

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Manual de Laboratorios

EL-5522 Taller de Comunicaciones Eléctricas

Preparado por:

Leonardo Castro-Vindas

Gabriel Rodríguez-Rivera

Autor y Edición: Ing. Sergio Arriola-Valverde. M.Sc

Basado en manuales de laboratorio de

Dr.-Ing. Renato Rimolo-Donadio

Ing. Anibal Coto-Cortes. M.Sc

Ing. Luis Carlos Rosales-Alpízar

[Última revisión del manual: 26 de julio de 2022]

Índice

Laboratorio 1	2
Anexos	7

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons «Reconocimiento-NoCommercial-CompartirIgual 3.0 España».



Laboratorio 1

Analizadores de espectros, generadores de radio frecuencia y monitor de comunicaciones

1. Objetivo General

Desarrollar la habilidad para utilizar adecuadamente el analizador de espectros y el generador de radio frecuencia, utilizando para ello la inspección de una parte del espectro radioeléctrico.

2. Objetivos Específicos

1. Comprender el fenómeno de propagación de onda desde una perspectiva práctica.
2. Describir las bandas y usos típicos del espectro radioeléctrico.
3. Identificar mediante mediciones el espectro ocupado por las transmisiones de FM y TV comerciales.
4. Identificar el espectro y ancho de banda utilizado por un canal en FM.
5. Establecer mediante mediciones la relación señal a ruido.
6. Realizar mediciones de potencia de salida RF (Radio Frecuencia) en dBm.
7. Medir las pérdidas de propagación de una señal de RF.
8. Medir el ancho de banda ocupado por un canal de FM en función de su desviación.
9. Analizar el espectro de una señal FM con una desviación variable y una frecuencia moduladora fija.
10. Describir el efecto de los cables coaxiales de conexión conforme se aumenta la frecuencia.

3. Cuestionario Previo

1. Explique el principio de radiación de ondas electromagnéticas (OEM).
2. Investigue: ¿Qué relación existe entre la frecuencia, longitud de onda y la antena necesaria para radiar una OEM?
3. Investigue: ¿Qué relación existe entre la frecuencia, la potencia y el alcance de una OEM?
4. ¿Cuál es el ancho de banda de una señal de voz y del espectro audible? ¿Por qué es importante conocerlo si se va a observar el espectro de señales de audio? Relacione su respuesta con el concepto de banda base.
5. ¿Cómo se mide la distorsión armónica en una transmisión de voz?
6. Investigue el principio de funcionamiento de la modulación FM. Investigue como luce un espectro teórico de una señal modulada en frecuencia para diferentes índices de modulación y cómo se ve esa señal en el dominio del tiempo.
7. ¿Cuál es el ancho de banda de una señal de radio comercial FM? ¿Cuál es el espaciado de canal y los límites de la banda?
8. ¿Cuál es el ancho de banda de una señal comercial de TV NTSC y estandar ISDB-T? ¿Cuál es el espaciado de canal, las bandas de transmisión y los límites de las bandas? Investigue las frecuencias de canales analógicos y digitales en Costa Rica.
9. ¿Cuál es la potencia típica de transmisión de un teléfono celular? ¿En qué banda se ubica la telefonía celular GSM, 3G y 4G, en Costa Rica?
10. ¿Cuál es el principio de operación de un analizador de espectros?
11. Explique mediante el uso de la transformada rápida de Fourier el funcionamiento del analizador de espectros.
12. ¿Cuál es la diferencia entre un analizador de espectros y un monitor de comunicaciones?
13. ¿Qué significa el piso de ruido de un analizador de espectros? ¿Por qué cambia con el SPAN?
14. En el laboratorio se utilizará el monitor de comunicaciones que típicamente mide la potencia de la señal en dBm. ¿Cuál es la relación entre dBm y la corriente?
15. ¿Qué se entiende por un acople de impedancia correcto y cuál es su relación con el coeficiente de reflexión?

16. ¿Qué ocurre si un amplificador especificado para 50 Ohms de salida se carga con 25 Ohms? Justifique matemáticamente.
17. ¿Qué ocurre si un amplificador especificado para 50 Ohms de salida se carga con 100 Ohms? Justifique matemáticamente.
18. ¿Qué ocurre si se conecta directamente el generador de RF de 50 Ohms a un osciloscopio de baja frecuencia? (como los osciloscopios usados en los laboratorios básicos). Justifique matemáticamente.

4. Equipo

NOTA IMPORTANTE: Recuerde que el equipo a utilizar requiere mucho cuidado al igual que sus conectores. Si detecta algún problema de operación repórtelo inmediatamente al asistente de laboratorio o mediante un correo a su profesor. Recuerde además que los equipos de RF normalmente requieren un tiempo de calentamiento previo, de alrededor de 5 minutos, y algo mayor para equipo de modelos anteriores.

- Antena con conector SMA.
- Antena Logaritmica (color azul)
- Generador de RF (Agilent 8648B).
- Analizador de espectros (Hewlett Packard 8591E) y Agilent N1996.
- Adaptadores de tipo SMA a N y cables.
- Monitor de Comunicaciones Aeroflex.

5. Procedimiento

5.1 Preparación del equipo

1. Asegúrese de contar con todo el equipo necesario y encienda todos los equipos si es que no están encendidos.
2. Deje que el equipo permanezca encendido al menos unos 5 minutos. Es importante que algunos de sus componentes internos tengan una etapa de calentamiento.
3. Identifique en el monitor de comunicaciones si al encenderlo puede visualizar la pantalla de la figura 1.

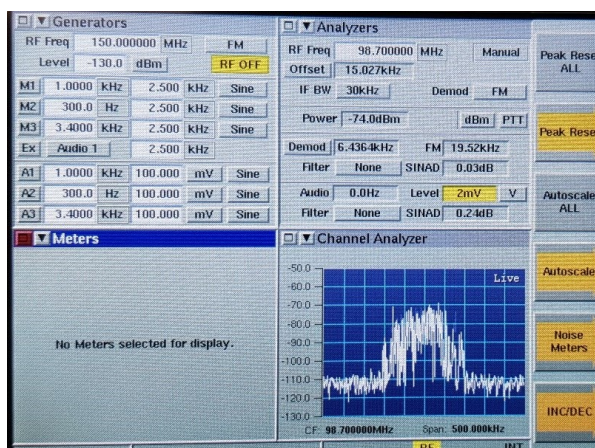


Figura 1: Pantalla inicial Monitor de Comunicaciones Aeroflex.

Nota: Si al iniciar el monitor de comunicaciones no sale esta pantalla, puede accionar el sistema únicamente utilizando un mouse, y presionar click derecho aparecerá un acceso llamado **System** donde debe seleccionar **Analog Duplex** posterior a ello el software iniciará. En relación al frontal verá lo siguiente:

- a) **Analyzers:** Este ventana configura parámetros de frecuencias, filtros, activación del parlante entre otros. Si desea ver el menú completo, dar click en botón de maximizar.
- b) **Channel Analyzer:** Esta ventana permita la visualización del espectro según la frecuencia configurada en la ventana Analyzers. Si desea ver el menú completo, dar click en botón de maximizar, ajustar el Ref Level para aprovechar al máximo la ventana del monitor de comunicaciones.

- c) **Meters:** Permite la visualización de parámetros de medición, tales como SNR, SINAD, distorsión, offset entre otros. Si desea ver el menú completo, dar click en botón de maximizar.
 - d) **Ajustes:** En cualquier ventana al presionar click derecho, puede ver diferentes menus de ajustes tales como brillo, volumen, entre otros. Si desea salir del menú ubique la pestaña **Return**.
 - e) **Loudspeaker:** Seleccionar la pestaña que dice Demod para escuchar la información que proviene según la frecuencia central definida.
4. Recuerde que el acople de impedancia en estos sistemas de comunicaciones es sumamente importante, así que conecte una antena en el puerto llamado **ANT**. Al encender el equipo este puerto por defecto esta deshabilitado, para habilitarlo diríjase a la pestaña **Analyzers** en un softkey lateral es posible habilitar el puerto de la antena.

Nota: Si en algún momento tiene alguna duda con algún equipo de laboratorio, mejor acuda con el profesor para que le brinde asesoría y evitar un daño en los equipos.

5.2 Medición del espectro en la banda de FM

1. Conecte la antena al analizador de espectros HP8591E.
2. Realice los ajustes necesarios para ver claramente en pantalla todo el espectro de la banda FM de radio. Documente los pasos seguidos y grafique el espectro obtenido. Tome una fotografía del espectro, bien enfocada y centrada, sin reflejos en la pantalla ni sombras, donde se puedan leer adecuadamente todos los datos que muestra el equipo de medición. Especifique la frecuencia de algunos espectros que se vean con claridad, así como la potencia de cada uno.
3. Elija una sola señal de FM y muéstrela en pantalla. Realice los ajustes necesarios y documéntelos. También documente el espectro observado y la estación asociada.
4. Repita los pasos anteriores pero utilizando el analizador de espectros Agilent N1996 y en el monitor de comunicaciones Aeroflex.
5. Con base en las mediciones realizadas, explique qué diferencias existen en las mediciones según los equipos utilizados. Discuta además que efecto existe al variar la posición de la antena, y luego apuntarla hacia el Volcán Irazú.

5.3 Análisis de un canal FM e identificación de un canal de Televisión

1. Mantenga la antena conectada al analizador de espectros HP8591E.
2. Elija un canal de televisión abierta que estén en operación con buena calidad. Realice los ajustes necesarios para ver claramente en pantalla todo el espectro del canal por separado. Documente los pasos seguidos y grafique el espectro obtenido. Puede tomar una fotografía del espectro, bien enfocada y centrada, sin reflejos en la pantalla ni sombras, y donde se puedan leer adecuadamente todos los datos que muestra el equipo de medición. Especifique la frecuencia central de cada espectro que se vea con claridad, así como la potencia de cada uno.
3. Repita los pasos anteriores pero utilizando el analizar de espectros Agilent N1996.
4. Repita las configuraciones utilizadas pero usando el monitor de comunicaciones Aeroflex

Determine:

- ¿Con qué potencia se recibe la señal de FM aproximadamente? (POWER)
- ¿Cuál es el rango de modulación observado? (FM LEVEL)
- ¿Cuál es el rango de la portadora? (OFFSET)
- ¿Cuál es el rango de relación señal a ruido?

5. Repita el paso 4, pero con una emisora con mala calidad. (Sólo para un canal FM)

5.4 Efecto del ancho de banda de resolución

1. En el analizador de espectros HP8591E, **sin conexión en el puerto de antena**, establezca:
 - a) Frecuencia central de 100 MHz

- b) SPAN de 1 MHz
 - c) Nivel de referencia en -50 dBm
2. Ajuste los valores del ancho de banda de resolución de acuerdo a la tabla 1. En cada caso, estime el piso de ruido y anótelo en la tabla. **Nota:** Para estimar el piso de ruido con mayor precisión, utilice la función MARKER con la tecla MKR.

Tabla 1: Piso de ruido en función del Ancho de Banda de Resolución para el AE HP8591E

Ancho de Banda de Resolución (Resolution Bandwidth)	Piso de Ruido (Noise Floor)
300 Hz	
30 kHz	
300 kHz	
1 MHz	

3. Ajuste el generador RF Agilent de acuerdo a lo siguiente:
- a) Frecuencia de salida: 100 MHz
 - b) Potencia de salida: -50 dBm (Amplitud)
 - c) Sin modulación. (Utilizar el botón *MOD ON/OFF* hasta que la pantalla muestre un “OFF” en la sección de “MODULATION”)
 - d) Asegúrese además que la salida RF está encendida. Utilice el botón “RF ON/OFF” hasta que desaparezca el mensaje de RF OFF en la sección AMPLITUDE de la pantalla.
 - e) Asegúrese que la referencia de frecuencia se encuentra apagada. Para esto, use el botón “REF ON/OFF” hasta que la lectura de la frecuencia en la pantalla sea de la forma XXX.XXXX MHz, y no exista un símbolo triangular como: XXX.XXXXΔ MHz.
4. Utilizando el cable coaxial RG58, conecte la entrada del analizador de espectros HP8591E con la salida “RF Output” del generador de señales Agilent 8648B.
5. Documente los espectros medidos para cada una de los anchos de banda de resolución indicados en la tabla 1. En cada caso, ajuste el nivel de referencia del analizador de espectros para maximizar el uso de la pantalla.
6. Cambie la potencia del generador Agilent RF a 0 dBm.
7. Repita el paso 3 usando la nueva potencia en el generador.

5.5 Modulación FM

1. Conserve la misma configuración del analizador de espectros que se especificó en el punto 1 de la sección 5.4, pero esta vez, utilice un ancho de banda de resolución de 1 kHz.
2. Ajuste la potencia de salida del generador de RF a -10 dBm.
3. Active la modulación FM en el generador RF Agilent, utilice una señal moduladora de 1 kHz y una desviación de 70 kHz:
 - a) Presione la tecla “MOD ON/OFF” para encender la modulación.
 - b) Presione la tecla “FM” para seleccionar el tipo de modulación y de inmediato use el teclado numérico para definir la frecuencia de desviación.
 - c) Presione la tecla “INT 1 kHz” para seleccionar la frecuencia de la moduladora.
4. Documente y comente el espectro observado.
5. Investigue el comportamiento del espectro de la señal cuando se hacen los cambios mostrados en la Tabla 2 y anote los anchos de banda de la señal.

Notas:

Tabla 2: Ancho de banda ocupado en una modulación FM para distintas desviaciones FM y frecuencias moduladoras

Desviación FM [kHz]	Frecuencia de la señal moduladora [Hz]	Ancho de banda ocupado [kHz]
10	400	
30	400	
50	400	
70	400	
10	1000	
30	1000	
50	1000	
70	1000	

- En el generador de RF: Para seleccionar la frecuencia de 400 Hz en la señal moduladora utilizar el botón “INT 400Hz”. De igual manera, utilizar “INT 1 kHz” para la frecuencia de 1000 Hz.
- En el Analizador de Espectros: Para medir el ancho de banda ocupado, se recomienda utilizar la función MKR. Luego, utilizar el “*softkey*” llamado *MARKER Δ* y la perilla rotatoria para medir diferencia entre 2 marcadores.

5.6 Interferencia FM

1. Ajuste el generador de RF con los siguientes valores, y mantenga la salida apagada.
 - a) Frecuencia de transmisión: 102.3 MHz
 - b) Modulación: FM
 - c) Señal moduladora: 1 kHz
 - d) Desviación: 70 kHz
 - e) Potencia: -10 dBm
2. Ajuste el monitor de comunicaciones para visualizar el tono.
3. Utilice la opción *Demod* para escuchar la emisora de 102.3 MHz.
4. Encienda la salida del generador RF y explique lo que sucede.

Guía para la elaboración del reporte escrito

- Presente los resultados obtenidos en el orden especificado por el instructivo rotulando adecuadamente a qué parte pertenece cada resultado.
- Presente los gráficos o espectros debidamente rotulados en sus ejes, destacando las partes importantes de cada uno.
- Haga comentarios de sus resultados inmediatamente después de presentarlos.
- Formule las conclusiones y recomendaciones con base a los resultados obtenidos.

Anexos

1. Anexos

1.1. Stimulus/Response measurement suite

El paquete de medición de Estimulo-Respuesta del Analizador de Espectros Agilent N1996a-506 permite hacer una fácil y precisa medición de las características de transmisión y reflexión de dispositivos de uno y dos puertos, como amplificadores, filtros, cables y sistemas de alimentación para antenas. Cualquier dispositivo selectivo en frecuencia como amplificadores, filtros, atenuadores, cables, etc, son caracterizados para un buen desempeño en función de la frecuencia. Al hacer mediciones con este tipo de dispositivos, cualquier pérdida adicional debe ser tomada en cuenta. Por ejemplo un cable conectado entre el analizador de espectros y una antena (o algún otro dispositivo) puede agregar alguna pérdida a la medición. Esto se conoce como perdidas de inserción. La medición es importante para cuantificar con precisión la cantidad de pérdidas que sufrirá una señal al pasar por un cable, un atenuador, o cualquier otro dispositivo.

1.1.1 Parámetros de Dispersión (S-Parameters)

Los parámetros de dispersión son los coeficientes de reflexión y transmisión entre la onda incidente y la reflejada. Estos parámetros describen completamente el comportamiento de un dispositivo bajo condiciones lineales en determinado rango de frecuencia. Cada parámetro es caracterizado por magnitud, decibels y una fase. A pesar de ser aplicables a cualquier frecuencia, los parámetros S son usados principalmente para redes que operan en radiofrecuencia (RF) y frecuencias de micro-ondas. En general, para redes prácticas, los parámetros S cambian con la frecuencia a la que se miden, razón por la cual ésta debe especificarse para cualquier medición de parámetros S, junto con la impedancia característica o la impedancia del sistema. En el contexto de los parámetros S, dispersión se refiere a la forma en que las corrientes y tensiones que se desplazan en una línea de transmisión son afectadas cuando se encuentran con una discontinuidad debida por la introducción de una red en una línea de transmisión. Esto equivale a la onda encontrándose con una impedancia diferente de la impedancia característica de la línea. La descripción de los parámetros es la siguiente:

- S_{11} : Coeficiente de reflexión a la entrada.
- S_{21} : Coeficiente de transmisión o ganancia con la tensión en directa.
- S_{22} : Coeficiente de reflexión a la salida.
- S_{12} : Coeficiente de transmisión o ganancia con la tensión en reversa.

Para que esto sea válido las impedancias en el puerto de entrada y salida deben ser las mismas.

1.1.2 Two Port Insertion Loss

Este procedimiento mide las pérdidas o ganancia de un filtro, amplificador, cable, etc., sobre un rango específico de frecuencias. Con esta medición se cuantifica la cantidad de pérdida o ganancia que la señal puede sufrir al pasar a través de cierto dispositivo. En términos de parámetros de dispersión la pérdida de inserción está referida a la medición del parámetro S_{21} . Pasos para realizar esta medición:

1. Conecte los dispositivos de calibración al conector RF Output del analizador cuando el procedimiento en pantalla lo indique. No haga la conexión del dispositivo de prueba en este momento, luego se le indicara cuando hacerlo.
2. Poner el analizador en el modo Stimulus/Response y seleccionar Two port insertion loss
Presione **Mode, Stimulus/Response, Two port insertion loss**.
3. Pre programar el analizador.
Presione **Mode Preset, Meas, Two port insertion loss**.
4. Fijar las frecuencias de inicio y parada.
Presione **FREQ Channel, Start Freq, (digite el valor numérico)** Presione **FREQ Channel, Stop Freq, (digite el valor numérico)**
5. Apagar el promediador.
Presione **Meas Setup, Averaging Off**.

6. Ajustar la potencia de salida del generador de tracking adecuado para el dispositivo de prueba (que no exceda la potencia máxima que el dispositivo tolera)
Presione **Source, Source Level (Manual)**, (digite el valor numérico)
7. Conecte el cable de prueba (pero no el dispositivo a probar) del conector RF Output a entrada del analizador, como se muestra en la figura 1.

Two Port Insertion Loss Normalization Test Setup

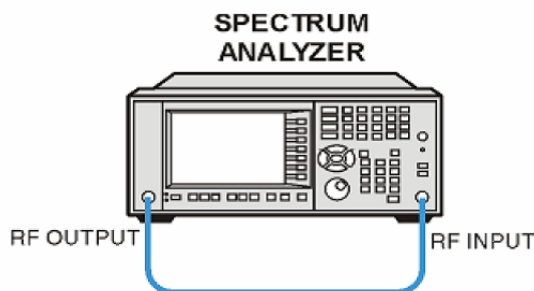


Figura 1: Conexión de calibración del Analizador de Espectros para la calibración de la prueba de two port insertion loss.

8. Normalización de la respuesta en frecuencia.
Presione **FREQ Channel, Normalize** y siga las instrucciones del Normalize Wizard.
9. Conexión del dispositivo de prueba
Conecte el dispositivo de prueba entre la RF Input y la RF Output del analizador, como se muestra en la figura 2.

Two Port Insertion Loss Measurement Test Setup

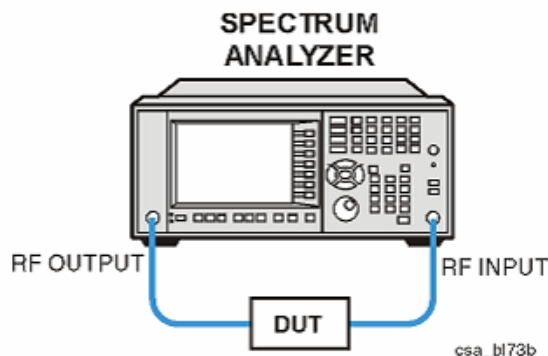


Figura 2: Conexión del dispositivo de prueba (DUT: Device Under Test).

1.1.3 One Port Insertion Loss

Esta medición al igual que la anterior permite cuantificar las pérdidas de señal en un cable y en algún otro dispositivo sin necesidad de conectar ambos extremos al analizador de espectros. La medición puede ser muy útil, por ejemplo, para cuantificar pérdidas en la línea de alimentación de una antena situada en una torre; cables largos en los que sea difícil colocar ambos extremos cerca del analizador de espectros o en dispositivos que tienen una entrada pero la salida no es posible conectarse al analizador de espectros, como lo es una antena. One port insertion loss es menos precisa que la medición de two port insertion loss, por lo tanto cuando sea práctico y accesible conectar ambas terminales del dispositivo de prueba al analizador, es mejor usar la opción de two port insertion loss. Pasos para realizar esta medición:

1. El procedimiento requiere de la calibración del analizador de espectros antes de obtener la respuesta a la prueba, este procedimiento consiste en una secuencia guiada de pasos. Conecte los dispositivos de calibración al conector RF Output del analizador cuando el procedimiento guiado lo indique en pantalla (ver la figura 3). No haga la conexión del dispositivo de prueba en este momento, luego se le indicara cuando hacerlo.

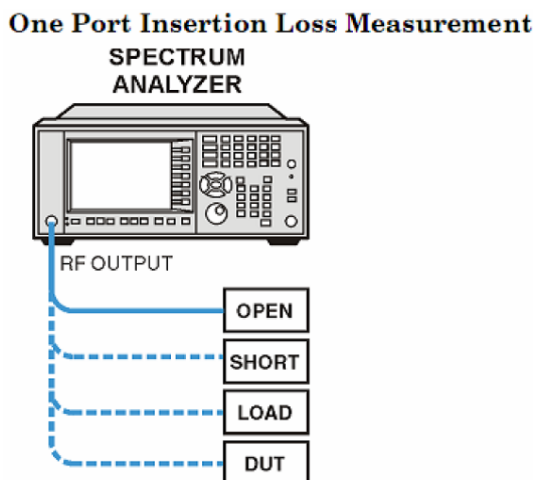


Figura 3: Conexiones para la prueba de un solo puerto (one port insertion loss).

2. Poner el analizador en el modo Stimulus/Response y seleccionar One port insertion loss.
Presione **Mode, Stimulus/Response, Measure y One port insertion loss**.
3. Pre programar el analizador.
Presione **Mode Preset, Meas, One port insertion loss**.
4. Fijar las frecuencias de inicio y parada.
Presione **FREQ Channel, Start Freq**, (digite el valor numérico, el mínimo es 10MHz).
Presione **FREQ Channel, Stop Freq**, (digite el valor numérico, el máximo es 6GHz).
5. Apagar el promediador.
Presione **Meas Setup, Avg Mode, Off**.
6. Calibrar la medición.
Presione **FREQ Channel, Calibrate**, siga las instrucciones del Asistente de Calibración (Calibration Wizard) El analizador calibrará sobre el rango de frecuencia deseado.

En cada paso se le solicitará conectar un corto, un abierto o una carga al puerto RF Output del analizador. Utilice para esto los elementos de calibración que acompañan al analizador de espectros.
7. Conecte el dispositivo bajo prueba con se describe en el paso 1. Las unidades del nivel de referencia están en dB, lo que indica que es una medición relativa a la potencia de referencia que utiliza el analizador de espectros.
8. Si es necesario cambie la amplitud de la escala para una mejor lectura.
Presione **AMPTD Y Scale, Scale/Div**, (digite el valor numérico).
9. Usar los marcadores para medirlos valores en cualquier punto.
Presione **Marker, Normal**. Utilice la perilla para situar el marcador en el área de interés.

1.1.4 Return Loss

Con esta opción se puede hacer mediciones de las características de reflexión. Por ejemplo se podría usar para detectar problemas en la línea de alimentación de una antena, o propiamente algún problema en la antena. Una parte de la potencia incidente puede ser reflejada hacia la fuente por algún fallo en la línea de transmisión o bien de la antena.

A la razón de los voltajes reflejados con los voltajes incidentes se le conoce como coeficiente de reflexión. Este coeficiente es un número complejo por lo que tiene magnitud y fase. En términos de los parámetros de dispersión la medición de pérdida de retorno se refiere a la medición del parámetro S_{11} .

Pasos para realizar esta medición:

1. Poner el analizador en el modo Stimulus/Response y seleccionar Return Loss.
Presione **Mode, Stimulus/Response, Return Loss**.

2. Pre programar el analizador.
Presione **Mode Preset, Meas, Return Loss**.
3. Fijar las frecuencias de inicio y parada.
Presione **FREQ Channel, Start Freq**, (digite el valor numérico, el mínimo es 10MHz).
Presione **FREQ Channel, Stop Freq**, (digite el valor numérico, el máximo es 6GHz).
4. Apagar el promediador.
Presione **Meas Setup, Averaging, Off**.
5. Calibrar la medición.
Presione **FREQ Channel, Calibrate**, siga las instrucciones del Asistente de Calibración (Calibration Wizard) El analizador calibrará sobre el rango de frecuencia deseado.
6. Conecte el cable de prueba (si se utilizara uno) y los dispositivos de calibración al conector RF Output del analizador como se muestra en la figura 4 (Si el dispositivo bajo prueba es de dos puertos, asegurarse de terminar el puerto no utilizado con la impedancia característica adecuada).

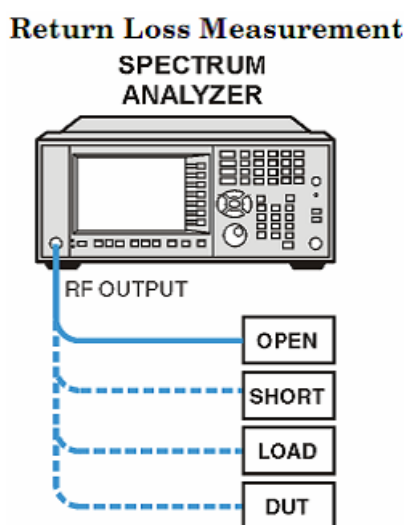


Figura 4: Conexiones para la prueba de pérdidas de retorno (return loss).

7. Usar los marcadores para medirlos valores de return loss y el coeficiente de onda estacionaria (SWR) en cualquier punto.
Presione **Marker, Normal**. Utilice la perilla para situar el marcador en el área de interés

1.1.5 Distance to Fault

Para esta medición una señal es transmitida de la salida RF Output del analizador hacia el cable bajo prueba. Las señales reflejadas desde la falla en el cable son recibidas por el analizador. El analizador utiliza reflectometría en el dominio de la frecuencia para llevar a cabo la medición. La interferencia variante de las señales transmitidas y reflejadas contiene la información de la distancia de una o más fallas. La distancia mostrada en el analizador es la distancia física de la posible falla, corregida para las pérdidas en el cable y factor de velocidad del cable.

Pasos para realizar esta medición:

1. Poner el analizador en el modo Stimulus/Response y seleccionar Distance to Fault.
Presione **Mode, Stimulus/Response, Distance to Fault**.
2. Pre programar el analizador.
Presione **Mode Preset, Meas, Distance to Fault**.
3. Seleccionar el tipo de cable:
Presione **Meas Setup, Cable Type**.
**Si el cable a medir está denotado como RG (ejemplo RG-58), seleccione Cable Type (RG) de otro modo seleccione Cable Type (BTS).

4. Poner el rango automatico de frecuencia.
Presione **FREQ Channel, Freq Range (Auto)**.
**Las frecuencias de inicio y parada son fijadas automáticamente por la distancia de inicio y parada.
5. Poner la distancia de inicio y parada para el cable a medir.
Presione **FREQ Channel, Start Distance, (digite el valor inicial)**.
Luego presione **FREQ Channel, Stop Distance, (digite el valor de parada)**.
6. Fijar el las unidades para la distancia.
Presione **FREQ Channel, Units (Meters or Feet)**.
**Cada vez que se presione esta tecla de menú las opciones seleccionadas cambian.
7. Calibrar la medición.
Presione **FREQ Channel, Calibrate**, siga las instrucciones del Asistente de Calibración (Calibration Wizard), el analizador calibrará sobre el rango de frecuencia deseado.
8. Conecte el cable de prueba y los dispositivos de calibración en el conector RF Output como se muestra en la figura 5.

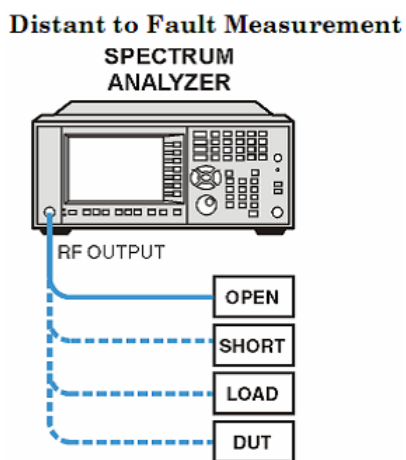


Figura 5: Conexiones para la prueba de distancia a la falla (distance to fault).

1.1.6 Plantilla Informes

Para acceder al formato de plantilla de informes y proyecto final puede acceder [aquí](#)

Análisis de Espectro FM y AM utilizando un analizador de espectros digital Agilent 8600

George Sigmon Ohm^{*}, Juan Pérez-Alvarado^{*}, Andre Marie Ampere^{*} y Ernest Rutherford^{*}

^{*}Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), 30101 Cartago, Costa Rica, {gsohm, jperez, amampere, erutherford}@gmail.com

Resumen—En este apartado se resume en cortas palabras de que tratará el informe en términos de metodologías, análisis y resultados importante logrados durante la práctica dirigida. Es importante tomar en cuenta que esta sección deberá tener una extensión entre 100 a 250 palabras como máximo y nunca se utilizarán referencias bibliográficas de ningún tipo. La coherencia y sentido lógico de la redacción es importante para lograr una buena transmisión de las ideas a la hora de redactar documentos con poca extensión y gran volumen de datos y resultados.

Palabras Clave—Se recomienda que sean entre 4 a 5 palabras claves como máximo, estas palabras sirven para agilizar los buscadores cuando se necesitan hacer consultas de temas muy específicos. Una selección adecuada de palabras clave permitirá que otras persona puedan encontrar su artículo o informe.

I. INTRODUCCIÓN

La introducción de un artículo científico u informe, es una de las partes más importantes debido a que es en dicha parte donde el lector se informará de que trata lo que leerá, es por ello que la organización de las ideas y redacción son importantes. Para la redacción de esta sección, es necesario tomar en cuenta que las ideas deberán ser concisas y directas, es por ello que la redundancia de ideas debe ser eliminado como de lugar.

No obstante es acostumbrado en informe técnicos o de laboratorio discutir los alcances u objetivos del experimento o práctica guiada en prosa, nunca se deberán redactar los pasos de medición ni dar explicaciones de como obtener los resultados, y ni muchos utilizar frases genéricas o cualitativas “valores muy altos”, “interfaces amigables”, “los resultados son parecidos”, “nosotros medimos y vimos que no eran iguales”, entre otros.

Finalmente recuerde concluir sus ideas y dar a entender por qué lo que se presentará es relevante, la extensión de este apartado puede ser de una columna únicamente no es necesario exceder dicha extensión. Para una mejor comprensión u orientación se recomienda consultar la guía elaborada por el profesor Dr.-Ing. Pablo Alvarado-Moya si desea ver más detalle al respecto y cuestiones de redacción http://www.ie.tec.ac.cr/palvarado/LabCE/lce_guia_informe.pdf [1].

II. METODOLOGÍA

Antes de iniciar con la explicación del proceso metodológico de medición, es necesario dar una introducción rápida de

lo que se verá dentro de la sección, esto ayuda a orientar al lector. En relación a la extensión del párrafo introductorio, se recomienda de tres a cuatro líneas como máximo.

La metodología de manera genérica pretende dar una explicación del procedimiento o métodos necesario para la obtención de resultados. Para el caso de un curso de ingeniería es prudente que se ahonde en detalles técnicos y matemáticos para dar explicación robusta y científica del proceso que se llevó a cabo para la generación de resultados u observaciones.

Es importante considerar nunca utilizar redacciones que sean como “Encendimos el analizador y nosotros pusimos un RW de 1 kHz”, “pusimos, vimos, tocamos las perillas”, o también “después del paso anterior, vimos que no vimos nada y cambiamos las configuraciones”, entre otras. Las frases anteriores no son claras y además aportan una discusión lógica, concreta y concisa.

Para brindar un mejor entendimiento de las ideas, en veces es útil la ayuda de diagramas de alto nivel o de flujo que ayuden a entender como se llevó el proceso de medición. Recordar que la redacción sea en prosa y evitar usar viñeta para enumerar pasos o procedimientos, no es acostumbrado debido a que introduce ambigüedad al lector para entender lo que esta leyendo. En veces son utilizadas subsecciones las cuales muestran orden y es más fácil de granular los procedimientos u procesos de medición, eso sí no abuse de las mismas por que no se ve formal para presentación de un documento técnico.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La sección de análisis y conclusión de los resultados obtenidos según el proceso metodológico de medición serán de importancia para lograr conclusiones relevantes y acertadas, es por ello que la redacción y el tiempo verbal deberán ser importantes, es necesario tomar en cuenta que los resultados ya fueron generados, esto como recomendación para la selección del tiempo verbal de la prosa.

Es recomendable por cada resultado mostrado discutir el mismo con fundamentos teóricos y lógicos, es por ello que es importante tomar tiempo y analizar los resultados, ideas sin respaldo teórico ni lógico no son bien vistas. Como apoyo para la discusión es indispensable usar gráficos, figuras, tablas y cuadros los cuales deben de tener conexión con la prosa y además bien legible, de otra forma si no son discutidos y mucho menos legibles no aportan nada al artículo u informe.

Cuando se vayan a realizar comparaciones utilizar niveles de comparación cuantitativos y no cualitativos, esto hace referencia a lo siguiente:

“En relación a la figura 1 se ve que cae más brusco en comparación con la figura 2”, la frase anterior no es clara, pero si se tomará la siguiente redacción es más clara “Con base al espectro FM de la figura 1 se cuantificó un piso de ruido de -90 dBm, donde para una frecuencia de 500 kHz la potencia medida es de +5 dBm por encima del nivel de piso de ruido obtenido en la figura 2, es por ello que la desviación FM disminuye en al menos 2 % para los casos analizados.”

Debido a la naturaleza científico-técnica de los reportes es necesario tener en cuenta la notación de ingeniería adecuada, formato de parámetros y las unidades correctas, es por ello que a continuación se muestran los siguientes casos: $S_{11} \neq S_{11}$, $db \neq dB$, $miliwatt \neq mW$, $microwatt \neq \mu W$, $w \neq \omega$, $kilohm \neq k\Omega$, entre otras.

En relación a la presentación de ecuaciones es necesario, redactar las ideas de tal manera que la ecuación este autocontenida en el texto y sea de fácil entendimiento para el lector. Para ello tome el siguiente ejemplo de ecuación:

“El nivel de detección mínimo (LOD) para un modelo de elevación digital esta descrito por (1)”:

$$LOD = \delta(z) = \sqrt{(\delta(z)_{DEM_{t-n}})^2 + (\delta(z)_{DEM_{t-n+1}})^2} \quad (1)$$

donde $\delta(z)_{DEM_{t-n}}$ y $\delta(z)_{DEM_{t-n+1}}$ son los valores RMSE obtenidos en el eje z de modelo de elevación digital.

En relación a las tablas o cuadros, es necesario resumir la información importante, esto con el objetivo de extraer algún comportamiento o tendencia de los datos, sin embargo es importante además utilizar técnicas de estadística descriptiva e inferencial en algunos casos para la discusión de los datos. Al momento de presentar los datos debe ser concisa la prosa y no redundar ni ahondar mucho en la idea. A continuación se muestra un ejemplo de como mostrar los resultados de un cuadro. En el cuadro I se resumen todos los datos experimentales obtenidos para el piso de ruido en dBm para un rango de frecuencias de 500 hasta 1000 kHz en incremento de 100 kHz respectivamente.

Cuadro I
TENDENCIA DEL PISO DE RUIDO EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA

Frecuencia (kHz)	Piso de Ruido (dBm)
500	1.2239
600	1.4576
700	1.9860
800	1.5680
900	1.2370
1000	1.5680

IV. CONCLUSIONES

En la sección de conclusiones, es importante responder de manera sistemática los objetivos de la práctica dirigida

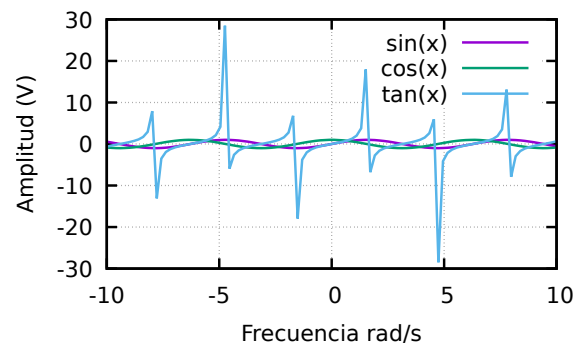


Figura 1. Relación de tensión-corriente para una bobina, utilizando una señal senoidal con una frecuencia de $f = 1$ GHz.

partiendo desde el general hasta los específicos en prosa nunca en viñetas, para este tipo de documentos como tal. Además de los objetivos, de los resultados experimentales obtenidos y analizados previamente se debe concluir aspectos relevantes que ayuden a dar solidez del artículo o informe, por lo general es necesario ver comparaciones importante a nivel cuantitativo y no cualitativo evitando frases genéricas. Finalmente resultados no obtenidos ni discutidos en el artículo e informe no deberán aparecer en las conclusiones debido a que no tiene sentido alguno discutir de algo que no se llevó a cabo.

REFERENCIAS

- [1] P. A. Moya, *Guía de Informes de Laboratorio*, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 2018. [Online]. Available: http://www.ie.tec.ac.cr/palvarado/LabCE/lce_guia_informe.pdf

1.1.7 Instalación del software EAGLE

Guía de instalación de EAGLE

Profesor:
Ing. Sergio Arriola Valverde, M.Sc

Revisado por:
Ing. Sergio Arriola Valverde, M.Sc

Resumen

Esta guía tiene como objetivo explicar de manera básica la instalación del software para diseño de circuitos impresos (PCB) EAGLE. La instalación de ésta herramienta permitirá acceder a proyectos tales como esquemáticos y plataformas impresas ó (boards), entre otros [1].

Procedimiento

Para la instalación del software EAGLE, será necesario que revise lo siguiente:

1. Es necesario que se revise la distribución del sistema operativo de la computadora donde se va a instalar la herramienta. En la figura 6 se muestran los requisitos según el fabricante según el sistema operativo.

Requisitos del sistema de Autodesk EAGLE	
Sistema operativo	Requisitos
Windows	Se requiere Microsoft® Windows® 7 o posterior. EAGLE de 64 bits requiere un sistema operativo de 64 bits.
Linux	Linux® basado en el kernel 2.6 para equipos Intel, X11 con una profundidad de color mínima de 8 bpp y las bibliotecas en tiempo de ejecución libssl.so.1.0.0, libcrypto.so.1.0.0 y CUPS para la impresión. La versión de 64 bits de EAGLE requiere un sistema operativo de 64 bits y libc.so.6 con la versión secundaria GLIBC_2.14 o posterior.
Mac	Apple® Mac OS® X 10.10 o posterior para equipos Intel.
Todos los sistemas operativos	Una resolución gráfica mínima de 1024 x 768 píxeles y, preferiblemente, un ratón con rueda de 3 botones.

Figura 6: Requerimientos del software Eagle según el distribuidor

2. Acceda y descargue el software EAGLE que esta disponible según la versión de su sistema operativo en el siguiente enlace: <https://www.autodesk.com/products/eagle/free-download>
3. Cuando la instalación este lista en su computador, si utiliza un sistema Windows podrá acceder al botón de Inicio y digitar el nombre *EAGLE* y saldrá el acceso al software como se muestra en la figura 7.
4. Al acceder al programa una vez que se le da click a la aplicación la misma deberá abrir y mostrar una ventana principal según se muestra en la figura 8.
5. Al instalar la herramienta es posible hacer una activación a nivel educacional es por ello que se deberá inscribir en el siguiente enlace: <https://www.autodesk.com/education/free-software/eagle> **Es importante que la suscripción pueda ser con dominio de correo que proporciona el ITCR al estudiante.**
6. Finalmente puede acceder con sus credenciales al software donde se puede registrar con nombre de usuario y contraseña establecida en el registro. En la figura 9 se muestra el registro de credenciales en el software EAGLE.

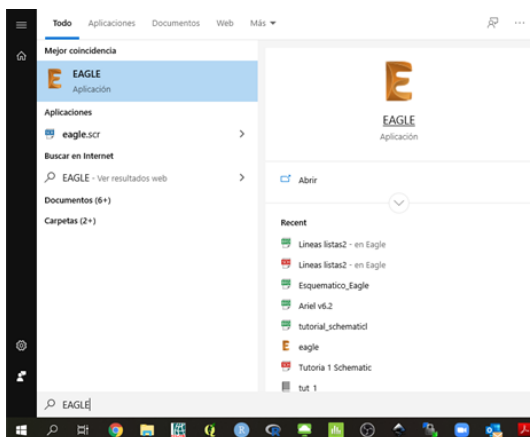


Figura 7: Acceso al software EAGLE en Windows

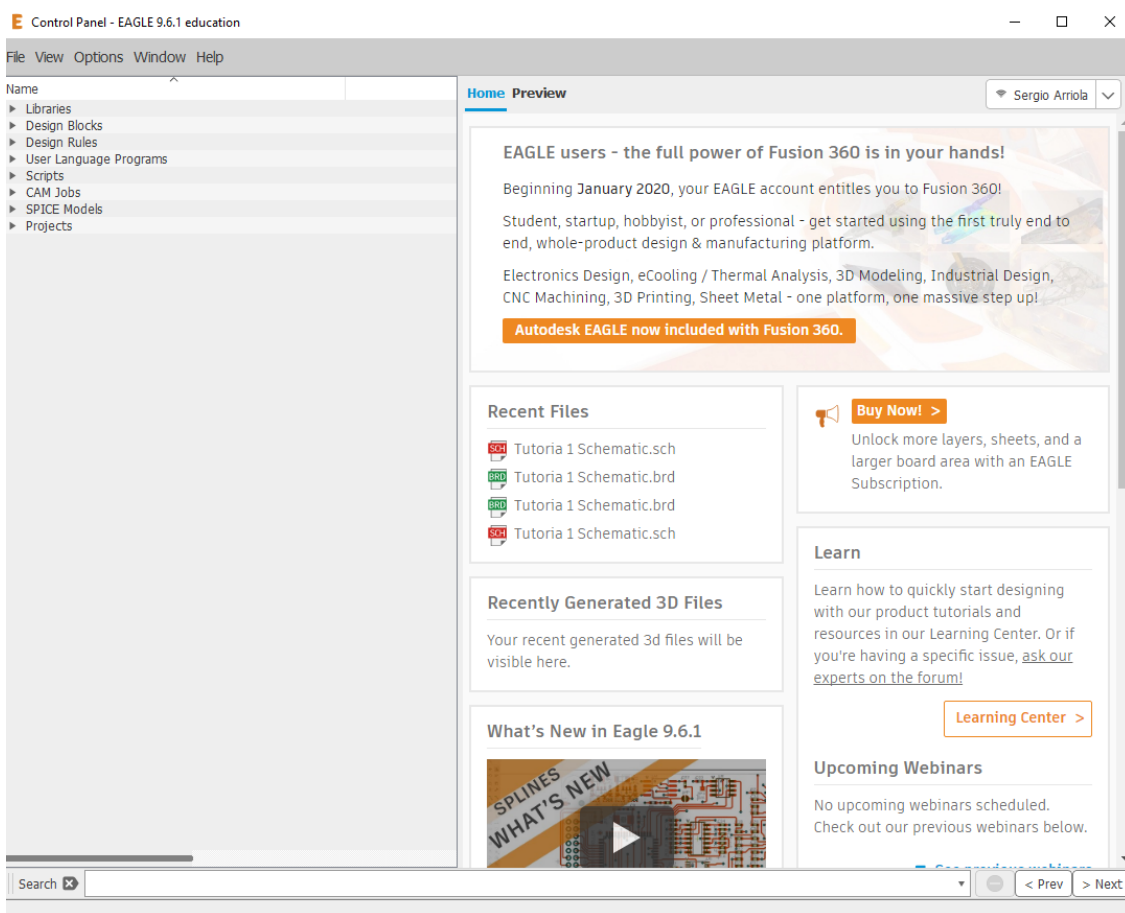


Figura 8: Panel frontal de EAGLE



Figura 9: Acceso de credenciales en la herramienta EAGLE

Referencias

- [1] Autodesk, “PCB Design & Schematic Software — EAGLE — Autodesk,” 2018, Accesado Mayo 2020. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/eagle/overview>