

G-602541

LIBRERIAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**MANUAL DE PRACTICAS
PARA EL LABORATORIO DE
ANALISIS DE SEÑALES
Y MODULACION**

MARIO A. IBARRA PEREYRA

DIVISION DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

FI/DIME/84-023

**REGLAMENTO PARA LOS ALUMNOS INSCRITOS EN EL
LABORATORIO DE COMUNICACIONES**

1. El presente reglamento deberá ser acatado por todas aquellas personas que se inscriban como alumnos en cualquiera de los grupos y materias que se imparten en el Laboratorio de Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.
2. En el Laboratorio de Comunicaciones sólo existe una categoría de alumnos sin importar su situación académica en las materias de teoría correspondientes o la forma en que se hayan inscrito e independientemente de su raza, credo, nacionalidad, condición social, edad o sexo. El único requisito para ser alumno del laboratorio es que la dirección de servicios escolares o la jefatura del departamento le haya autorizado alguna forma de inscripción.
3. Para tener derecho a calificación aprobatoria, el alumno debe:
 - a) Tener cuando más una falta de asistencia al semestre.
 - b) Adeudar cuando más un reporte.
 - c) Haber tenido buen comportamiento durante las prácticas.
4. La calificación final, condicionada a que se cumpla la regla anterior, se obtiene promediando las calificaciones de los reportes.
5. Cuando los alumnos no puedan asistir a una sesión, podrán adelantar la práctica o reponerla, asistiendo a otro grupo, verificando cuidadosamente que se les ponga asistencia.
6. Una vez acreditado el laboratorio, se conserva la calificación por tiempo indefinido, siempre y cuando el alumno acuda a pedir la revalidación al inicio de cada semestre.
7. La revalidación del laboratorio es indispensable para cursar nuevamente la teoría o para presentar examen extraordinario.
8. La forma de realizar los reportes es la siguiente:
 - a) Trabajo totalmente individual. Si se encuentran dos reportes con semejanza evidente, ambos merecerán la calificación cero.
 - b) El reporte deberá elaborarse sobre hojas tamaño carta, blancas, lisas y sin usar el reverso.
 - c) Los trabajos deberán ser realizados a máquina. Se aceptarán trabajos a mano siempre y cuando la letra sea perfectamente legible y a una sola tinta, inclusive las gráficas. En los reportes jamás se usará lápiz, pueden elaborarse los reportes con computadora pero se deberá prestar atención especial al inciso (a) de esta regla.

- d) Para graficar, se podrá usar papel milimétrico logarítmico o cuadrículado. Los diagramas deberán elaborarse con regla y escuadra. No se aceptan figuras realizadas a mano alzada.
- e) La primera hoja del reporte deberá contener los datos generales de la práctica, usando obligatoriamente el siguiente formato:

U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA

LABORATORIO DE _____

PRACTICA NUM. _____ GRUPO DE LABORATORIO _____

TITULO _____

ALUMNO _____

PROF. LAB. _____

PROF. TEORIA _____

FECHA DE ENTREGA _____ CALIFICACION _____

- e) Los reportes entregados que no cumplan con las disposiciones del presente reglamento serán devueltos para que el alumno los corrija y entregue a la mayor brevedad posible.
- g) La regla anterior se aplicará a aquellos reportes cuyo contenido sea insuficiente, aunque cumplan con los requisitos de forma.
- h) Es absolutamente obligatorio entregar al profesor del grupo el reporte de cada práctica al inicio de la siguiente sesión del laboratorio. Entregar el trabajo a otra persona o fuera de tiempo, ocasionará su posible pérdida y reducción de puntos.
- i) El primer reporte deberá ser entregado en una carpeta nueva de cartoncillo (folder) con pestaña, sin nombres ni letreros.
- j) Para sujetar las hojas del reporte se usará únicamente una grapa en la esquina superior izquierda. No se deben usar clips porque se sueltan y se pierden las hojas.

9.- Los profesores del laboratorio están autorizados para pedir a los alumnos algún material eléctrico para las prácticas o trabajos escritos adicionales relacionados con el equipo del laboratorio.

10.-El abuso en el manejo del equipo será siempre sancionado.

11.-Recomendaciones:

- a) Lavarse las manos antes de la práctica.
- b) No consumir alimentos ni bebidas durante la práctica.
- c) No fumar dentro de los salones del laboratorio.
- d) Llegar a tiempo a la práctica.
- e) Preguntar cuando se tengan dudas.

12.-Si el profesor lo estima necesario, el alumno deberá realizar un examen final acerca de las prácticas, a fin de acreditar el curso de laboratorio.

13.-Derechos del alumno:

- a) Disponer de recintos de prácticas aseados, iluminados y amueblados convenientemente.
- b) Contar con suficiente equipo para que su actuación en la práctica no se limite a "ver y anotar".
- c) Contar con un instructor perfectamente capacitado para que le oriente en el desarrollo del experimento y para resolver sus dudas referentes a la práctica.
- d) Disponer de instructivos adecuados para la realización de los experimentos.
- e) Obtener informes sobre su situación académica en el laboratorio en el momento en que los solicite al coordinador.
- f) Apelar cuando considere que la calificación que se le dió es incorrecta.
- g) Expresar sus quejas ante la jefatura de la División de Ingeniería Mecánica Eléctrica, cuando considere que sus derechos han sido violados.

14.-Cualquier situación no prevista en este Reglamento será resuelta por el coordinador del Laboratorio.

15.-El presente reglamento estará en vigor a partir del 21 de noviembre de 1983 y anula cualquier disposición anterior que lo contradiga.

PRACTICA: ANALISIS DE LA SEÑAL SENOIDAL

- FINALIDAD:
1. Comprender la teoría de Fourier.
 2. Conocer el funcionamiento del equipo del laboratorio.

METAS: Al concluir la práctica, el alumno:

1. Habrá aprendido a manejar el analizador de espectros y el generador de funciones, así como el osciloscopio.
2. Comprenderá el concepto de "Armónicas".
3. Sabrá emplear los db y los dbm.
4. Conocerá la diferencia entre un espectro teórico y el obtenido experimentalmente.

LISTA DE EXPERIMENTOS:

1. Análisis de la senoide en el tiempo.
2. Análisis de la senoide en la frecuencia.

LISTA DE EQUIPO:

Un generador de funciones.

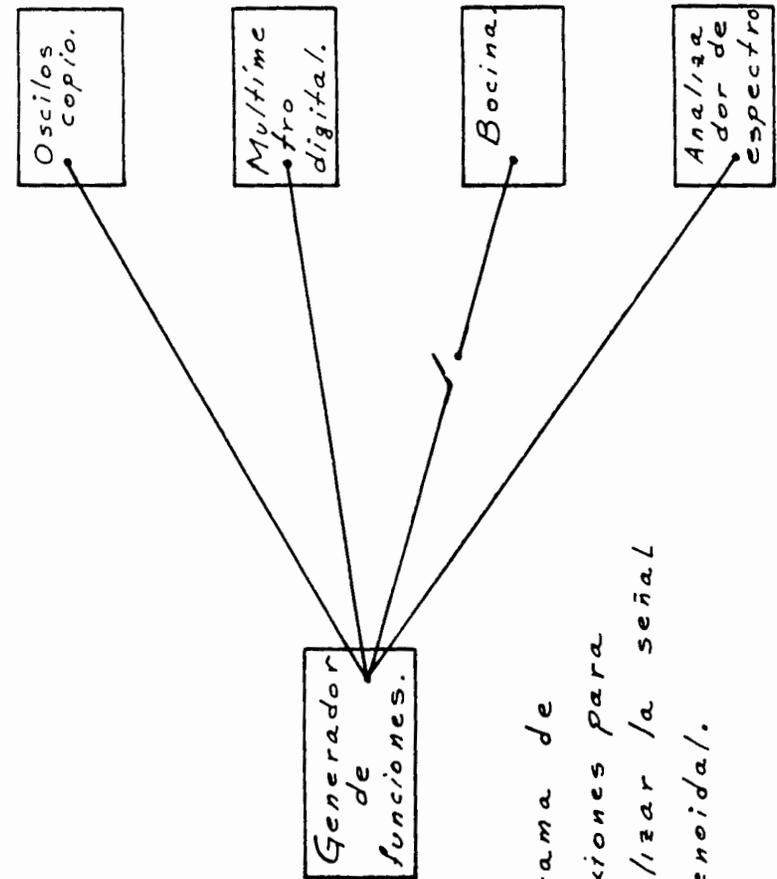
Un osciloscopio.

Un multímetro digital.

Un analizador de espectros.

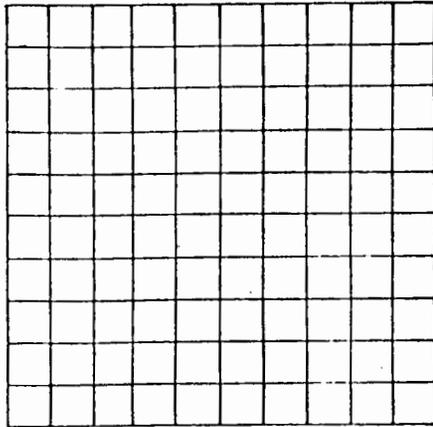
Cables de conexión.

Adaptadores BNC-Banana.



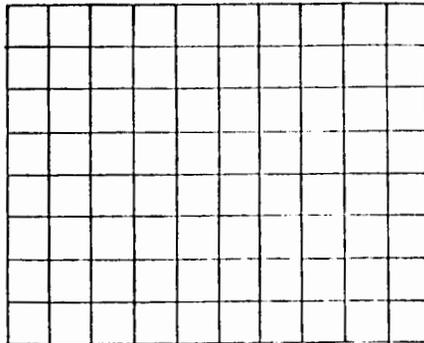
INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO.

Tabla de datos .- Práctica Señal Senoidal.



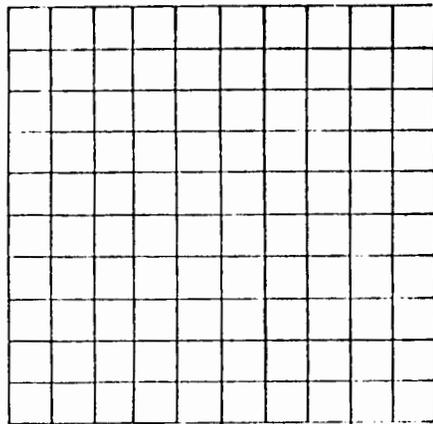
Espectro señal 1 KHz. (Punto 11)

Esc H = V_{RMS} =
Esc V =



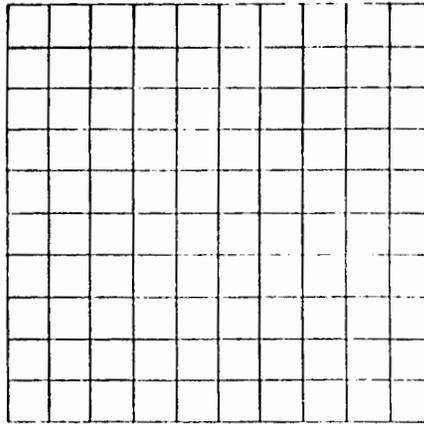
Oscilograma senoide 1 KHz. (Punto 5)

Esc H = Esc V =
 V_{pp} = V_{RMS} =
T = f =



Espectro senoide 2 KHz (Punto 14)

Esc H = V_{RMS} =
Esc V =



Espectro senoide 1 KHz (Punto 17)

Esc H =
Esc V =

PRACTICA: ANALISIS DE LA SEÑAL SENOIDAL.

1. ¿Qué se espera aprender en esta práctica?
2. ¿Con qué equipo se cuenta?
3. ¿Qué experimentos se realizaron?
4. Dibuje y explique el diagrama de conexiones utilizado.
5. Genere una señal senoidal de 1000 Hz. y 7 volts efectivos; obsérvela en el osciloscopio y mida su voltaje y su período. Consigne la figura en su reporte.
6. Explique a qué se debe la diferencia entre la lectura hecha en el osciloscopio y la lectura hecha en el multímetro.
7. ¿Cómo se le llama al cociente del voltaje de pico entre el voltaje efectivo?.
8. ¿Cuánto vale V_p/V_{ef} para una senoide?.
9. ¿El factor $\sqrt{2}$ es válido para calcular el valor efectivo de cualquier tipo de onda?. De una demostración que justifique la respuesta.
10. Dibuje en su reporte la carátula del analizador de espectros y explique qué hace cada perilla o tecla.
11. Obtenga el espectro de la señal senoidal de 1000 Hz y consígnelo en su reporte.
12. Investigue y anote en su reporte el espectro teórico de la señal cosenoide de 1000 Hz y 7 volts efectivos.
13. Anote y justifique las diferencias entre el espectro teórico obtenido en el punto 12 y el experimental obtenido en el punto 11 del cuestionario.
14. ¿Qué pasará con el espectro obtenido en el punto 11 para la señal de 1000 Hz si la frecuencia de ésta se cambia a 2000 Hz.?
15. ¿Cumple el espectro con el principio de superposición?. Desarrolle un experimento para comprobarlo y demuéstrello matemáticamente en su reporte.
16. ¿Qué se entiende por frecuencias armónicas?
17. Usando la escala vertical logarítmica del analizador de espectros, observe las componentes armónicas de la onda senoidal de 1000 Hz y consigne la gráfica en su reporte.
18. Midiendo en dB la diferencia de nivel entre la componente fundamental y alguna de las armónicas, calcule el voltaje de tal armónica.
19. ¿Es cierto que una senoide tiene armónicas? Demuéstrello matemáticamente.
20. ¿Porqué aparecen armónicas de la senoide en el analizador de espectros?.
21. ¿Cómo se puede expresar un voltaje en dB?
22. Para la onda de 1000 Hz, mida la diferencia de nivel entre la señal y el ruido y anótela en su reporte.
23. Expresar una crítica al desarrollo de la práctica y mencione algo para mejorarla, ya sean modificaciones al procedimiento o sugerencias para nuevos experimentos.

PRACTICA: ANALISIS DE SEÑALES DETERMINISTICAS

FINALIDAD: Conocer la teoría de Fourier en lo referente a espectros discretos.

METAS: Al concluir la práctica, el alumno:

1. Comprenderá el concepto de espectro discreto.
2. Habrá reafirmado sus conocimientos acerca del manejo del equipo del laboratorio.
3. Conocerá los espectros de las señales determinísticas más comunes.
4. Habrá aprendido a usar el teorema de Parseval.

LISTA DE EXPERIMENTOS.

1. Análisis de la onda triangular.
2. Análisis de la onda cuadrada.
3. Análisis del tren de pulsos.
4. Superposición de señales.

LISTA DE EQUIPOS.

Dos generadores de funciones.
Un osciloscopio.
Un analizador de espectros.
Un multímetro digital.
Un voltmetro verdadero.
Cables y adaptadores BNC-Banana.

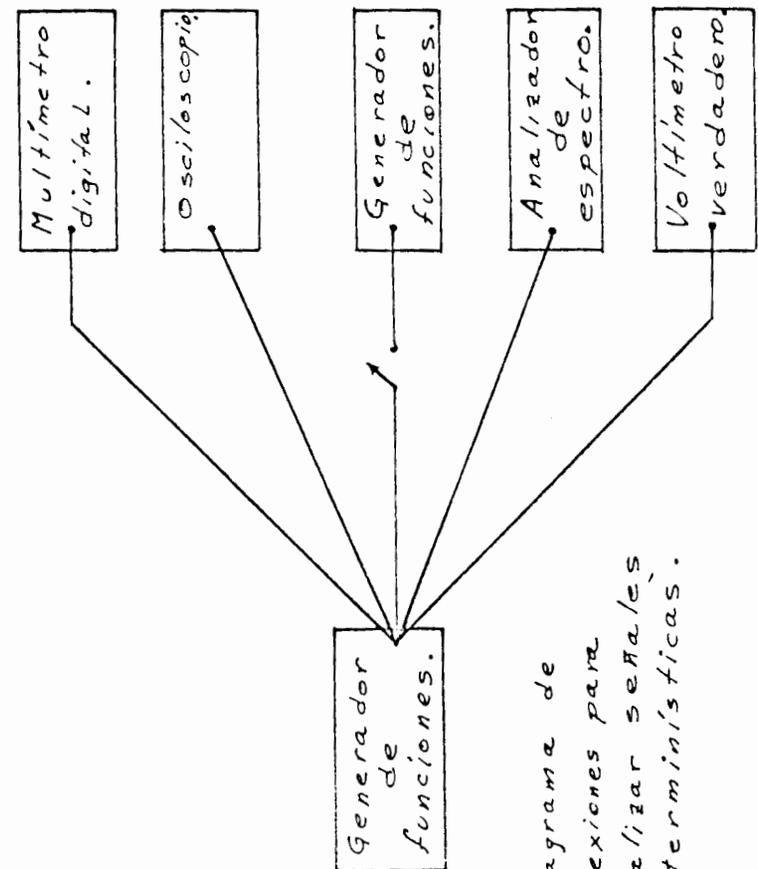
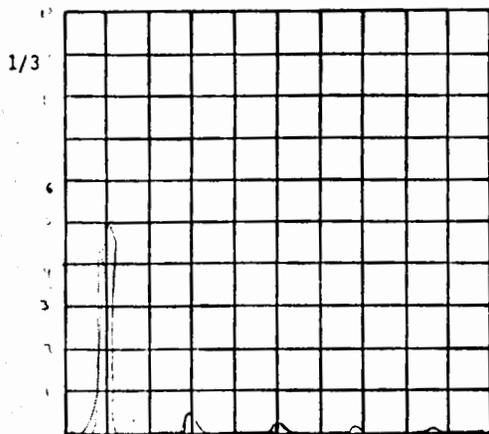


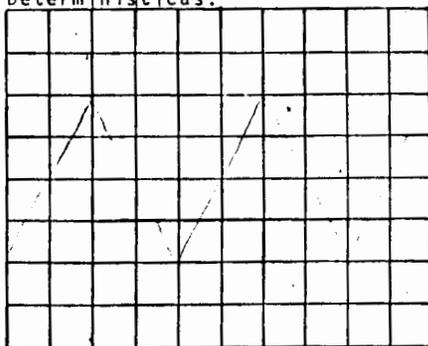
Diagrama de conexiones para analizar señales determinísticas.

Tabla de datos .- Práctica Señales Determinísticas.



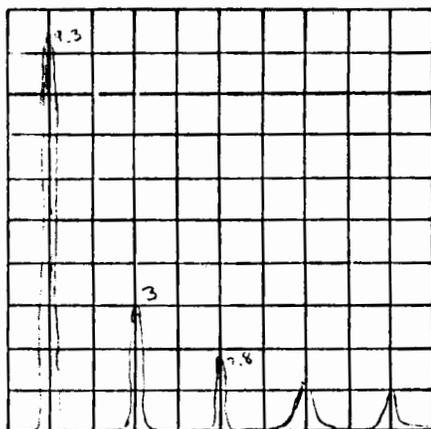
(Punto 4)
Espectro señal triangular.

Esc H = 1 kHz Esc V = 10V



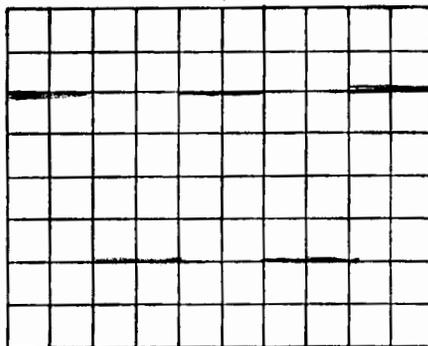
(Punto 4)
Oscilograma señal triangular.

Esc H = 1 ms Esc V = 5 V/div
 $V_{pp} = 20$ $V_{RMS} = 5.82 V$
 $f = 1000 Hz$ $T = 1 ms$



(Punto 7)
Espectro onda cuadrada.

Esc H = 1 kHz Esc V = 10V

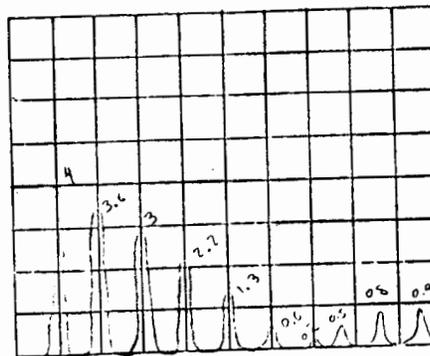


Oscilograma onda cuadrada. (Punto 7)

Esc H = 1 ms/div Esc V = 5 V/div
 $V_{pp} = 20$ $V_{RMS} = 10 V$
 $f = 1000 Hz$ $T = 1 ms$

Tabla de datos .- Práctica Análisis de Señales Determinísticas.

2/3



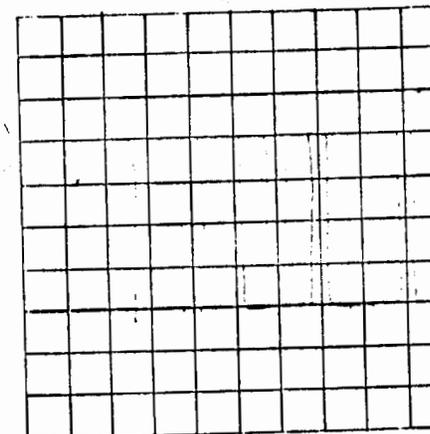
Oscilograma del trñn de pulsos
(Punto 10)

Esc H = 1 ms

Esc V = 5V/div

$V_{pp} = 20$

$\frac{\delta}{T} = 1000 Hz$

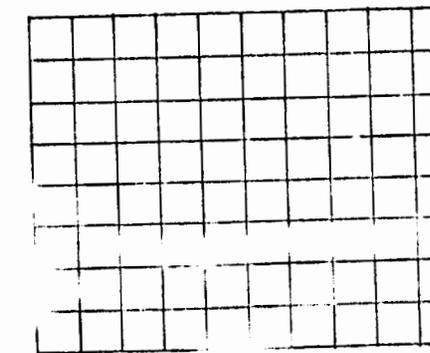


Espectro del trñn de pulsos.
(Punto 10)

Esc H = 1 kHz

Esc V = 10 V

$\frac{\delta}{T} =$



Oscilograma del trñn de pulsos.
(Punto 13)

Esc H = 1 kHz

Esc V = 10 V

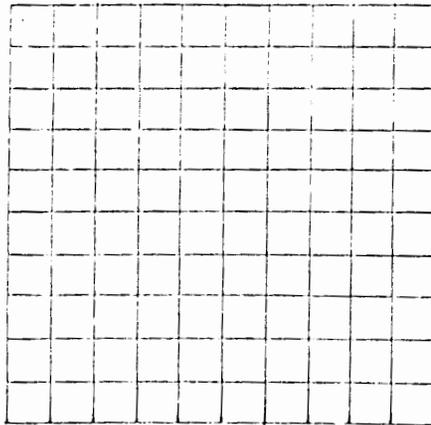
$V_{pp} =$

$T =$

$f =$

$\frac{\delta}{T} =$

3/3

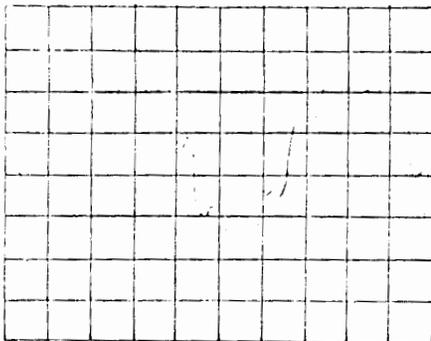


Espectro del tré:
(Punto 13)

Esc H =

Esc V =

$\frac{\delta}{T}$ =



Oscillograma de la suma de 2
señales senoidales.
(Punto 14)

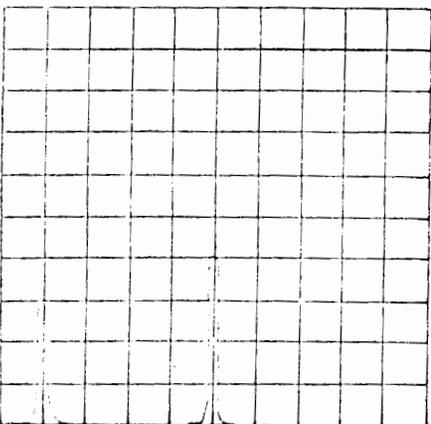
Esc H =

Esc V =

V_{RMS} =

f_1 =

f_2 =



Espectro de la suma de 2
señales senoidales.
(Punto 14)

Esc H =

Esc V =

f_1 =

f_2 =

$V_{RMS 1}$ =

$V_{RMS 2}$ =

PRACTICA: ANALISIS DE SEÑALES DETERMINISTICAS

1. ¿Qué conocimientos se espera obtener en esta práctica?
2. ¿Qué se entiende por señales determinísticas?
3. Dibuje y explique el diagrama de conexiones usado.
4. Genere una onda triangular de 1 Khz y 20 volts pp. y ajuste el analizador para que aparezcan las cinco primeras componentes espectrales en la pantalla. Consigne en el reporte el oscilograma y el espectro, el voltaje de pico medido en el osciloscopio y el voltaje efectivo medido con el voltmetro verdadero.
5. Compare los voltajes obtenidos en el analizador de espectros con los coeficientes de la serie trigonométrica de la onda triangular de 20 volts pp y 1000 Hz. Comente y justifique las diferencias existentes entre ambos juegos de valores.
6. Con los datos obtenidos en el punto 4 calcule el valor V_p/V_{ef} de la onda triangular y explique porqué no es $\sqrt{2}$.
7. Genere una onda cuadrada de 1000 Hz y 20 volts pp. Obtenga su oscilograma y su espectro. Consigne ambos en su reporte. Compare los espectros de la onda triangular y de la cuadrada y anote las semejanzas y diferencias que descubre.
8. ¿En qué caso, dos espectros con las mismas amplitudes y frecuencias, pueden provenir de diferentes señales?
9. Compruebe experimentalmente y demuestre matemáticamente que el voltaje rms de la onda cuadrada es igual a su voltaje de pico.
10. Genere un tren de 1000 pulsos/seg. y 20 volts pp. Obtenga su oscilograma y su espectro y consígnelos en el reporte junto con el espectro teórico de tal señal para comparar.
11. Defina el ciclo de trabajo.
12. Realice mediciones para elaborar una gráfica que nos muestre la relación entre el voltaje eficaz del tren de pulsos y su ciclo de trabajo; de su análisis, deduzca conclusiones.
13. Varíe el ciclo de trabajo del tren de pulsos hasta que una de cada (n) componentes espectrales se anule; calcule entonces el ciclo de trabajo y deduzca la relación entre éste y la componente desaparecida.
14. Hay un teorema que nos permite calcular el voltaje efectivo de cualquier onda conociendo los voltajes de sus componentes; anote su expresión matemática, escriba su enunciado, elabore un experimento para comprobarlo y consigne todo en su reporte con sus comentarios.
15. Haga una crítica acerca de la práctica y de los resultados obtenidos.

PRACTICA: ANALISIS DE SEÑALES ALEATORIAS

FINALIDAD: Conocer el rango de frecuencias de la voz humana y del oído humano.

METAS: Al finalizar los experimentos, el alumno:

1. Conocerá el rango de frecuencias de su voz y de su oído.
2. Conocerá la diferencia entre el rango teórico y el rango experimental.
3. Habrá aprendido a analizar señales de voz.

LISTA DE EXPERIMENTOS:

1. Medición del rango de frecuencias de la voz humana.
2. Medición del rango de frecuencias perceptibles por el oído humano.

LISTA DE EQUIPO:

- Un generador de funciones.
- Un osciloscopio.
- Un frecuencímetro.
- Un analizador de espectro.
- Un micrófono.
- Una bocina.
- Cables de conexión y adaptadores BNC-Banana.

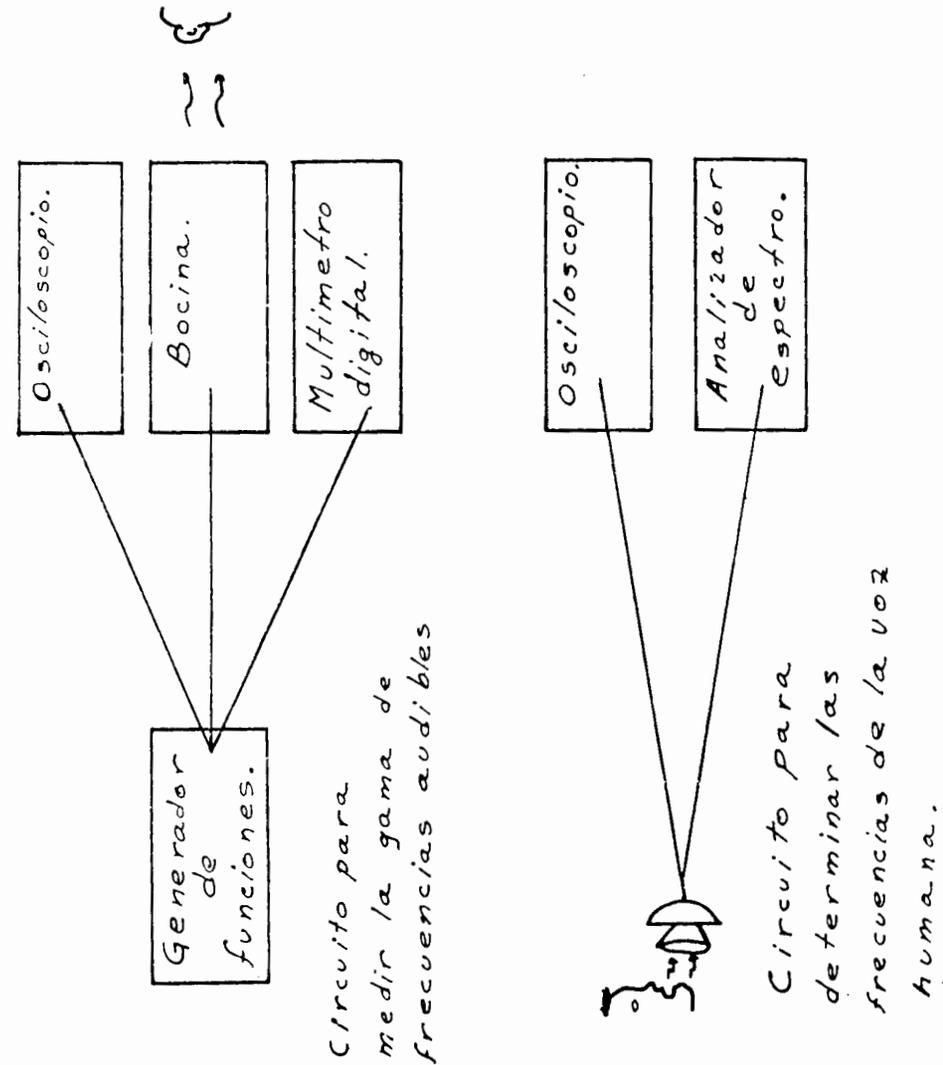


Tabla de datos.

Señales audibles por el ser humano.

Sujeto	f_{max}	f_{min}
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Señales emitidas por el ser humano.

Sujeto	f_{max}	f_{min}
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Instructivo de manipulación y cuestionario.

Práctica.-Análisis Señales Aleatorias.

- 1.- ¿Cuál es la finalidad de la práctica?
- 2.- ¿Qué se entiende por señales aleatorias?
- 3.- Haga una lista de los experimentos realizadores y del equipo de que se dispone.
- 4.- Haciendo uso del analizador de espectros y un micrófono, determine el rango de frecuencias de la voz de por lo menos cuatro personas. Explique el procedimiento usado y anote en el reporte el diagrama y los datos obtenidos; de tales valores, obtenga las frecuencias máxima y mínima emitibles por el grupo de personas; compare tales valores con los teóricos.
- 5.- Con el generador de señales y una bocina, determine el rango de frecuencias que pueden oír cuando menos cuatro personas. Anote y explique el diagrama de conexiones. Incluya la tabla de datos y de ella obtenga las frecuencias máxima y mínima perceptibles por el grupo. Compare sus resultados con lo que dice la teoría y anote sus comentarios.
- 7.- ¿Porqué no se escucha la frecuencia cero?
- 8.- ¿Porqué el rango de frecuencias de nuestra voz es menor que el rango de frecuencias que podemos oír?
- 9.- Investigar el equivalente matemático, en el dominio del tiempo o en el de la frecuencia, de los conceptos de acústica: Intensidad, Tono y Timbre.
- 10.- Considerando que cualquier señal es una función de tiempo, ¿Es verdad que cualquier función de tiempo es una señal? Fundamente su respuesta.
- 11.- ¿Porqué se considera a la voz como una señal aleatoria?
- 12.- Consigne en el reporte una gráfica de una señal aleatoria discreta y de una señal aleatoria continua.
- 13.- Dé una breve explicación de como estudiamos matemáticamente las señales aleatorias.
- 14.- En que campo se puede aplicar lo aprendido en la práctica?
- 15.- Anote en el reporte un comentario acerca de:
 - a) El desarrollo de la práctica.
 - b) Los resultados obtenidos.
 - c) La utilidad de lo aprendido.
 - d) El logro de los objetivos.
 - e) La actitud del profesor.
 - f) El método empleado.
 - g) El manual de prácticas.
 - h) El laboratorio en general.

PRACTICA: RUIDO

FINALIDAD: Conocer el ruido eléctrico a partir de su análisis en el tiempo y en la frecuencia, sin importar su origen y sus efectos.

METAS: Al finalizar la práctica, el alumno:

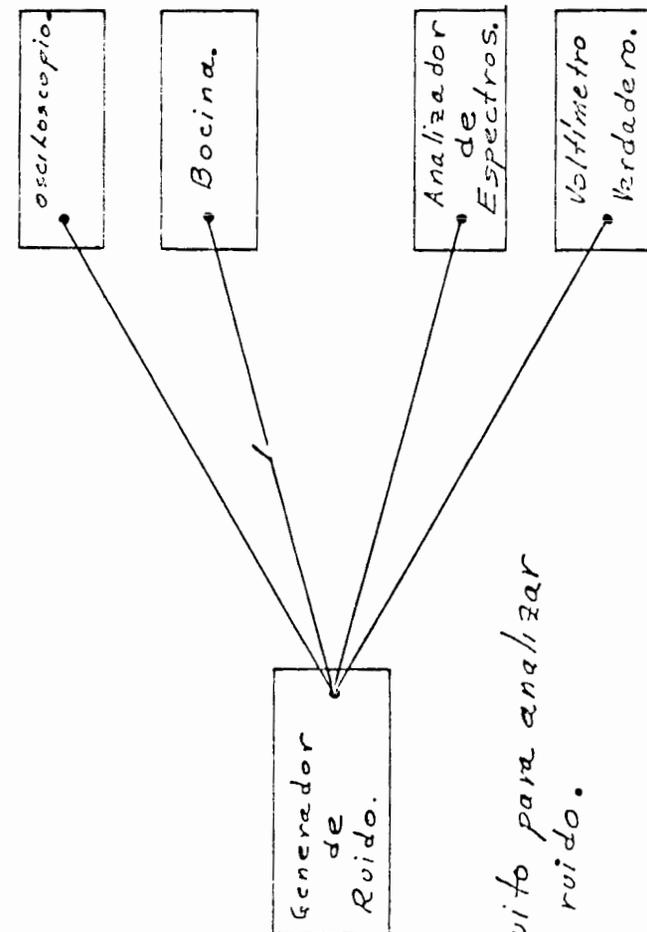
1. Sabrá cómo suena el ruido blanco.
2. Habrá observado y analizado oscilogramas y espectros de ruido blanco y de ruido rosa.
3. Conocerá el origen de los conceptos "ruido blanco" y "ruido rosa".
4. Conocerá y sabrá manejar los conceptos de "cifra de ruido" y "relación señal ruido".

LISTA DE EXPERIMENTOS

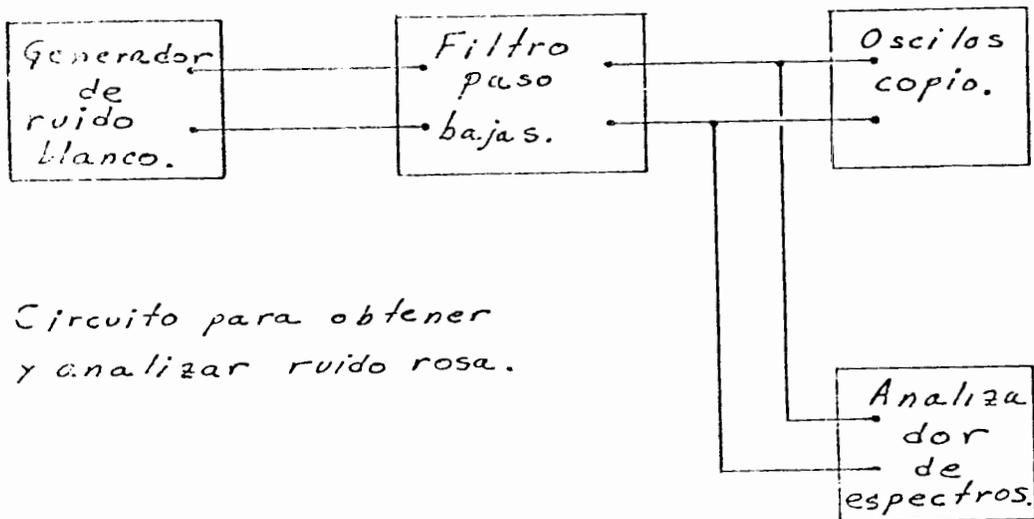
1. Percepción del ruido blanco.
2. Obtención de la relación señal-ruido.
3. Obtención del ruido rosa.
4. Obtención de la cifra de ruido.

LISTA DE EQUIPO:

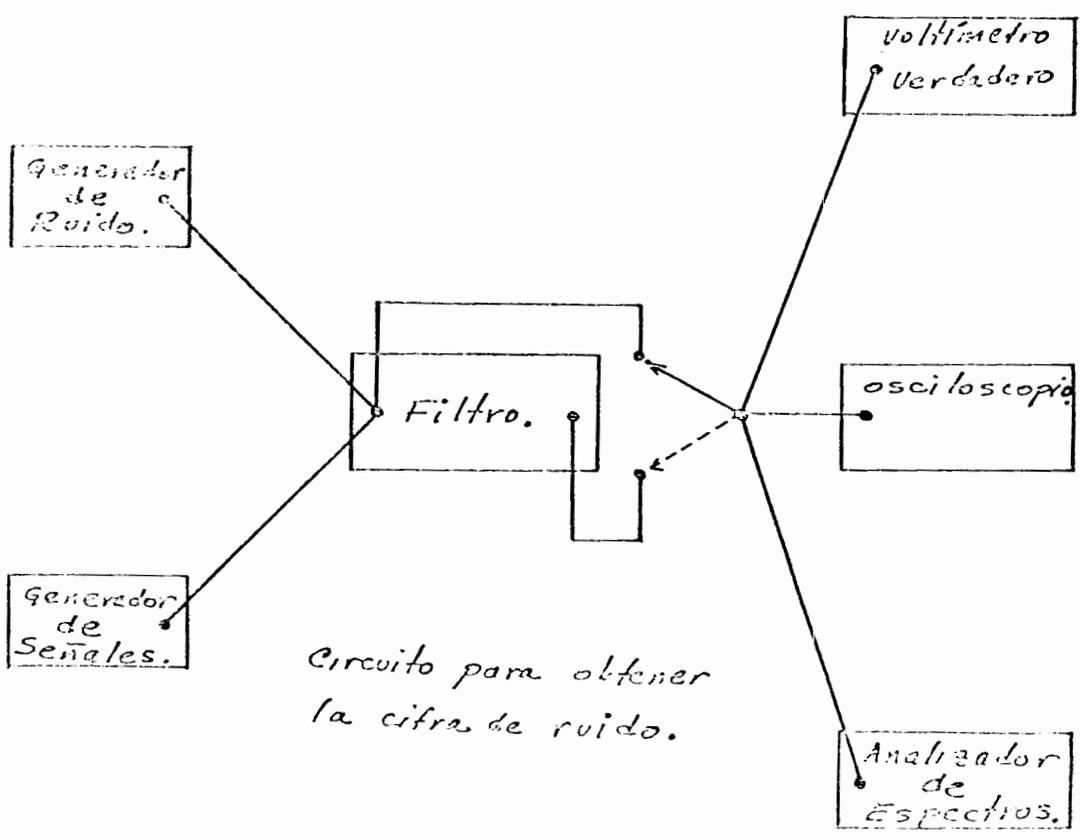
- Un generador de funciones.
- Un generador de ruido blanco.
- Un osciloscopio.
- Un analizador de espectro.
- Un voltímetro verdadero.
- Una bocina.
- Un filtro paso bajas.
- Cables de conexión y adaptadores BNC-Banana.



Circuito para analizar el ruido.



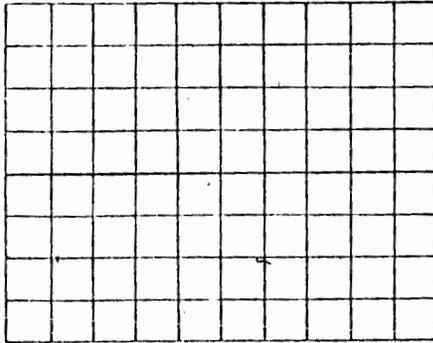
Circuito para obtener y analizar ruido rosa.



Circuito para obtener la cifra de ruido.

1/2

Tabla de datos .- Práctica Ruido.

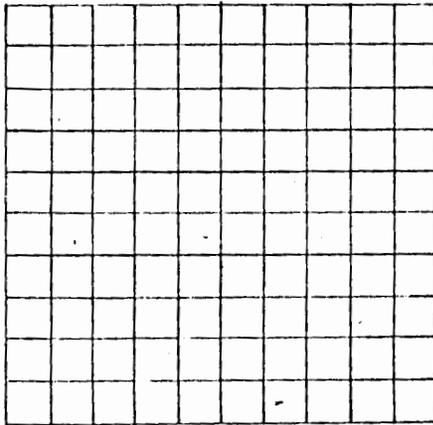


Oscilograma del ruido blanco.
(Punto 3).

Esc H =

Esc V =

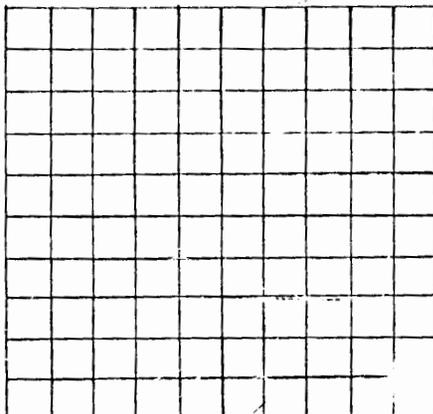
V_{RMS} =



Espectro del ruido blanco.
(Punto 3)

Esc H =

Esc V =



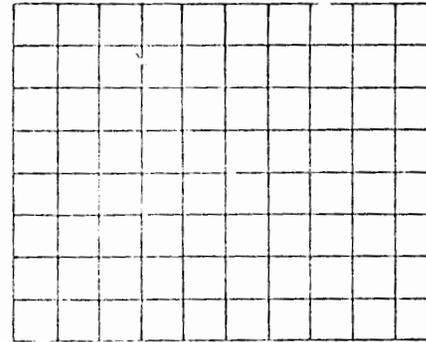
Espectro del ruido rosa.
(Punto 7)

Esc H =

Esc V =

2/2

Tabla de datos .- Práctica Ruido

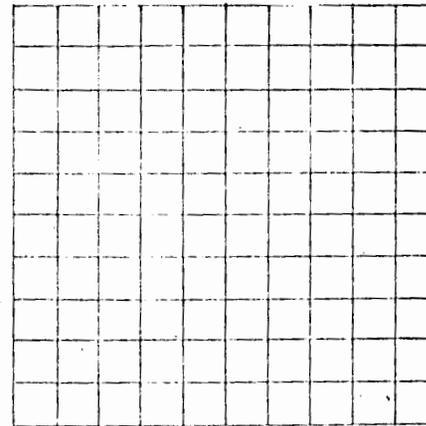


Oscilograma del ruido rosa.
(Punto 7)

Esc H =

Esc V =

V_{RMS} =

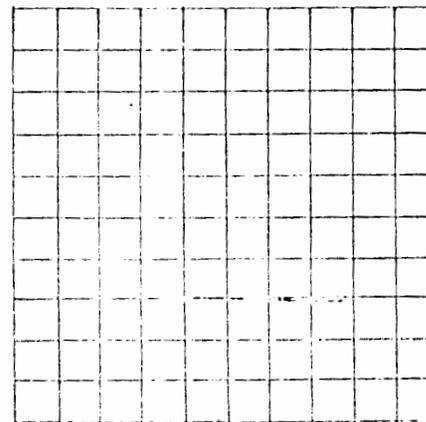


Espectro de la señal alimentada
a la entrada del filtro.
(Punto 11)

Esc H =

Esc V =

V_{RMS} =



Espectro de la onda de salida
del filtro.
(Punto 13)

Esc H =

Esc V =

V_{RMS} =

INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO

PRACTICA: RUIDO

1. ¿Qué se espera aprender en la práctica?
2. ¿Con qué equipo se realizaron los experimentos?
3. Conecte el generador de ruido al osciloscopio, al voltmetro verdadero y al analizador de espectro. Ajuste el generador a máximo voltaje. Consigne en el reporte el diagrama de conexiones y las gráficas de tiempo y frecuencia, así como el voltaje efectivo de la señal.
4. Conecte el generador de ruido a la bocina y escuche, anotando en el reporte las impresiones personales acerca del sonido percibido.
5. Anote, si puede recordar, donde ha oído antes ese tipo de sonidos, y trate de explicar su origen.
6. Dibuje en su reporte una gráfica de densidad de probabilidad del ruido blanco en función del voltaje. Interpretela.
7. Conecte el generador de ruido al filtro paso bajas, con lo que a la salida del filtro obtendrá ruido rosa. Anote en su reporte el oscilograma, el espectro, el circuito usado y sus comentarios.
8. Defina ruido blanco y ruido rosa.
9. Defina ruido pseudo aleatorio.
10. ¿Para qué puede ser útil una fuente de ruido?
11. Alimente simultáneamente una señal senoidal de 1000 Hz. junto con el ruido a la entrada del filtro: ajuste los voltajes de ambas señales aproximadamente al mismo valor. Con ayuda del analizador de espectros y el voltmetro verdadero haga las mediciones necesarias para obtener la relación S/N a la entrada del filtro.
12. Explique lo que se entiende por cifra de ruido o figura de ruido y qué información podemos obtener de tal valor.
13. Con el mismo filtro del experimento anterior, realice las mediciones necesarias para calcular la cifra de ruido. Anote en su reporte el circuito, los datos y los resultados.
14. Exprese sus comentarios y opiniones acerca del desarrollo de la práctica y de los resultados obtenidos.

PRACTICA: DISTORSION ALINEAL

FINALIDAD: Conocer la influencia que tienen los elementos eléctricos o electrónicos no lineales en la transmisión de señales de comunicaciones.

METAS: Al finalizar la práctica, el alumno:

1. Conocerá la diferencia entre distorsión lineal y alineal.
2. Conocerá el origen de la distorsión alineal.
3. Conocerá los tipos de distorsión alineal existentes.
4. Habrá aprendido a cuantificar la distorsión alineal.
5. Sabrá que los dispositivos alineales tienen aplicaciones que pueden ser de utilidad muy grande.

LISTA DE EXPERIMENTOS:

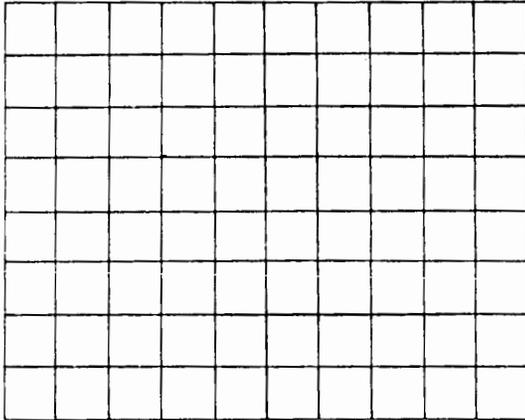
1. Verificación de la alinealidad del circuito utilizado.
2. Obtención y medición de la distorsión armónica.
3. Obtención de la distorsión por intermodulación.

LISTA DE EQUIPO:

- Dos generadores de funciones.
- Un amplificador alineal.
- Una fuente de alimentación de corriente directa.
- Un osciloscopio de doble trazo.
- Un analizador de espectro.
- Un voltímetro verdadero.

Tabla de datos.-Práctica Distorsión Alineal.

2/5



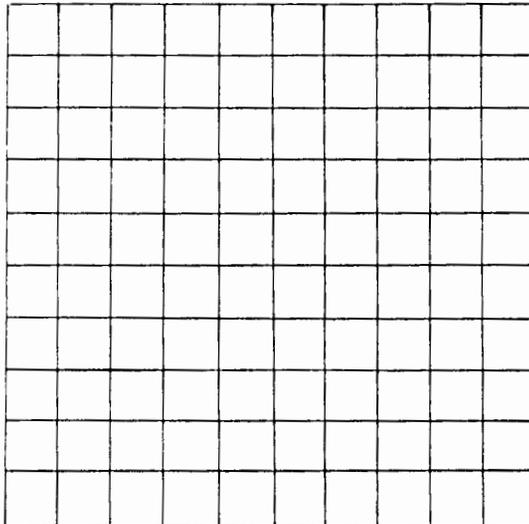
Oscilograma de las señales de entrada y salida del amplificador (Punto 8).

Escala H =

Escala V_1 =

Frecuencia =

Escala V_2 =



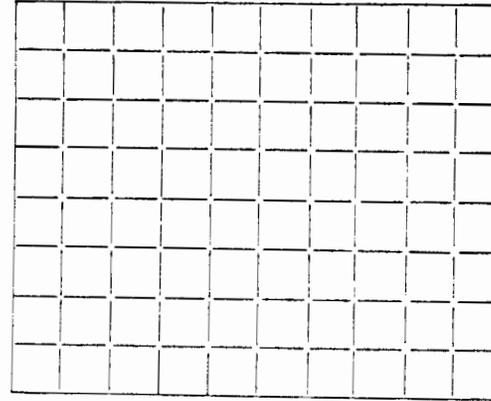
Espectro de la señal de salida del amplificador. (Punto 8).

Escala H =

Escala V =

Tabla de datos.-Práctica Distorsión Alineal.

3/5



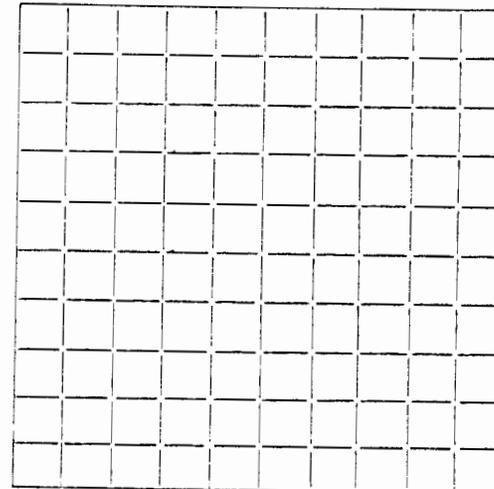
Oscilograma de las señales de entrada y salida del amplificador.(Punto 11)

Escala H =

Escala V_1 =

Frecuencia =

Escala V_2 =



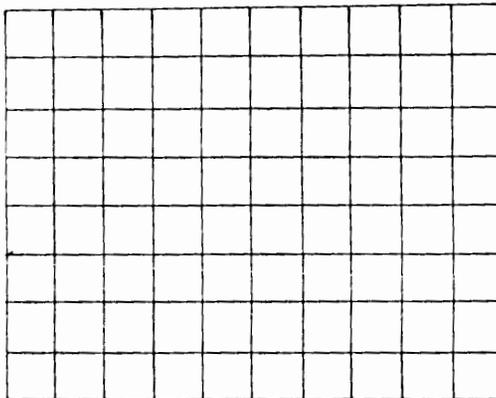
Espectro de la señal de salida del amplificador. (punto 11)

Escala H =

Escala V =

Tabla de datos.-Práctica Distorsión Alineal.

4/5



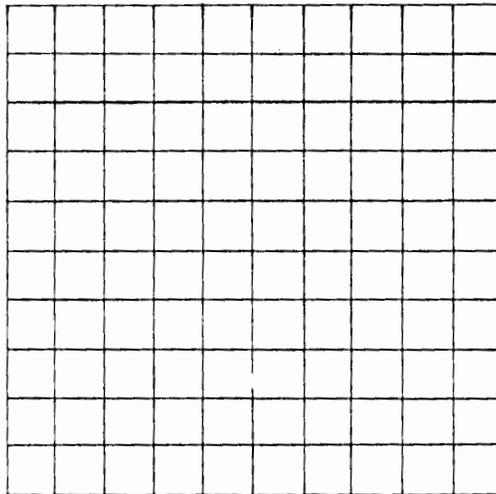
Oscilograma de las señales a la entrada y la salida del amplificador. (Punto 12).

Escala H =

Escala V_1 =

Frecuencia =

Escala V_2 =



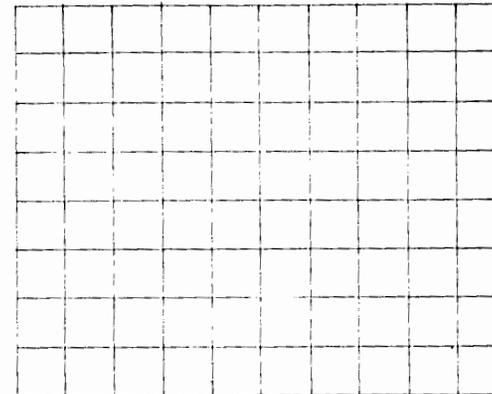
Espectro de la señal de salida del amplificador. (Punto 12).

Escala H =

Escala V =

Tabla de datos.-Práctica de Distorsión Alineal.

5/5



Oscilograma de la señal de entrada y la señal de salida del amplificador. (Punto 13).

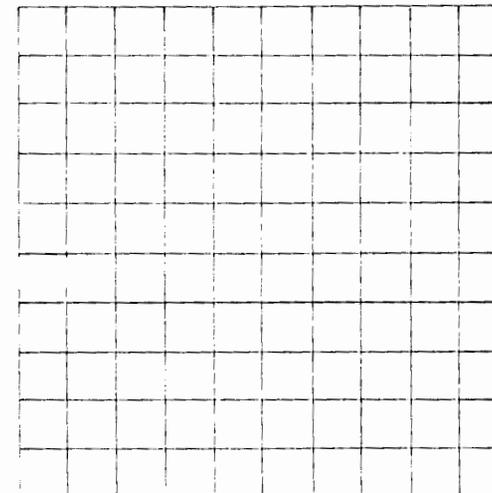
Escala H =

Escala V_1 =

Frec f_1 =

Frec f_2 =

Escala V_2 =



Espectro de la señal de salida del amplificador. (Punto 13).

Escala H =

Escala V =

INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO

PRACTICA: DISTORSION ALINEAL

1. ¿Cuál es la finalidad de la práctica?
2. Anote la lista de equipo empleado.
3. Dibuje el diagrama de conexiones utilizado y el circuito del amplificador que se prueba.
4. Enuncie la clasificación de la distorsión alineal.
5. ¿Con qué dispositivos se produce la distorsión alineal?
6. Dibuje la característica de transferencia de un dispositivo no lineal. Diga cuál es la aproximación matemática más general a la característica de transferencia de un dispositivo no lineal.
7. Una vez alambreado el circuito de pruebas y energizado el amplificador, alimente una senoide de 1 KHz. (El voltaje lo fijará el profesor). Observe la señal de salida en el osciloscopio y en el analizador de espectros. Consigne en el reporte el oscilograma y el espectro y anote sus conclusiones.
8. Aumente la amplitud de la señal de entrada, observe y dibuje el espectro y el oscilograma de la señal de salida. Mida y anote el VRMS de la señal distorsionada. ¿Qué distorsión se produjo?
9. ¿Cómo se calcula el porcentaje (%D) de distorsión armónica?
10. Con las lecturas efectuadas en el paso 8 calcule el porcentaje de distorsión de la señal a la salida del primer bloque.
11. Anote en su reporte el oscilograma y el espectro de la señal de salida del segundo bloque. ¿Qué tipo de distorsión se produjo? Realice las mediciones necesarias para calcular el porcentaje de distorsión.
12. Conecte los instrumentos de medición a la salida del tercer bloque y calcule nuevamente el porcentaje de distorsión. Consigne en el reporte las gráficas y los datos numéricos.
13. Conecte dos senoídes de 1 KHz y 4,5 KHz respectivamente a la entrada del amplificador. Anote el oscilograma y espectro de la señal a la salida del primer bloque, explicando la presencia de cada línea espectral.
14. Defina la distorsión por intermodulación.
15. Críticas, comentarios y sugerencias para mejorar la práctica.

PRACTICA: DISTORSION LINEAL

FINALIDAD: Conocer la distorsión que sufren las señales que se propagan a lo largo de cables telefónicos y una de las formas de corregirla.

METAS: Al concluir la práctica, el alumno:

1. Podrá definir los cuatro tipos principales de distorsión e identificarlos cuando se presenten.
2. Podrá enunciar las causas de la distorsión y algunas de las formas de evitarla o corregirla.
3. Aprenderá a usar los dispositivos de corrección de distorsión de frecuencia.
4. Conocerá un método semiautomático para obtener curvas de respuesta a la frecuencia.

LISTA DE EXPERIMENTOS:

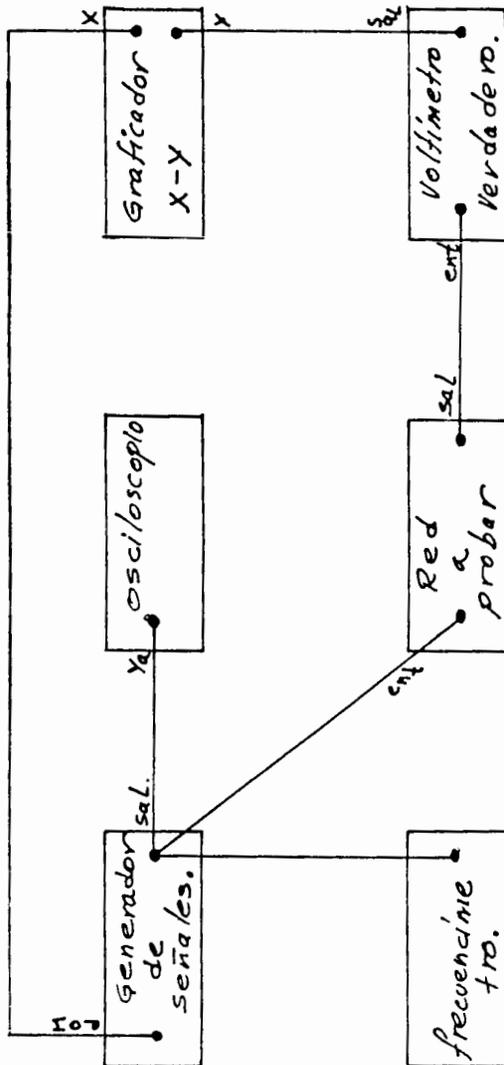
1. Obtención de la curva de respuesta a la frecuencia de la línea telefónica.
2. Obtención de la respuesta a la frecuencia del corrector de distorsión.
3. Obtención de la curva de respuesta de la línea con el corrector conectado en cascada con ella.

LISTA DE EQUIPO:

Un generador de funciones.
Un frecuencímetro digital.
Un graficador X-Y.
Un osciloscopio de doble trazo.
Un voltímetro verdadero.
Un tablero de pruebas de distorsión.
Cables de conexión y conectores.

INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO

PRACTICA: DISTORSION LINEAL.



Circuito para obtener la respuesta a la frecuencia de un cuatripolo.

1. ¿Qué se espera aprender en la práctica?
2. ¿Cómo se sabe que un circuito está produciendo distorsión?
3. Clasifique la distorsión.
4. ¿Qué tipo de distorsión se analiza en la línea?
5. Dibuje y explique el circuito de pruebas usado en la práctica.
6. Obtenga experimentalmente la curva de voltaje de salida del cable telefónico en función de la frecuencia para un voltaje de entrada de 5 V rms y cubriendo un rango de 100 Hz a 10000 Hz. Las escalas de la gráfica serán lineales.
7. Igual al paso 6, pero con el corrector de distorsión.
8. Igual al paso 6 pero con el cable telefónico y el corrector de distorsión conectados en cascada.
9. Ahora hay que dar los pasos necesarios para convertir las gráficas anteriores en curvas de ganancia contra frecuencia, considerando que el voltaje de entrada es constante y que la ganancia es el cociente de los voltajes.
10. ¿Con qué criterio se determinan los límites de frecuencia dentro de los cuales la curva se considera plana?
11. Analice las gráficas obtenidas y determine si el corrector cumplió con su cometido.
12. ¿Hubo distorsión armónica? ¿Porqué?
13. ¿Se notó distorsión por intermodulación? ¿Porqué?
14. En las gráficas, se usaron escalas lineales (escala vertical en Hz y escala vertical en volts). Especifique qué otro tipo de escalas horizontal y vertical se pueden emplear y en qué unidades se trabajan.
15. ¿En qué otra forma se pudo haber obtenido la gráfica del experimento?
16. ¿En qué campos se puede aplicar el principio fundamental que se ha estudiado aquí?
17. Comentarios y crítica personal.

PRACTICA: FILTROS ELECTRICOS

FINALIDAD: Aprender qué hace un filtro real y qué tan cerca está su funcionamiento del de un filtro ideal.

METAS: Al finalizar la práctica, el alumno:

1. Conocerá las curvas de respuesta a la frecuencia de los cuatro tipos de filtros que existen.
2. Sabrá valorizar las curvas de respuesta de los filtros.
3. Habrá aprendido varios métodos para el análisis de cuádrupolos.
4. Sabrá medir la respuesta al impulso y conocerá sus efectos.

LISTA DE EXPERIMENTOS:

1. Obtención de curvas de respuesta a la frecuencia de filtros:
 - a) Paso bajas.
 - b) Paso altas.
 - c) Paso banda.
 - d) Supresor de banda.
 - e) Filtros compuestos en cascada y en paralelo.

Por alguno de los siguientes métodos:

- a) Método de los vóltmetros
 - b) Método del medidor de ganancia y fase.
 - c) Método de los convertidores y el generador de barrido.
 - d) Método del generador de barrido y el convertidor AC-DC.
 - e) Método del atenuador monitorizado.
 - f) Método del analizador de espectro.
 - g) Método del generador de barrido y el osciloscopio.
 - h) Método del generador de ruido y el analizador.
2. Obtención de la respuesta al impulso de algunos filtros.

LISTA DE EQUIPO:

Un generador de funciones.
Un osciloscopio.
Un medidor de ganancia y fase.
Un multímetro digital.
Un voltímetro verdadero.
Un analizador de espectro.
Un atenuador monitorizado.
Un graficador X-Y.
Diversos filtros y cargas resistivas.
Cables y adaptadores BNC-Banana.

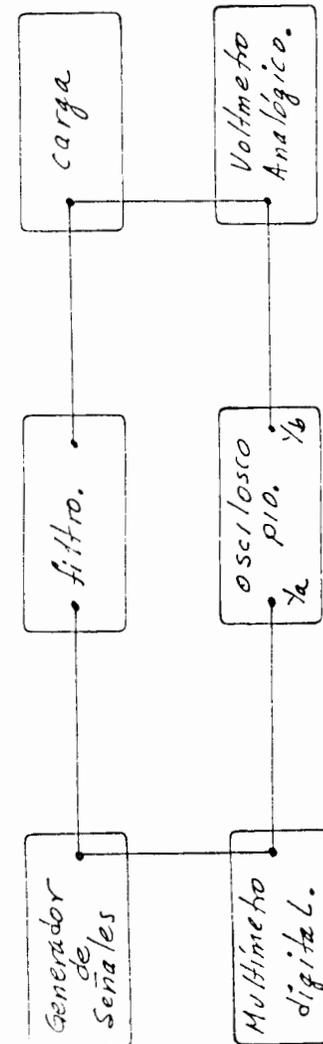


Diagrama para obtener la curva de Respuesta a la frecuencia de un filtro. Método de los 2 voltímetros.

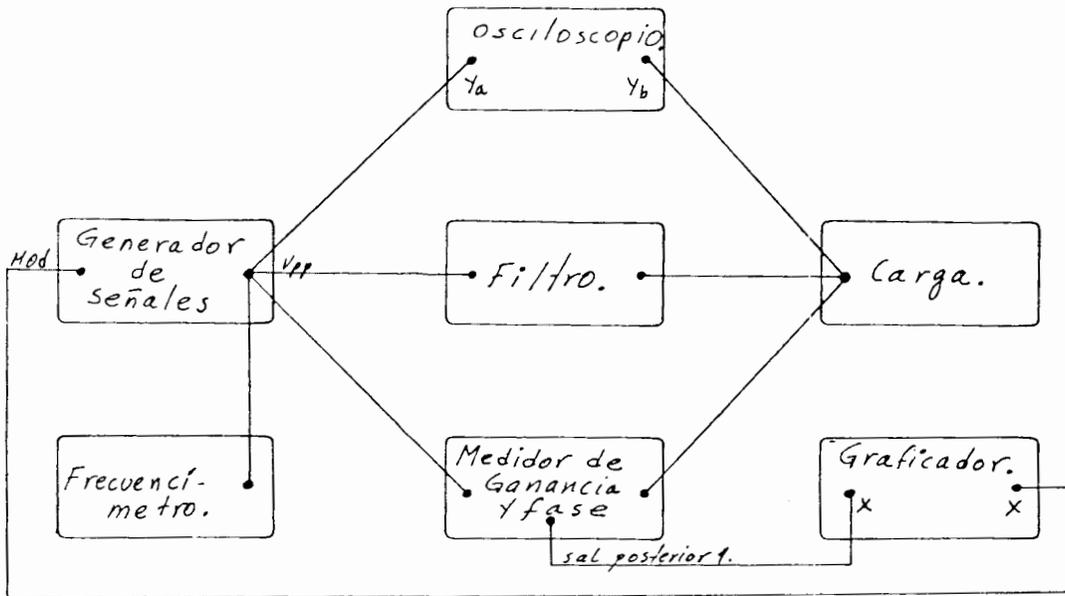


Diagrama para obtener la gráfica de respuesta a la frecuencia de un cuadripolo.
Método del medidor de ganancia y fase.

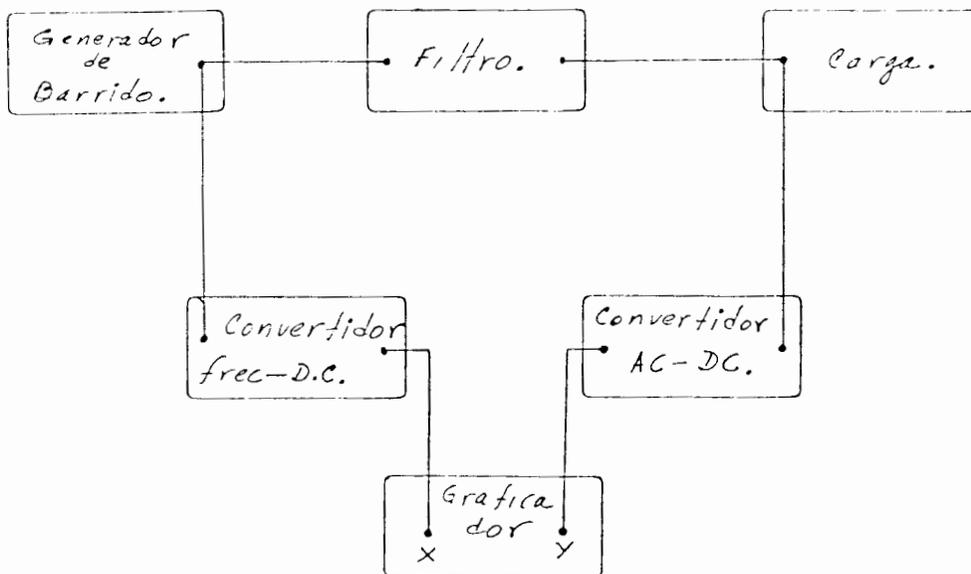


Diagrama para obtener la curva de respuesta a la frecuencia de un cuadripolo.
Método de los convertidores y el generador de barrido.

CIRCUITO PARA OBTENER LA CURVA DE RESPUESTA DE UN FILTRO

$100 \text{ Hz} = f = 10 \text{ KHz}$

$V_G = 5V. \text{RMS.}$

E

METODO DEL ATENUADOR MONITORIZADO

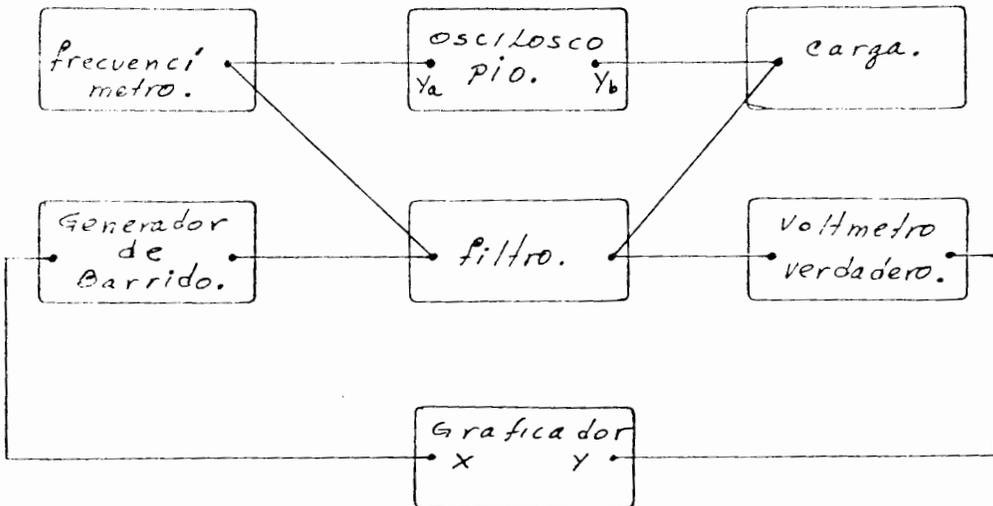
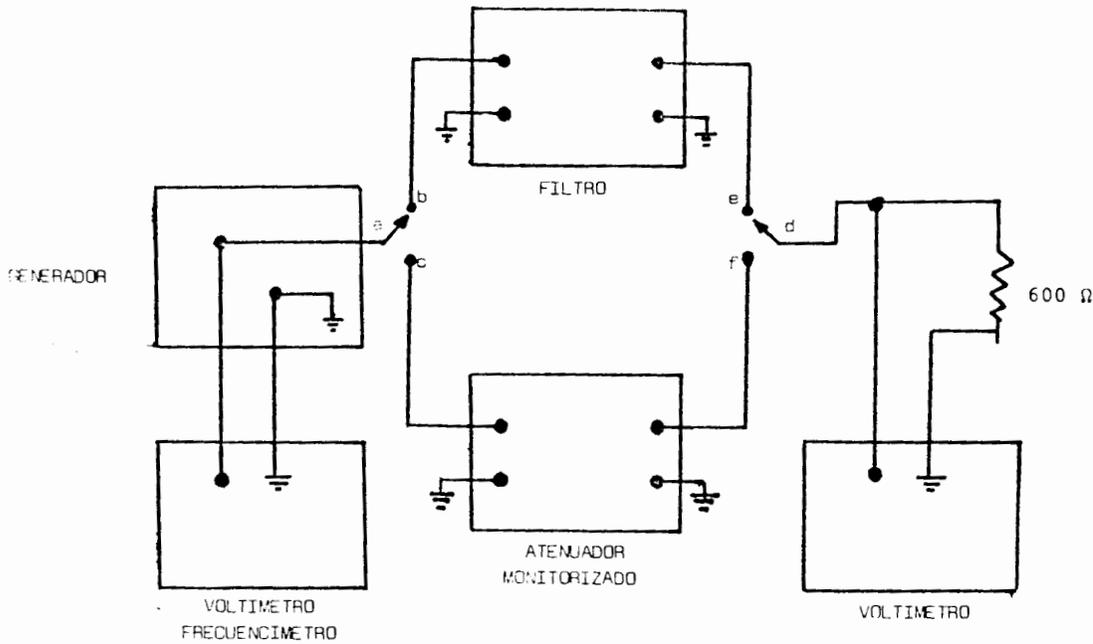
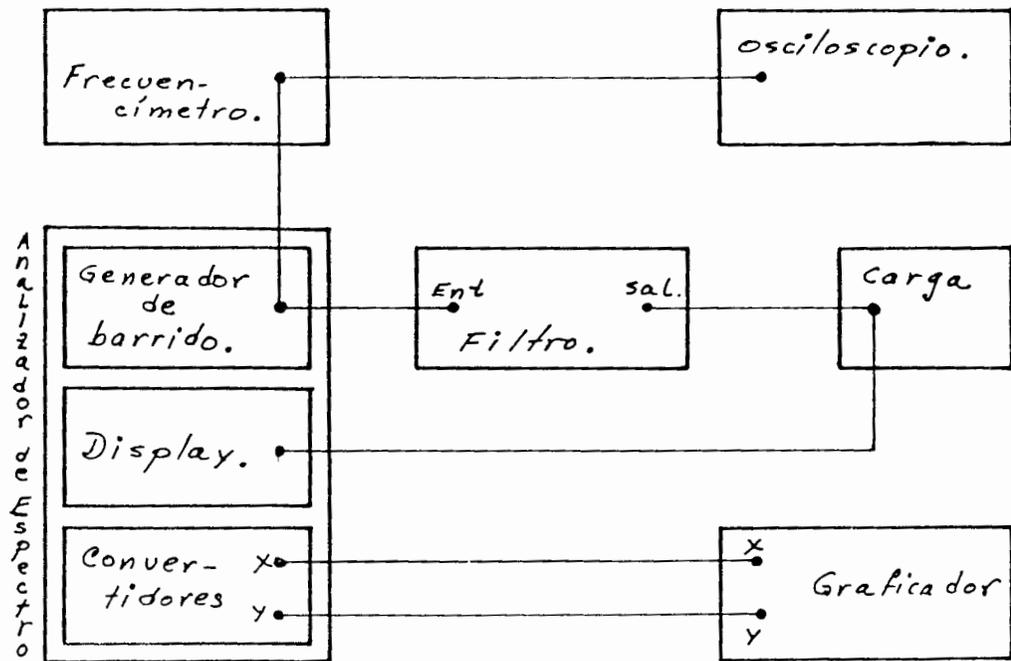


Diagrama para obtener la curva de respuesta a la frecuencia de un filtro.
Método del generador de barrido y el convertidor AC-DC.



Circuito para obtener la curva de respuesta a la frecuencia de un filtro. Método del analizador de espectros.

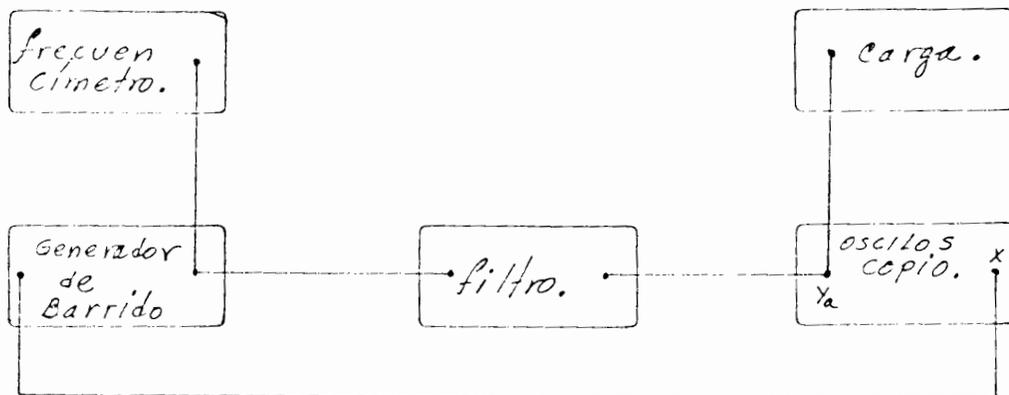


Diagrama para obtener la curva de respuesta a la frecuencia de un filtro. Método del generador de barrido y el osciloscopio.

INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO.

PRACTICA: FILTROS ELECTRICOS.

1. ¿Qué conocimientos se espera obtener de la práctica?
2. ¿Qué se entiende por filtro eléctrico?
3. Haga una clasificación de los filtros atendiendo a:
 - Su función.
 - Los componentes que lo forman.
 - Su configuración.
 - El orden del sistema asociado al filtro.
4. Consigne en el reporte gráficas de respuesta a la frecuencia y al impulso relativas a un filtro paso-bajas ideal. Coméntelas.
5. Haga una lista de los instrumentos usados y explique la conexión que se utilizó.
6. Variando la frecuencia siete octavas a partir de 100 Hz, tome lecturas que le permitan conocer la respuesta a la frecuencia del filtro. (El voltaje de entrada lo fijará el profesor).
7. Desarrolle un experimento para conocer la respuesta al impulso del filtro. Determine la relación entre el orden del filtro y su respuesta al impulso. Anote los resultados en el reporte.
8. ¿Cuál es el criterio para determinar las(s) frecuencia(s) de corte de un filtro real?
9. Incluya en su trabajo las curvas de respuesta a la frecuencia, que se obtuvieron durante el desarrollo de la práctica, acotándolas con el tipo de escala que indique el profesor y rotulándolas convenientemente. (Deben probarse al menos cuatro filtros).
10. Sobre cada gráfica, determine aproximadamente la(s) frecuencia(s) de corte y trace con línea punteada la curva de respuesta ideal.
11. Sobre la misma hoja de la gráfica, dibuje el circuito eléctrico del filtro correspondiente.
12. Explique cómo se calcula el ancho de banda de paso de una gráfica de respuesta a la frecuencia y cómo se obtiene el factor de calidad de un filtro paso banda.
13. Determine el ancho de banda de paso y el factor de calidad de los filtros paso banda que se probaron; anote estos valores en la gráfica correspondiente.
14. ¿Con qué criterio se dice si un filtro es bueno o malo?
15. Obtenga la pendiente de los filtros probados en la práctica; exprésela en db/década y en db/octava; anótelas en la gráfica.
16. Mencione casos en los que sea benéfica y casos en los que sea perjudicial una respuesta al impulso con gran tendencia a producir oscilaciones.
17. ¿En qué campos se puede aplicar lo aprendido en esta sesión?
18. Exprese algún comentario acerca del desarrollo de la práctica, de los resultados obtenidos y de cómo se podrían implementar nuevos experimentos.

PRACTICA: AMPLITUD MODULADA

FINALIDAD: Sin importar de dónde se obtenga la señal de A.M. deducir las leyes básicas de la modulación de amplitud, haciendo uso del análisis en el tiempo y en la frecuencia.

METAS: Al concluir la práctica, el alumno:

1. Conocerá la relación existente entre las señales de entrada y la señal de salida de un modulador de amplitud, tanto en función del tiempo como en función de la frecuencia.
2. Sabrá porqué a la modulación de amplitud se le llama modulación lineal.
3. Conocerá los efectos de la sobremodulación.
4. Comprenderá el principio de supresión de portadora.

LISTA DE EXPERIMENTOS.

1. Determinación de la relación existente entre la envolvente de la portadora modulada y la moduladora.
2. Cuantificar la modulación.
3. Determinar la relación que existe entre una señal de A.M. en función del tiempo y en función de la frecuencia.
4. Sobremodulación.
5. Supresión de la portadora.

LISTA DE EQUIPO.

Dos generadores de funciones.
Dos frecuencímetros.
Un osciloscopio de doble trazo.
Un analizador de espectro.
Un voltímetro verdadero.
Un graficador X-Y.
Cables coaxiales y adaptadores BNC-Banana.

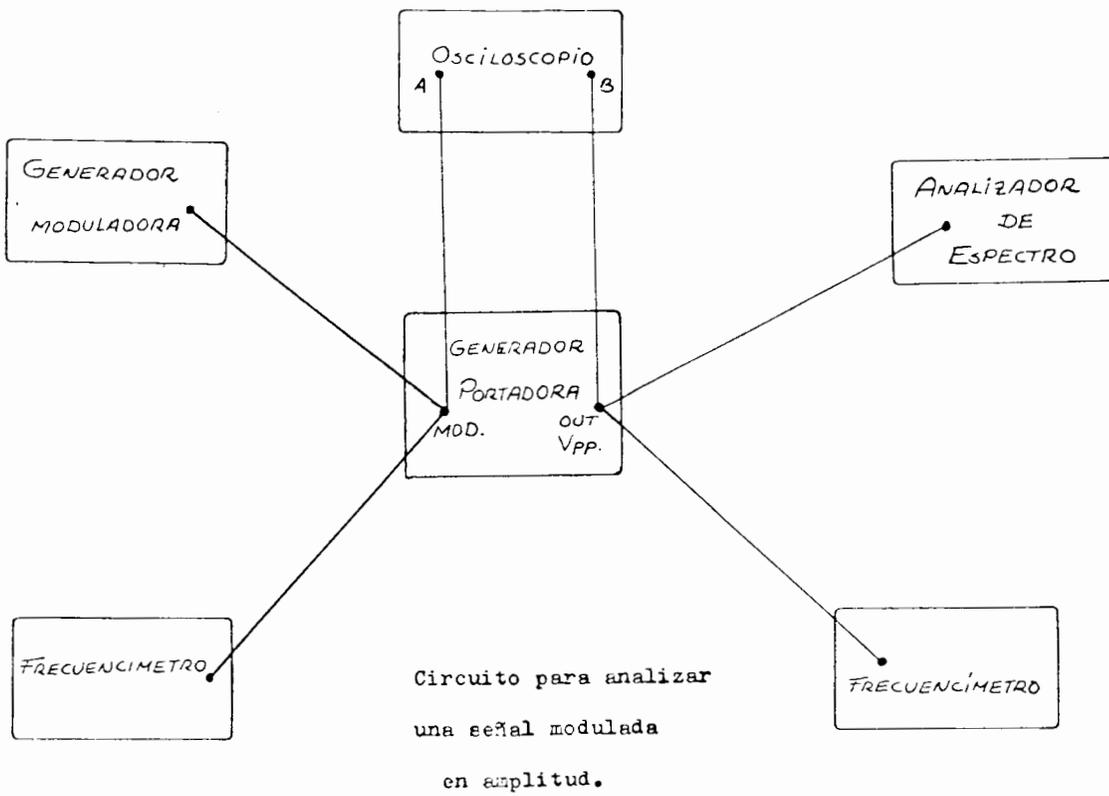


Tabla de datos.

Primera Regla. (Punto 4).

No. de la tabla	Moduladora	Señal	Gráfico	Gráfico	Gráfico
			Senoide	Triangular	Cuadrada
					Diente de sierra

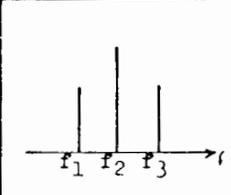
Segunda Regla. (Punto 6).

% M = _____	% M = _____	% M = _____

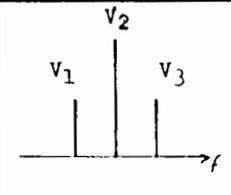
INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO

PRACTICA: AMPLITUD MODULADA.

Tercera Regla. (Punto 7)

	Moduladora f (Hz)	f_1	f_2	f_3
	0.5 kHz			
	1.0 kHz			
	2.0 kHz.			

Cuarta Regla. (Punto 8)

	% M	V_1	V_2	V_3
	0			
	50			
	100			

1. ¿Cuál es el propósito de los experimentos?
2. Anote en su reporte la lista del equipo empleado.
3. Dibuje y explique el diagrama de conexiones utilizado.
4. Produzca una onda de amplitud modulada con portadora senoidal de 10 KHz. y moduladora de 1 KHz. Esta última deberá ser sucesivamente senoidal, triangular y cuadrada. Copie los oscilogramas de la moduladora y de la modulada. Enuncie una regla que exprese la relación entre ambas ondas.
5. Mida el porcentaje de modulación de la onda modulada para varios voltajes de la onda moduladora, sin llegar a la sobremodulación.
6. Usando una portadora senoidal de 10 KHz y la moduladora también senoidal, obtenga los espectros de la señal modulada en amplitud, dándole a la moduladora frecuencias de 0.5 KHz, 1 KHz, 2KHz, etc. Conserve el % de modulación constante. De los datos y los resultados deduzca una regla general.
7. Manteniendo la portadora en 10 KHz y la moduladora en 1 KHz, produzca una onda de A.M. con porcentajes de modulación de 0%, 50% y 100%. Obtenga sus espectros. De lo que ha observado, deduzca la relación que hay entre el porcentaje de modulación y la magnitud de las componentes del espectro.
8. ¿Cuáles son las causas de la sobremodulación?
9. Sobremodule la onda de A.M. y determine cuáles reglas se cumplen y cuáles no.
10. La linealidad en A.M. se presenta bajo dos aspectos, el temporal y el espectral. Explíquelos.
11. Para probar la Linealidad Temporal, conecte la señal portadora modulada al canal (Ya) del osciloscopio y la señal moduladora al canal (X), ajustando el control de tiempo para barrido externo, con lo que se formará la figura trapezoidal. Ajustando el %M a varios valores, incluso %M 100%, vea las transformaciones que sufre la figura trapezoidal y anote todo en el reporte junto con sus comentarios.
12. Desarrolle un experimento para probar que la señal A.M. tiene linealidad espectral.
13. Basándose en la ecuación de una señal de amplitud modulada, deduzca cómo se puede suprimir la portadora. Hágalo físicamente y anote en su reporte el oscilograma, el espectro y las ventajas de la supresión de la portadora.
14. Busque en la bibliografía recomendada y anote en su reporte una expresión matemática que permita cuantificar la potencia consumida por las componentes de una onda de A.M.
15. Indague y anote las razones que se tienen para usar cualquier tipo de modulación.
16. Básicamente hay dos tipos de moduladores de amplitud; investigue cuáles son y en qué principio fundamental se basa cada uno de ellos.
17. ¿En qué campos se puede aplicar lo aprendido en esta práctica?
18. Exprese su opinión acerca del profesor, del desarrollo de la práctica y de los resultados obtenidos.

PRACTICA: FRECUENCIA MODULADA

FINALIDAD: Deducir experimentalmente las leyes básicas de la modulación de frecuencia, sin importar el origen de tal señal ni las posibles aplicaciones que pueda tener.

METAS: Al concluir la práctica, el alumno:

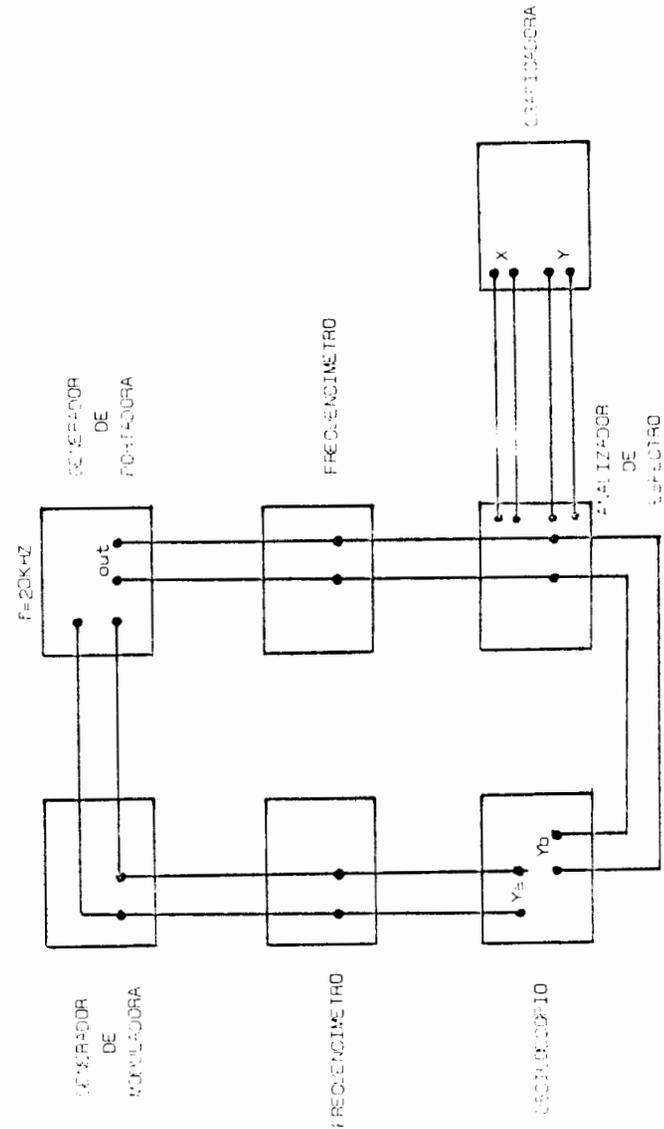
1. Habrá observado la modificación que sufre una portadora senoidal al ser modulada en frecuencia.
2. Habrá aprendido a usar las funciones de Bessel y el índice de modulación para calcular espectros de frecuencia.
3. Sabrá porqué la modulación de frecuencia se considera un proceso no lineal.

LISTA DE EXPERIMENTOS.

1. Determinar qué característica de la portadora ha sido modificada y con qué ley de variación.
2. Cuantificar el índice de modulación.
3. Comprobar la linealidad de la modulación.
4. Comprobar la alinealidad de la modulación.

LISTA DE EQUIPO.

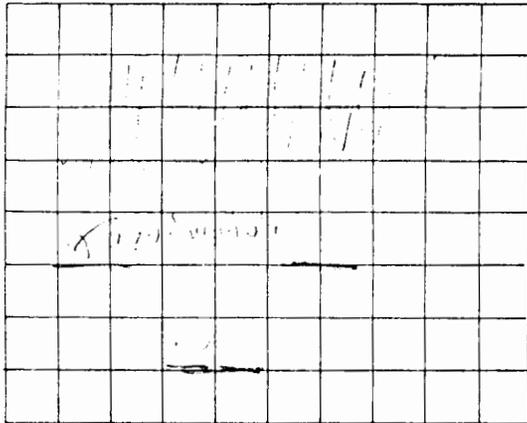
- Dos generadores de funciones.
- Dos frecuencímetros.
- Un osciloscopio de doble trazo.
- Un analizador de espectro.
- Un graficador X-Y.
- Cables coaxiales y adaptadores BNC-Banana.



CIRCUITO PARA ANALIZAR UNA SEÑAL DE F.M.

Tabla de datos

Práctica.-Frecuencia modulada.



(Punto 4)
Oscilograma de la señal moduladora y de la señal modulada en frecuencia.

Escala H=

Escala V=

V_{mod}	f_0	f_{max}	f_{min}	Δf_0
0	20.0	20.40	19.60	
1		20.4	19.6	
2		20.4	19.6	
3		20.4	19.6	
4		20.4	19.6	
5		20.4	19.6	

Tabla de datos primera ley
(Punto 5)

Tabla de datos segunda ley. (Punto 6)

f_{mod}	Observación.
1 Hz	
2 Hz	
3 Hz.	

f_{mod}	BW	# Bandas	Δf
500	1	1	1
1000	2	2	2
2000	3	3	3
4000	4	4	4

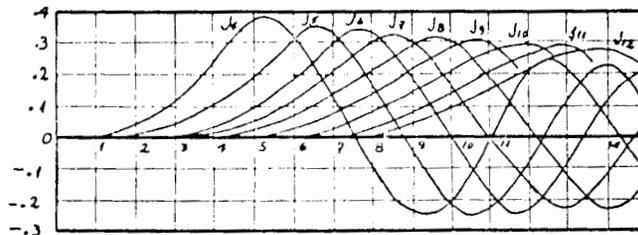
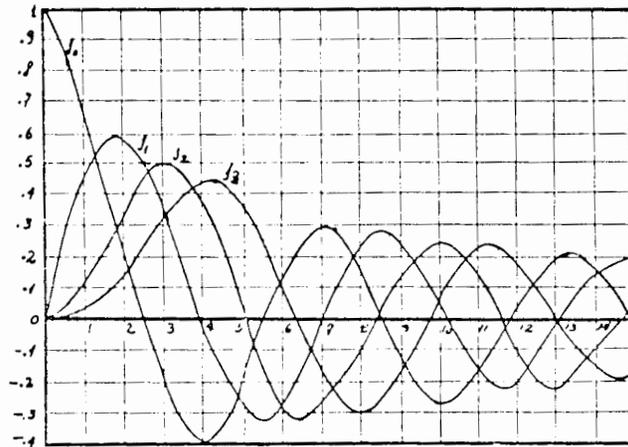
Tabla No 5.
 V_{mod} constante.
(Punto 11)

V_{mod}	BW	# Bandas	Δf

Tabla No 6
 f_{mod} constante.
(Punto 12)

INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO

PRACTICA: FRECUENCIA MODULADA.



Funciones de Bessel.

1. ¿Qué se espera aprender de la práctica?
2. ¿Con qué equipo se cuenta?
3. Dibuje y explique el diagrama de conexiones usado en la práctica.
4. Genere una portadora senoidal de 20 KHz para todos los experimentos de la práctica; modúlela con una señal cuadrada de 1 KHz. Obtenga el oscilograma de la señal F.M. y de la moduladora, transcríbalos al reporte y anote sus comentarios.
5. Usando una moduladora cuadrada de 0.1 hz, obtenga los valores pedidos en la tabla 1 para conocer cómo varía el desplazamiento de frecuencia de la portadora en función del voltaje de la moduladora. Elabore la gráfica correspondiente y de ella deduzca la primera ley de la modulación de frecuencia.
6. Observe y anote en la tabla 2, cómo varía la portadora modulada en frecuencia, cuando la moduladora es senoidal y toma frecuencias de 1 hz, 2 hz, 3 hz etc., de lo anterior enuncie la segunda ley de la F.M.
7. Haga que la moduladora senoidal tome valores de 500 hz, 1 khz, 2 khz sucesivamente; obtenga los correspondientes espectros y determine la separación entre bandas laterales; de ello deduzca la tercera ley de la F.M. (tabla 3).
8. Con una moduladora senoidal de 1 KHz, produzca la modulación y obtenga el espectro de frecuencias. Auxiliado con las funciones de Bessel, calcule el índice de modulación. Anote en el reporte el procedimiento y un par de ejemplos en la tabla 4.
9. Tomando como dato el índice de modulación (por ejemplo 3), calcule teóricamente el espectro de la señal F.M. Enseguida produzca en el generador una onda cuyo espectro coincida con el que se calculó. Anote el procedimiento en el reporte y 3 ejemplos en la tabla No. 4.
10. De las observaciones realizadas en los puntos 8 y 9 deduzca la 4a. ley de la F.M.
11. Ajuste la modulación a un índice cualquiera (por ej. 4) con moduladora senoidal de 1 khz, ahora haga que la moduladora tome valores mayores y menores de 1 khz. Con las observaciones y lecturas realizadas llene la tabla 5; por último deduzca y justifique matemáticamente lo que está ocurriendo.
12. Ajuste la modulación a un índice cualquiera (por ej. 4) con moduladora senoidal de 1 khz. ahora haga que la moduladora varíe su voltaje arriba y abajo del valor inicial. Llene la tabla 6. Deduzca y justifique matemáticamente lo que está ocurriendo.
13. Anote en su reporte un desarrollo matemático que permita cuantificar la potencia contenida en una onda de F.M.
14. Desarrolle un experimento para comprobar que la F.M. es allneal,
15. Emita sus comentarios con respecto a los resultados obtenidos en la práctica.

PRACTICA: MUESTREO

FINALIDAD: Deducir experimentalmente el teorema de Nyquist.

METAS: Al concluir la práctica, el alumno:

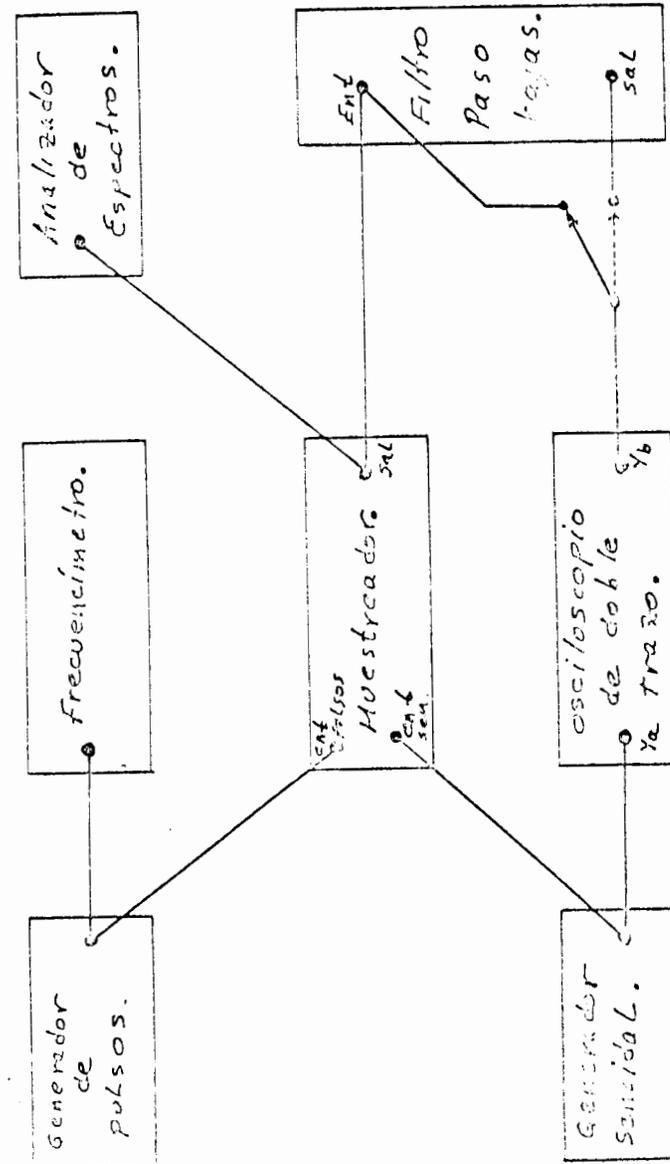
1. Sabrá lo que es muestrear y qué utilidad tiene.
2. Sabrá qué tipo de señales intervienen en el proceso de muestreo.
3. Conocerá la relación entre la señal que se va a muestrear y la frecuencia del muestreo.
4. Sabrá qué ocurre cuando no se obedece la limitación impuesta por el teorema del muestreo.

LISTA DE EXPERIMENTOS:

1. Análisis en el tiempo y en la frecuencia de una senoidal muestreada.
2. Análisis en tiempo y frecuencia de la señal reconstruida a partir de las muestras.

LISTA DE EQUIPO:

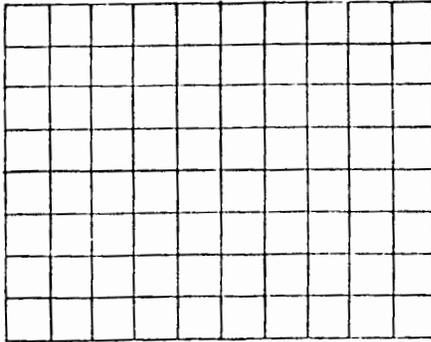
- Un generador de señales senoidales.
- Un generador de pulsos.
- Un osciloscopio de doble trazo.
- Un analizador de espectros.
- Un frecuencímetro digital.
- Un circuito para muestrear y reconstruir señales.
- Cables y adaptadores BNC-Banana.



*Circuito para analizar
señales muestreadas.*

Tabla de datos .- Práctica Muestreo.

1/6



(Punto 4)
Oscilograma de la senoide

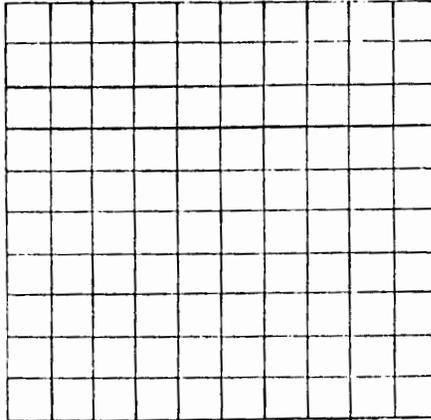
Esc H =

Esc V =

V_{pp} =

f =

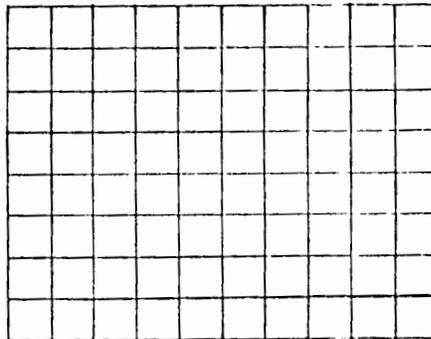
T =



Espectro del tren de pulsos.

Esc H =

Esc V =



Oscilograma del tren de pulsos.

Esc H =

Esc V =

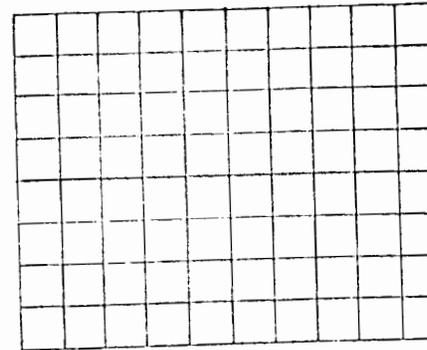
V_{pp} =

T =

f =

Tabla de datos .- Práctica Muestreo.

2/6

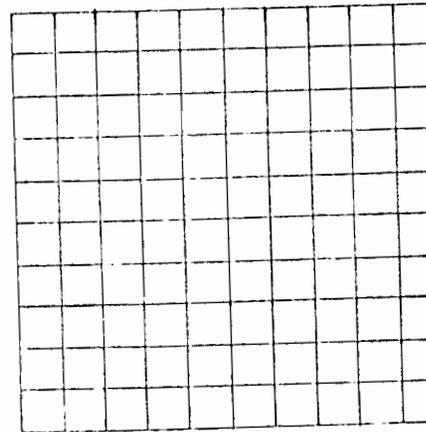


(Punto 5)
Oscilograma señal muestreada

muestras/seg.

Esc H =

Esc V =

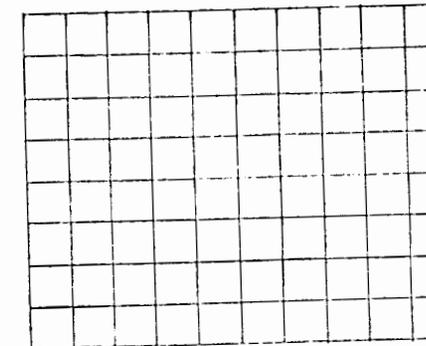


Espectro de la señal muestreada

$\frac{\text{muestras}}{\text{seg.}}$

Esc H =

Esc V =



Oscilograma de la señal recuperada.

Esc H =

Esc V =

T =

f =

Tabla de datos .- Práctica Muesteo.

(Punto 6)

Oscilograma de la señal muestreada.

$\frac{\text{muestras}}{\text{seg.}}$

Esc H =

Esc V =

Espectro de la señal muestreada.

$\frac{\text{muestras}}{\text{seg.}}$

Esc H =

Esc V =

Oscilograma de la señal recuperada.

Esc H =

Esc V =

T =

f =

Tabla de datos .- Práctica Muesteo.

(Punto 6)

Oscilograma de la señal muestreada.

$\frac{\text{muestras}}{\text{seg.}}$

Esc H =

Esc V =

Espectro de la señal muestreada.

$\frac{\text{muestras}}{\text{seg.}}$

Esc H =

Esc V =

Oscilograma de la señal recuperada.

Esc H =

Esc V =

T =

f =

3/6

4/6

INSTRUCTIVO DE MANIPULACION Y CUESTIONARIO

PRACTICA: MUESTREO

1. ¿Qué conocimientos habremos adquirido al finalizar la sesión?
2. ¿Qué es muestrear? y ¿para qué sirve?.
3. Anote en su reporte la lista del equipo y la lista de los experimentos realizados.
4. Genere una senoide de 1 Khz y preséntela en el osciloscopio; produzca también un tren de 5000 pulsos por segundo, con el mínimo ciclo de trabajo posible, obteniendo el oscilograma y el espectro de esta última señal. Consigne las tres gráficas en su reporte. (Los voltajes los fijará el profesor).
5. Active los dispositivos de muestreo y recuperación para que la señal de 1000 Hz sea muestreada por el tren de pulsos. En su reporte deberá consignar los oscilogramas de la señal muestreada y la señal recuperada así como el espectro de la señal muestreada; por último debe incluir el diagrama de las conexiones.
6. Conservando fija la senoide de 1 Khz, reduzca en forma gradual la frecuencia de muestreo hasta llegar a 500 muestras/seg. consigne en su reporte los oscilogramas y espectros que considere de mayor importancia, tanto de la señal muestreada como de la señal recuperada.
7. ¿Qué ocurre con el espectro de la señal muestreada y con la señal recuperada cuando la frecuencia de muestreo es mayor de 2000 muestras/seg?
8. ¿Qué ocurre con el espectro de la señal muestreada y con la señal recuperada cuando la frecuencia de muestreo es justamente 2000 muestras/seg?.
9. ¿Qué ocurre con el espectro de la señal muestreada y con la señal recuperada si se muestrea a menos de 2000 muestras/seg?.
10. De las respuestas a las preguntas 7, 8 y 9 diga cuáles son las frecuencias de muestreo aceptables para una señal de 1 Khz.
11. Enuncie el teorema del muestreo.
12. En función de la forma de las muestras ¿Cuántos tipos de muestreo existen?.
13. Hay alguna limitación al ancho de las muestras?
14. Considerando que el espectro de una señal muestreada es parecido al de una señal de A/M/ ¿Sería posible eliminar las portadoras de la señal muestreada? ¿Cómo sería el oscilograma de tal señal?
15. Busque en los libros y agregue en su reporte un diagrama que enseñe cómo se pueden reunir 3 señales en la misma línea para transmitir las juntas y después separarlas, usando el principio del muestreo.
16. ¿Cuál es la desventaja de transmitir señales muestreadas?.
17. Críticas, comentarios y sugerencias.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA.

LINEAS DE TRANSMISION.

- 1.- Communication Engineering.
Everitt y Anner.
Editorial Arbó.
- 2.- Electric Transmission Lines.
H. H. Skilling.
Editorial Mc. Graw Hill Book Company.
- 3.- Líneas de Transmisión.
Robert A. Chipman.
Schaums Outline Series.
Editorial Mc. Graw Hill Book Company.
- 4.- Transmission Lines And Networks.
Johnson.
Editorial Mc Graw Hill Book Company.
- 5.- Transmission Lines for Digital and Analog Communication Networks.
Richard E. Matick.
Editorial Mc Graw Hill Book Company.

FILTROS.

1. Modern filter theory and design.
Gabor C. Temes y Saujit K. Mitra.
2. Aproximation methods for electrical filter design.
Daniels.
3. Filter systems and design: Electrical, microwave and digital.
Yale Jay Lubkin.
Editorial Addison Wesley Publishing Company.
4. Introduction to filter theory.
David E. Johnson.
Editorial Prentice Hall. Inc.
5. Filtros Activos.
Paul Bildstein.
Editorial Marcombo.
6. Filter Design tables and Graphs.
E. Christian y E. Eisenmann.
Editorial Wiley.

ANALISIS DE FOURIER.

1. The fourier Integral and this Applications.
Athanasios Papoulis.
Editorial Mc Graw Hill.
2. Outline of Fourier Analysis.
H.P. Hsu.
3. Signal Analysis.
Athanasios Papoulis.
Editorial Mc Graw Hill.
4. The Fourier Transform and this Applications.
R. Bracewell.
Editorial Mc Graw Hill.

ANALISIS DE SEÑALES Y MODULACION.

1. Sistemas de Comunicación.
A. Bruce Carlson.
Editorial Mc Graw Hill.
2. Fundamentals of analog and digital communication systems.
S. R. Simpson y C. R. Houts.
Editorial Allin and Bacon Inc.
3. Introducción a la teoría y sistemas de comunicaciones.
B. P. Lathi.
Editorial Limusa.
4. Principles of communication.
H. Taub y L.D. Schilling.
Editorial Mc Graw Hill.
5. Transmisión de Información, Modulación y Ruido.
Misha Schwartz.
Editorial Mc Graw Hill.
6. Digital and analog communication systems.
K. Sam Shanmugam.
Editorial John Willey and Sons.
7. Frequency Analysis Mod. and Noise.
S. Goldman.
Editorial Mc Graw Hill.
8. Principios de Comunicaciones.
Ziemer y Tranter.
Editorial Trillas.

9. Communication System Principles.
Peyton Z. Peebles.
Addison Wesley Publishing Company Inc.
10. Methods of signal and system analysis.
G. R. Cooper y C.D. Mc Gillem.
11. Modulation, Noise and Spectral Analysis.
P. F. Panter.
Editorial Mc Graw Hill.
12. Statistical Communication Theory.
J.B.Thomas.
Editorial John Willey.
13. Analog and Digital Communication.
W. David Gregg.
Editorial John Wiley and Sons.
14. Signal and Linear Systems.
Gabel y Roberts.
Editorial John Wiley.
15. Modulation Theory.
H. S. Black.
Editorial Van Nostrand.
16. Modern Communication Principles.
Stein y Jones.
Editorial Mc Graw Hill.
17. An introduction to information and Communication theory.
Fred Haber.
Editorial Addison Wesley.
18. An introduction to signal transmlssion.
R. W. Bennet.
Editorial Mc Graw Hill.
19. An introduction to the Principles of Communication theory.
Hancock.
Editorial Mc Graw Hill.

RUIDO

1. Electrical Noise.
R. King.
Editorial Chapman and Hall.
2. Probability Random Variables and Stochastic Processes.
Athanasios Papoulis.
Editorial Mc Graw Hill.

3. Random Signals and Communication theory.
B. P. Lathi.
Editorial John Wiley.

CODIFICACION Y TRANSMISION DE DATOS.

1. Information theory and Coding.
N. Abramson.
Editorial Mc Graw Hill.
2. Data Transmission.
W. R. Bennett y J. R. Davey
Editorial Mc Graw Hill.
3. Algebraic Coding Theory.
E. R. Berlekamp.
Editorial Mc Graw Hill.
4. An Introduction To Error Correcting codes.
Su Lin
Editorial Prentice Hall.
5. Error Correcting Codes.
W. W. Peterson y E. J. Weldon.
Editorial M.I.T. Press.
6. Data Transmission.
Dogan Tugal y Osman Tugal.
Editorial Mc Graw Hill Book Company,
7. Telecommunications and The Computer.
James Martin.
Editorial Prentice Hall Inc.
8. Principles of Digital Communication and Coding.
Viterbi y Omura.
Editorial Mc. Graw Hill Book Company.

CIRCUITOS DE COMUNICACIONES.

1. Communication Electronic Circuits.
J. J. De France.
Editorial Holt Rinehart Winston.
2. Synthesis of linear communication networks.
Gauer.
3. Communication circuits analysis and design.
Kenneth Clarke y Donald Hess.
Editorial Addison-Wesley Publishing Company.

4. High frequency circuit design.
James Hardy.
Editorial Reston Publications.
5. Electronics in communication.
Sol Lapatine.
Editorial John Wiley and Sons.
6. Principles of Electronic Communication.
Mathew Mandl.
Editorial Prentice Hall.
7. Modern Electronic Communication.
Gary M. Miller.
Editorial Prentice Hall.
8. Telecommunications.
J. Brown y EVD Glazier.
Editorial Chapman and Hall Ltd.
9. Modern Network Synthesis.
M. E. Van Valkenburg.
Editorial J. Willey and Sons. Inc.
10. Señales y Circuitos Radio Técnicos.
I. S. Gonorovski
Editorial Mir Moscú.

MANUALES DE COMUNICACIONES.

1. Handbook of electronic systems design.
Charles A. Harper.
Editorial Mc Graw Hill Book Company.
2. Telecommunication transmission handbook,
Roger L. Freeman.
Editorial John Wiley and Sons.
3. Telecommunication systems engineering.
Roger L. Freeman.
Editorial John Wiley and Sons.
4. Communication system engineering handbook.
Donald Hamsher.
Editorial Mc Graw Hill Book Company.

RADIO Y TELEVISION.

1. Electronic communication systems.
George Kennedy
Editorial Mc Graw Hill.
2. Communication systems design.
P. F. Panter.

3. Reference data for radio engineers.
International telephone and telegraph Corp.
Editorial Howard W. Sams and Co. Inc.

TELEFONIA Y MULTIPLEX.

1. Fundamentos de ingeniería telefónica.
Enrique Herrera Pérez
Editorial Limusa.
2. Telecommunication switching principles.
M. T. Hills.
Editorial M.I.T. Press.

FIBRAS OPTICAS.

- 1.-Optical fibre communication system.
C. P. Sandbank.
Editorial John Wiley and Sons.
- 2.-Optical Fibre Communications.
M. J. Howes y D. V. Morgan.
Editorial John Wiley and Sons.

Al principio de las comunicaciones la transmisión de los mensajes era por cables (aún lo es en sistemas telefónicos urbanos). En aquel entonces los investigadores notaron que el voltaje, la corriente y por lo tanto la potencia eléctrica decrece exponencialmente a lo largo de la línea; ésto es, si en el extremo transmisor tenemos 1 volt y a una cierta distancia el voltaje cae a 1/2 volt, al doble de esa distancia el voltaje caerá a 1/4 = 1/2² volts y a n veces tal distancia el voltaje cae a 1/2ⁿ volts.

Por todo lo anterior, se puede decir que si en una línea el voltaje de entrada es V₀ y a una unidad de longitud es V₁, el voltaje a 2 unidades de long. será:

$$V_2 = \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^2$$

y el voltaje a n unidades de distancia será:

$$V_n = \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^n \quad (1)$$

(sugerencia: pruébese la ecuación (1) para n = 0 y para n = 1)
Una transformación elemental nos lleva a:

$$\frac{V_0}{V_n} = \left[\frac{V_0}{V_1} \right]^n \text{ y también: } \text{Ln} \left[\frac{V_0}{V_n} \right] = n \text{Ln} \left[\frac{V_0}{V_1} \right] \text{ por lo tanto:}$$

Conociendo el voltaje de entrada y el voltaje a una unidad de distancia, podemos conocer el voltaje en cualquier punto de la línea, ya que la fórmula no está restringida a valores enteros de n.

El valor $\ln \left[\frac{V_o}{V_i} \right]$ es una constante que depende de la resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia de la línea y no depende del voltaje de entrada.

A esta formulita hay que darle un nombre, una unidad y un símbolo:

El nombre: Atenuación

La unidad: el neper

El símbolo: α

El voltaje de entrada: V_o

El voltaje de salida: V_i

Por lo tanto:

$$\text{Atenuación } \alpha = L_n \left[\frac{V_o}{V_i} \right] \text{ nepers} \quad (2)$$

Si $V_o > V_i$ como sucede casi siempre en una línea, entonces $\alpha > 0$.

La fórmula puede emplearse para expresar la ganancia de un amplificador; pero en este caso, el voltaje de salida es mayor que el voltaje de entrada y entonces tendríamos $\alpha < 0$. Por lo anterior, para calcular ganancia se suele invertir el cociente de los voltajes. Entonces:

$$G = L_n \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad [\text{nep}]$$

Simultáneamente con esta expresión existe otra, desarrollada en los laboratorios Bell de los E. U. que dice:

$$G = \text{Log}_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad [\text{Bell}] \quad \text{en la que:}$$

G = Ganancia

Log_{10} = Logaritmo de base 10

P_{out} = Pot de salida del dispositivo en prueba.

P_{in} = Pot de entrada del dispositivo de prueba.

Bell = Unidad convencional asignada a tal expresión adimensional.

Nótese los siguientes detalles:

La fórmula usa potencias en lugar de voltajes. La potencia de salida está en el numerador. Esta fórmula tiene el inconveniente de que el Bell es una unidad demasiado grande para aplicaciones prácticas (tal como sucede con el farad) por lo que se convino en modificarla y crear el decibell abreviado dB que es una unidad diez veces más pequeña, por lo que la ecuación queda:

$$G = 10 \text{ Log}_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

La potencia eléctrica se puede expresar como:

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{Z}$$

usando esta igualdad en la expresión 4:

$$G = 10 \text{ Log} \frac{V_{out}^2 / Z_{out}}{V_{in}^2 / Z_{in}} \quad [\text{dB}]$$

y si las impedancias de entrada y salida son iguales:

$$G = 10 \text{ Log}_{10} \frac{V_{out}^2}{V_{in}^2}$$

$$G = 20 \text{ Log}_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

Si en vez de expresar la potencia en función de voltajes, lo hacemos en función de corrientes:

$$P = I^2 Z \quad G = 10 \text{ Log}_{10} \left[\frac{I_{out}^2 Z_{out}}{I_{in}^2 Z_{in}} \right]$$

Si las impedancias son iguales:

$$G = 10 \text{ Log} \frac{I_{out}^2}{I_{in}^2} =$$

$$G = 20 \text{ Log} \frac{I_{out}}{I_{in}} \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

Para calcular la equivalencia entre nepers y dB, se puede acudir a casos particulares.

CASO 1. Si $V_{out} = V_{in}$

$$\left. \begin{aligned} G_{nep} &= \ln \frac{V_{in}}{V_{out}} = \ln 1 = 0 \text{ nepers} \\ G_{dB} &= 20 \log_{10} \frac{V_{out}}{V_{in}} = 20 \log_{10} 1 = 0 \text{ dB} \end{aligned} \right\} 0 \text{ dB} = 0 \text{ nep}$$

CASO 2. Si $V_{out} = 2.7182 \text{ volts}$
 $V_{in} = 1 \text{ volt}$

$$G_{nep} = \ln \frac{2.7182}{1} = \ln e = 1 \text{ nep}$$

$$G_{db} = 20 \log_{10} \frac{2.7182}{1} = 20 \log_{10} e = 8.686 \text{ db}$$

o sea que 1 neper = 8.686 db

Las ecuaciones 5 y 6 se han establecido con la condición de que $Z_{in} = Z_{out}$. Sin embargo, se puede establecer la convención de usar las fórmulas aunque no cumplan tal requisito.

VARIANTES DE LA FORMULA ORIGINAL

Para la aplicación de las fórmulas de ganancia, se requiere conocer la magnitud de las señales de entrada y salida del dispositivo que estamos manejando; sin embargo, si una de las 2 señales se desconoce, se puede comparar la magnitud conocida contra un valor de voltaje o potencia convencional. De este modo surgen tres grupos de fórmulas:

- 1) Cuando la magnitud de la señal de referencia está en volts.
- 2) Cuando la señal de referencia se mide en watts.
- 3) Fórmulas especiales.

En el caso (1), el nivel de comparación puede ser μw , el mw, el w, el kw y por lo tanto se tendrán las siguientes fórmulas:

$$\text{nivel} = 10 \log \frac{P_x \text{ watts}}{10^{-6} \text{ watts}} \text{ dB } \mu$$

$$\text{nivel} = 10 \log \frac{P_x \text{ watts}}{1 \text{ watt}} \text{ dBw.}$$

$$\text{nivel} = 10 \log \frac{P_x \text{ watts}}{10^{-3} \text{ watts}} \text{ dBm}$$

$$\text{nivel} = 10 \log \frac{P_x \text{ watts}}{10^3 \text{ watts}} \text{ dB k}$$

Para el caso (2), el nivel de comparación es el volt y el mili volt, por lo que se tendrán las siguientes fórmulas:

$$\text{nivel} = 20 \log \frac{V_x \text{ volts}}{10^{-3} \text{ volts}} \text{ dB mV}$$

$$\text{nivel} = 20 \log \frac{V_x \text{ volts}}{1 \text{ volt}} \text{ dBv}$$

En todos los casos, si la magnitud de la señal que estamos manejando es: igual a la señal de referencia, el nivel es 0 dB; mayor que la señal de referencia el nivel es >0; menor que la señal de referencia el nivel es <0.

En el caso de la 2a. fórmula, la de los dBm, se especifica una resistencia de carga de 600 ; si se va a trabajar con otro valor de resistencia, se tiene que aclarar ello sin dejar lugar a dudas.

En el grupo de las fórmulas especiales tenemos una cierta diversidad; porque aunque todas son para medir el nivel de una señal, usan diferentes valores de referencia:

El dBr.- Para calcular el nivel de una señal en dBr, se debe tomar algún punto de referencia dentro del sistema que se está operando. Se usa entonces la misma ecuación:

$$\text{nivel} = 10 \log \frac{\text{Potencia en el punto considerado}}{\text{Potencia en el punto de referencia}} \text{ [dBr]}$$

tal potencia de referencia puede tener cualquier valor y ese valor equivale entonces a cero dBr.

El dBrn. Normalmente el ruido en los sistemas electrónicos tiene una potencia aproximada de 10^{-12} watts. Entonces, comparando la señal con el ruido tenemos:

$$\text{nivel} = 10 \text{ Log } \frac{\text{Potencia en el punto de medición [dBrn]}}{10^{-12} \text{ watts}}$$

El VU.- (Unidades de volumen).

Cuando se trabaja con señales de audio que son inherentemente aleatorias, se puede establecer la convención de que si la potencia de señal de audio aplicada a una resistencia de 600 es 1 mw entonces equivale a cero VU. y entonces:

$$\text{nivel VU} = 10 \text{ Log } \frac{P_x}{10^{-3}} \quad [\text{VU}]$$

Esta unidad de voltaje se emplea comúnmente en equipos de grabación y reproducción de señales de audio.

Hay muchas otras unidades convencionales para medir el nivel de una señal y a continuación las anotamos pero sin explicarlas:

dbx
dBa
dBrnCm
dBaO
dBmO
dBmOp
dBC

Cada una utiliza diferentes señales y niveles de referencia, por lo que su aplicación está restringida a casos particulares; además de esto, son estándares particulares de algunas empresas tales como la Bell System Corp. y sólo las tenemos que usar cuando trabajemos con equipos de tales marcas.