

Laboratorio de Procesado Digital de Señal - 3º GITT

Informe Práctica 7: filtrado adaptativo

Alumno 1:	Jaime Arana Cardelús
Alumno 2:	Guillermo Fernández Pérez
ID Grupo:	3ºA LE2_G6
Calificación:	
Comentarios:	

Implementación del algoritmo LMS

En este apartado el alumno construirá el sistema adaptativo descrito en el bloque anterior y que cancele el ruido de fondo de la grabación. Para ello, va a implementar el algoritmo LMS visto en clase, como método para minimizar la potencia media de la señal error $e[n]$ del sistema. Puede consultar una introducción de este algoritmo al final de esta práctica y la documentación subida a Moodle.

Realice los siguientes apartados:

- Implemente el algoritmo LMS para el sistema adaptativo propuesto, con los parámetros del filtro M y μ facilitados por el profesor.
- Incluya el código del algoritmo en este apartado del informe de la práctica, comentando las líneas más significativas.

```
%% Algoritmo LMS
% M+1 coeficientes del filtro en cada instante n
wn = zeros(1, M+1);

% memoria del filtro
mem_filtro = zeros(1, length(wn));

% error del sistema adaptativo
en = zeros(1, length(xn));

% coeficientes en cada iteración
coeficientes_iteracion = zeros(length(xn), length(wn));

% ruido estimado / ruido filtrado
yn = zeros(1, length(xn));

for i=1:length(xn)
    % cargamos memoria filtro en xn
    mem_filtro = [xn(i), mem_filtro(1:end-1)];

    % filtrado mediante la convolución completa
    yn(i) = sum(wn.*mem_filtro);

    % cálculo del error
    en(i) = dn(i) - yn(i);

    % cálculo nuevo set de coeficientes
    wn = wn + mem_filtro.*(2*en(i) * mu);

    coeficientes_iteracion(i, 1:end) = wn;
end
```

- Justifique si el valor de μ facilitado es coherente para el algoritmo LMS.

Como se ha visto en las clases de teoría, el valor de μ óptimo debe ser menor que el uno partido del máximo valor del autovalor, de la matriz de correlación.

$$\mu < (1 / \text{autovalor máximo})$$

Los autovectores de la matriz de correlación R_x indican los sentidos de variación y los autovalores el valor cuantitativo de dicha variación. Esto quiere decir que indican cómo de rápido crece o decrece. Por lo tanto, al tratarse de un problema de optimización, el autovalor con el máximo valor indicará el paso de optimización óptimo.

```
>> mu_max  
  
mu_max =  
  
      8.5637  
  
>> mu  
  
mu =  
  
      0.0140
```

En la imagen superior se puede ver que el valor proporcionado es correcto y coherente para ser usado en el algoritmo LMS, ya que cumple:

$$\mu < \mu_{\max}, \text{ con } \mu_{\max} = 1 / \text{autovalor máximo}$$

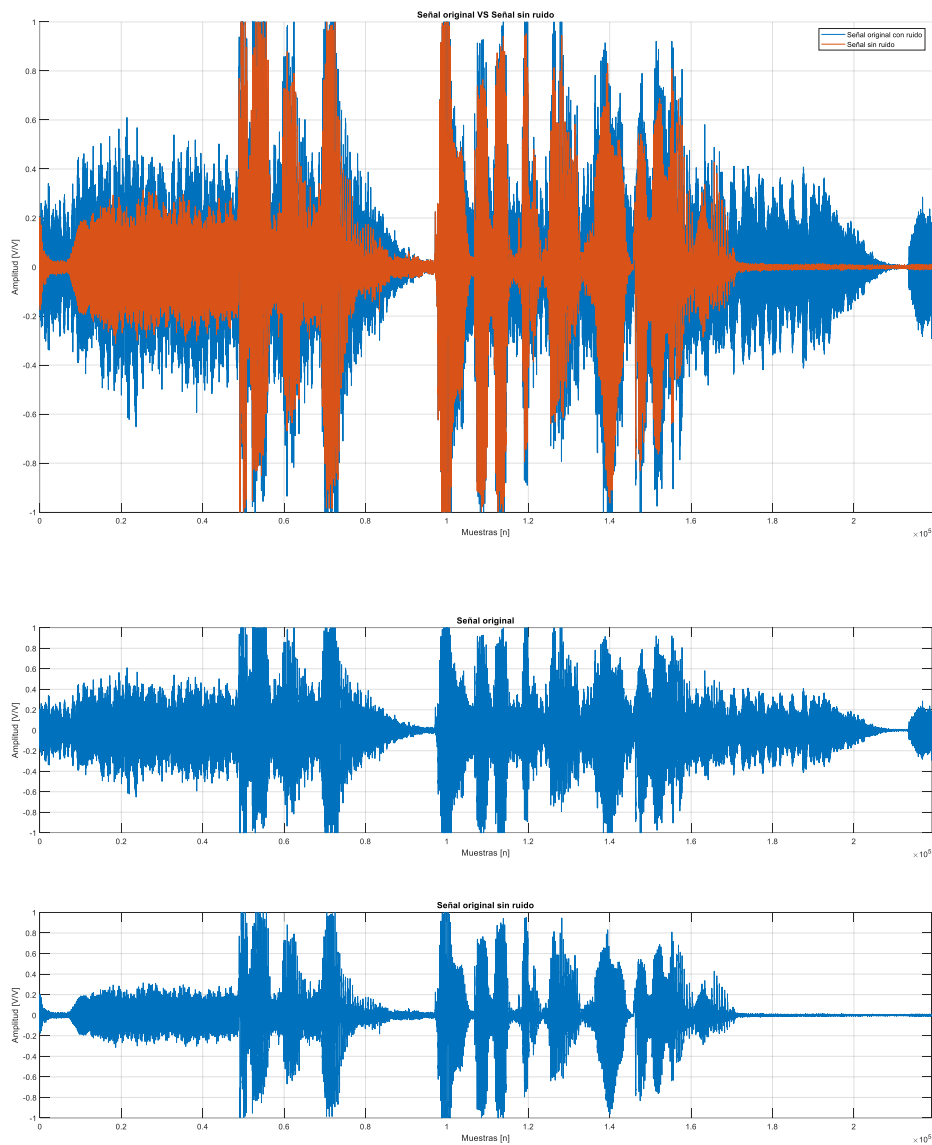
Análisis de resultados

En esta última parte de la práctica se van a analizar los resultados de aplicar el algoritmo LMS a las señales facilitadas por el profesor.

Realice los siguientes apartados, a partir de los resultados de los bloques anteriores:

- Analice, en el dominio del tiempo, las señales $d(t)$ y $e(t)$, correspondientes a la señal de audio original con ruido y a la señal de audio con el ruido filtrado, respectivamente. Exponga y justifique gráficamente las conclusiones extraídas de dicho análisis.

La señal $d(t)$ es la señal original con ruido y la señal $e(t)$ es la señal con el audio y el ruido filtrado. Por lo tanto, lo que se espera es que la amplitud haya disminuido y que la señal quede más limpia.

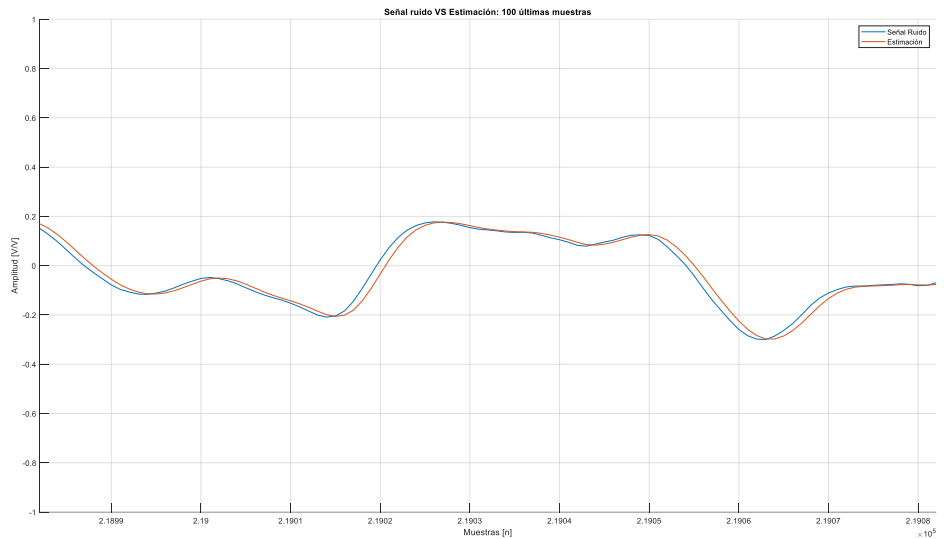
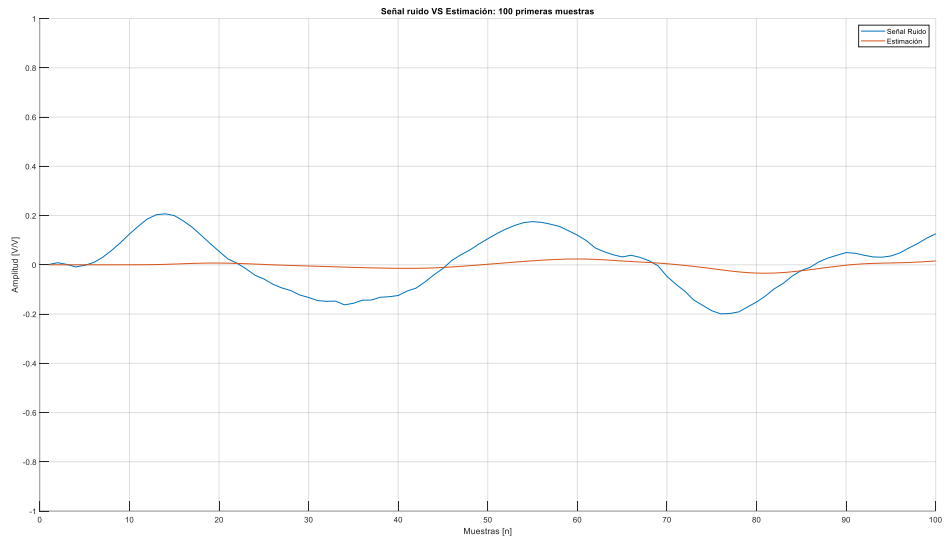


Observando las gráficas superiores corroboramos que la señal filtrada en efecto tiene menor amplitud que la señal original, pero sin perder la forma. Esto se debe a que se ha eliminado la aportación del ruido a la amplitud.

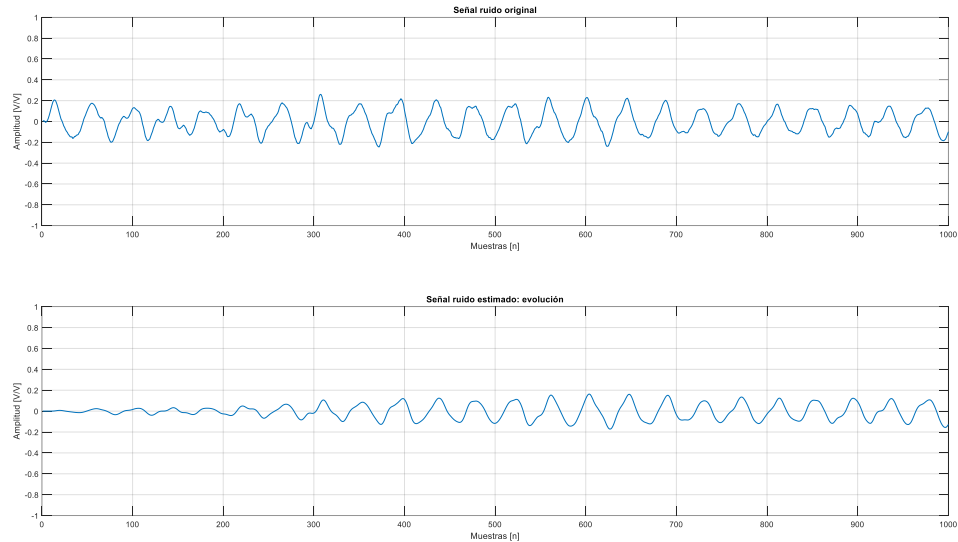
- b) Analice, en el dominio del tiempo, las señales $x(t)$ e $y(t)$, correspondientes al ruido y a su estimación, respectivamente. Exponga y justifique gráficamente las conclusiones.

La señal $x(t)$ contiene el ruido correlado al ruido de la señal original e $y(t)$ contiene la estimación de dicho ruido.

Esperamos obtener una muy buena estimación del filtro, aunque seguramente en las primeras muestras la estimación no sea exacta.



Efectivamente los resultados son congruentes y los esperados. En la primera gráfica se puede ver como las primeras muestras en efecto difiere mucho el ruido real y la estimación que se ha calculado. Esto se debe a que en el filtro todavía no ha entrado el número de muestras apropiado para que pueda hacer una estimación correcta. Sin embargo, en la segunda gráfica se puede ver como en las últimas muestras la estimación sí que es prácticamente igual.



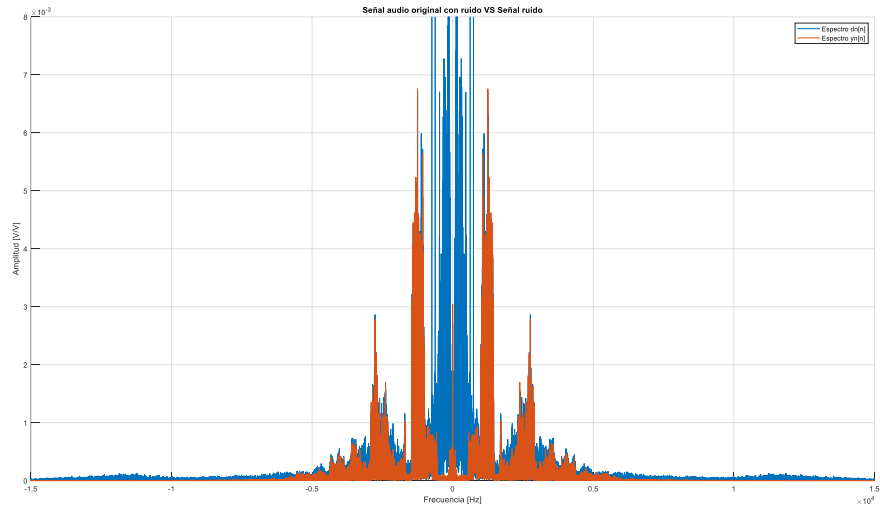
En la gráfica superior se ha representado la evolución de la estimación con respecto a la cantidad de muestras. Se puede observar que a partir de las 600 muestras la estimación es bastante exacta.

- c) Analice, en el dominio de la frecuencia, las señales $d[n]$, $x[n]$, $y[n]$ y $e[n]$. Exponga y justifique gráficamente las conclusiones extraídas de dicho análisis.

En la gráfica inferior se presenta una comparación entre el audio original con el ruido $d[n]$ y el ruido estimado $y[n]$. El resultado esperado sería que solo se solapasen los espectros en las frecuencias correspondientes al ruido. Como se puede ver en la gráfica, en efecto las frecuencias en las que coinciden ambas señales son las correspondientes al ruido y las frecuencias centrales son las que corresponden con el audio de la señal original.

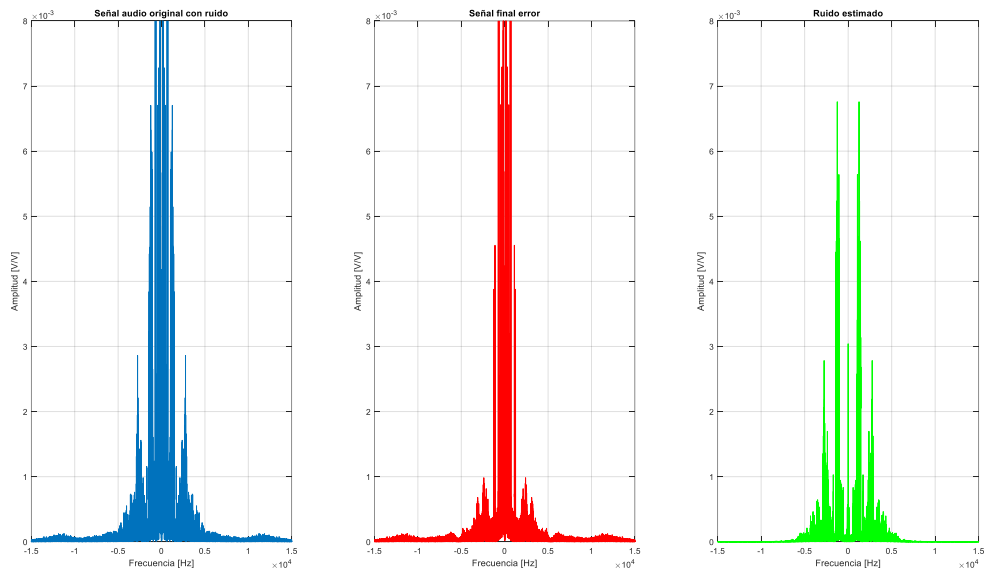
Una diferencia notable con otro tipo de filtros como son los LP o HP, es que el filtro adaptativo es capaz de eliminar el ruido en ciertas frecuencias sin atenuar o modificar la señal de audio. Otro tipo de filtros atenúan, aunque sea ligeramente, la señal a la vez que eliminan ciertas frecuencias.

En la gráfica inferior se han representado la señal de audio con el ruido, la señal de error y por último la señal de ruido estimado. Como se puede observar, si se suman las señales de ruido estimado y señal de error, se obtiene la señal original con el ruido.

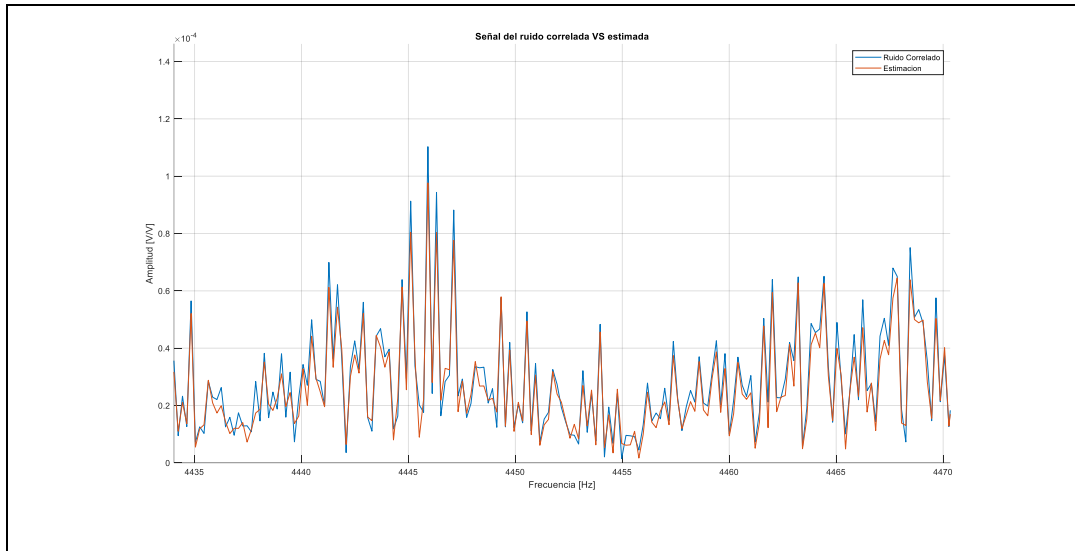


En la gráfica inferior se han representado la señal de audio con el ruido, la señal de error y por último la señal de ruido estimado.

Como se puede observar, si se suman las señales de ruido estimado y señal de error, se obtiene la señal original con el ruido.



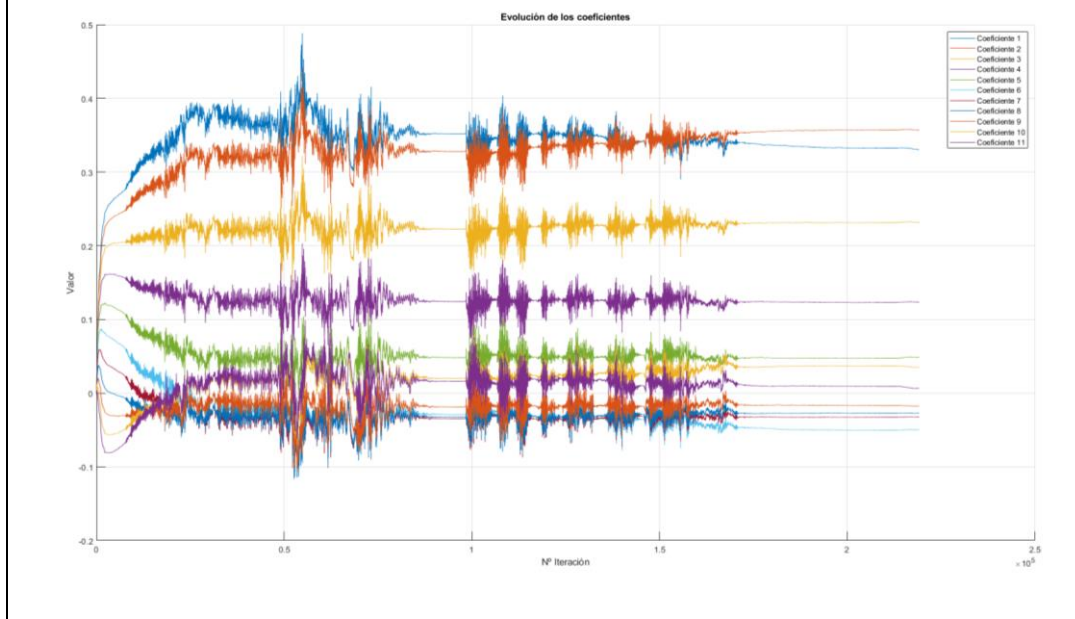
Por último, se representan superpuestas el ruido correlado $x[n]$ y el ruido estimado $y[n]$.



d) Represente el valor de todos los coeficientes del filtro en cada iteración del algoritmo.

Los coeficientes del filtro adaptativo van cambiando en cada instante de tiempo para ir minimizando el ruido en cada iteración. En la gráfica inferior se representa dichos cambios en cada instante de tiempo.

Como se puede apreciar en la gráfica, todos los coeficientes convergen hacia distintos valores. Dicho resultado es coherente y correcto ya que el proceso de optimización, que en este caso es minimizar el ruido, termina cuando el error máximo ha sido minimizado. A partir de las 17000 iteraciones aproximadamente los coeficientes convergen hacia el valor final. Como es de esperar la mayor cantidad de variaciones se encuentran en las primeras iteraciones.



e) Los coeficientes ¿convergen hacia algún valor? Indique cuáles.

