

EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Investigador responsable:

Prof. Ing. José L. Quero

Integrantes:

Dra. Amira Ponce (UN CUYO)

– 2017–

Universidad de Mendoza



Seccional NOA + Secretaría Técnica

CePETel

Sindicato de los Profesionales
de las Telecomunicaciones



Instituto Profesional de
Estudios e Investigación

Medio Ambiente

➤ **Emisión**



The diagram features a central yellow rectangular box with the text 'Compatibilidad Electromagnética' in bold black font. Above this box is a large, hollow, upward-pointing arrow, and below it is a large, hollow, downward-pointing arrow. To the left of the top arrow is the text '➤ Emisión' in bold red font, and to the left of the bottom arrow is the text '➤ Inmisión' in bold red font. The entire diagram is set against a background that transitions from light yellow on the left to dark blue on the right, with a curved white line separating the two colors.

**Compatibilidad
Electromagnética**

➤ **Inmisión**

Compatibilidad Electromagnética

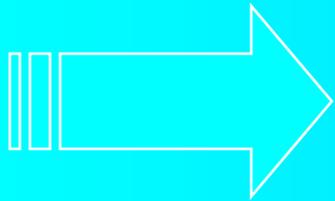
Definición

Se entiende por "compatibilidad electromagnética" a la capacidad de dos o más sistemas para funcionar cada uno satisfactoriamente en el ambiente producido por los otros. Esos sistemas pueden ser aparatos, instrumentos u organismos vivos.

- **Historia**
- **Espectro Electromagnético**
- **Emisores y receptores**

Historia

Apenas pasaron cien años desde las experiencias de Marconi en Inglaterra (1897) y Tibaldo Ricaldoni en Argentina (1898). En 1920 Los Locos de la Azotea Transmiten desde el Teatro Coliseo la Opera “Parsifal” de Wagner



La cantidad de generadores de campos electromagnéticos de todo tipo se ha multiplicado en forma exponencial.

Hoy, cualquier actividad humana está íntimamente relacionada con sistemas industriales, científicos, médicos, de comunicaciones de todo tipo, de navegación, de computación, etc., cuyo funcionamiento, de una manera u otra depende de la existencia de señales eléctricas y de ondas electromagnéticas

Clasificación de Campos Vectoriales

Clasificación según efecto sobre un punto observador o naturaleza:

- **Irrotacional** : Induce **Traslación**
- **Rotacional**: Induce **Rotación**
- **Compuesto**: Induce **Traslación y Rotación**

También conocidos como:

- Irrotacionales ó Potenciales ó Conservativos
- Rotacionales ó Solenoidales ó Turbulento

Compuesto = Irrotacional + Rotacional

Ecuaciones de Maxwell

$$1 - \quad \nabla \times \vec{E} = -\mu \frac{\partial \vec{H}}{\partial \tau}$$

$$2 - \quad \nabla \cdot \vec{E} = \rho / \varepsilon$$

$$3 - \quad \nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \varepsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial \tau}$$

$$4 - \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} = \frac{\bar{E}}{\bar{H}}$$

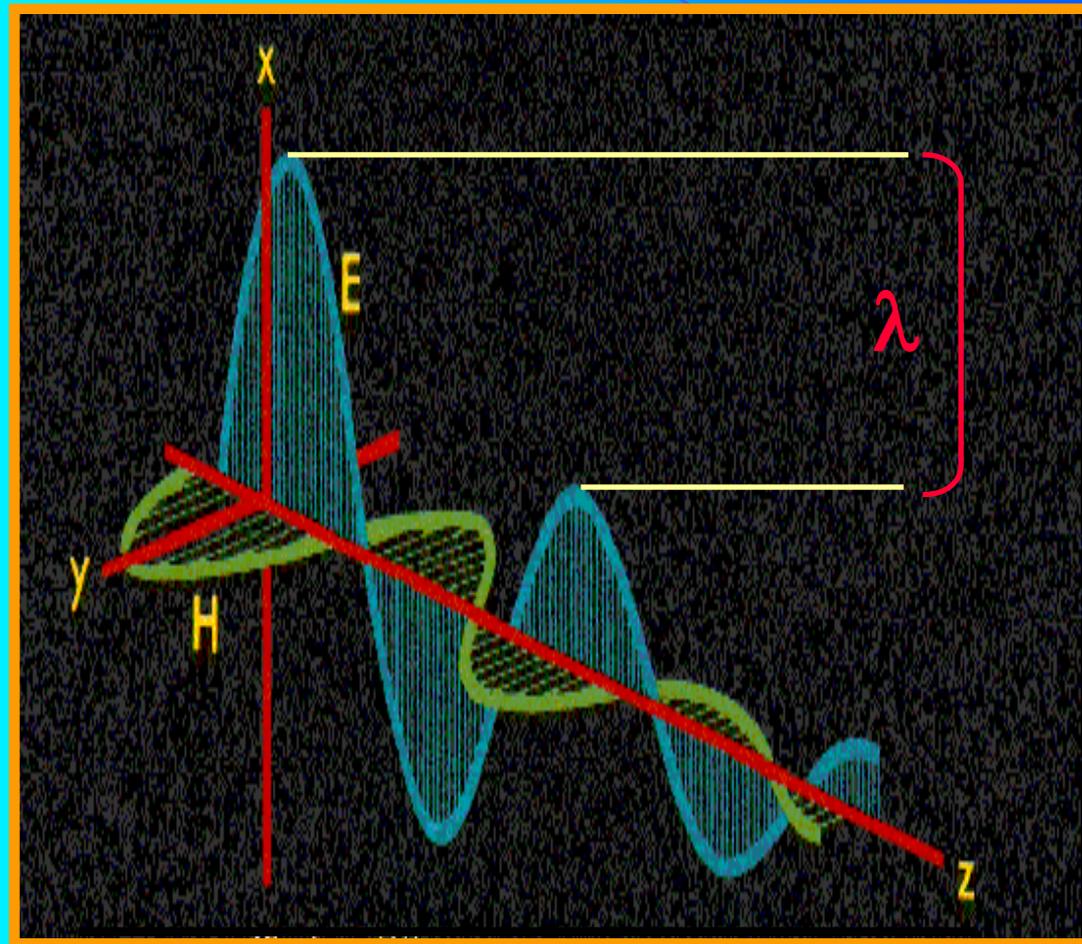
$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu \varepsilon}} = c$$

Solución General de las Ecuaciones de Maxwell

$$\begin{cases} E_y(x,t) = \text{Re} \left\{ E_1 e^{j(\omega.t - \beta.x)} + E_2 e^{+j(\omega.t + \beta.x)} \right\} \\ H_z(x,t) = \text{Re} \left\{ H_1 e^{j(\omega.t - \beta.x)} + H_2 e^{+j(\omega.t + \beta.x)} \right\} \end{cases}$$

$$\beta = \omega \sqrt{\epsilon\mu} = \frac{\omega}{v}$$

Propagación: Onda Plana



Ondas planas en medios Conductores. Solución General. Profundidad de penetración. Efecto pelicular. Tiempo de Relajación.

$$\begin{cases} E_Y(x,t) = \text{Re} \left\{ E_o \cdot e^{-\frac{x}{\delta}} \cdot e^{j\left(\omega \cdot t - \frac{x}{\delta}\right)} \right\} \\ H_z(x,t) = \text{Re} \left\{ \frac{E_o}{Z_{oc}} \cdot e^{-\frac{x}{\delta}} \cdot e^{j\left(\omega \cdot t - \frac{x}{\delta}\right)} \right\} \end{cases}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \sigma}} \quad [\text{m}]$$

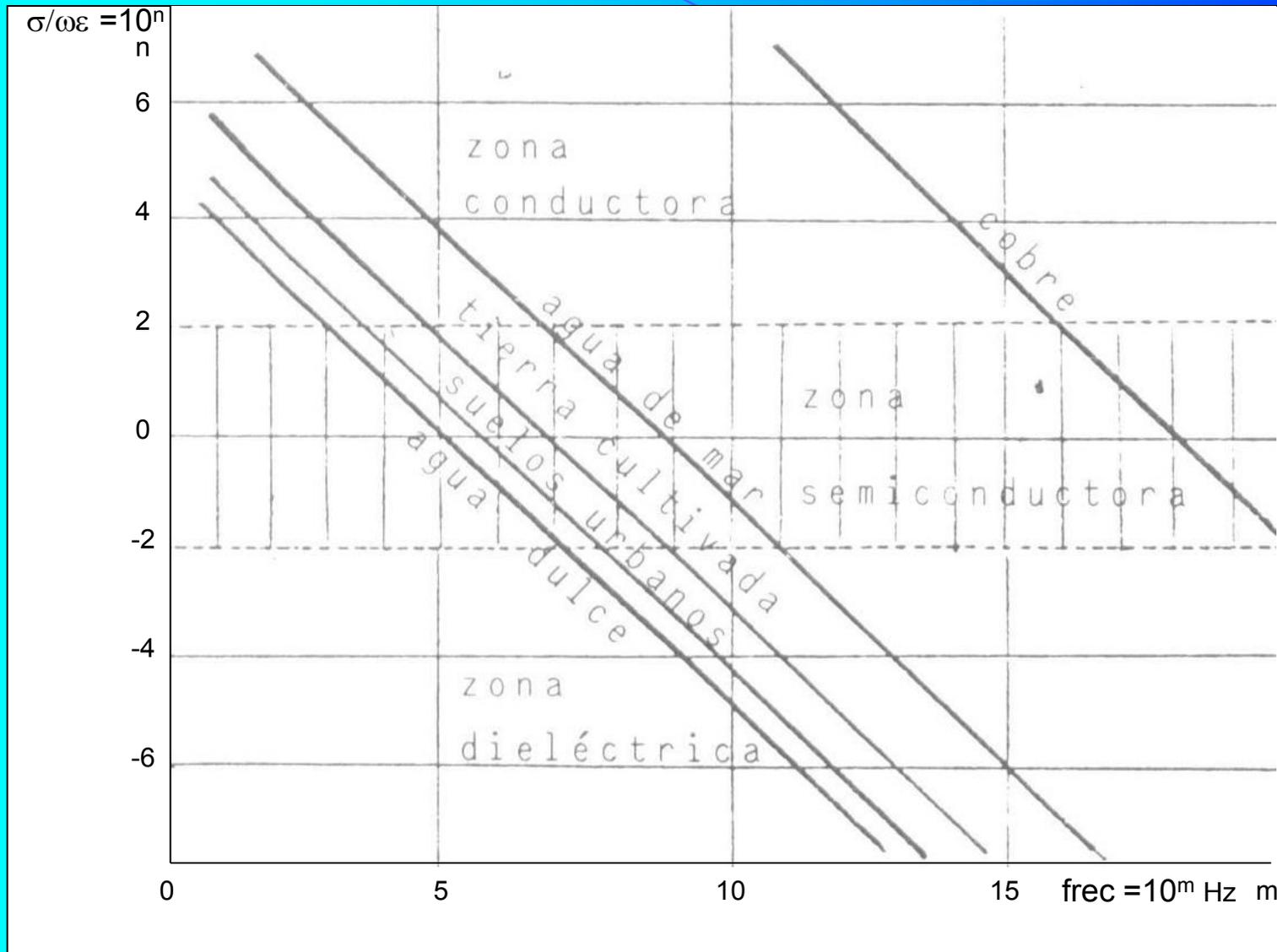
$$E(\delta) = \frac{E_o}{e} \approx \frac{1}{3}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\sigma \rho}{\varepsilon} = 0$$

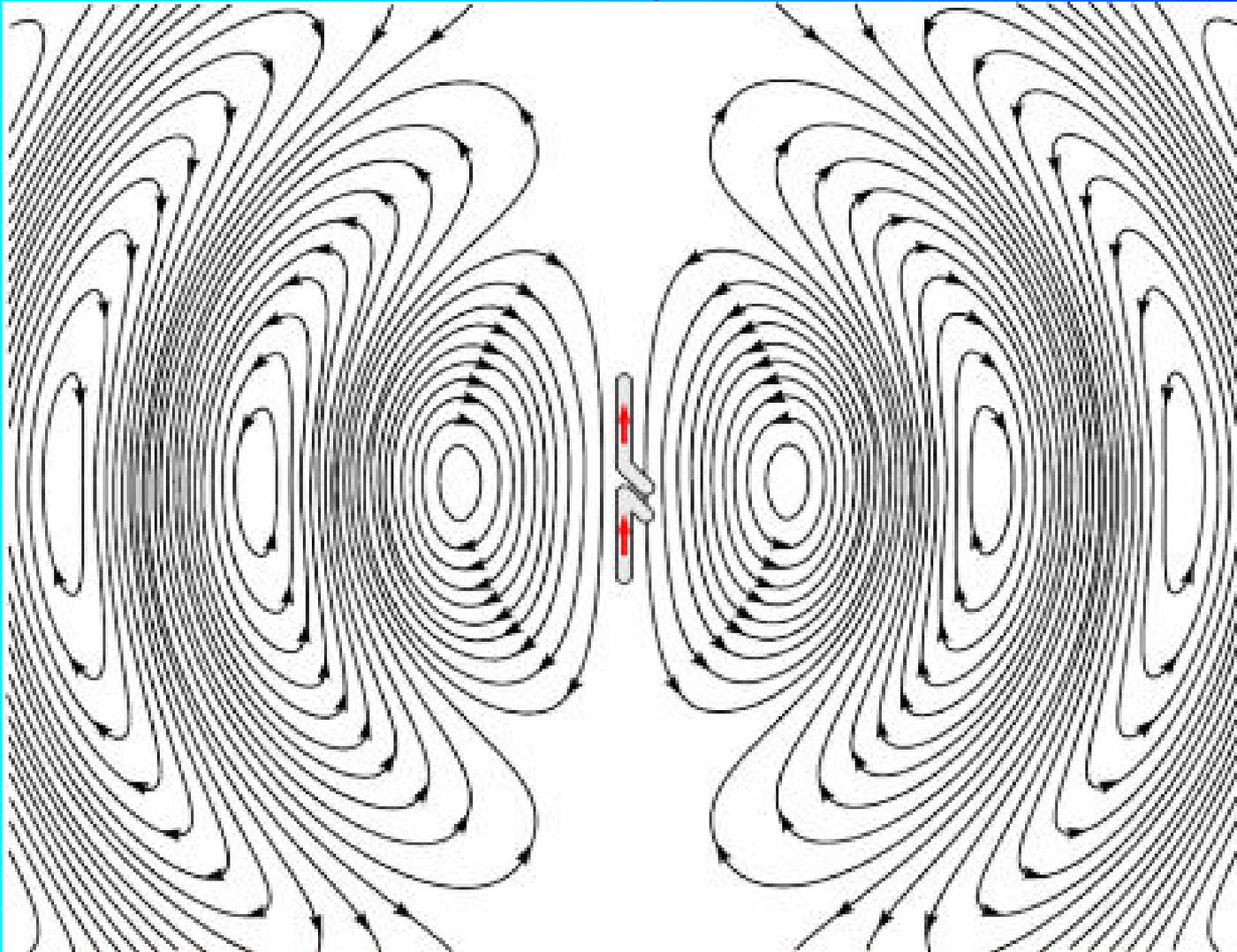
$$\rho(\bar{r}, t) = \rho_o(\bar{r}) e^{-\frac{\sigma}{\varepsilon} t}$$

$$T_r = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad [\text{seg}]$$

Comportamiento de los medios según la frecuencia



Radiación de un Dipolo Elemental



Propagación: Ley de la Inversa del Cuadrado

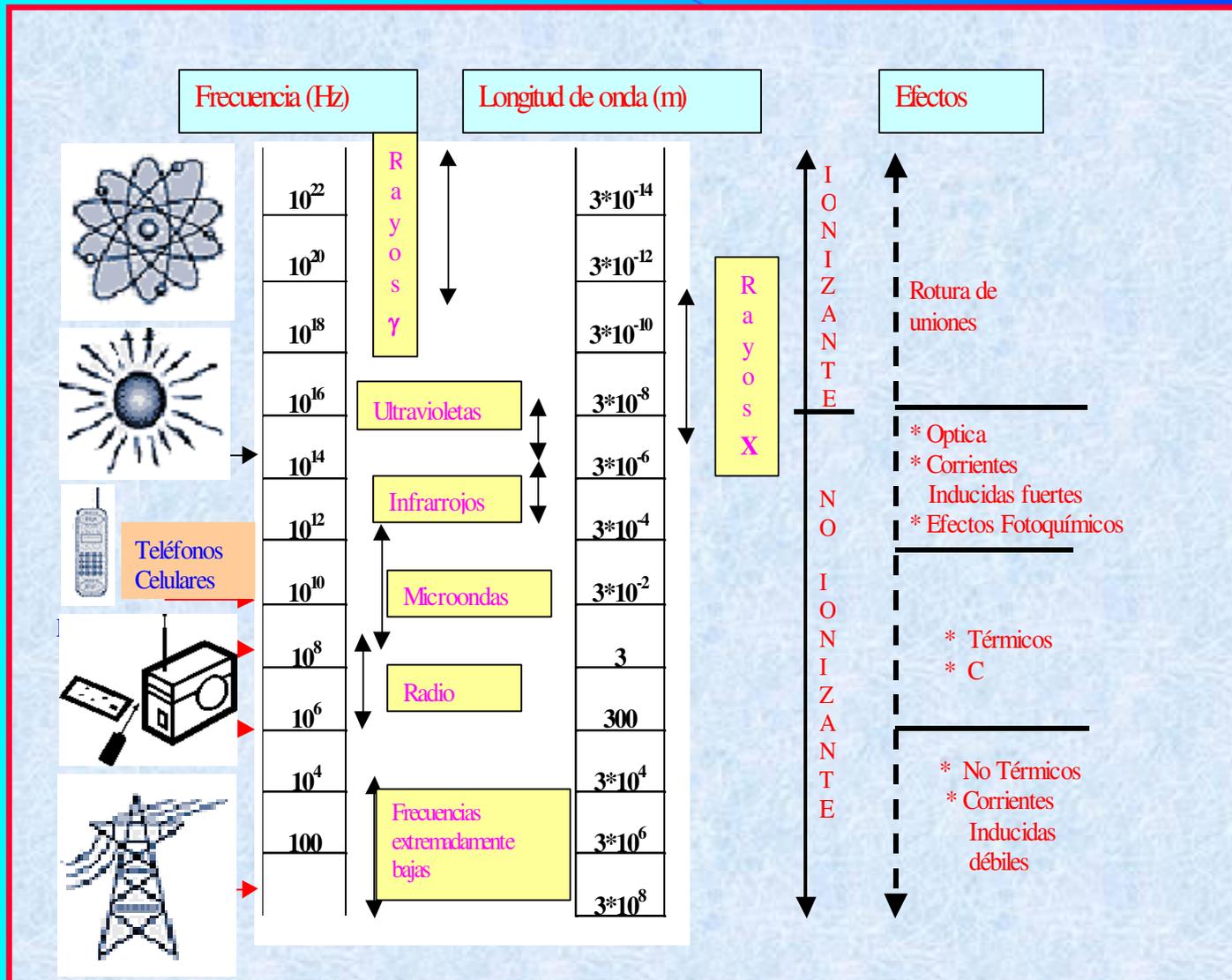
$$I_2 = I_1 \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

$$I_2 = (100 \text{ mW/cm}^2) \left(\frac{3 \text{ ft}}{6 \text{ ft}} \right)^2$$

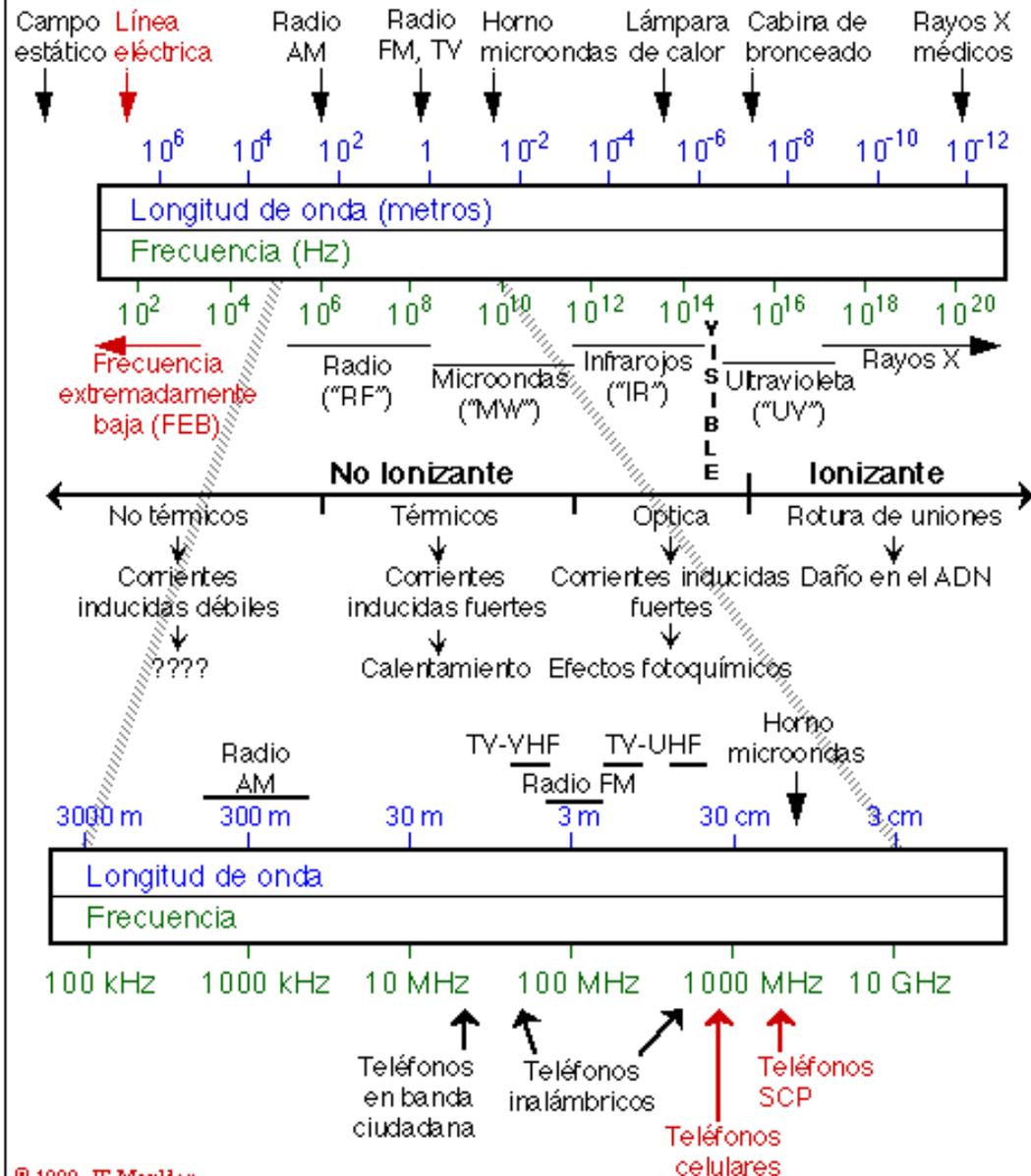
$$25 \text{ mW/cm}^2$$

The diagram illustrates the inverse square law of propagation. A central red lightbulb is surrounded by two concentric circles representing wavefronts. The inner circle has a radius labeled 'r = 3' and a stick figure stands on it. The outer circle has a radius labeled 'r = 6' and a larger stick figure stands on it. Dashed lines connect the lightbulb to the centers of both circles. The diagram shows that as the distance from the source doubles, the area of the wavefront increases by a factor of four, and the intensity decreases by a factor of four.

Espectro Electromagnético



El Espectro Electromagnético



Distintas Fuentes de Emisión de RNI

CUADRO COMPARATIVO

SERVICIO	FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA IRRADIADA
RADIODIFUSIÓN DE AM	535 - 1705 kHz	Mín 100w Máx 100kw
RADIODIFUSIÓN DE FM	88 - 108 MHz	Mín 30 w Max 100kw
RADIODIFUSIÓN DE TV	TV abierta VHF bajo: 54 - 72 MHz (canales 2-4) 76 - 88 MHz (c. 5-6) VHF alto: 174 - 216 MHz (c. 7-13) UHF (en gral. TV codificada, o sea no abierta) 512 - 806 MHz (21-69)	VHF. Mín 5 kw en estación autónoma, 50 w en repetidora. Máx 30 kw en transmisor irradiado hasta 150 kw UHF (codificado área reducida): aprox. 25 w
TELEFONÍA CELULAR	SRMC/STM: 869 - 894 MHz (base) 824 - 849 MHz (móvil) PCS: 1850 - 1910 MHz (móvil) 1930 - 1990 MHz (base)	Celdas en zona muy urbanizada: Aprox. 20 w Zona rural: máx. 100w
HF	Servicio fijo y móvil (en gral uso comercial): 2 - 30 MHz Radioaficionados bandas en los rangos de 1,8 - 3,6 - 3,8 - 7 - 10 - 14 - 18 - 21 - 25 y 29 MHz	Se especifica potencia pico de envolvente (la potencia media está unos 10 dB por debajo) Uso comercial máx 160w Radioafición máximo 1,5 kw
VHF Y UHF	[MHz] 30 - 50 138 - 174 242 - 280 340 - 399 421 - 426 443 - 490	Handies 6 w Móvil 40 w Base 60 w Estos son valores típicos
MÓVIL MARÍTIMO	Rangos HF: 4, 6, 8, 12, 16, 18, 22, 25 MHz Rangos VHF: 156,0 - 157,5 / 160,5 - 162 MHz	HF: aprox. 150w pico de envolvente VHF: 25 w
MÓVIL AERONÁUTICO	HF (AM): entre 2 y 30 MHz VHF: 108 - 118 MHz radionavegación (ILS, VOR) 118 - 137 MHz comunicaciones móvil - tierra	HF: hasta 400w PEP (media 100w) VHF: 20 w

Normas Vigentes

Recomendaciones

- **UIT-T K.52**
- **UIT-T K.83**
- **UIT-T K.maps**

Niveles de referencia

OMS

ONU

Resoluciones Nacionales

- **RESOLUCIÓN 202/95 MSyAS NACIÓN**
- **RESOLUCIÓN 530/00 SECOM**
- **RESOLUCIÓN 3690/04 CNC**

Protocolo de medición: Res. CNC N° 3690/04

Monitoreo Continuo: Res. 11/2014

Normas Vigentes

Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

- **UIT-T K.52 "Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición humana a los campos electromagnéticos" (medidas puntuales)**
- **UIT-T K.61 "Directrices sobre la medición y la predicción numérica de los campos electromagnéticos para comprobar que las instalaciones de telecomunicaciones cumplen los límites de exposición de las personas"**
- **UIT-T K.70 "Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones"**
- **UIT-T K.83 "Supervisión de los niveles de intensidad del campo electromagnético" (monitoreo continuo)**
- **UIT-T K.90 "Técnicas de evaluación y procedimientos de trabajo para el cumplimiento de los límites de tensión de la exposición al campo electromagnético del personal de explotación de la red"**
- **UIT-T K.91 "Orientación para la valoración, la evaluación y el seguimiento de la exposición humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias"**
- **UIT-T K.maps "Métodos y características de los sistemas a utilizar para la generación de mapas RNI con el fin de evaluar y comunicar los niveles de exposición a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia que las personas pueden esperar encontrar en zonas determinadas. "**

Normas Vigentes

La Organización Mundial de la Salud (OMS)

- **Recomienda los niveles de la Máxima Exposición Poblacional (MEA) a las RNI basada en los estudios de la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), que es un grupo de destacados investigadores internacionales reconocidos en la materia.**

Recomendaciones de la Comisión Internacional de Telecomunicaciones (CITEL)

- **Este organismo depende de la OEA ha emitido las recomendaciones CCPII/REC.15 (VI-05) La misma fue formulada a través de su Grupo de Trabajo Relativo a los Aspectos Técnicos y Regulatorios de los efectos de las RNI aconseja ajustarse a las recomendaciones de la OMS UIT y la ICNIRP**

Normas Vigentes

Resoluciones Nacionales

- **Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación Argentina - Resolución N° 202/1995.** La Resolución 202 del año 1995 establece los valores de Máxima Exposición Poblacional y ocupacionales. Esta resolución fue anterior a la publicada por la OMS, pero con la tranquilidad de que los límites establecidos por ambas coincidieron.
- **Secretaría de Comunicaciones de la Nación (SeCom) - Resolución N° 530/2000.** Establece la aplicación obligatoria, a todos los sistemas de telecomunicaciones que irradian RF, los límites impuestos por la Resolución 202/1995.
- **Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC) - Resolución N° 3690/2004.** Esta resolución establece el Protocolo de Medición para la exposición poblacional que se debe aplicar en todo el territorio nacional, con el objetivo de dar cumplimiento con la Res.N° 530/2000 de la SeCom.
- **Monitoreo Continuo: Res. 11/2014.**

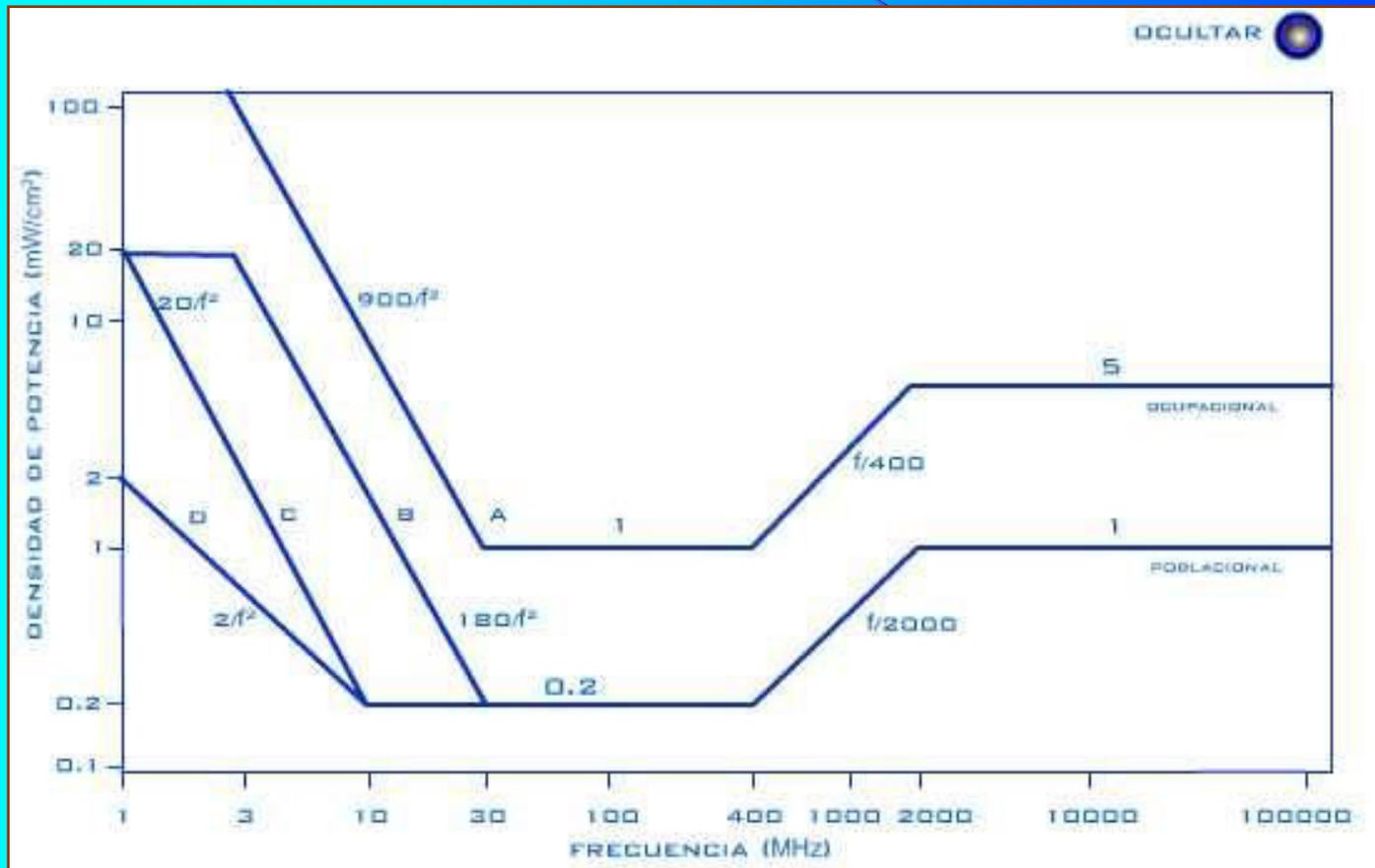
Valores Límites para la Argentina

- Tabla de máxima exposición permitida poblacional, en función de la frecuencia de acuerdo con la Resolución N° 202/95 del Ministerio de Salud y Acción Social de la Nación.

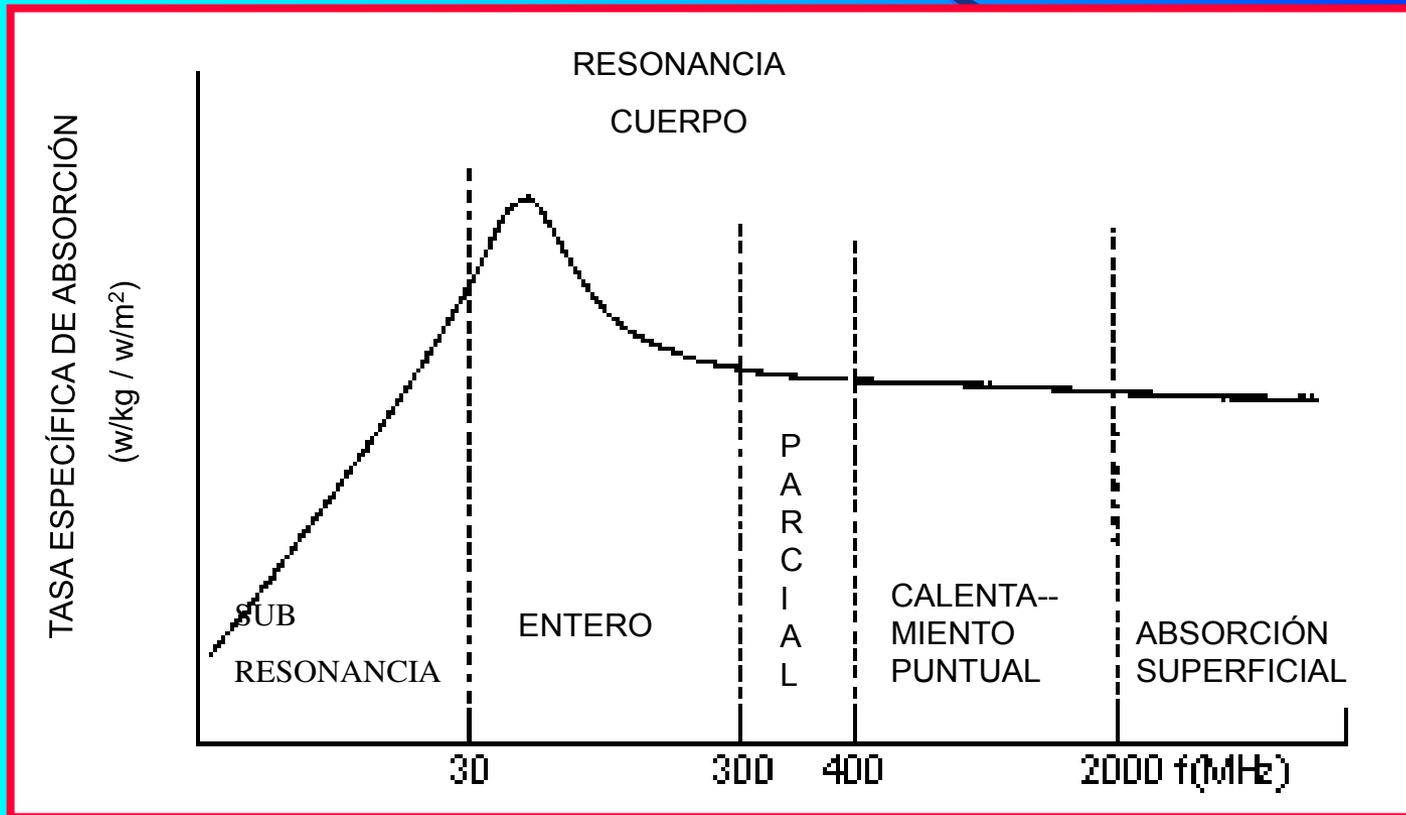
Rango de Frecuencia F (MHz)	Densidad de Potencia Equivalente de Onda Plana (mW/cm ²)	Campo Eléctrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)
0,3 – 1	20	275	0,73
1 – 10	$20 / f^2$	$275 / f$	$0,73 / f$
10 – 400	0,2	27,5	0,073
400 - 2.000	$f / 2.000$	$1,375 (f)^{1/2}$	---
2.000 – 100.000	1	61,4	---

Nota: valores similares a los establecidos por ICNIRP

Resolución SC 530/2000



Absorción del Cuerpo Humano



Facultades de los Gobiernos Nacionales, Provinciales y Municipales

Dentro de las facultades delegadas por las Provincias y los Municipios a la Nación se encuadran las relativas a la regulación y el control de las Telecomunicaciones, ya que las mismas, por su naturaleza, exceden el territorio Municipal, Provincial y hasta Nacional, por lo tanto todo lo relativo a Telecomunicaciones, como licencias, adjudicaciones, autorizaciones, etc, y el control de las mismas, son de competencia Federal.

PAUSA

Inquietudes sobre efectos biológicos

■ **Divulgación periodística**

- **Antenas y Cáncer**
- **Efectos en niños, según investigaciones en Universidades**



■ **Investigación científica**

- **No hay estudios epidemiológicos avalados**
- **Desmentida de los científicos aludidos**
- **Carece de fundamento científico, admitido por los profesionales involucrados**

Divulgación en Redes Sociales

Wi-Fi: Silencioso. Un asesino silencioso que nos mata lentamente. Viviendo en el siglo 21, difícilmente podemos evitar la radiación del Wi-Fi. De hecho estamos rodeados de señales Wi-Fi en todas partes a las que vamos – en el trabajo, en los restaurantes, incluso en nuestros propios hogares. A pesar de que la tecnología inalámbrica nos hace la vida mucho más fácil, todavía no es completamente segura para nuestra salud.



Otras divulgaciones en medios periodísticos

WI-FI: un asesino silencioso que mata lentamente en EE.UU.

La pregunta más importante que estamos tratando de responder es si la radiación del Wi-Fi plantea una amenaza para la salud. Como ya saben, los dispositivos inalámbricos, incluyendo computadoras portátiles, tabletas, móviles, routers, etc. Se utilizan con el fin de conectarte en línea. Las ondas electromagnéticas o de otro tipo conocidas como señales WLAN representan un peligro para la salud humana. Lo que es más preocupante es que seguimos ignorando este hecho sobre todo porque tenemos poco o ningún conocimiento acerca de los efectos secundarios que conllevan sucesivamente. De acuerdo con un estudio reciente llevado a cabo por un grupo de expertos de la Agencia de Salud británica, los routers pueden afectar seriamente el crecimiento de las plantas y las personas.

Problemas de salud causados por la exposición al WI-FI:

Fuertes dolores de cabeza frecuentes

Fatiga crónica

Problemas de sueño

Dolor en los oídos

Falta de concentración

Ahora que ya sabes que la radiación inalámbrica puede afectar tu salud a largo plazo, es necesario tomar algunas medidas preventivas y proteger la salud y la de tu familia. Todos somos conscientes de que no podemos evitar por completo la radiación Wi-Fi, incluso si lo intentamos. Es un hecho que nuestras vidas dependen en gran medida de la tecnología inalámbrica, por lo que reducir esto de nuestras vidas es simplemente imposible. Sin embargo, hay varios consejos útiles y trucos que pueden ayudar en gran medida a proteger a tu familia de las perjudiciales señales Wi-Fi.

Cómo proteger a los niños de las ondas electromagnéticas

Apaga el Wi-Fi cuando no lo utilices.

Desconecta todos los dispositivos Wi-Fi antes de acostarte.

No coloques el router en la cocina o en el dormitorio.

Cambia tus teléfonos inalámbricos caseros por los de cable.

Efectos biológicos de los Campos E.M.

Tipo de Efectos

- **Efectos directos**
 - **Calentamiento**
 - **Resonancia**
 - **Efectos a nivel celular**

- **Efectos indirectos**
 - **Audífonos**
 - **Marcapasos**
 - **Desfibriladores**
 - **Aparatos de electromedicina**

Efectos de la proximidad del cuerpo humano en los campos E.M.

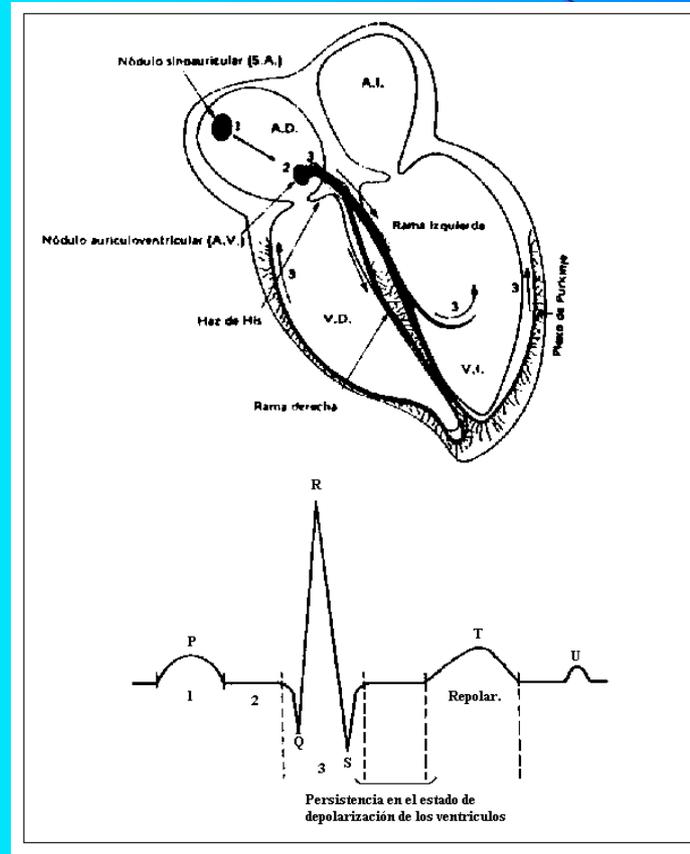
- **Cuando un Tx. opera muy cerca del cuerpo humano, el efecto de la radiación E.M. en los órganos humanos debe ser tenido en cuenta.**
- **En las comunicaciones móviles (20 MHz – 2GHz) el cuerpo humano presenta una alta conductividad.**
- **En los teléfonos celulares, la cabeza del usuario produce absorción de los campos electromagnéticos. La solución sería hacer que la antena se eleve por medio de una estructura no radiante unos 15 cm.**
- **Existen pérdidas considerables en equipos móviles, debido a que las corrientes de R.F. que se inducen en la carcasa del equipo pasan a la mano y acaban disipándose en el brazo del usuario.**

La señal E.C.G.

- **La electrocardiografía registra los *potenciales eléctricos* generados por el corazón.**
- **La actividad eléctrica cardíaca tiene su origen en la actividad bioeléctrica de cada una de las células musculares cardíacas.**
- **Esta actividad eléctrica produce la contracción rítmica del corazón.**
- **Este proceso electromecánico se produce según un orden estricto y siempre igual latido tras latido.**

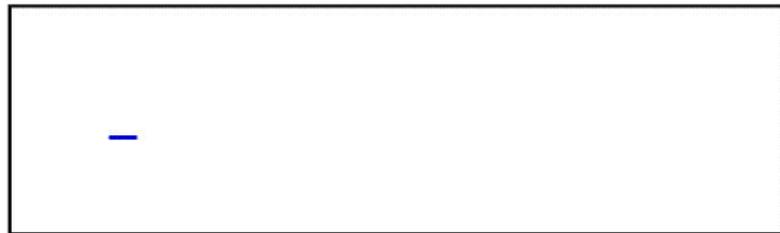
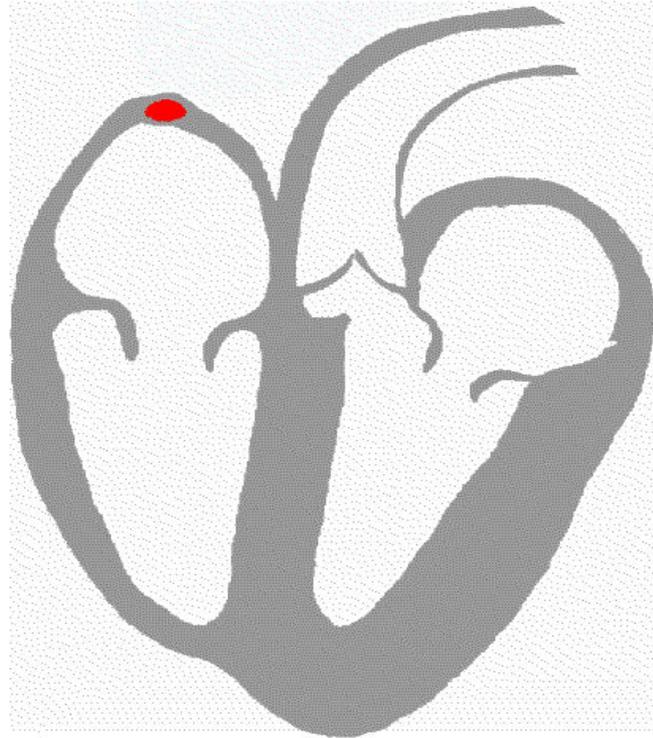
Generación y registro de la señal E.C.G.

- Breve descripción de los fenómenos básicos que aparecen en un electrocardiograma real.

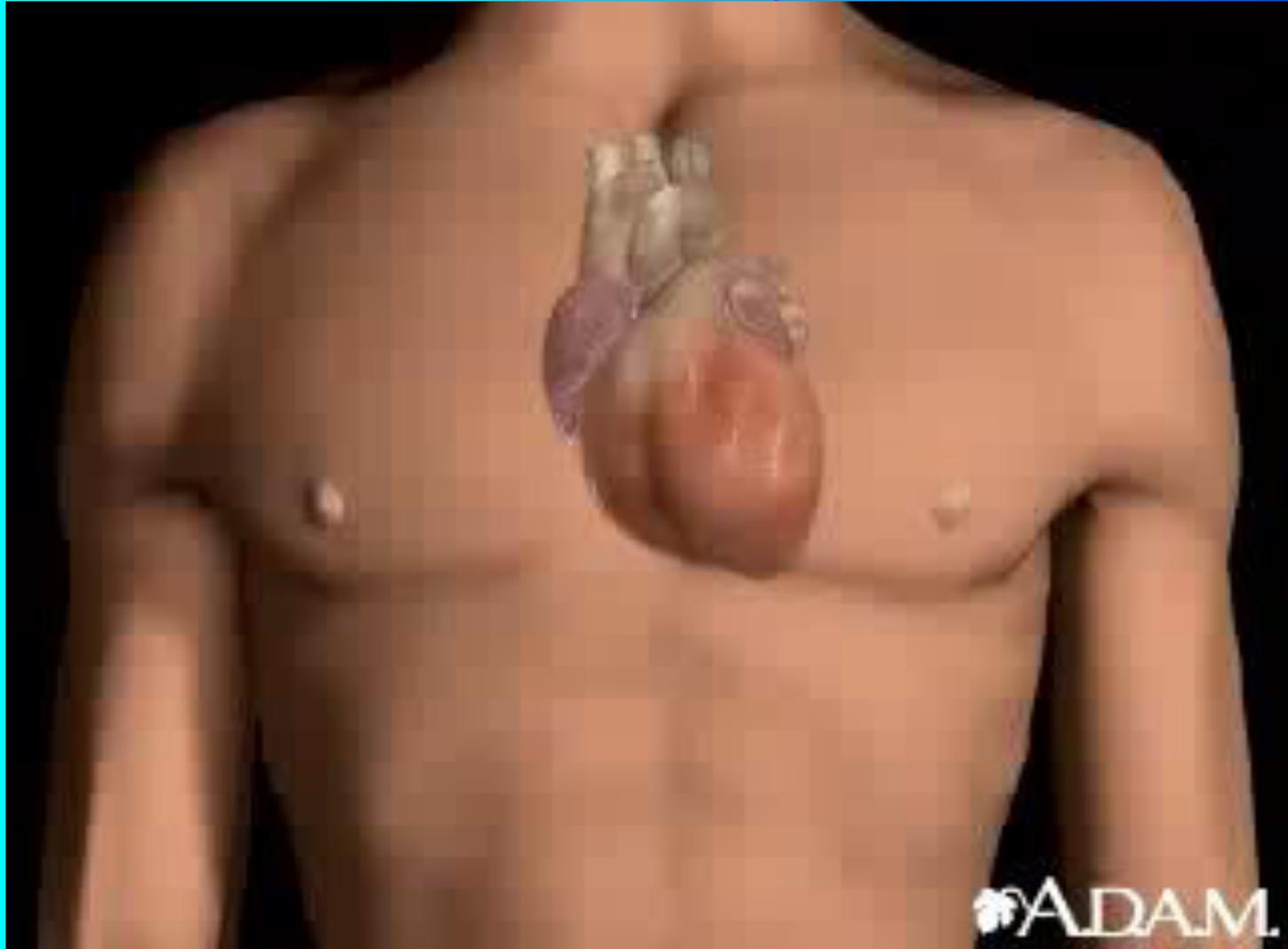


Generación del pulso eléctrico y vías de conducción del mismo hasta las células miocárdicas

Ritmo y Electrocardiograma Cardíaco



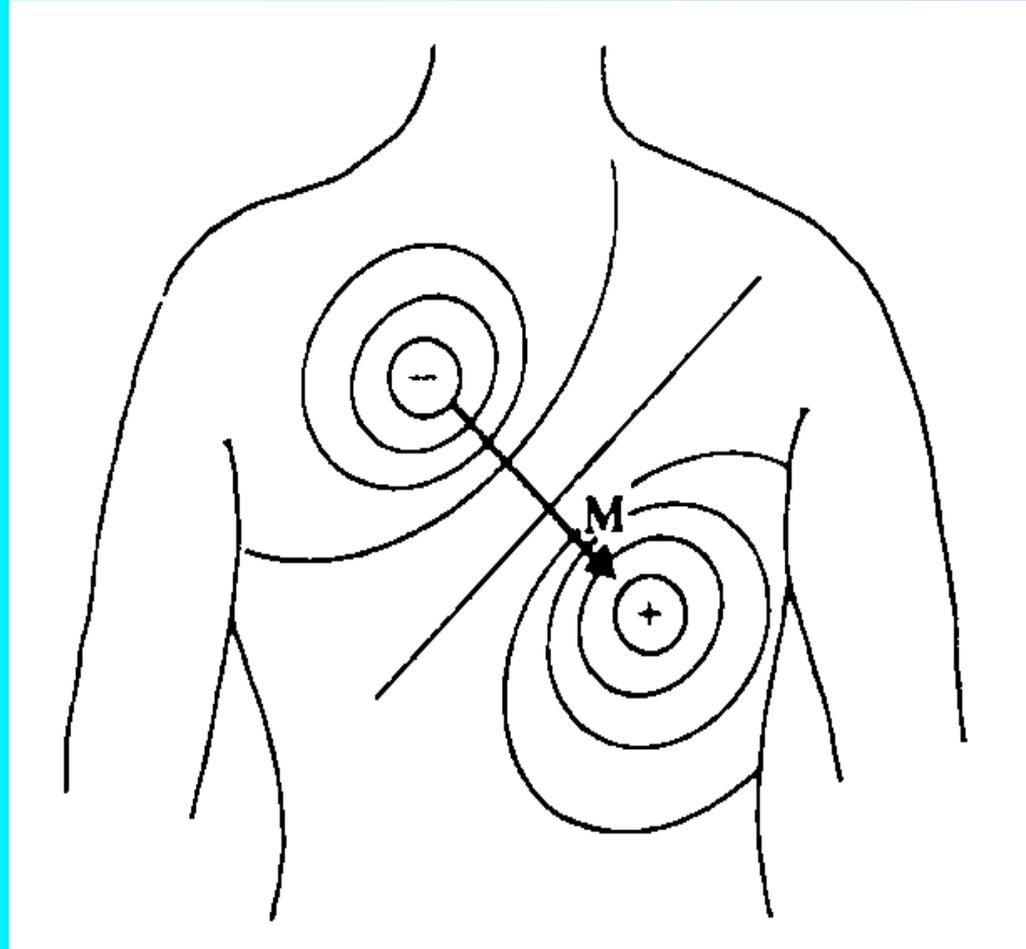
Ritmo y Arritmia Cardíaca



Generación y registro de la señal E.C.G.

- **El sistema de conducción eléctrica del corazón está formado por haces musculares especializados en la conducción eléctrica (nódulos y haces cardíacos).**
- **Es como si se tratara de conductores metálicos que distribuyen la energía a las células contráctiles del corazón.**
- **El corazón consiste en un dipolo eléctrico localizado en el tórax.**
- **Este campo particular y el dipolo que produce representan la actividad eléctrica del corazón en un instante específico.**

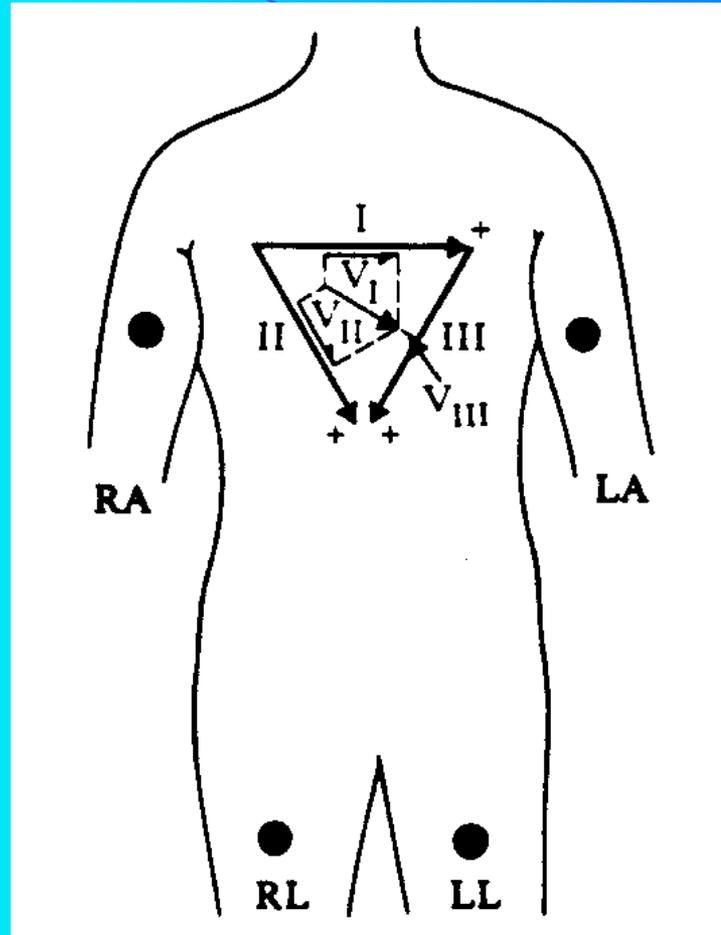
Modelo simple para representar la actividad eléctrica del corazón.



Modelo simple para representar la actividad eléctrica del corazón.

- **Los potenciales eléctricos generados, atraviesan el cuerpo y aparecen en su superficie.**
- **Se determinan proyecciones del vector M.**
- **Se determinan diferencias de potencial ubicando electrodos en la superficie del cuerpo y midiendo el voltaje entre ellos.**
- **Si dos electrodos son ubicados en diferentes líneas equipotenciales del campo eléctrico, se medirá una diferencia de potencial distinta de cero. Para esto es importante mantener cierto estándar de posiciones para la evaluación clínica de la señal E.C.G.**

Conexión de los electrodos en el sistema estándar.



- ❖ I, II, III, son las derivaciones bipolares de los miembros.
- ❖ Se toma como referencia de tierra una resistencia de $5M\Omega$ en la pierna derecha.

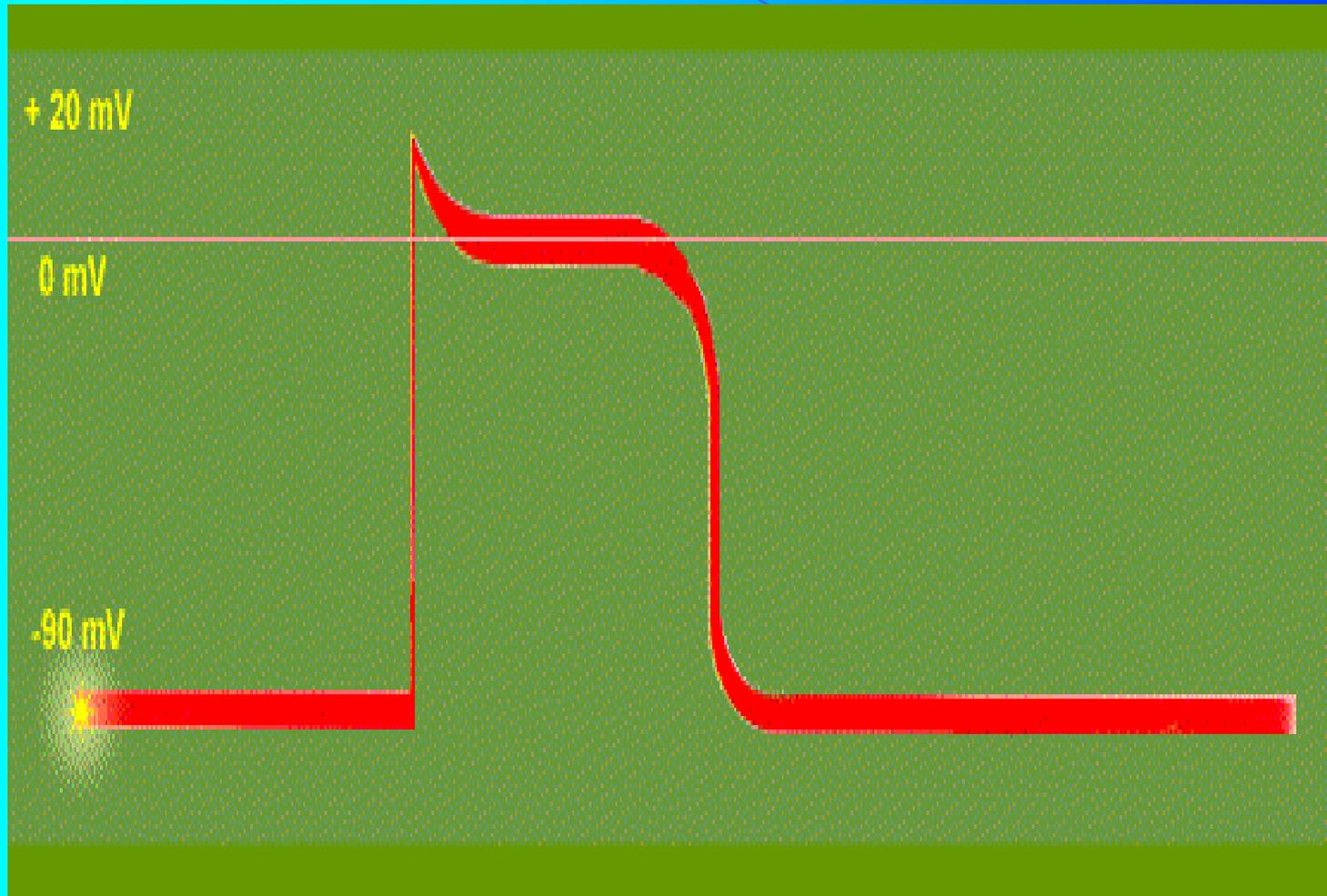
Actividad Eléctrica Celular.

- **La membrana de una célula viva almacena energía eléctrica manteniendo el interior de la membrana a un pequeño potencial negativo con respecto al exterior. Este potencial de reposo es mantenido básicamente controlando la concentración de los iones de potasio, de sodio y de calcio entre la parte interna y la parte externa de la membrana. Este potencial de reposo o equilibrio recibe el nombre de Potencial de Nernst y es igual a:**

$$V = -61,4 \log (c_1/c_2) \text{ [mV]}$$

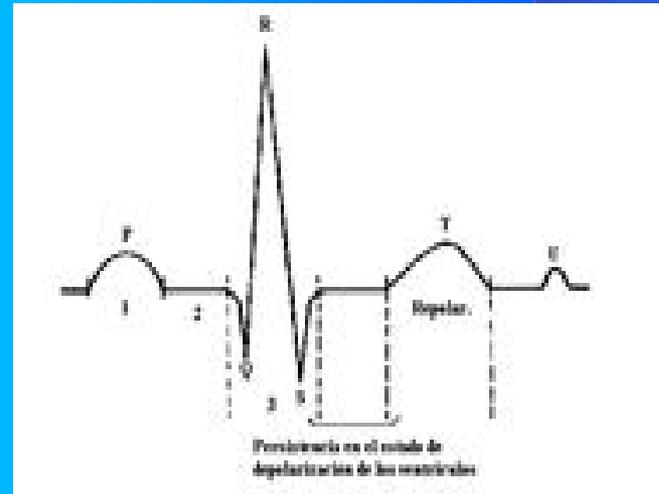
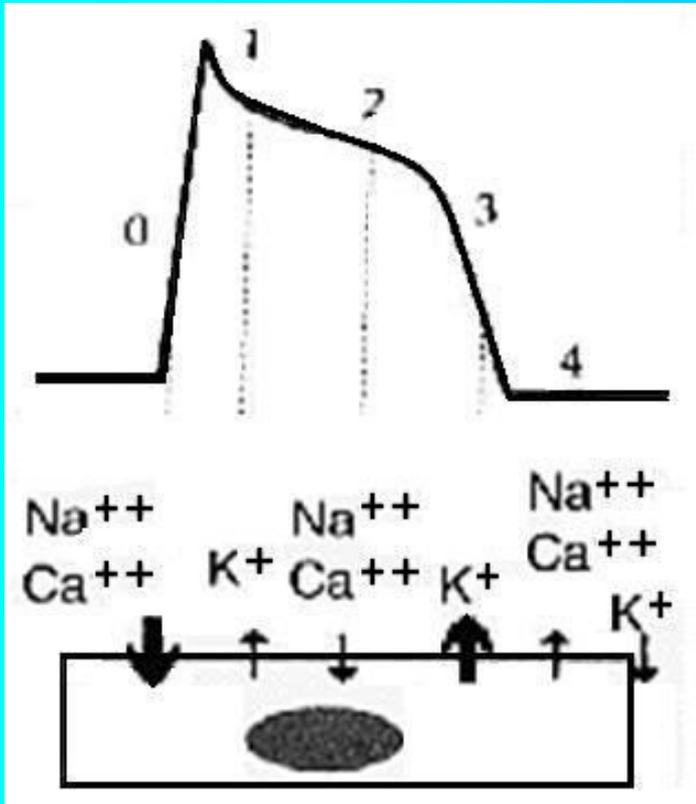
- **donde c_1 y c_2 representan la concentración de iones en el interior y en el exterior de la célula respectivamente.**
- **El registro de este fenómeno es una curva que se denomina *potencial de acción transmembrana (PAT)*.**

Actividad Eléctrica Celular.



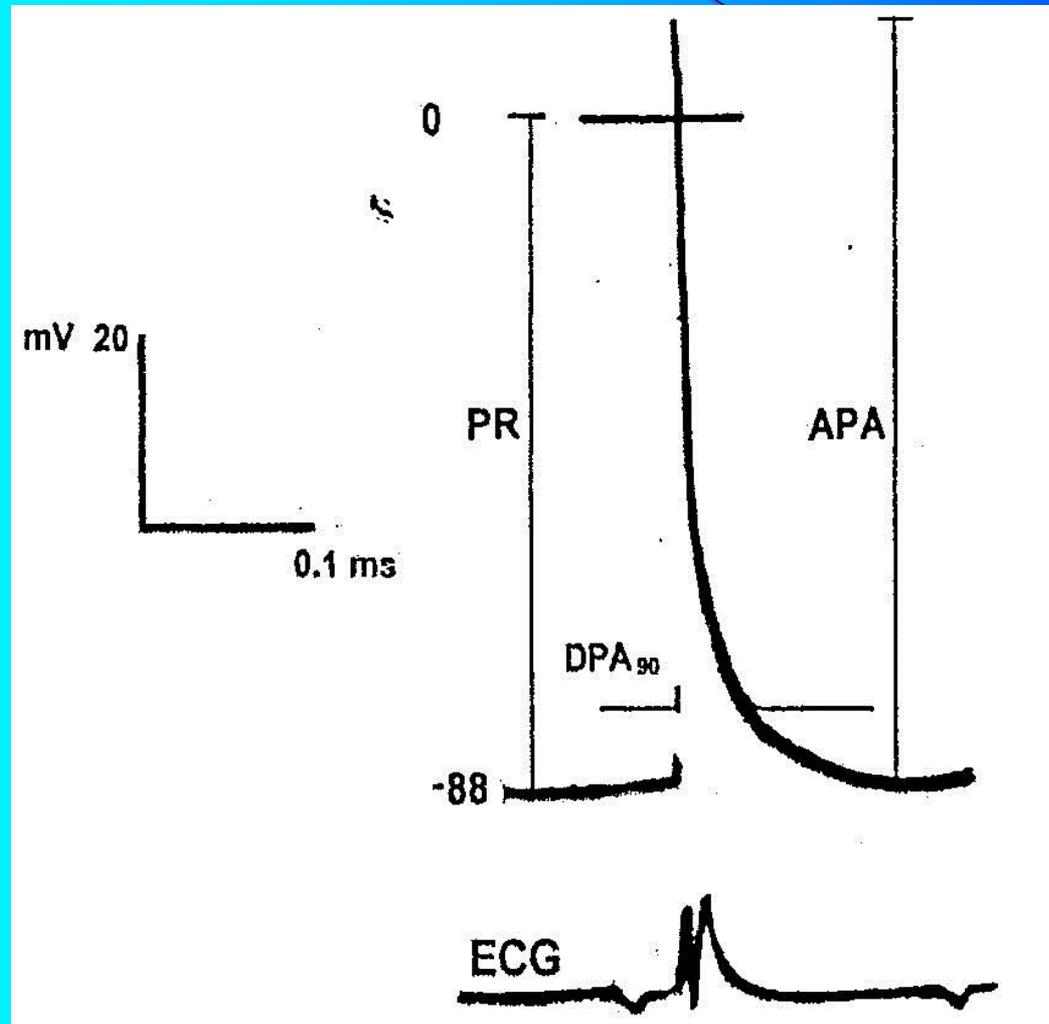
Actividad Eléctrica Celular.

- **Despolarización** ("activación") o fase 0.
- **Repolarización** ("recuperación")

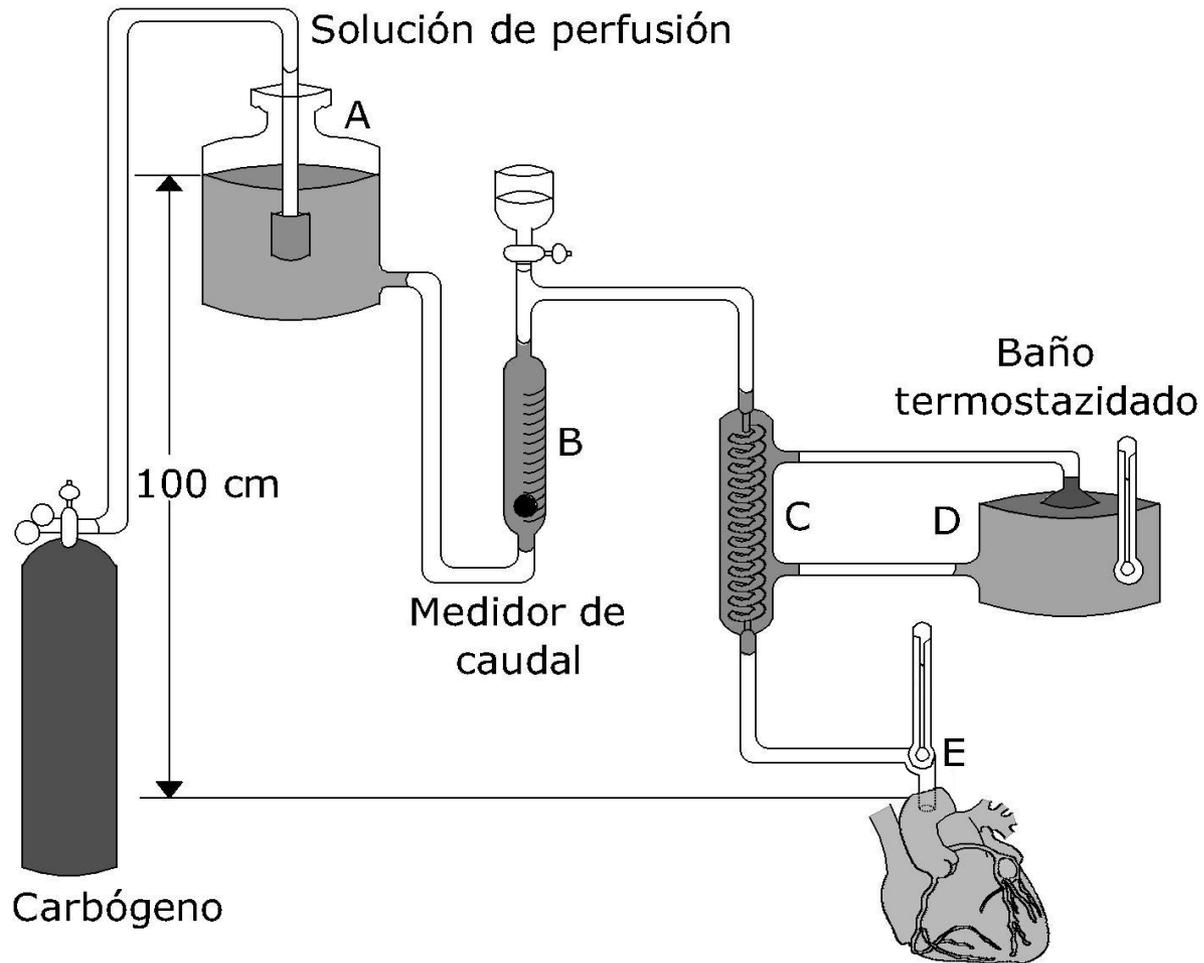


Potencial de acción transmembrana.

Potencial de acción del corazón de rata



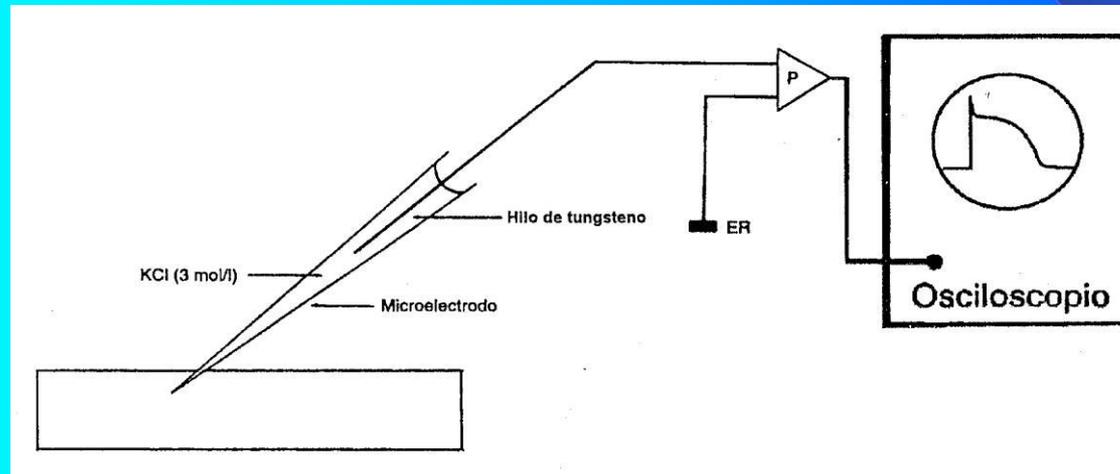
Descripción del experimento.



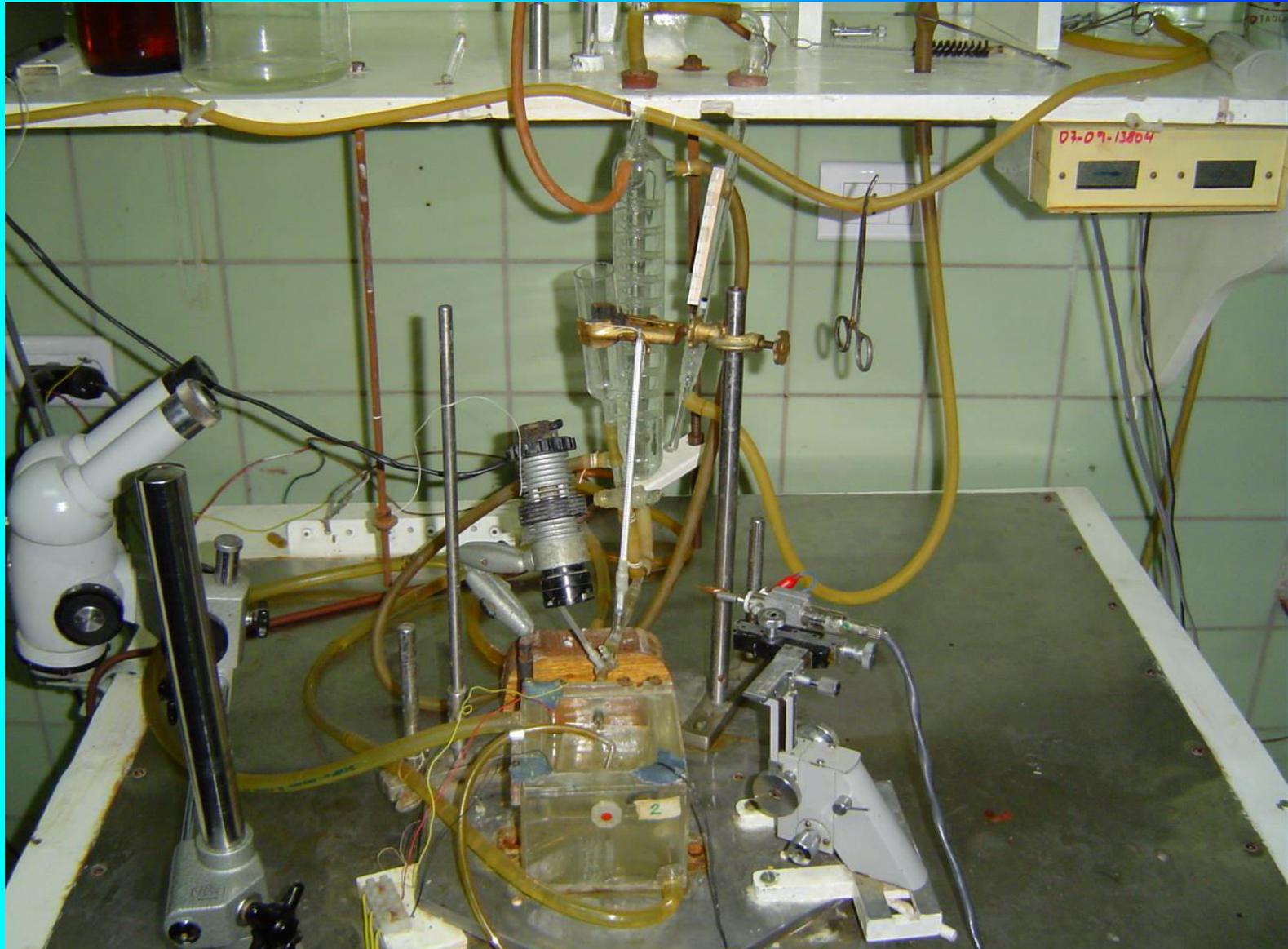
Datos técnicos.

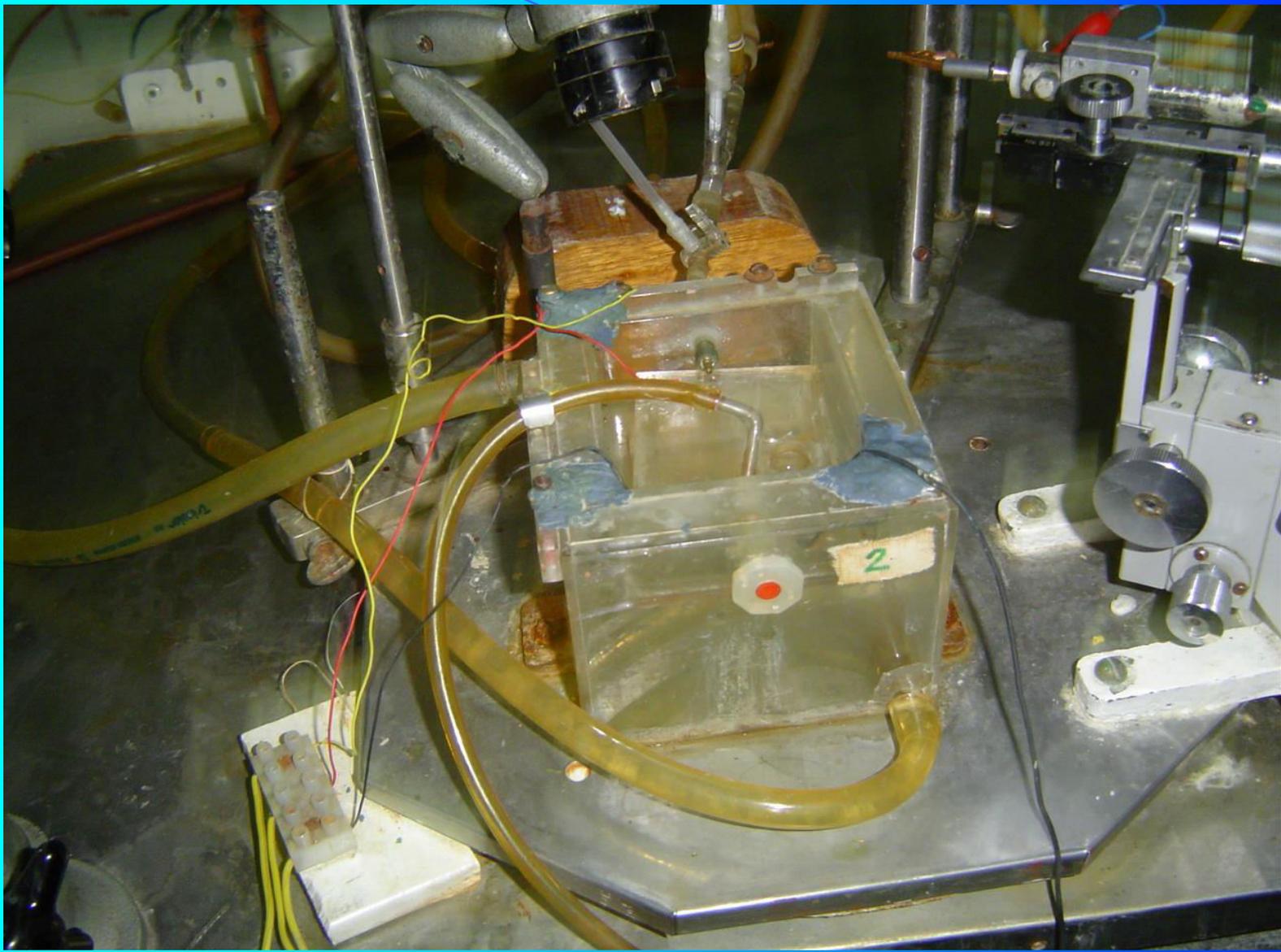
- **Los corazones fueron canulados por la aorta.**
- **El recipiente contenía la solución a perfundir, gaseada con carbógeno (95% O₂ y 5% CO₂)**
- **La presión de perfusión se mantuvo constante e igual a 100 cm. de agua.**
- **El caudal coronario varió 10-12 ml/min.**
- **La T° se mantuvo constante a 37°C.**
- **Se emplearon micro electrodos convencionales de vidrio de 6 mm. de largo, con puntas de 0,5 a 0,8 μm de diámetro, llenos de una solución de Potasio 3M.**
- **El rango de resistencias estuvo comprendido entre 8-12MΩ.**
- **Los microelectrodos fueron hechos flexibles por la introducción de un hilo de tungsteno y sujetos a un micromanipulador.**

Esquema de la conexión del microelectrodo, preamplificador, y electrodo de referencia.

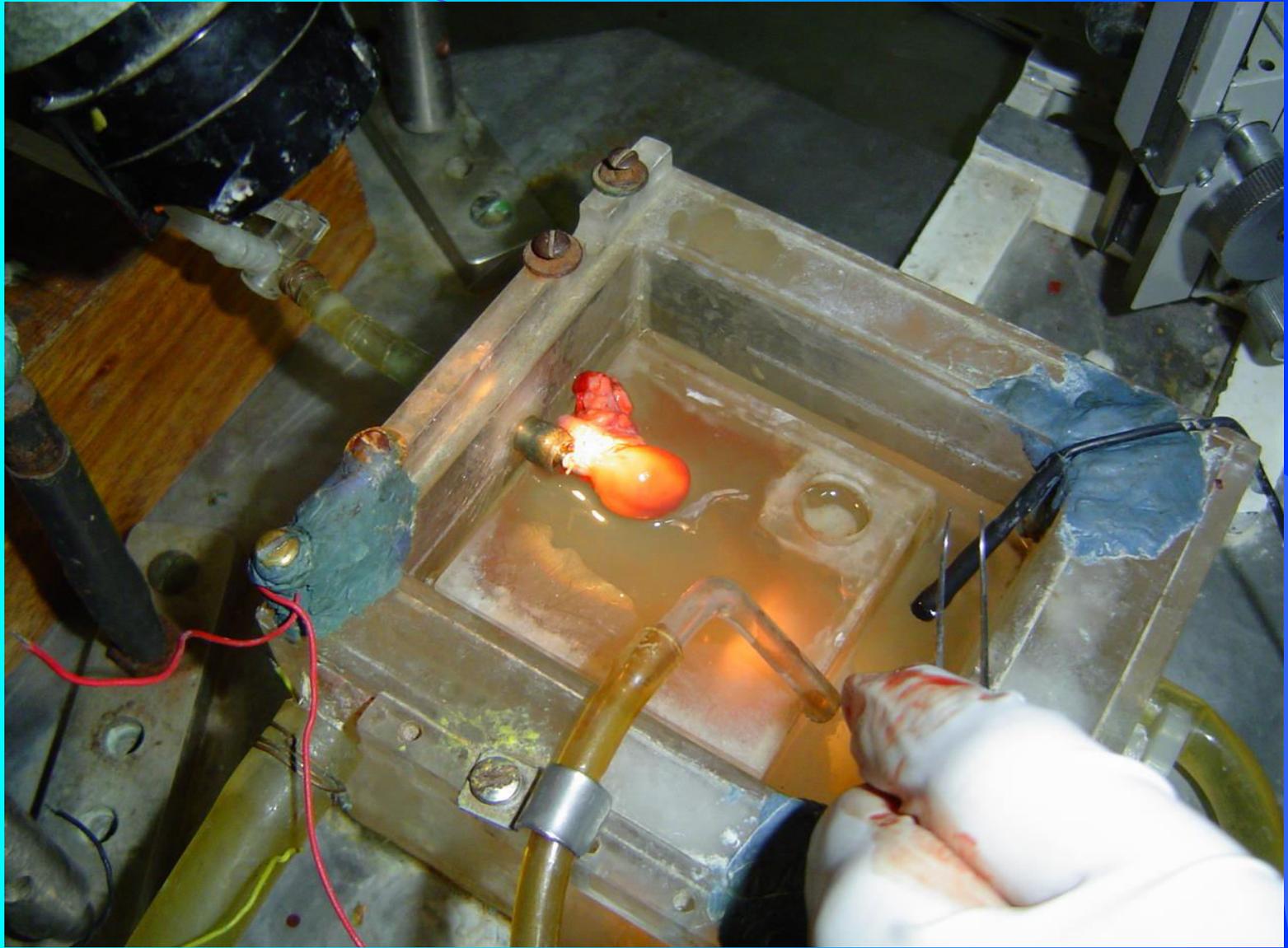




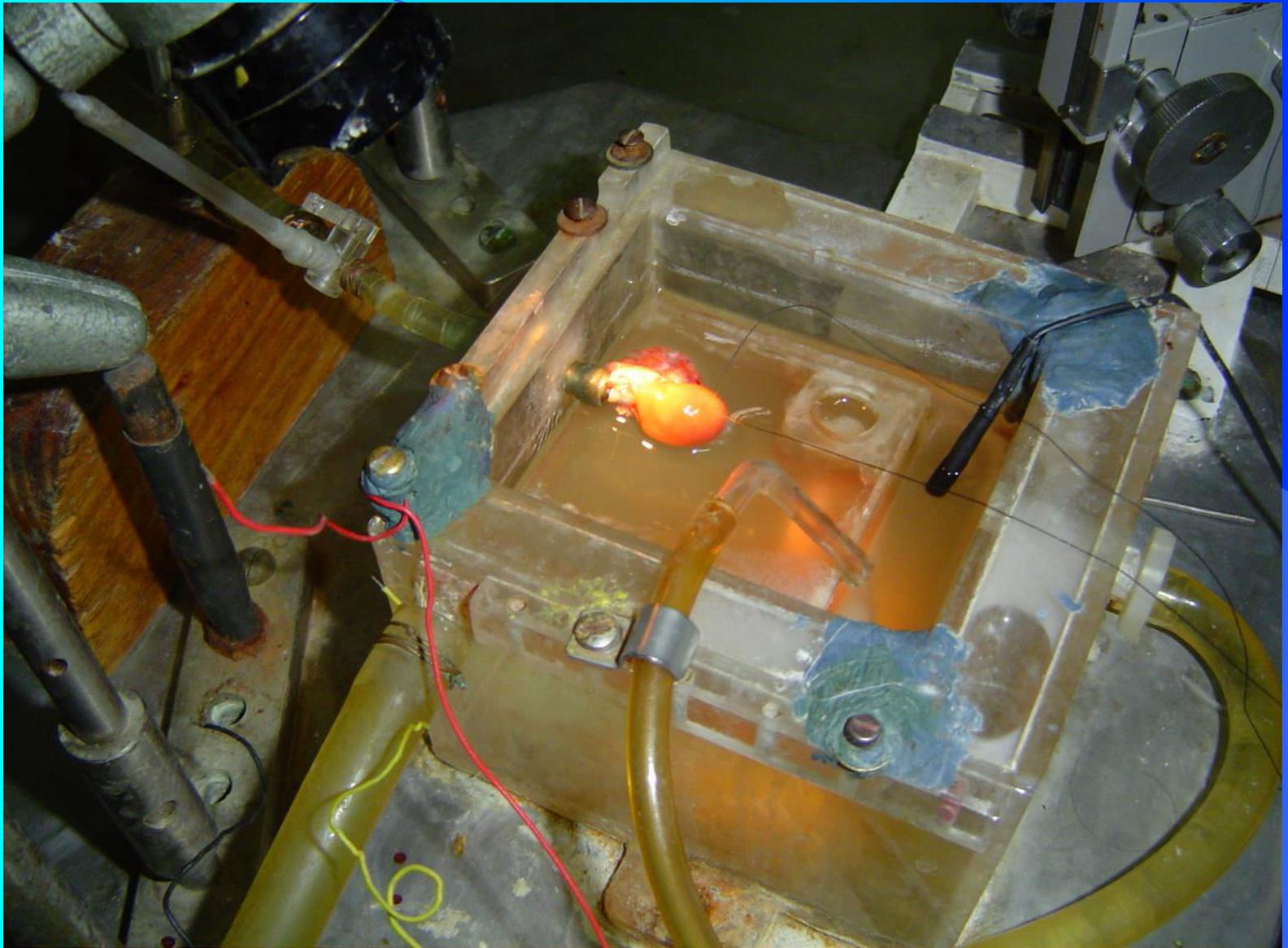


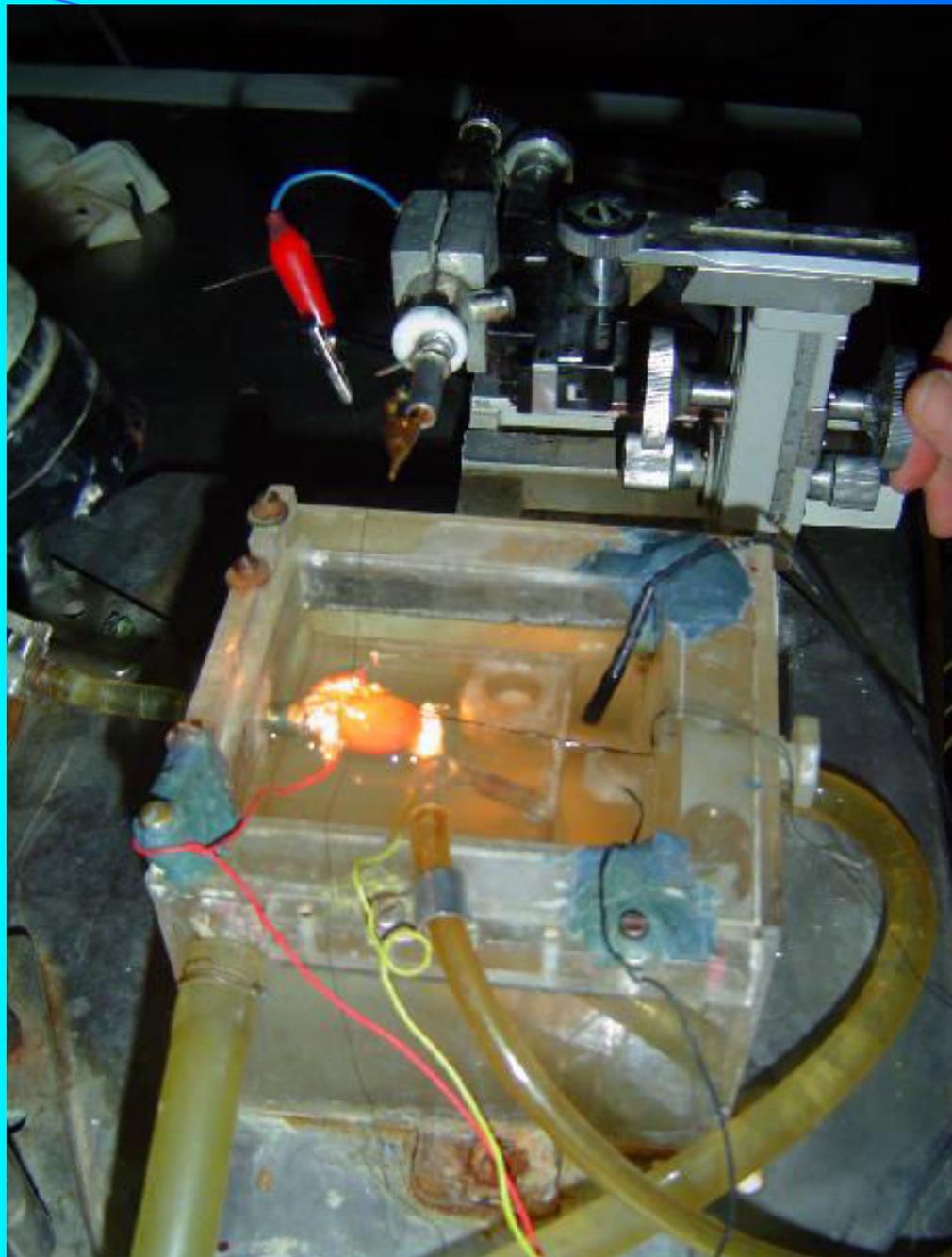


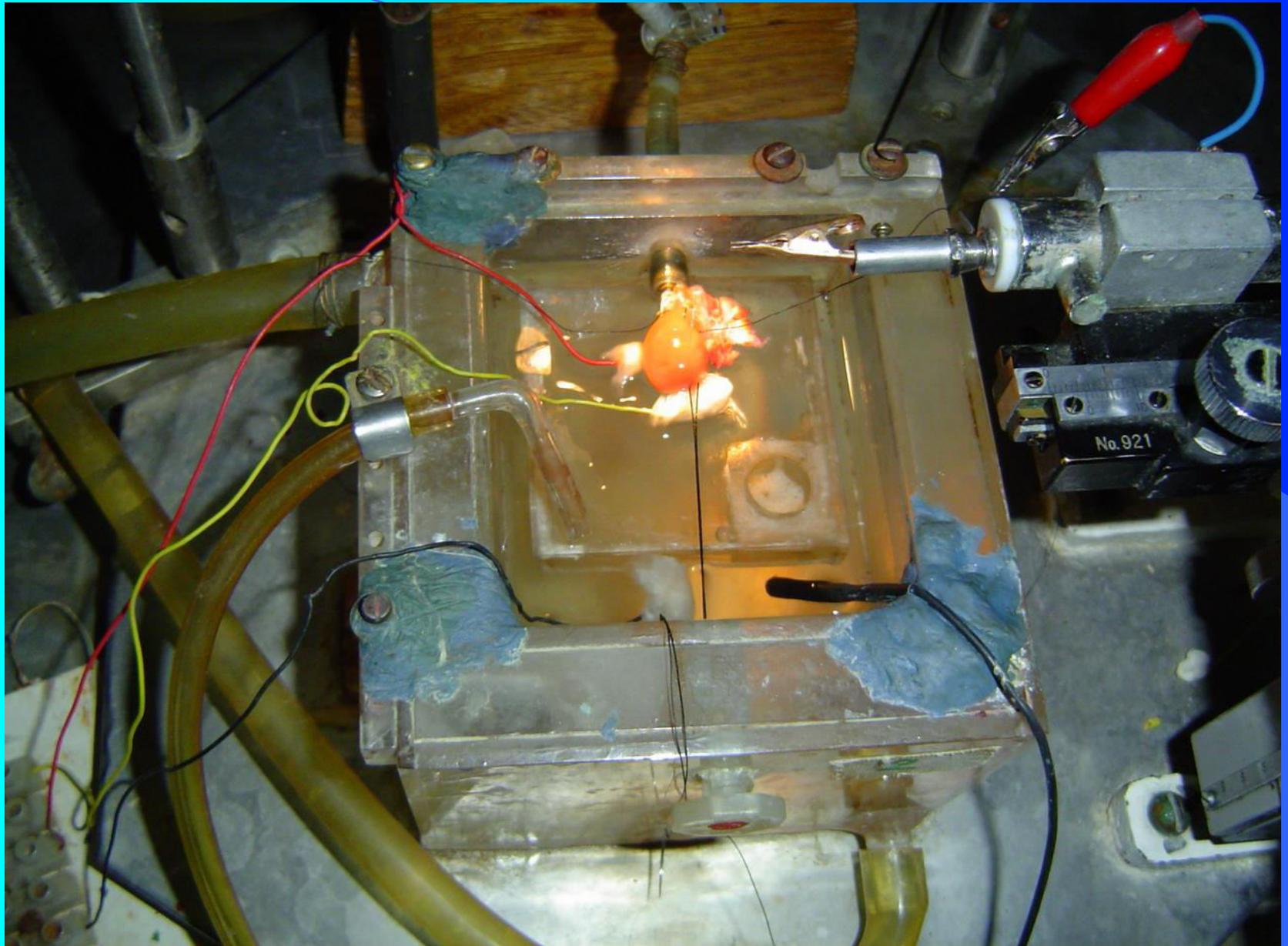


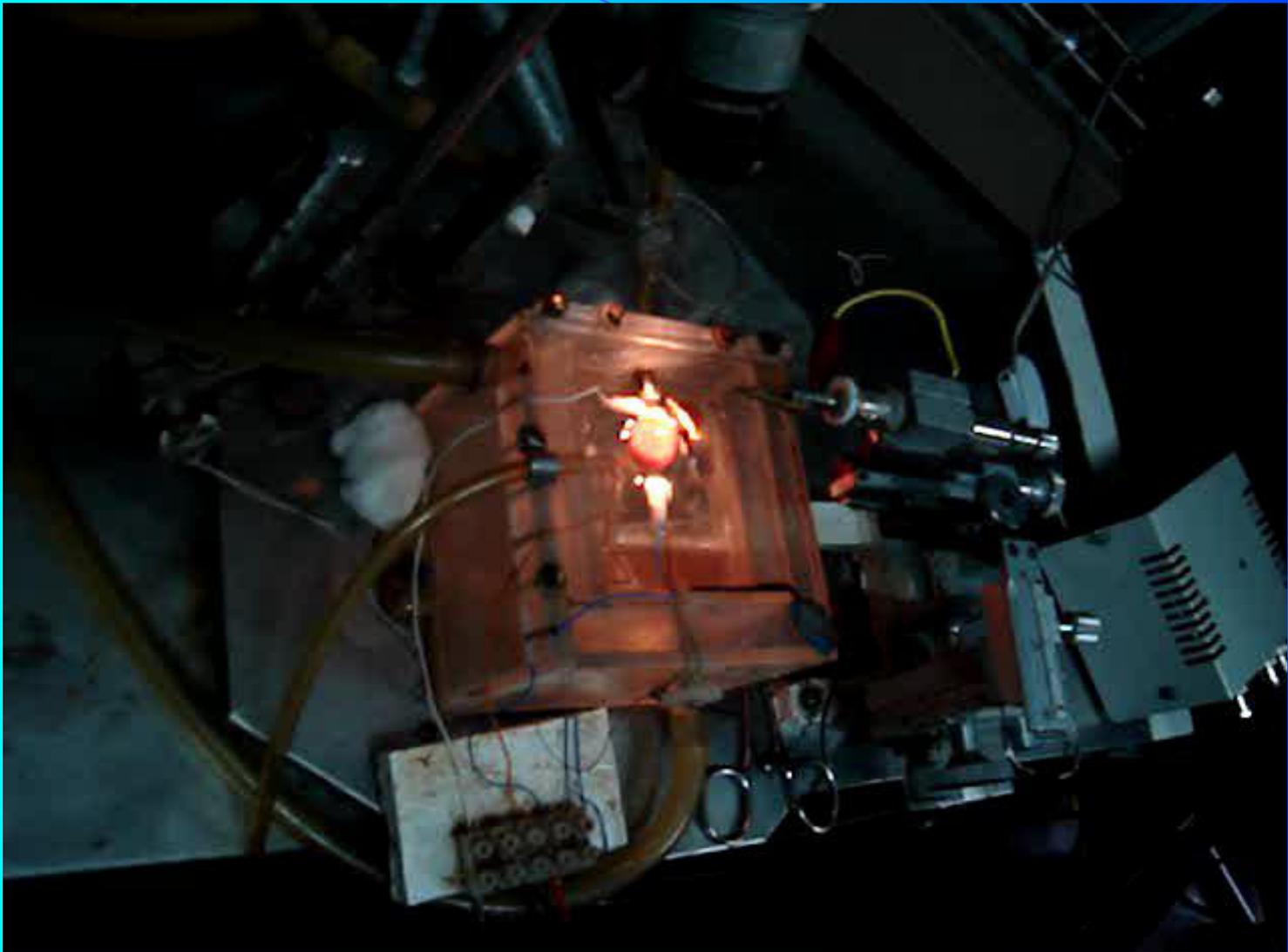








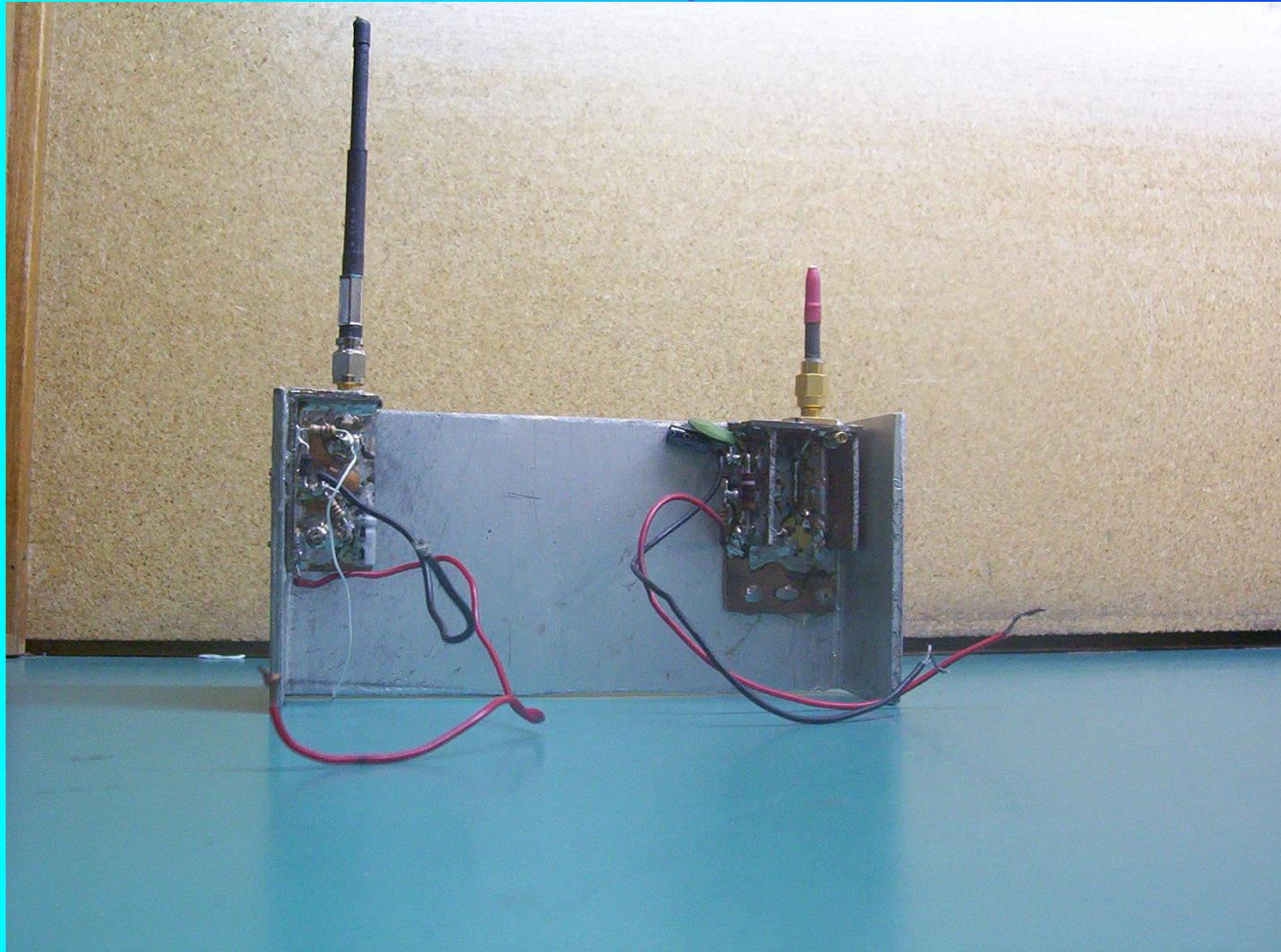




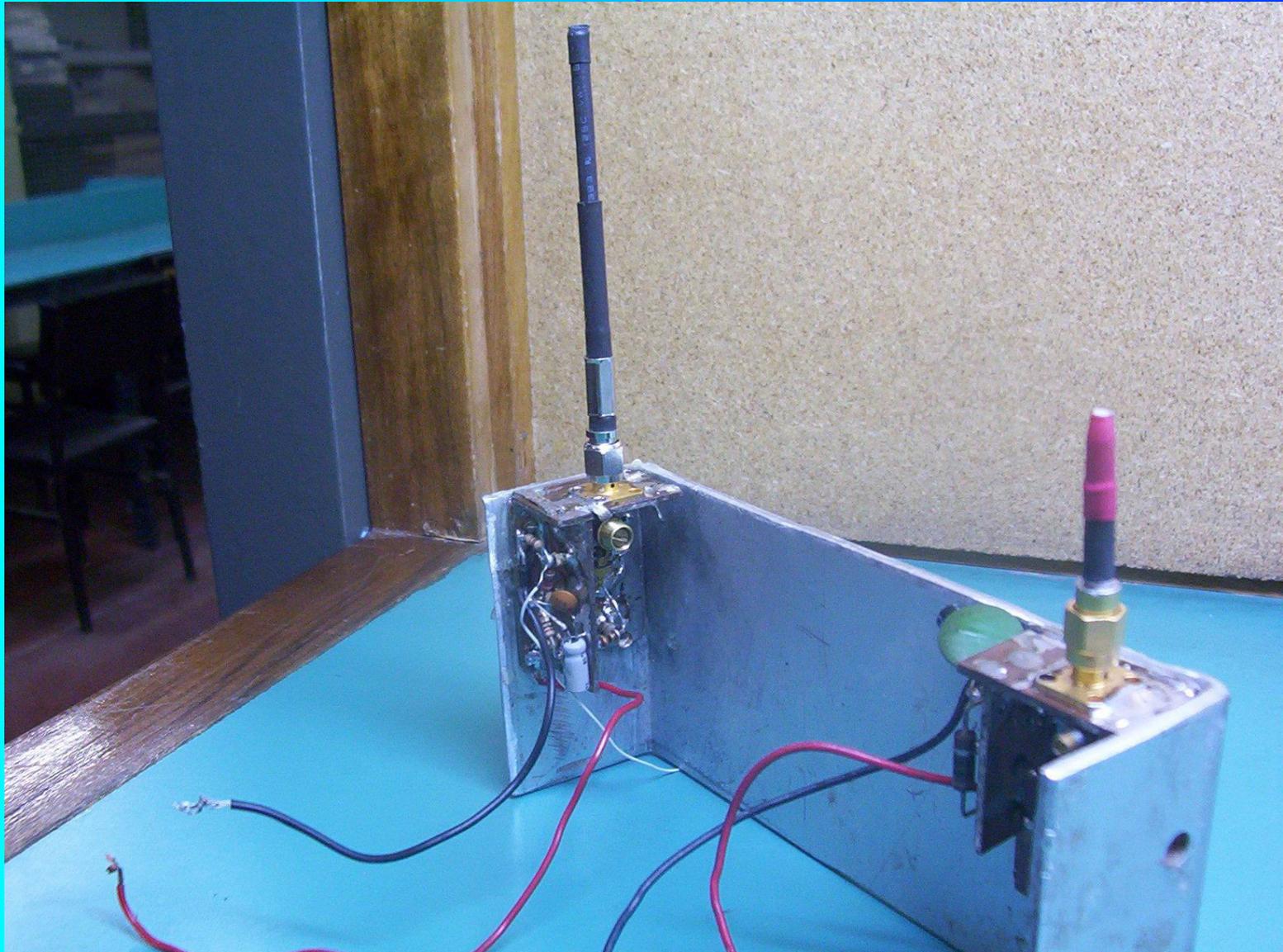
Radiación de los corazones

- **Tx: 850 MHz. 1900 MHz y 2,4 GHz.**
- **Potencia: 0,5; 0,3 y 0,150 W Respectivamente.**
- **Longitud de antena: $\frac{1}{4}$ de longitud de onda λ . Erguida vertical y Horizontalmente.**
- **Diagrama de radiación: Isotrópico.**

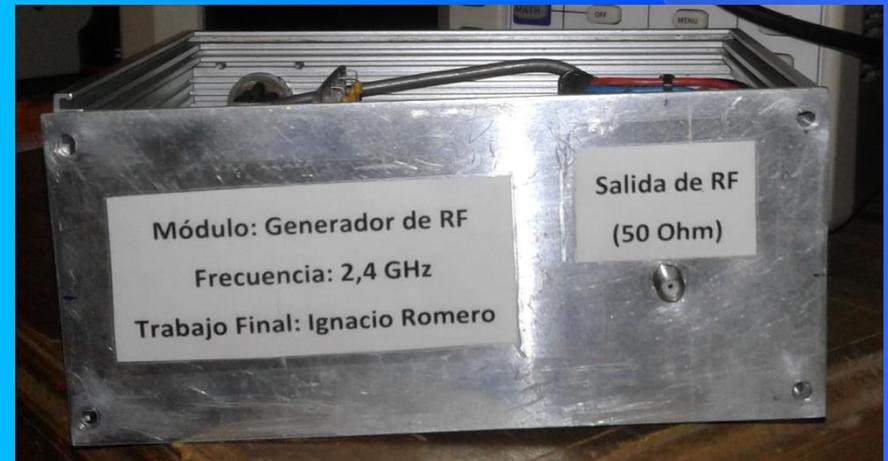
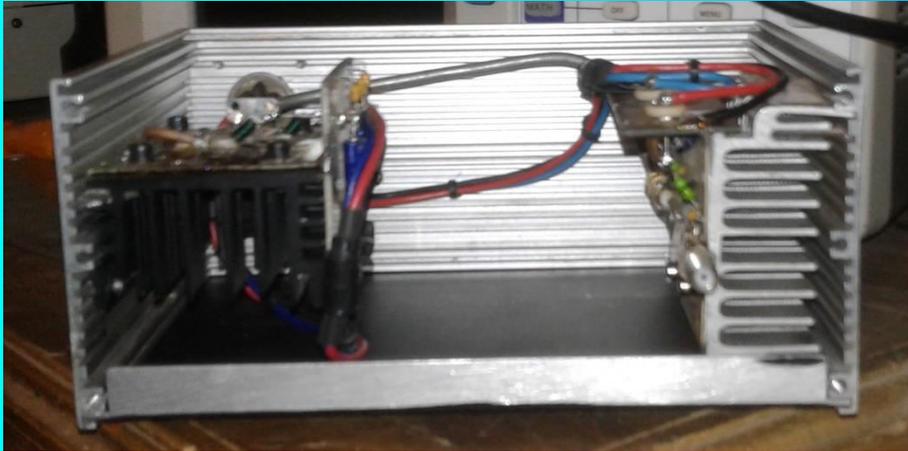
Transmisores en 850 y 1900 MHz



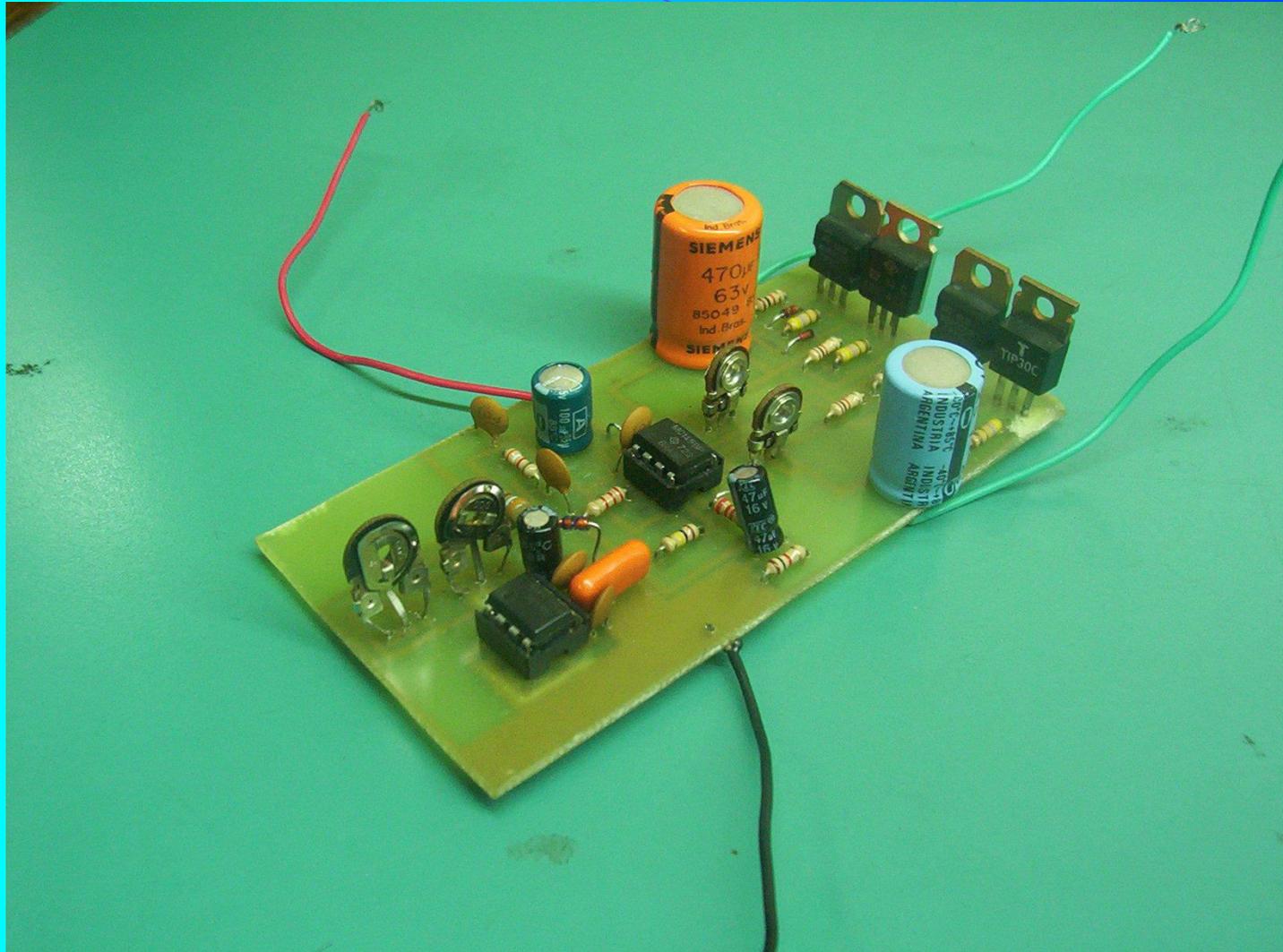
Transmisores en 850 y 1900 MHz



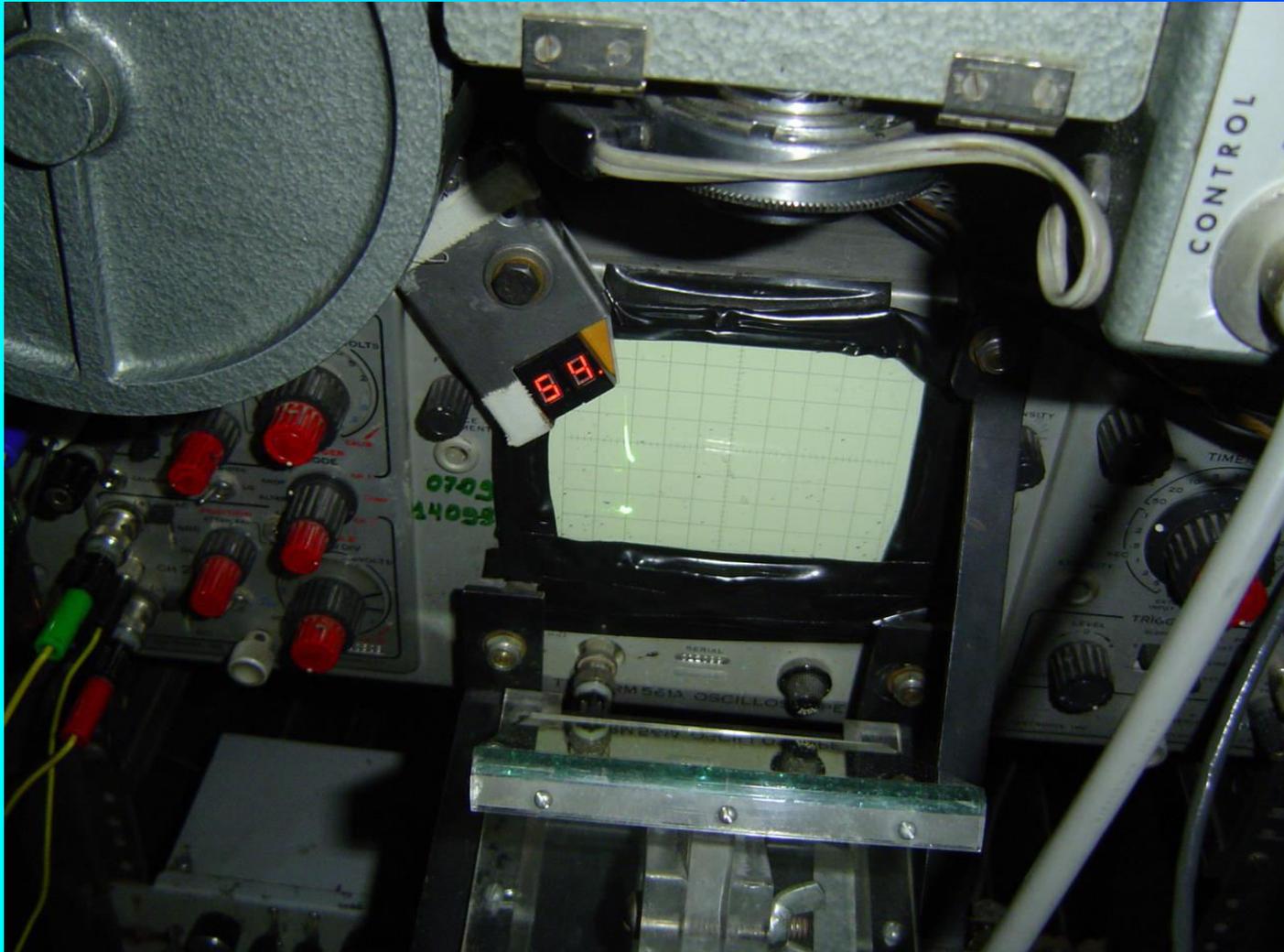
Transmisor de 2,4 GHz.



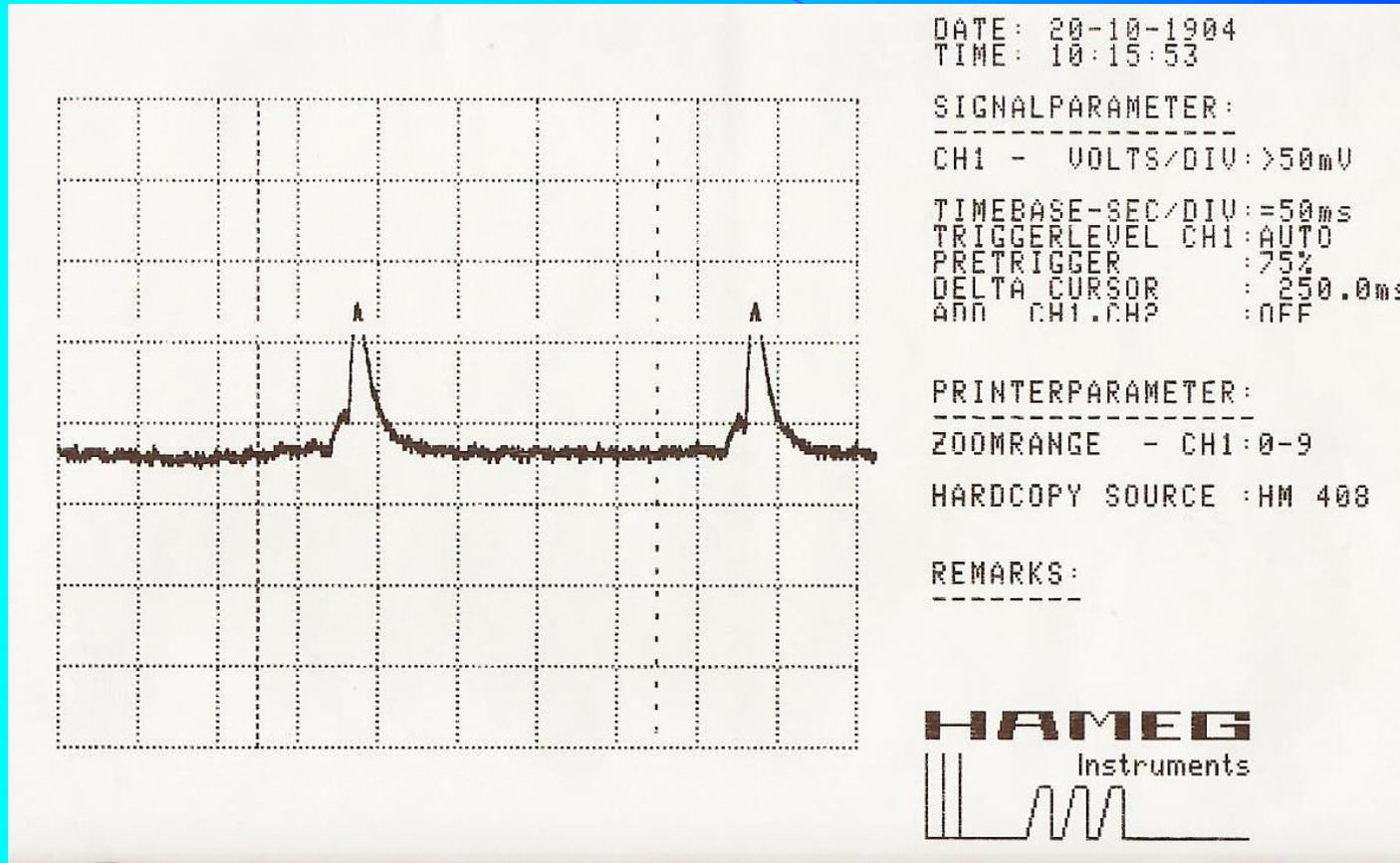
Modulador en Frecuencia y Amplitud



Sistema de adquisición de datos



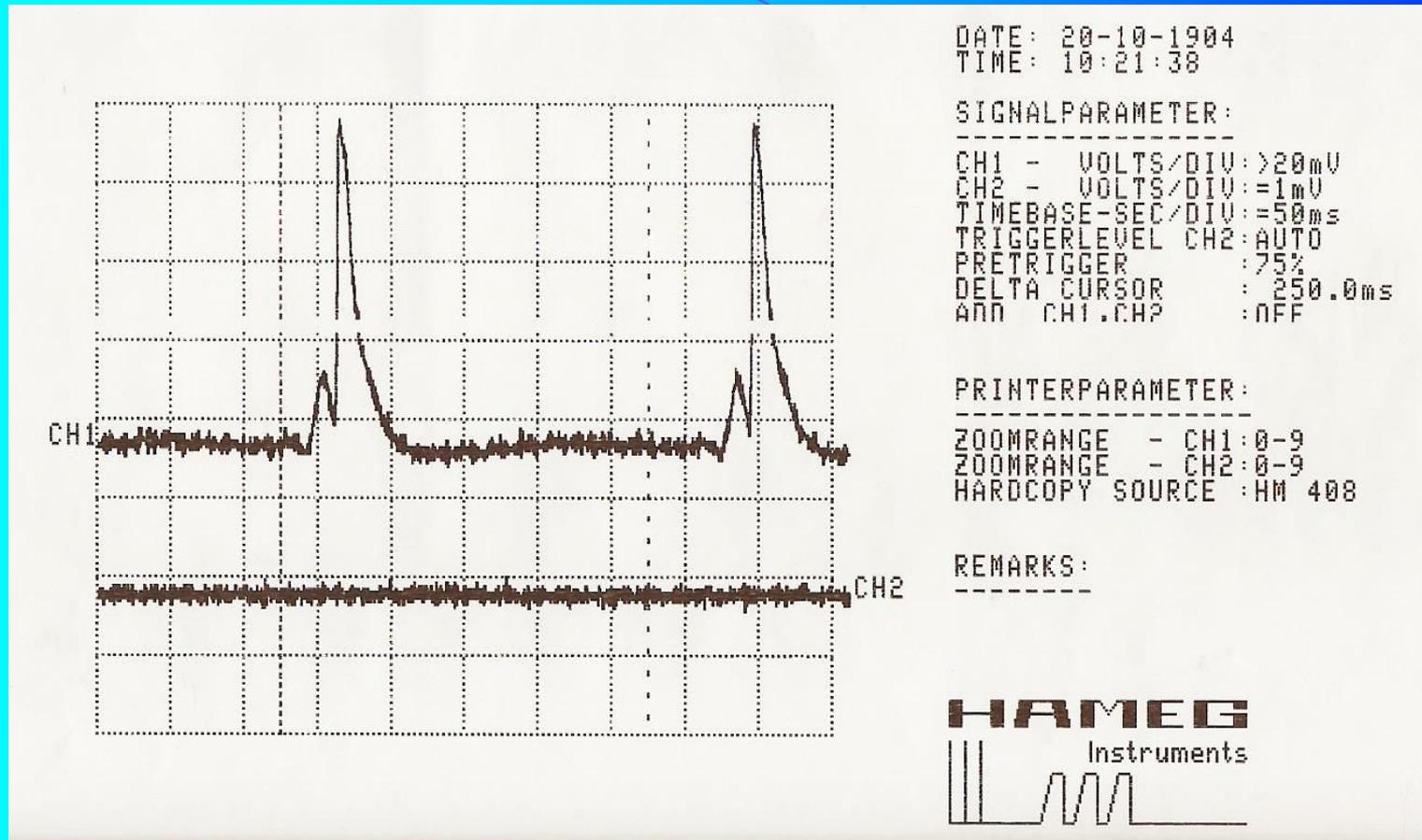
Visualización de los potenciales (sin radiación)



Frecuencia: 4Hz.

Valor del potencial: 100 mV.

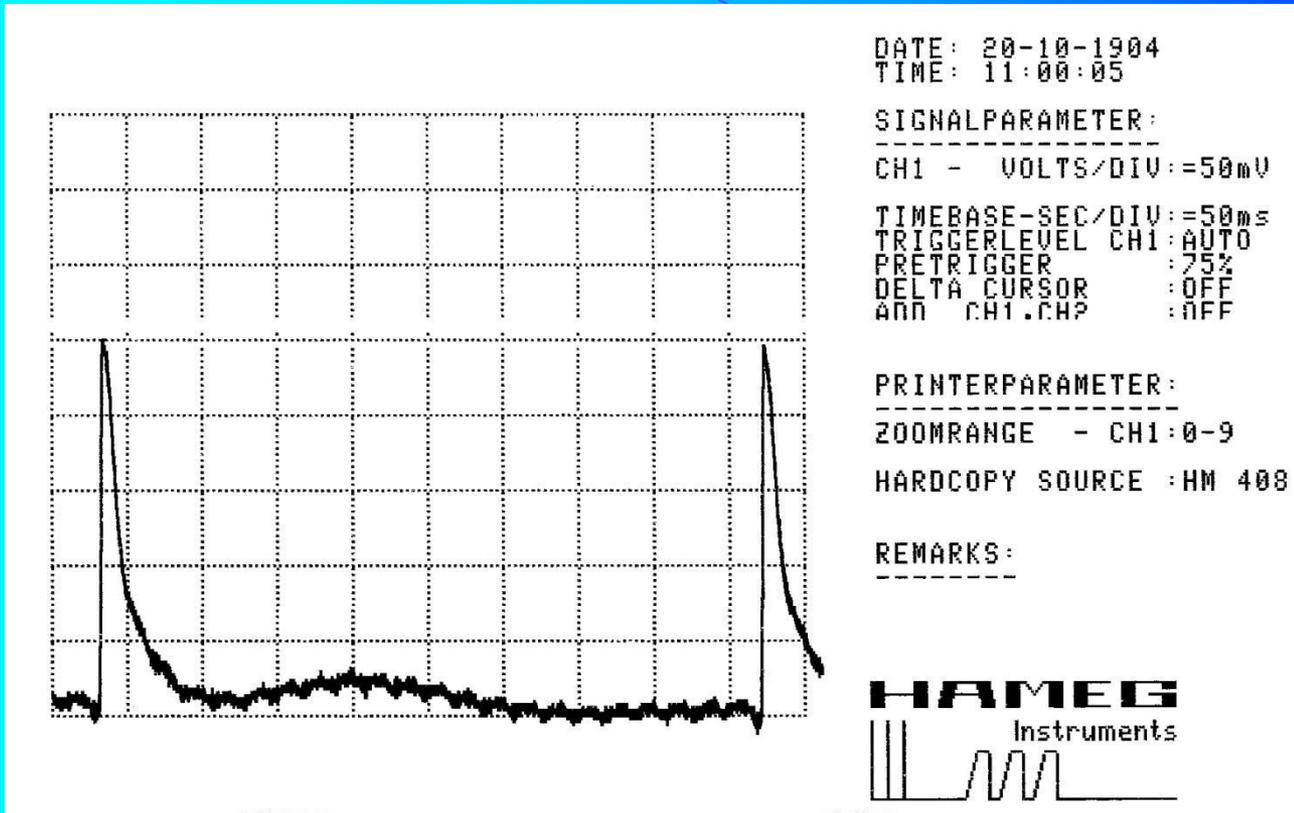
Visualización de los potenciales (sin radiación)



Frecuencia: 3,48 Hz.

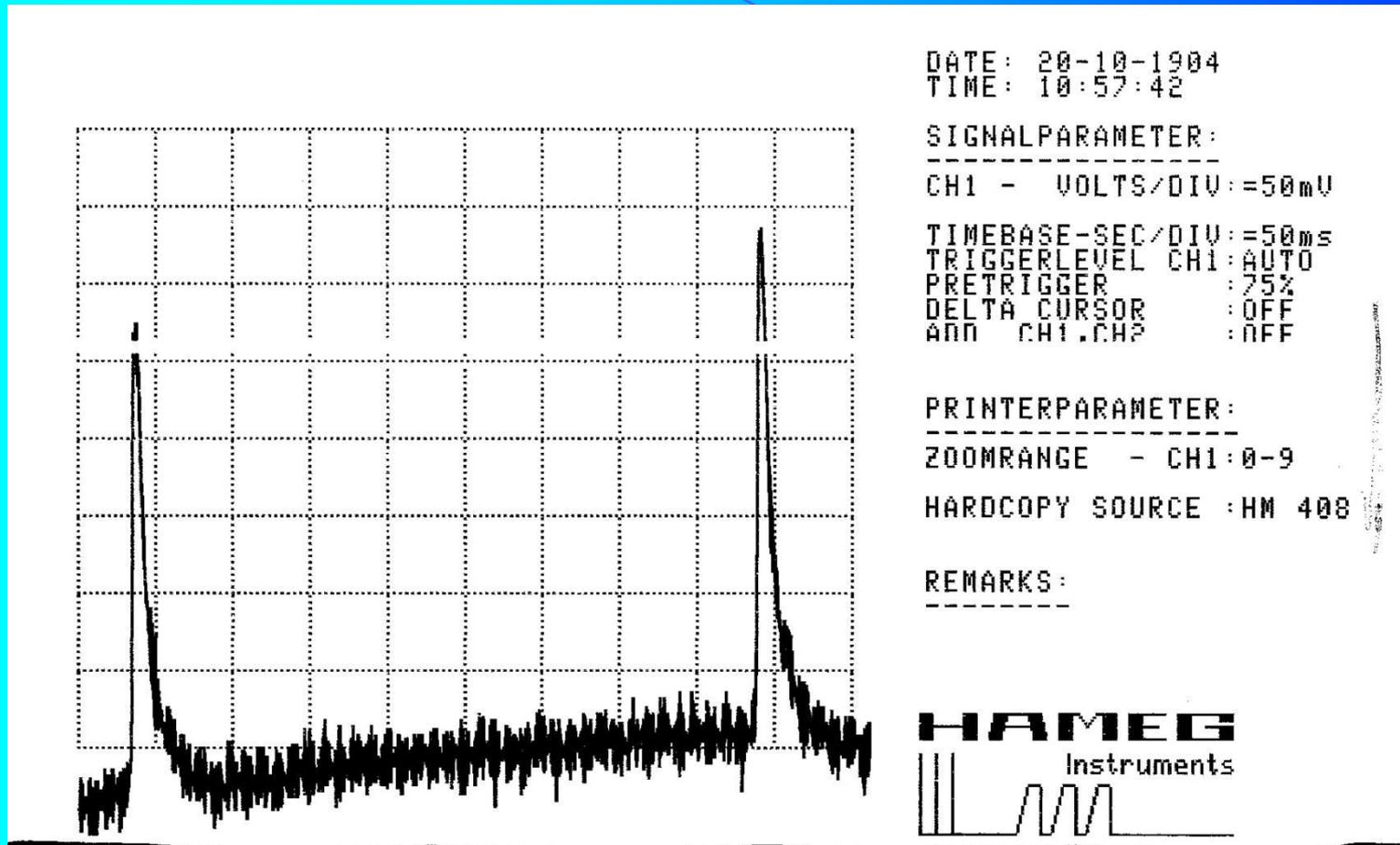
Valor del potencial: 84 mV.

Visualización de los potenciales (con radiación)



Frecuencia: 2,25 Hz.
Valor del potencial: 84 mV.

Visualización de los potenciales (con radiación)

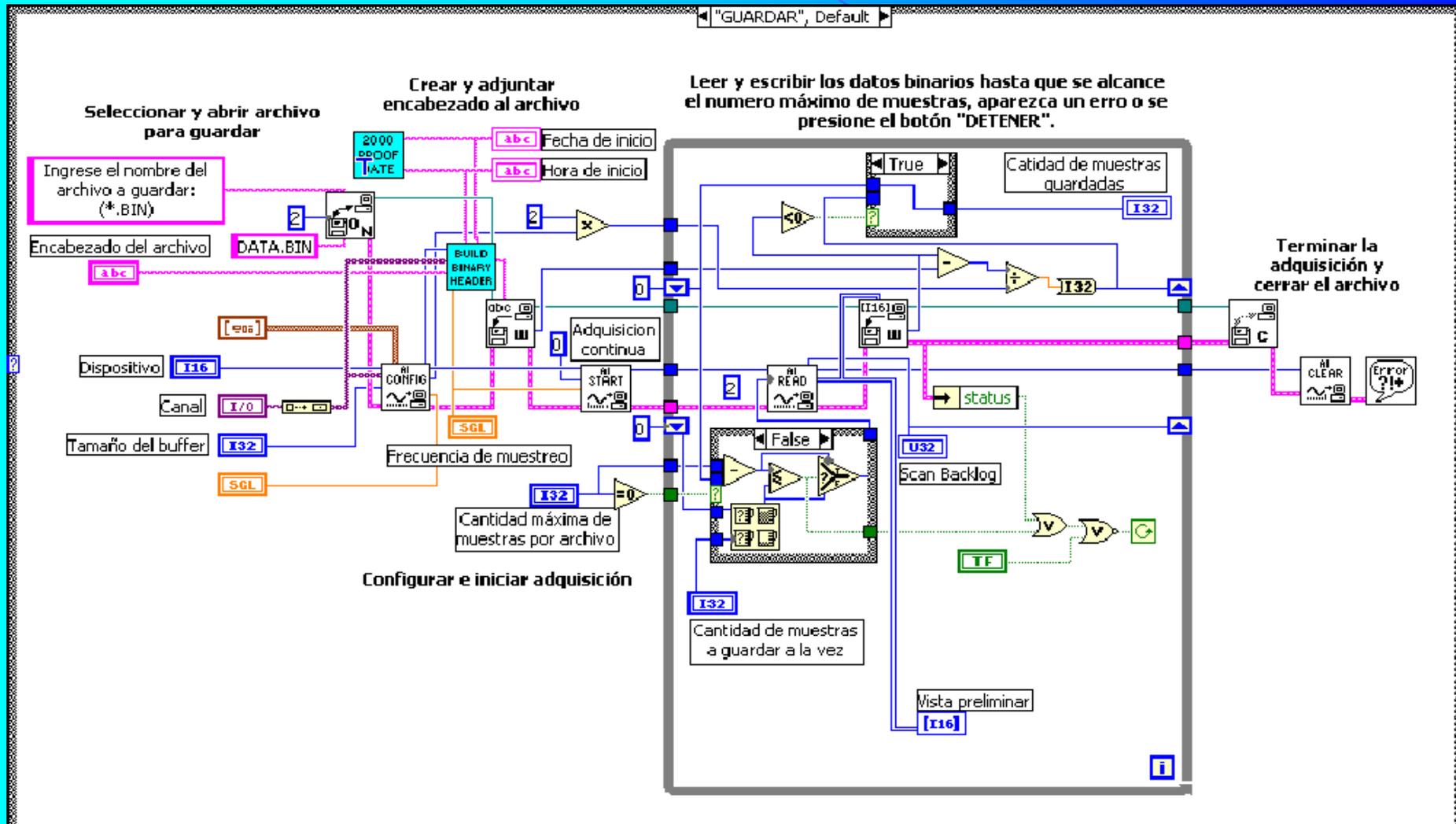


Frecuencia: 2,45 Hz.
Valor del potencial: 116 mV.

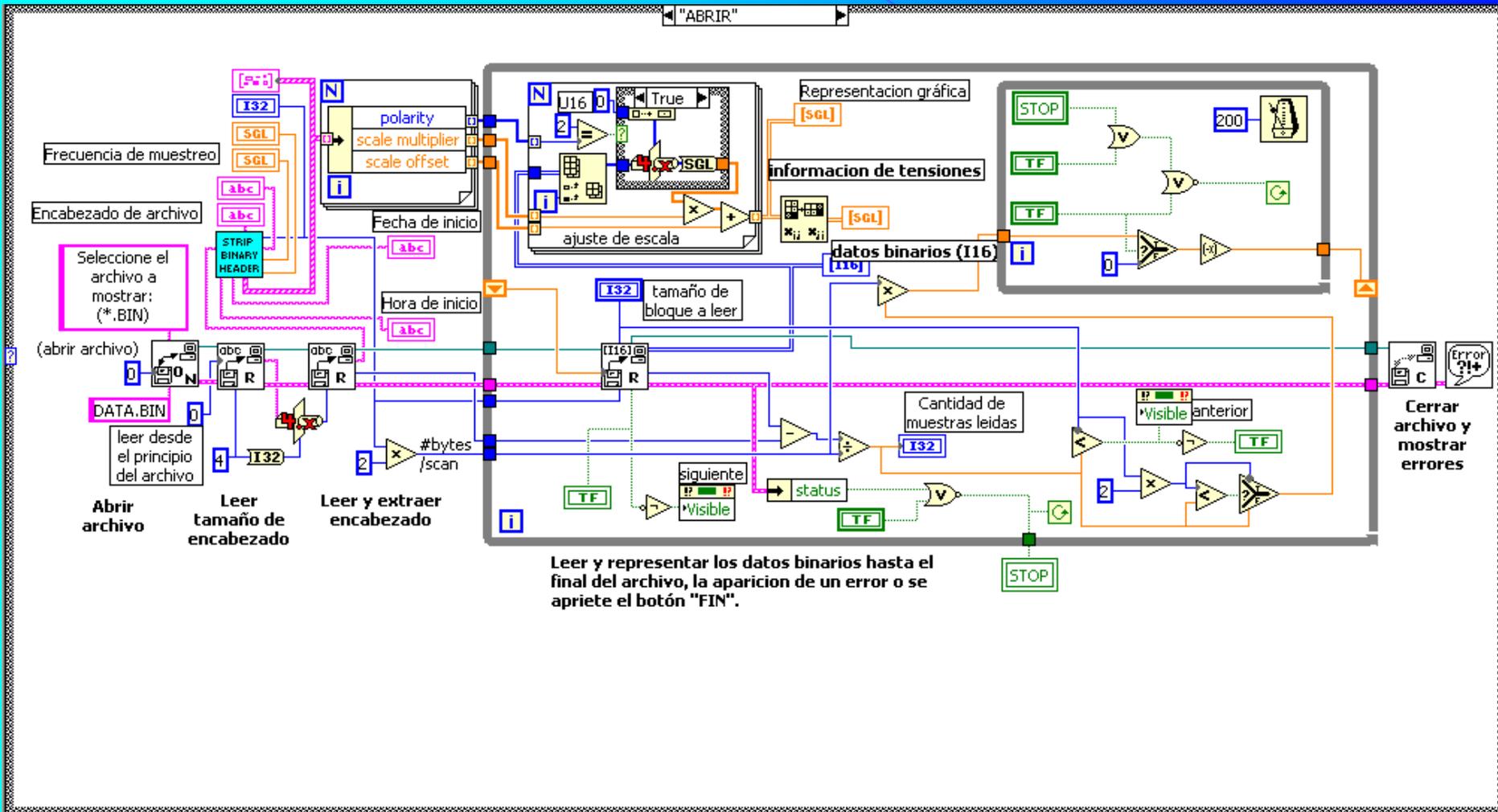
Sistema de adquisición automatizado



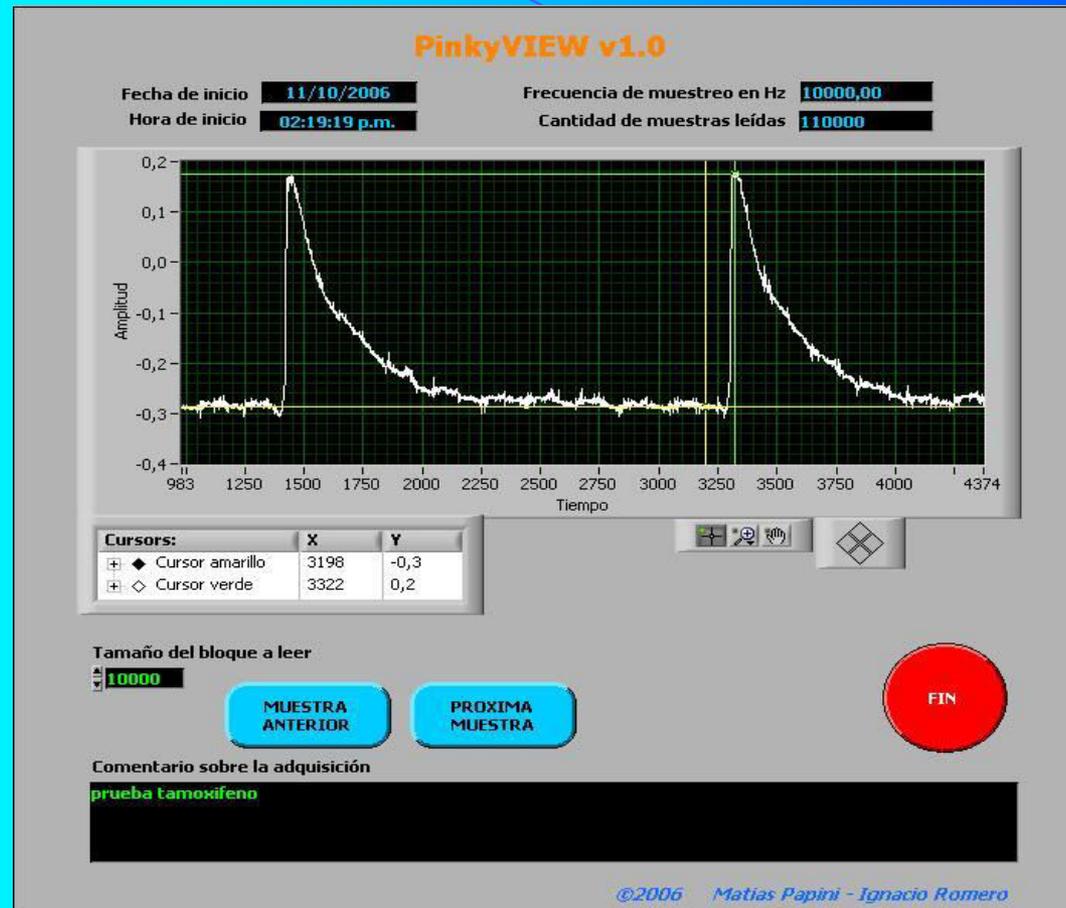
Programación en LabView



Programación en LabView

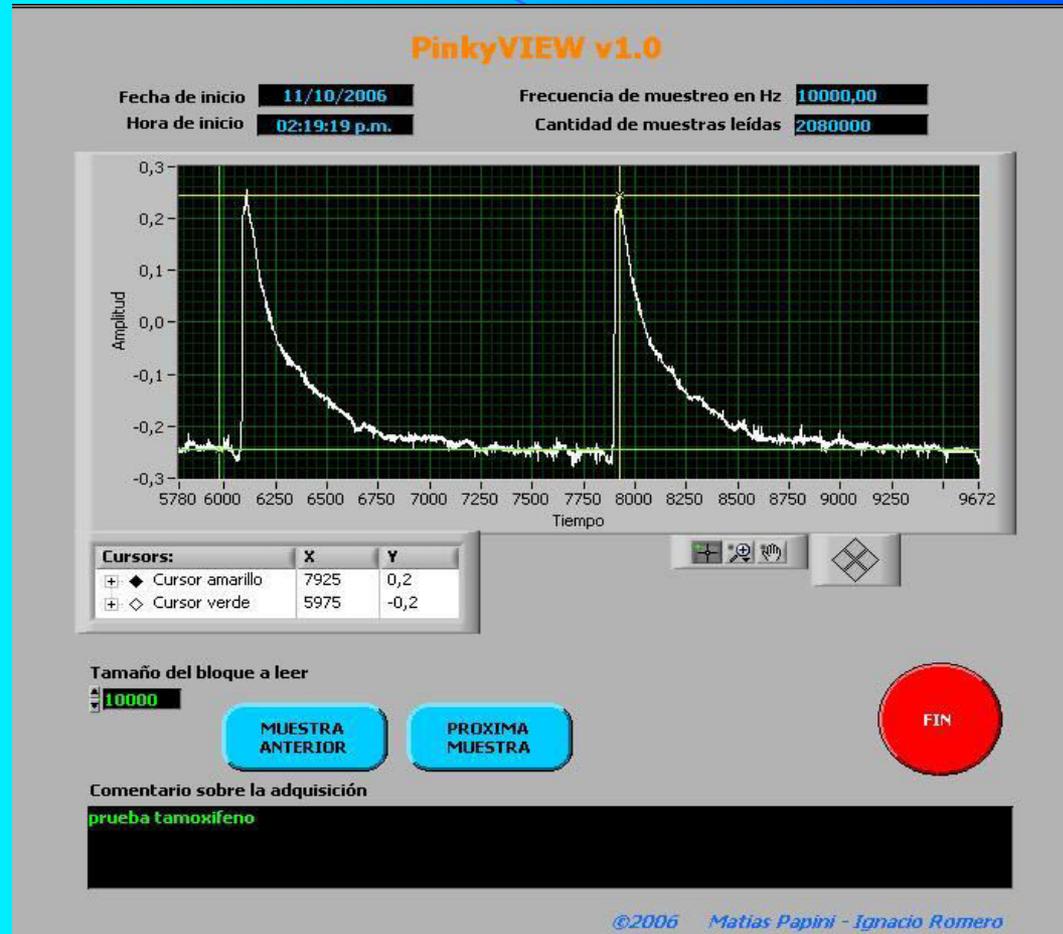


Visualización de los potenciales (sin radiación)



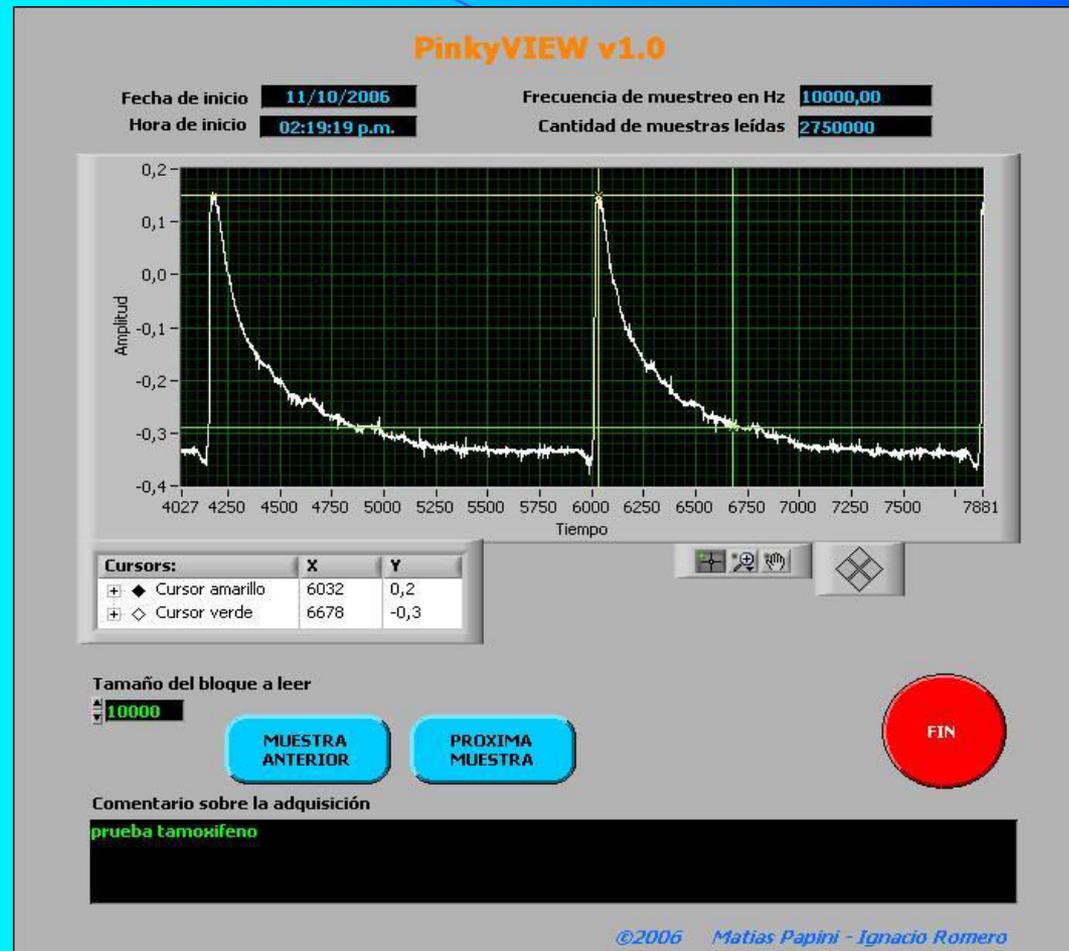
**Control. Sin Radiación. Frecuencia: 317 p/m. Valor del potencial: 89 mV.
Duración (al 90%): 52 mseg.**

Visualización de los potenciales (con radiación)



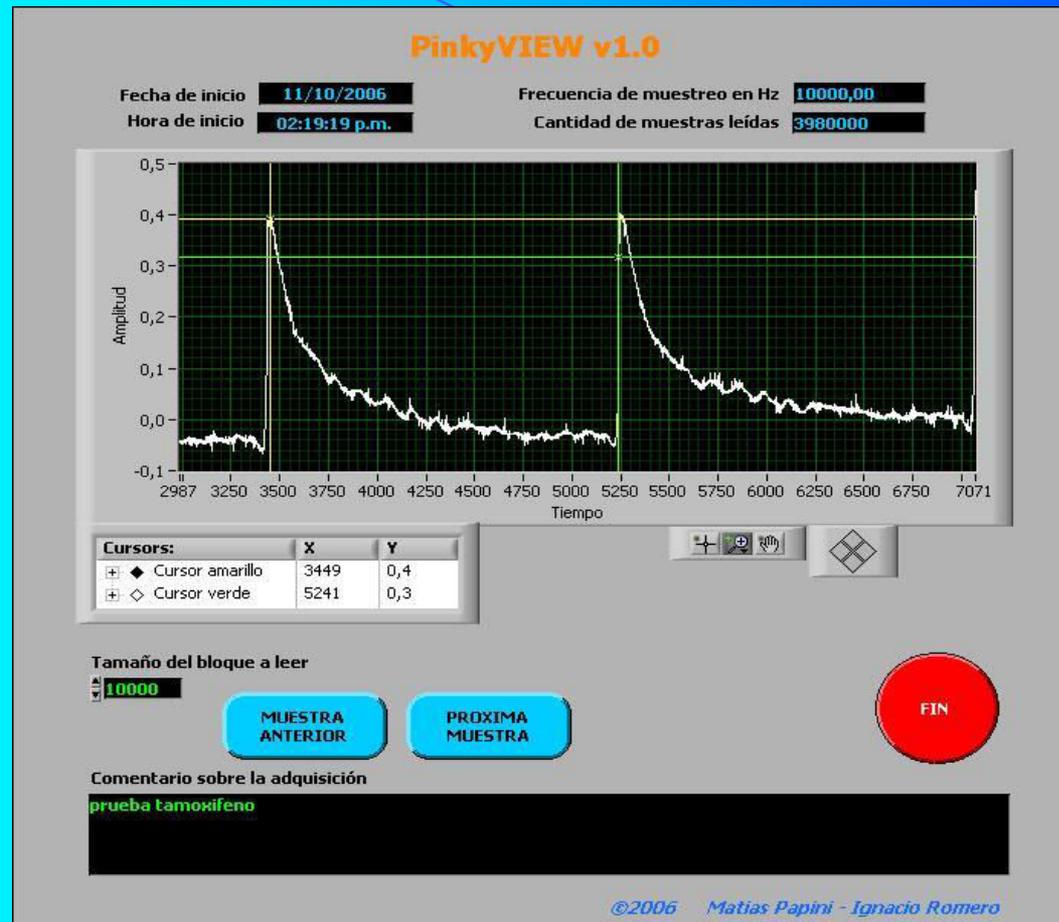
**Con Radiación: Frecuencia. 331 p/m. Valor del potencial: 94 mV.
Duración (al 90%): 52 mseg.**

Visualización de los potenciales (con radiación)



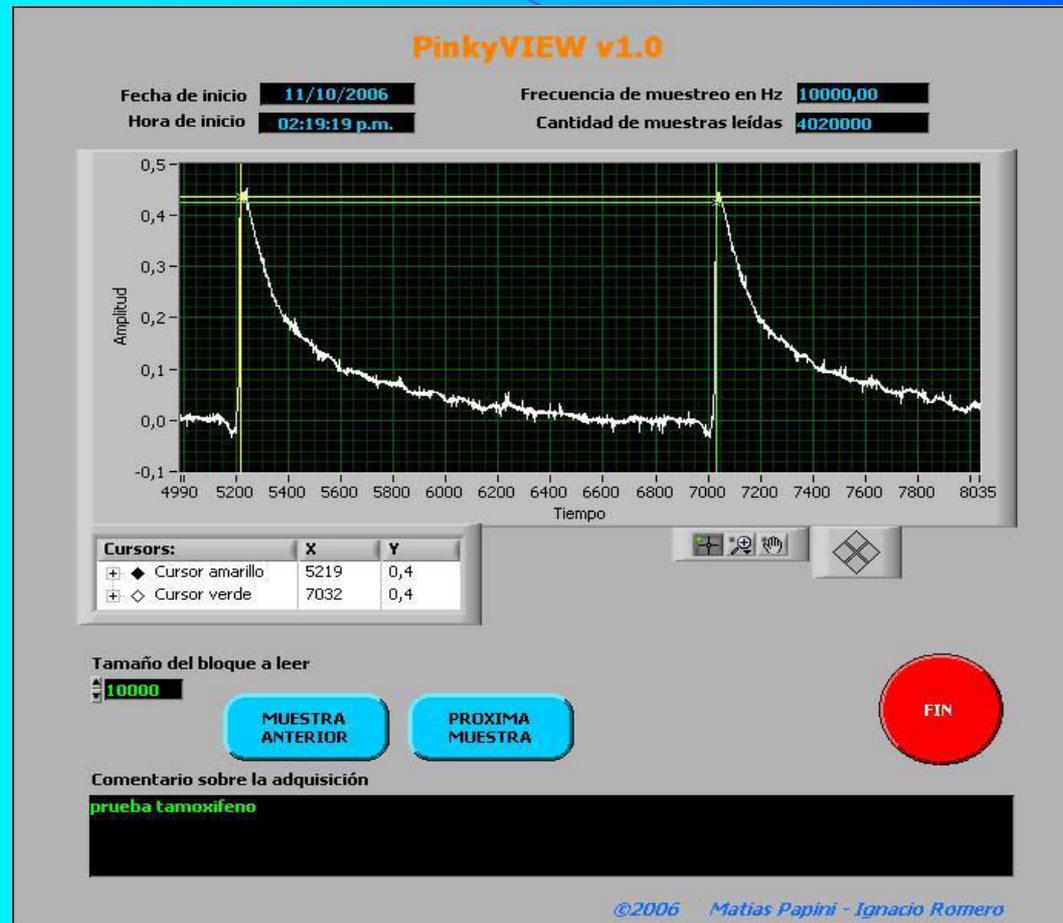
**Con Radiación: Frecuencia. 334 p/m. Valor del potencial: 97 mV.
Duración (al 90%): 64 msec.**

Visualización de los potenciales (con radiación)



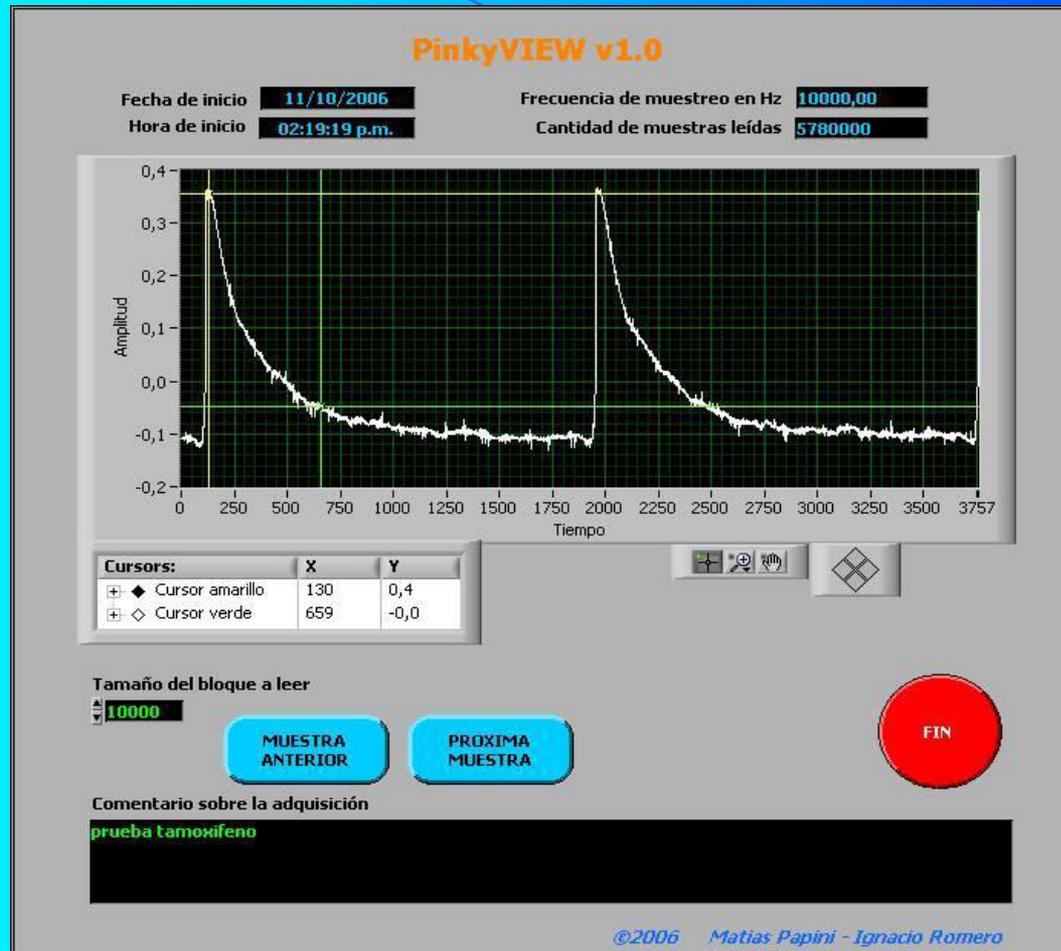
**Con Radiación: Frecuencia. 331 p/m. Valor del potencial: 88 mV.
Duración (al 90%): 76 msec.**

Visualización de los potenciales (sin radiación)



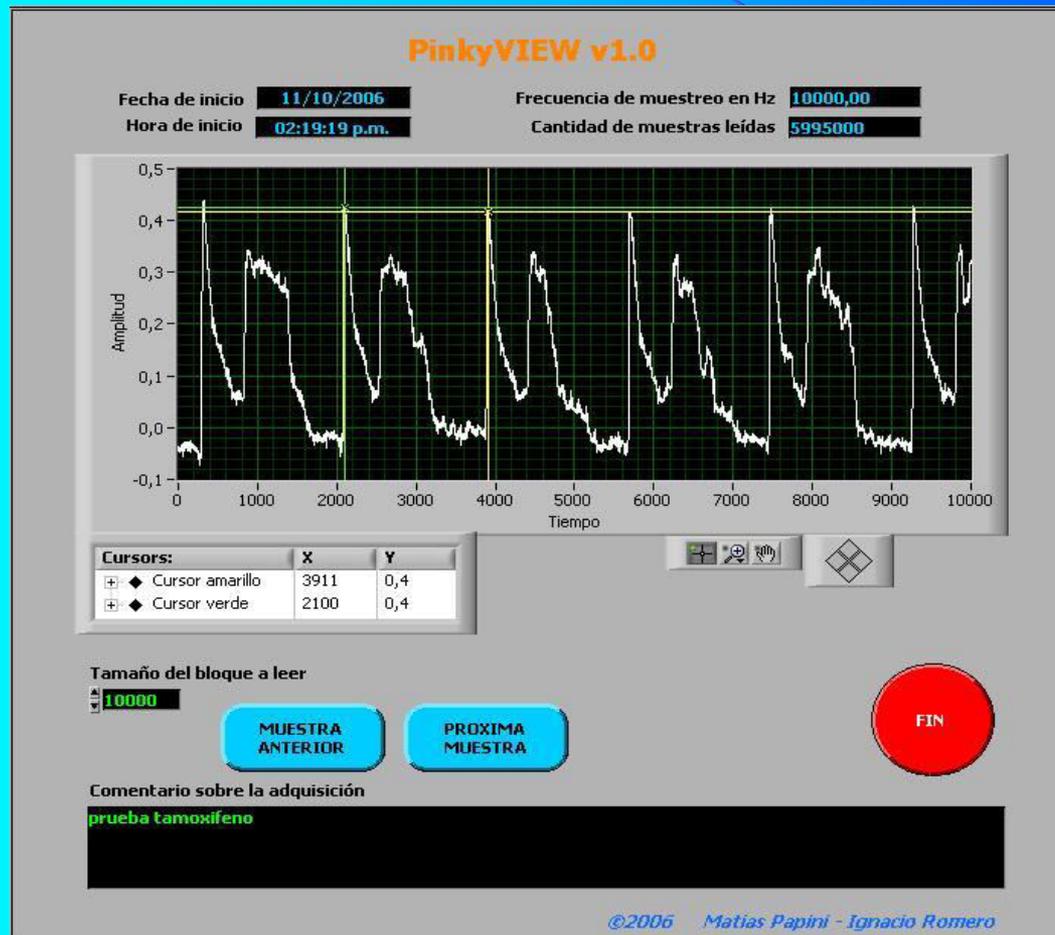
**Sin Radiación: Frecuencia. 330 p/m. Valor del potencial: 87 mV.
Duración (al 90%): 75 mseg.**

Visualización de los potenciales (sin radiación)

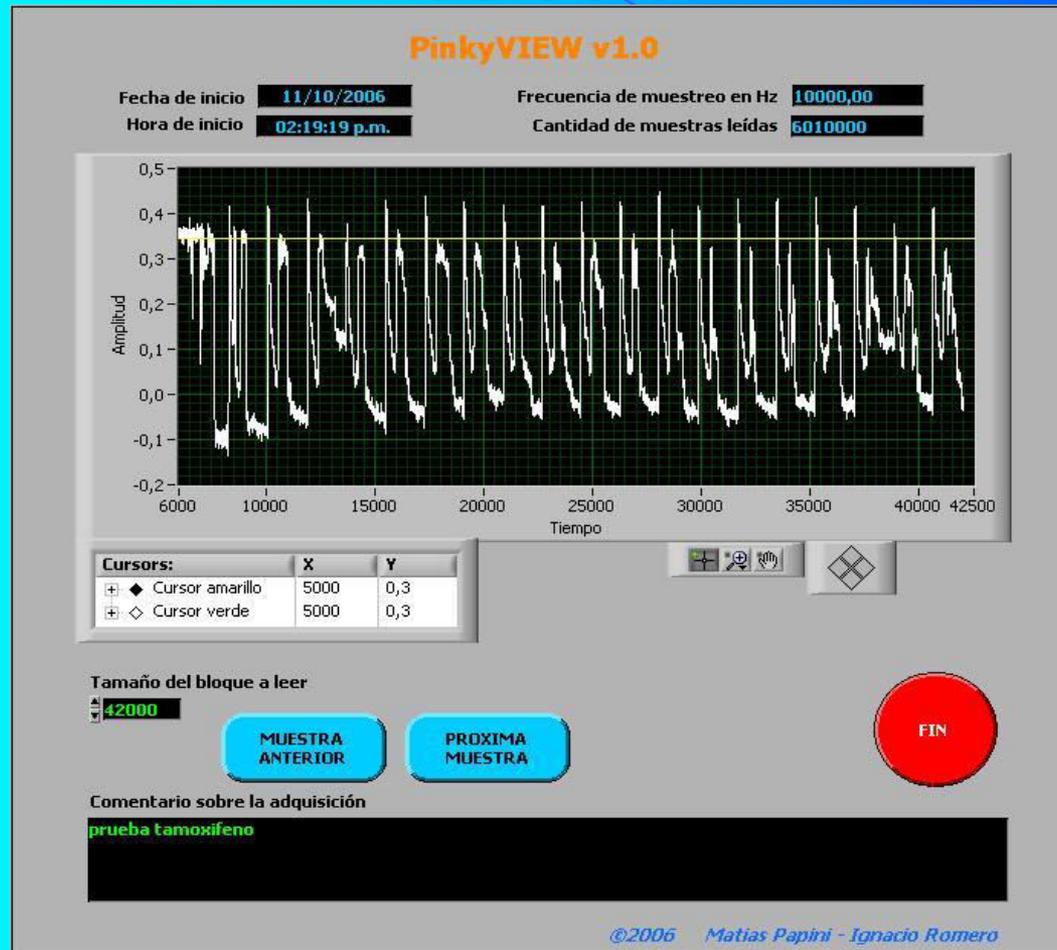


**Sin Radiación: Frecuencia. 326 p/m. Valor del potencial: 98 mV.
Duración (al 90%): 52 msec.**

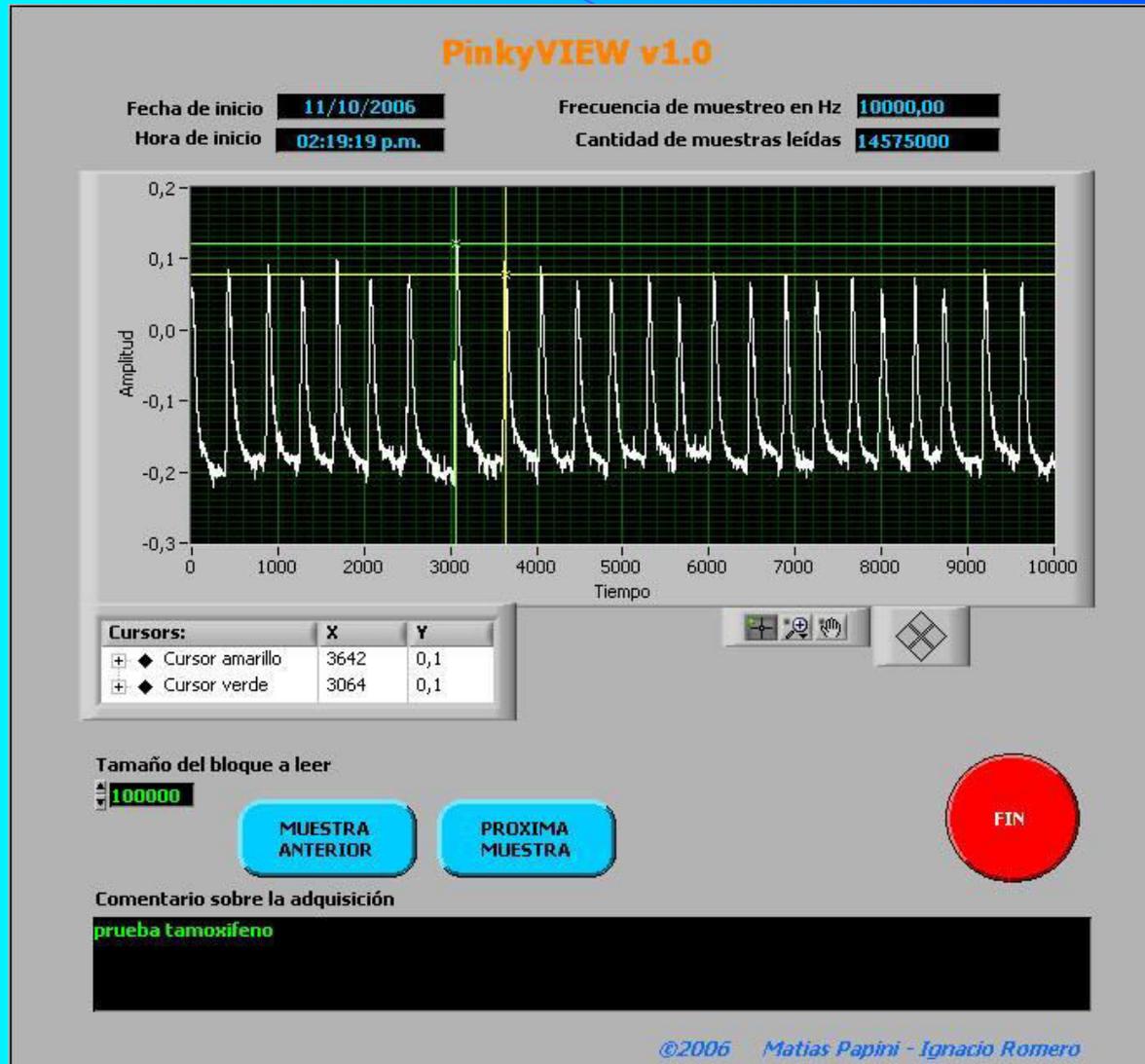
Pospotenciales como consecuencia del comienzo del período con Radiación



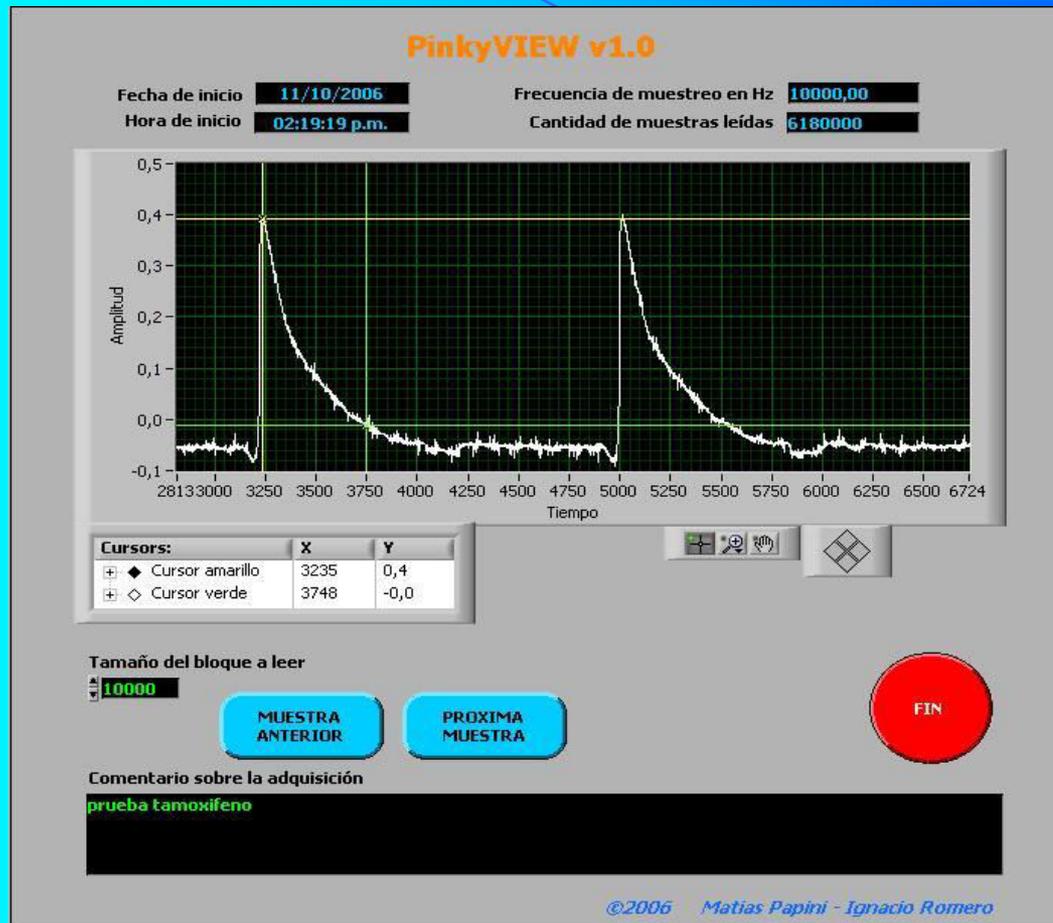
Ampliación de los Pospotenciales como consecuencia del comienzo del período con Radiación



Fibrilación del corazón

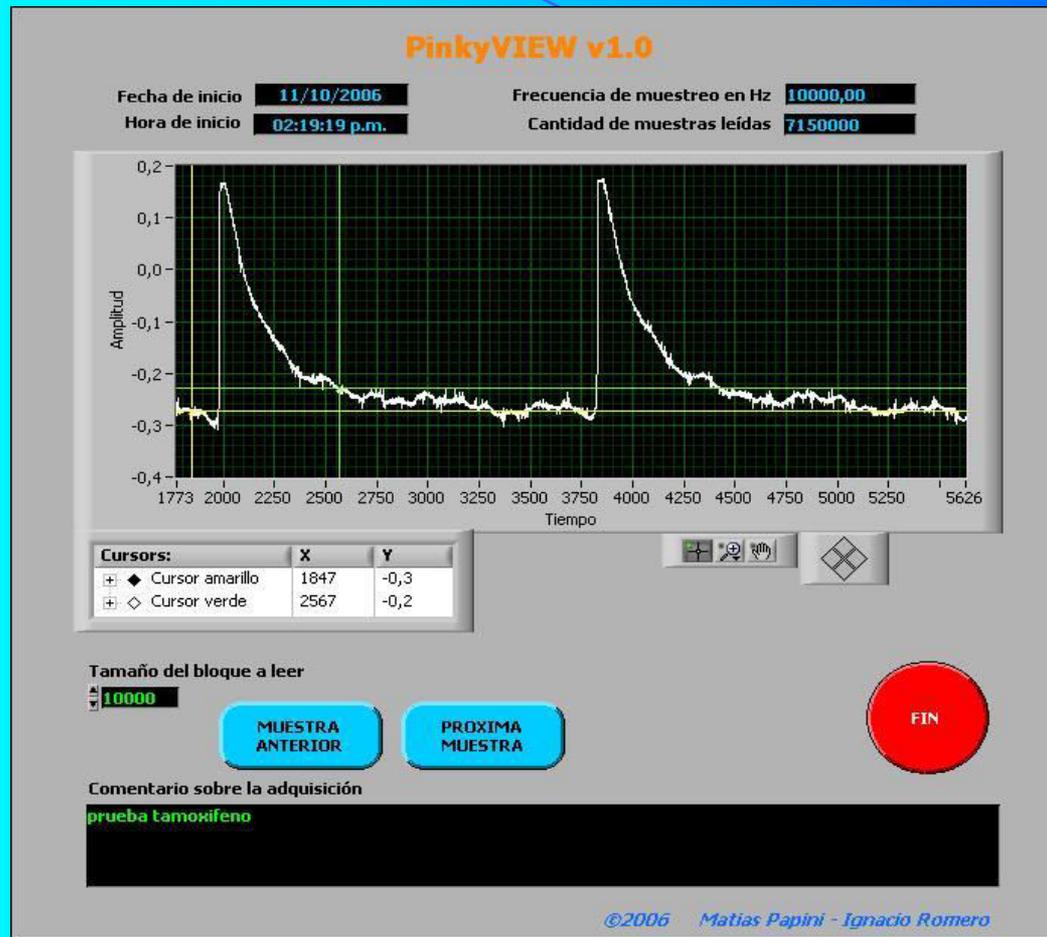


Visualización de los potenciales (con radiación)



**Con Radiación: Frecuencia. 337 p/m. Valor del potencial: 90 mV.
Duración (al 90%): 51 msec.**

Visualización de los potenciales (con radiación)



**Con Radiación: Frecuencia. 324 p/m. Valor del potencial: 88 mV.
Duración (al 90%): 72 msec.**

Conclusiones.

- Teniendo en cuenta las experiencias, obtuvimos algunos resultados significativos, que son motivo de un exhaustivo análisis por parte de los médicos especialistas, en virtud de que en cada situación se produjeron efectos *relevantes* como por ejemplo: Cambio de la forma de onda de los potenciales. Ya que se ve un significativo aumento en la duración de los mismos, es decir se altera la repolarización ventricular, por lo que trae aparejado una rectificación de la corriente hacia dentro de los iones potasio $I_{K1}=I'_{KIR}$. Estado óptimo para producir extrasístoles ventricular, condición que puede desencadenar taquicardias ventriculares, sumamente peligrosas para la vida.
- Por otro lado dado que los niveles de los potenciales no se afectan significativamente, se puede inferir que los canales de sodio no se ven afectados por la radiación electromagnética.
- Con respecto a los canales de calcio, en un primer análisis no se puede adelantar si se producen cambios o no.
- *Éstos resultado son calificados como "inquietante", ya que la rata "comparte con el hombre un alto porcentaje de su patrimonio genético".*

Otros estudios realizados

- **BIOELECTROMAGNETISMO Dr. Juan C. Jiménez. (P. 47). Seminario: “Antenas, infraestructura necesaria para las comunicaciones”. Palacio de Correos. 11 de noviembre de 2004.**
- **Estudios a nivel celular se han realizado por ejemplo (Adey, 1981, *Physiol. Rev.*, 61, 435). Varios estudios se han focalizado en efectos sobre la permeabilidad e integridad de la membrana, tales como aumento en el flujo de cationes Na⁺, K⁺, en eritrocitos, con altas densidades de potencia.**
- **Varios estudios se realizaron sobre preparaciones aisladas de corazón de sapo, ratas y tortugas. Se registraron disminución de la frecuencia cardíaca a intensidades de 15W/m²**

Referencias:

- (1) Ingeniero en Electrónica y Electricidad, postgrado Ingeniería en Telecomunicaciones. Investigador Clase 2, Universidad de Mendoza. Profesor Titular de las Cátedras: Propagación y Radiación Electromagnética; Sistemas de Telefonía; Comunicación de Datos I y. Ex Profesor invitado para dictar las Cátedras Electromagnetismo y Microondas Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de San Luis (Villa Mercedes).**

Muchas Gracias