

DISMINUCIÓN DE RUIDO ELECTROMAGNÉTICO EN EL PATRÓN DE TENSIÓN ELÉCTRICA CONTINUA EN BASE AL EFECTO JOSEPHSON DEL CENAM



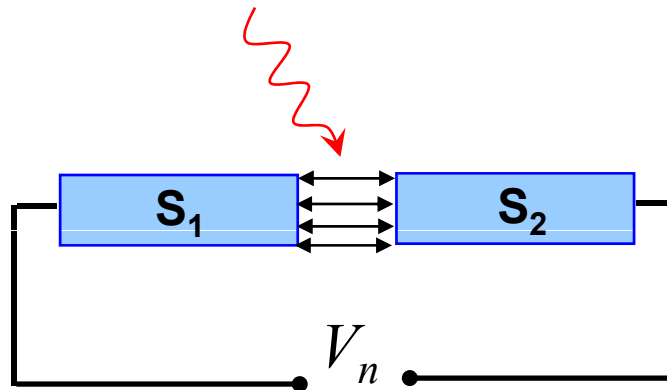
David Avilés
Dionisio Hernández
Enrique Navarrete



Introducción

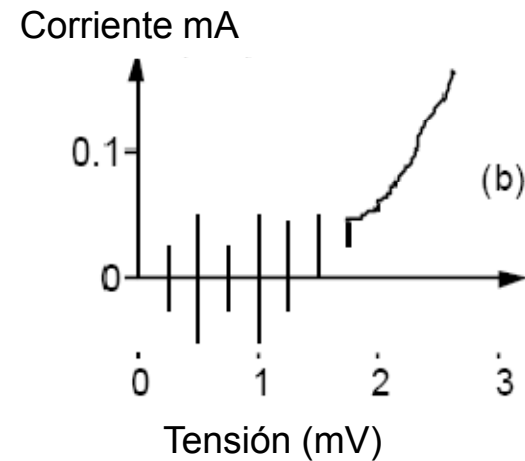
Patrón nacional del volt:

Principio de operación



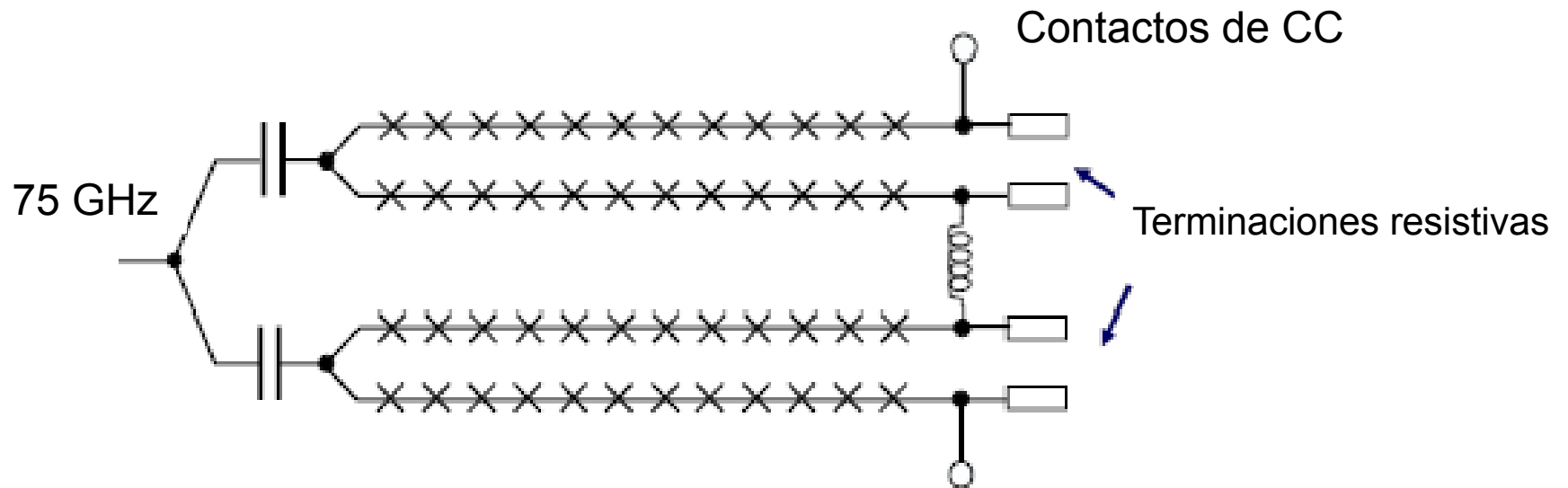
$$V_n = n \frac{h}{2e} f = n K_J^{-1} f$$

Efecto Josephson en CA



Unión Josephson de
alta capacitancia

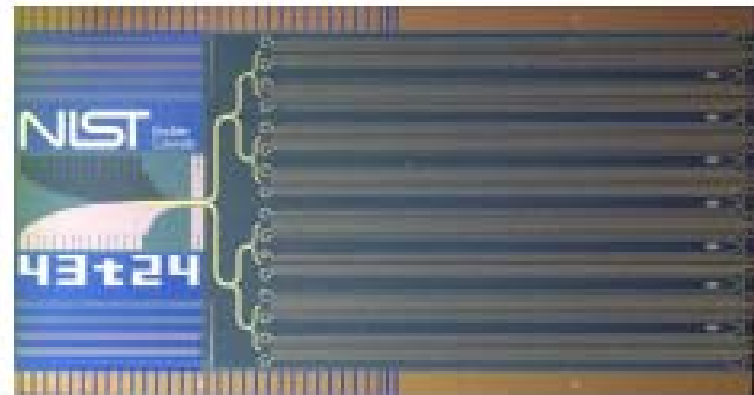
Arreglos Josephson



20 000 uniones conectadas en serie Tecnología SNS

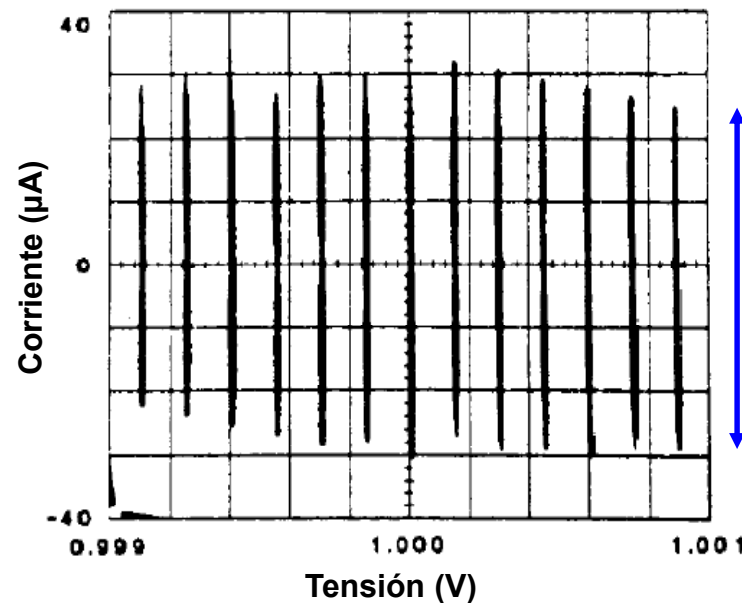
$10\text{ V} > V_j > -10\text{ V}$

Escalones a 75 GHz de $150\text{ }\mu\text{V}$



Origen de la alta susceptibilidad al ruido electromagnético.

Uniones Josephson de alta capacitancia



Amplitud de $\approx 40 \mu\text{A}^*$

* Depende del ajuste de potencia y frecuencia

Gráfica corriente – tensión de un arreglo Josephson polarizado alrededor de 1 V a una frecuencia de 72 GHz.

Principales fuentes de ruido electromagnético

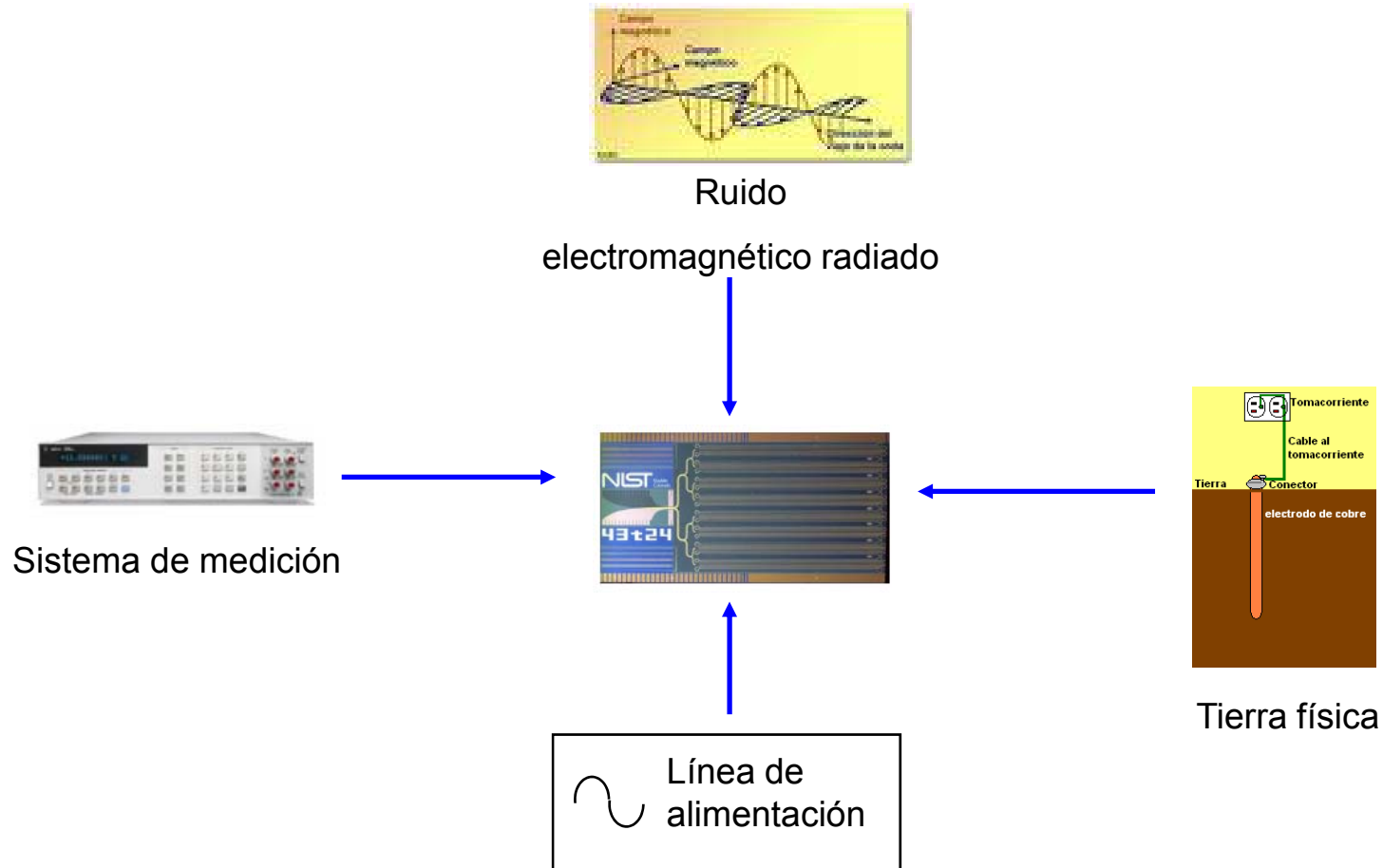
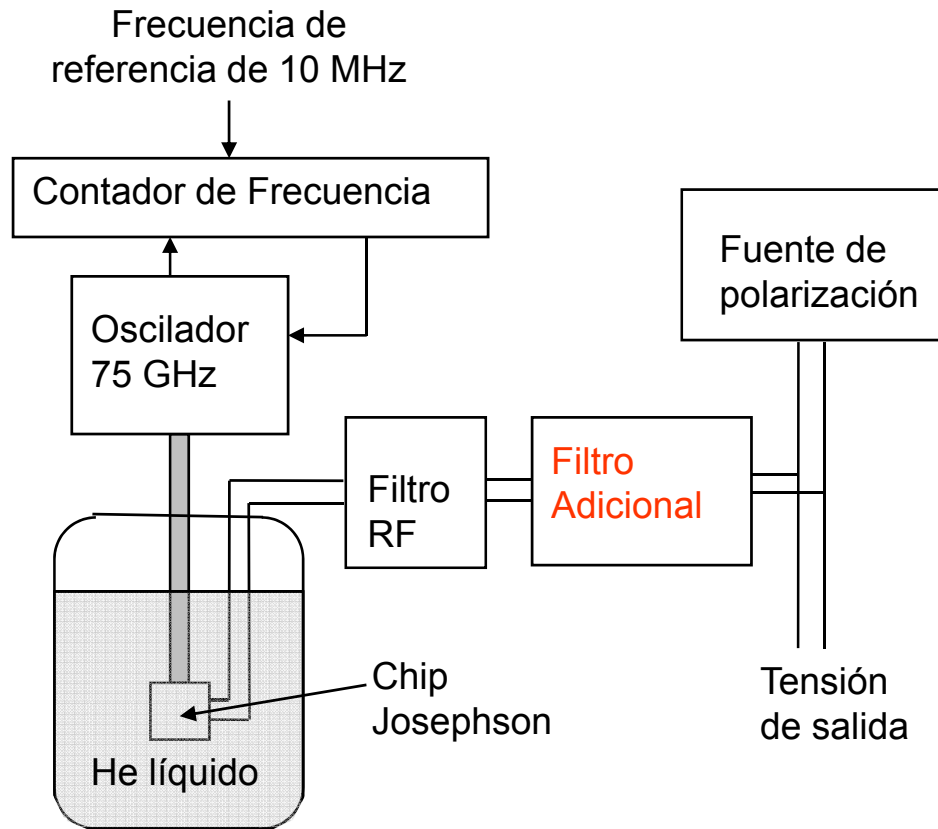


Diagrama a bloques del patrón de efecto Josephson



Jaula de Faraday

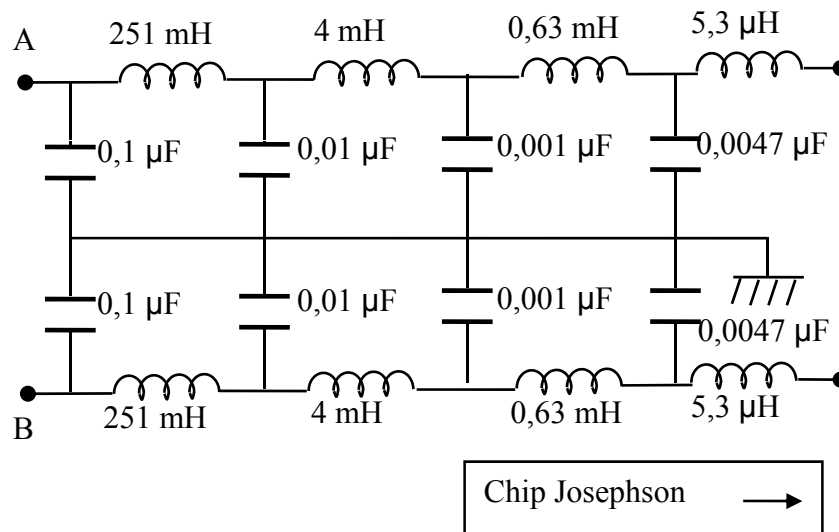
- Condiciones de utilización:
 - Filtros de línea
 - Filtros de RF (panal de abeja)
 - Aislamiento eléctrico del Sistema Aire Acondicionado
 - Filtros especiales para señales de voz y datos
 - Blindaje de cables de entrada/salida
 - Conexión a tierra física
 - Iluminación incandescente y fluorescente (balastra fuera de la jaula)

¡Pero Hay fuentes de ruido en el interior de la Jaula!

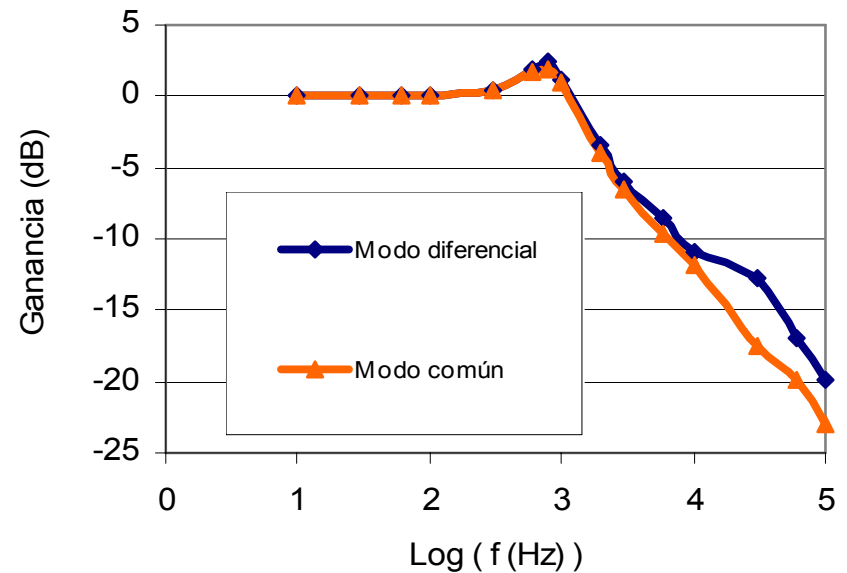
Antes que nada buenas prácticas de conexión de blindajes, guardas y tierras



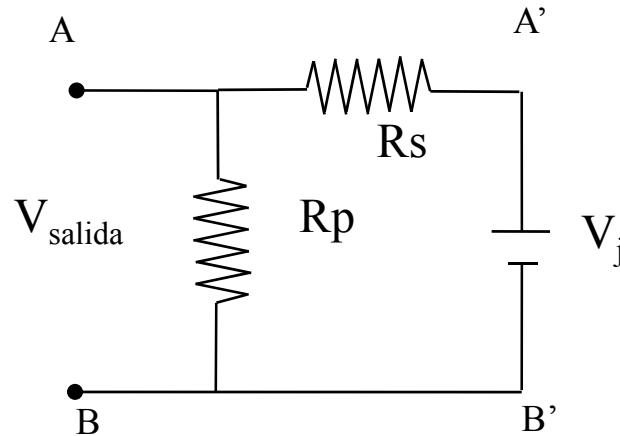
Filtro pasa bajas (adicional)



Funciones de transferencia del filtro



Error sistemático por la introducción del filtro pasa bajas



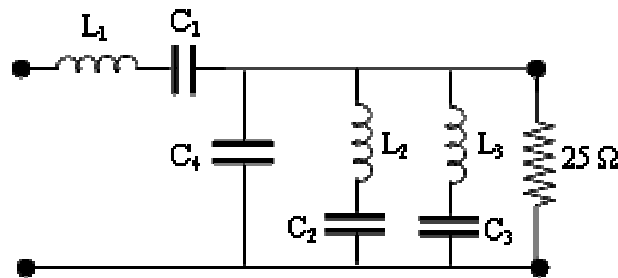
$$R_s = 1,5 \, \Omega$$

$$R_p = 5 \times 10^{11} \, \Omega$$

- **Error por la introducción del filtro $< 0,1 \, \text{nV}$**
(peor caso $V_j = 10 \, \text{V}$)

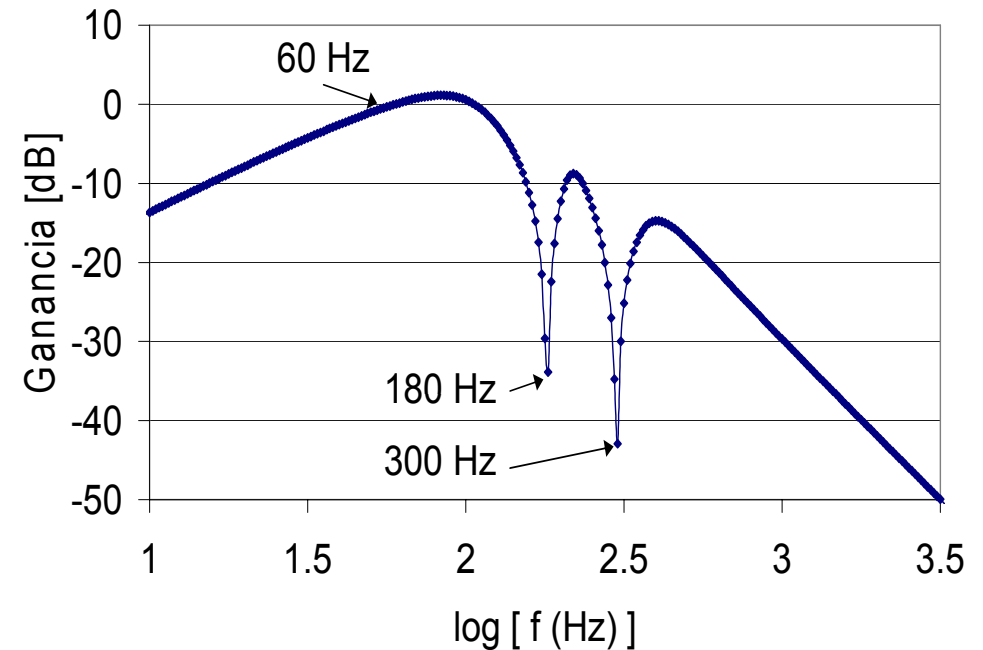
Mejorando la calidad de la línea de alimentación.

Filtro de armónicas



- $L_1 = 53,4 \text{ mH}$, $L_2 = 55,2 \text{ mH}$, $L_3 = 28,14 \text{ mH}$
- $C_1 = 133,1 \text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 14,1 \text{ }\mu\text{F}$, $C_3 = 10 \text{ }\mu\text{F}$, $C_4 = 15 \text{ }\mu\text{F}$

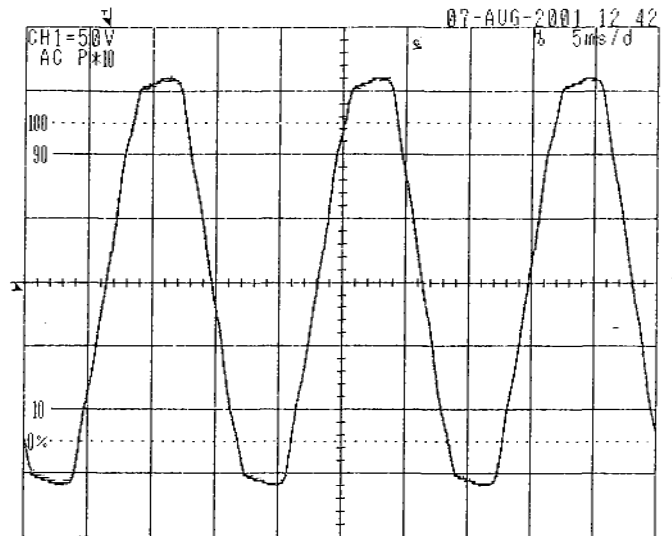
filtro de armónicas



Filtro de armónicas

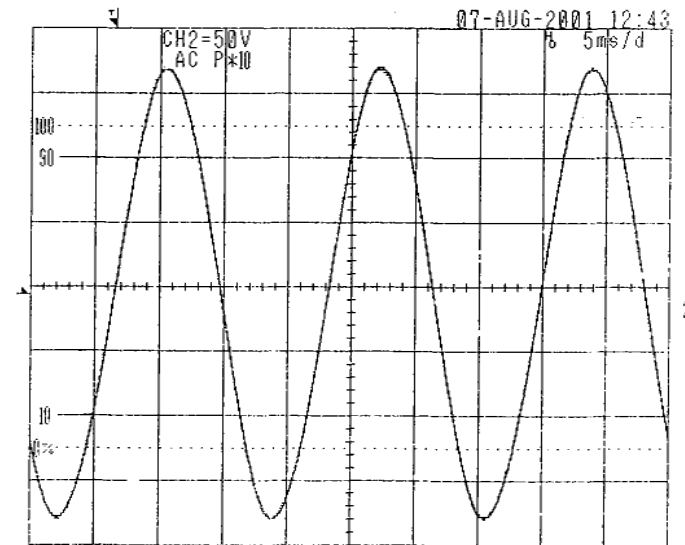


Disminución de la distorsión armónica



Antes del filtro:

Distorsión armónica total 11%

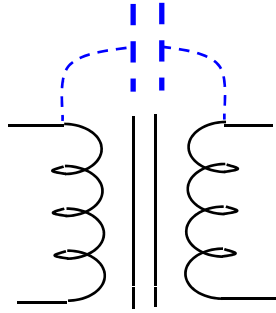


Después del filtro:

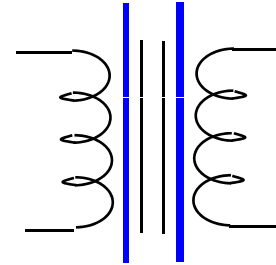
Distorsión armónica total < 1%

Transformador de aislamiento

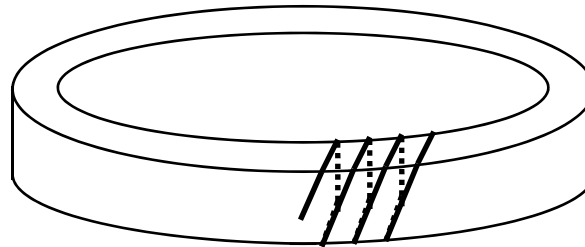
- Principio de operación:



Transformador normal

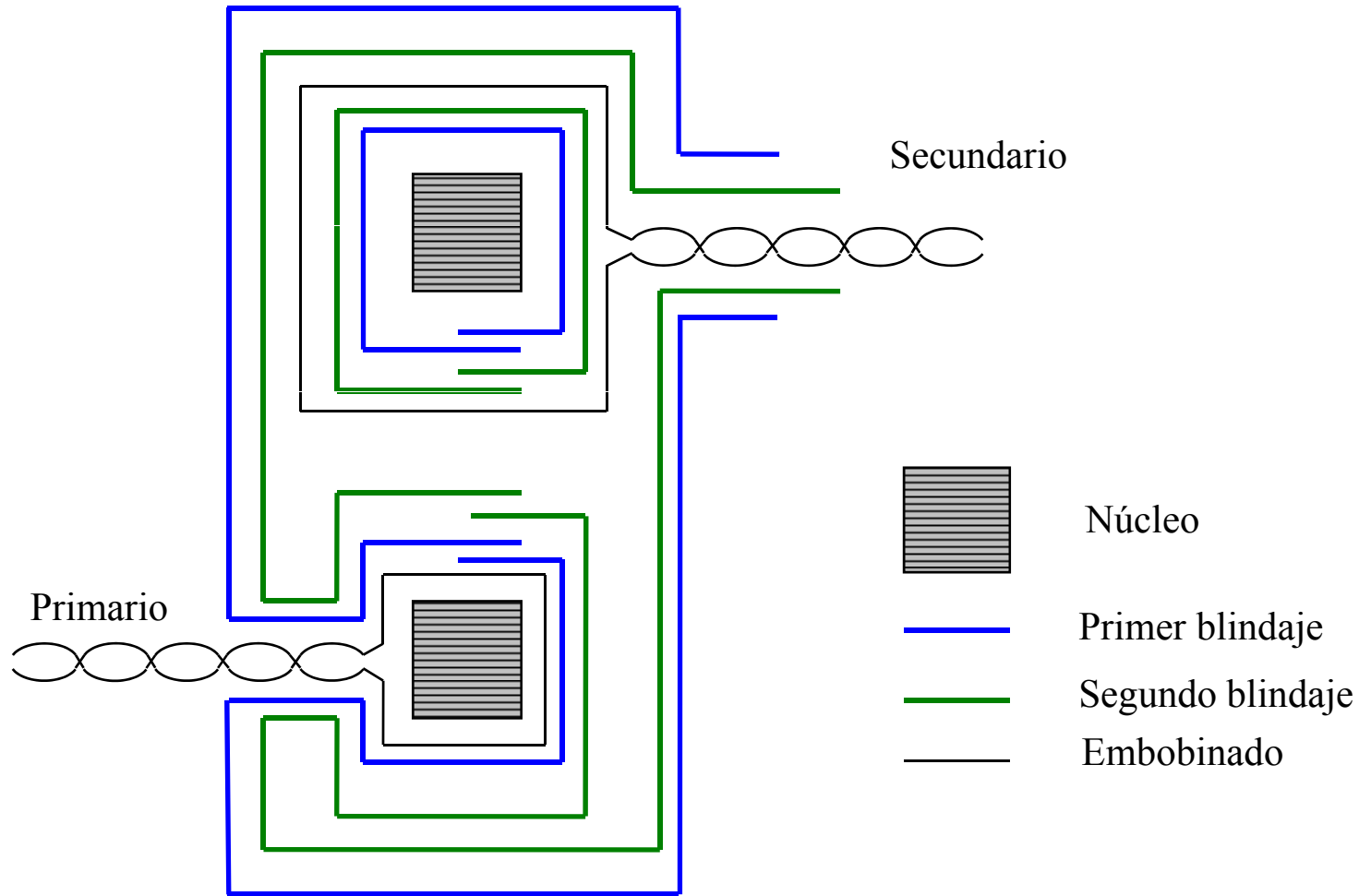


Transformador de aislamiento 1:1



Transformador de aislamiento toroidal

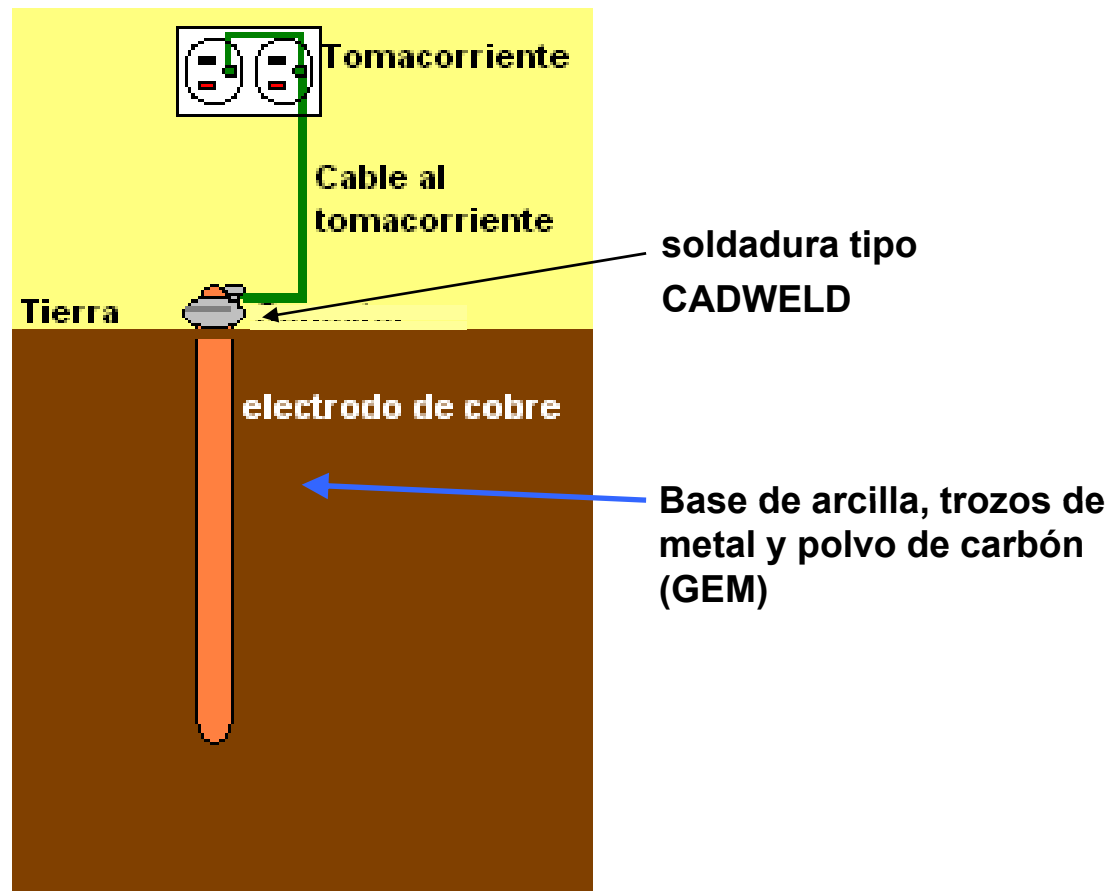
Transformador de aislamiento



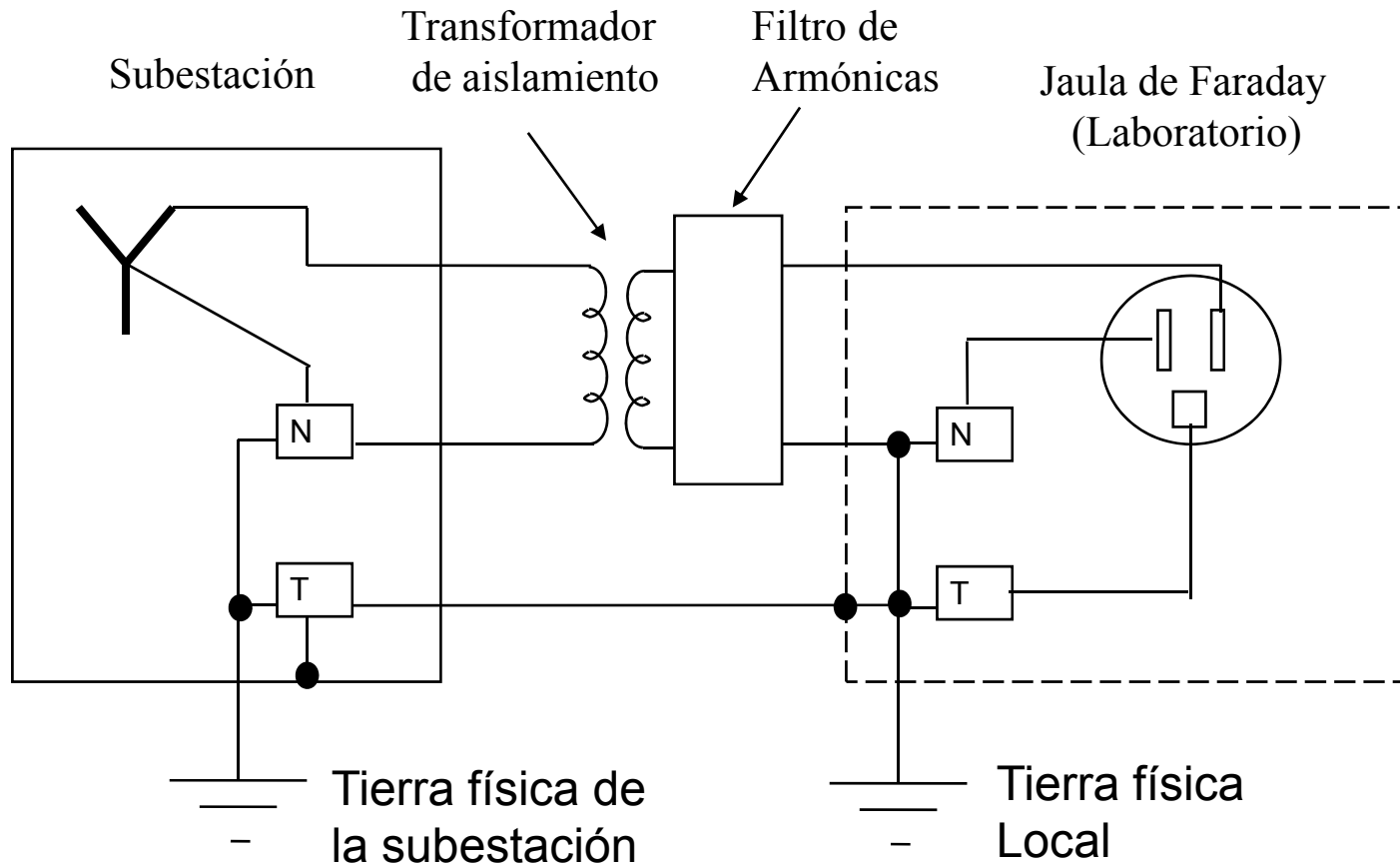
Transformador de aislamiento



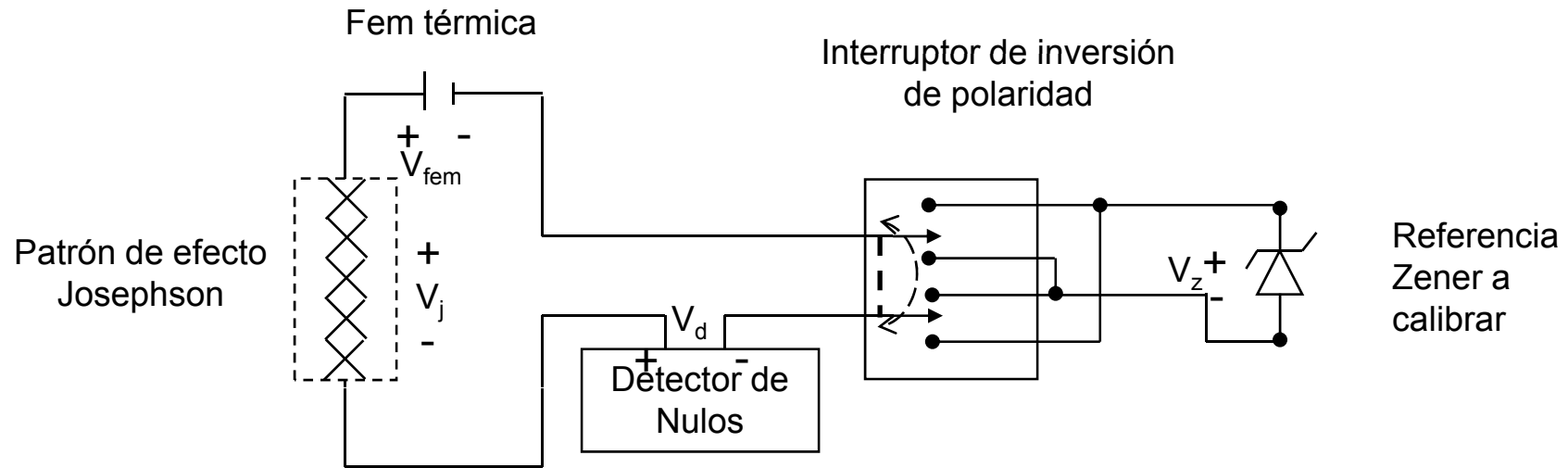
Tierra física local



Sistema eléctrico del Laboratorio



El sistema de medición



$$V_{d1} = -V_{j1} + V_{fem} + V_z + V_{off} \quad (1)$$

$$V_{d2} = +V_{j2} + V_{fem} - V_z + V_{off} \quad (2)$$

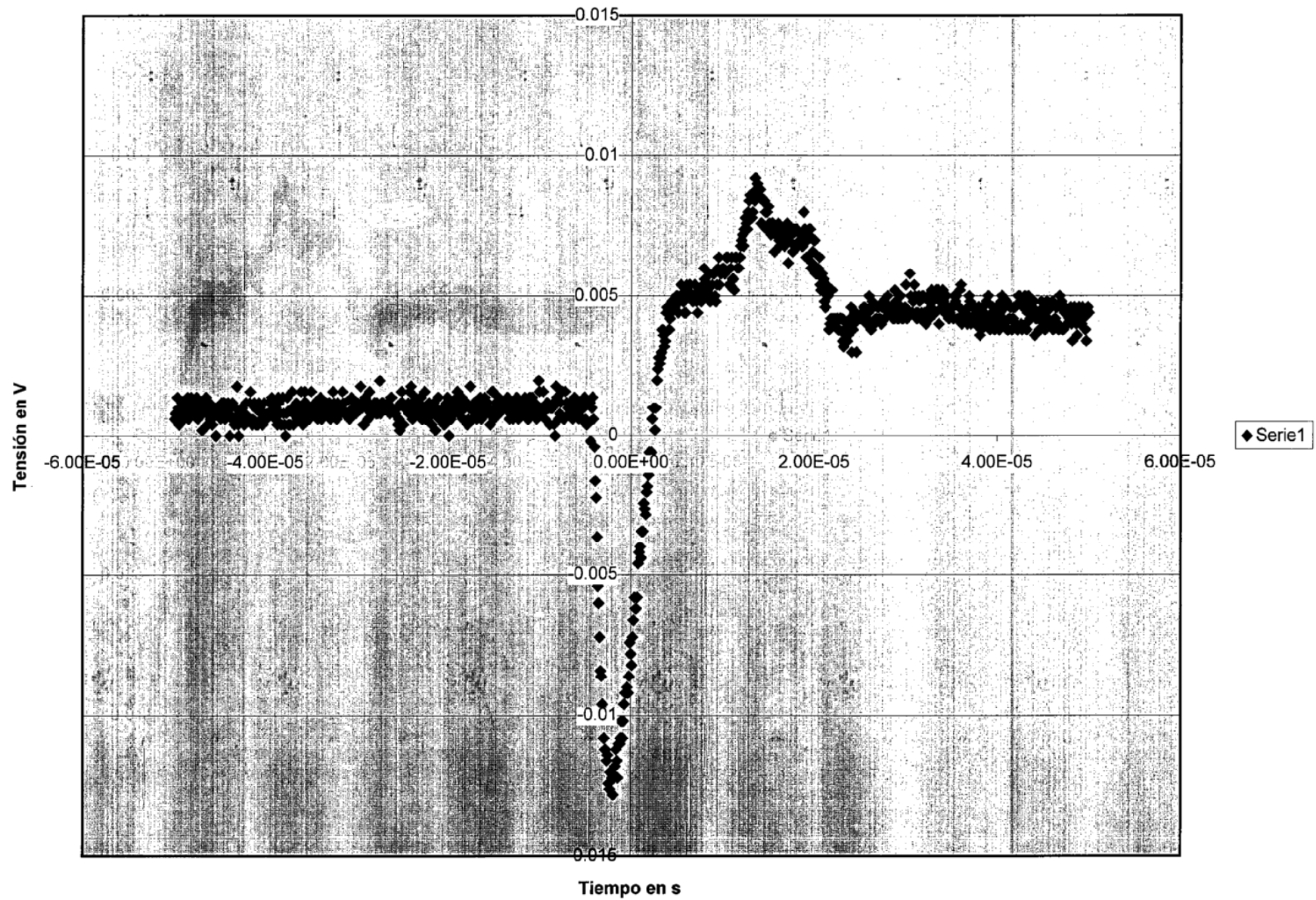
Restando (1) de (2) tenemos que:

$$V_{d1} - V_{d2} = -V_{j1} - V_{j2} + 2V_z$$

$$\underline{V_z = (V_{d1} - V_{d2} + V_{j1} + V_{j2}) / 2}$$

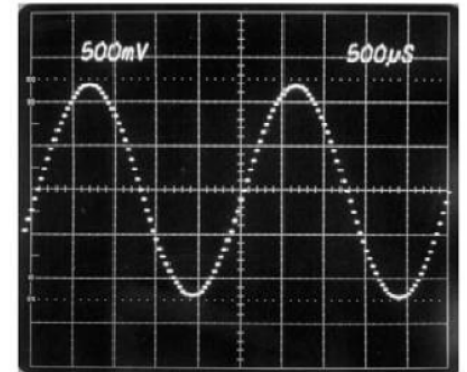
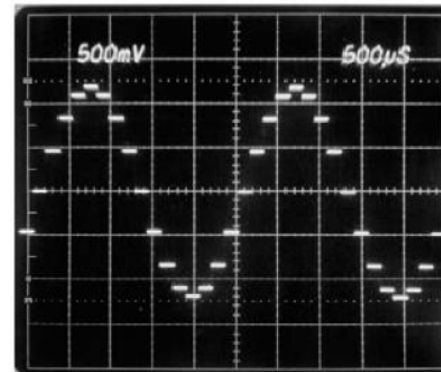
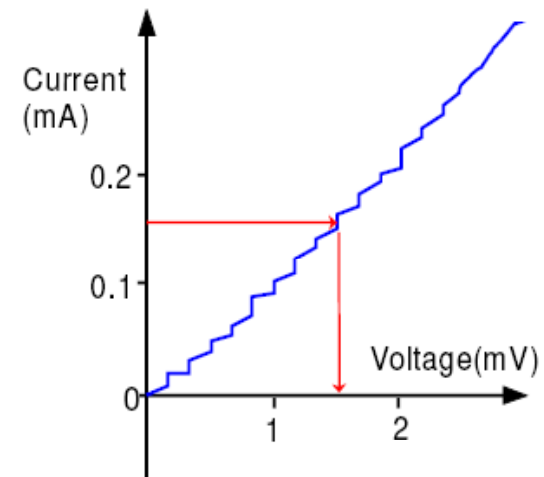
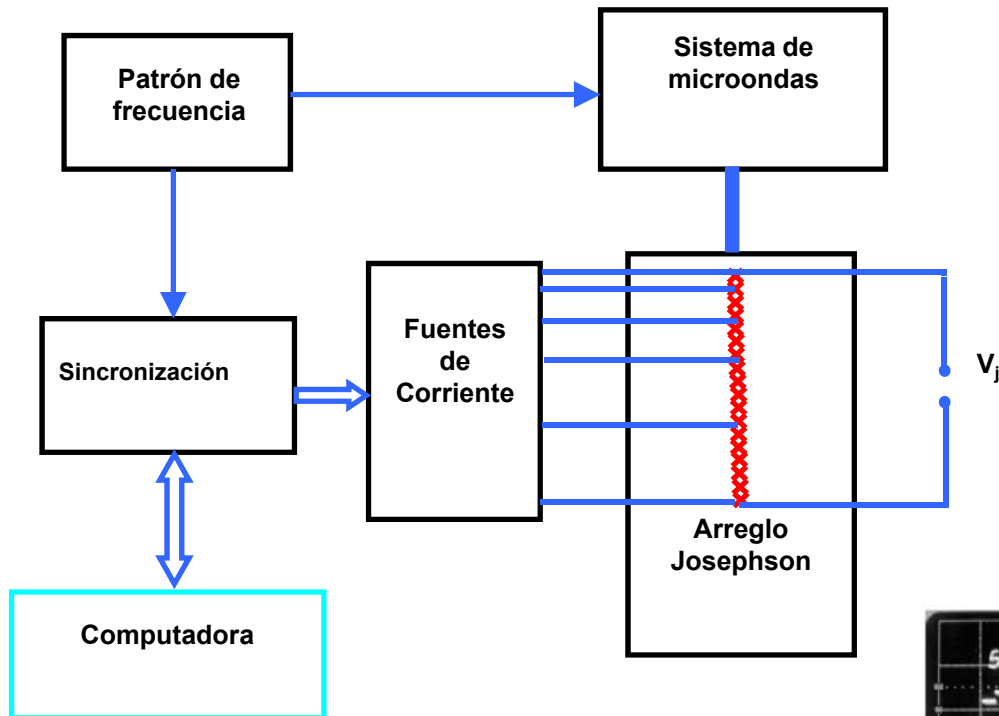
The graph displays the voltage signal over time. The x-axis represents time in seconds (Tiempo (s)) from -0.6 to 0.6. The y-axis represents voltage in Volts (Tensión (V)) from -0.015 to 0.02. The signal is characterized by high-frequency noise and several sharp positive spikes. A blue double-headed arrow on the right side of the plot indicates the peak voltage ($V_{pico} \approx 15 \text{ mV}$).

Pico a la salida del multímetro HP-3458



Nuevos desarrollos en patrones Josephson

Patrón de efecto Josephson Programable PJVS



Ventajas del PJVS sobre el JVS

- Chip perfectamente estable, alta inmunidad al ruido electromagnético (no hay transiciones de escalón espontáneas)
Ancho de escalón de ≈ 1 mA
- Tiempos de polarización bajos ($\approx 1\mu\text{s}$) por lo que la generación de formas de onda arbitrarias de baja frecuencia es posible.
- Formas de onda con valor RMS calculables.

Conclusión

- Antes de llevar a cabo las medidas de reducción de ruido se tenía en promedio un cambio de nivel cuántico cada minuto.

Con los cambios descritos la estabilidad promedio del nivel cuántico es de alrededor de 30 min.

- El desarrollo tecnológico en Sistemas de efecto Josephson nos permitirá contar con sistemas totalmente estables y programables para aplicaciones en CC y en CA.