

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**ESCUELA DE TELEMÁTICA**

**OPTIMIZACIÓN DEL LABORATORIO DE  
COMUNICACIONES EN EL ITSA MEDIANTE LA  
HABILITACIÓN DE LOS MÓDULOS DE  
COMUNICACIÓN DIGITAL Y ELABORACIÓN DE  
GUIAS DEL LABORATORIO**

**POR:**

**CBOS. LOVATO JORGE**

**CBOS. GARRIDO WALTER**

**Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del título de:**

**TECNÓLOGO EN TELEMÁTICA**

**2001**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs: CBOS. LOVATO JORGE Y CBOS. GARRIDO WALTER , como requerimiento parcial a la obtención del Título de TECNÓLOGOS EN TELEMÁTICA

Latacunga, 20 de Noviembre de 2001

---

ING. MARY TAPIA

## **DEDICATORIA**

A mis padres por el esfuerzo y sacrificio realizado para que pueda concluir con esta etapa de estudios importante de mi vida que pondré al servicio del bien y la sociedad.

**Cbos. Lovato Jorge**

**Cbos. Garrido Walter**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar agradezco al Ser Supremo “Dios”, que me ha permitido llegar hasta este momento especial dentro de mi vida, a mis padres que gracias a su apoyo he podido seguir adelante, a mis maestros que con su enseñanza me ayudaron a trazar mi camino y en especial al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que me dio la oportunidad de educarme y acogerme en sus instalaciones.

**Cbos. Lovato Jorge**

**Cbos. Garrido Walter**

## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG.</b>
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Introducción	1

### **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

1.1. Planteamiento del Problema	2
1.2. Objetivos del Proyecto	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Justificación	3

### **CAPITULO II: COMUNICACIÓN DIGITAL**

2.1. Introducción a la Comunicación Digital	8
2.2. Principios de la Comunicación Digital	10
2.2.1. Medición de la Cantidad de la Transferencia de Información	10
2.3. Impedimentos en las Transmisiones	14
2.4. Comunicación Digital	18
2.4.1. Definición	18
2.4.2. Ventajas de la Transmisión Digital	19
2.4.3. Desventajas de la Transmisión Digital	20
2.5. Manipulación por Variación de Amplitud	20
2.5.1. Introducción	20
2.5.2. Análisis de los Sistemas ASK	22
2.5.3. Transmisor ASK	24
2.5.4. Receptor de ASK	29
2.5.5. Técnicas para Mejorar el Rendimiento Espectral de los Sistemas ASK	34
2.6. Manipulación por Variación de Fase PSK	35
2.6.1. Introducción	35
2.6.2. Detección de PSK	36
2.6.3. Transmisor de PSK	37
2.6.4. Receptores de PSK	39
2.6.5. Sistemas de PSK de Ocho y Dieciséis Fases	42
2.7. Manipulación por Variación de Frecuencia FSK	44
2.7.1. Introducción a la FSK	44
2.7.2. Detección de FSK	46
2.7.3. El Transmisor de FSK	48
2.7.4. Receptor de FSK	53

### **CAPITULO III: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS GENERALES**

3.1. Reparación de Instalaciones Eléctricas	55
3.1.1. Inspección del Estado de las Instalaciones	55
3.1.2. Estadística de la Inspección	55
3.1.3. Requerimientos para la Instalación	56
3.2. Revisión de Equipos	56
3.2.1. Inspección del estado de los Equipos	56
3.2.2. Estadística de la Inspección	57
3.3. Reparación de las unidades DIGICOM 2, 3, 4	58
3.3.1. Inspección del estado de las Unidades	58
3.3.2. Estadística de la Inspección	59
Instructivos para la Operación de Equipos	60
3.3.3. Requerimientos	68
3.3.4. Sustitución de Elementos	68
Cronograma de Mantenimiento Periódico-LCOM	69

### **CAPITULO IV: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

4.1. Análisis y Resultados de Variación de Amplitud ASK	70
4.2. Análisis y Resultados de Variación de Fase PSK	72
4.3. Análisis y Resultados de Variación de Frecuencia FSK	74

### **CAPITULO V: MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1. Cronograma de Actividades	77
5.2. Presupuesto	78

### **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones	79
Recomendaciones	79

BIBLIOGRAFÍA	82
--------------	----

### **ANEXOS**

- Guías de Laboratorio

## INTRODUCCIÓN

Es difícil imaginar como sería la vida moderna sin el fácil acceso a medios de comunicación confiables, económicos y eficientes.

El propósito de este proyecto de tesis es presentar un estudio introductorio de los sistemas de comunicación, La Modulación por desplazamiento de amplitud ASK , en su forma mas simple se ha usado para transmitir radio telegrafía en código Morse. La forma mas sencilla de ASK es la conmutación ON-OFF, se puede extender fácilmente para señalización con niveles múltiples. En este caso el Modulador debe generar varios niveles intermedios, además de las amplitudes cero y máxima, necesarias para la señalización binaria.

La Modulación por desplazamiento de frecuencia FSK es un método de Modulación digital de amplia difusión. Las principales ventajas de la FSK son su simplicidad, su bajo costo de implementación y su alto nivel de desempeño, especialmente en presencia de desvanecimiento (Fading) de la señal . En FSK la información digital se codifica en función de la frecuencia de una onda portadora de amplitud constante.

La manipulación por desplazamiento de fase PSK es un método de modulación digital muy eficaz, utilizado ampliamente en los sistemas de comunicación digital tales como enlaces vía satélite, Sistemas de Radio de Relevos de banda ancha por microondas etc. En PSK la información digital se codifica en la función de fase de una onda portadora de amplitud constante.

## **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Optimización del Laboratorio de Comunicaciones en el ITSA, mediante la habilitación de los módulos de comunicación digital y elaboración de guías de practicas ya que se cuentan con material didáctico suficiente para la enseñanza pero no se sabe en que condiciones de funcionamiento se encuentran las unidades ya que no existe una persona encargada del Laboratorio de una forma permanente.

### **1.2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **1.2.1. Objetivo general.**

Habilitar los módulos de Comunicación Digital existentes en el Laboratorio de Comunicaciones para brindar a los alumnos un mayor aprendizaje práctico dentro del campo de las comunicaciones.

#### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Reparar los elementos y componentes de cada una de las unidades existentes.
- Verificar el funcionamiento óptimo de cada módulo y de los equipos que se utilizan para las prácticas.
- Planificar y mejorar las guías de practica del Laboratorio para mejor entendimiento de cada uno de los experimentos.



### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ITSA, actualmente no tiene conocimiento del estado y correcto funcionamiento de todos los módulos de comunicación digital y se sabe que consecuentemente los equipos de comunicaciones nuevos tienen costos elevados, además tienen impuestas restricciones normas que no permiten cambios o mejoras revolucionarias en el diseño especialmente respecto al método de modulación. El presente trabajo consiste en mantener la compatibilidad de equipos existentes es un requisito importante para la habilitación.

#### **ESTRUCTURA FÍSICA DEL LABORATORIO.**

El Laboratorio de Sistemas de Comunicaciones se encuentra dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) ubicado en el tercer piso del lado derecho del patio principal frente a Coordinación y Control.

Su espacio físico es de 3.5\*7.5 m<sup>2</sup> y comprende:

- Una puerta de acceso
- 4 toma corrientes dobles de 110 v, un toma corriente de 220 v.
- interruptores.
- 2 lámparas fluorescentes
- 2 ventanas simples

## **ANALISIS Y CUANTIFICACION DE EQUIPOS**

Detalle del material inventariable que se encuentran en el laboratorio de comunicaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
1. Model 101 Fuentes de Poder	7
2. Model 112 Osciloscopio	7
3. Model 120 Multímetro Digital	5
4. Model 130 Frecuencímetro	7
5. Model 140 Generador de Frecuencia	1
6. Model 161 Audio Generador	5
7. RU – 1w Rack Unit	7
8. PU – 253 Digicom Training Lab.	7
9. 8401 Medidor de Potencia	4
10. PU – 221 Generador de Pulso	4
11. PU – 124 Medidor de Potencia	7
12. PM – 7832 Medidor de Potencia Estática	4
13. Voltímetro 1633 C	7
14. DIGICOM 2 (set 1/1, 1/2 , 1/3 c/u	7
15. DIGICOM 3 (set 2/1, 2/2, 2/3 c/u	7
16. DIGICOM 4 (set 3/1, 3/2, 3/3 c/u	7
17. Puntas de prueba para Generadores	13
18. Cables para 110 volt.	17
19. Cables de interconexión	40

## UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Anteriormente los equipos estuvieron ubicados de la siguiente manera; empezando por el lado izquierdo del Laboratorio.

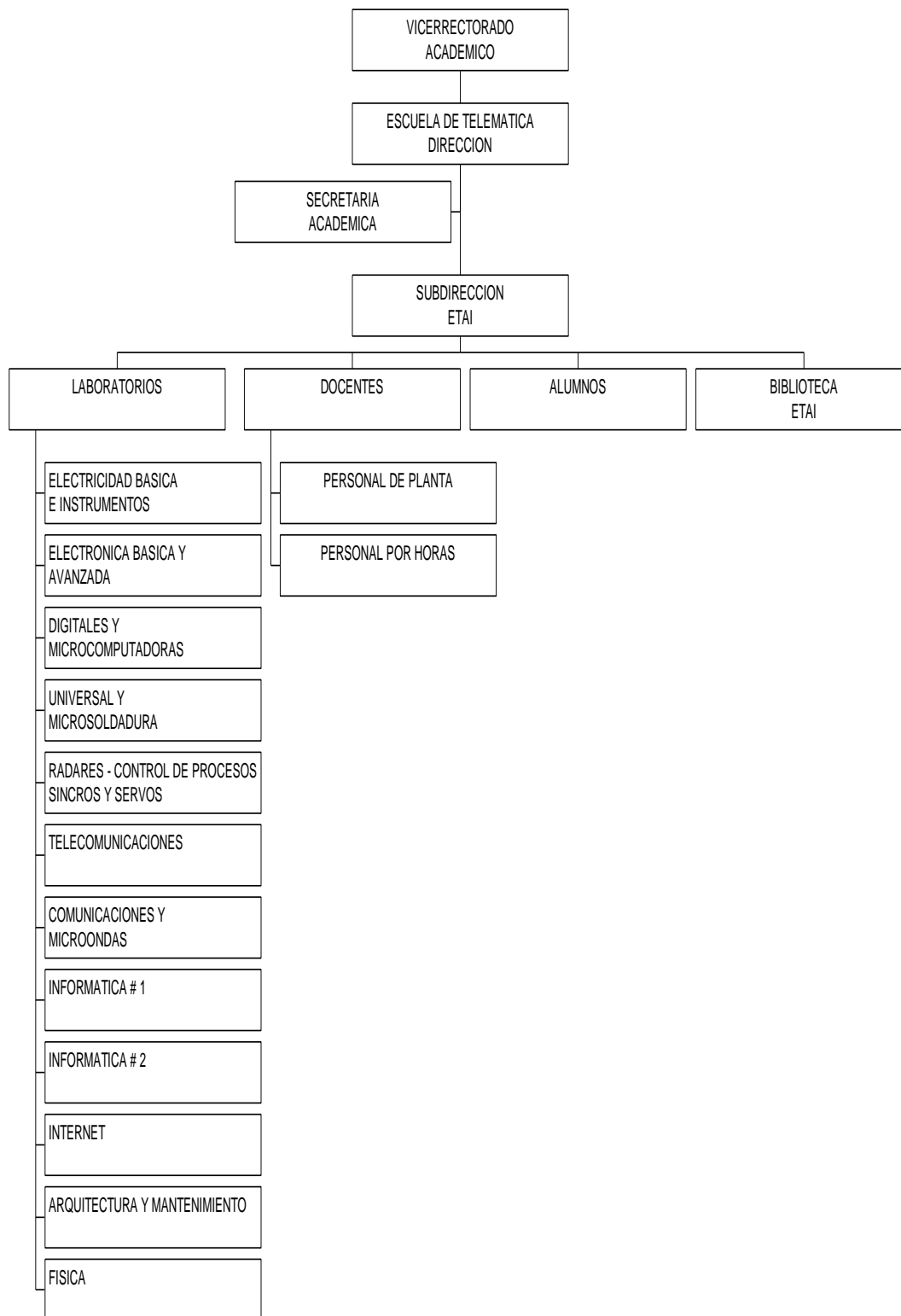
- **Mesa No 1:** 4 cables plomos, 6 cables rojos grandes, 5 cables negros grandes, 2 cables azules medianos, 6 cables verdes medianos, 5 cables negros medianos, 10 cables rojos pequeños, 1 Osciloscopio, 2 generadores de señales, 1 Multímetro, 1 fuente de poder.
  
- **Mesa No 2:** 5 cables negros medianos, 6 cables rojos grandes, 2 cables azules medianos, 6 cables verdes medianos, 10 cables rojos pequeños, 1 Osciloscopio, 1 generador de señal, 1 Multímetro, 1 Fuente de poder, 1 Frecuencímetro.
  
- **Mesa No 3:** 2 cables azules medianos, 5 cables negros grandes, 4 cables plomos, 5 cables negros medianos, 6 cables verdes medianos, 1 Multímetro, 1 fuente de poder, 1 Osciloscopio, 2 Generadores de señales.
  
- **Mesa No 4:** 10 cables rojos pequeños, 2 cables azules medianos, 6 cables verdes medianos, 5 cables negros medianos, 4 cables plomos, 1 Osciloscopio, 1 Multímetro, 1 Generador de señal, 1 fuente de poder.

## **OPERATIVIDAD DE LOS EQUIPOS Y UNIDADES DE COMUNICACIONES**

Los equipos y unidades de LCom se hallaran operativas didácticamente para ser utilizadas en instrucción según las mallas académicas de la escuela de Telemática del ITSA (ETAI).

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO  
ESCUELA TELEMÁTICA**

ORGANICO ESTRUCTURAL



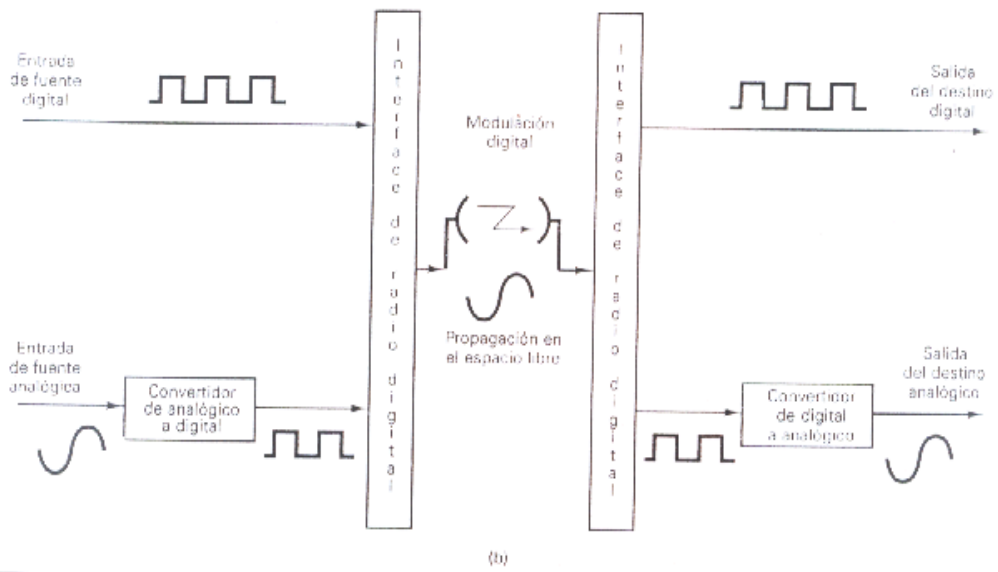
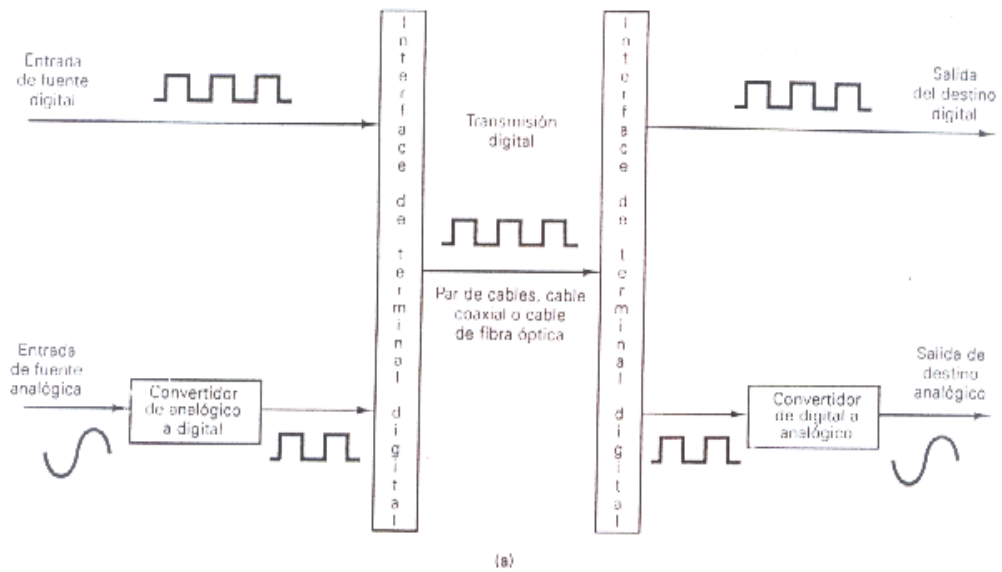
## **CAPITULO II: COMUNICACION DIGITAL**

### **2.1. INTRODUCCIÓN A LA COMUNICACIÓN DIGITAL**

Las comunicaciones digitales son: la transmisión, la recepción y el procesamiento de información, con el uso de circuitos eléctricos. La información se define como conocimiento o clase de información comunicada o recibida.

La información se propaga a través de un sistema de comunicación en la forma de símbolos, que puede ser analógico, como la voz humana, información de imagen de video, música, o digital, como símbolos gráficos o información de base de datos. Sin embargo, con frecuencia la información fuente no es apropiada para ser transmitida, en su forma original, y se debe convertir en una forma mas apropiada, antes de la transmisión.

La modulación se define como proceso de transformar información de forma original a una forma más adecuada para la transmisión. Demodulación es el proceso inverso (es decir la onda modulada se convierte nuevamente a su forma original). La modulación se realiza en el transmisor en un circuito llamado Modulador y la Demodulación se realiza en el receptor en un circuito llamado Demodulador.



Sistemas de comunicación digital: a) transmisión digital; b) radio digital

## **2.2. PRINCIPIOS DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL**

El término Comunicaciones digitales abarca un área extensa de técnicas de comunicaciones incluyendo transmisión digital y radio digital. La transmisión digital es transmisión de pulsos digitales, entre dos o mas puntos, de un sistema de comunicación. Los sistemas de transmisión digital requieren de un elemento físico, entre el transmisor y el receptor, como un par de cables metálicos, un cable coaxial, o un cable de fibra óptica. En los sistemas de radio digital, el medio de transmisión es el espacio libre o la atmósfera de la Tierra.

En un sistema de transmisión digital, la información de la fuente original puede ser en forma digital o analógica. Si esta en forma analógica, tiene que convertirse a pulsos digitales, antes de la transmisión y convertirse de nuevo a la forma analógica, en el extremo de recepción. En un sistema de radio digital, la señal de entrada modulada y la señal de salida demodulada, son pulsos digitales.

### **2.2.1. Medición de la Cantidad de Transferencia de Información**

La capacidad de información de un sistema de comunicación representa el número de símbolos independientes que pueden pasarse, a través del sistema, en una unidad de tiempo determinada. El símbolo fundamental es el dígito binario (bit). Por tanto, a menudo es conveniente expresar la capacidad de información, de un sistema, en bits por segundo (bps).



## Capacidad de los sistemas de Comunicaciones

En la Fig. 2.1 Se muestra esquemáticamente el sistema más generalizado de comunicaciones. Consiste esencialmente en cinco elementos:

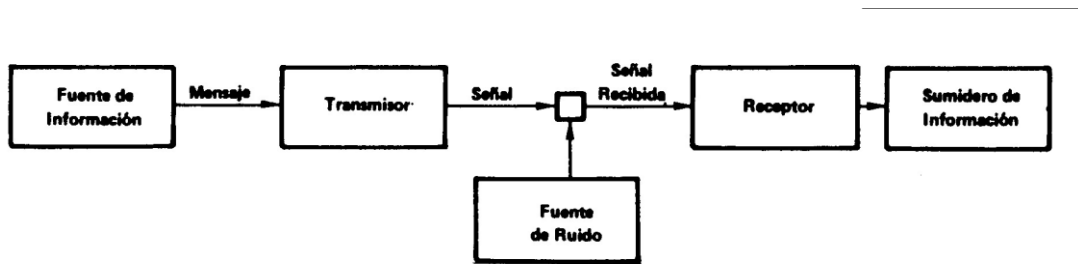


fig. 2.1 Sistema general de comunicaciones

- a. **Fuente de información.** La fuente elige un mensaje de entre el conjunto de mensajes posibles para transmitirlo al terminal receptor. El mensaje puede ser de varios tipos; por ejemplo, una secuencia de letras o números como en telegrafía o teleimpresión, o una función continua del tiempo  $f(t)$  como en radio o telefonía.
- b. **El transmisor.** Este elemento opera sobre el mensaje y produce una señal adecuada para transmitirla por el canal hacia el punto de recepción. En telefonía, esta operación consiste simplemente en convertir las ondas sonoras en corrientes eléctricas de valor proporcional. En telegrafía tenemos una operación de codificación que produce secuencias de puntos, rayas y espacios que

corresponden a las letras del mensaje.

- c. **El canal.** Este elemento es el medio utilizado para transmitir la señal desde el punto transmisor al punto receptor. Puede consistir en un par de cables, en un cable coaxial, en el aire, etc. La señal puede sufrir perturbaciones de ruido o de distorsión durante la transmisión o en el terminal receptor. Debemos diferenciar el ruido de la distorsión en el sentido que la distorsión es una operación fija realizada sobre la señal, mientras que el ruido involucra perturbaciones estadísticas e imprevisibles. La distorsión, teóricamente, se puede corregir realizando la operación inversa, mientras que las perturbaciones debidas a ruido no se pueden eliminar en todos los casos debido a que la señal no siempre sufre las mismas modificaciones al ser transmitida.
  
- d. **El receptor.** Este elemento opera sobre la señal recibida para reproducir el mensaje original. Generalmente deberá ejecutar en forma aproximada la operación inversa del transmisor. Decimos en forma aproximada debido a que el receptor de alguna manera debe combatir el ruido.
  
- e. **El destinatario de la información.** Este elemento es el receptor final del mensaje, es el equipo o la persona al cual está dirigido el mensaje.

## **Capacidad del Canal**

Se denomina **capacidad de canal** a la velocidad a la que se pueden transmitir los datos en un canal o ruta de comunicación datos.

Hay cuatro conceptos relacionados con la capacidad, que son:

- **La velocidad de transmisión de los datos:** es la velocidad expresada en bits por segundo (bps), a la que se pueden transmitir los datos.
- **El ancho de banda:** es el ancho de banda de la señal transmitida que estará limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión, se mide en ciclos por segundo o hertzios.
- **El ruido:** es el nivel medio de ruido a través del camino de transmisión.
- **La tasa de errores:** es la tasa a la que ocurren los errores. Se recomienda que ha habido un error cuando se recibe un 1 habiendo transmitido un 0 o se recibe un 0 habiendo transmitido un 1.

### **2.3. IMPEDIMENTOS EN LAS TRANSMISIONES.**

En cualquier sistema de comunicaciones se debe aceptar que la señal que se recibe diferirá de la señal transmitida debido a varias adversidades y dificultades sufridas en la transmisión. En las señales analógicas, estas dificultades introducen alteraciones aleatorias que degradan la calidad de la señal. En las señales digitales, se producen bits erróneos: un 1 binario se transformará en un 0 y viceversa. En este apartado se van a estudiar las dificultades mencionadas, comentando sus efectos sobre la capacidad de transportar información en los enlaces de transmisión.

Las perturbaciones más significativas son:

- La atenuación y la distorsión de atenuación.

- La distorsión de retardo.
- El ruido.

### Atenuación

La energía de la señal decae con la distancia en cualquier medio de transmisión. En medios guiados, esta reducción de la energía es por lo general logarítmica y por lo tanto, se expresa típicamente como un número constante en decibelios por unidad de longitud. En medios no guiados, la atenuación es una función más compleja de la distancia y dependiente a su vez de las condiciones atmosféricas. Se pueden establecer tres consideraciones respecto a la atenuación. Primera, la señal recibida debe tener suficiente energía para que la circuitería electrónica en el receptor pueda detectar e interpretar la señal adecuadamente. Segunda, para ser recibida sin error, la señal debe de conservar un nivel suficientemente mayor que el ruido. Tercera, la atenuación es una función creciente de la frecuencia.

Los dos primeros problemas se resuelven controlando la energía de la señal, para ello se usan amplificadores o repetidores. En un enlace punto a punto, la energía de la señal en el transmisor debe ser lo suficientemente elevado para que se reciba con inteligibilidad, pero no tan elevada, tal que sature la circuitería del transmisor, lo que generaría una señal distorsionada.

A partir de cierta distancia la atenuación es inaceptable lo que requiere la utilización de repetidores o amplificadores que realcen la señal periódicamente. Este tipo de problemas son todavía más complejos en líneas multipunto, en las que la distancia entre el transmisor y el receptor es variable.

El tercer problema es especialmente relevante para el caso de las señales analógicas. Debido a que la atenuación varía en función de la frecuencia, la señal recibida está distorsionada, reduciéndose así la inteligibilidad. Para soslayar este problema, existen técnicas para ecualizar la atenuación en una banda de frecuencias.

En las líneas telefónicas esto se realiza normalmente usando bobinas de carga que cambian las propiedades eléctricas de la línea dando lugar a un suavizado de los efectos de la atenuación. Otra aproximación alternativa es la utilización de amplificadores que amplifiquen más las frecuencias altas más que las bajas la distorsión de atenuación es un problema mucho menor que las señales digitales. Como ya se ha mencionado la energía de la señal digital decae rápidamente con la frecuencia, la mayor parte de sus componentes están concentradas en torno a la frecuencia fundamental o velocidad de transmisión (en bits/seg o bps) de la señal.

## Distorsión de Retardo

La distorsión de retardo es un fenómeno peculiar de los medios guiados.

Esta distorsión esta causada por el hecho de que la velocidad de propagación de la señal en el medio varía con la frecuencia. Para una señal de banda limitada, la velocidad tiende a ser mayor cerca de la frecuencia central y disminuye al acercarse a los extremos de la banda. Por lo tanto, las distintas componentes en frecuencia de la señal llegaran al receptor en instantes diferentes de tiempo, dando lugar a desplazamientos en fase entre las diferentes frecuencias.

Este efecto se llama distorsión de retardo, ya que la señal recibida esta distorsionada debido al retardo variable que sufren sus componentes. La distorsión de retardo es particularmente crítica en la transmisión de datos digitales. Supóngase que se está transmitiendo una secuencia de bits, utilizando una señal analógica o digital. Debido a la distorsión de retardo, algunas de los componentes de la señal en un bit se desplazarán hacia otras posiciones, provocando interferencia entre símbolos. Este hecho es el factor que limita principalmente la velocidad de transmisión máxima en un canal de transmisión.

## Ruido

En cualquier dato transmitido, la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada, debido a las distorsiones introducidas por el sistema de transmisión, además de señales no deseadas que se insertarán el algún punto entre el emisor y el receptor. A éstas últimas señales no deseadas se les denomina ruido. El ruido es un factor de mayor importancia a la hora de limitar las prestaciones de un sistema de comunicación.

La señal de ruido se puede clasificar en cuatro categorías:

- Ruido térmico.
- Ruido de intermodulación.
- Diafonía.
- Ruido impulsivo.

El **ruido térmico** se debe a la agitación térmica de los electrones. Está presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión; como su nombre indica es función de la temperatura. El ruido térmico está uniformemente distribuido en el espectro de frecuencias y es por esto por lo que a veces se denomina ruido blanco. El ruido térmico no se puede eliminar y por

tanto, impone un límite superior en las prestaciones de los sistemas de comunicación.

## **2.4. COMUNICACIÓN DIGITAL.**

### **2.4.1. Definición.**

**La Comunicación digital es la transmisión de datos mediante la propagación y el procesamiento de las señales.**

**La señal digital representa una cadena de ceros y unos, los cuales pueden representar datos digitales o pueden ser resultado de la codificación de datos analógicos. La señal se propaga a través de repetidores; en cada repetidor se recupera la cadena de ceros y unos a partir de la señal de entrada, a través de los cuales se genera la nueva cadena de salida.**

### **2.4.2. Ventajas de la Comunicación Digital**

#### **a.) Tecnología Digital**

Las mejoras en las tecnologías de integración a gran escala (L.S.I) y muy gran escala (V.L.S.I ) se han traducido en una disminución continua tanto en coste como en el tamaño de la circuitería digital.

#### **b.) Integridad de los datos.**

Usando tecnología digital es posible transmitir datos conservando su integridad a distancias mayores utilizando incluso líneas de calidad inferior.

#### **c.) Utilización de la capacidad.**

En términos económicos, el tendido de líneas de transmisión de banda ancha ha llegado a ser factible, incluso para medios tales como canales

vía satélite y óptica. Para usar eficazmente todo ese ancho de banda se necesita un alto grado de multiplexación, se puede realizar más fácilmente y con menor coste usando técnicas digitales.

#### **d.) Seguridad y privacidad.**

Las técnicas de encriptación se pueden aplicar fácilmente a los datos digitales.

#### **e.) Integración**

Este hecho posibilita la integración de voz, video y datos usando la misma Infraestructura.

### **2.4.3. DESVENTAJAS DE LA COMUNICACIÓN DIGITAL**

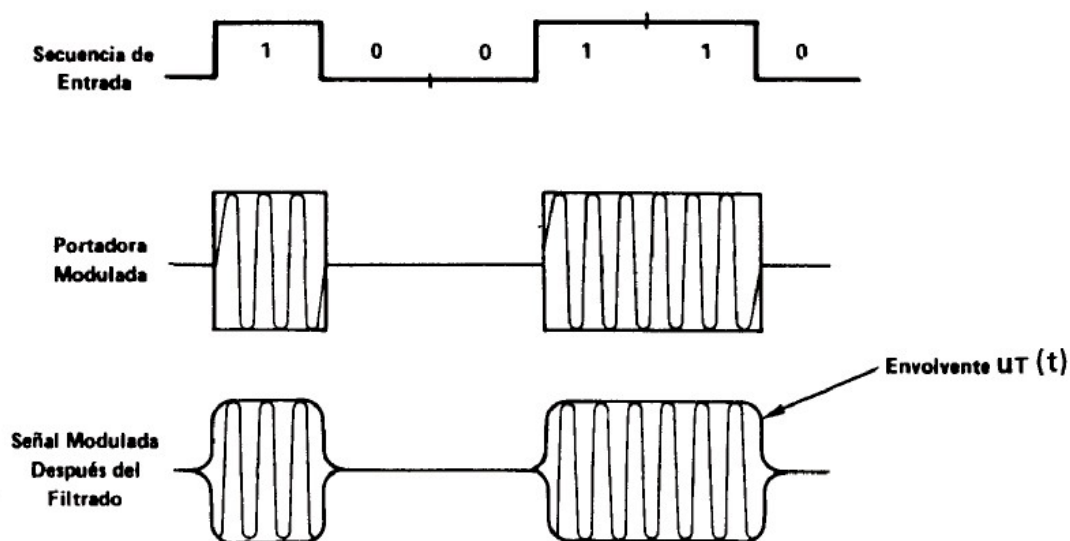
- a.) Se puede transmitir a una distancia limitada.
- b.) Es dependiente del contenido de una señal.
- c.) La atenuación y otros aspectos negativos pueden afectar a la integridad de los datos transmitidos.

## **2.5. MANIPULACIÓN POR VARIACIÓN DE AMPLITUD ASK**

### **2.5.1. Introducción**

La modulación por desplazamiento de amplitud ASK, también llamada “manipulación por variación de amplitud”, es probablemente el primer tipo de modulación digital que fuera aplicado en la práctica. En su forma más simple, se ha usado para transmitir radiotelegrafía en código Morse. Aún hoy, la ASK se usa ampliamente en este tipo de comunicaciones.

La forma más sencilla de ASK es la “conmutación SI - NO” (OOK del inglés “ON—OFF keying”); en terminología moderna, la llamaríamos modulación binaria. En la “conmutación SI - NO” el transmisor transmite la onda portadora con toda su amplitud cuando se le aplica un “1” a la entrada y suprime la portadora para el estado “0”. La señal resultante generalmente se filtra para reducir el nivel de las bandas laterales no deseadas. La Fig. 2.2 muestra las formas de onda resultantes.



**Fig. 2.2 Señales de ASK Binario**

El modo de operación “conmutación SI - NO” se puede extender fácilmente para señalización con niveles múltiples. En este caso el



modulador debe generar varios niveles intermedios, además de las amplitudes cero y máxima, necesarias para la señalización binaria.

Se han descrito varios tipos de modulación de amplitud, generados mediante el modulador básico seguido por un filtro. El filtro ejecuta dos funciones: la conformación óptima de los símbolos de señalización y la limitación del ancho de banda. La conformación de los símbolos se hace siguiendo reglas similares a las que hemos presentado en el capítulo 2 para señalización de banda base, y la función de limitación de ancho de banda consiste en elegir modulación de banda lateral doble, de banda lateral rudimentaria o de banda lateral única. La conmutación SI - NO equivale a modular el 100% de la amplitud de la onda portadora con una señal de onda cuadrada; dicha modulación da por resultado una señal de doble banda lateral.

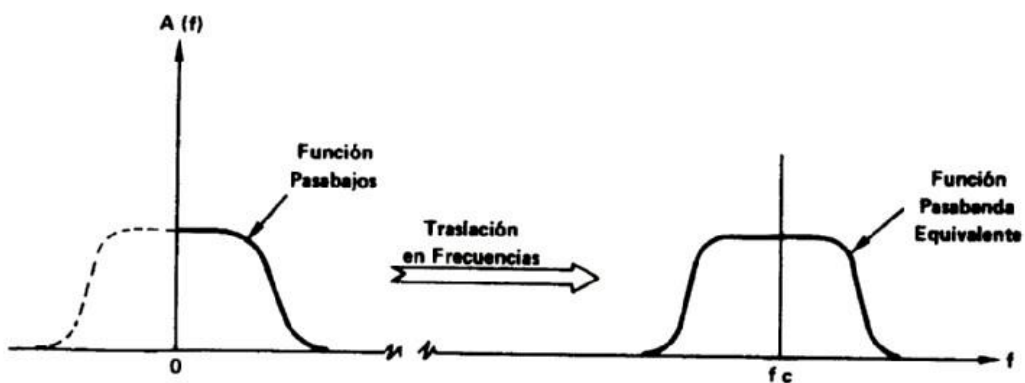
### **2.5.2. Análisis de los Sistemas ASK**

La implicancia práctica del reciente análisis consiste en que el sistema ASK puede ser analizado como en un sistema de banda de base, y consecuentemente, todas las conclusiones obtenidas también son válidas para los sistemas de ASK de banda pasante.

En particular, las funciones óptimas de transferencia del receptor y del transmisor son aplicables al sistema ASK, luego de trasladarlas y centrarlas en la frecuencia de la portadora.

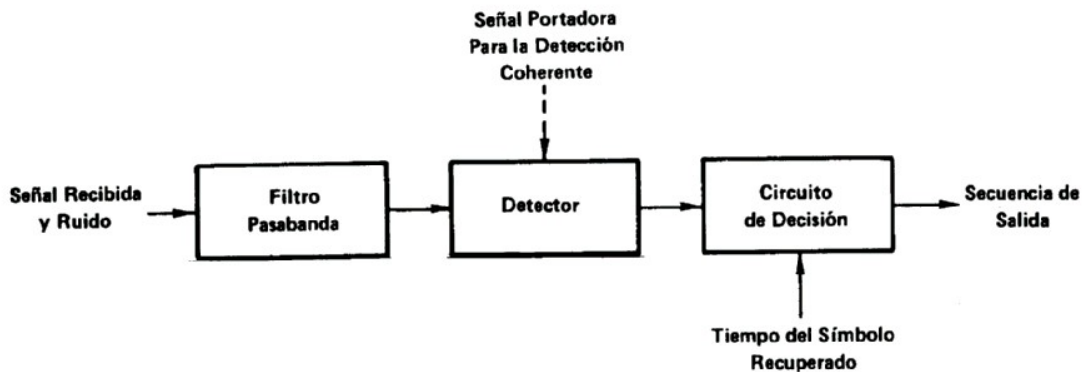
Más aún, en los sistemas ASK, el hecho de usar los equivalentes de banda base significa que el procesamiento de la señal (filtrado) se puede hacer a voluntad luego de la modulación en RF, o antes de la modulación en banda base, sin afectar las características de la señal modulada.

Este beneficio no se obtiene si se filtra después de la detección (filtrado de protección) a menos que el detector sea de tipo coherente.



**Fig. 2.3 Transformación de funciones pasabanda**

Procedamos ahora a analizar el receptor y los circuitos de detección. Básicamente, los receptores de ASK consisten en un filtro pasabanda, un detector y un circuito de toma de decisiones.



### **Fig. 2.4 Diagrama general en bloques del Receptor ASK**

El filtro pasabanda conjuntamente con el filtro de salida del transmisor ( $\sim$ ) determinan la función total de transferencia del sistema. Se detecta la señal de salida del filtro pasabanda. Detección significa ejecutar sobre la señal el procesamiento alineal necesario para demodular la señal captada, por ejemplo rectificación, mezclado, etc.

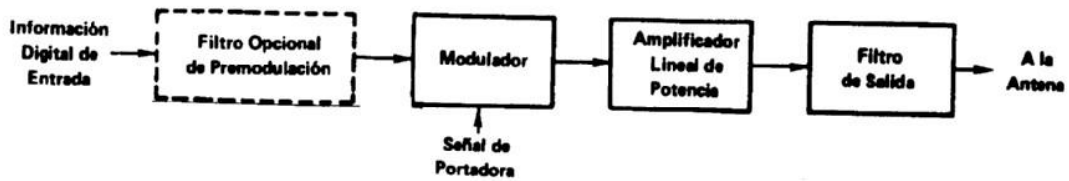
La señal captada se puede detectar coherentemente, o no coherentemente. La detección coherente requiere una réplica de la portadora del transmisor, perfectamente sincronizada en frecuencia y en fase con la señal captada, para enviarla al detector. Este método de detección es mejor que la detección no coherente, pero necesita circuitos más complejos para recuperar la portadora.

La detección no coherente, por el otro lado, es muy simple pues se puede ejecutar con un sencillo rectificador de pico que opere como detector de envolvente. El desempeño del detector no coherente es siempre inferior al del coherente; sin embargo, para relaciones señal/ruido de 20dB o más, la diferencia entre los desempeños es del orden de décimos de dB y por lo tanto despreciable.

### **2.5.3. Transmisor ASK**

El transmisor de ASK consiste típicamente en tres subsistemas lineales

1. Modulador.
2. Amplificador lineal de potencia.
3. Filtro de salida.



**Fig. 2.5 Diagrama típico en bloques de un transmisor ASK.**

Además se puede usar un filtro de premodulación para conformar la onda de la señal aplicada al modulador.

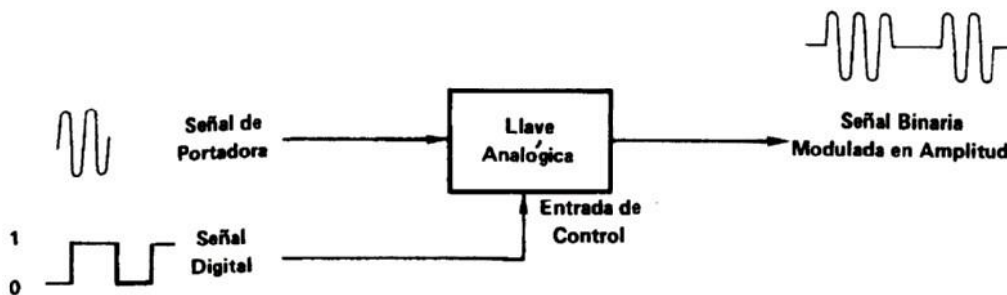
En los siguientes párrafos se describen las implementaciones de las distintas funciones del transmisor. El filtro de premodulación también será discutido, juntamente con el filtro de salida.

## **Modulador de ASK**

El modulador convierte la secuencia digital en una señal de RF cuya amplitud depende de la secuencia digital según cierta ley preestablecida. Los requisitos que se imponen al modulador dependen de la modulación y del filtrado que se le hace a la señal. Por ejemplo, si se necesita filtrado de premodulación, el modulador deberá ser lineal para conservar la forma de los símbolos generada en el filtro de premodulación. Por motivos similares los moduladores lineales se utilizan frecuentemente en la codificación multinivel, mientras que para ASK binaria sin filtrado de premodulación se pueden usar moduladores

digitales.

El tipo más simple del modulador de ASK binario es una llave electrónica controlada por la señal digital. Este tipo de modulador es el que se muestra en la Fig. 2.6 la llave electrónica generalmente es una llave analógica, que consiste en dos transistores MOSFET que comparten una línea de control común.



**Fig. 2.6 Modulador ASK.**

Los MOSFET conducen cuando la señal digital es positiva (estado “1”) y permiten que la onda portadora pase a la salida; el estado “0” causa que los MOSFET se corten, de forma que la portadora no pueda llegar a la salida.

El principio de funcionamiento que hemos descrito aquí se puede extender para la operación multinivel: en este caso se conectan en paralelo varias llaves a un combinador para sumar las señales que pasan por las llaves individuales.

La señal de salida combinada es proporcional a la cantidad de llaves conectadas. Las llaves se controlan con un decodificador, que analiza la secuencia de entrada y determina el número de llaves que se deben conectar.

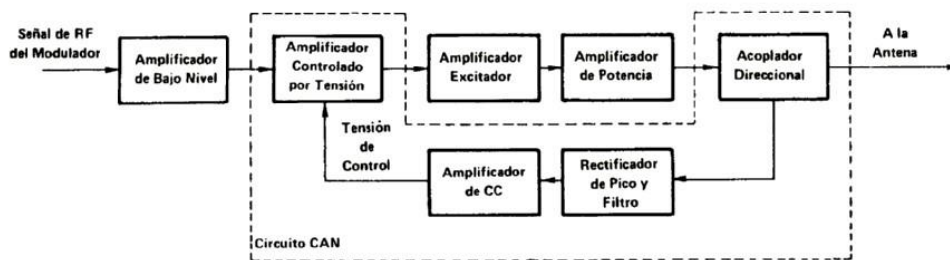
Los dos moduladores digitales que hemos descripto son muy simples para implementar, pero exigen que en la trayectoria de la señal se introduzcan filtros cuidadosamente diseñados, con el fin de limitar el espectro de salida y mejorar la forma de los símbolos.

El modulador digital, seguido por un filtro conformador de precisión, es apropiado para transmisores de radio que operen a frecuencia fija. Existen muchas aplicaciones en las que la frecuencia de trabajo es fija, o que se cambia rara vez, y esta configuración es la que brinda el diseño más económico. En contraste, los equipos de radio que deben trabajar en muchas frecuencias no pueden hacer uso de esta configuración pues sería demasiado difícil diseñar filtros sintonizables que mantengan las características exigidas.

Los equipos de radio que operan con frecuencia variable generalmente contienen dos filtros separados, uno para conformar los símbolos y limitar el espectro, y otro para atenuar las armónicas de la portadora y las señales espúreas.

El primer filtro necesariamente debe ser pasabajos de premodulación, mientras que el segundo se ubica a la salida del transmisor. Es sabido que la modulación lineal de amplitud traslada el espectro de la señal moduladora a las bandas laterales de la onda portadora; ésta propiedad se usa indirectamente para conformar el espectro de la señal modulada. El filtro de premodulación determina

enteramente la forma de la parte del espectro de la señal modulada cercana a la portadora, pero no puede evitar que haya armónicas de la portadora y señales espúreas generadas por las etapas que le siguen al modulador, las que aparecerán a la salida del transmisor. La segunda función se la encomienda al filtro pasabanda de salida. El ancho de banda de este filtro debe ser lo suficientemente amplio para que la señal modulada pase sin verse afectada, y suficientemente angosto para atenuar fuera de la banda de frecuencias ocupada por la señal modulada.



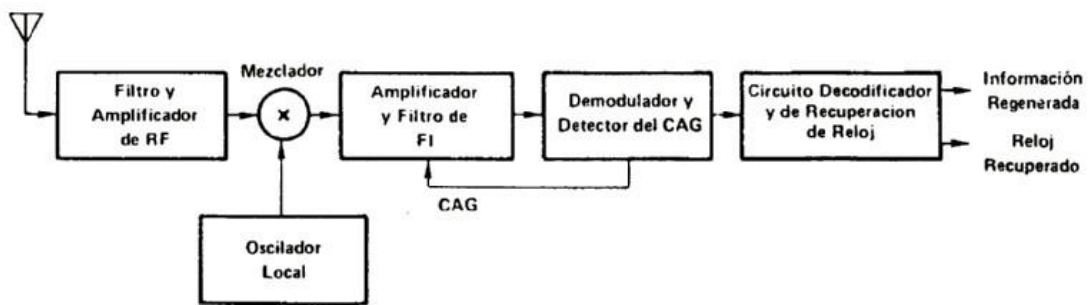
**Fig. 2.7 Amplificador de RF con circuitos CAN.**

El circuito CAN monitorea la potencia de salida de RF mediante un acoplador direccional, que mide la potencia enviada a la antena. La señal de RF se rectifica y se promedia, luego se amplifica y se inyecta como tensión de control a un amplificador de ganancia variable. La salida del amplificador controlado por tensión varía en forma tal que asegura una potencia de pico constante, independiente de las variaciones en las tensiones de alimentación, de la temperatura ambiente, de la tolerancia de los componentes, etc

## 2.5.4. El receptor ASK

El receptor ASK consiste típicamente en seis subsistemas principales.

1. Filtro y amplificador de RE.
2. Mezclador.
3. Amplificador y filtro de FI.
4. Demodulador y detector del CAG.
5. Circuito decodificador y de recuperación de reloj.
6. Oscilador local.



**Fig. 2.8 Receptor ASK típico.**

### Amplificador y Filtro de RF

El amplificador y el filtro de RE tienen tres objetivos principales:

1. Adaptar los circuitos del receptor a la antena.
2. Atenuar las señales no deseadas captadas en la antena.
3. Amplificar la señal de bajo nivel antes de aplicarla al mezclador.



El primer objetivo es sencillo de lograr; el receptor debe poseer un circuito de adaptación de entrada capaz de extraer de la antena la mayor cantidad de la energía de la señal deseada.

El segundo objetivo se alcanza mediante un filtro pasabanda sintonizada a la frecuencia del trabajo. Este filtro pasabanda se diseña de manera de tener la mejor selectividad, es decir, rechazan las señales de frecuencias adyacentes con la menor pérdida posible en la frecuencia de trabajo.

El tercer objetivo consiste en amplificar la señal captada con nivel bajo, antes de aplicarla al mezclador. El amplificador de RE que se usa para procesar la señal captada debe cumplir varias especificaciones difíciles. Ante todo, debe agregar la menor cantidad de ruido técnicamente factible, pues de otra manera la señal captada débil se disimulará en el ruido.

En segundo lugar, el amplificador debe manejar una señal de nivel sumamente variable sin distorsionarla ni causarle interferencia, para evitar que se supriman las señales débiles a causa de señales fuertes ubicadas en frecuencias adyacentes, y que no estén suficientemente atenuadas por el filtro de entrada. En tercer lugar, el amplificador debe proporcionar ganancia suficiente.

El amplificador de RF generalmente es de clase A, de bajo ruido,

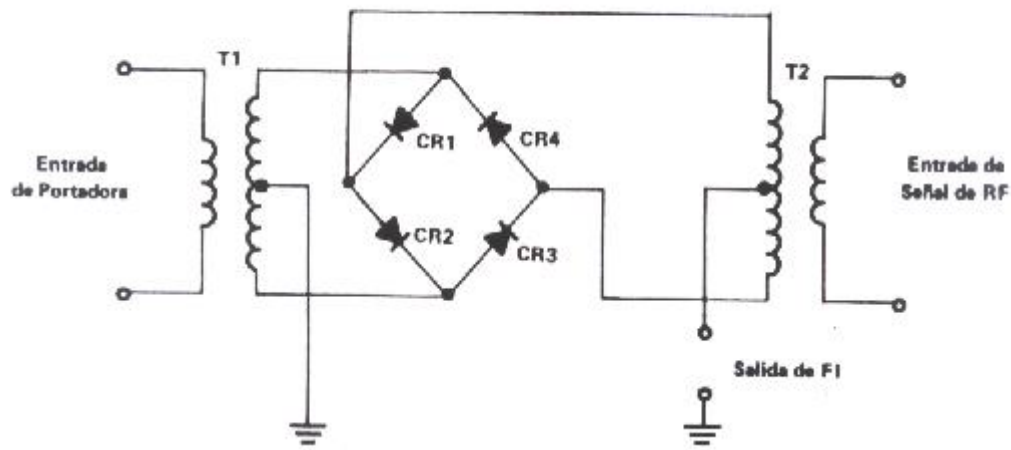
construido con un pequeño número de transistores bipolares o de efecto de campo. Se está difundiendo el uso de transistores de efecto de campo como amplificadores de RF de bajo nivel debido a su bajísimo ruido interno y a su gran alcance dinámico.

### **El Mezclador**

La señal de RF de frecuencia variable se convierte a una frecuencia fija conveniente, mezclándola con la señal del oscilador local. El mezclador debe poder manejar un gran margen de señales con poca distorsión; el mezclador debe agregar la menor cantidad de ruido posible y no debe atenuar la señal deseada.

En la práctica, los mezcladores distorsionan, atenúan y agregan ruido, no obstante existen varios tipos de circuitos de mezclado, y cada tipo posee su propio mezclado de características. Los mezcladores usados con mayor frecuencia son los mezcladores dobles balanceados a diodo, y los mezcladores a transistores de efecto de campo. Ocasionalmente se usan también otros tipos de mezcladores a transistores, incluyendo el modulador activo doble balanceado.

El mezclador doble balanceado a diodo. Consiste en cuatro diodos a apareados, conectados en configuración puente. El puente se excita con la onda portadora de alto nivel; como resultado, los diodos se comportan como conmutadores, conduciendo o bloqueando alternativamente a la velocidad determinada por la frecuencia de la onda portadora.



**Fig. 2.9 Típico Mezclador a Diodo Doble-Balanceado.**

La señal de RF, que suponemos ser de un nivel muy inferior al de la portadora, se inyecta por el transformador T2. La conmutación de los diodos hace un batido con la señal de RF, y la forma de onda resultante es similar a la del mezclador doble balanceado activo. La salida del mezclador se toma de las derivaciones centrales de los dos transformadores: debido a la simetría del circuito, la portadora y la señal de RF no aparecen a la salida de FI. Solamente tendremos en la salida de FI los productos de mezclado, a la frecuencia suma y diferencia.

### **Cálculo de Velocidad de Errores.**

Una vez conocida la relación señal/ruido a la entrada del receptor, nos debemos referir a la curva de velocidad de errores en función de la relación señal/ruido del detector correspondiente y obtener directamente la velocidad de errores.

En la práctica, se acostumbra a considerar la influencia de los Otros y demás circuitos no ideales, agregando un factor de corrección a la relación señal/ruido que se obtiene mediante los métodos. Este factor de corrección generalmente varía de 1 a 4 dB, y toma en cuenta la interferencia inter simbólica y la distorsión en los filtros y en los amplificadores de RF/FI, el jitter en el reloj y en la onda portadora recuperados y las imperfecciones del circuito de detección.

El factor de corrección se usa para reducir la relación serial/ruido teórica que hemos calculado, y la relación corregida se usa juntamente con la curva del detector. Los equipos bien diseñados generalmente exigen factores de corrección de 1 a 1.5 dB, de forma que la desviación del ideal es relativamente pequeña.

### **2.5.5. Técnica para mejorar el rendimiento espectral de los Sistemas ASK**

Los equipos modernos de radio deben cumplir los requisitos impuestos por las severas especificaciones en cuanto al espectro irradiado. El espectro irradiado debe ser relativamente angosto para permitir que haya la mayor cantidad de usuarios en las bandas de frecuencias asignadas. El requisito típico es de dos bits por Hz del espectro ocupado: esto excluye el uso de modulación binaria en la mayoría de las aplicaciones, exceptuando los equipos de baja velocidad de transmisión y de corto alcance.

Dos métodos para aumentar el rendimiento espectral de los sistemas de banda base. Uno es mediante codificación multinivel, y el otro codificación de respuesta parcial.

Debido a la similitud entre el sistema ASK y el de banda base, ambos métodos son aplicables en ASK con pequeñas modificaciones. En ambos métodos la información digital se codifica para transmitirla y se aplica a un modulador en el extremo receptor, el demodulador produce una réplica de la señal moduladora. Que se aplica luego al decodificador. De hecho, la única diferencia entre los sistemas ASK y de banda base reside en el medio de transmisión es la radio con lugar de enlaces físicos (cables, etc.).

Con respecto a los sistemas de respuesta parcial es interesante hacer notar que el filtro pasabajos usado para codificar la información digital se puede simplificar debido a que parte del filtrado se puede hacer en el filtro de 1:1 en el extremo receptor, que de todas maneras es necesario. Para los sistemas de codificación dúo binaria o biternaria, es posible diseñar equipos para dos velocidades de información.

## **2.6. MANIPULACION POR VARIACION DE FASE PSK**

### **2.6.1. Introducción**

La modulación por desplazamiento de fase (PSK), también llamada “manipulación por variación de fase”, es un método de modulación digital muy eficaz, utilizado ampliamente en los sistemas de

comunicaciones digitales modernos, tales como enlaces vía satélite, sistemas de radio de relevo de banda ancha por microondas, etc.

En PSK, la información digital se codifica en la función de fase de una onda portadora de amplitud constante. La información puede estar contenida en la diferencia absoluta entre las fases de la portadora modulada y de una referencia no modulada, o en cambios de la fase de la portadora; este último método se denomina “codificación diferencial”, pues el parámetro importante es la diferencia de fase entre intervalos de símbolos consecutivos. Por ejemplo, en PSK binaria, los “ceros” se pueden codificar como fase de  $0^\circ$  y los “unos” como  $180^\circ$ . Entonces la PSK binaria de codificación diferencial no presentará cambios de la fase, para los “ceros”, y a los “unos” les corresponderá modificaciones de fase de  $180^\circ$ .

### **2.6.2. Detección de PSK**

Existen dos métodos prácticos para detectar PSK:

Detección coherente, en la cual se compara una onda portadora de referencia que posee el receptor con la señal modulada recibida; las variaciones de fase se convierten en modificaciones de tensión proporcionales, las que se pueden detectar con un detector de PAM

Detección no coherente en la cual se mide la diferencia de fase entre intervalos de símbolos consecutivos, y se convierten en modificaciones de tensión proporcionales. Este modo de detección se denomina a menudo detección diferencialmente coherente. En este caso, el transmisor debe codificar en forma diferencial pues de otra manera en la práctica sería muy difícil decodificar correctamente la señal recibida.

La detección coherente de las señales de PSK es la que brinda el mejor desempeño, y por ello, la curva de la velocidad de errores en función de la relación señal/ruido de los detectores de PSK coherentes se usa ampliamente como norma para compararla con otros métodos de modulación y demodulación. Sin embargo, la detección coherente exige circuitos muy complejos, y en muchas aplicaciones se la reemplaza por la detección incoherente, a pesar de ser esta última menos eficaz que la primera.

### **2.6.3. Transmisor PSK.**

El transmisor PSK consiste en tres bloques principales:

1. El modulador — que recibe la corriente de información digital y la onda portadora, y genera la señal modulada cuya fase varía de acuerdo a la regla de codificación adoptada.
2. El amplificador de potencia — que amplifica la señal modulada al

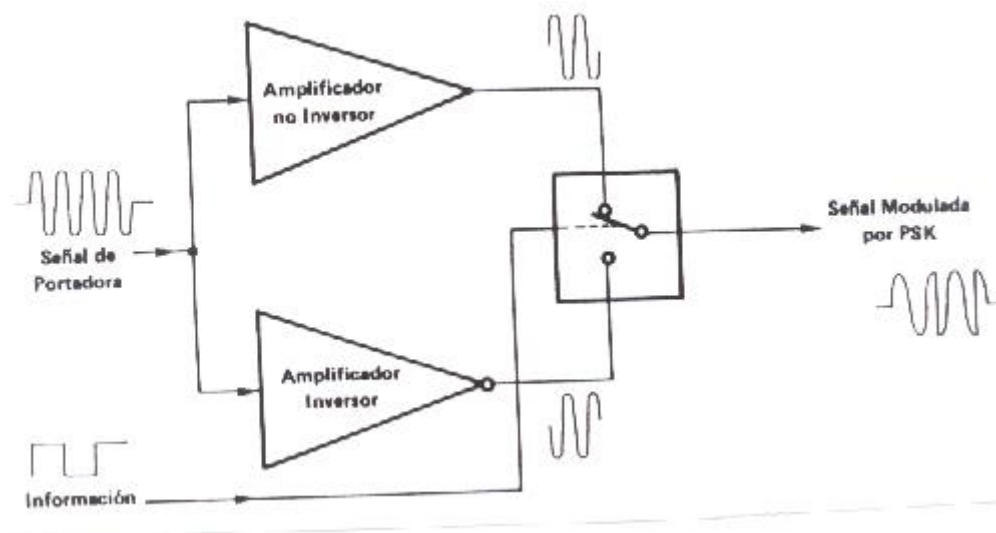
nivel requerido.

3. El filtro del transmisor - que reduce las armónicas y los lóbulos laterales a los niveles especificados.

A continuación se discute la implementación de todos estos bloques.

### **Modulador PSK**

En principio, el modulador PSK binario básico consiste en una llave que elige transmitir la portadora o la portadora invertida; la llave se controla mediante la corriente de información. Esta función se muestra en forma de diagrama de bloques en la Fig. 2.10





### **Fig. 2.10 Diagrama en bloques del Modulador Binario PSK**

La implementación real de los moduladores PSK binarios depende de varios factores. Los factores dominantes generalmente son la frecuencia de trabajo, la velocidad de información y el costo de implementación. Para velocidades de información moderadas y frecuencias no mayores que algunas decenas de mega hertz, se puede conseguir un desempeño muy bueno a bajo costo con una llave a transistor o una compuerta CMOS de transmisión. Para frecuencias y/o velocidades de información mayores, se usan generalmente mezcladores a diodo doble balanceados.

#### **2.6.4. Receptores de PSK.**

La función del receptor consiste en extraer la información contenida en la señal recibida y reconstruir en la medida que sea posible la secuencia original de información. La manera usual de medir su desempeño es con la curva de velocidad de errores en función de la relación señal/ruido.

Se usan dos tipos de receptores : receptores de detección coherente y receptores de detección diferencial (incoherente).

Ambos tipos de receptores tienen los mismos subsistemas hasta el punto en el que se debe introducir la señal de referencia al detector:

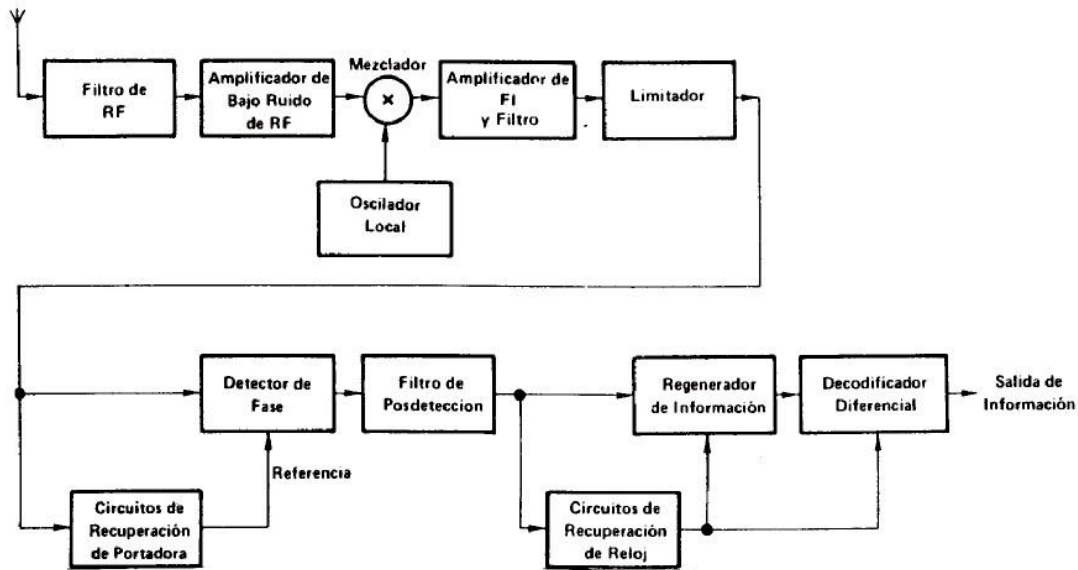
1. En los receptores de detección coherente, la onda portadora se recupera mediante lazos de fijación de fase y se inyecta al detector.
2. En los receptores de detección incoherente, se aplica al detector la señal recibida durante el intervalo de símbolo previo, en calidad de referencia para evaluar el siguiente símbolo.

En general, los receptores tienen mejor desempeño; sin embargo

existen casos especiales en los que la fase promedio (le la señal recibida varía a causa de irregularidades de la propagación de las ondas de radio; en tales casos la detección diferencial puede desempeñarse igualmente bien, o aun mejor que la detección coherente.

En la Fig. 2.11 se muestra el diagrama de bloques general de un receptor con detección PSK. Este diagrama de bloques es común a ambos tipos de receptores descritos

La señal de RF captada en la antena se hace pasar por un filtro pasabanda de RF y se inyecta en un amplificador de bajo ruido. El filtro de RF atenúa las señales fuera de banda generadas por otros transmisores que operan en otras frecuencias; su ancho de banda se elige en base a los mismos compromisos que se consideran para elegir el filtro de salida del transmisor la señal filtrada se amplifica en el amplificador de bajo ruido para compensar las pérdidas del filtro de RF y del mezclador. La señal amplificada se traslada a una frecuencia intermedia cómoda, generalmente de **35, 70** o **140** MHz. en la cual la señal recibida se amplifica y se filtra. El ancho de banda y las características del filtro de F1 son críticas para el buen desempeño del receptor.



**Fig. 2.11 Diagrama general en Bloques del Receptor PSK.**

La señal filtrada pasa por una etapa limitadora para extraerle variaciones no deseadas de amplitud, y luego se la inyecta en paralelo al circuito de recuperación de portadora y al detector de fase.

En los receptores que se emplean detección coherente, la portadora se recupera mediante un lazo de fijación de fase (PLL); en la detección diferencial se usa como referencia para el detector de una línea de retardo de un símbolo de duración.

La salida del detector de fase se filtra en un filtro pasabajos de postdetección, cuyas características se eligen para suprimir todo el ruido posible sin empeorar la regeneración de la señal detectada.

La señal filtrada, generalmente codificada en NRZ, se envía al regenerador de información. El regenerador y su circuito auxiliar de

recuperación de reloj son similares a los circuitos descritos.

La señal regenerada se hace pasar a un decodificador diferencial que elimina la codificación diferencial que se ha efectuado antes de la modulación. Siempre que se use detección coherente se debe ejecutar la codificación diferencial.

Procedamos ahora a analizar los dos subsistemas principales del receptor: del filtro de F1 y el circuito de recuperación de reloj.

### **2.6.5. Sistemas de PSK de Ocho y Dieciséis Fases.**

Para conseguir la elevada eficacia de banda que exigen las radios digitales comerciales por microondas, se hace necesario usar PSK de ocho y aún de dieciséis fases. La implementación de estos sistemas es bastante similar a la del QPSK. En estos casos, habrá una reducción significativa de la banda debida a la modulación de orden superior y debido a la influencia creciente de las imperfecciones y de las tolerancias de los circuitos de los equipos de radio. No obstante, esto generalmente no es crítico pues los enlaces comerciales pueden tolerar degradación e inferiores condiciones de propagación.

### **Receptor PSK en Cuadratura**

El diseño y la implementación del receptor QPSK es muy similar al del sistema PSK birmano, exceptuando el ancho de banda del filtro de FI, algunos detalles en la recuperación de portadora, y en la demodulación de la información.

El valor óptimo del filtro de FI para los receptores QPSK es ligeramente mayor que la mitad de la velocidad de bits (o ligeramente mayor que la velocidad de símbolos).

Es interesante que desde el punto de vista teórico, la QPSK tiene un desempeño idéntico al de la PSK binaria, pero permite reducir el ancho de banda de transmisión a la mitad del que exige la PSK binaria.

Esta conclusión se basa en que la implementación de la QPSK consiste en dos canales independientes de PSK binaria, modulados sobre portadoras de la misma frecuencia pero en cuadratura. Como la velocidad de bits de cada uno de los canales de QPSK es la mitad que la del sistema PSK binario, el ancho de banda necesario del receptor también se reducirá a la mitad. En consecuencia, para un nivel dado de señal recibida, la relación señal/ruido vista por el detector de cada canal QPSK es de 3 dB mayor que la que vería el detector del sistema binario.

Para comparar en forma honesta, debemos suponer que la potencia de transmisión es la misma para los sistemas QPSK y BPSK. Considerando el transmisor QPSK, debemos dividir su potencia de salida en partes iguales entre los dos canales, luego, cada canal recibirá 3 dB menos de potencia que los canales de BPSK. Esto significa que la relación señal/ruido vista por el detector de cada canal de QPSK es igual a la que ve el detector del canal BPSK, y en consecuencia tendrán la misma velocidad de errores.

La equivalencia entre la BPSI y la QPSK explica el hecho de que la QPSK se haya generalizado para transmisión de información. Sin embargo, en la práctica el sistema QPSK presenta una degradación ligeramente mayor causada por el sistema de recuperación de portadora y por las imperfecciones en las características del filtro de FI, pero la diferencia no es crítica.

Para poder aprovechar las ventajas de la QPSK, el sistema de detección debe usar detección coherente y debe estar compuesto por dos canales binarios.

El detector tiene dos canales, que operan en modo binario. Cada canal consiste en un detector de fase seguido por un filtro pasabajos, el filtro se optimiza para transmitir a la mitad de la velocidad total de información. La señal de salida filtrada de cada detector se inyecta a un regenerador de información NRZ, y también al circuito de recuperación de reloj. La corriente de información regenerada pasa por un decodificador diferencial, que elimina el efecto del codificador.

## **2.7. MANIPULACION POR VARIACIÓN DE FRECUENCIA FSK**

### **2.7.1. Introducción a la FSK**

La modulación por desplazamiento de frecuencia FSK, también llamada “manipulación por variación de frecuencia”, es un método de modulación digital de amplia difusión. Se aplica generalmente en

equipos de radio digital de banda angosta, tales como aparatos de radio portátiles y auriculares, pero también ha sido usada con éxito en equipos repetidores de radio digital de banda ancha por microondas, primariamente en calidad de modificación de equipos analógicos existentes, de multiplexado por división de frecuencia (FDM) y frecuencia modulada (FM).

Las principales ventajas de la FSK son su simplicidad, su bajo costo de implementación y su alto nivel de desempeño, especialmente en presencia de desvanecimiento (fading) de la señal.

En FSK la información digital se codifica en función de la frecuencia de una onda portadora de amplitud constante. Generalmente para representar las palabras de entrada específicas se emplean frecuencias escogidas, denominadas "frecuencias de señalización". Por ejemplo, en la FSK binaria, cada palabra de entrada consiste en un bit. En consecuencia, se necesitan dos frecuencias de señalización distintas: una que represente la entrada binaria "1" y la segunda para la entrada binaria "0".

Es posible hacer FSK multinivel; por ejemplo, la FSK de cuatro niveles utiliza cuatro frecuencias de señalización, que representan las cuatro posibles palabras de entrada de dos bits: 00, 01, 10 y 11; la FSK de ocho niveles utiliza ocho frecuencias de señalización, y así sucesivamente.

## 2.7.2. Detección de FSK

Existen dos métodos diferentes para detectar FSK:

- Detección coherente: el detector coherente óptimo teórico consiste en una agrupación de correlacionadoras. Cada correlacionador recibe una señal de referencia, sincronizada en fase y en frecuencia de la señal recibida. Un circuito de toma de decisiones compara en el instante de muestreo adecuado las magnitudes relativas de las señales de salida generadas en los correlacionadores y elige la mayor.

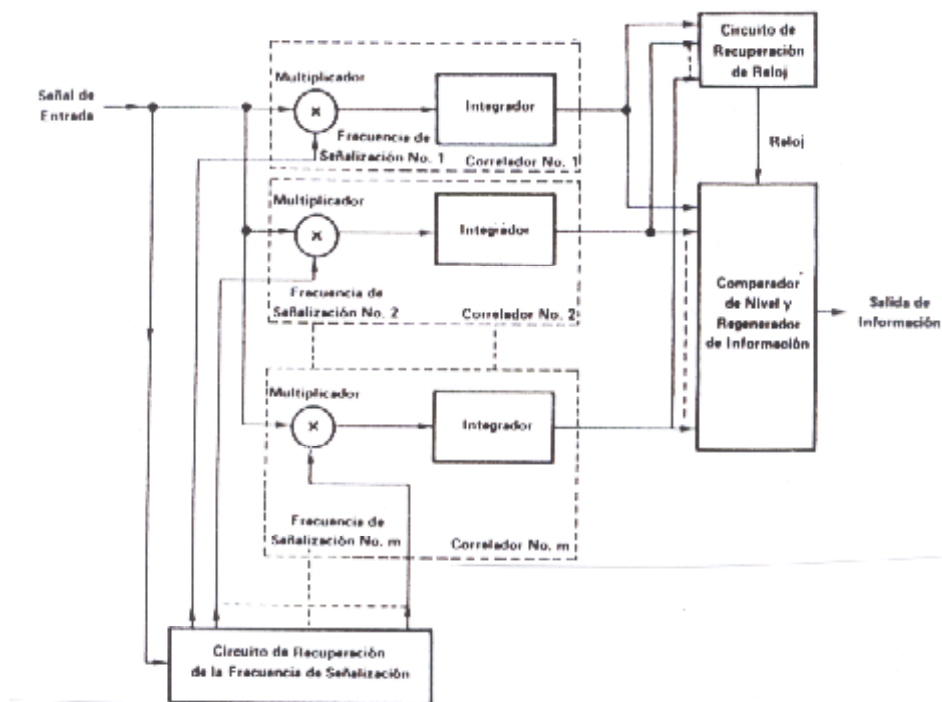
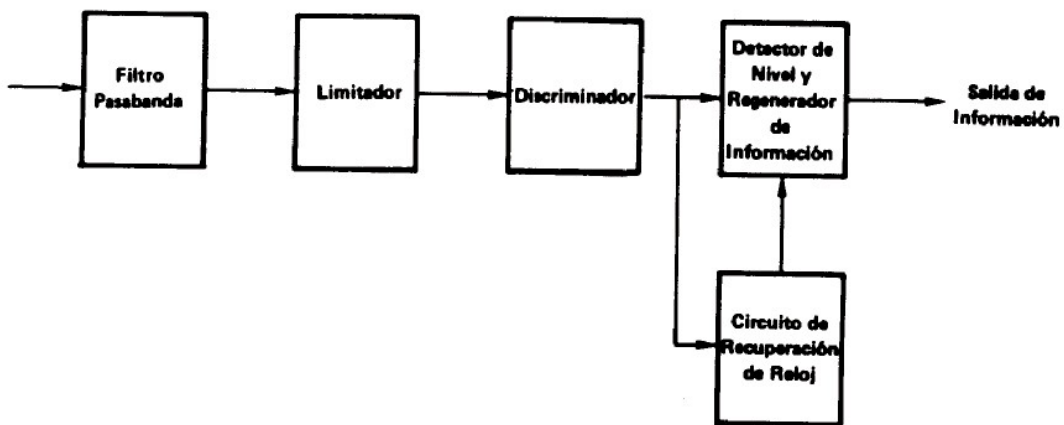


Fig. 2.12 Detector Coherente para FSK de m niveles.



Como este detector es sumamente complicado, rara vez se lo usa en la práctica y no profundizaremos más en el desempeño teórico de los detectores coherentes ideales.

- Detección incoherente: existen muchos tipos de detectores incoherentes; más sencillo y efectivo de todos es el discriminador de frecuencias clásico que se usa para la detección de FM analógica. El discriminador generalmente va precedido por un limitador, que extrae las variaciones en la amplitud de la señal inyectada al discriminador. En la Fig. 2.13 se ilustra el diagrama de bloques de un receptor con detección incoherente que usa detección por discriminador.



**Fig. 2.13 Detector Limitador / discriminador.**

A pesar de ser muy difundido para detectar FSK de banda angosta, desde el punto de vista teórico el discriminador no es el detector incoherente óptimo de FSK, el detector óptimo consiste en una

batería de filtros pasabajos, cada uno sintonizado a una frecuencia de señalización, seguidos por detectores de envolvente envían su salida a un circuito de toma de decisiones, para procesar las señales de salida de los correlacionadores del detector coherente óptimo.

La reducción en la amplitud de los lóbulos laterales también influye sobre el ancho de banda óptimo del filtro de FI; el ancho de banda óptimo para un factor de desviación de **0,5** se reduce a medida que disminuye la frecuencia de corte del filtro de premodulación.

### 2.7.3. EL TRANSMISOR FSK

El transmisor FSK consiste en cuatro bloques principales:

1. El filtro de premodulación — filtra la corriente de información digital de entrada antes de aplicarla al modulador.
2. El modulador — recibe la señal filtrada y genera la señal modulada en frecuencia.
3. El amplificador de potencia — eleva la señal modulada al nivel requerido.
4. El filtro del transmisor — reduce las armónicas y los lóbulos laterales a los niveles especificados.



## **Fig. 2.14 Diagrama en bloques simplificado del Transmisor FSK.**

### **Filtro de Premodulación**

El filtro de premodulación es un dispositivo sencillo y eficaz para disminuir la amplitud de los lóbulos laterales de la señal modulada.

El ancho de banda del filtro se elige de acuerdo a los requisitos del sistema. En los aparatos de radio tácticos de banda angosta que operan en bandas de radio muy utilizadas, se elige una banda angosta para el filtro, con el fin de reducir la interferencia en los usuarios de los canales adyacentes; con esto, sin embargo, se incrementa en algo la velocidad de errores. En los sistemas de banda ancha, el ancho del filtro de premodulación se elige de aproximadamente el 50% de la velocidad de transmisión; con esto se reduce significativamente la amplitud de los lóbulos laterales con un aumento despreciable en la velocidad de errores.

También los sistemas de FSK de respuesta parcial son muy difundidos — especialmente los sistemas binario y dúo binario que hemos descrito en el Capítulo 2. Para implementarlos también se necesita un filtrado apropiado de la señal de entrada antes del modulador, y en consecuencia, se puede considerar que el filtro de respuesta parcial es un tipo de filtro de premodulación.

### **Modulador**

Existen dos tipos de moduladores de FSK:

1. Moduladores lineales, que emplean un oscilador controlado por tensión (VCO).
2. Moduladores digitales, que sintetizan las frecuencias de señalización necesarias según la información a la entrada.

El modulador de tipo a VCO es en realidad una modificación del modulador analógico que se usa en los sistemas de frecuencia modulada. Presenta la ventaja de ser lineal, es decir, su frecuencia de salida varía exactamente en función de la forma de la señal moduladora. En consecuencia, los moduladores de tipo a VCO se pueden usar con filtros de premodulación simples.

A pesar de que el filtro de modulador de tipo VCO se usa ampliamente, presenta varias desventajas:

- La tolerancia de la desviación de frecuencia está limitada por la precisión de los circuitos analógicos.
- 
- La exactitud de la frecuencia central es bastante pobre; por ello se necesitan complicados circuitos de control automático de frecuencia (CAF) para estabilizar la frecuencia central.

Con el advenimiento de los modernos circuitos integrados digitales, es posible construir moduladores digitales. El elemento básico de los moduladores digitales es el circuito divisor de frecuencia

controlado, excitado por un oscilador a cristal de precisión. El divisor de frecuencia produce la cantidad necesaria de frecuencias de señalización, es decir, dos para FSK binaria; que se obtienen dividiendo la frecuencia de la señal que produce el oscilador a cristal. La relación de división se hace variar de acuerdo a la información de entrada; para conservar la continuidad de la fase. la relación de división se modifica en el instante en el cual la señal de salida del modulador cruza el cero.

Para superar esta limitación se puede usar el modulador digital de tipo sintetizador.

En este modulador se usan lazos de fijación de fase (PLL) para generar las frecuencias de señalización a partir de una frecuencia exacta de referencia producida en un oscilador a cristal. Para FSK multinivel se necesitan más circuitos PLL. El selector transfiere la señal de salida del PLL adecuado, bajo control de la información de entrada. Se logra continuidad de la fase de la señal de salida pues la conmutación se efectúa en el instante apropiado.

Los circuitos moduladores digitales que hemos presentado son simples, precisos y tienen tolerancias pequeñas. No obstante, pueden producir únicamente modulación de onda cuadrada, que da por resultado un espectro de señal con lóbulos laterales significativos. Como el modulador funciona generalmente a una frecuencia central constante (que es la frecuencia de RF, que se genera al trasladar la señal de salida

del modulador a la frecuencia deseada usando los circuitos apropiados), se puede usar un filtro pasabandas para mejorar el espectro de salida. Sin embargo, el uso de este filtro introduce variaciones de amplitud que son difíciles de extraer sin regenerar los lóbulos laterales originales.

#### **Amplificador de Potencia**

La señal de FSK tiene amplitud constante, en consecuencia se pueden usar amplificadores de alto rendimiento de clase C para elevar el nivel de potencia de la señal a la potencia de transmisión deseada.

#### **Filtro de Salida de Transmisión**

A la salida del transmisor se necesita un filtro para reducir el nivel de las armónicas generadas en las etapas de amplificación de potencia. Generalmente, no conviene diseñar el filtro para suprimir los lóbulos laterales pues se puede conformar el espectro de FSK en los filtros de premodulación.

En consecuencia, en la mayoría de los casos, el filtro de salida del transmisor FSK consiste en secciones de filtro pasabajos, cada una cubriendo una amplia banda de frecuencias.

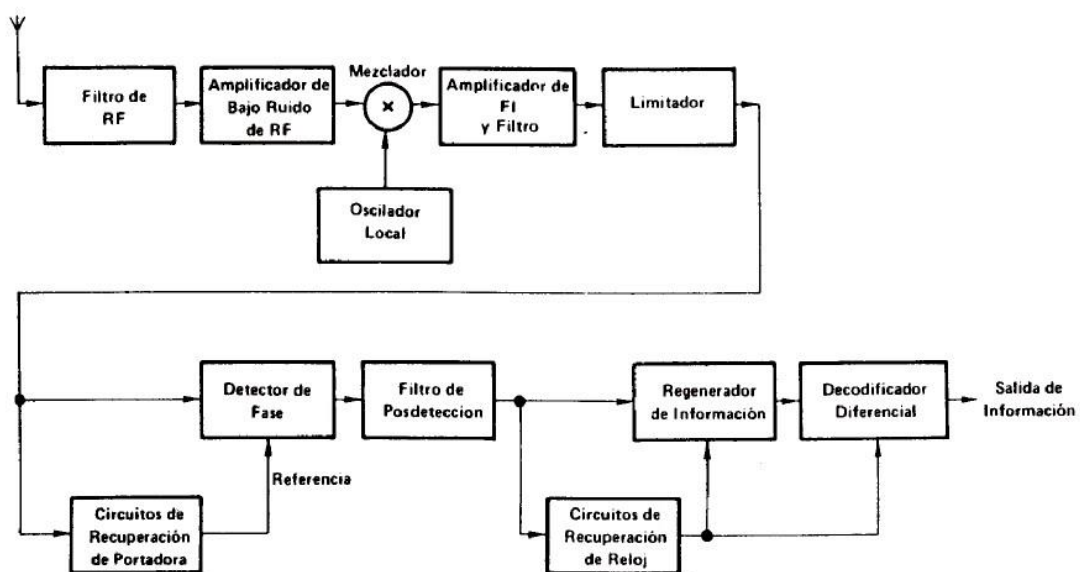
### **2.7.4. Receptor de FSK**

El receptor de FSK de uso más difundido es el del tipo de limitador / discriminador. La señal de RF captada en la antena se inyecta en un amplificador de RF de bajo ruido, pasando por un filtro

pasabanda de RF. Este filtro de RF atenúa las señales fuera de banda generadas por transmisores que operan en otras frecuencias. El filtro generalmente es sintonizable para rechazar al máximo las señales no deseadas que pudieran entrar al amplificador de RF, saturarlo y causarle pérdida de sensibilidad.

La señal filtrada se amplifica en el amplificador de RF de bajo ruido para compensar las pérdidas del filtro de RF.

La señal amplificada se traslada a una frecuencia intermedia cómoda mezclándola con la señal del oscilador local. La señal de salida del mezclador se filtra y se amplifica en el amplificador de FI. El ancho de banda y las características del amplificador de FI son críticas respecto al buen desempeño del receptor. Generalmente el filtro de FI es de respuesta gaussiana.



**Fig. 2.15 Diagrama en bloques general del receptor FSK.**

La señal amplificada de F1 pasa por un limitador que extrae las variaciones de amplitud, llega al discriminador.

La señal de salida del discriminador se filtra en un filtro pasabajos denominado filtro de posdetección. Las características del filtro de posdetección se eligen de manera tal de eliminar todo el ruido posible, sin empeorar la regeneración de señal detectada.

La señal filtrada se aplica en paralelo a los circuitos de regeneración de información y de recuperación de reloj.



## **CAPITULO III: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS GENERALES**

### **3.1. REPARACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **3.1.1. Inspección del Estado de las instalaciones.**

De acuerdo a una revisión realizada en cada una de las instalaciones y mesas de trabajo del Laboratorio de Comunicaciones se ha podido establecer los siguientes requerimientos detallados en el siguiente literal.

#### **3.1.2. Estadística de la Inspección.**

<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
<u>Toma corrientes</u> Breakers	36	2 malos	Reparar
Lámparas Indicadoras	4	buenos	Sin novedad
Fusibles	4	malas	Comprar
Cable flexible	50	malos	Comprar
Lagartos	10m	malos	Comprar
Cautines	40	malos	Comprar
Focos	2	inexistentes	Comprar
Puntas de prueba	2	buenos	Reemplazo por fluorescentes
	13	buenos	Sin novedad

#### **3.1.3. Requerimientos para la Instalación**

Luego de haber hecho una estadística se detalla a continuación los requerimientos del Laboratorio.

- 4 lámparas indicadoras de neón 110v.
- 50 fusibles.
- 10 m de cable flexible.
- 40 cables con conector tipo lagarto pequeños.
- 2 cautines.
- 2 lámparas fluorescentes.

## **3.2. REVISION DE EQUIPOS**

### **3.2.1 Inspección del Estado de los Equipos**

Al realizar la revisión de cada uno de los equipos del Laboratorio de Comunicaciones Digitales se puede detallar a continuación los requerimientos necesarios.

### **3.2.2. Estadística de la Inspección.**

UNIDAD	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACION
<b>Fuente de poder</b>	7	1 dañado	Reparar
Fuente de alimentación	4	buenas	Sin novedad
Osciloscopio	7	3 dañados	4 de calibrar
Multímetros	5	3 dañados	reemplazar fusibles
Frecuenciómetros	7	3 dañados	106162 dañado selector 10571 dañado el display 10613 no funciona
Generador de frecuencias	1	Dañado	
Pu-253	7	Buenos	sin novedad
Digicom 2	7	Buenos	sin novedad
Digicom 3	7	Buenos	sin novedad
Digicom 4	7	Buenos	sin novedad


### 3.3. Reparación de Unidades DIGICOM 2,3,4.

### **3.3.1. Inspección del Estado de las Unidades**

En base al cronograma de actividades se ha procedido a realizar una inspección de las unidades DIGICOM 2,3,4 en lo que respecta a chequeo de la estructura externa de cada módulo y composición interna de elementos encontrando que éstas unidades DIGICOM se hallan completas y sin ninguna novedad, ya que en muchos casos ni siquiera han sido abiertas por los usuarios, pero sí hace falta un mantenimiento de éstas unidades.

### **3.3.2. Estadística de la Inspección**

<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ESTADO</b>	<b>OBSERVACION</b>
<b>ASK 1</b>	7	Bueno	Ninguna
ASK 2	7	Bueno	Ninguna
ASK 3	7	Bueno	Ninguna
PSK 1	7	Bueno	Ninguna
PSK 2	7	Bueno	Ninguna
PSK 3	7	Bueno	Ninguna
FSK 1	7	Bueno	Ninguna
FSK 2	7	Bueno	Ninguna
FSK 3	7	Bueno	Ninguna

ITSA	<b>INSTRUCTIVO</b>		Pág. : 1/1
 <u>TELEMATICA</u>	<b>OPERACIÓN DE UN OSCILOSCOPIO</b>		<b>Código :</b> LCOMOSC
	<b>Elaborado por:</b> Cbos. Garrido - Cbos. Lovato		<b>Revisión No. :</b> 01
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Tapia Mary	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

## 1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA

MANUAL

## 2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:

Laboratorio de Sistemas de Comunicación

## 3.0 MARCA DEL EQUIPO:

DEGEM SYSTEM

## 4.0 MODELO DEL EQUIPO: 112

## 5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:

5.1. VOLTAJE: 115 V

5.2. FASES: fase y tierra

5.3. FRECUENCIA: 60 hz.

## 6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:

6.1. Energizar el equipo

6.2. Esperar un tiempo hasta que aparezca la señal luminosa en el centro del TRC

6.3 Escoger el canal adecuado (A o B)

6.4 Escoger el tipo de señal (AC o DC)

6.5. Escoger las escalas adecuadas del tiempo

## 7.0. PRECAUCIONES:

7.1. Manejar con cuidado cada uno de los controles

7.2. Para realizar mediciones de señales aterrizar correctamente el equipo

## 8.0. NOMBRE DE LA PRACTICA

8.1. Manipulación por variación de amplitud


8.2. Manipulación por variación de fase

8.3. Manipulación por variación de frecuencia

## 9. PRESTACION DE SERVICIOS:

9.1 Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

10. FIRMA DE RESPONSABILIDAD: \_\_\_\_\_

<p><b>ITSA</b></p>  <p>TELEMÁTICA</p>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. :</b> 1/1
	<b>OPERACIÓN DE UNA FUENTE DE ENERGIA</b>		<b>Código :</b> LCOMFEG
	<b>Elaborado por:</b> CBOS. GARRIDO – CBOS.LOVATO		<b>Revisión No. :</b> 2
	<b>Aprobado por:</b> ING TAPIA MARY	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

**1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA**

Manual

**2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:**

Laboratorio de Comunicaciones

**3.0 MARCA DEL EQUIPO:**

Degem System

**4.0 MODELO DEL EQUIPO:**

PS-MB-1/A

**5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:**

5.1. VOLTAJE: 115 Voltios

5.2. FASES: 2

5.3. CICLOS: 60 hz.

**6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:**


6.1. Energice la fuente y realice las conexiones adecuadas para obtener  $\pm 12$  Voltios y  $\pm 5$  Voltios

**7.0. PRECAUCIONES:**

7.1. Verifique todas las conexiones

7.2. Confirme si se encuentra en el voltaje deseado

**8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_

<b>ITSA</b>  <u>TELEMÁTICA</u>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. :</b> 1/1
	<b>OPERACIÓN DE VOLTÍMETRO</b>		<b>Código :</b> LCOMOPV
	<b>Elaborado por:</b> CBOS GARRIDO-CBOS LOVATO		<b>Revisión No. :</b> 3
	<b>Aprobado por</b> ING MARY TAPIA	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

## 1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA

Manual

## 2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:

Laboratorio de Comunicaciones

## 3.0 MARCA DEL EQUIPO:

KIKUSUI ELECTRONICS CORP

## 4.0 MODELO DEL EQUIPO:

1633C

## 5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:

**5.1. VOLTAJE:** 115 Voltios

**5.2. FASES:** 1

**5.3. CICLOS:** 60 hz.

## 6.0 NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:

6.1. Coloque el BNC ya sea para entrada o salida de datos

6.2. Energice el voltímetro


## 7.0 PRECAUCIONES:

7.1. Realice las mediciones en la escala

7.2. Observe que las conexiones sean las correctas

**8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_



<p><b>ITSA</b></p>  <p>TELEMÁTICA</p>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. :</b> 1/1
	<b>OPERACIÓN DE FUENTE DE PODER</b>		<b>Código</b> LCOMFPW
	<b>Elaborado por:</b> CBOS. GARRIDO- CBOS. LOVATO		<b>Revisión No. :</b> 4
	<b>Aprobado por:</b> ING TAPIA MARY	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

**1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA**

Manual

**2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:**

Laboratorio de Comunicaciones

**3.0 MARCA DEL EQUIPO:**

Degem System

**4.0 MODELO DEL EQUIPO:**

101

**5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:**

**5.1. VOLTAJE:** 36 Voltios

**5.2. FASES:**

**5.3. CICLOS:** 60 Hz


**6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:**

6.1. Verifique si tiene o no fusible antes de energizar

**7.0. PRECAUCIONES:**

7.1. Utilice los tabs necesarios para obtener energía

**8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_

<p>ITSA</p>  <p>TELEMÁTICA</p>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. :</b> 1/1
	<b>OPERACIÓN DE MULTIMETRO DIGITAL</b>		<b>Código :</b> LCOMMLT
	<b>Elaborado por:</b> CBOS GARRIDO- CBOS LOVATO		<b>Revisión No. :</b> 5
	<b>Aprobado por:</b> ING MARY TAPIA	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

**1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA**

Manual

**2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:**

Laboratorio de Comunicaciones

**3.0 MARCA DEL EQUIPO:**

Degem System

**4.0 MODELO DEL EQUIPO:**

120

**5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:**

**5.1. VOLTAJE:** 115 Voltios

**5.2. FASES:** 3 1/2 Dígitos

**5.3. CICLOS:** 60 Hz

**6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:**


6.1. Energizar el equipo

**7.0. PRECAUCIONES:**

7.1. Realice las conexiones adecuadas para medir voltaje, corriente y resistencia

7.2. Escoger siempre la escala mas alta a la que se espera medir

**8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_

<b>ITSA</b>  <b>TELEMÁTICA</b>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. :</b> 1/1
	<b>OPERACIÓN DE GENERADOR DE AUDIO</b>		<b>Código :</b> LCOMGAU
	<b>Elaborado por:</b> CBOS. GARRIDO- CBOS. LOVATO		<b>Revisión No. :</b> 6
	<b>Aprobado por:</b> ING MARY TAPIA	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

### 1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA

Manual

### 2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:

Laboratorio de Comunicaciones

### 3.0 MARCA DEL EQUIPO:

Degem System

### 4.0 MODELO DEL EQUIPO:

161

### 5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:

**5.1. VOLTAJE:** 115 Voltios

**5.2. FASES:**

**5.3. CICLOS:** 60 Hz

### 6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:


**6.1.** Utilice los Tabs en alto o bajo adecuados para obtener las señales deseadas

**6.2.** Offset debe estar en cero

### 7.0. PRECAUCIONES:

**7.1.** Escoja la escala para obtener la frecuencia deseada

**8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:** \_\_\_\_\_

<p>ITSA</p>  <p>TELEMÁTICA</p>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. : 1/1</b>
	<b>OPERACIÓN DE GENERADOR DE FRECUENCIA</b>		<b>Código : LCOMGNF</b>
	<b>Elaborado por:</b> CBOS.GARRIDO- CBOS.LOVATO		<b>Revisión No. 7</b>
	<b>Aprobado por:</b> ING.MARY TAPIA	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

### 1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA

Manual

### 2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:

Laboratorio de Comunicaciones

### 3.0 MARCA DEL EQUIPO:

Degem System

### 4.0 MODELO DEL EQUIPO:

140

### 5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:

5.1. VOLTAJE: 115 v

5.2. FASES:

5.3. CICLOS:60Hz


### 6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:

6.1. Antes de energizar verifique que Offset se encuentre ubicado en la mitad, seleccione la forma de onda que necesita a la frecuencia deseada.

### 7.0. PRECAUCIONES:

7.1. Energizada verifique con el Osciloscopio la amplitud y frecuencia deseada.

8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD: \_\_\_\_\_

<b>ITSA</b>	<b>INSTRUCTIVO</b>		<b>Pág. :</b> 1/1
 <u>TELEMÁTICA</u>	<b>OPERACIÓN DE CONTROLADOR DE TIEMPO</b>		<b>Código :</b> LCOMCNT
	<b>Elaborado por:</b> CBOS.GARRIDO-CBOS.LOVATO		<b>Revisión No. :</b> 8
	<b>Aprobado por:</b> NG. MARY TAPIA	<b>Fecha :</b> 20-10-2001	<b>Fecha :</b> 14-08-2001

## 1.0 DOCUMENTACION DE REFERENCIA

Manual

## 2.0 UBICACIÓN DEL EQUIPO:

Laboratorio de comunicaciones

## 3.0 MARCA DEL EQUIPO:

Degem Systems

## 4.0 MODELO DEL EQUIPO:

130

## 5.0 CARACTERISTICAS TÉCNICAS:

5.1. VOLTAJE: 115 v

5.2. FASES:

5.3. CICLOS: 5 a 100 Mhz

## 6.0. NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO:

6.1. Energizado seleccione ATTEN XI MODE frec. sec y escoja la escala adecuada.

## 7.0. PRECAUCIONES:

7.1. Únicamente lea el manual de instrucciones.

8.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD: \_\_\_\_\_

### **3.3.3. Requerimientos**

Las unidades DIGICOM 2,3,4 en su totalidad necesitan de mantenimiento, preventivo y correctivo periódico a través de un plan de mantenimiento.

### **3.3.4. Sustitución de Elementos**

Como se ha indicado en la inspección y estadística de las unidades DIGICOM, luego de haber realizado la verificación de funcionamiento correspondiente se comprobó el buen estado de las unidades por lo que no habido la necesidad de realizar la sustitución de elementos pero no esta por demás realizar una inspección periódica las unidades

## CRONOGRAMA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PERIODICO – LCOM

CODIGO EQ.	EQUIPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
LCOMFPW	FUENTE DE PODER	Q		Q	SE	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q	SE	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q					
LCOMFAL	FUENTE DE ALIMENTACION	Q		Q		Q		Q	SE	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q	SE	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q					
LCOMOSC	OSCILOSCOPIO	Q		Q		Q		Q		Q		Q	SE	Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q		Q	SE	Q		Q		Q		Q		Q		Q									
LCOMMLT	MULTIMETROS		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	SE	Q		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q	A		Q	Q			Q	SE	Q		Q	Q					
LCOMFRC	FRECUENCIMETROS		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	SE	Q		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	SE	Q		Q	Q					
LCOM253	PU-253		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q	SE		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q	SE		Q	Q					
LCOMUD2 LCOMUD3 LCOMUD4	UNIDAD DIGICOM 2 , UNIDAD DIGICOM 3 , Y UNIDAD DIGICOM 4		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q	SE		Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	Q			Q	SE	Q		Q	SE	Q
LCOMACC	HERRAMIENTAS Y GUIAS DE LABORATORIO								SE																				SE																				
LCOMACC	Sillas y ayudas de Instrucción	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				

- \* Mantenimiento cada vez que se utilice el equipo
- \*\* Mantenimiento antes de cada ensayo
- \*\*\* Mantenimiento cada 24 ensayos (en caso de ensayos de compresión)  
Mantenimiento después de terminar cada nivel

<table border="0"> <tr><td style="background-color: yellow; padding: 2px;">S</td><td>Mantenimiento semanal</td></tr> <tr><td style="background-color: blue; color: white; padding: 2px;">Q</td><td>Mantenimiento quincenal</td></tr> <tr><td style="background-color: darkblue; color: white; padding: 2px;">M</td><td>Mantenimiento mensual</td></tr> <tr><td style="background-color: magenta; padding: 2px;">B</td><td>Mantenimiento bimestral</td></tr> <tr><td style="background-color: green; padding: 2px;">SE</td><td>Mantenimiento semestral</td></tr> </table>	S	Mantenimiento semanal	Q	Mantenimiento quincenal	M	Mantenimiento mensual	B	Mantenimiento bimestral	SE	Mantenimiento semestral	<table border="0"> <tr><td style="background-color: cyan; padding: 2px;">A</td><td>Mantenimiento anual</td></tr> <tr><td style="background-color: darkgreen; color: white; padding: 2px;">2 A</td><td>Mantenimiento cada 2 años</td></tr> <tr><td style="background-color: grey; color: white; padding: 2px;">3 A</td><td>Mantenimiento cada 3 años</td></tr> <tr><td style="background-color: red; color: white; padding: 2px;">5 A</td><td>Mantenimiento cada 5 años</td></tr> </table>	A	Mantenimiento anual	2 A	Mantenimiento cada 2 años	3 A	Mantenimiento cada 3 años	5 A	Mantenimiento cada 5 años
S	Mantenimiento semanal																		
Q	Mantenimiento quincenal																		
M	Mantenimiento mensual																		
B	Mantenimiento bimestral																		
SE	Mantenimiento semestral																		
A	Mantenimiento anual																		
2 A	Mantenimiento cada 2 años																		
3 A	Mantenimiento cada 3 años																		
5 A	Mantenimiento cada 5 años																		

## **CAPITULO IV: PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **4.1. Análisis y resultados de variación de Amplitud (ASK)**

Una vez verificado en forma independiente cada una de las unidades correspondientes a la variación de amplitud digital, se procede a implementar el sistema de transmisión-recepción con el fin de verificar en forma completa el correcto funcionamiento y luego analizar los resultados obtenidos.

**OBJETIVO:** Medir las características del Modulador ASK.

**MATERIALES:** En este experimento se usa la unidad Digicom 2/1, junto con la unidad de servicio PU-253, se alimenta con +12V de la fuente de alimentación A, -12V de la fuente de alimentación B y + -5V de la fuente de alimentación F.

**FUNDAMENTO TEORICO:** La modulación por desplazamiento de Amplitud ASK, también llamada “Manipulación por Variación de Amplitud”, es probablemente el primer tipo de Modulación Digital que fuera aplicado en la practica. En su forma más simple se ha usado para transmitir radio telegrafía en código Morse.

**PROCEDIMIENTO:**

- Seleccione velocidad de datos de 16 kb/seg.

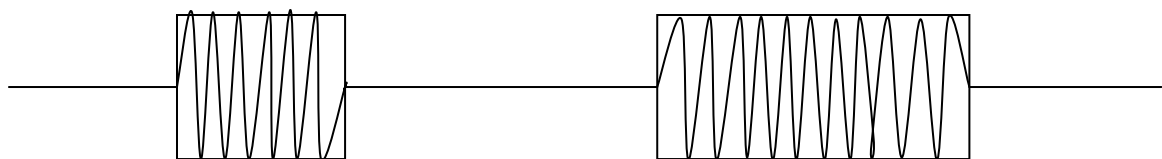


- Conecte la salida Data out del generador de datos a la entrada Signal In del modulador y conecte la onda portadora sinusoidal de 512 KHz. en la entrada Carrier In.
- Observa en el osciloscopio las formas de onda de entrada y salida, regule el control %Mod.
- Registre las ondas de entrada y salida para velocidades de datos de 8, 16, 32 y 64 kb/seg.

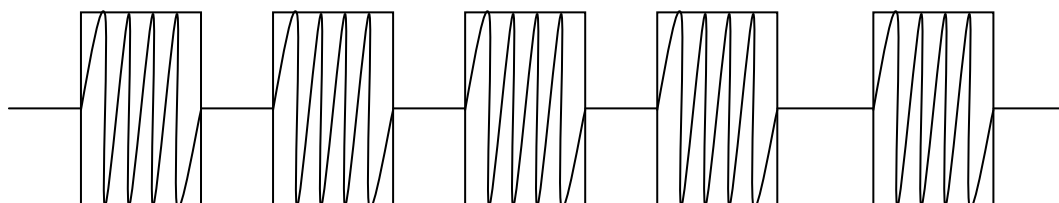
#### ANÁLISIS DE RESULTADOS:



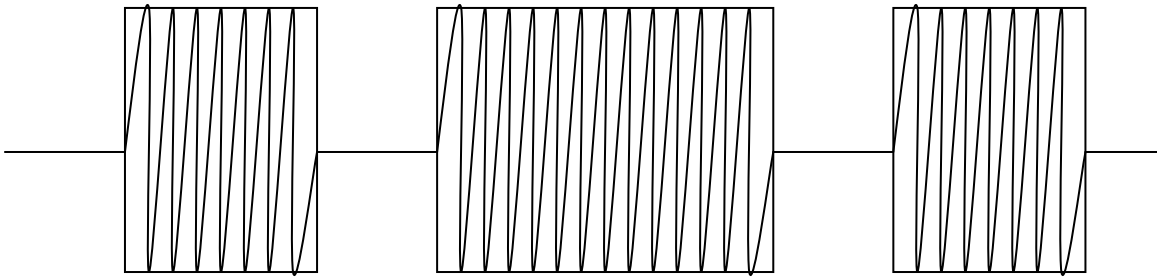
**secuencia de entrada**



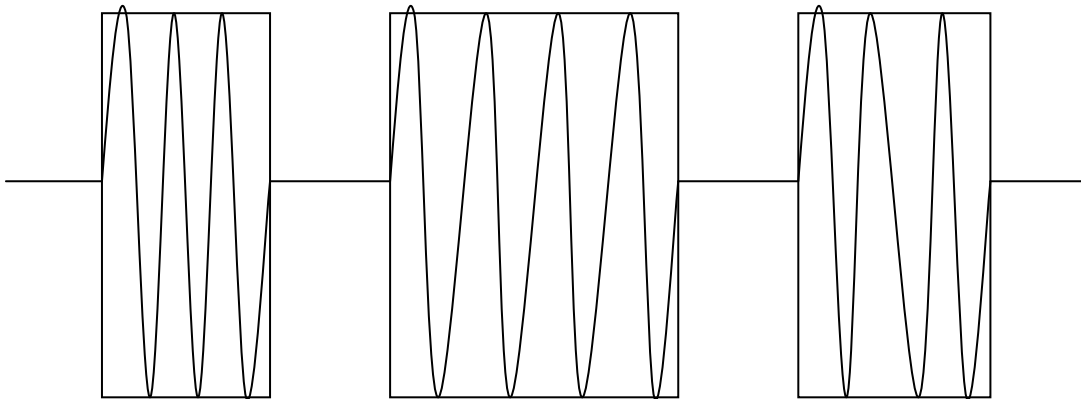
**Portadora modulada**



**Señal atenuada**



**Señal amplificada**



**Señal filtrada y amplificada.**

#### **4.2. Análisis y Resultados de variación de fase (PSK)**

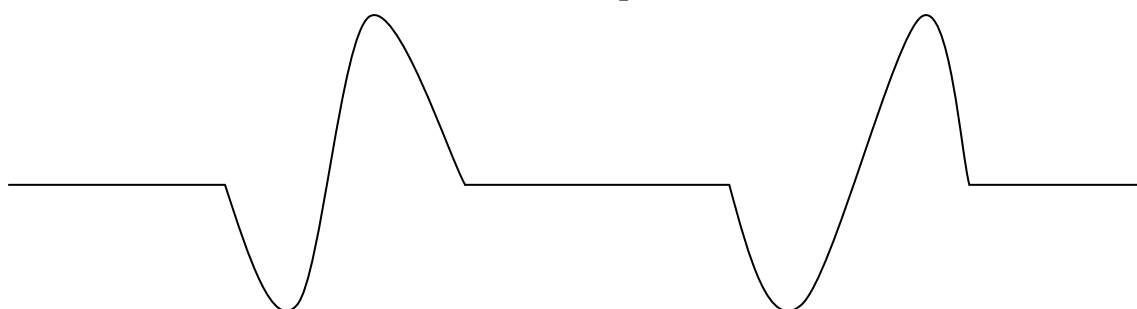
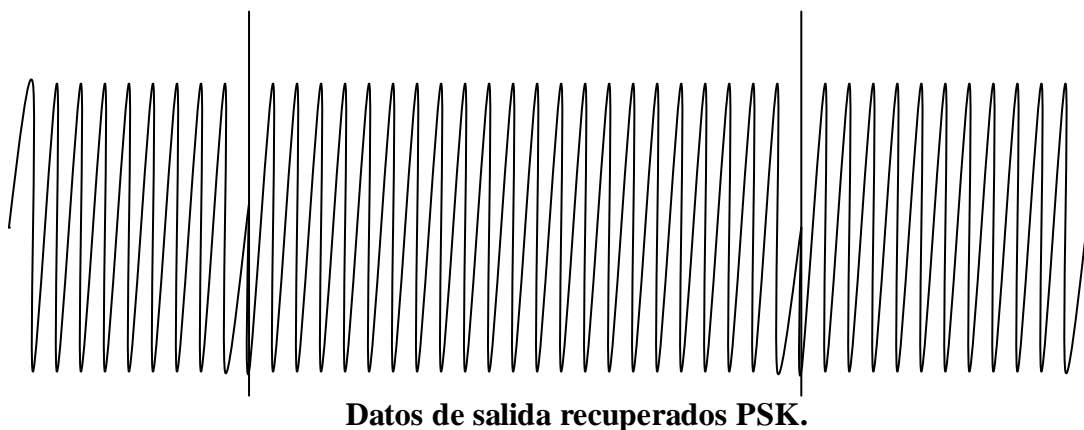
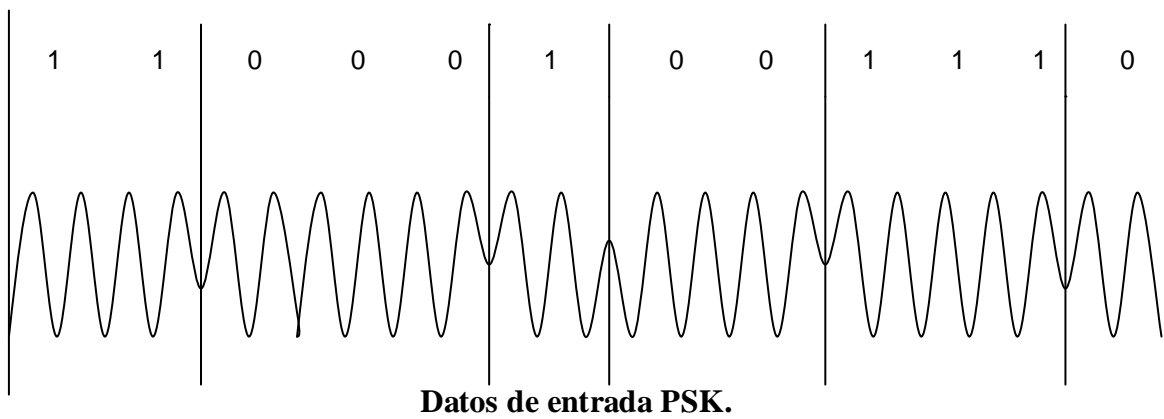
Para la verificación del correcto funcionamiento de las unidades digicom PSK se realizara el análisis de resultados y graficando las diferentes formas de onda presentadas a continuación.

OBJETIVO: Familiarización con las formas de onda de PSK, estudio del funcionamiento de un modulador binario de PSK, de un codificador diferencial.

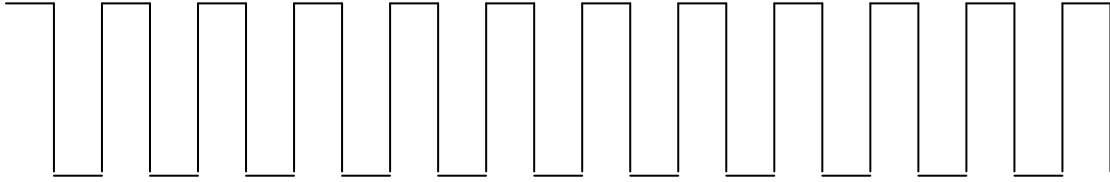
MATERIALES: se usa la unidad Digicom 3/1 y la unidad de servicio PU-253 y el tablero maestro MB 1/a. Las unidades del tablero maestro (+12V de la fuente de alimentación A, -12V de la fuente de alimentación B, y + -5V de la fuente de alimentación F.)

FUNDAMENTO TEÓRICO: la modulación por desplazamiento de fase PSK, también llamada “Manipulación por variación de fase”, es un método de Modulación Digital muy eficaz, utilizado ampliamente en los sistemas de comunicaciones Digitales modernos tales como enlaces via satélite, sistemas de radio de relevo de banda ancha por microondas.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS :



### Modulada exactamente $+90^\circ$ y $-90^\circ$



### Señal recuperada

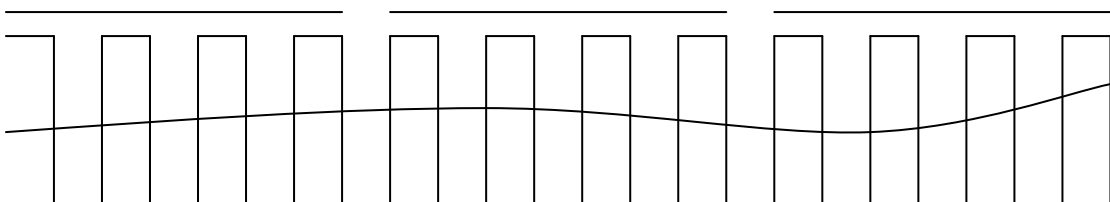
## 4.3. Análisis y Resultados de Variación de Frecuencia (FSK)

OBJETIVO: familiarización con las formas de onda de FSK y estudio del funcionamiento de un modulador de FSK.

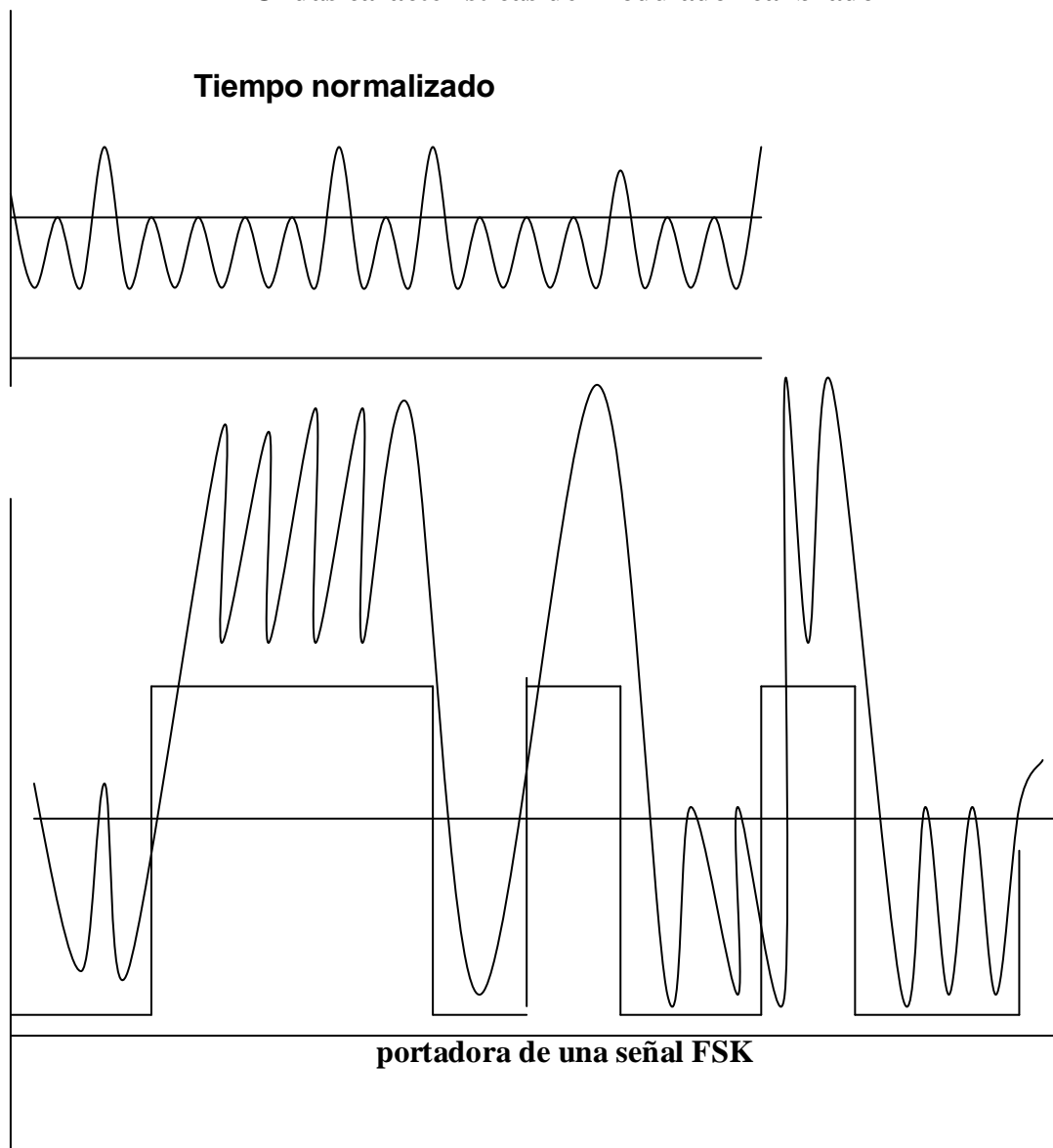
MATERIALES: se utiliza la unidad DIGICOM 4/1 con la unidad de servicio PU-253 y el tablero maestro MB 1/a. Las unidades se alimentan del tablero maestro (+12V de la fuente de alimentación A, -12V de la fuente de alimentación B, y + -5V de la fuente de alimentación F.)

FUNDAMENTO TEORICO: LA modulación por desplazamiento de Frecuencia FSK también llamada “Manipulación por Variación de Frecuencia”, es un método de Modulación Digital de amplia difusión. Se aplica generalmente en equipos de radio digital de banda angosta como aparatos de radio portátiles y vehiculares.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS:



**Ondas características del modulador calibrado**



**Característica de frecuencia del modulador en función de la tensión  
continua de entrada**

<b>TENSIÓN DE ENTRADA</b>	<b>FRECUENCIA DE SALIDA (KHZ)</b>
+6V	467.12
+5V	472.06

+4V	477.20
+3V	482.15
+2V	487.08
+1V	492.01
<b>0V</b>	496.80
-1V	501.71
-2V	506.59
-3V	511.40
-4V	516.18
-5V	520.90
-6V	525.68

## CAPITULO V: MARCO TEORICO

### 5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

TIEMPO ACTIVIDADES	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Elaboración del perfil de tesis	■																													
Inspección de módulos del laboratorio			■																											
Recopilación de datos					■																									
Cotización, adquisición de Elementos electrónicos									■																					
Verificación de equipos									■																					
Verificación de unidades digicom y obtención de resultados finales													■																	
Elaboración de guías del Laboratorio																	■													
Elaboración y entrega de la monografía													■																	

## 5.2.PRESUPUESTO

<u>DETALLE</u>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO USD</b>
Resistencias	(10, 620R, 40, 2K) 160	32
Fusibles	60	12
Diodos	(1N4148) 75	30
Lámparas indicadoras	4	4
Multímetros	2	80
Alambres Flexibles	10	10
SET de herramientas	1	40
Lagartos	40	10
Cautines	2	20
Pintura blanca	1 galón	4
Fluorescentes	2	21
Estantería	1	120
Otros		35
	<b>GRAN TOTAL</b>	<b>408</b>



## **CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1. CONCLUSIONES**

6.1.1. De los resultados obtenidos el objetivo de este proyecto de tesis ha facilitado la habilitación de un Laboratorio de Comunicaciones Digitales realizando actualización de instalaciones eléctricas así como la inspección, mantenimiento, preventivo y correctivo de equipos necesarios para el desarrollo de las prácticas de Laboratorio.

6.1.2. Las actividades realizadas para el cumplimiento del objetivo de este proyecto de tesis, brinda una amplitud en el campo del conocimiento teórico práctico de las comunicaciones digitales.

6.1.3. Las comunicaciones son la columna vertebral del desarrollo por consiguiente avanzan constantemente y requiere la actualización de equipos y manuales, y con mucha razón si se refiere a la comunicación digital que nos brinda un enlace con un mínimo de ruido y a larga distancia.

6.1.4. Un líder sin comunicaciones lo único que lidera es su escritorio.

### **6.2.RECOMENDACIONES**

A continuación se presenta un resumen de los principales ítems recomendables para el mantenimiento del Laboratorio.

6.2.1. El Laboratorio de Comunicaciones deberá tener una área útil de 10\*8 m<sup>2</sup>.

6.2.2. El laboratorio de Comunicaciones debe tener un buen abastecimiento eléctrico, un adecuado arreglo de la distribución eléctrica

y prioritariamente un buen sistema de tierra ya que en lo posterior sería indispensable la adquisición de un par de computadoras.

6.2.4. Se debe disponer de una buena iluminación global.

6.2.5. Se debería disponer de un lugar adicional con reducida humedad para almacenar instrumentos como también componentes eléctricos.

6.2.6. Para un óptimo manejo del Laboratorio se debe disponer de un adecuado inventario tanto de equipos, instrumentos y componentes electrónicos.

6.2.7. Se debe enfatizar que los instrumentos de Laboratorio deberán ser chequeados periódicamente como cables, conectores, equipos, módulos, etc.

6.2.8. Así mismo se deberá hacer una adecuada recalibración de estos instrumentos usando medidas estándar.

6.2.9. Se recomienda que la adquisición de cualquier instrumento debe hacerse preferentemente con dos manuales; el del usuario y el de operación. Adicionalmente se requiere de una provisión de algunas partes o componentes de repuesto.

6.2.10. El Laboratorio deberá disponer de una reserva de instrumentos para el momento de que alguno de estos falle.

6.2.11. Para cada instrumento se deberá abrir un libro de vida; todas las acciones subsecuentes por mantenimiento preventivo o reparación de instrumento o equipo deberá registrarse en dicho libro.

## **BIBLIOGRAFÍA**

-Sistemas de comunicación

Stremler

Ediciones Alfaomega

-Sistemas de Comunicaciones Electrónicas

Wayne Tomasi

Segunda Edición

-Comunicaciones y redes de computadoras

Williams Stallings

Sexta Edición

-Curso DIGICOM

Teoría y Práctica Moderna

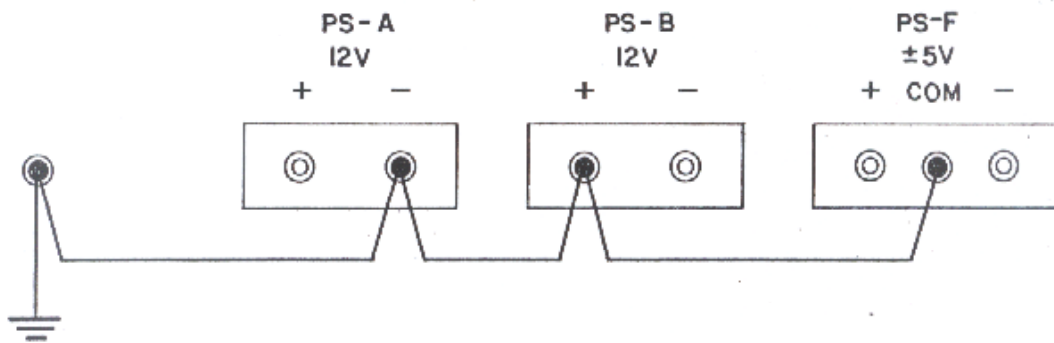
de las Comunicaciones Digitales

**GUIAS  
DE  
LABORATORIO**

**OBSERVACION IMPORTANTE**

EFFECTUE LAS SIGUIENTES CONEXIONES EXTERNAS EN SU FUENTE DE ALIMENTACION ANTES DE PONER EN FUNCIONAMIENTO CUALQUIER

UNIDAD DIGICOM:



**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN TELEMÁTICA**

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES

**PRACTICA No. 1**

**1.- TEMA.**

**Modulador de ASK**

**2.- OBJETIVOS.**

Medir las características del Modulador ASK.

**3.- TRABAJO PREPARATORIO.**

Conteste las siguientes preguntas.

a.- A que parte de un sistema de comunicaciones pertenece un Modulador.

b.- Defina en pocas palabras que es un Modulador.

c.- Cual es la función de un Modulador.

**4.- INFORMACION TEORICA.**

El Modulador convierte la información digital en una señal de RF cuya amplitud depende de la secuencia digital. Los requisitos que el modulador necesita dependen de la Modulación de filtrado que se le hace a la señal.

El tipo mas simple de Modulador de ASK binario es una llave electrónica controlado por una señal digital. La llave electrónica generalmente es una llave analógica, que consiste en dos transistores MOSFET que comparten una línea de control común.

## 5.- EQUIPOS Y MATERIALES.

- Osciloscopio
- Generador de Funciones
- Contador de Frecuencia
- Tablero maestro MB-1/A.
- Bastidor RU-1W.
- Unidad de Servicio PU- 253.
- Unidad DIGICOM 2/1.

## 6.- PROCEDIMIENTO.

En este experimento se usa la unidad DIGICOM 2/1 junto a la unidad de servicio 253, se alimentan con +12v de la fuente de alimentación A -12v de la fuente de alimentación B y +\_5v de la fuente de alimentación F.

a.- Seleccione velocidad de datos de 16kb/seg.

b.- Conecte la salida DATA-OUT del generador de datos a la entrada SIGNAL-IN Modulador contenido en la unidad DIGICOM 2/1 y conecte la onda portadora Sinusoidal DE 512 Khz. a la entrada CARRIER-IN.

c.- Observe en el Osciloscopio las formas de onda de entrada y salida y regule %MOD para que la señal modulada tenga profundidad de modulación de 100%

d.- Registre las ondas de entrada y salida para velocidades de datos de 8, 16, 32 y 64kb/seg.

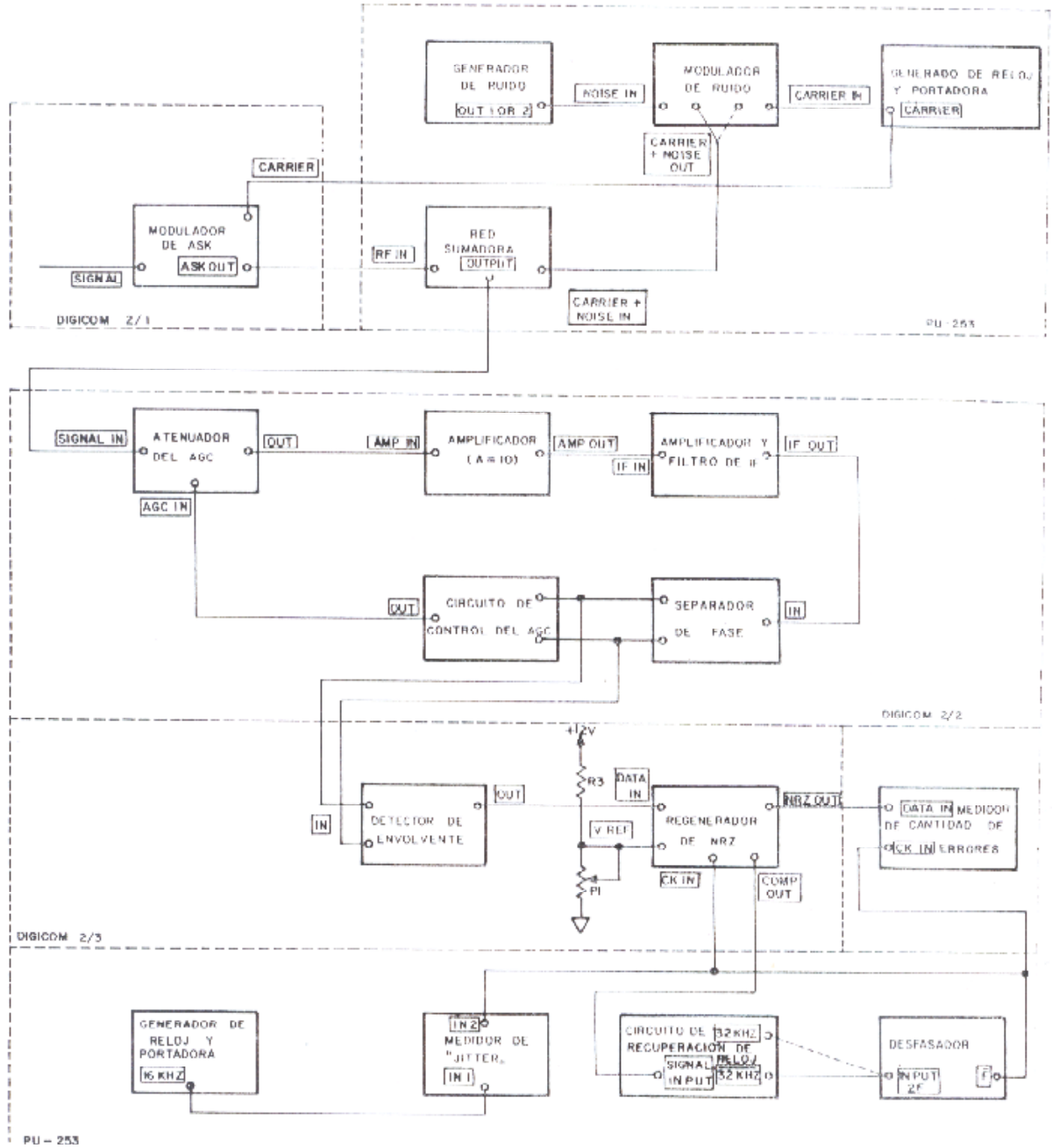
## 7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Dibuje diagramas de fase mostrando todas las formas de onda registradas durante el experimento.

Dibuje la curva de respuesta en frecuencia del Modulador.



## CONFIGURACIÓN DE PRUEBA PARA EL SISTEMA ASK



**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN TELEMÁTICA**

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES  
**PRACTICA No. 2**

**1.- TEMA..**

**Funcionamiento del Receptor ASK.**

**2.- OBJETIVOS.**

Presentar las características del receptor de ASK y estudiar su implementación.

**3.- TRABAJO PREPARATORIO.**

Conteste las siguientes preguntas.

a.- Cuales son los subsistemas principales del Receptor ASK.

b.- Describa 3 objetivos principales del Amplificador y filtro de RF.

c.- Realice el diagrama del receptor ASK típico.

**4.- INFORMACION TEORICA.**

En el Receptor del Modulador produce una réplica de la señal moduladora que se aplica luego al codificador de esta manera se obtiene la información regenerada.

**5.-EQUIPOS Y MATERIALES.**

- Osciloscopio
- Generador de Funciones.
- Contador de Frecuencias.
- Tablero Maestro.
- Bastidor RU-1w.
- Unidad de servicio PU-253.
- Unidad DIGICOM 2/1.
- Unidad DIGICOM 2/2.
- Unidad DIGICOM 2/3.

## 6.- PROCEDIMIENTO.

- a.- Conecte la configuración de prueba
- b.- aplique una señal de RF sin modular de 512Khz a la entrada del receptor y varíe su amplitud de 10mv a 1 Vpp. Mida los niveles en todos los puntos accesibles a lo largo de la trayectoria de la señal.
- c.- Conecte las entradas del circuito detector de envolvente contenido en la unidad DIGICOM 2/3 a las salidas del separador de fase y repita el paso b.
- d.- Reemplace la señal de RF sin modular por una señal de 512khz modulada con una onda sinusoidal de 8Khz al 100% de profundidad de modulación, y repita el paso c.
- e.- Regule la amplitud de la señal de entrada de RF sin modular por una señal de 512Khz modulada con una onda sinusoidal de 8Khz al 100% de profundidad de modulación, y repita el paso c.

## FUNCIONAMIENTO CON SEÑALES DE DATOS

- a.- Seleccione la velocidad de datos de 16 Kbit/seg.
- b.- Conecte la salida DATA OUT del generador de datos a la entrada SIGNAL IN del modulador contenido en la unidad DIGICOM 2/1 y conecte la onda portadora sinusoidal de 512Khz a la entrada CARRIER IN.
- c.- Observe en el osciloscopio las formas de onda de entrada y de salida, regule el control %MOD hasta que la señal modulada tenga una profundidad de modulación del 100%.
- d.- Conecte la señal de salida del modulador a la entrada RF IN de la red sumadora contenida en la PU-253 y conecte la salida OUTPUT de la red sumadora a la entrada SIGNAL IN del receptor que hemos armado.

e.- Regule el control de amplitud de la señal SIGNAL AMP de la red sumadora para obtener una señal de RF de 100 m Vpp.

f.- Observe y registre las formas de onda obtenidas en todos los puntos accesibles a lo largo de la trayectoria de la señal. También registre el diagrama ocular que aparece a la salida del detector de envolvente. Este diagrama se obtiene sincronizando el osciloscopio con la señal de reloj.

g.- Repita el punto f, para señales de entrada de 30 m Vpp y de 0.3 Vpp.

h.- Modifique la señal de información a 8.32 y 64 Khz. y repita los puntos e, f y g.

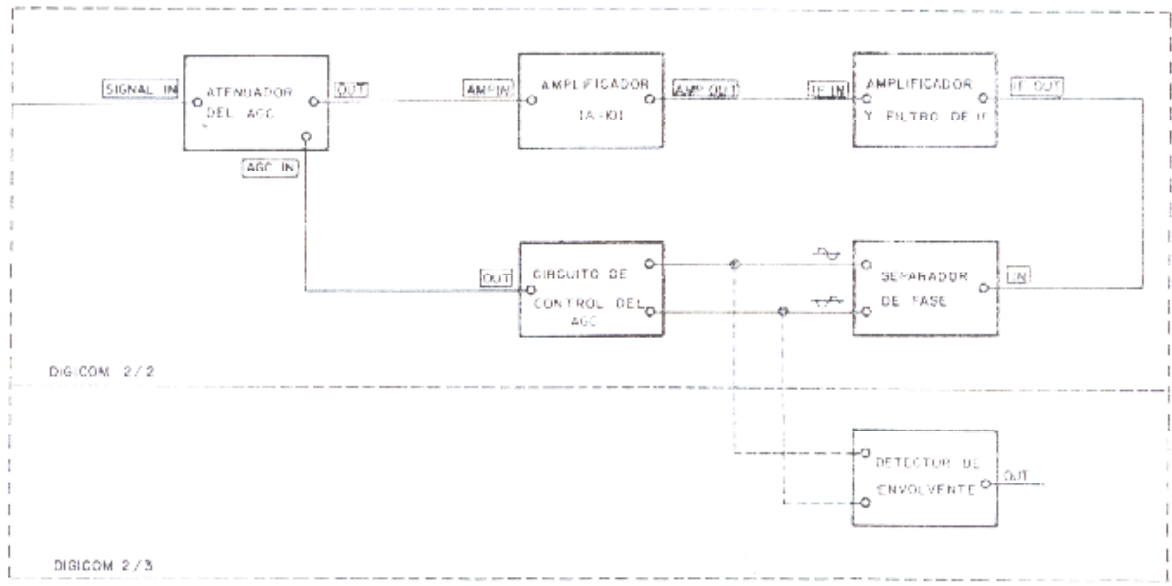
#### 7.- ANALISIS DE RESULTADOS.

a.- Dibuje la función de transferencia del atenuador del ACG en función de su corriente de control.

b.- Dibuje la respuesta de frecuencia del primer amplificador.

c.- Dibuje la respuesta en frecuencia del amplificador de IF, para ambos anchos de banda.

## CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR ASK



**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN TELEMÁTICA**

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES

**PRACTICA No. 3**

1.- TEMA.

Funcionamiento del Modulador de PSK

2.- OBJETIVO.

Familiarización con las formas de onda de PSK, estudio del funcionamiento de un modulador binario de PSK, y de un codificador diferencial.

3.- TRABAJO PREPARATORIO.

Conteste las siguientes preguntas.

a.- Que es codificación.

b.- De que forma parte el modulador de PSK en un diagrama de bloques.

c.- Dé un principio del modulador PSK binario básico.

4.- INFORMACION TEORICA.

La implementación real de los moduladores PSK binarios dependen de varios factores. Los factores dominantes generalmente son la frecuencia de trabajo, la velocidad de información y el costo de implementación. Para velocidades de información moderadas y frecuencias no mayores que algunas decenas de megahertz, se puede conseguir un desempeño muy bueno a bajo costo con una llave a transistor o una compuerta CMOS de transmisión. Para frecuencias o velocidades de información mayores, se usa generalmente mezcladores a diodo doble balanceados.

5.- EQUIPOS Y MATERIALES.

- Osciloscopio
- Generador de Funciones.
- Contador de Frecuencias.
- Tablero Maestro.
- Bastidor RU-1w.
- Unidad de servicio PU-253.
- Unidad DIGICOM 3/1

#### 6.- PROCEDIMIENTO.

En este experimento se usa la Unidad DIGICOM 3/1 junto con la unidad de servicio PU- 253 y el tablero maestro MB-1/A . Las unidades se alimentan del tablero maestro (+12v de la fuente de alimentación A -12v de la fuente de alimentación B y + - 5v de la fuente de alimentación F.)

a.- Seleccione velocidad de datos de 64Kb/seg. Y longitud de secuencia  $2^4 - 1$

b.- Conecte la salida DATA out del generador de datos a la entrada DATA IN del modulador PSK contenido en la unidad DIGICOM 3/1, y conecte la onda portadora de 512 Khz. a la entrada IN del desfasador de portador y su salida out a la entrada CARRIER IN del modulador.

c.- Conecte uno de los canales del Osciloscopio a la entrada DATA IN y el segundo canal a la salida PSK out del modulador.

d.- Regule el potenciómetro MODULATION BALANCE hasta que desaparezca la modulación de amplitud en la señal presente en la salida PSK out, luego regule el potenciómetro CARRIER PHASE de forma que los saltos de fase causados por las señales moduladoras ocurran exactamente en los puntos de  $+90^\circ$  y  $-90^\circ$  de la parte superior e inferior de la onda portadora, respectivamente.

e.- Registre las señales visualizadas.

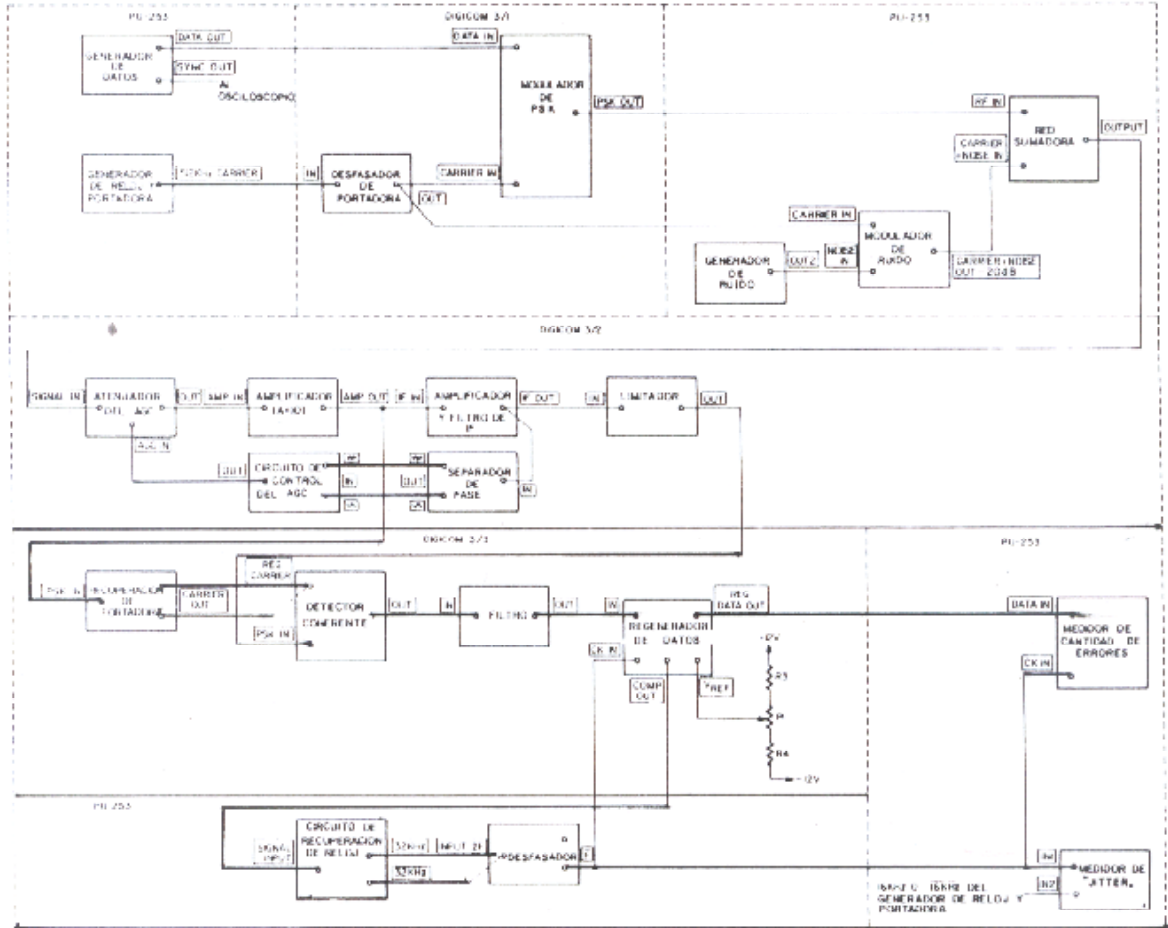
## 7.- ANALISIS DE RESULTADOS.

a.-Dibuje diagramas de fases mostrando las formas de onda registradas durante el experimento.

b.-Analice el funcionamiento y describa su operación en función de las formas de ondas registradas.



## CONFIGURACIÓN DEL MODULADOR PSK



**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN TELEMÁTICA**

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES  
**PRACTICA No. 4**

1.- TEMA.

Receptor de PSK.

2.- OBJETIVO.

Presentar las características del receptor de PSK y estudiar su implementación.

3.- TRABAJO PREPARATORIO.

conteste las siguientes preguntas.

a.- Cual es la función del receptor PSK binaria

b.- Que tipos de receptores se usa.

c.- Explique la función del receptor de detección coherente.

4.- INFORMACIÓN TEORICA.

La función del receptor consiste en extraer la información contenida en la señal recibida y reconstruir en la medida que sea posible la secuencia original de información. La manera usual de medir su desempeño es con la curva de velocidad de errores en función de la relación señal / ruido.

5.- EQUIPOS Y MATERIALES.

- Osciloscopio
- Generador de Funciones.
- Contador de Frecuencias.
- Tablero Maestro.

- Bastidor RU-1w.
- Unidad de servicio PU-253.
- Unidad DIGICOM 3/1
- Unidad DIGICOM 3/2
- Unidad DIGICOM 3/3
- Frecuencímetro
- Multímetro

#### 6.- PROCEDIMIENTO.

En este experimento se utiliza las unidades DIGICOM 3/1, 3/2, 3/3 junto con la unidad de servicio PU-253 y el tablero maestro MB- 1/A. Las unidades se alimentan del tablero maestro (+12v de la fuente de alimentación A, -12v de la fuente de alimentación B

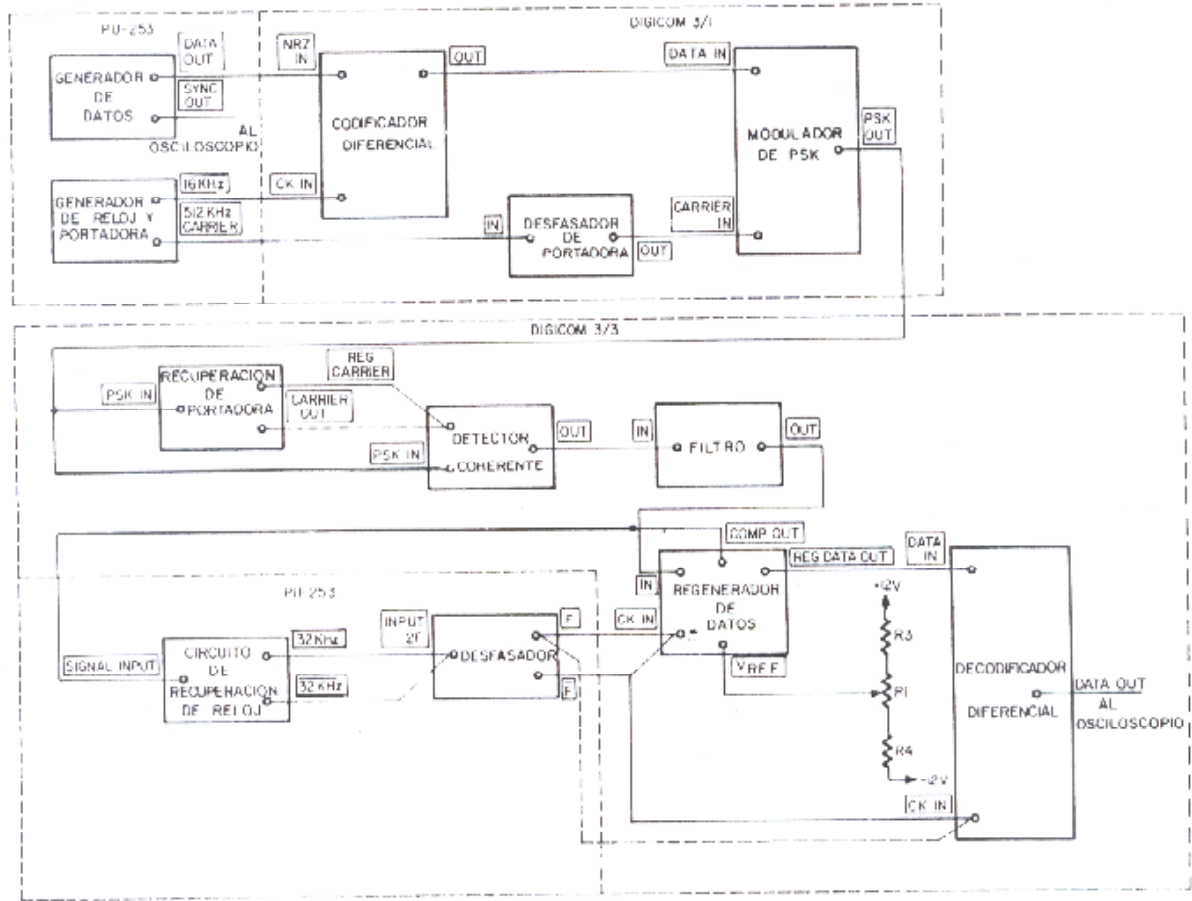
- a.- Seleccione velocidad de datos de 16Kb/seg y longitud de secuencia de  $2^4-1$
- b.- Conecte uno de los canales del osciloscopio a la entrada DATA IN y el segundo canal a la salida del modulador.
- c.- Regule el potenciómetro MODULATION BALANCE hasta que desaparezca la modulación de amplitud de la señal presente en la salida PSK –OUT, luego regule el potenciómetro CARRIER PHASE hasta que los saltos de fase causados por las señales de modulación ocurran exactamente en los puntos  $+90^\circ$  y  $-90^\circ$ .
- d.- Regule el control de amplitud de la señal SIGNAL AMP en la red sumadora para obtener una señal de salida de 100mv.
- e.- Coloque el conmutador IF BANDWIDTH en NARROW.
- f.- Conecte uno de los canales del osciloscopio en la entrada PSK IN del circuito de recuperación de portadora y el segundo a una de las salidas CARRIER OUT.

#### 7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

a.- Dibuje los diagramas mostrando todas las señales medidas durante el experimento.

b.- Cuales son los efectos de duplicar la velocidad de transmisión para los dos anchos de banda del filtro de IF.

## CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR PSK



**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN TELEMÁTICA**

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES  
**PRACTICA No. 5**

1.- TEMA.

Modulador FSK.

2.- OBJETIVOS.

Familiarización con las formas de onda de FSK y estudio de funcionamiento de un modulador de FSK.

3.- TRABAJO PREPARATORIO.

conteste las siguientes preguntas.

a.- Cual es la principal función del Modulador FSK.

b.- En FSK la información digital se codifica en función de:

c.- una ventaja del modulador FSK.

4.- INFORMACIÓN TEORICA.

La modulación por desplazamiento de frecuencia FSK, también llamada Manipulación por variación de frecuencia, es un método de modulación digital de amplia difusión. Se aplica generalmente en equipos de radio digital de banda angosta, tales como aparatos de radio portátiles y vehiculares, pero también ha sido usada con éxito en equipos repetidores de radio digital de banda ancha por microondas, primariamente en calidad de modulación de equipos analógicos existentes por multiplexado por división de frecuencias y frecuencia modulada.

5.- EQUIPOS Y MATERIALES.

- Osciloscopio
- Generador de Funciones
- Contador de Frecuencia
- Tablero maestro MB-1/A.
- Bastidor RU-1W.
- Unidad de Servicio PU- 253.
- Unidad DIGICOM 4/1.

#### 6.- PROCEDIMIENTO.

En este experimento se utiliza la Unidad DIGICOM 4/1 junto con la unidad de servicio PU-253 y el Tablero Maestro MB-1/A. Las unidades se alimentan del tablero maestro (+12v de la fuente de alimentación A, -12v de la fuente de alimentación B, y + -5v de la fuente de alimentación F.)

a.- Conecte la configuración mostrada

b.- Regule el potenciómetro CENTER FREQUENCY ADJUSTMENT de forma que la frecuencia de salida del modulador sea lo más cercana posible a 512 Khz.

c.- Conecte la entrada DC IN al punto A.

d.- Mida las características del modulador en función continua de entrada y registre los resultados en la siguiente tabla.

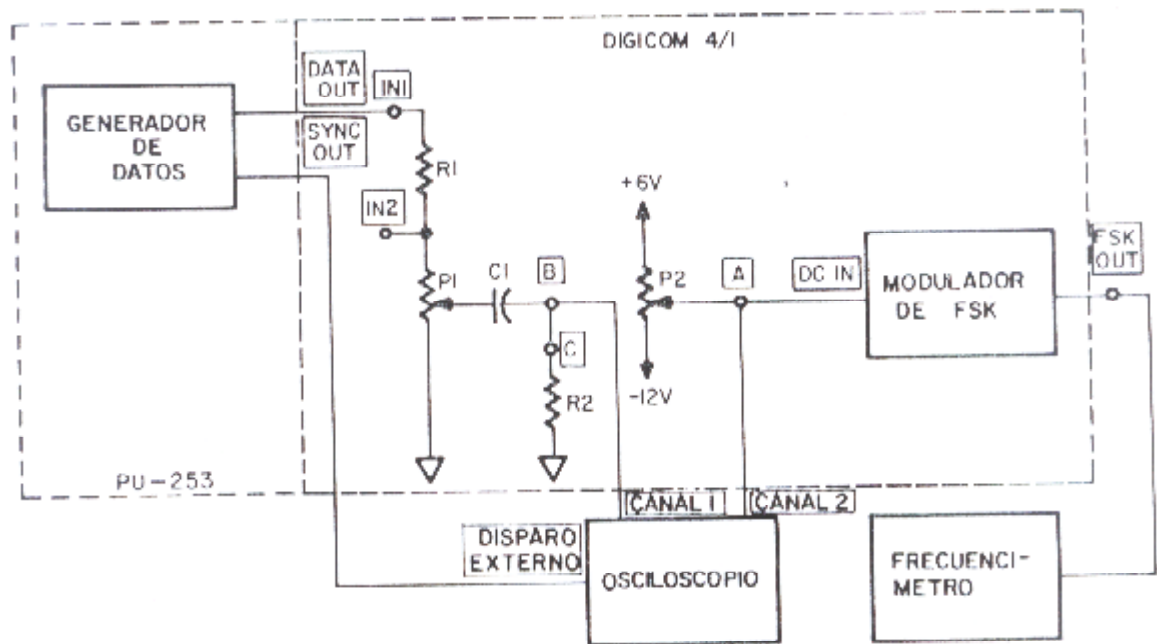
TENSIÓN DE ENTRADA	FRECUENCIA DE SALIDA (KHZ)
+6V	
+5V	
+4V	
+3V	
+2V	
+1V	
<b>0V</b>	
-1V	
-2V	
-3V	
-4V	
-5V	
-6V	

## 7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

- a.- Dibuje diagramas de fases mostrando las formas de ondas registradas durante el experimento
- b.- Trace la curva característica del modulador.



## CONFIGURACIÓN DEL MODULADOR FSK



**FUERZA AÉREA ECUATORIANA**  
**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**  
**ESCUELA DE TECNOLOGÍA EN TELEMÁTICA**

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES  
**PRACTICA No. 6**

1.- TEMA.

Funcionamiento del receptor FSK

2.- OBJETIVO.

Presentar las características de un receptor de FSK y estudiar su implementación.

3.- TRABAJO PREPARATORIO.

Conteste las siguientes preguntas.

- a.- De que tipo es el receptor de FSK mas difundido.
- b.- Cual es el principio de un receptor FSK.
- c.- dibuje un diagrama de bloques de un receptor FSK.

4.- INFORMACIÓN TEORICA.

La señal de RF captada en la antena se inyecta en un amplificador de RF de bajo ruido pasando por un filtro pasa banda de RF, este filtro de RF atenúa las señales fuera de banda generadas por transmisores que operan en otras frecuencias el filtro generalmente es sintonizable para rechazar al máximo las señales no deseadas que pudieran entrar al amplificador de RF, saturarlo y causarle perdida de sensibilidad.

La señal amplificada se traslada a una frecuencia intermedia cómoda mezclándola con la señal del oscilador local.

5.- EQUIPOS Y MATERIALES.

- Osciloscopio
- Generador de Funciones
- Contador de Frecuencia
- Tablero maestro MB-1/A.
- Bastidor RU-1W.
- Unidad de Servicio PU- 253.
- Unidad DIGICOM 4/1.
- Unidad DIGICOM 4/2.
- Unidad DIGICOM 4/3.
- Multímetro
- Mili voltímetro de CA.

#### 6.- PROCEDIMIENTO.

En este experimento se utiliza las unidades DIGICOM 4/1, 4/2, 4/3, junto con la unidad de servicio PU-253 y el tablero maestro MB-1/A. Las unidades se alimentan del tablero maestro (+12v de la fuente de alimentación A, -12v de la fuente de alimentación B + - 5V de la fuente de alimentación F.)

a.- Seleccione velocidad de datos de 16Kb/seg. Y longitud de secuencia de  $2^8-1$ .

No modifique la longitud de secuencia pues esto exigiría que se deba repetir el procedimiento de calibración del modulador.

b.- Coloque el conmutador IF BANDWIDTH en NARROW.

c.- ajuste el modulador para que la desviación de frecuencia sea de + - 5.6 Khz.

Utilice el procedimiento descrito en el anterior experimento.

d.- Regule el control de amplitud SIGNAL AMP para obtener en el receptor una señal de RF de entrada de 100 mv.

e.- Regule la tensión de referencia del regenerador de NRZ en la siguiente forma:

1. Desconecte del circuito ambas puntas de prueba del osciloscopio.
2. Coloque ambos controles V/DIV. En 0.2 V/DIV.
3. Regule los controles de posición vertical para que ambos trazos coincidan.
4. Observe el diagrama de la señal de modulada en el osciloscopio. Emplee acoplamiento de alterna para el canal que muestra el diagrama ocular, y acoplamiento de continua para el canal que muestra el canal de referencia.
5. Regule el potenciómetro P1 de forma que la tensión de referencia del regenerador de datos quede al nivel óptimo.

f.- Compruebe que el circuito de recuperación de reloj este fijado.

g.- Regule el control PHASE SHIFTER y el circuito de recuperación de reloj de forma que el flanco positivo de una de las salidas del desfasador –F o F negativo-tenga lugar en el punto de máxima apertura de salida de 32Khz del circuito de recuperación de reloj por la señal de 32 Khz. negativo.

h.- Se han completado todas las calibraciones necesarias. Registre las formas de onda en todos los puntos accesibles a lo largo de la trayectoria de la señal cuidando de conservar las relaciones de fase entre ellas.

## 7.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

a.- Dibuje diagramas que muestre todas las señales medidas durante el experimento.

b.- Cuales son las influencias de cambiar la desviación de frecuencia y la velocidad de transmisión en los dos anchos de banda del filtro de IF.

### CONFIGURACIÓN DEL RECEPTOR FSK

