



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Diseño, implementación y simulación del algoritmo de Moose y Sliding Correlator a sistemas de portadora única en un canal inalámbrico para transmisión de imágenes.

EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO INFORME DE PROYECTO

Previa a la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

GERMÁN TEMÍSTOCLES RAMOS LEÓN

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO 2016

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres por el apoyo y motivación brindada, PhD. Boris Ramos por su guía. A la Ing. Maricela Freire por su colaboración y guía en el desarrollo del proyecto y la Abg. Alexandra Paredes por ser su hijo Putativo preferido.

DEDICATORIA

A lo mejor que me ha pasado en mi vida, Súper Theo y el amor de mi vida Sara Michelle Poveda Luna.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



PHD. BORIS GABRIEL RAMOS SANCHEZ.

EVALUADOR



M.Sc. CARLOS ENRIQUE VALDIVIESO ARMENDARIZ.

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.



GERMÁN TEMÍSTOCLES RAMOS LEÓN

C.I.:130870405-3

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	III
DECLARACIÓN EXPRESA	IV
CONTENIDO	v
ABREVIATURAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. TRANSMISIÓN	11
III. RECEPCION.....	12
IV. MODULACIÓN Y DEMODULACION	13
V. BER	16
VI. SNR	16
VII. Tasa de bits	16
VIII. SINCRONIZACION DE TRAMA	17
ALGORITMO MOOSE	17
ALGORITMO SLIDING CORRELATOR	18
IX. SECUENCIAS DE ENTRENAMIENTO	20
X. CANAL.....	21
XI. RESPUESTA DE FRECUENCIA	23
XII. RESULTADOS.....	24
XIII. CONCLUSIÓN Y COMENTARIO.....	48
XIV. REFERENCIAS	49
ANEXO	51

ABREVIATURAS

USRP	Universal Software Radio Puerperal
SNR	Signal to Noise Ratio
BER	Bit Error Rate
PSK	Phase-Shift Keying
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
LLSE	Least Linear Square Error
MMSE	Minimum Mean Square Error

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Conversión de Imagen a String	11
Figura 2 Conversión de String a Bits	12
Figura 3 Conversión de Bits a String.	12
Figura 4 Conversión de String a Imagen.	13
Figura 5 Esquema del modulador.....	14
Figura 6 Distribución de símbolos en la constelación para un sistema de modulación QPSK y $\pi/4$ QPSK.	14
Figura 7 Autocorrelación Barker -7.....	21
Figura 8 Propagación de la señal en un canal multitrayectoria.	21
Figura 9 Repuesta de frecuencia.....	24
Figura 10 Power Delay. Indoor A.	24
Figura 11 Power Delay. Indoor B.....	25
Figura 12 Power Delay. Outdoor A.	26
Figura 13 Power Delay. Outdoor B.	26
Figura 14 Constelación $\pi/4$ QPSK.....	27
Figura 15 Constelación QPSK.....	28
Figura 16 Imagen enviada-imagen recibida.....	28
Figura 17 Imagen recibida distorsionada.....	29
Figura 18 Imagen recibida distorsionada.....	29
Figura 19 SNR Vs BER con Modulación QPSK Simulado (SLIDING CORRELATOR).....	30
Figura 20 SNR Vs BER con Modulación QPSK Simulado(MOOSE)	30
Figura 21 SNR Vs BER con Modulación QPSK Real (SLIDING CORRELATOR).....	31
Figura 22 SNR Vs BER con Modulación QPSK Real (MOOSE).....	32
Figura 23 SNR Vs BER con Modulación $\pi/4$ QPSK simulado (SLIDING CORRELATOR).....	33
Figura 24 SNR Vs BER con Modulación $\pi/4$ QPSK simulado (MOOSE) ..	34
Figura 25 SNR Vs BER con Modulación $\pi/4$ QPSK real (SLIDING CORRELATOR).....	35
Figura 26 SNR Vs BER con Modulación $\pi/4$ QPSK real (MOOSE)	36

Figura 27 Rb Vs SNR con Modulación QPSK simulado (SLIDING CORRELATOR).....	37
Figura 28 Rb Vs SNR con Modulación QPSK real (SLIDING CORRELATOR).....	38
Figura 29 Rb Vs SNR con Modulación PI/4 QPSK simulada (SLIDING CORRELATOR).....	39
Figura 30 Rb Vs SNR con Modulación PI/4 QPSK real (SLIDING CORRELATOR).....	40
Figura 31 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Indoor A.....	41
Figura 32 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Indoor B.....	42
Figura 33 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Outdoor A.....	43
Figura 34 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Outdoor B.....	44
Figura 35 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Indoor A.....	45
Figura 36 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Indoor B.....	46
Figura 37 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Outdoor A.....	47
Figura 38 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Outdoor B.....	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Modulación QPSK	14
Tabla 2 Modulación PI/4 QPSK	14
Tabla 4 Código Barker y Willard Longitud 11-7	20
Tabla 5 INDOOR OFICINA.....	22
Tabla 6 OUTDOOR-AREAS RURALES	23
Tabla 7 Pasos del canal Indoor A.....	25
Tabla 8 Pasos del canal Indoor B.....	25
Tabla 9 Pasos del canal Outdoor A	26
Tabla 10 Pasos del canal Outdoor B	27

DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y SIMULACIÓN DEL ALGORITMO DE MOOSE Y SLIDING CORRELATOR A SISTEMAS DE PORTADORA ÚNICA EN UN CANAL INALÁMBRICO PARA TRANSMISIÓN DE IMÁGENES.

En el nuevo mundo tecnológico se genera una gran demanda de sistemas de telecomunicaciones de los cuales se manejan a tasas de velocidades muy altas y eso nos induce a la utilización de equipos más rápidos. Los que nos conlleva a buscar una solución para poder identificar las tramas de datos y en ese proceso es necesario utilizar algunos algoritmos de sincronización, en los sistemas de una sola portadora en canales inalámbricos llegan a sufrir varias pérdidas de datos o detección de bit erróneos, que son provocado en un canal multitrayectoria y también debido a la inestabilidad de portadora producida por la variación en los osciladores en el transmisor y en el receptor que se encuentran en los equipos USRPs. En este artículo, comenzaremos analizando los efectos del desplazamiento de frecuencia en un sistema de una sola portador con una modulación $\pi/4$ QPSK y también con una modulación QPSK, después podremos a llegar a comparar la máxima corrección de desplazamiento de frecuencia que se logra alcanzar mediante la implementación de los algoritmos Moose y Sliding Correlator que se aplica a una sola portadora, utilizando las secuencias de entrenamiento Barker y Willard de longitud 7-11.

I. INTRODUCCIÓN

Normalmente en los nuevos sistemas de telecomunicaciones inalámbricas se envía grandes bancos de información modulada con una frecuencia de portadora f_c . Debido al ambiente se generan diferentes cambios de temperatura, aumento de ruido y como la frecuencia del transmisor es generada por un oscilador diferente al oscilador del receptor, lo cual ocasiona

una diferencia entre la frecuencia entre transmisor y receptor, cambios que también se deben a la fase de un canal multitrayectoria y al efecto Doppler Shift, este efecto del desplazamiento de frecuencia ocasiona rotaciones en la constelación recibida, aumentando el bit error rate.

II. TRANSMISIÓN

Para la implementación de este sistema se transmitirá una imagen, como base del proceso de transmisión y análisis, en el que a través de los bloques del software Labview, se crea una conversión a string, y luego hacia bits, los cuales son enviados a través del canal con una modulación específica y decodificados en el receptor, recuperando la señal transmitida. En la Fig.01 se muestra la conversión de imagen a string por consiguiente en la Fig.02 se detalla la conversión string a bits.

Independientemente de la transmisión del dato que se transmitirá, ya sea video, imagen, texto, etc. Se deben de limitar parámetros de importancia para que no se pierdan los bits en la transmisión, tales como la velocidad de transmisión el ancho de banda, etc.

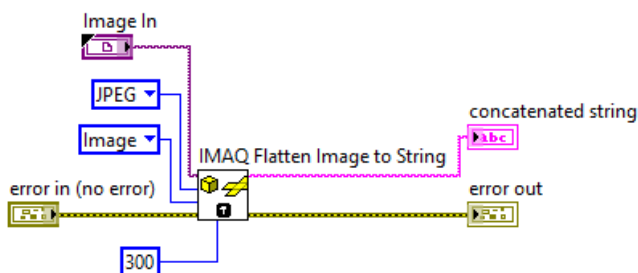


Figura 1 Conversión de Imagen a String

En la Fig.01 se agregan los atributos de la imagen a capturar, como el tipo “JPEG” y la calidad “300”.

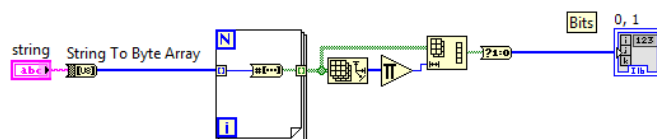


Figura 2 Conversión de String a Bits

En la Fig.02 solo es una pequeña transformación de una cadena de string a un array de Bits para pasar a ser modulados y transmitido.

III. RECEPCION

Para la implementación de este sistema se receptorá ya la imagen enviada por el transmisor, como base del proceso de recepción, en el que a través de los bloques del software Labview, se crea una conversión de bits a string, y luego hacia la reconstrucción de la imagen, los cuales son receptados a través del canal con una modulación específica y decodificados en el receptor, recuperando la señal transmitida. En la Fig.03 se muestra la conversión de Bits a string por consiguiente en la Fig.04 se detalla la conversión string a la imagen.

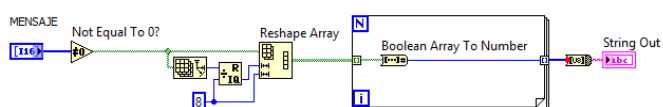


Figura 3 Conversión de Bits a String.

En la Fig.03 se hace la conversión de Bits recibido a la cadena de String.

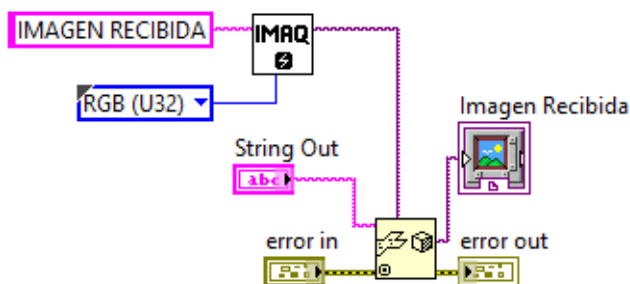


Figura 4 Conversión de String a Imagen.

En la Fig.04 se hace la reconstrucción de la imagen a través de la conversión de la cadena de String a la Imagen.

IV. MODULACIÓN Y DEMODULACION

El objetivo de aplicar modulación es convertir una serie o secuencia de bits en símbolos, a través de un esquema de modulación por pulsos complejos, de tal forma que dichos bits son procesados para producir una serie de símbolos que se muestran en una constelación, esta representación tiene un carácter complejo y depende de la modulación usada para la transmisión. Para este escenario de análisis, se tomarán como modulaciones de estudio la QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) como la $\pi/4$ QPSK ($\pi/4$ Quadrature Phase Shift Keying), en la que en ambas usan 2 bits para la conversión de símbolos. En la figura 05 se evidencia la rotación en la constelación de una fase de $\pi/4$, estableciendo la diferencia entre ellas en el mapeo de los símbolos en la constelación del sistema. Para la implementación y análisis con los equipos de medición a usar, es necesario que la energía de la constelación sea unitaria, o como lo que se conoce como normalización de la constelación a la energía unitaria.

La demodulación básicamente es el proceso inverso de la modulación de pasar de símbolos a bits, para después procesar los bits para nuestro sistema.

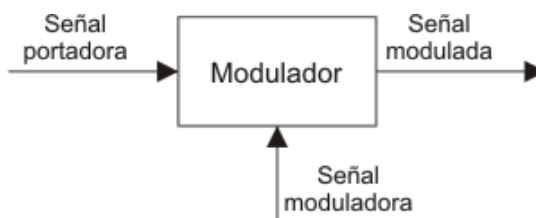


Figura 5 Esquema del modulador

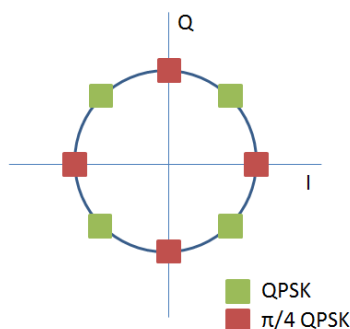


Figura 6 Distribución de símbolos en la constelación para un sistema de modulación QPSK y $\pi/4$ QPSK.

MODULACION QPSK			
BITS	MAGNITUD	FASE	SIMBOLO
00	$\sqrt{2}$	45	$-0.71-0.71i$
01	$\sqrt{2}$	-45	$-0.71+0.71i$
10	$\sqrt{2}$	135	$0.71-0.71i$
11	$\sqrt{2}$	-135	$0,71+0,71i$

Tabla 1 Modulación QPSK

MODULACION $\pi/4$ QPSK			
BITS	MAGNITUD	FASE	SIMBOLO
00	$\sqrt{2}$	0	$-1+0i$
01	$\sqrt{2}$	90	$0+1i$
10	$\sqrt{2}$	180	$0-1i$
11	$\sqrt{2}$	-90	$1+0i$

Tabla 2 Modulación $\pi/4$ QPSK

En las tablas 1 y 2 se detalla los bits, símbolos, magnitud y fase de las dos modulaciones QPSK Y PI/4 QPSK que se van a utilizar en la transmisión.

En la implementación de la modulación QPSK es muy general en comparación a la BPSK. En la Ecuación 1. Se detalla la relación con el símbolo n-esimo y la forma en la que se obtiene la constelación obtenida.

$$s_n(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \cos\left(2\pi f_c t + (2n - 1)\frac{\pi}{4}\right), \quad n \in \{1, 2, 3, 4\}$$

Ecuación 1 Magnitud de Símbolo

De acuerdo a la forma también se observa la periodicidad a cada 45° ($\pi/4$ rad), 135° ($3\pi/4$ rad), 225° ($5\pi/4$ rad) y 315° ($7\pi/4$ rad).

Las ondas portadoras son representadas con las funciones bases siguientes:

$$\begin{aligned}\phi_1(t) &= \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos(2\pi f_c t) \\ \phi_2(t) &= \sqrt{\frac{2}{T_s}} \sin(2\pi f_c t)\end{aligned}$$

Ecuación 2 Fase del símbolo

Siendo ϕ_1 y ϕ_2 el componente en fase de la señal y el componente en cuadratura respectivamente. Por tanto, cada uno de los puntos del diagrama de constelación se obtiene variando el parámetro "n" por los valores requeridos y validados, a través de las coordenadas mostradas en la Ecuación 3.

$$\left(\pm\sqrt{\frac{E_s}{2}}, \pm\sqrt{\frac{E_s}{2}}\right)$$

Ecuación 3 Componentes de Símbolo

V. BER

Este parámetro de análisis relaciona la cantidad de bits erróneos con respecto a la cantidad total de bits enviados, a través de este valor obtenido se puede medir la confiabilidad y robustez del canal de transmisión, y la garantía de un óptimo envío y recepción de la señal.

VI. SNR

Relación señal-ruido (SNR abreviada o S / N).

La relación señal-ruido, es el ancho de banda y la capacidad del canal de un canal de comunicación están conectados por el teorema de Shannon-Hartley.

Relación señal a ruido a veces se utiliza de manera informal para referirse a la relación entre la información útil a los datos falsos o irrelevantes en una conversación o intercambio. Por ejemplo, en los foros de discusión en línea y otras comunidades en línea, mensajes y correo no deseado fuera de tema son considerados como "ruido" que interfiere con la "señal" de la discusión apropiada.

VII. Tasa de bits

En las telecomunicaciones, la tasa de bits (a veces escrito o tasa de bits como una variable R_b) es el número de bits que se transmiten o procesadas por unidad de tiempo.

La velocidad de bits se cuantifica usando los bits por segundo unidad (símbolo: "bit / s"), a menudo en combinación con un prefijo SI tales como "kilo" (1 kbit /

s = 1000 bit / s), "mega" (1 Mbit / s = 1000 kbit / s), "giga" (1 Gbit / s = 1,000 Mbit / s) o "Tera" (1 Tbit / s = 1,000 Gbit / s). [2] La abreviatura no estándar "bps" se utiliza a menudo para reemplazar el símbolo estándar "bit / s", de modo que, por ejemplo, "1 Mbps" se utiliza para significar un millón de bits por segundo.

Un byte por segundo (1 B / s) corresponde a 8 bits / s.

VIII. SINCRONIZACION DE TRAMA

El patrón de sincronización de trama es un patrón binario conocido que se repite a intervalos regulares dentro de la corriente PCM. El sincronizador de cuadros reconoce este patrón y alinea los datos en tramas menores o sub-tramas. Típicamente, el patrón de sincronización de trama es seguido por un contador (ID de subtrama) que dicta que se está transmitiendo menor o sub-marco en la serie. Esto se convierte en cada vez más importante en la etapa de la demodulación donde todos los datos se descifra en cuanto a qué atributo se muestreó. Conmutaciones diferentes requieren un conocimiento constante de la que está siendo decodificado en la sección de la trama principal.

ALGORITMO MOOSE

Uno de los objetivos del algoritmo de Moose es identificar el inicio de la trama, ya que por retrasos de propagación y también al procesamiento neto de la señal con los equipos, ésta se pierde, por lo que este algoritmo se aplica como un correctivo para cubrir el desfase entre frecuencias de portadora de Tx y Rx. El método que se aplica para esta corrección es la diferencia en torno a todas las sub-portadoras involucradas para el cálculo de la portadora desfasada. Para resolver el gran problema de estimación de frecuencia de desplazamiento es muy necesario reformular y resolver el problema de los mínimos cuadrados.

Empleando el debido concepto de los mínimos cuadrados, el coeficiente a esta fijado por:

$$\hat{a} = \frac{\sum_{l=L}^{N_t-1} y[l + N_t]y^*[l]}{\sum_{l=L}^{N_t-1} |y[l]|^2}$$

Ecuación 4 Mínimos cuadrados

Debido que solo la fase de \hat{a} es del interés, aquí no nos es útil calcular el denominador.

Simplificando el estimador de frecuencia de desplazamiento es

$$\hat{e} = \frac{\text{phase} \sum_{l=L}^{N_t-1} y[l + N_t]y^*[l]}{2\pi N_t}$$

Ecuación 5 Estimador de Frecuencia

O

$$\hat{f}_e = \frac{\text{phase} \sum_{l=L}^{N_t-1} y[l + N_t]y^*[l]}{2\pi T N_t}$$

Ecuación 6 Alternativa del Estimador de frecuencia

Es donde ya utilizaremos la señal una vez corregida en el inicio de trama, desplazada N_t , que eso es la longitud de la secuencia de entrenamiento utilizada.

ALGORITMO SLIDING CORRELATOR

La finalidad de aplicar este algoritmo, Sliding Correlator es el de obtener un timedilated autocorrelación PN, que inducirá a la creación de un tiempo dilatado de correlación cruzada. Mientras que la autocorrelación original utiliza

dos señales idénticas, el Sliding Correlator se emplea a través dos señales similares, por el cual una señal corre a un ritmo ligeramente más lento en comparación con el otro. La multiplicación de estas dos señales similares juntos y con cuidado filtrando su producto dará lugar a una aproximación muy cerca una autocorrelación de tiempo dilatado.

Este método se basa en correlacionar la señal, o secuencia, transmitida que ingresa al receptor con la secuencia de entrenamiento que es previamente conocido por el receptor. Suponiendo que $t[n]$ es la secuencia de entrenamiento modulada con longitud N_t La operación se define de la siguiente manera:

$$R[n] = \left| \sum_{k=0}^{N_t-1} t^*[k]y[n+k] \right|^2$$

Ecuación 7 Correlación de la señal

Y calculando luego: $\hat{d} = \max_n R[n]$

Ecuación 8 Desplazamiento de trama

En donde $y[n]$ es la señal recibida, $R[n]$ la correlación de las dos señales y d es desplazamiento de trama.

Como se planteó anteriormente el objetivo es encontrar la estructura de la trama enviada.

Son estas dos ecuaciones las que se implementan en el laboratorio presentado en el manual.

IX. SECUENCIAS DE ENTRENAMIENTO

Las secuencias de entrenamiento son tramas de bits que poseen grandes características de auto correlación y correlación cruzada. Estas son muy utilizadas para la sincronización y la estimación de canal. [2].

La secuencia debe ser conocida tanto en el transmisor como en el receptor. Se agrega al inicio de la trama de los datos modulados antes de ser enviados al canal. [2].

Longitud del código	Secuencia Barker
11	[---+++++++]
Longitud del código	Secuencia Willard
11	[+++++----]
Longitud del código	Secuencia Barker
7	[---+++]
Longitud del código	Secuencia Willard
7	[++++--]

Tabla 3 Código Barker y Willard Longitud 11-7

Se utilizaran 2 secuencias de Barker y 2 secuencias de Willard, ambas de longitud 11 y 7, tabla 4. Las cuales van hacer moduladas con el mismo método que la modulación de los bits de datos.

Es importante y necesario que el símbolo modulado de la secuencia de entrenamiento debe mantener las mismas características de la secuencia.

En la figura 7 observaremos los picos de la gráfica de la autocorrelación de la función de Barker -7

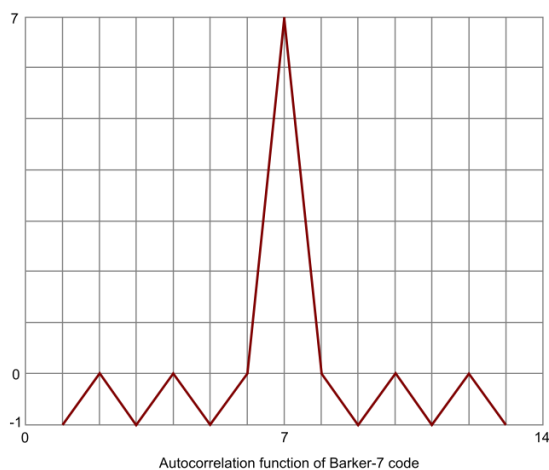


Figura 7 Autocorrelación Barker -7

X. CANAL

Los canales inalámbricos operan a través de la radiación electromagnética del transmisor al receptor. En principio, se podría resolver las ecuaciones electromagnéticas de campo, en relación con la señal transmitida, para encontrar el campo electromagnético que incide sobre la antena del receptor. Esto tendría que hacerse teniendo en cuenta las obstrucciones causadas por suelo, edificios, vehículos, etc.

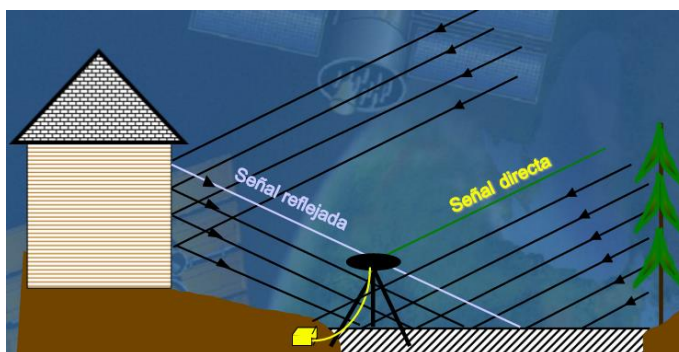


Figura 8 Propagación de la señal en un canal multitrayectoria.

Una de las causas de las interferencias entre símbolos es la propagación por trayectos múltiples en el que una señal inalámbrica desde un transmisor llega al receptor a través de múltiples caminos. Las causas de esto incluyen la reflexión (por ejemplo, la señal puede rebotar en edificios), la refracción (como por ejemplo a través del follaje de un árbol) y los efectos atmosféricos como la canalización atmosférica y reflexión ionosférica. Dado que las diversas trayectorias pueden ser de diferentes longitudes, esto resulta en las diferentes versiones de la señal que llega al receptor en momentos diferentes. Estos retrasos significan que una parte o la totalidad de un símbolo dado se repartirán en los símbolos subsiguientes, lo que interfiere con la detección correcta de estos símbolos. Además, los diversos caminos a menudo distorsionan la amplitud y / o fase de la señal, lo que provoca más interferencias con la señal recibida.

Los canales que son implementados para las pruebas de los algoritmos de sliding correlator y moose en nuestro sistema de una portadora para la transmisión de imágenes.

INDOOR OFICINA				
TAP	CANAL A		CANALB	
	Delay(nSec)	Avg Power(dB)	Delay(nSec)	Avg Power(dB)
1	0	0	0	0,0
2	100	-8,5	100	-3,6
3			200	-7,2
4			300	-10,8
5			500	-18,0
6			700	-25,2

Tabla 4 INDOOR OFICINA

OUTDOOR -AREAS RURALES				
TAP	CANAL A		CANALB	
	Delay(uSec)	Avg Power(dB)	Delay(uSec)	Avg Power(dB)
1	0	0,0	0	0,0
2	0,2	-2,0	0,1	-4,0
3	0,4	-10,0	0,2	-8,0
4	0,6	-20,0	0,3	-12,0
5			0,4	-16,0
6			0,5	-20,0

Tabla 5 OUTDOOR-AREAS RURALES

XI. RESPUESTA DE FRECUENCIA

La respuesta de frecuencia es la medida cuantitativa del espectro de salida de un sistema o dispositivo en respuesta a un estímulo, y se utiliza para caracterizar la dinámica del sistema. Es una medida de la magnitud y la fase de la salida como una función de la frecuencia, en comparación con la entrada. En términos más simples, si una onda sinusoidal se inyecta en un sistema a una frecuencia dada, un sistema lineal responderá a esa misma frecuencia con una cierta magnitud y un cierto ángulo de fase relativo a la entrada. También para un sistema lineal, la duplicación de la amplitud de la entrada será el doble de la amplitud de la salida. Además, si el sistema es invariante en el tiempo, entonces la respuesta de frecuencia también no varía con el tiempo. Así, para sistemas LTI, la respuesta de frecuencia puede ser vista como la aplicación de la función de transferencia del sistema para un argumento número puramente imaginario que representa la frecuencia de la excitación sinusoidal. En la gráfica 9 se muestra una respuesta de frecuencia de un sistema.

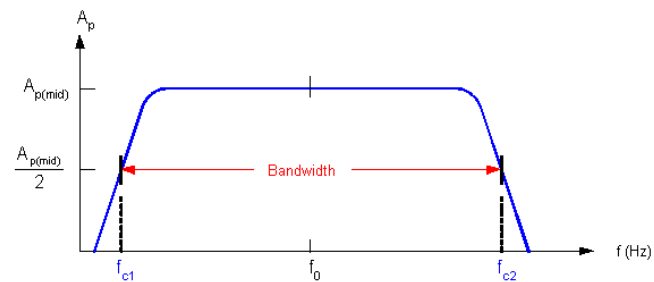


Figura 9 Respuesta de frecuencia

XII. RESULTADOS

Uno de los resultados de análisis para validar la eficiencia del canal es el Power Delay, el cual muestra la intensidad de la señal recibida a través de un canal multipaso en función del retardo de tiempo, para lo cual se tiene un análisis para cada tabla de canal indoor y outdoor. En las Figuras 10, 11, 12 y 13 se muestran las respuestas del Power Delay para cada canal y en las tablas 7, 8, 9 y 10 sus respectivos pasos.

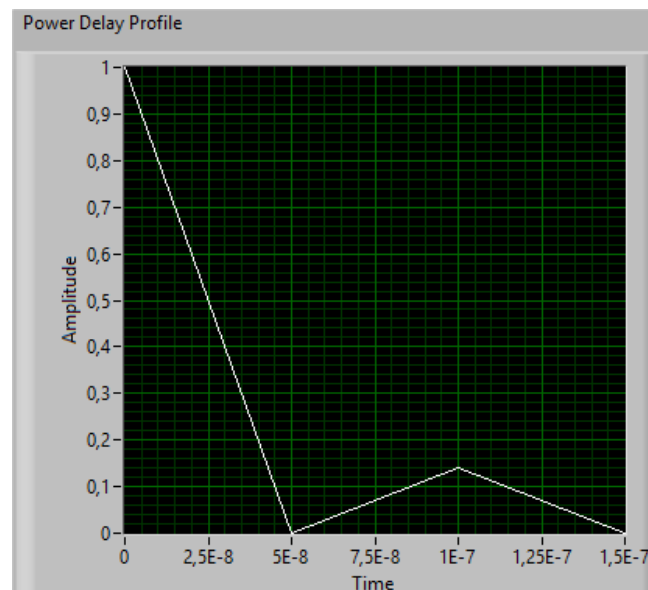


Figura 10 Power Delay. Indoor A.

$(a + bi) =$	1,000000000000	0,000000000000	i
$(a + bi) =$	-0,375837064646	0,000505273049	i

Tabla 6 Pasos del canal Indoor A

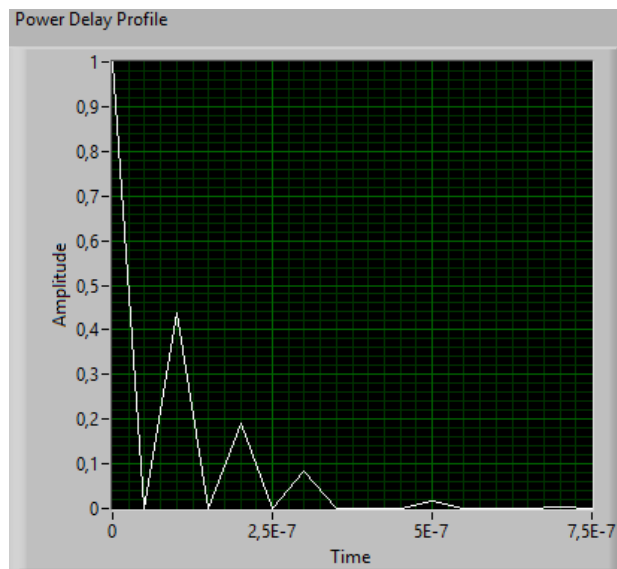


Figura 11 Power Delay. Indoor B.

$(a + bi) =$	1,000000000000	0,000000000000	i
$(a + bi) =$	-0,660692850941	0,000888231424	i
$(a + bi) =$	0,436514254330	-0,001173696303	i
$(a + bi) =$	-0,288400804656	0,001163178435	i
$(a + bi) =$	0,000000000000	0,000000000000	i
$(a + bi) =$	-0,125889696974	0,000846238925	i
$(a + bi) =$	0,000000000000	0,000000000000	i
$(a + bi) =$	-0,054951653975	0,000517151625	i

Tabla 7 Pasos del canal Indoor B

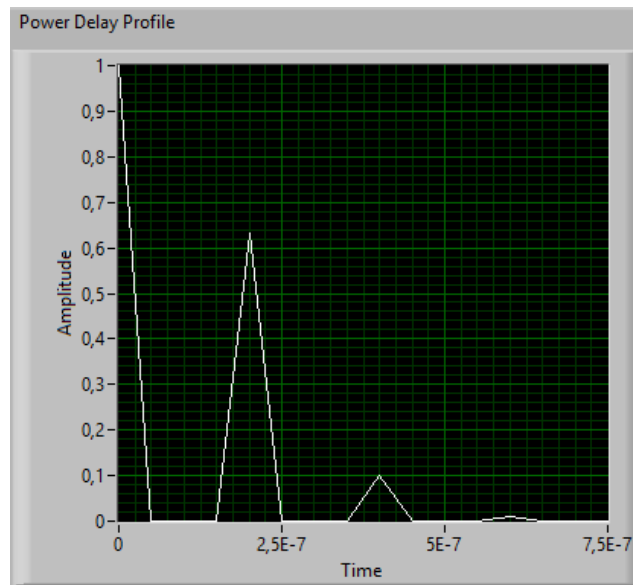


Figura 12 Power Delay. Outdoor A.

$(a + bi) =$	1,000000000000	0,000000000000	i
$(a + bi) =$	0,794325363400	-0,002135776171	i
$(a + bi) =$	0,316223193646	-0,001700529470	i
$(a + bi) =$	0,099996746711	-0,000806627093	i

Tabla 8 Pasos del canal Outdoor A

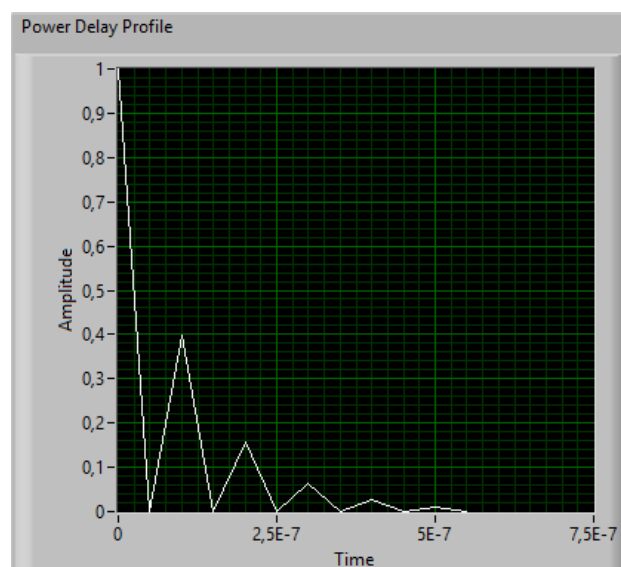


Figura 13 Power Delay. Outdoor B.

$(a + bi) =$	1,000000000000	0,000000000000	i
$(a + bi) =$	-0,630956774286	0,000848254424	i
$(a + bi) =$	0,398105731482	-0,001070423751	i
$(a + bi) =$	-0,251186600169	0,001013086065	i
$(a + bi) =$	0,158487027632	-0,000852283661	i
$(a + bi) =$	-0,099997740768	0,000672191472	i

Tabla 9 Pasos del canal Outdoor B

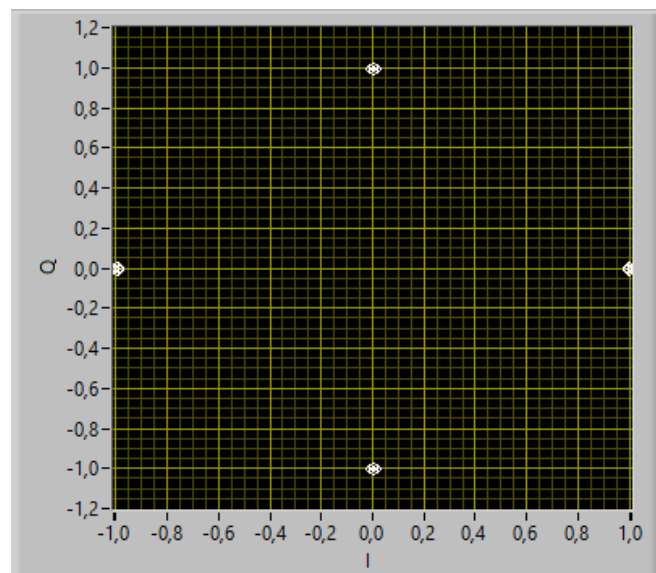


Figura 14 Constelación Pi/4 QPSK

En la figura 14 se observa la recepción de la constelación Pi/4 QPSK con un BER igual a 0 por lo que no hay error en la recepción de bits.

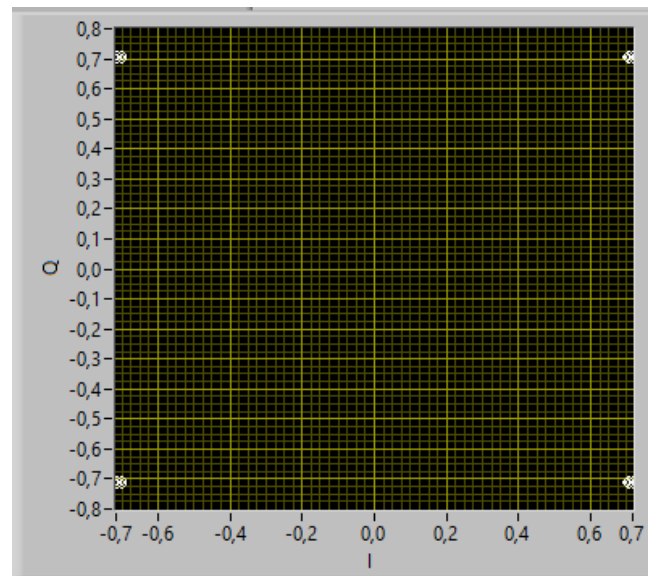


Figura 15 Constelación QPSK

En la figura 15 se observa la recepción de la constelación QPSK con un BER igual a 0 por lo que no hay error en la recepción de bits.

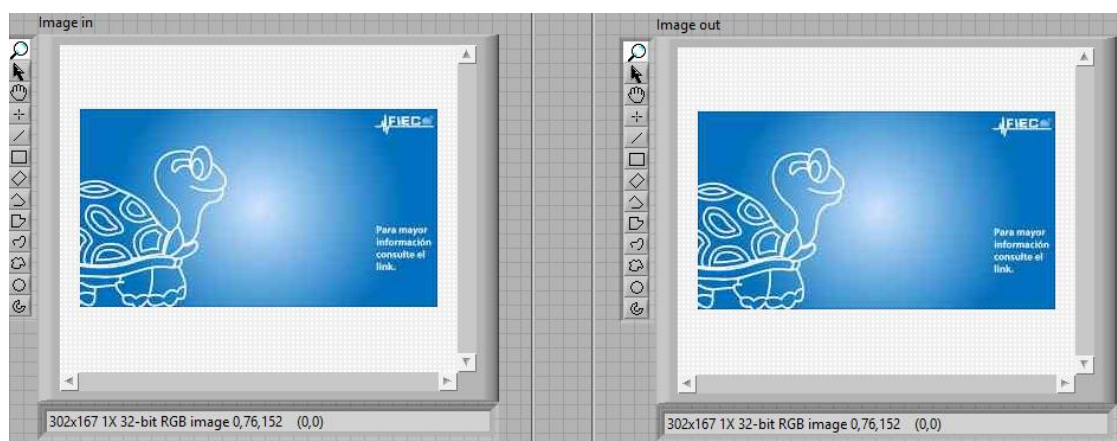


Figura 16 Imagen enviada-imagen recibida

En la figura 16 se observa la imagen enviada y la imagen recibida, que llego sin distorsión por lo que no hubo ruido y el canal no le afecto y se logró tener un BER igual a 0.

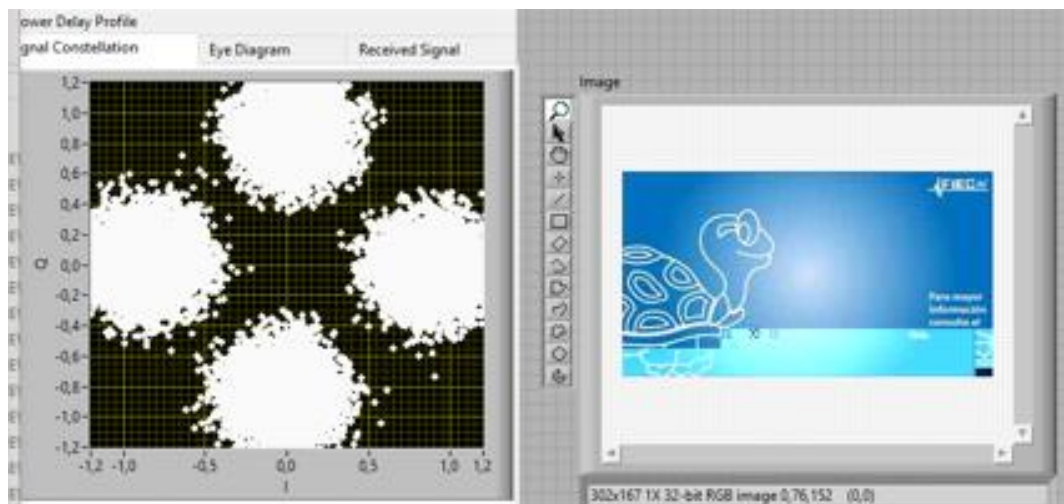


Figura 17 Imagen recibida distorsionada

En la figura 17 podemos observar cómo se distorsiona la imagen con una modulación $\pi/4$ QPSK, aplicando ruido de -13 Db al canal se logra aumentar el BER y el canal comienza a afectar a la transmisión y se logra observar la distorsión de la imagen recibida.

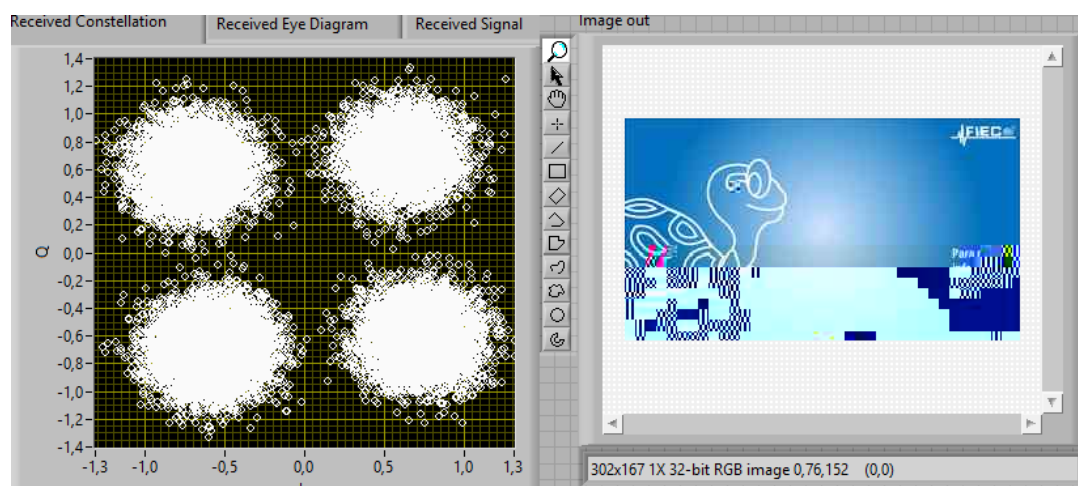


Figura 18 Imagen recibida distorsionada

En la figura 18 podemos observar cómo se distorsiona la imagen con una modulación QPSK, aplicando un ruido de -12 Db al canal se logra aumentar el

BER y el canal comienza afectar a la transmisión y se logra observar la distorsión de la imagen recibida.

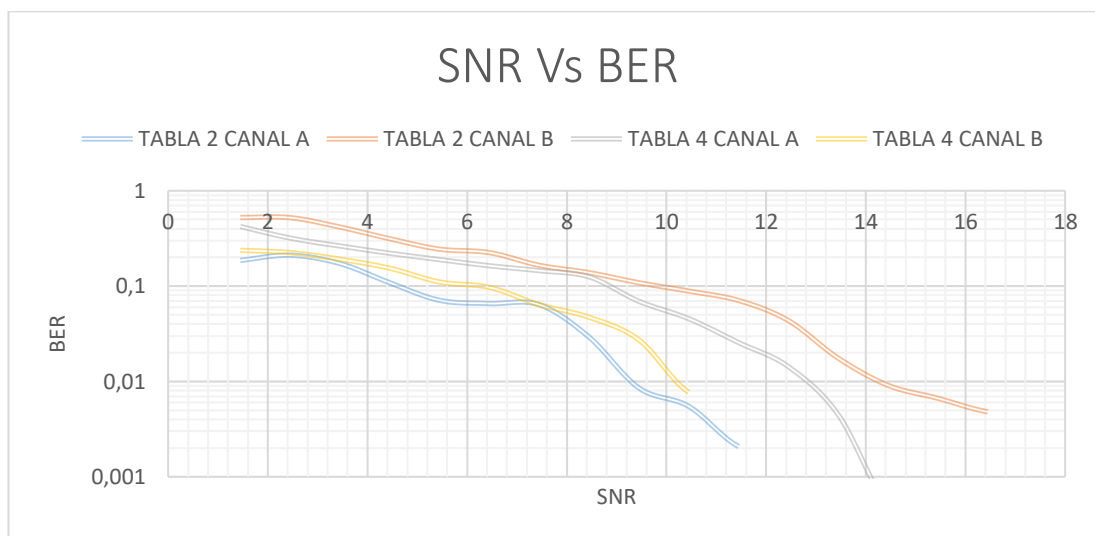


Figura 19 SNR Vs BER con Modulación QPSK Simulado (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 19 podemos observar la graficas de los datos simulados de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

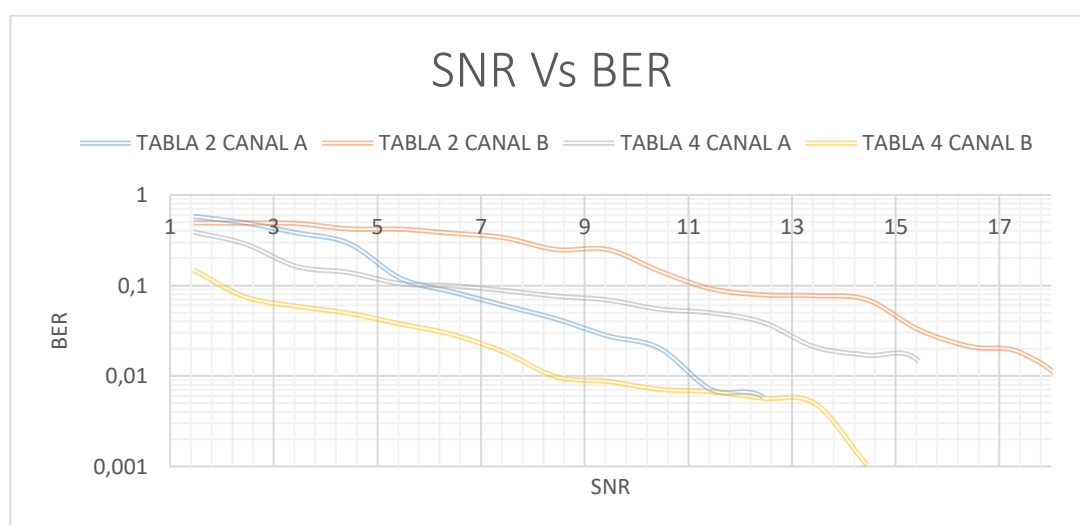


Figura 20 SNR Vs BER con Modulación QPSK Simulado(MOOSE)

En la figura 20 podemos observar la graficas de los datos simulados de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación QPSK, con sincronización de trama Moose y secuencia de entrenamiento Willard-7

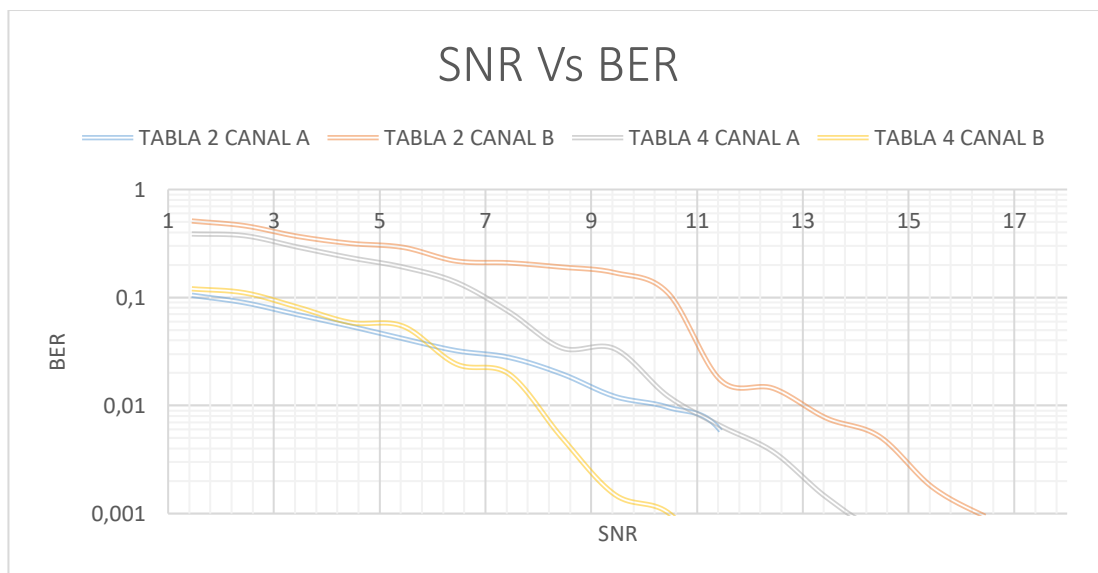


Figura 21 SNR Vs BER con Modulación QPSK Real (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 21 podemos observar la graficas de los datos reales de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

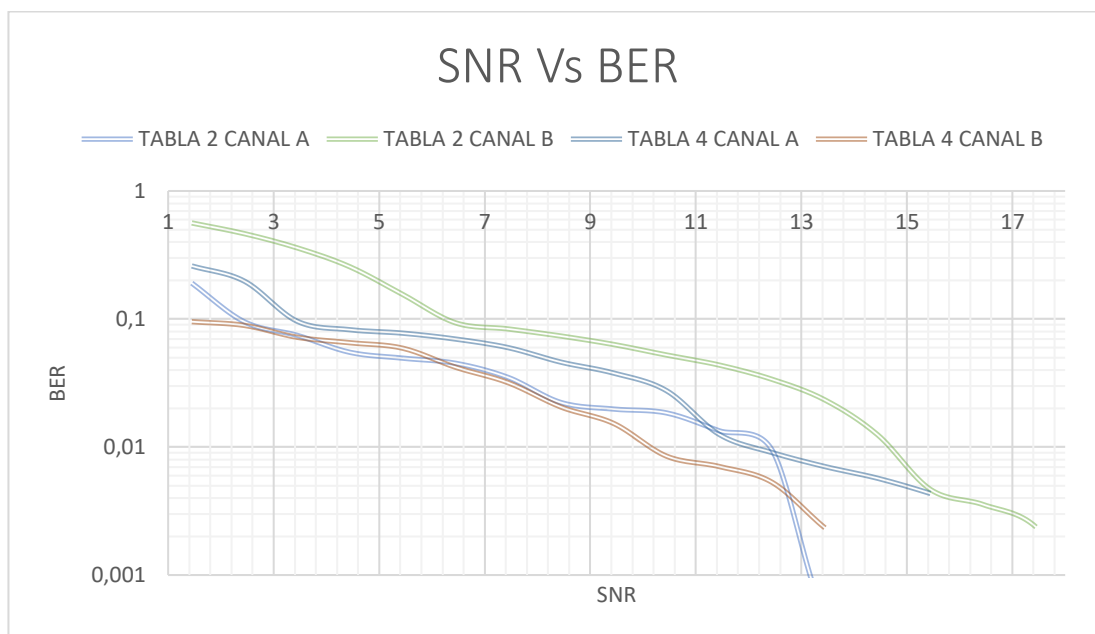


Figura 22 SNR Vs BER con Modulación QPSK Real (MOOSE)

En la figura 22 podemos observar la graficas de los datos reales de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación QPSK, con sincronización de trama Moose y secuencia de entrenamiento Willard-7.

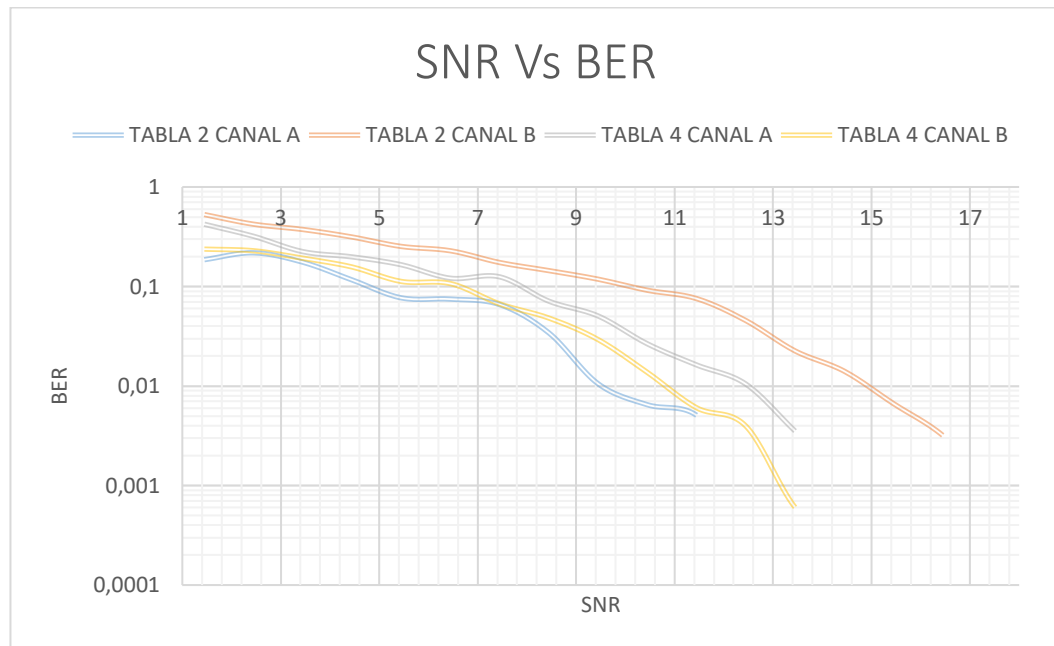


Figura 23 SNR Vs BER con Modulación PI/4 QPSK simulado (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 23 podemos observar la graficas de los datos simulados de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación PI/4 QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

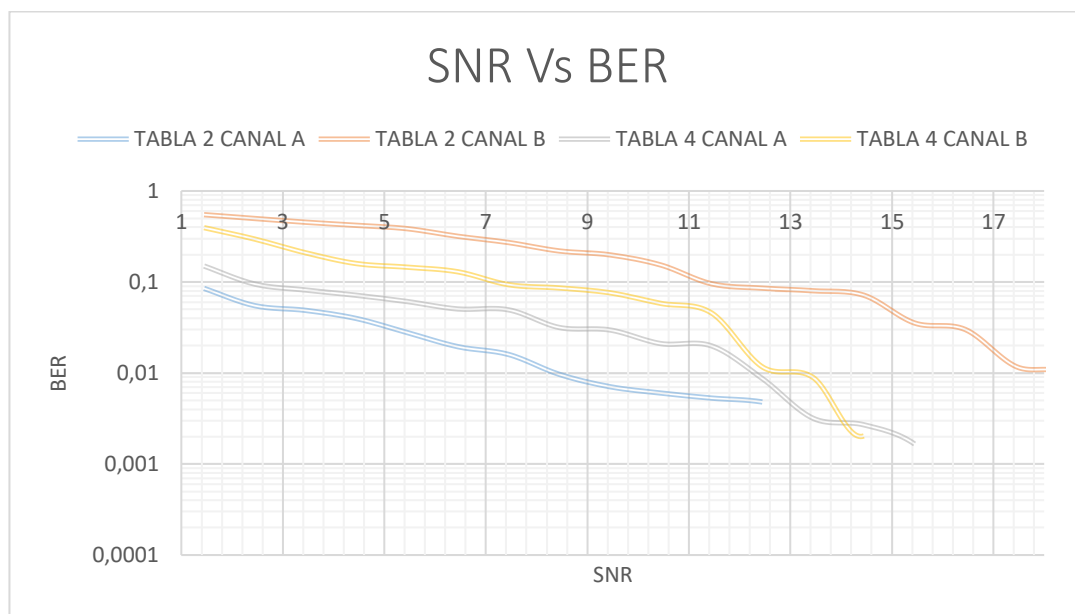


Figura 24 SNR Vs BER con Modulación PI/4 QPSK simulado (MOOSE)

En la figura 24 podemos observar la graficas de los datos simulados de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación PI/4 QPSK, con sincronización de trama Moose y secuencia de entrenamiento Willard-7.

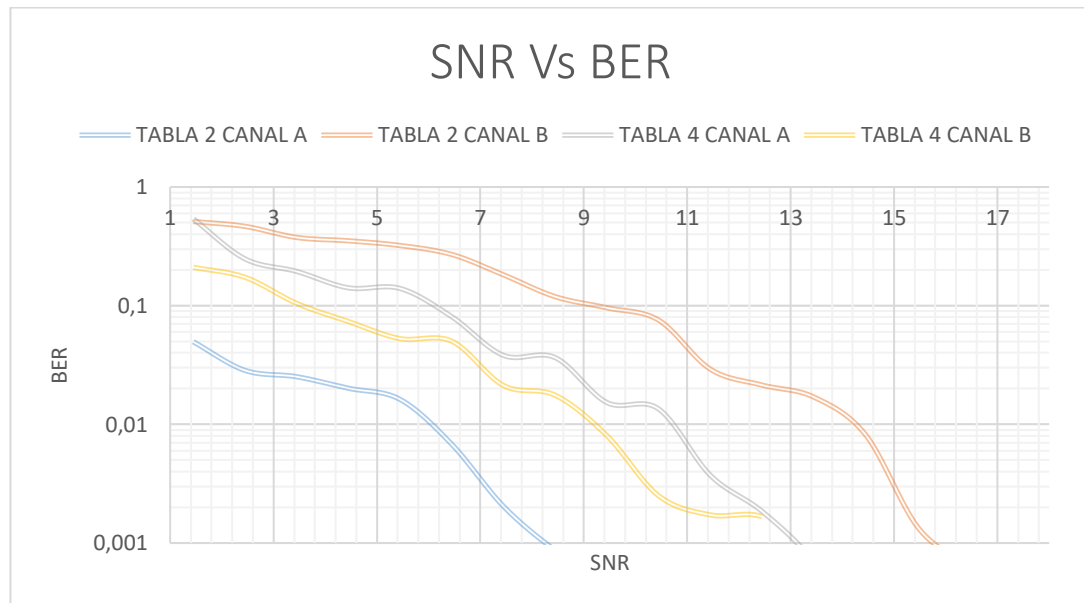


Figura 25 SNR Vs BER con Modulación PI/4 QPSK real (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 25 podemos observar la graficas de los datos reales de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación PI/4 QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

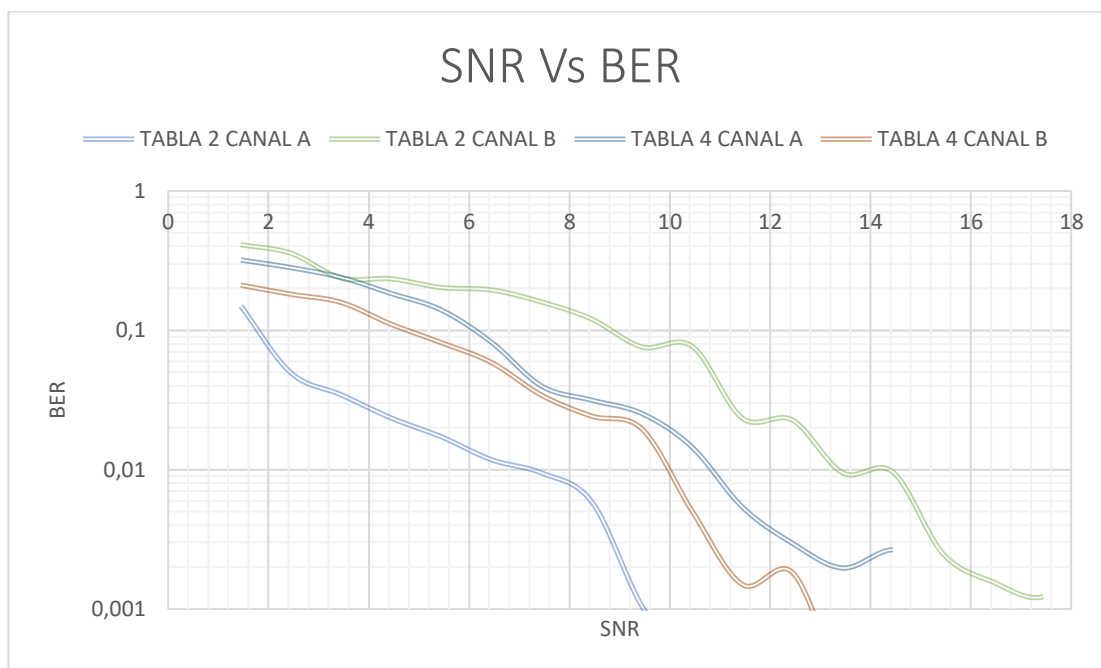


Figura 26 SNR Vs BER con Modulación PI/4 QPSK real (MOOSE)

En la figura 26 podemos observar la graficas de los datos reales de SNR Vs BER de los cuatros canales con modulación PI/4 QPSK, con sincronización de trama Moose y secuencia de entrenamiento Willard-7.

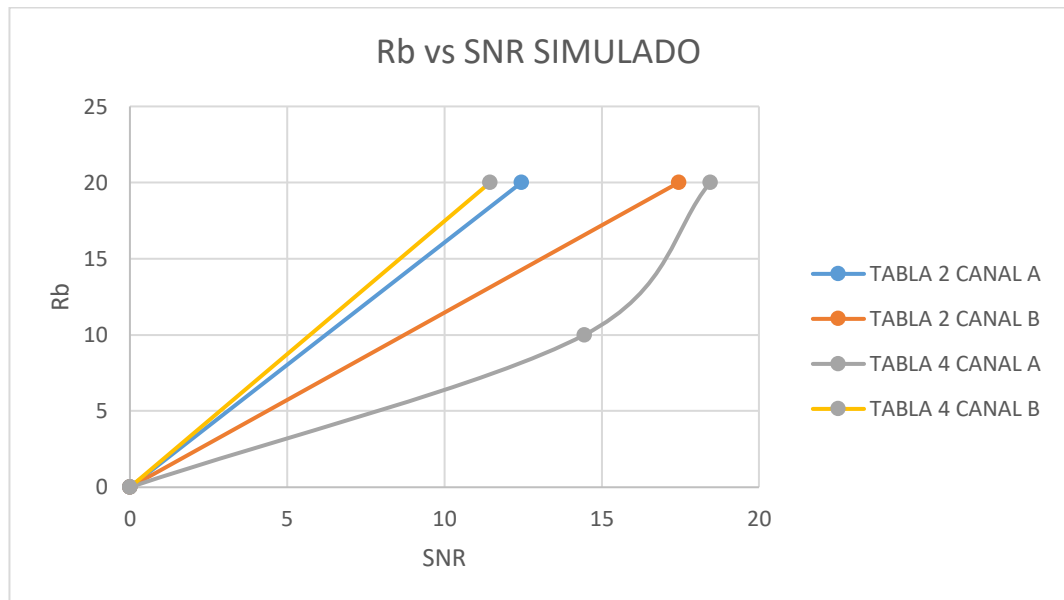


Figura 27 Rb Vs SNR con Modulación QPSK simulado (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 27 podemos observar la graficas de los datos simulados de Rb Vs SNR de los cuatros canales con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

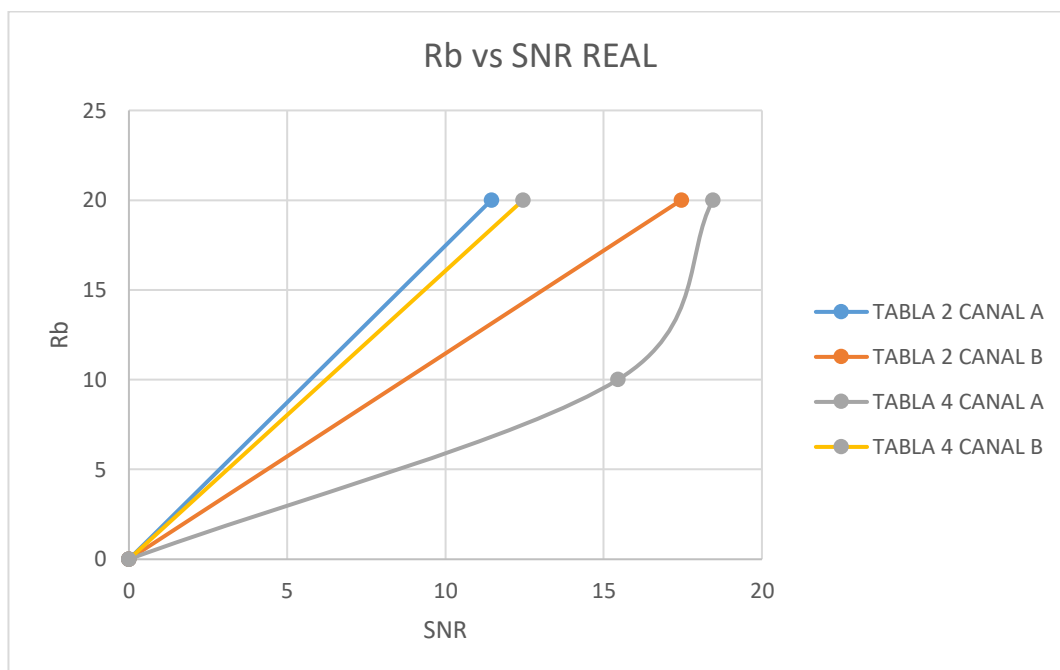


Figura 28 Rb Vs SNR con Modulación QPSK real (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 28 podemos observar la graficas de los datos reales de Rb Vs SNR de los cuatros canales con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

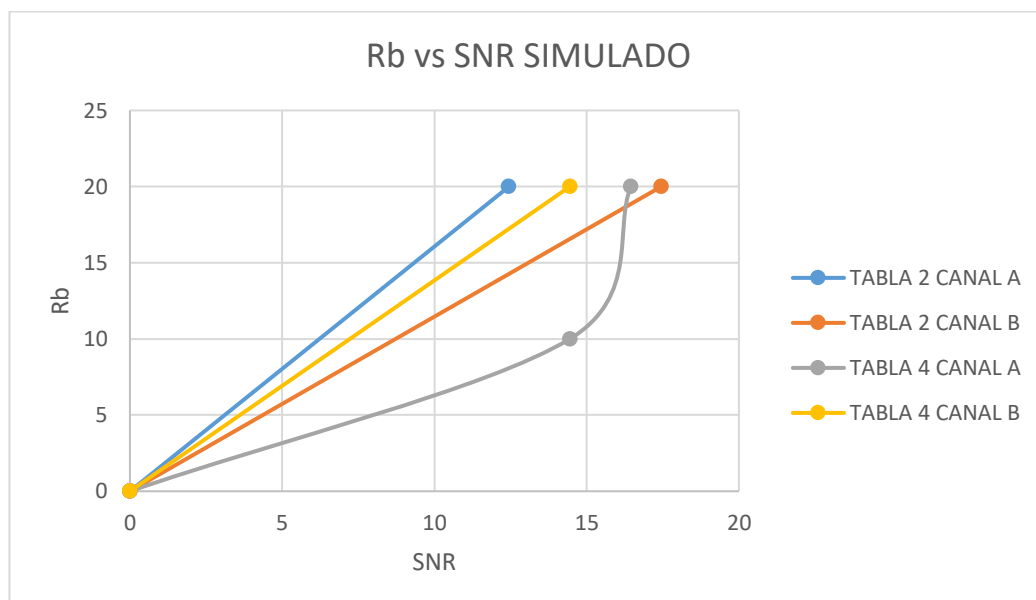


Figura 29 Rb Vs SNR con Modulación PI/4 QPSK simulada (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 29 podemos observar la graficas de los datos simulados de Rb Vs SNR de los cuatros canales con modulación PI/4 QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

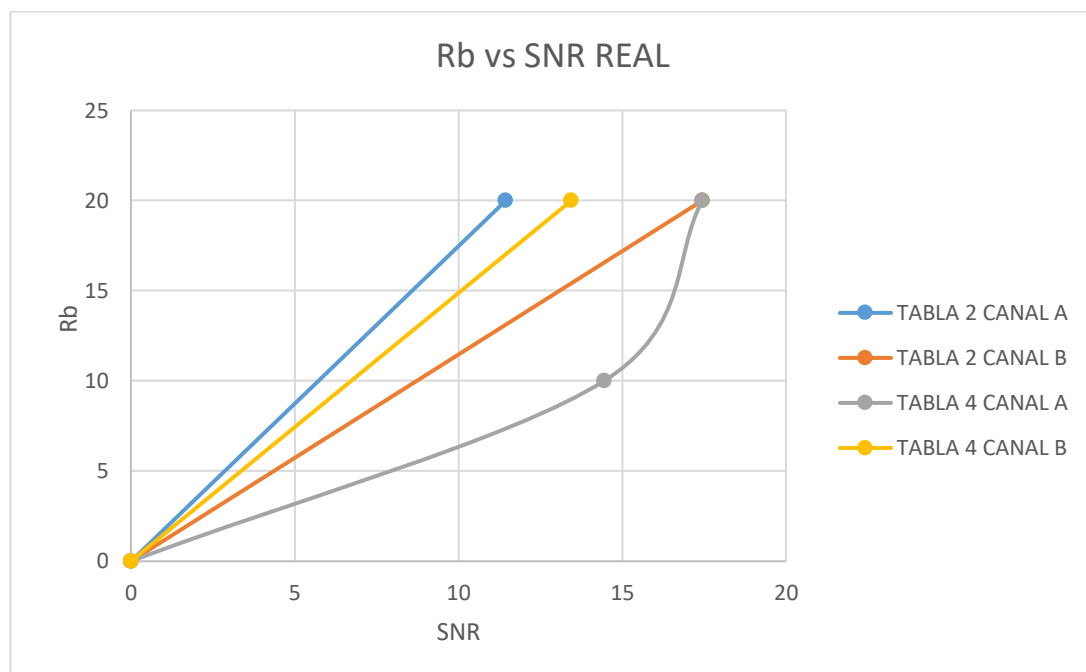


Figura 30 Rb Vs SNR con Modulación PI/4 QPSK real (SLIDING CORRELATOR)

En la figura 30 podemos observar la graficas de los datos reales de Rb Vs SNR de los cuatros canales con modulación PI/4 QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y secuencia de entrenamiento Willard-7.

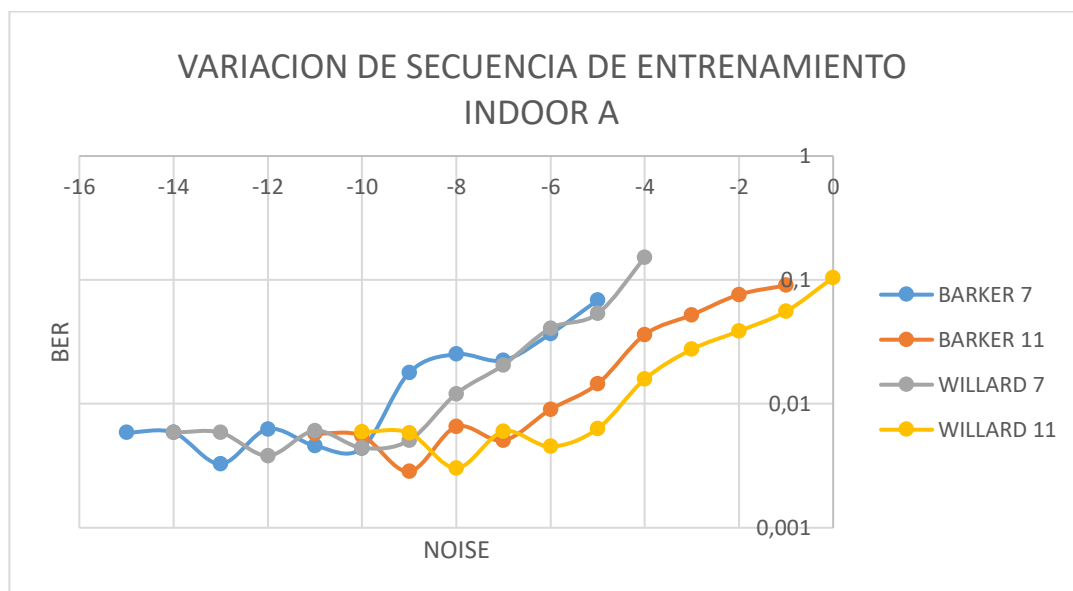


Figura 31 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Indoor A

En la figura 31 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal indoor A con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

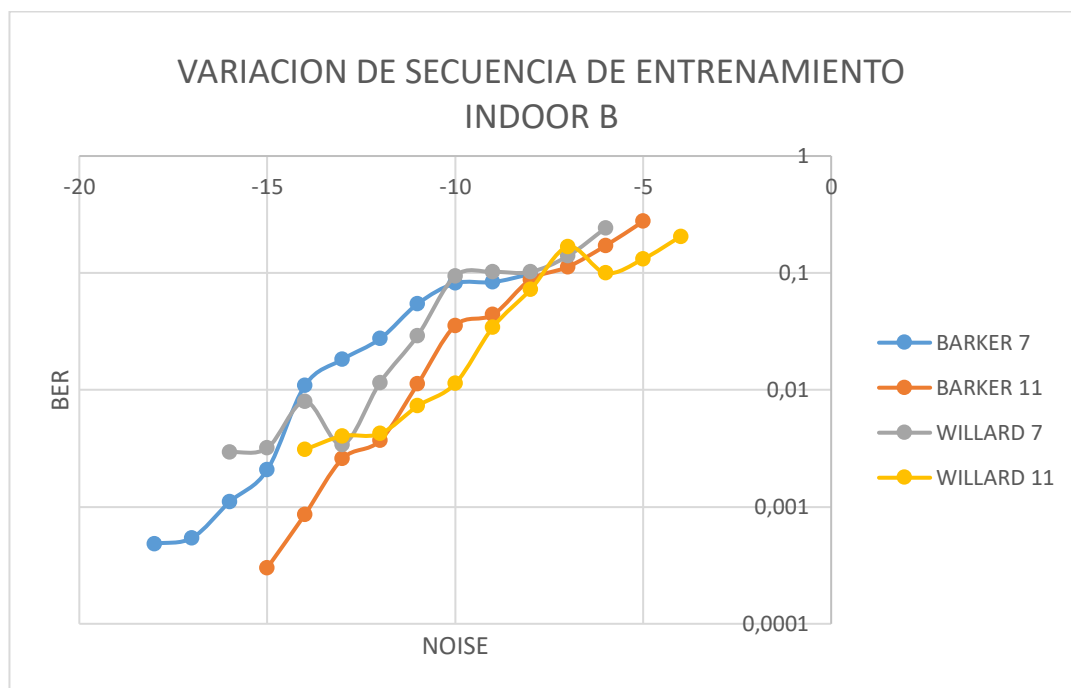


Figura 32 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Indoor B

En la figura 32 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal indoor B con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

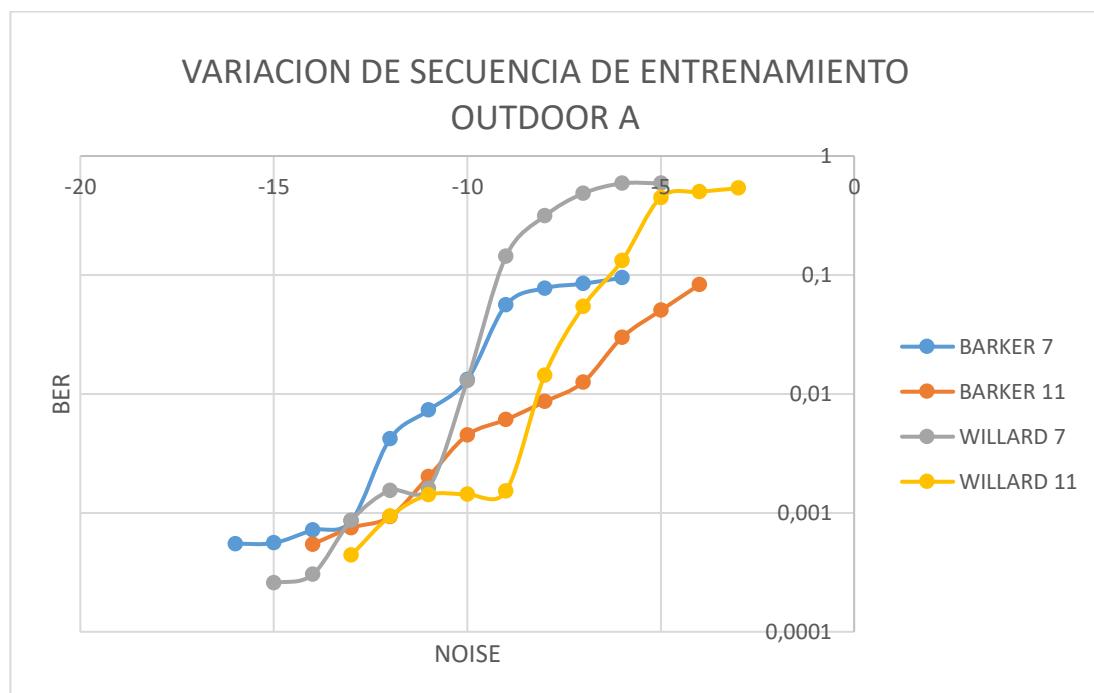


Figura 33 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Outdoor A

En la figura 33 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal outdoor A con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

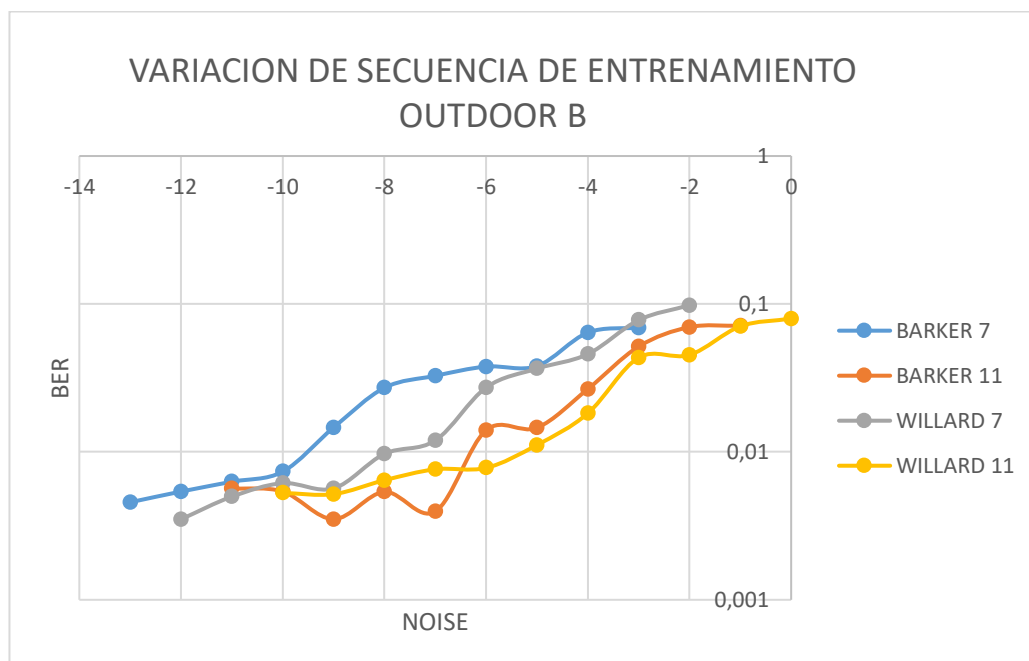


Figura 34 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación QPSK en canal Outdoor B

En la figura 34 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal outdoor B con modulación QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

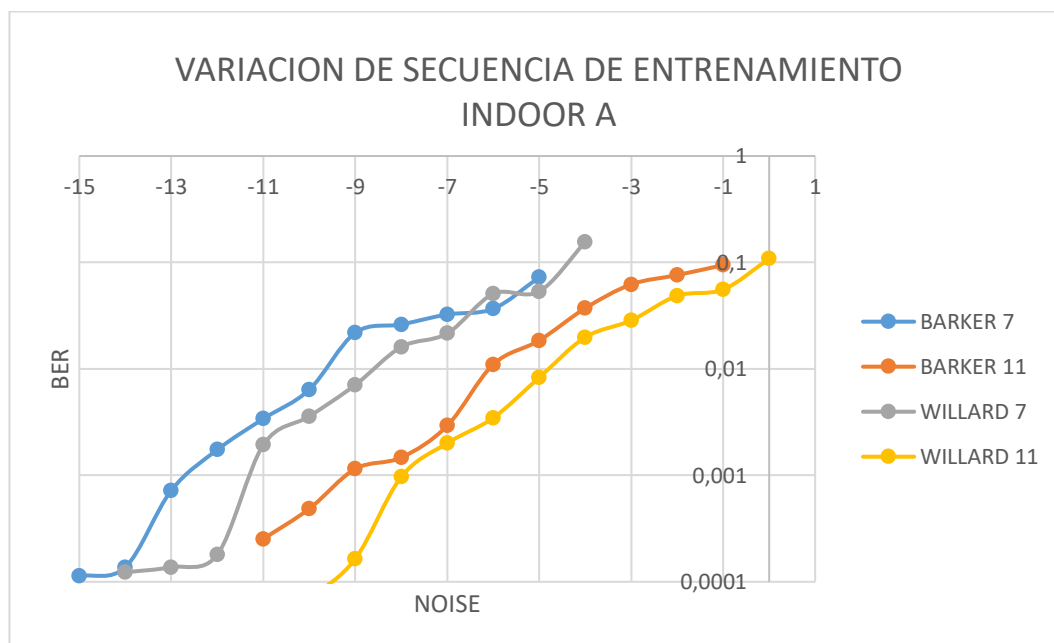


Figura 35 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Indoor A

En la figura 35 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal indoor A con modulación PI/4QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

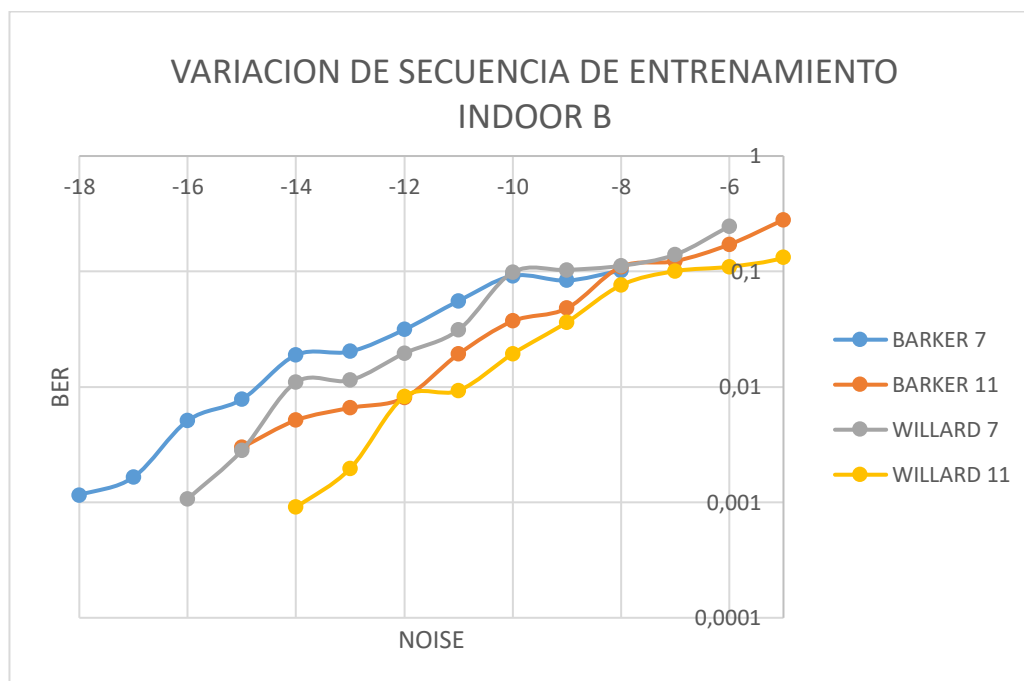


Figura 36 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Indoor B

En la figura 36 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal indoor B con modulación PI/4QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

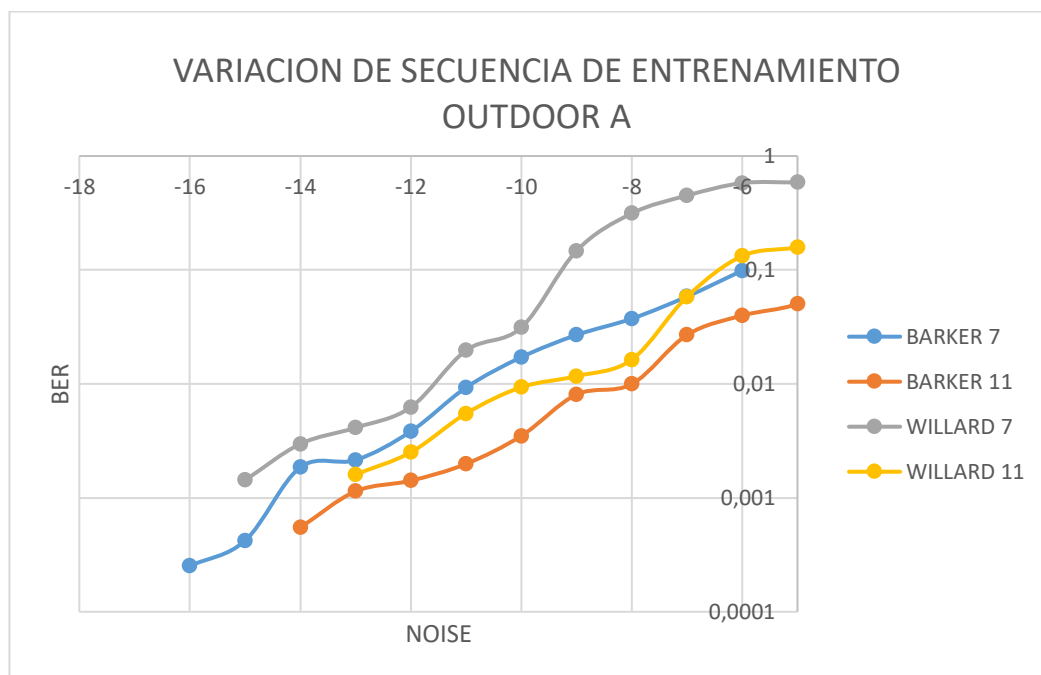


Figura 37 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación PI/4 QPSK en canal Outdoor A

En la figura 37 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal outdoor A con modulación PI/4QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

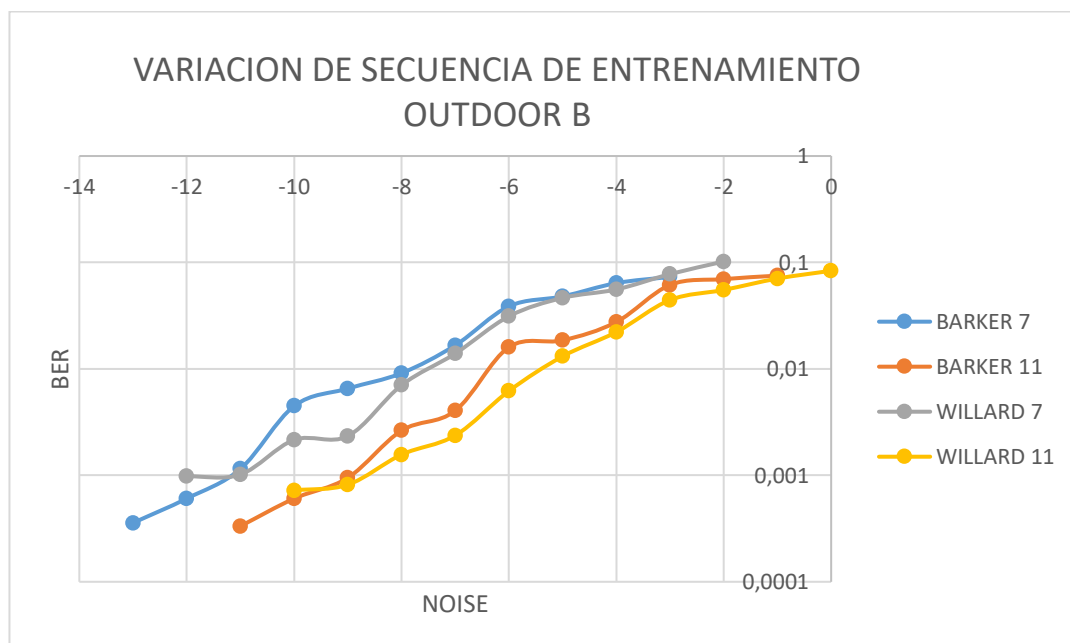


Figura 38 Variación de Secuencia de Entrenamiento con Modulación $\pi/4$ QPSK en canal Outdoor B

En la figura 38 podemos observar la graficas de los datos reales de NOISE Vs BER del canal outdoor B con modulación $\pi/4$ QPSK, con sincronización de trama Sliding Correlator y variando la secuencia de entrenamiento entre Willard-7-11 y Berker-7-11.

XIII. CONCLUSIÓN Y COMENTARIO

De los resultados obtenidos para el esquema de modulación QPSK $\pi/4$ QPSK en los canales indoor y outdoor se concluye que:

La sincronización de trama en un sistema de telecomunicación tiene como propósito resolver retardos que no pueden ser corregidos por el sincronizador de símbolo ya que este no es capaz de corregir retardos que son múltiplos del periodo de símbolo, por tal motivo se utilizan los sincronizadores de trama.

El cambio de frecuencia genera mejoras en los algoritmos según la situación que se analiza. Mostrando que, sin realizar cambios en la matemática del algoritmo, el solo hecho de cambiar una mejor palabra con mejores propiedades de auto-correlación incrementa la robustez del algoritmo.

Lo malo del sistema que al procesar imágenes grandes la computadora utiliza demasiada memoria y llegaba colapsar.

En comparación entre QPSK Y PI/4QPSK para deducir cuál es la mejor modulación para el sistema, se llegó a la conclusión que QPSK es el ideal porque es capaz de tener menores valores de BER.

Se pudo concluir cuando se varió la secuencia de entrenamiento que Willard 11 es la mejor secuencia porque género los valores más bajos de BER.

Se concluyó que el algoritmo de Moose tiende a fallar en valores bajos de SNR por el error de bits genera varios picos de autocorrelación y llega a confundir al algoritmo.

XIV. REFERENCIAS

[1].National Instruments, "NI USRP-2920 Specifications", National Instruments Corporation. (2012-2016).

[2].Espinoza, W.; Freire, M.; Chávez, T.; Gómez, J.; Ramos, B. (2015). "Adaptación del algoritmo Schmidl & Cox a sistemas de portadora única en un

canal inalámbrico”. Ingenius. N.º 14, (Julio-Diciembre). pp. 35-43. ISSN: 1390-650X.

[3].Pere Martí i Puig, “Los sistemas de comunicaciones digitales”, Universitat Oberta de Catalunya

[4].Leandro Alegsa. (05/12/2010). Codificación Huffman [Online].Disponible:<http://www.alegsa.com.ar/Dic/codificacion%20huffman.php>

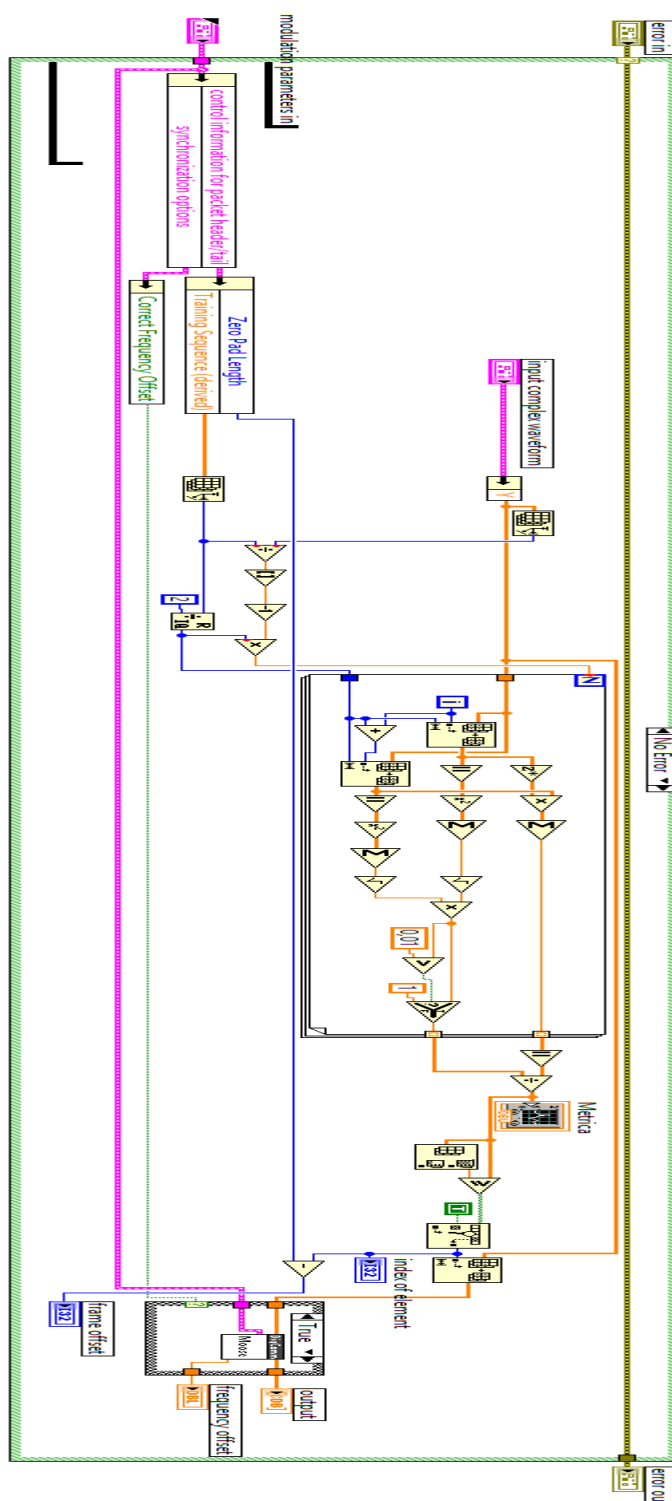
[5].Santiago G. (21/12/2009). Sistemas de Modulación [Online].Disponible:<http://www.analfatecnicos.net/archivos/15.SistemasModulacionWikipedia.pdf>

[6].Electrical, Computer & Energy Engineering, UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. Modulation Techniques[Online].Disponible:<http://ecee.colorado.edu/~ecen4242/UMB/modulate.htm>.

[7].Adaptación del algoritmo Schmidl & Cox a sistemas de portadora única en un canal inalámbrico. Disponible: <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/ingenius/article/viewFile/14.2015.05/187>

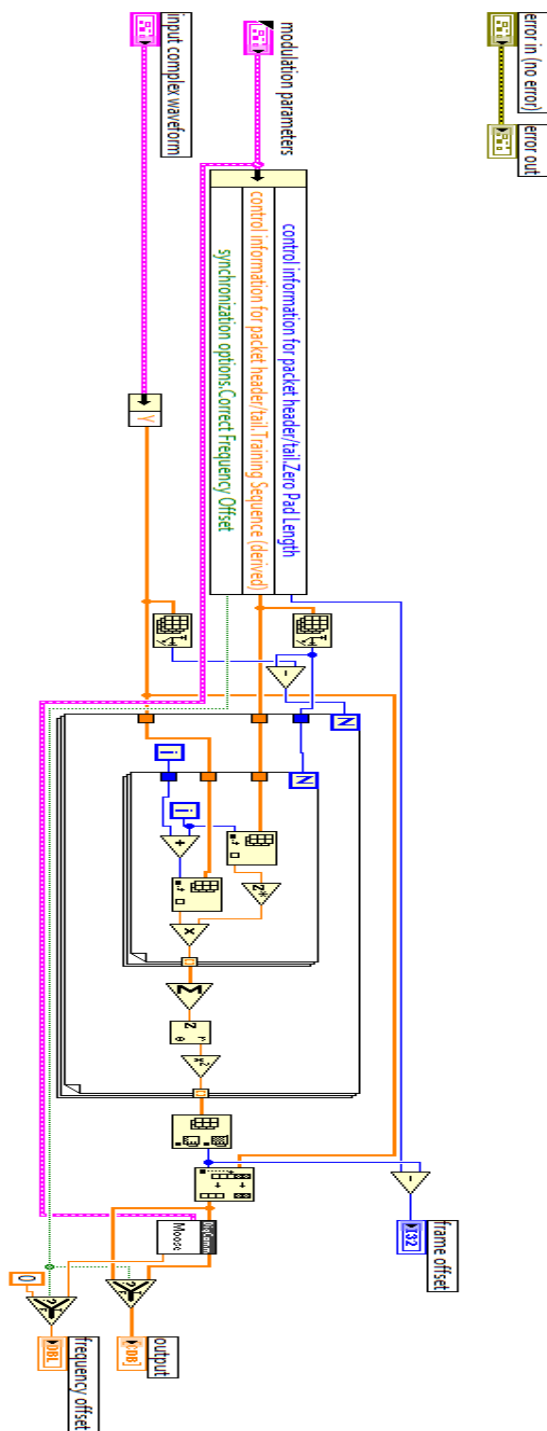
ANEXO

Algoritmo de Moose



ANEXO 2

Sliding Correlator



ANEXO 3

Secuencias de entrenamiento

Training Sequences

Neumann Hoffman Binary Code
 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0

Barker Sequence-11
 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1

Willard Sequence-7
 0 1 1 1 0 1 1 0

Willard Sequence-11
 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1

Willard Sequence-13
 0 1 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0

Barker Sequence-7
 0 0 0 0 1 1 0 1

Barker Sequence-13
 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0

ANEXO 4

Secuencias de entrenamiento

