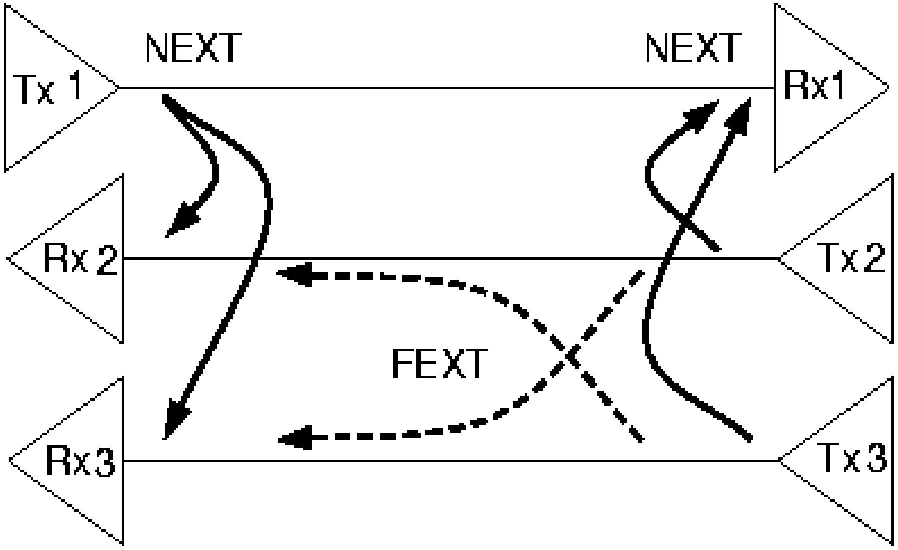
Cancelación de Interferencias Vía Procesamiento de Señal

Felipe Freire Franco
Alex Ordoñez Vélez

Crosstalk

Es la interferencia ocasionada por campos magnéticos alrededor de los pares adyacentes de alambres en un cable.



NEXT Y FEXT

- **Near-End Crosstalk (NEXT)**

  La interferencia surge cuando las señales son transmitidas en sentidos opuestos.

- **Far-End Crosstalk (FEXT)**

  La interferencia surge cuando las señales son transmitidas en el mismo sentido

XDsl

- **DSL** (siglas de **Digital Subscriber Line**, "línea de suscripción digital") es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.

Downstream / Upstream

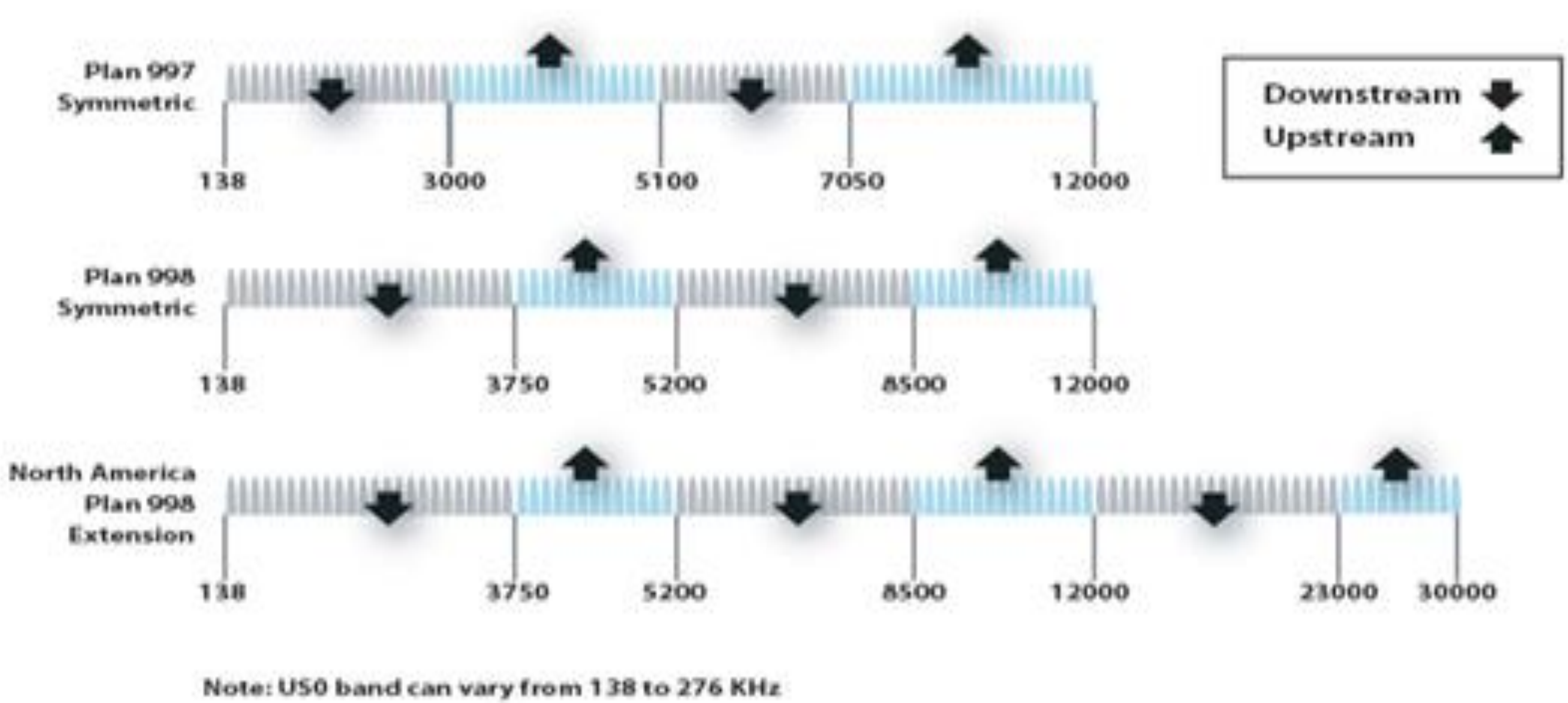
- Desde la perspectiva del usuario, el upstream es el flujo de tráfico de la red desde la computadora local hacia el destino remoto. El tráfico en la mayoría de las redes fluye en upstream y downstream al mismo tiempo, y a veces cuando la data fluye en una dirección, los protocolos de red a veces envían instrucciones de control (generalmente invisible para el usuario) en la dirección opuesta.
- Una forma de generar tráfico upstream es subir archivos a un servidor o enviar un mensaje e-mail. En cambio, bajar archivos y recibir e-mail generar tráfico downstream. Los usuarios típicos de internet generan más tráfico downstream que tráfico upstream.
- Los sistemas DSLs proveen menos ancho de banda en la dirección upstream con el fin de reservar más ancho de banda para el tráfico downstream.

Definicion del problema

- Conocemos el efecto negativo de Next y Fext en los sistemas DSLs. Next suele evitarse mediante el uso de FDD (frequency division duplexing), sin embargo FEXT sigue siendo un problema importante en la mayoría de los sistemas DSL, por lo cual nos limitaremos a realizar el estudio de la cancelación del Fext.

Escenario:

- El proyecto está basado en la tecnología VDSL2 a 12MHz, band-plan 998, profile 12a [6].



Profile	Max. DS Power	Max. DS Freq.	Max. US Power	Max. US Freq.	U0 for Long Range	Typical Application
12a	14.5 dbm	8.5 MHz	14.5 dbm	12.0 MHz	Required	Cabinet (RT) Exchange (CO)

- Se tomará la señal que llega al cabinet por medio de fibra óptica y a partir de ahí se reparte a 4 edificios a través de un cable de 40 pares por medio de VDSL2
- Nosotros asumimos el AWGN con un PSD de -140 dBm/Hz.

- El primer edificio se encuentra a 250 metros, el segundo a 500 metros, el tercero a 750 metros y el cuarto a 1000 metros.

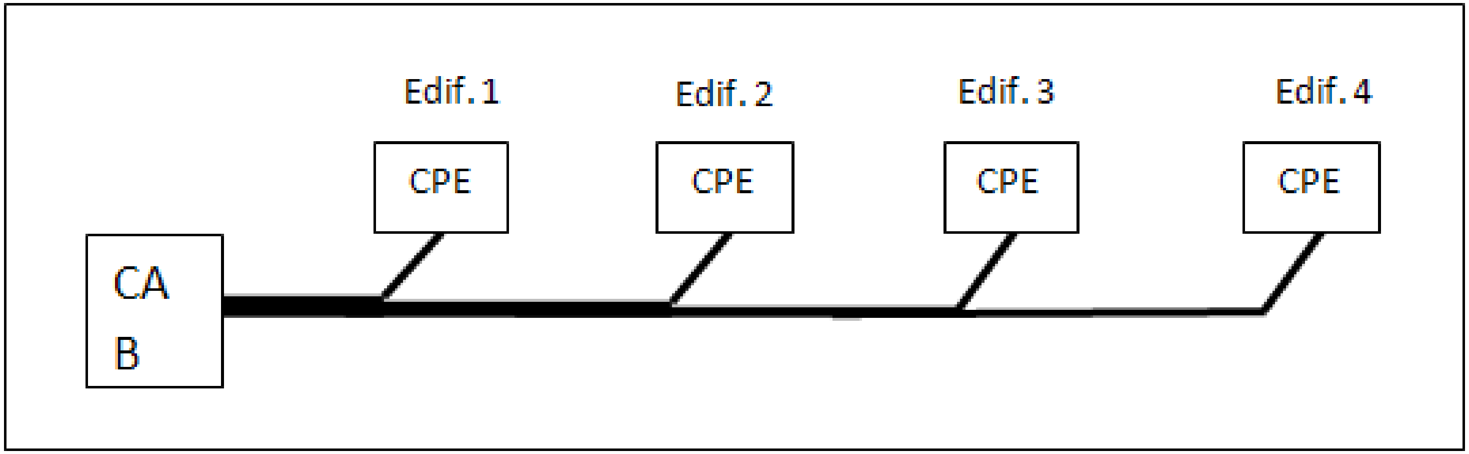


Figura 7: Distribución Topológica del Escenario

Comprension de solucioones

- La señal recibida en los pares puede ser escrita como

$$y_i(t) = h_i * x_i(t) + \sum_{l \neq i} h_{i,l} * x_l(t) + v_i(t)$$

- Pasando al dominio de la frecuencia tenemos que:

$$y_i(f) = h_i(f) x_i(f) + \sum_{l \neq i} h_{i,l}(f) x_l(f) + v_i\,(f)$$

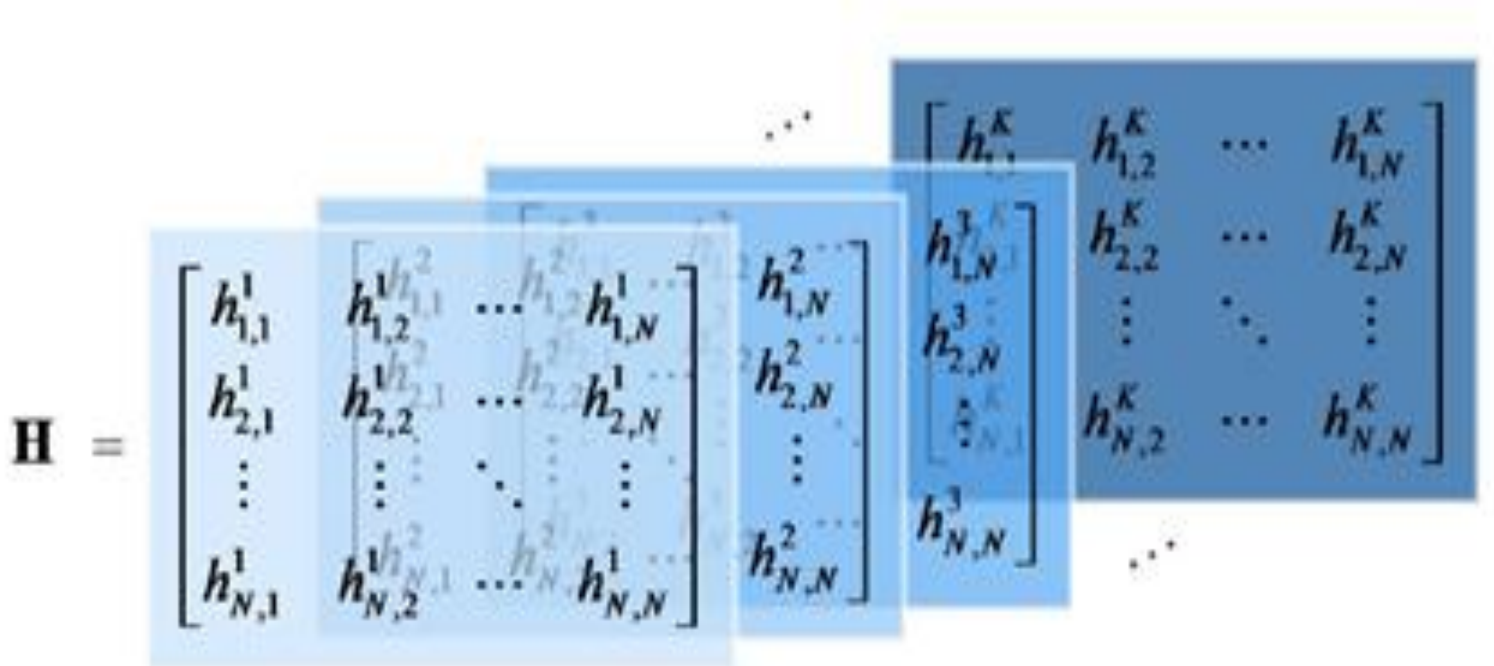
- En forma de vector nosotros podemos representar la señal recibida por:

$$\mathbf{y}(f_{\mathrm{k}}) = \mathrm{H}(f_{\mathrm{k}})\mathbf{x}(f_{\mathrm{k}}) + v(f_{\mathrm{k}})$$

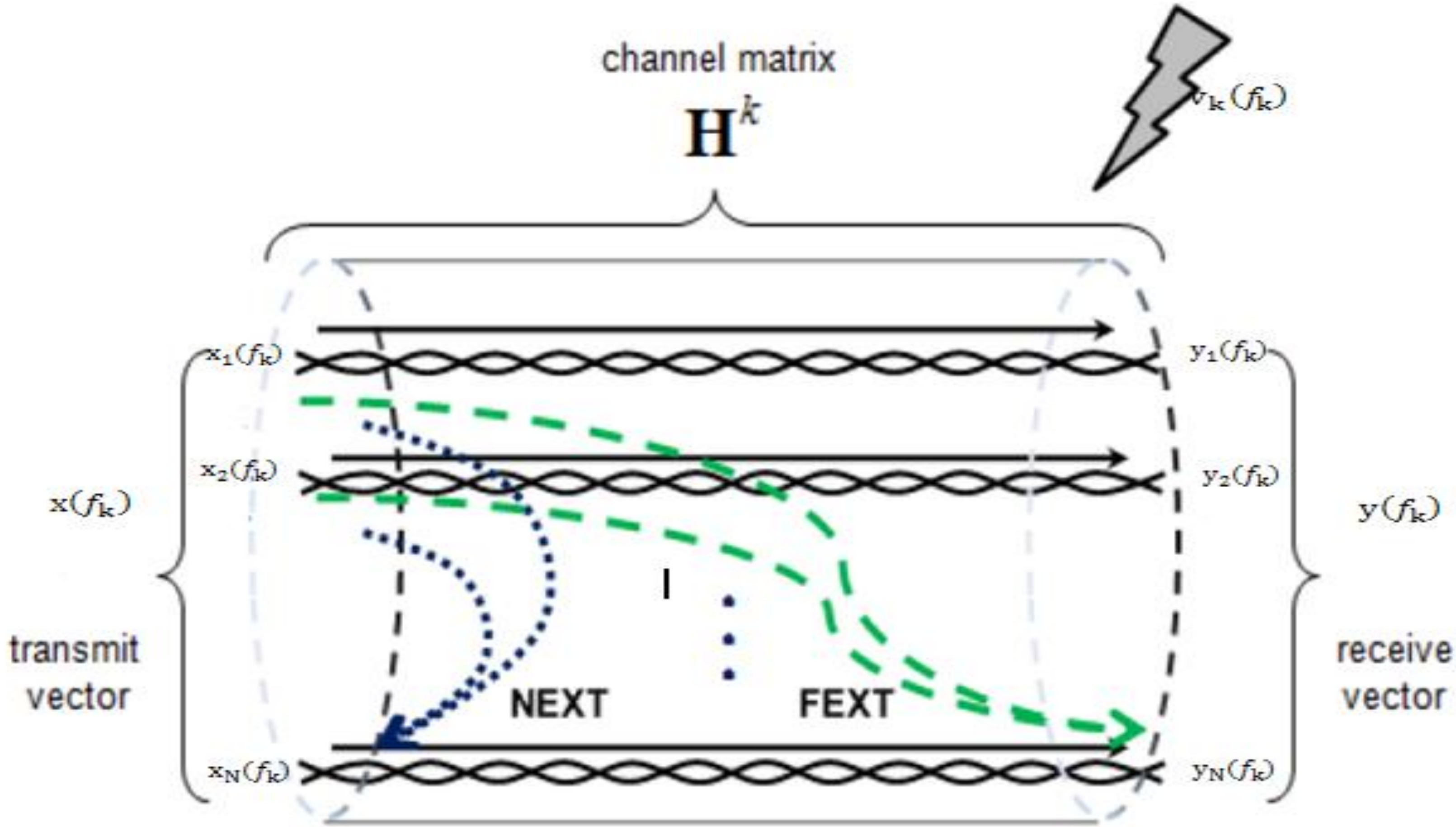
- Donde la respuesta de frecuencia del canal es:

$$\begin{bmatrix} h_{1,1}(f_{\mathrm{k}}) & \cdots & h_{1,p}(f_{\mathrm{k}}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{p,1}(f_{\mathrm{k}}) & \cdots & h_{p,p}(f_{\mathrm{k}}) \end{bmatrix}$$

Matriz del canal H con dimensiones N x N x K



Interferencia Next y Fext en un cable de cobre multipar



Cancelador Zero Forcing

- La cancelación de ZF estima los símbolos transmitidos por medio de la multiplicación del vector símbolo recibido con la inversa de la matriz del canal

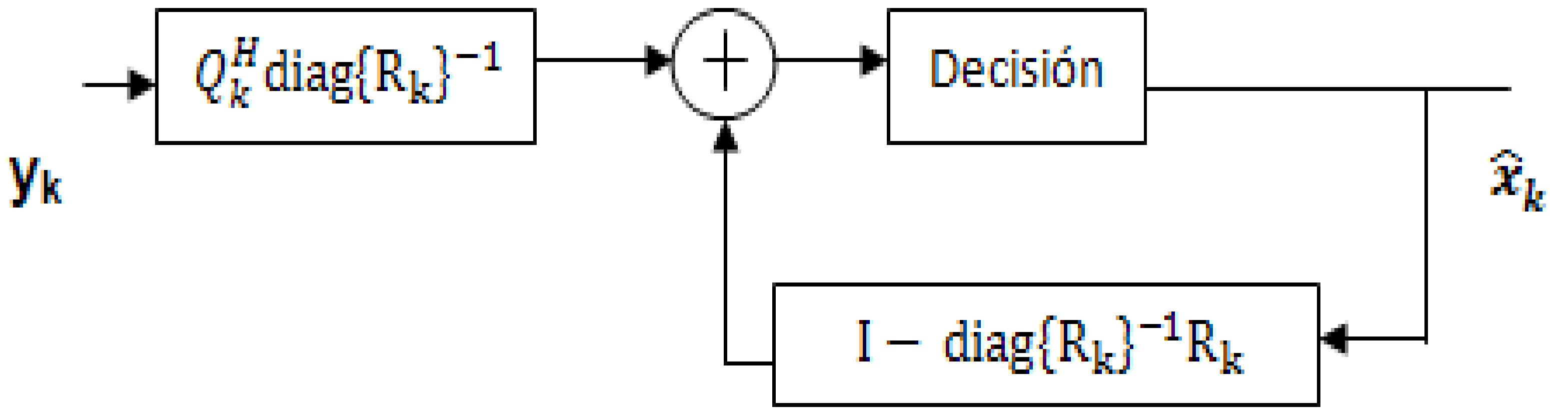
$$y(f_k) = H(f_k)x(f_k) + v(f_k)$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{k}} = (\mathbf{H}_{\mathbf{k}})^{-1}\,\mathbf{y}_{\mathbf{k}}$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{k}} = x(f_k) + (\mathbf{H}_{\mathbf{k}})^{-1} v_k$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{\mathbf{k}} = x(f_k) + \hat{v}_k$$

Cancelador Decision Feedback



$$\boxed{\mathbf{H}_k = \mathbf{Q}_k \mathbf{R}_k}$$

Aquí $\mathbf{Q}_k$ es una matriz unitaria, mientras que $\mathbf{R}_k$ es triangular superior.

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k$$

$$\mathbf{w}_k = \mathbf{Q}_k^H \mathbf{y}_k$$

$$\mathbf{Q}_k^H \mathbf{Q}_k = \mathbf{I}$$

$$\mathbf{w}_k = \mathbf{R}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{Q}_k^H \mathbf{v}_k$$

$$\mathbf{w}_k = \mathbf{R}_k \mathbf{x}_k + \hat{\mathbf{v}}_k$$

$$\hat{x}_k^n = \left[\frac{W_k^n}{r_k^{n,n}} - \sum_{m=n+1}^{N} \frac{r_k^{n,m}}{r_k^{n,n}} \hat{x}_k^m\right]$$

Where $W_k^n = [\mathbf{W_k}]_n$ and $r_k^{n,m} = [\mathbf{R_k}]_{\mathbf{n,m}}$

Al representar matricialmente la ecuación $\mathrm{w_k} = \mathrm{R_k}\hat{\mathrm{x}}_\mathrm{k}$ tenemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
r_k^{1,1}\hat{x}_k^1 + r_k^{1,2}\hat{x}_k^2 + r_k^{1,3}\hat{x}_k^3 + \cdots + r_k^{1,N-1}\hat{x}_k^{N-1} + r_k^{1,N}\hat{x}_k^N &= w_k^1 \\
r_k^{2,2}\hat{x}_k^2 + r_k^{2,3}\hat{x}_k^3 + \cdots + r_k^{2,N-1}\hat{x}_k^{N-1} + r_k^{2,N}\hat{x}_k^N &= w_k^2 \\
r_k^{3,3}\hat{x}_k^3 + \cdots + r_k^{3,N-1}\hat{x}_k^{N-1} + r_k^{3,N}\hat{x}_k^N &= w_k^3 \\
\vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad &\vdots \\
r_k^{N-1,N-1}\hat{x}_k^{N-1} + r_k^{N-1,N}\hat{x}_k^N &= w_k^{N-1} \\
r_k^{N,N}\hat{x}_k^N &= w_k^N
\end{aligned}$$

$$\hat{x}_k^N = \frac{w_k^N}{r_k^{N,N}} - 0$$

$$\hat{x}_k^{N-1} = \frac{w_k^{N-1}}{r_k^{N-1,N-1}} - \frac{r_k^{N-1}\hat{x}_k^N}{r_k^{N-1,N-1}}$$

$$\hat{x}_k^{N-2} = \frac{w_k^{N-2}}{r_k^{N-2,N-2}} - \frac{r_k^{N-2,N-1}\hat{x}_k^{N-1}}{r_k^{N-2,N-2}} - \frac{r_k^{N-2,N}\hat{x}_k^N}{r_k^{N-2,N-2}}$$

$$\hat{\boldsymbol{x}}_k^n = \left[\frac{\boldsymbol{W}_k^n}{\boldsymbol{r}_k^{n,n}} - \sum_{m=n+1}^{N} \frac{\boldsymbol{r}_k^{n,m}}{\boldsymbol{r}_k^{n,n}}\,\hat{\boldsymbol{x}}_k^m\right]$$

$$\hat{x}_k^n = dec\left[x_k^n + \frac{\hat{v}_k^n}{r_k^{n,n}}\right]$$

MODELAMIENTO Y SIMULACION

- **Modelamiento del Canal**

$$|H^{IL}(f,L)|^2 = e^{-2\alpha l\sqrt{f}}$$

f es la frecuencia en Hz, L es la longitud del cable en kilómetros y es una constante. En dB nuestra ecuación resultaría así:

$20log|H^{IL}(f,L)| = -\delta l\sqrt{f}$; Un típico valor de δ ajustado a es 0.027

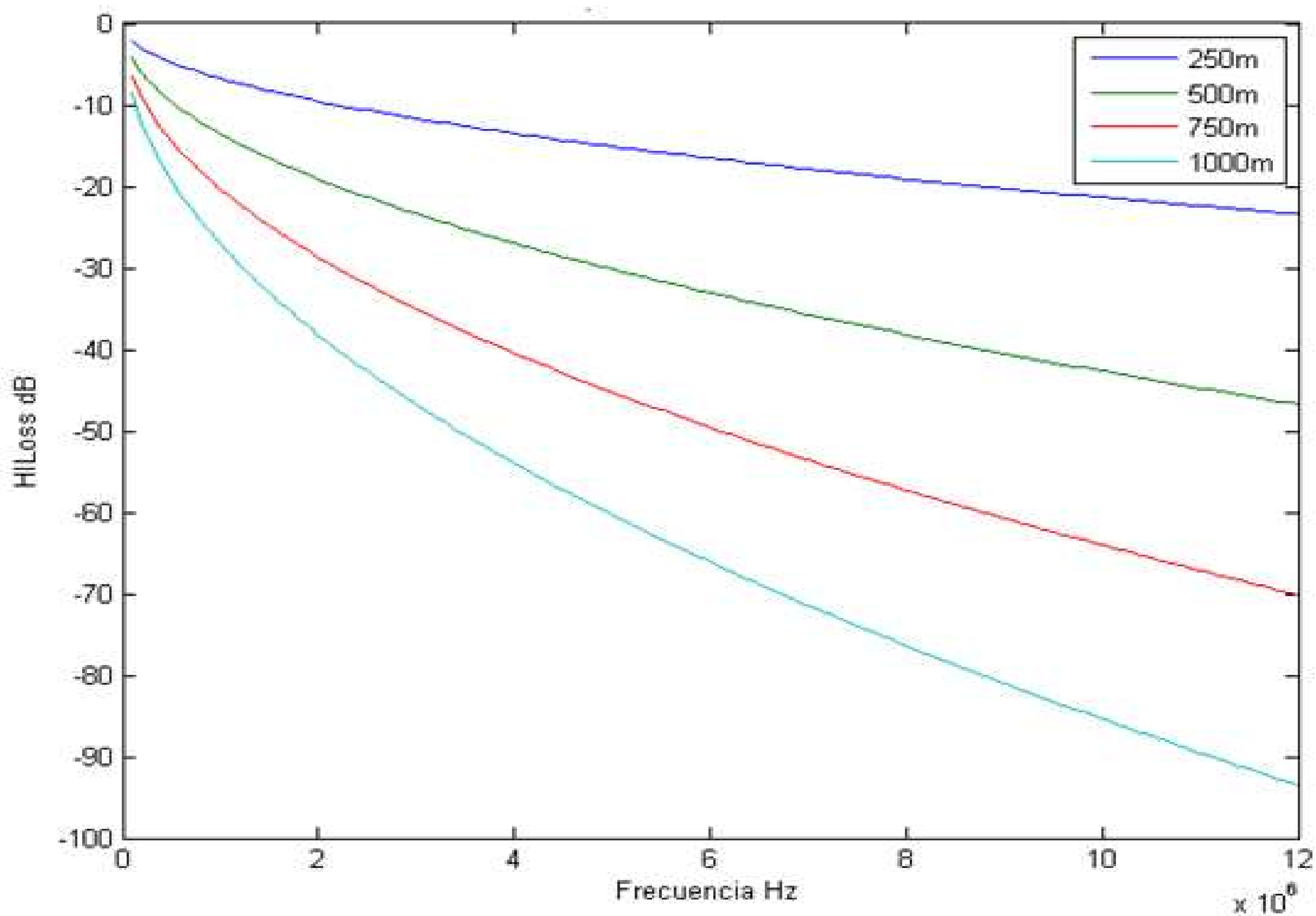
250m. $H^{IL}: -0.0068\sqrt{f}$

500m. $H^{IL}: -0.0135\sqrt{f}$

750m. $H^{IL}: -0.0203\sqrt{f}$

1000m. $H^{IL}: -0.0270\sqrt{f}$

Gráficas de Atenuación de Canal a diferentes distancias



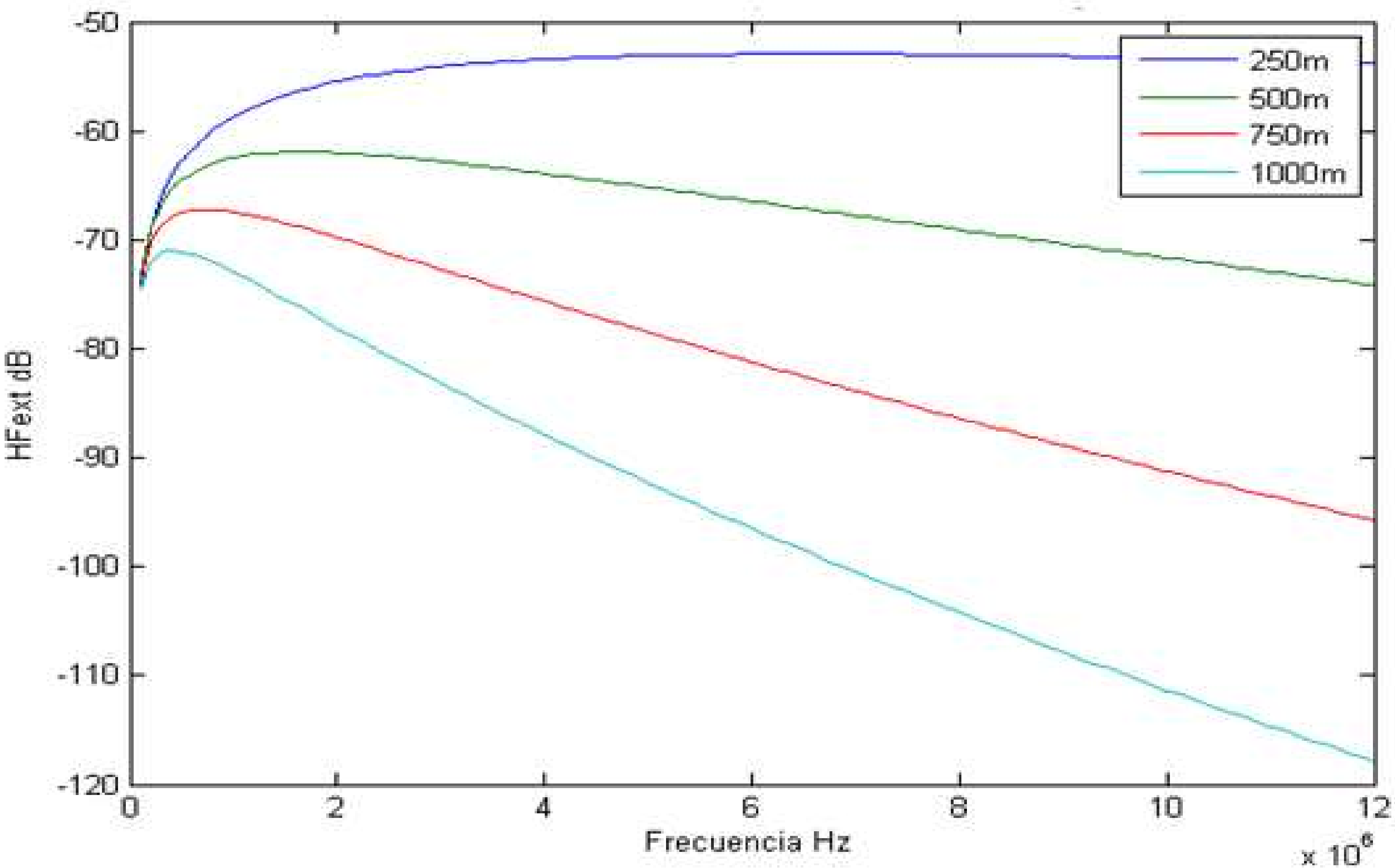
- **Fext entre 2 pares**

$$|H^F(f,L)|^2 = klf^2|H^{IL}(f,L)|^2$$

Donde y l es la longitud de acoplamiento en ft. En dB con el modelo propuesto tendríamos.

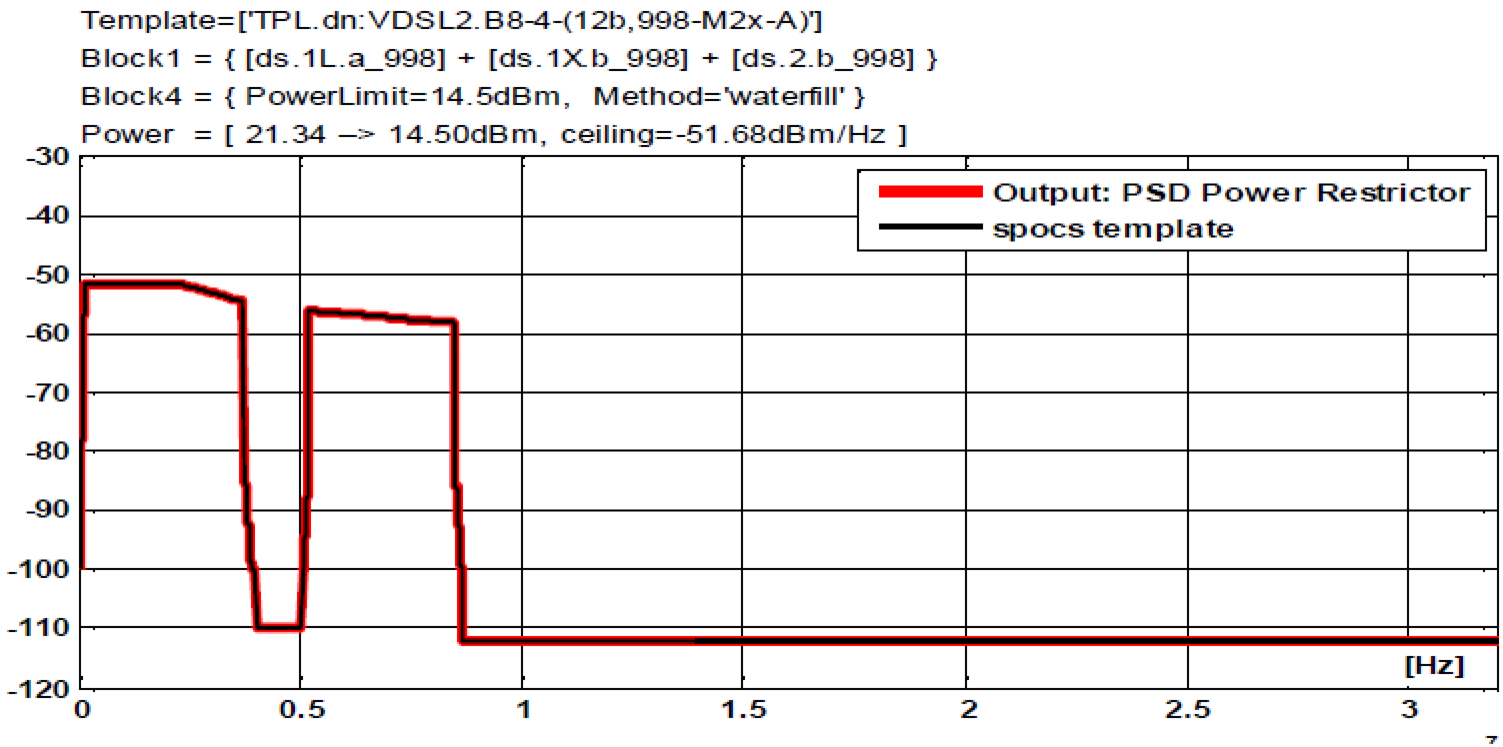
$$20\log|H^F(f,L)| = 10\log(\mathrm{kl}) + 20\log(\mathrm{f}) + 20\log|H^{IL}(f,L)|$$

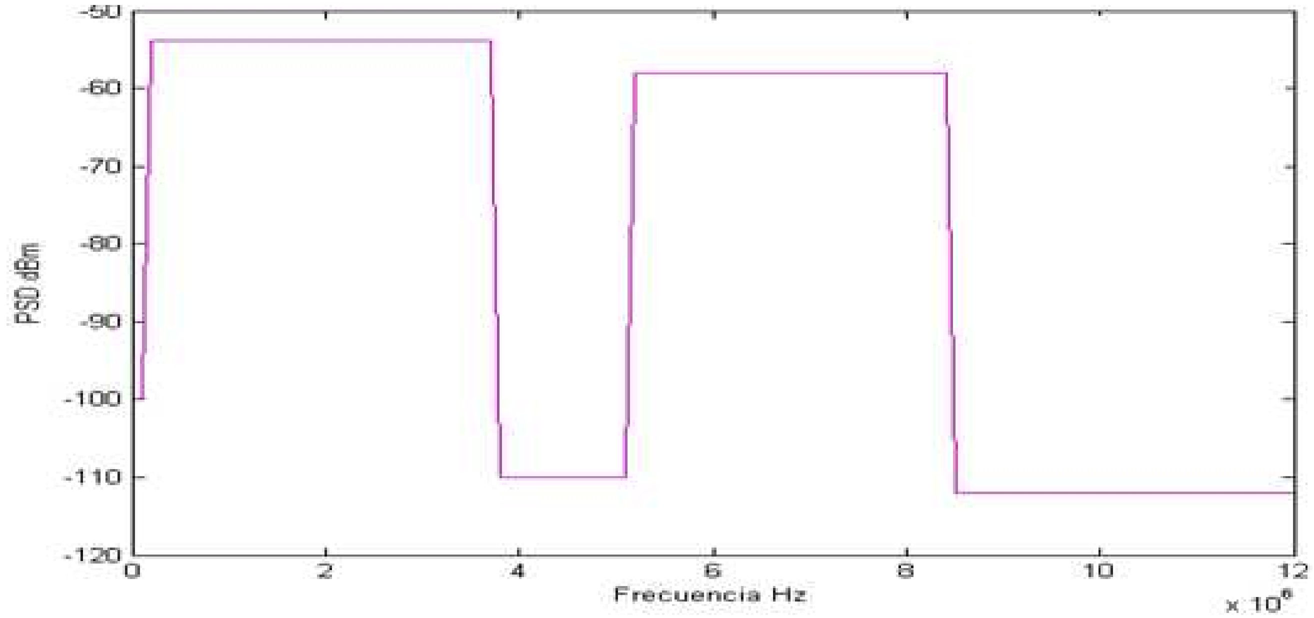
Graficas de Hfext entre 2 pares de la misma longitud



Señal de Entrada

Un ejemplo de la señal Tx a ser transmitida es la siguiente:





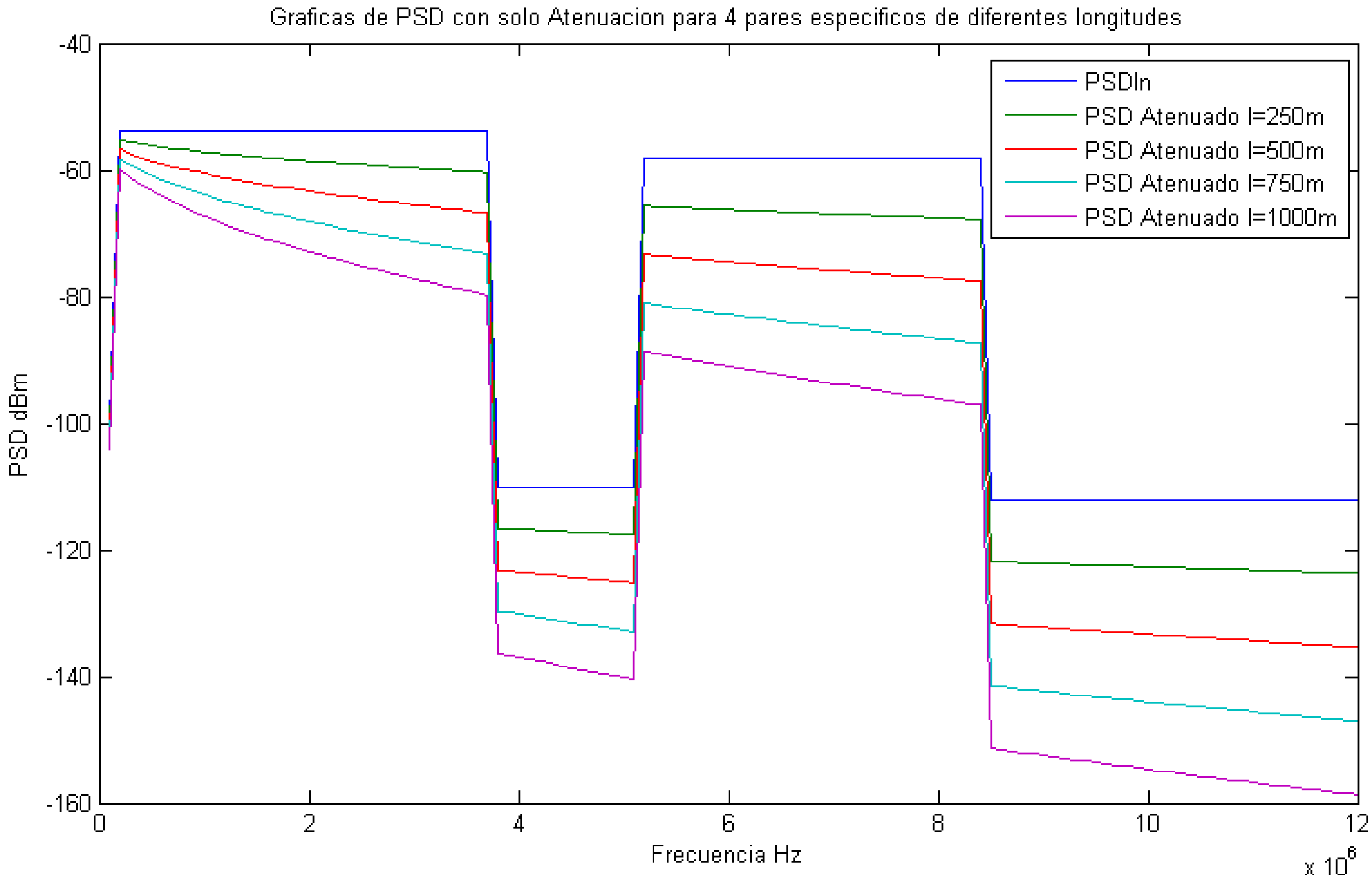
PSDIn=(-100)*(138000)+(-53.8)*(3750000-138000)+(-110)*(52000003750000)+(58)*(8500000-5200000)+(-112)*(12000000-8500000)

PSDIn=(10^(0.1*(-100)))*(138000)+(10^(0.1*(-53.8)))*(3750000-138000)+ (10^(0.1*(-110)))*(5200000-3750000) + (10^(0.1*(-58)))*(8500000-5200000) + (10^(0.1*(-112)))*(12000000-8500000)

PSDIn=20.29mW

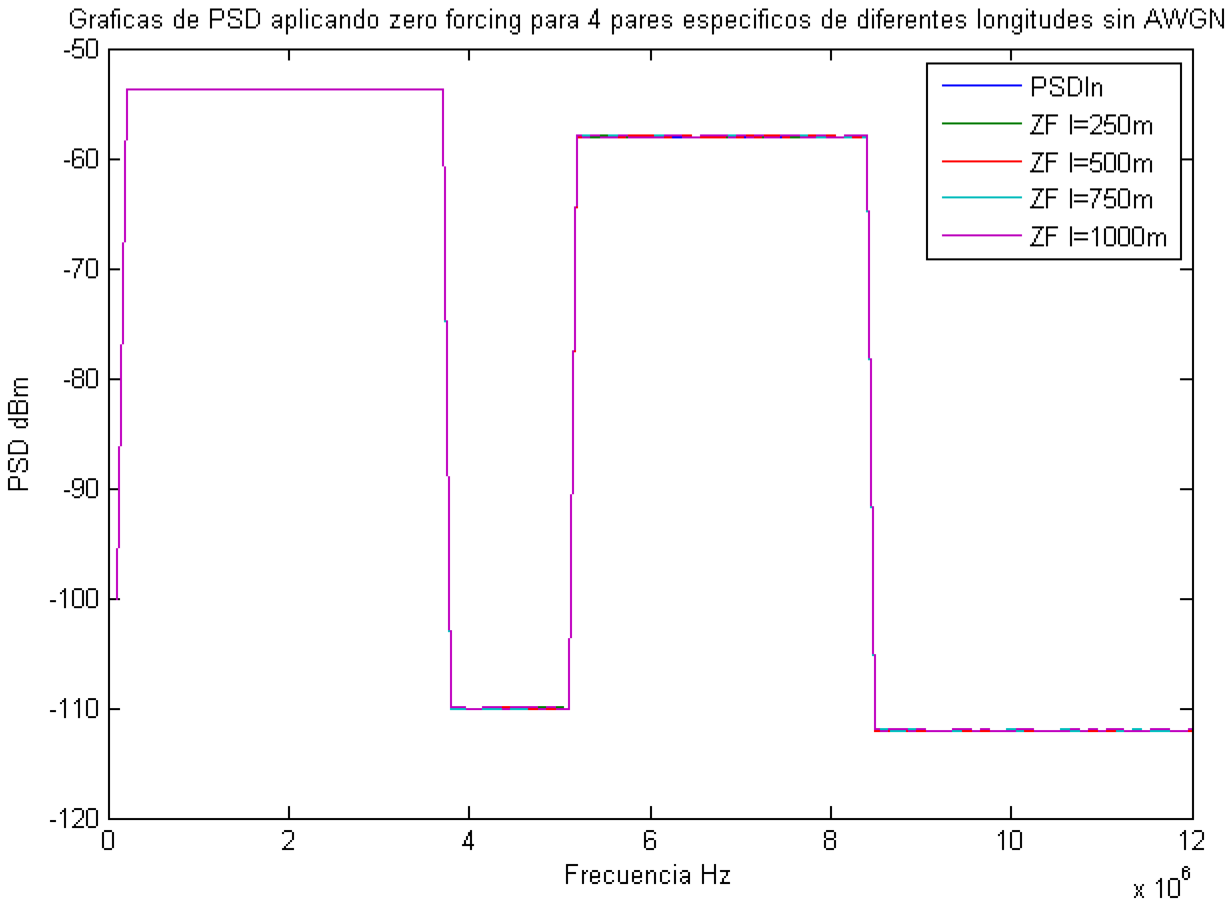
PSDIn=10.*log10(20.29) = **13.072 Dbm**

Atenuacion

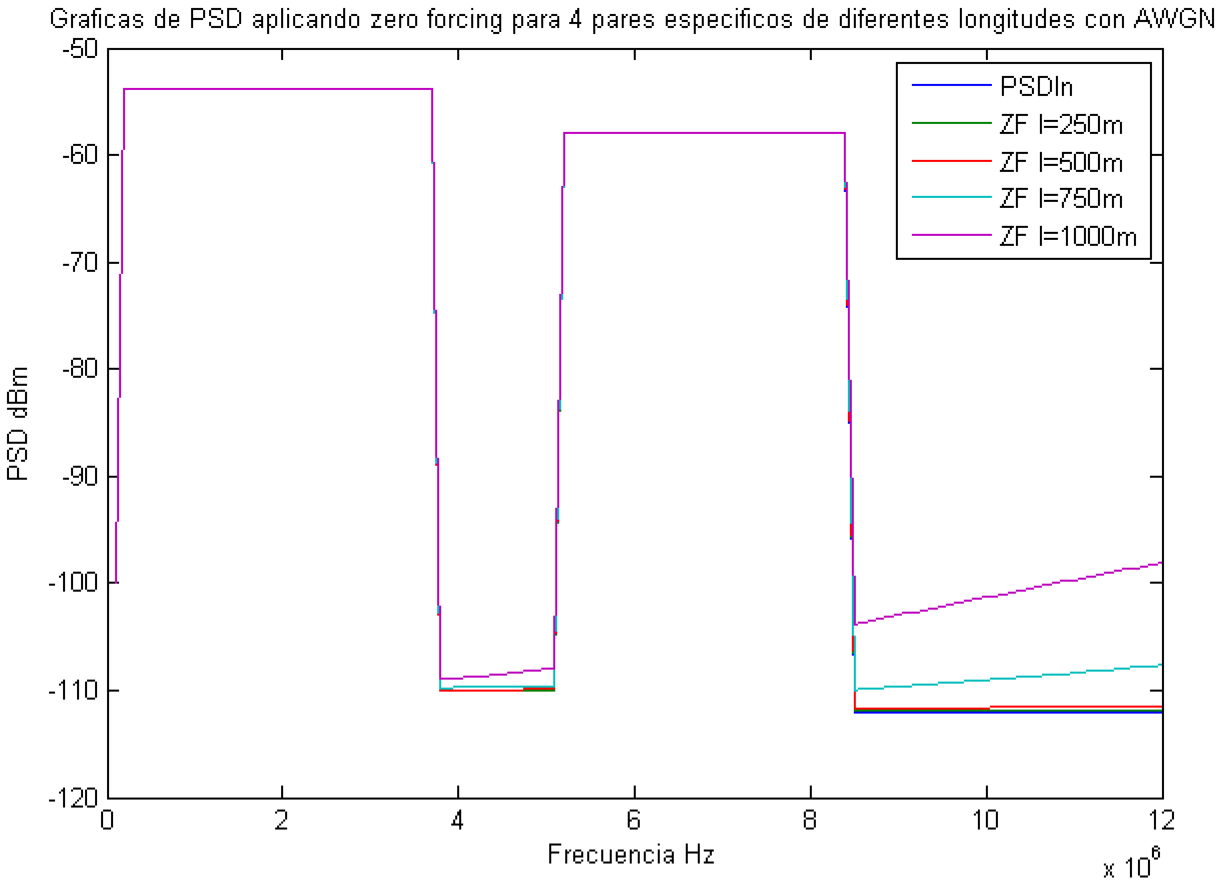


Graficas de PSD con solo Atenuacion para 4 pares especificos de diferentes longitudes
PSDIn
PSD Atenuado l=250m
PSD Atenuado l=500m
PSD Atenuado l=750m
PSD Atenuado l=1000m
PSD dBm
-40
-60
-80
-100
-120
-140
-160
0
2
4
6
8
10
12
Frecuencia Hz
x 10^6

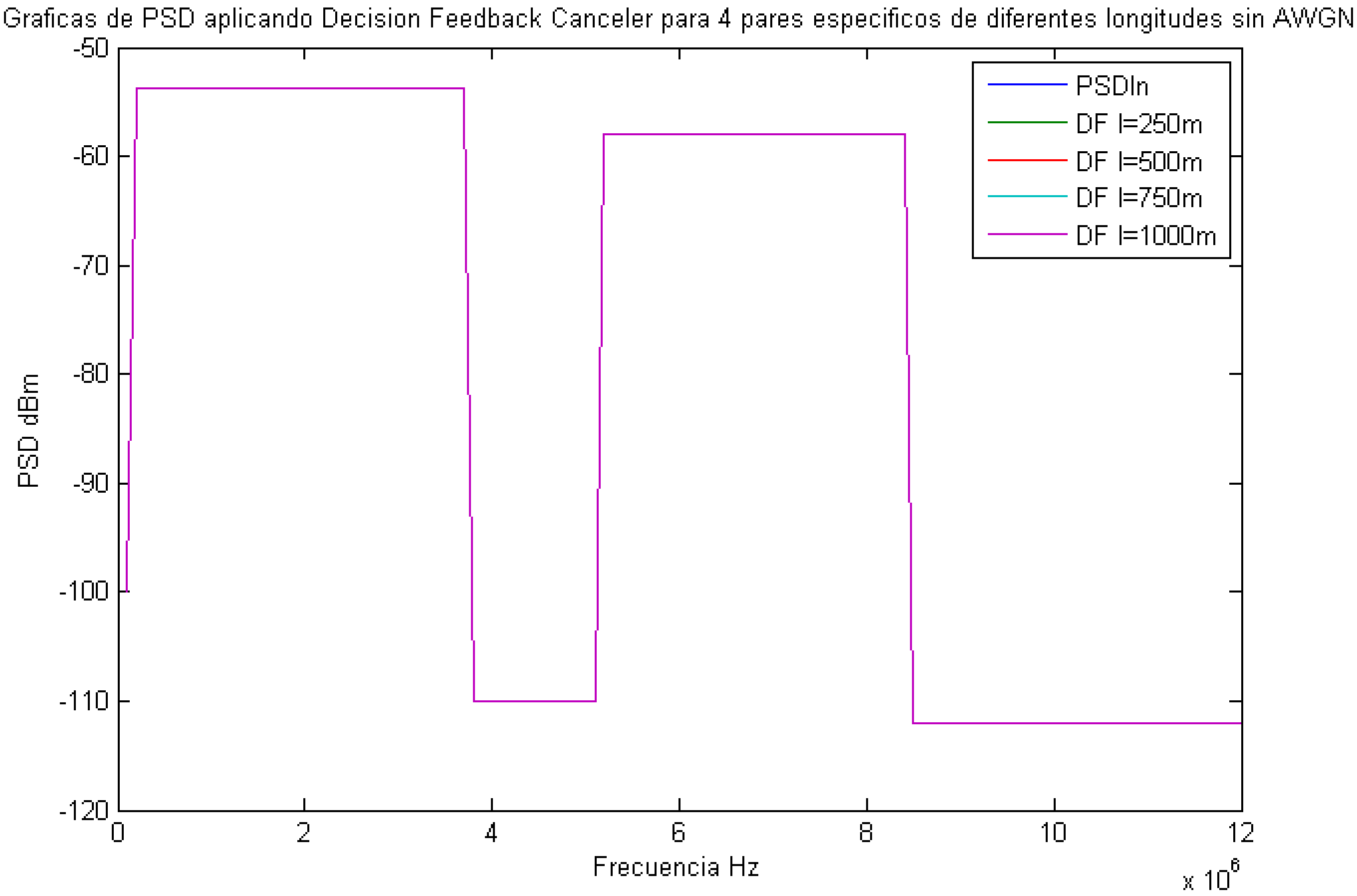
Cancelador Zero Forcing (sin AWGN)



Cancelador Zero Forcing (con AWGN)



Decision Feedback Canceller(sin AWGN)



Decision Feedback Canceller (con AWGN)