

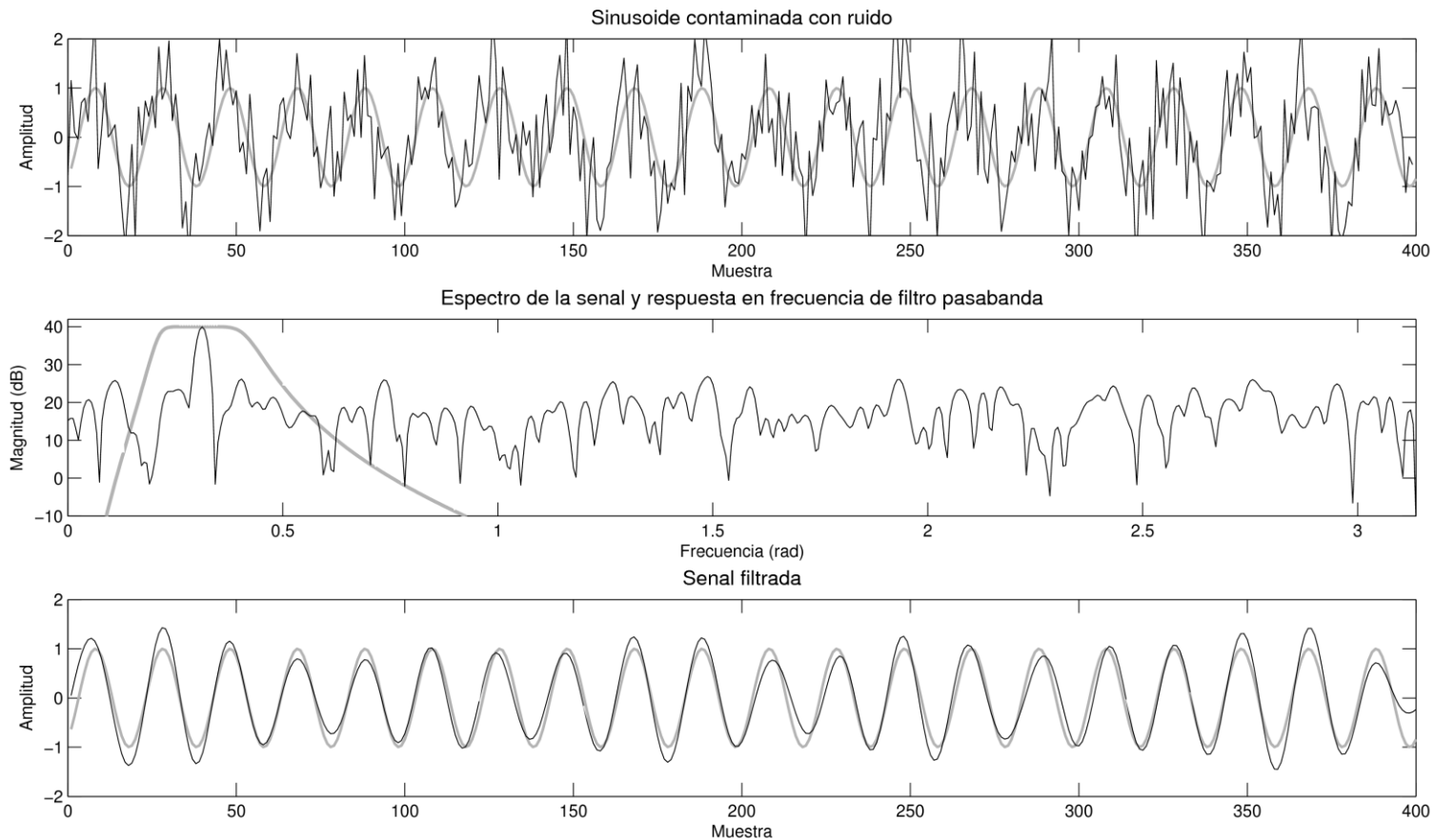
Filtros Digitales

Un filtro digital, es un filtro que opera sobre señales digitales. Es una operación matemática que toma una secuencia de números (la señal de entrada) y la modifica produciendo otra secuencia de números (la señal de salida) con el objetivo de resaltar o atenuar ciertas características.

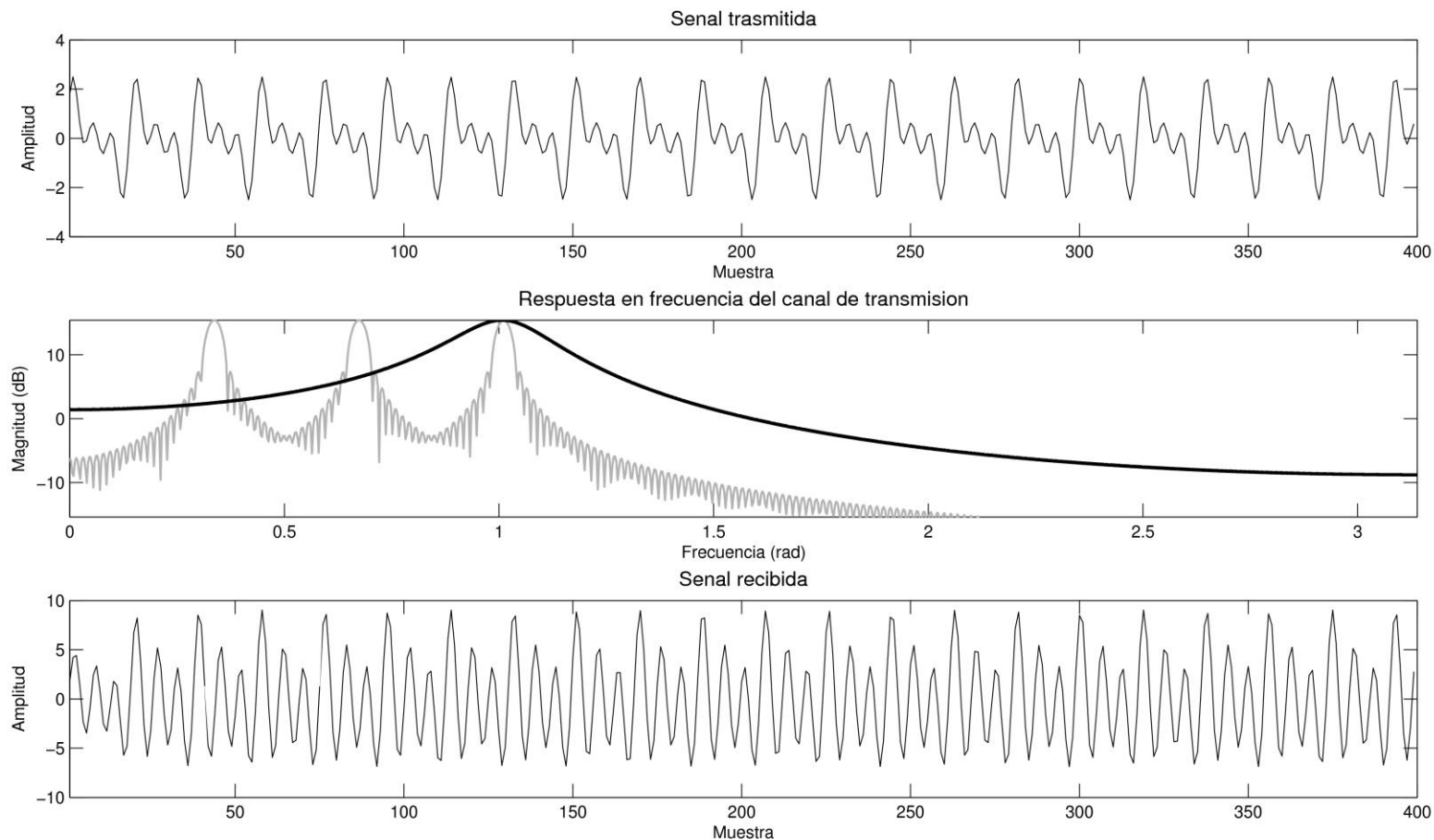
Aplicaciones

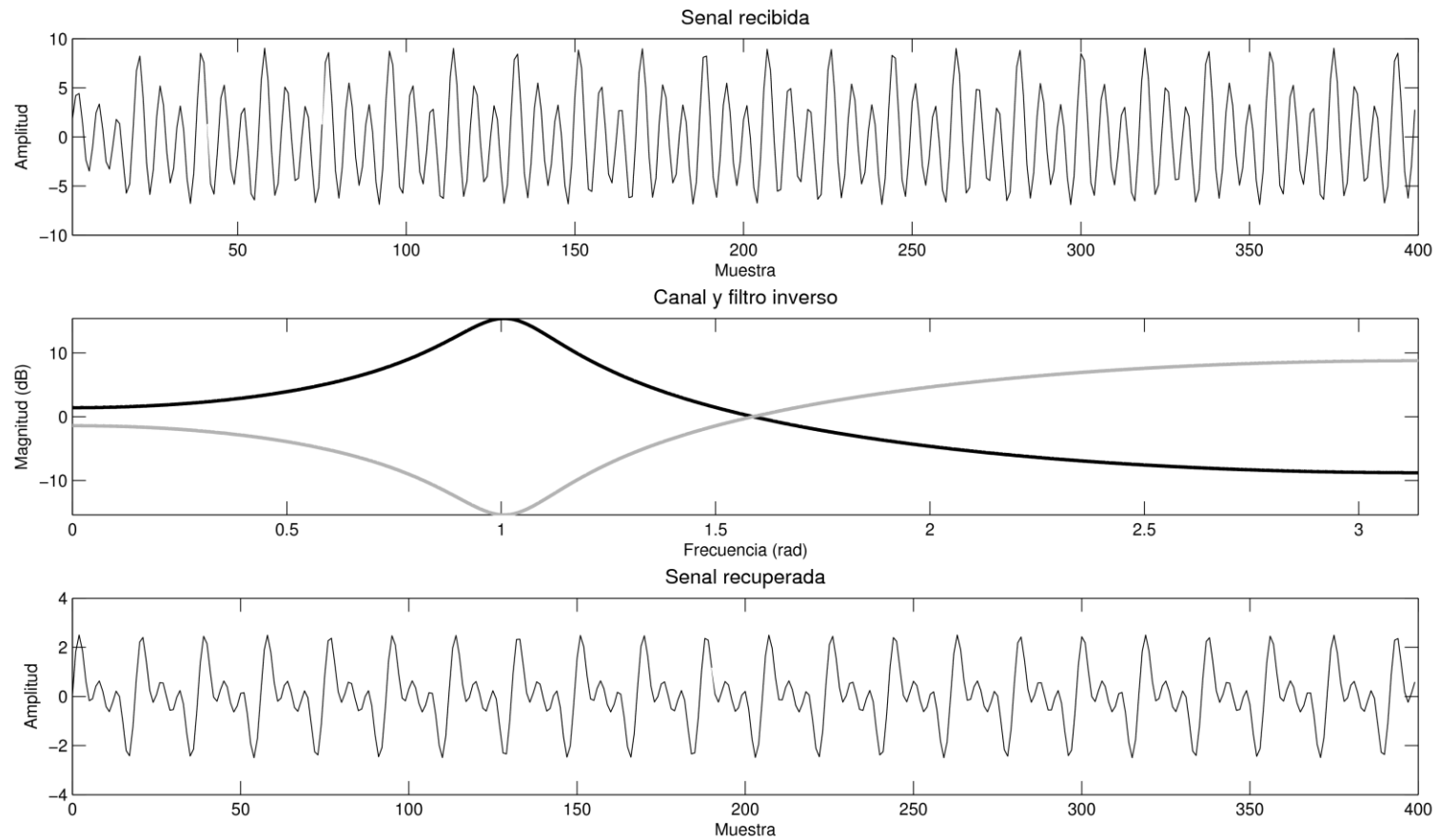
- Separación de señales que fueron combinadas desafortunadamente (ruido, interferencias provenientes de otros sistemas)
- Recuperación de señales distorsionadas de alguna forma (por ejemplo, al ser transmitidas)

Separación de señales que fueron combinadas desafortunadamente (ruido, interferencias provenientes de otros sistema)



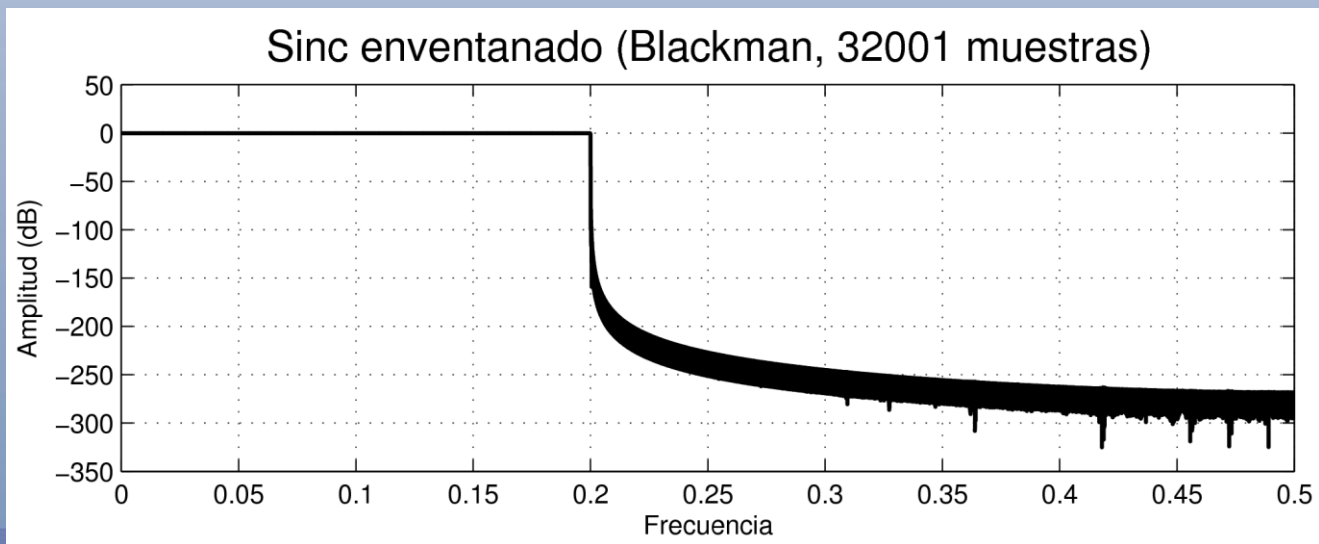
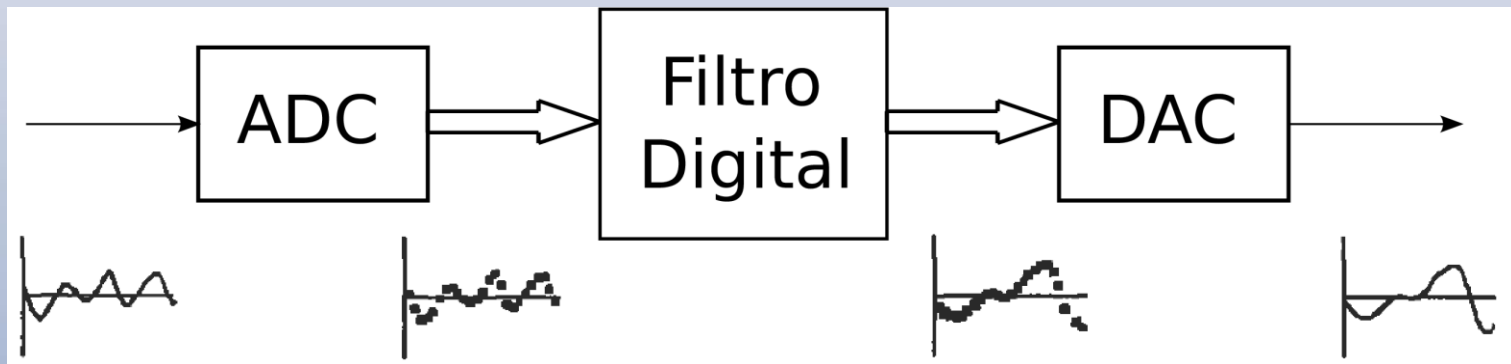
Recuperación de señales distorsionadas de alguna forma (por ejemplo, al ser transmitidas)





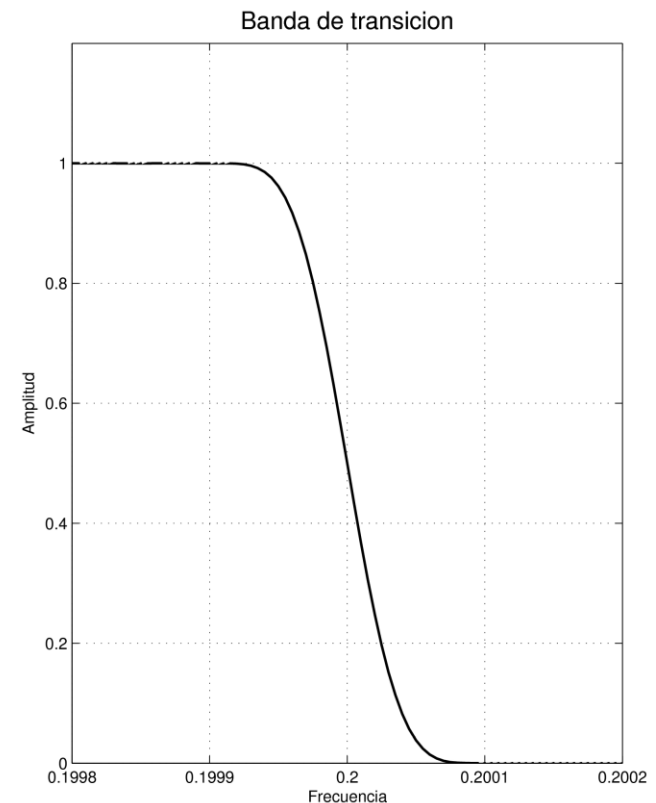
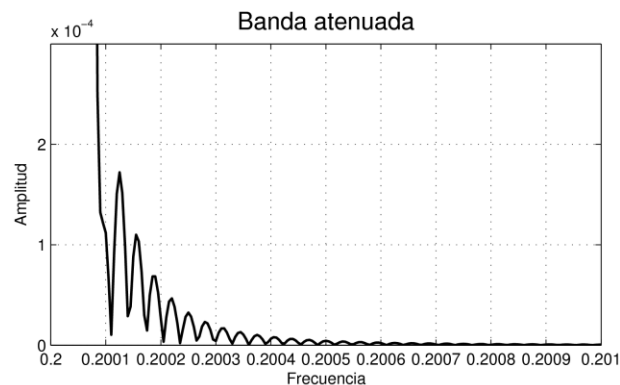
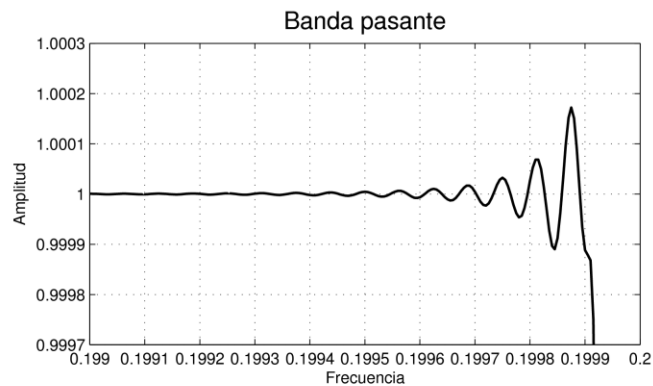
Filtros digitales vs. Filtros analógicos

El desempeño de los filtros digitales es ampliamente superior a los filtros analógicos. En muchas ocasiones, la motivación para muestrear una señal es emplear un filtro digital.



Ejemplo: sinc enventanado de 32001 muestras

- .Ganancia en banda pasante: 1 ± 0.0002 (Variación del 0.02 %)
- .Banda de transición: 0.1999 a 0.2001 (Ancho de 0.0002, 4 Hz a $f_s=44100$)
- .Atenuación en banda atenuada: 0.0002 (Residuo del 0.02 %)

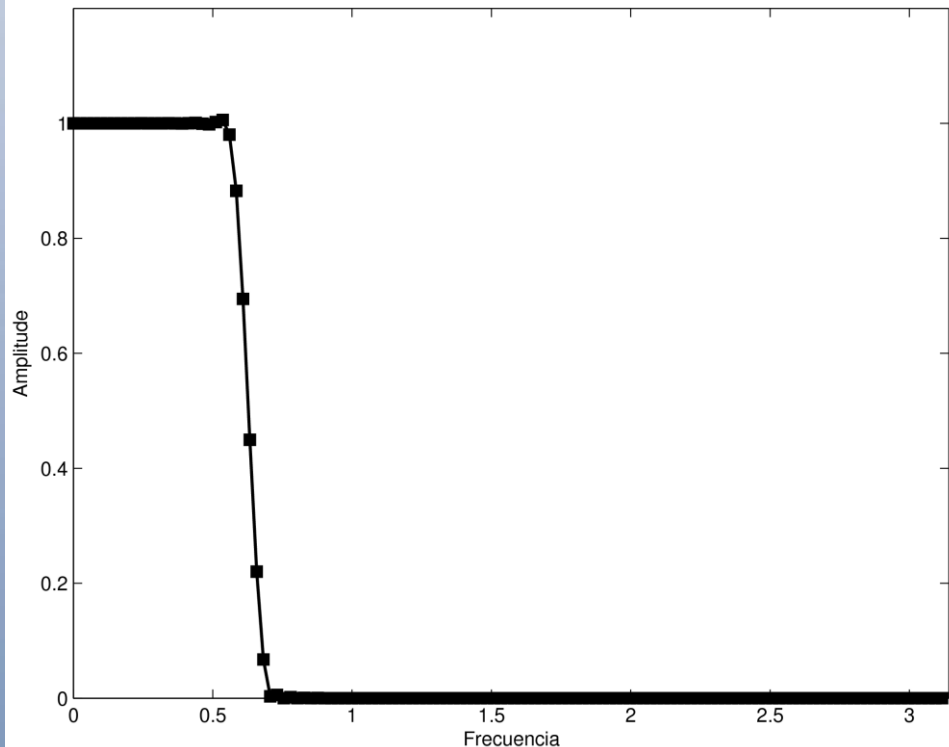


Caracterización de un filtro

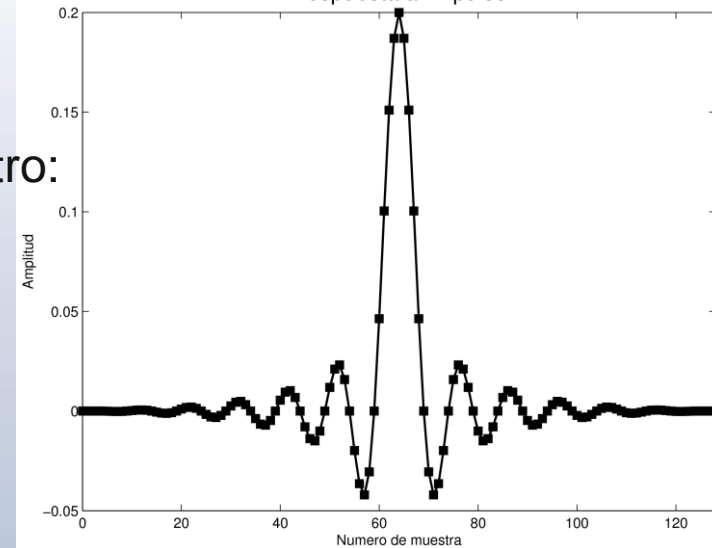
Hay tres formas equivalentes de caracterizar un filtro:

- Respuesta al impulso
- Respuesta en frecuencia
- Respuesta al escalón

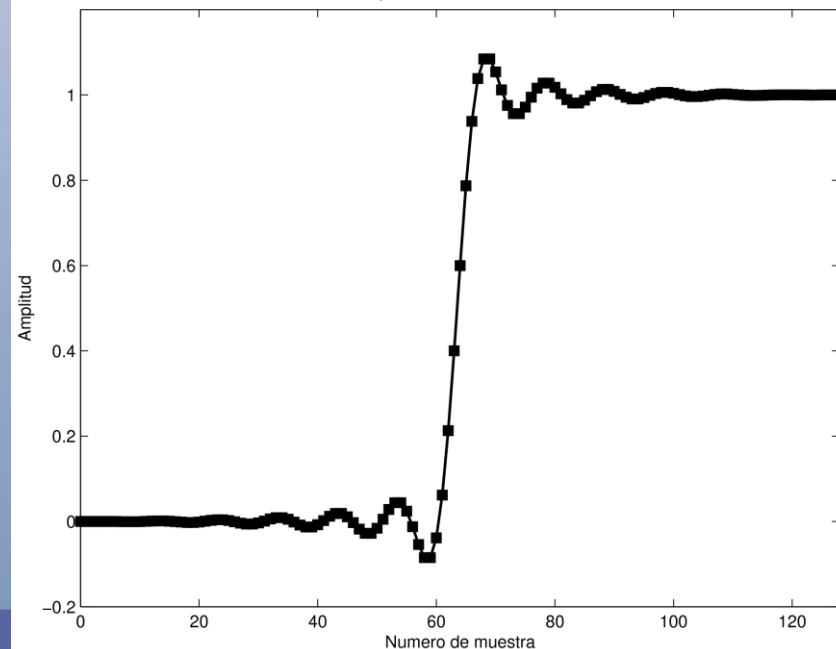
Respuesta en frecuencia



Respuesta al impulso



Respuesta al escalón



Implementación de un filtro

Convolución:

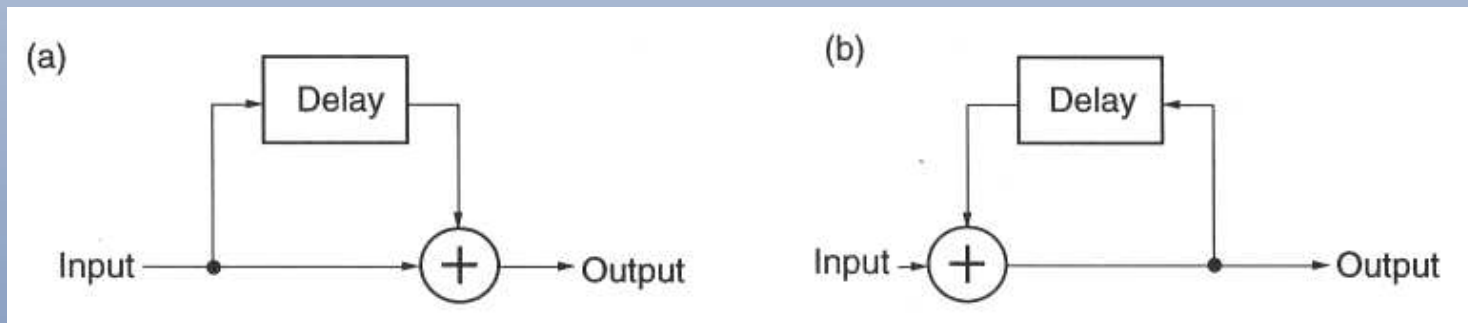
Convolución de la señal de entrada con la **respuesta al impulso** del filtro. En este caso, la salida del filtro en cada instante es un promedio ponderado de la muestra actual y muestras pasadas de la entrada.

Respuesta al impulso finita (FIR)

Ecuación en recurrencia:

Mediante la **ecuación en recurrencia**. En este caso, el filtro se define por los **coeficientes de recursión**. La salida en cada instante involucra además de muestras de la entrada, muestras previas de la salida.

Respuesta al impulso infinita (IIR)



Filtros FIR

la salida se puede definir como una combinación lineal de muestras de la entrada presentes y pasadas.

$$y[n] = a_0 \cdot x[n] + a_1 \cdot x[n - 1] + a_2 \cdot x[n - 2] + \dots + a_N \cdot x[n - N]$$

Los factores a_i son los coeficientes del filtro. Modificando estos coeficientes podremos variar de forma drástica las características del filtro.

Filtros IIR

La señal de salida del filtro se reinyecta a la entrada del mismo, constituyendo un circuito recursivo o con feedback.

Este método permite implementar filtros con respuesta más compleja y con menos datos. Como inyectamos constantemente energía en el circuito, la respuesta impulsional tiene una duración potencial infinita, y de ahí le viene el nombre.

La ecuación típica de un filtro IIR se expresa de la siguiente manera:

$$y[n] = a_0 \cdot x[n] + a_1 \cdot x[n - 1] + a_2 \cdot x[n - 2] + \dots + a_N \cdot x[n - N] + \\ -b_1 \cdot y[n - 1] - b_2 \cdot y[n - 2] - b_3 \cdot y[n - 3] - \dots - b_M \cdot y[n - M]$$

(5)

Esta ecuación expresa que la salida es función de N+1 muestras de la entrada (actual y N anteriores), así como de M muestras anteriores de salida.

FIR vs IIR

Los filtros FIR ofrecen en general una respuesta de fase más lineal y no entran jamás en oscilación (es decir, no se vuelven inestables), ya que no poseen realimentación. Por otro lado, requieren un gran número de términos en sus ecuaciones y eso les hace más costosos en cuanto a cálculo o carga computacional.

Un filtro FIR con un corte muy abrupto (es decir, que tenga una banda de transición muy corta) puede requerir hasta centenas de retardos.

En cuanto a los filtros IIR, son muy eficaces y pueden proporcionar pendientes de corte muy pronunciadas. Por otro lado, al poseer características de realimentación

Información contenida en las señales

Información en el dominio del tiempo

La descripción del momento de ocurrencia de eventos y la magnitud del evento está codificada en el dominio del tiempo, es decir, en la forma de onda.

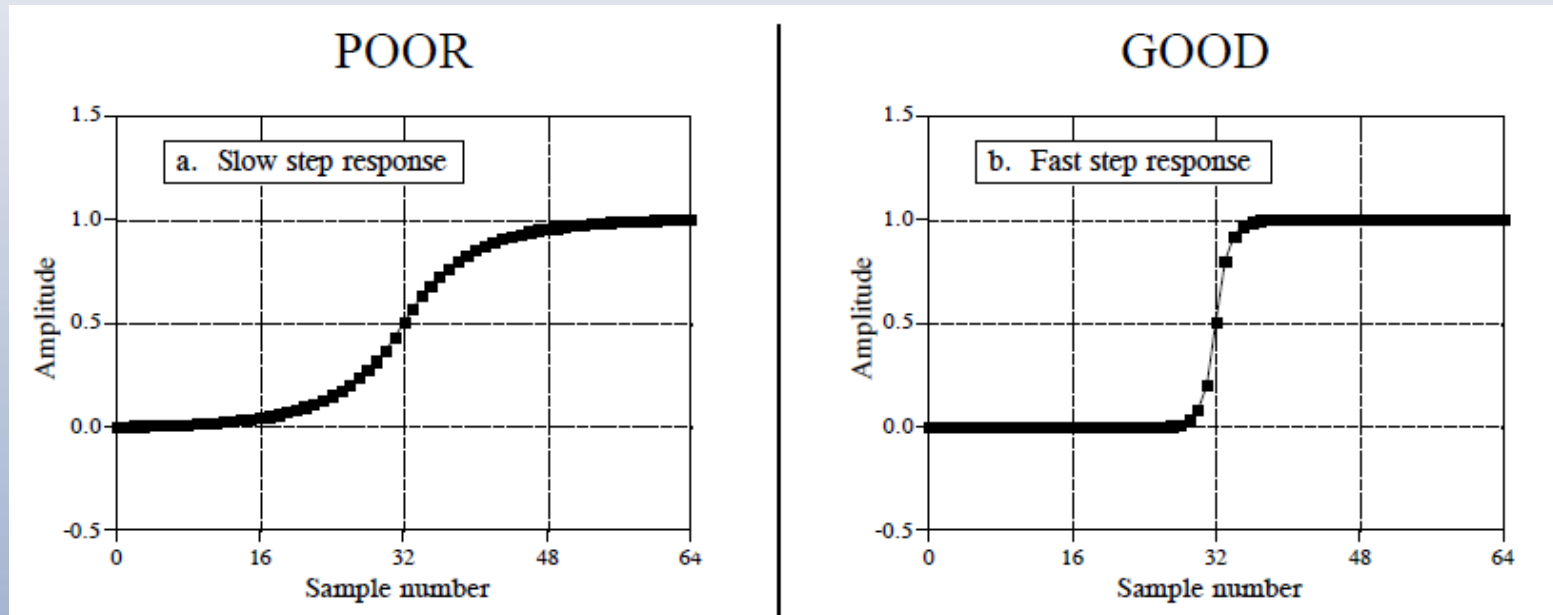
Las modificaciones en la información en el dominio del tiempo están mejor especificadas en la respuesta al escalón del filtro.

Información en el dominio de la frecuencia

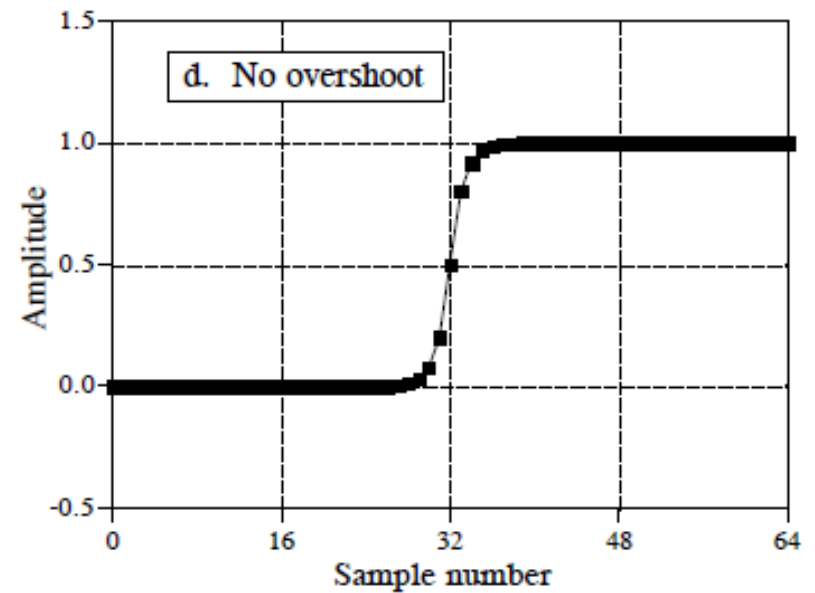
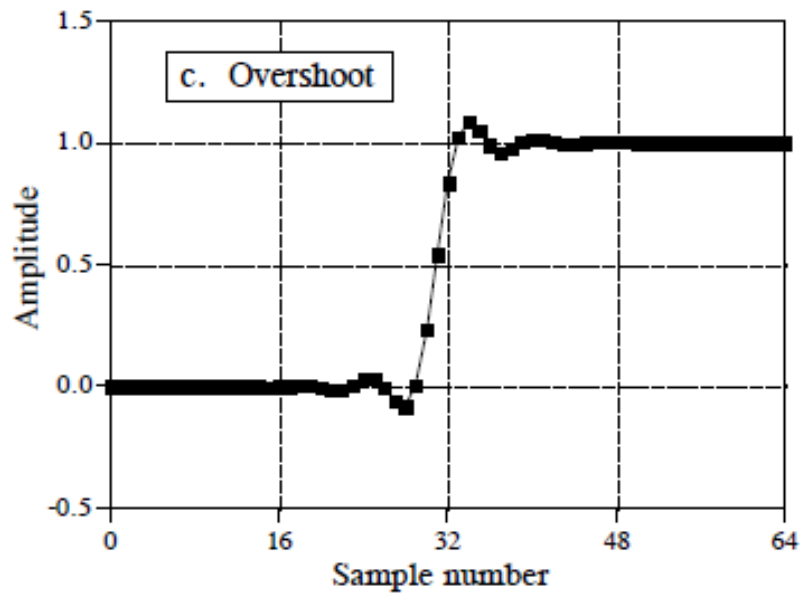
La descripción de las características de eventos de naturaleza oscilatoria está representada en el dominio de la frecuencia. La información en este caso, no está contenida en las muestras individuales, está contenida en la relación entre muestras.

Las modificaciones en la información en el dominio de la frecuencia están mejor especificadas en la respuesta en frecuencia del filtro.

Parámetros en el dominio del tiempo



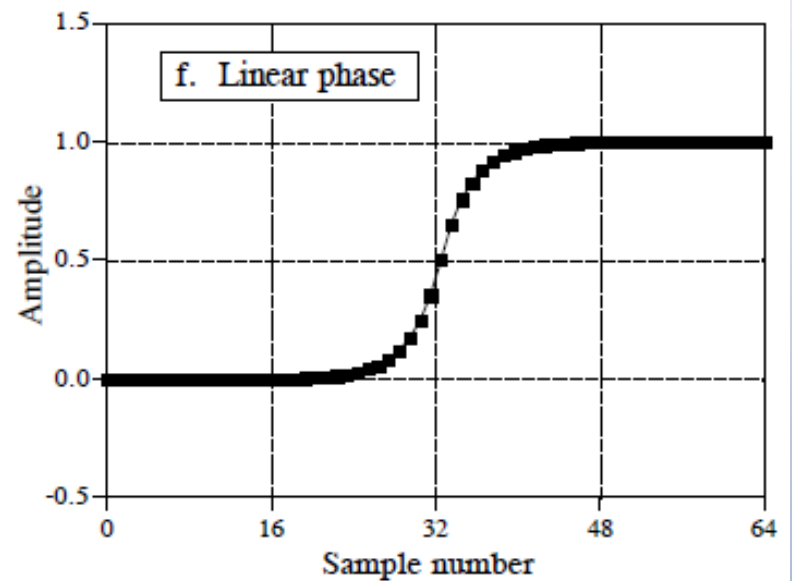
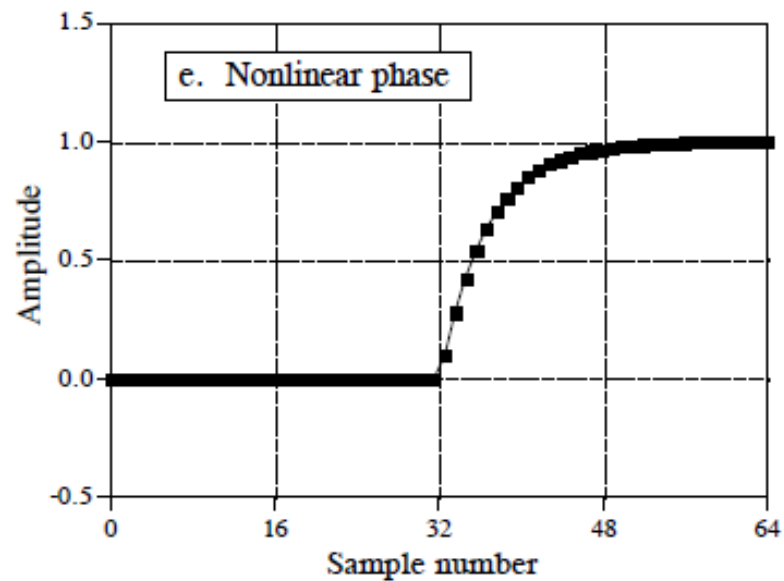
Tiempo de subida: Es la cantidad de muestras en pasar del 10 % al 90% de amplitud de la respuesta al escalón. El tiempo de subida debe ser rápido para identificar eventos cercanos en el tiempo.



Sobreimpulso:

Amplitud del pico que sobrepasa la amplitud del escalón.

Sobretiros grandes producen distorsión en la forma de onda.

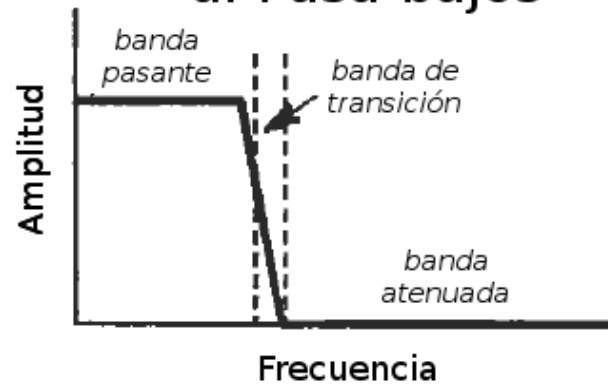


Linealidad de fase:

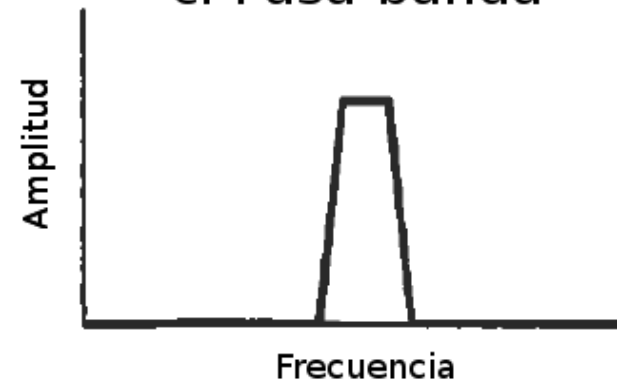
la simetría entre la mitad inferior y superior

Parámetros en el dominio de la frecuencia

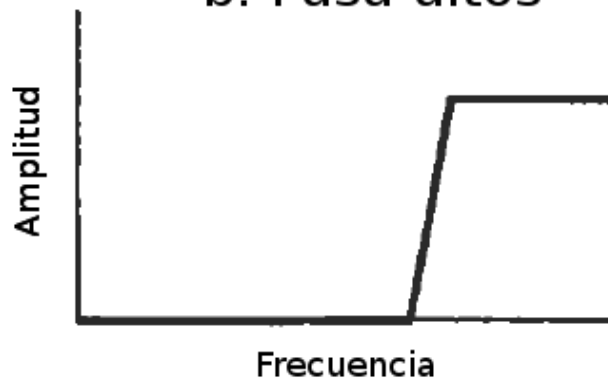
a. Pasa-bajos



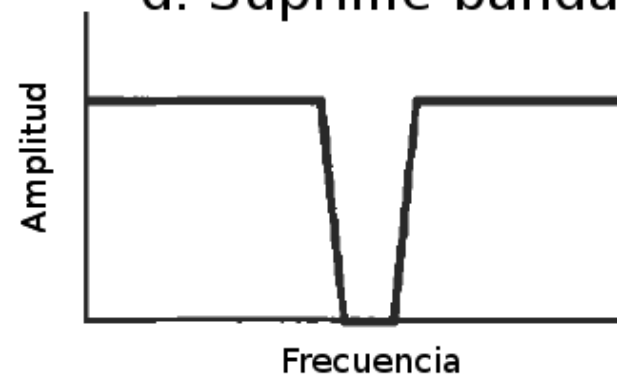
c. Pasa-banda

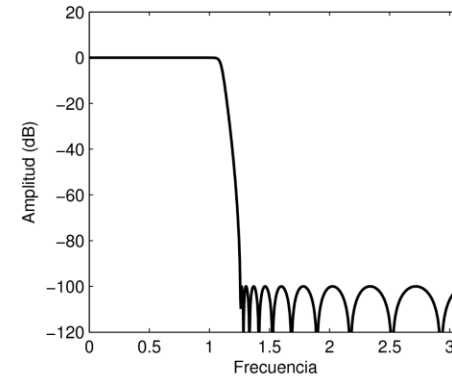
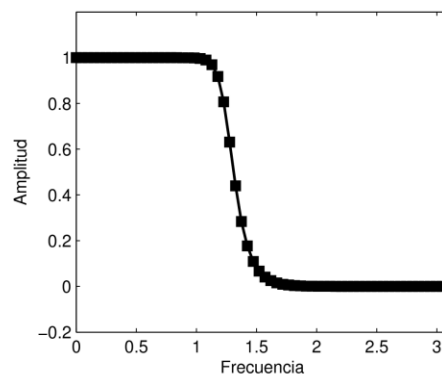
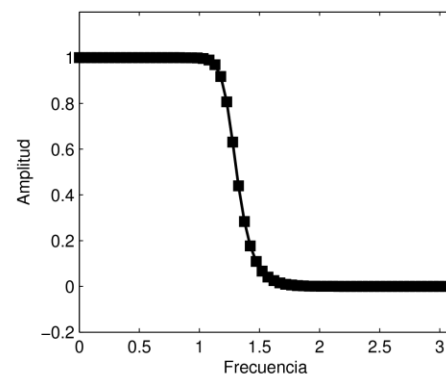
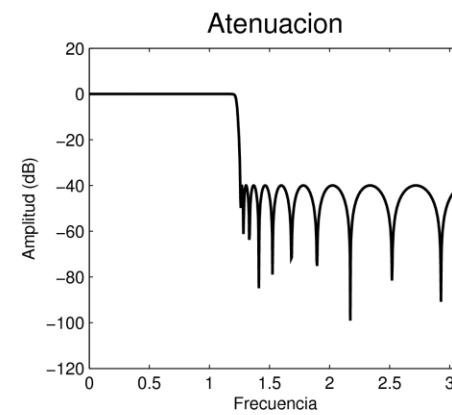
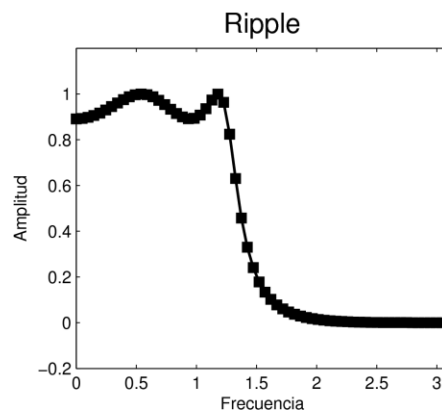
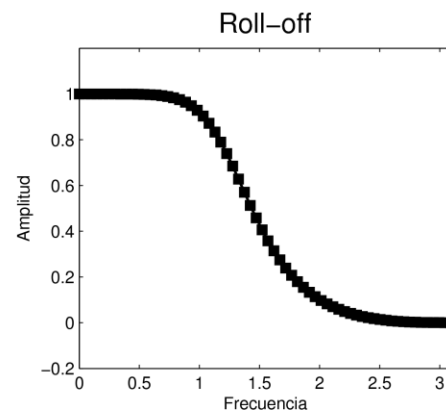


b. Pasa-altos



d. Suprime-banda





Parámetros que miden la calidad del filtro como selector de frecuencias

• **Roll-off:** es el ancho de la banda de transición. Un filtro de roll-off rápido significa que la banda de transición es angosta. Para separar componentes de frecuencia cercanos, el roll-off debe ser rápido.

• **Ripple en la banda pasante:** oscilaciones en la banda pasante de la respuesta en magnitud. Para no alterar la magnitud de los componentes espectrales de la banda pasante, el filtro no debe tener ripple.

• **Atenuación en la banda atenuada:** Es deseable buena atenuación en la banda atenuada para eliminar los componentes espectrales en esa región.

Clasificación de filtros

USADO PARA	IMPLEMENTADO MEDIANTE	
	Convolución	Recursión
	<i>Respuesta al impulso finita (FIR)</i>	<i>Respuesta al impulso infinita (IIR)</i>
Dominio del tiempo <i>suavizado</i>	Media móvil	Un polo
Dominio de la frecuencia <i>separación de frecuencias</i>	Sinc enventanado	Chebyshev
Personalizado <i>deconvolución</i>	FIR personalizado	Diseño iterativo