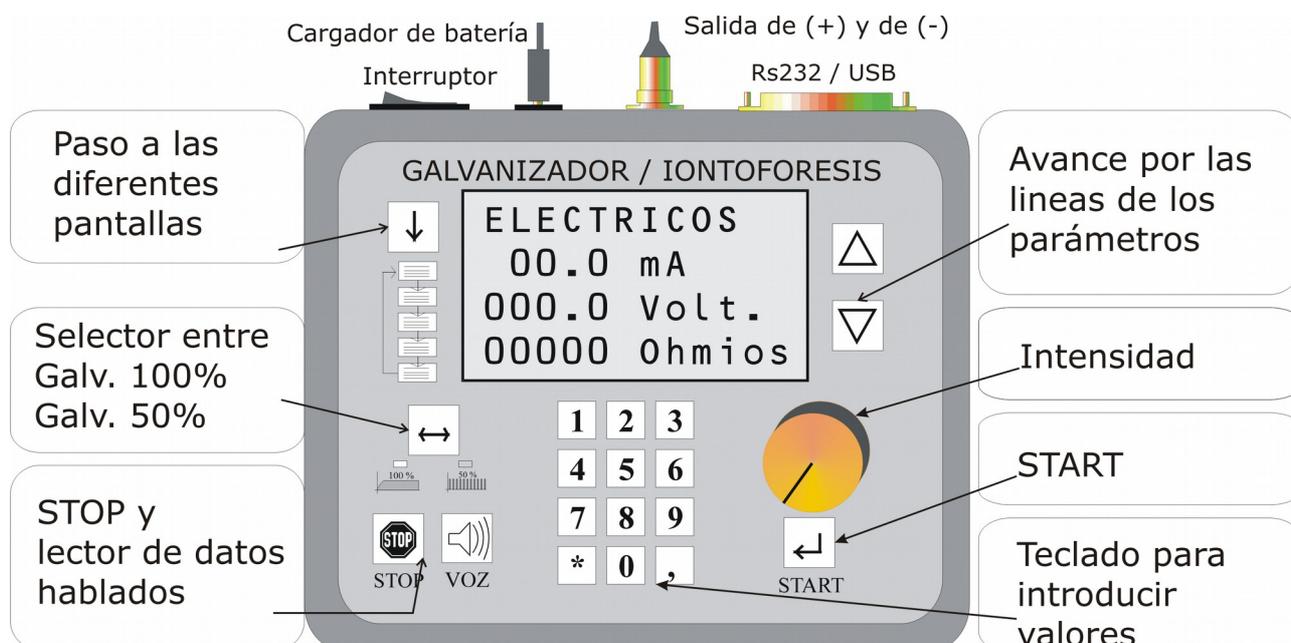


Equipo para galvanización, iontoforesis y EPI

José M^a Rodríguez Martín

www.iontoforesis.com



índice de contenido

Equipo para galvanización, iontoforesis y EPI.....	1
Introducción.....	2
Objetivos que deben alcanzarse.....	3
Campos de interés para su aplicación.....	4
Características con la EPI.....	4
Material y métodos.....	5
Descripción del aparato.....	6
Características técnicas.....	6
Características técnicas.....	6
Pretensiones y resultados.....	7
Iontoforesis con galvánica pura o galvánica al 50%.....	13
Parada del galvanizador.....	13
Regulación de intensidad.....	14

Sistema de voz del galvanizador.....	14
Fiabilidad del prototipo.....	14
Proceso manual para iontoforesis.....	14
Fichas de iontoforesis.....	15

Introducción

Es importante acudir al libro ELECTROTERAPIA EN FISIOTERAPIA, 3ª edición, al capítulo de iontoforesis (y otros de galvanismo); para reforzar los conceptos aquí vertidos con las nuevas propuestas de fichas para dosificación de iontoforesis y las fichas de dosificación.

La técnica de galvanización e iontoforesis se emplea, actualmente, de forma empírica y obedeciendo a resultados de investigaciones por tanteo estadístico sin bases sólidas. Hasta ahora los galvanizadores son equipos que aplican la galvánica en modo CC y que miden únicamente el tiempo de sesión y la intensidad.

Es necesario establecer un sistema de trabajo que nos conduzca al establecimiento de dosificaciones claras, así como al conocimiento del comportamiento resistivo del organismo ante la aplicación de electricidad, según esta propuesta, electricidad en la modalidad de galvánica.

Esta propuesta de equipo se destina a investigar y conseguir tratamientos precisos, así como posibilitar aclaración de dudas con respecto a las referidas técnicas.

Los fisioterapeutas que aplicamos esta técnica necesitamos información detallada sobre sustancias terapéuticas y su comportamiento electroquímico. Para ello, con este galvanizador **se podrá componer una lista de medicamentos** con información suficiente y parámetros fiables.

Los equipos que actualmente se encuentran en el mercado señalan la intensidad eléctrica de pico o de pulso que circula, el tiempo transcurrido de sesión y, algunos, llegan a permitir el ajuste de ciertos parámetros electroquímicos. Pero no aportan datos sobre la cantidad de iones introducidos ni sobre el comportamiento electromolecular de los medicamentos (fundamentalmente de los realmente útiles). Tampoco sabemos nada acerca de los demás parámetros eléctricos del circuito, etc.

Las listas de medicamentos para iontoforesis actuales son pobres en datos y no aclaran dudas básicas, únicamente debemos guiarnos por trabajos de tanteo estadístico. Por ello, es necesario un sistema que, además de resultados observables, nos aporte información básica para establecer bases firmes. No podemos sufrir situaciones publicitarias sobre ciertas sustancias que, posteriormente, se comprobó que eran eléctricamente no ionizables.

Tabla 1. Posibilidades del sistema clásico y del sistema propuesto		
	Actualmente	Con este proyecto
Nombre del fármaco	SI se conoce	SI se conoce
Dosis del fármaco	NO se sabe	SI se calcula
Polaridad	Confusa	SI se sabe y se puede hallar
Valencia	Confusa	Más precisa
Peso molecular	NO se considera	SI se conoce
Comportamiento de la molécula	NO se sabe	Más precisa
Capacidad de paso a través de la piel	¿?	Se puede investigar
Conductividad del fármaco	¿?	Se demuestra
Efecto terapéutico	¿?	Más preciso y controlable
Riesgo de quemadura	Relativamente controlable	Controlable con precisión
Comportamiento eléctrico del paciente	NO se conoce	SI es controlable y observable
Investigación	Puede hacerse poca y por vía empírica	Se abren muchas facetas nuevas para investigar sobre el paciente, los medicamentos y sus dosis.

Objetivos que deben alcanzarse

Será un equipo destinado a generar, dentro de los efectos galvánicos, dos corrientes: corriente continua y pulsada con polaridad al 50% de componente galvánico, ambas para generar efectos galvánicos sobre el organismo e iontoforesis o introducción acelerada de medicamentos localmente por vía percutánea. Se ajustará a la normativa de seguridad eléctrica correspondiente (que no tiene por qué ser la de la C.E.). Con diseño moderno basado en electrónica digital, controlado por **microprocesador**, con su programa o **software** correspondiente y **posibilidad de conexión a un ordenador personal (PC)**.

Así, el sistema medirá y permitirá:

- por un lado, investigar y concretar los parámetros eléctricos de intensidad, voltaje, resistencia del circuito corporal para aplicar la Ley de Ohm, la Ley de Joule y la Ley de Faraday a fin de calcular la dosis o cantidad de fármaco introducido;
- y por otro, investigar y concretar el comportamiento y cambios del organismo durante las sesiones.

El aparato permitirá introducirle datos por su teclado y controlar adecuadamente el estado de la batería para garantizar su aporte energético, evitar su agotamiento o

deterioro rápido. Se diseñará y fabricará explícitamente su propio cargador de baterías que le acompañará.

No obstante, los galvanizadores que garantizan el mejor funcionamiento son los que se alimentan directamente de la red eléctrica.

Se resalta la instalación de un circuito de voz que leerá los parámetros aparecidos en la pantalla, pensando en los fisioterapeutas ciegos o, simplemente, en la aportación de datos al terapeuta, los datos que se actualizan en la pantalla, mediante información sonora.

Campos de interés para su aplicación

De entre varias utilidades, el galvanizador abordará diversos frentes fundamentales y puede emplearse para:

- 1) -El estudio y análisis del galvanismo que por sí sólo genera dentro del organismo efectos terapéuticos al influir en sus reacciones electroquímicas: genera calor, cambia el nivel de polarización de membrana y cambia el pH.
- 2) -El estudio del galvanismo como sistema electroforético para conseguir desplazamiento y penetración, a través de la piel, de sustancias o de radicales iónicos medicamentosos.
- 3) -También puede aplicarse para conseguir pequeñas quemaduras superficiales o profundas de forma controlada sobre la piel -microelectrolisis guiada percutánea endotissular (EPI)- ya que permite el cálculo de los julios aplicados, así como explorar y encontrar la resistencia y capacidad de defensa de los distintos tejidos ante la corriente galvánica.
- 4) -Puede utilizarse para localizar puntos gatillo, puntos de acupuntura y meridianos, averiguar el nivel de inflamación y como galvanopalpador para encontrar zonas alteradas, etc.
- 5) -Será posible estudiar el comportamiento de la resistencia corporal cuando las sesiones son largas, investigar cuáles son los límites energéticos para evitar quemaduras, cómo se comportan las distintas zonas de la piel, cómo influye el tamaño de los electrodos, qué sustancias o fármacos, permiten o no, la conducción eléctrica, etc.

Características con la EPI

Para que este equipo pueda usarse en la técnica de la EPI debe poseer un sistema de electrodos consistente en un común [+] de metal para que entre en contacto con el paciente mediante apoyo sobre la piel, o asiéndolo con la mano. El electrodo activo [-], es una aguja de acupuntura recubierta de teflón (excepto en la punta) para localizar el efecto electrolítico en la punta de la aguja.

El límite de intensidad (para la EPI) se establecerá en un máximo de 5 a 6 mA y el tiempo se controlará mediante el corte de la corriente por pedal.

La intensidad se elevará progresivamente durante 1 a 2 segundos (hasta alcanzar la máxima establecida y ajustada).

Para practicar la EPI se debería superar el tanteo empírico y ajustar la dosis en Julios (considerando la intensidad, el voltaje, la resistencia del paciente y el tiempo de la sesión); a fin de intentar establecer un valor adecuado en

Julios que unifique las dosis de acuerdo a las alteraciones electroquímicas pretendidas en cada caso o paciente.

Estas dosis requieren de previa investigación, o partiendo de la experiencia que aporta la práctica empírica y la información del galvanizador, establecer las dosis y sistema correcto de dosificación tendente al uso científico y evitar progresivamente el empírico.

La fórmula para hallar los Julios aplicados es la siguiente:

$$J_T = I \times V \times t$$

Siendo J_T = a Julios totales

I = intensidad en Amperios. En caso de considerar directamente los mA, para cálculos con la fórmula, su valor se dividirá entre 1.000.

V = a voltaje que depende de la resistencia de los tejidos. V puede sustituirse por: $I \times R$; siendo R la resistencia del paciente.

t = tiempo de la aplicación en segundos.

$$R = V / I.$$

Fórmula para dosificar:

$$t = \frac{J_T}{I \times V} = \frac{J_T}{W}$$

Siendo J_T = dosis.

W = a potencia o el producto de $V \times I$.

t = a segundos de sesión.

Así pues, el parámetro a decidir es la dosis o Julios totales aplicados al paciente.

Para perfeccionar la dosificación, procede contemplar el volumen de la zona alterada electroquímicamente alrededor de la punta de la aguja, pues cuantos más Julios se depositen (o más tiempo de sesión) mayor será la zona afecta.

Los profesionales experimentados en la técnica de EPI: ¿Han conseguido establecer el volumen de tejido afectado en una sesión habitual?

Tampoco puede olvidarse que el efecto electrolítico es inversamente progresivo al alejamiento de la aguja.

La resistencia y el tipo de tejido también influyen en el volumen de tejido afectado y en su forma.

Mientras sigamos aplicando "algunos segundos ¿?" en cada punción, no se puede presumir en exceso de una técnica basada en la "evidencia científica". Que no es lo mismo que la evidencia empírica.

Material y métodos

Será un aparato portátil, alimentado con batería de alta capacidad y recargable por su propio cargador diseñado con ese propósito. Caja de plástico con material homologado. Dispondrá de los adecuados sistemas de seguridad eléctrica, salida de aplicación y salida USB para captación de datos por un PC compatible, a fin de practicar investigaciones orientadas a la consecución de datos estadísticos. Por otra

parte, la conexión al PC permitirá actualizaciones de software, introducción y actualización de datos sobre fármacos, etc.

La carga de la batería será controlada por el microprocesador y no permitirá su uso en tanto el aparato se encuentre en situación de carga de batería.

Se diseñarán o adquirirán electrodos adecuados para las distintas funciones, siempre homologados.

Descripción del aparato



Fig. 1 Prototipo de galvanizador analógico que mide simultáneamente la intensidad y el voltaje aplicados durante la sesión. Los parámetros cambian en tiempo real de acuerdo al comportamiento del circuito.

Un precursor del equipo propuesto en estas páginas lo podemos ver en la (Fig. 1). Se trata de un galvanizador analógico que presenta la intensidad en mA y el voltaje. Partiendo de estos dos valores podemos calcular multitud de parámetros eléctricos y electroquímicos.

Así mismo, puede observarse la evolución de parámetros durante la sesión y hallar el comportamiento tisular ante el paso de la energía eléctrica durante la sesión.

La (fig. 2) podría servir como orientación aproximada del aspecto externo del equipo propuesto, salvo cambios impuestos por las necesidades de diseño, de seguridad, constructivas y/o técnicas.

Características técnicas

- Trabaja en **intensidad constante**.
- intensidad regulable desde 0 hasta 15 mA;
- para la EPI de 0 a 6 mA;
- voltaje máximo en vacío 180 Voltios (reajutable automáticamente);
- calcula la resistencia y la presenta;
- calcula la potencia y la presenta;
- calcula los Julios y los presenta;
- presenta el tiempo de dos formas, cuenta atrás en minutos y cuenta adelante en segundos;
- no permite sobrepasar la densidad de energía por encima de 0,15 mA/cm²;
- aplica la Ley de Ohm para los distintos cálculos eléctricos;
- aplica la Ley de Faraday para cálculo teórico de la masa electroquímica desplazada;
- aplica la Ley de Joule para cálculo del trabajo realizado durante la sesión.

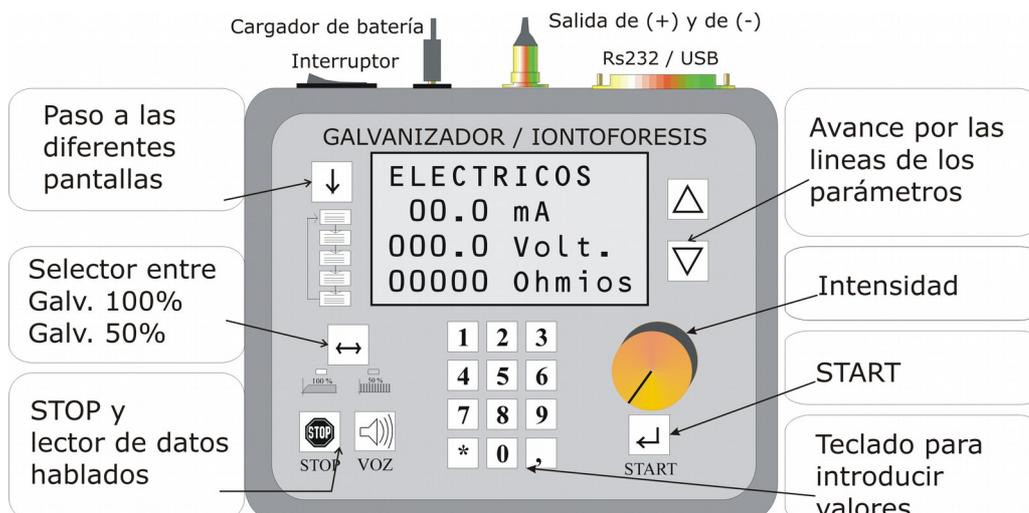


Fig. 2 Sugerencia de prototipo para galvanización e iontoforesis computerizado para trabajar con precisión en la dosimetría.

Diagrama de bloques (Fig. 3).

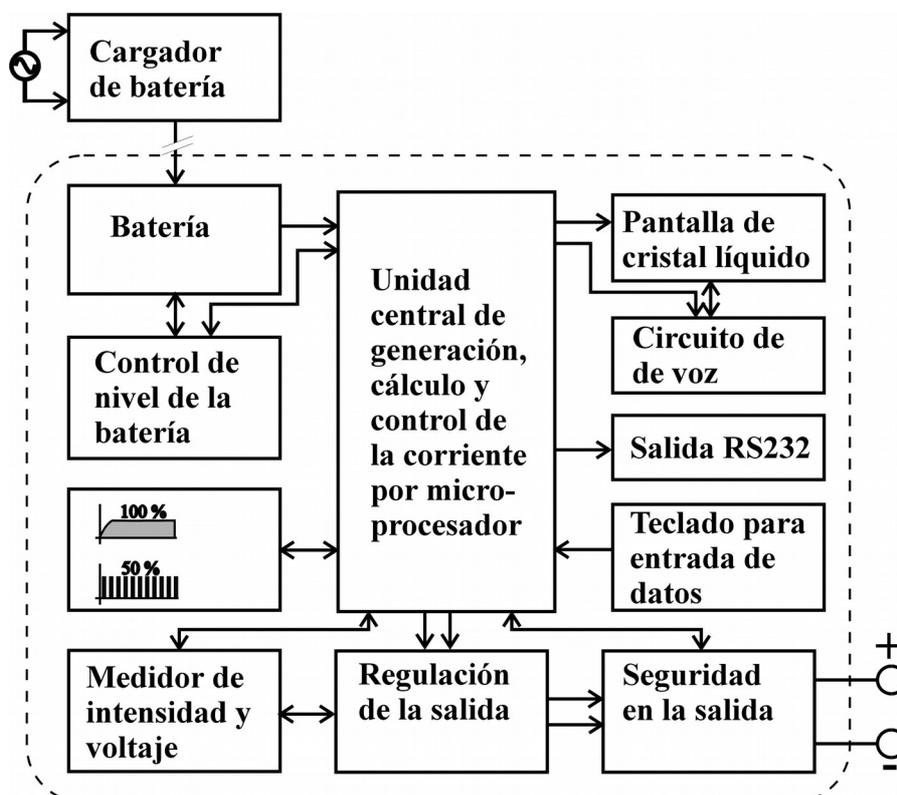


Fig. 3 Diagrama de bloques básico para el equipo que se propone.

Pretensiones y resultados

Se pretende conseguir un prototipo fiable y seguro que aporte información amplia y variada acerca de las circunstancias que rodean a la técnica de galvanización, de iontoforesis y de la EPI. Para ello dispondremos de abundantes datos en las **seis pantallas consecutivas** que el prototipo es capaz de presentar, según la figura. 4, si pulsamos la tecla de avance por las diversas pantallas y su correspondiente menú.

Si se diseña contando con la técnica de la EPI, el equipo debería poseer una séptima pantalla específica. Con la seis propuestas también puede dedicarse a la EPI perfectamente

Los menús para ajuste de parámetros en pantalla de cristal líquido presentados por el galvanizador tendrán la siguiente cadencia:

- 1) -Electrodos.
- 2) -Dosis.
- 3) -Fármaco.
- 4) -Eléctricos.
- 5) -Trabajo.
- 6) -Batería.

Esto nos permitirá su uso como cualquier galvanizador simple, o como instrumento para investigar y profundizar sobre diversos parámetros.

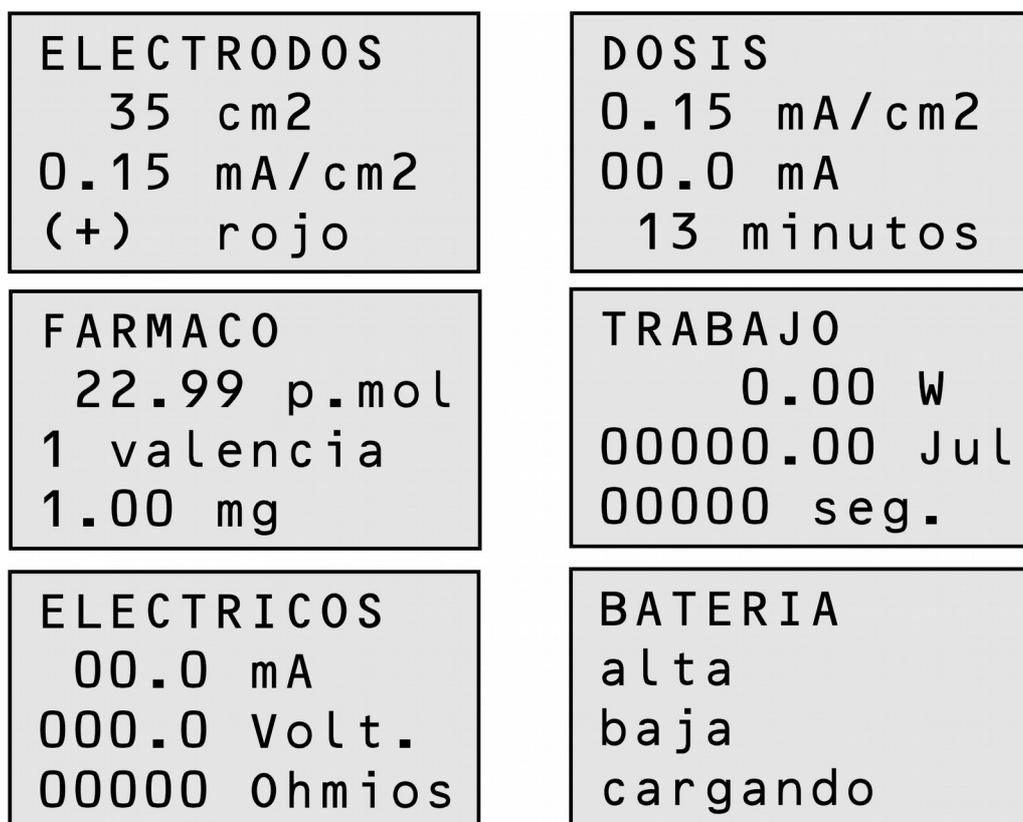


Fig. 4 Pantallas sucesivas en las que se presentan hasta seis aspectos o modos de trabajo.

1. Electrodes

Esta pantalla o menú se activará desde el momento que sea pulsado el interruptor general. En la figura 5 se indican las posibles variables a programar, los parámetros, límite de valores y fórmulas correspondientes.

- cm² de los electrodos;
- mA que deseamos circulen por cada cm² y
- polaridad de los electrodos.

	ELECTRODOS	
cm	35 cm ²	de 0 a 150
mac	0.15 mA/cm ²	de 0.01 a 1
(+/-)	(+) rojo	(+) ó (-)

Fig. 5 Pantallas en la que se controla la dosis clásica y el tamaño de los electrodos.

cm = superficie de los electrodos y es valor modificable

mac = dosis clásica y es valor modificable

[+] y [-] modificable

$$mac = \frac{ma}{cm}$$

$$ma = mac \cdot cm$$

El equipo presentará como valores prefijados los de 35 cm² 0,15 mA/cm² y el electrodo rojo [+].

Estos ajustes se efectuarán con el teclado numérico. Una vez introducidos los parámetros de cada línea, pasamos a la siguiente pantalla.

Los mA totales solamente serán reflejados después de pulsar la tecla **start**, pero con los valores introducidos en este primer menú, el procesador ya sabe que deberán ser 5,25 mA, procedentes del cálculo: 35 cm² × 0,15 mA/cm².

2. Dosis

Las formas de uso más habituales con los galvanizadores comercializados se apoyan en estas dos primeras pantallas, e incluso no es necesario retocar valor alguno, ya que el prototipo ofrecerá preprogramados de fábrica, parámetros acordes con una aplicación sin riesgos (Fig. 6). En esta pantalla veremos y ajustaremos los parámetros de

- mA en cada cm²
- mA en la salida del equipo
- tiempo de la sesión calculado según la Ley de Faraday aunque se podrá modificar si lo consideramos oportuno.

	DOSIS	
mac	0.15 mA/cm ²	de 0.01 a 1
ma	00.0 mA	de 0 a 15
t	13 minutos	de 0.00 a 999.00

Fig. VII. 6 Pantallas en la que se controla la dosis clásica y el tiempo dependiendo de los parámetros del fármaco o del tiempo deseado sin considerar el fármaco.

mac = ma / cm (modificable)

ma = mac × cm (coincidente con el valor leído en la salida)

t = tiempo en minutos modificable o calculado según la Ley de Faraday

Ley de Faraday:

$$t = \left(\frac{mg \cdot v \cdot 96500}{pm \cdot ma} \right) / 60 \text{ en minutos. Puede modificarse}$$

Siendo.—t: tiempo de la sesión; mg: miligramos del medicamento; v: valencia del compuesto; 96.500: constante de Faraday; pm: peso molecular; ma: miliamperios; [/60]: pasa el tiempo a minutos.

Es por esto que, desde el momento en que lo activemos, pulsando la tecla **start**, el equipo iniciará un tratamiento con 0,15 mA/cm², electrodo pequeño de 35 cm² y 13 minutos de sesión (pudiendo leer, al cabo de 3 s, que por el circuito pasan 5,25 mA). En la Ley de Faraday se indican las posibles variables a programar, los parámetros, límite de valores y fórmulas correspondientes.

Los miliamperios totales se mantendrán siempre en el mismo valor, ya que el galvanizador trabajará en corriente constante o intensidad constante (CC). Por este motivo, nunca pasará mayor intensidad que la regulada y controlada por el microprocesador, pero sí puede caer a cero siempre que el circuito electrónico no sea capaz de cumplir la Ley de Ohm.

Se programará para que trabaje bajo una impedancia comprendida entre 10 Ohm y 10 Kohm. Menos de 10 Ohm se considerarán como corto circuito y desencadenará su alarma correspondiente. Más de 10.000 Ohm, también nos indicará aplicación incorrecta y fallo de los electrodos.

Se recuerda que ante la galvanización, el comportamiento del organismo es el equivalente a resistencia óhmica pura sin efecto capacitivo.

Los minutos que se visualizan (13 minutos preprogramados) pueden aumentarse o disminuirse, o se verán otros valores procedentes de las operaciones matemáticas del microprocesador. En este caso, tendríamos que haber ajustado los miligramos que deseamos introducir en el menú que se explica a continuación. Luego, al reajustar el tiempo, influiremos en la cantidad de medicamento, e igualmente, al regular la cantidad de medicamento, cambiará el tiempo.

3. Fármaco

Si el tiempo de sesión lo consideramos según los parámetros del fármaco, deberíamos pasar antes por esta pantalla.

Cuando hayamos terminado con las regulaciones del menú anterior, avanzaremos hasta la pantalla de fármaco donde podremos indicar el peso molecular y la valencia del fármaco.

Estamos ya ante una función específica de este galvanizador destinado a iontoforesis, es decir, permitirá el cálculo (cuando menos aproximado) de la cantidad del medicamento que pretendemos introducir bajo la piel.

Primero, podremos reajustar los datos electroquímicos del radical medicamentoso que nos interesa y el procesador nos calculará el tiempo de la sesión de acuerdo con los parámetros eléctricos previamente ajustados (Fig. 7). Podemos ver los parámetros de:

- pm (peso molecular de la molécula) del fármaco
- v es la valencia de la molécula
- mg son los miligramos del compuesto que pretendemos introducir.

pm	FARMACO 22.99 p.mol	de 1.00 a 999.99
v	1 valencia	de 1 a 7
mg	1.00 mg	de 0.05 a 15.00

Fig. 7 Pantallas del fármaco.

pm = valor fijo introducido

v = valor fijo introducido

seg = variable de tiempo en segundos

mg = valor fijo introducido o calculado según la fórmula de faraday:

$$mg = \frac{pm \cdot ma}{v \cdot 96500} \cdot seg \text{ (variable de segundos)}$$

El prototipo ya dispondrá de valores por defecto para que pueda aplicar la fórmula que lleva programada. Las cifras presentadas se refieren a la introducción de 1 mg de sodio Na^+ , cuyo peso molecular es de 22,99 y valencia de 1. Los 13 minutos prefijados en la anterior pantalla corresponden al tiempo necesario para conseguirlo. En la figura VII. 7, se indican las posibles variables a programar, los parámetros, límite de valores y fórmulas correspondientes.

Es fundamental esta pantalla, junto con los otros menús, para investigar sobre cubetas de ensayo en laboratorio el desplazamiento iónico de medicamentos, las disoluciones que los sustentan, el comportamiento molecular y la permeabilidad de las diversas membranas (fundamentalmente de la piel). Ver las fichas de dosificación que se proponen la 3ª edición de ELECTROTERAPIA EN FISIOTERAPIA.

4. Eléctricos

Este menú nos ofrece los valores eléctricos procedentes de cálculos, según los parámetros introducidos en el circuito de acuerdo con la Ley de Ohm. Esta pantalla se destina a los procesos de investigación y comprobación sobre el funcionamiento del circuito al paciente, así como para calcular y averiguar la conductividad de los diversos medicamentos, disoluciones, electrodos, tejidos y membranas. En la figura 8, se indican las posibles variables a programar, los parámetros, límite de valores y fórmulas correspondientes.

ma	ELECTRICOS 00.0 mA	de 0 a 15
vo	000.0 Volt.	de 0 a 180
oh	00000 Ohmios	de 0 a 99999

Fig. 8 Pantallas de parámetros eléctricos leídos sobre el circuito entre el equipo y el paciente.

ma = parámetro de intensidad leída en la salida (no modificable)

v_o = parámetros de voltaje leído en la salida (no modificable)

$$oh = \frac{v_o}{(ma \cdot 1000)} \quad (\text{valor no modificable})$$

Hasta que el equipo no se encuentre trabajando, lógicamente, no aparecerán parámetros, pues los valores de intensidad y voltaje son reales y leídos en el punto de salida.

Solamente dispondríamos de un parámetro para reajustar, el de mA, el cual también reflejará la medida real en la salida. La resistencia viene dada por los cálculos del procesador al aplicar la Ley de Ohm, $[R = V / I]$.

5. Trabajo

Cuando avancemos a la pantalla de trabajo, como investigadores, obtendremos información sobre el comportamiento del circuito en cuanto a potencia, trabajo y, fácilmente, posibles calorías aplicadas a los tejidos según avanzan los segundos. Esta información aportará datos muy interesantes a la hora de encontrar comportamientos de los tejidos ante quemaduras controladas: cómo evitar quemaduras, transformación de la energía en calor, análisis del efecto térmico de la galvánica, etc. En la figura 9 se indican las posibles variables a programar, los parámetros, límite de valores y fórmulas correspondientes. Las variables son las siguientes:

- w_a potencia o trabajo realizado en un segundo que es un valor calculado
- jul son los Julios que se van aumentando según avanza el tiempo y es un parámetro calculado
- seg es el tiempo expresado en segundos parámetro que va aumentando segundo a segundo según avanza la aplicación. La variable "t" es el tiempo en minutos que se presenta en otra pantalla.

w_a	TRABAJO 0.00 W	de 0 a 2.8
jul	00000.00 Jul	de 0 a 17000
seg	00000 seg.	de 0 a 99999

Fig. 9 Pantallas de parámetros eléctricos basados en la Ley de Joule, para calcular la energía aplicada al paciente considerando el tiempo de la sesión.

$$w_a = v_o \cdot ma$$

$$jul = w_a \cdot seg$$

seg = tiempo en segundos representando cronométricamente.

Esta información no es modificable pero sí estará presente en esta pantalla en cualquier momento de la sesión, desde el instante en que ésta se inicie (lógicamente con sus valores a cero) en el momento de pulsar **start**, se representarán los valores en tiempo real con refresco a intervalos de 1 segundo.

6. Batería

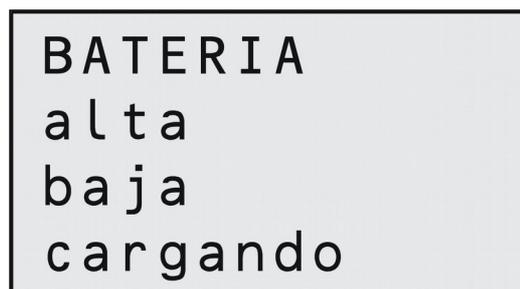


Fig. 10 Pantallas de control de la batería, fundamental para conseguir resultados sin errores.

Esta pantalla se activará por tres razones (Fig. 10):

- bien por la tecla de avance de menú,
- bien por descarga de la batería, o
- cuando se conecta la clavija de recarga.

Si pasamos por este menú, y el prototipo se encuentra en situación normal, nos indicará si el estado de la batería es alto o bajo (Fig. 11).

(Fig. 12) sin poder cambiar a otra función en tanto no se concluya la recarga completa, diciéndonos que la batería se halla cargando y baja.

Si Se halla descargado, en la pantalla leeremos que la batería se encuentra baja. Al conectar la clavija de recarga se activará el menú de la

Si Se halla descargado, en la pantalla leeremos que la batería se encuentra baja. Al conectar la clavija de recarga se activará el menú de la

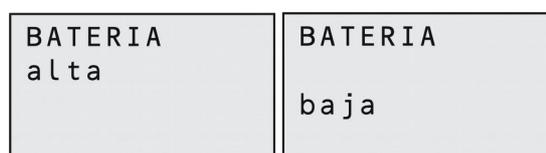


Fig. 11 Pantallas del estado de la batería sin conexión al cargador.

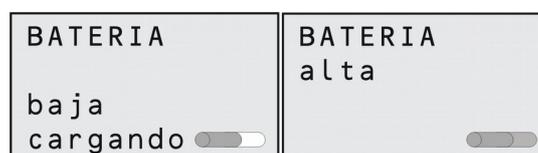


Fig. 12 Pantallas del estado de la batería cuando se conecta al cargador.

En el

momento que se complete su carga,

desaparecerán las palabras «cargando» y «baja», para indicarnos que la batería está «alta» y dispuesta para su uso siempre que desconectemos la clavija del cargador.

Iontoforesis con galvánica pura o galvánica al 50%

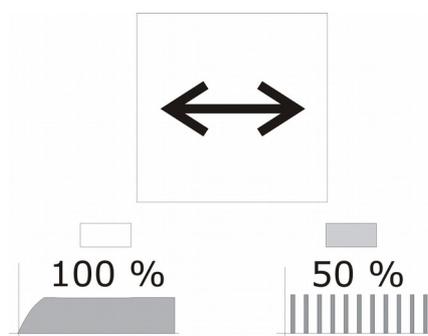


Fig. 13 Opción de elegir entre galvánica pura y pulsada al 50% de componente galvánico.

El prototipo dispondrá de un doble sistema de aplicación, inyectando (Fig. 13):

- corriente continua con eficacia galvánica al 100% y
- corriente de forma pulsada al 50%, introduciendo reposos entre los pulsos (ambos de igual duración) de manera que la frecuencia obtenida sea de 125 Hz, 4 (ms de pulsos rectangulares y 4 ms de reposo).

El sistema pulsado ofrece ventajas sobre la corriente galvánica pura: no agrede tanto a la piel, y además, provoca un importante estímulo sensitivo de "calambre" eléctrico que aporta nuevos efectos terapéuticos a modo de analgesia tipo **TENS**.

En la modalidad de aplicación mediante pulsos, las posibilidades son amplias y pueden desarrollarse sistemas con componente galvánico, sin componente galvánico, con diferentes frecuencias y mismo componente galvánico, etc.

Parada del galvanizador

En cualquier momento podemos detener la sesión del tratamiento presionando la tecla **stop**. Tanto al pulsar la tecla de **start** como la de **stop**, el aparato alcanzará su

intensidad máxima o la disminuirá hasta cero, respectivamente, de forma progresiva durante 3 segundos (salvo en la EPI que debe subir y descender algo más rápido).

Regulación de intensidad

Con el potenciómetro giratorio podemos ajustar la intensidad en mA o mA/cm² en tiempo real, es decir, durante la sesión y únicamente en tres pantallas:

- en la de **Electrodos**.
- en la de **Dosis**.
- en la de **Eléctricos**.

Las pantallas de FÁRMACO y de TRABAJO serán usadas para ajustar valores (la primera) y para ver resultados (la segunda).

Al incluir el uso con la técnica de EPI, la subida y bajada de intensidad deben controlarse mediante pedal.

Sistema de voz del galvanizador

Se pretende que este galvanizador disponga, **a voluntad**, de su propio sistema de información sonora, de forma que toda información alfanumérica presentada en pantalla sea leída verbalmente: bien como ayuda a quien tenga dificultad para leer la pantalla de cristal líquido (fisioterapeutas ciegos) o, como simple refuerzo de información, por vía sonora además de visual; pues en multitud de ocasiones se está pendiente visualmente de un proceso y no será necesario apartar la mirada para recibir la información en tiempo real y de forma continuada, por vía auditiva.

En el caso de la EPI es muy importante el refuerzo sonoro porque la vista debe estar pendiente de la maniobra con la aguja, con el cabezal de ecografía y con la pantalla del ecógrafo.

Fiabilidad del prototipo

Una vez terminada su construcción y puesta a punto, será sometido a diversos protocolos de experimentación a fin de establecer dosificaciones eléctricas y dosificaciones medicamentosas, así como para delimitar los riesgos de la corriente galvánica.

También será necesaria la colaboración de bioquímicos o farmacéuticos para encontrar una lista básica de sustancias terapéuticas que garanticen su efectividad y que aporten información suficiente como para trabajar con una mínima precisión.

Este equipo permitirá dosificar la corriente galvánica en potencia (W) y en J/cm², superando la forma empírica de medir únicamente los mA.

Proceso manual para iontoforesis

Para entender el funcionamiento del prototipo propuesto, se sugiere realizar el siguiente proceso de forma práctica sobre la ficha de la figura 14.

Tenemos que rellenarla paso a paso para aplicar procaína como anestésico local sobre el ligamento lateral interno de una rodilla.

FICHA PARA IONTOFORESIS

1	Fármaco	2	Peso molecular	3	Valencia	4	Polaridad	5	Formula
	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>
6	Dosis fármaco		7	Disolución		14	Tiempo		
	<input type="text"/> mg			<input type="text"/>			<input type="text"/> minutos		
9	Corriente	10	Comp. Galva.	8	Tamaño Electrodo		$T_{\min} = \frac{\text{mg} \cdot v \cdot 96500}{P_m \cdot I_{\text{mA}}} / 60$		
	<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/> cm ²				
11	Dosis en mA/cm ²		12	mA-efic.		13	mA-de-pico		Voltaje
	<input type="text"/>			<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input type="text"/>
									R en Ohm
									<input type="text"/>
	Efectos								
	<input type="text"/>								
	Observaciones								
	<input type="text"/>								

Fig. 34 Ficha para rellenar de forma práctica.

1. primero escribimos el compuesto denominado procaína;
2. sabemos que tiene un peso molecular de 272,78;
3. valencia de 1;
4. polaridad [-], datos que anotamos en su casilla correspondiente;
5. fórmula $C_{13}H_{21}ClN_2O_2$;
6. pretendemos introducir 10 mg, parámetro fundamental por ser la **dosis del tratamiento**;
7. indicaremos el porcentaje de la disolución que encontraremos en la ampolla (entre un 2% y un 5%);
8. preparamos el electrodo activo (será el [-]) con un paquete de gases estériles bien encuadradas, las medimos y supongamos que ocupan 50 cm², valor que será anotado en la casilla 8;
9. tenemos que decidir y anotar qué corriente aplicamos, bien galvánica u otra con componente galvánico, pongamos que galvánica;
10. suponiendo la galvánica, ¿cuál es su componente galvánico? Lo anotamos;
11. la dosis de galvánica que personalmente recomiendo es de 0,15 mA/cm², pero para este ejercicio anotaremos 0,1 mA/cm²;
12. escribiremos en esta casilla la intensidad eficaz o de efecto galvánico obtenida por los correspondientes cálculos. ¿Cuántos miliamperios eficaces tenemos que aplicar en este caso?;
13. la intensidad de pico, o la que indica el electroestimulador. ¿Qué valor tendrá en esta ocasión?;
14. aplicando la Ley de Faraday. ¿Cuánto tiempo durará la sesión?

El otro electrodo [+] masa o indiferente se situará de forma contralateral en la cara externa de la rodilla, de mayor tamaño que el activo y empapado en agua del grifo o con suero fisiológico. Es fundamental medir la superficie del electrodo activo o pequeño y aplicar los parámetros según los cálculos realizados en los párrafos anteriores.

Fichas de iontoforesis

Este galvanizador con sus múltiples posibilidades permite el perfeccionamiento de la dosis en iontoforesis a fin de conseguir un fichero detallado de fármacos, (bien en fichas en soporte papel o bien en fichas en soporte digital en su propia memoria), tales como las siguientes (Fig. 15 y 16).

FICHA PARA IONTOFORESIS					A	
Fármaco	Peso mol.	Valencia	Polaridad	Formula		
Ácido acético	60,05	1	(-)	CH ₃ CO ₂ ⁻		
Dosis fármaco		Disolución		Tiempo		
5 mg		2,0%		21,3 minutos		
Corriente		Comp. Galva.		Tamaño Electrodo		
Galvánica		100%		42 cm ²		
Dosis en mA/cm²		mA efic.		mA de pico		
0,15		6,3		6,3		
				Voltaje R en Ohm		
				25 3968		
Efectos						
Decalcificador						
Observaciones						
La disolución al 5% irrita bastante la piel. Muy indicado en las calcificaciones del supraespinoso.						

Fig. VII. 4 Ficha con los datos básicos de un compuesto medicamentoso y con los parámetros técnicos necesarios para su aplicación terapéutica.

FICHA PARA IONTOFORESIS					L	
Fármaco	Peso molecular	Valencia	Polaridad	Formula		
Lidocaina	234,34	1	(-)	C ₁₄ H ₂₂ N ₂ O		
Dosis fármaco		Disolución		Tiempo		
10 mg		2,0%		10,9 minutos		
Corriente		Comp. Galva.		Tamaño Electrodo		
Galvánica		100%		42 cm ²		
Dosis en mA/cm²		mA efic.		mA de pico		
0,15		6,3		6,3		
				Voltaje R en Ohm		
				25 3968		
Efectos						
Analgésico local						
Observaciones						

Fig. VII. 5 Ficha con los datos básicos de la lidocaína con los parámetros técnicos necesarios para su aplicación terapéutica.