

Distribuciones estadísticas de la propagación

Tema 3

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The text is set against a light blue, abstract background that resembles a map or a stylized 'C'. Below the text, there is a horizontal orange and yellow gradient bar.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Índice.

1. Introducción -----	3
2. Sistemas punto a punto -----	6
2.1. Condiciones normales -----	6
2.2. Variabilidad temporal -----	6
3. Sistemas punto a punto o punto a zona -----	20
3.1. Condiciones normales -----	20
3.2. Variabilidad temporal -----	22
3.3. Variabilidad espacial -----	25
3.4. Variabilidad total -----	25
4. Calidad del servicio -----	27
5. UIT-R P.1546 -----	31

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a yellow shadow effect at the bottom.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

1. **Introducción.**

Desvanecimiento.

Las perturbaciones atmosféricas afectan a los radioenlaces provocando desvanecimientos de la señal, que es la caída de potencia respecto al valor nominal.

El valor nominal de potencia es la potencia recibida calculada mediante la fórmula de Friss en las mejores condiciones.

La señal recibida variará con el tiempo, es decir es una variable aleatoria. Ello es debido a que la propagación no es constante, sufriendo variación gaussiana.

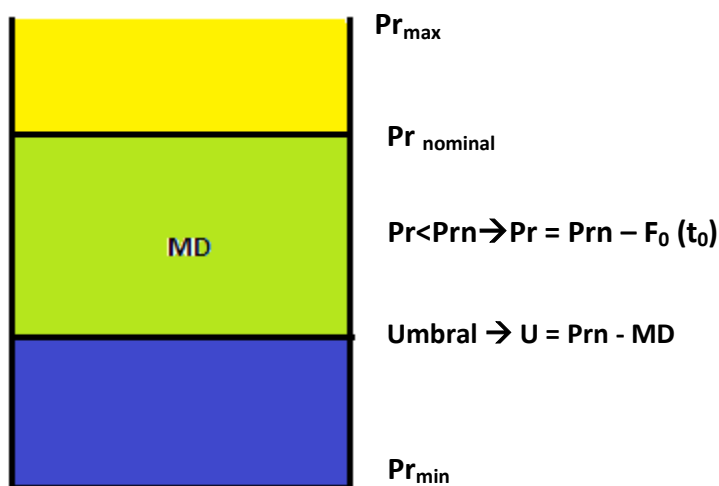
Esta variabilidad de la señal provoca desvanecimientos (pérdida de potencia).

Las variables aleatorias que vamos a modelar con el fin de controlar los desvanecimientos son la potencia, campo y flujo recibidos.

Margen de desvanecimiento.

El margen de desvanecimiento es la diferencia entre la potencia recibida nominal (potencia en condiciones de no desvanecimiento) y el umbral.

$$MD = Pr_n - U$$



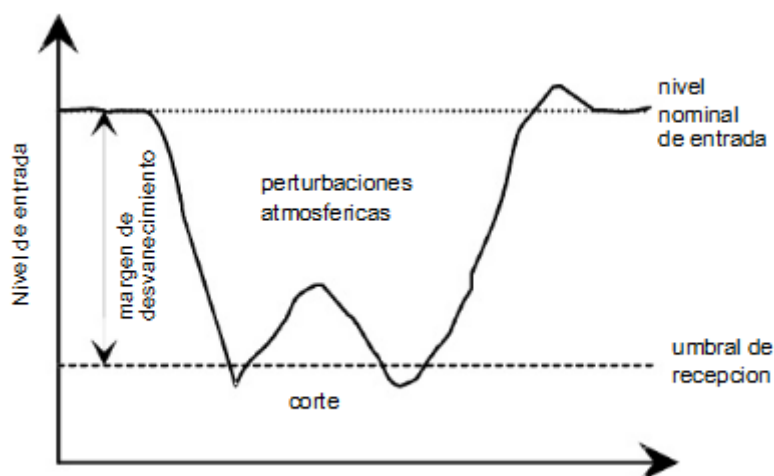
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

¿Por qué un margen de desvanecimiento?

La figura nos muestra el nivel de la señal de entrada en función del tiempo durante un fenómeno de desvanecimiento. Observamos que el nivel de entrada de la señal se encuentra por debajo del umbral en periodos cortos de tiempo, durante este tiempo hay una degradación del funcionamiento del sistema y existe la posibilidad de pérdida del servicio.

Por lo que como se puede apreciar a mayor margen de desvanecimiento, menor es la probabilidad de que la señal caiga por debajo del umbral y por lo tanto mayor calidad de servicio tendremos, ya que la probabilidad de no funcionamiento del mismo se verá reducida.



Distribuciones estadísticas.

- Función de densidad de probabilidad: es la probabilidad de que x tome un valor determinado.

$$f(x) = P(x = x_0)$$

- Función de distribución acumulativa: es la probabilidad de que x tome un valor menor o igual a x_0 .

$$F(x_0) = P(x \leq x_0)$$

- Función de distribución acumulativa complementaria.

$$Q(x_0) = P(x > x_0) = 1 - F(x_0)$$

- \bar{X} : valor medio de todos los valores posibles de x .

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Probabilidades de interés.

- No podemos extraer la información:

$$P(F > MD) = Q(MD) = P(\text{Pr} \leq U) = F(U)$$

- Podemos extraer la información:

$$P(F \leq MD) = F(MD) = P(\text{Pr} > U) = Q(U)$$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a yellow shadow effect at the bottom.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

2. **Sistemas punto a punto.**

2.1. **Condiciones normales.**

Las condiciones normales son las condiciones de no desvanecimiento, siendo las pérdidas por propagación sin afectar el desvanecimiento:

$$L_b = L_{bf} + L_{gases} + L_{difracción} + L_{vegetación}$$

A estas pérdidas estudiadas anteriormente le vamos a añadir pérdidas por variabilidad temporal.

2.2. **Variabilidad temporal.**

Las causas de estas nuevas pérdidas son:

- Centelleo: son pequeñas variaciones que apenas afectan a nuestro sistema.
- Factor K: variación del índice de refracción troposférica. El factor de curvatura de la Tierra hace que, dependiendo de su valor, exista un obstáculo que provoque desvanecimientos o no. Para evitarlo tendremos que aumentar la altura de las antenas.
- Espacial (modelo de dos rayos): si el rayo reflejado no se suma en fase provoca pérdidas. Estos desvanecimientos pueden disminuir evitando el rayo reflejado de diversas maneras como ayudándose de un obstáculo que lo obstruya...
- Lluvia: el desvanecimiento es provocado por las moléculas del agua, afectando a frecuencias mayores de 10 GHz. Este desvanecimiento no se puede evitar.

Las características de estos desvanecimientos son:

- Son profundos (atenúan bastante).
- Son desvanecimientos lentos (su duración es mayor de 10 segundos).
- Planos (igual para todas las comunicaciones).
- Afectan a la disponibilidad.

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the word 'Cartagena'. The text is set against a light blue background with a subtle gradient and a soft shadow effect.

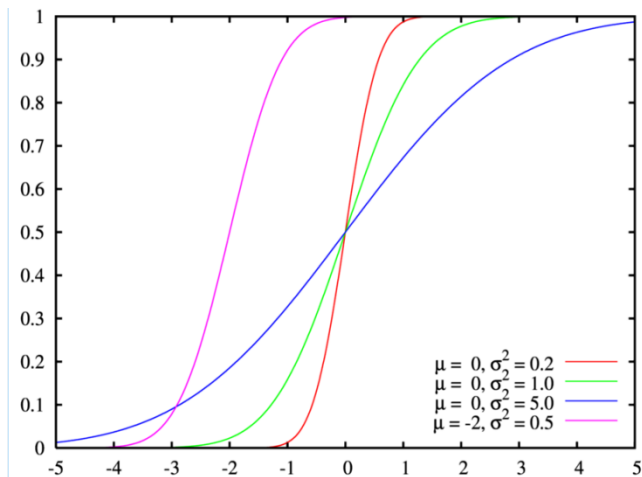
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

indisponible. La probabilidad de estar por debajo del umbral si es una variación lenta es igual que la indisponibilidad.

Estos desvanecimientos son modelados para tratar de estudiarlos y evitarlos.

El modelo teórico que siguen es PDF Gaussiana. La función de distribución de probabilidad adopta la siguiente forma:



$$F(x) = 1 - \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma\sqrt{2}}\right)$$

Las características más destacables de la PDF Gaussiana:

- X puede ser potencia P o campo E en unidades logarítmicas.

Si se encuentran en unidades naturales, siguen una PDF log-normal y simplemente las tendríamos que pasar a unidades logarítmicas.

- Es una función simétrica:

$$F(-x_0) = 1 - F(x_0) = Q(x_0)$$

- $\bar{X} = \tilde{X}$

- Variable gaussiana de media cero y varianza unidad: normalizamos a t para poder utilizar la tabla de valores del modelo teórico gaussiano.

$$\frac{x - \bar{x}}{\sigma\sqrt{2}}$$

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

t	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-1.0	0.15865	0.15625	0.15386	0.15150	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
-0.9	0.18406	0.18141	0.17878	0.17618	0.17361	0.17105	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
-0.8	0.21185	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
-0.7	0.24196	0.23885	0.23576	0.23269	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.21769	0.21476
-0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26434	0.26108	0.25784	0.25462	0.25143	0.24825	0.24509
-0.5	0.30853	0.30502	0.30153	0.29805	0.29460	0.29116	0.28774	0.28434	0.28095	0.27759
-0.4	0.34457	0.34090	0.33724	0.33359	0.32997	0.32635	0.32276	0.31917	0.31561	0.31206
-0.3	0.38209	0.37828	0.37448	0.37070	0.36692	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34826
-0.2	0.42074	0.41683	0.41293	0.40904	0.40516	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38590
-0.1	0.46017	0.45620	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43250	0.42857	0.42465
-0.0	0.50000	0.49601	0.49202	0.48803	0.48404	0.48006	0.47607	0.47209	0.46811	0.46414

Si la señal tiene mucha variabilidad ($\uparrow \uparrow \sigma$) para mantener la calidad necesito aumentar el MD y si quiero una mayor calidad (probabilidad de no extraer la señal pequeña) necesito aumentad el MD.

Ejemplo.

Si la probabilidad de que la información no se recupere es del 30%, calcular MD.

$$P(F > MD) = 0.3$$

Normalizamos:

$$t = \frac{X - \bar{X}}{\sigma} \rightarrow t = \frac{P_0 - \bar{P}}{\sigma_p} = \frac{U - \bar{P}}{\sigma_p}$$

Donde σ_p es la desviación típica.

Luego la probabilidad de superar el desvanecimiento es

$$P(P \leq U) = F(U) = F\left(\frac{U - \bar{P}}{\sigma_p}\right) = 0.3$$

Así que nos vamos a la tabla de normalización y buscamos 0.3 para obtener t que está entre -0.52 y -0.53.

$$t = -0.525 = \left(\frac{U - \bar{P}}{\sigma_p}\right) = \frac{-MD}{\sigma_p}$$

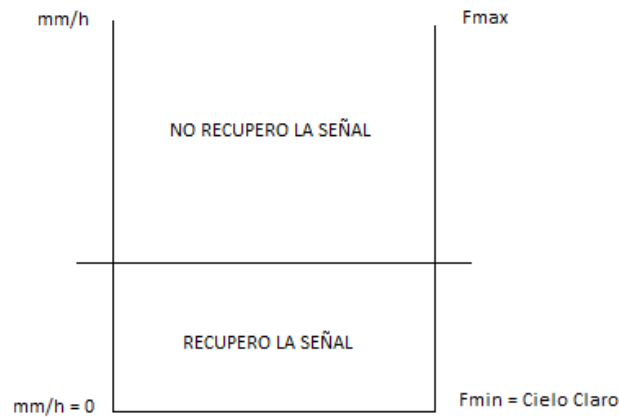
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Desvanecimiento por lluvia (F_{lluvia}^D)

➤ **INTENSIDAD DE LLUVIA (R).**

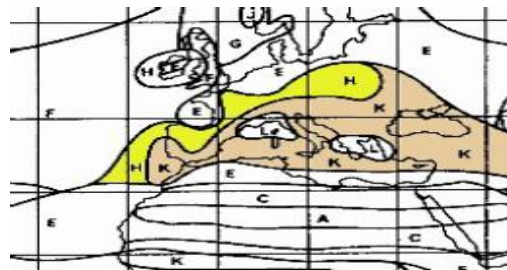
El parámetro que nos interesa estudiar no es cuánto tiempo llueve sino con qué intensidad lo hace.



Dicho parámetro es intensidad de lluvia (R) y se mide en [mm/h].

Como este valor no es constante porque no siempre está lloviendo y no siempre llueve con la misma intensidad, lo que me interesa es el valor que se supera en un tiempo determinado, en el más desfavorable o en el valor anual medio

La intensidad de lluvia nos la dan en tablas o gráficas como la siguiente, donde se redactan los datos pertenecientes a cada región geográfica correspondiente:



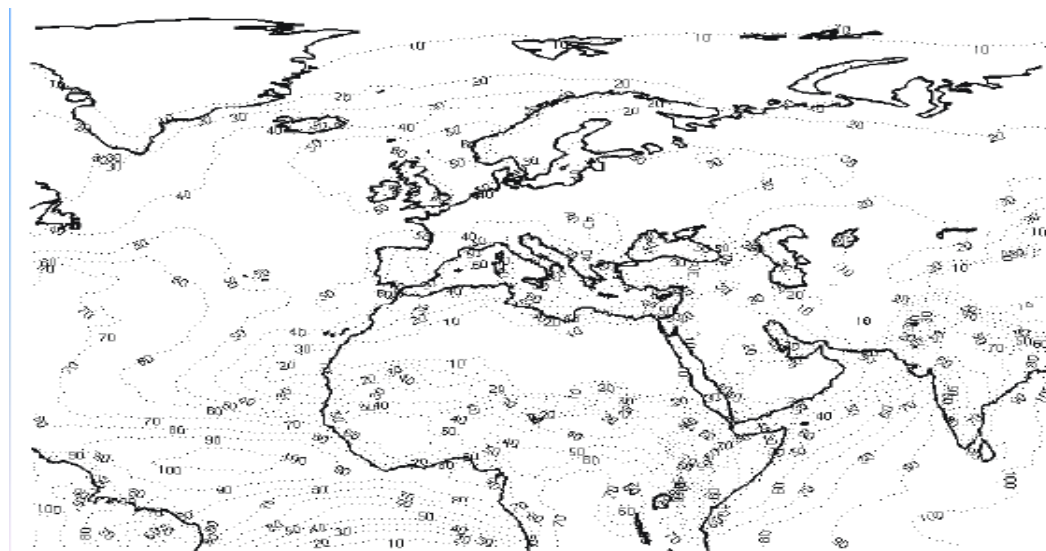
(%)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
1.0	-	1	-	3	1	2	-	-	-	2	-	4	5	12
0.3	1	2	3	5	3	4	7	4	13	6	7	11	15	34
0.1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65
0.03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**



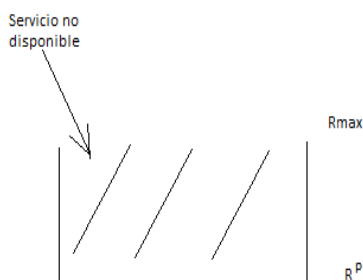
O como ésta, que nos dan valores para $p=0.01\%$:



A continuación haremos un ejemplo de utilización de dicha tabla para la zona E:

mm/h			
70	No funciona	F_3	Probabilidad de que llueva más de 1 mm/h es del 1%
12		$F_2 = MD$	Si $F_2 = MD$, la probabilidad de que no funcione el servicio es del 0.03% (12 mm/h)

Para conocer el parámetro R nos tienen que dar tanto su valor (mm/h) como el porcentaje de tiempo de de rebasamiento (p).



R^P = Durante P% del tiempo llueve más de esa intensidad R

¿Cuánto tiempo? Más de 10 segundos (desvanecimiento lento)

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

➤ ATENUACIÓN ESPECÍFICA ($\gamma = KR^\alpha = \text{dB/Km}$)

Con la transformación de $R \rightarrow \alpha$ conseguimos saber cuánto atenúa a nuestra señal este desvanecimiento.

Tanto K como α dependen de la frecuencia y de la polarización:

- Para polarización horizontal y vertical:

$$\log_{10}k = \sum_{j=1}^4 a_j \exp \left[- \left(\frac{\log_{10}f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] + m_k \log_{10}f + c_k$$

$$\alpha = \sum_{j=1}^5 a_j \exp \left[- \left(\frac{\log_{10}f - b_j}{c_j} \right)^2 \right] + m_\alpha \log_{10}f + c_\alpha$$

- Para polarización oblicua y circular:

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2$$

$$\alpha = [k_H\alpha_H + k_V\alpha_V + (k_H\alpha_H - k_V\alpha_V)\cos^2\theta\cos 2\tau]/2k$$

Cuyos valores para los coeficientes vienen tabulados en las siguientes tablas:

Coefficientes para k_V

j	a_j	b_j	c_j	m_k	c_k
1	-3,80595	0,56934	0,81061	-0,16398	0,63297
2	-3,44965	-0,22911	0,51059		
3	-0,39902	0,73042	0,11899		
4	0,50167	1,07319	0,27195		

Coefficientes para α_V

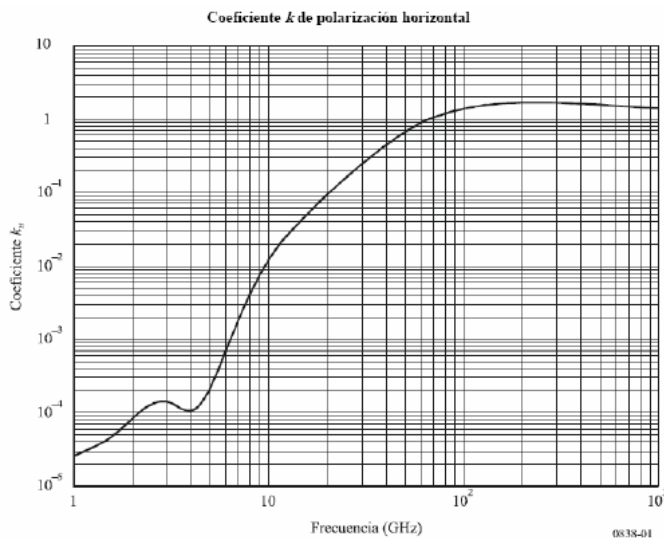
j	a_j	b_j	c_j	m_α	c_α
1	-0,07771	2,33840	-0,76284	-0,053739	0,83433
2	0,56727	0,95545	0,54039		
3	-0,20238	1,14520	0,26809		
4	-48,2991	0,791669	0,116226		
5	48,5833	0,791459	0,116479		



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

O bien en gráficas o tablas como las siguientes donde tenemos el valor de k y α en función de la frecuencia:



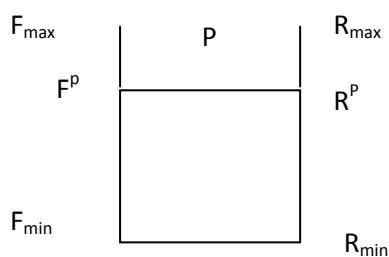
Frecuencia (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
86	1,2398	0,7006	1,2376	0,6929
87	1,2504	0,6990	1,2484	0,6915
88	1,2607	0,6974	1,2590	0,6902
89	1,2708	0,6959	1,2694	0,6889
90	1,2807	0,6944	1,2795	0,6876
91	1,2903	0,6929	1,2893	0,6864
92	1,2997	0,6915	1,2989	0,6852
93	1,3089	0,6901	1,3083	0,6840
94	1,3179	0,6888	1,3175	0,6828
95	1,3266	0,6875	1,3265	0,6817
96	1,3351	0,6862	1,3352	0,6806
97	1,3434	0,6850	1,3437	0,6796
98	1,3515	0,6838	1,3520	0,6785
99	1,3594	0,6826	1,3601	0,6775
100	1,3671	0,6815	1,3680	0,6765

La polarización horizontal atenúa más que la vertical ya que las gotas de agua son más anchas que largas, luego si calculamos k y α para la polarización horizontal nos encontraremos ante el peor caso posible y si lo cumple, cumple los demás casos. Por lo que si no nos dicen cuál es la polarización que tenemos que utilizar escogemos la horizontal ya que es el peor caso.

Una vez conocido α , el desvanecimiento por lluvia en el $p\%$ del tiempo es:

$$F_{lluvia}^p = F_0 = K R^\alpha L_{ef} [dB]$$

Donde $L_{ef}(Km)$ es la longitud efectiva.



F^p es el desvanecimiento por lluvia q se rebasa (supera) en el $p\%$ del tiempo

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

La F_{lluvia}^p también se puede calcular de la siguiente manera:

➤ Calculamos $F_{lluvia}^{0.01} \longrightarrow F_{lluvia}^{0.01} = K R_{0.01}^\alpha L_{ef}$

Con una longitud efectiva $\longrightarrow L_{ef} = \frac{d}{1 + \frac{d}{d_0}}$

Siendo $d_0 = 35 \exp(-0.015 R_{0.01})$

Para $R_{0.01} \leq 100 \text{ mm/h}$ y $R_{0.01}$ la obtenemos de la gráfica en la que $p=0.01\%$.

➤ Corregimos para $p=[0.001-1]\%$

- Para latitudes superiores a 30° Norte o Sur.

$$F_{lluvia}^p = F_{lluvia}^{0.01} \cdot 0.07 \cdot p^{-(0.855+0.139 \log p)}$$

- Para latitudes inferiores a 30° Norte o Sur.

$$F_{lluvia}^p = F_{lluvia}^{0.01} \cdot 0.12 \cdot p^{-(0.546+0.043 \log p)}$$

Ejemplo.

Un sistema está disponible el 99.999% del tiempo si $Fr_x = 4 \text{ dB}$.

¿ P_{tx} para que esté disponible el 99.999% del tiempo?

1) Tema 2. Condiciones umbrales.

$$U = (C/N) + N \quad (N \text{ con el dato de } Fr_x)$$

2) Tema 3. MD.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Hallamos en primer lugar $F_{lluvia}^{0.01}$ para posteriormente calcular $F_{lluvia}^{0.001}$ mediante la corrección y una vez que lo tengamos despejamos Prx:

$$Prx = MD + U$$

3) Tema 1. Condiciones de no desvanecimiento.

$$Prx = Ptx - Ltt + Gtx - Lb + Grx - Ltr$$

De donde obtenemos la potencia transmitida mínima que hace que mi sistema esté disponible el 99.999%.

Ejemplo.

Si ahora conocemos Ptx y Frx, ¿calidad?

1) Tema 1. Condiciones de no desvanecimiento.

$$Prx = PIRE - Lb + Grx - Ltr$$

Luego ya conocemos Prx

2) Tema 2. Condiciones umbrales.

$$U = (C/N) + N \quad (N \text{ con el dato de Frx})$$

También conozco U ya que Frx es conocida

3) Tema 3. MD.

$$MD = Prx - U$$

The logo for Cartagena99 features the word 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the rest of the text. The logo is set against a light blue background with a white arrow pointing to the right, and a yellow and orange gradient bar at the bottom.

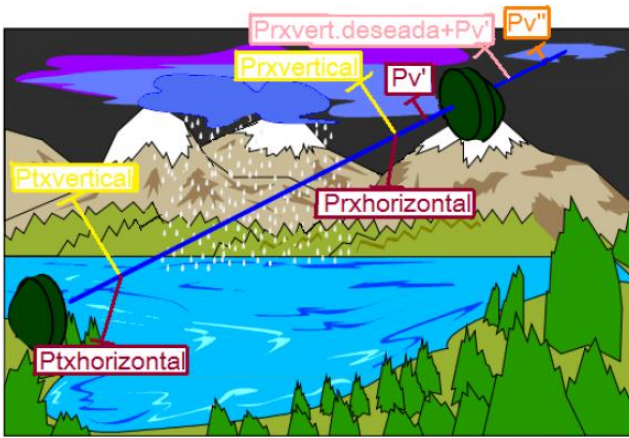
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

➤ DESPOLARIZACIÓN POR LLUVIA.

La lluvia además de atenuar despolariza la señal por lo que va a aparecer una XPD por lluvia, al aparecer una polarización parásita.



$$XPD = U - V \log(F_{lluvia}^p)$$

F_{lluvia}^p para la polarización deseada

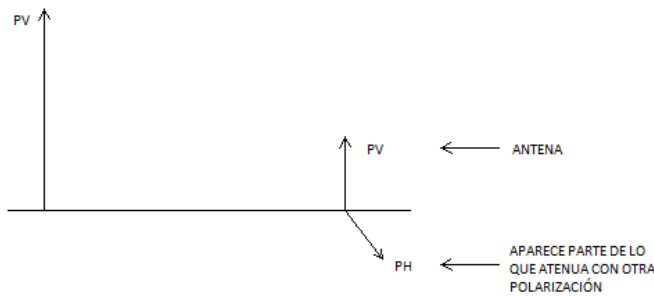
$$U = 15 + 30 \log(f)$$

$$V = \begin{cases} 12,8 f^{0,19} & 8 < f \leq 20 \text{ GHz} \\ 22,6 & 20 < f \leq 35 \text{ GHz} \end{cases}$$

$$XPD_{LLUVIA} = \frac{Prx_V}{P'rx_H}$$

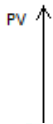
Donde Prx_V es la parásita.

deseada y $P'rx_H$ es la



XPD_{LLUVIA} : Nos interesa saber cuánto se ha transferido de la potencia con polarización inicial en la ortogonal.

$$XPD \equiv \frac{\text{Potencia con polarización deseada}}{\text{Potencia parásita debida a la lluvia con polarización ortogonal}}$$



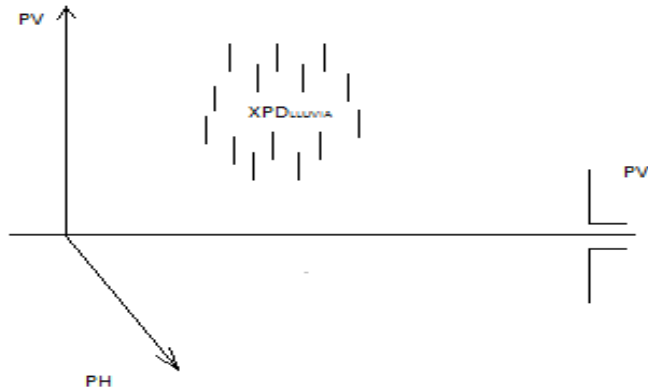
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

$$XPI = \frac{Pr_{XH} \text{ Señal deseada}}{\sum Pr_{XPARASITAS}}$$

Ejemplo.

Tx en horizontal y se deslaza en vertical debido a la lluvia:



Deseada $\rightarrow P_{RX}^{V-V} = PIRE - L_{bf} - F_{LLUVIA}^{PV} + G$

INTERFERENCIA $\left\{ \begin{array}{l} P_{RX}^{V-H-V} = PIRE - L_{bf} - F_{LLUVIA}^{PV} - XPD^{(V-H)}_{LLUVIA} + G - XPD_{ANTENA} \\ P_{RX}^{H-V} = PIRE - L_{bf} - F_{LLUVIA}^{PH} + G - XPD_{ANTENA} \\ P_{RX}^{H-V-V} = PIRE - L_{bf} - F_{LLUVIA}^{PH} - XPD^{(V-H)}_{LLUVIA} + G \end{array} \right.$

$$XPI = P_{RX}^{V-V} - 10 \cdot \text{LOG}(\sum i)$$

P_{RX}^{V-V} = Señal con polarización vertical (V) que llega a la antena con polarización vertical(V)

P_{RX}^{V-H-V} = Señal con polarización vertical (V) que se convierte en horizontal por efecto de la lluvia (H) y que llega a la antena con polarización vertical



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Reflexión en el suelo.

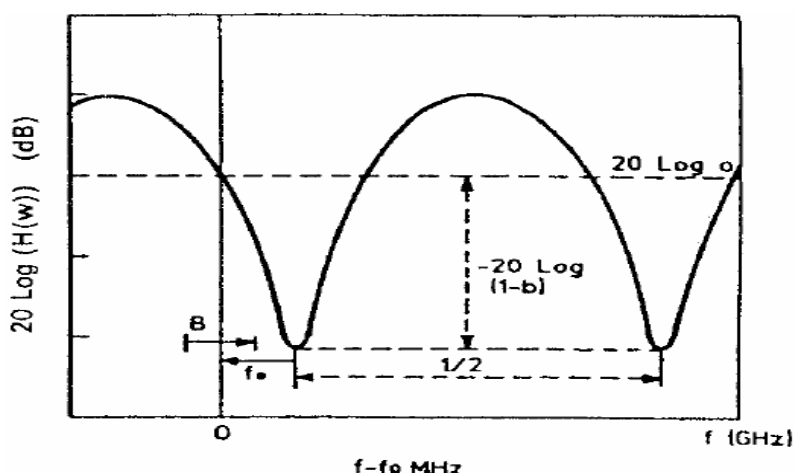
La reflexión en el suelo lo que nos produce es que a determinadas frecuencias se produzca máximo desvanecimiento, así que lo único que tenemos que hacer es evitar esas frecuencias.

¿Cómo las evitamos?

Como vamos a ver a continuación, la manera más sencilla de evitarlo es trabajar a frecuencias donde no haya mínimo.

A veces no tenemos otra opción que trabajar a estas frecuencias por lo que solucionamos el problema cambiando las alturas de las antenas y de esta manera somos capaces de cambiar también el mínimo.

Si tampoco podemos variar las alturas de las antenas, utilizamos un sistema reflectante que haga que el rayo reflejado llegue a las dos antenas, espaciadas verticalmente, de tal manera que se sumen en oposición de fase.



El campo recibido es:

$$e = e_0 (1 - R e^{j\theta})$$

Donde: $e_0 \equiv$ Campo RX en espacio libre.

$R \equiv$ Coeficiente de reflexión en la tierra $\rightarrow |R| e^{j\theta}$ (Módulo y fase)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

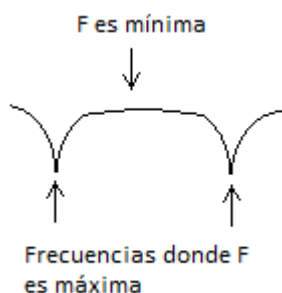
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

El desvanecimiento es:

$$F = \frac{e_0^2}{e^2} = \frac{1}{1 + |R|^2 + 2|R| \cos(\beta + \omega\tau)}$$

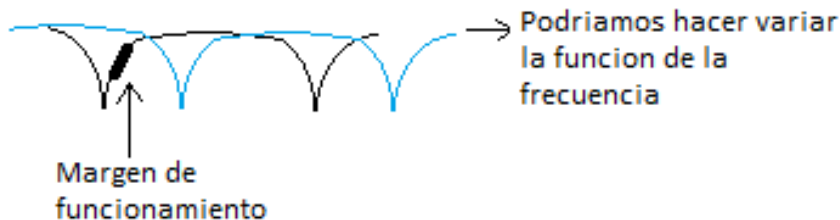
Y se hace máximo cuando se suman en contrafase.

$$F_{\max} \rightarrow \omega\tau + \beta = (2n + 1)\pi$$



Las frecuencias máximas son frecuencias que queremos evitar, por lo que hacemos un estudio para saber cuáles son esas frecuencias y evitarlas.

¿Cómo hacemos para poder evitar esas frecuencias con un desvanecimiento muy grande si nos toca trabajar en ese margen de funcionamiento?



➤ 1ª Forma → Cambiando la altura de las antenas

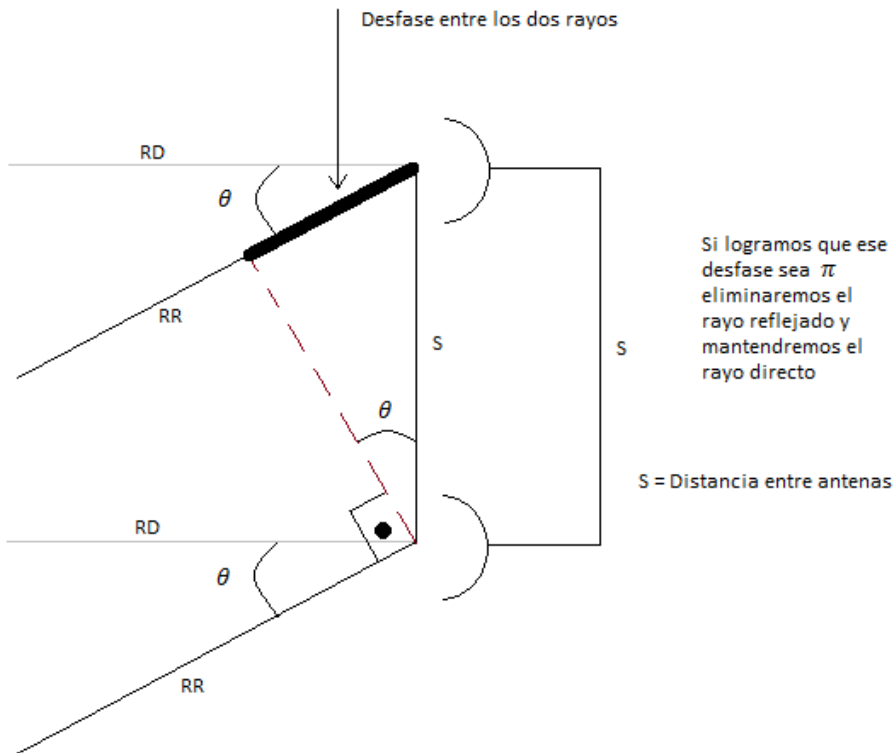
Para ello, como $(2n + 1)\pi$ es fijo y ω también lo es, cambiamos la altura de las antenas en $\tau = \frac{\Delta l}{c}$

($\Delta l \equiv$ Alturas de las antenas[metros])

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

- 2ª Forma → Con sistemas antireflectantes.



En este caso tendremos que cambiar la distancia entre las antenas → S

Para ello:

$$\text{Sen}\theta = \frac{\Delta l}{S}$$

$$\Delta l = S \cdot \text{Sen}\theta$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \text{Sen}\theta \cdot S = \pi$$

$$S = \frac{\lambda}{2\text{Sen}\theta} \text{ [metros]}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

3. Sistemas punto a multipunto o punto a zona.

En este tipo de sistemas además de existir variabilidad temporal nos encontramos con variabilidad espacial.

En este caso se utilizan métodos semiempíricos que pueden ser variables en función del entorno en el que se está propagando, es decir, puede ser distinta la formula si estoy trabajando dentro de un ambiente que si estoy trabajando fuera o en otro ambiente distinto por eso hablamos de la propagación de trayectos mixtos. En los cuales siempre nos tenemos que asegurar que hay continuidad en los puntos de discontinuidad.

3.1. Condiciones normales punto a zona.

Trayectos mixtos.

En condiciones normales ó de no desvanecimiento:

$$L_b = \left\{ \begin{array}{l} \text{Okumura - Hata} \\ \text{Cost 231} \end{array} \right\} = K \cdot d^n \quad (\text{Se puede poner de forma general})$$

K = constante del medio

n = constante de propagación del medio

Situación	Exponente de pérdidas en el trayecto (n)
Espacio libre	2
Celda urbana	2,7 a 3,5
Celda urbana con celda	3 a 5

Ejemplo → En el espacio libre: $L_b = \left(\frac{4\pi}{\lambda}\right)^2 \cdot d^2 \rightarrow n = 2$

Para el cálculo de trayectos mixtos tendremos que cumplir continuidad en el punto frontera:

Cumplir continuidad entre medios

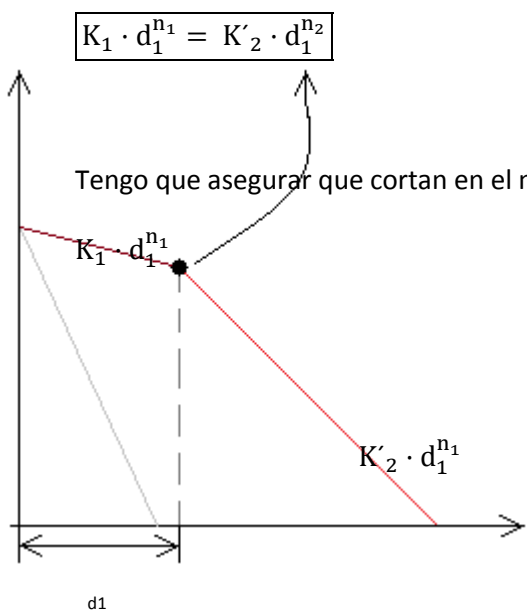
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Ejemplo de propagación por trayectos mixtos:



$$L_b \neq K_1 \cdot d_1^{n_1} + K_2 \cdot (d_1 + d_2)^{n_2} \leftarrow \begin{cases} \text{Por que no son dos trayectos separados} \\ \text{(Hay que cumplir continuidad)} \end{cases}$$



Condición: Continuidad

Quiero que el medio 2 empiece en el punto señalado

$K'_2 \rightarrow$ Actualizada para empezar en el punto

$$K_2 \cdot d_1^{n_2}$$

$$d < d_1 \rightarrow L_b = K_1 \cdot d_1^{n_1}$$

$$d > d_1 \rightarrow L_b = K'_2 \cdot d_1^{n_1}$$

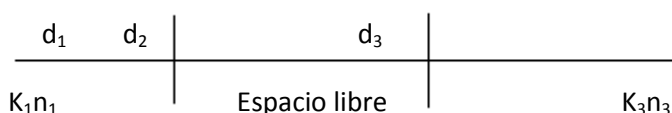
$$K_1 \cdot d_1^{n_1} = K'_2 \cdot d_1^{n_2} \rightarrow \boxed{K'_2 = K_1 \cdot d_1^{(n_1 - n_2)}}$$



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Ejemplo.



- $L_b(d < d_1) = K_1 \cdot d_1^{n_1}$
- $L_b(d_1 < d < d_1 + d_2) \rightarrow$ Debemos cumplir continuidad en d_1

$$K_1 \cdot d_1^{n_1} = K'_2 \cdot d_1^{n_2}$$

$$K_1 \cdot d_1^{n_1} \neq \left(\frac{4\pi}{\lambda}\right)^2 \cdot d_1^2 \rightarrow \begin{cases} \text{No puede utilizar } K_2 \\ \text{Si no } K'_2 \end{cases}$$

La constante no es $\left(\frac{4\pi}{\lambda}\right)^2$ porque depende de lo que ha pasado antes.

$$\boxed{K_1 \cdot d_1^{n_1} = K'_2 \cdot d_1^{n_2}}$$

$$L_b(d_1 < d < d_1 + d_2) = \underbrace{K_1 \cdot d_1^{(n_1-2)}}_{K'_2} \cdot d^{n_2}$$

- Hasta el medio 3 \rightarrow Otra discontinuidad en $(d_1 + d_2)$

Antes de la discontinuidad

Después de la discontinuidad

$$K_1 \cdot d_1^{n_1-2} (d_1 + d_2)^{n_2} = K'_3 \cdot (d_1 + d_2)^{n_3}$$

3.2. Variabilidad temporal.

Lo primero es que a estas frecuencias que se da este tipo de sistema prácticamente la lluvia no afecta, así que la causa principal por la que existe desvanecimiento es el multitrayecto.

Causas y características.

- Las variaciones temporales son debidas a multitrayecto y rebotes.
- Las consecuencias son desvanecimientos muy profundos.
- Los desvanecimientos son rápidos en el tiempo, de duración menor a 10 segundos.

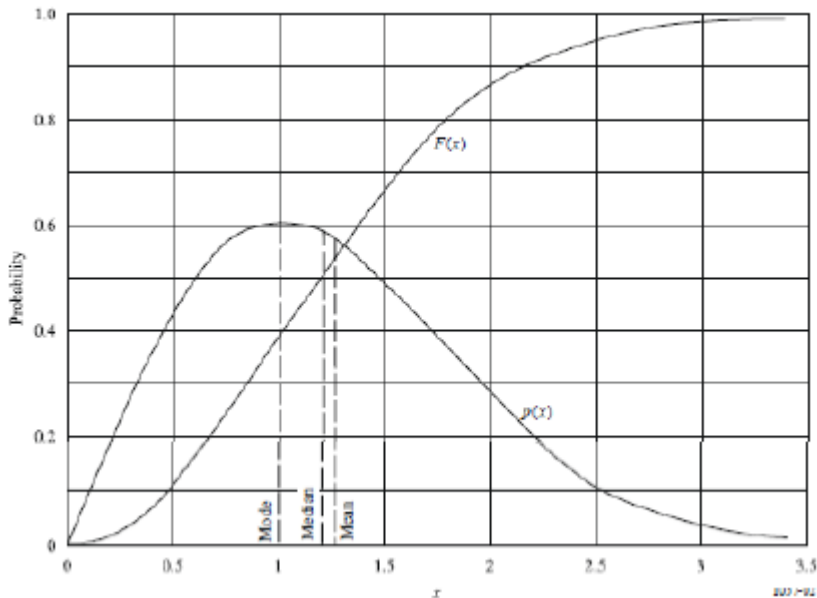
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**

Modelo teórico: PDF Rayleigh.

El modelo que utilizamos para determinar la calidad de fidelidad es el Rayleigh.

Modela la variación de campo en unidades naturales. Con este modelo calcularemos la probabilidad de que exista desvanecimiento, que caiga el umbral. Existen 2 métodos de cálculo, por ecuaciones y con gráfica



$$F(e) = 1 - \exp\left(-\frac{e^2}{\bar{e}^2}\right)$$
$$F(e) = 1 - \exp\left(-0.693 \frac{e_0^2}{\bar{e}^2}\right)$$

- X sólo modela el e_{RX} (unidades naturales).
- \bar{X} : Valor medio de todos los valores de X posibles.
- \tilde{X} : Valor mediano es el valor equiprobable.
- La potencia recibida en unidades naturales \rightarrow PDF exponencial negativa

Si e_{RX} sigue una Rayleigh, la potencia sigue una exponencial negativa.

Ejemplo.

$$\text{Si } Q(\tilde{e}) = \exp\left(-\frac{\tilde{e}^2}{\bar{e}^2}\right) = 0.5 \rightarrow -\frac{\tilde{e}^2}{\bar{e}^2} = \ln 0.5 = \ln 1/2 \rightarrow \tilde{e}^2 = \bar{e}^2 \ln 2$$

A continuación, quedándonos con el valor mediano como condiciones normales porque es lo que ocurre

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Ejemplo.

$P(F > MD) = 5\%$ (durante ese 5% de tiempo la señal recibida será distinta a la transmitida, pero el sistema siempre estará disponible).

$$P(F > MD) = 5\% \rightarrow P(e < e_{\text{umbral}}) = F(e_{\text{umbral}}) = 1 - \exp\left(-0.693 \frac{e_{\text{umbral}}^2}{\tilde{e}^2}\right) = 1 - \exp\left(-0.693 \frac{1}{\text{md}}\right) = 0.05$$

Como podemos ver MD es igual a e_{umbral} , además :

$$\text{md} = \left(\frac{e_{\text{CN}}}{e_{\text{umbral}}}\right)^2 = \left(\frac{\tilde{e}}{e_{\text{umbral}}}\right)^2$$

Luego: $\exp\left(-0.693 \frac{1}{\text{md}}\right) = 0.95 \rightarrow \text{md} = 13.51 \rightarrow MD = 11.30 \text{ dB}$

Al igual que pasaba con el punto a punto, cuanto más calidad quiero más MD tengo que tener.

Este ejemplo también lo podríamos haber realizado con el papel Rayleigh , que se caracteriza por tener una función de distribución F (o Q) en dB.

Puedo representar : $P_0 - \tilde{P} \tilde{P} - P_0$

$$E_0 - \tilde{E} \tilde{E} - E_0$$

F(F (dB)) es una recta.



Coordenadas del papel:

- Normalización.
- Probabilidad de superar o no el umbral.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Ejemplo.

Otra manera de realizar el anterior ejercicio es mediante este método

Antes teníamos :

$$P(e < e_{\text{umbral}}) = P(E < E_{\text{umbral}}) = P(E - \tilde{E} < E_0 - \tilde{E})$$

normalizamos

Y vemos que en la gráfica anterior tenemos $E_0 - \tilde{E}$, luego coincide con nuestro caso. En el caso de no coincidir tendríamos que hacer $-P(\cdot)$ y se resuelve cambiando de dirección el operador ($>$).

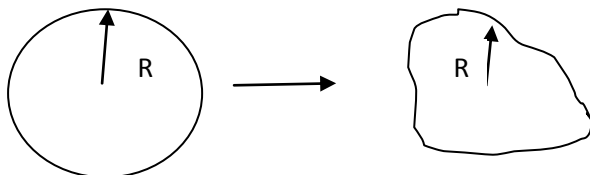
Como es $<$, es $F = F(-MD) = 5\%$.

La gráfica nos da Q en lugar de F, luego $Q(-MD) = 95\%$

Y según la gráfica $-MD = -12\text{dB}$, por lo que $MD = 12\text{dB}$.

3.3. Variabilidad espacial.

Como se ha comentado con anterioridad la variabilidad temporal afecta a la calidad de nuestro servicio, en cambio, la variabilidad espacial va a afectar a la cobertura.



Es una variación lenta (E o P en dB sigue una normal gaussiana)

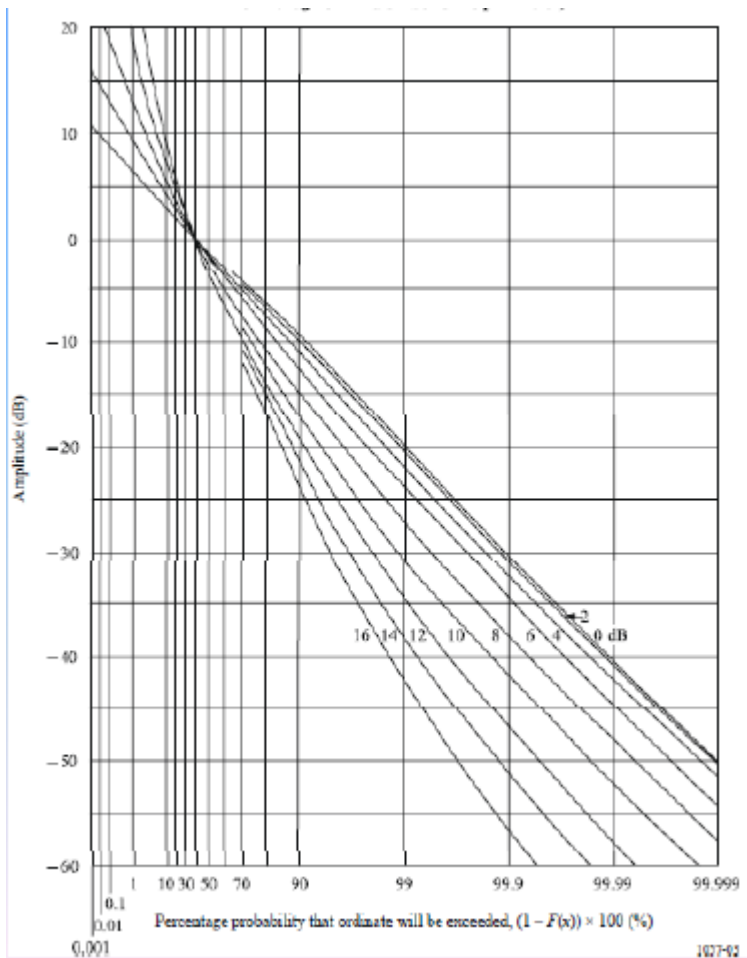
Varianza (σ): representa la variabilidad del terreno o la variabilidad del movimiento.

3.3. Variabilidad total.

Si estoy quieto en un punto el σ^2 sigue una exponencial negativa, luego depende del valor medio por estar

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70**



$$Q \left\{ \begin{matrix} E - \bar{E} \\ P - \bar{P} \end{matrix} \right.$$

Valor normalizado con respecto a la media sectorial (\bar{X}) que es la media de los valores medios

Si $\sigma = 0$ no hay variabilidad espacial, sólo queda variabilidad temporal.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

4. Calidad del servicio.

La calidad del servicio me dice o me da una medida de cómo es el servicio que estoy ofreciendo, durante cuánto tiempo se está ofreciendo adecuadamente y en ese tiempo que se está ofreciendo con qué calidad está llegando, si realmente se parece a lo que se está transmitiendo o no. Así que tenemos dos tipos de calidad.

$$c^2 + 2b = 1 = (x / \bar{x})$$

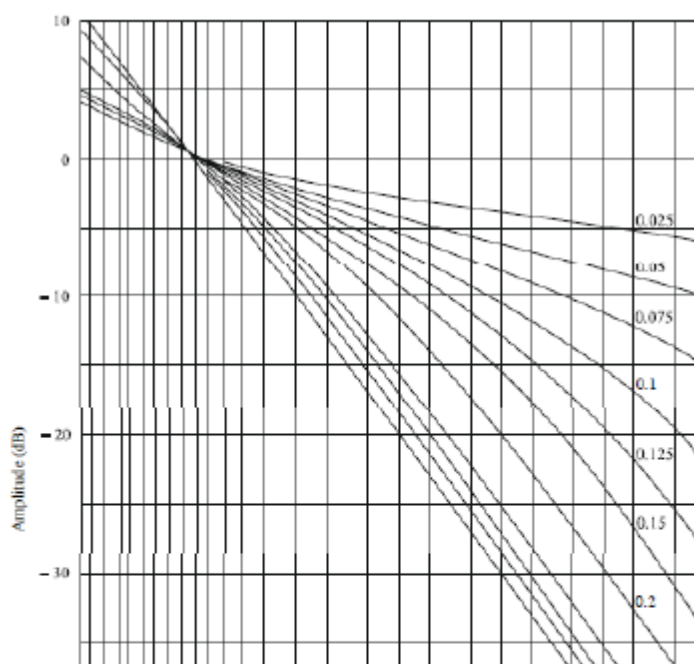
- $c^2 = RD$ (componente determinista)
- $2b = RR$ (componente aleatoria)

En general, no existen solamente ni las variaciones lentas ni variaciones rápidas sino que puede haber una mezcla entre ambas, de hecho si hay mucha variación lenta hay poca variación rápida y si hay mucha variación rápida es porque hay poca variación lenta.

- Punto a punto → componente determinista → $c^2 \approx 1$ → PDF Gaussiana.
- Multitrayecto → componente aleatoria → $2b \approx 1$ → PDF Rayleigh.

Si en los extremos es Gaussiana y Rayleigh entre medias hay un abanico que se modela a través de un modelo NAKAGAMI-RICE.

Modelo teórico: PDF Nakagami-Rice.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cálculo de la calidad de servicio.

Como hemos visto a lo largo del tema las variaciones rápidas afectan a una cosa y las lentas a otra, por lo que separamos ambos efectos.

- Calidad de disponibilidad.

La calidad de disponibilidad nos dice cuánto tiempo está disponible el servicio.

Para calcular la calidad de disponibilidad nos fijamos en las variaciones lentas:

- El factor K y el rayo reflejado si no nos dicen nada colocamos las alturas de las antenas para evitarlos.
- La lluvia causa indisponibilidad $\rightarrow U = P(F > MD) \rightarrow MD = P_{RX \text{ no lluvia}} - P_{RX \text{ máx lluvia}} = F_{lluvia}^u$

- Calidad de fidelidad.

La calidad de fidelidad nos dice el porcentaje de tiempo que se recibe una señal igual a la que se transmite.

Nos fijamos en las variaciones rápidas y está condicionada a que el sistema esté disponible. La causa de la infidelidad es el multitrayecto.

Ley de los 10 dB/década:

Calidad de fidelidad = Probabilidad de extraer la información * $P(F > MD) = P_0 \cdot 10^{(-MD/10)}$

- $P_0 \rightarrow$ es el factor de aparición de multitrayecto, significa que siempre que calculo la calidad de fidelidad está condicionada a la calidad de disponibilidad.
- $10^{(-MD/10)} \rightarrow$ por cada 10 dB que se incrementa MD la calidad crece en 1 década.

¿Cómo se obtiene P_0 ?

- ✓ Método Mojoli.

$$P_0 = 0.3 a b \left(\frac{f}{4}\right) \left(\frac{d}{50}\right)^3$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Tenemos que tener claro que mejorar la calidad significa que el sistema funcione mejor, sin embargo para calcular la calidad se calcula lo contrario:

- Para calcular la calidad de disponibilidad hay que calcular el porcentaje en el que se estémás indisponible, cuanto más pequeño sea este porcentaje más calidad tendrá.
- Para calcular la calidad de fidelidad, hay que calcular el porcentaje en el que se esté más infiel, de tal manera que cuanto más pequeño es este porcentaje, más fidelidad tendremos.

Posteriormente hay que calcular el PORCENTAJE DE REVASAMIENTO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO. Cuanto más pequeño sea el porcentaje, significa que tenemos más calidad. (Siempre que hablamos de calidad, hablamos de algo para superar el MD, por lo tanto siempre es en términos negativos, al estar por debajo del umbral, ya sea por causa de variaciones lentas, ya sea por causa de variaciones rápidas)

¿En qué % de tiempo calculamos la calidad?

Calculamos la calidad en el % de tiempo del mes más desfavorable.

$$\left. \begin{matrix} \% (\text{Tiempo})\text{Indisponible} \\ \% (\text{Tiempo})\text{Infie}l \end{matrix} \right\} \text{mes mas desfavorable} \left\{ \begin{matrix} \text{Mes 1} & \dots & P_1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{Mes 12} & \dots & P_{12} \end{matrix} \right\}$$

Se define el mes más desfavorable como aquel mes de doce meses civiles consecutivos en los que la probabilidad de superar el margen de desvanecimiento es mayor.

Cogemos un mes y medimos cual es la probabilidad de superar la indisponibilidad en ese mes y nos sale P₁, pillo otro mes y me sale otra P... Así sucesivamente durante doce meses civiles consecutivos. Bueno pues aquel valor que me da mayor margen de rebasamiento ese es el mes más desfavorable, de hecho ese es el porcentaje que voy a utilizar.

Lo que se hace es obtener un % de rebasamiento anual medio. En lugar de hacerlo para cada mes, directamente durante todo el año miro cuantas veces se rebasa el MD.

Y lo que si existe es una fórmula para pasar de este porcentaje anual medio, al porcentaje del mes más desfavorable ($P_{\text{Anual Medio}} \leftrightarrow P_{\text{Mes más desfavorable}}$).

$$FTRMD = f(FTRAM)$$

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**



Si llamamos al Factor de Tiempo de Rebasamiento del Mes mas Desfavorable P_w y al Factor de tiempo de Rebasamiento Anual Medio P , la relación entre los dos depende de un factor Q (según la recomendación) que a su vez depende de dos parámetros: Q_1 y β

$$FRTMD = Q * FTRAM \quad p_w = Q * p$$

$$Q(p) = 12 \quad p < \left(\frac{Q_1}{12}\right)^{1/\beta} \quad Q(p) = Q_1 \cdot 3^{-p} \quad 30 < p < 30\%$$

$$Q(p) = Q_1 \cdot p^{-\beta} \quad \left(\frac{Q_1}{12}\right)^{1/\beta} < p < 3\% \quad Q(p) = Q_1 \cdot \left(\frac{p}{30}\right)^{\frac{\log(Q_1 \cdot 3^{-\beta})}{\log 0,3}} \quad 30 < p\%$$

VALORES DE β ; Q_1

Región	Lluvia		Multitrayecto	Trayectos transhorizonte	
	Trayecto terrenal	Trayecto oblicuo		Tierra	Mar
Mundial	0,13; 2,85	0,13; 2,85	0,13; 2,85	0,13; 2,85	0,13; 2,85
Noroeste Europa	0,13; 3,00	0,10; 3,10	0,13; 4,00	0,18; 3,30	0,11; 5,00
Europa mediterránea	0,14; 2,60	0,16; 3,10			

Lo importante es que lo medimos en el año y una vez tengo ese valor obtenemos el valor del mes más desfavorable porque cuando hablamos de porcentaje de calidad siempre hablamos del mes más desfavorable (lo peor que nos puede suceder, siempre nos pondremos en el peor de los casos).

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

5. RECOMENDACIÓN P-1546

Lo primero que nos dice la recomendación es que la utilizamos para calcular campo recibido (E_{RX}) en sistemas principalmente punto-multipunto aunque se puede adaptar a sistemas punto-zona que trabajan en una banda de frecuencias que van desde los 30MHz a 3000MHz.

$$30MHz \leq f \leq 3000MHz$$

De tal manera que si yo tuviese un servicio en ese rango de frecuencias que fuese punto-multipunto, necesito un método semiempírico que me proporcione los valores de campo recibido, ese método semiempírico es el que me proporciona la recomendación, eso mas las condiciones normales, mas las variaciones añadidas.

$$E_{RX} \text{ en sistemas pto. -multipunto} \rightarrow \underbrace{\frac{C.N.}{\text{(Método semiempírico)}}}_{\text{Campaña de medidas} + \text{Correcciones}} + \underbrace{\frac{\text{Variaciones}}{\text{Temporales} + \text{Espaciales}}}$$

Partimos primero de unas medidas, es decir, como es un sistema punto-multipunto tenemos unas condiciones normales y unas variaciones temporales y espaciales (las condiciones normales se han obtenido a través de un método semiempírico) por lo tanto de una campaña de medidas, mas las correcciones necesarias para ajustarlas a mi sistema.

Es decir, imaginarnos que han medido a 600MHz ¿Qué pasa si mi sistema trabaja 500MHz? Tendré que ajustarlo o corregirlo.

¿Coincide con lo que hemos visto? Vamos a ir desgranándolo y lo primero que vamos a ver es la campaña de medidas.

➤ Campaña de medidas

Quiero obtener Campo recibido, ¿Eso de qué depende?

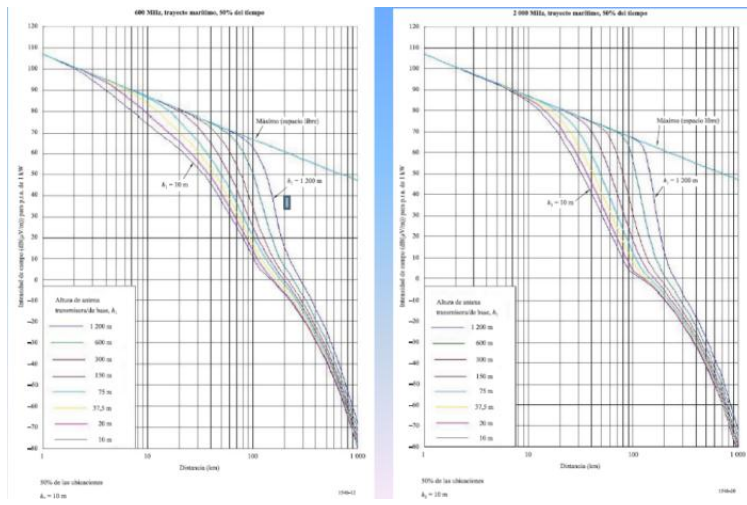
Para establecer mi campo de medidas lo que tengo que ver es en qué condiciones voy a medir:

- ✓ Frecuencia:
 - Depende de la frecuencia a la que trabajemos el campo será distinto.
- ✓ Tengo que establecer unas frecuencias a las que medir (100, 600 y 2000MHz)

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

- ✓ Distancia:
 - Gráficas



- ✓ Las alturas de las antenas:

- Puede afectar a un rayo reflejado e incluso a la difracción.
- Alturas definimos dos:
 - Una altura equivalente del transmisor (h_1), que no altura de la antena, ya que debe de tener en cuenta la altura de la antena y lo que le rodea.
 - Como se trata de un sistema punto –multipunto he de suponer que las antenas se encuentran situadas a la misma altura.
 - $$\left. \begin{array}{l} d < 3Km \rightarrow h_1 = h_{TX} \text{ (altura antena transmisora)} \\ \downarrow \\ d > 15Km \rightarrow h_1 = h_{TX} + cota - h_{media(3 \text{ a } 15Km)} \end{array} \right\} h_1$$

Nota: nos puede dar valores negativos de h_1 eso significará que la antena estará rodeada de obstaculos

 - $$\left. \begin{array}{l} \text{Si } 3Km < d < 15Km \text{ ya nos daran la fórmula para calcularlo} \\ \left\{ \begin{array}{l} 10m \text{ (Zona rural de una a dos plantas o maritima)} \\ 20m \text{ (Suburbana: periferia, de 2 a 4 plantas)} \\ 30m \text{ (Centro urbano)} \end{array} \right. \end{array} \right\} h_2$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 - - -
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.

✓ Trayectos:

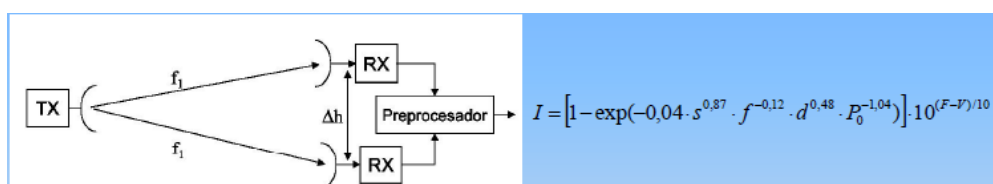
- La propagación depende del entorno por lo que habrá que tener en cuenta los tipos de trayecto
- Hay tres tipos:
 - Terrestre
 - Mar frío
 - Mar cálido

6. TÉCNICAS DE DIVERSIDAD

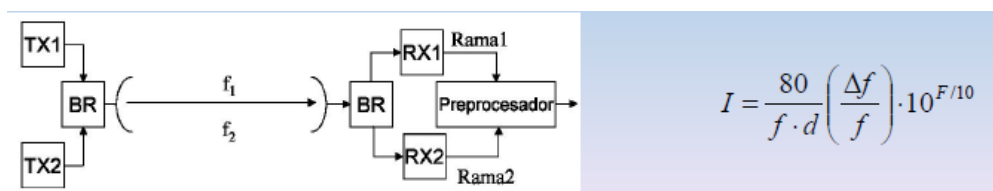
6.1 Definición y tipos.

Enviar la señal por caminos radioeléctricos distintos, independientes:

- Espaciales (multitrayecto)



- Mismo camino, distinta frecuencia (multitrayecto)



- Temporales (desvanecimiento por lluvia)
- Polarizaciones distintas en mismo camino (multitrayecto)

Estas técnicas producen:

- Reducción de los efectos de desvanecimientos rápidos

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

6.2 Técnicas de selección

- Selección por conmutación: en cada instante la mejor SNR:

$$\frac{S}{N_{out}} = \frac{S}{N_{max}}$$

- Selección por combinación lineal:
 - Suma en unidades de campo de las señales deseada
 - Suma en unidades de potencia de las señales ruidosas

$$\frac{\sum(\text{unidades de campo})^2 \text{ deseada}}{\sum(\text{unidades de potencia})\text{ruidosa}}$$

- Selección por combinación por relación máxima:

$$\frac{\sum(\alpha \text{ unidades de campo})^2 \text{ deseada}}{\sum(\alpha^2 \text{ unidades de potencia})\text{ruidosa}} \rightarrow \frac{S}{N_{out}} = \sum \frac{S}{N}$$

The logo for Cartagena99 features the text 'Cartagena99' in a stylized, blue, serif font. The '99' is significantly larger and more prominent than the 'Cartagena' part. The text is set against a light blue background with a subtle gradient and a soft shadow effect.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70