

Caja de prácticas para medidas en electroterapia. Prototipo 5.0

Sumario

Caja de prácticas para medidas en electroterapia. Prototipo 5.0.....	1
Medida de intensidad con un multímetro directamente.....	4
Medida de intensidad capturando el voltaje sobre R1 con multímetro.....	5
Midiendo el voltaje que se aplica al paciente.....	5
Medida de conductividad de los tejidos corporales.....	5
Captura de la onda de voltaje más la de intensidad con osciloscopio.....	6
Onda de voltaje y de intensidad sobre carga resistiva pura.....	7
Simulación de un paciente real.....	8
Medida del desfase para cálculos de impedancia.....	8
Cálculo de la impedancia en un caso concreto.....	9
Cálculo de la potencia real aplicada.....	10
Evolución de parámetros en CC y en VC.....	10
Modo CC.....	11
Modo VC.....	11
Ondas monofásicas pulsadas sobre R y sobre RC.....	12

Analizando la Figura 1 y la Figura 2, la resistencia R1 es de 10Ω , la cual se interpone en serie con el paciente para que los valores de voltaje leídos en sus extremos, se conviertan fácilmente en cifras de intensidad al dividir entre 10. Basta con trasladar la coma un lugar a la izquierda de la cifra presentada en un multímetro o en un osciloscopio.

También pueden localizarse 8 conectores hembra para clavijas macho de 4 mm tipo banana monopolar, numerados del 1 al 8. la 1 y 2 son entradas y la 7 y 8 la salida que continúa hacia los tejidos del paciente.

Así mismo pueden localizarse en el esquema de ambas figuras 3 interruptores de tres posiciones cada uno [Int--1], [Int--2] e [Int--3]. La posición central [0] en los tres no posee función. La posición [I] y la posición [II] son funciones específicas en cada interruptor.

Las hembrillas 1 y 2 son entrada a la caja donde se conecta la salida del estimulador y a la vez permiten que se pince una sonda de osciloscopio para medir la onda de

voltaje o leer el voltaje con un multímetro. Cuando las corrientes poseen polaridad deben respetarse los colores, de manera que la 1 es [+] y la dos [-]. **Fijarse que la hembrilla 2 y la 3 son el mismo punto eléctrico con el signo de masa (o referencia de cero en la caja) punto en el que se conectarán las pinzas de masa de las sondas para osciloscopio.**

Si se aplican corrientes alterna no hay polaridad y no es necesario respetarla, pero sí hay que respetar los puntos de captura con el osciloscopio para que las lecturas sean correctas. La hembrilla 3 (verde) siempre será el punto destinado a las pinzas de masa de las sondas del osciloscopio.

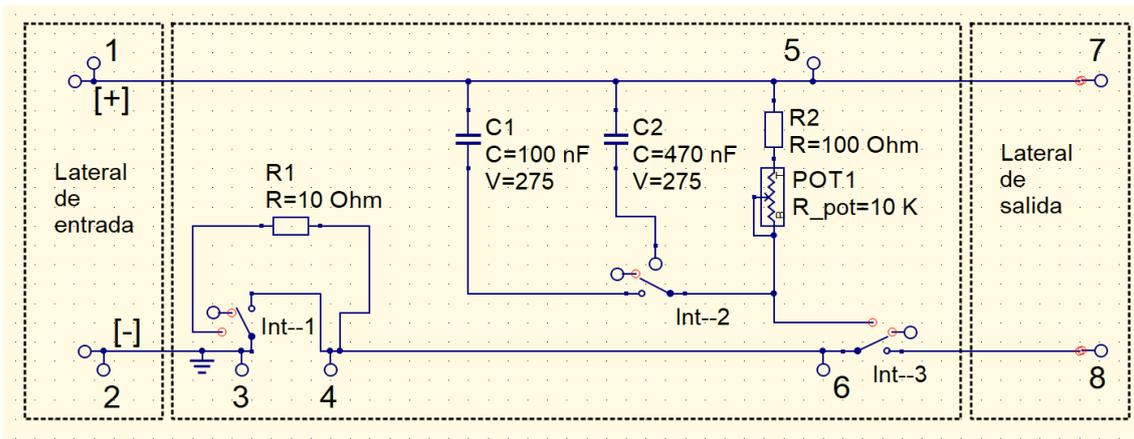


Figura 1: Esquema del circuito para el montaje de la caja. Vista por el interior de la caja.

Las hembrillas 3 y 4 sirven para medir la intensidad circulante con un multímetro, siempre y cuando Int-1 esté en posición neutra [0], como en la Figura 5. Si Int-1 está activo hacia R1 [I], permiten leer la diferencia de potencial entre los extremos de R1 e interpretarlo como la onda de intensidad en el osciloscopio (4 activo rojo y 3 masa verde). Si Int-1 está en la posición [II], ambas hembrillas están puenteadas, la corriente circula libremente, y no se puede medir nada en estas hembrillas.

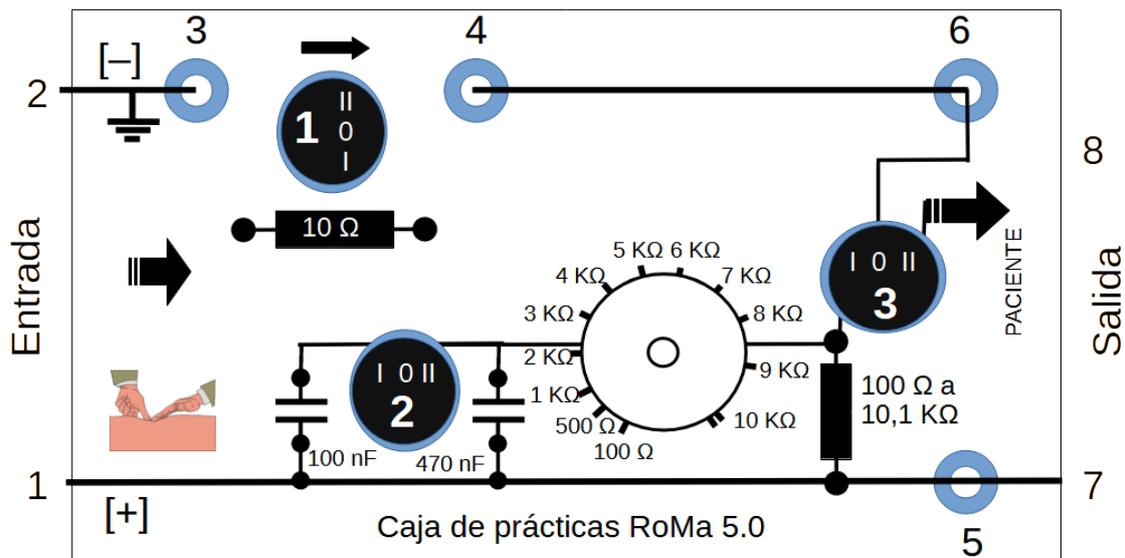


Figura 2: Panel frontal de la caja.

Las hembrillas 3 y 4 están en la línea del [-] (negras); sin embargo, la 4 es roja para indicar que entre ambas, la 4 es [+] con respecto de la 3 [-].

Así pues, el Int-1 En la posición [0] está inactivo, en la posición [I] conecta la R1 y en la posición [II], deja pasar la corriente libremente.

La resistencia R2 y el potenciómetro POT1 forman el conjunto de paciente artificial que permite variar la resistencia entre 100Ω y 10.100Ω ($\pm 10 \text{ K}\Omega$). R2 se coloca en serie con el potenciómetro para evitar la situación de corto-circuito al llevar el potenciómetro a cero. Como mínimo siempre existirán 100Ω de carga artificial.

El dibujo de la Figura 2 no es fiel a la circuitería. Simplemente se trata de facilitar el entendimiento de lo que se maneja en el frontal de la caja.

El interruptor Int-3 deriva la corriente para que circule directamente hacia el paciente [II] o que se desvíe hacia el paciente artificial en [I], formado por R2 y POT1 (y opcionalmente cualquiera de los dos condensadores). **La posición intermedia de este interruptor en [0] no tiene acción, y deja la corriente aplicada al vacío, situación que provocará en los estimuladores que trabajan en modo CC, la alarma de fallo en los electrodos. Para pasar del paciente artificial al paciente real previamente debe reducirse la intensidad a cero en el estimulador.**

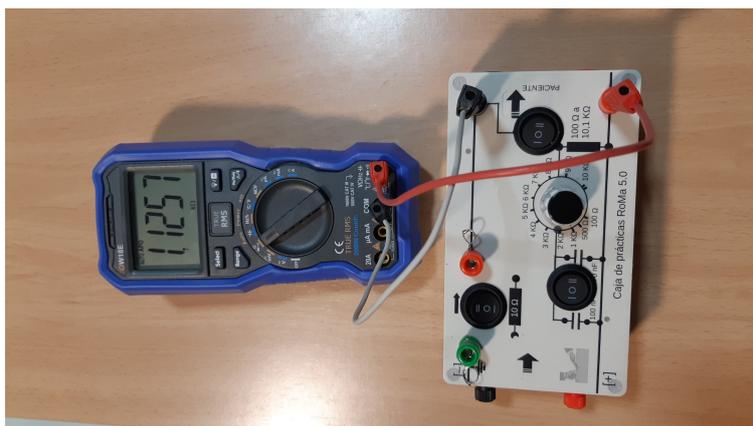


Figura 3: Midiendo la resistencia del paciente artificial. Concretamente $1,125 \text{ K}\Omega$.

El interruptor Int-2 solamente trabaja cuando está activo el paciente artificial, permitiendo agregar en paralelo con la carga resistiva uno de los dos condensadores (100 nF en la posición [I] o 470 nF en la [II]) si así se desea. Para evitar que actúen los condensadores este interruptor debe estar en la posición intermedia [0] o sin acción.

Las hembrillas 5 y 6 permiten leer el voltaje con un multímetro o captar la onda de voltaje en osciloscopio (tanto sobre paciente real como sobre paciente artificial). Esta lectura es posterior a R1 y es ligeramente diferente a los valores leídos en las tomas 1 y 2.

Las hembrillas 7 y 8 en el lateral de salida en la caja son las conexiones que se dirigen al paciente real. Cuando la corriente circula hacia el paciente real, los elementos que forman el paciente artificial no están activos. Las medidas en este caso solamente hacen referencia al comportamiento tisular del paciente real. En estas hembrillas se mantiene la misma polaridad que en la entrada.

En la Figura 2 el potenciómetro que ajusta el valor resistivo del paciente artificial está rotulado con valores aproximados. Si se desea saber con precisión el valor exacto, puede hallarse matemáticamente, dividiendo el voltaje en la entrada entre la intensidad circulante en R1; o midiendo con un multímetro su valor entre las hembrillas 5 y 6, Figura 3, siempre que el interruptor 3 esté activo hacia paciente artificial en [I] y el interruptor 2 inactivo en [0] (evitando la actuación de los condensadores). Para leer el valor de R1, o resistencia interpuesta, basta con conectar los terminales del multímetro en las hembrillas 3 y 4, con el Int-1 en la posición de [I]. Para leer resistencias no se requiere cuidar la polaridad.

El ajuste de este potenciómetro [POT1] habitualmente debe estar entre los 500 Ω y los 2 K Ω . En algunas circunstancias o pruebas, puede regularse para tratar de comparar o simular situaciones posibles. Para simular la corriente galvánica, el potenciómetro puede estar entre 3 y 5 K Ω .

Medida de intensidad con un multímetro directamente

Por ejemplo, para comprobar si la intensidad que indica el estimulador es correcta, puede comprobarse con la caja, de manera que el Int-1 debe estar en la posición intermedia de [0]. La aplicación puede hacerse sobre paciente real o sobre paciente artificial mediante el Int-3 en la posición [I] o en la [II], pero nunca en la [0].



Figura 4: Medida de intensidad directamente con multímetro.



Figura 5: Medida de intensidad sobre R1 de 10 Ω .

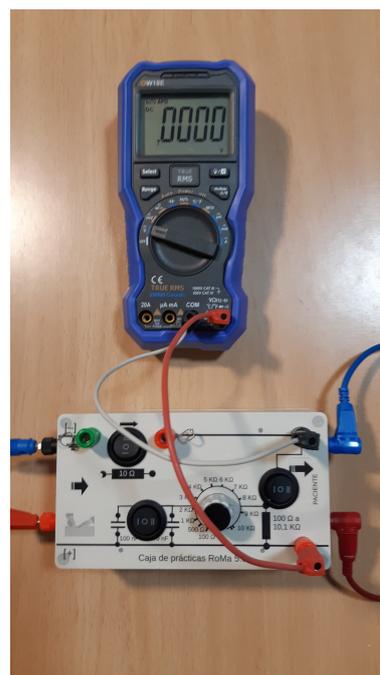


Figura 6: Midiendo voltaje hacia el paciente.

El multímetro se pondrá en medida de mA, las clavijas del multímetro se moverán a las hembrillas correspondientes y las clavijas en la caja se conectan en las hembrillas 3 y 4. Ver la Figura 4.

Si la corriente medida posee polaridad y las conexiones no se han realizado correctamente, no hay riesgo, pero la cifra de lectura saldrá con signo negativo, aunque válido.

Medir intensidad con multímetro requiere cuidados, ya que si por esta entrada se aplican voltios, el multímetro se daña.

Lógicamente, cuando las corrientes poseen polaridad, el multímetro leerá en modo DC, pero cuando son alternas se ajustará para que trabaje en modo AC.

Si las corrientes son monofásicas pulsadas, las lecturas del multímetro no coincidirán con las del estimulador, debido a que este indica valores de pico, mientras que el multímetro muestra valores eficaces o RMS. En galvánica los valores de pico coinciden con los RMS o eficaces.

El Int—2 debe estar en la posición de [0] a no ser que la prueba incluya comportamientos del paciente artificial con los condensadores.

Medida de intensidad capturando el voltaje sobre R1 con multímetro

Es más seguro medir la intensidad captando el voltaje en los extremos de R1 de 10Ω . El multímetro se coloca en posición de voltios (DC o AC según corresponda). Las clavijas en su lugar adecuado del multímetro. Las clavijas en la caja irán en las hembrillas 3 y 4, con el Int—1 en la posición de [I]. El valor en voltios que indique el multímetro se divide entre 10Ω de R1 para obtener la intensidad. Siendo más precisos, se divide entre el valor exacto de la resistencia previamente leída con multímetro. Ver la Figura 5.

Puede medirse sobre la carga artificial o sobre paciente real. Las polaridades deben respetarse si las corrientes poseen polaridad, y en caso de invertir las conexiones, el valor será negativo pero válido eliminando el signo.

Este método es más seguro que la medida directa de mA. En corrientes pulsadas o alternas, el valor del estimulador no coincidirá con el multímetro, porque aquel lee valores de pico y este en valores eficaces o RMS. Midiendo la galvánica los valores serán los mismos en ambos aparatos.

Las lecturas en RMS indican el componente galvánico de la corriente si esta tuviera polaridad.

Midiendo el voltaje que se aplica al paciente

A veces se desea saber la intensidad que recibe el paciente y el voltaje para calcular la potencia, la resistencia, etc. La intensidad se medirá entre los contactos 3 y 4 y el voltaje entre 1 y 2 o entre 5 y 6.

Si se mide el voltaje entre las hembrillas 1 y 2, se capturan parámetros que incluyen a la R1 de 10Ω . Pero si las conexiones se hacen entre las hembrillas 5 y 6, solamente se lee el voltaje que llega al paciente, Figura 6. Dado que R1 es muy baja con respecto la resistencia corporal, la diferencia es mínima.

Medida de conductividad de los tejidos corporales

Esta medición implica alterar el concepto habitual para otras antes descritas, de manera que la entrada sigue siendo la entrada, pero la salida se ignora y no se emplea. La salida hacia el paciente en este caso se sitúa en las hembrillas 3 y 4, posicionando de Int—1 en [0] o sin función. El Int—2 también estará en [0] (para

evitar resultados extraños) y el Int—3 en la posición [1] que obliga a pasar la corriente por R2 más el potenciómetro. El multímetro lee el voltaje en las hembrillas 5 y 6 (pero no en la 7 y 8). Ver la Figura 7.

Las corrientes que pueden aplicarse son diversas, pero una muy recomendable es la portadora de media frecuencia sin modular, a 4.000 Hz, en modo VC y unos 10 V de pico. Estos parámetros normalmente no llegan a producir estímulo sensitivo en el paciente.

Sobre el paciente pueden emplearse electrodos metálicos sobre piel seca, lo que provocará valores de impedancia muy elevados.

Ahora, el conjunto de R2 más POT1 son la resistencia interpuesta, con valores resistivos relativamente altos y ajustables con el potenciómetro. Este ajuste debe hacerse de manera que: en una zona corporal normal, el multímetro lea alrededor de 1 V, y con esa regulación del potenciómetro, se miden los demás puntos a explorar.

Las cifras obtenidas de esta forma son voltios, pero si estos se dividen entre el valor de R2 más el potenciómetro, se convierten en intensidad, es decir, la evolución de las cifras a lo largo de la sesión, están indicando cómo se comporta el parámetro de intensidad, aunque se refleje en voltios.

Estos parámetros que implican cambios a lo largo de la sesión, es interesante capturar su evolución con medidores que guarden los datos para procesarlos en hojas de cálculo y graficarlos.

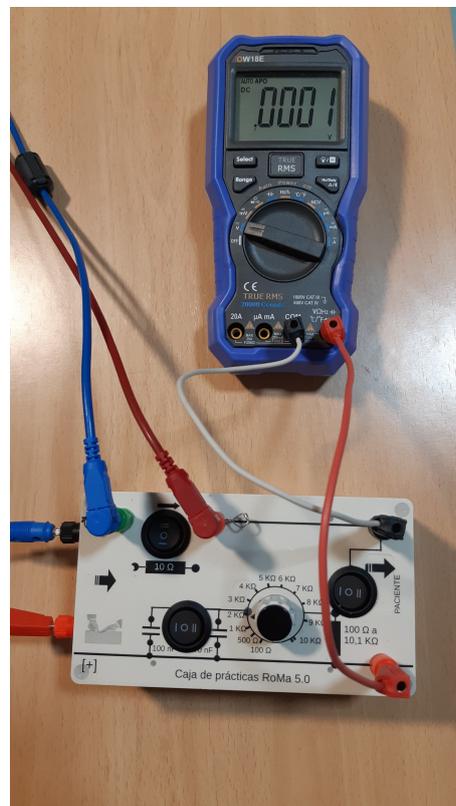


Figura 7: Conexión para medida de conductividad

Captura de la onda de voltaje más la de intensidad con osciloscopio

Se requiere un osciloscopio con doble canal y se pondrá un cuidado especial en que las pinzas de masa de las sondas coincidan ambas entre las hembrillas 2 – 3 (que es el mismo punto eléctrico). Ver con detalle la Figura 8.

Puede dedicarse el canal A a la onda de voltaje en las hembrillas 1 y [2 o 3], y el canal B en las hembrillas "4 y 3" para capturar las ondas de intensidad. Si no se cumple este conexionado, los datos que tienen que ver con las fases y los desfases serán erróneos.

Si en las mediciones se aprecia que las ondas superan los límites superior e inferior de la pantalla, requiere de ajustes en la sensibilidad vertical del osciloscopio o pasar el interruptor de la sonda correspondiente a medir en $\times 10$, que realmente divide la señal entre 10.

Para capturar la onda de intensidad, el interruptor 1 [Int—1] estará en la posición de [I]. El Int—3 puede estar en [I] para paciente artificial o en [II] para paciente real. Si

este interruptor está en [0], la onda de voltaje sí se representará en pantalla, pero la de intensidad desaparece (como es lógico).

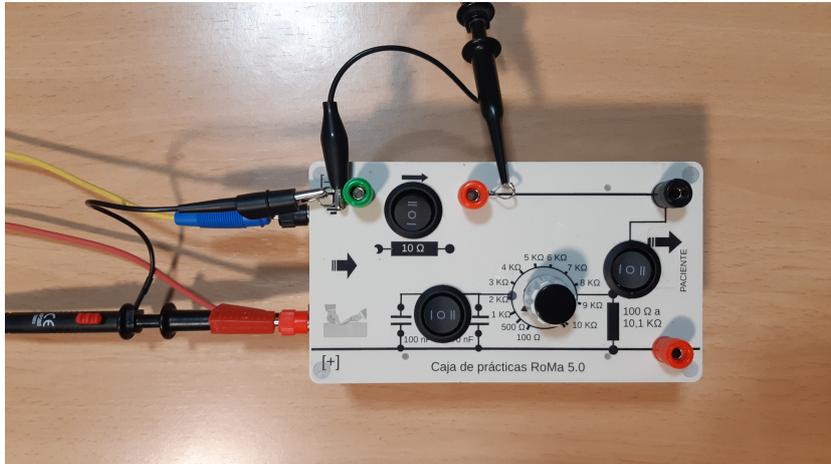


Figura 8: Caja de prácticas con dos sondas de osciloscopio conectadas para capturar la onda de voltaje y la onda de intensidad..

El Int-2 puede activarse o no si se pretende analizar el comportamiento de ambas ondas agregando o eliminando condensadores, pero con el paciente artificial; ya que con paciente real este interruptor no participa.

Onda de voltaje y de intensidad sobre carga resistiva pura

Si se desean ver las ondas tal y como las genera el aparato analizado, deben aplicarse sobre la carga artificial o paciente artificial, posicionando el Int-1 en [I], el Int-2 en [0] y el Int-3 en [1]. Esto permitirá ver las ondas tal y como son y sin desfase, como lo muestra la Figura 9.

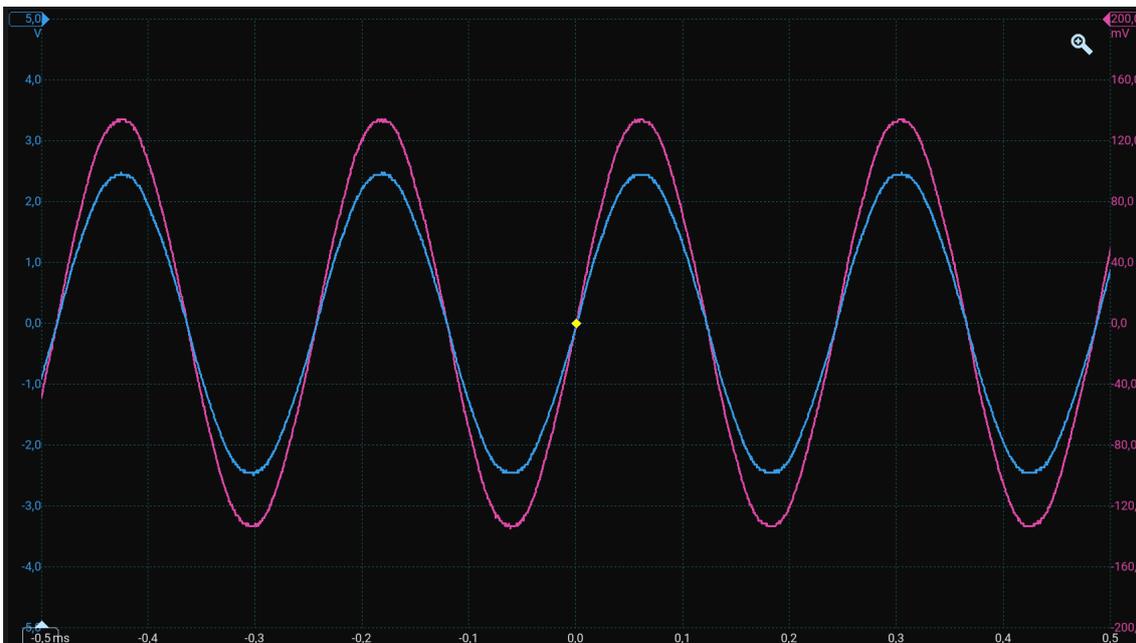


Figura 9: Onda de voltaje (azul) y onda de intensidad (morada) en fase, de una corriente alterna sinusoidal sobre carga resistiva pura.

Si se desea ver qué ocurre cuando esa corriente se deja avanzar hacia el paciente real, el Int-3 se pasa a la posición de [II], **pero evitando previamente sorpresas sobre el paciente, reduciendo la intensidad del estimulador.**

Simulación de un paciente real

Al aplicar las corrientes a los tejidos corporales de los pacientes se ve cómo las ondas se desfasan y/o se deforman por causa del componente resistivo más capacitivo que poseen los tejidos, formando una carga [RC]. Por esto en ocasiones interesa hacer estudios con cargas artificiales a modo de paciente artificial combinando diferentes valores de resistencia con otros de condensadores, con el fin de entender el comportamiento tisular.

Comparando la Figura 10 con la Figura 11 se ve que las ondas siguen siendo sinusoidales perfectas, pero están desfasadas en ambas figuras, situación que obedece a introducir en el circuito condensadores.

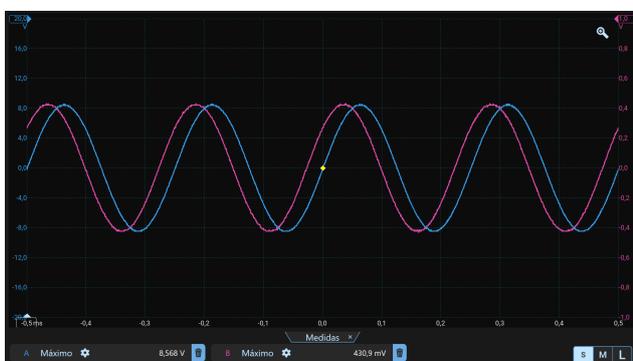


Figura 10: Alterna sinusoidales sobre R de 500 Ω y C de 100 nF.



Figura 11: Alterna sinusoidales sobre R de 500 Ω y C de 470 nF.

En la Figura 10 la corriente se aplica sobre 500 Ω más un condensador de 100 nF y en la Figura 11 la misma corriente sobre 500 Ω mas 470 nF.

Además de producirse un desfase entre ambas ondas, distinto en cada figura, también cambian las alturas de las ondas, lo que va a generar que los cálculos de impedancia, de potencia, etc, sean diferentes en cada circunstancia.

Si se desean probar otros valores de condensadores, puede hacerse conectándolos en las hembrillas 5 y 6 (con el interruptor 3 en [I] o paciente artificial).

Medida del desfase para cálculos de impedancia

La impedancia [Z] es un concepto que indica la naturaleza del elemento que conduce la energía eléctrica en este caso; informando del comportamiento como parte resistiva y de la parte capacitiva en los tejidos corporales. En la caja de prácticas puede simularse con los componentes del paciente artificial, o medirse sobre paciente real.

La división de los valores de voltaje entre los de intensidad permite hallar los Ohmios y el desfase entre ambas ondas aporta información para averiguar, expresado en grados sexagesimales, el ángulo phi [Φ] de desfase.

La impedancia [Z] está formada por tres parámetros: la parte resistiva (propia de resistencias), la capacitiva (provocada por los condensadores) y la inductiva (generada por bobinas); sin embargo, ante los tejidos corporales solamente se manifiestan la parte resistiva y la capacitiva, no la inductiva.

Cálculo de la impedancia en un caso concreto

Se prepara la caja de prácticas para que la corriente alterna sinusoidal se aplique al paciente artificial con valor determinado regulado (que en principio no se conoce) y uno de los dos condensadores conectado.

En el osciloscopio es importante activar opciones que midan la frecuencia, el período de la corriente y los valores de voltaje y de intensidad. Para el desfase se activan las guías verticales como en la Figura 12; y para los voltajes también pueden activarse las guías horizontales como puede verse en la Figura 13.

En la Figura 12 puede leerse que la corriente posee una frecuencia de 4.000 Hz y que su período o tiempo de ciclo es de 250 μ s; y las guías verticales indican que el desfase entre ambas es de 43,16 μ s, lo que permite calcular el ángulo Φ :

$$\text{si } 250 \mu\text{s} \rightarrow 360^\circ$$

$$43,16 \mu\text{s} \rightarrow X^\circ; \mathbf{X = 62,15^\circ}; \angle \Phi = \mathbf{62,15^\circ}$$

Lo que implica que en esta impedancia predomina más la parte capacitiva que la resistiva, pues entre 0 y 90°, 45° indicarían el equilibrio entre ambas partes.

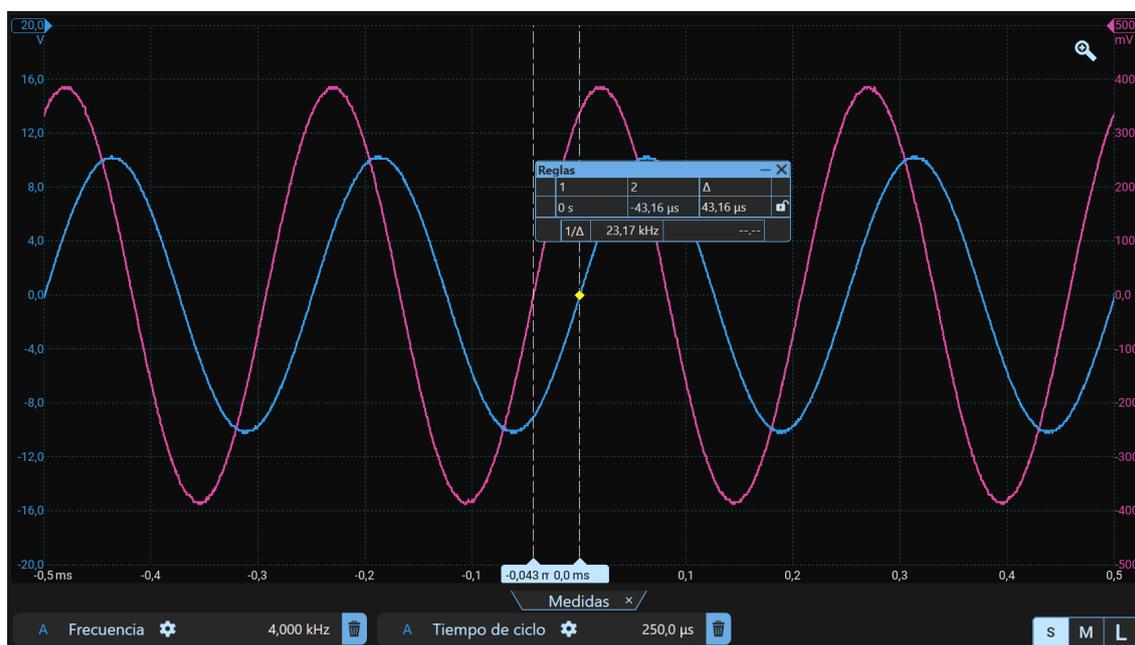


Figura 12: Corriente sinusoidal de 4.000 Hz, 250 μ s de período y 43,16 μ s de desfase. Las guías verticales miden el desfase.

Los datos de la Figura 13, además de los anteriores, las guías horizontales indican la amplitud de las ondas, de manera que el voltaje alcanza los 10,02 V (con la sonda en $\times 1$) y la intensidad 382,1 mV, que se pasan a mA dividiendo entre 10 Ω de R1 en la caja, es decir. 38,21 mA.

Dividiendo V entre I se obtienen los Ohmios de Z:

$$10,02 \text{ V} \div 0,03821 \text{ A} = \mathbf{262,2 \Omega} \text{ con } \angle \Phi \text{ de } \mathbf{62,15^\circ}.$$



Figura 13: Corriente sinusoidal de 4.000 Hz, 250 μs de período y 43,16 μs de desfase. Las guías verticales miden el desfase y las horizontales los voltajes de pico.

Este resultado suele representarse en un vector que emerge del punto cero en un plano cartesiano, cuya longitud representa el valor en Ohmios y su inclinación los grados entre la abscisa para la resistencia y la ordenada para la capacitancia.

Los cálculos se han realizado con valores de pico, pero si hubieran sido con valores RMS o eficaces, el resultado sería el mismo. Para convertir valores de pico en RMS, se divide entre raíz cuadrada de 2, y para pasar de RMS a pico, se multiplica por raíz cuadrada de 2.

Cálculo de la potencia real aplicada

En alterna sinusoidal el cálculo de la potencia real aplicada obedece a la fórmula:

$$W_r = V \times I \times \cos(\Phi)$$

Siendo el coseno de Φ en este caso de $\cos(62,15) = 0,46715$

$$W_r = V_p \times I_p \times \cos(\Phi) = 10,02 \times 0,03821 \text{ A} \times 0,46715 = \mathbf{0,178 \text{ W (o } 178,7 \text{ mW) de pico.}$$

Evolución de parámetros en CC y en VC

Para demostrar el comportamiento de las ondas de voltaje y la de intensidad cuando el estimulador trabaja en modo CC o en modo VC, se capturan las dos ondas en pantalla con el Int-1 en la posición [I] y el Int-3 en [I] para dirigir la corriente a la carga artificial; el Int-3 mejor que esté inactivo en [0] para no introducir más variables a la información aparecida en pantalla.

Modo CC

Se eleva el mando de intensidad en el estimulador hasta valores donde se muestren bien las ondas en pantalla, regulando el potenciómetro primero a unos $\pm 500 \Omega$ y cambiando a $\pm 1.000 \Omega$.

Si este cambio se repite, se ve como la onda de intensidad (morada) se mantiene prácticamente fija en su altura y la onda de voltaje cambia en su altura o amplitud. Comparar la Figura 14 con la Figura 15, donde la onda azul de voltaje, es la que se ha modificado, y se modificará al ritmo y a las proporciones que cambie la resistencia.

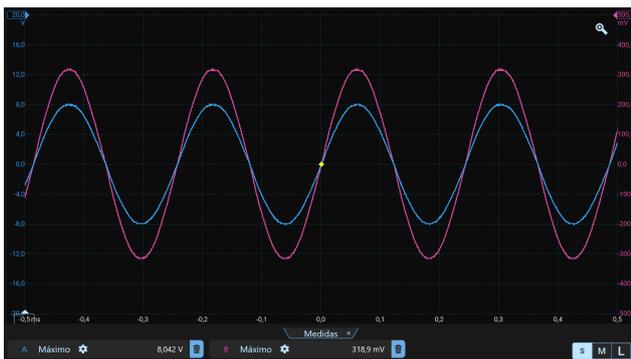


Figura 14: Modo CC con 500Ω . Azul onda de voltaje y morada onda de intensidad.

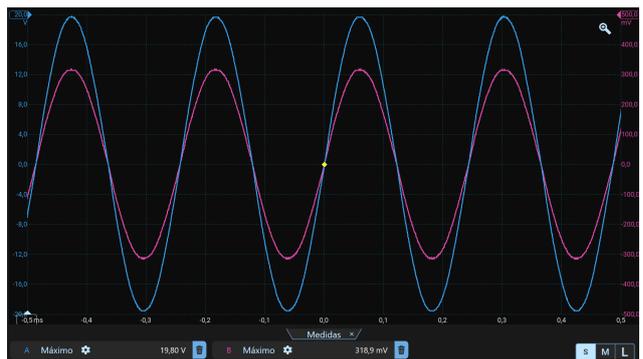


Figura 15: Modo CC con 1.000Ω . Azul onda de voltaje y morada onda de intensidad.

Si la resistencia es menor el voltaje disminuye y si la resistencia aumenta el voltaje también se eleva.

Modo VC

Cambiando el estimulador al modo de trabajo VC, se repiten las maniobras de cambios en la resistencia entre los 500Ω de antes y los 1.000Ω , u otros valores.

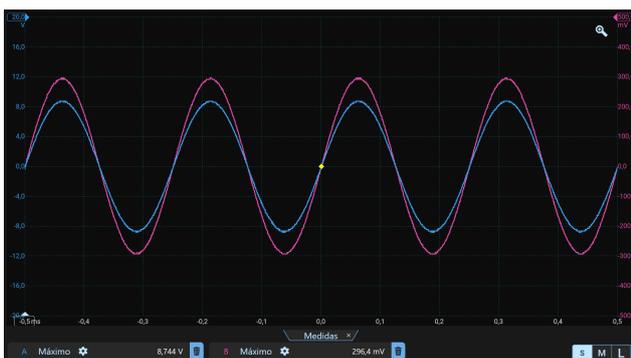


Figura 16: Modo VC con 500Ω . Azul onda de voltaje y morada onda de intensidad.

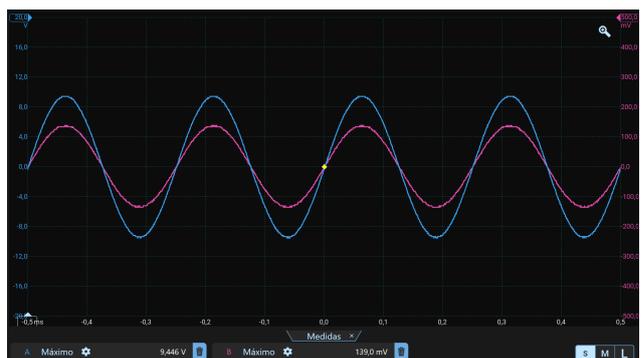


Figura 17: Modo VC con 1.000Ω . Azul onda de voltaje y morada onda de intensidad.

Comparando la Figura 16 con la Figura 17, se ve como en modo VC, la onda azul de voltaje se mantiene estable en su amplitud, sin embargo, la morada de intensidad cambia en la altura, siendo más elevada con las resistencias menores y de valores más reducidos con resistencias mayores.

Ondas monofásicas pulsadas sobre R y sobre RC

Para mostrar el comportamiento en osciloscopio de las dos ondas (de voltaje y de intensidad) cuando son monofásicas pulsadas, si se desea ver la forma de cómo son en teoría, debe hacerse sobre paciente artificial pero solamente con la parte resistiva.

Si se miden sobre paciente real, las ondas saldrán deformadas y no corresponden con la realidad. Tampoco deben medirse con los electrodos al aire, pues así la onda de intensidad nunca se captará, y si algo se muestra en el canal de la onda para intensidad, suelen ser interferencias debidas a la alta sensibilidad del osciloscopio.

Si se desea imitar lo que puede ocurrir en los tejidos vivos, se aplica la corriente sobre paciente artificial introduciendo en el circuito algún condensador.

Se prepara un estimulador para que genere pulsos cuadrangulares de 1 ms y reposos de 5 ms, trabajando primero en modo CC; porque el modo de trabajo, en CC o en VC, también influye en cómo se muestran las ondas.

Se aplican sobre resistencia pura de $\pm 700 \Omega$, y como puede verse en la Figura 18, tanto la onda de voltaje como la de intensidad son rectangulares, tal y como se programaron en el estimulador. Pero agregando al circuito un condensador para formar una carga RC, la Figura 19 dibuja las ondas de voltaje deformadas, mientras que las de intensidad se mantienen, debido precisamente a que el modo de trabajo es como CC o corriente constante.



Figura 18: Monofásica cuadrangular de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo sobre R pura en modo CC.

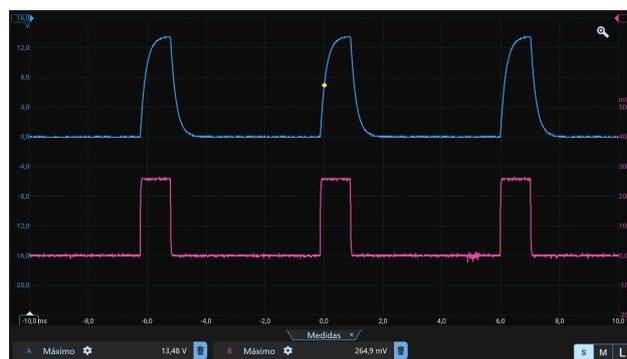


Figura 19: Monofásica cuadrangular de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo sobre RC en modo CC.

Se repite la medida con la misma corriente pero en modo VC o voltaje constante, mostrando los resultados en las siguientes figuras. Procede aclarar que las ondas de intensidad se verán menores porque se modificó la sensibilidad vertical de ese canal con el fin de mostrar mejor lo que va a ocurrir.

En la Figura 20 ambas ondas vuelven a ser cuadrangulares, porque descargan sobre resistencia pura (aunque más baja la de intensidad por lo que se explicó en el párrafo anterior). En la Figura 21, se descarga la energía sobre un bloque RC, con una resistencia de $\pm 700 \Omega$ más un condensador de unos 470 nF, lo cual deforma la onda de intensidad pero no la de voltaje. Analizando la figura, en la onda de intensidad se generan picos positivos y negativos en los momentos de subida y bajada de los pulsos.



Figura 20: Monofásica cuadrangular de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo sobre R pura en modo VC.



Figura 21: Monofásica cuadrangular de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo sobre RC en modo VC.

Así pues, comparando la Figura 19 con la Figura 21, se concluye que: cuando se trabaja sobre carga RC, en modo CC se mantiene la forma en la onda de intensidad y se pierde la forma en el voltaje; pero cuando se aplica el modo VC, se mantiene la onda del voltaje y se pierde la forma en la intensidad.

Partiendo de una imagen y datos obtenidos de una aplicación sobre paciente real, al desviar la aplicación al paciente artificial, variando el valor de resistencia y el de la capacidad, es posible encontrar cifras que se asemejen al comportamiento de los tejidos, es decir, emplear el viejo método comparativo para encontrar el valor resistivo y capacitivo que forman la impedancia buscada.

La Figura 22 muestra una aplicación sobre tejidos vivos en modo CC de la corriente "cuadrangular" antes analizada de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo. La Figura 23 dibuja el trazado de la misma corriente sobre tejidos en el modo VC.

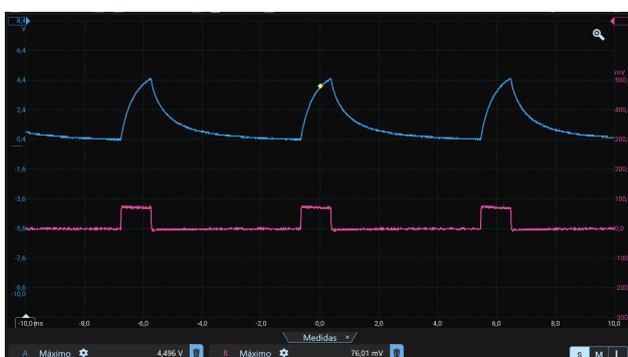


Figura 22: Monofásica cuadrangular de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo sobre tejidos corporales en modo CC.

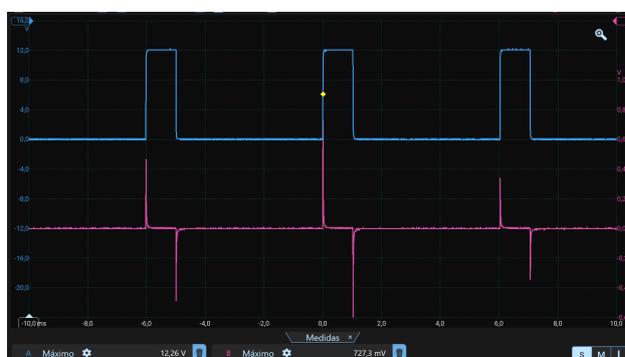


Figura 23: Monofásica cuadrangular de 1 ms de pulso y 5 ms de reposo sobre tejidos corporales en modo VC.

Es importante comparar estas dos últimas figuras con la Figura 19 y con la Figura 21, fijándose también en el rango vertical en el que está ajustada la sensibilidad de cada canal.