

Recurso didáctico

Separación ciega de señales y la electroencefalografía

Adecuación para secundaria 2017

Nivel: 3^{er} año de educación media

Responsables de la adaptación:

Elena Freire

Hortensia Martínez

SEPARACIÓN CIEGA DE SEÑALES Y LA ELECTROENCEFALOGRAFÍA

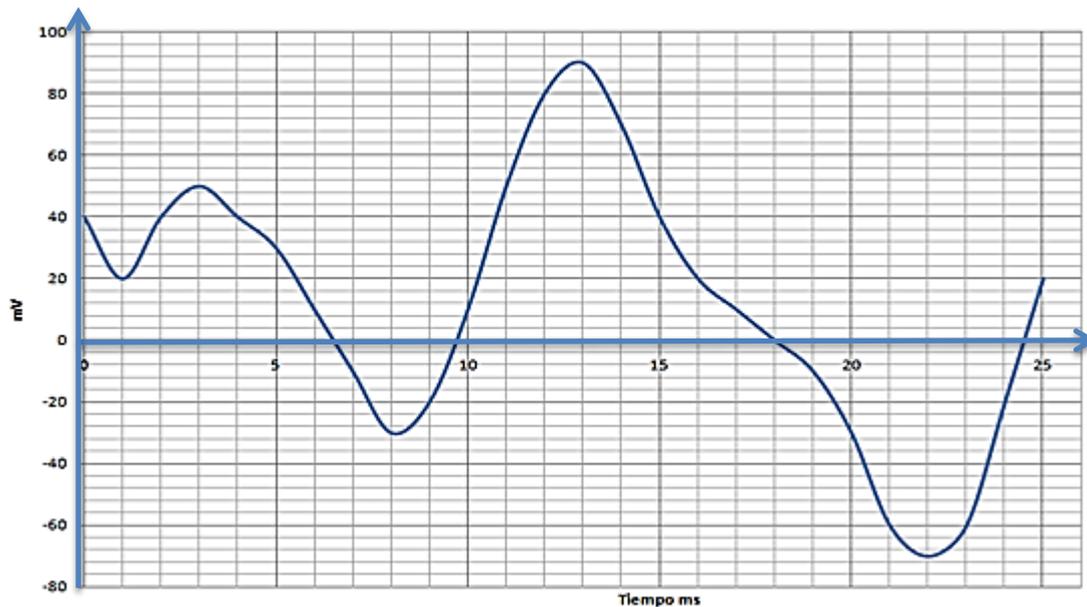
El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica de las neuronas del encéfalo. Si bien, los electrodos colocados sobre el cuero cabelludo registran la actividad cerebral, también registran otro tipo de actividad, como puede ser actividad electrofisiológica que no es de origen cerebral (i.e. actividad ocular, actividad muscular, actividad cardiaca), así como ruido aditivo. Tanto al ruido como la actividad no cerebral que se registra se les conoce como perturbaciones. Si se desea identificar la zona cerebral donde hay un desajuste que causa la epilepsia, sería necesario tener sólo información electrofisiológica del cerebro. Lo anterior implica eliminar, lo más posible, las perturbaciones que no sean de origen cerebral.



Figura 1. Tipos principales de ondas cerebrales. Tomado de: <http://www.ub.edu/pa1/node/130>

Tarea 1.

La gráfica muestra una señal continua emitida por el cerebro en un tiempo de 25 milisegundos.



a) Completa la tabla a partir de la gráfica anterior.

$t(ms)$	0	5	8	10	12	14	16	19	22	24
$V(mV)$	40			8				-10		-16

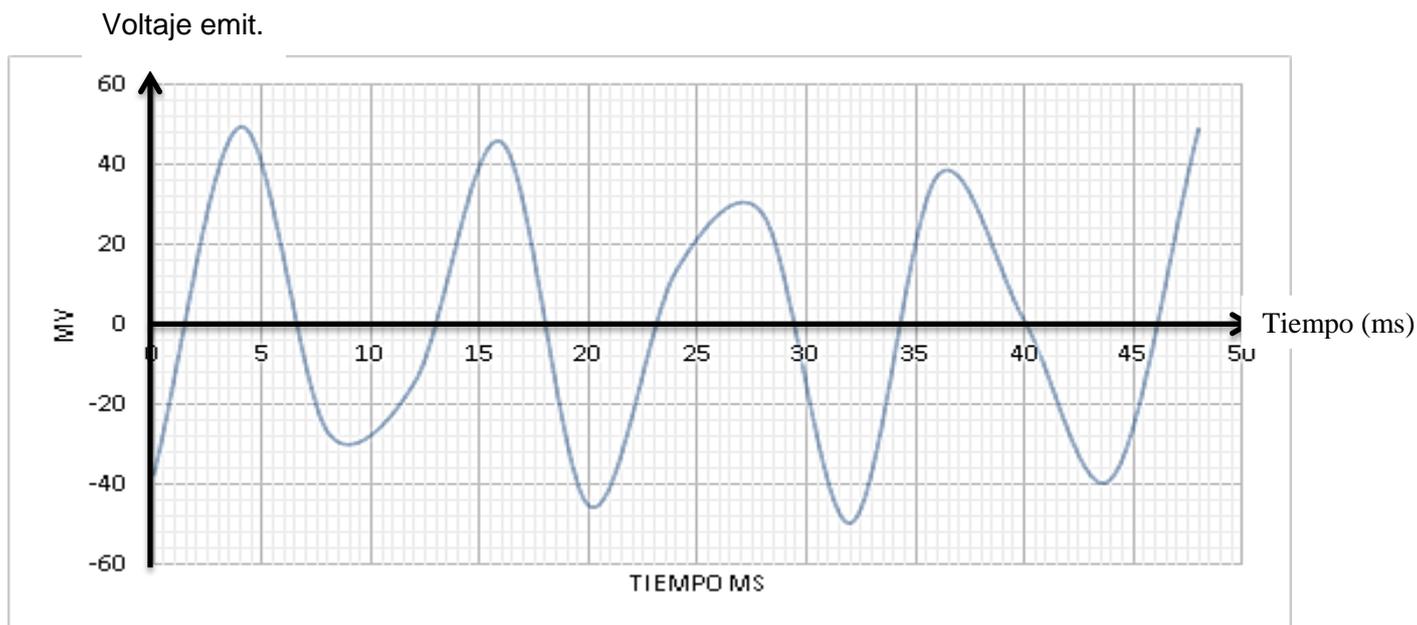
Tabla 1: Relación entre el tiempo (en milisegundos) y el voltaje emitido por la señal cerebral (en milivolts).

Se realizó un muestreo que consiste en tomar muestras periódicas de los valores de una señal continua a intervalos regulares de tiempo. En la gráfica anterior cada muestra se toma cada 1 milisegundos, es decir que en un segundo habrá 1000 muestras.

b) Completa la tabla y representa los valores de la actividad cerebral (en mV) sabiendo que la primer muestra se registró en tiempo 0 (ms) y el resto de la señales es emitida cada 4 (ms).

$t(ms)$	0	4	8					
mV	-37.8	49.5	-26.8	-14.4	45.6	-45.3	13.5	27.6
Coordenad.	(0; -37.8)	(4; 49.5)						

Tabla 2: Relación entre el tiempo y el voltaje emitido por la señal cerebral



c. Sabiendo que en 4 segundos se toman 1000 muestras. ¿Cuántas muestras se toman en 1 segundo?

d. ¿Cuál fue la frecuencia de muestreo en la actividad anterior?

Recuerda: frecuencia =(número de muestras) : tiempo (en segundos)

Tarea 2.

Un grupo de ingenieros planea desarrollar un nuevo equipo para registrar electroencefalogramas, las señales (fuentes) provenientes de distintas zonas del cerebro se combinan entre ellas haciendo que los sensores capten señales mezcladas. Las señales emitidas del cerebro se simbolizan con la letra *f* y las observadas las llamaremos *g*, en este caso los ingenieros están investigando los valores de las amplitudes de las señales medidas en mV (Milivoltios).

Estudios previos, hechos **con una sola fuente y un solo electrodo**, mostraron la relación existente entre el voltaje de la señal emitida (*f*), el voltaje recibido por el electrodo (*g*) y la distancia entre ellos.

<i>t</i>	<i>f</i> (mV) fuente	<i>d</i> (cm) (distancia entre <i>f</i> y <i>g</i>)	<i>g</i> Valor captado
0	40	3	120
1	-20	3	-60
2	35	3	105
3	50	3	150
4	-40	3	-120
5	30	3	90

Tabla 3: Datos de voltaje emitido, distancia recorrida y voltaje captado (una fuente y un electrodo)

a) Analiza los datos de la tabla y responde: ¿Qué relación hay entre el voltaje emitido por la fuente, la distancia y el voltaje captado por el electrodo? ¿Podrías representar esta relación mediante una ecuación matemática?

b) Teniendo en cuenta la relación obtenida anteriormente, completa la siguiente tabla.

<i>t</i>	<i>f</i> (mV)	<i>d</i> (cm)	<i>g</i> (v.electrodo)
0	10	4	40
1	-60	4	

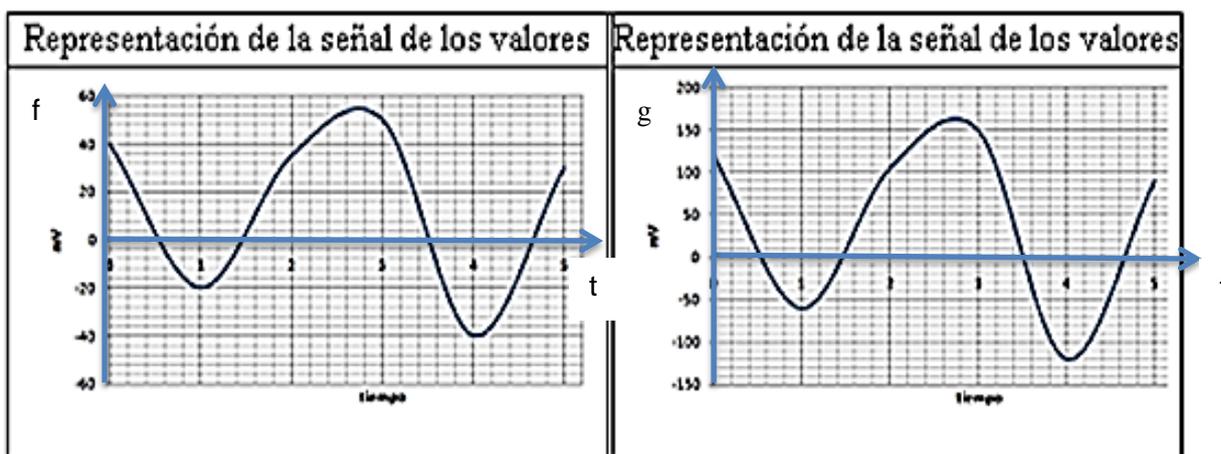
2	25	4	
3	-55	4	
4	-38	4	
5	70	4	

Tabla 4: Datos de voltaje emitido, distancia recorrida y voltaje captado (una fuente y un electrodo).

c) Analiza las siguientes dos gráficas figura en el eje horizontal el tiempo (ms), en el eje vertical el voltaje (en mV). Estudia semejanzas y diferencias entre ambos gráficos. Plantea un resumen con las conclusiones más relevantes.

Gráfica 1 Valor emitido por la fuente

Gráfica 2: valor emitido por el electrodo



Para facilitar el análisis de los gráficos, observa los valores de las tablas:

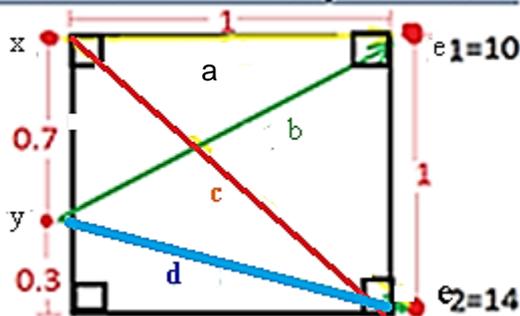
Gráfica 1		Gráfica 2	
t (ms)	f (mV) valor fuente	t (ms)	g (mv) Valor captado electrodo
0	40	0	120
1	-20	1	-60
2	35	2	105
3	50	3	150
4	-40	4	-120
5	30	5	90

Tarea 3

En una prueba se usan **dos electrodos que captan las señales de dos fuentes**, la distribución entre los electrodos y las fuentes (x, y) se indican en la figura 1. Las distancias entre las fuentes y los electrodos son a, b, c, d .

Los electrodos de la segunda prueba (e_1, e_2) captan en un instante de tiempo determinado los datos; según la figura 1. Encuentra las distancias a, b, c, d , y anótalas en la tabla 5 (redondear a centésimos).

Distribución de fuentes y electrodos



Recordatorio: para hallar la longitud del lado de un triángulo rectángulo podemos usar el teorema de Pitágoras. El cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos.

Figura 1. Representación de los datos obtenidos por los ingenieros

Respuesta: Distancias (cm)

$a = \dots\dots$	$b = \dots\dots$
$c = \dots\dots$	$d = 1.04$

Tabla 5: Datos numéricos de las distancias (fuentes-electrodos)

i) Con los datos del inciso anterior y teniendo en cuenta la siguiente estructura.

Escribe el sistema, sustituyendo los coeficientes

a, b, c y d obtenidos en la parte anterior.

$$\begin{cases} a x + b y = e_1 \\ c x + d y = e_2 \end{cases}$$

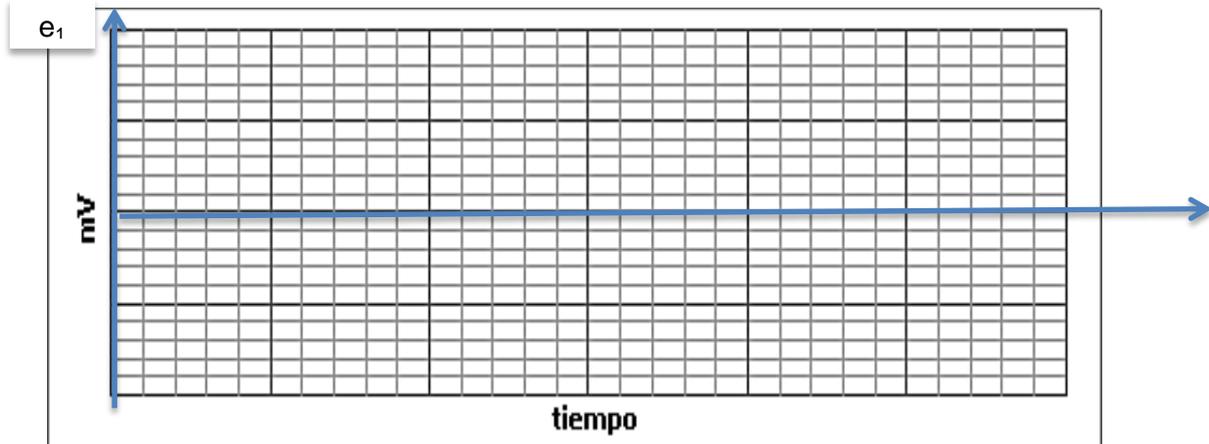
ii) En el sistema anterior los valores de los electrodos son $e_1 = 10, e_2 = 14$, con esta información y con las distancias obtenidas, averigua los valores de las fuentes.

iii) Se realizó un muestreo manteniendo la distribución geométrica de los electrodos y las fuentes, los valores captados por los sensores e_1, e_2 se registraron por separado en dos tablas. En la tabla 6 se registran los valores obtenidos por el electrodo e_1 .

t (ms)	0	1	2	3	4	5	6
e_1	7	22	55	-71	26	87	57

Tabla 6: Valores captados por los electrodos

Introduce los valores en la hoja de cálculo de Excel para realizar la gráfica de las señales captadas por el electrodo e_1 . Para ello deberás considerar los valores del tiempo en el eje de las abscisas y los resultados de e_1 para el eje de las ordenadas.



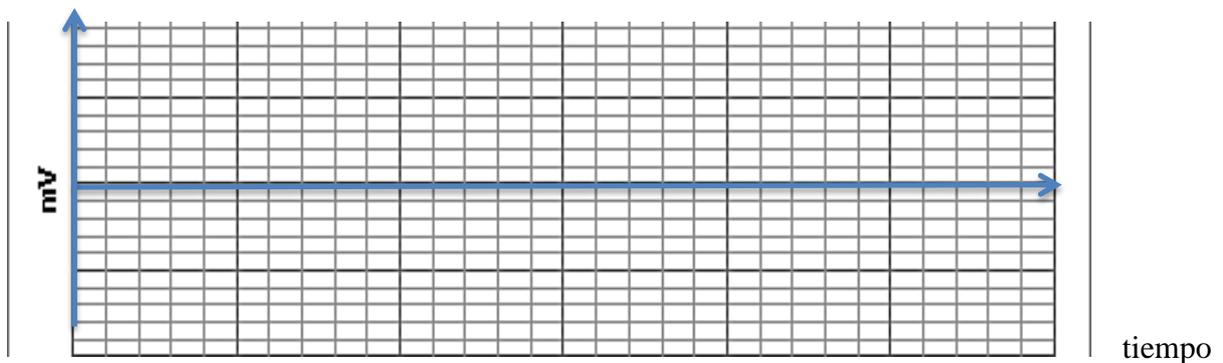
Archivo de Excel para la actividad:

<https://www.evernote.com/l/Abve0E50f45FFYXXWbQH48pT-Ue9SOKqw28>

Con el mismo procedimiento, realiza la gráfica de las señales captadas por el electrodo e_2

t (ms)	0	1	2	3	4	5	6
e_2	25	83	-56	-60	-30	-79	18

Voltaje e_2



iv) Resuelve nuevamente el sistema del inciso ii) para cada pareja de valores e_1 y e_2 . Considera que debes repetir lo realizado en el inciso d) pero con cada nueva pareja de la tabla siguiente. En total debes tener la solución de 7 sistemas.

t (ms)	0	1	2	3	4	5	6
e_1	7	22	55	-71	26	87	57
e_2	25	83	-56	-60	-30	-79	18

Plantea el sistema que hay que resolver conociendo el valor de los electrodos para poder averiguar el valor de las fuentes.

$$\begin{cases} a x + b y = e_1 \\ c x + d y = e_2 \end{cases}$$

Ejemplo Cuando el tiempo es $t=0$ ms el sistema que obtenemos es: $\begin{cases} 1 x + b y = 7 \\ c x + 1,04 y = 25 \end{cases}$

Recuerda "a", "b", "c", "d" son las distancias halladas en la tarea 3 (faltó sustituir b, c)

valor electrodos			valor fuente	
e_1	7		x	34.018
e_2	25		y	-22.128

g) Coloca tus resultados en la Tabla 7. (Se sugiere dividir la clase en equipos y que cada equipo resuelva máximo dos sistemas de ecuaciones)

TIEMPO t (ms)	0	1	2	3	4	5	6
fente 1: x							
fente 2: y							

Tabla 7

h) Resuelve nuevamente el sistema de la parte i, sustituye los valores de a,b,c,d, e_1 y e_2 para $t=1$ y obtén las soluciones.

Repite el razonamiento sustituyendo los valores de e_1 y e_2 obtenidos para el valor de $t=2$

Repite el razonamiento hasta el tiempo $t=6$ ms

Archivo Excel para la actividad:

<https://www.evernote.com/l/Abye0E50f45FFYXXWbQH48pT-Ue9SOKqw28>

i) Analiza las gráficas que se generan en Excel y comenta tus observaciones con el grupo.
¿Cómo se vinculan los voltajes de las gráficas obtenidas?

Nota: para señales de problemas o situaciones de la vida real, frecuentemente se usa una frecuencia de muestreo de 256Hz, con esto se garantiza que la muestra tomada es representativa y la señal puede ser reproducida sin pérdida significativa de información.