



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN
INALÁMBRICO DE UNA PORTADORA UTILIZANDO
MODULACIONES QPSK Y 8 PSK EN CANALES INDOOR DE
OFICINA Y OUTDOOR DE ÁREAS RURALES**

**EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO
INFORME DE PROYECTO**

Previa a la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

David Miguel Martínez Rodríguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO 2017

AGRADECIMIENTOS

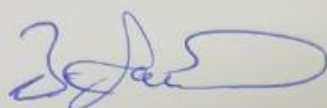
Agradezco a mi madre María Rodríguez, al Ph.D. Boris Ramos y a la Ing. Maricela Freire por todos sus consejos y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre María Rodríguez por ser un pilar fundamental en mi vida, a mi abuela Iraida Estrada con su amor incondicional, a mi padre Miguel Martínez y a Zuleyka Olivarez. Están en mi corazón.

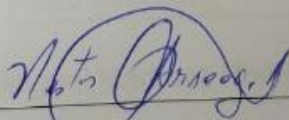
DECLARACIÓN DE CALIFICACIÓN

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph.D. Boris Ramos.

EVALUADOR



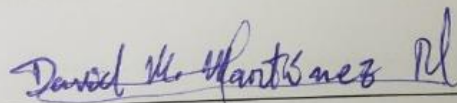
MSIG. Néstor Arreaga

EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Art. 12 del Reglamento de Graduación.



Handwritten signature of David Miguel Martínez Rodríguez in blue ink, written over a horizontal line.

David Miguel Martínez Rodríguez

C.I.:0926130428

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
DECLARACIÓN EXPRESA	IV
CONTENIDO	V
ABREVIATURAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	x
INTRODUCCIÓN	11
1. MARCO TEORICO	12
1.1. SISTEMA INALÁMBRICO DIGITAL	12
1.2. CANALES SELECTIVOS EN FRECUENCIA	13
1.3. MODULACIÓN MULTIFASE M-PSK.....	16
1.4. CSMA.....	20
1.5. ACK.....	22
1.6. BER Y SNR	23
1.7. USRP 2920.....	23
2. DESCRIPCIÓN DE VI	24
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	30
3.1. PERFILES DE POTENCIA DE CANAL	30

3.2. ANÁLISIS DE BER VS SNR EN VI SIMULADO.....	34
3.3. ANÁLISIS DE BER VS SNR REAL MEDIANTE USRP.....	37
3.4. ANÁLISIS DE TASA DE BITS VS SNR.....	39
CONCLUSIONES.....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	44

ABREVIATURAS

ACK	Acknowledgment
BER	Bit Error Rate
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA CA	CSMA with Collision Avoidance
CSMA CD	CSMA with Collision Detection
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
SNR	Signal to Noise Ratio
USRP	Universal Software Radio Peripheral
8PSK	8 Phase Shift Keying

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Sistema de comunicación inalámbrico	12
Fig. 2. Perfil de potencia y retraso de un canal inalámbrico	13
Fig. 3. Constelación QPSK.....	18
Fig. 4. Constelación 8PSK.	20
Fig. 5. Una computadora no puede transmitir debido a medio ocupado ...	21
Fig. 6.. Modo básico de transmisión IEEE 802.11	22
Fig. 7. Módulo NI USRP 2920	24
Fig. 8. Fuente de video en LabVIEW.	25
Fig. 9. Recepción de video en Labview	25
Fig. 10. Modulador QPSK en LabVIEW.....	26
Fig. 11. Demodulador QPSK en LabVIEW	26
Fig. 12. Modulador 8PSK en LabVIEW	27
Fig. 13. Demodulador 8PSK en LabVIEW	28
Fig. 14. Implementación de canales	28
Fig. 15. CSMA en LabVIEW	29
Fig. 16. Decisión de ACK en base al BER.....	30
Fig. 17. Recepción de ACK y encendido de led ACK.....	30
Fig. 18. Perfil de Potencia para canal un ambiente de indoor oficina, canal 2A.....	31
Fig. 19. Perfil de potencia simulado para un ambiente indoor oficina, canal 2B.....	32
Fig. 20. Perfil de potencia para ambiente outdoor áreas rurales, canal 4A.	33
Fig. 21. Perfil de Potencia de un ambiente outdoor áreas rurales, canal 4B.	34
Fig. 22. BER vs SNR simulado para ambiente indoor oficina, canal 2A.....	35
Fig. 23. BER vs SNR simulado para ambiente indoor oficina, canal 2B.....	35
Fig. 24. BER vs SNR simulado de ambiente outdoor áreas rurales, canal 4A.....	36

Fig. 25. BER vs SNR simulado de ambiente outdoor áreas rurales, canal 4B.....	36
Fig. 26. BER vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2A.	37
Fig. 27. BER vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2B.	37
Fig. 28. BER vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4A.....	38
Fig. 29. BER vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4B.....	38
Fig. 30. Rb vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2A.....	39
Fig. 31. Rb vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2B.....	39
Fig. 32. Rb vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4A.	40
Fig. 33.Rb vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, Canal 4B	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Canales indoor de oficina	15
Tabla 2: Canales outdoor de áreas rurales	16
Tabla 3: Asignación de símbolos para bits en QPSK	17
Tabla 4: Asignación de símbolos para bits en 8PSK	19

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comunicación inalámbricos permiten el intercambio de información entre uno o varios transmisores y uno o varios receptores mediante el aire o el vacío usando ondas electromagnéticas.

En la actualidad, estos sistemas son digitales y permiten un mejor procesamiento de la transmisión y recepción de las señales en comparación con un sistema analógico. Éste mejor procesamiento se basa en métodos de modulación, corrección de errores, ACK, etc.

De tal manera, la transmisión de comunicaciones inalámbricas, ha permitido más libertad en las ubicaciones de los dispositivos interconectados con respecto a los sistemas de comunicación cableados, sea ésta una transmisión de video o imagen. Es importante tomar en cuenta los fenómenos por los cuales las ondas electromagnéticas son sometidas a variaciones de fase y amplitud. En este caso se analizarán los efectos de ciertos canales.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. SISTEMA INALÁMBRICO DIGITAL

Un sistema inalámbrico digital consiste en tres partes, un transmisor, el canal y el receptor como se observa en la Fig.1. El transmisor procesa una cadena de bits de datos para transmitirla en un medio físico. El canal es el medio físico que adiciona ruido y distorsiona la señal transmitida. El receptor intenta extraer la cadena de bits recibida de la señal recibida.[1]

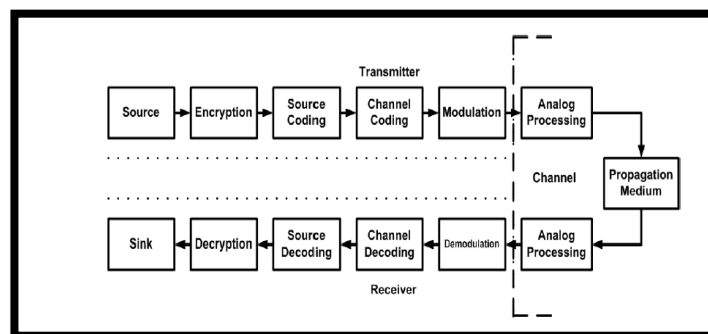


Figura 1. Sistema de comunicación inalámbrico digital [1]

En éste proyecto no se analizan codificadores, ni encriptación de los datos de la fuente.

1.2. CANALES SELECTIVOS EN FRECUENCIA

Las multitrayectorias de las señales transmitidas en medios inalámbricos que son provocadas por obstáculos, generan interferencias destructivas y constructivas de las mismas, haciendo que el canal sea plano o selectivo en frecuencia.

En la Fig.2. se puede observar el perfil de potencia de un canal inalámbrico.

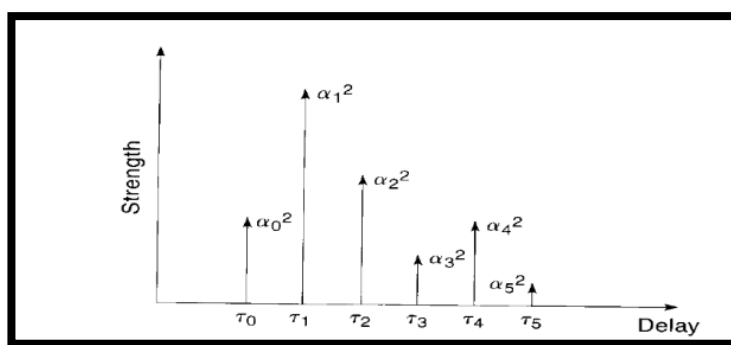


Fig. 2. Perfil de potencia y retraso de un canal inalámbrico [2]

Para conocer si un canal es plano (banda angosta) o selectivo en frecuencia (banda ancha), es necesario conocer el valor RMS del retraso de propagación.

Se puede calcular el valor RMS de τ (retraso de propagación) de la siguiente manera:

$$\tau_2 = \frac{\sum_0^{\infty} S[t] \cdot t}{\sum_0^{\infty} S[t]} \quad (1)$$

$$\tau_1 = \frac{\sum_0^{\infty} S[t] \cdot t^2}{\sum_0^{\infty} S[t]} \quad (2)$$

$$\tau_{\text{rms}} = \sqrt{\tau_1 - \tau_2^2} \quad (3)$$

B es el ancho de banda de la señal, y el ancho de banda coherente del canal:

$$B_c = 1/\tau_{\text{rms}} \quad (4)$$

Si $B < B_c$ entonces el canal es plano (banda angosta) y si $B > B_c$, el canal es selectivo en frecuencia (banda ancha)[1]

Los canales que son implementados en este trabajo son de tipo indoor de oficina y outdoor como ambiente rural.

La principal característica de un ambiente indoor que la distingue de un ambiente outdoor es que el efecto de la multitrayectoria es severo, que la línea de vista puede no existir y que las características del ambiente pueden cambiar drásticamente sobre un intervalo pequeño de tiempo o distancia.[3]

En la Tabla 1 y Tabla 2, se describen los diferentes perfiles de potencia y retrasos de ciertos canales indoor de oficina y canales outdoor de áreas rurales.

Tabla 1

Canales indoor de oficina

Canal 2A		Canal 2B	
Delay (nsec)	Avg Power(dB)	Delay(nsec)	Avg Power(dB)
0	0	0	0
100	-8.5	100	-3.6
		200	-7.2
		300	-10.8
		500	-18.0
		700	-25.2

Tabla 2
 Canales outdoor de áreas rurales

Canal 4A		Canal 4B	
Delay (nsec)	Avg Power(dB)	Delay(nsec)	Avg Power(dB)
0	0	0	0
0.2	-2.0	0.1	-4.0
0.4	-10.0	0.2	-8.0
0.6	-20.0	0.3	-12.0
		0.4	-16.0
		0.5	-20.0

1.3. MODULACIÓN MULTIFASE - MPSK

En este sistema, la fase de la onda portadora puede tomar secuencialmente M valores posibles separados entre sí por un ángulo definido [4]. Ese ángulo es descrito por la Ec. 5.

$$\phi = \frac{2\pi}{M} \quad (5)$$

En el caso de la modulación QPSK, $\phi = \frac{\pi}{2}$ y en el caso de 8PSK, $\phi = \frac{\pi}{4}$.

Los moduladores de este proyecto son implementados en el transmisor y los demoduladores en el receptor.

Quadrature Phase Shift Keying(QPSK) tiene dos veces la eficiencia de ancho de banda de BPSK dado que dos bits son transmitidos en un solo símbolo.[5]

Se asigna un símbolo para cada par de bits como en la Tabla 3 y la constelación QPSK está en la Fig. 3.

Este modulador es implementado en el transmisor.

Tabla 3

Asignación de símbolos para bits en QPSK

Bits	Símbolos
00	$1+i$
10	$1-i$
01	$-1+i$
11	$-1-i$

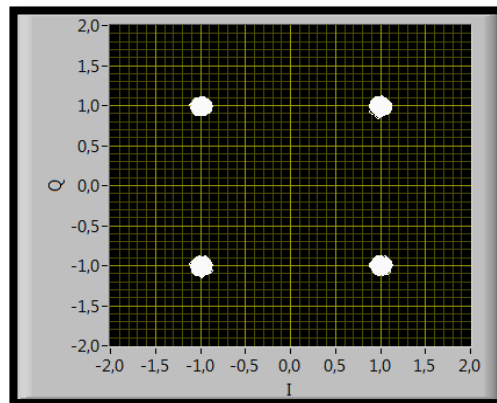


Fig. 3. Constelación QPSK.

En 8 Phase Shift Keying (8PSK) cada fase representa un grupo de 3 dígitos binarios, es decir, tribits. Se agrega la Tabla 4 donde se asignan los bits a las diferentes fases. En la Fig.4 se encuentra un ejemplo de constelación de 8PSK.

Tabla 4

Asignación de símbolos para bits en 8PSK

Bits	Símbolos
011	0
010	$\pi/4$
000	$\pi/2$
001	$3\pi/4$
101	π
100	$5\pi/4$
110	$3\pi/2$
111	$7\pi/4$

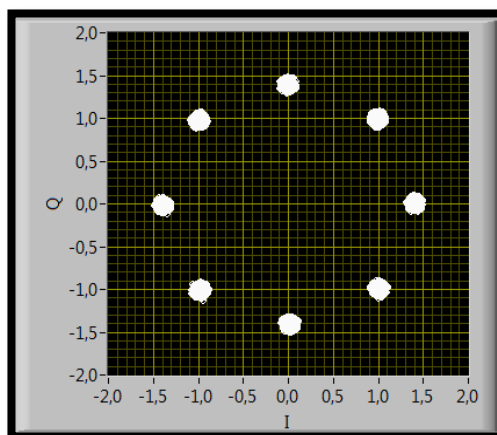


Fig. 4. Constelación 8PSK.

1.4. CSMA

En 1978, Digital Equipment Corporation, Intel y Xerox crearon un estándar que se dió a conocer con el nombre de Ethernet; la tecnología Ethernet original consistía en un solo cable largo al que se conectaban las computadoras.[6]

En aquel año, existía la necesidad de solucionar el problema de la colisión de las señales transmitidas por dos estaciones que intentaban transmitir al mismo tiempo. Ethernet ofreció a la detección de portadora como una de las innovaciones para manejar las colisiones [6].

La detección de portadora monitorea el medio para verificar la existencia de una transmisión en progreso como en la Fig. 5, así se evita algunas formas de colisión en la transmisión requerida

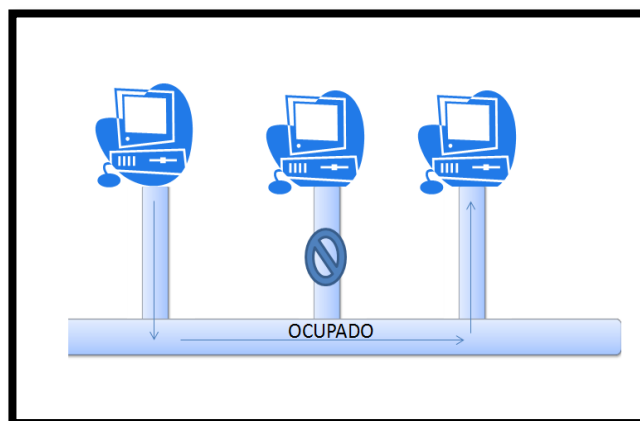


Fig. 5. Una computadora no puede transmitir debido a medio ocupado.

Los tipos de CSMA (Carrier Sense Multiple Access) son persistente-1, no persistente y persistente-p, CSMA CD y CSMA CA.

El CSMA persistente-1 verifica si el medio está siendo utilizado y cuando está desocupado el mismo, se envía el mensaje con probabilidad de 1. [7]

El CSMA no persistente verifica si el medio está ocupado y si no está ocupado, transmite, si está ocupado espera un tiempo aleatorio para volver a verificar si el medio continúa ocupado. [6]

El CSMA persistente-p trabaja en intervalos de tiempo discretos (canales ranurados) mediante probabilidades p y $q=1-p$ para transmitir o postergar la transmisión.[7]

CSMA CD si el transmisor detecta la existencia de una colisión, espera un tiempo aleatorio para volver a transmitir y vuelve a verificar si existió una colisión.[6]

CSMA CA las antenas transmisoras y receptoras envían cada una un mensaje de control antes de que ocurra la transmisión de paquetes.[6]

1.5. ACK

En la transmisión de tramas del acceso al medio, el receptor envía un pequeño mensaje de reconocimiento. Este mensaje se denomina ACK(Acknowledgement) y permite que el emisor confirme que el receptor ha recibido sin pérdidas de datos.

Dado que las estaciones inalámbricas suelen detectar la colisión indirectamente, a través de la falta de recepción de ACK. Esto implica que la pérdida de datos debido al ruido del canal no puede distinguirse de la pérdida debido a colisiones, ambos se supone que son debidos a colisiones.[8]

En la Fig. 6. se puede observar ciertos tiempos de espera antes de acceder al medio y al final un mensaje ACK. Este gráfico es una representación de un modo básico de transmisión IEEE 802.11.

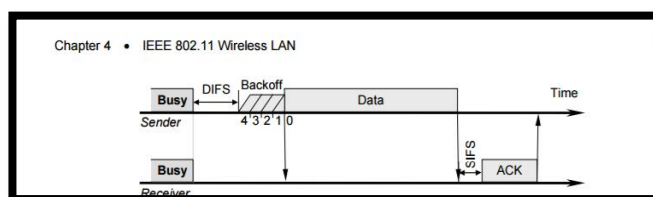


Figura 6. Modo básico de transmisión IEEE 802.11[7]

1.6. BER y SNR

El desempeño de un sistema digital está determinado por el BER (Bit Error Rate). Los objetivos típicos para este Bit Error Rate están en el rango de 10^{-7} para datos.[9]

El término SNR (Signal to Noise Ratio) es utilizado para referirse a la relación entre la potencia de la señal y la potencia del ruido medidas en el receptor. [10]

Su valor en dB viene dado por:

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{Potencia promedio de señal a la salida}}{\text{Potencia promedio de ruido a la salida}} \right) \quad (6)$$

1.7. USRP 2920

El USRP 2920 de la Fig.7. es un transceptor radio programable por software RF, diseñado para la investigación de comunicaciones inalámbricas. El sistema de desarrollo de LabVIEW proporciona una forma ideal de interactuar con el hardware de NI USRP para el desarrollo y exploración de algoritmos de comunicaciones para procesar señales recibidas y sintetizar señales para su transmisión. El controlador de software NI-USRP proporciona funciones (VIs de LabVIEW) para la configuración de todo lo necesario para el procesamiento de las señales.[11]



Fig. 7. Módulo NI USRP 2920 [11]

2. DESCRIPCIÓN DE VI

Los VI, se cargan en los módulos USRP, los cuales intercambian información a través de antenas.

Antes de iniciar la transmisión, se verifica que el medio se encuentre libre con CSMA, luego una señal de video es modulada y transmitida por un canal diseñado por software. Luego el receptor demodula la señal e indica mediante ACK una correcta recepción de la misma.

En el primer módulo, se implementa el CSMA, el transmisor de video y el receptor de ACK.

En el segundo módulo, está el receptor de video y el transmisor de ACK.

La señal de video es adquirida de la cámara de video conectada al computador en el que funciona LabVIEW, así mismo, se envían bits con el VI de la Fig. 8.

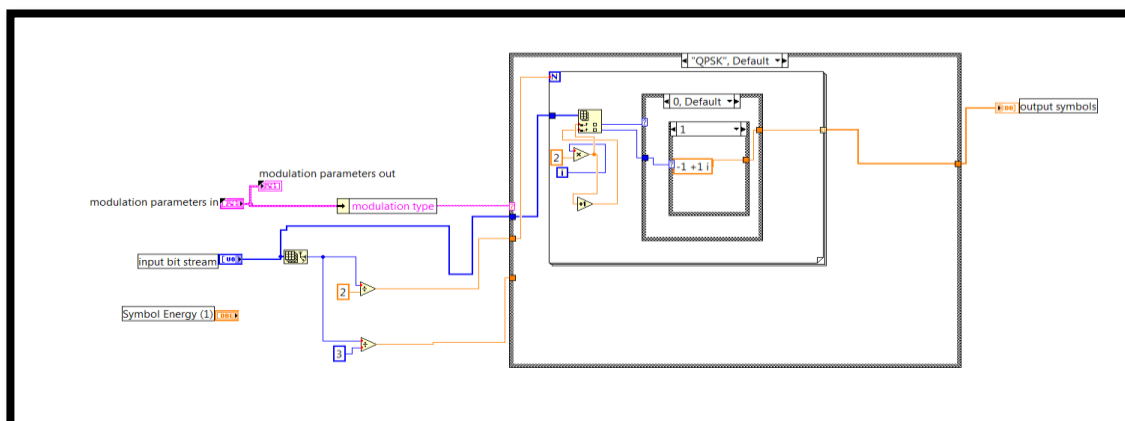


Fig. 10. Modulador QPSK en LabVIEW

El demodulador QPSK fue implementado de acuerdo al símbolo para obtener a cambio cada bit. Ver en la Fig. 11.

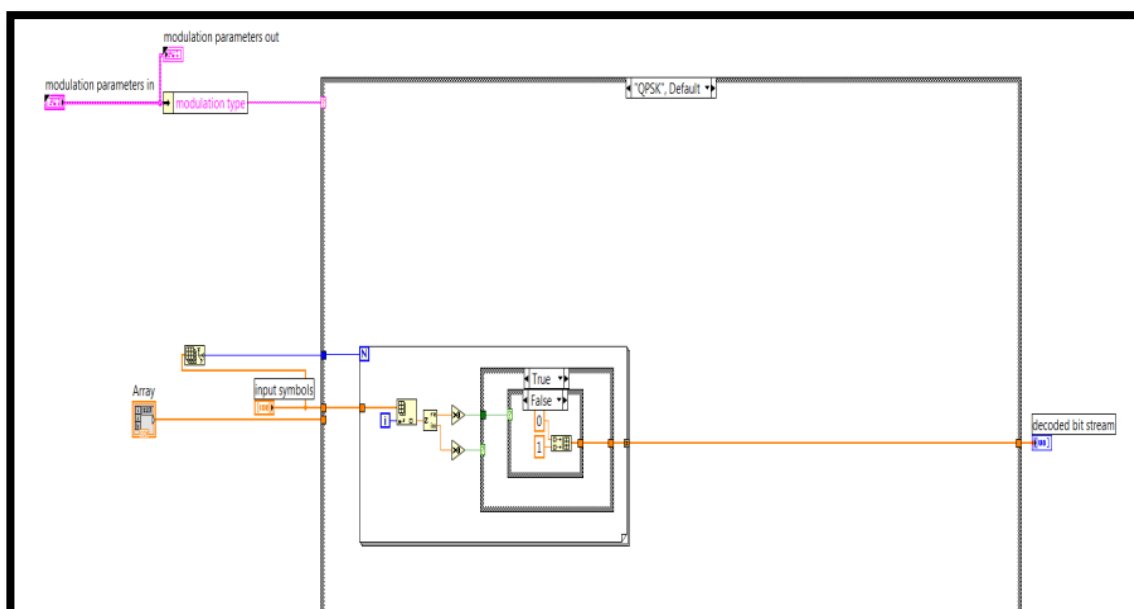


Fig. 11. Demodulador QPSK en LabVIEW

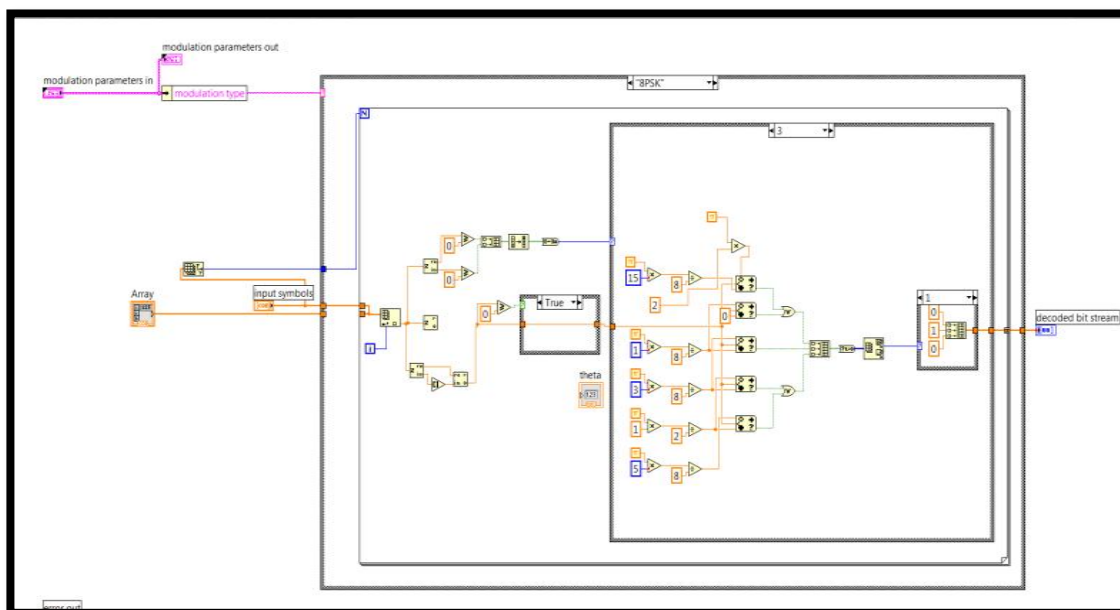


Fig. 13. Demodulador 8PSK en LabVIEW.

Los canales son representados por la Tabla 1 y Tabla 2.

Estos canales se pueden obtener en el transmisor de LabVIEW y se observan en la Fig.14.

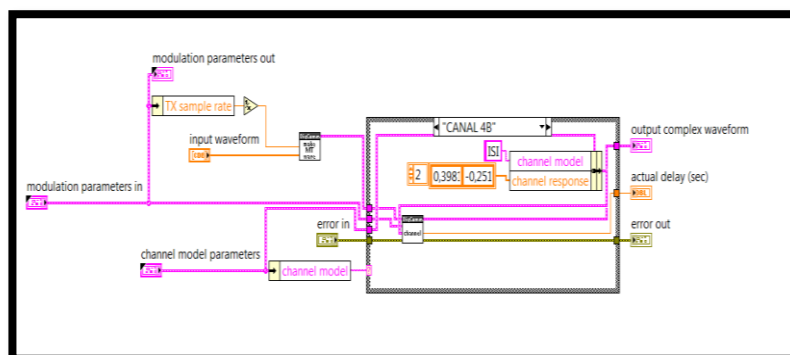


Fig. 14. Implementación de canales

En el caso del CSMA de la Fig. 15, el transmisor analiza el medio en búsqueda de alguna señal o portadora, en caso de que encuentre una, no iniciará la transmisión. En caso de que el canal no esté ocupado, iniciará la transmisión, este CSMA es persistente-1.

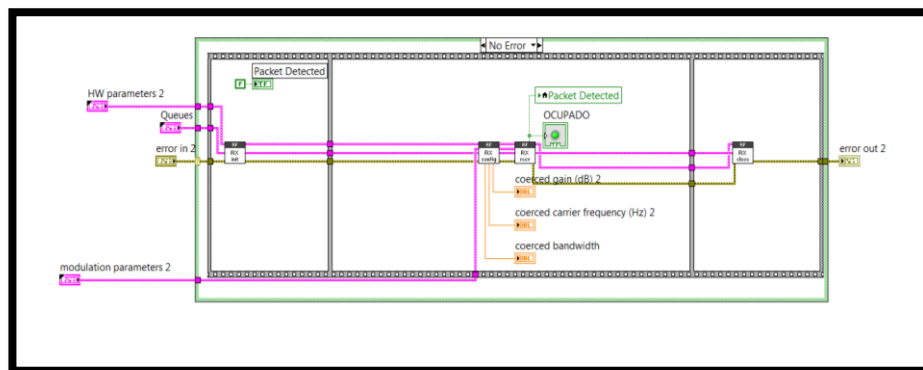


Fig. 15.CSMA en LabVIEW

Para realizar el ACK, se analiza el BER, si el mismo es cero, entonces se activa un indicador de ACK. Caso contrario el mismo se mantiene apagado.

El BER es analizado en el segundo módulo para poder enviar la señal de ACK hacia el primer módulo. En la Fig. 16 y Fig.17 están descritos los VI de ACK.

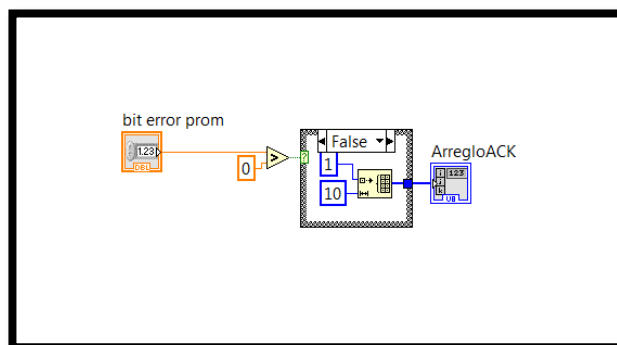


Fig. 16. Decisión de ACK en base al BER

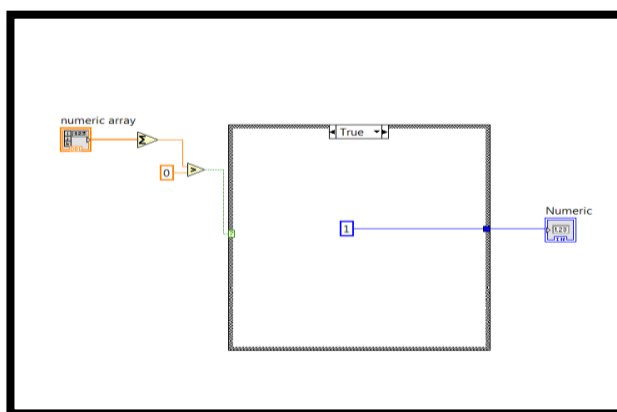


Fig. 17. Recepción de ACK y encendido de led ACK

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. PERFILES DE POTENCIA DE CANAL

Los perfiles de potencia en cada caso se analizan con la Ec.1, Ec. 2, Ec.3 y

Ec.4:

En el caso del perfil de potencia de un ambiente indoor de oficina, canal 2A de la Fig.18 se obtiene lo siguiente:

$$\tau_2 = \frac{0,14 \times 10^{-7}}{1 + 0,14} = 0,123 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$\tau_1 = \frac{0,14 \times 10^{-14}}{1 + 0,14} = 0,123 \times 10^{-14} \text{ s}$$

$$\tau_{\text{rms}} = 0,033 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$B_c = 30,3 \text{ Mhz}$ y $B = 10 \text{ Mhz}$; $B_c > B$ entonces el canal es plano en frecuencia

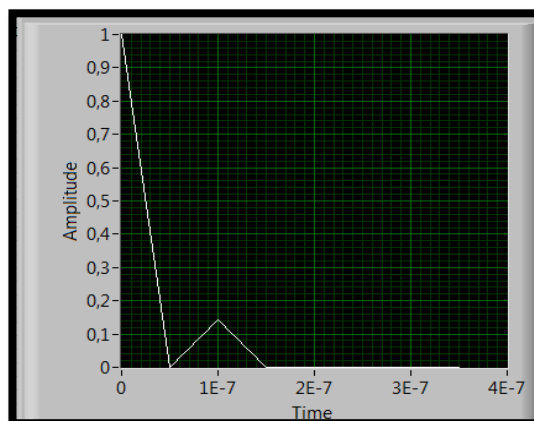


Fig. 18. Perfil de Potencia para canal un ambiente de indoor oficina, canal 2A

Para el perfil de potencia de un ambiente indoor de oficina, canal 2B de la Fig.19 se obtiene lo siguiente:

$$\tau_2 = \frac{(0,42 + 0,2 \times 2 + 0,08 \times 3 + 0,02 \times 5) \times 10^{-7}}{1,02 + 0,42 + 0,2 + 0,08} = 0,67 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$\tau_1 = \frac{(0,42 + 0,2 \times 4 + 0,08 \times 9 + 0,02 \times 25) \times 10^{-14}}{1,02 + 0,42 + 0,2 + 0,08} = 1,402 \times 10^{-14} \text{ s}$$

$$\tau_{\text{rms}} = 0,9 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$B_c = 11,11 \text{ Mhz}$ y $B = 10 \text{ Mhz}$; $B_c > B$ entonces el canal es plano en frecuencia (banda angosta)

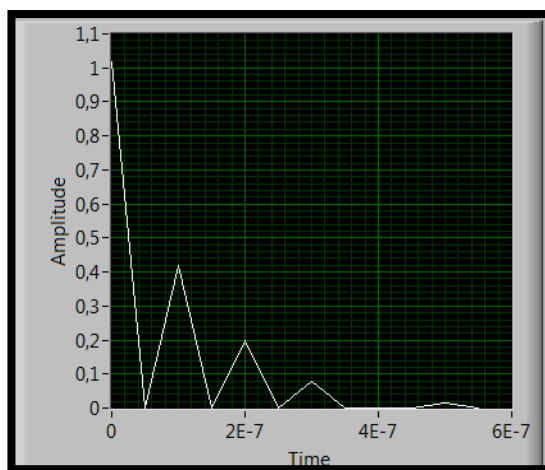


Fig. 19. Perfil de potencia simulado para un ambiente indoor oficina, canal 2B

Para el perfil de potencia de un ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4A de la Fig.20 se obtiene lo siguiente:

$$\tau_2 = \frac{(2 \times 0,64 + 4 \times 0,1 + 6 \times 0,01) \times 10^{-7}}{1 + 0,64 + 0,1 + 0,01} = 0,994 \times 10^{-7} \text{s}$$

$$\tau_1 = \frac{(4 \times 0,64 + 0,1 \times 16 + 36 \times 0,01) \times 10^{-14}}{1 + 0,64 + 0,1 + 0,01} = 2,58 \times 10^{-14} \text{s}$$

$$\tau_{\text{rms}} = 0,1 \times 10^{-6} \text{s}$$

$B_c = 10 \text{ MHz}$ y $B = 5 \text{ MHz}$; $B_c > B$ entonces el canal es plano en frecuencia (banda angosta)

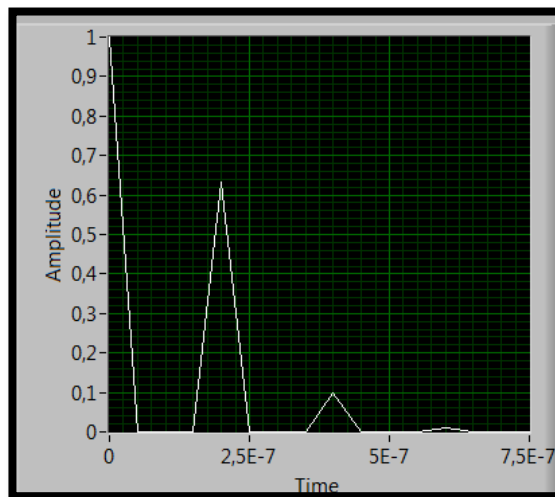


Fig. 20. Perfil de potencia para ambiente outdoor áreas rurales, canal 4A

Para el perfil de potencia de un ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4B de la Fig.21 se obtiene lo siguiente:

$$\tau_2 = \frac{(2 \times 0,4 + 4 \times 0,16 + 6 \times 0,06 + 8 \times 0,02 + 10 \times 0,01) \times 10^{-7}}{1 + 0,4 + 0,16 + 0,06 + 0,02 + 0,01} = 1,248 \times 10^{-7} \text{s}$$

$$\tau_1 = \frac{(4 \times 0,4 + 16 \times 0,16 + 36 \times 0,06 + 64 \times 0,02 + 100 \times 0,01) \times 10^{-14}}{1 + 0,4 + 0,16 + 0,06 + 0,02 + 0,01}$$

$$= 5,212 \times 10^{-14} \text{ s}$$

$$\tau_{\text{rms}} = 0,1912 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$B_c = 5,2 \text{ Mhz}$ y $B = 10 \text{ Mhz}$; $B > B_c$ entonces el canal es selectivo en frecuencia (banda ancha)

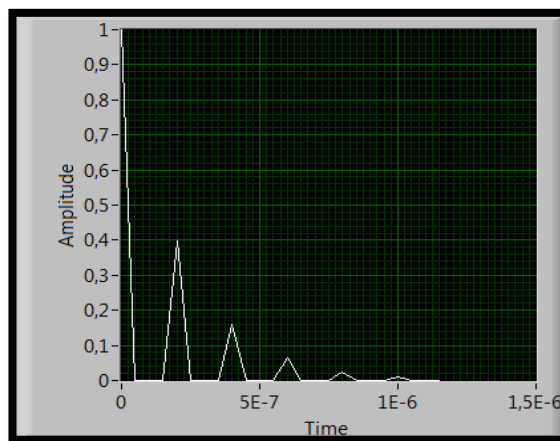


Fig 21. Perfil de Potencia de un ambiente outdoor áreas rurales, canal 4B

3.2. ANÁLISIS DE BER vs SNR EN VI SIMULADO.

Para el canal 2A, hay un mejor desempeño de la señal QPSK con respecto a la 8PSK como es descrito en la Fig. 22.

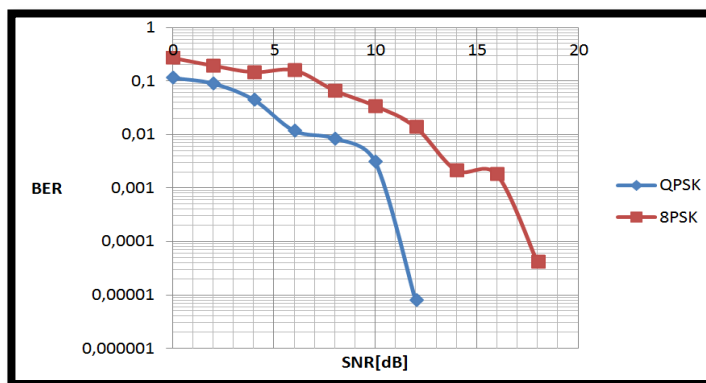


Fig. 22. BER vs SNR simulado para ambiente indoor oficina, canal 2A

Para el canal 2B en simulado, la señal de 8PSK tiene bajo desempeño ante el aumento del nivel de SNR. Ver Fig. 23.

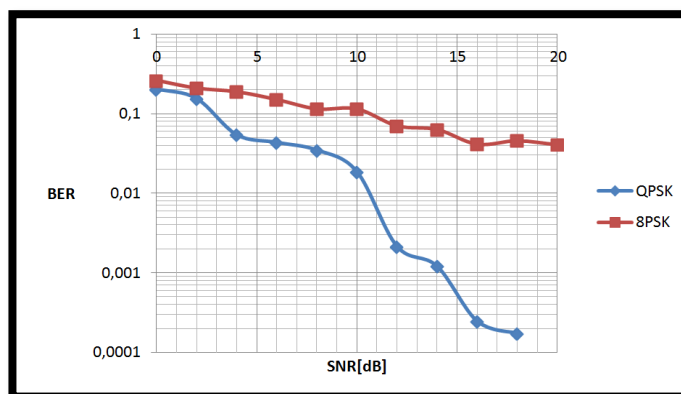


Fig. 23. BER vs SNR simulado para ambiente indoor oficina, canal 2B

En la Fig. 24, para el canal 4A, QPSK tiene un mejor desempeño que la de 8PSK.

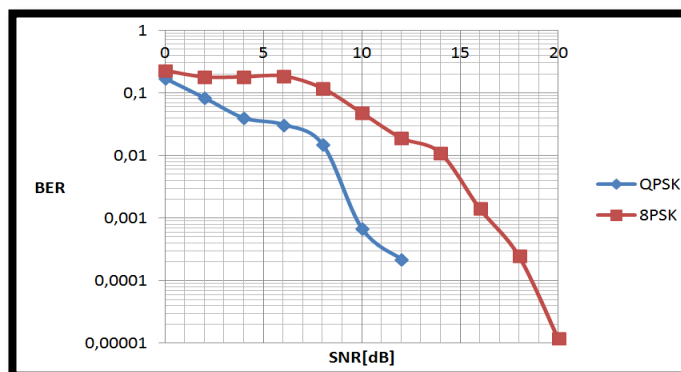


Fig. 24. BER vs SNR simulado de ambiente outdoor áreas rurales, canal 4A

Para el canal 4B, QPSK también tiene un mejor desempeño que la señal modulada en 8PSK. En la Fig. 25 se puede observar la diferencia.

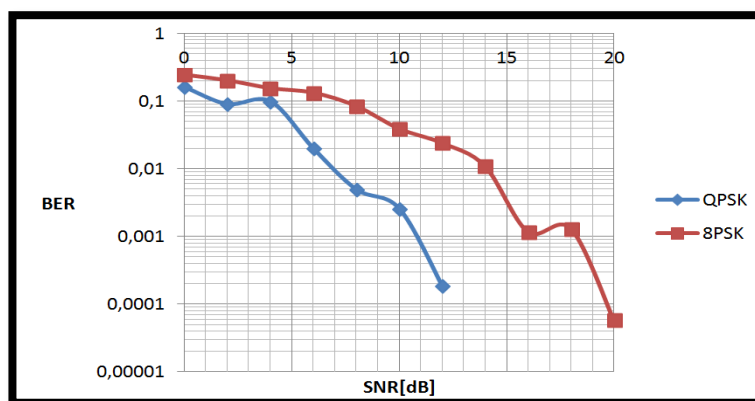


Fig. 25. BER vs SNR simulado de ambiente outdoor áreas rurales, canal 4B

En el simulado, la señal de video se transmite mejor en QPSK que en 8 PSK para cualquier canal de los antes mencionados. Aumentar la potencia de la señal mejora la transmisión dependiendo del caso y el desempeño del sistema baja con la existencia de mayores multitrayectorias.

3.3. ANÁLISIS DE BER vs SNR REAL MEDIANTE USRP

Para el canal real 2A para la modulación QPSK, cerca a los SNR=15 dB, el BER es 0, por lo que el desempeño es mejor en comparación con 8PSK como se observa en Fig.26.

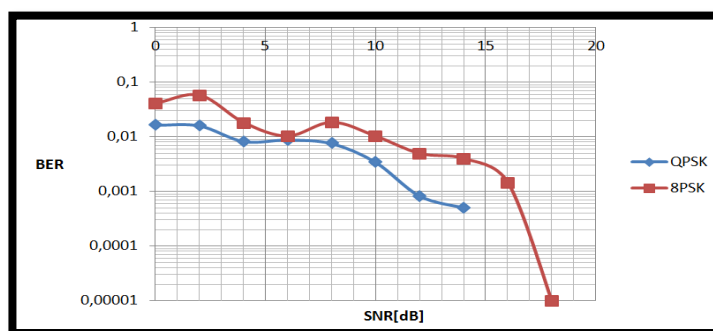


Fig. 26. BER vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2A

Para el canal real 2B, en 8 PSK, no importa la amplitud del SNR, siempre existirá un BER que estará entre 0,1 y 0,01. Esto se debe a las multitrayectorias del mismo. Ver Fig.27.

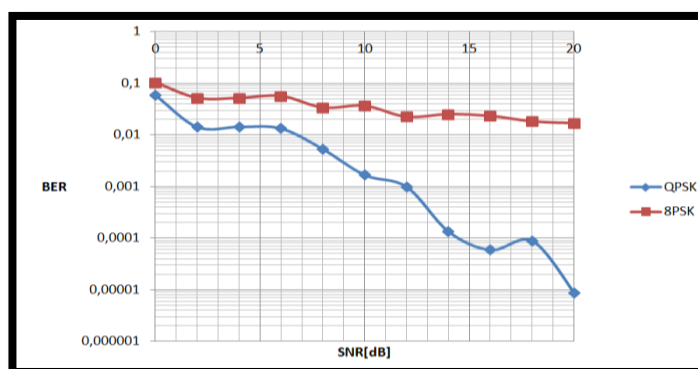


Fig. 27. BER vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2B

En el canal real 4A para la modulación QPSK, cerca a los 9 dB, el BER tiende a 0, teniendo un mejor desempeño que 8PSK. Ver Fig. 28.

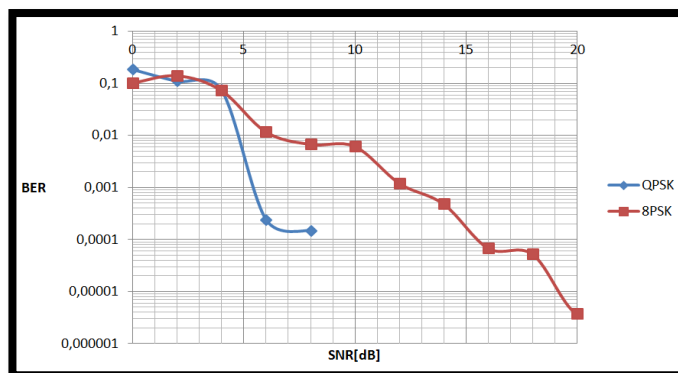


Fig. 28. BER vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4A

En el canal 4B, se observa mejor desempeño de QPSK, pero en comparación con el canal 4A, existe un menor desempeño debido a las multitrayectorias. Ver Fig. 29.

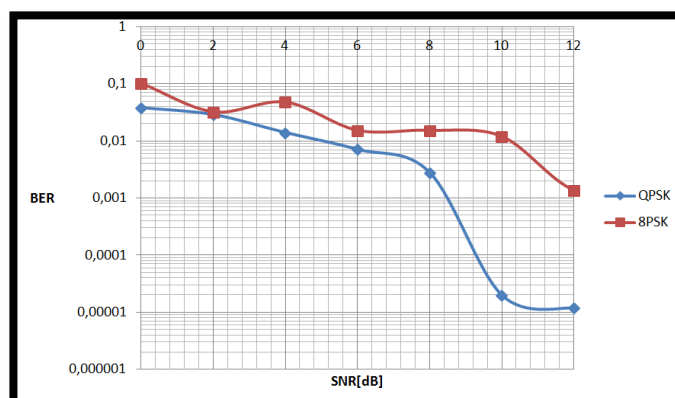


Fig. 29. BER vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4B

3.4. ANÁLISIS DE TASA DE BITS vs SNR

En el caso de la Fig. 30 del ambiente de oficina, canal 2A, existe mayor transmisión de bits por segundo para 8PSK.

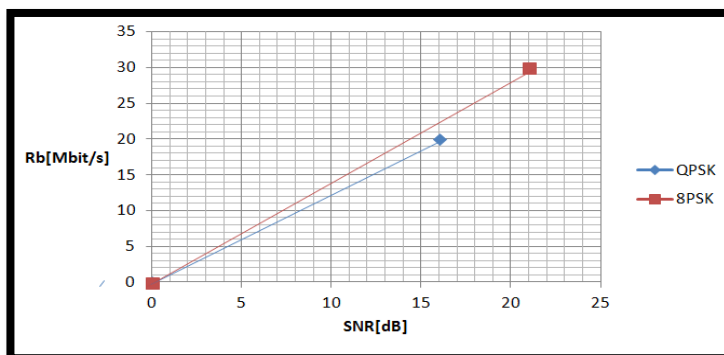


Fig. 30. Rb vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2A.

Para el caso de la Fig. 31, el canal no permite una transmisión de datos para 8 PSK. La tasa de bits transmitida se mantiene en cero para ésta modulación. Este canal 2B tiene componentes multipaseo de gran magnitud.

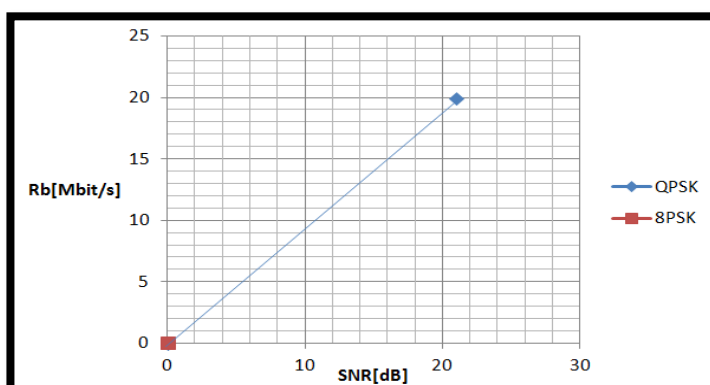


Fig. 31. Rb vs SNR real para ambiente indoor de oficina, canal 2B.

En la Fig. 32 se observa un incremento importante de la tasa de bits luego de alcanzar los 10 Mbit/s para QPSK y los 15 Mbit/s para 8PSK. El mayor desempeño lo obtiene QPSK.

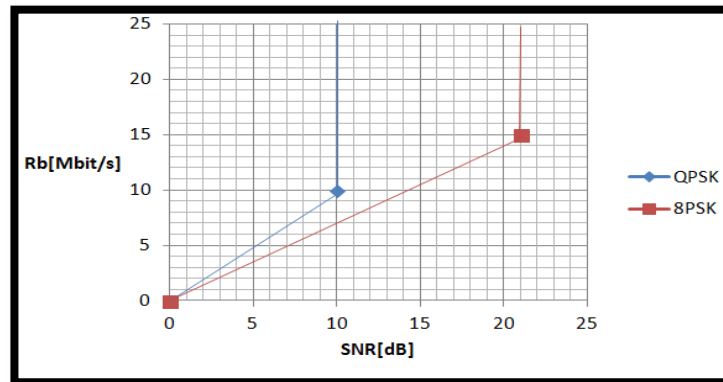


Fig. 32. Rb vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, canal 4A.

En la Fig. 33 existe un mayor desempeño de QPSK en la transmisión de bits.

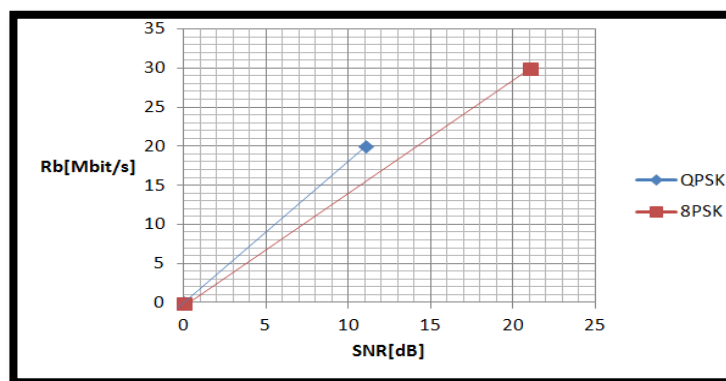


Fig. 33. Rb vs SNR real para ambiente outdoor de áreas rurales, Canal 4B.

CONCLUSIONES

En la transmisión de video digital modulado en 8PSK o QPSK, a través de canales de oficina o de áreas rurales, se impone el desempeño de QPSK. Esto se debe al bajo nivel de BER y mejor tasa de transmisión de bits.

Se pudo observar como las multitrayectorias generaron problemas de transmisión en el canal 2B de indoor de oficina. En ese canal, no se logró transmitir con 8 PSK. La interferencia intersimbólica es tal que aumentar la potencia de la señal no soluciona el problema.

El software de LabVIEW presentó ciertas limitaciones en cuanto al manejo de buffer de datos y se recomienda utilizar un computador con un alto rendimiento de memoria.

Como futuro trabajo se puede realizar un estudio con canales que tienen perfil de potencia y retardo de canales con fast o slow fading.

REFERENCIAS

- [1] Robert W. Heath Jr. "Introduction to Wireless Communication a Signal Processing Perspective", 2012.
- [2] Kaveh Pahlavan & Prashant Krishnamurthy, "Principles of Wireless Networks", Prentice Hall, 2002
- [3] John S. Seybold, "Introduction to RF Propagation", John Wiley & Sons, 2005.
- [4] Castro,A.C. & Fusario,J.R. "Comunicaciones", Primer edición, 2013.
- [5] Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications", Prentice Hall, 1998.
- [6] Douglas E. Comer, "Redes de computadoras e internet", Sexta edición, Pearson, 2015.
- [7] A. Tanenbaum y D. Wetherall, "Redes de Computadoras",
Quinta edición, Pearson, 2012.
- [8] Ivan Marsic, "Wireless Networks", Rutgers University
- [9] Jhon C. Bellamy, "Digital Telephony", John Wiley & Sons, 2000.
- [10] Dennis Roddy, "Satellite Communications", Mc Graw- Hill Telecom Engineering, 2001

[11] National Instruments, "NI USRP 2920", [En línea]. Available:

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/212995>

ANEXO

PANEL FRONTAL DE PROYECTO CON CONTROLES E INDICADORES

