



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Eléctrica
EL3003 – Laboratorio de Ingeniería Eléctrica

Guía de Trabajo

Modulación de Amplitud AM

Contenido

1	Temas a Investigar.....	1
2	Trabajo de Laboratorio.....	2
2.1	Equipamiento	2
2.2	Sugerencias de seguridad.....	2
2.3	Montaje del módulo de trabajo	2
2.4	Principio de AM	3
2.4.1	Señal portadora	3
2.4.2	Señal moduladora	3
2.4.3	Señal modulada	4
2.5	Grado de Modulación.....	5
2.5.1	Procedimiento	5
2.5.2	Actividades	5
2.6	Demodulación AM.....	5
2.6.1	Procedimiento	5
2.6.2	Actividades	6
2.7	Modulación de banda lateral doble (DSB)	7
2.7.1	Modulación DSB	7
2.7.2	Actividades	7
2.7.3	Visualización salto de fase.....	8
2.8	Modulación de Banda Lateral Única (SSB)	9
2.8.1	Primer método	9
2.8.2	Segundo método	10
2.9	Demodulación SSB	11
2.9.1	Procedimiento	11
2.9.2	Actividades	12
3	Anexo.....	13
3.1	Datos	14
3.1.1	Principio de AM	14
3.1.2	Grado de Modulación.....	14

3.1.3	Demodulación AM.....	14
3.1.4	Modulación DSB.....	14
3.1.5	Visualización del salto de fase.....	14
3.1.6	Modulación SSB.....	15
3.1.7	Demodulación SSB.....	15

1 Temas a Investigar

Investigue sobre los siguientes temas relevantes para la realización de la presente experiencia de laboratorio:

- Principios Básicos de Modulación de Amplitud:
 - Amplitud Simple (AM).
 - Banda Lateral Doble (DSB).
 - Banda Lateral Única (SSB).

- Conceptos de:
 - Señal moduladora.
 - Señal portadora.
 - Señal modulada.
 - Grado de modulación.

- Principios Básicos de Demodulación.

2 Trabajo de Laboratorio

2.1 Equipamiento

Para el desarrollo de esta experiencia dispone del siguiente equipamiento:

Tabla 1: Equipamiento y códigos de la experiencia.

Cantidad	Descripción	Código
1	Módulo de Trabajo UNI-TRAIN	SO4201-2C
1	Tarjeta Modulador/Demodulador AM	SO4201-7U
1	Generador de Señales	
1	Osciloscopio	
1	Fuente DC +15V, -15V	
	Cables de Conexión	

2.2 Sugerencias de seguridad

- **Apague** la fuente DC antes de realizar **cambios** al circuito.
- Verifique que los generadores de señales estén a tensión **mínima** (Amplitud mínima) antes de prenderlos y/o hacer **cambios** de conexión.
- Es recomendable que antes de realizar las mediciones correspondientes, usted verifique que la amplitud de las señales de los generadores es la pedida para cada actividad. Para esto, conecte las puntas de prueba del osciloscopio directamente a la señal generada.

2.3 Montaje del módulo de trabajo

- Inserte la tarjeta SO4201-7U en el módulo de trabajo UNI-TRAIN SO4201-2C como se muestra en la Figura 1.
- Conecte la alimentación de 0 y ± 15 Volts al módulo de trabajo SO4201-2C.
- Entre las clavijas **Oscil. (Entrada Oscilador)** y **GND (Tierra)** de la Figura 10 del anexo se conectará la señal portadora (señal de alta frecuencia).
- Entre las clavijas **NFin (Entrada Señal)** y **GND (Tierra)** de la Figura 10 del anexo se conectará la señal moduladora (señal con información que desea transmitir).
- Las clavijas **AMout (Salida del modulador)** y **NFdemand (Salida demodulador)** de la Figura 10 del anexo corresponderán a las salidas de las señales modulada y demodulada, respectivamente.
- Se hará uso del osciloscopio de 4 canales, siguiendo la siguiente nomenclatura:
 - Canal 1: Señal moduladora.
 - Canal 2: Señal portadora.
 - Canal 3: Señal modulada.
 - Canal 4: Señal demodulada/modulada. (según corresponda en cada experiencia)

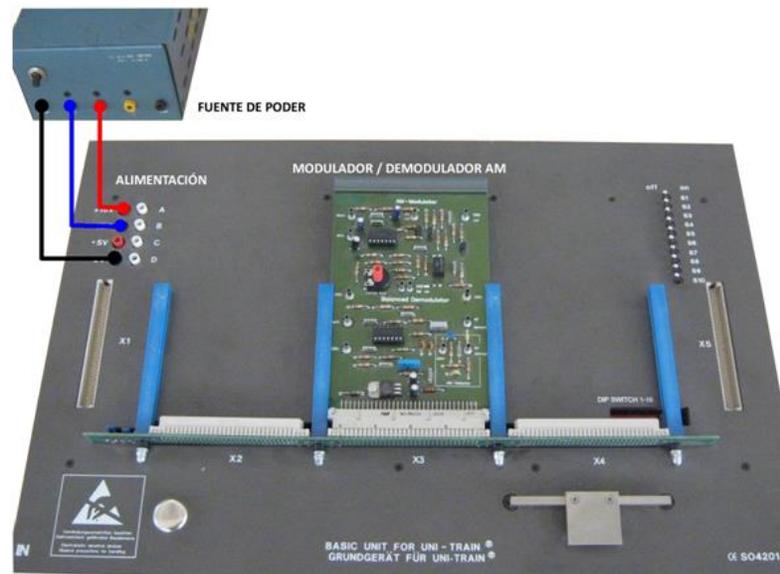


Figura 1: Esquema montaje módulo de trabajo.

2.4 Principio de AM

En este ejercicio Ud. observará y analizará los conceptos de señal portadora (de alta frecuencia), señal moduladora (señal con información que desea enviar) y señal modulada (señal a transmitir). En la Figura 2 se aprecia un esquema de las conexiones que deberá realizar en esta sección.

2.4.1 Señal portadora

- Conecte un generador de señales entre las clavijas **Oscil. (Entrada Oscilador) y GND (Tierra)**.
- Ajuste en el generador de señales conectado una onda sinusoidal de magnitud 100 [mV_{pp}] y frecuencia 455 [kHz].
- Conecte el canal 3 del osciloscopio a la salida **AMout (Salida modulador)**.
- Conecte el canal 2 del osciloscopio a la clavija **Oscil.**
- Conecte las tierras de ambas puntas de prueba del osciloscopio a un punto **GND** común.
- Ajuste el osciloscopio en modo normal (tiempo).
- Grafique y comente lo observado en el osciloscopio.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 2 en el anexo.

2.4.2 Señal moduladora

- Desconecte el generador de señales de la clavija **Oscil. y GND**.
- Conecte otro generador de señales entre las clavijas **NFin (Entrada Señal) y GND (Tierra)**.
- Ajuste en el generador de señales conectado una onda sinusoidal de magnitud 400 [mV_{pp}] y frecuencia 1 [kHz].
- Mantenga conectado el canal 3 a la salida **AMout**.
- Apague en el osciloscopio el canal 2.
- Conecte el canal 1 a la clavija **NFin**.
- Conecte las tierras de ambas puntas de prueba del osciloscopio a un punto **GND** común.
- Mantenga el osciloscopio en modo normal.
- Grafique y comente lo observado en el osciloscopio.

- Tome los datos que se piden en la Tabla 2 en el anexo.

2.4.3 Señal modulada

- Mantenga conectado el generador de señales a la clavija **NFin.** y **GND.** con la configuración anterior:
 - Onda sinusoidal de magnitud 400 [mV_{pp}] y frecuencia 1 [kHz].
- Conecte nuevamente el primer generador de señales a las clavijas **Oscil.** y **GND** ajustado a una configuración como en 2.4.1.
 - Onda sinusoidal de magnitud 100 [mV_{pp}] y frecuencia 455 [kHz].
- Conecte el canal 2 del osciloscopio a la clavija **Oscil.**
- Mantenga conectado el canal 1 a la clavija **NFin.**
- Mantenga conectado el canal 3 a la salida **AMout** y **GND.**
- Mantenga el osciloscopio en modo normal.
- Ajuste el potenciómetro **Carrier Null** hasta ver una señal en el osciloscopio lo más uniforme posible (gírelo casi al tope hacia la derecha).
- Grafique y comente lo observado en el osciloscopio.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 2 en el anexo.

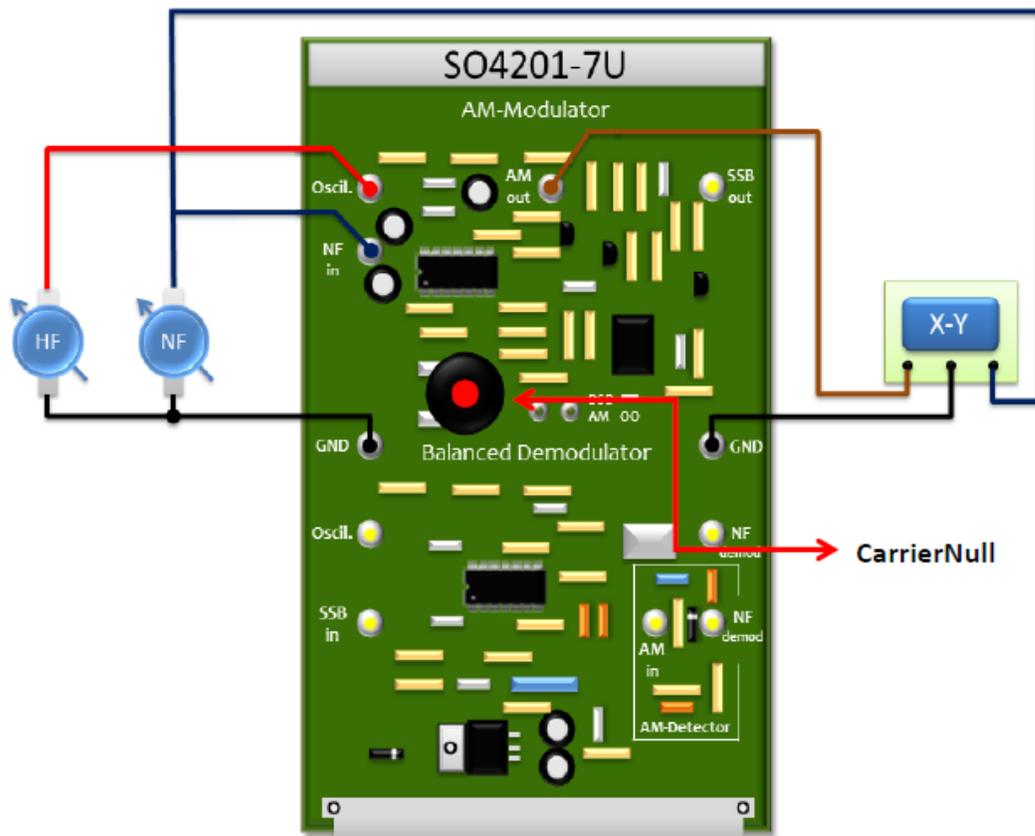


Figura 2: Esquema de conexiones para observar señales portadora, moduladora y modulada.

2.5 Grado de Modulación

En este ejercicio Ud. estudiará el concepto de grado de modulación. La idea es cuantificar el cambio de la amplitud de la señal moduladora en la amplitud de la señal modulada AM. La medida de estos cambios en la amplitud portadora es el grado de modulación.

2.5.1 Procedimiento

- Mantenga los generadores de señales conectados y ajustados como en el ejercicio anterior:
 - Señal en **Oscil.** 100 [mV_{pp}] a 455 [kHz].
 - Señal en **NFin** 400 [mV_{pp}] a 1 [kHz].
- Ajuste el osciloscopio en el modo normal de operación.
- Conecte el canal 1 del osciloscopio a las clavijas de señal de entrada **NFin** y **GND**.
- Conecte el canal 3 del osciloscopio a las clavijas de señal de salida **AMout** y **GND**.
- Manteniendo invariables las condiciones en el osciloscopio:
 - Observe que sucede al variar la amplitud de la señal moduladora (señal en **NFin**) manteniendo constante la amplitud de la señal portadora (señal en **Oscil.**).
 - Reduzca a **cero** la amplitud de la señal moduladora (Señal **NFin**).

2.5.2 Actividades

- Aumente lentamente la amplitud de la señal moduladora hasta el grado de sobre-modulación.
- Calcule el grado de modulación para unos 4 o 5 casos determinados por Ud.
- Grafique y comente lo observado en el osciloscopio con respecto a los efectos en el grado de modulación.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 3 en el anexo.

2.6 Demodulación AM

En este ejercicio Ud. estudiará la demodulación de una señal modulada por amplitud. En la Figura 3 se ilustran las conexiones que deberá realizar en esta sección.

2.6.1 Procedimiento

- Mantenga los generadores de señales conectados y ajustados como en el ejercicio anterior:
 - Señal en **Oscil.** de 100 [mV_{pp}] a 455 [kHz].
 - Señal en **NFin** de 400 [mV_{pp}] a 1 [kHz].
- Conecte el modulador al demodulador, para lo cual, mediante un cable, conecte las clavijas **AMout** y **AMin**, tal como se indica en la Figura 3.
- Mantenga conectado el canal 1 del osciloscopio entre las clavijas **NFin** y **GND** (Señal moduladora).
- Conecte el canal 4 del osciloscopio entre las clavijas **NFdemod** y **GND** (Señal demodulada).
- Mantenga el osciloscopio en modo normal.

2.7 Modulación de banda lateral doble (DSB)

En este ejercicio estudiará la modulación de amplitud de banda lateral doble (DSB), en la cual la señal portadora es suprimida casi totalmente y solo se transmiten las bandas laterales. La ausencia de la portadora no tiene consecuencias en la comunicación, ya que, aunque normalmente representa el mayor porcentaje de energía, no tiene componentes de la información. En este caso, el grado de modulación tiene un valor infinito.

En modulación DSB, al aplicar únicamente la señal HF (portadora) en **AMout**, se puede medir una señal con la frecuencia de la señal HF pero con una amplitud mucho menor comparada con la de AM normal (actividad 2.4.1). Esta señal es conocida como la residual de la portadora.

2.7.1 Modulación DSB

2.7.1.1 Procedimiento

- Conecte el puente de conexión en DSB/AM mediante un cable (ver Figura 5).
- Conecte el generador de señales a las clavijas **Oscil.** y **GND** con una senoide de amplitud 200 [mV_{pp}] y frecuencia 455 [kHz].
- Conecte el canal 3 del osciloscopio a las clavijas **AMout** y **GND**, y observe la señal de salida.
- Minimice el valor de la amplitud de la señal de salida **AMout** mediante el potenciómetro **Carrier Null** (Se minimiza la residual de la portadora).
- Conecte el generador de señales a **NFin** y **GND** ajustando una señal moduladora de 1 [V_{pp}] y frecuencia 22,75 [kHz].
- Conecte el canal 1 del osciloscopio a la señal de entrada **NFin**.
- Observe las señales en el modo normal del osciloscopio.

2.7.2 Actividades

- Grafique lo observado en el osciloscopio y comente la señal de salida **AMout**, en comparación a lo visto en el ejercicio 2.4.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 5 en el anexo.

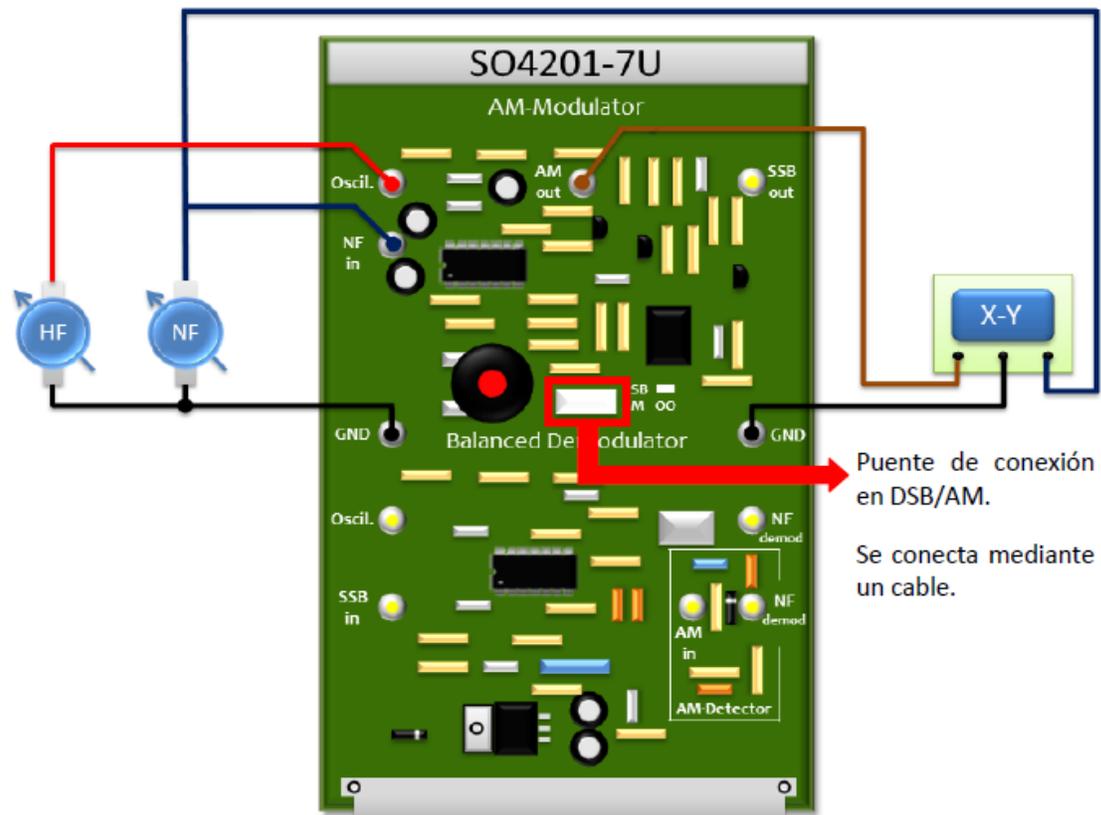


Figura 5: Esquema de conexiones modulación DSB.

2.7.3 Visualización salto de fase

2.7.3.1 Procedimiento

- Mantenga conectado el puente de conexión DSB/AM mediante un cable.
- Mantenga los ajustes de los generadores como en la sección anterior:
 - Señal en **Oscil.** de 200[mV_{pp}] a 455 [kHz].
 - Señal en **NFin** de 1[V_{pp}] a 22.75 [kHz].
- Mantenga el osciloscopio en el modo normal de visualización.
- Mantenga conectado el canal 3 del osciloscopio a la salida **AMout** y **GND**.
- Conecte el canal 2 del osciloscopio a la clavija **Oscil.**
- Conecte el canal 1 del osciloscopio a la clavija **NFin**.
- Ajuste la imagen del osciloscopio para que pueda observar la señal modulada (Señal en **AMout**) justo en el momento en que pasa por cero (Realice un “zoom de acercamiento” con el tiempo a la imagen del osciloscopio).
- Regule la frecuencia de la señal de la clavija **NFin** (señal moduladora) hasta que la imagen del osciloscopio esté lo más estacionaria posible.

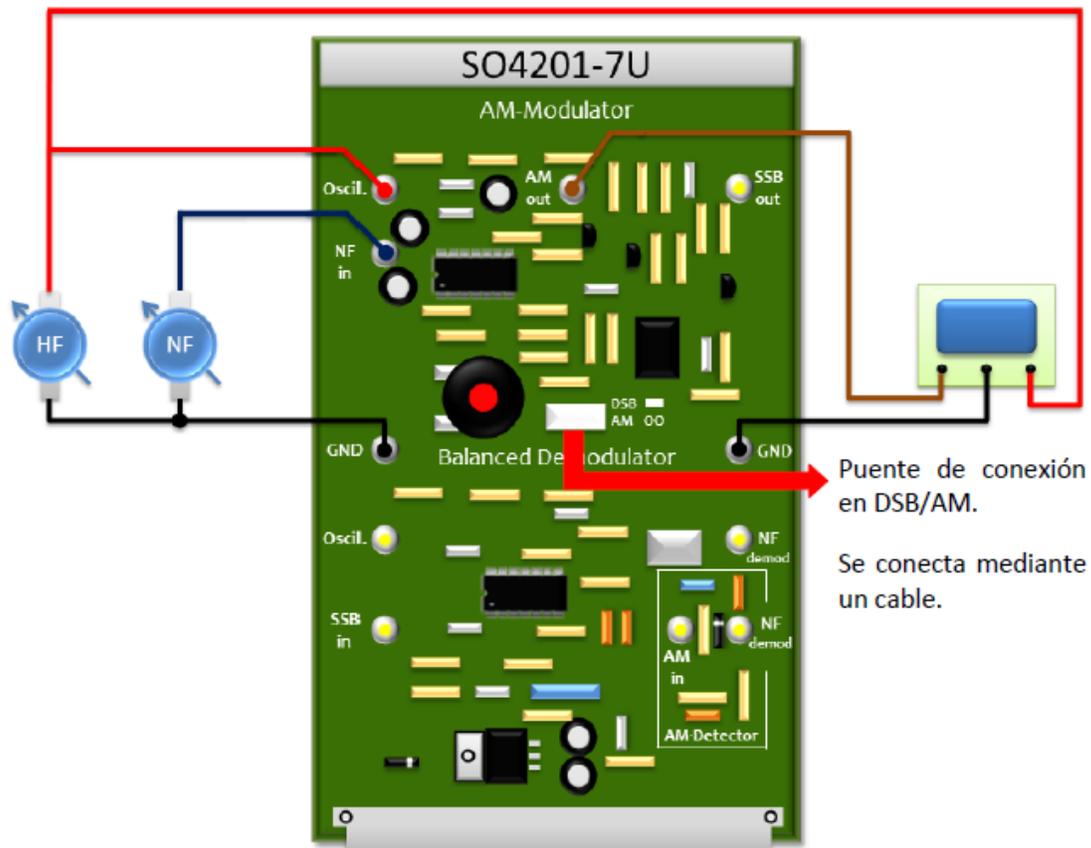


Figura 6: Esquema de conexiones para la visualización del salto de fase.

2.7.3.2 Actividades

- Compare la fase de la señal de salida en **AMout** con la de la señal portadora en **Oscil.**
- Grafique, comente y explique lo observado en el osciloscopio.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 6 en el anexo.
-

2.8 Modulación de Banda Lateral Única (SSB)

En este ejercicio Ud. estudiará dos métodos de modulación por banda lateral única (SSB): en el primero la modulación SSB se deriva a partir de modulación AM y en el segundo la modulación SSB se deriva a partir de la demodulación DSB.

2.8.1 Primer método

2.8.1.1 Procedimiento

- Desconecte el puente de conexión DSB/AM.
- Mantenga conectado ambos generadores de señales y ajústelos como sigue:
 - Señal en **Oscil.** de 100 [mV_{pp}] a 446 [kHz].
 - Señal en **NFin** de 400 [mV_{pp}] a 5 [kHz].
- Conecte el canal 4 del osciloscopio entre las clavijas **SSBout** y **GND**, como indica la Figura 7.

- Con el potenciómetro **Carrier Null** ajuste la señal de manera que la señal AM generada quede libre de distorsión (potenciómetro casi al tope hacia la derecha).
- Observe las señales en el modo normal del osciloscopio.

2.8.1.2 Actividades

- Grafique, describa y comente lo observado en el osciloscopio.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 7 en el anexo.

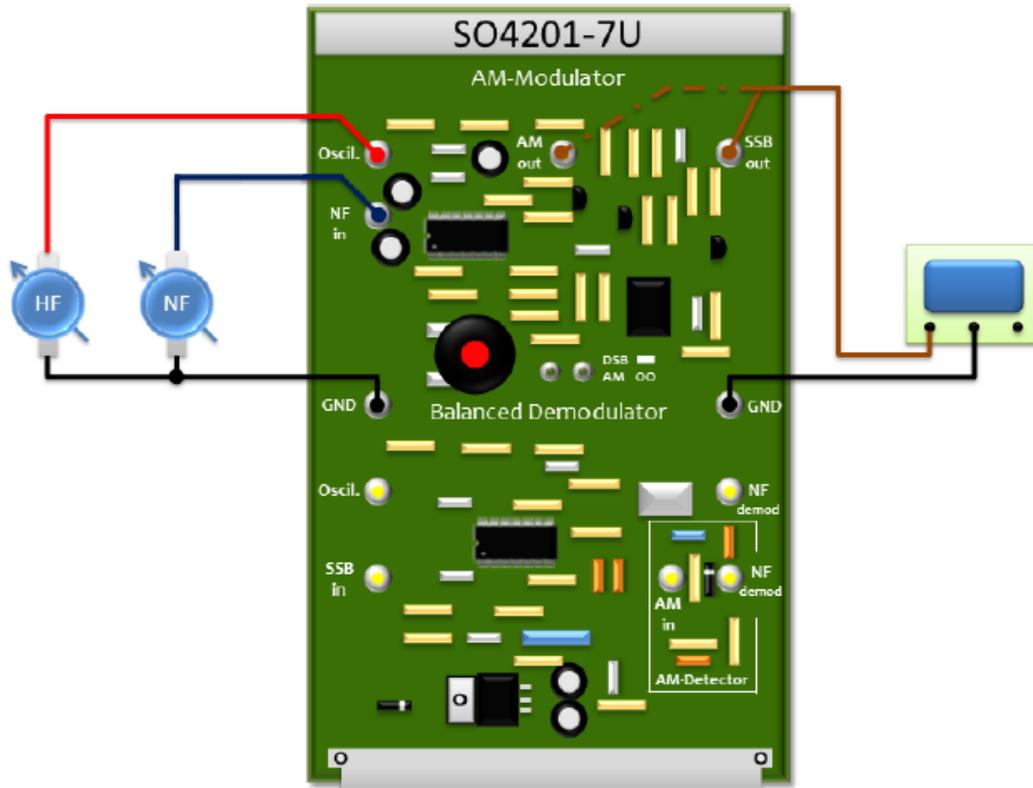


Figura 7: Esquema de conexiones modulación SSB, primer método.

2.8.2 Segundo método

2.8.2.1 Procedimiento

- Conecte el puente de conexión DSB/AM mediante un cable, como indica la Figura 8.
- Conecte el generador de señales a las clavijas **Oscil.** y **GND** con una sinusoide de amplitud 200 [mV_{pp}] y frecuencia 446 [kHz].
- Desconecte el otro generador de señales de las clavijas **NFin** y **GND**.
- Conecte el canal 3 del osciloscopio a las clavijas **AMout** y **GND**.
- Minimice el valor de la amplitud de la señal de salida **AMout** mediante el potenciómetro **Carrier Null** (Se minimiza la residual de la portadora).

- Conecte el generador de señales a **NFin** y **GND** ajustando una señal moduladora de 1 [V_{pp}] y frecuencia 15 [kHz].
- Conecte el canal 4 del osciloscopio entre la clavija **SSBout** y **GND**, como se indica en la Figura 8.
- Observe las señales en el modo normal del osciloscopio.

2.8.2.2 Actividades

- Grafique, describa y comente lo observado en el osciloscopio.
- Compare ambos métodos.
- Tome los datos que se piden en la Tabla 7 en el anexo.

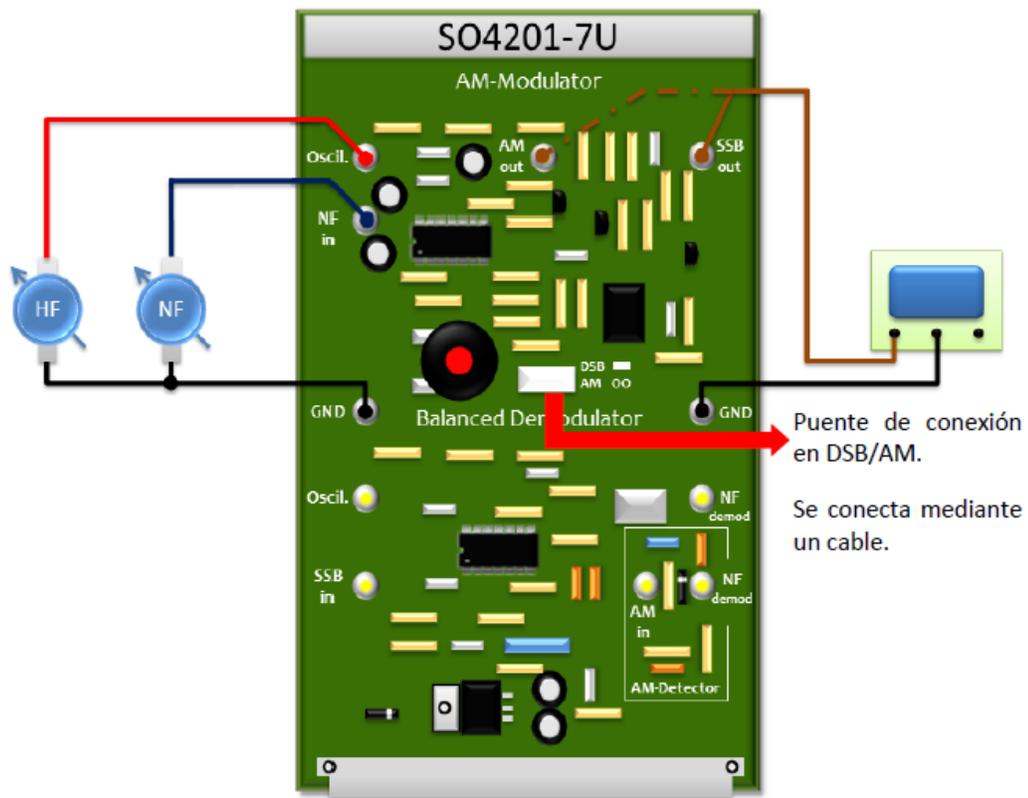


Figura 8: Esquema de conexiones modulación SSB, segundo método.

2.9 Demodulación SSB

En este ejercicio Ud. obtendrá la señal moduladora mediante demodulación SSB, utilizando el demodulador incluido en la tarjeta SO4201-7U.

2.9.1 Procedimiento

- Mantenga el conector **DSB/AM** conectado mediante un cable, como indica la Figura 9.
- Conecte la clavija **SSBout** del modulador de la tarjeta a **SSBin** del demodulador balanceado mediante un cable, tal como se indica en la Figura 9.

3 Anexo

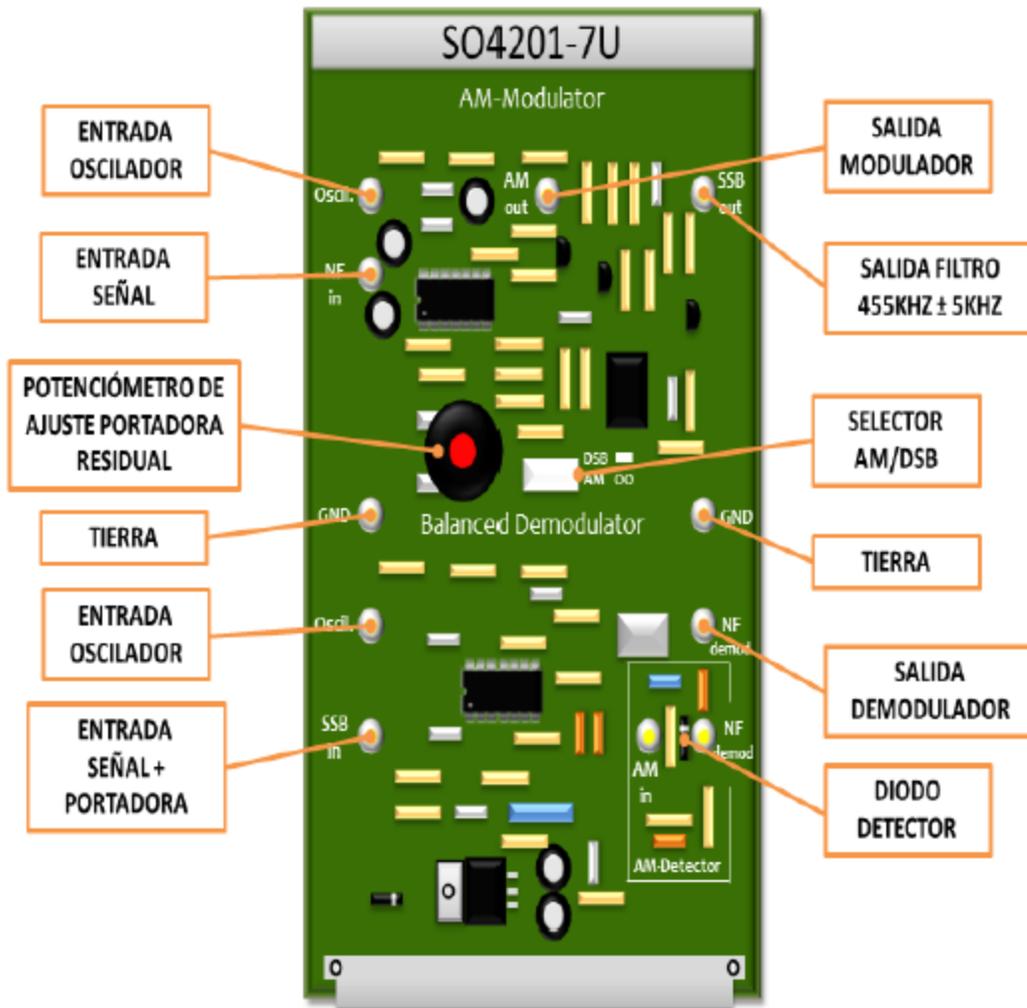


Figura 10: Tarjeta Moduladora / Demoduladora SO4201-7U.

3.1 Datos

Estos datos deben ser entregados al ayudante a cargo al finalizar la sesión correspondiente.

3.1.1 Principio de AM

Tabla 2: Señales de Modulación AM.

$U_{\text{portadora}}$ [V]	$f_{\text{portadora}}$ [Hz]	$U_{\text{moduladora}}$ [V]	$f_{\text{moduladora}}$ [Hz]	U_{modulada} [V]	f_{modulada} [Hz]

3.1.2 Grado de Modulación

Tabla 3: Grado de Modulación.

$U_{\text{moduladora}}$ [V]	$f_{\text{moduladora}}$ [Hz]	Grado modulación m

3.1.3 Demodulación AM

Tabla 4: Señal Demodulada AM.

$U_{\text{moduladora}}$ [V]	$f_{\text{moduladora}}$ [Hz]	$U_{\text{demodulada}}$ [V]	$f_{\text{demodulada}}$ [Hz]

3.1.4 Modulación DSB

Tabla 5: Grado de modulación DSB.

$U_{\text{moduladora}}$ [V]	$f_{\text{moduladora}}$ [Hz]	U_{modulada} [V]	f_{modulada} [Hz]	Grado modulación m

3.1.5 Visualización del salto de fase

Tabla 6: Salto de fase en modulación DSB.

$U_{\text{portadora}}$ [V]	$f_{\text{portadora}}$ [Hz]	$U_{\text{moduladora}}$ [V]	$f_{\text{moduladora}}$ [Hz]	Desfase ϕ [°]

3.1.6 Modulación SSB

Tabla 7: Modulación SSB.

Primer Método		Segundo Método	
$U_{\text{modulada}} [\text{V}]$	$f_{\text{modulada}} [\text{Hz}]$	$U_{\text{modulada}} [\text{V}]$	$f_{\text{modulada}} [\text{Hz}]$

3.1.7 Demodulación SSB

Tabla 8: Demodulación SSB.

Portadora Conectada		Portadora Desconectada	
$U_{\text{demodulada}} [\text{V}]$	$f_{\text{demodulada}} [\text{Hz}]$	$U_{\text{demodulada}} [\text{V}]$	$f_{\text{demodulada}} [\text{Hz}]$