



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Transmisión de Texto a través de un canal multipaso usando modulación
QPSK Y 64QAM con OFDM

EXAMEN COMPLEXIVO, COMPONENTE PRÁCTICO INFORME DE PROYECTO

Previa a la obtención del Título de:

MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES

Presentado por:

Ing. Ramiro Miguel Agila Astudillo

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Boris Ramos quien supo guiar esta maestría de la mejor forma, a su ayuda en el desarrollo de este proyecto, a la Ing. Maricela Freire quien me oriento en el manejo del Simulador Labview, y supo dar de una manera muy eficiente respuesta a todas mis consultas que se presentaron durante este proyecto, y al M.Sc. Carlos Valdivieso quien me ayudo con la revisión de mi trabajo y me dio algunas pautas de como sustentar mi proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa Angélica y mi hija María de los Ángeles, quienes estuvieron a mi lado en todos los momentos difíciles que se presentaron en esta maestría, a mis padres por su apoyo incondicional, y a mis compañeros de maestría quienes se brindaron ayuda cuando lo necesite. A mi tío Franco Agila quien me respaldo en este reto, a mi prima Nabila quien me supo ayudar en problemas complejos en esta maestría.

Dedico este trabajo a Dios por darme fuerzas para continuar en momentos difíciles, y con la ayuda de él se me han ido abriendo puertas, gracias a él me ha sabido dar paciencia y cariño con todas las personas que me han acompañado.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Dr. Boris Ramos

EVALUADOR



M. Sc. Carlos Valdivieso

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.



Ing. Ramiro Miguel Agila Astudillo

C.I.: 1103774780

RESUMEN

Los sistemas de comunicaciones de comunicaciones inalámbricas sirven para la transmisión de datos de un punto a otro a través del medio de un medio de propagación, este medio tiene ciertas características que impiden que la señal transmitida llegue igual desde el transmisor al receptor, esto debido a atenuaciones, retardos e interferencias. El sistema que se implementó se hizo a través dos canales estos con 6 y 4 pasos, cuyo canal fue afectado por ruido Gaussiano AWGN y por un canal ISI, para nuestro fin se transmite texto, el cual fue encriptado y enviado al canal, se realizó la codificación Hamming y LDPC, y la sincronización de frecuencia y trama, por último se hizo mediciones del BER, así como también gráficas que analizan el comportamiento de los dos canales propuestos, se realiza la gráfica de comparación de las dos codificaciones Hamming y LDPC, y el rendimiento máximo de la tasa de bit al punto máximo donde la señal no se distorsiona.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	¡Error! Marcador no definido.
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN EXPRESA.....	¡Error! Marcador no definido.
CONTENIDO	ii
ABREVIATURAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABLAS.....	x
1. ¡Error! Marcador no definido.	
2. ¡Error! Marcador no definido.	
2.1 Comunicaciones Inalámbricas	¡Error! Marcador no definido.6
2.2 AWGN.....	¡Error! Marcador no definido.6
2.3 ISI.....	16
2.4 Codificación Hamming.....	18
2.4.1 Proceso para generar códigos Hamming.....	18
2.5 Sistema de Codificación LDPC.....	22
2.6 Diagrama de Ojo.....	23
2.7 SNR.....	24
2.8 BER.....	24
2.9 Modulación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM).....	25

2.10 Algoritmo RCA.....	26
2.10.1 Proceso de Encriptación AES.....	28
2.10.2 Proceso Desencriptado.....	29
3. MARCO TÉCNICO Y DE RESULTADOS	
3.1 Modulación QPSK.....	30
3.2 Modulación 64QAM.....	32
3.3 Datos utilizados para las pruebas.....	33
3.4 Tabla de Resultados obtenidos para Canal A y Canal B.....	34
3.5 Implementación de vi.....	35
3.6 Canal multipaso para la modulación 64QAM.....	35
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	¡Error! Marcador no definido. 8
4.1 Pasos en un Canal ISI y variación de ruido.....	38
4.2 Constelación recibida sin ruido en un canal AWGN.....	38
4.3 Constelación recibida sin ruido en el canal propuesto Canal A.....	40
4.4 Constelación recibida sin ruido en el canal propuesto Canal B.....	44
4.5 Resultados para la Modulación QPSK y 64QAM.....	49
4.6 Resultados para la Modulación 64QAM en Canal A y Canal B.....	49
4.7 Resultados obtenidos sin Codificación y utilizando Codificación...	51
5. CONCLUSIONES.....	68
6. ANEXOS.....	71

ABREVIATURAS

AWGN	Additive White Gaussian Noise.
ISI	Intersymbol Interference.
SNR	Signal to noise ratio.
LDPC	Low Density Paritty Check
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
QAM	Quadrature Amplitude Modulation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Canal multipaso multi-trayectos.....	18
Figura 2. Codificador Hamming.....	20
Figura 3. Matriz de comprobación de paridad LDPC.....	23
Figura 4. Diagrama de Ojo Rx.....	24
Figura 5. Sistema OFDM.....	25
Figura 6. Encriptación RCA.....	26
Figura 7. Encriptación.....	28
Figura 8. Desencriptación.....	29
Figura 9. Constelación QPSK.....	30
Figura 10. Modulador QPSK.....	31
Figura 11. Implementación de la Constelación 64QAM.....	33
Figura 12. Vi modulación QPSK.....	35
Figura 13. Vi modulación 64QAM.....	36
Figura 14. Vi demodulación QPSK.....	36
Figura 15. Vi demodulación 64QAM.....	37
Figura 16. Canal AWGN sin codificación. Resultado la constelación en Rx en modulación QPSK.....	39
Figura 17. Diagrama de Ojo en el Receptor.....	39
Figura 18. Canal AWGN sin codificación. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	40
Figura 19. Canal A sin codificación Primer Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	41

Figura 20. Canal A sin codificación Segundo Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	41
Figura 21. Canal A sin codificación Tercer Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	42
Figura 22. Canal A sin codificación Cuarto Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	43
Figura 23. Canal A Power Delay Profile. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	44
Figura 24. Canal B sin codificación Primer Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	45
Figura 25. Canal B Segundo Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	46
Figura 26. Canal B Tercer Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	46
Figura 27. Canal B Cuarto Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	47
Figura 28. Canal B Quinto Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	48
Figura 29. Canal B Sexto Paso. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	48
Figura 30. Canal B Power Delay Profile. Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM.....	40
Figura 31. Hamming orden 3. Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming.....	50

Figura 32. Hamming orden 4. Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming.....	50
Figura 33. Hamming orden 5 Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming.....	50
Figura 34. Hamming orden 6. Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming.....	51
Figura 35. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN". Resultado la constelación en Rx "QPSK".....	51
Figura 36. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN".Resultado la constelación en Rx "64QAM".....	52
Figura 37. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN A 1 M".Resultado la constelación en Rx "QPSK".....	53
Figura 38. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN A 1 M".....	54
Figura 39. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN A 1 M". Resultado la constelación en Rx "64QAM".....	55
Figura 40. BER vs SNR. Resultado la constelación en Rx Simulado-Real AWGN a "1 METRO DE SEPARACIÓN DE ANTENAS".....	55
Figura 41. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN".Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC "64 QAM".....	56
Figura 42. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO "AWGN". Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC QPSK.....	57
Figura 43. BER vs SNR - CANAL A - MULTIPASO. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC 64 QAM.....	58
Figura 44. BER vs SNR - CANAL A - MULTIPASO. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC QPSK.....	59

Figura 45. BER vs SNR - CANAL B - MULTIPASO. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC 64 QAM.....	60
Figura 46. BER vs SNR - CANAL B - MULTIPASO. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC QPSK.....	61
Figura 47. BER vs SNR - CANAL B - MULTIPASO. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC 64 QAM.....	61
Figura 48. Texto con Ruido por el Canal ISI. Resultado la constelación en Rx Texto.....	64
Figura 49. Rb vs SNR. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC 64QAM.....	65
Figura 50. Rb vs SNR. Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC QPSK.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Generación de Código Hamming.....	21
Tabla 2. Esquemas de Modulación QPSK.....	32
Tabla 3. Datos del Canal A.....	34
Tabla 4. Datos del Canal B.....	34
Tabla 5. Pasos del Canal A.....	34
Tabla 6. Pasos del Canal B.....	35
Tabla 7. Pasos del Canal A Números Imaginarios.....	37
Tabla 8. Pasos del Canal B Números Imaginarios.....	37

I. INTRODUCCION

Al realizar la transmisión de una señal desde el transmisor al receptor, y ésta al pasar por el medio de propagación se verá afectada por el efecto de reflexión es decir en el receptor no sólo llegará la señal que se pretende transmitir, sino también señal que son muy parecidas a la original pero no lo son, éstas generadas por los diferentes caminos que se generan por los obstáculos que se presenta en el trayecto donde va a viajar la señal, éstas señales van a tener diferente potencias y retardos, esto estará íntimamente relacionada con los pasos, lo cuales se debe considerar en el receptor, para nuestro análisis se realizará una determinada aproximación de la propagación de la señal, realizando cálculos de potencias y retardos usando análisis geométrico, esto para cumplir nuestro fin.

II. MARCO TEORICO

2.1 Comunicaciones Inalámbricas

Son aquellas comunicaciones que no ocupan el medio físico para realizar la transmisión de información, en sustitución de éste utiliza por medio de la modulación de ondas electromagnéticas el espacio para la transmisión de información.

2.2 AWGN

Todo Sistema de Comunicaciones Inalámbricas, se presenta con seguridad algún tipo de ruido, este es un parámetro no deseado en nuestros sistemas, este ruido es producido principalmente por la agitación de electrons, o elementos que se añaden por la energía sobrante ya sea de estocásticos que se podría hacer un modelo por la probabilidad gaussiana.

AWGN es un ruido blanco, es un ruido aditivo, se puede ocupar como un canal ideal para la simulación de sistemas inalámbricos, esto en un canal multicamino. Este ruido comumente puede ser eliminado por proceso de filtrado.

2.3 ISI

Es un canal multipaso, que se produce por las reflexiones de las señales producidas por el rebote que existe en otros puntos, estos afectarán a la señal recibida.

$$h(t) = \sum_{p=1}^N a_p e^{j\varphi_p} \delta(t - \tau_p)$$

Se debe entonces construir un canal que tenga los pasos que se especifican, en este caso se lo denomina Canal A, Canal B; necesitamos en nuestro caso los números complejos que serán ingresados en el canal en Labview, estos tendrán una parte real y otra imaginaria.

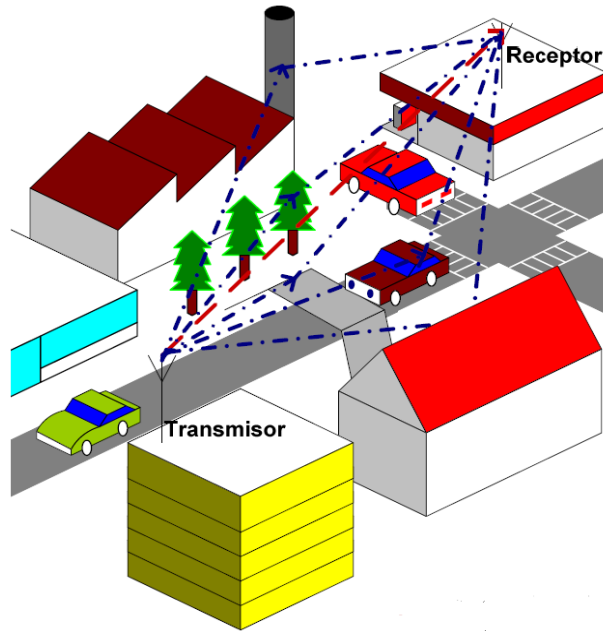


Figura 1. Canal multipaso multi-trayectos.

2.4 Codificación Hamming

Para poder definir el codificador de Hamming debemos partir de tres definiciones preliminares:

Un código binario que representa por medio de símbolos la información que se pretende transmitir. La distancia que existe entre dos combinaciones binarias representa el número de bits que se pretende hacer los cambios para corregir el error y la distancia mínima de un código, que es lo deseado que representa la mínima distancia que los separa.

Es un código detector y corrector de errores, para detectar este error se lo puede hacer cuando un bit cambia en la transmisión, consecuencia de esto

cambiará la paridad y se detectará el error para luego hacer la corrección. Para las pruebas se tomó un orden de 6.

Se cumple que siempre la distancia mínima es 3, puede ser cualquiera el valor de q , la capacidad de este codificador puede hacer la corrección de un error y puede al mismo tiempo detectar dos errores con un bit de paridad, pero la dificultad ante ello es que al tener esta distancia pueden pasar datos erróneos que el codificador los pase por alto y esto disminuya la calidad de la señal en nuestro receptor.

La distancia mínima de hamming está dada por la siguiente ecuación:

$$D_{min} = 2X + 1$$

Donde D_{min} es la distancia mínima para corregir los errores, y X es la línea de datos.

El código de hamming es un código de bloques, este es lineal definido por ejemplo por (n,k) , tiene 3 o más bits de chequeo llamados bits de redundancia (q), se debe cumplir con las siguientes ecuaciones:

$$n = 2^q - 1$$

$$k = 2^q - q - 1 = n - q$$

La razón por lo que se inicia de una cantidad de 3 es debido a que 1 y 2 no es conveniente para la corrección de errores, por ejemplo si tenemos una distancia de 1 no podemos saber si existe error o no, si tenemos una

distancia de 2 se puede logra la corrección de errores, pero no pueden pasar errores que degraden la señal en el receptor.

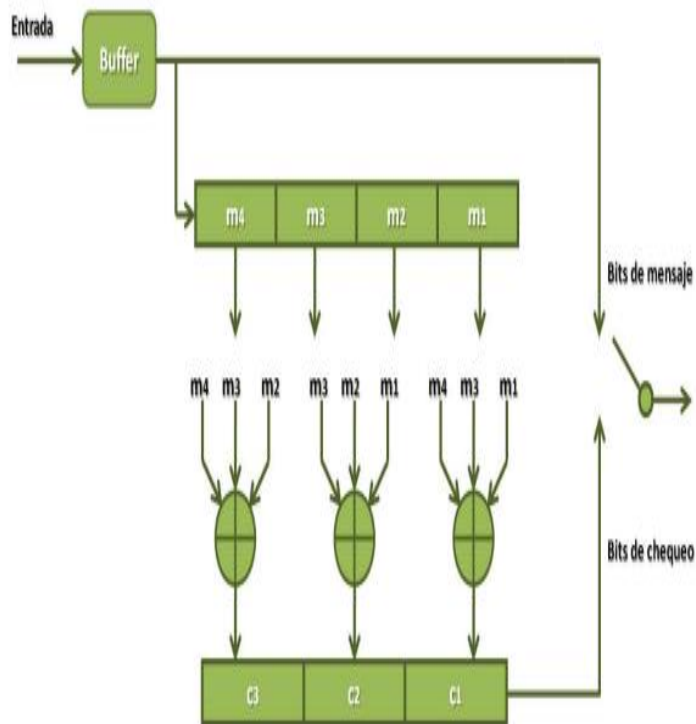


Figura 2. Codificador Hamming

Los elementos: $n =$ es la longitud de la palabra de código, $k =$ cantidad de datos perteneciente a la palabra original sin el proceso de codificación.

El proceso de Hamming incorpora bis de paridad para tener como resultado el código, luego en el receptor se necesitará estos bits de paridad para detección de errores que se han dado por los efectos del medio de propagación.

Cuando se añadió los bits de paridad afectara esto a la posición de la palabra de código generado, luego se identifica que posiciones fueron afectados, para cuyo fin se hace la construcción de todas las combinaciones que sean posibles “m” interpretados en binario.

2.4.1 Proceso para generar códigos Hamming

Para la generación de códigos Hamming se lo puede hacer por medio de una tabla que nos muestre todas las posibles combinaciones que sean generados por los bits de paridad.

Para dicho fin se maneja un código ASCII de 7 bits, si este requerimiento se cumple significa que se necesita $c = 4$, por que nos da 2^c el número de combinaciones posibles, como resultado de ello obtenemos 16 el total de combinaciones, así se detalla a continuación en la siguiente tabla:

# b	Combinaciones	# DE "1"	$2^{\wedge}3$	$2^{\wedge}2$	$2^{\wedge}1$	$2^{\wedge}0$	CORRESPONDENCIA
b0	0	0000	0	0	0	0	SITUACION DE NO ERROR
b1	1	0001	1	0	0	1	BIT DE PARIDAD "1"
b2	2	0010	1	0	0	1	BIT DE PARIDAD "2"
b3	3	0011	2	0	0	1	DATO 1
b4	4	0100	1	0	1	0	BIT DE PARIDAD "3"
b5	5	0101	2	0	1	0	DATO2
b6	6	0110	2	0	1	1	DATO 3
b7	7	0111	3	0	1	1	DATO 4
b8	8	1000	1	1	0	0	BIT DE PARIDAD "4"
b9	9	1001	2	1	0	0	DATO 5
b10	10	1010	2	1	0	1	DATO 6
b11	11	1011	3	1	0	1	NO SE USA EN EL EJEMPLO
b12	12	1100	2	1	1	0	DATO 7
b13	13	1101	3	1	1	0	NO SE USA EN EL EJEMPLO
b14	14	1110	3	1	1	1	NO SE USA EN EL EJEMPLO
b15	15	1111	3	1	1	1	NO SE USA EN EL EJEMPLO

Tabla 1. Generación de Código Hamming

2.5 Sistema de Codificación LDPC

Este es un tipo de código que tiene un bloque lineal determinado, esto permite corregir un mensaje por un canal de comunicaciones ruidoso. Utiliza una matriz de paridad dispersa con pocos unos con relación a los ceros, este tipo de codificación es utilizada especialmente cuando el ancho de Banda es limitado. La matriz de paridad es usada tanto en el transmisor como en el receptor.

La matriz de paridad compara varios símbolos de codificación, esta matriz la conforman valores de "0" y "1", esta conformada de una manera dispersa, por lo general los elementos que conforman esta matriz son nulos, por medio de esta matriz el codificador crea distintos símbolos de paridad partiendo de símbolos fuente. En la recepción se debe aplicar la matriz de paridad para reconstruir los símbolos transmitidos, esto lo hace por medio de los símbolos de codificación como también los disponibles.

En la siguiente figura se expone una matriz de paridad que establece las relaciones entre símbolos de paridad y los símbolos que vienen de la fuente.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccc}
 s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \\
 p_1 & p_2 & p_3 & p_4 & p_5 & p_6
 \end{array} \\
 (H_1|H_2) = \left(\begin{array}{cc|cc}
 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\
 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\
 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1
 \end{array} \right) \\
 \begin{array}{cc}
 \underbrace{\hspace{4em}}_k & \underbrace{\hspace{4em}}_{n-k}
 \end{array} \\
 \begin{array}{l}
 p_1 = s_1 \oplus s_3 \oplus s_4 \oplus s_5 \\
 p_2 = s_1 \oplus s_2 \oplus s_3 \oplus s_4 \\
 p_3 = s_1 \oplus s_2 \oplus s_3 \oplus s_4 \\
 p_4 = s_1 \oplus s_2 \oplus s_3 \\
 p_5 = s_2 \oplus s_3 \oplus s_4
 \end{array} \\
 \underbrace{\hspace{10em}}_{n-k \text{ ecuaciones}}
 \end{array}$$

Figura 3. Matriz de comprobación de paridad LDPC

Como se observa en la figura anterior la matriz de paridad se encuentra dividida en dos, izquierda y derecha, la parte izquierda se refiere a los símbolos originales, y en la parte derecha se refiere a los símbolos de paridad.

2.6 DIAGRAMA DE OJO

El diagrama de ojo sirve para ver la cantidad de interferencia que existe en un sistema, ésta por superposición de símbolos, al tener como resultado una apertura del ojo grande quiere decir que no es muy significativa la interferencia, si por el contrario tenemos un ojo más cerrado, esto indicará que existe interferencia intersimbólica en nuestro sistema.

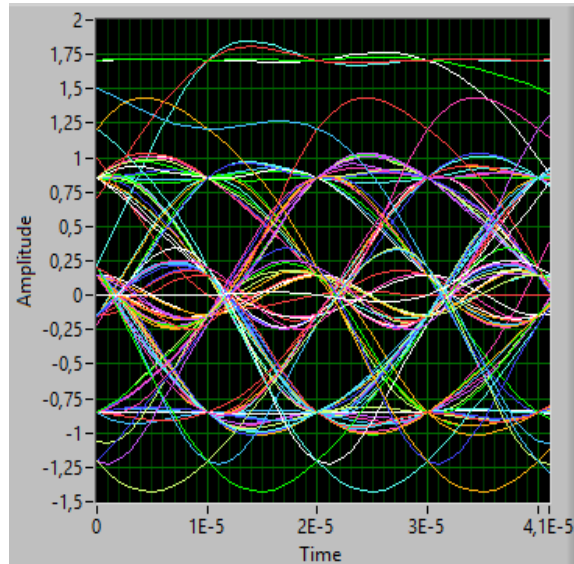


Figura 4. Diagrama de Ojo Rx.

2.7 SNR

El SNR es la relación señal a ruido, esto tiene como propósito demostrar la eficiencia de las distintas modulaciones, en nuestro caso se trabajará con modulaciones QPSK Y 64 QAM en OFDM.

2.8 BER

El BER indica que cuando en el receptor un bit llega con error, es decir si se transmite un "1" llega un "0", si se transmite un "0" llega un "1", esto se hace un promedio y se obtiene el Bit Error Rate, el que posteriormente será corregido con las codificaciones propuestas en este trabajo Hamming y LDPC.

2.9 Modulación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM)

Ofdm es un esquema de modulación de varias portadoras, éstas cumplen con el principio de ortogonalidad, mejorando el uso del espectro radioeléctrico ya que se transmite en paralelo, este esquema de modulación es ampliamente utilizado en comunicaciones inalámbricas.

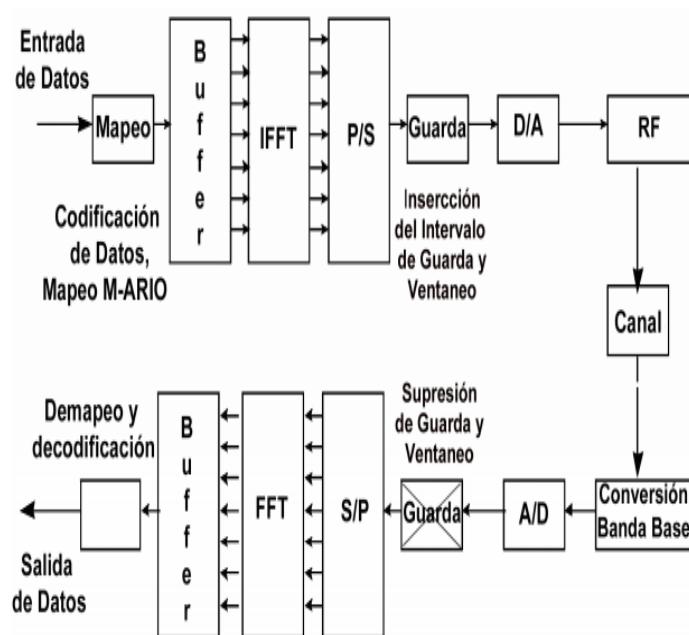


Figura 5. Sistema OFDM

2.10 Algoritmo RC4

Es un algoritmo sencillo de implementar en comparación los otros algoritmos de encriptación, este es uno de los algoritmos más utilizados, este algoritmo

es rápido en el procesamiento, es vulnerable cuando comienza todas las secuencias de claves.

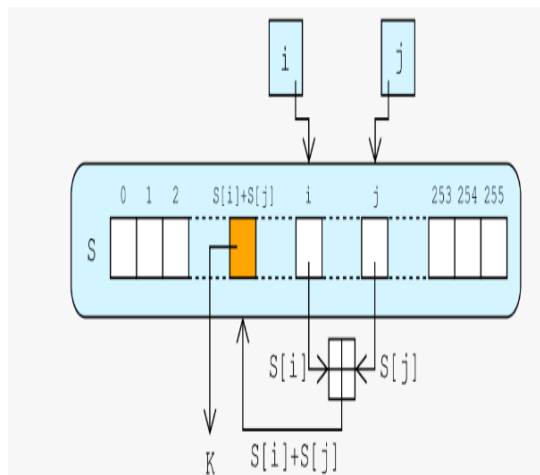


Figura 6. Encriptación RC4

Este código RC4 origina una secuencia de bits. Este cifrado es utilizado con texto es usado con bits de una manera particular, el descifrado se hace viceversa.

Para hacer la generación de claves, este sistema de cifrado hace uso del estado secreto está formado de dos partes:

- a) Permutación de todas posibilidades de 256 bytes.
- b) Dos Triples que poseen índices de 8 bits.

La primera permutación es iniciada a través de una clave que tiene longitud variable, compuesta por 40 y 256 bits ocupando el algoritmo de clave de

programación. Luego de esto se genera una trama de bits, esto usando el algoritmo pseudo aleatorio.

El algoritmo de clave de programación es utilizada para la inicialización de la permutación de una matriz S. Keylength está definida como la cantidad de bytes de una clave, ésta la tenemos en un intervalo de 1 a 256. Normalmente entre 5 y 16, esto correspondiente a la longitud de clave de 40 a 128 bits.

Al inicio la matriz S comienza hacer la permutación de la identidad, S lo hace luego para las 256 correspondientes iteraciones, pero adicional existe una mezcla en bytes de la clave en el mismo instante.

Para la implementación muchos cifrados de flujo se basan en registros de desplazamiento lineal de retroalimentación, que son eficientes en hardware pero deficientes en software. En el diseño de RCA evita el uso de LSFR, esto es ideal para la respectiva implementación de software, esto requiera manipulaciones de byte.

Los vectores de prueba no son necesarios exigidos de ser utilizados. Pero conveniente para cualquier prueba de su mismo programa de RC4.

Hablando de seguridad en comparación con los otros algoritmos, a RC4 le falta ser separado a la tecla, esto tiene como significado que si una misma clave es utilizada por un tiempo indefinido puede ser descubierta.

2.10.1 Proceso de Encriptado Aes

El proceso de encriptado realiza una serie de transformaciones matemáticas para poder realizar la encriptación estas son:

1. Proceso de Sustitución de Bytes
2. Desplazamiento de filas
3. Multiplicación de Columnas
4. XOR entre los bits de la palabra y la llave.

Este proceso se repite en un bucle entre 10, 12, 14 veces.

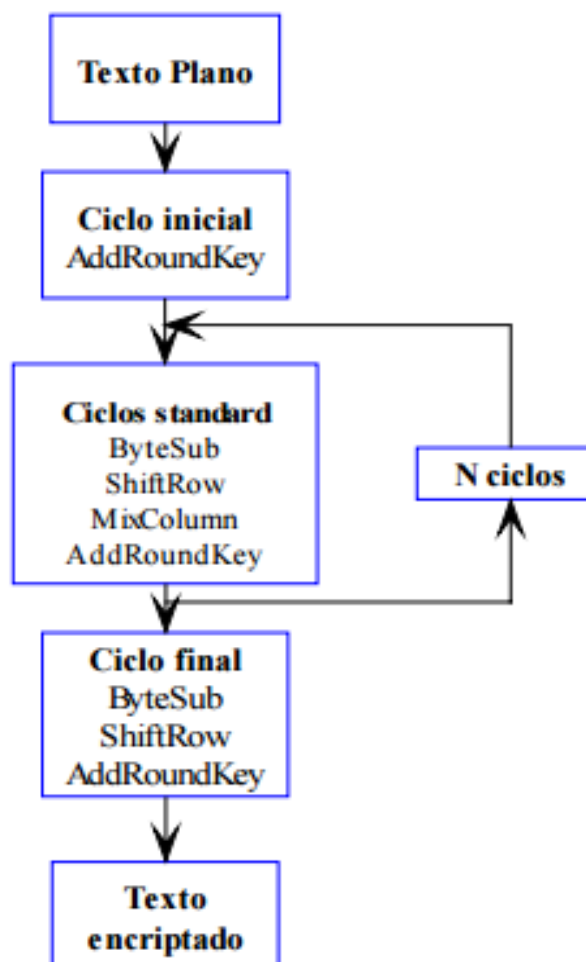


Figura 7. Encriptación

2.10.2 Proceso Descriptado

Este proceso es el inverso del encriptado tiene los mismos pasos de la encriptación repitiendo el número de ciclos.

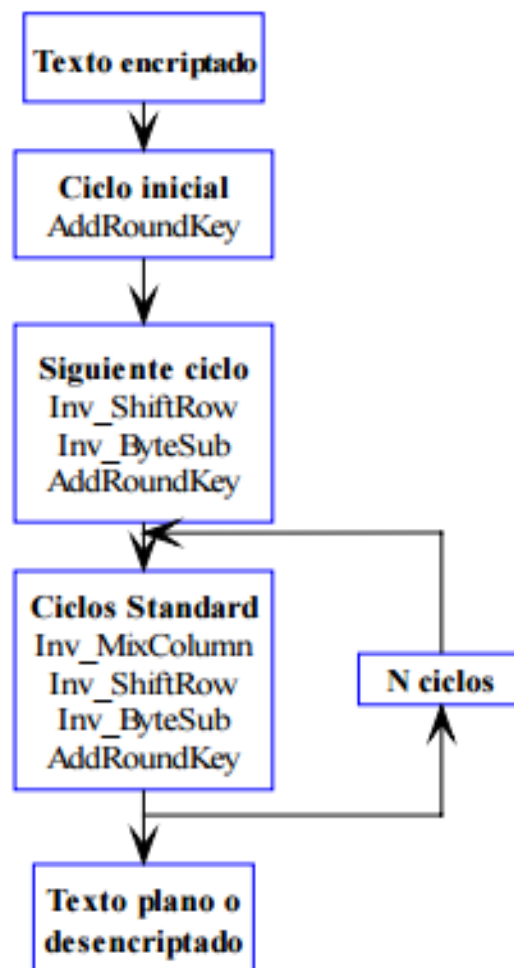


Figura 8. Descriptación

La transformación AddRoundKey, igual que en el proceso de encriptado, se hace un XOR de 128 bits. Las demás transformaciones son las inversas de las transformaciones explicadas en el proceso de encriptado.

III. MARCO TECNICO Y DE RESULTADOS

3.1 Modulación QPSK

Este tipo de modulación opera haciendo variar la fase de la portadora, estas variaciones tienen que ser en valores discretos.

$$V_{QPSK}(t) = I \cos w_c t + Q \sin w_c t$$

I = envía los datos en fase

Q = envía los datos en cuadratura

QPSK se representa por 4 fases estas son 00 01 11 y 10, cada una de estas fases puede transmitir la cantidad de 2 bits, este sistema de modulación tiene como consecuencia el doble hablando de eficiencia en el ancho de banda que BPSK si los comparamos.

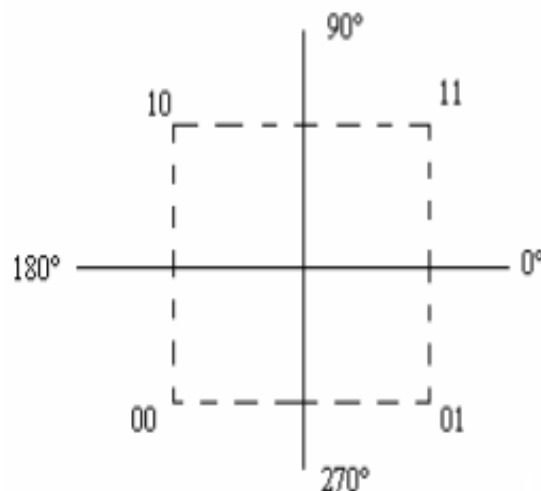


Figura 9. Constelación QPSK

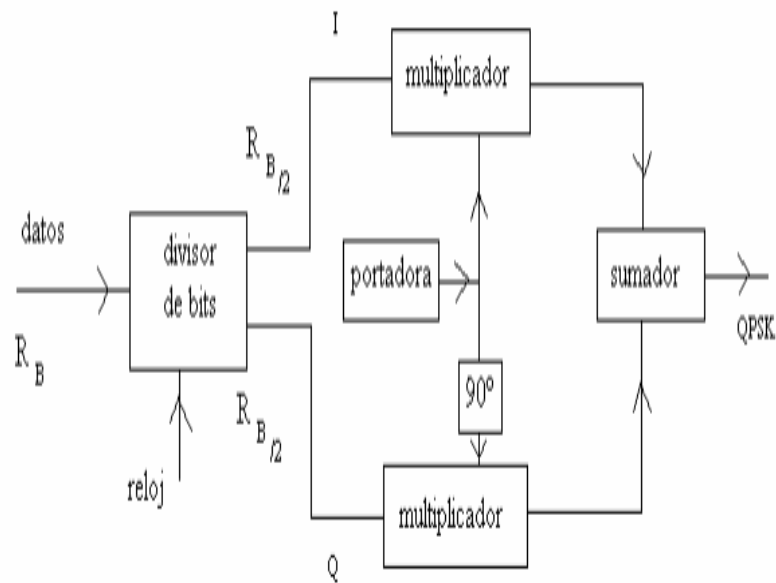


Figura 10. Modulador QPSK

Se puede observar que a la salida de los Multiplicadores tenemos:

$$\text{Canal I} = +\cos w_c t ; -\cos w_c t$$

$$\text{Canal Q} = +\sin w_c t ; +\sin w_c t$$

Luego existe la combinación de las señales, ya que luego de la salida del modulador debe ir a un circuito sumador.

$$I1Q = 11 ; +\cos w_c t + \sin w_c t = 1,414 \sin(w_c t + 45)$$

$$I1Q = 10 ; +\cos w_c t + \sin w_c t = 1,414 \sin(w_c t + 135)$$

$$I1Q = 01 ; -\cos w_c t + \sin w_c t = 1,414 \sin(w_c t - 45)$$

$$I1Q = 00 ; -\cos w_c t + \sin w_c t = 1,414 \sin(w_c t - 135)$$

Se puede generar QPSK combinando dos señales BPSK en cuadratura.

	00	01	11	10
V_{22}	90°	0°	270°	180°
V_{26}	0°	90°	180°	270°
V_{26bis}	45°	135°	225°	315°

Tabla 2. Esquemas de Modulación QPSK

3.2. Modulación 64QAM

Para hacer el análisis de 64 QAM se tiene que estudiar el QAM, este tipo de modulación es igual a revisar bases de analógica, para forma 64QAM se lo hace por grupos de bits, dependiendo del número de estados presentes.

Por ejemplo si existe una modulación de 8 QAM esta debe operar con 3 bits en la entrada, proporcionando 8 valores de 0 a 7; se debe hacer variar la fase como también amplitud de la portadora, esto para obtener 8 estados para la modulación.

Si se quiere hacer la representación de los estados se debe ocupar el diagrama de constelación.

La constelación consta de sesenta y cuatro puntos que generan sesenta y cuatro combinaciones posibles de 6 bit. A continuación se detalla las combinaciones en la siguiente figura.

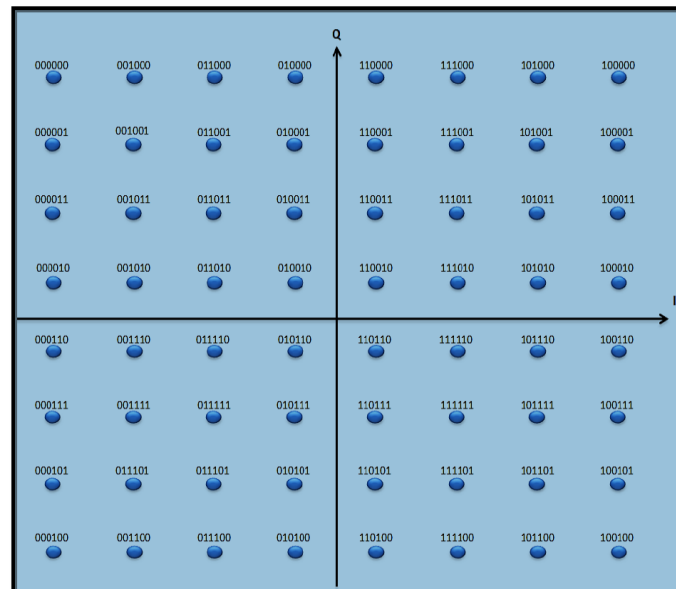


Figura 11. Implementación de la Constelación 64QAM

Este tipo de modulación tiene la capacidad de soportar altas velocidades, éstas están alrededor de 28 Mbps en un canal de 6 Mhz. La deficiencia de este tipo de modulación es que tiene alto índice de interferencia, esto se debe a la gran cantidad de símbolos generados.

3.3 Datos utilizados propuestos para realizar pruebas

Se hace el análisis de comportamiento de los dos canales Canal A y Canal B con sus respectivos pasos donde se considera las potencias y retardos:

Nombre	Descripción	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
CANAL A	Retraso τ (μs)	0,00	0,20	0,40	0,60
	Atenuación (dB)	0,00	-2,00	-10,00	-20,00

Tabla 3. Datos del Canal A

Nombre	Descripción	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6
CANAL B	Retraso τ (μs)	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
	Atenuación (dB)	0,00	-4,00	-8,00	-12,00	-16,00	-20,00

Tabla 4. Datos del Canal B

3.4 Tabla de Resultados obtenidos para cada Canal A y Canal B

Nombre	Descripción	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
CANAL A	Retraso τ (μs)	0,00	0,20	0,40	0,60
	Atenuación (dB)	0,00	-2,00	-10,00	-20,00
	$\phi = -2\pi f\tau$	0,00	-1.149,83	-2.299,65	-3.449,48
	$P(\text{watts})$	1,00000	0,63096	0,10000	0,01000
	$\text{Amplitud} = \sqrt{P}$	1,00000	0,79433	0,31623	0,10000
	$\cos\phi$	1,000000	0,999996	0,999986	0,999967
	$\sin\phi$	0,000000	-0,002689	-0,005378	-0,008066
	$R_s = A\cos\phi$	1,000000	0,794325	0,316223	0,099997
	$I_m = A\sin\phi$	0,000000	-0,002136	-0,001700529470	-0,0008066270932756

Tabla 5. Pasos del Canal A

Nombre	Descripción	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5	Paso 6
CANAL B	Retraso τ (μs)	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
	Atenuación (dB)	0,00	-4,00	-8,00	-12,00	-16,00	-20,00
$\phi = -2\pi f\tau$		0,00	-574,91	-1.149,83	-1.724,74	-13.222,99	-28.745,64
$P(\text{watts})$		1,00000	0,39811	0,15849	0,06310	0,02512	0,01000
$\text{Amplitud} = \sqrt{P}$		1,00000	0,63096	0,39811	0,25119	0,15849	0,10000
$\cos\phi$		1,000000	-0,999999	0,999996	-0,999992	-0,999522	0,997742
$\sin\phi$		0,000000	0,001344	-0,002689	0,004033	0,030916	-0,067169
$R_q = A\cos\phi$		1,000000	-0,630957	0,398106	-0,251187	-0,158414	0,099774
$I_m = A\sin\phi$		0,000000	0,000848	-0,001070	0,001013	0,004900	-0,006717

Tabla 6. Pasos del Canal B

3.5 Implementación de vi

Modulación.- aquí se presentan las modulaciones QPSK y 64QAM.

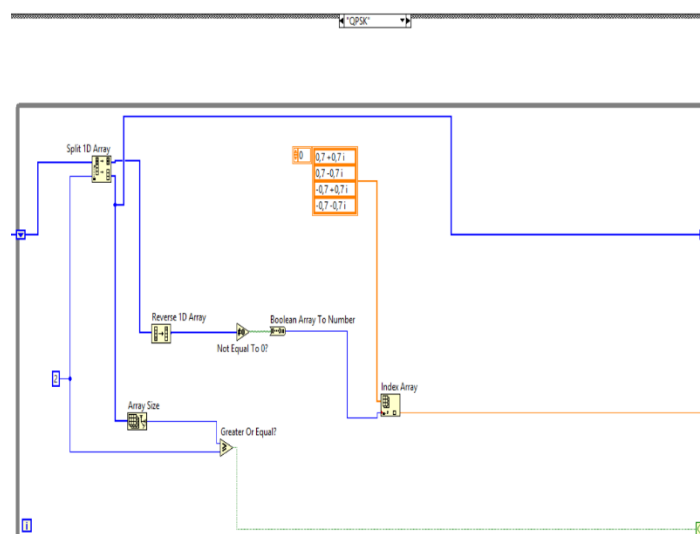


Figura 12. Vi modulación QPSK

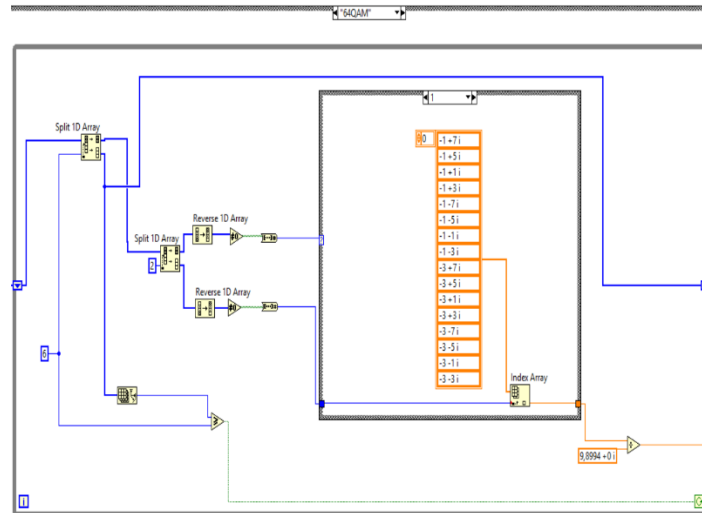


Figura 13. Vi modulación 64QAM

Demodulación.- aquí se presentan las demodulaciones QPSK y 64QAM.

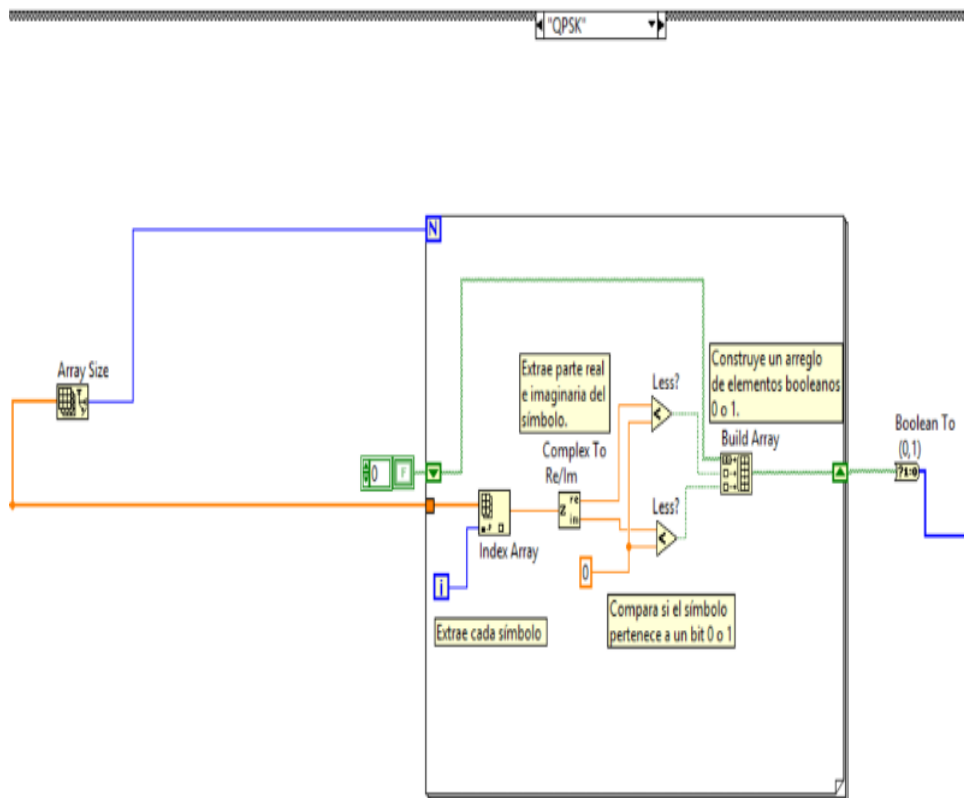


Figura 14. Vi demodulación QPSK

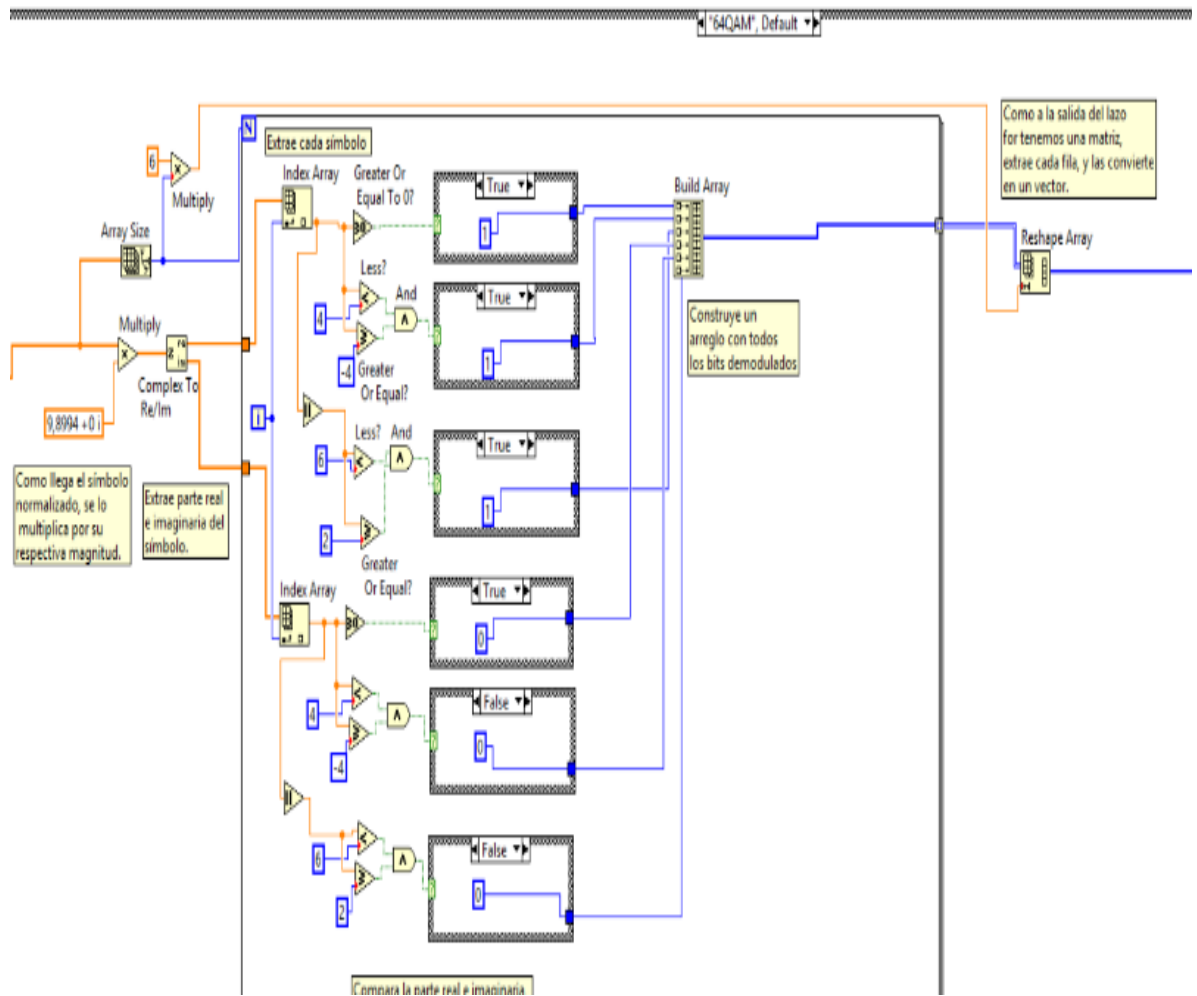


Figura 15. Vi demodulación 64QAM

3.6 Canal multipaso para la modulación 64QAM

Los pasos son cuatro para el Canal A y seis para el Canal B los cuáles se detallan a continuación:

$(a + bi) =$	1,000000000000	+	0,000000000000	
$(a + bi) =$	0,794325363400		-0,002135776171	
$(a + bi) =$	0,316223193646		-0,001700529470	
$(a + bi) =$	0,09999674671074		-0,00080662709328	

Tabla 7. Pasos del Canal A Números Imaginarios

1,000000000000 +	0,000000000000 i
-0,630956774286	0,000848254424 i
0,398105731482	-0,001070423751 i
-0,251186600169	0,001013086065 i
0,001013086065	0,00000000000000000000 i
0,00000000000000000000	0,00000000000000000000 i

Tabla 8. Pasos del Canal B Números Imaginarios

Estos valores obtenidos los ingresamos en la plantilla de pasos en el Panel frontal del vi top tx, seleccionando el Canal ISI.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Pasos en un Canal ISI y variación del ruido

Aumentamos el ruido acercando al valor tope al cual se distorsiona la señal. Colocamos los pasos antes obtenido para el canal ISI y se nota como afectan estos pasos a la constelación.

4.2 Constelación recibida sin ruido en un Canal AWGN

Se puede observar que la constelación no refleja ninguna dispersión al ser recibida, con un detalle que no Empezamos a analizar en modulación QPSK:

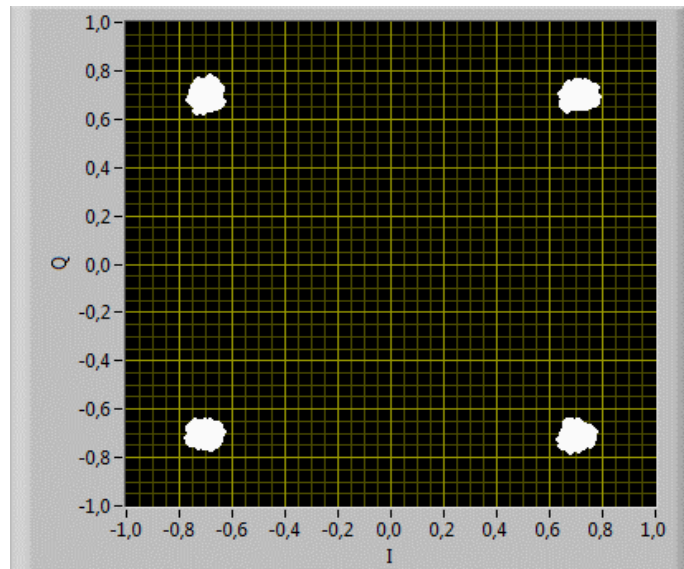


Figura 16. Canal AWGN sin codificación.

Resultado la constelación en Rx en modulación QPSK

Analizamos el diagrama de ojo, se nota que existe una apertura en el ojo indicando que señal recibida se muestra en el receptor sin ISI.

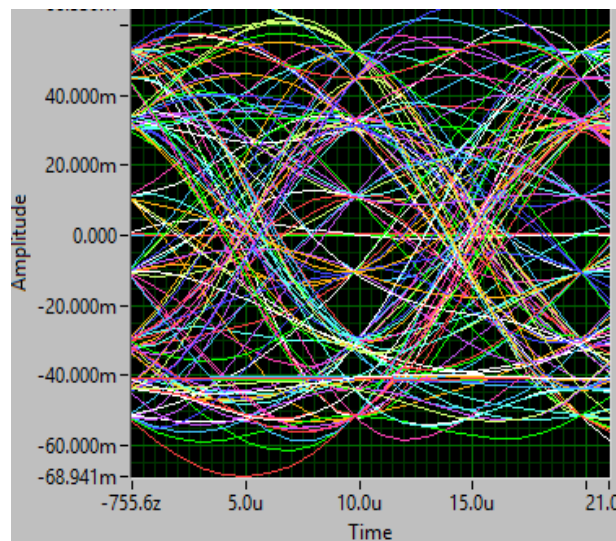


Figura 17. Diagrama de Ojo en el Receptor.

Continuamos nuestro análisis para la modulación 64 QAM para observar los efectos del canal.

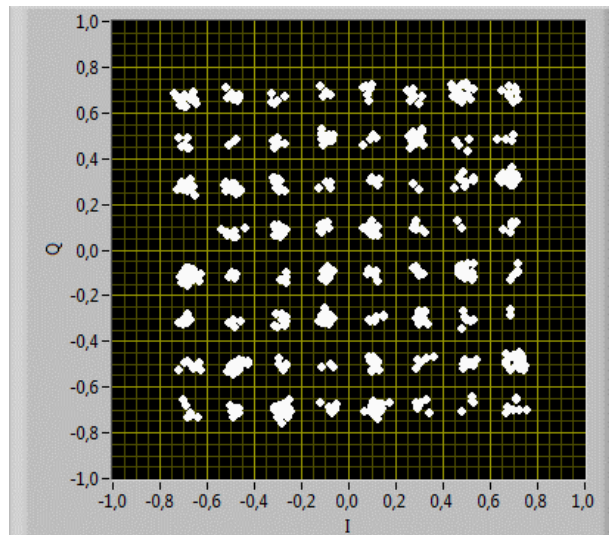


Figura 18. Canal AWGN sin codificación.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Se observa que un punto de la constelación en modulación 64QAM desaparece, por lo que es necesario aplicar métodos de codificación para corregir este efecto.

4.3 Constelación recibida sin ruido en el canal propuesto Canal A.

De ahora en adelante analizaremos sólo con la modulación 64QAM donde se puede observar mejor los efectos que existe en la señal recibida causados por señales multitrayecto.

Los pasos permiten comprobar con que cantidad de pasos funciona la constelación de manera adecuada, para empezar se coloca un ruido en $-\infty$ y se simula cada uno de los pasos:

Paso 1:

Observamos el comportamiento de la señal con el primer paso.

$$(a+bi) = 1 + 0i$$

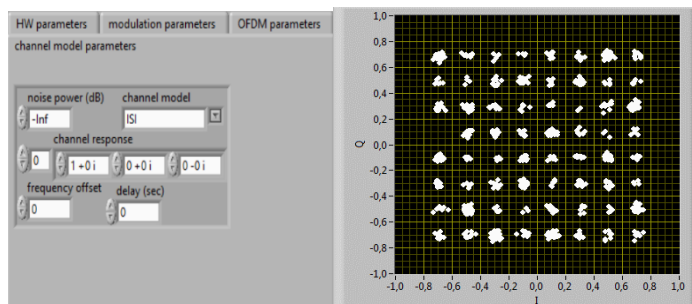


Figura 19. Canal A sin codificación Primer Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma sólo del paso 1, el que es la señal directa de Transmisor a Receptor, la constelación se observa que no tiene ninguna distorsión.

Paso 2:

Observamos el comportamiento de la señal con el segundo paso.

$$(a+bi) = 0,794 + 0,0021i$$

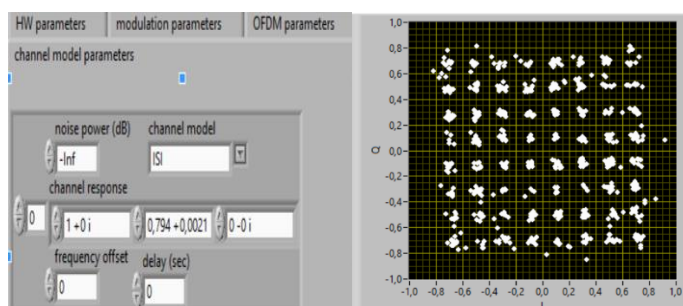


Figura 20. Canal A sin codificación Segundo Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma ahora el paso 2, el que es la señal reflejada, la constelación se observa que empieza a distorsionar.

Paso 3:

Observamos el comportamiento de la señal con el tercer paso.

$$(a+bi) = 0,3162 - 0,0017i$$

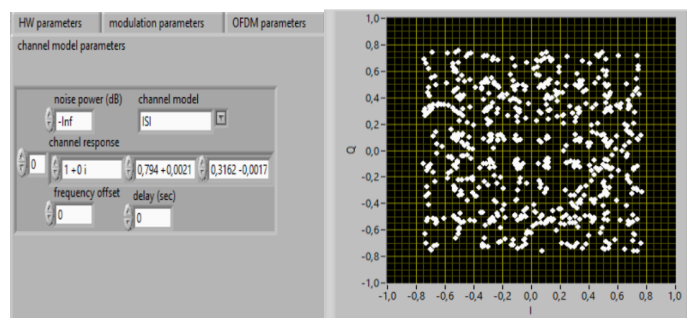


Figura 21. Canal A sin codificación Tercer Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma sólo del paso 3, el que es la siguiente señal reflejada, la constelación se observa que se aumentado la distorsión.

Paso 4:

Observamos el comportamiento de la señal con el cuarto paso.

$$(a+bi) = 0,099 - 0,0008i$$

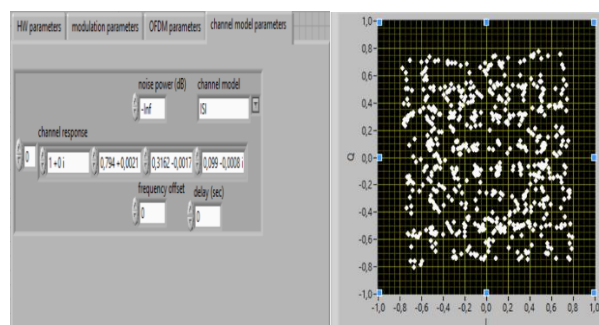


Figura 22. Canal A sin codificación Cuarto Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma sólo del paso 4, el que es la siguiente señal reflejada, la constelación se observa que exista una distorsión muy grande.

Al terminar con los 4 pasos procedemos a graficar el power delay profile con el Canal A, lo que nos indica los pasos de nuestro sistema:

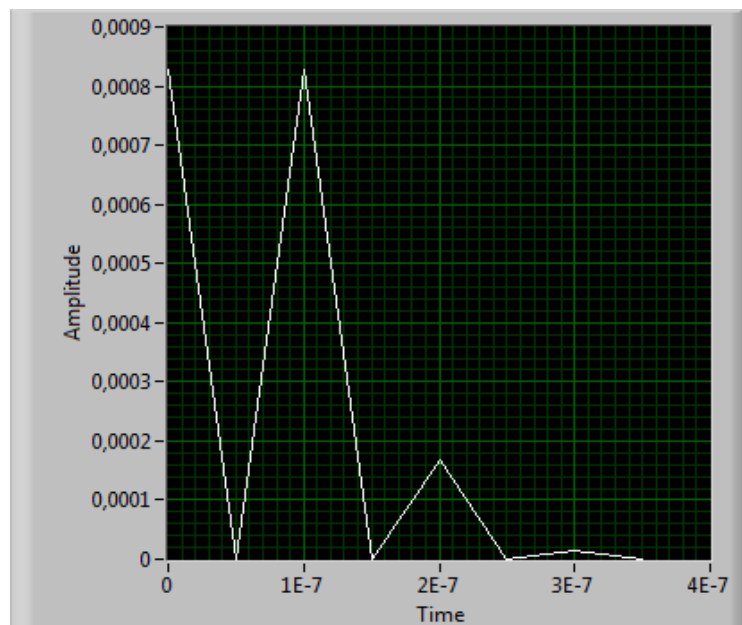


Figura 23. Canal A Power Delay Profile.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Para obtener la gráfica del Power Delay Profile se debe considerar con anterioridad configurar en el Transmisor y el receptor el Sample Rate en 2, y el OverSample Factor 20, con la finalidad de cumplir con los retardos propuestos en la tabla 3 y tabla 4, y de esta manera poder simular de forma correcta el canal multipaso "ISI".

4.4 Constelación recibida sin ruido en el canal propuesto Canal B.

Paso 1:

Observamos el comportamiento de la señal con el primer paso.

$$(a+bi) = 1 + 0i$$

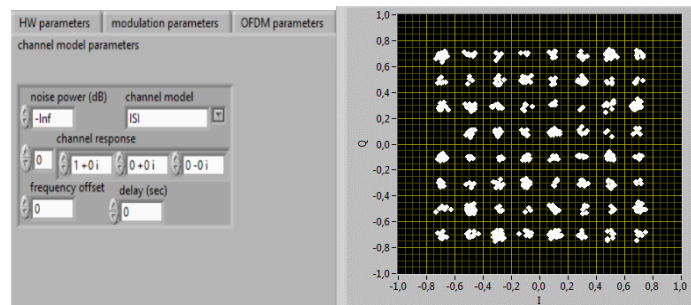


Figura 24. Canal B sin codificación Primer Paso.

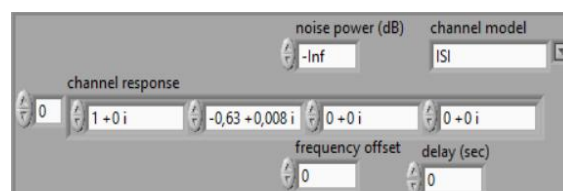
Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma sólo del paso 1, el que es la señal directa de Transmisor a Receptor, la constelación se observa que no tiene ninguna distorsión.

Paso 2:

Observamos el comportamiento de la señal con el segundo paso.

$$(a+bi) = -0,63 + 0,0008i$$



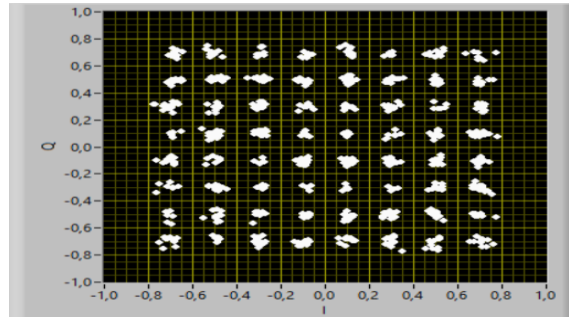


Figura 25. Canal B Segundo Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma ahora el paso 2, el que es la señal reflejada, la constelación se observa que empieza a distorsionar.

Paso 3:

Observamos el comportamiento de la señal con el tercer paso.

$$(a+bi) = 0,398 - 0,001i$$

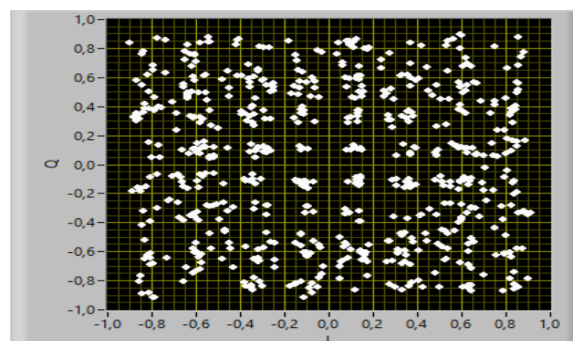
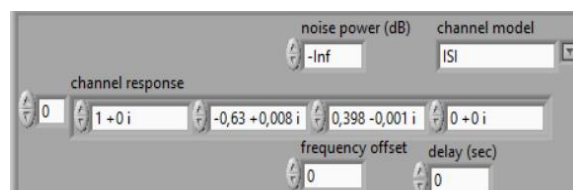


Figura 26. Canal B Tercer Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma el paso 3, el que es la siguiente señal reflejada, la constelación se observa que se aumentado la distorsión.

Paso 4:

Observamos el comportamiento de la señal con el cuarto paso.

$$(a+bi) = -0,2512 + 0,0001i$$

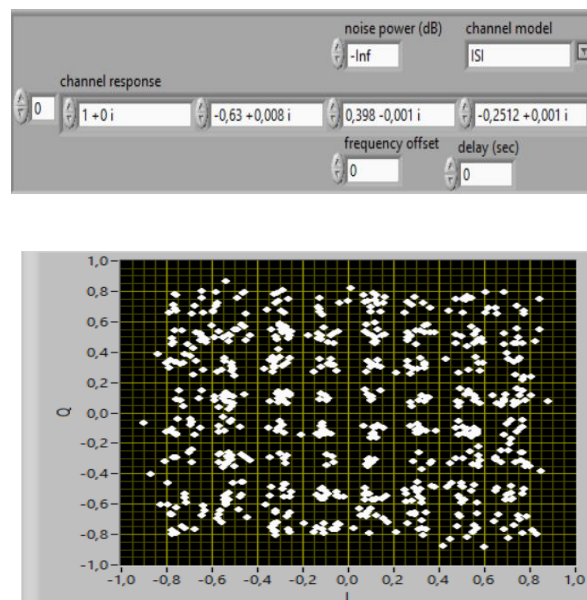


Figura 27. Canal B Cuarto Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma sólo el paso 4, el que es la siguiente señal reflejada, la constelación se observa que exista una distorsión mayor.

Paso 5:

Observamos el comportamiento de la señal con el cuarto paso.

$$(a+bi) = 0,001 + 0,00i$$

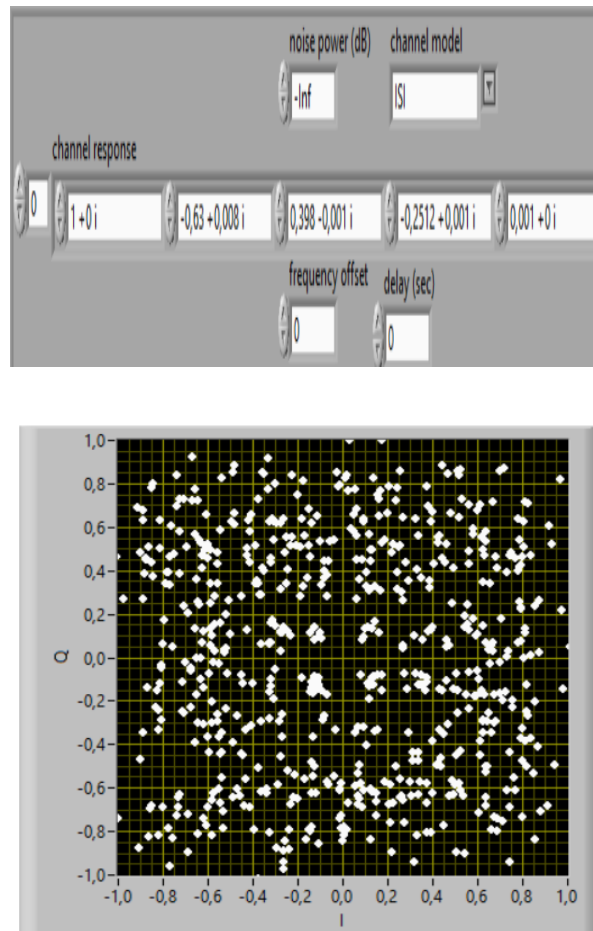


Figura 28. Canal B Quinto Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma el paso 5, el que es la siguiente señal reflejada, la constelación se observa que exista una distorsión mayor.

Paso 6:

Observamos el comportamiento de la señal con el cuarto paso.

$$(a+bi) = 0 + 0i$$

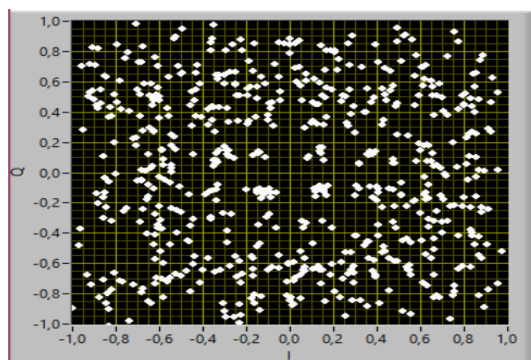
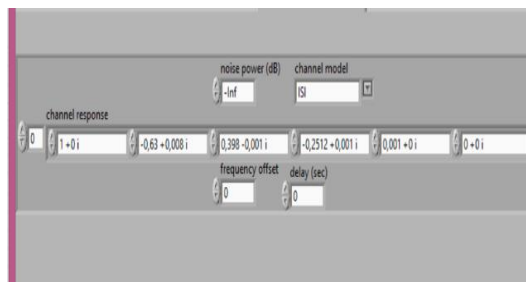


Figura 29. Canal B Sexto Paso.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

Cuando se toma el paso 6, el que es la siguiente señal reflejada, la constelación se observa que exista una distorsión total.

Al terminar de tomar los 6 pasos graficamos el Power Delay Profile que nos indica los pasos de sistema:

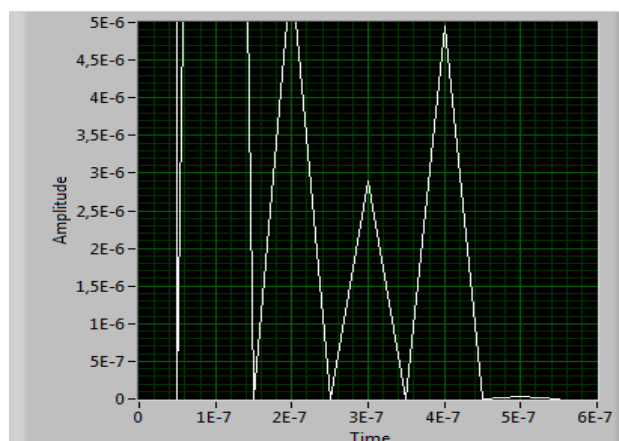


Figura 30. Canal B Power Delay Profile.

Resultado la constelación en Rx en modulación 64QAM

4.5 Resultados para la Modulación QPSK y 64 QAM

Como se puede observar la modulación QPSK tanto con datos reales y simulados tiene mayor caída que la curva de la modulación 64QAM.

$$\text{SNR} = 10 \cdot \text{LOG}_{10} (\text{Energía de la Constelación}) + (-\text{Ruido})$$

La energía de símbolo para nuestra modulación 64QAM es 42.

3.7.6 Resultados para la Modulación 64 QAM en Canal A y Canal B

Como se puede observar en el canal B tanto con datos reales y simulados tiene mayor caída que la curva de la modulación 64QAM.

Ahora haremos el análisis del orden el tipo de codificación Hamming:

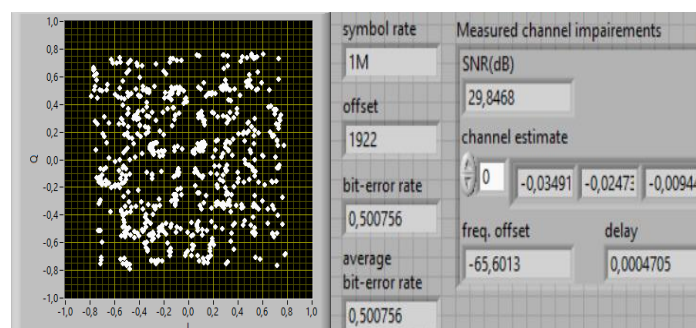


Figura 31. Hamming orden 3

Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming

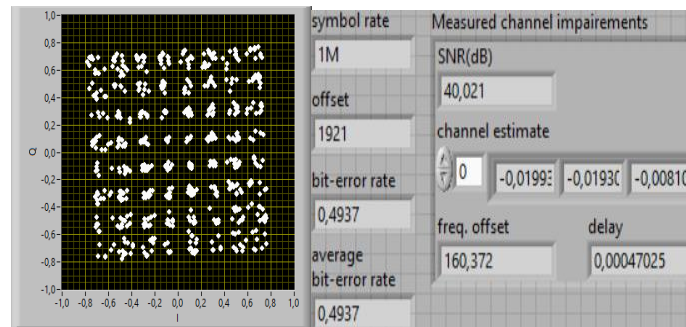


Figura 32. Hamming orden 4

Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming

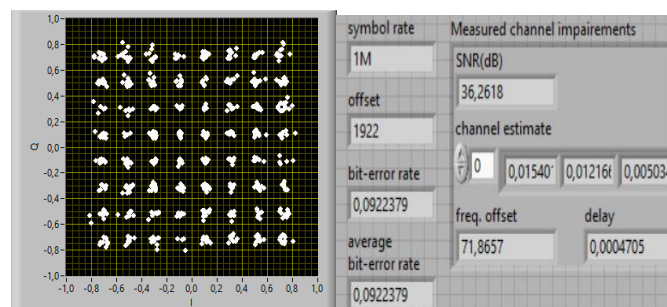


Figura 33. Hamming orden 5

Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming

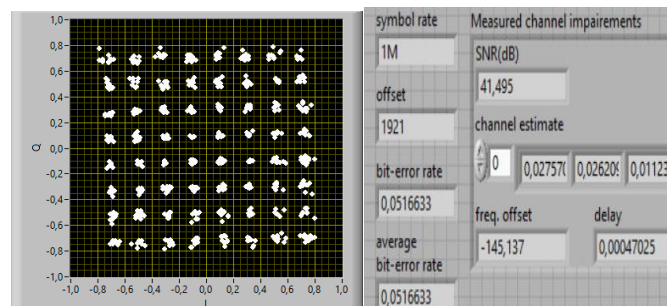


Figura 34. Hamming orden 6

Resultado la constelación en Rx Real, codificación Hamming

Como se puede observar cuando aumentamos el orden del codificador el BER disminuye a 0,0051 y la constelación mejora.

4.6 Resultados obtenidos sin Codificación y utilizando Codificación.

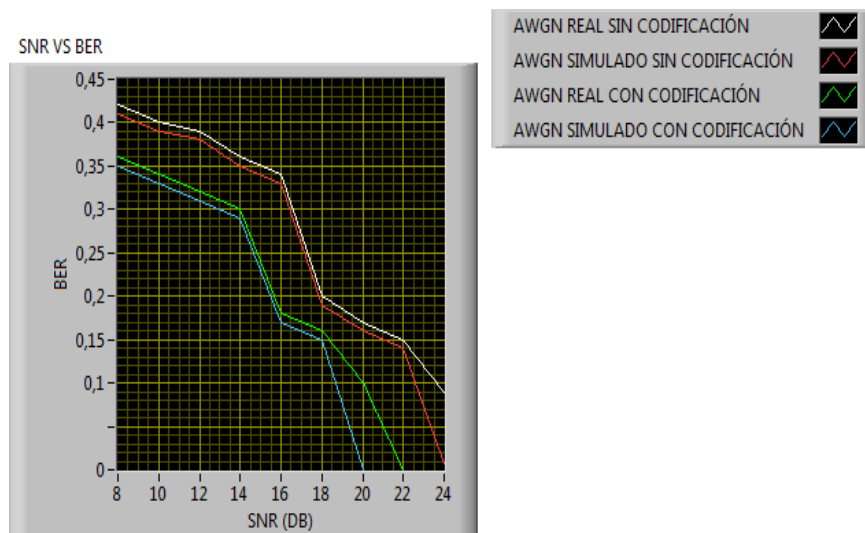


Figura 35. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO “AWGN”

Resultado la constelación en Rx.

“QPSK”

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión sin utilizar codificación tiene mayor el BER, en 12 dB empieza la caída de la curva con un BER de 0.39, se observa que todo mejora con el codificador así es el caso que en el 12 dB tenemos un BER de 0.31, de esta forma mejorando sustancialmente nuestro sistema de transmisión.

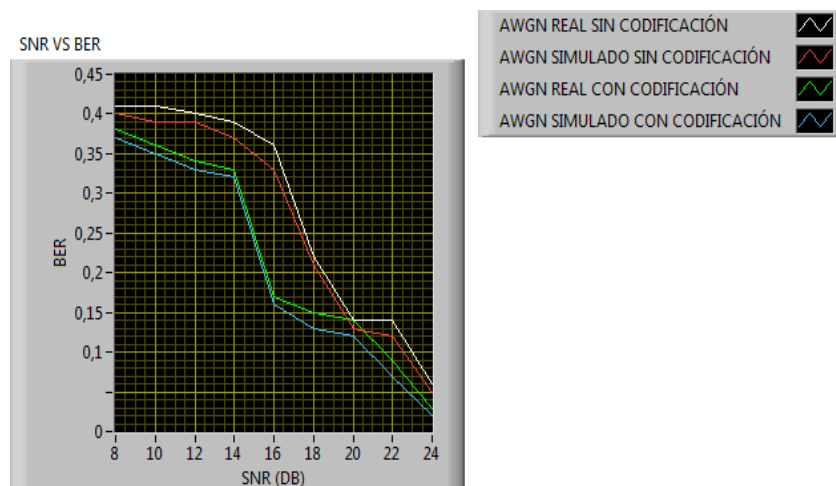


Figura 36. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO “AWGN”

Resultado la constelación en Rx.”64QAM”

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión sin utilizar codificación tiene mayor el BER, en 12 dB empieza la caída de la curva con un BER de 0.4, se observa que todo mejora con el codificador así es el caso que en el 12 dB tenemos un BER de 0.33, de esta forma mejorando sustancialmente nuestro sistema de transmisión.

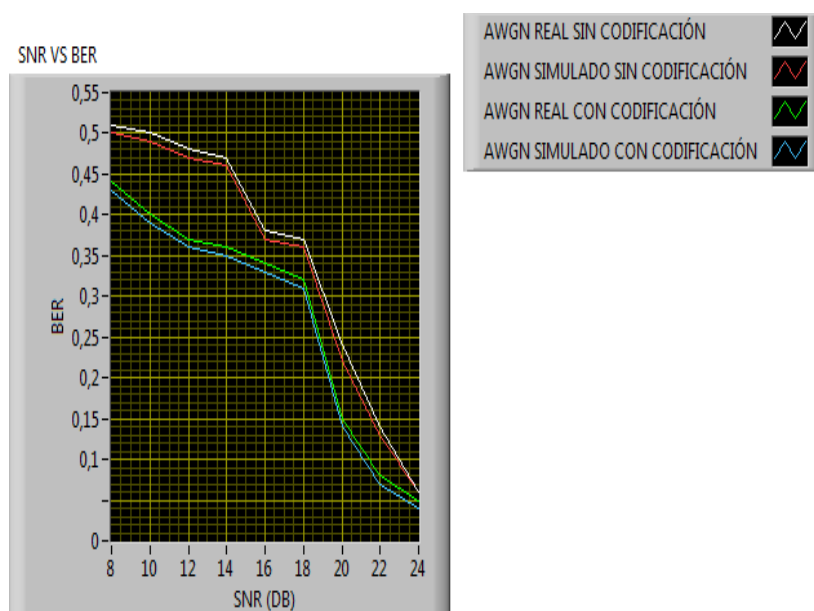


Figura 37. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO “AWGN A 1 M”

Resultado la constelación en Rx.

“QPSK”

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión sin utilizar codificación tiene mayor el BER, en 12 dB empieza la caída de la curva con un BER de 0.39, se observa que todo mejora con el codificador así es el caso que en el 12 dB tenemos un BER de 0.31, de esta forma mejorando sustancialmente nuestro sistema de transmisión.

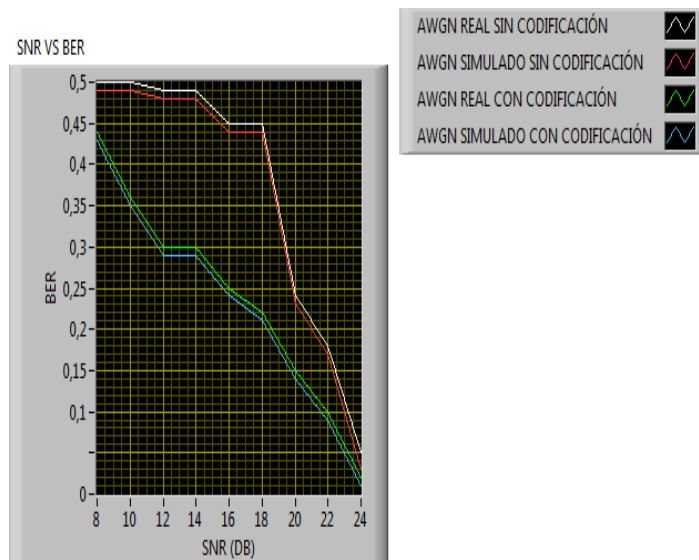


Figura 38. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO “AWGN A 1 M”

Resultado la constelación en Rx.

“64QAM”

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión sin utilizar codificación tiene mayor el BER, en 12 dB empieza la caída de la curva con un BER de 0,39, se observa que todo mejora con el codificador así es el caso que en el 12 dB tenemos un BER de 0,31, de esta forma mejorando sustancialmente nuestro sistema de transmisión.

Luego se realizará un análisis de los dos tipos de codificación el Hamming y el LDPC.

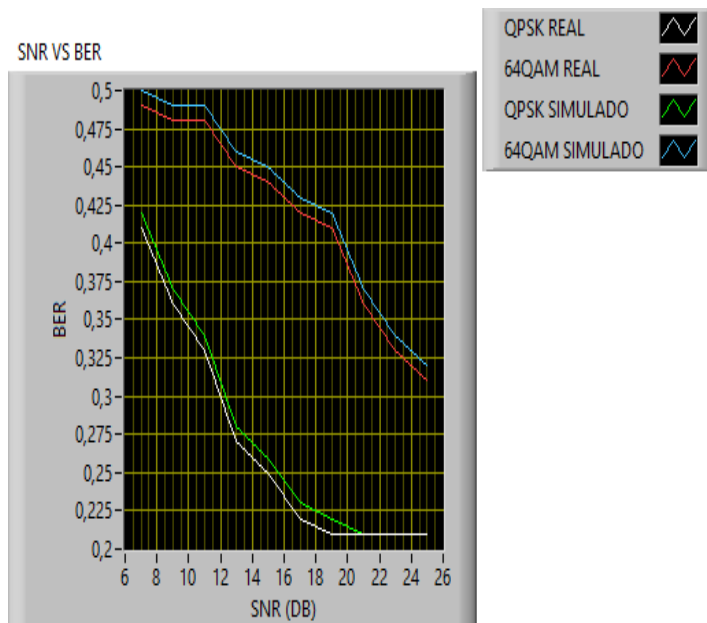


Figura 39. BER vs SNR.

Resultado la constelación en Rx Simulado-Real AWGN

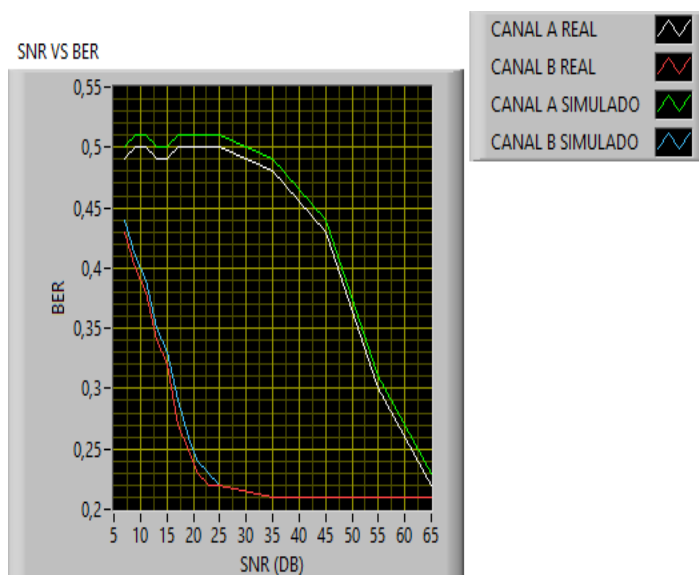


Figura 40. BER vs SNR.

Resultado la constelación en Rx Simulado-Real AWGN

a "1 METRO DE SEPARACIÓN DE ANTENAS"

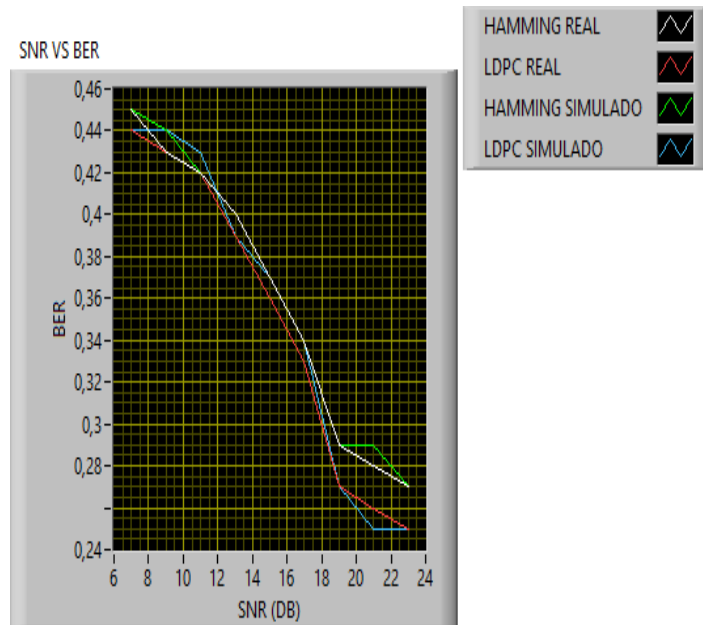


Figura 41. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO “AWGN”

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

“64 QAM”

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión la codificación de LPDC tiene con un Ber de 0,29 su correspondiente SNR de 18dB, es decir la curva cae más pronto en LDPC en comparación cuando se ocupa codificación Hamming que en el mismo punto tiene su correspondiente SNR de 19 dB, con lo que comprobamos que el BER(Bit Error Rate) es mayor en Hamming que LDPC en un mismo punto, utilizamos para esta prueba la modulación 64 QAM.

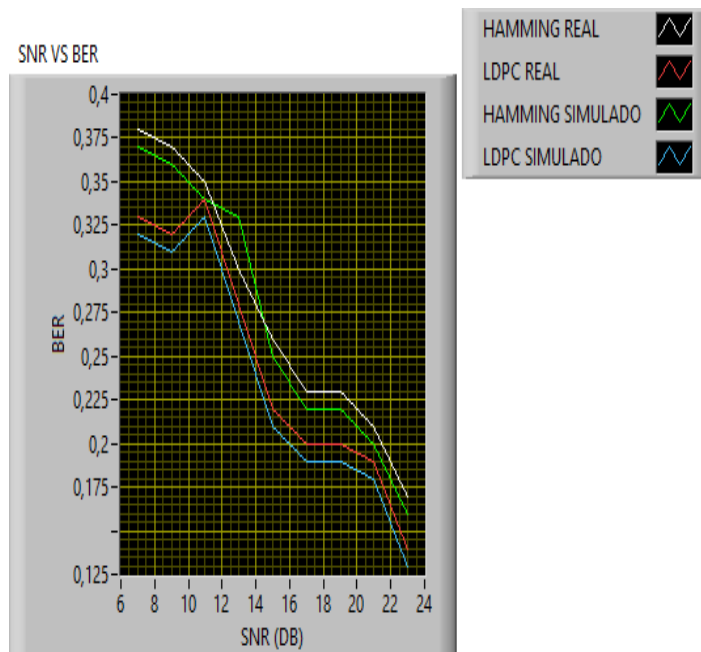


Figura 42. BER vs SNR CON RUIDO BLANCO “AWGN”

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

QPSK

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión, la codificación de LPDC tiene con un Ber de 0,225 su correspondiente SNR de 14 dB, es decir la curva cae más pronto en LDPC en comparación cuando se ocupa codificación Hamming que en el mismo punto tiene su correspondiente SNR de 16 dB, con lo que comprobamos que el BER(Bit Error Rate) es mayor en Hamming que LDPC en un mismo punto, utilizamos para esta prueba la modulación QPSK.

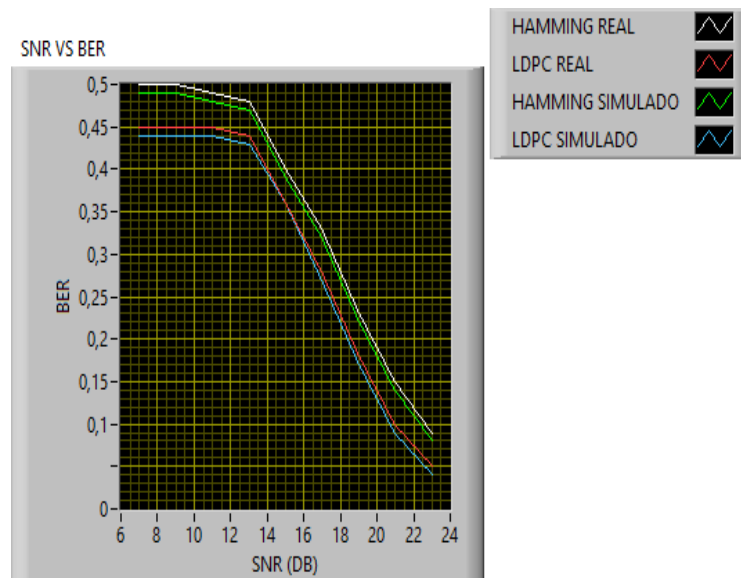


Figura 43. BER vs SNR - CANAL A - MULTIPASO

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

64 QAM

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión, la codificación de LPDC tiene con un Ber de 0,4 su correspondiente SNR de 14dB, es decir la curva cae más pronto en LDPC en comparación cuando se ocupa codificación Hamming que en el mismo punto tiene su correspondiente SNR de 15 dB, con lo que comprobamos que el BER(Bit Error Rate) es mayor en Hamming que LDPC en un mismo punto, utilizamos para esta prueba la modulación 64 QAM.

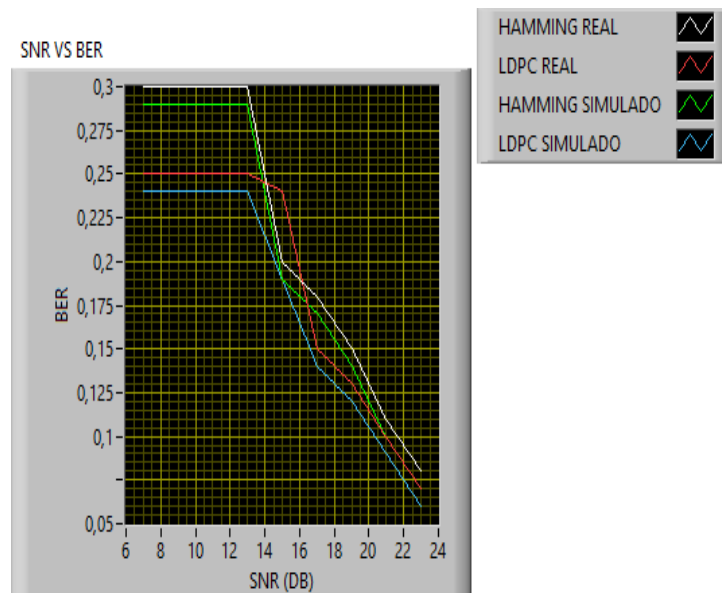


Figura 44. BER vs SNR - CANAL A - MULTIPASO

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

QPSK

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión,, la codificación de LPDC tiene con un Ber de 0,125 su correspondiente SNR de 16 dB, es decir la curva cae más pronto en LDPC en comparación cuando se ocupa codificación Hamming que en el mismo punto tiene su correspondiente SNR de 17 dB, con lo que comprobamos que el BER(Bit Error Rate) es mayor en Hamming que LDPC en un mismo punto, utilizamos para esta prueba la modulación QPSK.

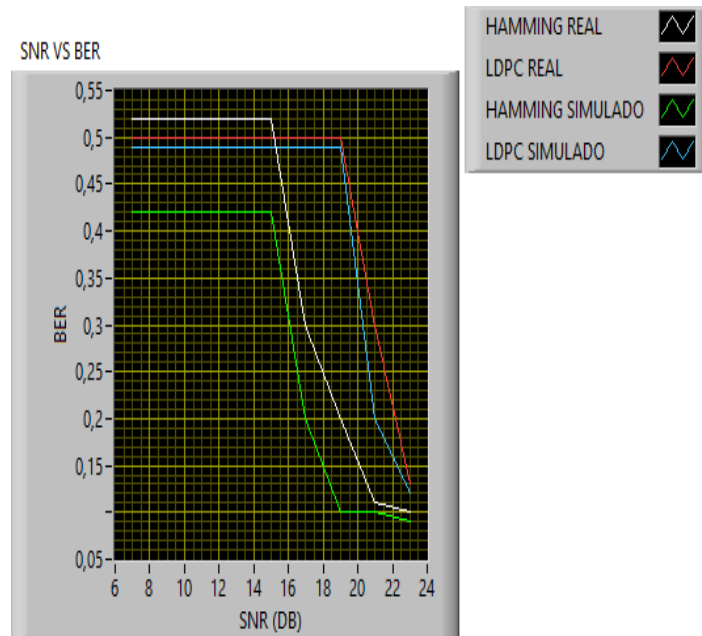


Figura 45. BER vs SNR - CANAL B - MULTIPASO

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

64 QAM

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión, la codificación de LPDC tiene con un Ber de 0,15 su correspondiente SNR de 18dB, es decir la curva cae más pronto en LDPC en comparación cuando se ocupa codificación Hamming que en el mismo punto tiene su correspondiente SNR de 22 dB, con lo que comprobamos que el BER(Bit Error Rate) es mayor en Hamming que LDPC en un mismo punto, utilizamos para esta prueba la modulación 64 QAM.

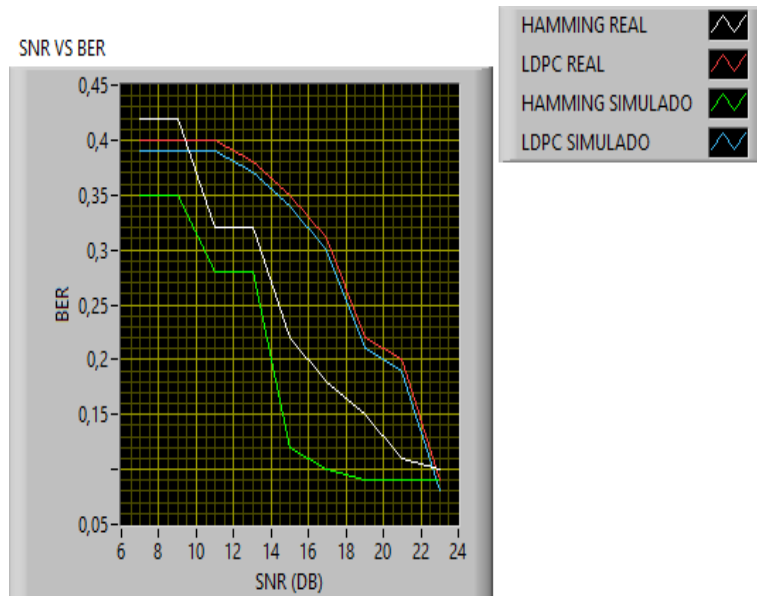


Figura 46. BER vs SNR - CANAL B - MULTIPASO

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

QPSK

Observamos en la figura anterior como en nuestro sistema de transmisión, la codificación de LDPC tiene con un Ber de 0,2 su correspondiente SNR de 16 dB, es decir la curva cae más pronto en LDPC en comparación cuando se ocupa codificación Hamming que en el mismo punto tiene su correspondiente SNR de 20 dB, con lo que comprobamos que el BER(Bit Error Rate) es mayor en Hamming que LDPC en un mismo punto, utilizamos para esta prueba la modulación QPSK.

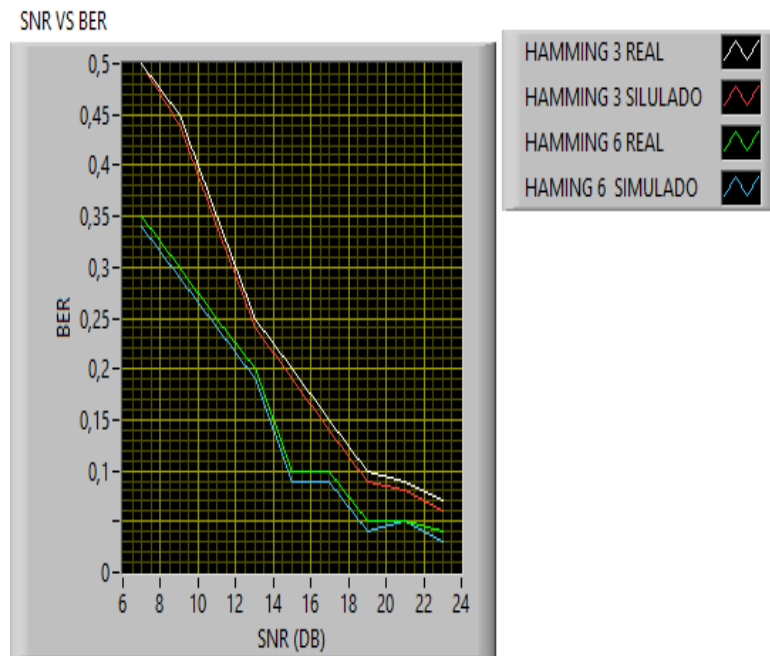


Figura 47. BER vs SNR - CANAL B - MULTIPASO

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

64 QAM

Luego de revisar todas las gráficas nos damos cuenta que siempre las gráficas con tipo de modulación QSPK tiene menor BER en comparación con lo observados con la modulación 64QAM, a su vez también podemos observar que el Canal A que se propuso para la implementación de este proyecto tiene un BER menor, en comparación con el Canal B, esto es claro de evidenciar ya que el Canal A tiene 4 pasos, y el Canal B tiene 6 pasos, como se puede observar el Power Delay Profile expuesto anteriormente.

Si observamos en las gráficas nos podemos dar cuenta que inicialmente cuando se tenía un Canal donde sólo era afectado por el ruido blanco AWGN, el ruido podía disminuir rápidamente, pero esto no sucedió cuando te colocamos los pasos del Canal Multipaso "ISI", donde se pudo evidenciar

que para que la caída de las curvas comiencen tardaron más ya que el BER se mantenía así de haya colocado los dos tipos de codificadores Hamming y LDPC.

Observamos también que existe un comportamiento diferente en la curvas cuando se aplica el canal multipaso, esto se debe a que el canal no se regular, es decir a raíz que se van colocando los pasos no se puede esperar que el comportamiento de las curvas sea regular, ya que estos pasos tienen amplitudes diferentes y retardos que hacen que la señal tenga ciertas fluctuaciones al ser afectadas por medio de propagación.

4.7 Resultados para la Modulación 64 QAM Texto afectados por Ruido

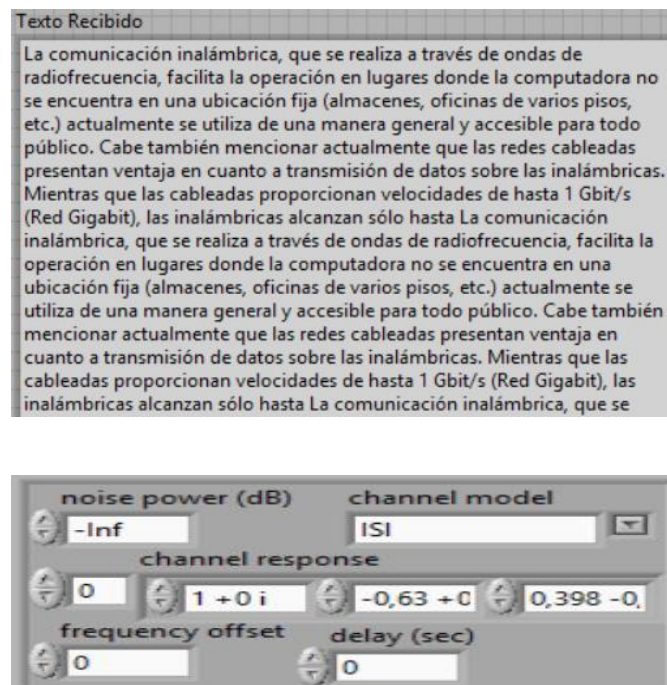


Figura 44. Texto sin Ruido por el Canal ISI.

Resultado la constelación en Rx Texto

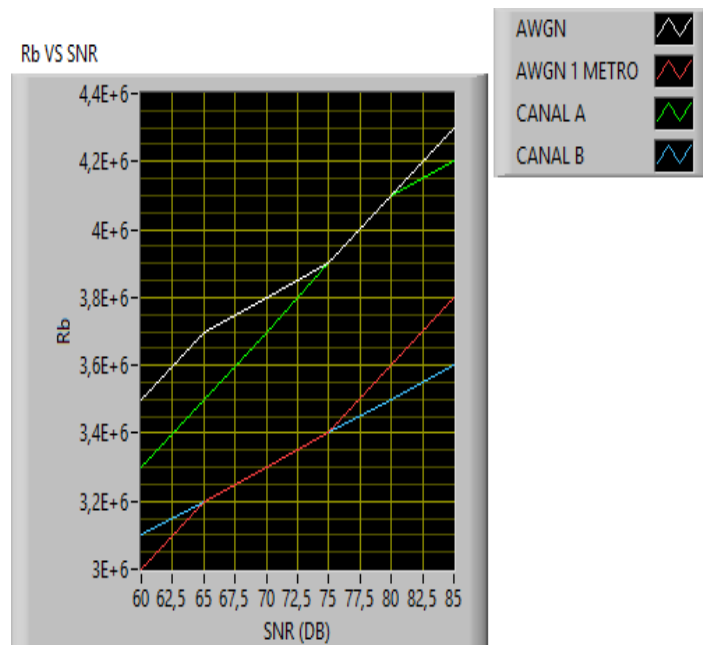


Figura 49. Rb vs SNR

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

“64QAM

Con este análisis se pudo observar la tasa máxima que soporta nuestro sistema con presencia de ruido es de 4,3M esto cuando modulamos en 64QAM.

Debido al efecto multipaso se observa que disminuye la Tasa bit Rb, esto es consecuencia de la degradación de la señal.

Observamos también que al separar las antenas a 1metro de distancia disminuye el Rb, ya que existe esta distancia que empeora la señal en receptor.

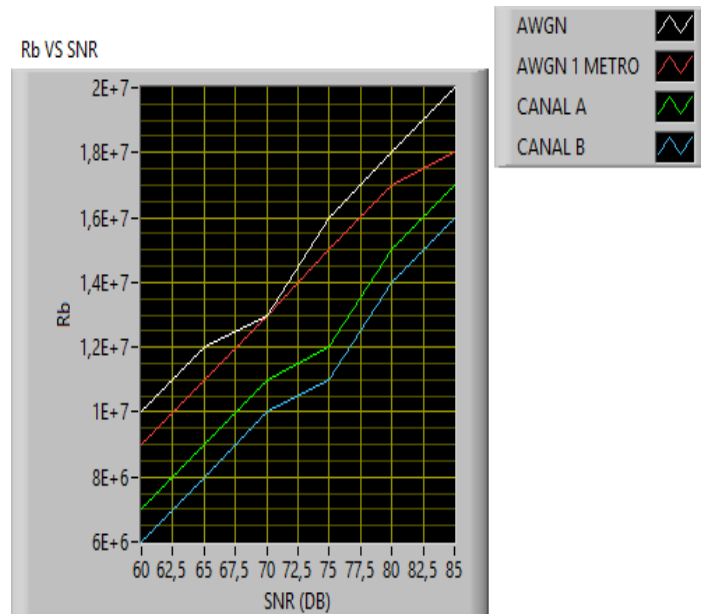


Figura 50. Rb vs SNR

Resultado la constelación en Rx, codificación Hamming LDPC.

“QPSK”

Podemos observar en las curvas cuando se modula con QPSK aumenta la tasa de bit, importante recalcar que para los pasos obtenidos debemos configurar el Sample Rate en 2My el Oversample factor en 20M, para poder realizar este análisis.

V. CONCLUSIONES

Si aumentamos el número de puntos en la constelación es decir cambiamos la modulación en nuestro caso de QPSK a 64QAM mejora la eficiencia espectral pero esto dificulta que el receptor reproduzca la misma señal transmitida.

La codificación LDPC tiene mejor rendimiento que la codificación de Hamming, haciendo que el BER este cercano a 0, mejorando de igual forma a la constelación, esto se da porque la codificación de hamming compara con un bit de paridad y LDPC lo hace con una matriz, minimizando el error.

Para obtener la máxima tasa de bit R_b que nos garantice que no exista distorsión de la señal, y se cumpla con el requerimiento de un BER menor o igual a 0,3, no se puede tener un valor de SNR a 21,23, esto en modulación 64QAM.

Es necesario la codificación en un sistema de transmisión ya que si no se coloca la constelación pierde símbolos y en el receptor no se puede reconstruir la señal que se transmite.

Al aumentar el orden de codificador disminuye el BER y mejora sustancialmente la constelación en el Receptor.

LDPC reduce el número de ciclos de una forma considerable, esta reducción es mayor cuando hay pérdidas elevadas.

A raíz que se van colocando los pasos del canal al sistema de transmisión la señal se distorsiona y hace que aumente del VER (Bit Error Rate).

Cuando se modula con QPSK se obtiene mayor tasa de bit en comparación con 64QAM.

La distancia entre bits no solo es importante, sino que tipo de codificación ocupemos, los valores obtenidos no permite concluir que también para tener un mejor rendimiento en la codificación se debe considerar la velocidad de procesamiento que tenga el codificador, así es LDPC mejor codificador que Hamming por su alta velocidad de procesamiento.

VI. REFERENCIAS

- [1]. Technical Specification Group Services. 3ra Generation Project
- [2] Thomas Norén, LTE Overview Webinar, Ericsson AB, 2009.
- [3] Sistemas de control digital de Charles Philips y Troy Nagle.
- [4] J. Campany, Fundamentos de Comunicaciones Ópticas, Síntesis, 1999
- [5] K. Ogata, Discrete-Time Control Systems, Prentice-Hall, 1995
- [6] "LDPC Codes: An Introduction". Amin Shokrollahi.
- [7] Evaluación del Algoritmo de Encriptación AES, Loyala Eduardo.

- [8] P. Moose, "A technique for orthogonal frequency division multiplexing, frequency offset correction," *IEEE Transaction on Communications*, vol 42, pp 2908-2914, 1994.
- [9] Diseño, Simulación, e Implementación de la Sincronización en Sistemas OFDM, Eduardo Chanzcay, Carlos Chonillo.
- [10] Robert W. Heath Jr. "Physical Layer Exploration Lab using the NI-USRP platform "Digital Wireless Communications 2012"
- [11] V Roca, C. Neumann, and D. Furodet, LDPC, Staircase and FEC. Schemes. IETF rfc 51-70, June 2008.
- [12] R Lehtonen - V Roca and Wash, FLUTE -File "Delivery Over Unidirectional Transport". Ietf RFC 39-26, October-2004
- [13] G. Faria, J. Henriksson, E. Stare and P. Talmola, DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices. *Proc. Of the IEEE*, vol 94, no. 1, pp.194-209, January 2006.
- [14] Mobile Broadcast/Multicast Service(MBMS). White Paper, August 2004.
- [15] Integrated Mobile Broadcast (IMB): The Power o Predictive Broadcasting for 3G Multimedia Applications. White Paper, September 2009.
- [16] Yi Hua Chen and Jheng Shyuan He, FPGA Implementation of LDPC Encoder with Aproximate Lower Triangular Matrix.
- [17] Marjan Karkooti, Rince Univesity, "Semi-Parallel Achitectures For Real Time LDPC Coding".
- [18] Stephen Horan, PCM Telemetric System, Second Edition.

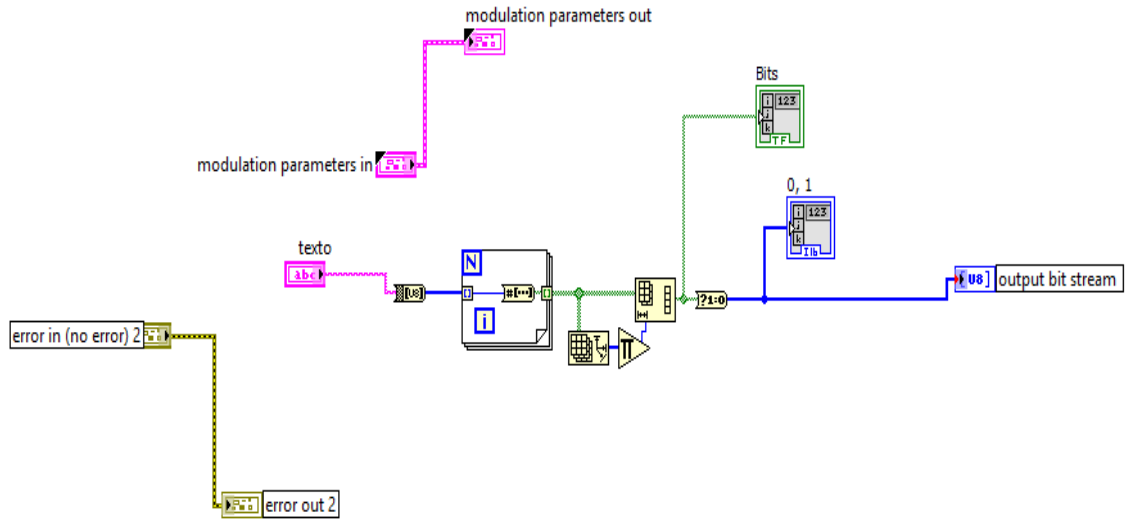
[19] Benjamin Muller, Martin Holters, Udo Zozer, “Low Complexity Soft-Input Soft Output Hamming Decoder.

[20] Paola Andrea Otero, Fredy Mauricio Guerrero Córdoba; “Análisis de Señales con Ruido AWGN y Filtrado”.

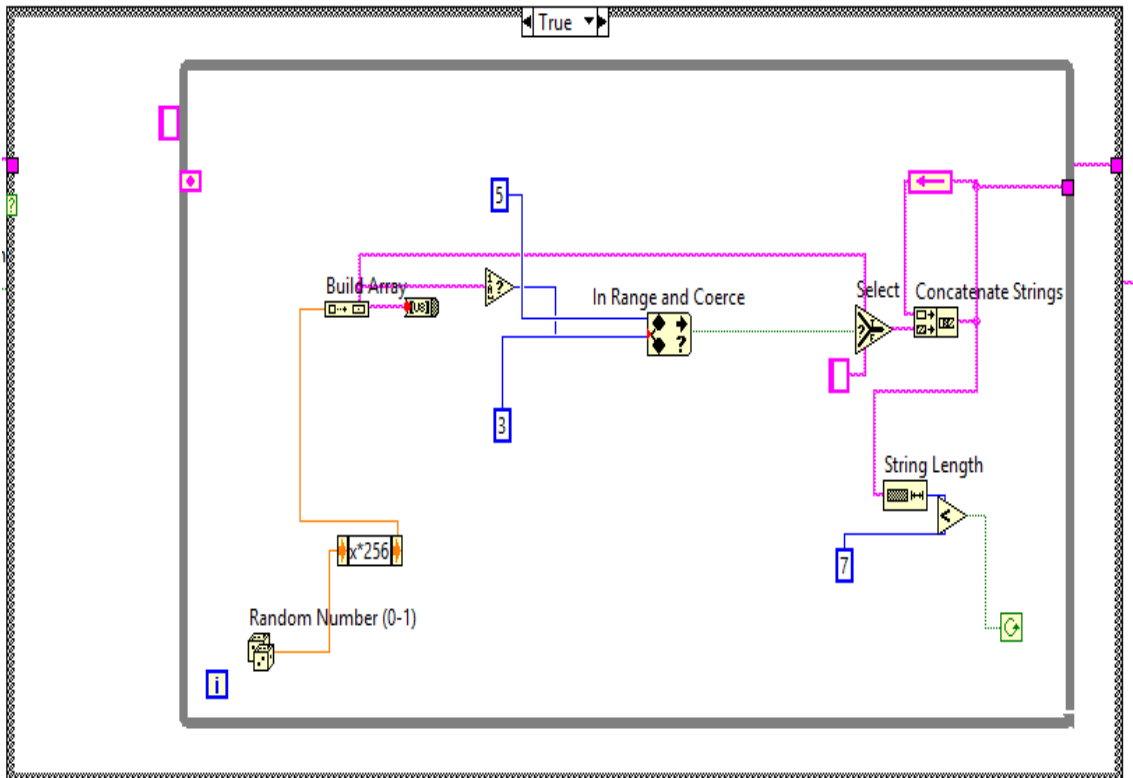
[21] Cisneros A., Supulveda Daniel; “Código Hamming para detectar y Corregir Errores.

VII ANEXOS

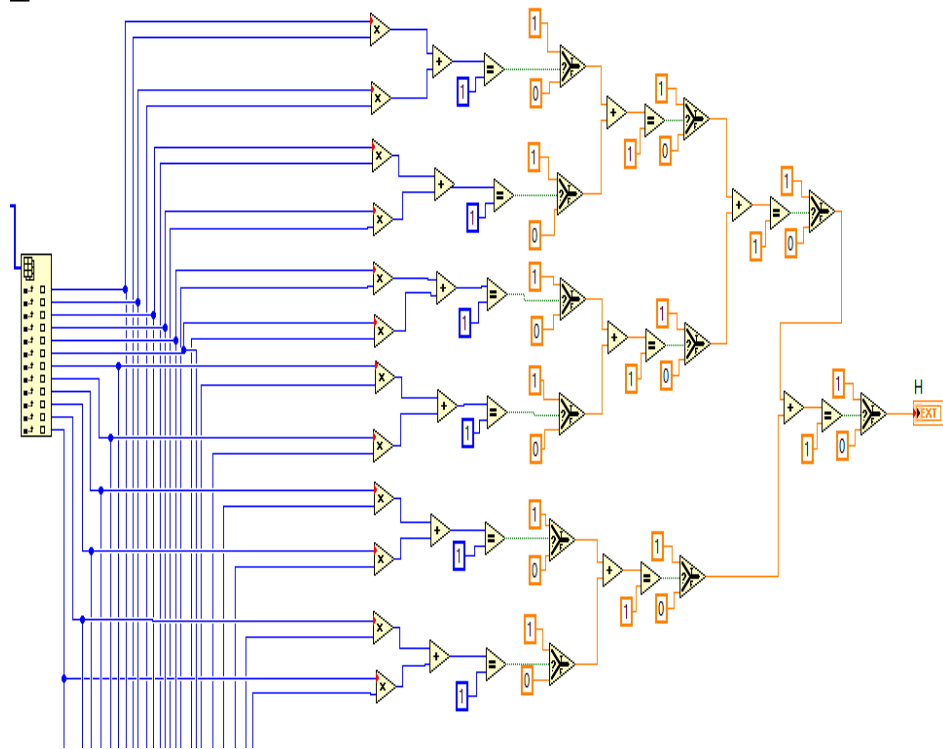
a) Source:



b) Encriptador:



c) Codificador LDPC:



d) Codificador Hamming

