

**M-PSK**

**MANUAL DEL USUARIO**

**Modulation Phase Simulation Kit**

---

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

Facultad de Ingeniería Electrónica **FIET**

**M-PSK**

# **Manual del Usuario**

**Desarrolladores del Proyecto:**

**Julian David Cardona F, Fredy G. Legarda Hoyos,**

**Colaboradores:**

**Ing. Felipe Cadena, Tirso Masabuel**

**© Copyright 2004 Universidad del Cauca.**

## Índice de contenido

---

### Capítulo 1: Procedimientos iniciales

Conexión del cable de energía. _____	4
Preparación e Instalación del Equipo. _____	4

### Capítulo 2: Utilización del Equipo

Encendido y Apagado del Equipo. _____	5
Controles Principales _____	5
Conexiones _____	5
Intercambio y Ajuste de los módulos _____	6

### Capítulo 3: Descripción de Los Bloques Funcionales

Transmisor Modular _____	9
Receptor BPSK _____	14
Receptor QPSK _____	16
Receptores 8PSK, 8QAM, 16QAM _____	17

### Capítulo 4: Módulos, Simulaciones y Montaje

BPSK _____	18
QPSK _____	18
8QAM _____	18
8PSK _____	18
16QAM _____	18

## **PREFACIO:**

El **MPSK** es un equipo de laboratorio, diseñado para simular las modulaciones de alto nivel BPSK, QPSK, 8PSK, 8QAM y 16QAM, aplicadas en la transmisión de datos digitales.

El **MPSK** permite de manera fácil y didáctica implementar las 5 principales modulaciones, con sus respectivas demodulaciones, con la ayuda de un osciloscopio se pueden observar las diferentes cambios de fase que imponen los datos de entrada sobre la onda portadora.

El Modulador esta compuesto de un único módulo con varios bloques que mediante diferentes configuraciones, permiten implementar las modulaciones digitales.

El receptor en su lugar esta compuesto por cinco diferentes módulos, cada uno implementa una única demodulación.

Los puntos de pruebas ubicados en los bloques funcionales que implementan las diferentes modulaciones, nos permiten fácilmente hacer medidas, lo cual nos da una mayor comprensión de las técnicas de modulación al poder observar el tratamiento de la señal portadora durante todo el proceso.

# CAPITULO 1: PROCEDIMIENTOS INICIALES

## **1.1 CONEXIÓN DEL CABLE DE ENERGIA**

- Este Equipo funciona con un voltaje AC de 110 Voltios y 60 Hertz , la toma de energía se encuentra en la parte posterior del Equipo. Se debe usar un cable con conexión a tierra (3 patas).

## **1.2 PREPARACIÓN E INSTALACIÓN DEL EQUIPO.**

- Verifique que todos los componentes tales como cables, conectores, módulos y demás elementos se encuentren en orden.
- Ubique el Equipo en un lugar seguro, protéjalo de la intemperie, el polvo y demás factores que contribuyan al deterioro de los componentes.
- Asegúrese que todos los controles y perillas estén en posición OFF o en su mínimo.

## CAPITULO 2: UTILIZACIÓN DEL EQUIPO

### **2.1 ENCENDIDO Y APAGADO DEL EQUIPO**

El equipo se enciende por medio del interruptor ubicado en la esquina izquierda superior, identificado con el icono "Φ". Este se ilumina cuando el equipo es encendido. Asegúrese de conectar correctamente el cable de energía.

### **2.2 CONTROLES PRINCIPALES**

En la interfaz principal se encuentran todos los controles del equipo, estos botones permiten un fácil acceso a las funciones del equipo, la interfaz principal es muy sencilla, con el fin de facilitar el manejo del equipo por parte de los estudiantes; Los controles principales se ilustran en el Anexo A "Interfaz del equipo". Se resumen en la tabla 1.

Control	Función
<b>POWER</b>	Encender y apagar el equipo
<b>PULSE</b>	Pulsador, este botón incrementa en un bit la palabra digital en la entrada del buffer de transmisión.
<b>INSERT</b>	Este botón activa el sistema automático de inserción de los módulos en la etapa de recepción
<b>EJECT</b>	Este botón activa el sistema automático de extracción de los módulos en la etapa de recepción
<b>SWITCH 8PSK-16QAM</b>	Este switch permite cambiar en el transmisor el tipo de modulación, de 8PSK a 16QAM
<b>LED INDICADOR DE CONEXION</b>	Cada módulo, posee un LED en la esquina superior Derecha, el cual indica si el módulo se ha conectado correctamente al equipo
<b>LED's PALABRA TRANSMISION</b>	Leds indicadores de la Palabra digital a transmitir. Se encuentran tanto en Transmisión como en Recepción.

**Tabla 1. Controles Principales**

### 2.3 CONEXIONES

Todas las conexiones del equipo entre sus módulos y con equipos externos tales como generadores de señales y osciloscopios se hacen a través de conectores **BNC** 50Ω, se recomienda utilizar los cables y conectores **BNC** suministrados con el equipo.

El Equipo posee diferentes conexiones BNC, las cuales se listan en la siguiente Tabla, Las conexiones se ilustran en el Anexo A

Conexión	Descripción
<b>Portadora</b>	Entrada de la señal portadora.
<b>Bits TX</b>	Conexiones para la palabra digital que se desea transmitir
<b>Negador</b>	Salida del negador de D0
<b>DAC conversor 1/2 In</b>	Entrada del conversor de 1 a 2 niveles.
<b>DAC Conversor 1/2 Out</b>	Salida del conversor de 1 a 2 niveles
<b>DAC Conversor 2/4 In</b>	Entrada de l conversor de 2 a 4 niveles.
<b>DAC Conversor 2/4 Out</b>	Salida del conversor de 2 a 4 niveles
<b>Modulador In</b>	Entrada del bloque modulador
<b>Modulador Out</b>	Salida del bloque modulador, entrada del sumador
<b>Desfasador -90°</b>	Punto de Prueba de la onda desfasada.
<b>OUT</b>	Salida del bloque Sumador.
<b>IN Demodulador</b>	Entrada de Señal de los bloques demoduladores
<b>TP</b>	Puntos de Prueba (Test Points)

**Tabla 2. Controles Principales**



## **2.4 INTERCAMBIO Y AJUSTE DE LOS MÓDULOS**

- El equipo debe estar Encendido antes de insertar o reemplazar los módulos, el indicador de Power debe estar encendido
- Ponga suavemente el módulo en el slot diseñado para tal fin, introduzca el módulo manualmente, hasta sentir el anclaje, luego presione el Botón INSERT, mantenga presionado este botón, hasta que el módulo ajuste por completo en el equipo, éste debe ajustar perfectamente antes de realizar cualquier simulación, el indicador de encendido de cada módulo debe estar ON
- Para extraer uno de los módulos, retire todas las conexiones BNC presentes en él, luego presione durante unos pocos segundos el botón EJECT, hasta que el módulo salga por completo, el LED indicador de conexión deberá apagarse.

## CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DE LOS BLOQUES FUNCIONALES

En este capítulo, se describe cada uno de los bloques funcionales que componen el equipo M-PSK

Se describe su Función, al igual que las Señales de entrada y salida de cada bloque.

### 3.1 TRANSMISOR

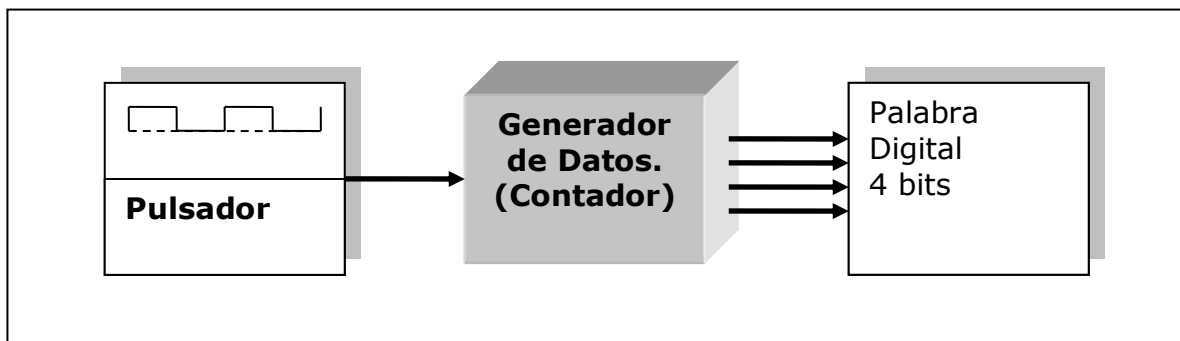
#### 3.1.1 GENERADOR DE DATOS DE ENTRADA

El Generador de datos de entrada, consiste en un contador, el cual incrementa en un bit la palabra digital puesta en la entrada del transmisor, esto con el fin de mantener constante la palabra que se desea transmitir, para poder medir los cambios de fase que se le imponen a la onda portadora con cada cambio de los bits en transmisión.

**3.1.1.1 Entrada:** Como entrada de este bloque tenemos un pulso digital, el cual incrementa el sumador.

**3.1.1.2 Salida:** La salida de este bloque consiste en cuatro bits, los cuales representan la palabra a transmitir.

**3.1.1.3 Diagrama General.**



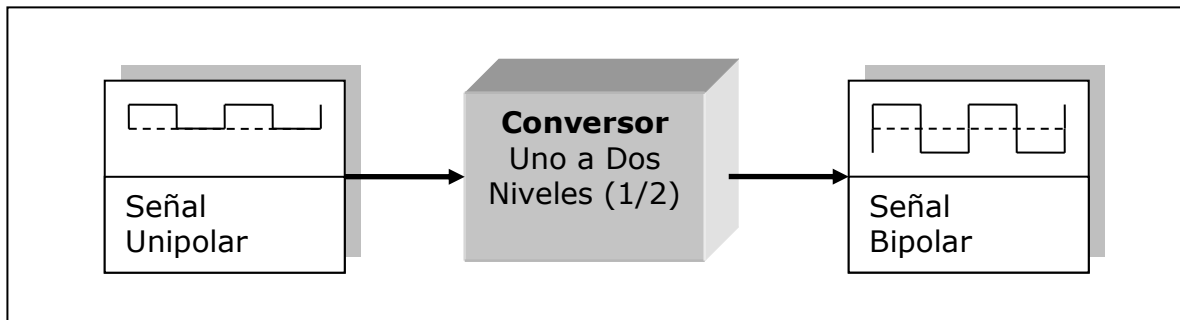
### 3.1.2 CONVERTSOR 1/2

Este bloque se utiliza para generar las modulaciones BPSK y QPSK, su función es convertir los datos de unipolar a bipolar.

**3.1.2.1 Entrada:** Su única entrada, es una señal unipolar, proveniente del bloque Generador de datos; El Bit "0" equivale a un voltaje en la entrada de cero (0) Voltios, El bit "1" equivale a un voltaje en la entrada de cinco (5) Voltios.

**3.1.2.2 Salida:** La salida de este bloque consiste en una señal bipolar; El Bit "0" equivale a un voltaje de salida de -5 Voltios, El bit "1" equivale a un voltaje de salida de cinco (5) Voltios

#### 3.1.2.3 Diagrama de Bloques General



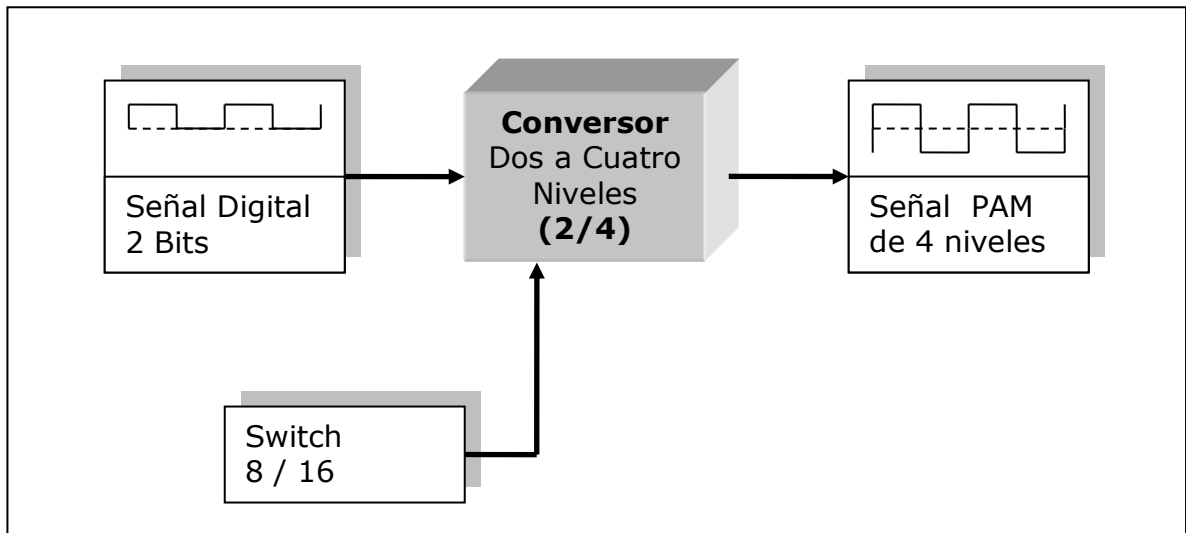
### 3.1.3 CONVERTSOR 2/4

Este bloque es utilizado para generar La señal PAM de cuatro niveles, necesaria en las modulaciones 8PSK, 8QAM y 16QAM; Según la palabra digital de entrada, y el tipo de modulación, se generan diferentes niveles de Voltaje DC.

**3.1.3.1 Entrada:** Posee dos entradas, la primera es una palabra digital de dos bits, y la segunda entrada es un indicador del tipo de modulación que se desea implementar.

**3.1.3.2 Salida:** Voltaje DC de diferentes niveles, según la palabra de transmisión y el tipo de modulación.

### 3.1.3.3 Diagrama de Bloques General



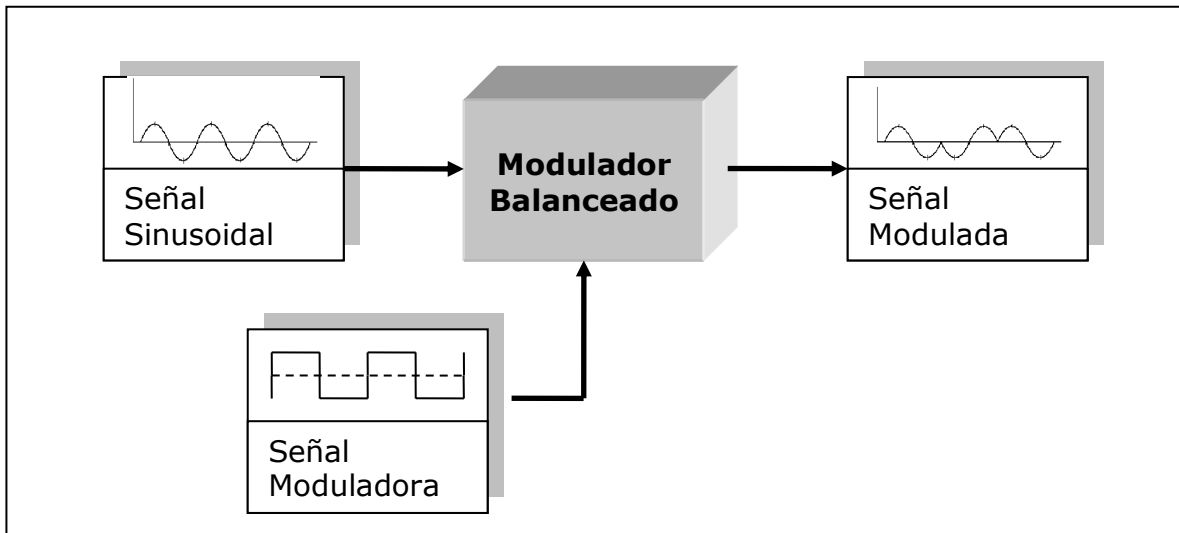
### 3.1.4 MODULADOR BALANCEADO

Este bloque posee dos entradas, la señal moduladora, que consiste de un voltaje DC, proveniente del Convertor y la Portadora, una señal sinusoidal. La salida corresponde a una señal modulada en amplitud y fase, resultante del producto de las señales de entrada.

**3.1.4.1 Entrada:** Dos entradas, la primera un Voltaje DC, la segunda corresponde a una señal sinusoidal.

**3.1.4.2 Salida:** Señal sinusoidal, variado en amplitud y/o fase, proporcional a la entrada.

### 3.1.4.3 Diagrama de Bloques General



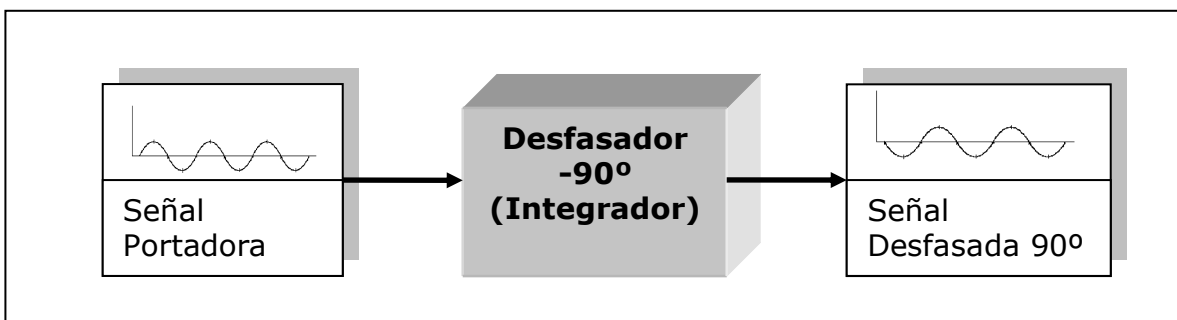
### 3.1.5 DESFASADOR $-90^\circ$

Este bloque es utilizado para generar una señal coseno, a partir de la entrada Sinusoidal, es decir genera un desfase de  $90^\circ$  a la señal de entrada, para generar la señal analógica utilizada en el Canal Q.

**3.1.5.1 Entrada:** La única señal de entrada es la portadora sinusoidal.

**3.1.5.2 Salida:** Señal analógica en cuadratura con la portadora.

### 3.1.5.3 Diagrama de Bloques General



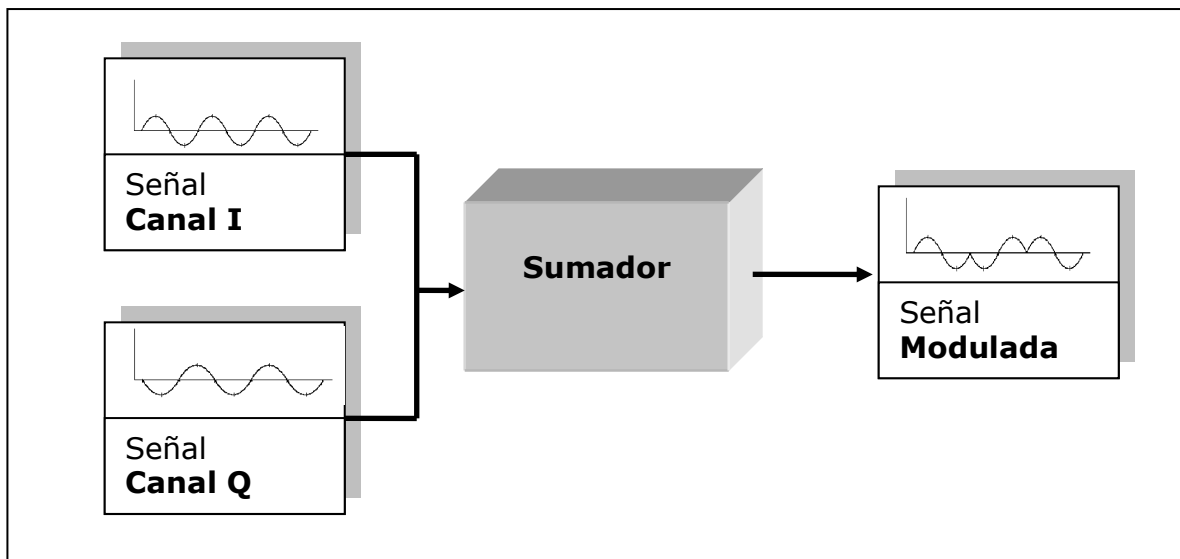
### 3.1.6 SUMADOR

Este Bloque consiste en un sumador lineal, el cual Combina las señales procedentes de los canales I y Q.

**3.1.6.1 Entrada:** Dos Entradas analógicas, correspondientes a las Sslidas de los moduladores I y Q

**3.1.6.2 Salida:** La salida es una señal analógica, equivalente a la suma de las señales de entrada, La portadora Modulada.

#### 3.1.6.3 Diagrama de Bloques General



## 3.2 RECEPTOR BPSK

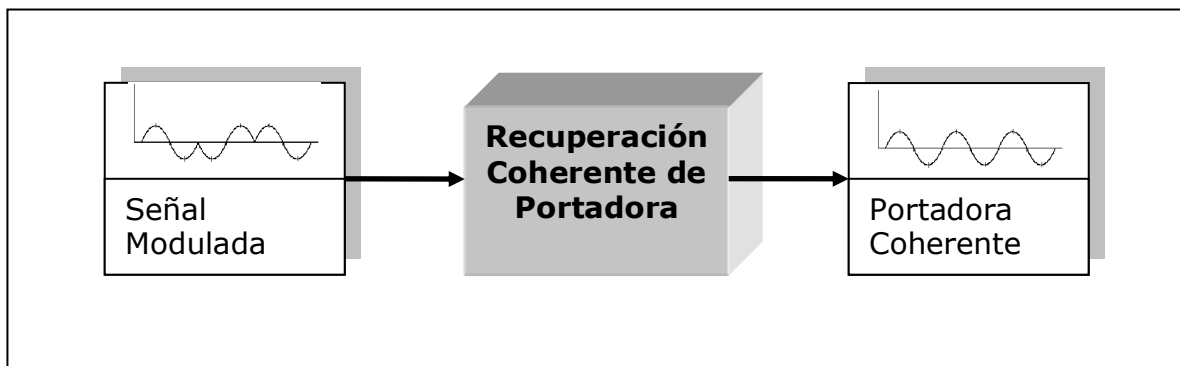
### 3.2.1 RECUPERADOR DE PORTADORA

Este Bloque es el encargado de regenerar la señal portadora, a partir de la señal modulada de entrada

**3.2.1.1 Entrada:** Señal modulada.

**3.2.1.2 Salida:** Señal portadora coherente.

#### 3.2.1.3 Diagrama de Bloques General



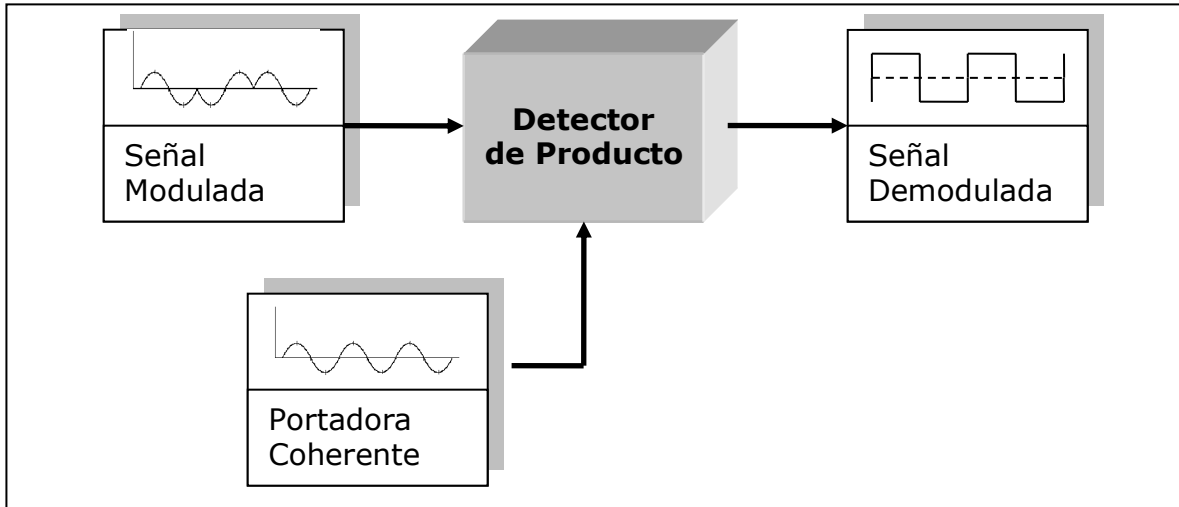
### 3.2.2 DETECTOR DE PRODUCTO

Este Bloque, Multiplica las señales de entrada, proceso del cual se obtiene una señal Demodulada Compleja del tipo  $\text{Sen}^2\omega t$ .

**3.2.2.1 Entrada:** Posee dos Señales de Entrada, Una de ellas es La señal BPSK y La otra es La Señal Portadora Recuperada

**3.2.2.2 Salida:** Señal Demodulada compleja.

### 3.2.2.3 Diagrama de Bloques General



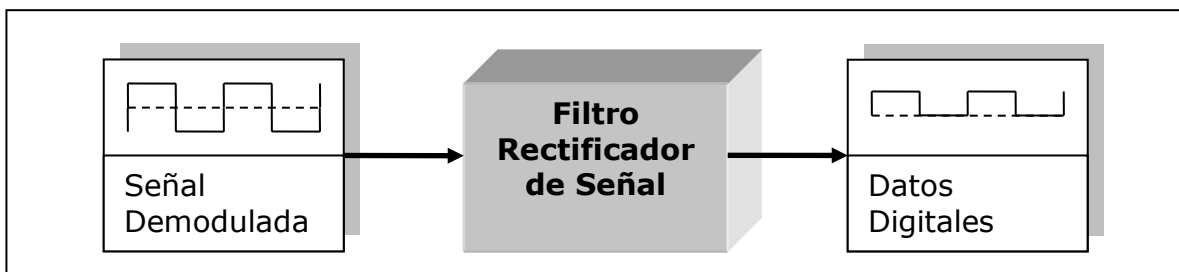
### 3.2.3 FILTRO RECTIFICADOR DE SEÑAL

Este bloque filtra la señal Compleja, bloqueando el segundo armónico de la Portadora permitiendo el paso a una señal unipolar, con un pequeño rizado, el cual es eliminado en la etapa de rectificación.

**3.2.3.1 Entrada:** Señal modulada compleja

**3.2.3.2 Salida:** Señal de datos Digital

### 3.2.3.3 Diagrama de Bloques General





### 3.3 RECEPTOR QPSK

Incluye algunos bloques ya mencionados:

- Recuperación de portadora.
- Detector de producto.
- Filtro rectificador de señal.
- Desfasador  $90^\circ$  (Integrador)

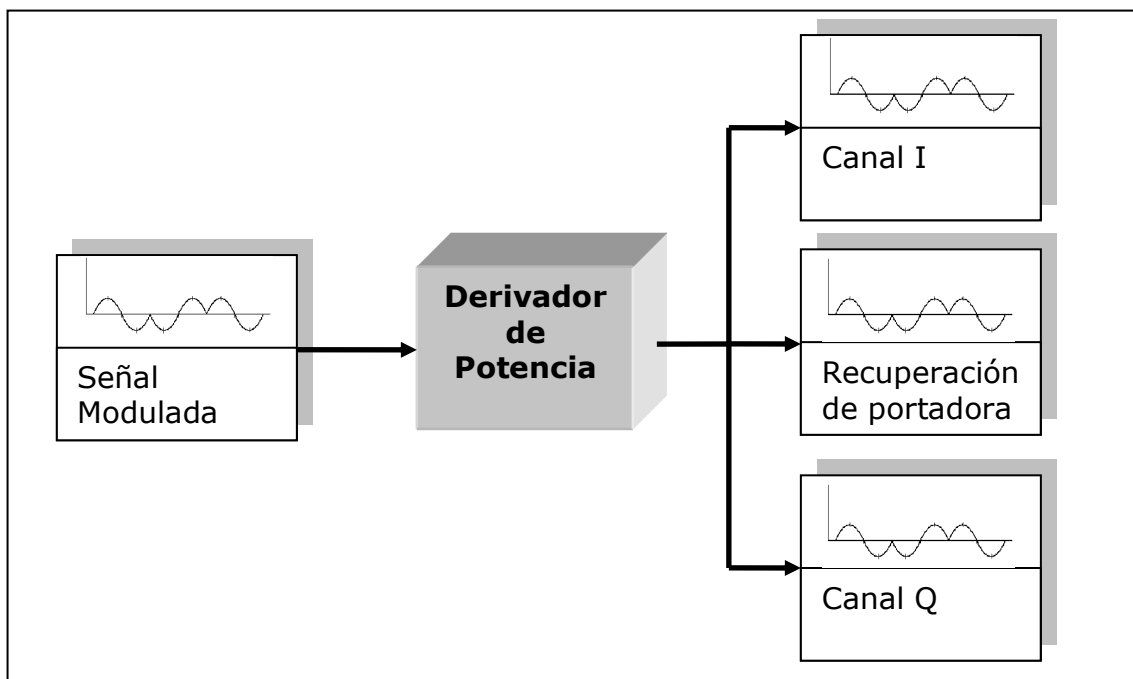
Incluye también un derivador de potencia.

#### 3.3.1 DERIVADOR DE POTENCIA

**3.3.1.1 Entrada:** Señal modulada.

**3.3.1.2 Salida:** Señal Modulada trifurcada, tres ramas, una rama para el canal de Recuperación I. otra para el canal de Recuperación Q y otra para La recuperación de Portadora

#### 3.3.1.3 Diagrama de Bloques General



### 3.4 RECEPTOR 8PSK, 8QAM, 16QAM

Contiene Bloques ya mencionados:

- Derivador de Potencia.
- Recuperador de Portadora
- Derivador de Producto
- Desfasador 90° (Integrador)

Incluye también un Bloque Conversor Analógico a Digital.

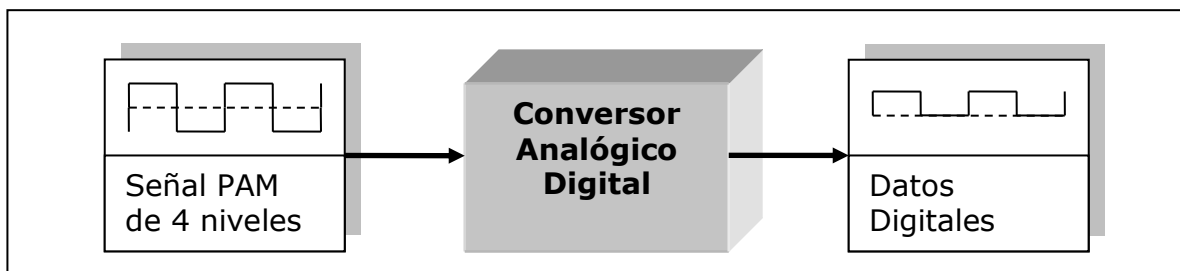
#### 3.4.1 CONVERTOR ANALÓGICO DIGITAL 4/2

Conformado por un comparador de voltaje y compuertas digitales, este bloque entrega los Bits de la palabra digital, decodificando la señal PAM de 4 Niveles

**3.4.1.1 Entrada:** Señal PAM de 4 Niveles

**3.4.1.2 Salida:** Palabra digital de dos bits

**3.4.1.3 Diagrama de Bloques General**

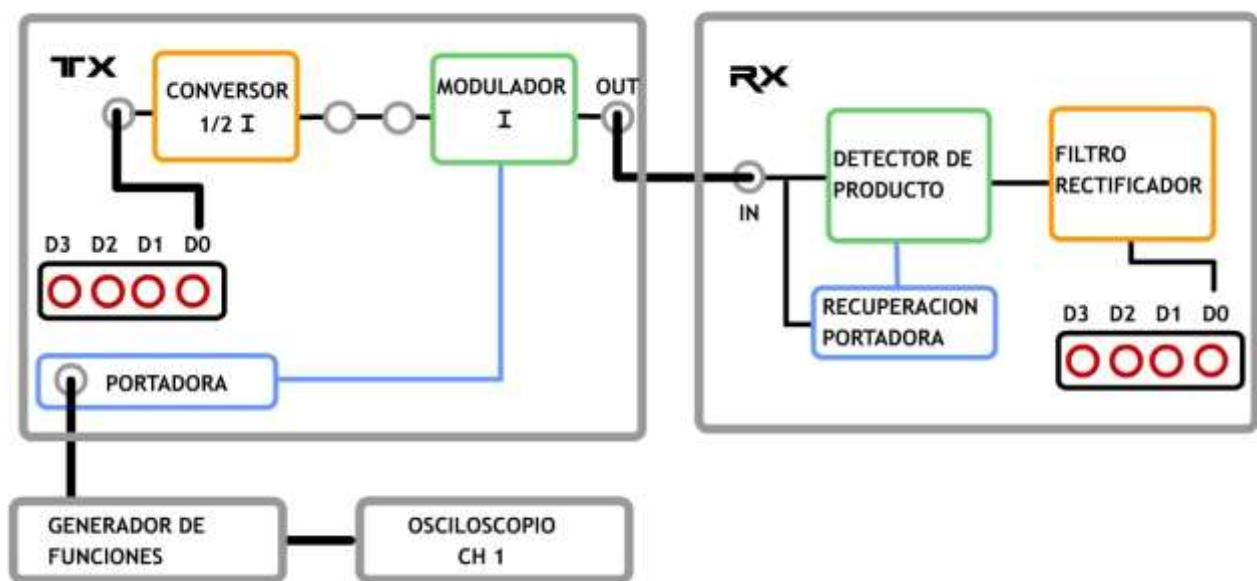


## CAPITULO 4: MÓDULOS, SIMULACIONES Y MONTAJE

A continuación se describe en forma general como obtener las diferentes modulaciones, sus respectivas demodulaciones, resultados esperados y formas de onda.

### 4.1 BPSK

#### 4.1.1 ESQUEMA BÁSICO



#### 4.1.2 CONEXIONES

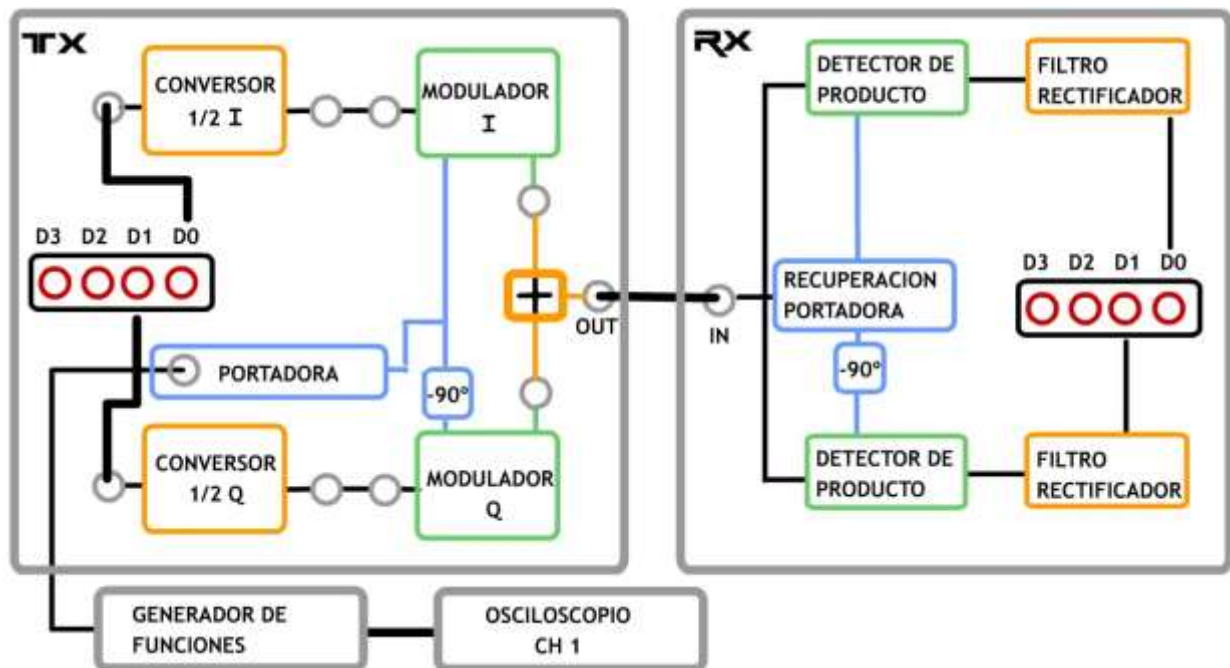
- Introduzca el Módulo "Demodulador BPSK"
- Genere una señal Sinusoidal de 10Khz y 300mV de amplitud con el generador de funciones, mediante una T-BNC conecte la señal al osciloscopio para medir la amplitud. (monitoreo de amplitud)
- Conecte la Señal sinusoidal en la entrada de portadora del transmisor, verifique constantemente la amplitud en el osciloscopio.
- Conecte D0 a la entrada del convertidor 1/2 I.
- Conecte la salida del Convertidor 1/2 I a la entrada del Modulador I.
- Conecte la salida del Modulador, en la entrada "IN" BPSK del receptor BPSK.

### 4.1.3 RESULTADOS ESPERADOS

- En la salida del Conversor, se debe producir una señal bipolar, equivalente a el bit D0 de entrada.
- En la Salida del Modulador, se espera una señal sinusoidal, cuya fase varia según los cambios del bit D0, en la entrada. Refiérase al método para medir desfases al final de este capítulo.
- En la salida del detector de producto, se debe medir una señal unipolar, con un pequeño rizado en los intervalos de marca.
- En la Salida del Filtro, se espera una Señal unipolar, sin rizado, visible mediante el LED indicador, el bit recibido debe ser exactamente igual al transmitido.

## 4.2 QPSK

### 4.2.1 ESQUEMA BÁSICO



#### 4.2.2 CONEXIONES

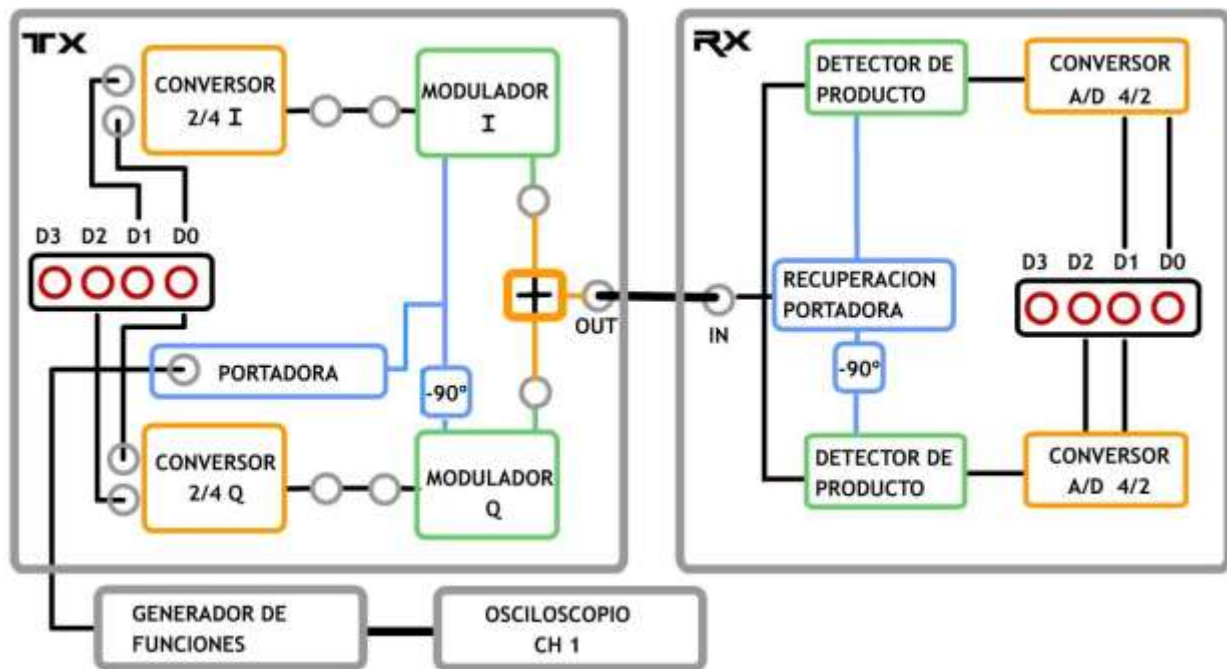
- a) Introduzca el Módulo "Demodulador QPSK"
- b) Genere una señal sinusoidal de 10Khz y 300mV de amplitud con el generador de funciones, mediante una T-BNC conecte la señal al osciloscopio para medir la amplitud. (monitoreo de amplitud)
- c) Conecte la señal sinusoidal en la entrada de portadora del transmisor, verifique constantemente la amplitud en el osciloscopio.
- d) Conecte D0 a la entrada del conversor 1/2 I.
- e) Conecte D1 a la entrada del conversor 1/2 Q.
- f) Conecte la salida del Conversor 1/2 I a la entrada del Modulador I.
- g) Conecte la salida del Conversor 1/2 Q a la entrada del Modulador Q.
- h) Conecte la salida OUT del sumador en la Entrada "IN" QPSK del receptor QPSK. Internamente los moduladores están conectados al sumador, la salida del modulador es la entrada del sumador.

#### 4.2.3 RESULTADOS ESPERADOS

- a) En la salida del Conversor, se debe producir una señal bipolar, equivalente al bit D0 de entrada.
- b) En la Salida del Modulador, se espera una señal sinusoidal, cuya fase varía según los cambios del bit D0, en la entrada.
- c) En la salida del Sumador, se espera una señal sinusoidal con fases y amplitudes variables. Compare esta señal con la portadora original en el osciloscopio. Utilice el método que se explica al final de este capítulo
- d) En la salida del detector de producto, se debe medir una señal unipolar, con un pequeño rizado en los intervalos de marca.
- e) En la salida del Filtro, se espera una señal unipolar, sin rizado, visible mediante el LED indicador, los bits recibidos deben ser exactamente iguales a los transmitidos.

## 4.3 8-QAM

### 4.3.1 ESQUEMA BÁSICO



### 4.3.2 CONEXIONES

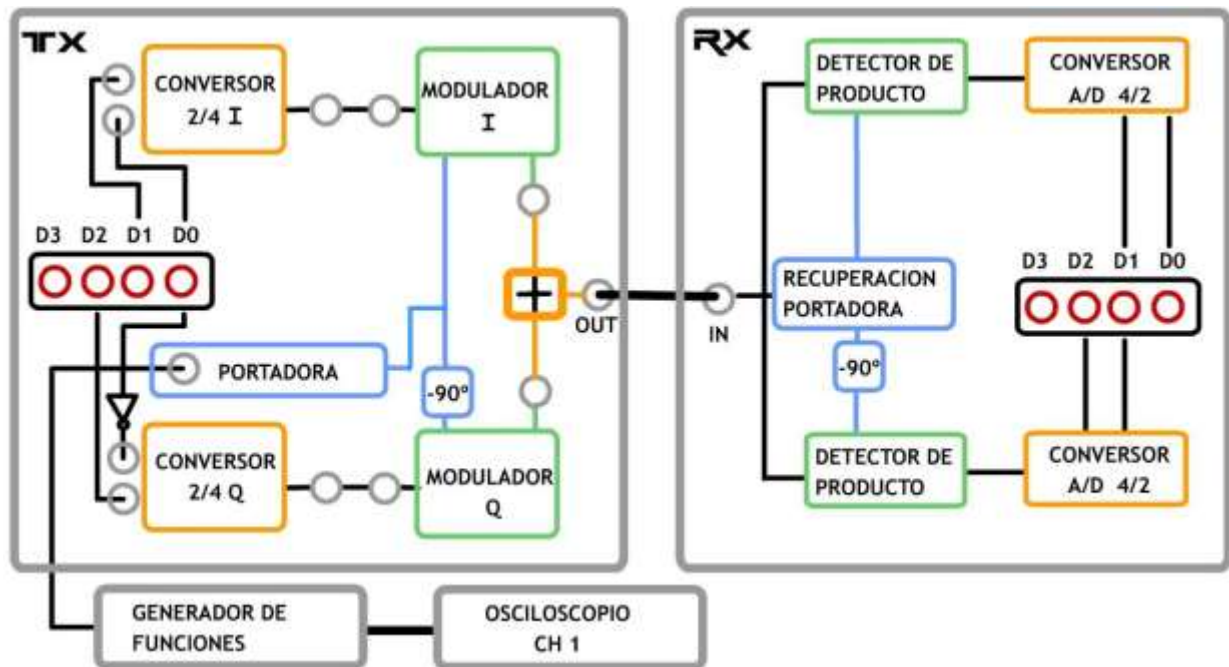
- Introduzca el Módulo "Demodulador 8-QAM"
- Genere una señal sinusoidal de 10Khz y 300mV de amplitud con el generador de funciones, mediante una T-BNC conecte la señal al osciloscopio. (monitoreo)
- Conecte la señal sinusoidal en la entrada de portadora del transmisor, verifique constantemente la amplitud en el Osciloscopio.
- Conecte una T-BNC en D0, luego conecte D0 a la entrada del convertor 2/4 I.
- Conecte D0 a la entrada del convertor 2/4 Q.
- Conecte D1 a la entrada del convertor 2/4 I.
- Conecte D2 a la entrada del convertor 2/4 Q.
- Conecte la salida del Conversor 2/4 I a la entrada del Modulador I.
- Conecte la salida del Conversor 2/4 Q a la entrada del Modulador Q.
- Conecte la salida OUT del sumador en la entrada "IN" QPSK del receptor QPSK. Internamente los moduladores están conectados al sumador, la salida del modulador es la entrada del sumador.

### 4.3.3 RESULTADOS ESPERADOS

- En la salida del Conversor, se debe producir una señal con cuatro diferentes valores DC, equivalentes a la combinación de los bits de entrada.
- En la Salida del Modulador, se espera una señal sinusoidal, cuya fase varía según los cambios de los bits, en la entrada.
- En la salida del Sumador, se espera una señal sinusoidal con fases y amplitudes variables. Compare esta señal con la portadora original en el osciloscopio. Utilice el método que se explica al final de este capítulo
- En la salida del detector de producto, se debe medir una señal PAM de 4 niveles DC
- En la Salida del Conversor A/D de Cuatro a dos niveles, se espera detectar los bits transmitidos, equivalentes en cada canal.

## 4.4 8-PSK

### 4.4.1 ESQUEMA BÁSICO



#### 4.4.2 CONEXIONES

- a) Introduzca el Módulo "Demodulador 8-PSK"
- b) Genere una señal sinusoidal de 10Khz y 300mV de amplitud con el generador de funciones, mediante una T-BNC conecte la señal al osciloscopio. (monitoreo)
- c) Conecte la señal sinusoidal en la entrada de portadora del transmisor, verifique constantemente la amplitud en el osciloscopio.
- d) Conecte D0 a la entrada del conversor 2/4 I.
- e) Conecte D0' (negado) en la entrada del conversor 2/4 Q
- f) Conecte D1 a la entrada del conversor 2/4 I.
- g) Conecte D2 a la entrada del conversor 2/4 Q.
- h) Conecte la salida del Conversor 2/4 I a la entrada del Modulador I.
- i) Conecte la salida del Conversor 2/4 Q a la entrada del Modulador Q.
- j) Conecte la salida OUT del sumador en la entrada "IN" QPSK del receptor QPSK. Internamente los moduladores están conectados al sumador, la salida del modulador es la entrada del sumador.

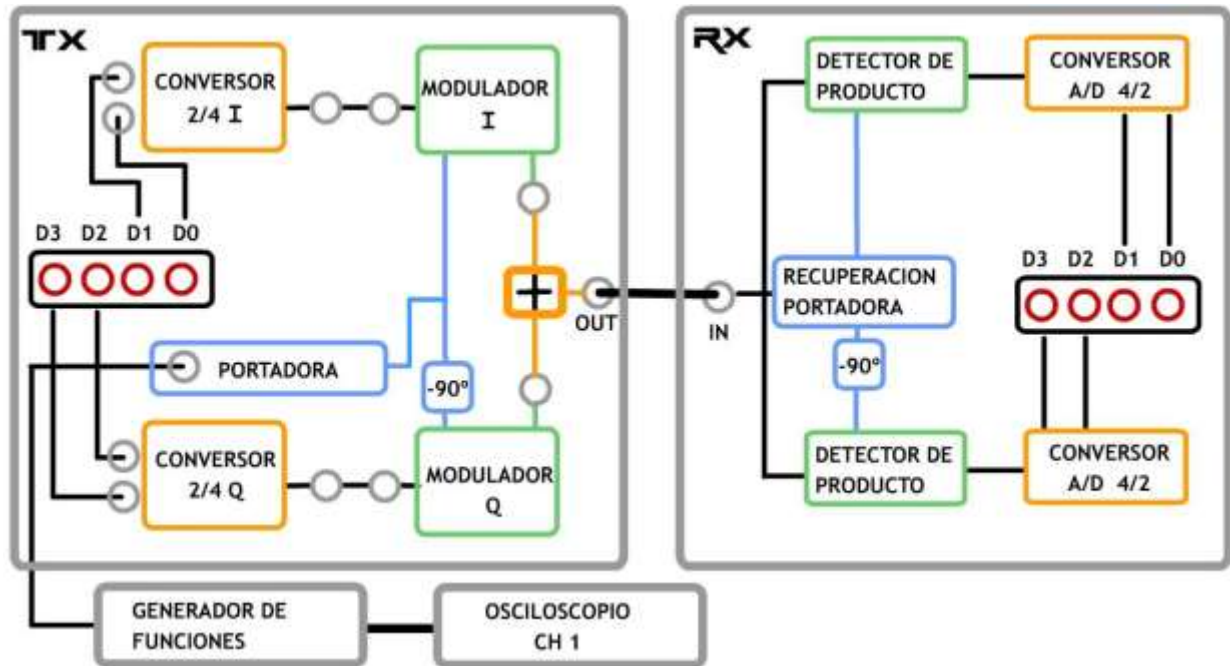
#### 4.4.3 RESULTADOS ESPERADOS

- a) En la salida del conversor, se debe producir una señal con cuatro diferentes valores DC, equivalentes a la combinación de los bits de entrada.
- b) En la salida del Modulador, se espera una señal sinusoidal, cuya fase varía según los cambios de los bits, en la entrada.
- c) En la salida del Sumador, se espera una señal sinusoidal con fases y amplitudes variables. Compare esta señal con la portadora original en el osciloscopio. Utilice el método que se explica al final de este capítulo
- d) En la salida del detector de producto, se debe medir una señal PAM de 4 niveles DC
- e) En la Salida del Conversor A/D de Cuatro a dos niveles, se espera detectar los bits transmitidos, equivalentes en cada canal.



## 4.5 16-QAM

### 4.5.1 ESQUEMA BÁSICO



### 4.5.2 CONEXIONES

- Introduzca el Módulo "Demodulador 16-QAM"
- Genere una señal sinusoidal de 10Khz y 300mV de amplitud con el generador de funciones, mediante una T-BNC conecte la señal al osciloscopio. (monitoreo)
- Conecte la Señal Sinusoidal en la entrada de portadora del transmisor, verifique constantemente la amplitud en el osciloscopio.
- Conecte D0 en la entrada del conversor 2/4 I.
- Conecte D1 en la entrada del conversor 2/4 I.
- Conecte D2 a la entrada del conversor 2/4 Q.
- Conecte D3 a la entrada del conversor 2/4 Q.
- Conecte la salida del Conversor 2/4 I a la entrada del Modulador I.
- Conecte la salida del Conversor 2/4 Q a la entrada del Modulador Q.

- j) Conecte la salida OUT del sumador en la entrada "IN" QPSK del receptor QPSK. Internamente los moduladores están conectados al sumador, la salida del modulador es la entrada del sumador.

### **4.5.3 RESULTADOS ESPERADOS**

- f) En la salida del conversor, se debe producir una señal con cuatro diferentes valores DC, equivalentes a la combinación de los bits de entrada.
- g) En la salida del Modulador, se espera una señal sinusoidal, cuya fase varía según los cambios de los bits, en la entrada.
- h) En la salida del Sumador, se espera una señal sinusoidal con fases y amplitudes variables. Compare esta señal con la portadora original en el osciloscopio. Utilice el método que se explica al final de este capítulo
- i) En la salida del detector de producto, se debe medir una señal PAM de 4 niveles DC
- j) En la salida del Conversor A/D de Cuatro a dos niveles, se espera detectar los bits transmitidos, equivalentes en cada canal.

### **MÉTODO PARA MEDIR DESFASAJES**

1. En un canal del osciloscopio inyecte la Portadora, en el otro la señal modulada
2. Se mide la distancia en centímetros entre picos de la portadora, esto equivale a 360 grados. Por ejemplo: Entre picos de la portadora hay 4.9 cuadros, cada cuadro equivale a:  $(360 \text{ grados} / 4.9 \text{ cm.}) = 73.46 \text{ grados} / \text{cm.}$
3. Conociendo la equivalente para cada cuadro se mide la diferencia entre el pico de la portadora y la señal modulada, a esta distancia se llama d.
4. Así el desfase será igual a  $d * 73.46$ , por ejemplo: Si entre el pico de la portadora y la señal modulada hay 1.85 cms, entonces el desfase será de  $1.85 * 73.46 = 35.9$  grados, el signo se puede observar directamente en el osciloscopio, si la señal modulada esta adelantada, el desfase será positivo, en caso contrario será negativo.

## CAPITULO 5. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Para realizar las medidas de la onda portadora, sus distintos parámetros y transformaciones, a lo largo de todo el proceso de modulación, basta con conectar el osciloscopio, en cualquiera de los puntos de prueba.

Si no obtiene los resultados esperados en algunas de la simulaciones, tal vez se deba a problemas en la calibración del equipo, **lea cuidadosamente este capítulo, antes de Realizar cualquier modificación interna.**

Este capítulo explica paso a paso como calibrar el equipo, pero se recomienda que solo personal con conocimientos avanzados realicen la calibración.

A continuación se explica como calibrar cada uno de los módulos que componen el equipo tanto en Transmisión, como en Recepción. **Revise el Anexo B "Plano Eléctrico" en el cual se encuentran los el planos eléctrico de cada uno de los módulos que conforman el equipo.**

## 5.1 TRANSMISOR.

### 5.1.1 CALIBRACION DEL CONVERTOR 2/4 I

1. Conecte el bit **D0** a la entrada **A** y el bit **D1** a la entrada **B** del Conversor.
2. Mueva el **Switch** de tipo de modulación a la posición **ocho (8)**.
3. Para la palabra **00**, debe existir aproximadamente - **145 mV** en el **Pin 1** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P1** hasta obtener este valor. En el **Pin 7** del **TL084**, debe existir un voltaje de **-100 mV**, de no ser así, ajuste el potenciómetro **P2** hasta obtener este valor. Tenga en cuenta que son elementos de precisión y los movimientos deben ser lentos.
4. Para la Palabra **10**, debe existir aproximadamente **-350 mV** en el **Pin 1** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P3** hasta obtener este valor.
5. Verifique que se genere la siguiente tabla de valores para cada palabra digital.

<b>D1</b>	<b>D0</b>	<b>Voltajes Pin 7 TL084 (mV)</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-100</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>-240</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>100</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>240</b>

**Tabla 3. Calibración conversor 2/4 I**

6. Mueva el **Switch** de tipo de modulación a la posición **dieciséis (16)**.
7. Para la palabra **00**, debe existir aproximadamente - **276 mV** en el **Pin 1** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P4** hasta obtener este valor. En el **Pin 7** del **TL084**, debe existir un voltaje de **-100 mV**, de no ser así, ajuste el

potenciómetro **P5** hasta obtener este valor. Tenga en cuenta que son elementos de precisión y los movimientos deben ser lentos.

8. Para la palabra **10**, debe existir aproximadamente **-479 mV** en el **Pin 1** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P6** hasta obtener este valor.
9. Verifique que se genere la siguiente tabla de valores para cada palabra digital.

<b>D1</b>	<b>D0</b>	<b>Voltajes Pin 7 TL084 (mV)</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-100</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>-372</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>100</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>369</b>

**Tabla 4. Calibración conversor 2/4 I**

Con esto queda calibrado el Conversor 2/4 I

### 5.1.2 CALIBRACION DEL CONVERTOR 2/4 Q

1. Conecte el bit **D0** a la entrada **A** y el bit **D1** a la entrada **B** del Conversor.
2. Mueva el **Switch** de tipo de modulación a la posición **ocho (8)**.
3. Para la palabra **00**, debe existir aproximadamente **-145 mV** en el **Pin 14** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P7** hasta obtener este valor. En el **Pin 8** del **TL084**, debe existir un voltaje de **-100 mV**, de no ser así, ajuste el potenciómetro **P8** hasta obtener este valor. Tenga en cuenta que son elementos de precisión y los movimientos deben ser lentos.
4. Para la Palabra **10**, debe existir aproximadamente **-350 mV** en el **Pin 14** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P9** hasta obtener este valor.

5. Verifique que se genere la siguiente tabla de valores para cada palabra digital.

D1	D0	Voltajes Pin 8 TL084 (mV)
0	0	-100
0	1	-240
1	0	100
1	1	240

**Tabla 5. Calibración conversor 2/4 Q**

6. Mueva el **Switch** de tipo de modulación a la Posición **dieciséis (16)**.

7. Para la palabra **00**, debe existir aproximadamente **- 276 mV** en el **Pin 14** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P10** hasta obtener este valor. En el **Pin 8** del **TL084**, debe existir un voltaje de **-100 mV**, de no ser así, ajuste el potenciómetro **P11** hasta obtener este valor. Tenga en cuenta que son elementos de precisión y los movimientos deben ser lentos.

8. Para la palabra **10**, debe existir aproximadamente **-479 mV** en el **Pin 14** del **TL084**. De lo contrario mueva el potenciómetro **P12** hasta obtener este valor.

9. Verifique que se genere la siguiente tabla de valores para cada palabra digital.

D1	D0	Voltajes Pin 8 TL084 (mV)
0	0	-100
0	1	-372
1	0	100
1	1	369

**Tabla 6. Calibración conversor 2/4 Q**

Con esto queda calibrado el Conversor 2/4 Q

### 5.1.3 CALIBRACION DEL MODULADOR I

Después de calibrar los convertidores, se puede continuar con la calibración de los moduladores, para ello siga los siguientes pasos:

1. Conecte el bit **D0** y el bit **D1** a la entrada del **Convertor 2/4 I**.
2. Conecte la salida del **Convertor 2/4 I** a la entrada del Modulador I.
3. Con el generador de Funciones, produzca una onda **seno de 10khz**.
4. Conecte una T-BNC a la salida del Generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la señal seno, y asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
5. Conecte la señal Portadora de 300 mV en la entrada de portadora, del transmisor. Verifique en el osciloscopio la amplitud.
6. Fije la palabra **00** en la entrada del **Convertor 2/4 I**.
7. En el **Canal 2 del osciloscopio**, conecte una señal proveniente del **pin 12** del **LM1496 (Canal I)**, verifique que exista una señal **Senos de 50 mV** de amplitud **en Contrafase** con la señal Portadora. De no ser así, mueva el potenciómetro **"Balance I"** hasta obtener esta señal.
8. Fije la palabra **10**, verifique que exista una señal **seno de 50 mV** de amplitud **en Fase** con la señal portadora en el **Pin 12** del **LM1496 (Canal I)**. De no ser así, mueva el potenciómetro **"Balance I"** hasta obtener esta señal.
9. Ajuste el potenciómetro **"Balance I"**, hasta que las dos señales sean de la misma amplitud.

#### 5.1.4 CALIBRACION DEL MODULADOR Q

Después de calibrar los convertidores, se puede continuar con la calibración de los moduladores, para ello siga los siguientes pasos:

10. Conecte el bit **D0** y el bit **D1** a la entrada del **Convertor 2/4 Q**.
11. Conecte la salida del **Convertor 2/4 Q** a la entrada del **Modulador Q**.
12. Con el generador de funciones, produzca una onda **seno de 10kHz**.
13. Conecte una T-BNC a la salida del generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la señal seno, y asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
14. Conecte la señal portadora de 300 mV en la entrada de portadora, del transmisor. Verifique en el osciloscopio la amplitud.
15. Fije la palabra **00** en la entrada del **Convertor 2/4 Q**.
16. En el **Canal 2 del osciloscopio**, conecte una señal proveniente del **pin 12 del LM1496 (Canal Q)**, verifique que exista una señal **Senos de 50 mV** de amplitud **en Contrafase** con la señal portadora. De no ser así, mueva el potenciómetro **"Balance Q"** hasta obtener esta señal.
17. Fije la palabra **10**, verifique que exista una señal **Senos de 50 mV** de amplitud **en Fase** con la señal portadora en el **Pin 12 del LM1496 (Canal Q)**. De no ser así, mueva el potenciómetro **"Balance Q"** hasta obtener esta señal.
18. Ajuste el potenciómetro **"Balance Q"**, hasta que las dos señales sean de la misma Amplitud.



### 5.1.5 CALIBRACION DEL MÓDULO DESFASADOR -90°

1. Con el generador de funciones, produzca una onda **seno de 10khz**.
2. Conecte una T-BNC a la salida del generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la señal seno, y asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
3. Conecte la señal portadora de 300 mV en la entrada de Portadora, del transmisor. Verifique en el osciloscopio la Amplitud.
4. En el **Pin 7 del TL082 (DESFASE)**, debe observarse una señal Cosenoidal de 300 mV, de lo contrario mueva el **Potenciómetro "DESFASE"** hasta obtener una señal desfasada **90°** de la señal portadora, esto es una señal Cosenoidal.

### 5.1.6 CALIBRACION DEL MÓDULO SUMADOR

1. Con el generador de Funciones, Produzca una onda **seno de 10khz**.
2. Conecte una T-BNC a la salida del Generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la Señal Seno, y Asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
3. Conecte la Señal Portadora de 300 mV en la Entrada de Portadora, del Transmisor. Verifique en el osciloscopio la Amplitud.
4. En el **Pin 7 del TL082 (SUMADOR)**, debe observarse una señal sin saturación de Amplitud, de lo contrario mueva el **Potenciómetro "Sumador"**, hasta obtener una señal sin saturacion.

## 5.2 RECEPTOR

### 5.2.1 BPSK

1. Con el generador de Funciones, Produzca una onda **seno de 10khz**.
2. Conecte una T-BNC a la salida del Generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la Señal Seno, y Asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
3. Conecte la Señal Portadora de 300 mV en la Entrada de Portadora, del Transmisor. Verifique en el osciloscopio la Amplitud.
4. Conecte la salida "OUT" del transmisor en la entrada del receptor BPSK
5. El amplificador de entrada de este modulo, debe producir una señal de igual amplitud que la señal portadora, de no ser así, mueva el potenciómetro PR1, hasta producir esta señal.
6. El potenciómetro PR2, fija el voltaje de saturación del transistor Q1, mueva este potenciómetro con el fin de ajustar el voltaje de la base del transistor, se debe lograr que el transistor trabaje un poco por encima de la región de saturación.

### 5.2.2 QPSK

#### Canal I:

1. Con el generador de Funciones, Produzca una onda **seno de 10khz**.
2. Conecte una T-BNC a la salida del Generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la Señal Seno, y Asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.

3. Conecte la Señal Portadora de 300 mV en la Entrada de Portadora, del Transmisor. Verifique en el osciloscopio la Amplitud.
4. Conecte la salida "OUT" del transmisor en la entrada del receptor QPSK
5. El potenciómetro PR3, fija el voltaje de saturación del transistor Q2, mueva este potenciómetro con el fin de ajustar el voltaje de la base del transistor, se debe lograr que el transistor trabaje un poco por encima de la región de saturación

#### **Canal Q:**

1. Con el generador de Funciones, Produzca una onda **seno de 10khz**.
2. Conecte una T-BNC a la salida del Generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la Señal Seno, y Asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
3. Conecte la Señal Portadora de 300 mV en la Entrada de Portadora, del Transmisor. Verifique en el osciloscopio la Amplitud.
4. Conecte la salida "OUT" del transmisor en la entrada del receptor QPSK
5. El potenciómetro PR4, fija el voltaje de saturación del transistor Q3, mueva este potenciómetro con el fin de ajustar el voltaje de la base del transistor, se debe lograr que el transistor trabaje un poco por encima de la región de saturación

### 5.2.3 8PSK-8QAM-16QAM

6. Con el generador de Funciones, Produzca una onda **seno de 10khz**.
7. Conecte una T-BNC a la salida del Generador, conecte en el **canal 1 del Osciloscopio** la Señal Seno, y Asegúrese que siempre permanezca con una amplitud de **300 mV**.
8. Conecte la Señal Portadora de 300 mV en la Entrada de Portadora, del Transmisor. Verifique en el osciloscopio la Amplitud.
9. Conecte la salida "OUT" del transmisor en la entrada del Receptor.
10. Cada canal posee 3 potenciómetros identificados con las letras A,B,C, estos potenciómetros fijan los valores de referencia para el comparador , asegúrese que los voltajes de referencia, medidos en la segunda pata de cada potenciómetro sean como los de la siguiente tabla:

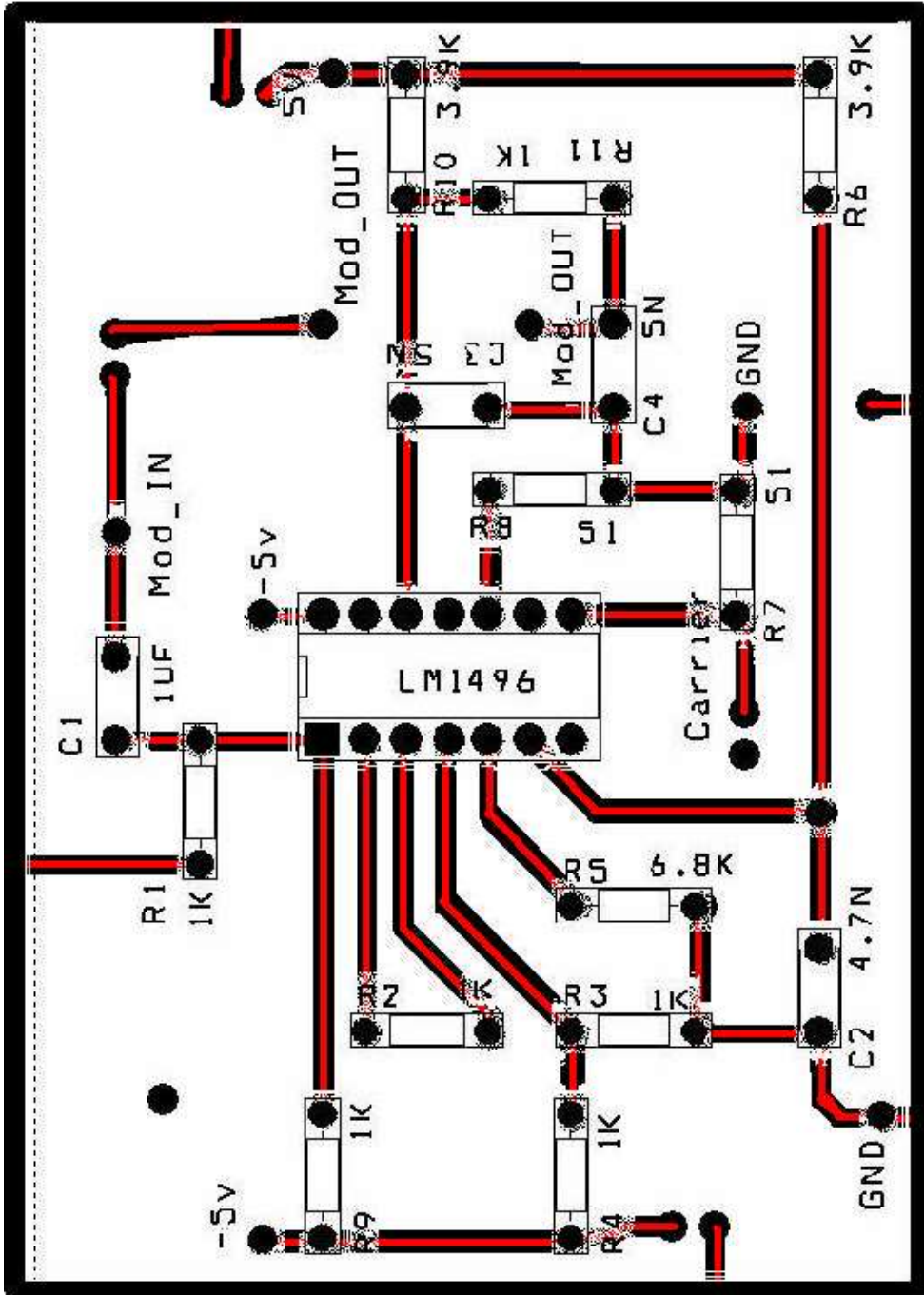
Potenciómetro	Voltaje Voltios
A	2.5
B	2.2
C	1.9

**Tabla 7. Voltajes de Referencia del Comparador**

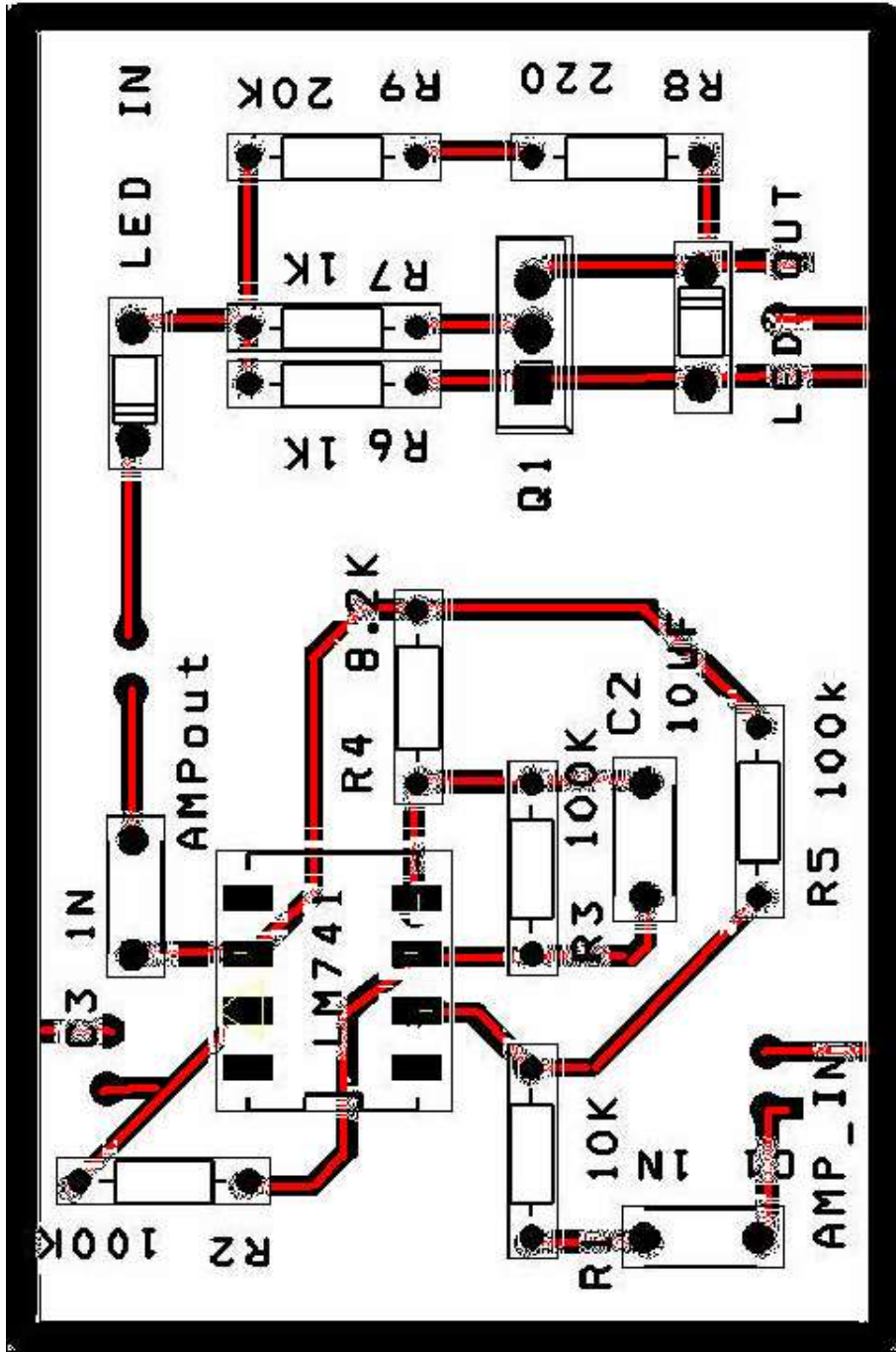


ANEXO B: PLANO ELECTRICO.

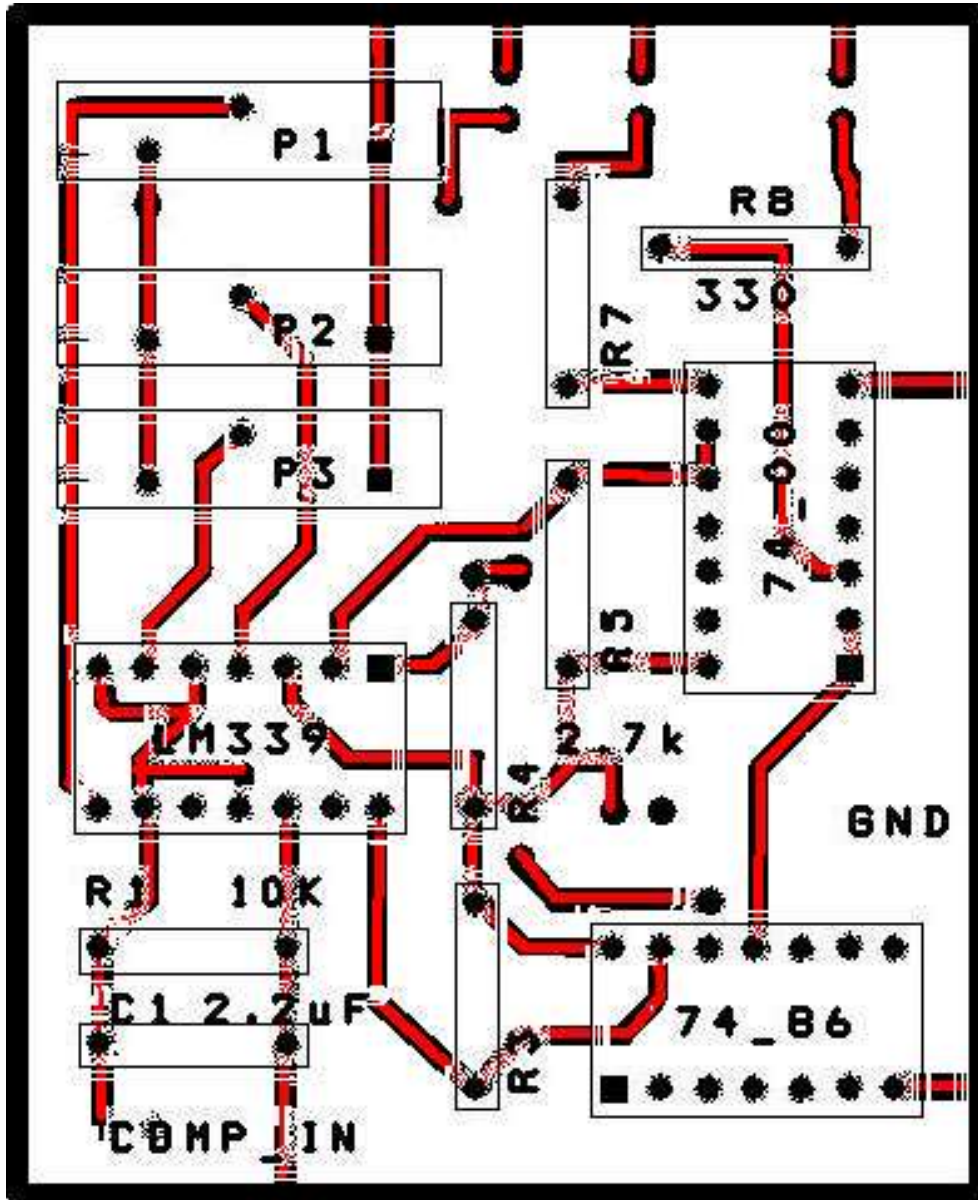
a) DETECTOR DE PRODUCTO.



b) MÓDULO BPSK – QPSK

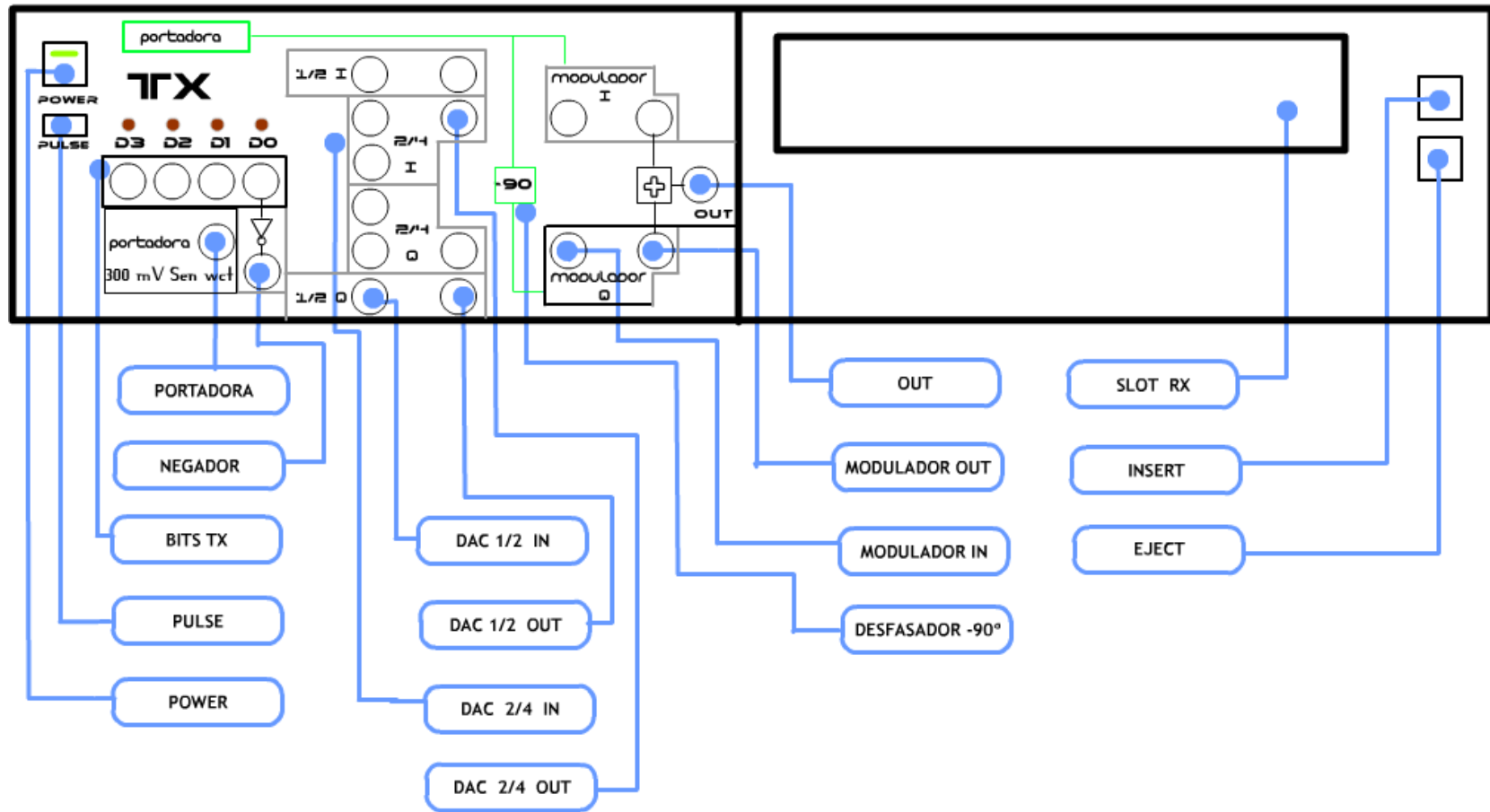


c) MÓDULO 8PSK - 8QAM - 16QAM









**ANEXO A. INTERFAZ DEL EQUIPO M-PSK**

