

A NÁLISIS DE SEÑALES BIOLÓGICAS

I. DESCRIPCIÓN

Ing. Franco Simini
Abril 1981

BIBLIOTECA
CENTRO LATINOAMERICANO DE PERINATOLOGÍA
Y DESARROLLO HUMANO (CLAP)
MONTEVIDEO - URUGUAY
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos fisiológicos se desarrollan en el tiempo y por lo tanto se describen a través de las variaciones temporales de uno o varios parámetros físicos (el voltaje de un ECG, la temperatura, un flujo de aire, etc.). La investigación de estas variaciones es de gran ayuda para el estudio de los mecanismos fisiológicos subyacentes. Con tal fin se estudian las variaciones en el tiempo de los parámetros medibles; ya sean las provocadas por estímulos experimentales como también las generadas espontáneamente por el sistema considerado.

Los métodos de análisis desarrollados por la ingeniería de las comunicaciones para el procesamiento de las señales son aplicables a las variaciones temporales de todo tipo de magnitudes y en particular de los parámetros biológicos. Se denomina señal biológica a un parámetro físico de origen biológico variable en el tiempo y estudiado con métodos cuantitativos.

Mientras por un lado las señales de la ingeniería de comunicaciones son generadas para llevar una determinada información, por otro lado las señales biológicas son en realidad manifestaciones externas de procesos fisiológicos inaccesibles. Por esta razón las señales biológicas no tienen siempre un contenido informativo claramente deducible. La tarea de las técnicas de análisis de señales biológicas que presentamos aquí es la de tratar de inferir de ellas algún significado. Es bueno recordar que no existe ninguna garantía de que una señal biológica dada aporte información deducible con las técnicas a disposición.

Las señales biológicas son de naturaleza muy diversa: se estudian señales de presión, de movimiento, sucesiones de comportamiento, señales eléctricas, etc. Las señales eléctricas tienen la ventaja de poder ser procesadas con gran facilidad: pueden ser representadas con precisión en pantallas y registradores de papel, como también ser grabadas en cintas magnéticas o muestreadas por una computadora. Por esta razón las señales biológicas son generalmente convertidas en señales eléctricas para ser luego observadas y procesadas.

Ejemplos de señales biológicas

Señales bioeléctricas:

- el electrocardiograma (ECG)
- el electroencefalograma (EEG)
- el electromiograma (EMG)
- la impedancia torácica
- potenciales de acción

Señales biológicas de otras naturalezas:

- flujos aéreos
- presiones
- temperaturas
- voz humana
- el magnetocardiograma (MCG)
- el fonocardiograma (PCG)

Observación de las señales

El primer paso para el estudio de las señales es su observación. El observar una señal en una pantalla de osciloscopio o en el papel de un registrador nos proporciona mucha información acerca de ella.

En primer lugar, de la observación se deducen estimaciones de los parámetros de amplitud, regularidad y velocidad de cambio. Parámetros éstos que podrán ser cuantificados rigurosamente con cálculos que presentamos más adelante.

En segundo lugar, la observación visual permite reconocer formas particulares. Este proceso de reconocimiento de formas y patrones no es fácilmente realizable con sistemas de computación. Por esta razón la observación de las señales constituye el mejor complemento y la última verificación de cualquier procesamiento automático. Por ejemplo, el observador adiestrado reconoce los complejos QRS más insólitos de un ECG, mientras que un detector automático tendrá dificultades en distinguir un artefacto eléctrico de un complejo QRS.

Para algunas señales la "observación" se realiza por vía auditiva; en este caso la información deducida es menor porque estamos más acostumbrados a ver y a analizar lo que vemos que a hacerlo con lo que oímos.

Muestreo de señales

El procesamiento de señales hecho con circuitos electrónicos está siendo sustituido por el procesamiento digital, gracias a la creciente disponibilidad y agilidad de las computadoras (microprocesadores, mini-computadores, etc.). Las señales analógicas de origen biológico poseen un número infinito de valores lo cual las vuelve incompatibles con los sistemas digitales. Es necesario por lo tanto muestrear y digitizar las señales para poderlas adquirir en un computador.

El muestreo consiste en la toma de los valores de la señal en instantes de tiempo determinados (Fig. 1). Estos instantes de tiempo están separados por el mismo intervalo de tiempo (llamado intervalo o paso de muestreo Δt).

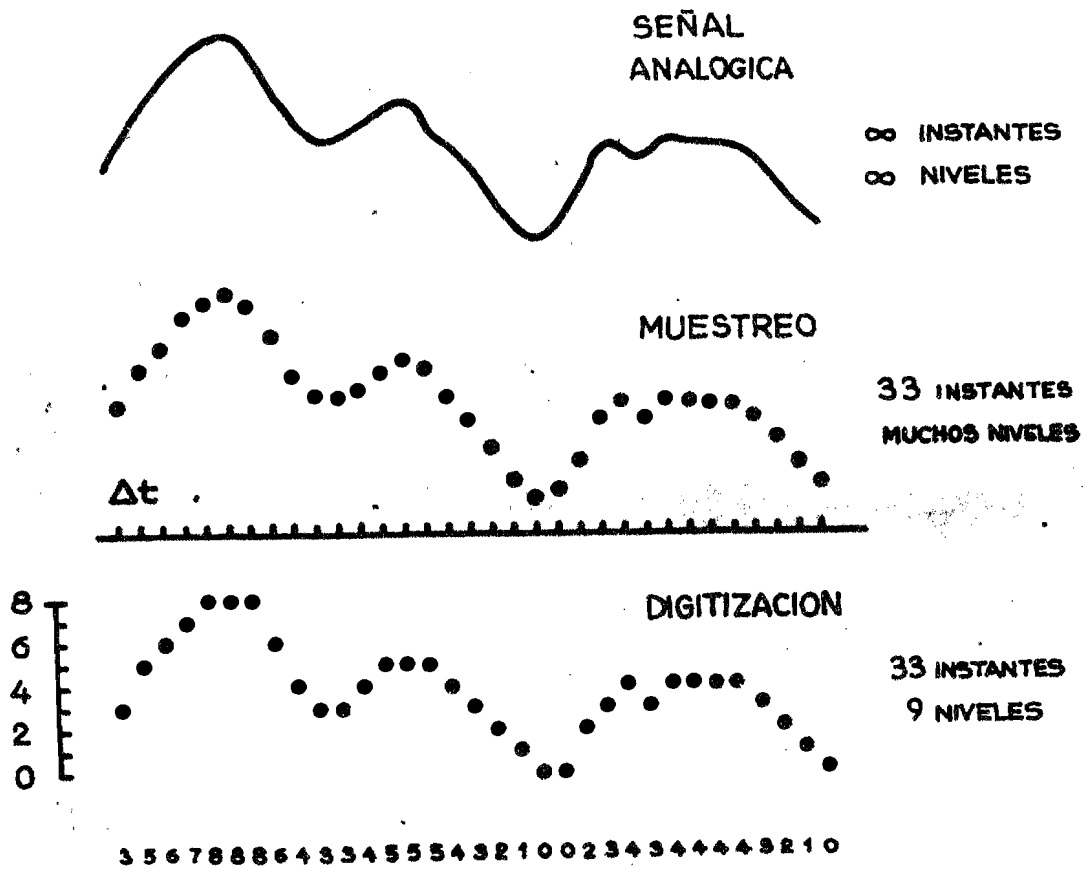


Fig. 1 - Muestreo y digitización de una señal analógica.

El muestreo consiste en la toma de los valores de la señal en instantes de tiempo determinados (Fig. 1). Estos instantes de tiempo están separados por el mismo intervalo de tiempo (llamado intervalo o paso de muestreo Δt).

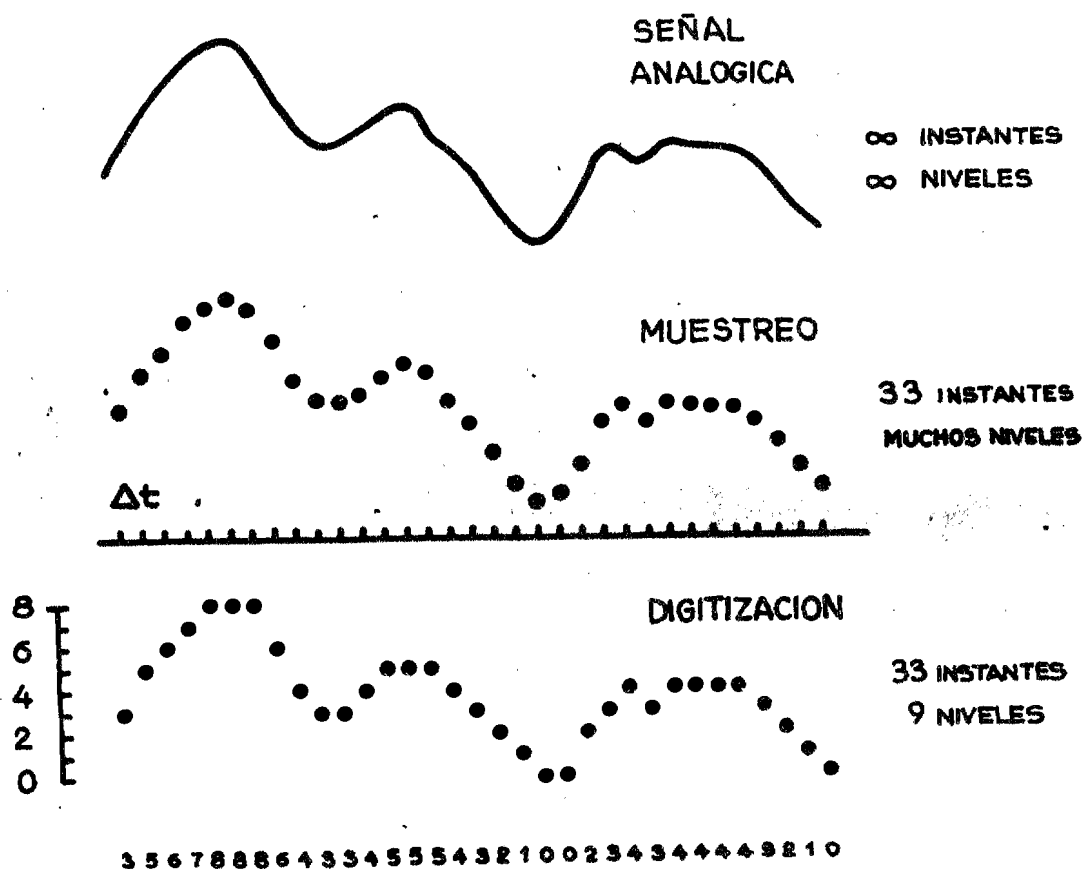


Fig. 1 - Muestreo y digitización de una señal analógica.

La señal de temperatura bucal de un paciente puede ser muestreada por ejemplo, midiéndola cada hora del día. Para adquirir con una computadora la señal de ECG puede ser necesario muestrearla cada milisegundo.

La frecuencia de muestreo es la frecuencia con la cual se adquieren los valores de la señal (es la inversa del intervalo de muestreo). El ECG que acabamos de mencionar fue muestreado con una frecuencia de muestreo de 1 KHz. La frecuencia de muestreo adecuada para una señal depende de la velocidad de variación de dicha señal,

Supongamos que nos interese estudiar las variaciones circadianas de la temperatura bucal; sería excesivo muestrear esta señal cada minuto mientras que se perdería completamente el fenómeno de interés si las muestras fueran tomadas cada 3 días. El criterio para elegir la frecuencia de muestreo es el siguiente: la frecuencia de muestreo tiene que ser por lo menos el doble de la máxima frecuencia contenida en la señal. De lo contrario la señal muestreada no sería representativa de la señal original. Por lo tanto el muestrear una señal requiere el conocimiento previo de su máxima frecuencia, o de la máxima frecuencia de interés en cuyo caso es necesario eliminar (con filtros) las frecuencias no deseadas.

Digitización de señales

La digitización de una señal responde a la necesidad de limitar el número de niveles o valores que asume la señal a un conjunto finito, representable por los sistemas digitales. Una señal ya muestreada puede ser digitizada aproximando cada muestra con el entero más próximo del

rango, por ejemplo 0-127. Tal digitización reduce el número de niveles a 128, fácilmente codificables por los sistemas digitales. En la figura 1 la señal previamente muestreada es también digitizada en 9 niveles.

El conversor analógico-digital (Conversor A/D)

El conversor A/D es un circuito electrónico complejo cuya función es la de muestrear y digitizar señales bajo el control de una computadora. Las señales digitales resultantes son adquiridas y procesadas luego por la computadora. En la práctica no se distinguen los dos procesos de muestreo y digitización y se los incluye en la expresión "conversión A/D". En resumen la conversión A/D transforma una señal eléctrica continua en una serie de números almacenados en la memoria de una computadora.

Señales analógicas muestreadas y procesos puntuales

Algunos fenómenos biológicos generan señales que nos interesan únicamente por la aparición de determinados hechos, como en la sucesión de latidos cardiacos o de salvas de succión de un recién nacido. Estas señales se llaman procesos puntuales porque están constituidas únicamente por una serie de "puntos" o instantes en el tiempo.

La figura 2 muestra como la ocurrencia de espigas neuronales constituye un proceso puntual en el cual no interesa la forma de cada espiga sino el instante en que aparece.

BIBLIOTECA
CENTRO LATINOAMERICANO DE PERINATOLOGIA
Y DESARROLLO HUMANO (CLAH)
MONTEVIDEO - URUGUAY
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD

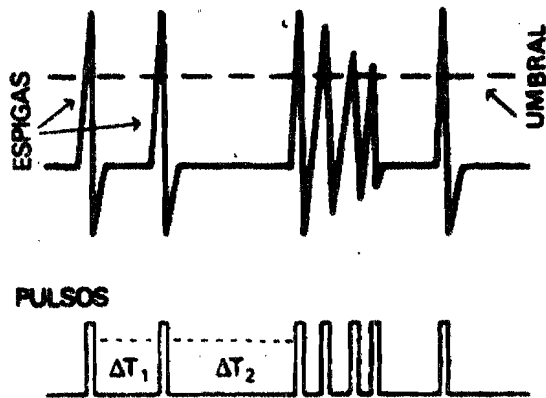


Fig. 2 - Transformación de espigas neuronales en proceso puntual.

En la figura 3, se resumen los procedimientos de adquisición numérica de fenómenos reales. La documentación periódica del valor de una variable y la conversión A/D de una señal analógica dan lugar a una serie histórica, o sea una sucesión de valores almacenables en memoria de computadora. Por otra parte, la documentación de instantes de tiempo y el reconocimiento automático de eventos dan lugar a un proceso puntual representado por una serie de tiempos entre eventos o desde un origen determinado. Esta serie de intervalos de tiempo es también almacenable en memoria de computadora.

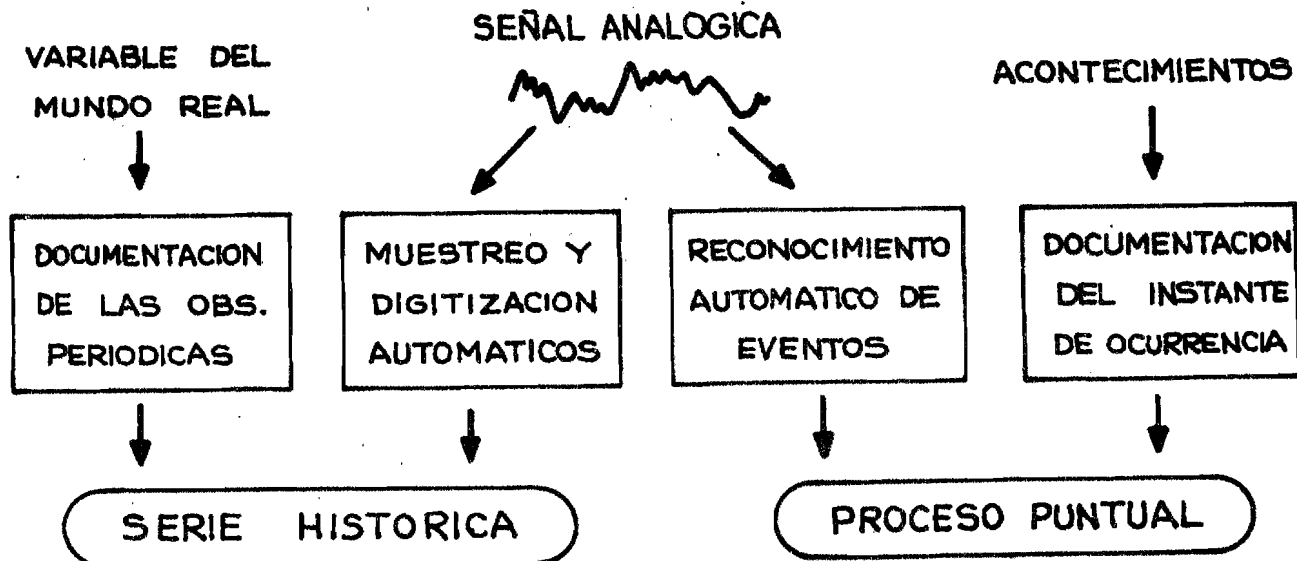


Fig. 3 - Adquisición numérica de fenómenos reales

Los métodos de análisis de los procesos puntuales difieren de los de las señales muestreadas y cumplen objetivos distintos. No hay sin embargo fronteras rígidas entre los dos.

Puede ocurrir que una señal muestreada sea luego analizada como proceso puntual; caso del ECG estudiado como sucesión de latidos (Fig. 4).

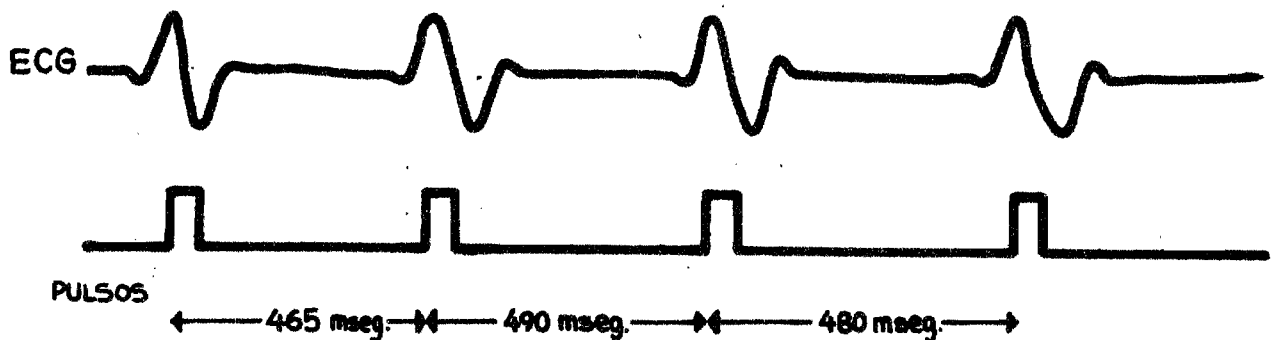


Fig. 4 - Generación de un proceso puntual a partir de una señal analógica.

También puede ocurrir que un proceso puntual sea transformado en una "señal muestreada" con fines específicos: caso de la "señal" de frecuencia cardíaca instantánea deducida de los pulsos cardíacos (Fig. 5).

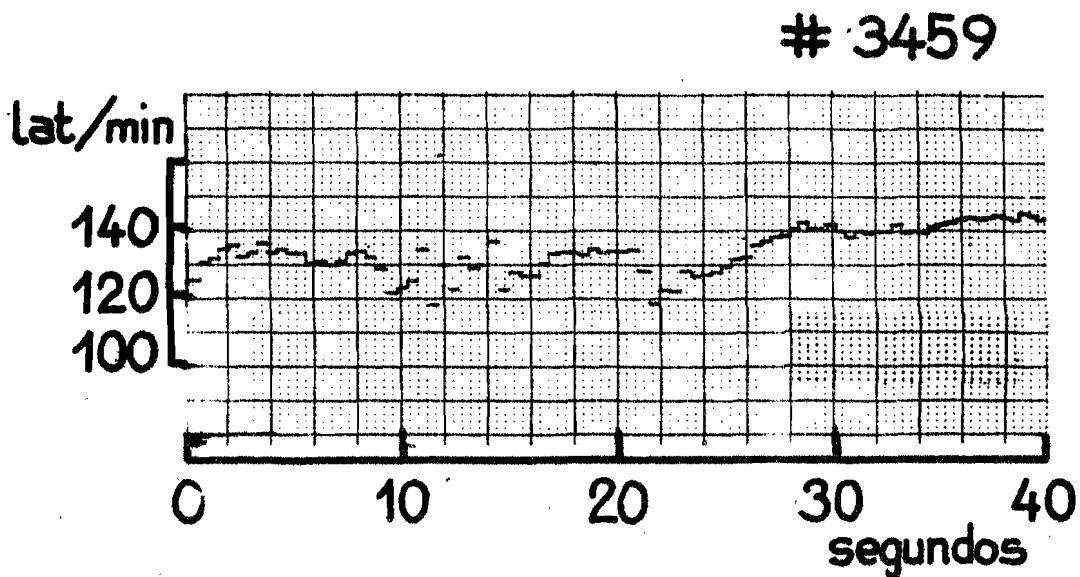


Fig. 5 - Registro de frecuencia cardíaca fetal: un proceso puntual representado como señal muestreada.

Finalmente mencionamos la posibilidad de tratar simultáneamente una señal muestreada y un proceso puntual: caso del potencial "evocado" (Señal muestreada) y del estímulo que lo provoca (proceso puntual).

BIBLIOTECA
CENTRO LATINOAMERICANO DE PERINATOLOGIA
Y DESARROLLO HUMANO (CLAP)
MONTEVIDEO - URUGUAY
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD