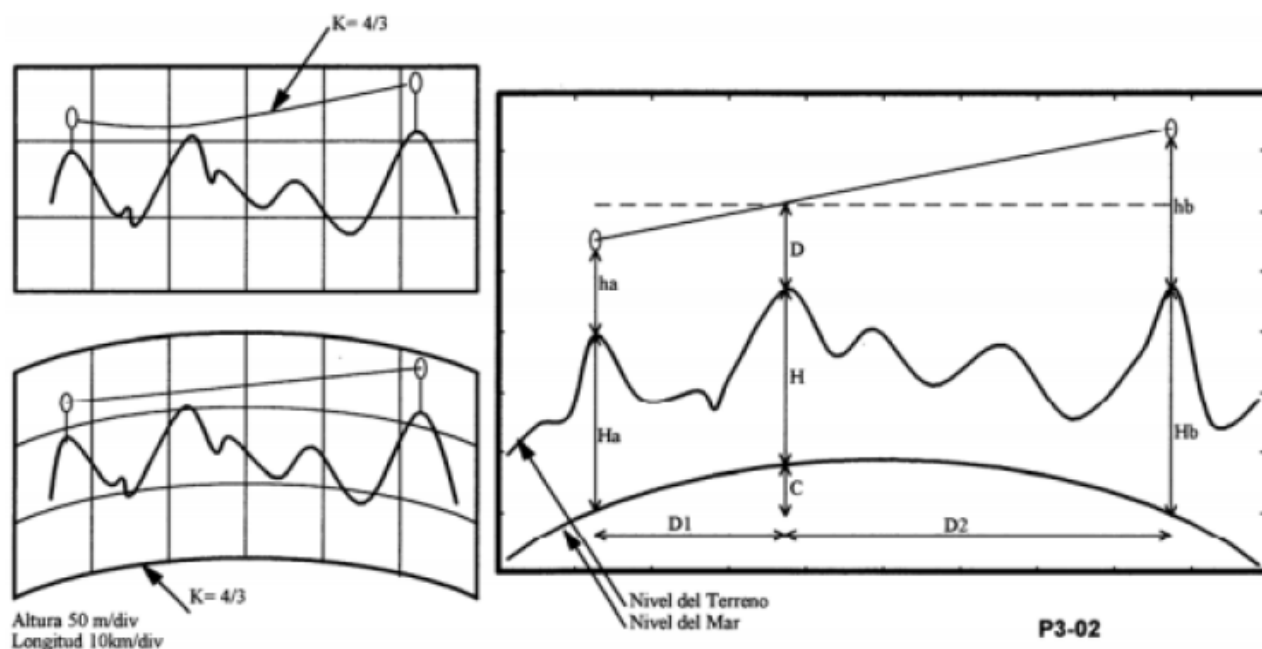


## Radio enlaces

### Transmisión por línea de vista con Obstáculos

Un método de trabajo puede ser el siguiente: se gráfica en un reticulado ortogonal el perfil del terreno y el rayo que une las antenas tiene una curvatura de acuerdo con el valor de  $K$ . Otra posibilidad: se gráfica el perfil del terreno sobre una Tierra con curvatura correspondiente a  $K=4/3$  y el rayo es recto. En ambos casos se observa que la Tierra se levanta cuando el valor de  $K$  disminuye. Ambas posibilidades se tienen en la siguiente figura:



Se puede determinar el valor de la curvatura (protuberancia) de la Tierra en un punto del enlace mediante:

$$C = \frac{4(d_1 \cdot d_2)}{51 \cdot K}$$

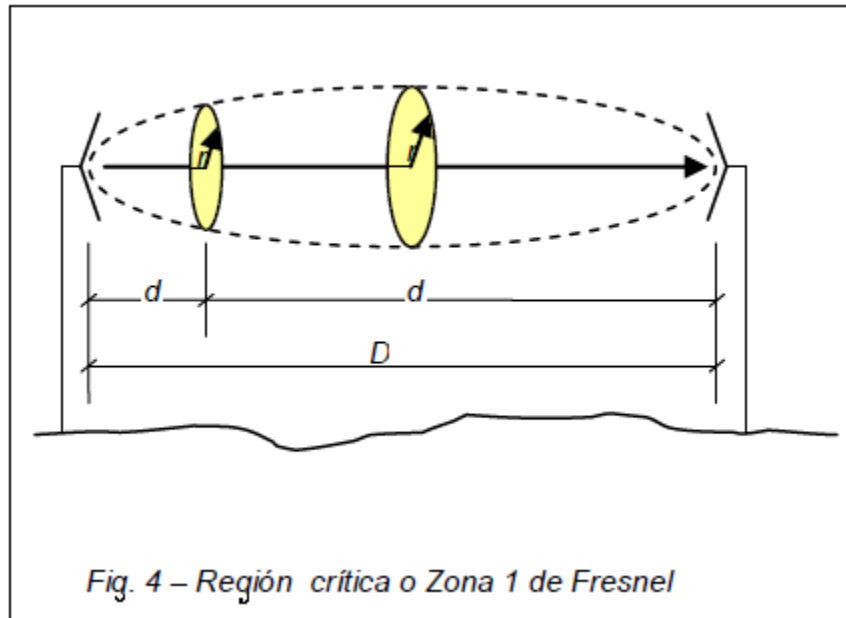
donde,  $C$  es la curvatura expresada en metros y las distancias  $d_1$  y  $d_2$  se indican en Km. El valor de  $C$  se incrementa cuando  $K$  disminuye. Cuando se efectúan inspecciones visuales de los obstáculos se debe tener en cuenta que los rayos luminosos no se curvan tanto como las microondas. La atmósfera normal para la luz visible tiene un  $K = 1,18$  (valor mínimo que corresponde a la refracción mínima y estable entre las 12 y 15 hs).

Fuente: Manual de las Telecomunicaciones - Ing. Ares.

### Radio 1 de Fresnel

La onda de radio viaja en una amplia zona en forma de cigarro, más que en una simple línea recta.

$$r_1 = 548 \sqrt{\frac{1 \cdot d_1 \cdot d_2}{F \cdot D}} \quad \forall d_1, d_2, D [Km], F [MHz], r [m]$$



Características:

- En el trayecto, se deben evitar obstáculos, como montañas, pero también se debe evitar la difracción, causada por la obstrucción parcial de cualquier objeto fijo.
- La difracción causa que aparezca una 2ª onda en el receptor, y las 2, dependiendo de sus fases relativas, podrían cancelarse entre sí hasta cierto grado, produciendo el desvanecimiento (*fading*) de la onda.
- Los efectos de la difracción se reducen si el trayecto directo de la onda evita obstáculos por lo menos en un 60% del radio ( $F1$ ) de la primera zona de Fresnel.

### **Línea de vista (LOS)**

Para la luz visible, la línea de vista es un concepto fácil de entender y comprobar. Pero, las cosas son más complejas para los radioenlaces debido a que no son visibles. En general, se necesita tener una línea de vista (óptica), cuya distancia máxima está limitada por la curvatura de la Tierra. Adicionalmente, es necesario un “poco de espacio alrededor”, definido por las Zonas de Fresnel.

En la práctica, la distancia máxima va más allá del horizonte óptico, debido a que la refracción en la atmósfera, originada por diferencias de densidades, tiende a curvar las ondas de radio ligeramente hacia la Tierra (se puede calcular mediante el “horizonte de radio”). En la vida real la restricción de distancia y/o altura de torres se encuentra en los obstáculos que hay que atravesar y por ese motivo nos concentraremos en el análisis con obstrucción.

Considerando el modelo de la superficie terrestre plana y corrección “c” sobre el vano deberemos verificar que ningún obstáculo interrumpa o invada el  $r_1$  de Fresnel, según el criterio de obstrucción deseado.

Por ejemplo si el criterio de obstrucción es 60% de  $r_1$  libre de obstáculo tendremos que verificar que:

$$Ad' - r_1(60\%) > h + H$$

Donde:

$Ad'$ : Altura del vano en el punto de estudio desde 0snm.

$r1$  (60%) :  $r1$  en el punto de estudio  $\times 0,6$ .

$h$ : Altura del obstáculo en el punto de estudio.

$H$ : Cota del terreno en el punto de estudio.

$Ha$ : Cota del terreno en el punto a.

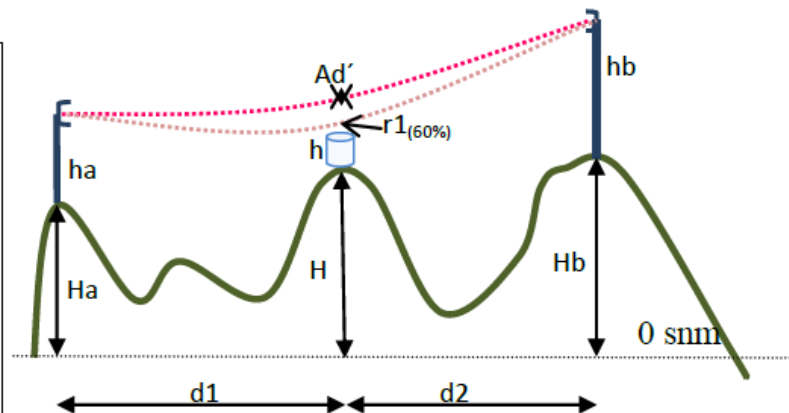
$Hb$ : Cota del terreno en el punto b.

$ha$ : Altura antena en el punto a.

$hb$ : Altura antena en el punto b.

$d1$ : Distancia de a al punto de estudio.

$d2$ : Distancia de b al punto de estudio.



Podemos calcular  $Ad'$  utilizando razones trigonométricas, para este caso podemos plantear el triángulo  $ADE$  y el triángulo  $ABC$  con igual valor de  $\alpha$ :

$$\tan \alpha = \frac{CO}{CA} = \frac{CB}{AB} = \frac{ED}{DA} \Rightarrow \text{despejamos } CB = \frac{ED \cdot AB}{DA}$$

donde

$$DA = d_1 + d_2$$

$$AB = d_1$$

$$ED = (hb + Hb) - (ha + Ha)$$

$$Ad = CB + (ha + Ha)$$

$$Ad' = Ad - c$$

Donde:

$Ad$ : Altura sin corrección por  $c$  en punto de estudio.

$Ad'$ : Altura del vano en el punto de estudio desde 0snm.

$H$ : Cota del terreno en el punto de estudio.

$Ha$ : Cota del terreno en el punto a.

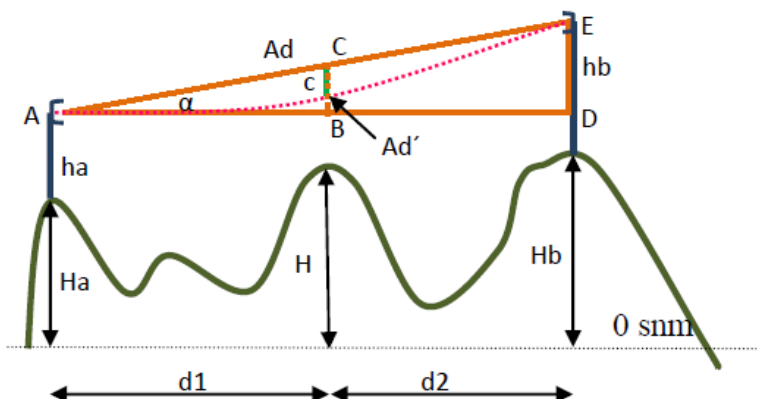
$Hb$ : Cota del terreno en el punto b.

$ha$ : Altura antena en el punto a.

$hb$ : Altura antena en el punto b.

$d1$ : Distancia de a al punto de estudio.

$d2$ : Distancia de b al punto de estudio.



**Nota:** Podemos utilizar esta misma lógica para determinar la altura de antena  $ha$  o  $hb$  que cumpla el criterio de obstrucción elegido.

### Factibilidad técnica

Factibilidad del Enlace:  $P_{rx}(dBm) = P_{tx}(dBm) - L_S(dB) \geq S_{rx}(dBm)$

Pérdida del Sistema:  $L_S(dB) = L_A + L_T + L_D - G_A$

Pérdidas de alimentación (se calcula por cada lado):  $L_A(dB) = AxD + L_C + L_X \quad \forall L_C, L_X [dB]$

Alimentador	Banda de transmisión GHz	Atenuación específica dB/100m	Lx – Pérdida por diversidad - dB	Lc- Pérdida por par de acoples - dB	Impedancia característica $\Omega$	Resistencia a dc $\Omega/100\text{ m}$	NVP
Coaxil No usar sobre 12 GHz	Hasta 0,9	3,00	2	1,2	50	0,78	88
	0,9 - 1,5	4,80					
	1,5 - 1,9	5,00					
	1,9 - 2,2	5,40					
	>2,2	5,80					
Guía de onda No usar debajo de 2 GHz	2,0 - 3,1	1,40	4	0,6	N/A	N/A	97,08
	3,1 - 4,4	2,10					
	4,4 - 6,2	3,60					
	6,2 - 7,1	4,30					
	7,1 - 7,7	4,60					
	7,7 - 8,5	5,60					
	8,5 - 10,0	8,40					
	10,0 - 11,7	8,90					
	11,7 - 13,3	11,20					
	13,3 - 15,4	13,70					
	15,4 - 19,7	18,90					
	19,7 - 23,6	28,10					
	23,6 - 26,5	32,00					
	26,5 - 40,0	60,00					

Pérdida en la trayectoria:  $L_T(dB) = 92,44 + 20 \log F + 20 \log D \quad \forall F[GHz], D[Km]$

Margen de desvanecimiento:  $L_D(dB) = 30 \log D + 10 \log(6 \cdot A \cdot B \cdot F) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad \forall F[GHz], D[Km]$   
(si da negativo no tener en cuenta porque sería una ganancia).

Término	Pondera	Factores	Valores
▪ $30 \log D$	La diversidad modal	D Distancia	La distancia visual entre antenas, en Km
▪ $10 \log (6A B F)$	El entorno de propagación	A Factor de rugosidad	4 = espejos de agua, ríos muy anchos, etc.
			3 = sembrados densos; pastizales; arenales
			2 = bosques (la propagación va por encima)
			1 = terreno normal
			0,25 = terreno rocoso desperejo
		B Factor climático	1 = áreas marinas o con condiciones de peor mes, anualizadas
			0,5 = áreas tropicales calientes y húmedas
			0,25 = áreas mediterráneas de clima normal
			0,125 = áreas montañosas de clima seco y fresco
		F Frecuencia	La frecuencia medida en GHz
▪ $10 \log (1 - R)$	El objetivo de confiabilidad	R Confiabilidad	La confiabilidad esperada o convenida, como un decimal. Ej 99,99 % se expresa como 0,9999

Ganancia en dB en la antena parabólica sólida:

Diámetro		Frecuencias superior e inferior en GHz													
(m)	(pies)	0,9 a 1,5	1,7 a 1,9	1,9 a 2,3	2,3 a 2,5	2,5 a 2,7	3,4 a 4,2	4,0 a 6,4	6,4 a 7,1	7,1 a 8,5	10,0 a 13,0	13,0 a 16,0	16,0 a 20,0	20,0 a 25,0	25,0 a 40,0
0,3	1											29,0	31,1	33,0	37,5
0,6	2				18,5	18,6				29,3	33,4	34,4	36,3	38,2	42,4
0,9	3				22,1	22,4				31,9	36,7	37,0	39,1	41,7	
1,2	4	20,7	22,3	24,2	25,0	25,9				34,9	39,5	40,4	42,5	44,2	
1,8	6	24,3	26,2	28,1	28,6	29,4	33,1	36,4	37,9	38,4	43,1	43,9	46,4	47,6	
2,4	8	26,9	28,7	30,6	31,3	31,9	35,4	38,9	40,3	40,9	45,5	44,4			
3,0	10	28,9	30,7	32,5	33,2	33,9	37,4	40,8	42,0	42,9	47,2				
3,7	12	30,5	32,4	34,1	34,8	35,5	39,0	42,44	43,6	44,6					
4,6	15						40,9	44,6	45,5	46,2					