios

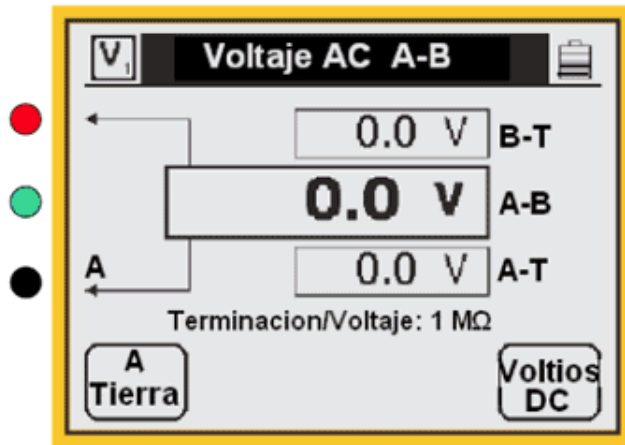
**Voltaje de operación normal de línea telefónica POTS: - 48 a -55 V. DC**



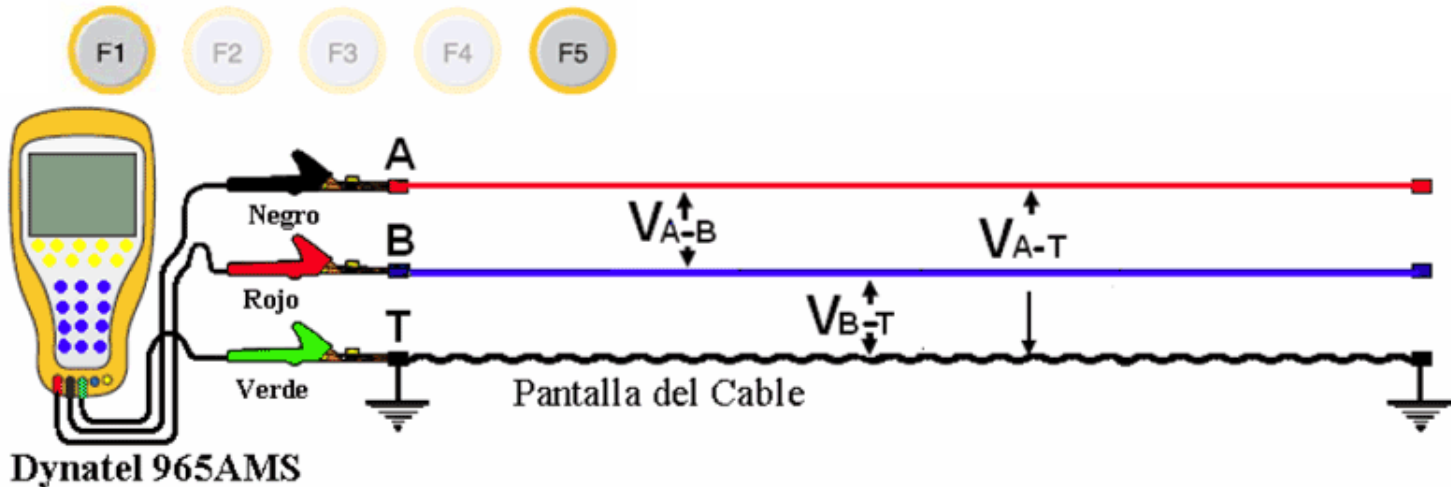
LA TECLA **F1** PERMITE REALIZAR LA MEDICIÓN ENTRE LAS TRES PUNTAS DE PRUEBA (A, B o Tierra). LA TECLA **F5** ES USADA PARA SELECCIONAR ENTRE MEDICIONES DE VOLTAJE AC o DC.



## Proceso para medir Voltajes AC entre A-B, A-T y B-T



Al presionar la tecla **F5**, el equipo se configura para medir voltajes en AC. Inicialmente entre A y B y con el uso de la tecla **F1**, se realizan las mediciones de voltaje AC entre A-Tierra y B-Tierra. Al igual que las lecturas de voltaje DC, estas permanecen en pantalla hasta que se haga una nueva prueba.

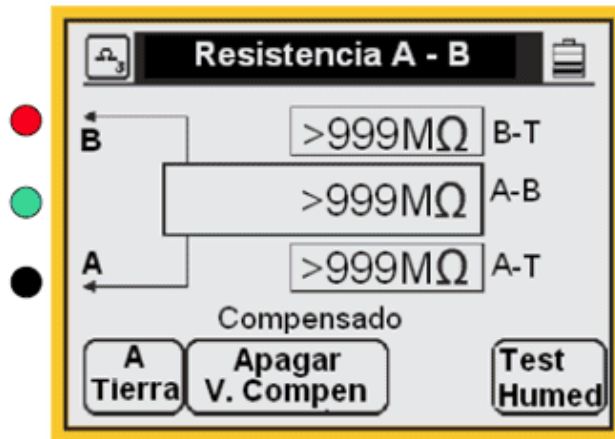




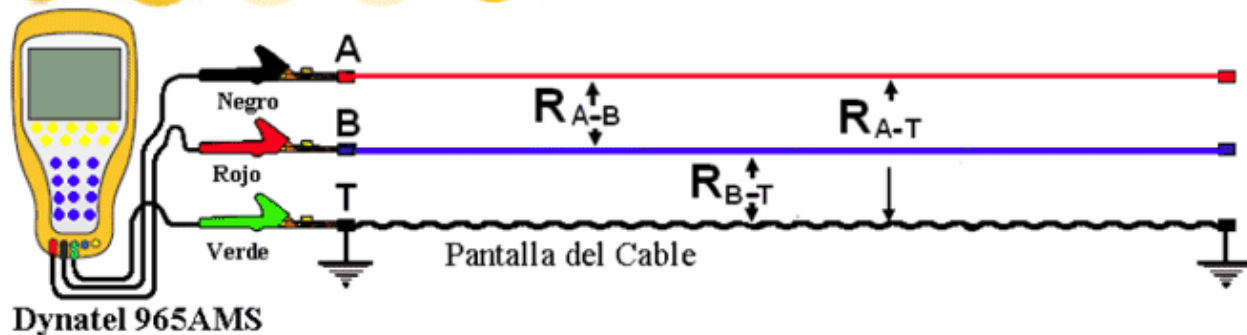
# Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



**RESISTENCIA  $\Omega/3$**  - Se usa para medir resistencia de bucle y/o la resistencia del aislamiento de un par (función de megger de bajo voltaje  $\leq 100$  Voltios, recomendado para mediciones de redes en servicio, para no causar interferencias o daños a los equipos instalados en la red ).



Rango de Medición : 0 a 999 M $\Omega$ .



19

Referencia: manual Dynatel

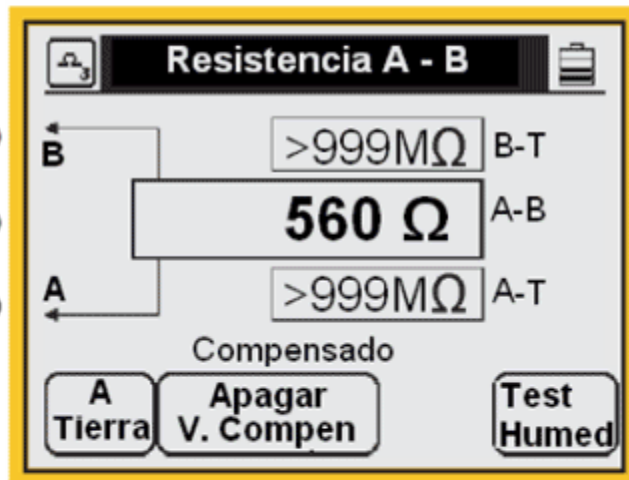


# Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



CONTINUACION

## RESISTENCIA DE BUCLE



Rango de Medición : 0 a 999 MΩ.

LA MEDICION DE RESISTENCIA DE BUCLE PERMITE DETECTAR FALLAS DE CONTINUIDAD (ABIERTOS). LA RESISTENCIA DE BUCLE DE UN PAR PUEDE VARIAR ENTRE 1 Ω A 1300 Ω.

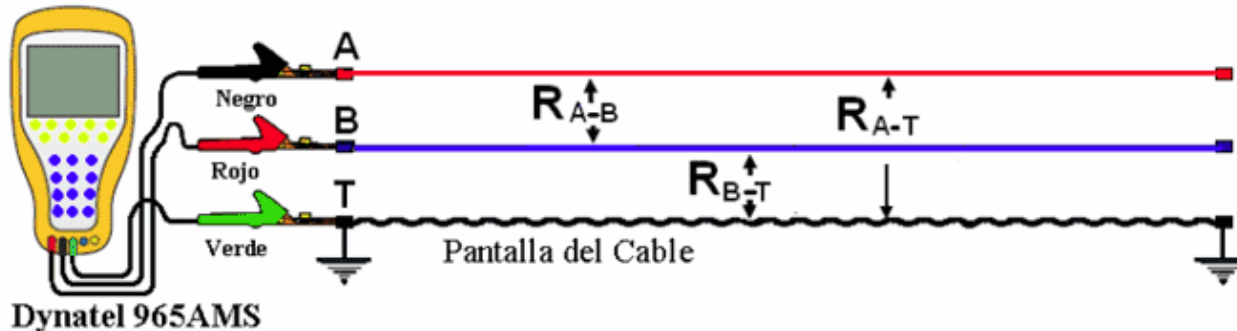




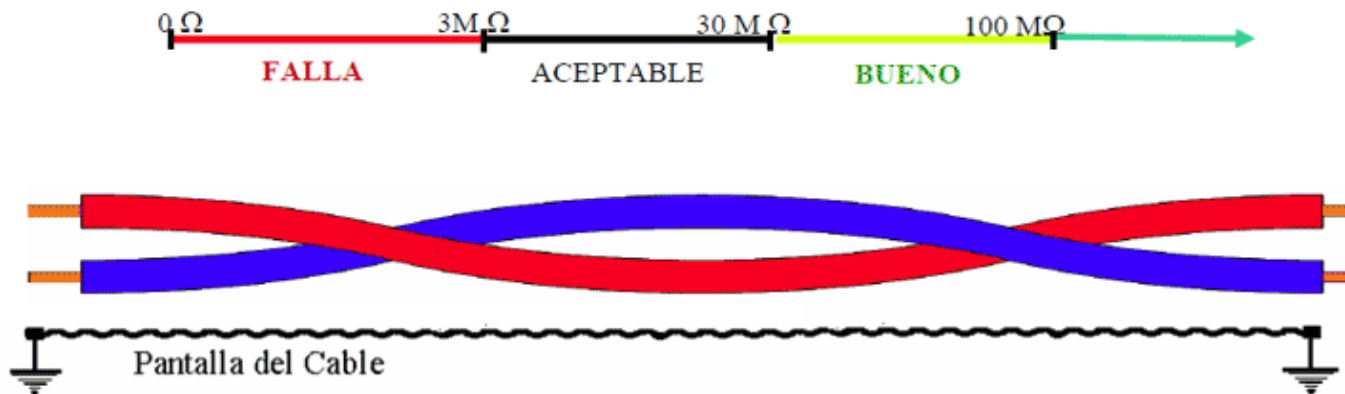
CONTINUACION

## RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

LA MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO PERMITE DETECTAR FALLAS RESISTIVAS COMO: CORTO, TIERRA o BATERIA

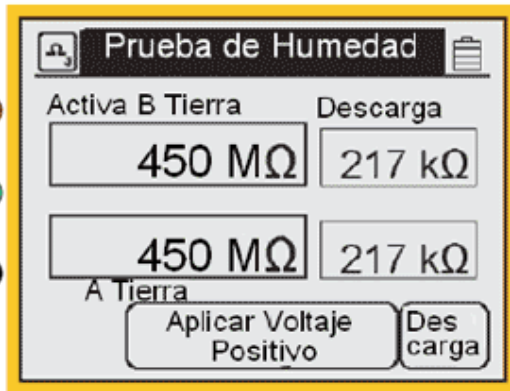


LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO PARA RED EN SERVICIO DEBE SER SUFICIENTEMENTE ALTA PARA EVITAR FUGAS A TIERRA O ENTRE HILOS.





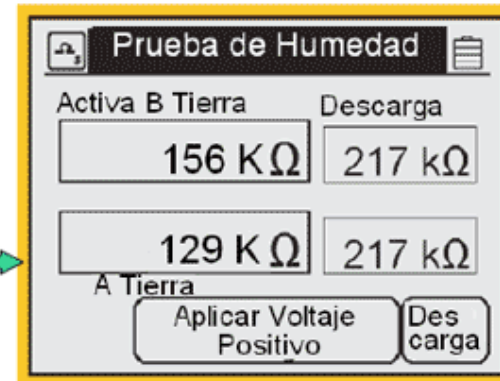
**PRUEBA DE HUMEDAD** La función “Prueba de Humedad” sirve para determinar si una falla resistiva es causada por humedad, corrosión o es una resistencia pura (corto, tierra o cruce físico). Presione la tecla “Prueba de Humedad” para acceder al menú.



Una de las características de un cable con humedad, es que la corriente del medidor de aislamiento, puede “secar” la humedad. El megohmetro muestra inicialmente una lectura de aislamiento baja, luego después de 1 o 2 minutos la resistencia de aislamiento se incrementa hasta una lectura alta. Esto indica que la falla es causada por humedad en el cable.

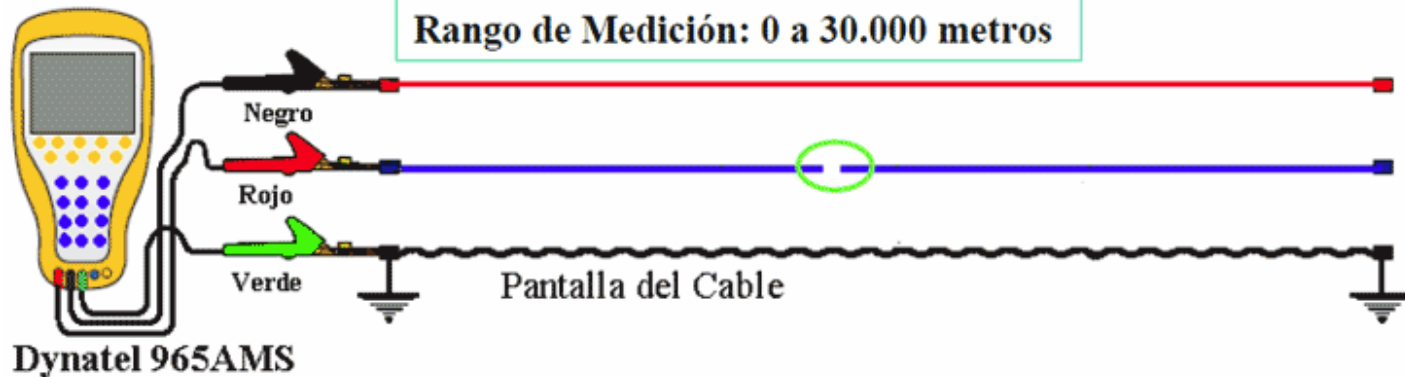
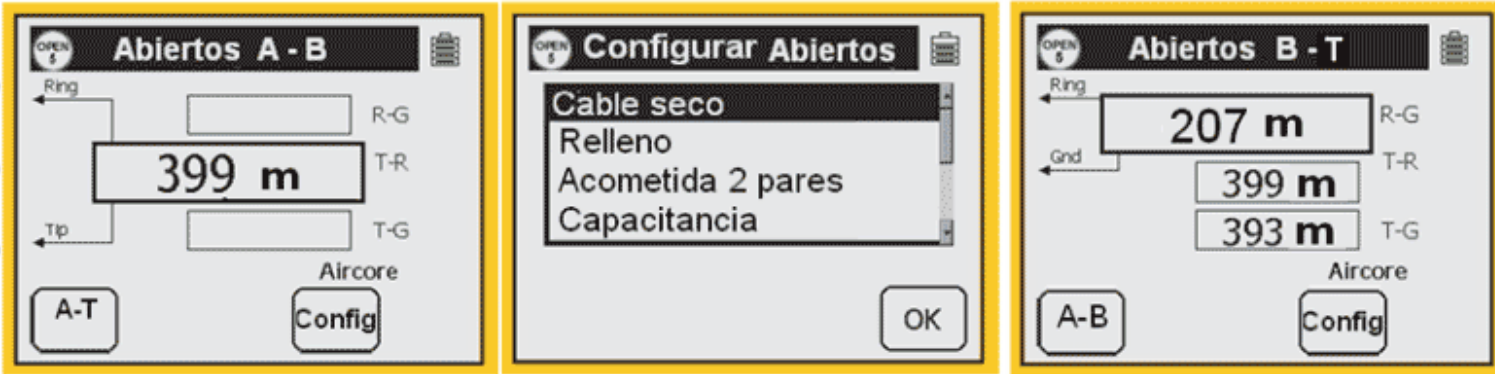


Una de las propiedades características de una falla causada por corrosión es que al aplicarle la corriente del megohmetro, la falla producida por la corrosión se vuelve mejor conductor, lo que causa una disminución de la resistencia de la lectura activa. Esta falla puede ser localizada usando RFL.





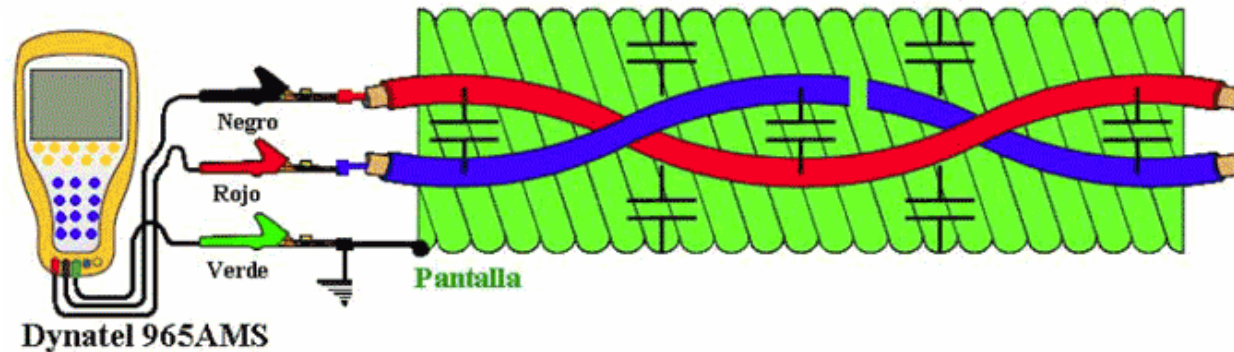
**MEDICION DE ABIERTOS** - Se usa para localizar fallas de continuidad o Capacitivas (Hilos o pares Abiertos, Abierto Parcial) puede medir además la capacitancia de los pares telefónicos (Capacimetro de 0 a 1500 nF).










## Medición de pares Abiertos



LA FUNCIÓN  [ABIERTOS] MIDE LA DISTANCIA A UN HILO O PAR ABIERTO (TOTAL O PARCIAL) MEDIANTE UN PUENTE DE MEDICION CAPACITIVO.

CON LA TECLA  SE CONFIGURA EL TIPO DE AISLAMIENTO DEL CABLE, ( PLASTICO SECO, RELLENO, ESPECIAL, ACOMETIDA, CABLE CALIBRADO etc). LA FUNCIÓN ES MÁS EXACTA SI TODOS LOS PARES DEL CABLES ESTAN ACTIVOS (Pares en servicio).

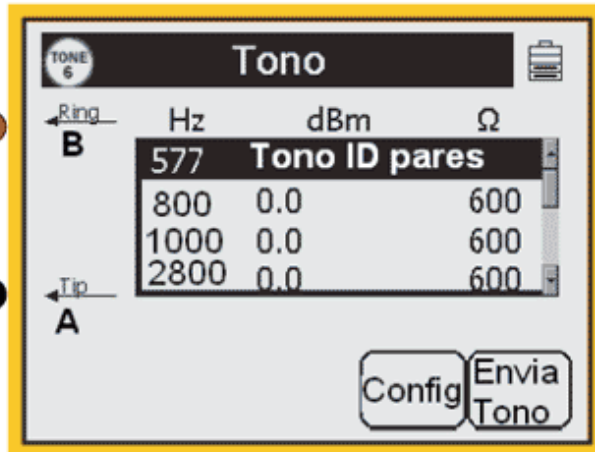
EL 965AMS PRIMERO MEDIRA LA DISTANCIA DEL PAR (A-B), CON LA TECLA  SE CONFIGURA PARA MEDIR LA DISTANCIA DEL HILO A, NUEVAMENTE TECLA  PARA MEDIR DISTANCIA DEL HILO B. <sup>30</sup>




# Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



**Generador de Tono** - SE USA PARA ENVIAR TONOS PARA MEDICIÓN DE PERDIDAS DE SEÑAL EN UN PAR TELEFONICO. TONOS DE ALTA FRECUENCIA PARA MEDIR PERDIDA EN UN ANCHO DE BANDA EN EL PROCESO DE PRECALIFICAR PARES PARA SERVICIOS xDSL.



LA FUNCIÓN  [TONO] ES USADA PARA ENVIAR UN TONO POR UN PAR, LAS TECLAS



y



SON USADAS PARA SELECCIONAR LA FRECUENCIA DEL TONO QUE SE REQUIERE.

**TIPOS DE TONO DISPONIBLES:** TONOS SENOIDALES CONTINUOS Y TONOS INTERMITENTES.

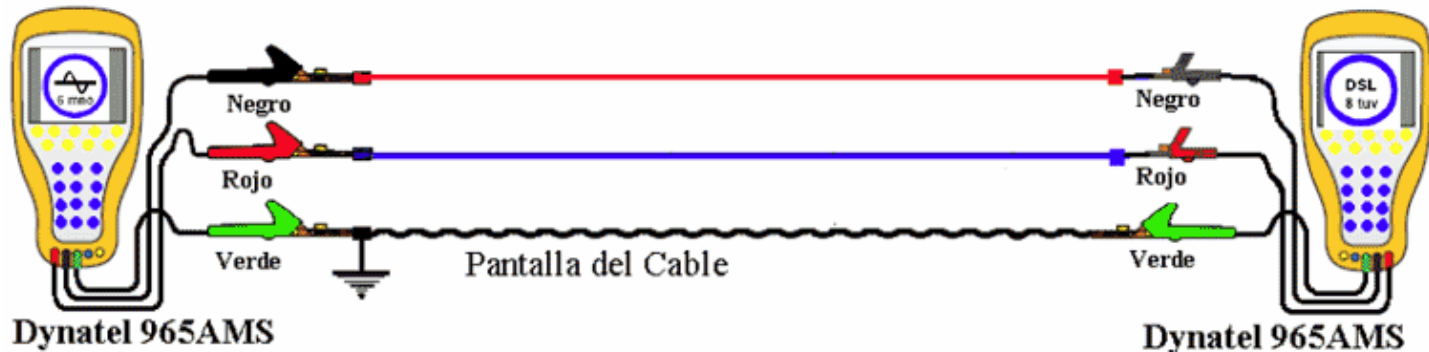
LA FRECUENCIA DE LOS TONOS SE PUEDE PROGRAMAR USANDO LA OPCION DE CONFIGURACION



- El **tono intermitente** es normalmente usado para identificación de pares en cables.
- El **tono continuo** (Senoidal) se usa para medir perdidas de señal en el rango audible o perdidas en Banda Ancha en un par.





## Generador de Tono


Para llevar a cabo una prueba de Atenuación o pérdidas sobre un par telefónico, se realiza una conexión como la mostrada en la figura. Un equipo Transmite el tono de prueba y el otro equipo mide en el extremo opuesto la atenuación en el enlace y la frecuencia del tono enviado.



\*Para pruebas de atenuación en banda ancha, un equipo genera la señal  y el otro equipo mide la señal recibida usando la Opción "Perdidas en DSL" de la tecla 

\*\*Para pruebas de atenuación en banda vocal, un equipo genera la señal  y el otro equipo mide la señal recibida usando la Opción "Perdidas" incluida en la tecla 



**LOCALIZAR FALLAS RESISTIVAS [RFL]** - SE USA PARA LOCALIZAR LAS FALLAS RESISTIVAS (CORTO, TIERRA, CRUCE DE BATERIA) EN LOS CABLES TELEFONICOS POR METODO DE PUENTE - RESISTENCIA DE LA FALLA HASTA 20 MΩ. RANGO DE LONGITUD DE 0 A 30.000 METROS.  
 NOTA: Se debe hacer una prueba previa con el medidor de aislamiento  para determinar el tipo de falla que tiene el par.

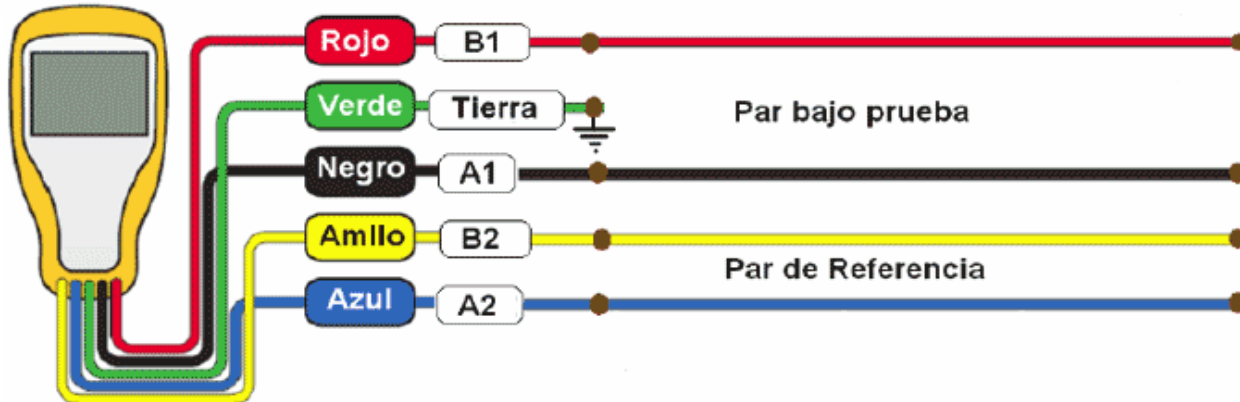


HAY DOS FORMAS DE CONEXIÓN DEL DYNATEL 965AMS PARA LOCALIZAR FALLAS RESISTIVAS:  
**1)- PAR BUENO SEPARADO**  
**2)- UN HILO BUENO**

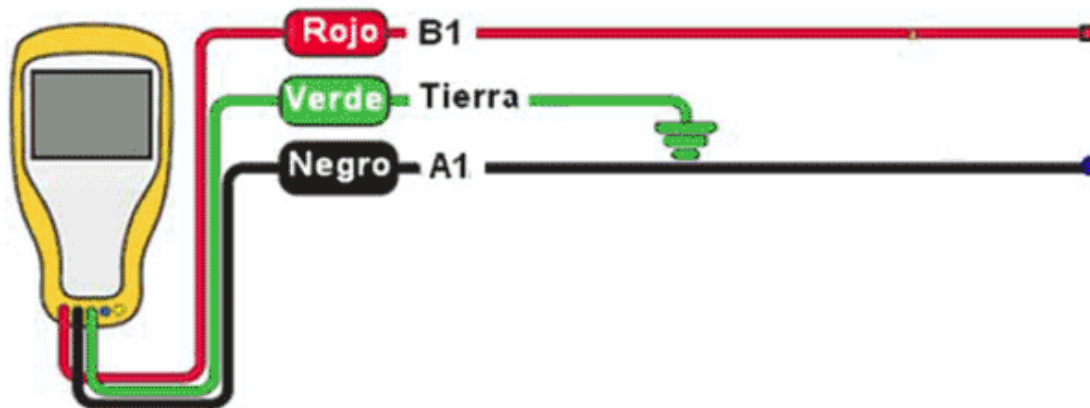
- **PAR BUENO DE REFERENCIA:** EL PAR BUENO PUEDE SER DE OTRO CABLE O DE OTRO CALIBRE O LONGITUD DIFERENTE.  
 - **UN HILO BUENO :** EL HILO BUENO DEBE SER DEL MISMO CABLE



ESQUEMA GENERAL DE CONEXIÓN DEL EQUIPO PARA USAR LA FUNCIÓN RFL CON PAR BUENO DE REFERENCIA.



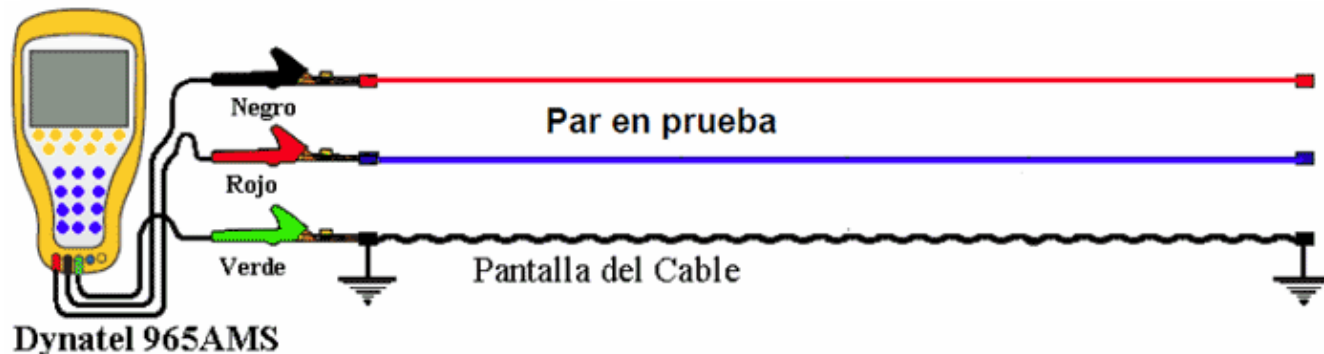
ESQUEMA GENERAL DE CONEXIÓN DEL EQUIPO PARA USAR LA FUNCIÓN RFL CON HILO BUENO DE REFERENCIA.





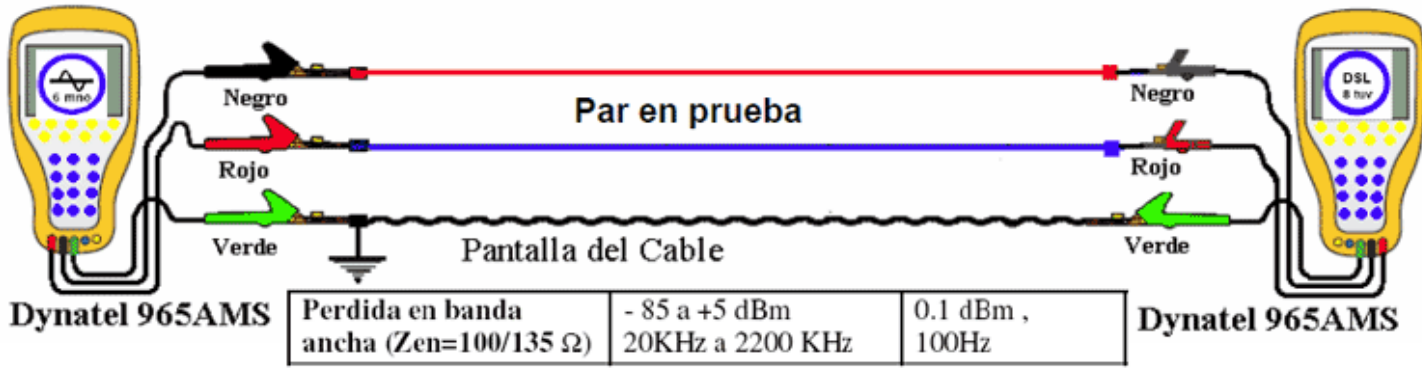
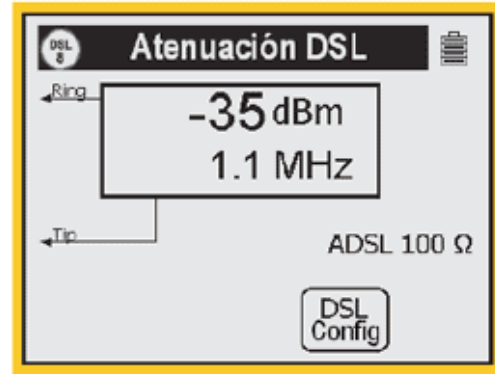
## DSL (PRUEBAS DE LÍNEAS DE ABONADO DSL):

Las pruebas de la función DSL incluyen: Atenuación en DSL, Ruido DSL, Analizador de espectro, Balance resistivo y Ruido impulsivo. El objeto de estas pruebas es medir estos parámetros en una línea telefónica para banda ancha.



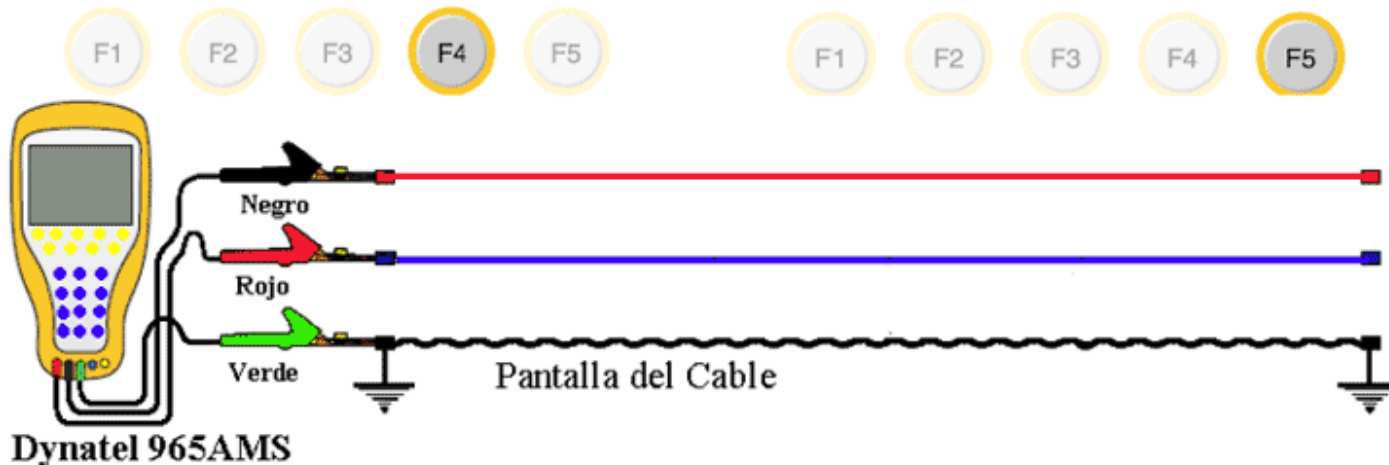


**MEDICION DE ATENUACIÓN DSL:** Se usa para determinar las perdidas que se presentan en un par a las frecuencias de transmisión de un servicio xDSL. Use un generador de tono en el extremo opuesto del par que este en capacidad de generar un tono con una frecuencia específica de prueba en DSL tal como el Dynatel 965AMS o el 965DSP. Use un nivel de salida de 0 dBm.





**MEDICION DE RUIDO DSL:** Use la función de “Ruido DSL” para medir el ruido longitudinal o el ruido metálico sobre una línea servicio de Banda ancha.





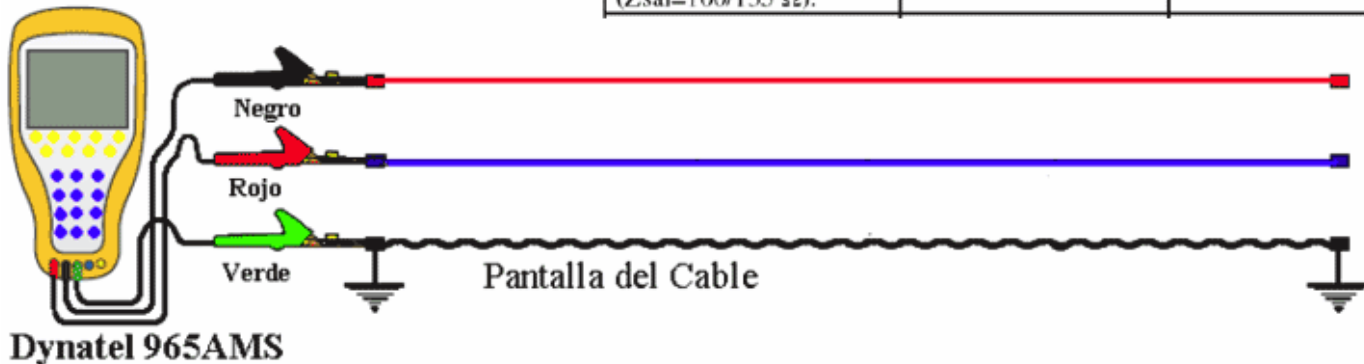
DSL  
8 tuv

## ANALIZADOR DE ESPECTRO:



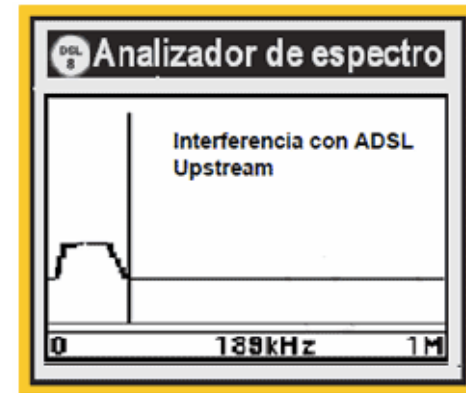
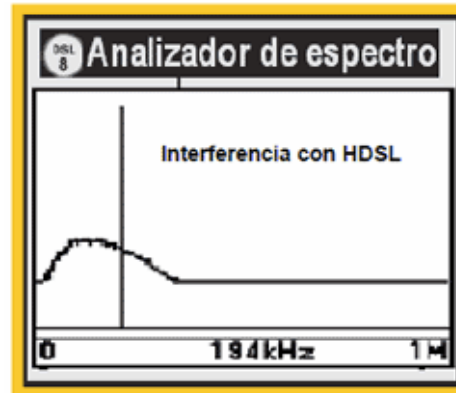
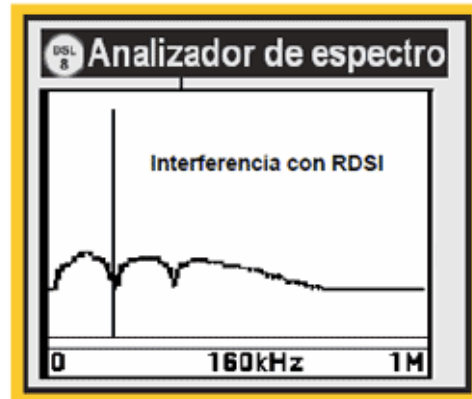
Se usa para analizar el medio físico (Par de Cobre) y ayudar a diagnosticar que tipo de frecuencias interferentes son las que causan problemas de servicio a los pares de xDSL.

<b>Análisis espectral en banda Ancha (PSD)</b> $Z_{en}=100/135 \Omega$ . -Rango Dinámico -Tono de salida para banda Ancha $(Z_{sal}=100/135 \Omega)$ .	10KHz a 2200 KHz - 90 a +10 dBm 0 dBm 20KHz a 2200 KHz	0.5% del Rango 1 dB 1 KHz
--	---	---------------------------------





## ANALIZADOR DE ESPECTRO:



Las señales de ruido interferente sobre un par ocurren a menudo como el resultado de diafonía (crosstalk) o interferencia con otros servicios de banda ancha transmitidos a través del mismo cable.

Cada servicio de banda ancha tiene una frecuencia característica que lo identifica (Mascara), como se muestra en las figuras adjuntas.

Utilice el analizador de espectro para clasificar la fuente de ruido interferente en el par. se muestran algunos ejemplos de las trazas de frecuencias características de los diferentes servicios de banda ancha.

48



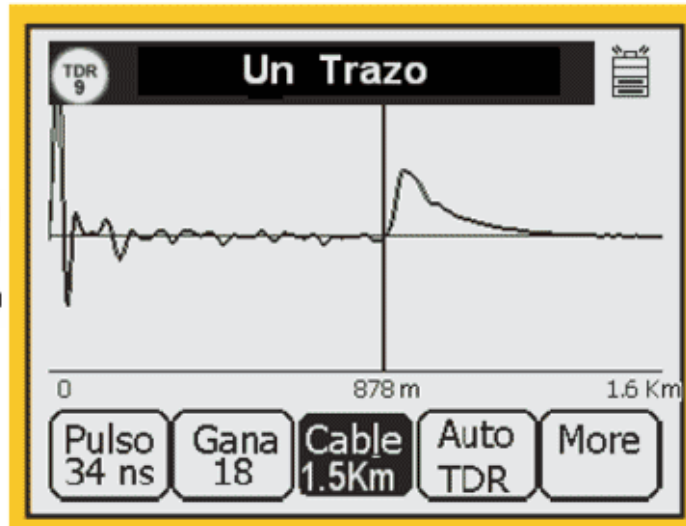
## TDR – ECOMETRO o REFLECTOMETRO

SE USA PARA DESPLEGAR UN TRAZO DE EVENTOS REFLECTIVOS QUE SE PRESENTAN EN UN PAR TELEFONICO, DONDE SE PUEDEN OBSERVAR POR LA FORMA DE LA ONDA, LAS DISTANCIAS A LOS DIFERENTES TIPOS DE FALLAS O EVENTOS EN EL CABLE YA SEAN CORTOS, TIERRAS, HILOS O PARES ABIERTOS Y SPLITS. LAS IMÁGENES OBTENIDAS PUEDEN GUARDARSE EN MEMORIA.

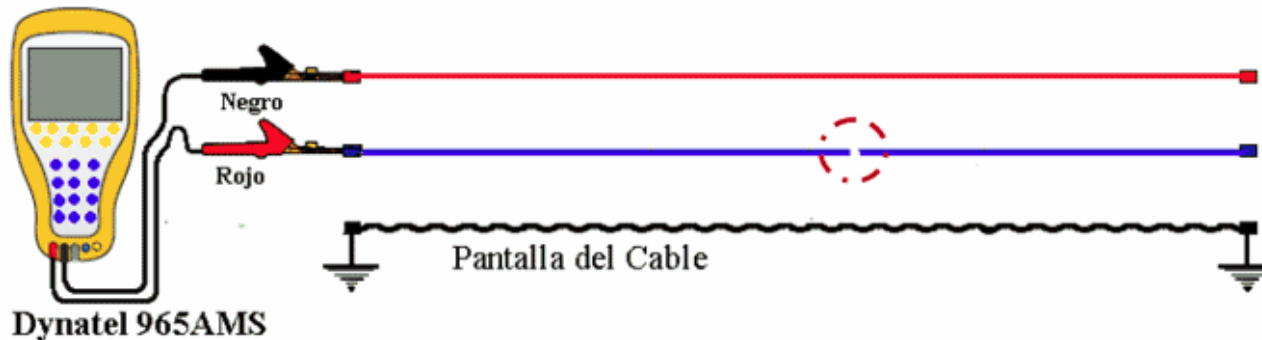




## TDR – UNA TRAZA

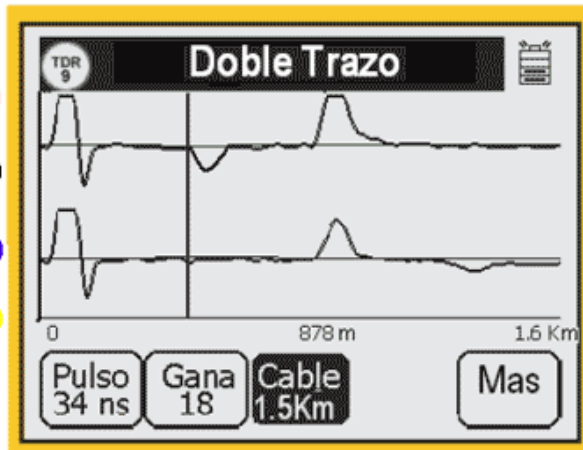


La opción de medición en una traza, se usa para localizar una falla reflectiva en un par telefónico

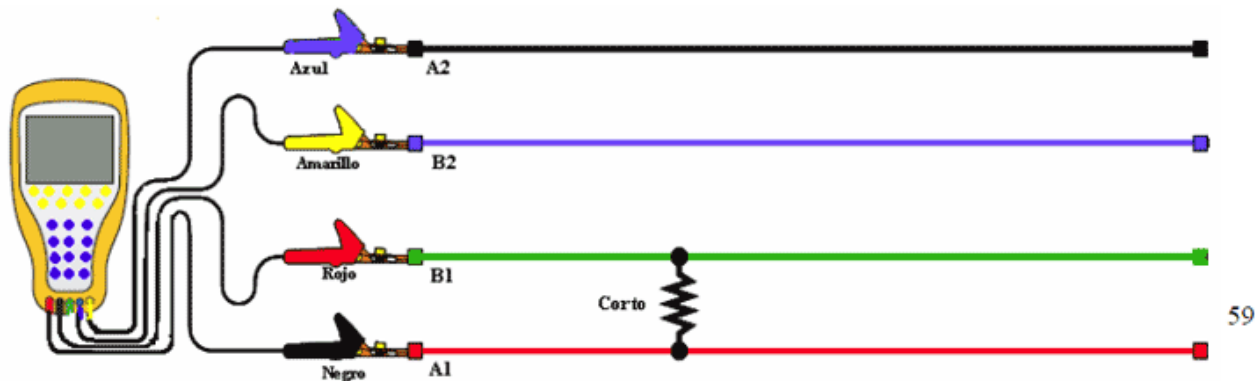




## TDR – DOBLE TRAZO



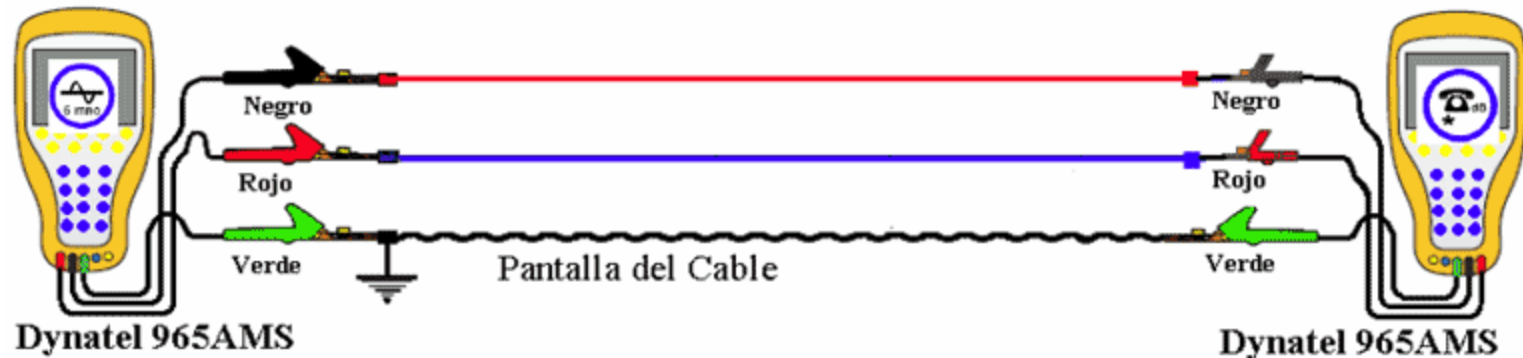
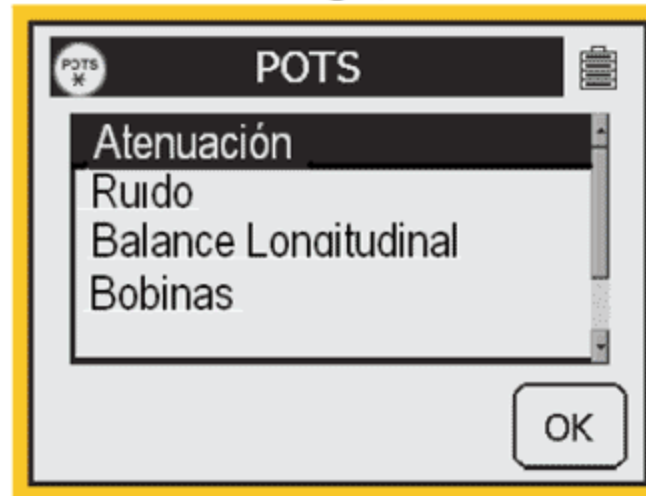
La opción de medición en doble trazo, se usa para comparar un par bueno contra un par con falla y poder definir donde se encuentra la avería.





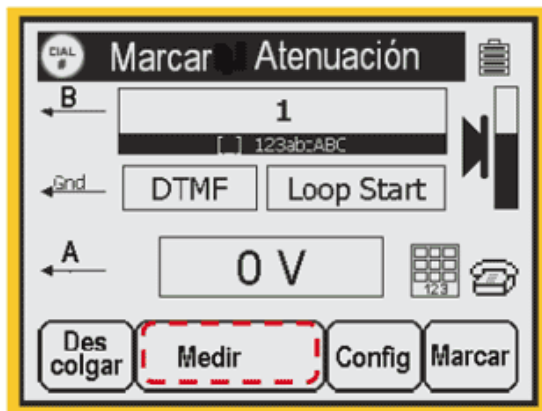
## POTS

Las funciones de prueba que están disponibles dentro de la tecla POTS son: Pérdidas, Ruido, Balance longitudinal, contar bobinas de carga, contar timbres y nivel de trazo.

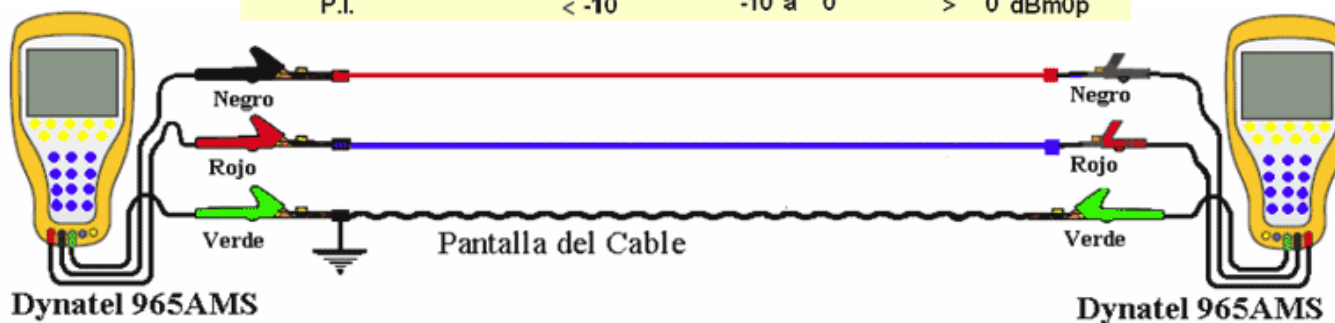




## ATENUACION

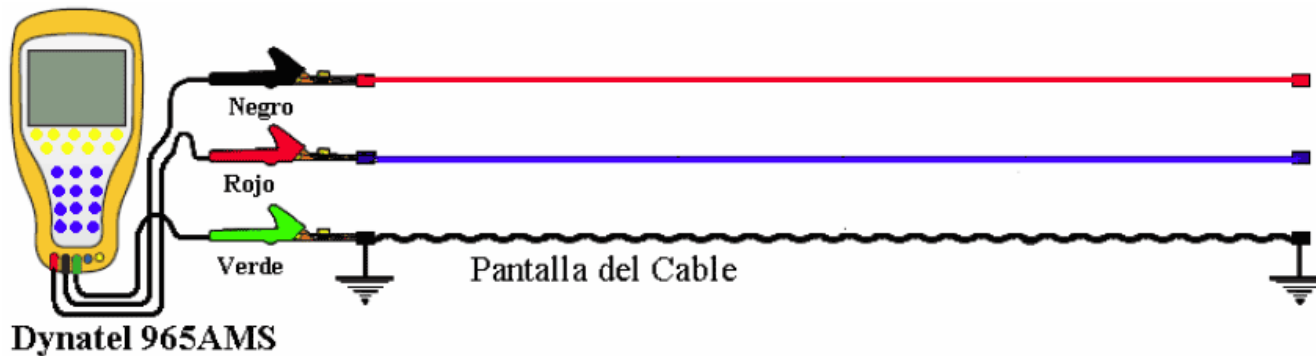
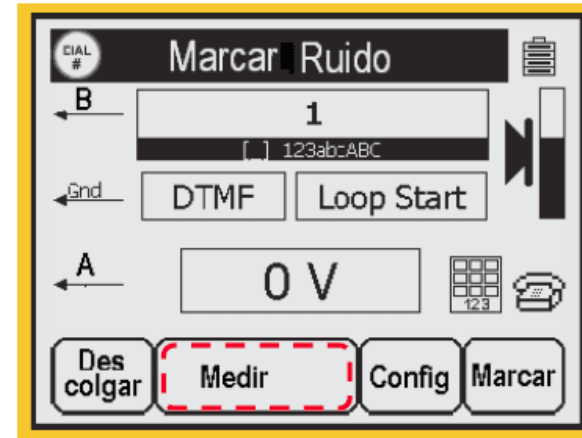
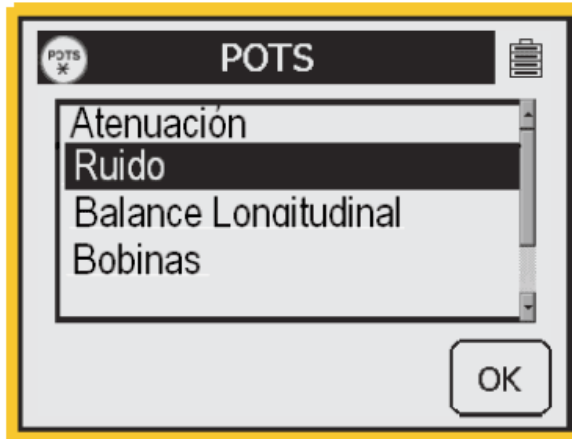


Parametro	OK	Marginal	Falla
Balance	> 60 p	50-60	< 50 dBm
Perdidas	> 8.5	—	< 8.5 dBm
Ruido	< -70	-70 a -60	> -60 dBm0p
P.I.	< -10	-10 a 0	> 0 dBm0p





## RUIDO



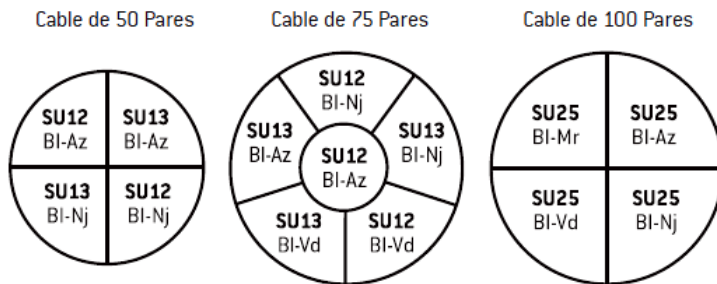
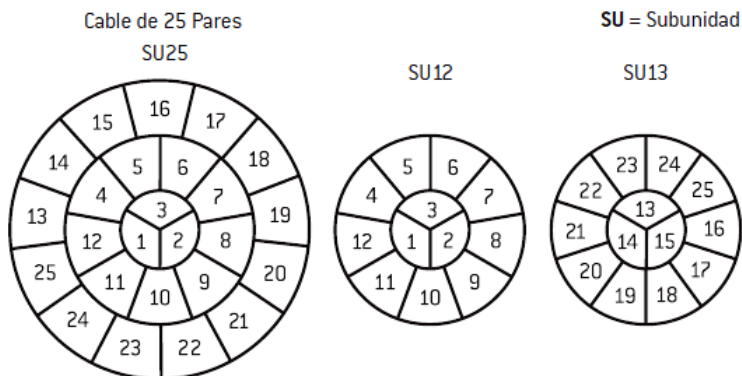




# Cables multipares (código de colores)

## CÓDIGO DE COLORES

Pares	Conductor A	Conductor B
1	blanco	azul
2	blanco	naranja
3	blanco	verde
4	blanco	marrón
5	blanco	gris
6	rojo	azul
7	rojo	naranja
8	rojo	verde
9	rojo	marrón
10	rojo	gris
11	negro	azul
12	negro	naranja
13	negro	verde
14	negro	marrón
15	negro	gris
16	amarillo	azul
17	amarillo	naranja
18	amarillo	verde
19	amarillo	marrón
20	amarillo	gris
21	violeta	azul
22	violeta	naranja
23	violeta	verde
24	violeta	marrón
25	violeta	gris
Piloto	blanco	negro



Color de ataduras: BI-Az (Blanco-Azul), BI-Nj (Blanco-Naranja), BI-Vd (Blanco-Verde), BI-Mr (Blanco-Marrón).

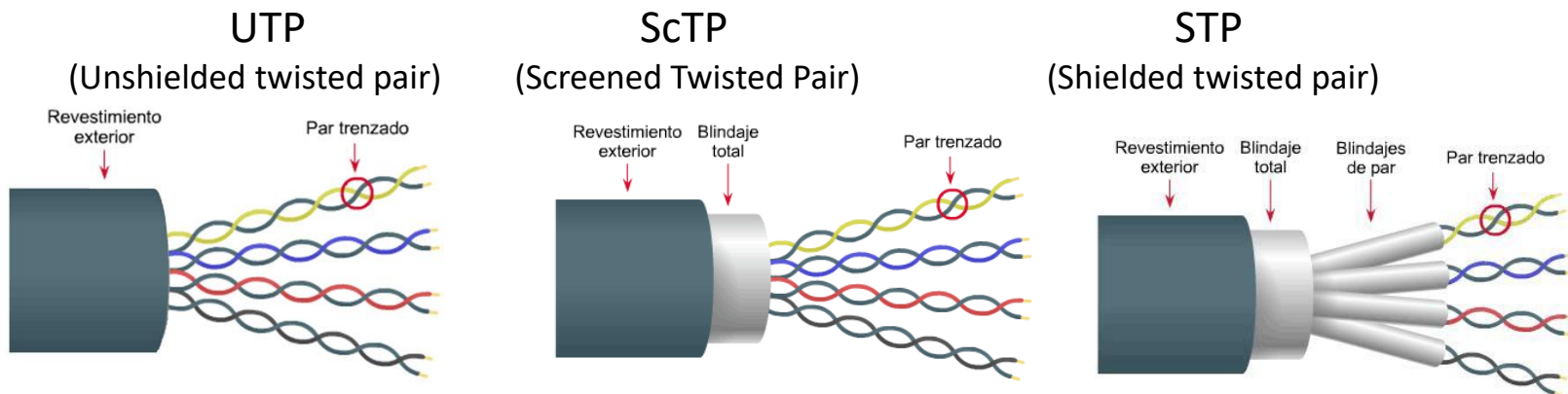
B	Blanco
R	Rojo
N	Negro
Am	Amarillo
Vt	Violeta

Az	Azul
Na	Naranja
V	Verde
M	Marrón
G	Gris

Grupo o supergrupo	color de cinta de grupo o supergrupo	secuencia de pares de grupo	secuencia de pares de supergrupo
1	B-Az	1 a 25	1 a 100
2	B-Na	26 a 50	101 a 200
3	B-V	51 a 75	201 a 300
4	B-M	76 a 100	301 a 400
5	B-G	101 a 125	401 a 500
6	R-Az	126 a 150	501 a 600
7	R-Na	151 a 175	601 a 700
8	R-V	176 a 200	701 a 800
9	R-M	201 a 225	801 a 900
10	R-G	226 a 250	901 a 1000
11	N-Az	251 a 275	1001 a 1100
12	N-Na	276 a 300	1101 a 1200
13	N-V	301 a 325	1201 a 1300
14	N-M	326 a 350	1301 a 1400
15	N-G	351 a 375	1401 a 1500
16	Am-Az	376 a 400	1501 a 1600
17	Am-Na	401 a 425	1601 a 1700
18	Am-V	426 a 450	1701 a 1800
19	Am-M	451 a 475	1801 a 1900
20	Am-G	476 a 500	1901 a 2000
21	Vt-Az	501 a 525	2001 a 2100
22	Vt-Na	526 a 550	2101 a 2200
23	Vt-V	551 a 575	2201 a 2300
24	Vt-M	576 a 600	2301 a 2400

Fuente: Catálogo [General Cable](#)

# Cables multipares (cableado estructurado)

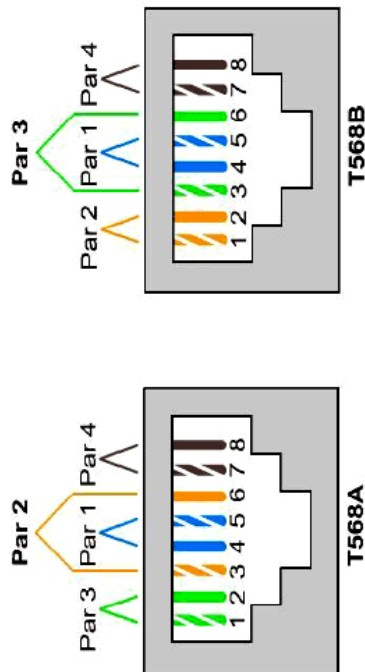


Cat	Calibre AWG	Impedancia ( $\Omega$ )	Atenuación (dB)	Next (dB)	Tipo de cable	BW (MHz)	Aplicaciones
1	22 o 24				UTP	< 1	Telefonía
2	22 o 24				UTP	1	Telefonía, alarmas
3	24	100			UTP, ScTP, STP	16	Telefonía, redes 10Base T y Token Ring de 4 Mbps
4	22 o 24	100			UTP, ScTP, STP	20	Redes 10Base T y Token Ring de 16 Mbps
5	22 o 24	100	< 24 dB	> 27,1 dB	UTP, ScTP, STP	100	Redes 10BaseT y 100BaseT
5e	22 o 24	100	< 24 dB	> 30,1 dB	UTP, ScTP, STP	100	Redes 100Base T y 1000BaseT
6	22 o 24	100	< 21,7 dB	> 39 dB	UTP, ScTP, STP	250	Redes 1000Base T y ATM
7	22 o 24	100			ScTP, STP	600	Redes de 10 Gbps

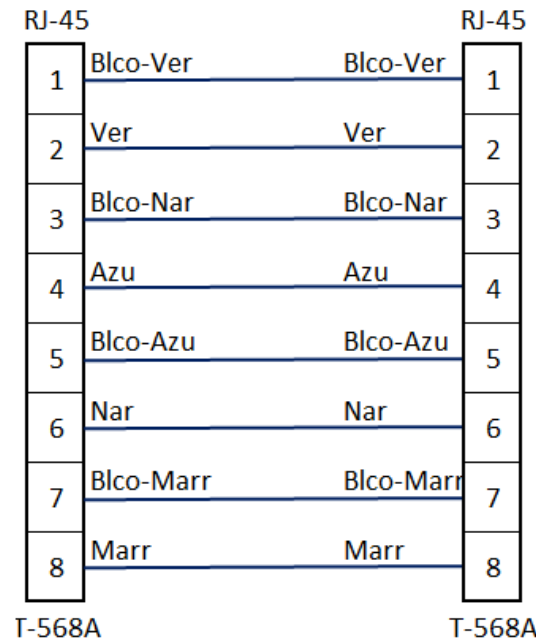


# Cables multipares (cableado estructurado)

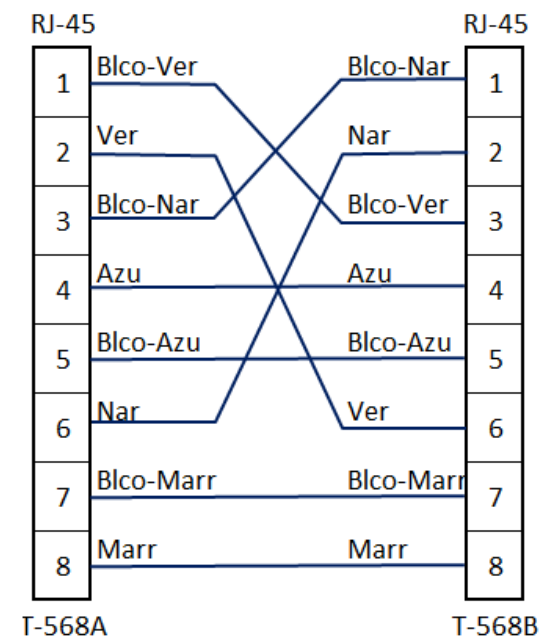
Estándar TIA/EIA para conectores y conexiones cableado estructurado en edificios de uso comercial



### Cable derecho



### Cable cruzado

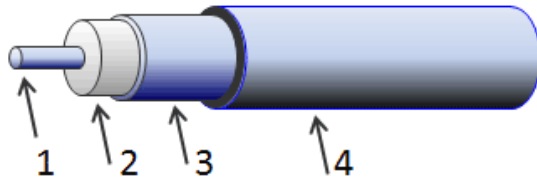


Blco : Blanco  
Nar : Naranja  
Marr: Marrón

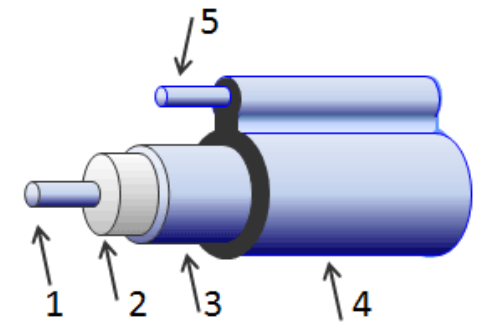
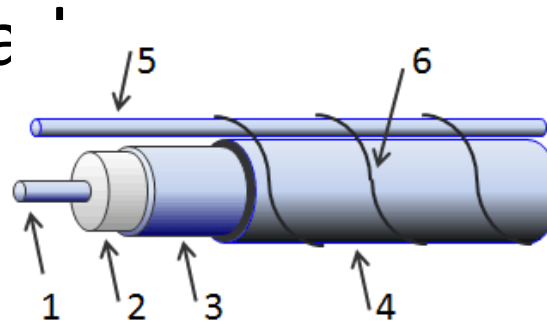
Ver : Verde  
Azu : Azul

## Convencional

### Autosoporta



## Con mensajero



- 1 Conductor central
- 2 Dieléctrico (Foam)
- 3 Conductor exterior (tubo, malla, lámina)
- 4 Cubierta protectora (PVC)
- 5 Mensajero (cable de acero)
- 6 Lashing (alambre de amarre)

# Cables coaxiales (tipos)



Coaxial flexible RG-6, TV



Coaxial Heliax 4"



Coaxial rígido .500 TV



Radiax



Coaxial Heliax RF



# Cables coaxiales flexibles (especificaciones)

Tipo de coaxial	Especificaciones mecánicas y eléctricas						Atenuación en dB/100 m						
	Ohms	Diam. en mm	Factor Veloc.	Aislan. Dieléct.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	10 MHz	50 MHz	100 MHz	200 MHz	400 MHz	1 GHz	3 GHz
RG-5	50	8,3	0,66	Esp PE	-----	93,5	2,72	6,23	8,85	13,5	19,4	32,15	75,5
RG-6	75	8,5	0,66	Esp PE	-----	61,6	2,72	6,23	8,85	13,5	19,4	32,15	75,5
RG-8	52	10,3	0,66	PE	4000	97	1,8	4,27	6,23	8,86	13,5	26,3	52,5
RG-9	51	10,7	0,66	PE	4000	98	2,17	4,92	7,55	10,8	16,4	28,9	59
RG-10	52	12	0,66	-----	-----	100	1,8	4,25	6,25	8,85	13,5	26,3	52,5
RG-11	75	10,3	0,66	Esp PE	4000	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54
RG-12	75	12	0,66	PE	4000	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54
RG-13	74	10,7	0,66	-----	-----	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54
RG-14	52	13,9	0,66	-----	-----	98,4	1,35	3,28	4,6	6,55	10,2	18	41
RG-17	52	22,1	0,66	PE	11000	67	0,8	2,05	3,15	4,9	7,85	14,4	31,1
RG-18	52	24	0,66	-----	-----	100	0,8	2,05	3,15	4,9	7,85	14,4	31,1
RG-19	52	28,5	0,66	-----	-----	100	0,55	1,5	2,3	3,7	6,05	11,8	25,3
RG-20	52	30,4	0,66	-----	-----	100	0,55	1,5	2,3	3,7	6,05	11,8	25,3
RG-21	53	8,5	0,66	-----	-----	98	14,4	30,5	47,7	59	85,3	141	279
RG-34	75	15,9	0,66	-----	-----	67	1,05	2,79	4,6	6,9	10,8	19	52,5
RG-35	75	24	0,66	-----	-----	67	0,8	1,9	2,8	4,15	6,4	11,5	28,2
RG-55	53,5	5,3	0,66	PE	1900	93	3,94	10,5	15,8	23	32,8	54,1	100
RG-58	50	5	0,66	PE	1900	93	4,6	10,8	16,1	24,3	39,4	78,7	177
RG-59	73	6,2	0,66	PE	600	69	3,6	7,85	11,2	16,1	23	39,4	87
RG-74	52	15,7	0,66	-----	-----	98	1,35	3,28	4,59	6,56	10,7	18	41
RG-122	50	4,1	0,66	-----	-----	-----	5,58	14,8	23	36,1	54,1	95,1	187
RG-142	50	4,9	0,7	PTFE	1900	96	3,6	8,85	12,8	18,5	26,3	44,25	88,6
RG-174	50	2,6	0,66	PTFE	1500	101	12,8	21,7	29,2	39,4	57,4	98,4	210
RG-177	50	22,7	0,66	-----	-----	-----	0,7	2,03	3,12	4,92	7,85	14,4	31,2
RG-178	50	1,9	0,69	-----	-----	-----	18,4	34,5	45,9	63,3	91,9	151	279
RG-179	75	2,5	0,69	-----	-----	-----	17,4	27,9	32,8	41	52,5	78,7	144
RG-180	95	3,7	0,69	-----	-----	-----	10,8	15,1	18,7	24,9	35,5	55,8	115
RG-187	75	2,8	0,69	-----	-----	-----	17,4	27,9	32,8	41	52,5	78,7	144

PE = Polietileno

Esp. PE = Espuma de Polietileno

PTFE = Teflón (Politetrafluoroetileno)



# Especificaciones de cables coaxiales

Ejemplo Andrew, serie Heliax



## Coaxial Cable



### PRODUCT SPECIFICATION

#### LDF1-50

Standard coaxial cable, 1/4", 50 ohm foam HELIAX (Wideband from 0.5-15800 MHz)

#### CHARACTERISTICS

##### Mechanical Specifications

Pressurizable	No
Weight lb/ft (kg/m)	0.06 (0.09)
Tensile Strength lb (kg)	200.00 (91.00)
Flat PlateCrush Strength lb/in (kg/mm)	80.00 (1.40)
Minimum Bending Radius in (mm)	3.00 (76.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	0.98 (1.30)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (30.00)

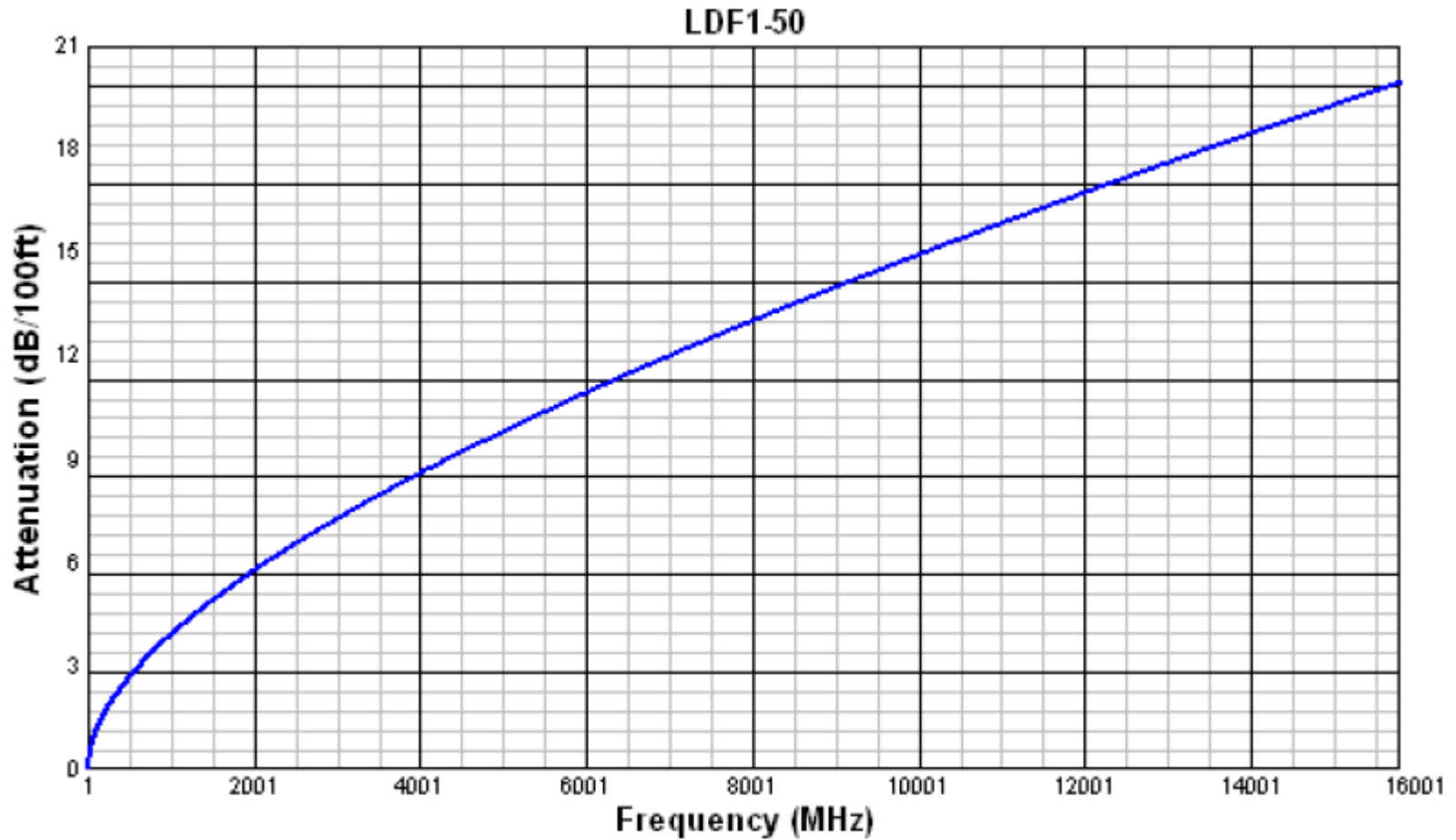
##### Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	15.80
Velocity percentage	86.00
Peak Power Rating (kW)	12.10
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	1.57 (5.15)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	1.22 (4.00)
Cable Test Voltage (VDC)	2200.00
Jacket Spark volts (RMS)	5000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	23.40 (76.80)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.278	12.1
1	0.394	12.1
1.5	0.483	12.1
2	0.558	12.1
10	1.25	5.79
20	1.78	4.08
30	2.19	3.32
50	2.84	2.56
88	3.79	1.92
100	4.05	1.79
108	4.21	1.72
150	4.99	1.45
174	5.39	1.35
200	5.8	1.25
300	7.17	1.01
400	8.34	0.871
450	8.88	0.818
500	9.39	0.773
512	9.51	0.764
600	10.4	0.702
700	11.2	0.646
800	12.1	0.601
824	12.3	0.592
894	12.8	0.566
960	13.3	0.545
1000	13.6	0.533
1250	15.4	0.471
1500	17	0.426
1700	18.3	0.398
1800	18.9	0.385



## Especificaciones de cables coaxiales (2)







# Especificaciones de cables coaxiales (3)

**HELIAX®**

## Coaxial Cable



### PRODUCT SPECIFICATION

#### LDF6-50

Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX (Wideband 0.5-3300 MHz)

#### CHARACTERISTICS

##### Mechanical Specifications

Pressurizable	Yes
Volume feet (liters)	1.70 (158.00)
Weight lb/ft (kg/m)	0.63 (0.94)
Tensile Strength lb (kg)	1300.00 (590.00)
Flat PlateCrush Strength lb/in (kg/mm)	125.00 (2.20)
Minimum Bending Radius in (mm)	15.00 (380.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	36.00 (48.80)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (40.00)

##### Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	3.30
Velocity percentage	89.00
Peak Power Rating (kW)	205.00

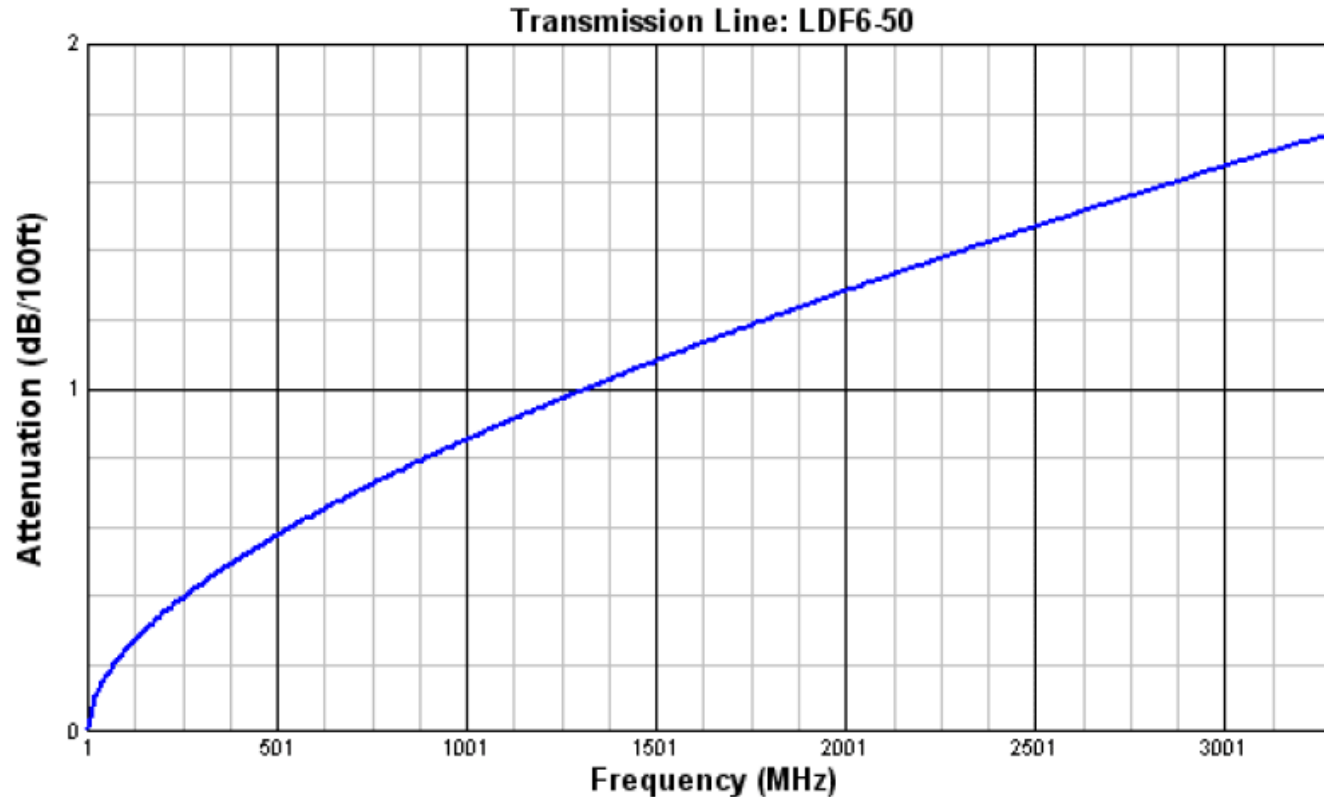


### Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.053	180.6
1	0.075	127.5
1.5	0.092	103.9
2	0.107	89.9
10	0.241	39.8
20	0.344	27.9
30	0.423	22.7
50	0.552	17.4
88	0.741	13
100	0.793	12.1
108	0.826	11.6
150	0.983	9.77
174	1.06	9.03
200	1.15	8.38
300	1.43	6.73
400	1.67	5.74
450	1.79	5.38
500	1.89	5.08
512	1.92	5.01
600	2.1	4.58
700	2.29	4.2
800	2.47	3.89
824	2.51	3.83
894	2.63	3.65
960	2.74	3.51
1000	2.8	3.43
1250	3.19	3.01
1500	3.55	2.7
1700	3.83	2.51
2000	4.22	2.28
2300	4.59	2.09
3000	5.41	1.78
3300	5.74	1.67



## Especificaciones de cables coaxiales (4)



**Standard Conditions:**

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

# Conectores para cable coaxial



UHF (PL-259)



BNC



F



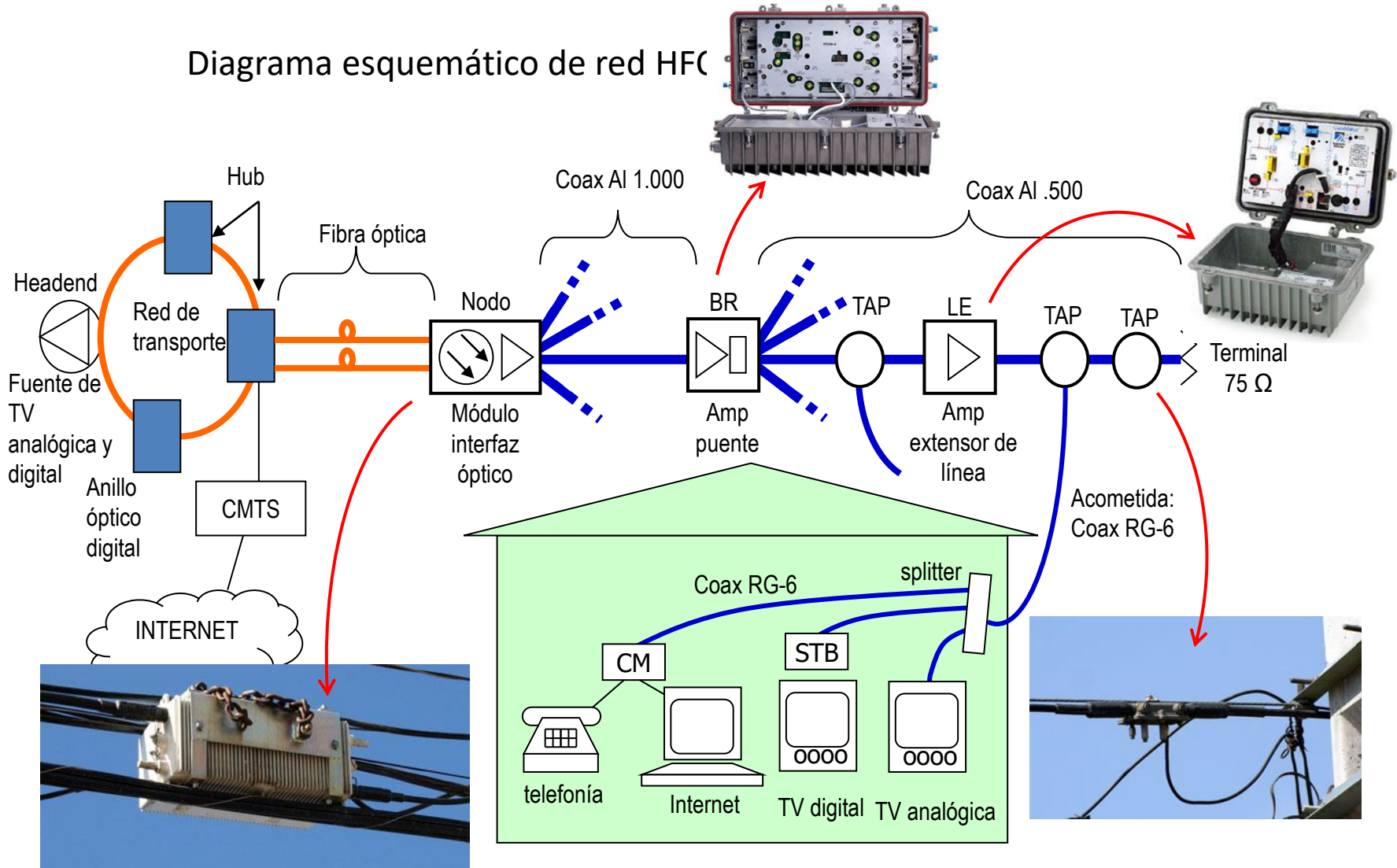
N

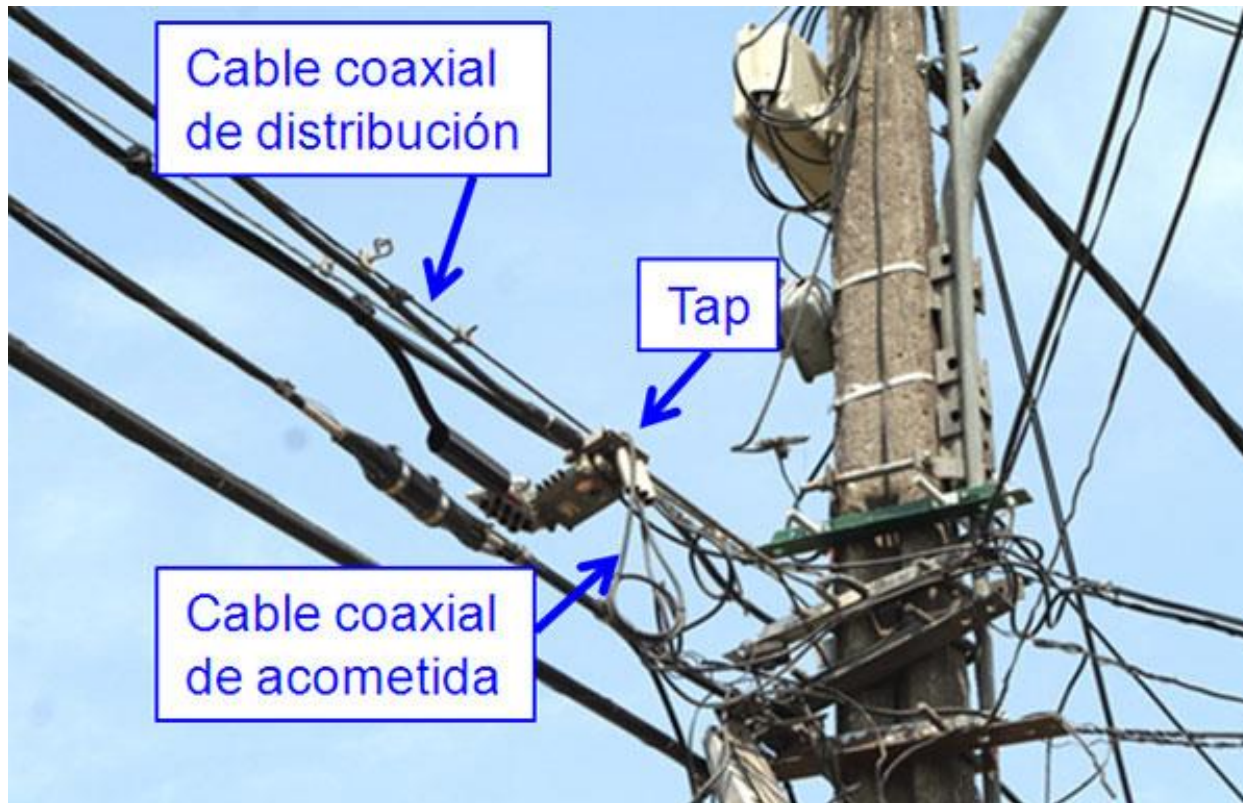


SMA

# Aplicación de coaxial en redes HFC

Diagrama esquemático de red HFC

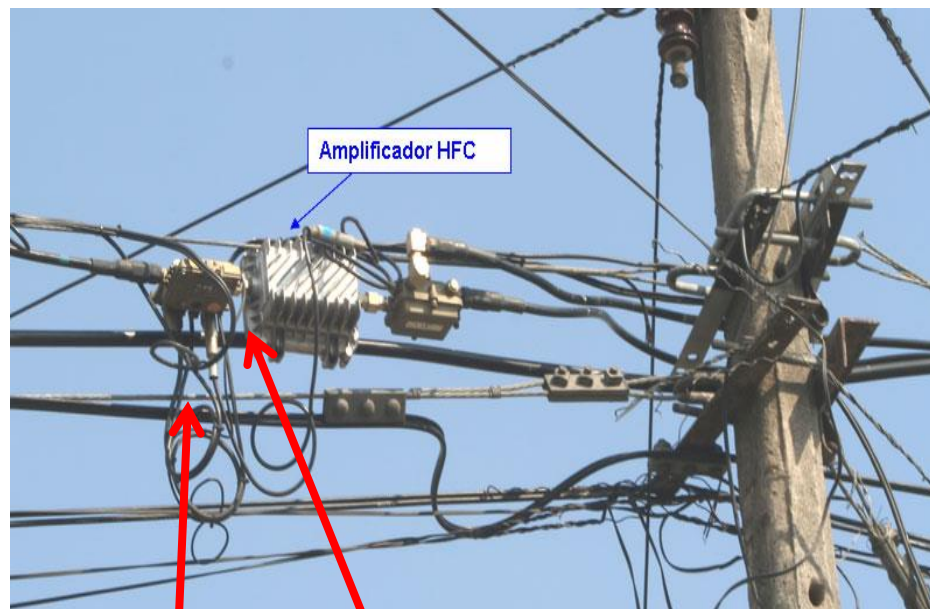




En la red coaxial la señal se atenúa por efecto del cable y de las derivaciones en los taps, por lo cual es necesario recurrir a amplificadores que permiten recuperar el nivel de señal para continuar la distribución por las calles.

Tabla de conversión de niveles de potencia de señal en redes HFC

mV	dBmV	mV	dBmV
0.0001	-80.0	500	54.0
0.001	-60.0	600	55.6
0.01	-40.0	700	56.9
0.1	-20.0	800	58.1
1	0.0	900	59.1
2	6.0	1000	60.0
5	14.0	1100	60.8
10	20.0	1200	61.6
15	23.5	1300	62.3
20	26.0	1400	62.9
50	34.0	1500	63.5
80	38.1	1600	64.1
100	40.0	1700	64.6
150	43.5	1800	65.1
200	46.0	1900	65.6
400	52.0	2000	66.0



+15 dBmV a la salida del tap y entrada de acometida usuario red HFC

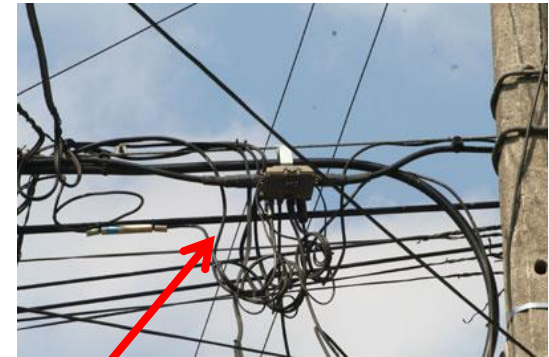
+45 dBmV a la salida del amplificador

# Aplicación de coaxial en redes HFC

En la parte coaxial de una red HFC se presentan situaciones donde la señal o potencia sufre caídas (pérdidas) o incrementos (ganancia). Estos casos se expresan como relaciones:



Línea de cable coaxial  
Presenta pérdidas



Nivel de señal transmitida por  
amplificador de línea 200 mV  
 $20 \times \log(200) = 46,0 \text{ dBmV}$

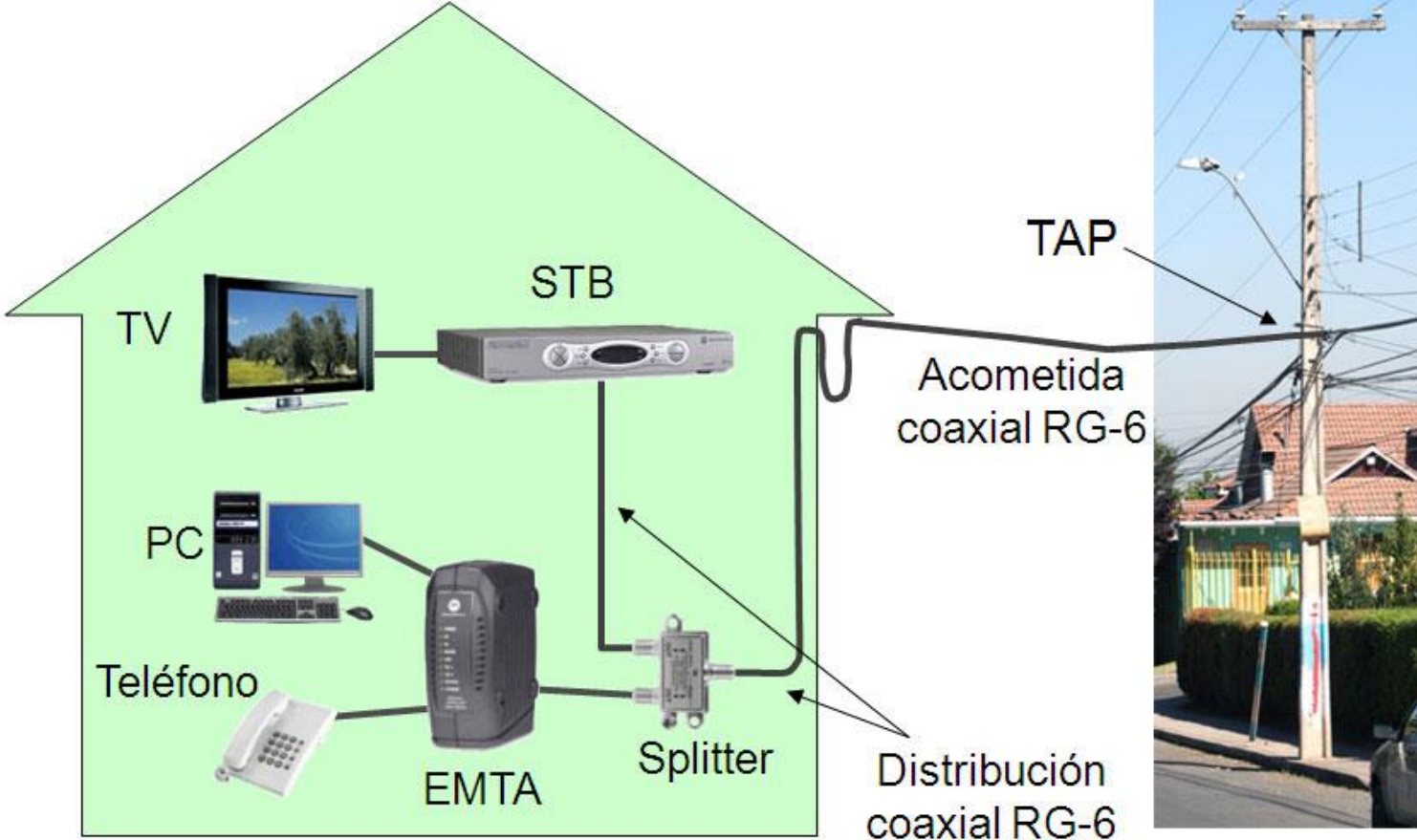
Nivel de señal recibida a la salida de un  
tap 5 mV  
 $20 \times \log(5) = 14 \text{ dBmV}$

Pérdida de potencia en watts =  $\text{Pot Rx} / \text{Pot Tx} = 5/200 = 0.025$  veces  
Pérdida de potencia en decibeles  $20 \times \log(0,025) = - 32,0 \text{ dB}$  (Decibeles)

La división de potencias se transformó en una resta:

$$14 \text{ dBmV} - (46,0 \text{ dBmV}) = - 32,0 \text{ dB}$$

Diagrama de instalación domiciliaria



STB: Set Top Box (decodificador de TV)  
 EMTA: Enhanced Multimedia Terminal Access



## Secuencia gráfica de la preparación de conector F para cable RG-6



1.- Efectuar un corte recto del cable.



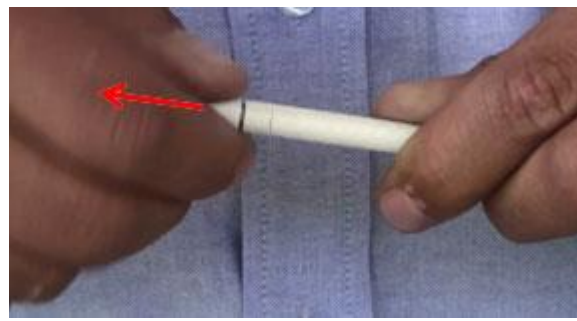
2.- Colocación del pelacables. Ejercer leve presión para iniciar el corte.



3.- Girar el pelacables en un sentido varias vueltas hasta notar que girar sin resistencia



4.- Retirar el pelacables dejando visible dos cortes sobre la cubierta exterior.



5.- Retirar primera sección dejando descubierto el conductor central.



6.- Retirar la segunda sección para dejar descubierta la malla.

# Aplicación de coaxial en redes HFC



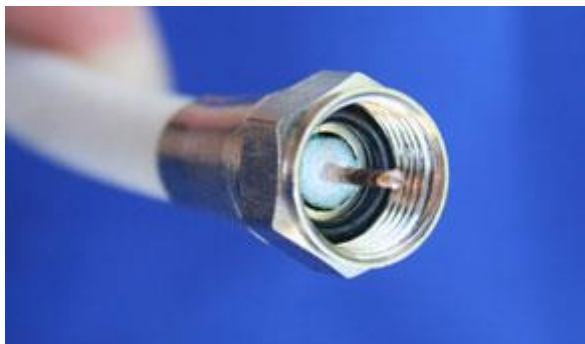
7.- Soltar las hebras de la malla y doblarlas para que queden sobre la cubierta exterior.



8.- Alinear el conector con el cable. Las hebras deben quedar entre los cilindros concéntricos.



9.- Presionar suavemente hasta que no queden visibles las hebras de la malla.



10.- Verificar que la superficie del aislante (foam) del cable quede al mismo nivel que la superficie interior del conector



11.- Quitar los seguros de la crimpeadora y abrir la mordaza de sujeción del cable



12.- Colocar el cable en la guía de entrada de la crimpeadora y alinear el conector



13.- Cerrar la mordaza de sujeción de la crimpeadora.



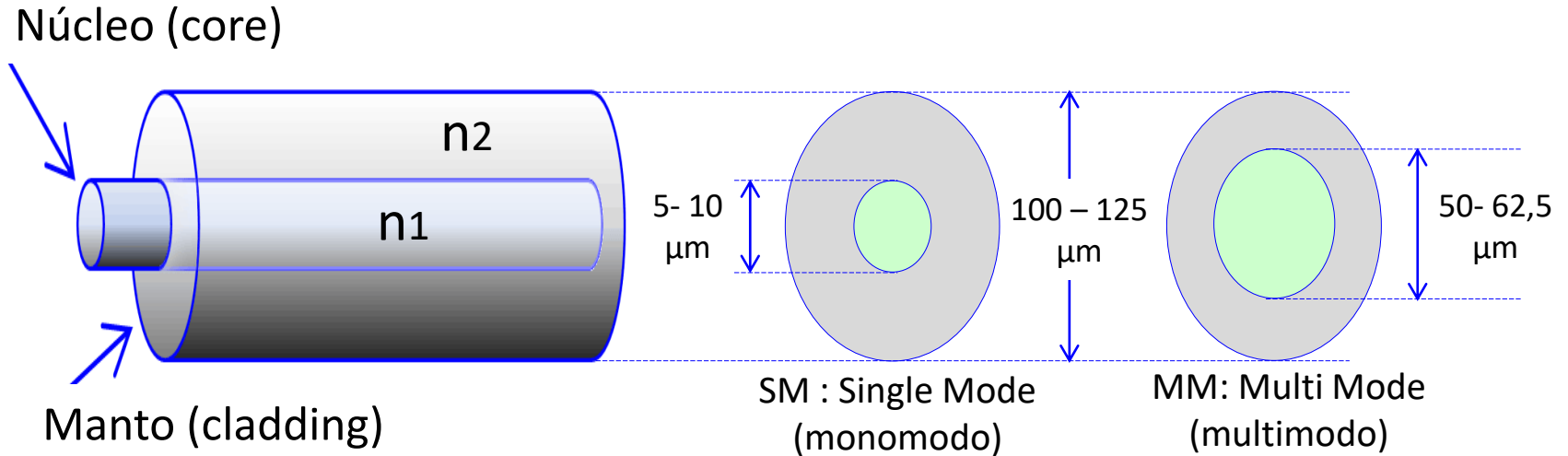
14.- Cerrar brazo palanca de crimpeadora hasta su tope de manera que la presión selle los anillos del conector.



15.- Soltar el brazo y la mordaza para retirar el cable con su conector sellado.

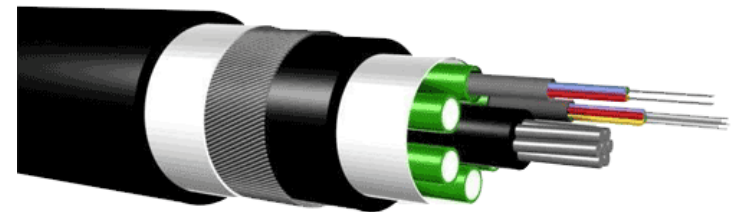


16.- Verificar el aspecto y terminación del conector.



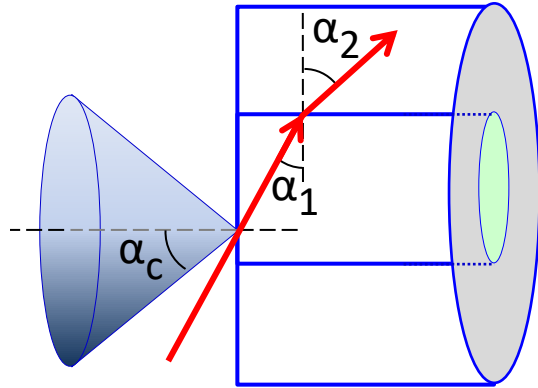
$n_1$  Índice de refracción del núcleo  
 $n_2$  Índice de refracción del manto

$$n = \frac{c \text{ velocidad de la luz en el vacío}}{v \text{ velocidad de la luz en el medio}}$$



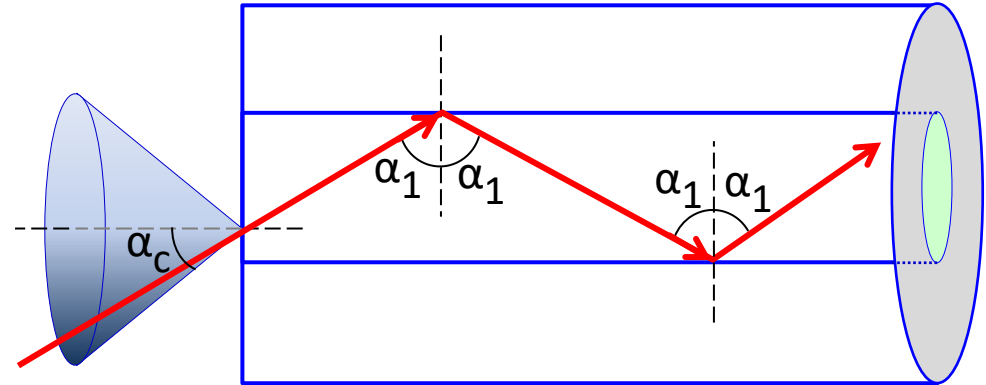
Cable con varias fibras y mensajero de acero

# Fibra óptica (mecanismo de propagación de la luz)



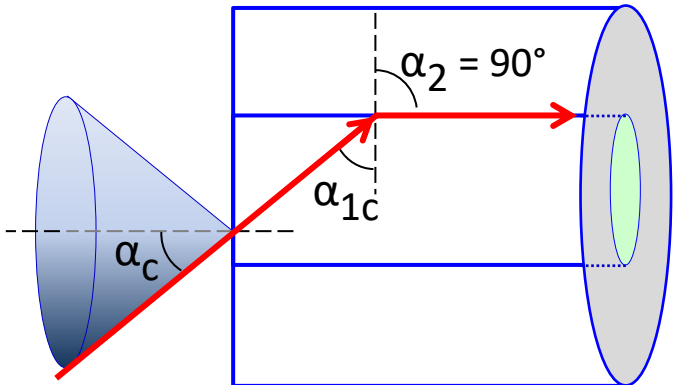
Cono de aceptación

Refracción



Cono de aceptación

Reflexión total



Cono de aceptación

Refracción crítica

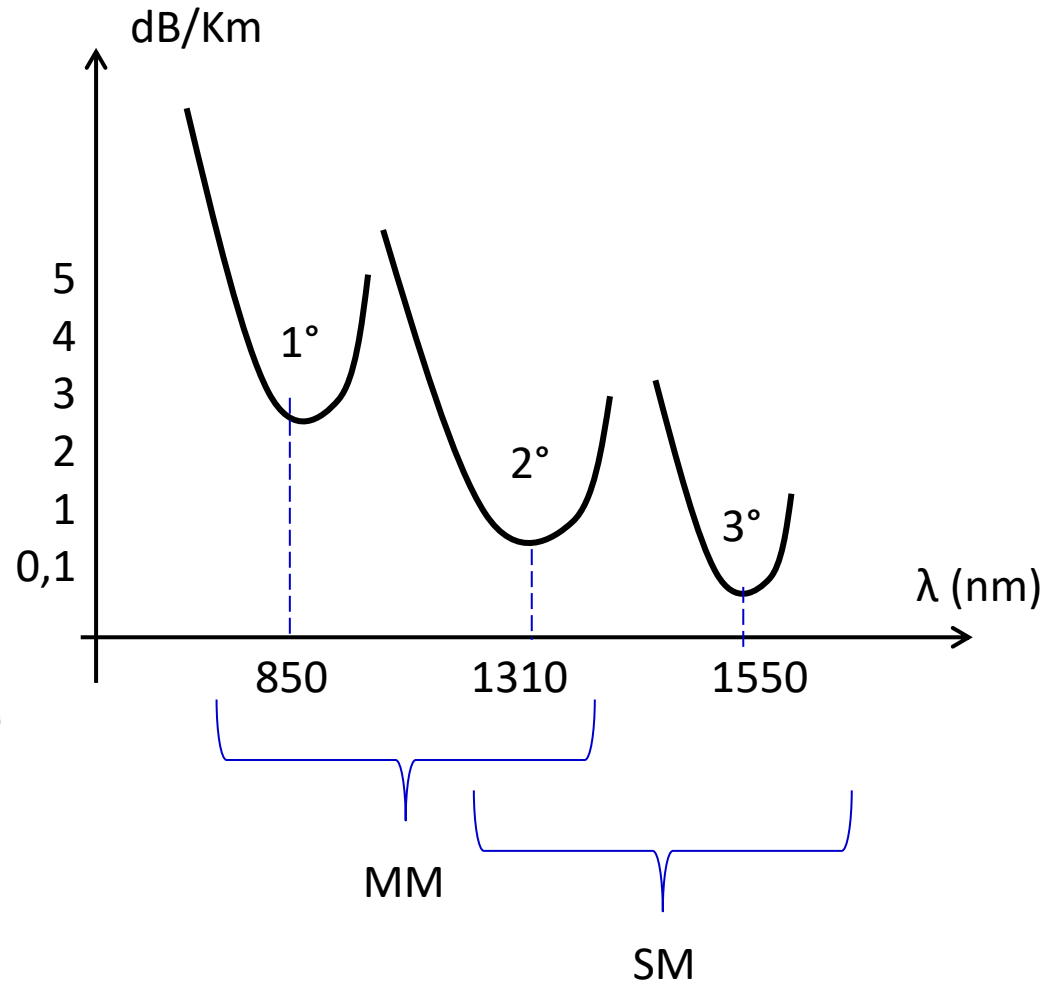
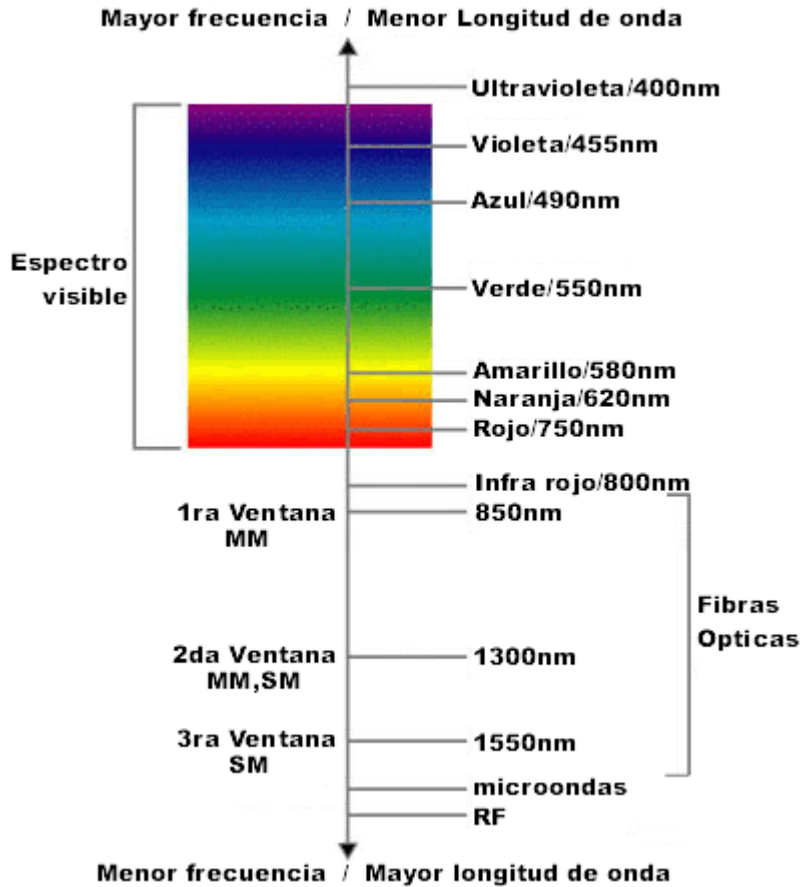
- $\alpha_1$  Ángulo incidente
- $\alpha_2$  Angulo refractado
- $\alpha_{1c}$  Angulo crítico de refracción
- $\alpha_c$  Angulo crítico de entrada

$$n_1 \times \text{sen } \alpha_1 = n_2 \times \text{sen } \alpha_2 \quad \text{Ley de Snell}$$

$$AN = \text{sen } \alpha_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Apertura numérica}$$



# Fibra óptica (ventanas espectrales)



# Fibra óptica (conectores)



SMA: SubMiniature A  
Derivado del conector  
para microondas. Se  
utiliza en fibra MM



FC: Fiber Connector  
Desarrollado por NTT



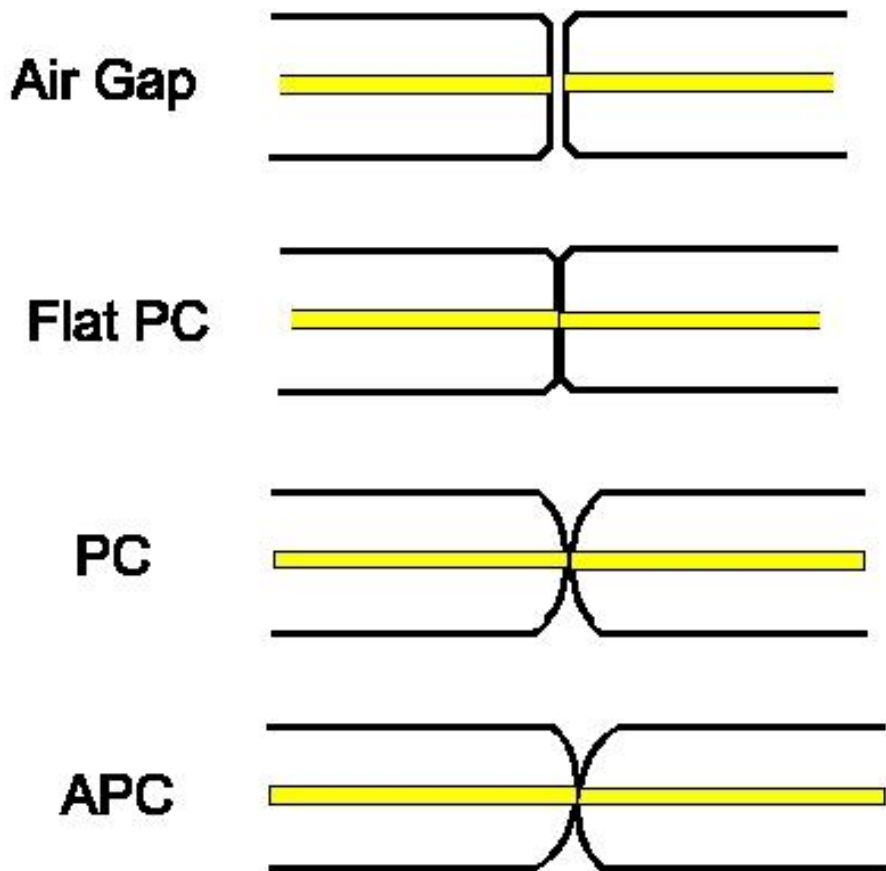
ST: Straight Terminus  
Desarrollado por ATT ,  
utiliza sistema de  
bayoneta



SC: Subscriber Connector  
Desarrollado por NTT



SC/APC : SC/ Angled Physical  
Contact



	Air Gap	PC	APC
		physical contact	angled physic contac
Atenuación (dB)	0,5	0,3	< 0,2
Pérdidas de retorno (dB)	20	30 - 50	60



[empalmes](#)



# Cables fibra óptica (aplicación GPON)

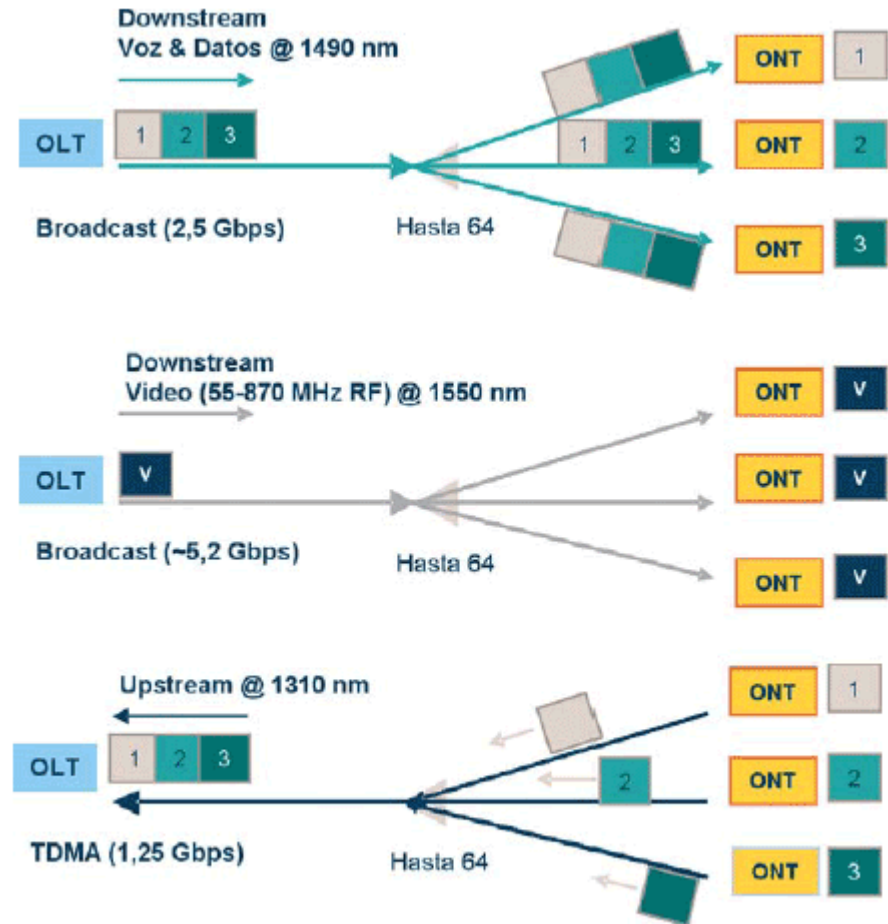
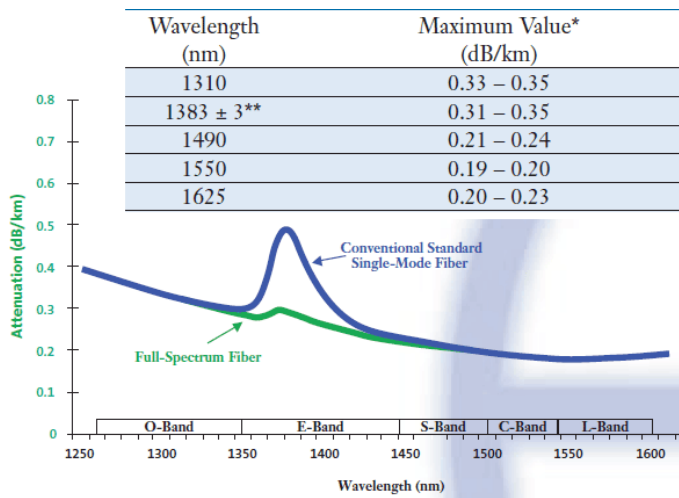
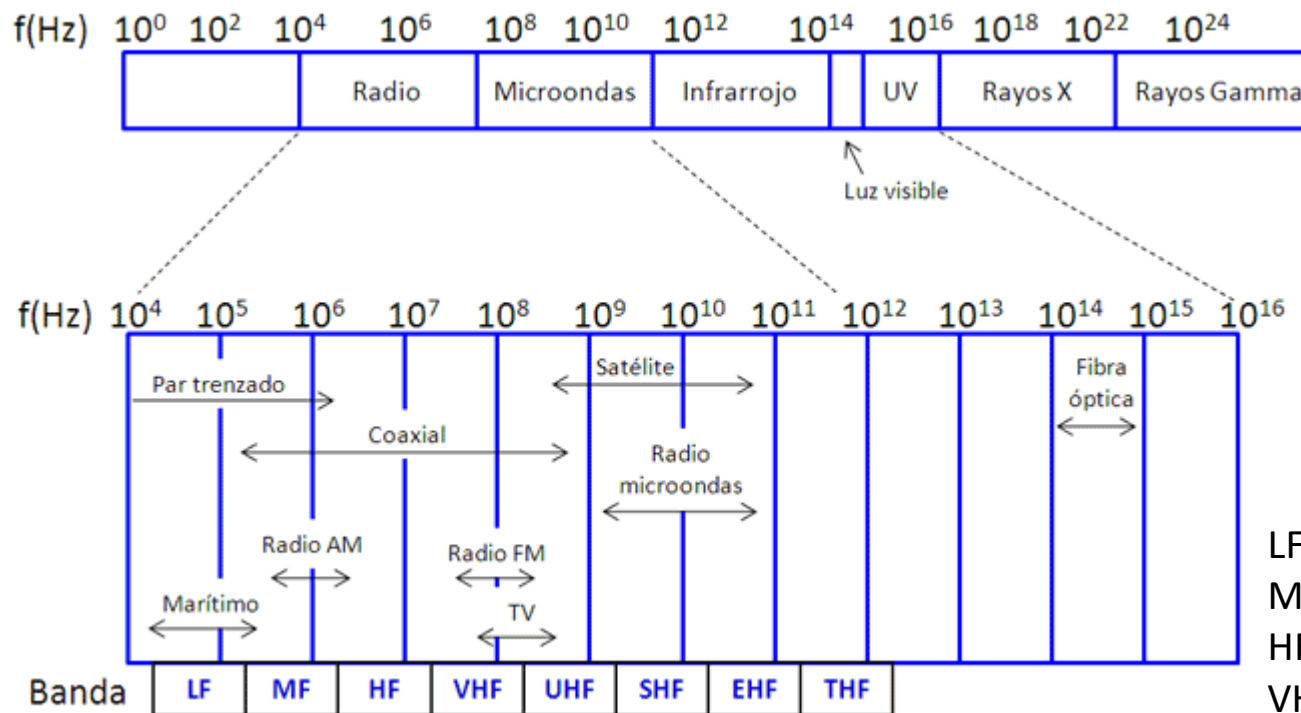


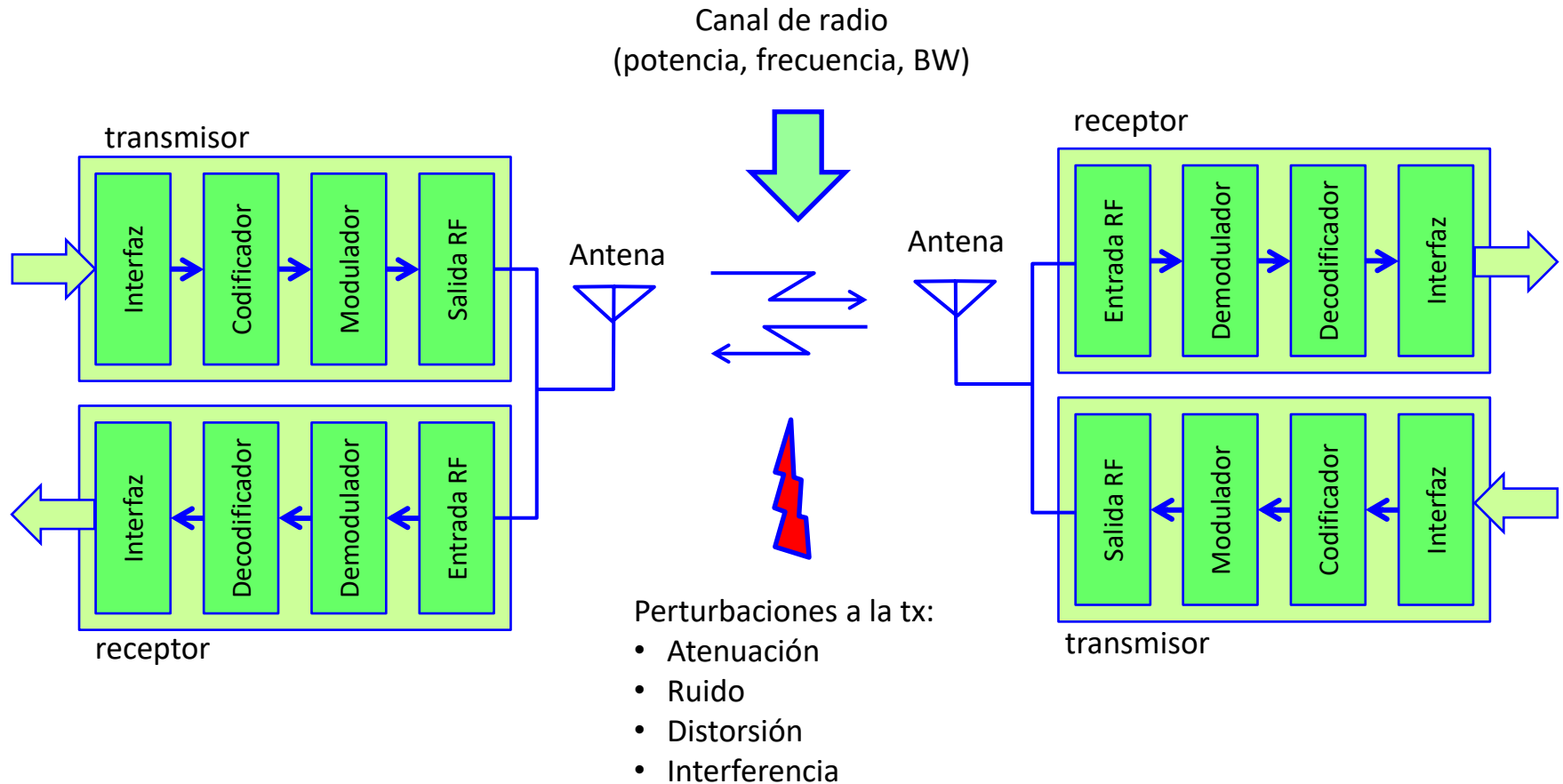
Figura 1. Funcionamiento de GPON.

- El espectro radioeléctrico y sus aplicaciones en comunicaciones



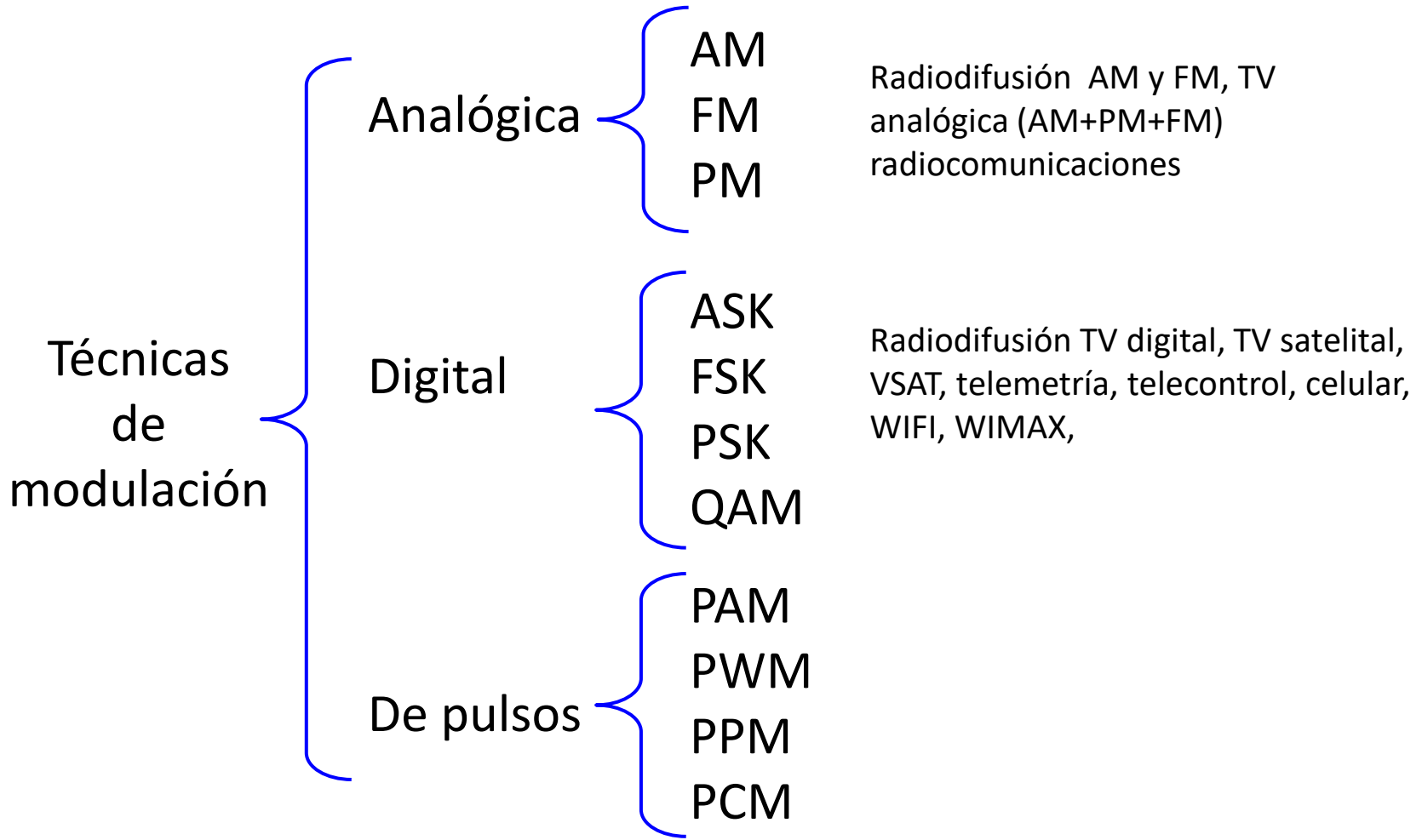
LF :  $3 \times 10^4$  -  $3 \times 10^5$  Hz  
 MF :  $3 \times 10^5$  -  $3 \times 10^6$  Hz  
 HF :  $3 \times 10^6$  -  $3 \times 10^7$  Hz  
 VHF :  $3 \times 10^7$  -  $3 \times 10^8$  Hz  
 UHF :  $3 \times 10^8$  -  $3 \times 10^9$  Hz  
 SHF :  $3 \times 10^9$  -  $3 \times 10^{10}$  Hz  
 EHF :  $3 \times 10^{10}$  -  $3 \times 10^{11}$  Hz  
 THF :  $3 \times 10^{11}$  -  $3 \times 10^{12}$  Hz

## Componentes de equipos en enlace de radio bidireccional:



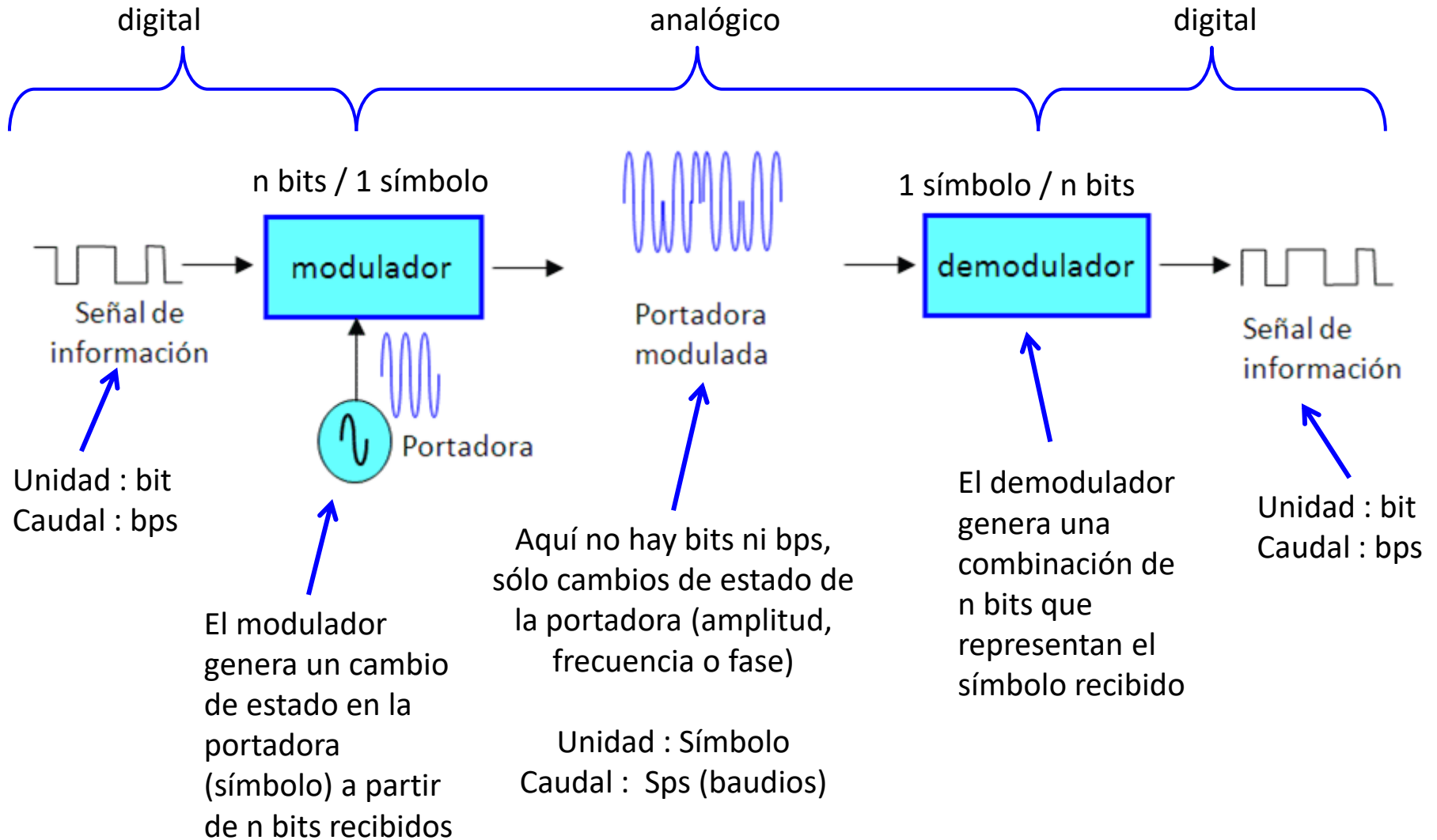


# Modulaciones analógicas y digitales para servicios terrestres y satelitales

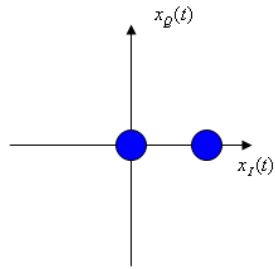




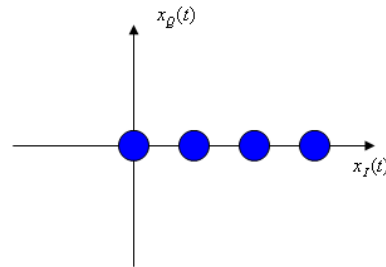
# Modulación digital



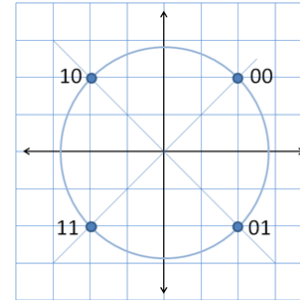
# Modulación digital PSK y QAM



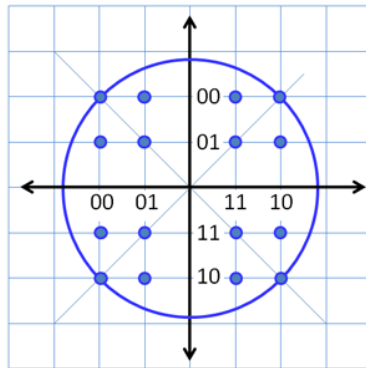
ASK-2



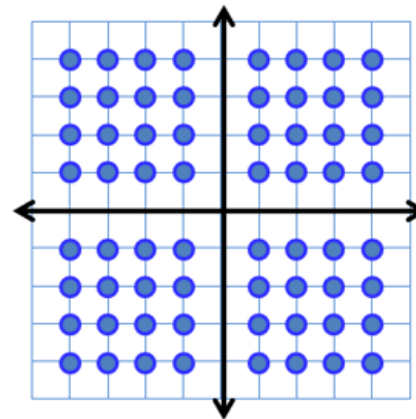
ASK-4



4PSK (QPSK)



16QAM

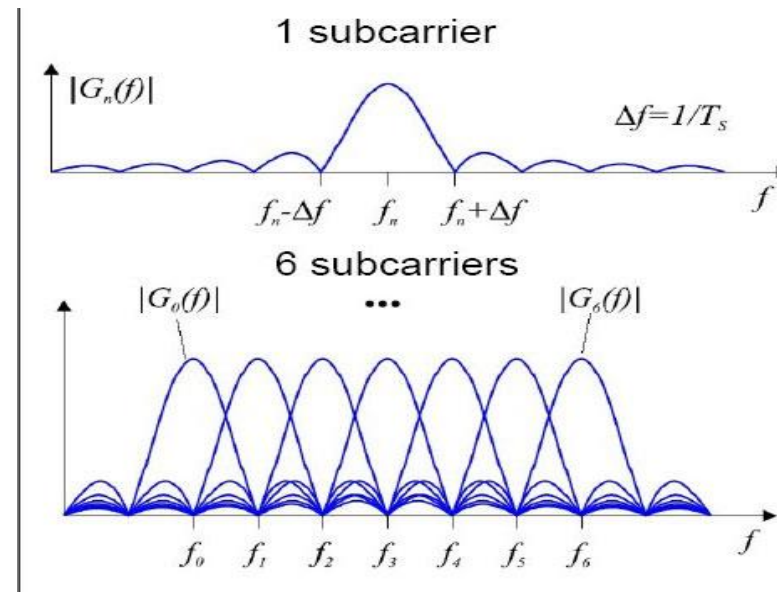


64QAM

Modulación	bits/símbolo
ASK-2	1
ASK-4	2
QPSK	2
16QAM	4
64QAM	6
256QAM	8
1024QAM	10

# Modulación OFDM

- OFDM: Del acrónimo en inglés (**O**rtogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplexing). División de frecuencia por multiplexación ortogonal
- Es una técnica de modulación FDM que permite transmitir grandes cantidades de datos digitales sobre una onda de radio.
- OFDM divide la señal de radio en muchas sub-señales que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias.
- OFDM reduce la diafonía (efecto de cruce de líneas) durante la transmisión de la señal, OFDM se utiliza en 802.11a WLAN, 802.16 y WiMAX





# Parámetros de la comunicación digital inalámbrica

Básicamente son tres:

## **Tasa de error de bit:**

(BER: bit error rate): relación entre bits recibidos erróneamente y el total de bits transmitidos. También se relaciona la Tasa de símbolos errados (SER: symbol error rate)

## **Eficiencia de potencia:**

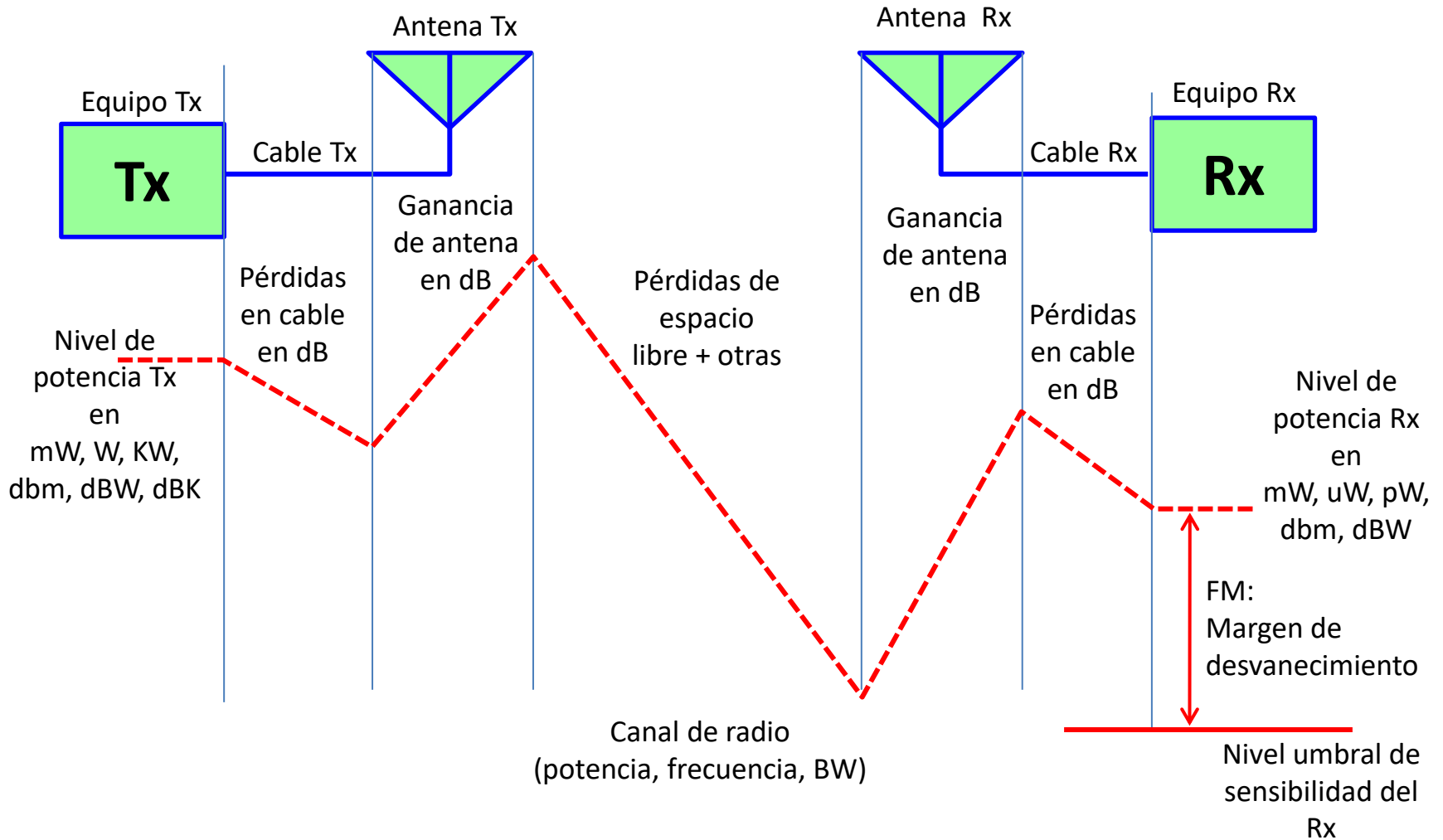
Habilidad de preservar la fidelidad del mensaje cuando se utilizan potencias bajas. En general habrá una relación de energía de bit a potencia de ruido mínima que asegure una determinada BER en el Rx. Este parámetro se asocia a la sensibilidad

## **Eficiencia espectral:**

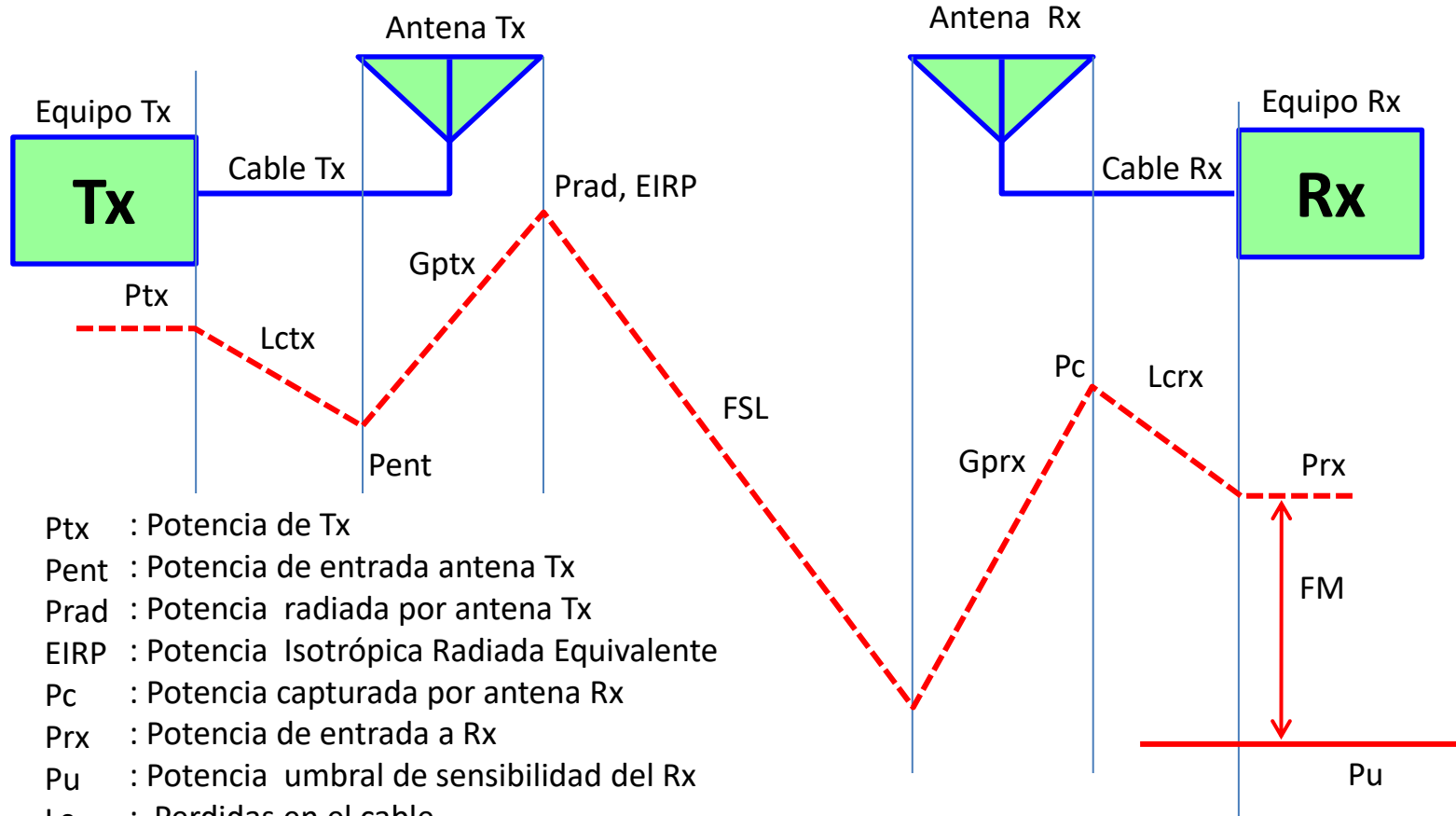
Habilidad para acomodar una tasa de bit en un ancho de banda  $EE = R_b \text{ (bps)} / BW \text{ (Hz)}$



Enlace RF unidireccional, balance de potencias:



Enlace RF unidireccional, balance de potencias, variables significativas:



- $P_{tx}$  : Potencia de Tx
- $P_{ent}$  : Potencia de entrada antena Tx
- $Prad$  : Potencia radiada por antena Tx
- EIRP** : Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
- $P_c$  : Potencia capturada por antena Rx
- $P_{rx}$  : Potencia de entrada a Rx
- $P_u$  : Potencia umbral de sensibilidad del Rx
- $L_c$  : Pérdidas en el cable
- $G_p$  : Ganancia de potencia de antena
- FSL** : Pérdidas de espacio libre
- FM** : Margen de desvanecimiento

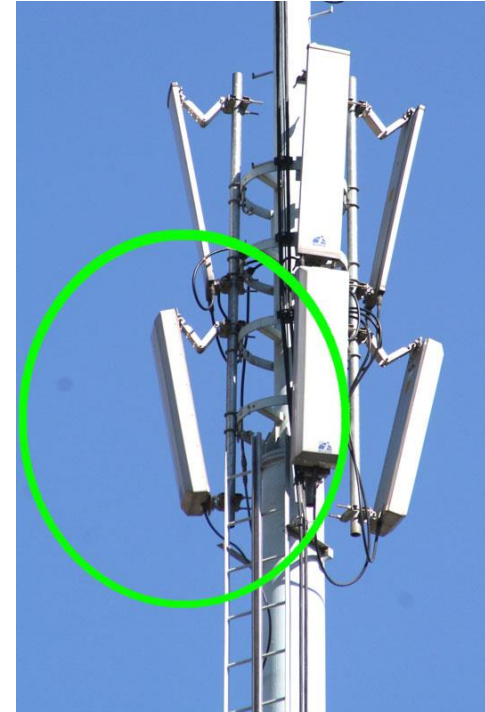
# Tipos y características de antenas



Antena de radiodifusión FM

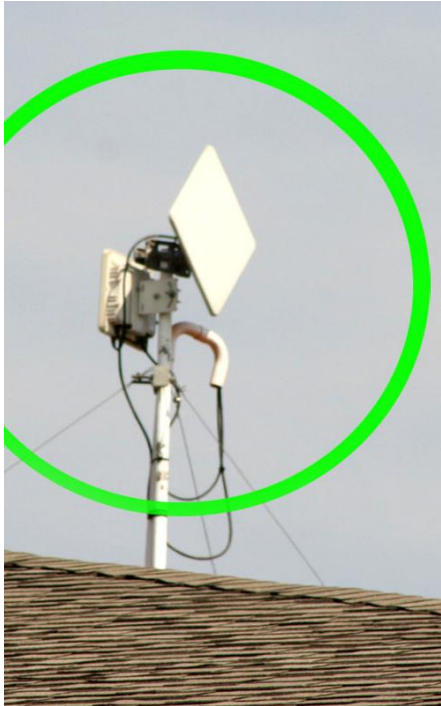


Antena VSAT para tx de datos



Antena de panel sectorial de celular

## Tipos y características de antenas (2)



Antena de panel  
WiMax



Antena yagi UHF  
para telecontrol de  
semáforos



Antena de radar  
marítimo

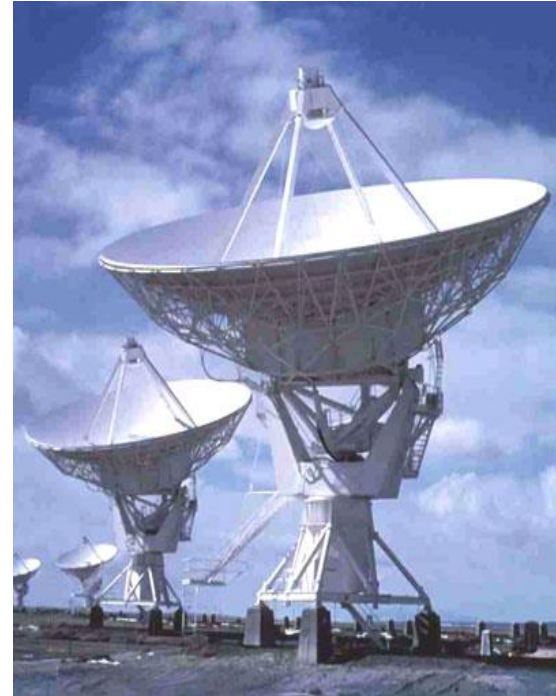
## Tipos y características de antenas (3)



Antena panel sectorial camuflada para celular



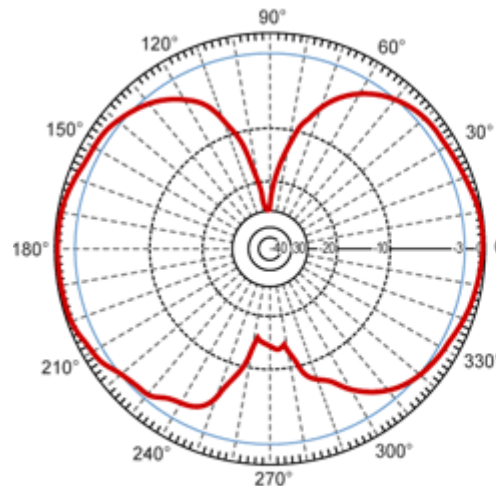
Antena banda Ku para TV satelital



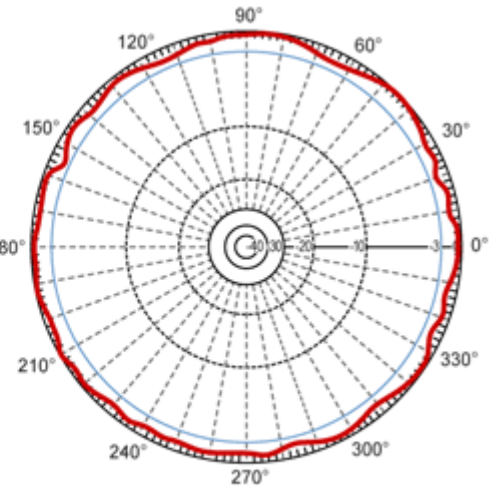
Antena de radiotelescopio

Parámetros de una antena:

- Frecuencia de operación
- Eficiencia
- Ganancia directiva
- Ganancia de potencia
- Impedancia
- Polarización
- Ancho de banda
- Patrón de radiación
- Angulo de abertura (directividad)
- Relación frente/atrás
- Potencia máxima

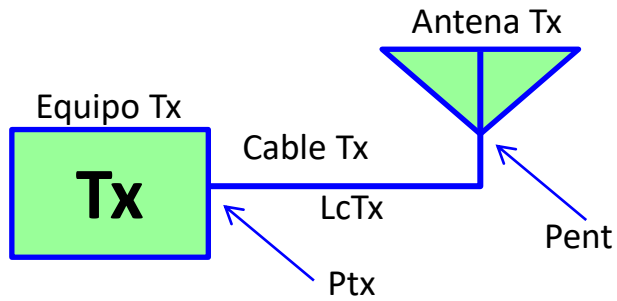


**Vertical**

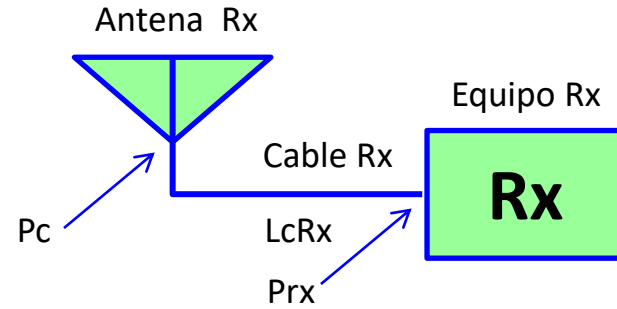


**Horizontal**

Medios de conexión de equipos Tx o Rx con las antenas Tx o Rx



Cable coaxial



Guía de onda





# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Tecnologías y estándares de redes inalámbricas

<b>Tipo de red</b>	<b>WWAN (Wide)</b>	<b>WMAN (Metropolitan)</b>	<b>WLAN (Local)</b>	<b>WPAN (Personal)</b>
Estándar	GSM/GPRS/UMTS	IEEE 802.16	IEEE 802.11	IEEE 802.15
Certificación		WiMAX	WiFi	Bluetooth, ZigBee
Velocidad máxima	42 Mb/s	128 Mb/s	600 Mb/s	55 Mb/s
Frecuencia	0,9/1,8/2,1 GHz	2-66 GHz	2,4 y 5 GHz Infrarrojos	2,4 GHz
Rango	35 Km	1 – 50 Km	30 - 150 m	10 m
Técnica radio	Varias	Varias	FHSS, DSSS, OFDM	FHSS
Itinerancia (roaming)	Sí	Sí (802.16e)	Sí	No
Equivalente a:	Conex. telef. (módem)	ADSL, CATV	LAN	Cables de conexión

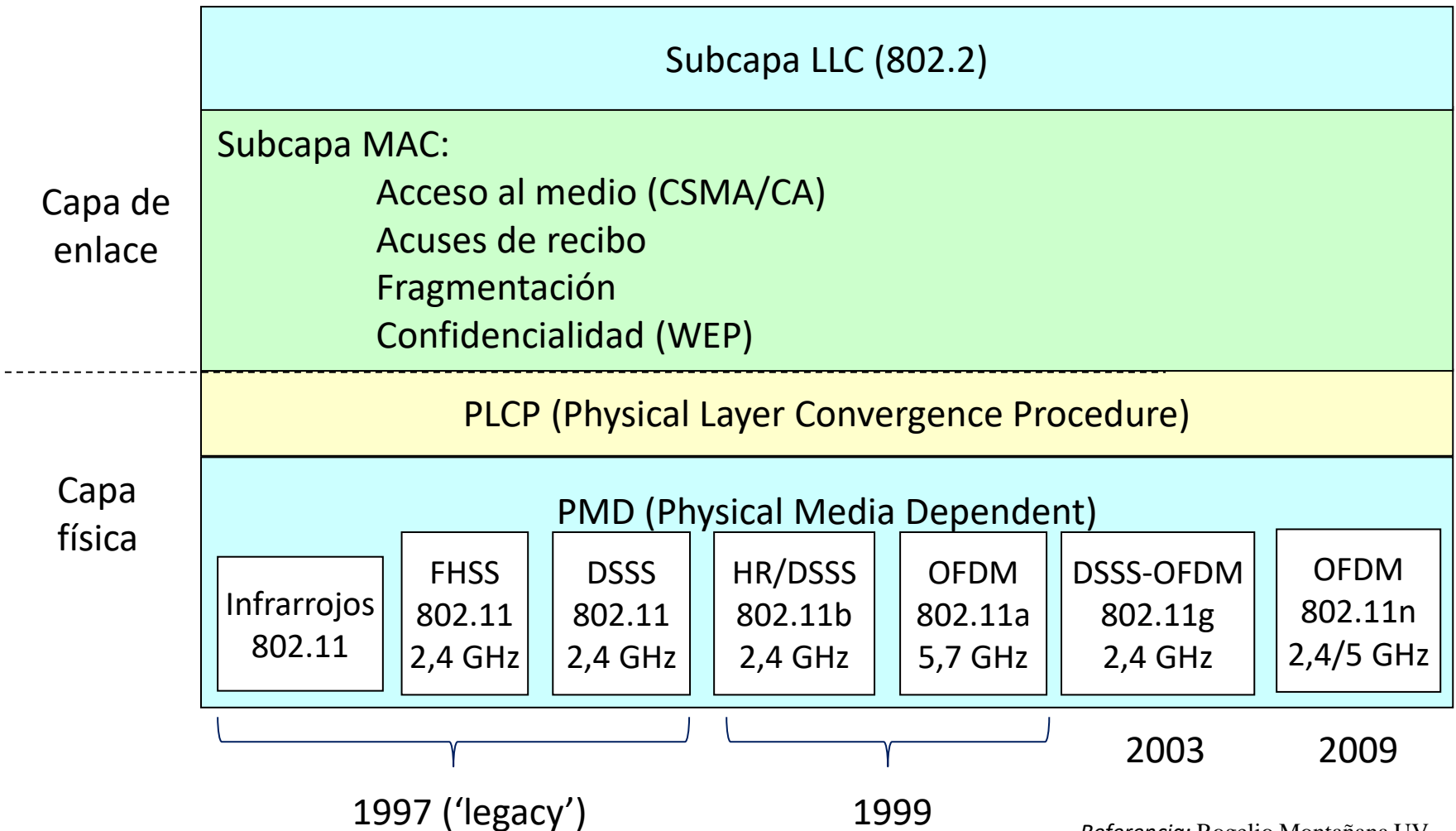
Referencia: Rogelio Montañana UV





# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Modelo de referencia de 802.11



Referencia: Rogelio Montañana UV



# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Componentes de una red 802.11

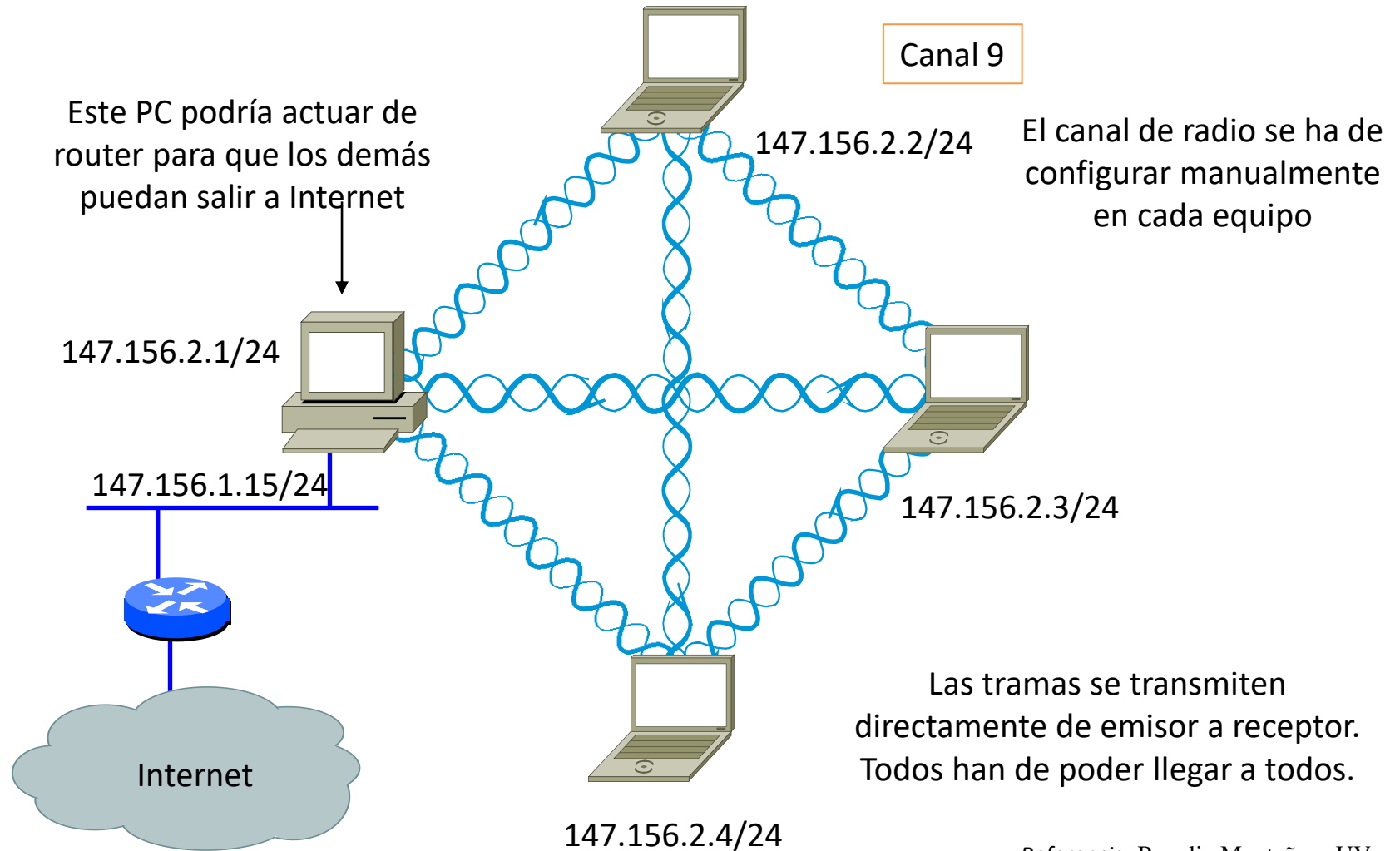
- **Puntos de acceso (Access Point, AP):** son los encargados de dar servicio a los usuarios. Cada punto de acceso abarca un área de cobertura cuya forma y tamaño depende de su potencia, tipo y orientación de su antena, estructura del edificio, obstáculos presentes, etc. El AP puede estar conectado a una red de cable, normalmente Ethernet, en cuyo caso actúa como puente transparente.
- **Estaciones (Station, STA):** son las interfaces inalámbricas de los equipos de usuario, que pueden ser ordenadores, PDAs, tablet PCs, teléfonos, e-books, etc.

## Tipos de redes

- **Redes ad hoc:** no hay puntos de acceso (APs), sólo estaciones que se comunican directamente entre sí.
- **Redes de infraestructura:** tienen uno o más APs. Pueden ser de dos tipos:
  - **BSS (Basic Service Set):** está formado por un AP y su área de cobertura.
  - **ESS (Extended Service Set):** es un conjunto de dos o más BSS, es decir dos o más APs, interconectados de alguna manera a nivel 2. La red que los interconecta se denomina DS (Distribution System)
- Los APs actúan como **puentes transparentes traductores** entre 802.11 y otras redes 802.x (normalmente x=3)

*Referencia: Rogelio Montañana UV*

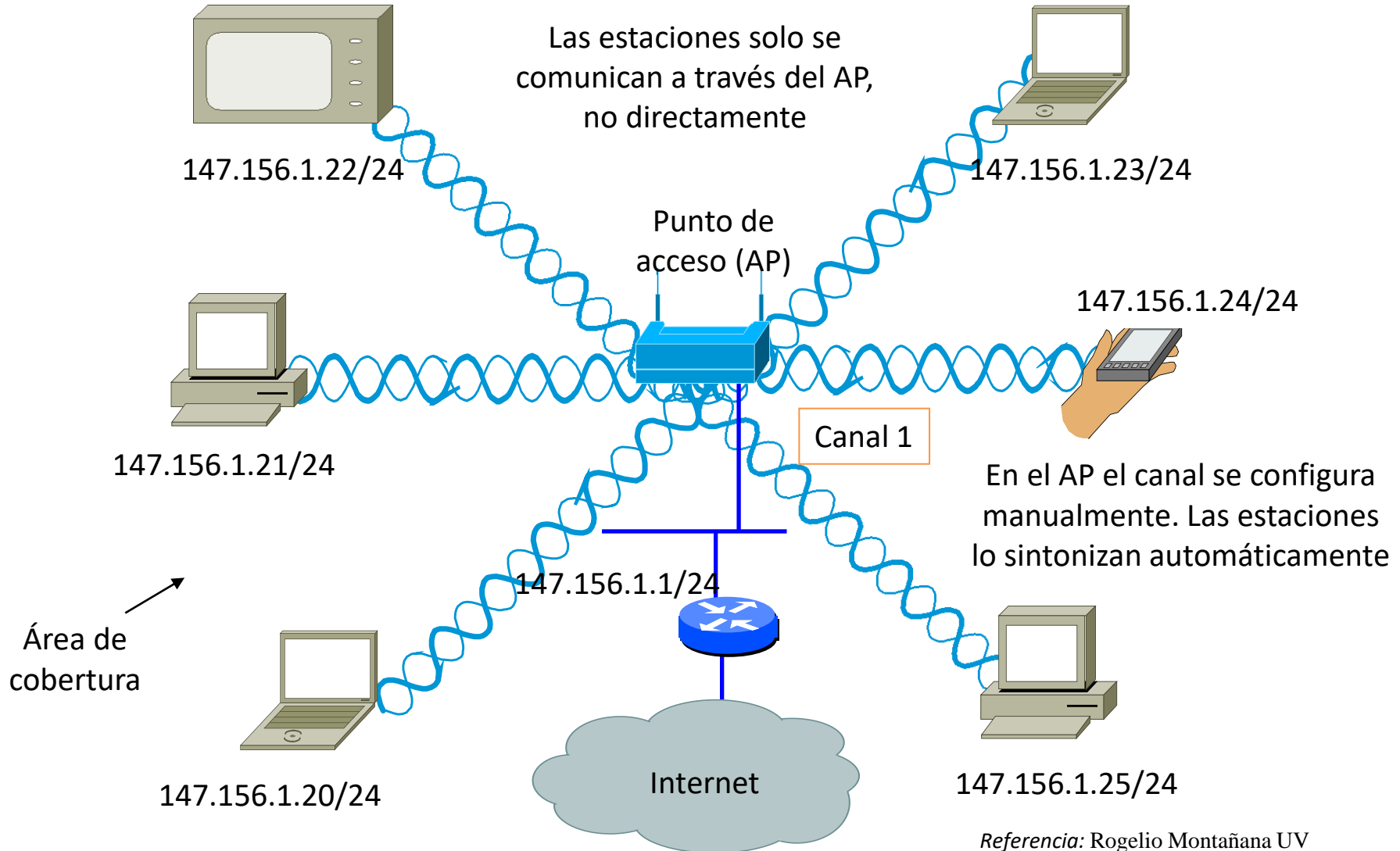
## Red 'ad hoc' (sin APs)



Referencia: Rogelio Montañana UV

# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

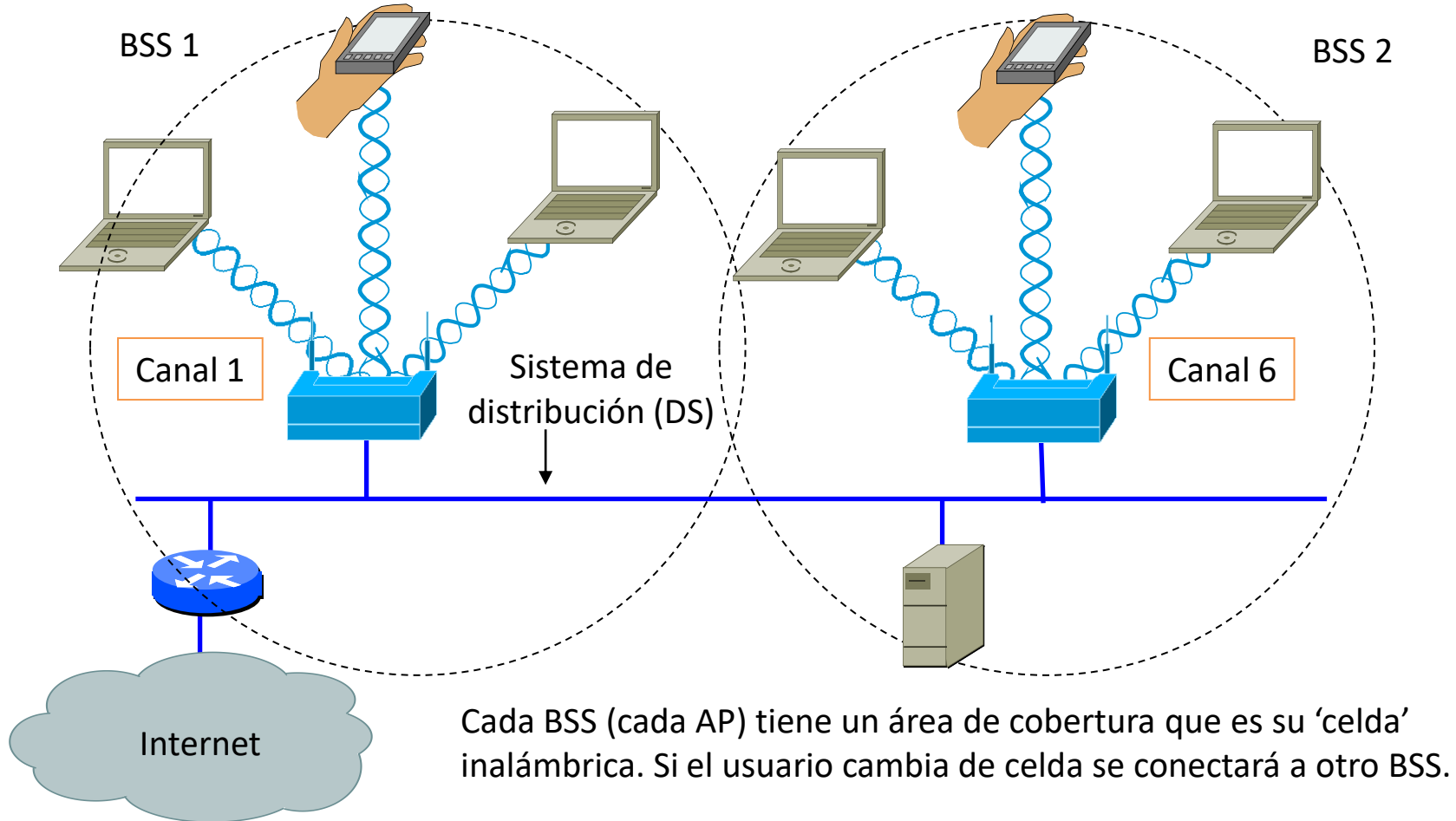
## BSS (Basic Service Set) ó IBSS (Independent Basic Service Set)



Referencia: Rogelio Montañana UV

## Un ESS (Extended Service Set) formado por dos BSS (Basic Service Set)

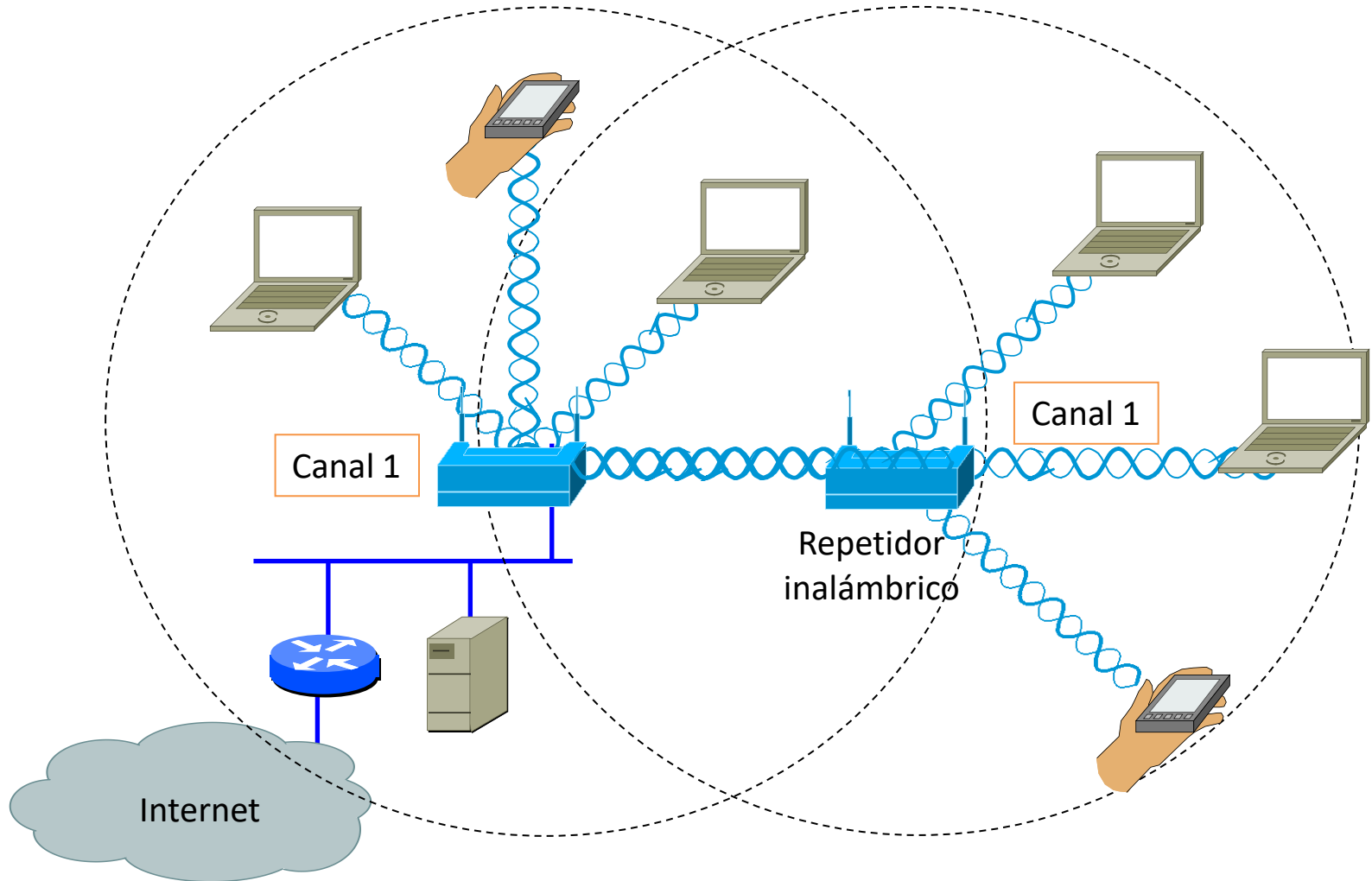
El DS (Distribution System) es el medio de comunicación entre los AP. Normalmente es Ethernet, pero puede ser cualquier medio. Siempre debe haber conectividad a nivel 2 entre los APs que forman el ESS



Cada BSS (cada AP) tiene un área de cobertura que es su 'celda' inalámbrica. Si el usuario cambia de celda se conectará a otro BSS.

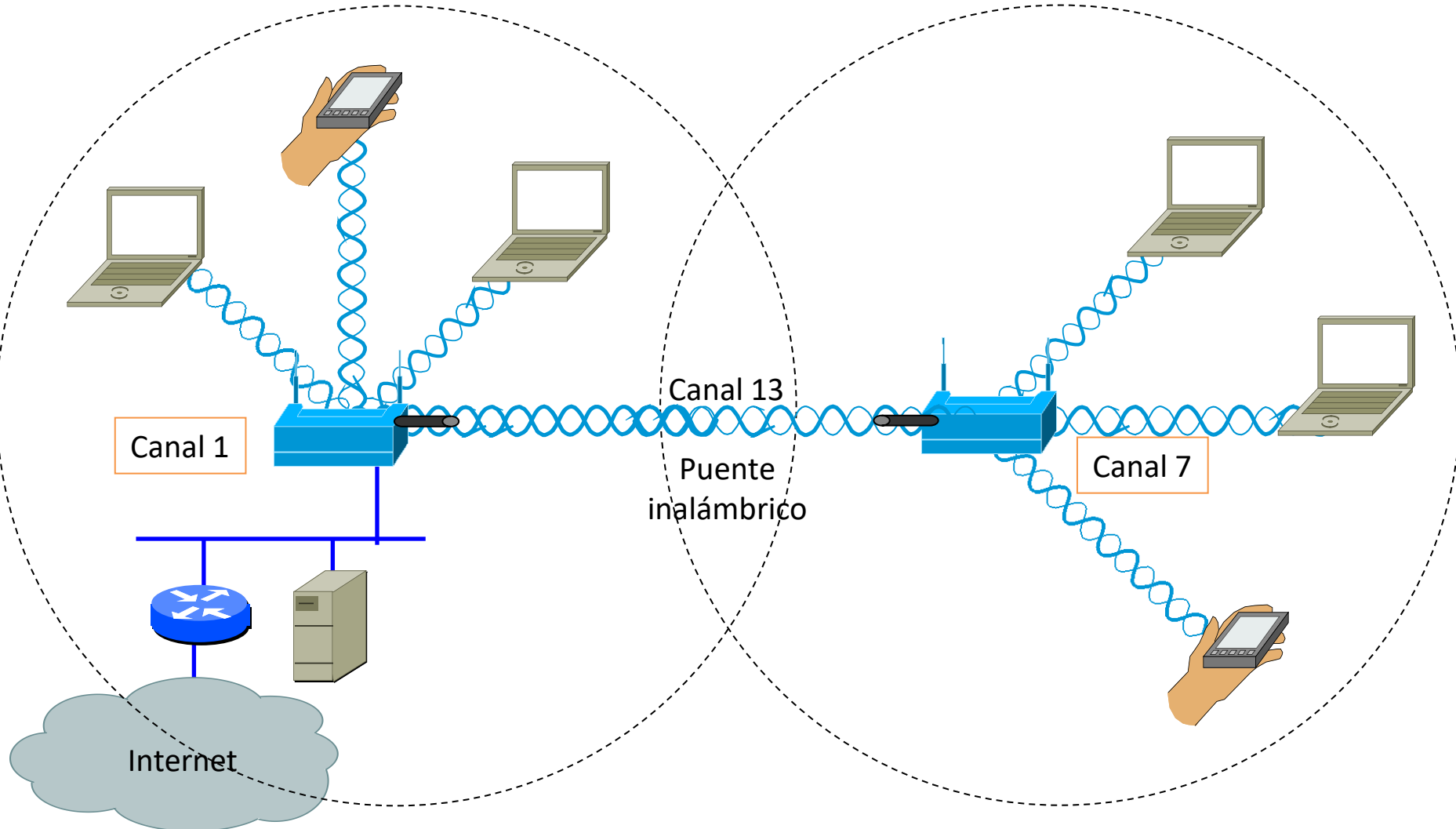
# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

Un ESS formado por dos BSS en un DS sin cables (WDS, Wireless Distribution System)



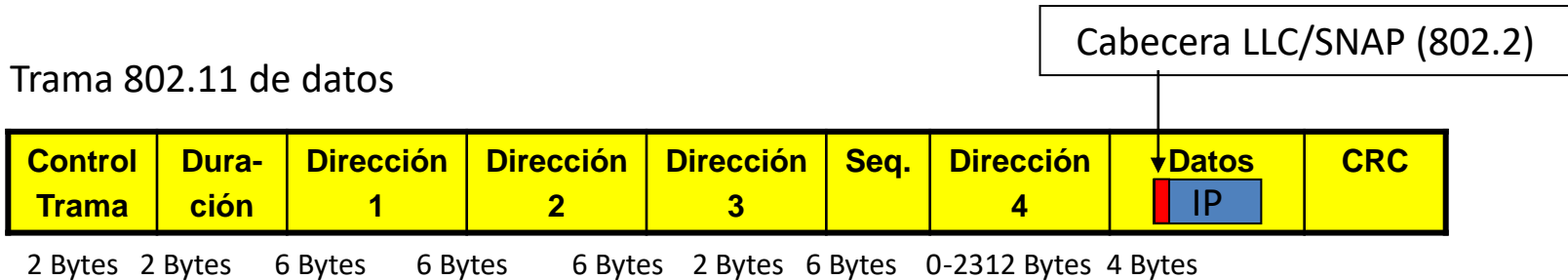
Referencia: Rogelio Montaña UV

## Otro ESS con dos BSS y un DS sin cables utilizando un puente inalámbrico

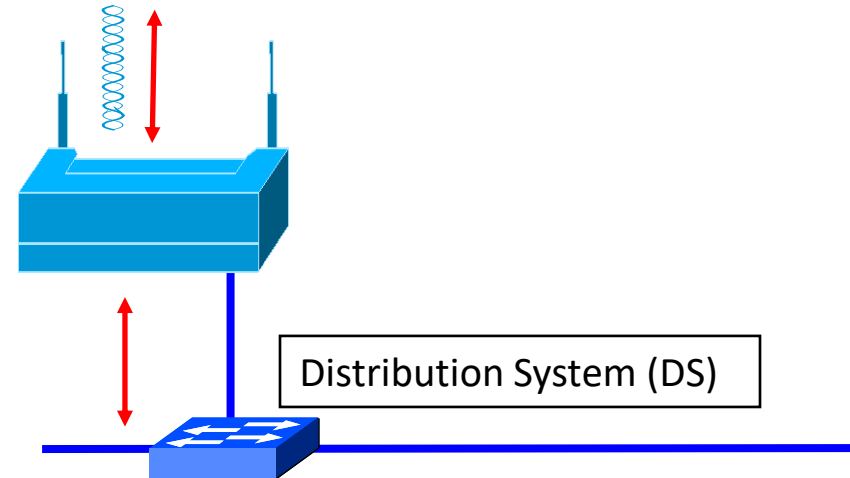
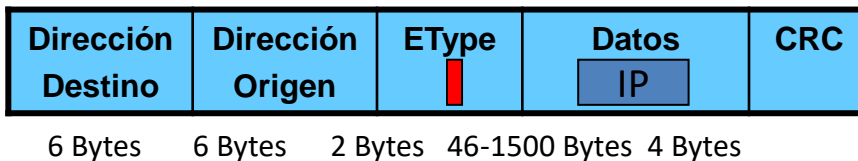


## Tramas 802.11 – No son Ethernet!

Trama 802.11 de datos



Trama Ethernet



- Hay algunas semejanzas, pero 802.11 es diferente
- Los APs son puentes traductores 802.11 ↔ 802.x (x=3, 5, etc.)
- La trama se convierte de un formato a otro





# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

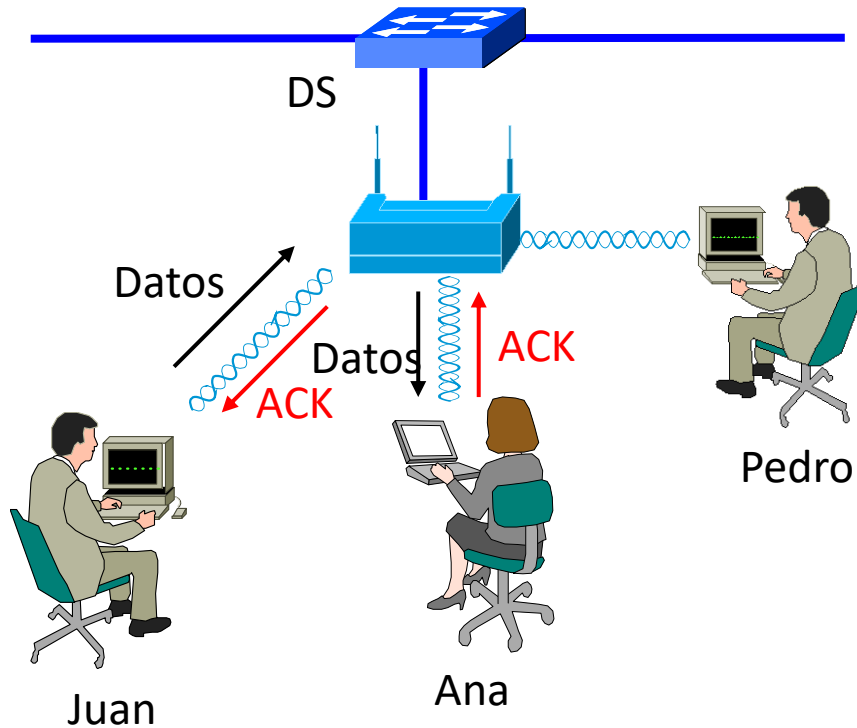
## Tipos de tramas 802.11

- De gestión
  - Tramas baliza (beacon)
  - Tramas de sonda petición/respuesta
  - Tramas de autenticación/deautenticación
  - Tramas de asociación/reasociación/desasociación
- De control
  - Tramas RTS (Request To Send) y CTS (Clear To Send)
  - Tramas ACK (Acknowledgement, acuse de recibo)
- De datos (paquetes IP, ARP, ST, etc.)

## Protocolo MAC de redes 802.11

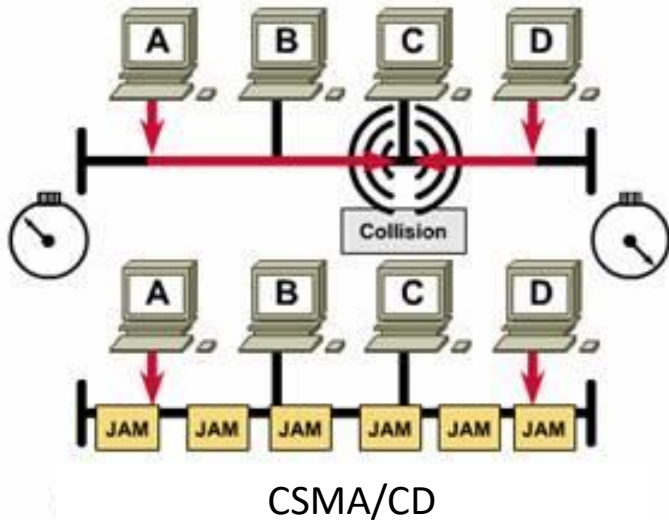
El protocolo MAC depende del modo de funcionamiento. Hay dos posibilidades:

- Modo **DCF**, Distributed Coordination Function. Similar a Ethernet, no hay un control centralizado de la red, las estaciones y los APs son iguales. Así funcionan las redes ad hoc y la mayoría de las redes de infraestructura. Su soporte es obligatorio en el estándar 802.11
- Modo **PCF**, Point Coordination Function. Solo puede usarse en redes de infraestructura (con APs). El AP controla todas las transmisiones y asigna turnos a las estaciones (funcionamiento tipo token ring). No forma parte del conjunto de estándares de la Wi-Fi Alliance y su implementación en 802.11 es opcional.

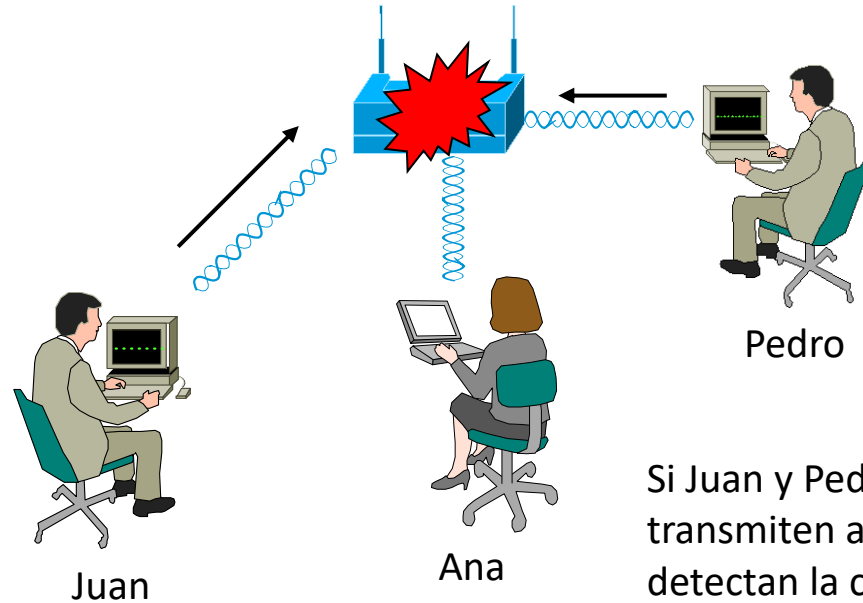


- Todos los envíos son confirmados mediante ACK
- Si Juan envía una trama a Ana tiene que mandarla al AP, que se la reenvía. La celda siempre funciona half-duplex, solo hay un canal de radio compartido por todos. El envío de Juan a Ana requiere cuatro envíos de radio
- Si Juan envía una trama a un destino remoto (fuera de la celda) el AP se encarga de mandarla por el DS (dos envíos de radio)

## Acceso al medio – CSMA/CA



Todos detectan la colisión

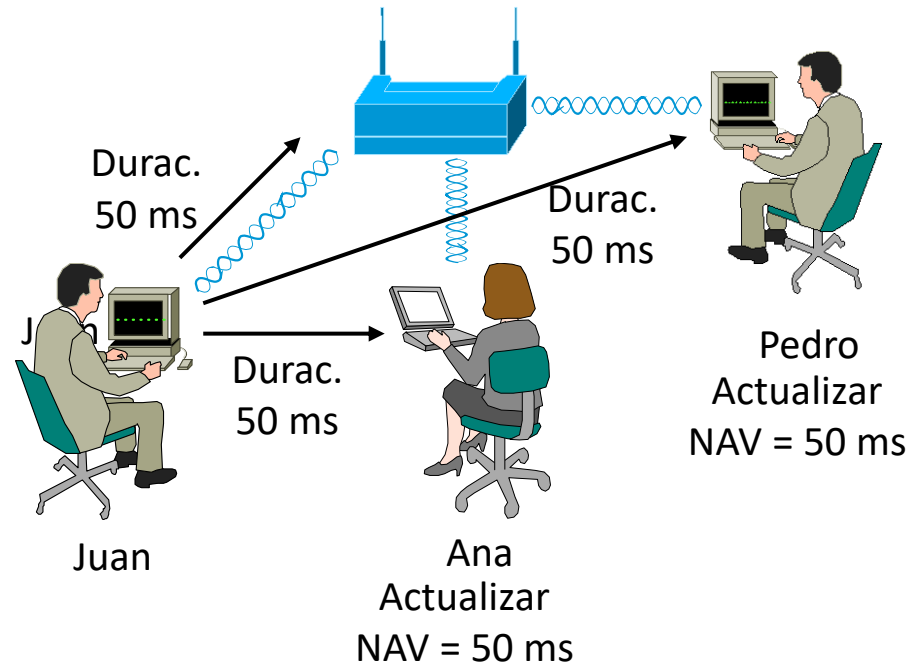


Si Juan y Pedro transmiten a la vez no detectan la colisión, solo ven que no les llega el ACK esperado

- CSMA/CD – Collision Detection (Ethernet, 802.3):
  - Todos los dispositivos detectan la colisión en tiempo real. Cuando ocurre la colisión la transmisión se interrumpe
- CSMA/CA – Collision Avoidance (Wi-Fi, 802.11)
  - Los dispositivos suponen que ha habido colisión si después de enviar una trama no reciben la confirmación (ACK)
- Tanto CSMA/CD como CSMA/CA son half-duplex, pero CSMA/CD es más eficiente

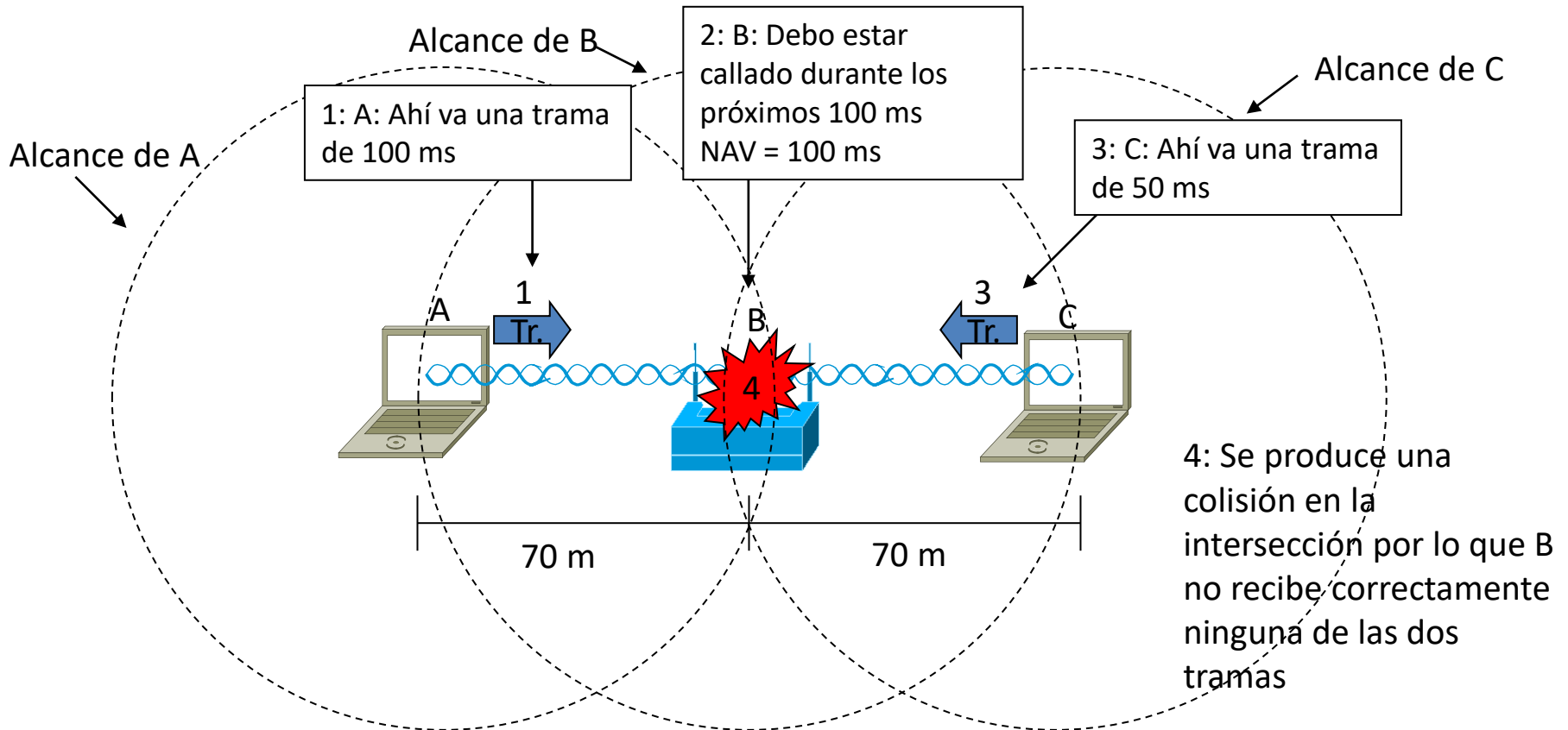
Referencia: Rogelio Montaña UV

## NAV (Network Allocation Vector)



- Cada estación mantiene un contador de tiempo retrospectivo llamado **NAV (Network Allocation Vector)** que indica el tiempo que queda para que el canal quede libre.
- El NAV se actualiza con el valor del campo 'duración' que aparece en cada trama emitida por alguna estación en la celda, excepto si el nuevo NAV es más pequeño que el que ya había, en cuyo caso el último se ignora
- Una estación nunca intentará transmitir mientras  $NAV > 0$

## El problema de la estación oculta

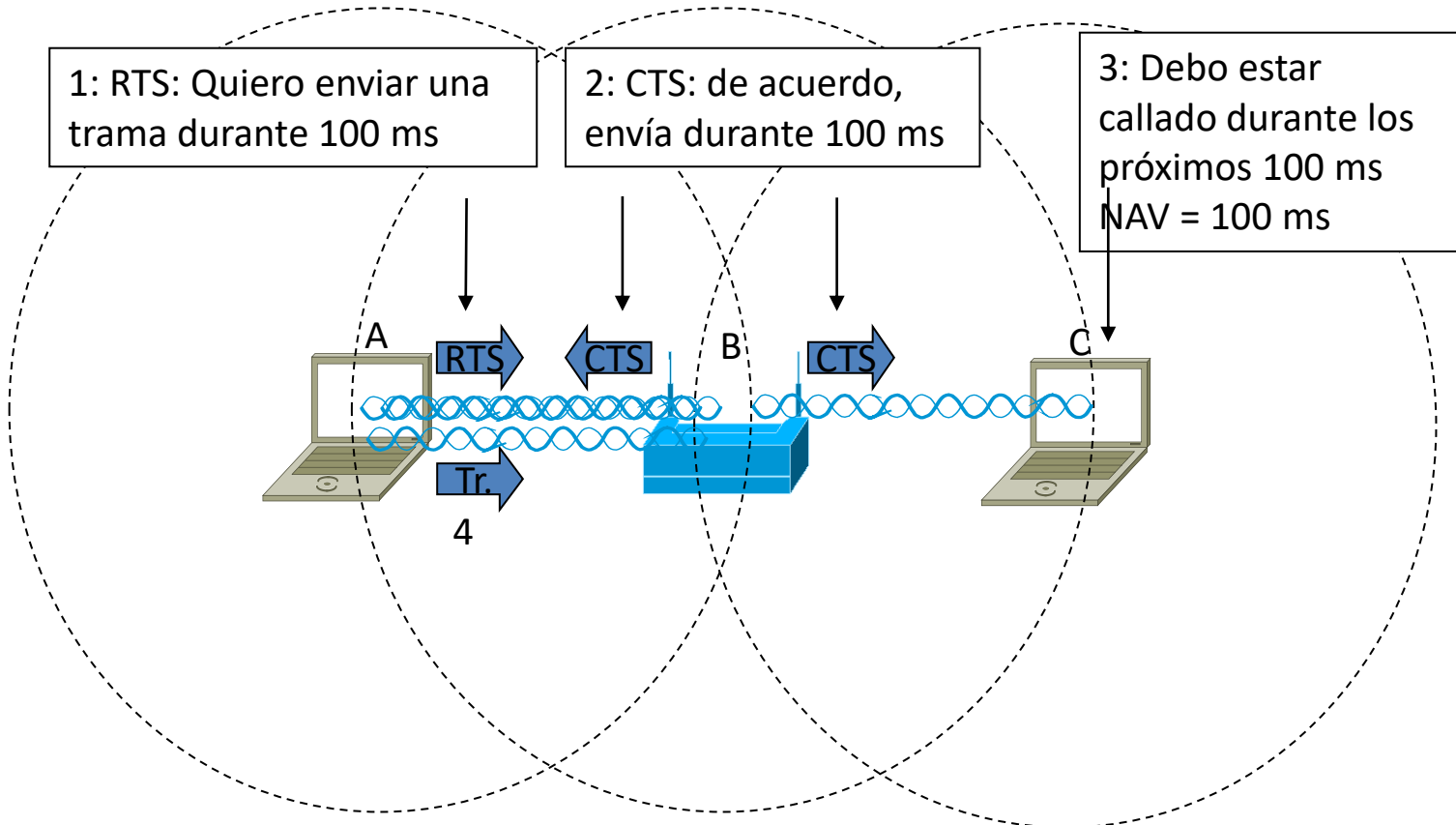


1: A quiere transmitir una trama a B. Detecta el medio libre y transmite

2: B estará callado durante la transmisión de A

3: Mientras A está transmitiendo C quiere enviar una trama a B. Detecta el medio libre (pues no capta la emisión de A) y transmite

## Solución al problema de la estación oculta



1: Antes de transmitir la trama A envía un mensaje RTS (Request To Send)

2: B responde al RTS con un CTS (Clear To Send)

3: C no capta el RTS, pero sí el CTS. Sabe que no debe transmitir durante los próximos 100 ms

Referencia: Rogelio Montañana UV



# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Organización de una red 802.11

- Normalmente los APs se conectan a conmutadores ethernet que suministran alimentación eléctrica través del conector RJ45 (power over Ethernet, 802.3af) para simplificar y abaratar la instalación
- Un servidor DHCP se encarga de suministrar direcciones IP automáticas a las estaciones cuando se asocian con un SSID. Podrían asignarse manualmente, pero obligaría a registrar las MAC de todos los dispositivos móviles.
- Todos los AP de un SSID se conectan a la misma VLAN
- Si los APs permiten configurar más de un SSID se pueden configurar varias redes virtuales sobre la misma red física. Esto permite ofrecer diferentes permisos, políticas de uso, etc.
- Si el AP tiene más de un SSID cada uno se corresponderá con una VLAN y la conexión al conmutador debe hacerse mediante un puerto trunk



# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Capa Física: Banda de 2,4 GHz (802.11b/g)

- Es la más utilizada
- Se conoce como la banda ISM (Industrial-Scientific-Medical)
- La utilizan muchas redes 802.11 y además:
  - Teléfonos inalámbricos (pero no los DECT ni móviles)
  - Mandos a distancia
  - Aparatos inalámbricos de audio o vídeo
  - Etiquetas RFID
  - Hornos de microondas
- Esto causa interferencias con relativa frecuencia





# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Estándares 802.11 a 2,4 GHz

Radio	Codificación	Potencia max.	Velocidad (Mb/s)	802.11 'legacy'	802.11b	802.11g
FHSS	Barker	100 mW	1	X		
			2	X		
DSSS	Barker	100 mW	1	X	X	X
			2	X	X	X
DSSS	CCK	100 mW	5,5		X	X
			11		X	X
DSSS	OFDM	30 mW	6			X
			9			Opc.
			12			X
			18			Opc.
			24			X
			36			Opc.
			48			Opc.
			54			Opc.

Cada estándar es compatible con los anteriores

Referencia: Rogelio Montañana UV



# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Espectro disperso

- Debido a su carácter no regulado la banda ISM es un medio 'hostil' pues normalmente tiene un nivel de ruido elevado e interferencias
- Además se imponen unas condiciones bastante estrictas de emisión (potencia máxima, tipo de antena, etc.) para evitar el caos
- Para superar esos inconvenientes lo mejor posible se utilizan técnicas de **espectro expandido** o **espectro disperso** (spread spectrum, SS). En redes inalámbricas se emplean dos tipos:
  - Por salto de frecuencia (Frequency Hopping, FHSS). Se empleaba en las primeras redes 802.11, hoy en día esta en desuso. Se sigue empleando en 802.15 (Bluetooth)
  - Por secuencia directa (Direct Sequence, DSSS). Se emplea en todas las redes 802.11 actuales



# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

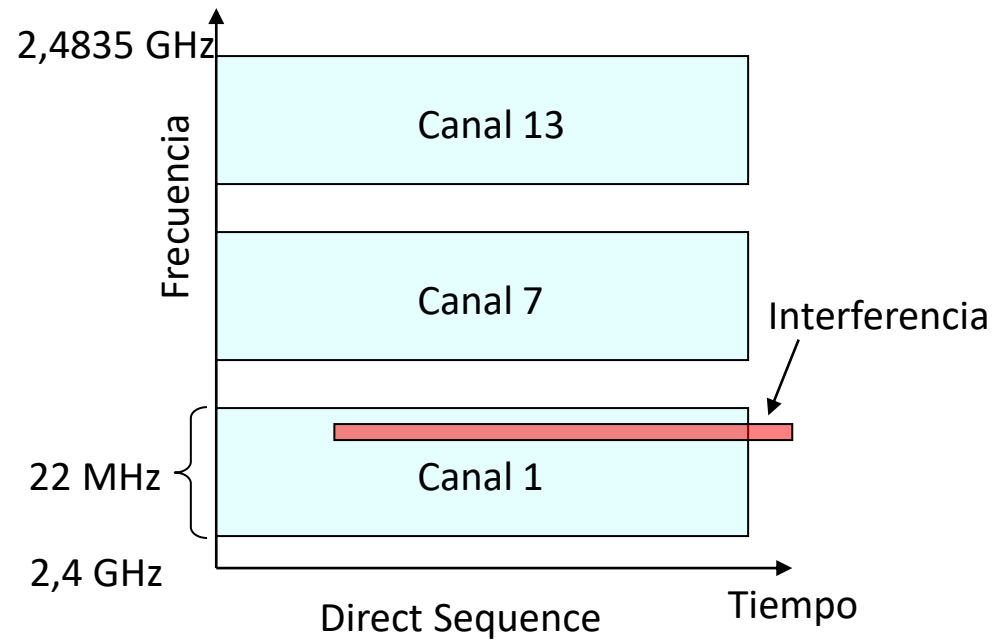
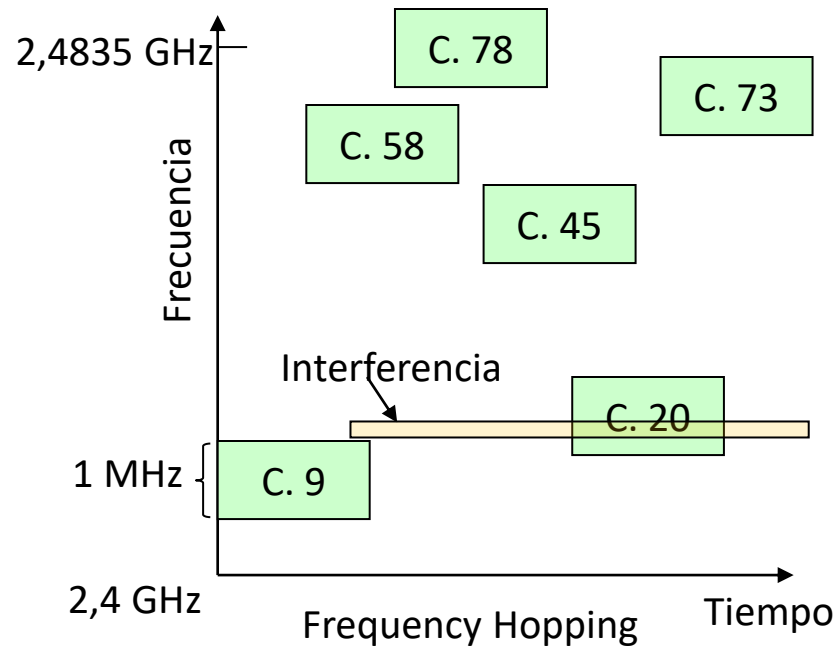
## Espectro disperso por salto de frecuencia (FHSS)

- Inventado por la actriz austríaca (e ingeniero de telecomunicaciones) Hedy Lamarr en 1941, como sistema de radio para guiar los misiles de los aliados contra Hitler
- El emisor y el receptor van cambiando continuamente de frecuencia, siguiendo una secuencia previamente acordada
- Para emitir se emplea un canal estrecho (1 MHz) y se concentra en él toda la energía. Hay 79 canales y se cambia varias veces por segundo
- Puede haber diferentes emisores simultáneos usando distinta secuencia, o usando la misma pero no sincronizados
- El FHSS también se emplea en Bluetooth, pero con otros canales y el cambio se hace más a menudo

## Espectro disperso por Secuencia Directa (DSSS)

- El emisor utiliza un canal más ancho que en FHSS y envía la información codificada con mucha redundancia. El canal permanece constante todo el tiempo
- Se confía en que el receptor sea capaz de descifrar la información, aun en el caso de que se produzca alguna interferencia en alguna zona de frecuencias
- Puede haber diferentes emisores simultáneos si usan canales diferentes no solapados

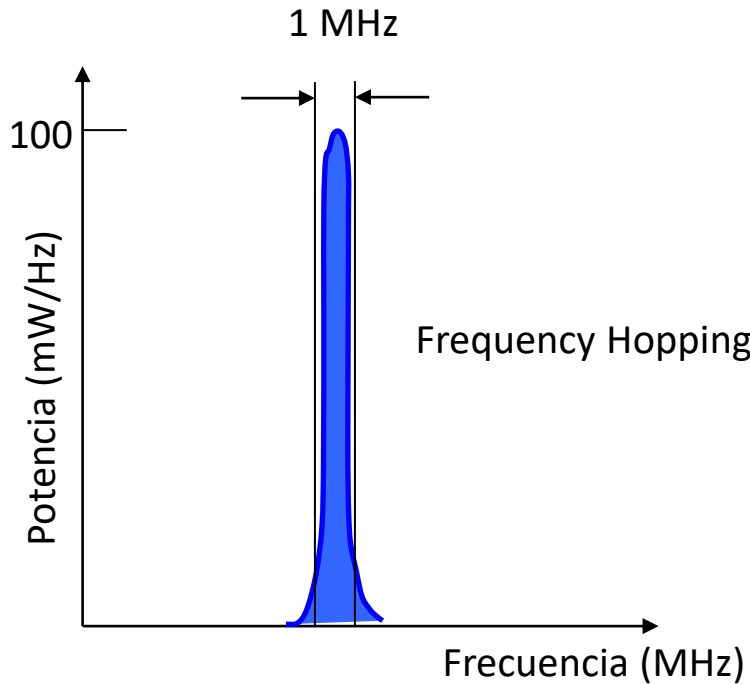
## Frequency Hopping vs Direct Sequence



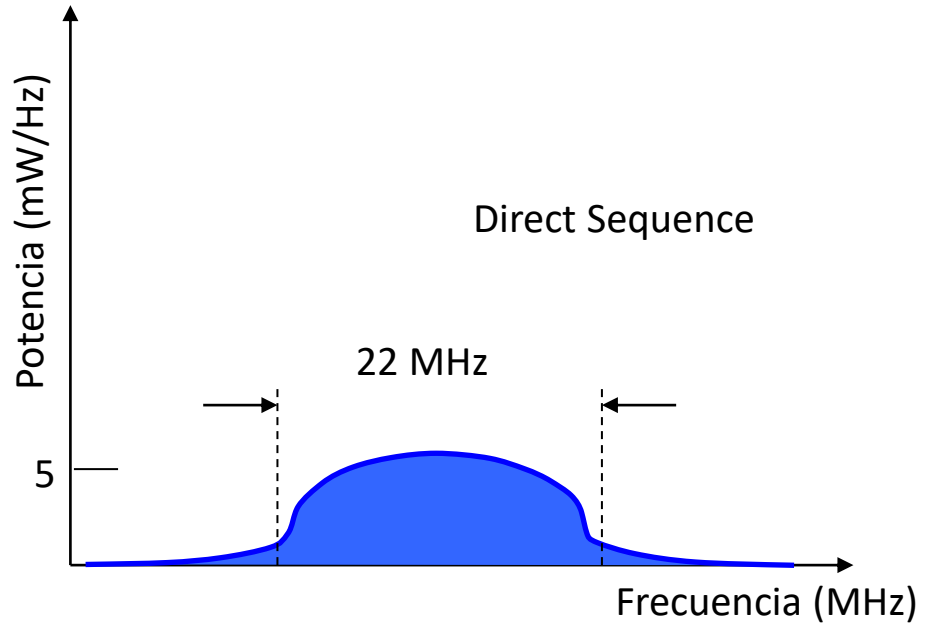
- El emisor cambia de canal continuamente (varias veces por segundo)
- Cuando el canal coincide con la interferencia la señal no se recibe; la trama se retransmite en el siguiente salto

- El canal es muy ancho; la señal contiene mucha información redundante
- Aunque haya interferencia el receptor probablemente pueda extraer los datos de la señal

## Frequency Hopping vs Direct Sequence



Señal concentrada, gran intensidad  
Elevada relación S/R  
Área bajo la curva: 100 mW

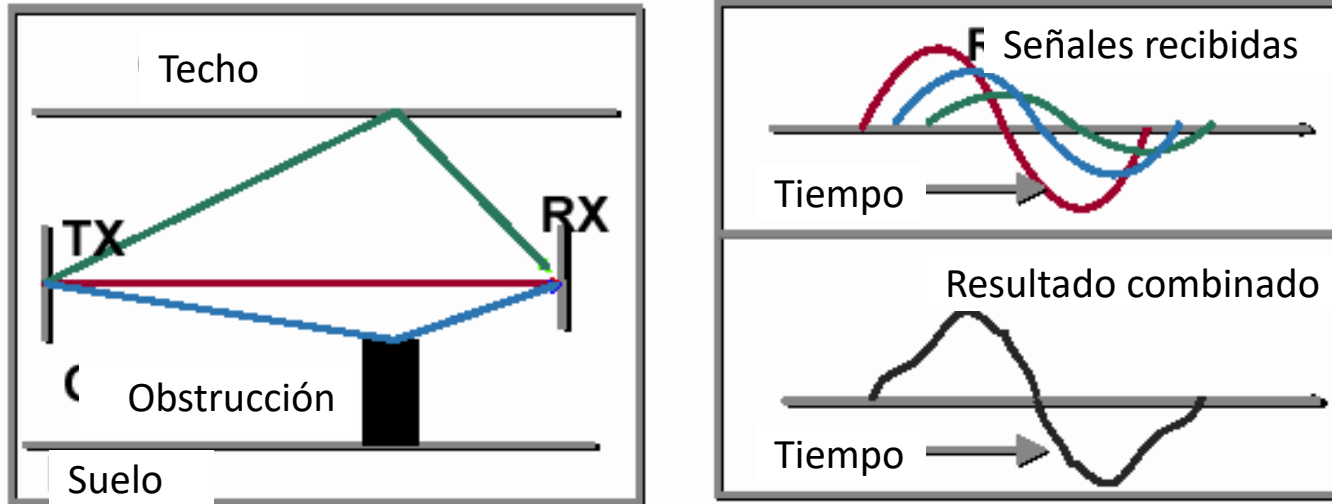


Señal dispersa, baja intensidad  
Reducida relación S/R  
Área bajo la curva: 100 mW

- FH permite mayor número de emisores simultáneos y soporta mejor la interferencia debida a multitrayectoria (rebotes)
- DS permite mayor capacidad (802.11b). La interferencia multitrayectoria se puede evitar usando antenas diversidad
- Hoy en día FH no se utiliza en 802.11, solo en Bluetooth (802.15)

Referencia: Rogelio Montañana UV

## Interferencia debida a multitrayectoria



- Se produce debido a la diferencia de tiempo entre la señal que llega directamente y la que llega reflejada por diversos obstáculos.
- La señal puede llegar a anularse por completo si el retraso de la onda reflejada coincide justamente con media longitud de onda. En ese caso un leve movimiento de la antena suele resolver el problema.
- Para evitarlo hoy en día se utilizan antenas diversidad en DSSS

## Antenas diversidad

Longitud de onda  
a 2,4 GHz: 12,5 cm  
A 5,7 GHz: 5,3 cm



- Se utilizan en los puntos de acceso para minimizar la interferencia multirayectoria. El proceso es el siguiente:
  - El equipo recibe la señal por las dos antenas y compara, eligiendo la que le da mejor calidad de señal. El proceso se realiza de forma independiente para cada trama recibida, utilizando el preámbulo (128 bits en 2,4 GHz) para hacer la medida
  - Para emitir a una estación se usa la antena que dio mejor señal la última vez que se recibió algo de ella
  - Si la emisión falla (no se recibe el ACK) cambia a la otra antena y reintent
- Las dos antenas cubren la misma zona



# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Canales a 2,4 GHz (802.11b/g)

Canal	Frecuencia central (MHz)	Región o país			Antiguamente (2001)		
		EEUU/ Canadá	Resto mundo	Japón	España	Francia	Japón
1	2412	X	X	X			
2	2417	X	X	X			
3	2422	X	X	X			
4	2427	X	X	X			
5	2432	X	X	X			
6	2437	X	X	X			
7	2442	X	X	X			
8	2447	X	X	X			
9	2452	X	X	X			
10	2457	X	X	X	X	X	
11	2462	X	X	X	X	X	
12	2467	-	X	X		X	
13	2472	-	X	X		X	
14	2484	-	-	Solo 11b			X

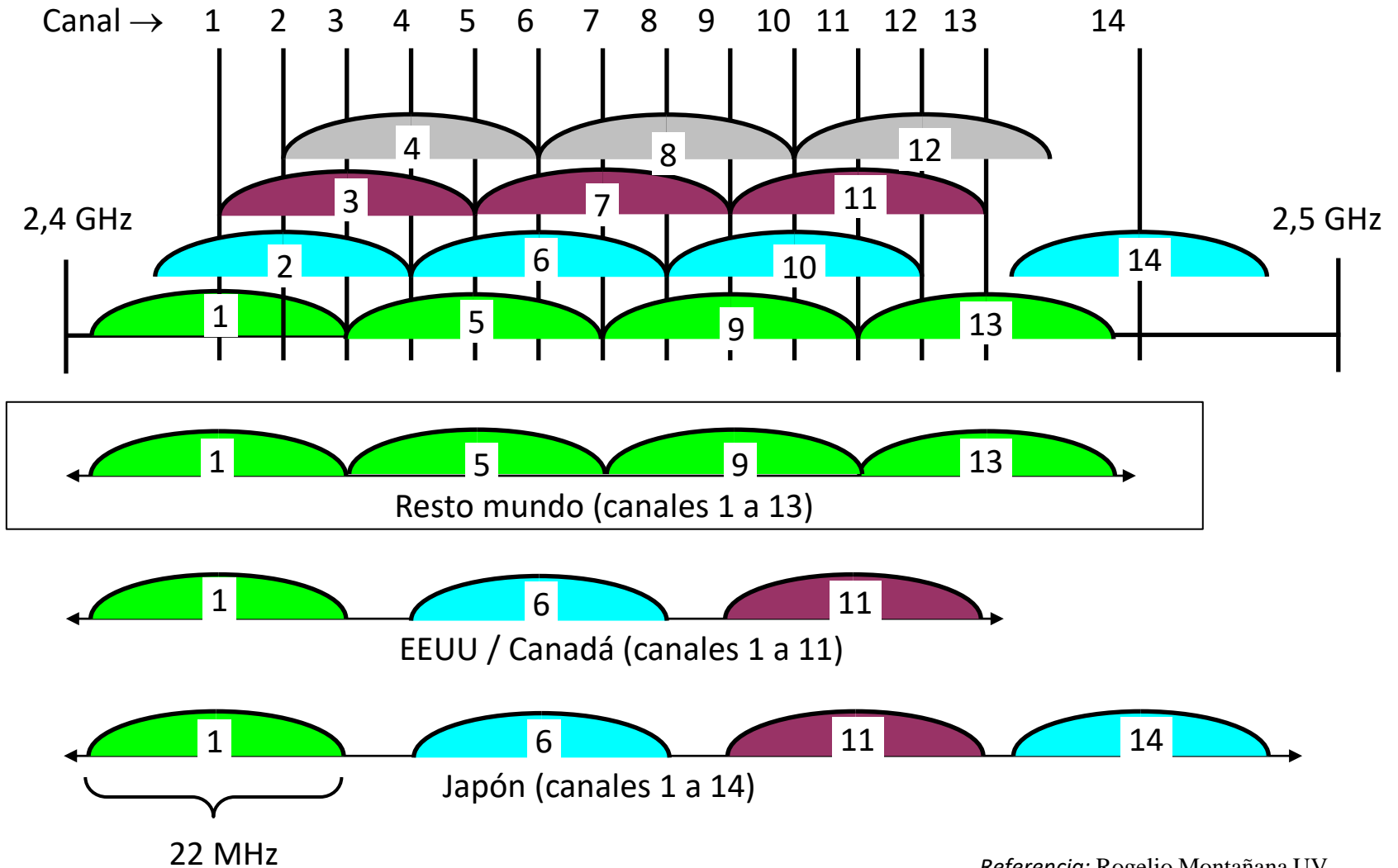
Anchura de canal: 22 MHz

EMEA: Europa, Medio Oriente y África

Referencia: Rogelio Montañana UV



## Distribución de canales 802.11b/g



Referencia: Rogelio Montaña UV



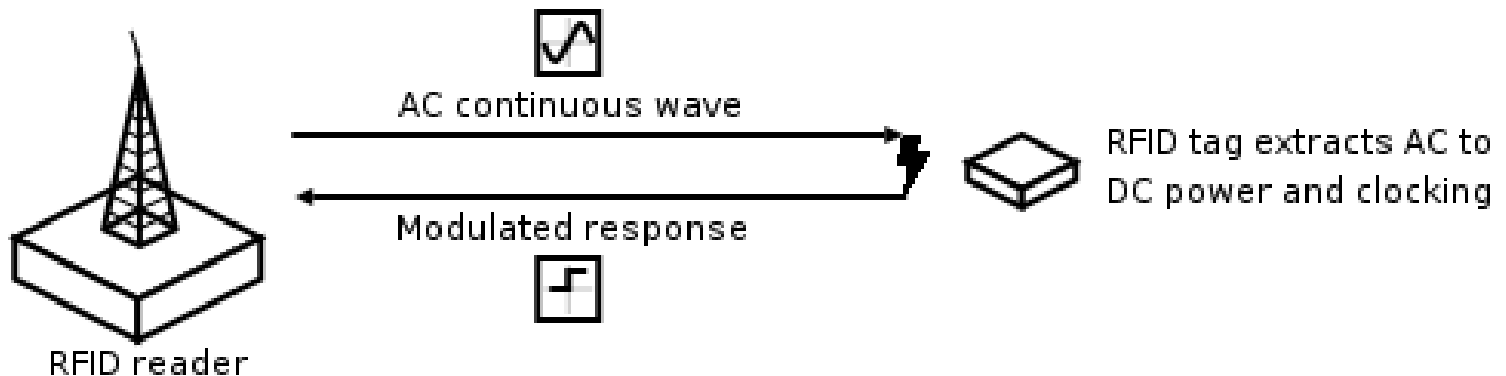
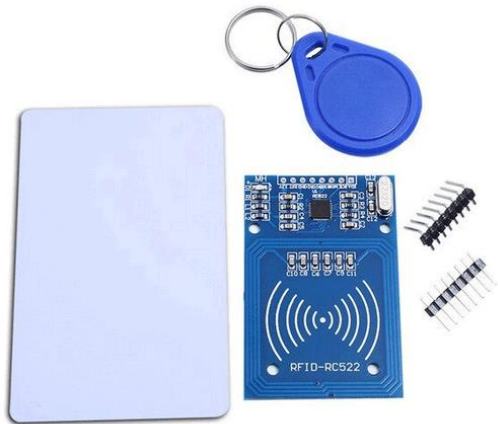
# Aplicaciones inalámbricas (WIFI)

## Rendimiento de WLANs

- El rendimiento real máximo suele ser alrededor del 50% de la velocidad nominal. Por ejemplo con 11 Mb/s se pueden obtener 6 Mb/s en el mejor de los casos.
- El overhead se debe a:
  - Medio compartido half-duplex
  - Mensajes de ACK (uno por trama)
  - Protocolo MAC (colisiones, esperas aleatorias, intervalos DIFS y SIFS entre tramas)
  - Transmisión del Preámbulo PLCP
  - Mensajes RTS/CTS (si se usan)
  - Fragmentación (si se produce)

# Aplicaciones inalámbricas (RFID)

- **Radio Frequency Identification:** Sistema de identificación por radiofrecuencia. Utiliza etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID que operan en la banda UHF





# Estándares RFID

ISO 14443 es un estándar internacional relacionado con las tarjetas de identificación electrónicas, en especial las tarjetas inteligentes, gestionado conjuntamente por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Este estándar define una *tarjeta de proximidad* utilizada para identificación y pagos que por lo general utiliza el estándar tarjeta de crédito definida por ISO 7816 - ID 1 (aunque otros formatos son posibles).

El sistema RFID utiliza un lector con un microcontrolador incrustado y una antena que opera a 13,56 MHz (frecuencia RFID). El lector mantiene a su alrededor un campo electromagnético de modo que al acercarse una tarjeta al campo, ésta se alimenta eléctricamente de esta energía inducida y puede establecerse la comunicación lector-tarjeta.

El estándar ISO 14443 consta de cuatro partes y se describen dos tipos de tarjetas: tipo A y tipo B. Las principales diferencias entre estos tipos se encuentran en los métodos de modulación, codificación de los planes (parte 2) y el protocolo de inicialización de los procedimientos (parte 3). Las tarjetas de ambos tipos (A y B) utilizan el mismo protocolo de alto nivel (llamado T=CL) que se describe en la parte 4. El protocolo T=CL especifica los bloques de datos y los mecanismos de intercambio:

- Bloque de datos de encadenamiento
- Tiempo de espera de extensión
- Múltiple activación