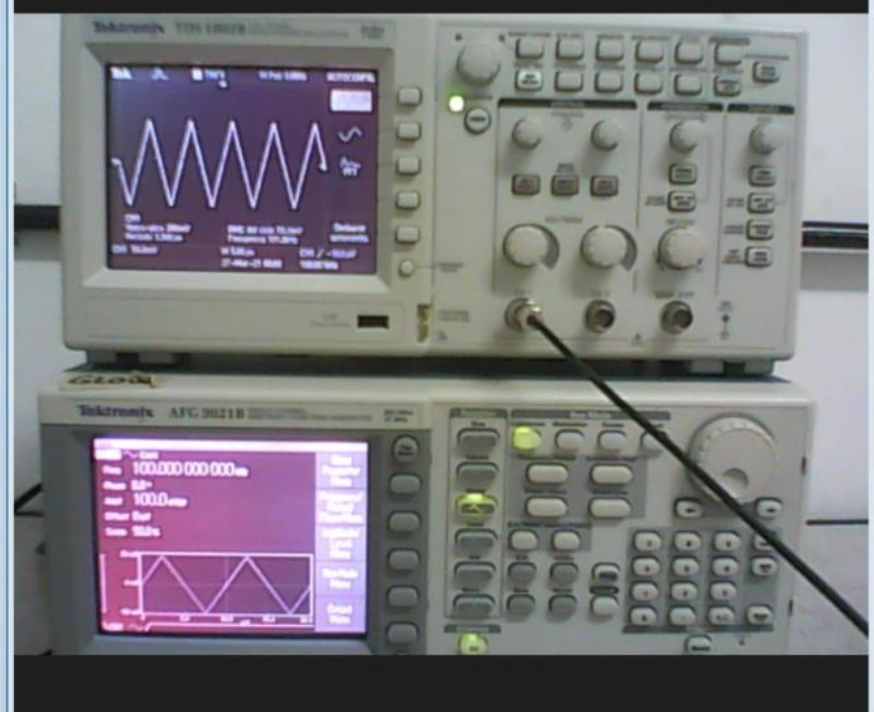
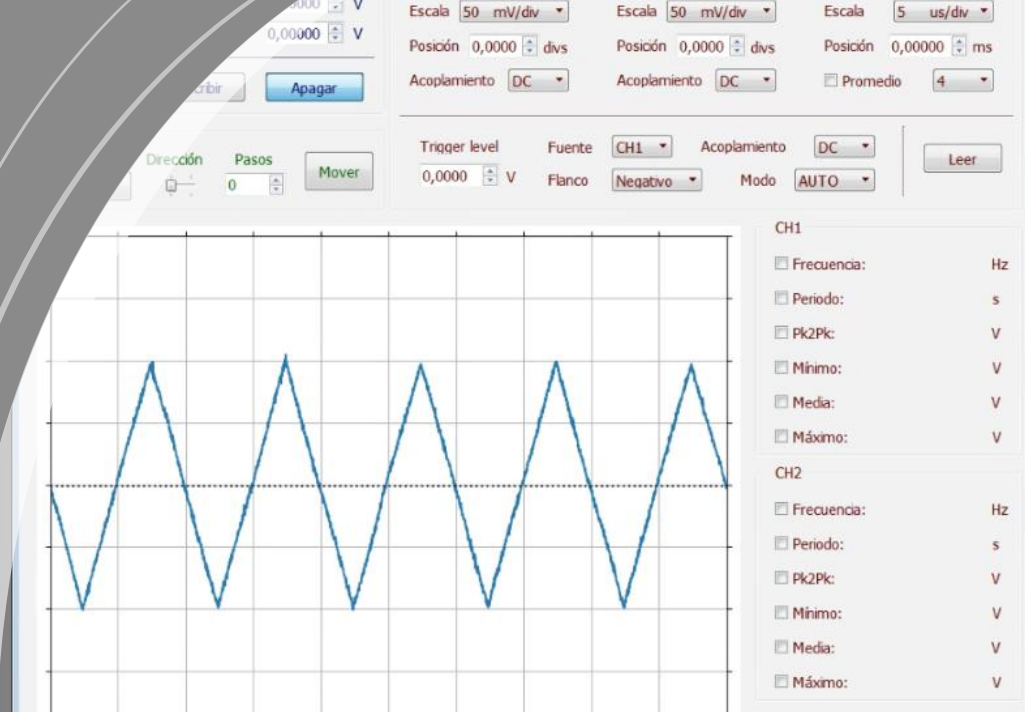



Laboratorio 2 Verano 2023



Clase 1
31/01/2023
Instrumental

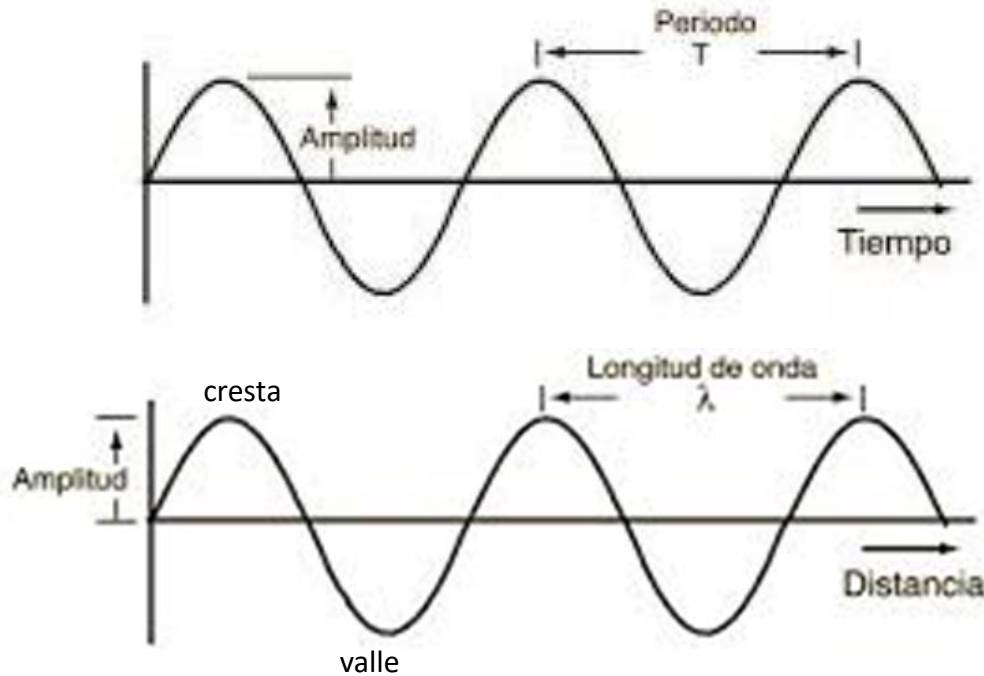


- Breve introducción sobre ondas 
- ¿ Cómo podemos generar ondas controladas en el Laboratorio ?
- Generador de Funciones/Señales
- Osciloscopio
- Multímetro (Tester)
- Errores instrumentales
- ¿ Hay correlación entre lo que mide el osciloscopio y el multímetro ?

Una **onda** consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad del espacio (presión, densidad, campo eléctrico o magnético) implicando un transporte de energía sin transporte de materia.

El espacio perturbado puede contener materia (aire, agua, etc) o no (vacío).

Las ondas pueden representarse por un movimiento armónico simple



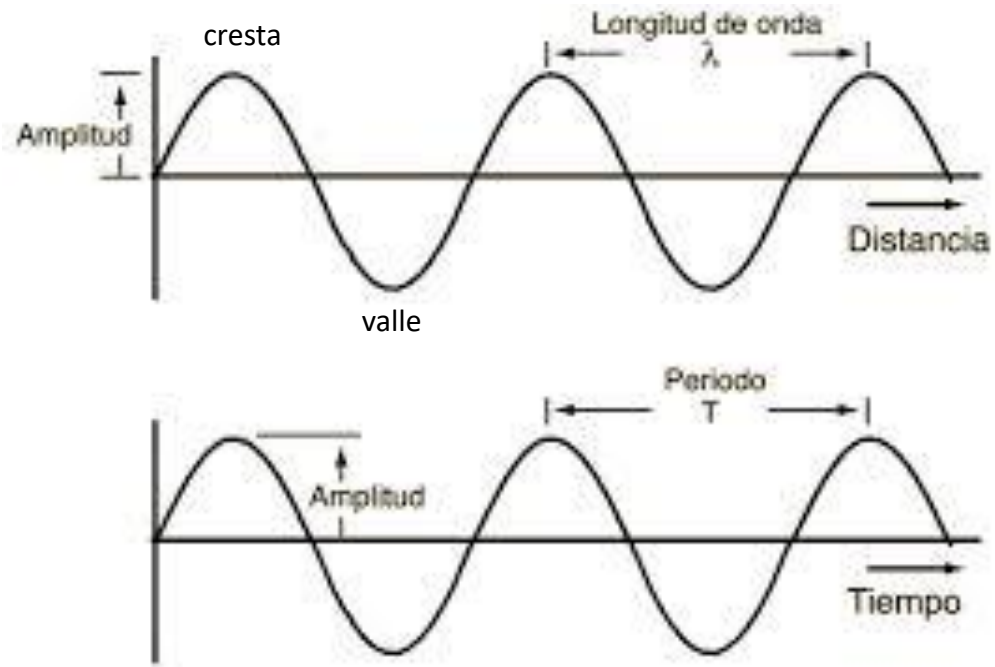
período $\rightarrow T = \frac{1}{f} \rightarrow$ frecuencia

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \rightarrow$ frecuencia angular

$k = \frac{2\pi}{\lambda} \rightarrow$ número de onda

$v_p = \frac{\omega}{k} = \lambda f \rightarrow$ velocidad de propagación (fase)

$v_g = \frac{\partial \omega}{\partial k} \rightarrow$ velocidad de grupo



período $\rightarrow T = \frac{1}{f} \rightarrow$ frecuencia

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \rightarrow$ frecuencia angular

$k = \frac{2\pi}{\lambda} \rightarrow$ número de onda

$v_p = \frac{\omega}{k} = \lambda f \rightarrow$ velocidad de propagación (fase)

Ecuación de onda

$$\nabla^2 u(\vec{r}, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(\vec{r}, t)$$

Laplaciano

$$\nabla^2 \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad \text{OEM}$$

Matemáticamente un onda básica senoidal en 1-D (onda armónica) se puede escribir

$$u(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \phi)$$

\downarrow
amplitud
máxima

\downarrow
fase
constante

Clasificación

- ✓ En función del medio que se propagan
- ✓ En función de su propagación o frente de onda
- ✓ En función de la dirección de propagación
- ✓ En función de su periodicidad

Ondas mecánicas

- ✓ Precisan de un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse.
- ✓ Las partículas del medio oscilan alrededor de un punto fijo.



No existe transporte neto de materia a través del medio

{ Ondas elásticas
Sonido (ondas sonoras)

Ondas electromagnéticas

- ✓ Se pueden propagar en el espacio sin necesidad de un medio (en el vacío)
- ✓ Se producen por oscilaciones del campo eléctrico (y campo magnético).

Ondas gravitacionales

- ✓ Perturbaciones que alteran la geometría del espacio-tiempo.

Clasificación

- ✓ En función del medio que se propagan
- ✓ En función de su propagación o frente de onda
- ✓ En función de la dirección de propagación
- ✓ En función de su periodicidad

{
Unidimensionales
Bidimensionales o superficiales
Tridimensionales

Periódicas

La perturbación local que las origina se produce en ciclos repetitivos (por ej.: ondas senoidal)

No periódicas

La perturbación local que las origina se produce aisladamente o si se repiten, tiene características diferentes (pulsos)

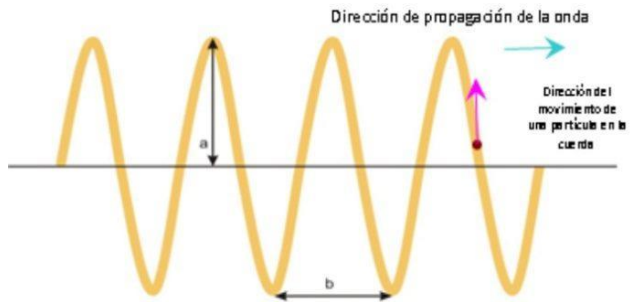
Ondas longitudinales

Las partículas se mueven (vibran) paralelas a la dirección de propagación

Ondas transversales

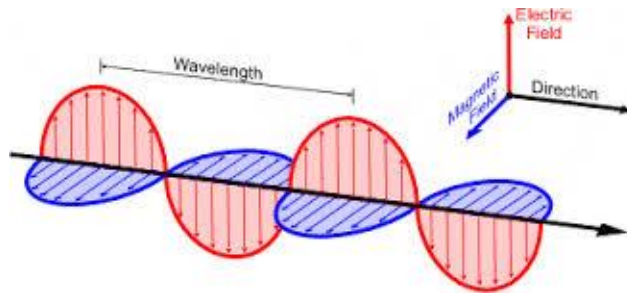
Las partículas se mueven (vibran) perpendiculares a la dirección de propagación



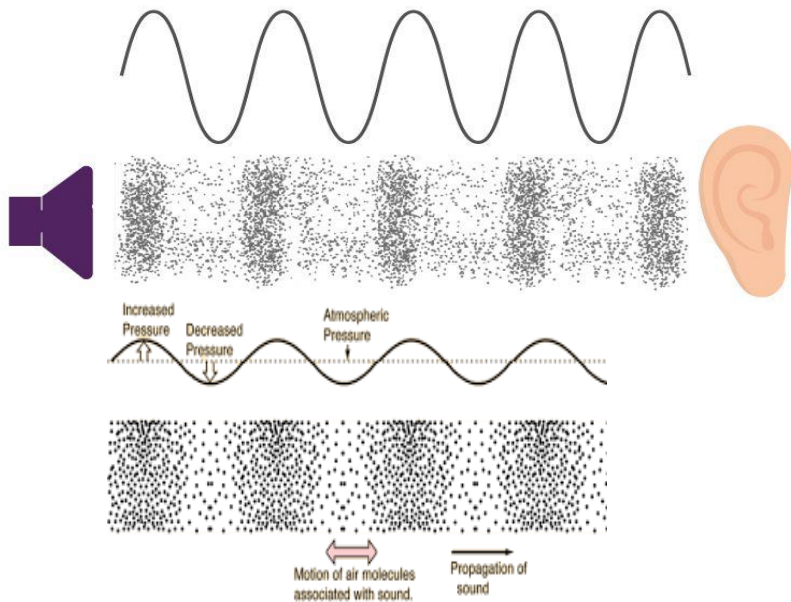


cuerda

Ondas transversales



Onda EM (luz)



Ondas longitudinal

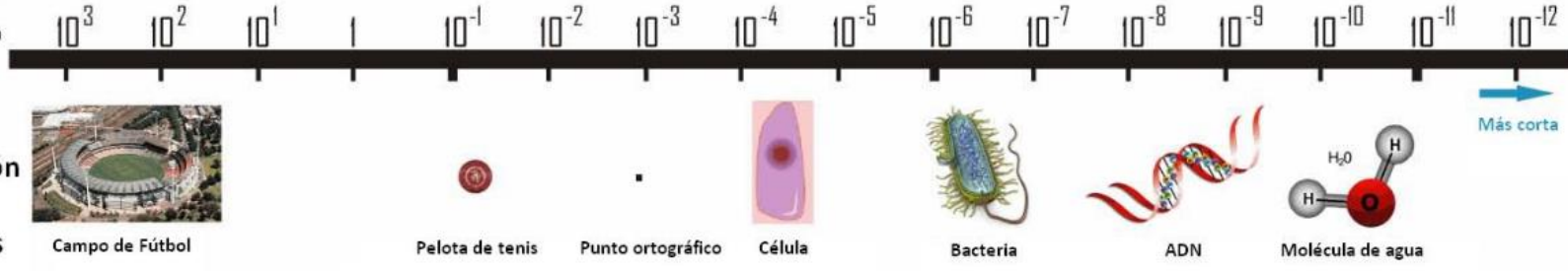


EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Longitud de onda
(en metros)

← Más larga

Comparación
de las
Longitudes
de Onda



→ Más corta



Clasificación

- ✓ En función del medio que se propagan
- ✓ En función de su propagación o frente de onda
- ✓ En función de la dirección de propagación
- ✓ En función de su periodicidad

Unidimensionales
Bidimensionales o superficiales
Tridimensionales

Periódicas

La perturbación local que las origina se produce en ciclos repetitivos (por ej.: ondas senoidal)

No periódicas

La perturbación local que las origina se produce aisladamente o si se repiten, tiene características diferentes (pulsos)

Ondas longitudinales

Las partículas se mueven (vibran) paralelas a la dirección de propagación

Ondas transversales

Las partículas se mueven (vibran) perpendiculares a la dirección de propagación


- La onda mantendrá su forma únicamente al viajar por **un medio no dispersivo**

$$v_p = \frac{\omega}{k} = \lambda f \rightarrow \text{velocidad de propagación (fase)}$$

- **En un medio dispersivo**, las formas de las componentes de las ondas sinusoidales **no cambian, pero cada una de ellas puede viajar con una velocidad de fase diferente.**

En este caso, la forma de la onda combinada cambia al alterarse la relación de fase entre componentes.

- La dispersión ocurre porque las ondas componentes viajan a velocidades de fase diferentes.
- La velocidad de grupo es la velocidad a la cual viaja la información o la energía de la onda real.
No existe una relación sencilla entre la velocidad de fase de las componentes y la velocidad de grupo de la onda, depende de la dispersión del medio.
- La onda puede cambiar de forma también si cede energía mecánica al medio cuando se presentan fuerzas disipativas (que dependen en general de la velocidad).

- Breve introducción sobre ondas
- ¿ Cómo podemos generar ondas controladas en el Laboratorio ? 
- Generador de Funciones/Señales
- Osciloscopio
- Multímetro (Tester)
- Errores instrumentales
- ¿ Hay correlación entre lo que mide el osciloscopio y el multímetro ?

Generador de Funciones

Un generador de señales (de funciones o de formas de onda) **es un equipo electrónico** que genera señales electrónicas periódicas con propiedades establecidas de amplitud, frecuencia y forma de onda.

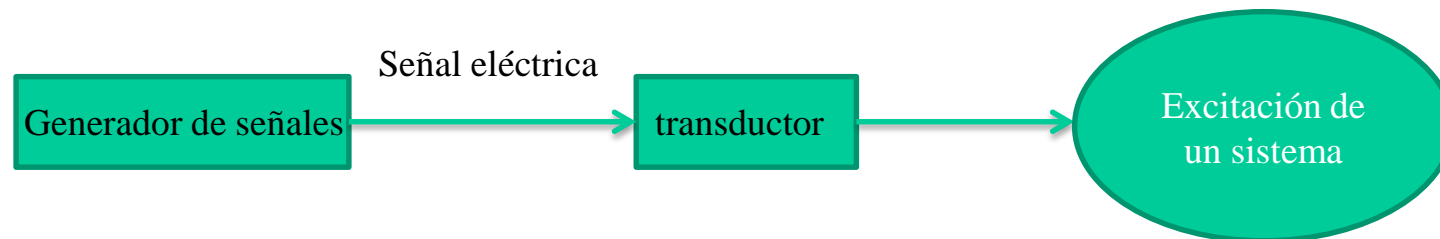
Hay diferentes tipos de generadores de señales según el propósito y aplicación.

En el pasado eran dispositivos estáticos apenas configurables, pero actualmente permiten la conexión y control desde una PC.

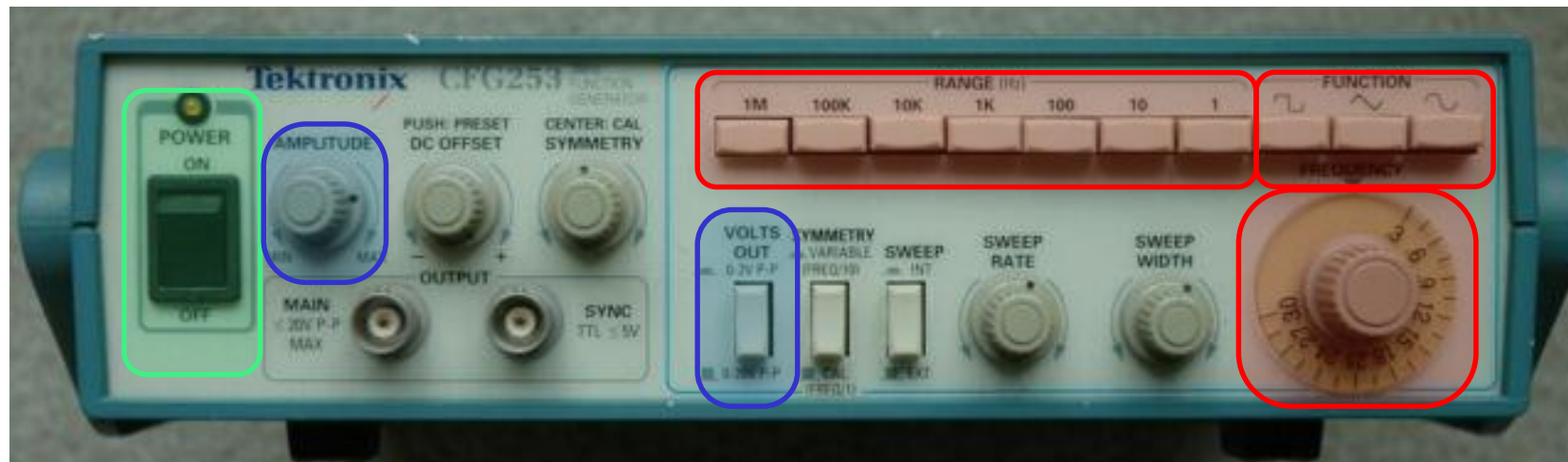
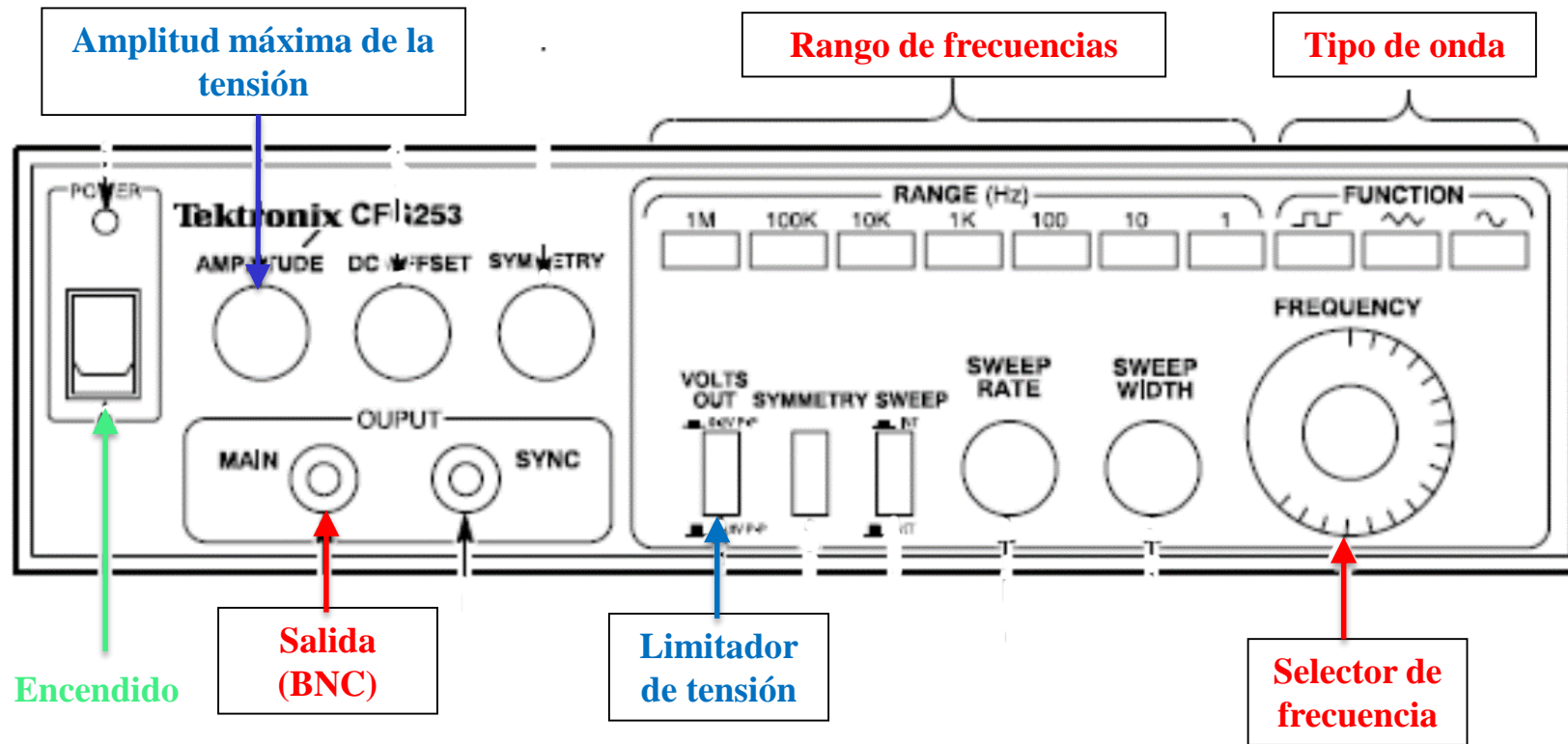
Pueden ser controlados mediante software

En Laboratorio 2 contamos con equipos que pueden generar ondas eléctricas de tensión de forma senoidal, cuadrada, triangular de diferentes amplitudes y frecuencias.

Estas señales son utilizadas para excitar distintos dispositivos dependiendo del tipo de experiencia a realizar.



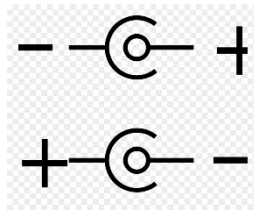
Generador de Funciones Tektronix CFG253 (0,3 Hz a 3MHz - 0 a 20 Vpp)



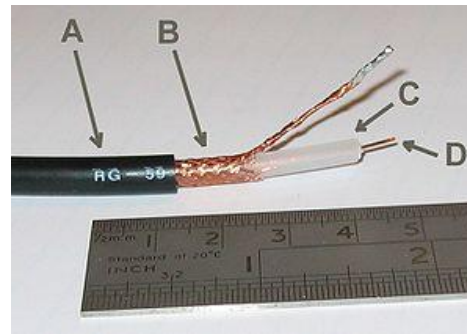
Conectores y cables



Conector BNC Hembra (instrumento)

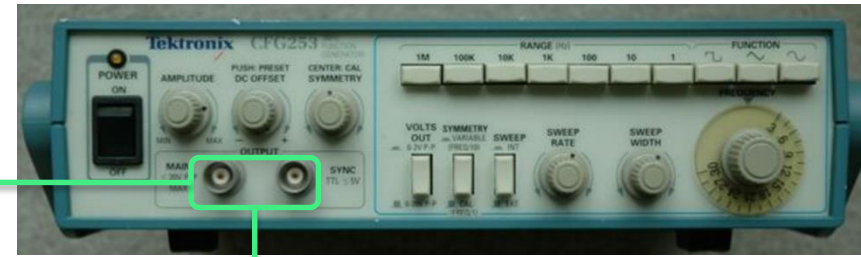


Conector BNC macho



Cable coaxil :

- A: cubierta protectora de plástico (elastómero termoplástico)
- B: malla de cobre (conductor blindado de trenza de aluminio recubierto de cobre)
- C: aislante (dieléctrico de espuma)
- D: conductor central o núcleo de cobre (acero recubierto de cobre).



Conector BNC
Bayoneta
Neill, Paul
Concelman, Carl

Generalmente llamamos cable BNC-BNC a un cable coaxil que tiene dos BNC machos en los extremos



Conector BNC tipo T (macho - 2 hembras)



Conectores y cables



cable BNC-banana (macho)



El conector banana (macho u hembra) es un conector de un solo cable que se utiliza para unir el cable a un equipo



cable BNC-cocodrilo

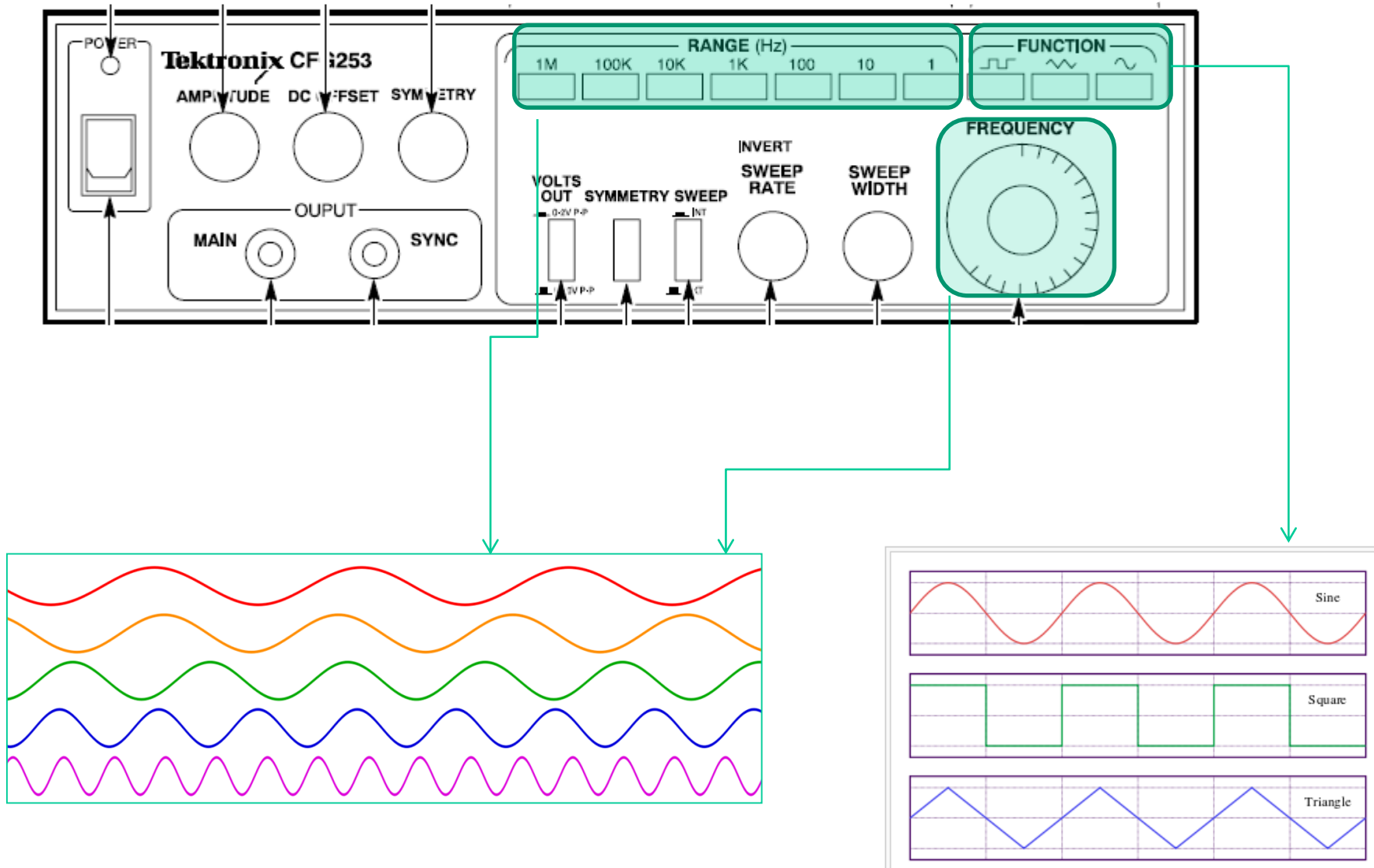


Conector banana es un conector de un solo cable que se utiliza par unir el cable a un circuito (normalmente se usa en pruebas)

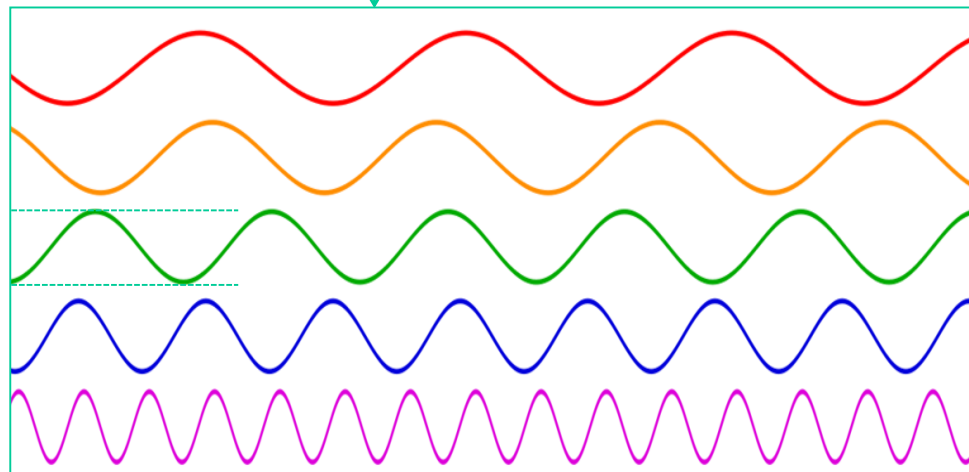
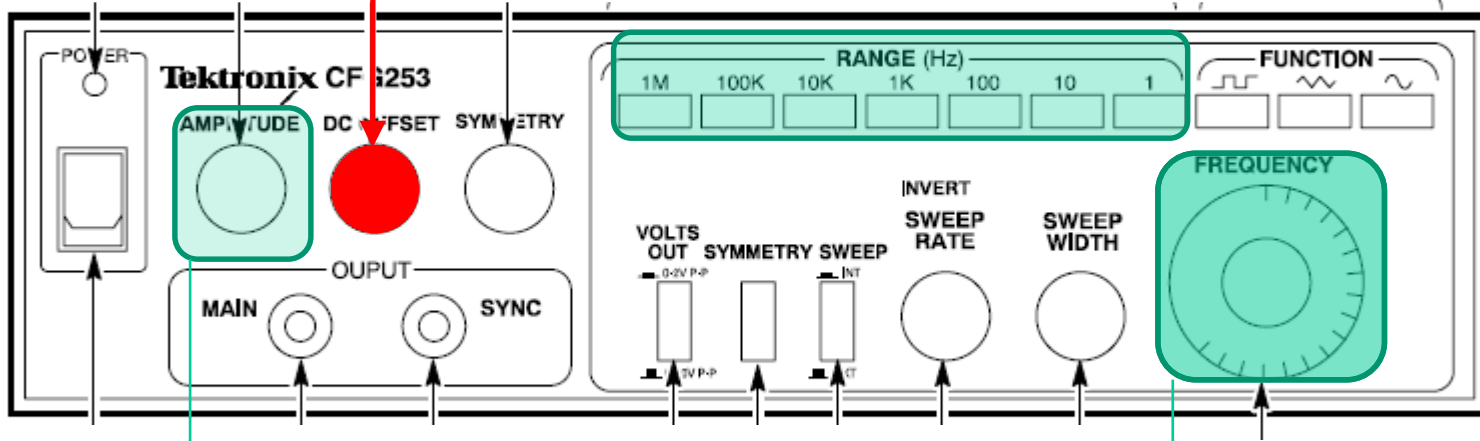


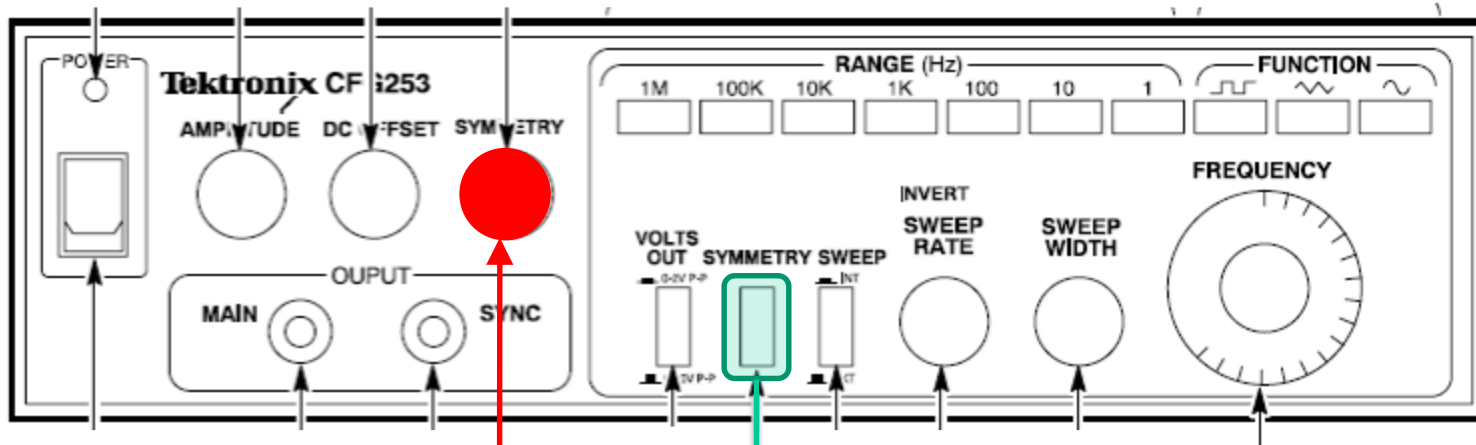
cable banana-cocodrilo

Generador de Funciones Tektronix CFG253 (0,3 Hz a 3MHz - 0 a 20 Vpp)



Adición de tensión continua



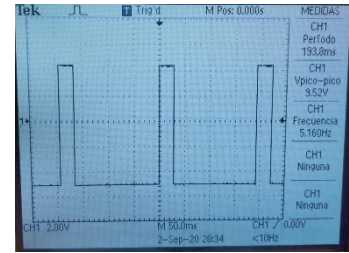
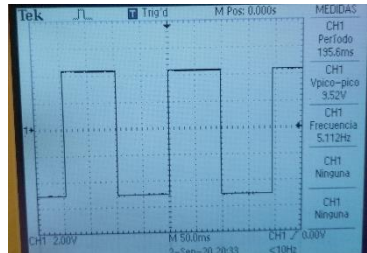
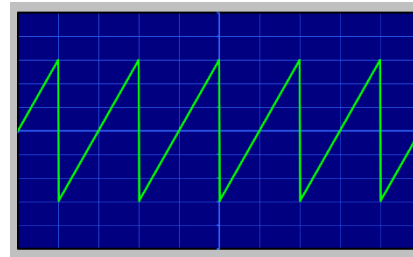
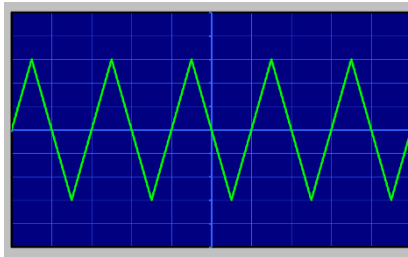


Si está activada la tecla de simetría. Se puede sesgar la onda

Se puede cambiar una onda triangular a diente de sierra

Se puede cambiar una cuadrada a una rectangular

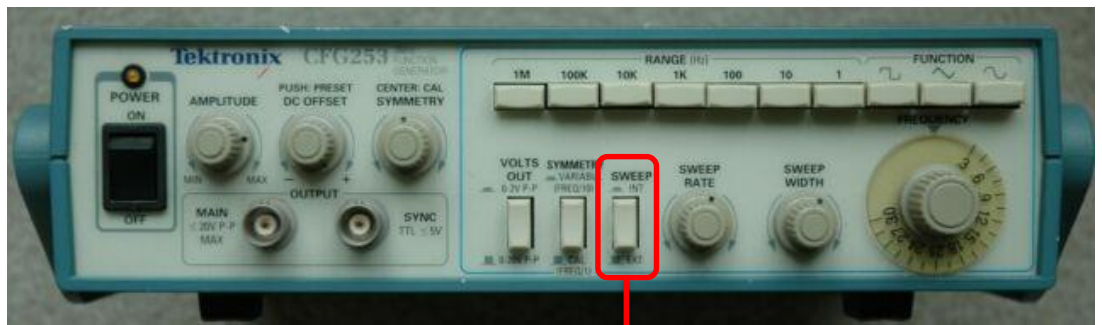
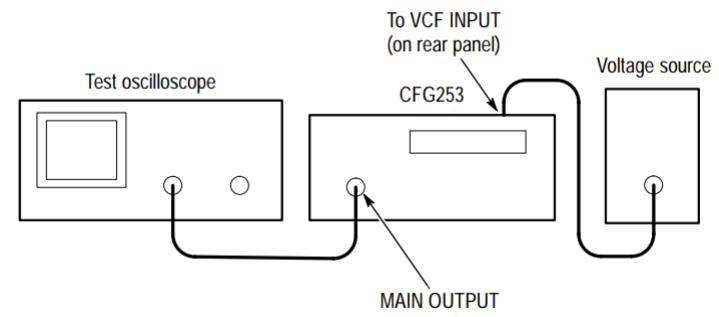
Divide la frecuencia por 10





Tensión de línea

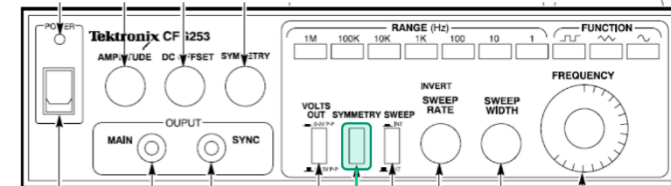
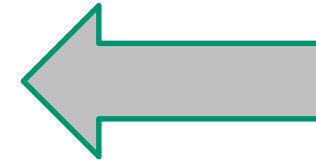
Entrada de tensión para controlar el barrido de frecuencia en forma externa




Barrido externo

Table 2: Warranted Characteristics

Characteristic	Measurement	
Outputs	Square wave, sine wave, sawtooth wave, TTL pulse, and sweep functions for all outputs	
Line Voltage Range	90 to 110, 108 to 132, 198 to 242, and 216 to 250 VAC at 50–60 Hz	
Frequency ranges, nonskewed waveform (Freq/1)	Range Setting	Variable
	1	0.3 to 3.0 Hz
	10	3.0 to 30 Hz
	100	30 to 300 Hz
	1 K	0.3 K to 3.0 kHz
	10 K	3 K to 30 kHz
	100 K	30 K to 300 kHz
	1 M	0.3 M to 3.0 MHz
Frequency ranges, skewed waveform (Freq/10)	Range Setting	Variable
	1	0.03 to 0.3 Hz
	10	0.3 to 3.0 Hz
	100	3.0 to 30 Hz
	1 K	30 to 300 Hz
	10 K	0.3 K to 3.0 kHz
	100 K	3.0 K to 30 kHz
	1 M	30 K to 300 kHz
Frequency multiplier	Variable 0.3 to 3.0 times the selected frequency range	
Frequency/1 dial accuracy	±5% of full scale of frequency/1	
Frequency/10 dial accuracy	±5% of full scale of frequency/10	
Sine wave distortion	<1% from 10 Hz to 100 kHz	

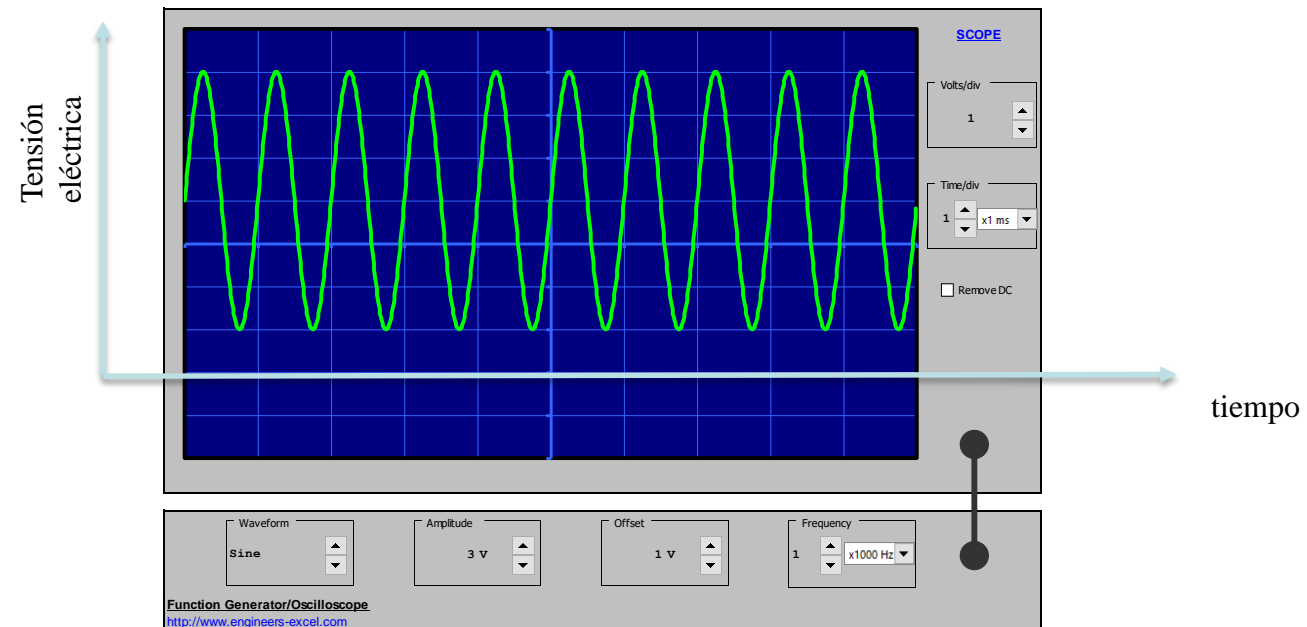


Divide la frecuencia por 10

- Breve introducción sobre ondas
- ¿ Cómo podemos generar ondas controladas en el Laboratorio ?
- Generador de Funciones/Señales
- Osciloscopio 
- Multímetro (Tester)
- Errores instrumentales
- ¿ Hay correlación entre lo que mide el osciloscopio y el multímetro ?

Osciloscopio

- Un osciloscopio es un instrumento electrónico que representa gráficamente en una pantalla señales eléctricas que pueden variar en el tiempo.
- Estas señales eléctricas se visualizan en forma de coordenadas en la pantalla, en la que normalmente el eje horizontal representa tiempos y el eje vertical las tensiones (o voltajes).
- La frecuencias de las señales de tensión que permiten los osciloscopios pueden ir desde 0 Hz a varios GHz e incluso mayores dependiendo del tipo de instrumento.



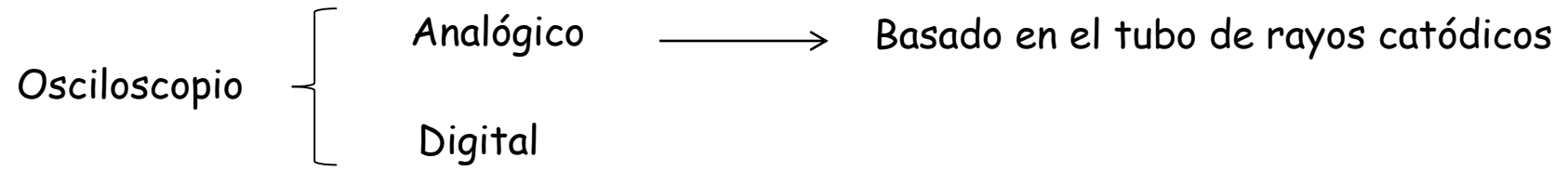
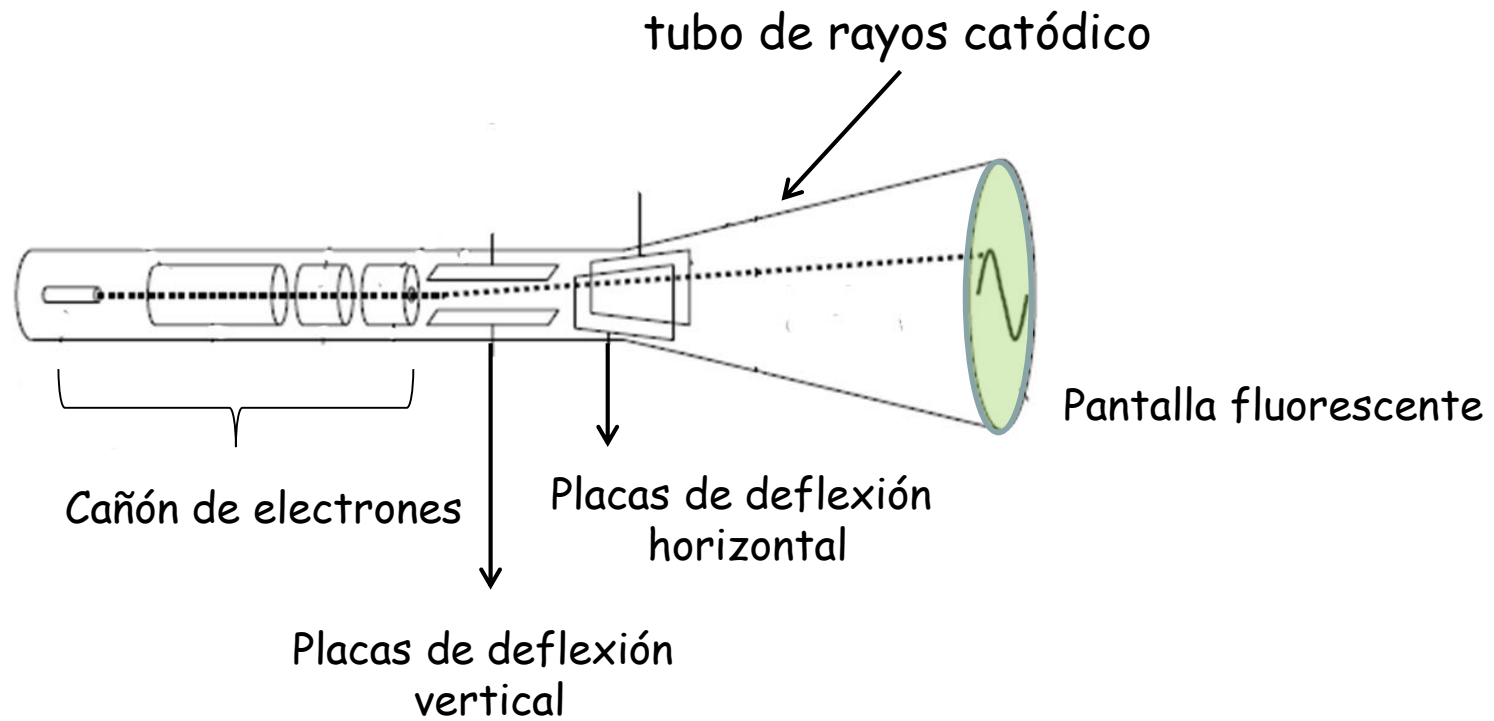
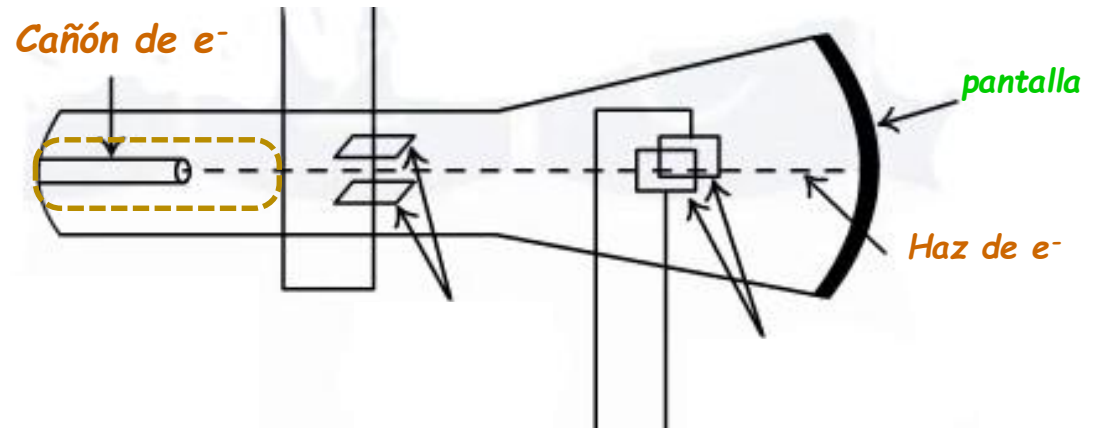
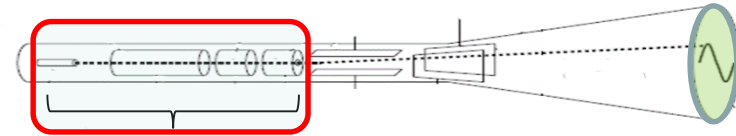
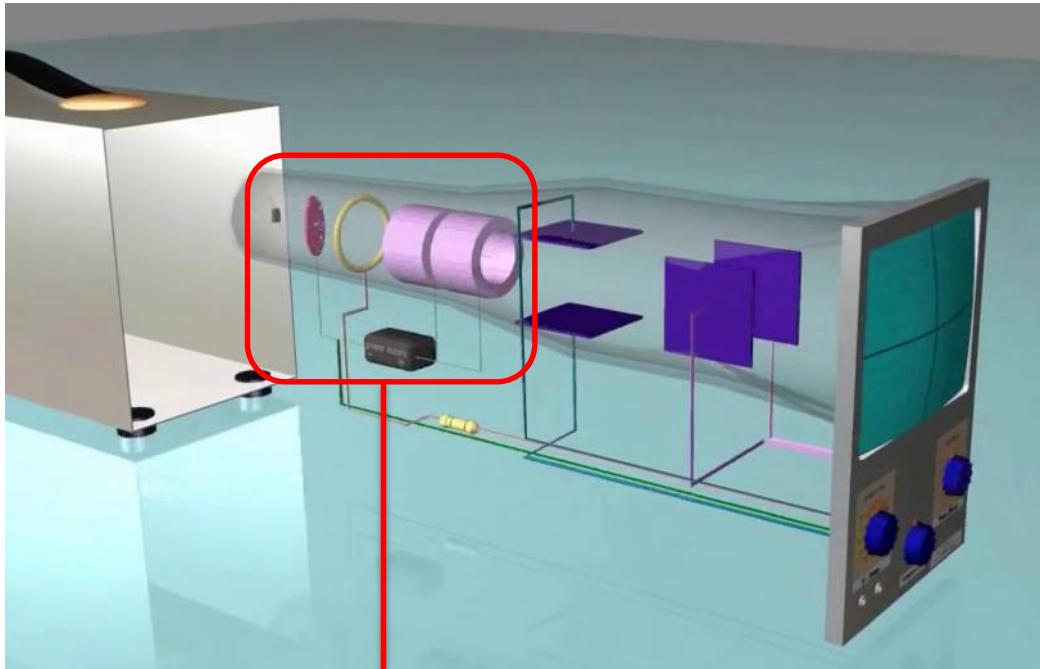


Diagrama en bloques de un tubo de rayos catódicos





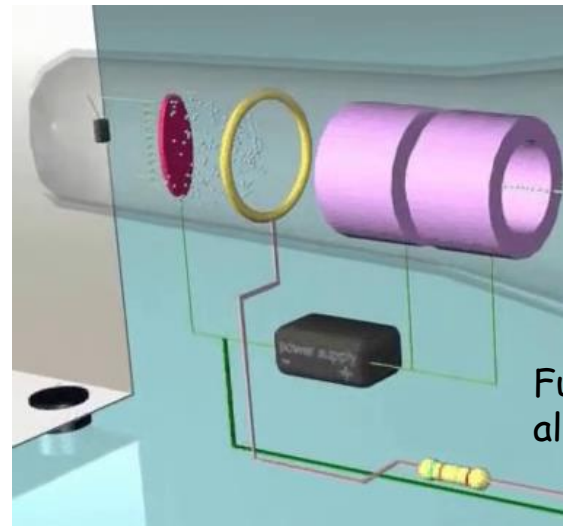
✓ Tubo de rayos catódicos



Cañón de electrones

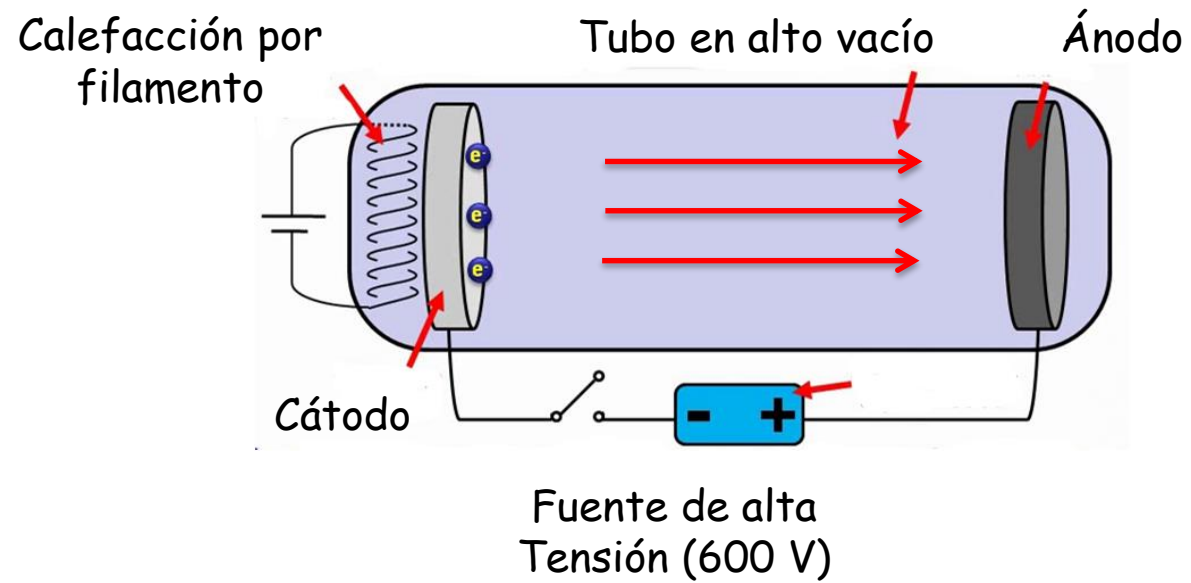
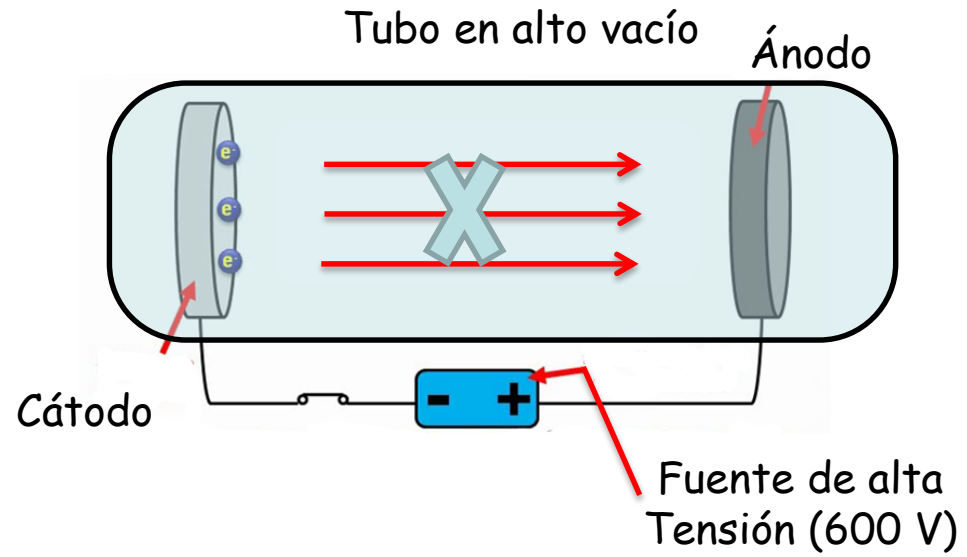


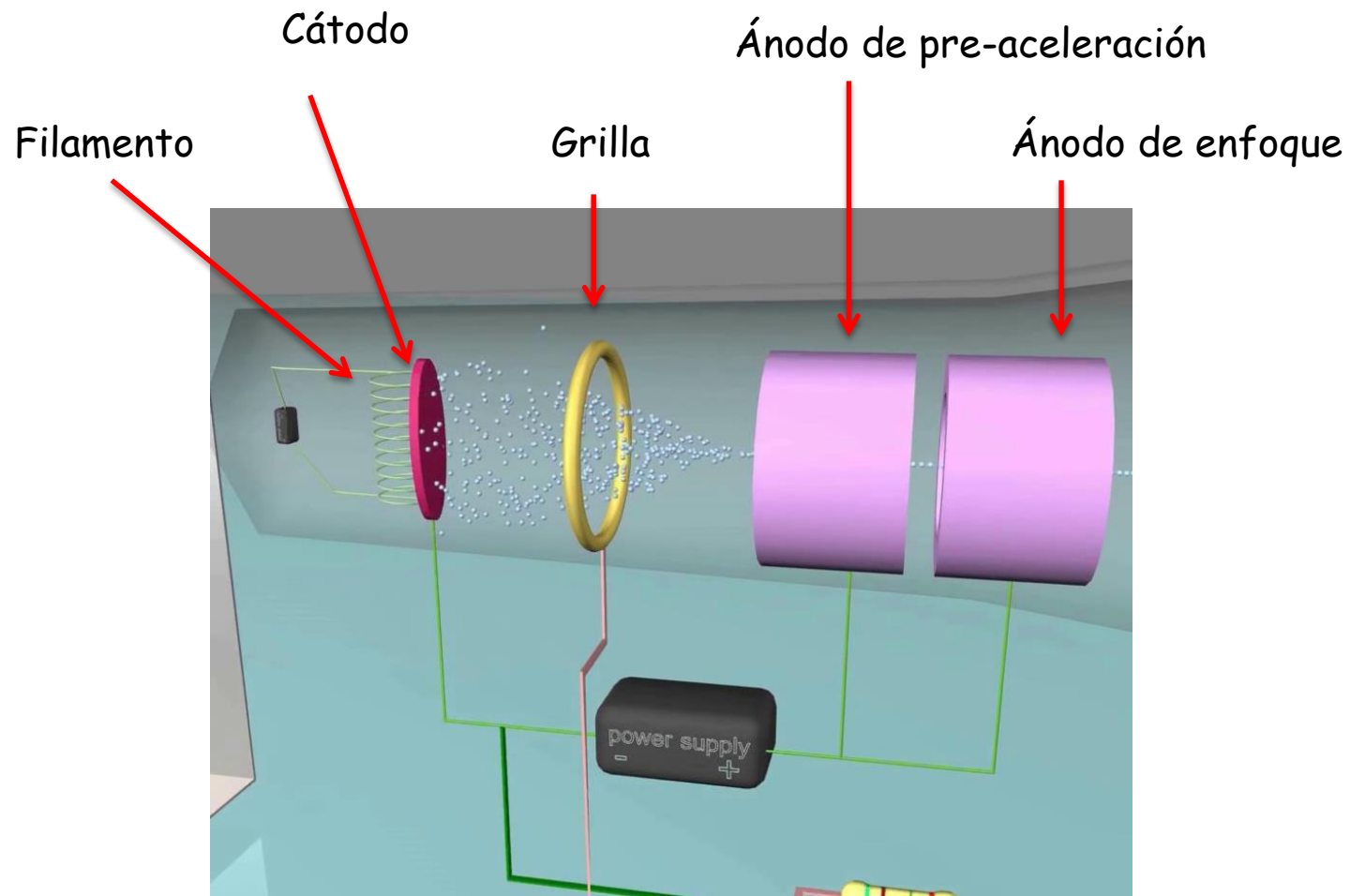
Cañón de electrones



Fuente de alta tensión

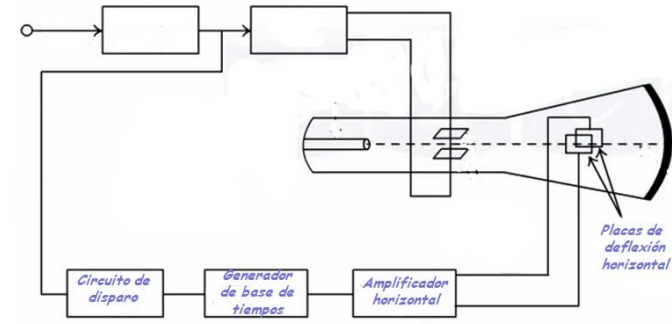
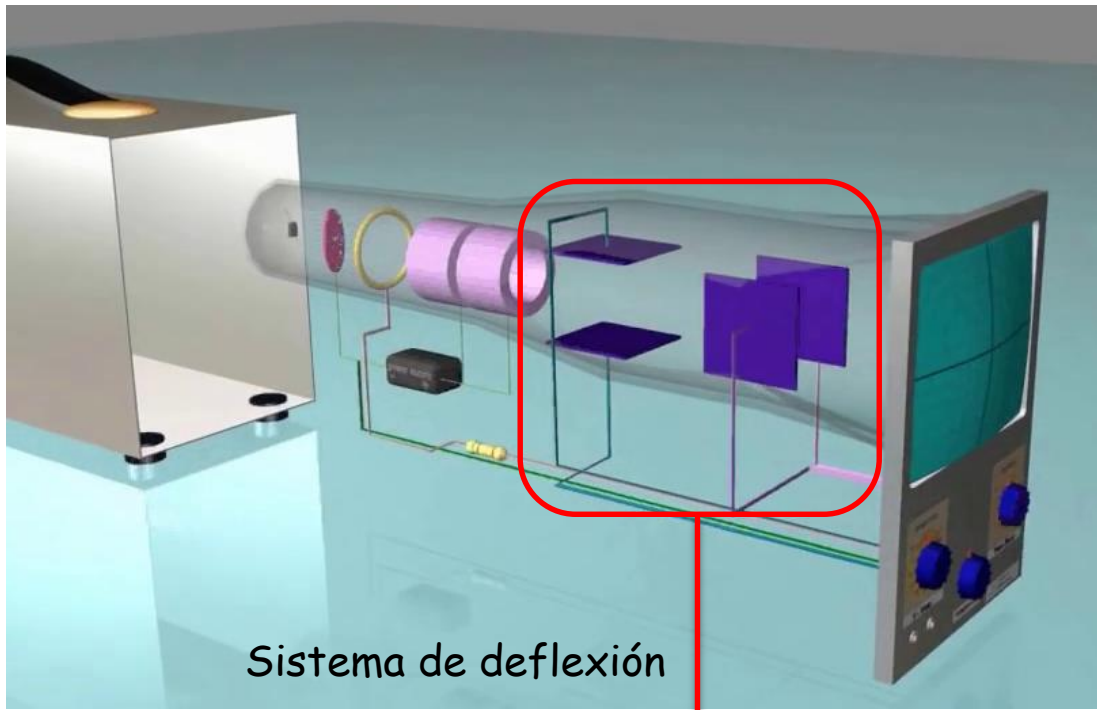
Tubo de Rayos Catódicos





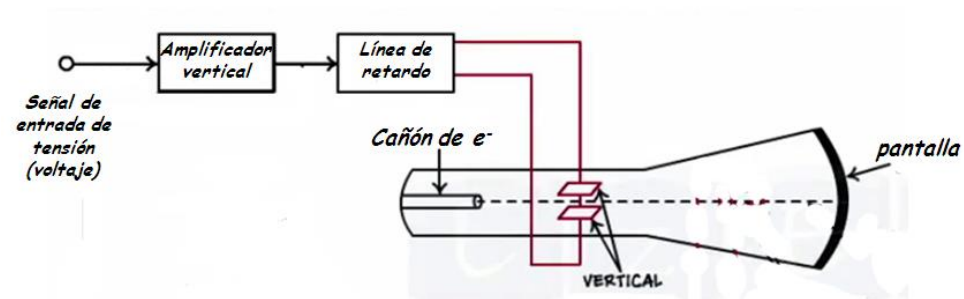
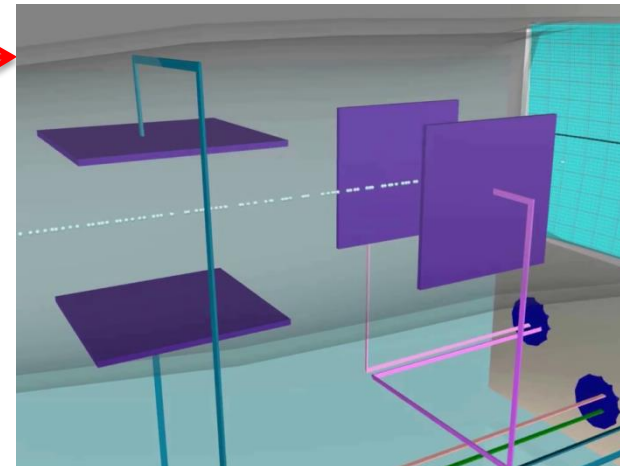
El osciloscopio se basa en una modificación del tubo de rayos catódicos

- Ánodos con dos tubos huecos.
- Los electrones pasan, se coliman y aceleran al pasar por éstos.
- Se coloca una grilla anillo conectada a potencial negativo. Con este potencial se controla los electrones que llegan a la pantalla (control de brillo).



Placas horizontales (x)

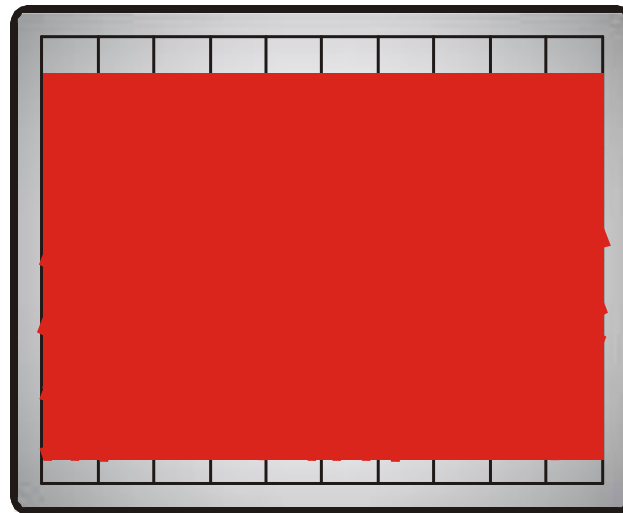
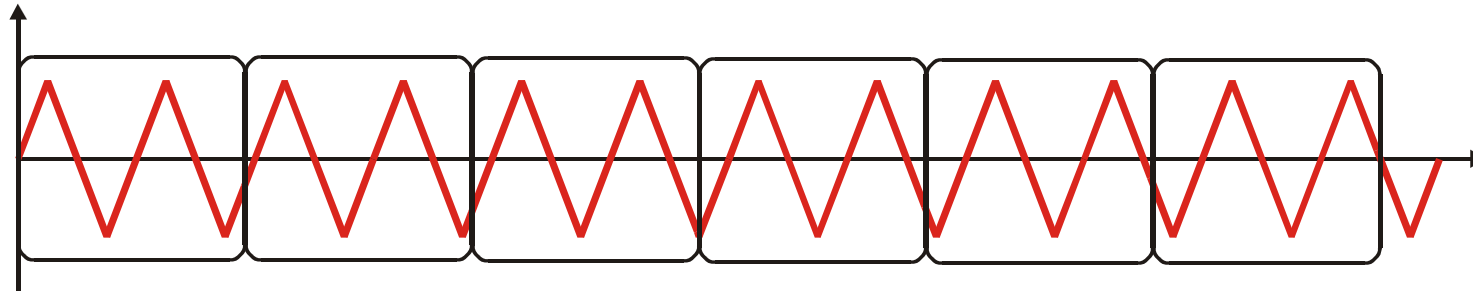
Placas verticales (y)





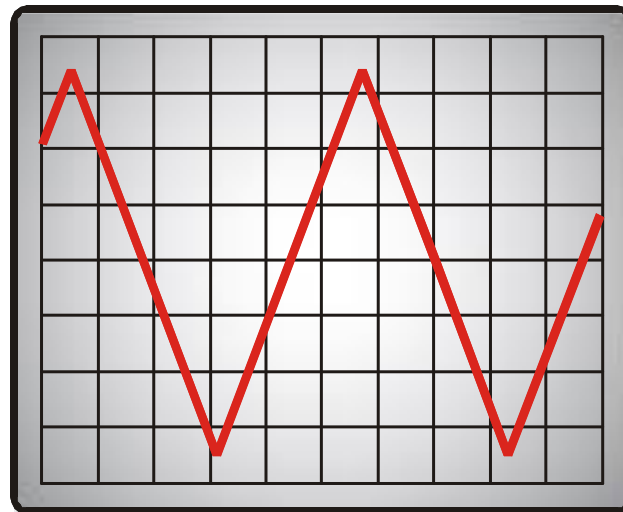
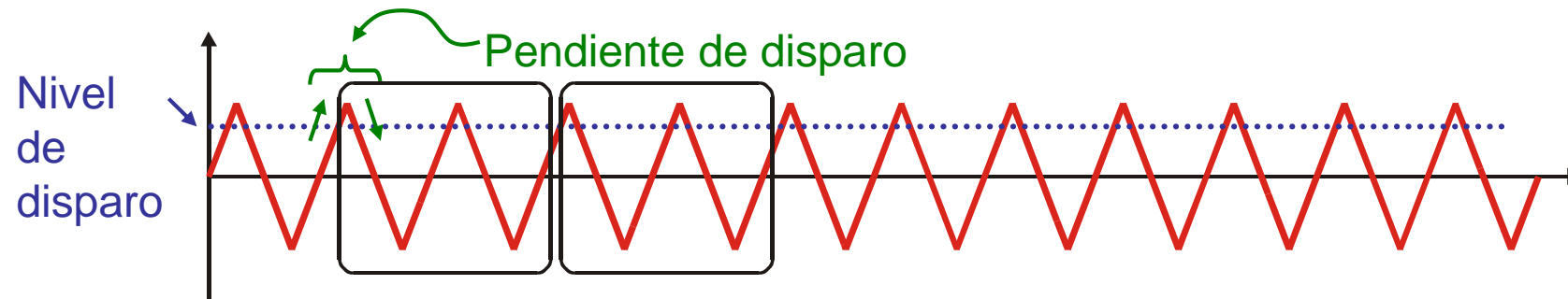
Electron Gun

Sincronización de la señal: el disparo (TRIGGER)



Es necesario conseguir que comience cada barrido siempre en el mismo punto

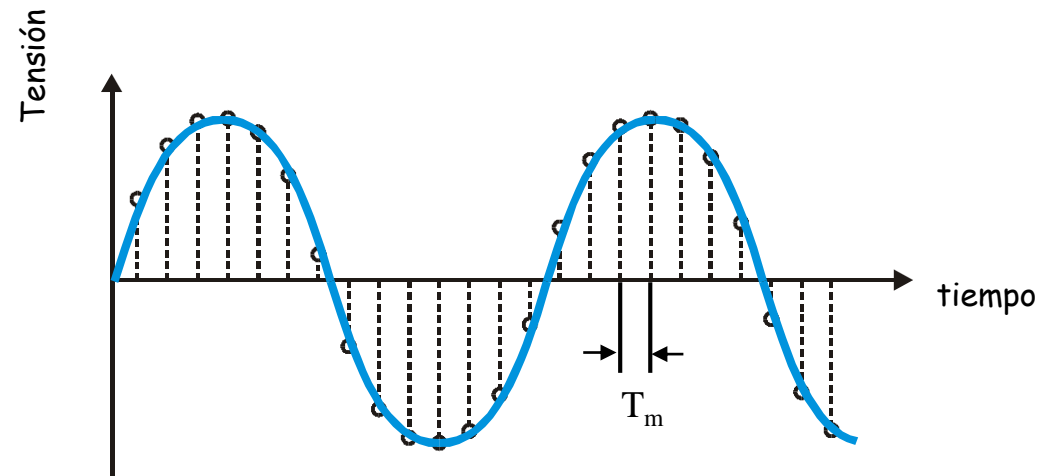
Sincronización de la señal: el disparo (TRIGGER)



La selección de un nivel de disparo correcto es fundamental para obtener una imagen estable de la señal

Osciloscopio digital

- Muestreo de señales analógicas
- Aliasing (representación falsa)
- Disparo (Trigger)
- Funciones matemáticas

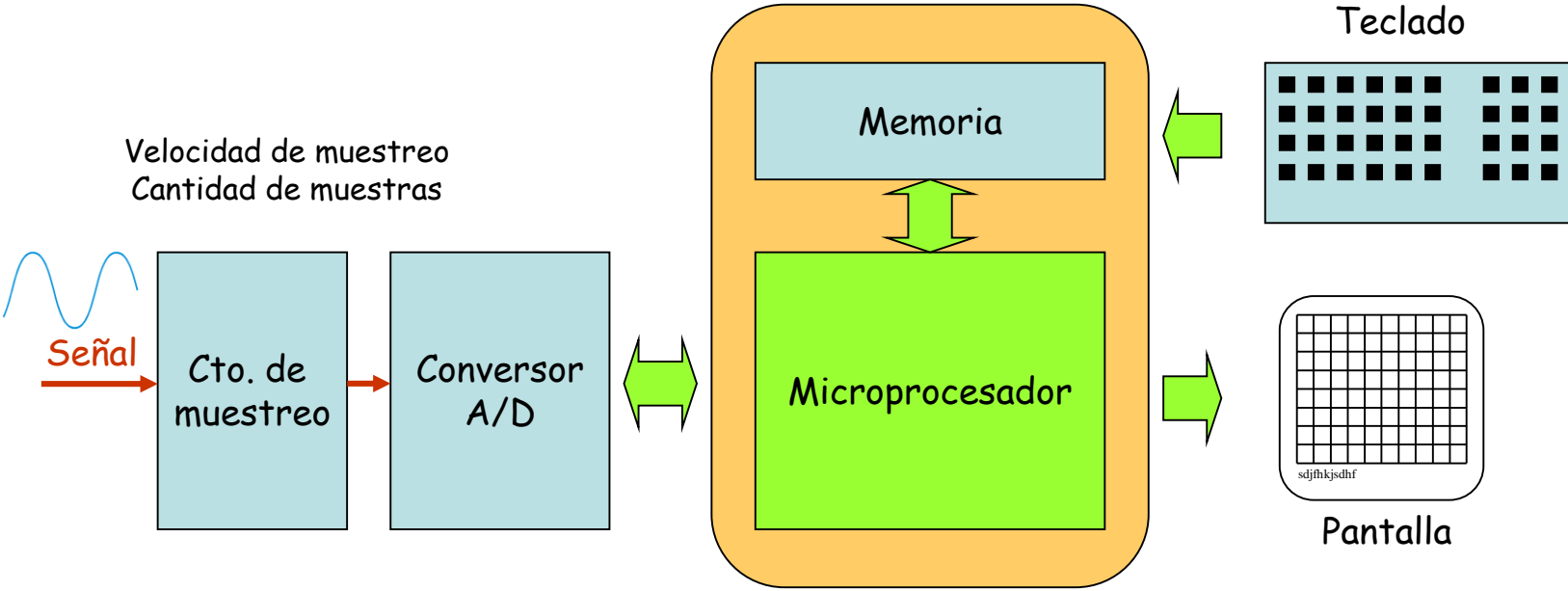


T_m = tiempo de muestreo

$f_m = 1/T_m$ Frecuencia de muestreo (es la velocidad de muestreo, se indica en megamuestras/seg)

Es necesario que la frecuencia de muestreo sea mucho más alta que la de la señal muestreada para poder reconstruir la señal original

Diagrama de bloques simplificado de un osciloscopio digital



Bits del convertor A/D

La resolución es el nivel de cuantificación (Q) menor determinado por el convertidor de analógico a digital (A/D) en el osciloscopio.

A mayor número de bits de A/D, mayor resolución tiene el osciloscopio.

{	A/D	8 bits	256 niveles diferentes ($2^8 = 256$)	→	resolución 4 veces mayor
		10 bits	1024 niveles diferentes ($2^{10} = 1024$)		

Escala vertical

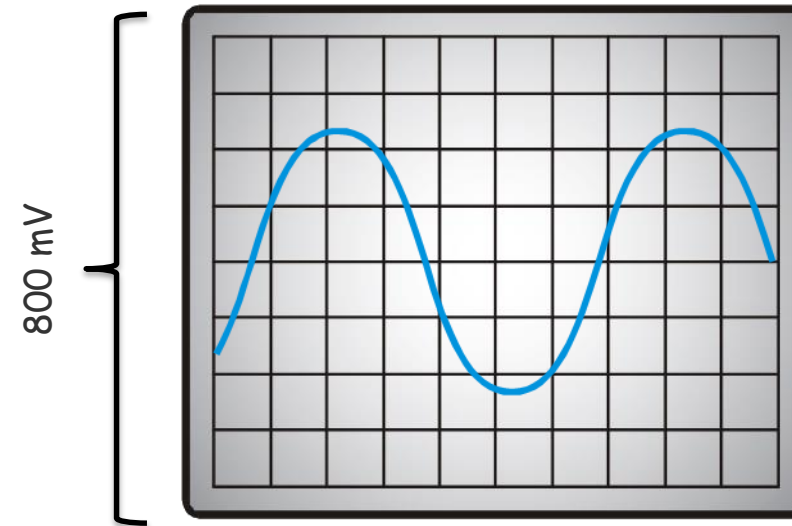
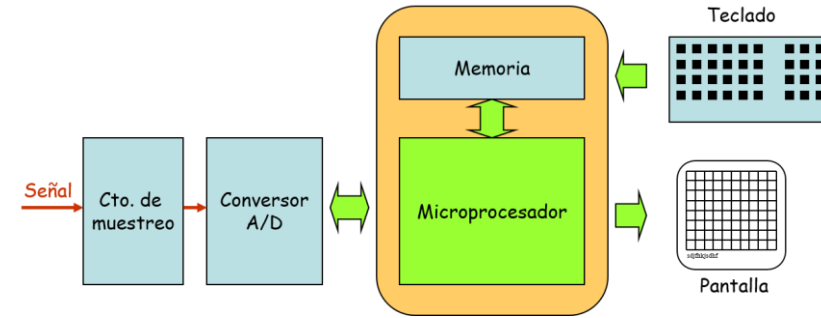
El conversor A/D actúa sobre el valor vertical a escala completa, una escala vertical adecuada también ayuda a mejorar la resolución del osciloscopio.

Supongamos una pantalla completa de 800 mV (8 divisiones * 100 mV/div).

Un osciloscopio con conversor A/D de 8 bits tiene una resolución $Q = 3,125 \text{ mV}$ ($800 \text{ mV}/256$).

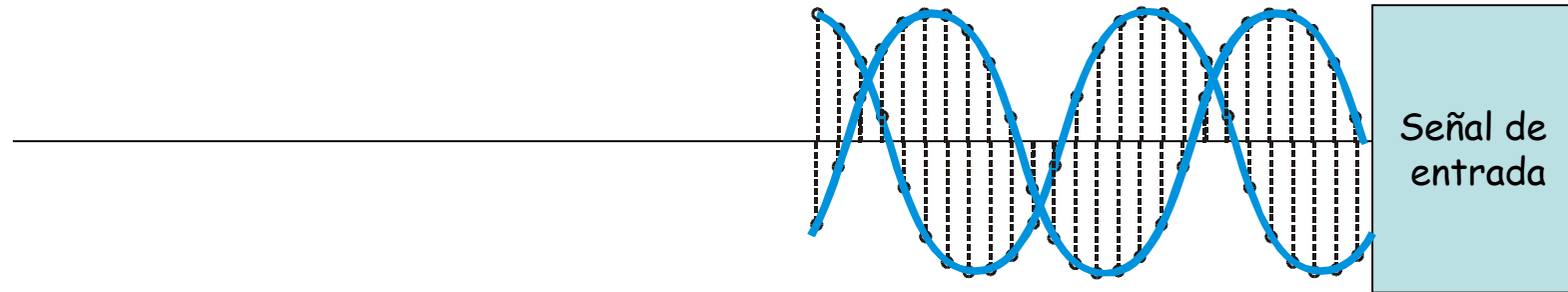
Un osciloscopio con conversor A/D de 10 bits tiene $Q = 0,781 \text{ mV}$. ($800 \text{ mV}/1024$).

Un osciloscopio no permite detectar señales más pequeñas que el mínimo nivel Q .

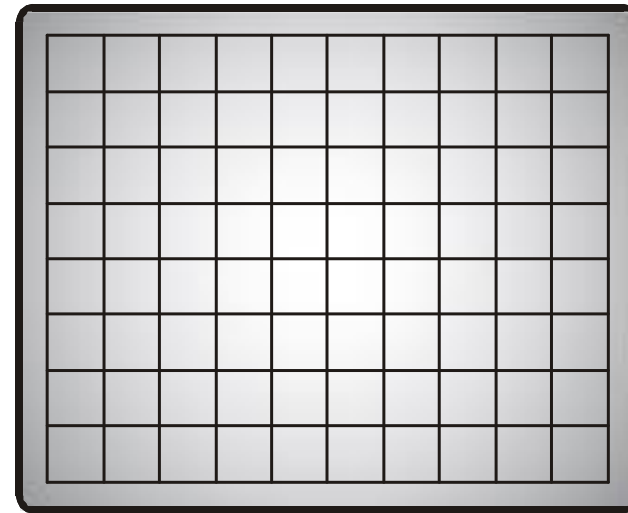


Escala vertical setead a :100 mV/div

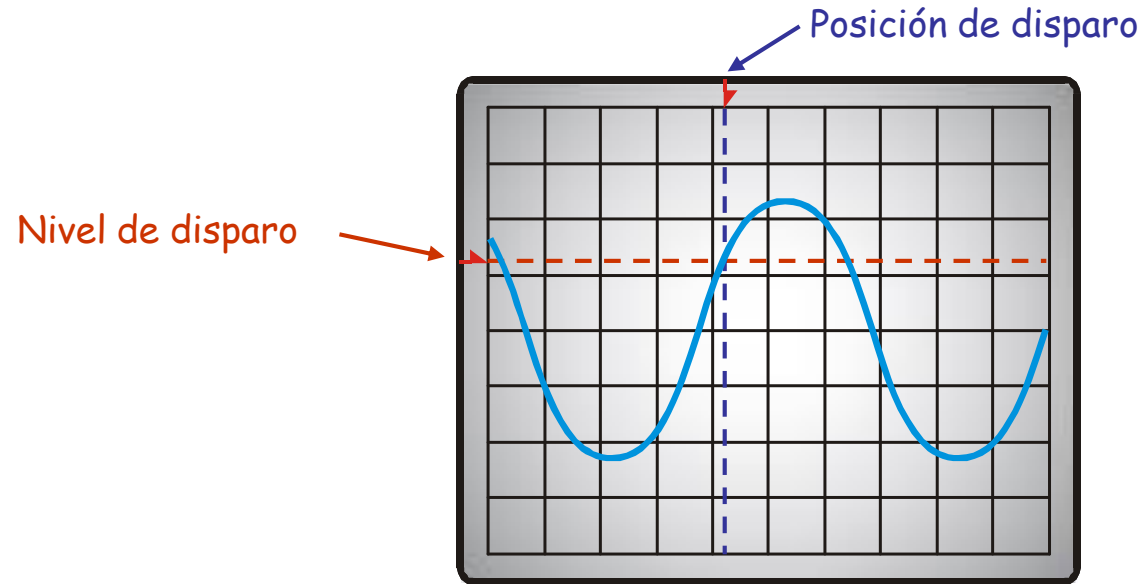
Representación de formas de onda periódicas en pantalla



Para ver una señal estable es preciso que la forma de onda aparezca en la misma posición relativa cada vez que se refresca la pantalla



El disparo (TRIGGER) en un osciloscopio digital

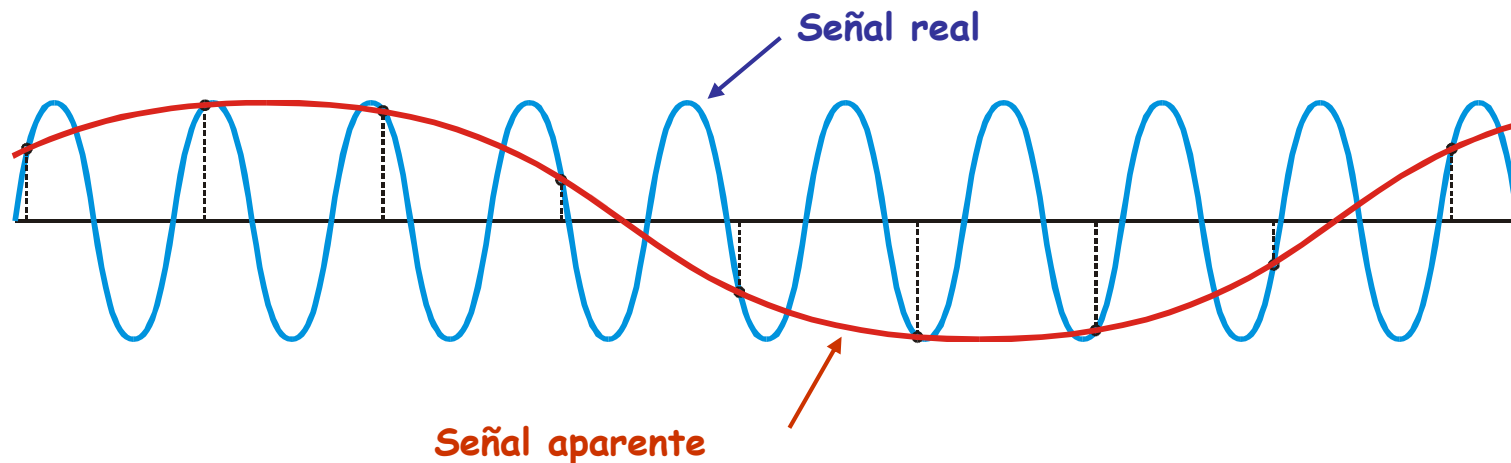


El disparo marca un punto de referencia para la representación de la forma de onda en la pantalla. Tanto el nivel como la posición de disparo se pueden ajustar.

Modos de disparo:

- ✓ **NORMAL:** la señal que se muestra corresponde siempre al último barrido. Si no se produce disparo la señal se 'congela' en pantalla.
- ✓ **AUTO:** aunque no se produzca la condición de disparo, el osciloscopio espera un tiempo y hace un barrido. **Este es el modo que emplearemos habitualmente.**
- ✓ **DISPARO ÚNICO (Single trigger):** El osciloscopio realiza un único barrido y congela la información en pantalla. Este modo sirve para ver transitorios que ocurren una sola vez.

Aliasing:



Si el tiempo de muestreo es demasiado grande respecto al periodo

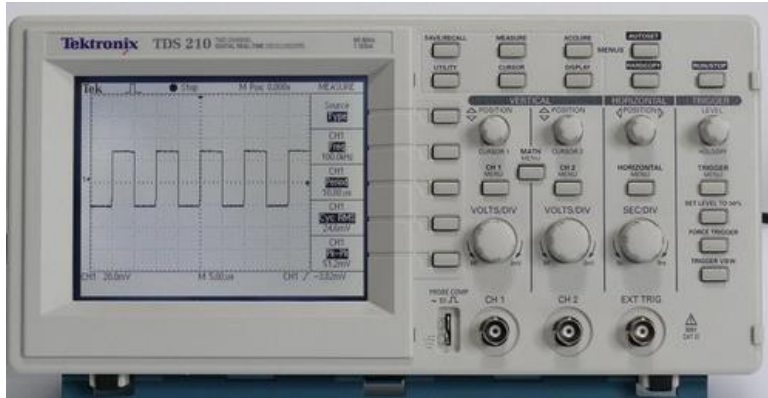
La señal mostrada en la pantalla estará fuertemente distorsionada respecto a la forma de onda original. A este efecto se le llama ALIASING

Las velocidades de muestreo altas permiten reducir la posibilidad de representaciones falsas

Osciloscopios en el Laboratorio

Tektronix TDS 210

Tektronix TDS 1002/1012B



Osciloscopio digital
2 canales
Registro : 2500 muestras por canal
60 MHz
1 GS/s
8 bits

Procesamiento de ondas

- Operaciones matemáticas: Suma, Resta
- Fuentes: $CH1 \pm CH2$
- Autoset



Osciloscopio digital
2 canales
Registro : 2500 muestras por canal
60 MHz (modelo 2002)/ 100 Mhz (2012B)
1 GS/s
8 bits

Procesamiento de ondas

- Operaciones matemáticas: Suma, Resta, FFT
- Fuentes: $CH1 \pm CH2$, FFT por canal
- Autoset

Osciloscopios en el Laboratorio

Hantek línea MSO5000D



Osciloscopio digital
2 canales
Registro : 2000 puntos por canal
60 MHz
0,5 GS/s
8 bits

Procesamiento de ondas

- Operaciones matemáticas: Suma, Resta, FFT
- Fuentes: CH1 ± CH2, FFT por canal
- Autoset



Adquisición
Medidas
Cursores
Pantalla
Autoconf.
Memoria
Ayuda

Controles de disparo

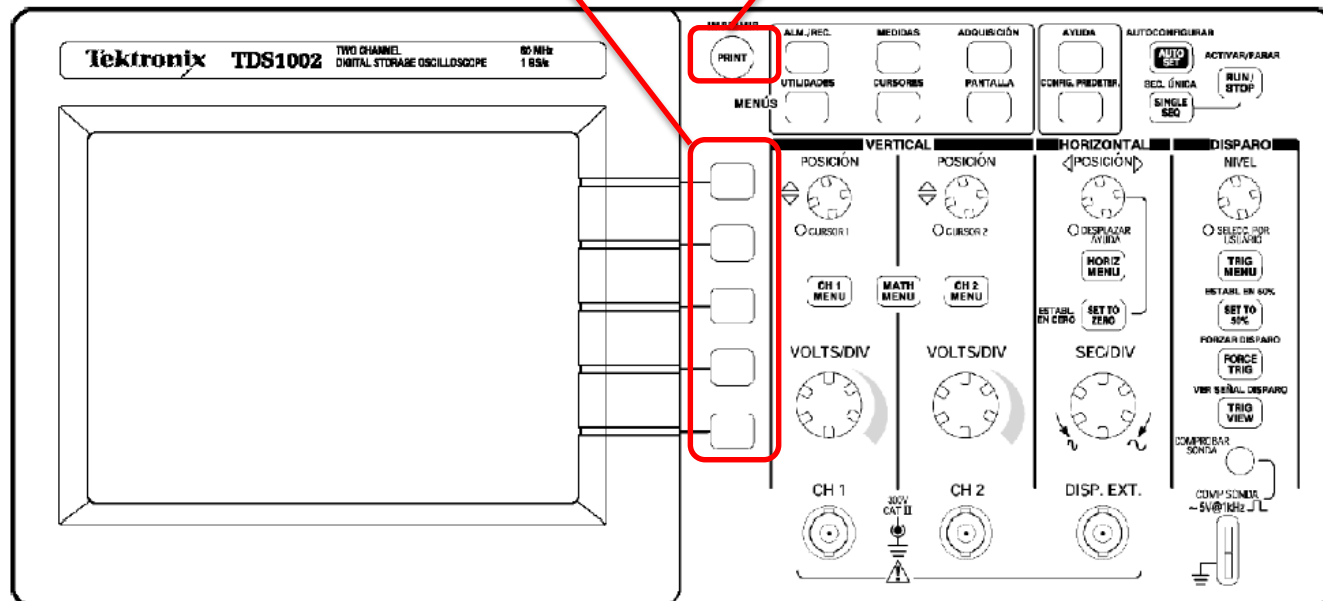
Controles horizontales

Controles verticales

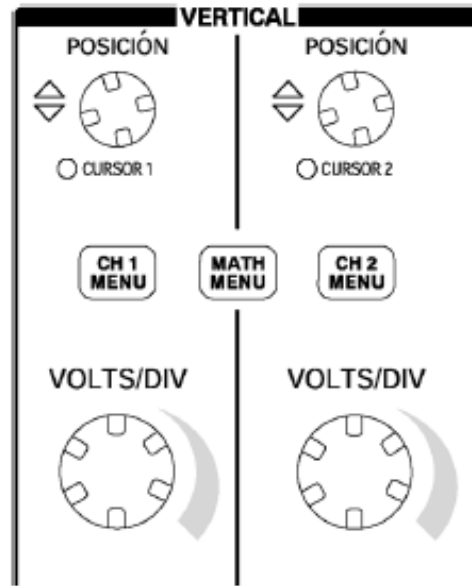
Señales de entrada

Controles específicos

Imprime pantalla



Controles verticales



Todos los modelos



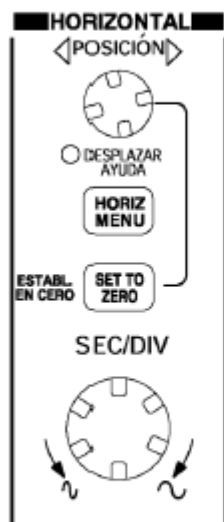
POSICIÓN de CURSOR 1 y CURSOR 2 para CH1, CH2, CH3 y CH4. Sitúa verticalmente la forma de onda. Al mostrar y utilizar cursores, se ilumina un LED que indica la función alternativa de los mandos para mover los cursores.

MENÚ CH1, CH2, CH3 y CH4. Muestra las selecciones de menú vertical, y activa y desactiva la presentación de la forma de onda del canal.

VOLTS/DIV (CH 1, CH 2, CH 3 y CH 4). Selecciona factores de escala calibrados.

Menú MATEM. Muestra el menú de operaciones matemáticas de forma de onda y también puede utilizarse para activar y desactivar la forma de onda matemática.

Controles horizontales



Modelos de dos canales

POSICIÓN. Ajusta la posición horizontal de todas las formas de onda matemáticas y de canal. La resolución de este control varía en función del ajuste de la base de tiempos.

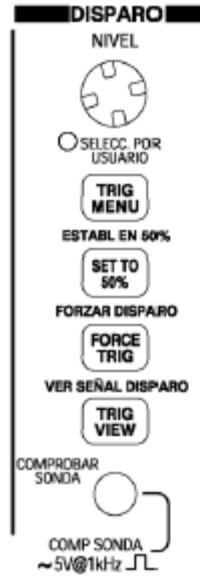
NOTA. Para hacer un ajuste de gran tamaño a la posición horizontal, gire el mando SEC/DIV hasta un valor más alto, cambie la posición horizontal y vuelva a girar el mando SEC/DIV hasta el valor anterior.

Al consultar temas de Ayuda, puede utilizar este mando para desplazarse por vínculos o entradas de índice.

ESTABL. EN CERO. Establece la posición horizontal en cero.

SEC/DIV. Selecciona el ajuste tiempo/división horizontal (factor de escala) de la base de tiempos principal o de ventana. Si se activa Definir Ventana, se cambia el ancho de la zona de ventana al cambiar la base de tiempos de la ventana.

Controles de disparo



Modelos de dos canales

NIVEL y SELECC. POR USUARIO. Cuando se utiliza un disparo por flanco, la principal función del mando NIVEL es establecer el nivel de amplitud que la señal debe cruzar para provocar una adquisición. También se puede utilizar este mando para ejecutar opciones alternativas de SELECC. POR USUARIO. Se ilumina el LED situado debajo del mando para indicar una función alternativa.

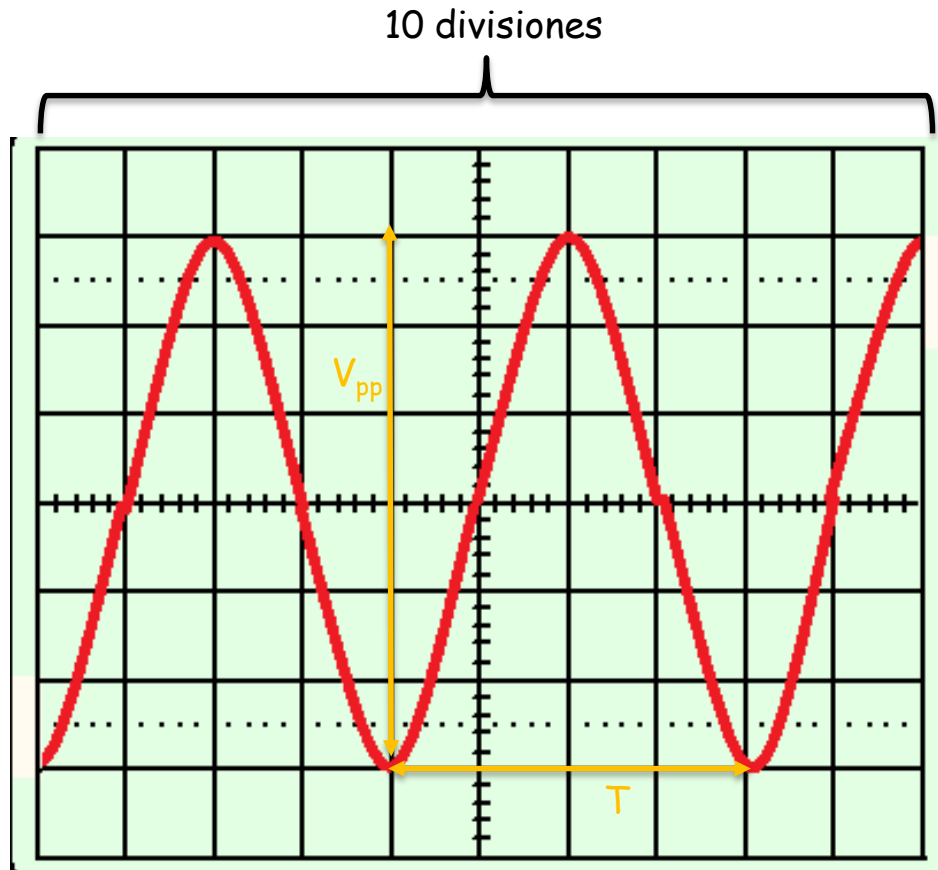
MENÚ DISPARO. Muestra el menú Disparo.

ESTABL EN 50 %. El nivel de disparo se establece en el punto medio vertical entre los picos de la señal de disparo.

FORZAR DISPARO. Completa una adquisición con independencia de una señal de disparo adecuada. Este botón no tiene efectos si la adquisición se ha detenido ya.

VER SEÑAL DISPARO. Muestra la forma de onda de disparo en lugar de la forma de onda de canal mientras se mantiene pulsado el botón VER SEÑAL DISPARO. Puede utilizar este botón para ver la forma en que los valores de disparo afectan a la señal de disparo, como un acoplamiento de disparo.

Menú de canal (vertical y horizontal)



8 divisiones

Cada división esta dividida en 5 intervalos

La escala vertical fija Volt/div

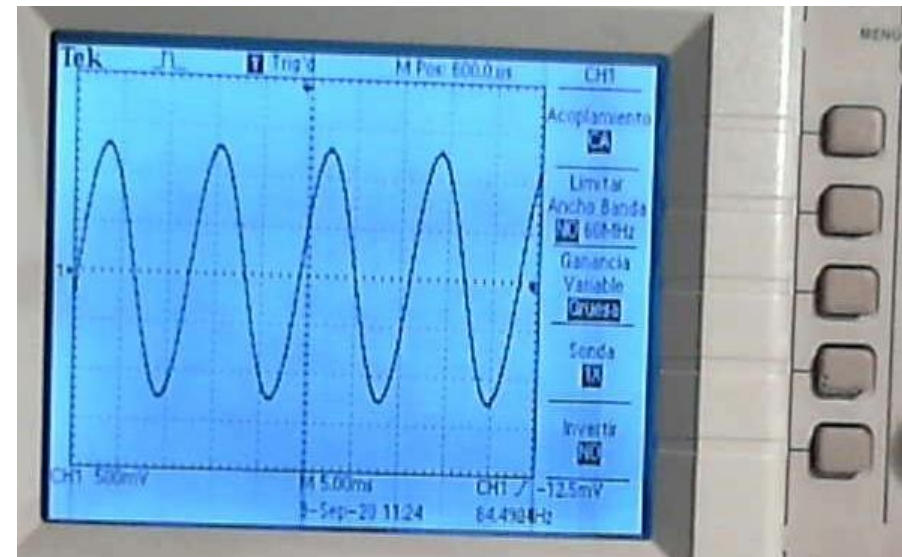
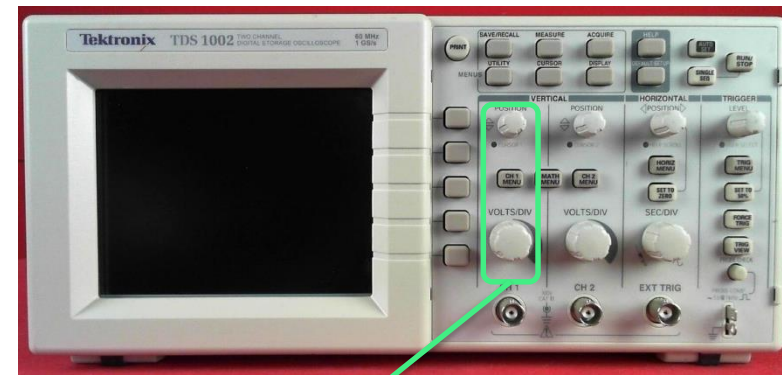
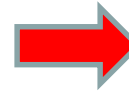
La escala horizontal fija s/div

Menú de canal (vertical)

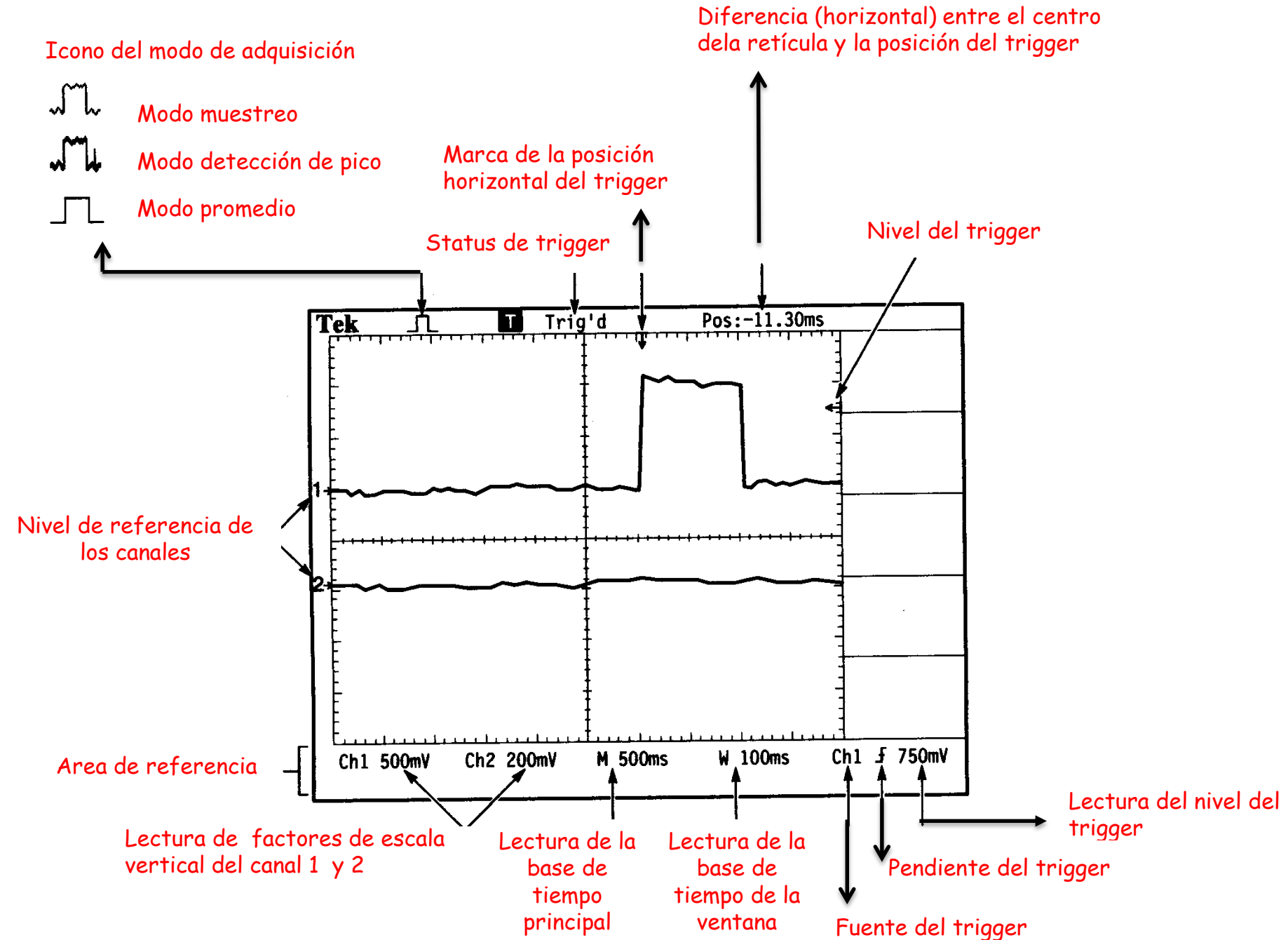
Menús verticales de canal

Existe un menú vertical independiente para cada canal. Cada opción se establece individualmente en cada canal.

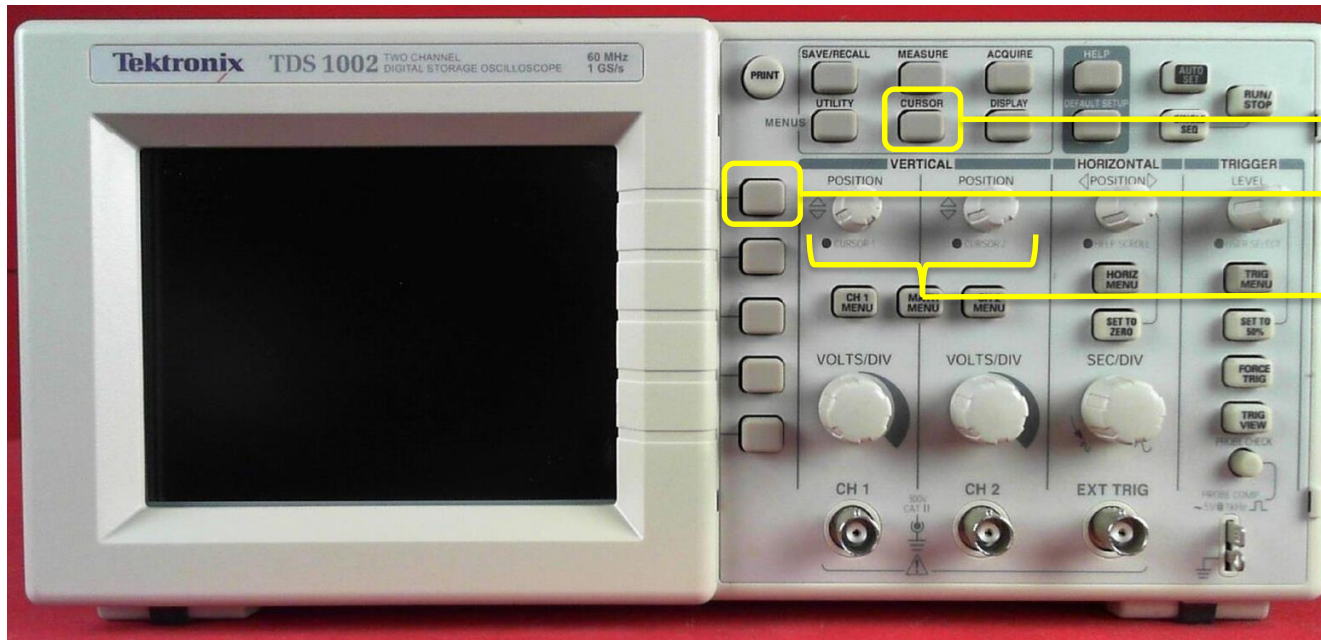
Opciones	Valores	Comentarios
Acoplamiento	CC	CC pasa los componentes de ambos tipos, CA y CC, de la señal de entrada
	CA	CA bloquea los componentes de CC de la señal de entrada y atenúa las señales inferiores a 10 Hz
	TIERRA	TIERRA desconecta la señal de entrada



Información de pantalla



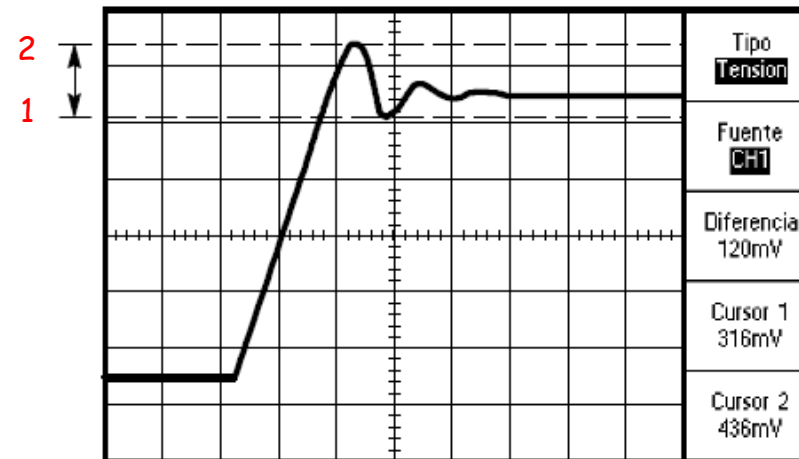
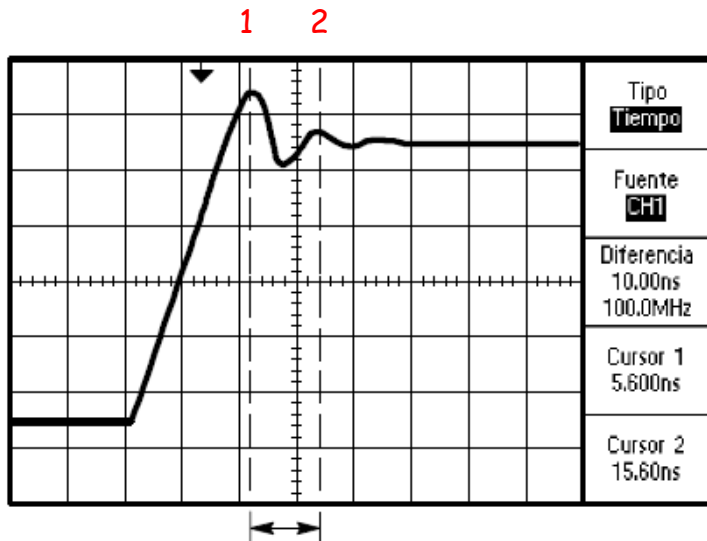
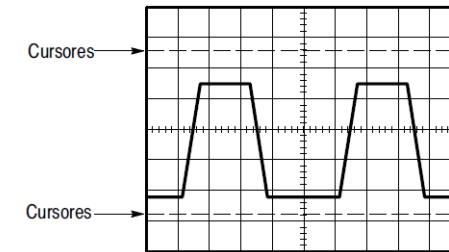
Cursores




Cursores

Tipo : tiempo o tensión

mueve los cursores 1 y 2



- Breve introducción sobre ondas
- ¿ Cómo podemos generar ondas controladas en el Laboratorio ?
- Generador de Funciones/Señales
- Osciloscopio
- Multímetro (Tester) 
- Errores instrumentales
- ¿ Hay correlación entre lo que mide el osciloscopio y el multímetro ?

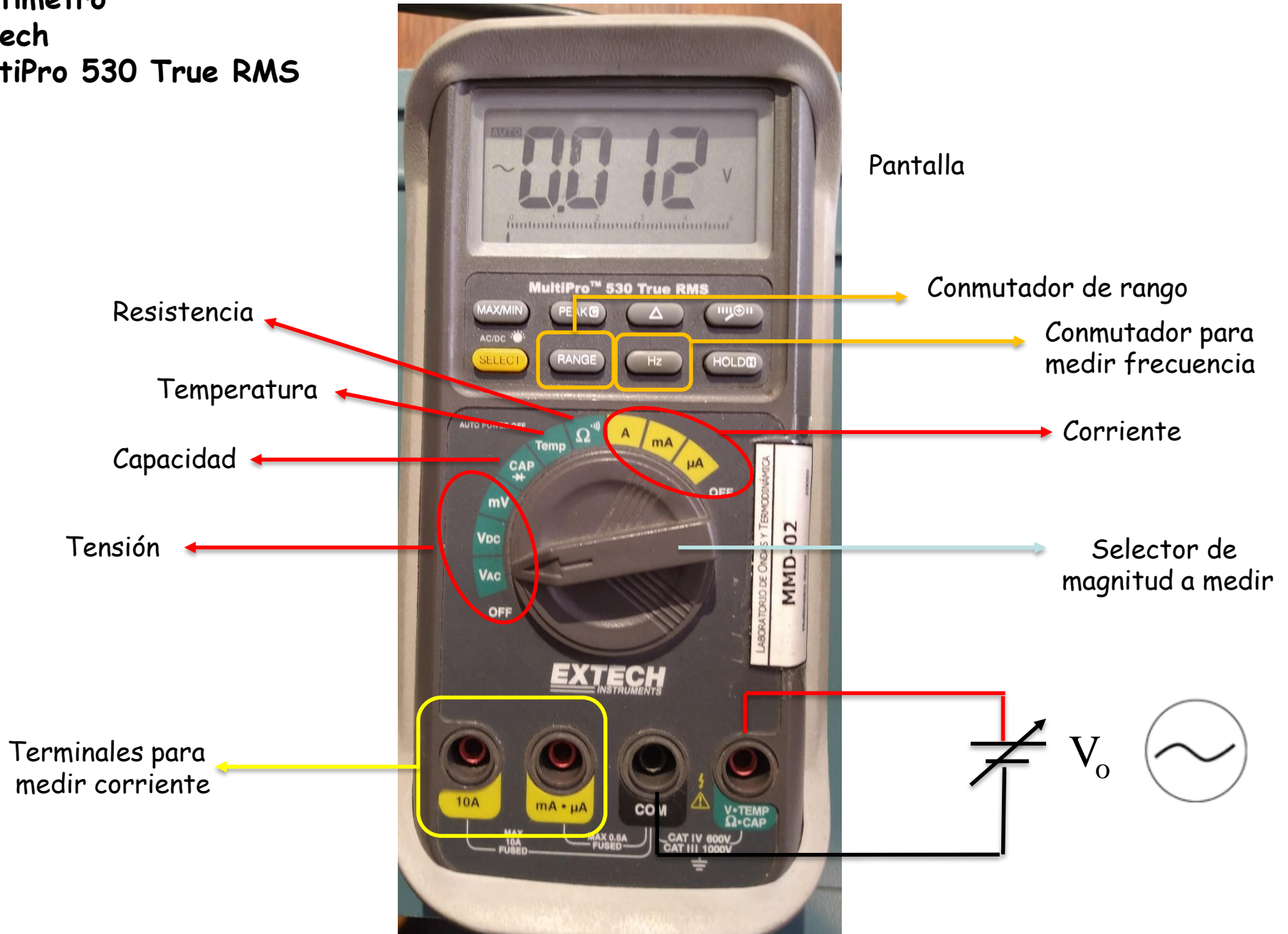
Multímetro (tester)

- Es un instrumento eléctrico portátil usado para medir directamente magnitudes eléctricas activas, como corrientes y potenciales (tensiones), o pasivas, como resistencias, capacidades y otras. También algunos incluyen la medición de temperatura por medio de termo-resistores o termocuplas.
- Con el multímetro podemos medir corrientes y tensiones continuas como alternas. Existen multímetros analógicos y digitales.
- A diferencia del osciloscopio, **en el multímetro no vemos la forma de la señal eléctrica**. Solamente accedemos a un valor en el pantalla del mismo.

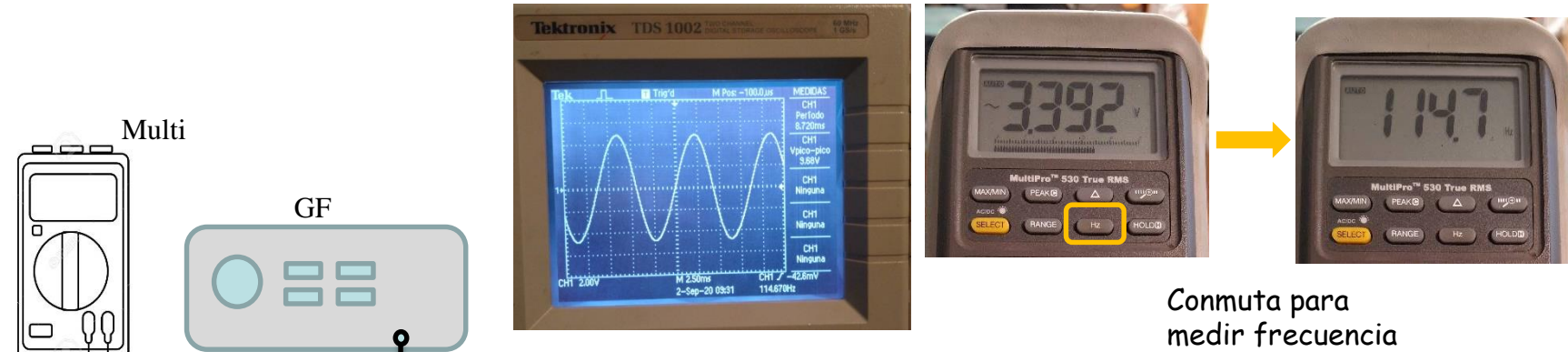


- En Laboratorio 2 normalmente usamos el tester para medir tensión eléctrica y frecuencia (como complemento del osciloscopio).

Multímetro
Extech
MultiPro 530 True RMS



- A diferencia del osciloscopio donde se elige la escala de tensión, en este multímetro se fija automáticamente al encender el equipo.




Se puede fijar con la tecla Range la escala de medición (lo que tiene implicancia en los errores de lectura)



Escala 5.000 V

Escala 50.00 V

Escala 500.0 V

- Breve introducción sobre ondas
- ¿ Cómo podemos generar ondas controladas en el Laboratorio ?
- Generador de Funciones/Señales
- Osciloscopio
- Multímetro (Tester)
- Errores instrumentales 
- ¿ Hay correlación entre lo que mide el osciloscopio y el multímetro ?

Errores instrumentales

- Osciloscopios Tektronix TDS 210
Tektronix TDS 1002

¿Como estimar el error en tensión?

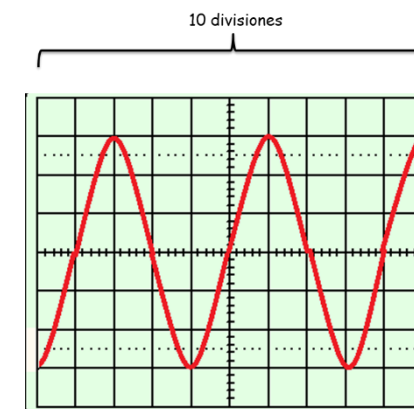
Precisión de medida	Tipo de medida	Precisión
Precisión de medida de CC, modo de adquisición promediado	Promedio de ≥ 16 formas de onda con posición vertical en cero	$\pm(3\% \text{ de lectura} \times + 0,1 \text{ div} + 1 \text{ mV})$ cuando se ha seleccionado 10 mV/div o más
	Promedio de ≥ 16 formas de onda con posición vertical distinta de cero	$\pm[3\% \times (\text{lectura} + \text{posición vertical}) + 1\% \text{ de posición vertical} + 0,2 \text{ div}]$ Añada 2 mV para valores entre 2 mV/div y 200 mV/div. Añada 50 mV para valores entre $> 200 \text{ mV/div}$ y 5 V/div.
Repetibilidad de la medida de voltios, modo de adquisición promediado	Voltios de diferencia entre cualquiera de dos promedios de ≥ 16 formas de onda adquiridas con la misma configuración y en las mismas condiciones ambientales	$\pm(3\% \text{ de lectura} + 0,05 \text{ div})$

Aplicamos este error al leer el valor de la pantalla (por ej. de la V_{pp})

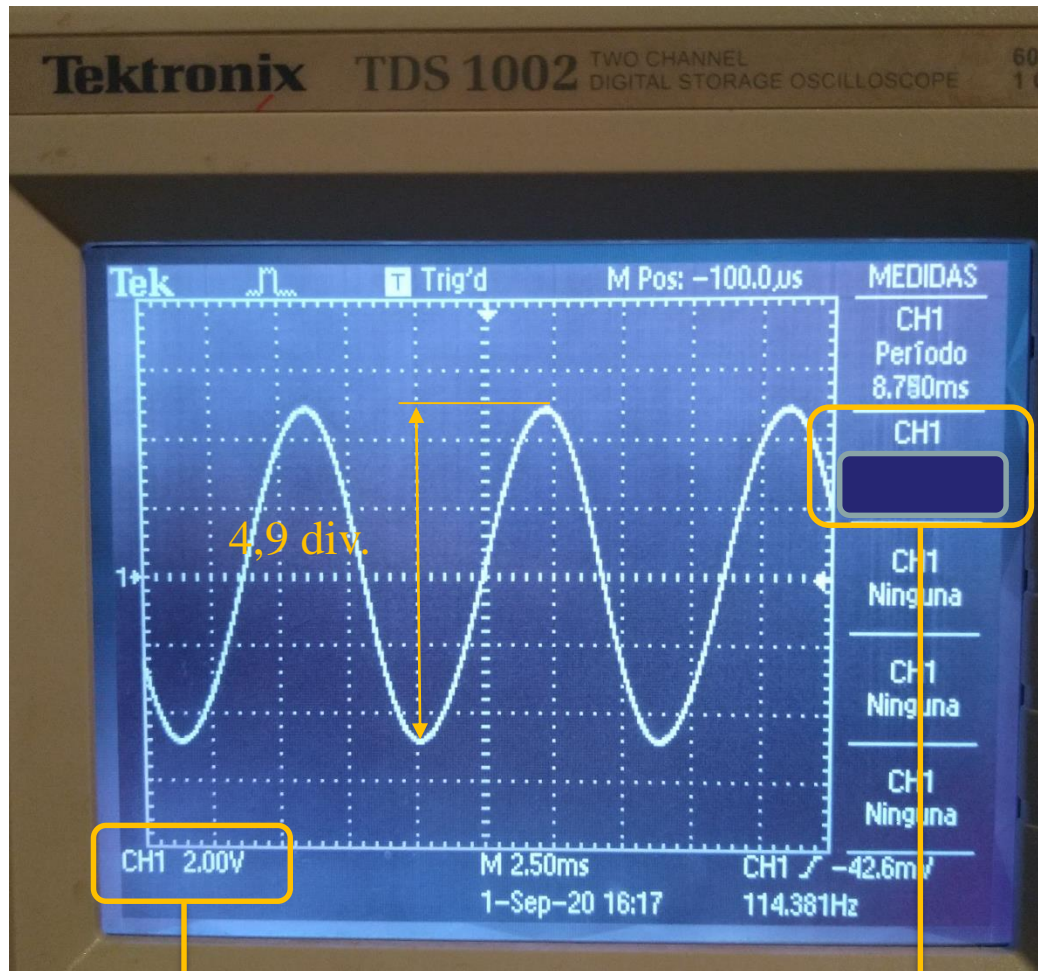
¿Como estimar el error en el eje temporal?

Precisión de medida del tiempo de diferencia (ancho de banda completo)	Condiciones	Precisión
	Disparo único, modo de muestreo	$\pm(1 \text{ intervalo de muestreo} + 100 \text{ ppm de lectura} \times + 0,6 \text{ ns})$
	> 16 promedios	$\pm(1 \text{ intervalo de muestreo} + 100 \text{ ppm de lectura} \times + 0,4 \text{ ns})$
	Intervalo de muestra = $s/div \div 250$	
Rango de posiciones	TDS1002, TDS1012, TDS2002, TDS2012 y TDS2014	
	De 5 ns/div a 10 ns/div	(-4 div \times s/div) a 20 ms
	De 25 ns/div a 100 μ s/div	(-4 div \times s/div) a 50 ms
	De 250 μ s/div a 50 s/div	(-4 div \times s/div) a 50 s
	TDS2022 y TDS2024	
	De 2,5 ns/div a 5 ns/div	(-4 div \times s/div) a 20 ms

Aplicamos este error al leer el valor de la pantalla (por ej. del periodo)



Registro : 2500 puntos por canal



Escala (V/div)

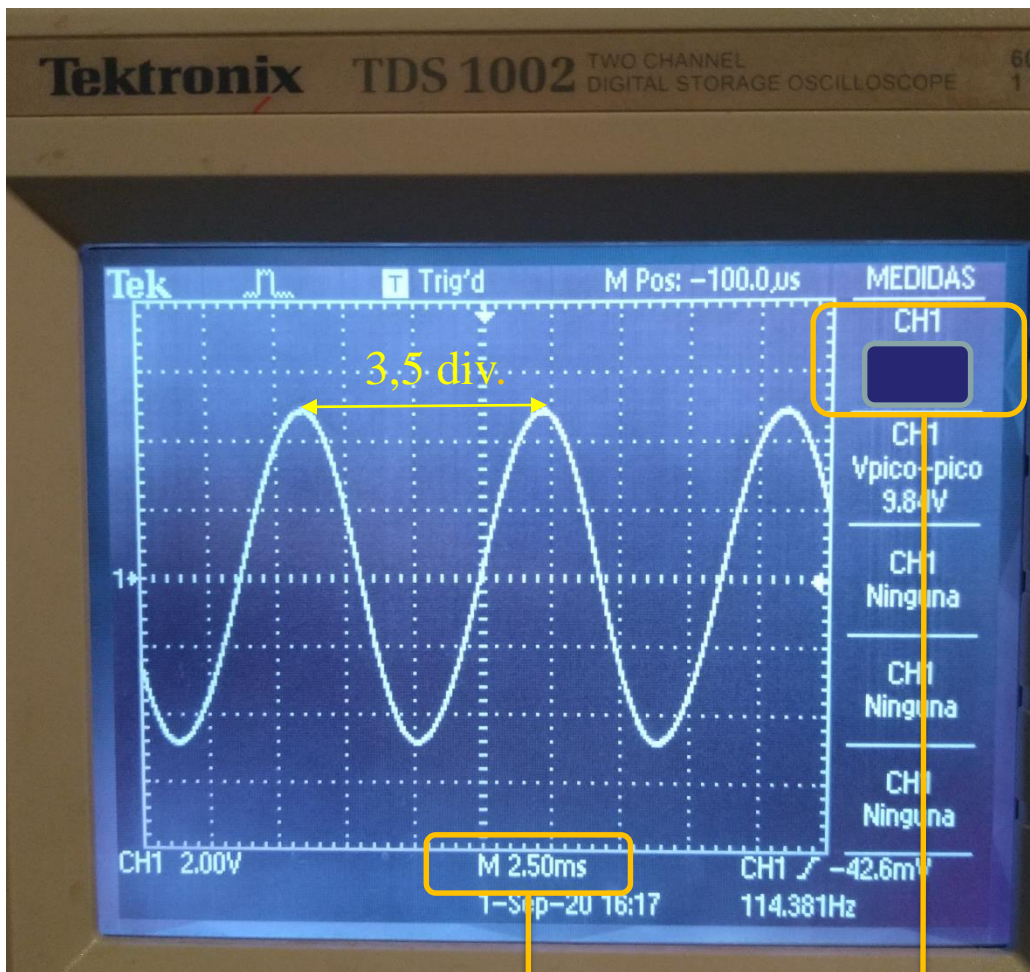
Medición del multímetro
interno del osciloscopio
9,84 V
¿error?

(9,84 ± 0,40) V

Error en tensión (estimado a partir de la traza)

- ✓ Si queremos leer la V_{pp} , contamos la cantidad de divisiones en la grilla vertical de la pantalla.
- ✓ Escala vertical = 2,00 V/div
- ✓ Lectura : $(4,9 \text{ div} * 2,00 \text{ V/div}) = 9,80 \text{ V}$
- ✓ ¿ Error ? Espesor del trazo de la curva (0,1 div aprox)
- ✓ Error = $\pm 0,2 \text{ div}$
 $\rightarrow \pm 0,2 \text{ div} * 2,00 \text{ V/div} = \pm 0,4 \text{ V}$
- ✓ **(9,8 ± 0,4) V**

- ✓ $\pm (3\% \text{ lectura} + 0,05 \text{ div})$
- ✓ $\pm (0,03 * 9,84 \text{ V} + 0,05 \text{ div})$
- ✓ $\pm (0,2952 \text{ V} + 0,05 \text{ div} * 2 \text{ V/div})$
- ✓ $\pm (0,2952 + 0,1) \text{ V} = \pm 0,3952 \text{ V}$



Escala (ms/div)

Medición del multímetro interno del osciloscopio
8,750 ms
¿error?

(8,750 ± 0,011) ms

Calculen la frecuencia y el error en la frecuencia

Error en tiempo (estimado a partir de la traza)

- ✓ Para estimar el período T , contamos la cantidad de divisiones entre crestas en la grilla horizontal de la pantalla.
- ✓ Escala horizontal = 2,5 ms/div
- ✓ $T : (3,5 \text{ div} * 2,5 \text{ ms/div}) = 8,75 \text{ ms}$
- ✓ ¿Error? Espesor del trazo de la curva (0,1 div aprox)
- ✓ Error = ± 0,2 div
→ ± 0,2 div * 2,5 ms/div = ± 0,5 ms
- ✓ **$T = (8,75 \pm 0,50) \text{ ms}$**

- ✓ ± (1 intervalo de muestreo + 100 ppm de lectura + 0.6 ns)
- ✓ Intervalo de muestra = (s/div) / 250
- ✓ ± (0,01 + 8,75 10⁻⁴ + 0,6 10⁻⁶) ms
- ✓ ± 0,011 ms

Multímetro Extech MultiPro 530 True RMS

AC VOLTAGE

RANGE	Accuracy
50Hz/60Hz	
50.00mV, 500.0mV, 5.000V, 50.00V, 500.0V, 1000V	0.5% + 3d
40Hz to 500Hz	
50.00mV, 500.0mV	0.8% + 3d
5.000V, 50.00V, 500.0V	1.0% + 4d
1000V	1.2% + 4d
Up to 20kHz	
50.00mV, 500.0mV	0.5dB*
5.000V, 50.00V, 500.0V	3dB*
1000V	Unspecified

FREQUENCY

Accuracy: 0.01% + 2d

$$\text{dB} = 20 \log_{10} \frac{V_1}{V_2}$$

- Ejemplo : 235,7 mV a una frecuencia de 125,2 Hz
- Según el manual el error se calculo como : 0.8 % + 3 dígitos
- Se debe calcular el 0.8% de la lectura y agregar 3 dígitos en la última columna mostrada en el multímetro.
- Si se lee 235.7 mV se hace el siguiente cálculo


$$(235.7 * 0.008) + (3*0.1) = 2.1856 \approx 2,2$$

y entonces el valor a informar es

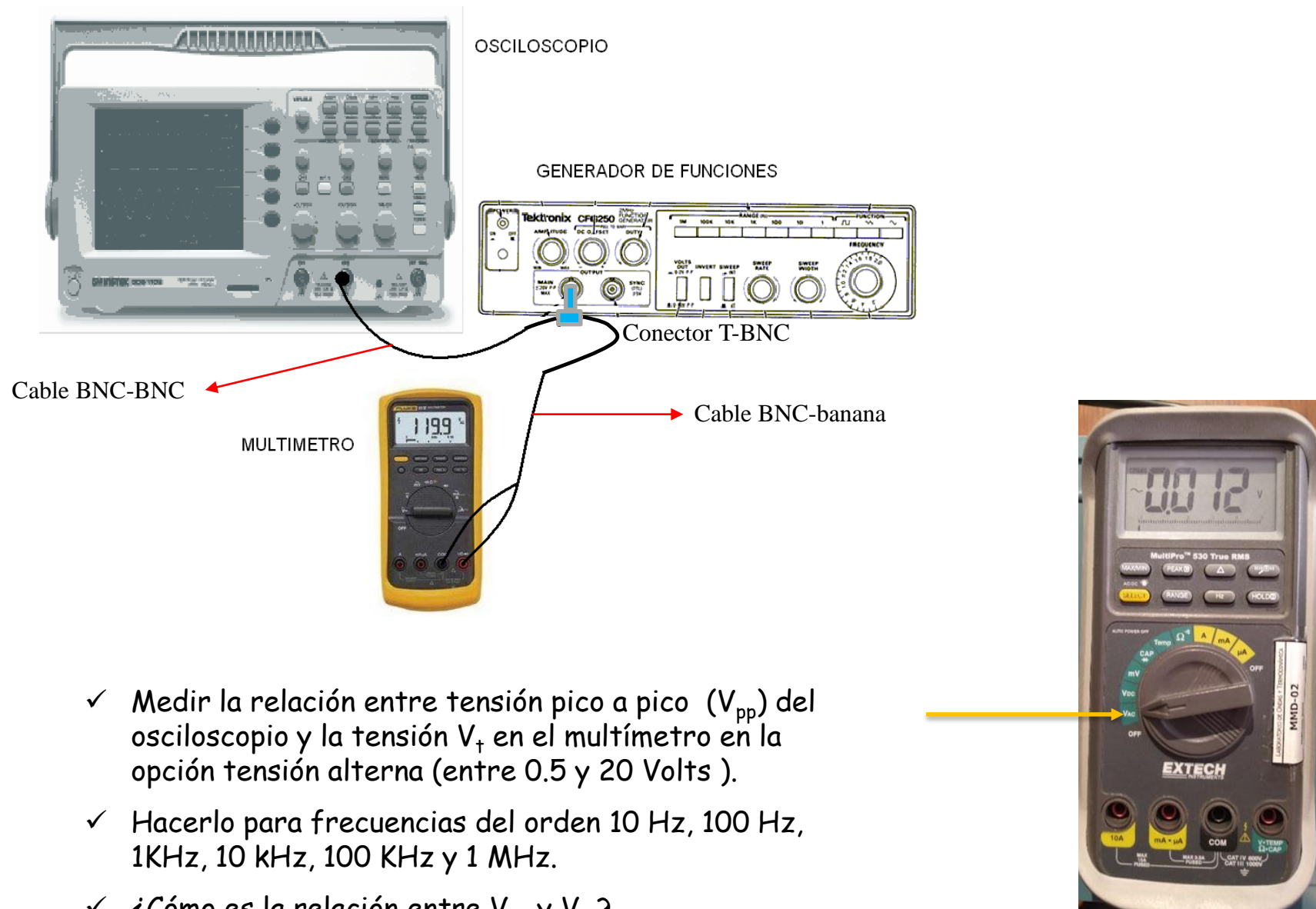
$$(235.7 \pm 2.2) \text{ mV}$$

- Error en frecuencia
- $f = 125,2 \text{ Hz}$. Según el manual : 0.01 % + 2d $\longrightarrow (0,0001*125,2) + (2*0,1) \approx 0,2 \text{ Hz}$
y entonces el valor a informar es

$$(125,2 \pm 0.2) \text{ Hz}$$

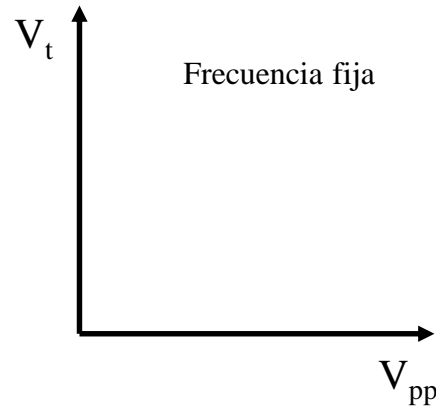
- Breve introducción sobre ondas
- ¿ Cómo podemos generar ondas controladas en el Laboratorio ?
- Generador de Funciones/Señales
- Osciloscopio
- Multímetro (Tester)
- Errores instrumentales
- ¿ Hay correlación entre lo que mide el osciloscopio y el multímetro ? 

Experiencia



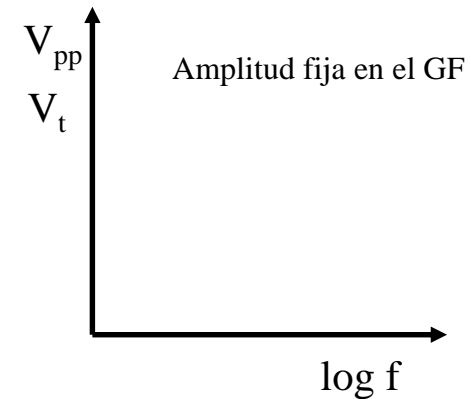
- ✓ Medir la relación entre tensión pico a pico (V_{pp}) del osciloscopio y la tensión V_{+} en el multímetro en la opción tensión alterna (entre 0.5 y 20 Volts).
- ✓ Hacerlo para frecuencias del orden 10 Hz, 100 Hz, 1KHz, 10 kHz, 100 KHz y 1 MHz.
- ✓ ¿Cómo es la relación entre V_{pp} y V_{+} ?

- Realizar un gráfico V_{pp} vs V_t para cada frecuencia.



Si existiese un relación lineal, ajustar la ecuación de la recta correspondiente y tabular la pendiente en función de la frecuencia.

- Graficar para una tensión fija V_{pp} (por ejemplo 10 Volts), la tensión V_t en función de la frecuencia en un gráfico semilogarítmico.
¿ Qué conclusión se puede extraer ?



- No olvidar las barras de errores en los gráficos.
- ¿ Qué mide el multímetro en el modo tensión alterna ?
- ¿ Que sucede si la tensión tiene forma de onda cuadrada o triangular ?
- Volcar todo lo medido en el cuaderno de laboratorio y vamos a discutir estas mediciones.



¿ Preguntas ?