



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE  
SINCRONIZACIÓN DE TRAMA EN UN SISTEMA DE  
COMUNICACIÓN INALÁMBRICO DE TRANSMISIÓN DE VIDEO  
DE UNA SOLA PORTADORA”**

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

Previa a la obtención del Título de:

**MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**Ing. Luis Balladares Holguin**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**AÑO 2016**

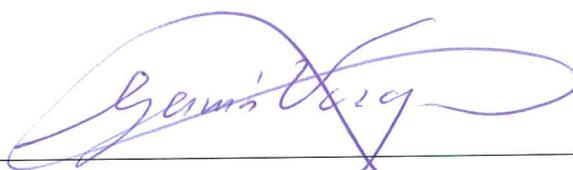
## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios en primer lugar, a mis padres por la oportunidad de estudiar y poder alcanzar esta meta, a mi esposa y mis hijos por el amor y la paciencia en esta etapa de estudios, de manera especial y sincera al coordinador de la maestría, Ph.D. Boris Ramos y a la Ing. Maricela Freire, por su apoyo y soporte en todo el desarrollo de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro alcanzado de forma especial a Dios, a mis padres, mis hermanas, mi esposa e hijos, por siempre estar conmigo y ser los pilares fundamentales de mi vida.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



---

Ph.D. German Vargas

**EVALUADOR**



---

M.Sc. Vladimir Sánchez.

**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.



---

Luis Balladares Holguin

C.I.: 0917631285

## RESUMEN

Este proyecto consiste en diseñar, implementar y analizar el comportamiento de una transmisión de video bajo un medio inalámbrico con diferentes secuenciadores de trama utilizando canales indoors y outdoors, modulaciones y secuencias de entrenamiento, este proyecto fue desarrollado bajo ambiente Labview y con equipos de comunicación NI USRP-2920.

Se utilizó la herramienta "Vision" de Labview para la captura y transmisión de video, con todas las etapas de comunicación implementadas, se obtuvieron datos para el análisis de las tasa de error de bits (BER) versus la relación señal a ruido (SNR) y poder concluir en los diferentes escenarios cual es la mejor opción de algoritmo de sincronización de trama para una transmisión inalámbrica.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA.....	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
CONTENIDO .....	vi
ABREVIATURAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. MARCO TEORICO .....	14
1.1 SINCRONIZACIÓN DE TRAMA .....	14
1.1.1 ALGORITMO SLIDING CORRELATOR .....	15
1.1.2 ALGORITMO MOOSE REFERENCIADO .....	16
1.2 MODULACIÓN.....	17
1.2.1 MODULACIÓN QPSK .....	17
1.2.2 MODULACIÓN 8PSK.....	18
1.3 SECUENCIAS DE ENTRENAMIENTO.....	20
1.3.1 CODIGO BARKER .....	20
1.3.1 CODIGO GOLD .....	21
1.4 CANALES DE COMUNICACIÓN.....	22
1.5 VIDEO.....	27
2. ANÁLISIS Y RESULTADOS .....	28
2.1 RESPUESTA DE LOS SINCRONIZADORES DE TRAMA ANTE LA VARIACION DE CANALES MULTITRAYECTORIAS .....	28
2.2 RESPUESTA DE LOS SINCRONIZADORES DE TRAMA ANTE LA VARIACION DE MODULACIONES.....	31

2.3 RESPUESTA DE LOS SINCRONIZADORES DE TRAMA ANTE LA VARIACION DE SECUENCIAS DE ENTRENAMIENTO .....	34
3. CONCLUSIONES .....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXOS .....	42

## ABREVIATURAS

<b>BER</b>	Bit Error Rate
<b>3A</b>	Indoor A
<b>3B</b>	Indoor B
<b>ISI</b>	Interferencia Intersimbólica
<b>4A</b>	Outdoor A
<b>4B</b>	Outdoor B
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase-Shift Keying
<b>8PSK</b>	Quadrature Phase-Shift Keying Tribits
<b>SNR</b>	Signal to Noise Ratio
<b>USRP</b>	Universal Software Radio Peripheral

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 Etapa del receptor donde se considera la sincronización de trama.	14
Fig. 2 Diagrama de constelación QPSK.	17
Fig. 3 Constelación QPSK en Labview.	18
Fig. 4 Diagrama de constelación 8PSK, codificación Gray.	19
Fig. 5 Constelación 8PSK en Labview.	19
Fig. 6 Generador de secuencias Gold.	22
Fig. 7 Perfil de Potencia Indoor para Residencias Tabla 3A.	25
Fig. 8 Perfil de Potencia Indoor para Residencias Tabla 3B.	25
Fig. 9 Perfil de Potencia Outdoor para Áreas Rurales Tabla 4A.	26
Fig. 10 Perfil de Potencia Outdoor para Áreas Rurales Tabla 4B.	26
Fig. 11 Sincronizador Sliding Correlator con secuencia Barker 13, modulación 8PSK pruebas en real y simulado.	29
Fig. 12 Sincronizador Moose Referenciado con secuencia Barker 13, modulación 8PSK pruebas en real y simulado.	30
Fig. 13 Sincronizadores Sliding Correlator y Moose Referenciado con secuencia Barker 13, modulación QPSK y pruebas en real.	30
Fig. 14 Sincronizadores Sliding Correlator y Moose Referenciado con secuencia Barker 13, modulaciones 8PSK y pruebas en real.	31
Fig. 15 Sincronizador Sliding Correlator con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en real.	32
Fig. 16 Sincronizador Sliding Correlator con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en simulador.	32
Fig. 17 Sincronizador Moose Referenciado con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en real.	33
Fig. 18 Sincronizador Moose Referenciado con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en simulador.	33
Fig. 19 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Barker 11 y Gold 15, pruebas en real.	35
Fig. 20 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Barker 13 y Gold 31, pruebas en real.	35

- Fig. 21 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Barker 11 y 13, pruebas en real. ... 36
- Fig. 22 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Gold 15 y 31, pruebas en real. .... 37

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Secuencias Barker .....	21
Tabla 2 Canales Multipasos para Indoor y Outdoor .....	24

## INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones nacieron como una necesidad del hombre de estar siempre en constante comunicación, he ahí que ha evolucionado en estos últimos años de una manera exponencial, ofreciéndonos muchas alternativas entre ellas dentro de las comunicaciones inalámbricas, en este campo de las telecomunicaciones es importante que estas alternativas se ofrezcan con la mejor calidad en transmisión, dado que existen muchos factores que degradan una señal.

Uno de los problemas que se presentan es el aumento de zonas de alta reflexiones, generando lo que se conoce como multitrayectorias, en este proyecto se analiza poder encontrar el inicio de trama y la sincronización de las portadoras del transmisor y el receptor, a partir de algoritmos de sincronización y así posteriormente realizar estimaciones de canales y ecualizaciones.

Se han realizado investigaciones en las que se incluyen la sincronización de tramas para diferentes escenarios de canales y modulaciones con la ayuda de los equipos USRP obteniendo respuestas aceptables con alta tasa de ruido [9] [10], en los siguientes capítulos se detallaran lo algoritmos

considerados, las modulaciones aplicadas y los escenarios utilizados para esta investigación, al final se mostraran los análisis, resultados y conclusiones de la implementación realizada.

## 1. MARCO TEORICO

En este capítulo se hace una breve introducción de un sistema de comunicación inalámbrica, los elementos que se analizarán en este sistema como son los algoritmos de sincronización de trama, secuencias de entrenamiento, métodos de modulación, técnicas de compresión y codificación utilizada para la transmisión de video y los canales que se usarán para emular los medios por donde se transmite la información.

### 1.1 SINCRONIZACIÓN DE TRAMA

El primer objetivo de una comunicación es poder establecer la sincronización entre un transmisor y un receptor, para poder conseguir esta sincronización será necesario eliminar los múltiples retardos en los periodos de símbolos que se generan debido a las multitrayectorias del canal, se determinará el inicio de la trama con la ayuda de una palabra clave que es realmente una secuencia de entrenamiento [1].

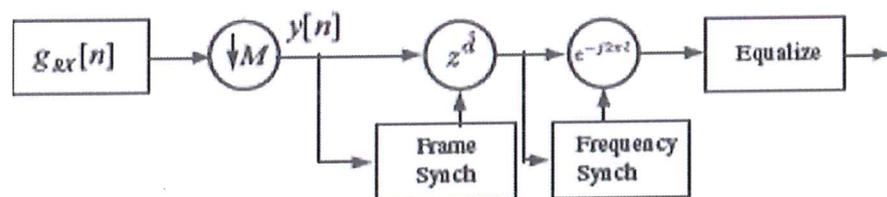


Fig. 1 Etapa del receptor donde se considera la sincronización de trama.

En la Fig.1 podemos observar que la etapa de sincronización en el receptor se encuentra después del downsampling, donde se reduce la frecuencia de muestreo de una señal con el fin de disminuir la cantidad de datos adquiridos [2], y antes de la ecualización, donde se elimine la interferencia intersimbólica o se la reduzca considerablemente [2]. La señal que tenemos antes de ingresar al sincronizador es

$$y(n) = hs[n - d] + v[n] \quad (1)$$

donde  $d$  es el desplazamiento de trama desconocido que se debe corregir y  $h$  se define como un coeficiente complejo del canal.

### 1.1.1 ALGORITMO SLIDING CORRELATOR

Para el primer algoritmo (Sliding Correlator) se asumirá que los datos transmitidos en una trama consisten en una secuencia de entrenamiento que es conocida por el receptor y tiene longitud  $N_t$  y tiene  $P - N_t$  símbolos, siendo  $P$  la longitud de la trama, tomando en cuenta que la secuencia de entrenamiento tiene buenas propiedades de correlación, se realizará la correlación entre la señal recibida y la secuencia de entrenamiento y así calcular

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

donde el desplazamiento de trama se expresa como

$$\hat{d} = \max_n R[n] \quad (3)$$

de acuerdo a lo revisado el pico de correlación debería ocurrir en la secuencia de entrenamiento, siempre que los datos sean distintos a la secuencia de entrenamiento [2].

### 1.1.2 ALGORITMO MOOSE REFERENCIADO

Otro algoritmo que es muy usado y consiste en una especial secuencia de entrenamiento periódica [1] es el algoritmo de Moose, este algoritmo es considerado robusto contra interferencias entre símbolos, consiste en validar la ocurrencia del pico de correlación más alto cuando las dos secuencias de entrenamiento se encuentran, determinando así el inicio de la trama en el receptor, lo evaluamos de la siguiente manera

$$\hat{d} = \arg \max \frac{\sum_{n=L}^{N_t-1} y[n+d+N_t]y^*[n+d]}{\sqrt{\sum_{n=L}^{N_t-1} |y[n+d]|^2} \sqrt{\sum_{n=L}^{N_t-1} |y[n+d+N_t]|^2}} \quad (4)$$

## 1.2 MODULACIÓN

Para estas pruebas se consideró la modulación por desplazamiento de fase (PSK), la cual tiene como característica que cada símbolo de información de la señal modulada es representado por la fase de señal portadora [3] y la amplitud de la señal es siempre constante.

### 1.2.1 MODULACIÓN QPSK

QPSK es un tipo de modulación PSK, la cual consiste en el desplazamiento de fase de 4 símbolos los cuales se encuentran separados  $90^\circ$  uno del otro como se observa en la fig. 2 y la fig. 3 en un ambiente en Labview.

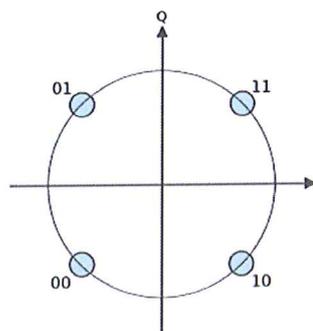


Fig. 2 Diagrama de constelación QPSK.

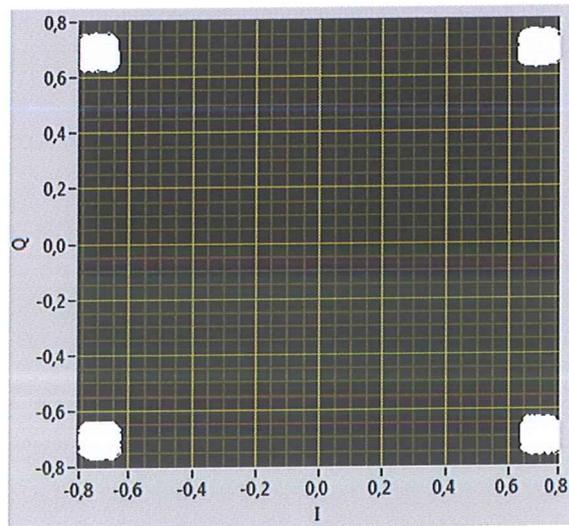


Fig. 3 Constelación QPSK en Labview.

### 1.2.2 MODULACIÓN 8PSK

También se considera la modulación 8PSK para efectos de prueba, esta modulación consiste en desplazamiento de fase de 8 símbolos equidistantes en  $45^\circ$  como se observa en la fig. 4 y la Fig. 5 en un ambiente de Labview.

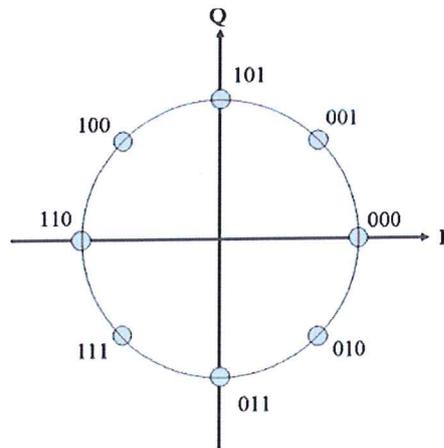


Fig. 4 Diagrama de constelación 8PSK, codificación Gray.

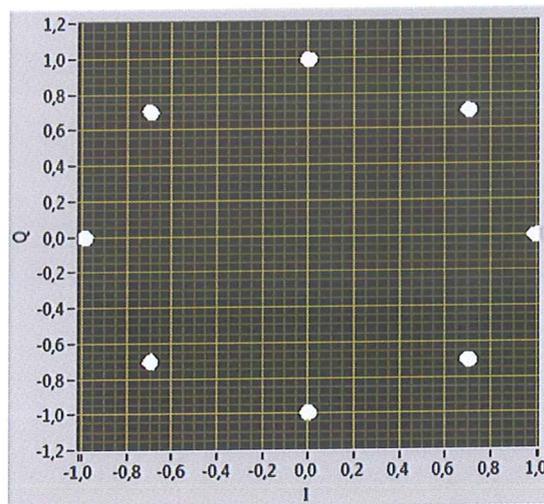


Fig. 5 Constelación 8PSK en Labview.

En la modulación 8PSK la separación angular es la mitad de lo que era en QPSK, llegando a tener un cambio de fase de  $22.5^\circ$  durante la transmisión y aun así no perder la integridad de lo enviado. En la fig. 4 se observa la codificación Gray usada para esta modulación, ya que el error

más probable de un símbolo a otro produciría un único bit de error. En QPSK y 8PSK se mantiene la potencia de los símbolos en cada tipo de modulación, si bien es cierto que a mayor número de fases se puede enviar mayor cantidad de información también es cierto que es más vulnerable a interferencias y ruidos [3].

### 1.3 SECUENCIAS DE ENTRENAMIENTO

Las secuencias de entrenamiento por lo general son usadas como referencias, en este caso se usaran para la sincronización de trama, lo importante en una secuencia de entrenamiento es que cuenten con una fuerte propiedad de autocorrelación [1].

#### 1.3.1 CODIGO BARKER

Uno de los códigos que usaremos para la secuencia de entrenamiento será el código de Barker, el cual tiene buena autocorrelación aperiódica y de rango. Los códigos de Barker cumplen con lo siguiente [2]:

$$\left| \sum_{i=1}^{N_t-k} a_i a_{i+k} \right| \leq 1 \quad (5)$$

donde  $N_t$  se considera la longitud de la secuencia,  $k$  es un valor que se encuentra dentro del rango de  $1 \leq k \leq N_t$  y  $a_i$  representa los valores de la secuencia. Para efectos de prueba se consideró secuencias Barker de

longitud 11 y 13, en la tabla 1 se observan los códigos de la secuencia Barker.

Tabla 1 Secuencias Barker

Longitud de código	Secuencia Barker
2	$[-+, --]$
3	$[- - +]$
4	$[- + ---, - + +++]$
5	$[- - - + -]$
7	$[- - - + + - +]$
11	$[- - - + + + - + + - +]$
13	$[- - - - - + + - - + - + -]$

### 1.3.1 CODIGO GOLD

La segunda secuencia que se usara para las pruebas de sincronización de trama, serán las secuencias Gold. Las secuencias de Gold son generadas mediante la suma módulo-2 de dos MSecuencias de igual longitud [4]. En la fig. 6 se observa el generador de secuencias Gold, una característica de estas secuencias es que tienen alto número de códigos que cumplen con la propiedad de correlación cruzada, pero lo contrario con la propiedad de autocorrelación.

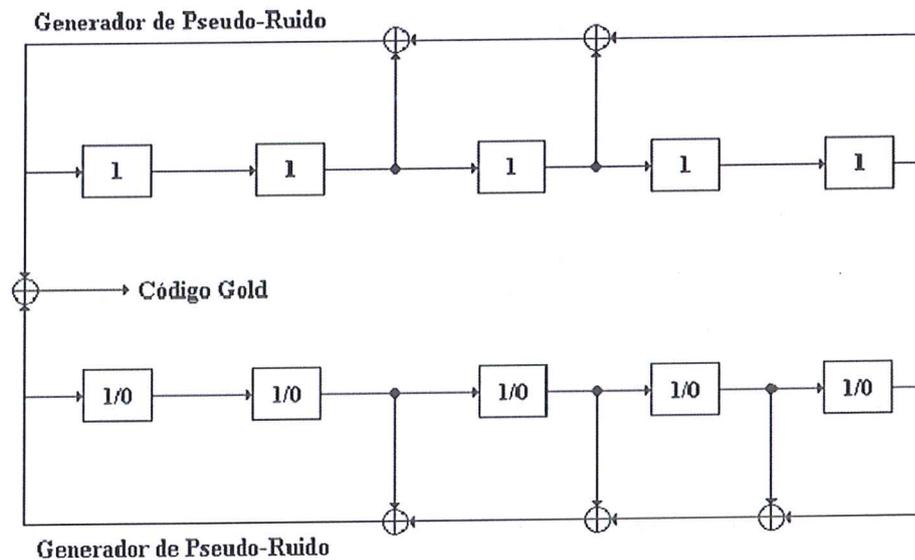


Fig. 6 Generador de secuencias Gold.

Para estas pruebas se consideraron las secuencias Gold 15 y 31. Como dato adicional se concatenaron las secuencias 4 veces para obtener secuencias de mayor longitud.

#### 1.4 CANALES DE COMUNICACIÓN

Cuando se transmite una señal a través de un canal de comunicación, esta se vuelve susceptible a retardos, atenuaciones e interferencias, lo que causará distorsión en la señal introduciendo errores en sus tramas [11], por lo que es necesario modelar el canal de comunicación. Para estas pruebas se hará uso de Canales Multipasos, estos modelos son comúnmente usados en telefonía móvil, en la cual debido a la multitrayectoria de la señal transmitida permite que se puedan realizar

enlaces entre un emisor y un receptor aunque estos no tengan línea de vista, esto ocurre cuando se utiliza un teléfono celular en el interior de un edificio por ejemplo [5].

En la tabla 2 se observan los canales Multipasos que han sido considerados para estas pruebas, estos parámetros son el resultado de la afectación de la señal debido a la distorsión, dispersión y reflexión haciendo que la señal llegue por más de dos caminos o trayectorias hacia el receptor.

Tabla 2 Canales Multipasos para Indoor y Outdoor

<b>Indoor Residenciales</b>				
N	Canal A		Canal B	
	Retardo (nSec)	Prom. Potencia (dB)	Retardo (nSec)	Prom. Potencia (dB)
1	0	0,0	0	0,0
2	100	-13,8	100	-6,0
3			200	-11,9
4			300	-17,9
5				
6				
<b>Outdoor Áreas Rurales</b>				
N	Canal A		Canal B	
	Retardo (uSec)	Prom. Potencia (dB)	Retardo (uSec)	Prom. Potencia (dB)
1	0	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

Para poder simular en estos tipos de canales la señal resultante, se utilizan varias trayectorias las cuales se representan mediante un perfil de retardo de potencia (Power Delay Profile), esto permite conocer la respuesta impulso de un canal y así predecir en los sistemas de comunicaciones el comportamiento que se produce. Una gráfica de los perfiles de potencia para cada uno de los canales se observan en las figuras 7, 8, 9 y 10.

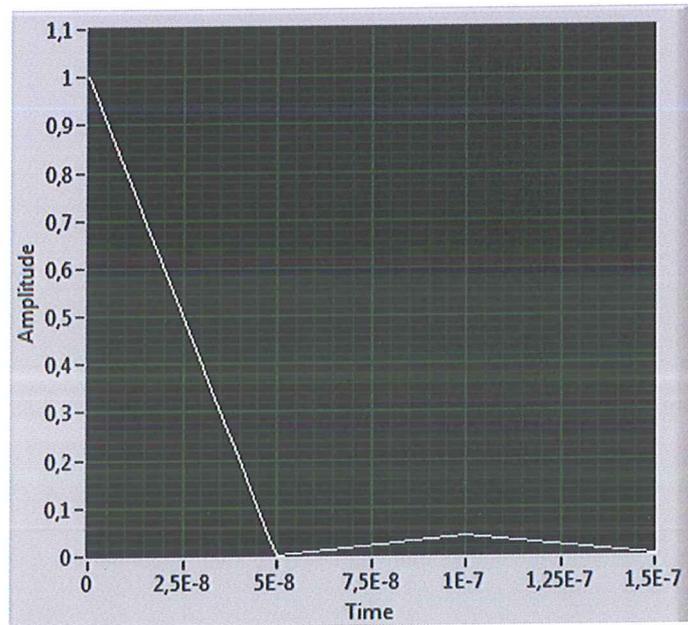


Fig. 7 Perfil de Potencia Indoor para Residencias Tabla 3A.

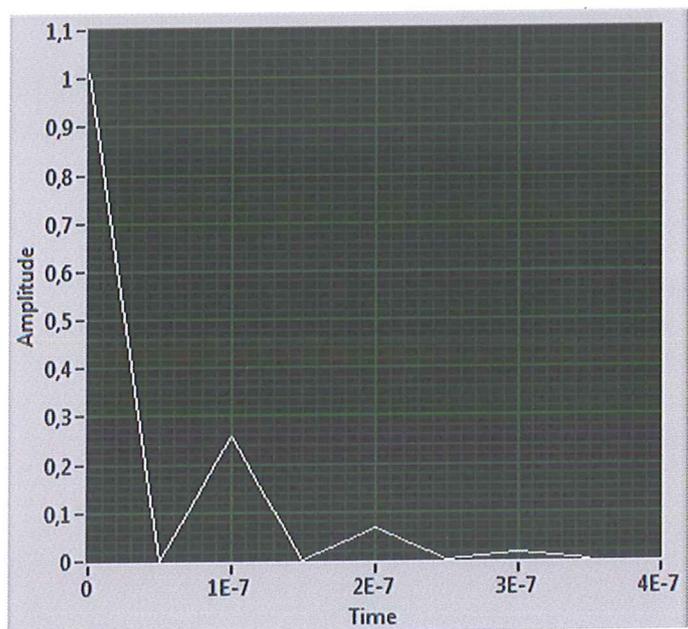


Fig. 8 Perfil de Potencia Indoor para Residencias Tabla 3B

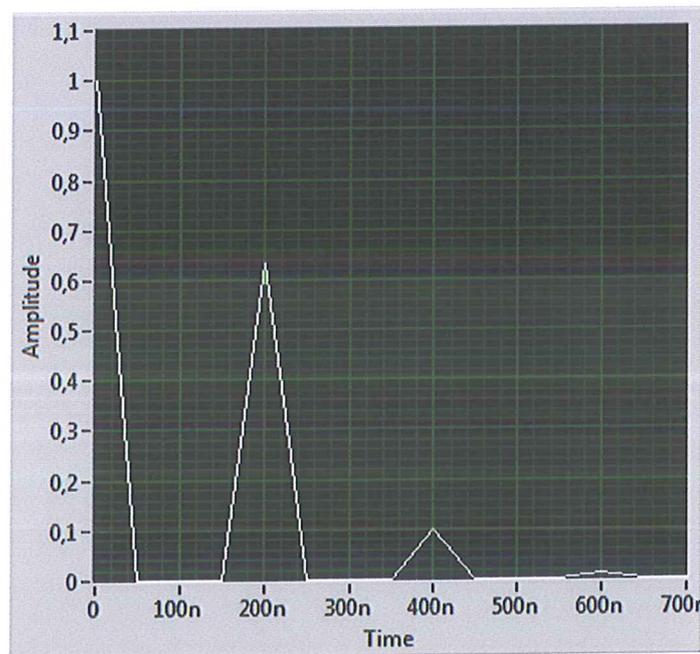


Fig. 9 Perfil de Potencia Outdoor para Áreas Rurales Tabla 4A

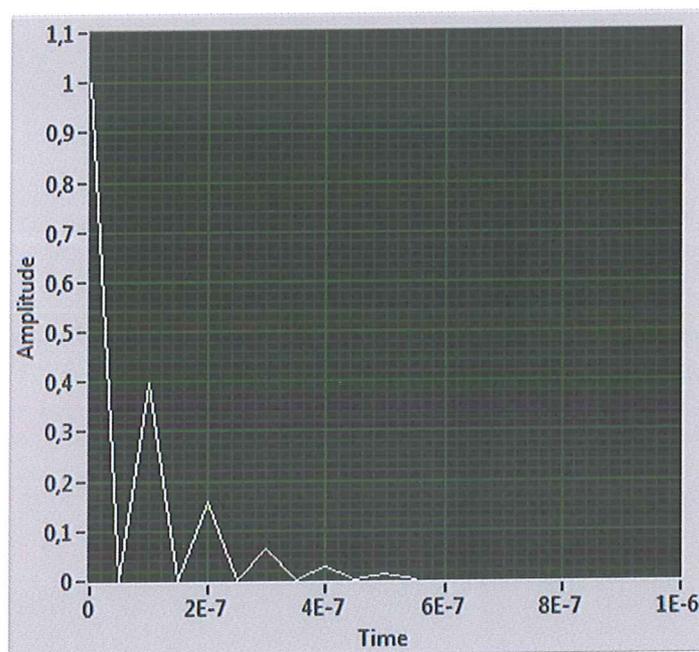


Fig. 10 Perfil de Potencia Outdoor para Áreas Rurales Tabla 4B

## 1.5 VIDEO

Este proyecto está basado en la transmisión de video, lo cual se puede definir como una serie de imágenes que son captadas por una cámara para después pasar por un proceso de producción y edición, con la ayuda de las herramientas de Labview se ha podido capturar una imagen, descomponerla y enviarla a través de las etapas de la comunicación, en la recepción se logró recomponerla y visualizarla. La Herramienta Visión en Labview ayudo en la transmisión y recepción de video, los módulos “NI Vision Acquisition Software” y “Visión Development” de Visión [7][8] fueron los usados para capturar en forma digital imágenes a partir de una cámara web para después poder procesar la información de la imagen convirtiendo en matrices la información y así poder transmitirla.

Por efectos de prueba se configuró el tamaño de la imagen en 120x240 dado que a mayor tamaño de imagen el procesamiento que requiere es mayor lo que haría muy lento el envío de información, adicional la calidad de la imagen también es limitada a 450 en el Vi “IMAQ Flatten Image to String” para reducir el número de datos enviados, esta es una conversión hacia el dominio de la frecuencia donde se escoge un porcentaje de compresión de la imagen a enviar, a partir de este Vi se obtiene un arreglo de caracteres que se convierte a datos y después a bits.

## 2. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para las pruebas de este proyecto se consideró la transmisión de Video en canales tipo Indoor (Residenciales) y Outdoor (Áreas Rurales), usando dos tipos de modulaciones como son QPSK y 8PSK, se adicionaron a la trama enviada secuencias de entrenamiento tipo Barker y Gold, la primera con longitudes de 11 y 13, y la segunda con longitudes de 15 y 31, los algoritmos de sincronización de trama que se utilizaron son Sliding Correlator y Moose Referenciado. Las pruebas se realizaron en Labview en simulador y con los equipos USRP.

Se realizaron las siguientes pruebas para analizar las respuestas de los sincronizadores de trama:

### 2.1 RESPUESTA DE LOS SINCRONIZADORES DE TRAMA ANTE LA VARIACION DE CANALES MULTITRAYECTORIAS

Para el primer análisis se toman muestras a diferentes niveles de ruido, se observa la respuesta de los sincronizadores ante la variación de canales multitrayectoria, considerando una secuencia de entrenamiento Barker 13, con la misma tasa de transmisión y recepción, se observan los resultados en las fig. 11, 12, 13 y 14.

En las figuras 11 y 12 se cuenta con una mejor respuesta de los sincronizadores en ambientes Indoors, esto es con modulación 8PSK tanto

en pruebas reales y simuladas. Para ambientes simulados outdoors, no se obtiene buenos resultados e inclusive, en ciertos casos, se tiene perdida completa de señal reflejada en ruido, como consecuencia de la distorsión e interferencias que se emulan en este canal. En las figuras 13 y 14 se prueban los sincronizadores con dos tipos de modulaciones QPSK y 8PSK, pruebas en real, podemos observar una mejor respuesta de los sincronizadores en QPSK para los canales multitrayectoria, inclusive en ambientes Outdoors es posible con esta modulación recuperar algo de señal.

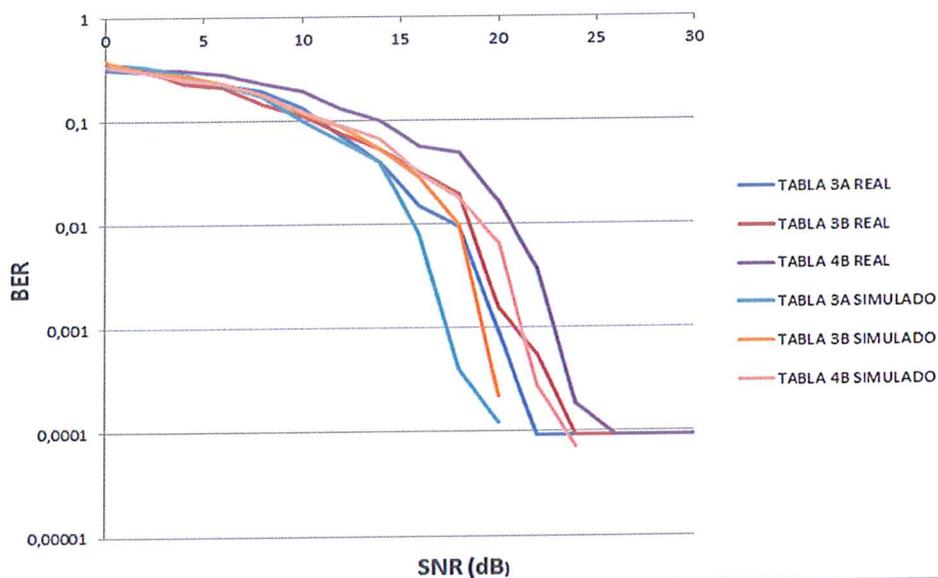


Fig. 11 Sincronizador Sliding Correlator con secuencia Barker 13, modulación 8PSK pruebas en real y simulado.

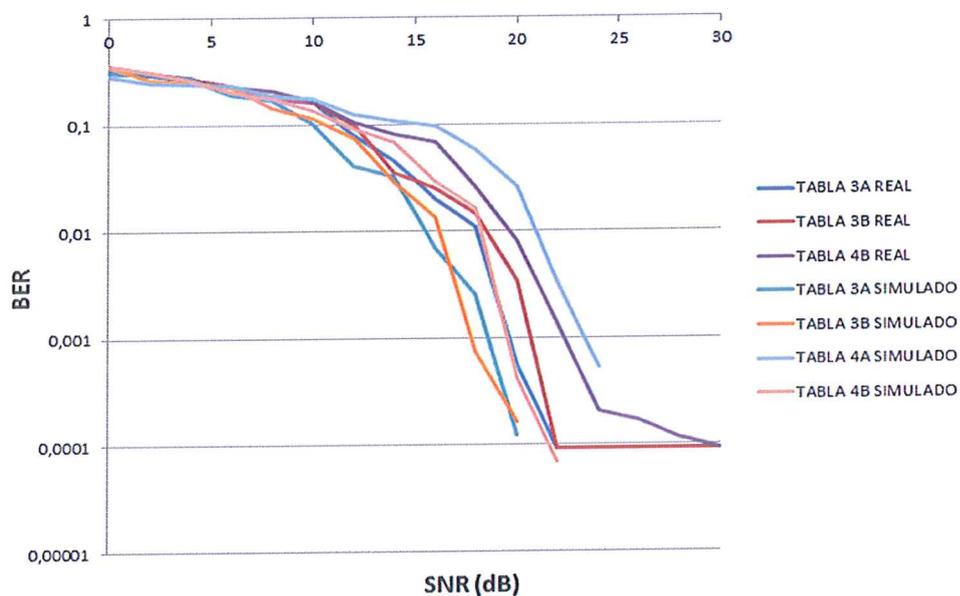


Fig. 12 Sincronizador Moose Referenciado con secuencia Barker 13, modulación 8PSK pruebas en real y simulado.

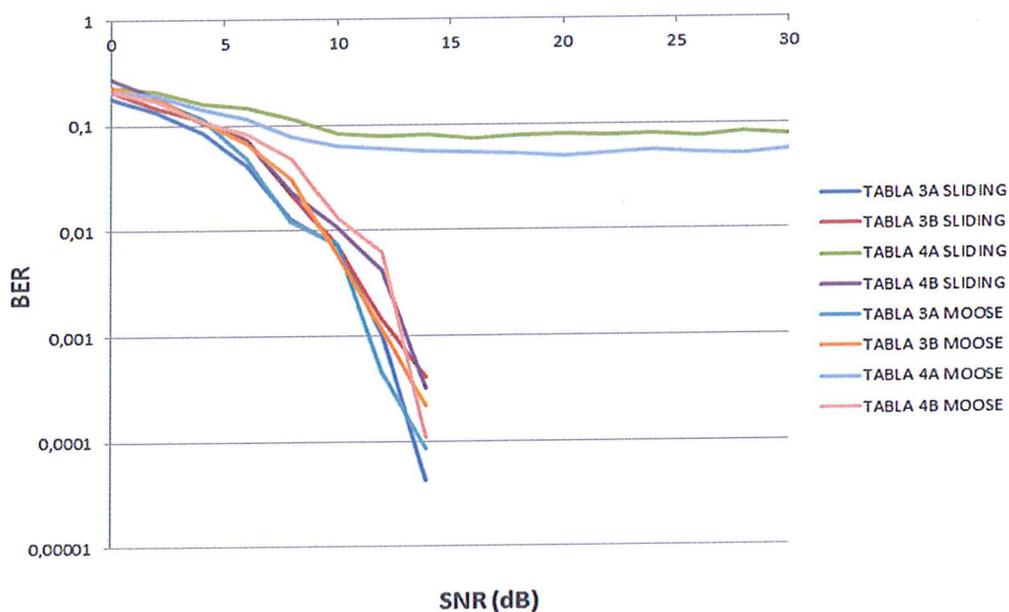


Fig. 13 Sincronizadores Sliding Correlator y Moose Referenciado con secuencia Barker 13, modulación QPSK y pruebas en real.

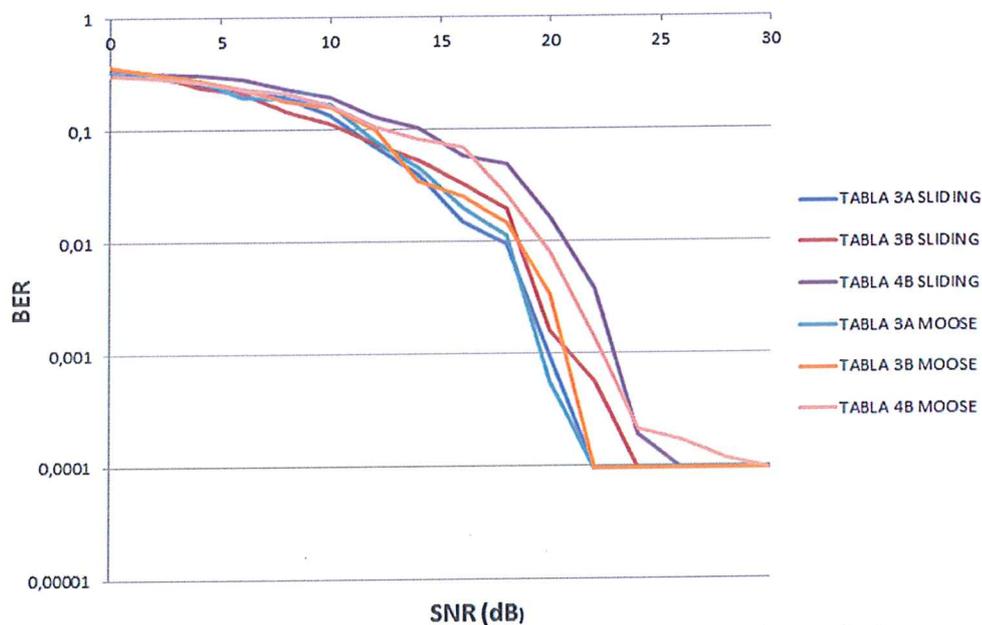


Fig. 14 Sincronizadores Sliding Correlator y Moose Referenciado con secuencia Barker 13, modulaciones 8PSK y pruebas en real.

## 2.2 RESPUESTA DE LOS SINCRONIZADORES DE TRAMA ANTE LA VARIACION DE MODULACIONES

En el segundo análisis vemos la respuesta de los sincronizadores ante la variación de las modulaciones en este caso se consideró la secuencia de entrenamiento Gold 31 y la misma tasa de transmisión y recepción, se observan los resultados en las figuras 15, 16, 17 y 18.

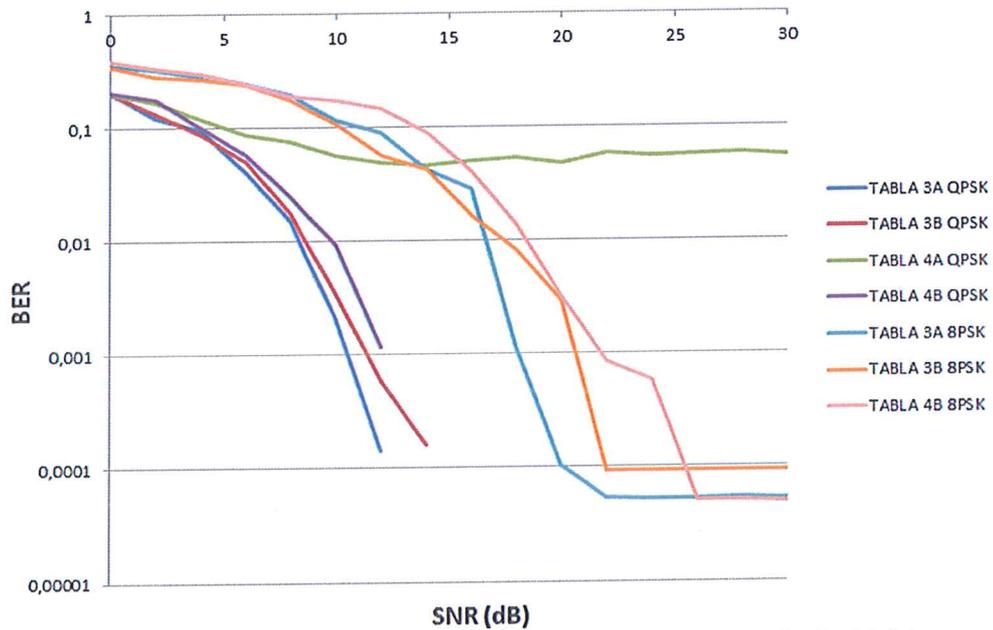


Fig. 15 Sincronizador Sliding Correlator con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en real.

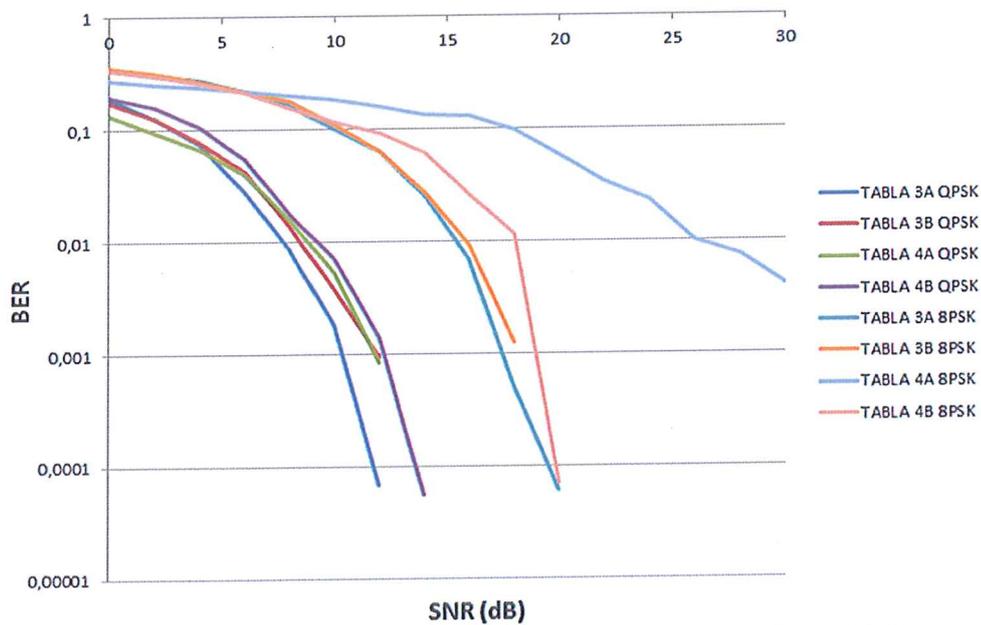


Fig. 16 Sincronizador Sliding Correlator con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en simulador.

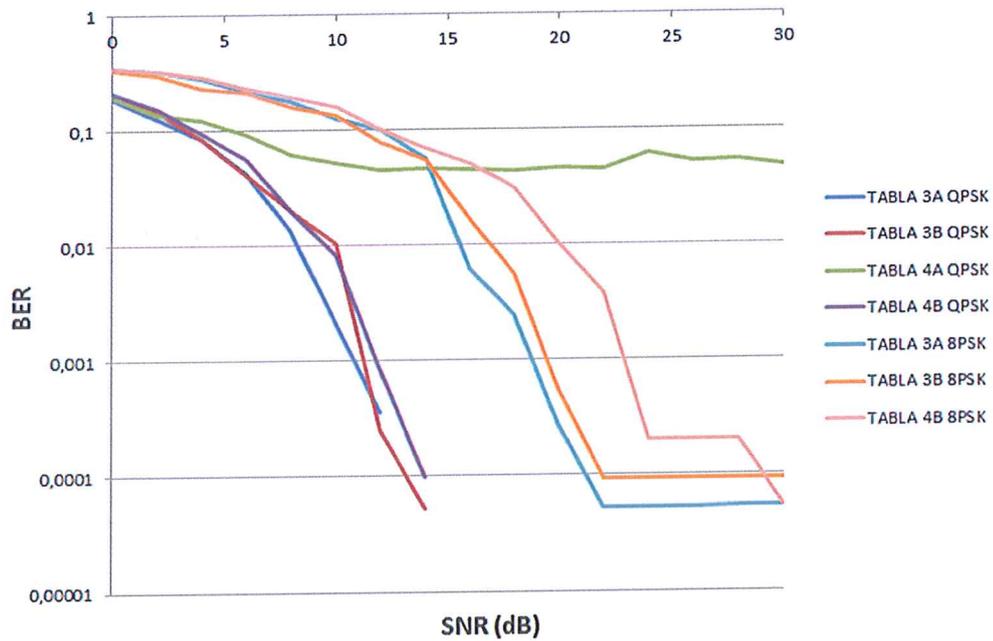


Fig. 17 Sincronizador Moose Referenciado con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en real.

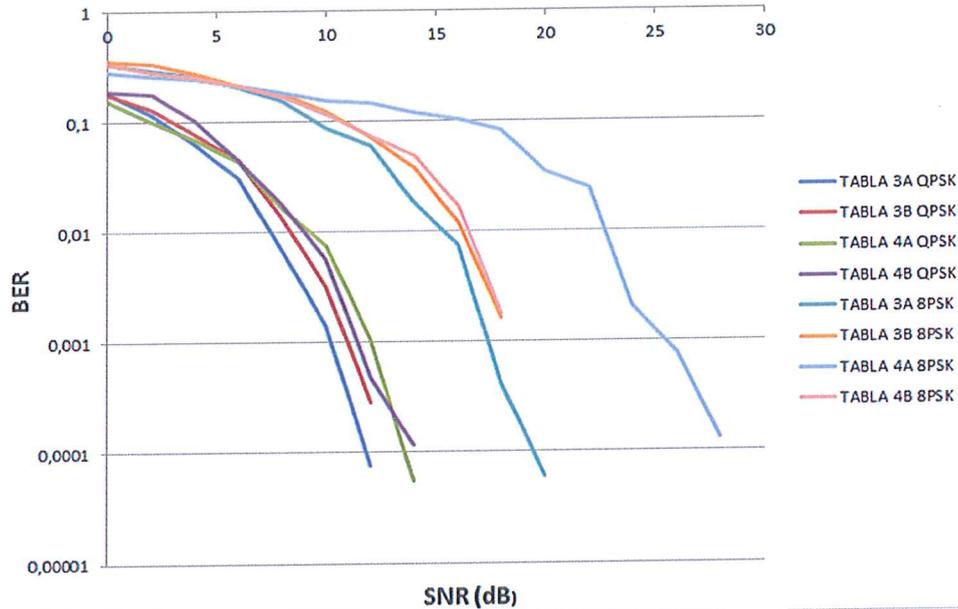


Fig. 18 Sincronizador Moose Referenciado con secuencia Gold 31, modulaciones QPSK y 8PSK y pruebas en simulador.

Como se puede apreciar claramente en las figuras 15, 16, 17 y 18, el comportamiento de los sincronizadores es mejor en QPSK que en 8PSK, esto se debe al incrementarse el nivel de ruido e interferencia en los canales, el comportamiento en QPSK será mejor dado que tiene una menor tasa de error en la transmisión que 8PSK, además se observa el mejor desempeño los sincronizadores con una secuencia de entrenamiento más larga, donde la autocorrelación en secuencias Barker y la correlación cruzada en secuencias Gold se mejoran a secuencias más largas [4].

### **2.3 RESPUESTA DE LOS SINCRONIZADORES DE TRAMA ANTE LA VARIACION DE SECUENCIAS DE ENTRENAMIENTO**

Para el último análisis veremos la respuesta de los sincronizadores de trama ante la variación de la secuencia de entrenamiento, considerando un ambiente Indoor y una modulación 8PSK, se observan los resultados en las figuras 19, 20, 21 y 22.

En teoría la sincronización de trama con Moose es más robusta que Sliding para interferencia intersimbólica [2], esto no se logra apreciar en las figuras 19, 20, 21 y 22 pero se observa un mejor comportamiento de los sincronizadores con las secuencias de entrenamiento más largas como son las secuencias Gold.

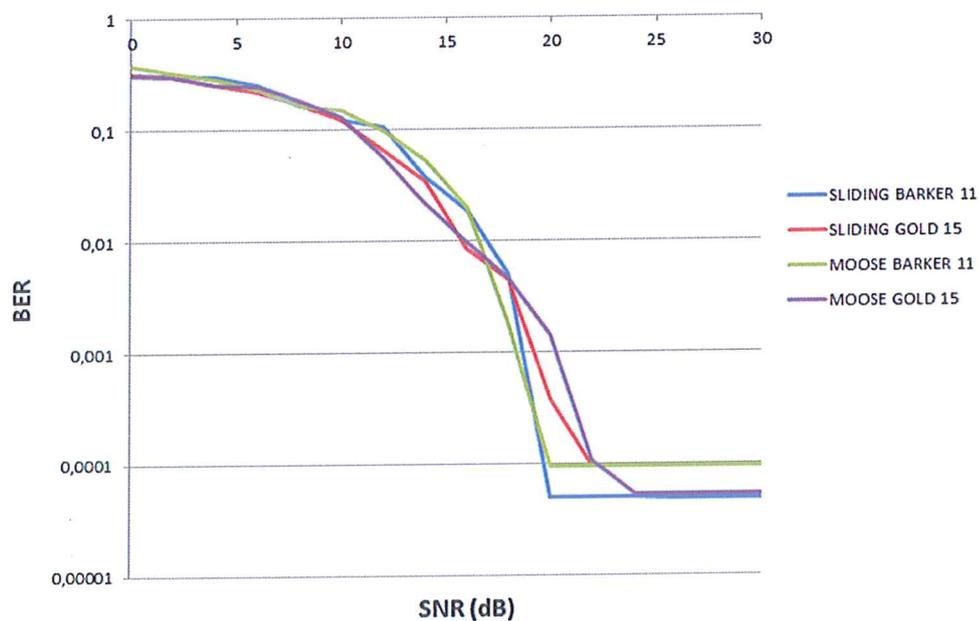


Fig. 19 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Barker 11 y Gold 15, pruebas en real.

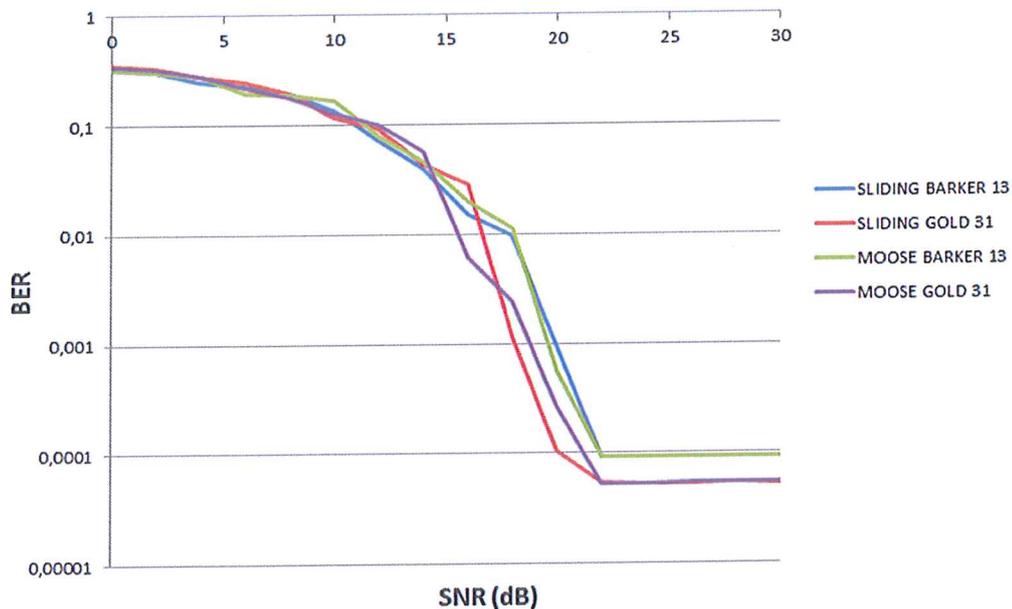


Fig. 20 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Barker 13 y Gold 31, pruebas en real.

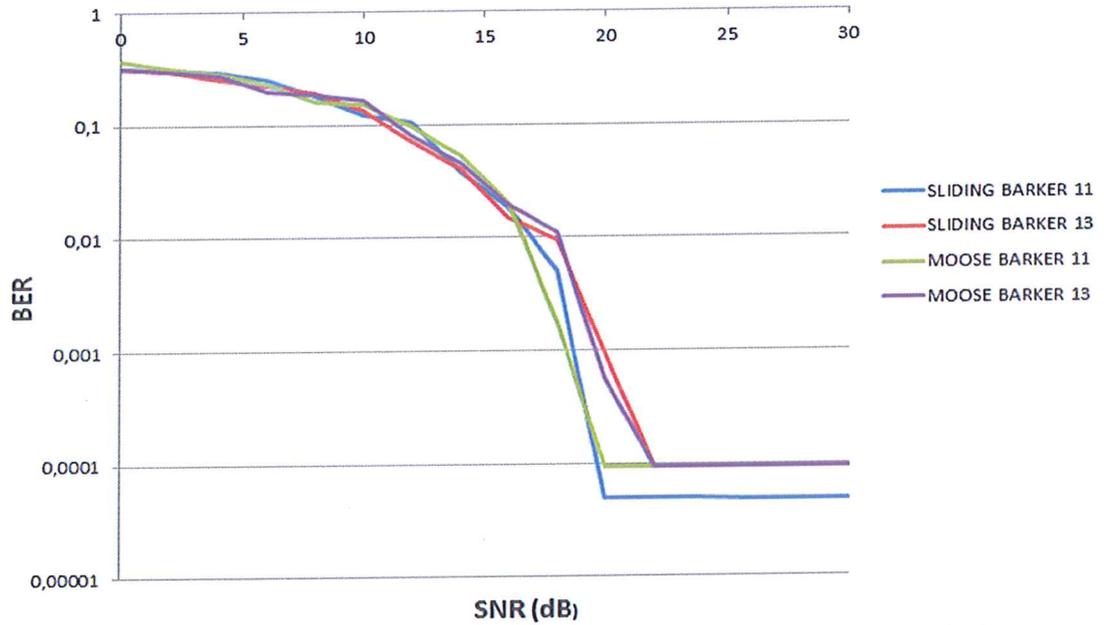


Fig. 21 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Barker 11 y 13, pruebas en real.

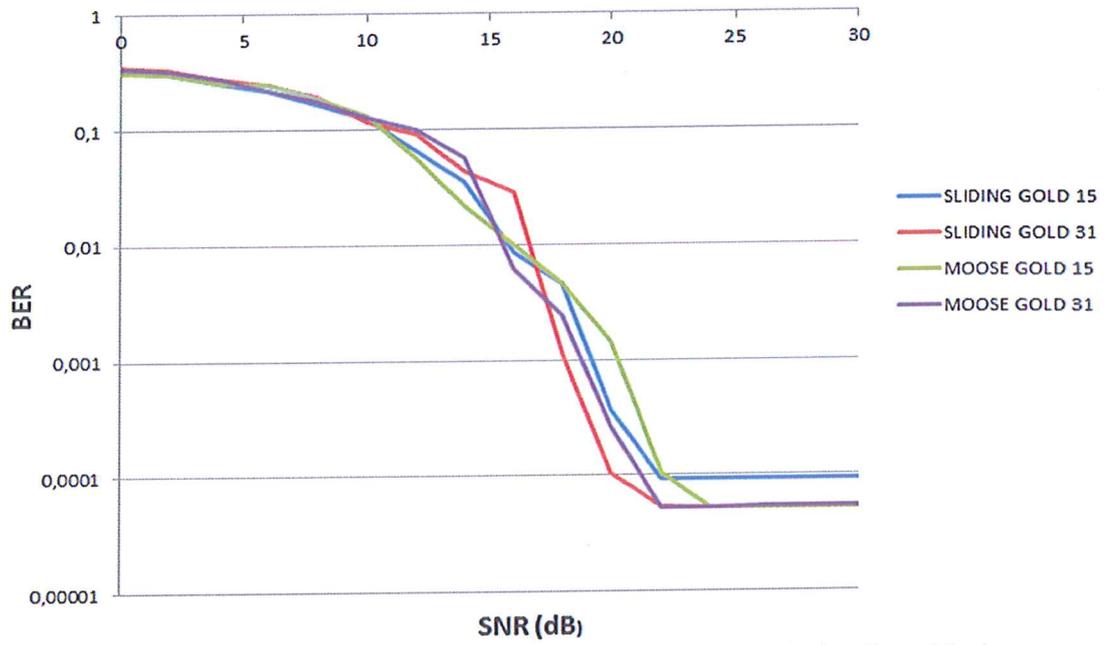


Fig. 22 Sincronizador Sliding Correlator y Moose Referenciado, Canal Indoor, modulación 8PSK, secuencias Gold 15 y 31, pruebas en real.

### 3. CONCLUSIONES

Una vez obtenido los resultados en las pruebas realizadas en los diferentes escenarios planteados se puede tener las siguientes conclusiones:

La sincronización de trama con Moose fue más efectiva en comparación con Sliding cuando se usaron secuencias de entrenamiento de mayor longitud, Sliding resulto efectiva con secuencias de entrenamiento de menor longitud.

La modulación QPSK fue más robusta como se esperaba, en todos los escenarios aceptó los diferentes pasos, soportó mejores niveles de ruido, mientras que la 8PSK fue más susceptible, llegando al punto que para el escenario Outdoor Áreas Rurales tabla 4A las diversas trayectorias no pudieron ser usadas.

Se evidencio mayor estabilidad en los resultados con secuencias de entrenamiento más largas, esto es debido a las propiedades de correlación de las secuencias Barker y Gold usadas, aunque no se podría garantizar la misma respuesta con otras secuencias de entrenamiento de grandes longitudes, debido a los desplazamientos de frecuencia que no puedan ser corregidos.

El transmitir Video requiere enviar gran cantidad de información y con la menor tasa de error, para efectos de prueba se realizaron limitantes en la

calidad y tamaño de video de esta manera se consiguió mejores resultados, siendo más eficientes las pruebas realizadas en QPSK.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. W.Espinoza, M.Freire, T.Chavez, J. Gomez, B. Ramos "Adaptación del Algoritmo Schmidl & Cox a sistemas de portadora única en un canal inalámbrico" Artículo científico. (2015).
- [2]. Robert w. Heat Jr. Ph.D., PE. "Digital Communications: Physical Layer Lab using the NI USRP Platform", National Technology and Science Press.
- [3]. Santiago G. Sistemas de Modulación [Online]. Disponible: <http://www.analfatecnicos.net/archivos/15.SistemasModulacionWikipedia.pdf>, Dic 2009
- [4]. SistemasCDMA[Online]Disponible:<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11479/fichero/3-Sistemas+CDMA.pdf>
- [5]. Freddy Orozco, Claudia Pintos, "Diseño, simulación de códigos de canal en sistemas OFDM" Tesina de seminario previa para la obtención de título de ingeniero en Electrónica y telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica del litoral. (2013).
- [6]. Carlos Vélez, Mathew Kortum, "Diseño, simulación de esquemas de estimación del canal y ecualización de un sistema de comunicación de una sola portadora" Tesina de seminario previa para la obtención de título de ingeniero en Electrónica y telecomunicaciones, Escuela Superior Politécnica del litoral. (2013).
- [7]. National Instruments, «Software NI Vision Acquisition - National Instruments,» 2016. [En línea]. Available: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/12892>. [Último acceso: 01 10 2016].
- [8]. National Instruments, «Módulo Vision Development - National Instruments,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/labview/vision/esa/>. [Último acceso: 01 10 2016].
- [9]. Eduardo Chancay, Carlos Chonillo, "Diseño, simulación, e implementación de la sincronización de la portadora y de la trama en sistemas OFDM" Artículo Científico, Escuela Superior Politécnica del litoral. (2014).

[10]. Jorge Vega, "Análisis de la sincronización de la trama de datos en la modulación OFDM utilizando radio definido por software." Artículo Científico, Universidad Técnica de Ambato. (2015).

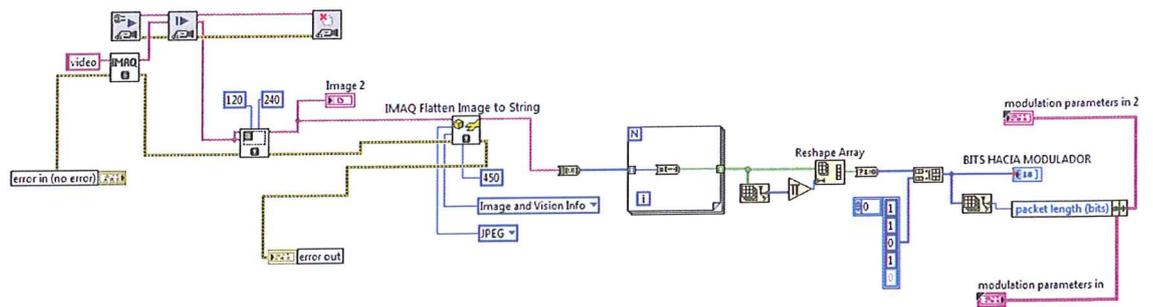
[11]. Comunicaciones y Redes de Computadores, 7ma Edición - William Stallings. (2008).

# ANEXOS

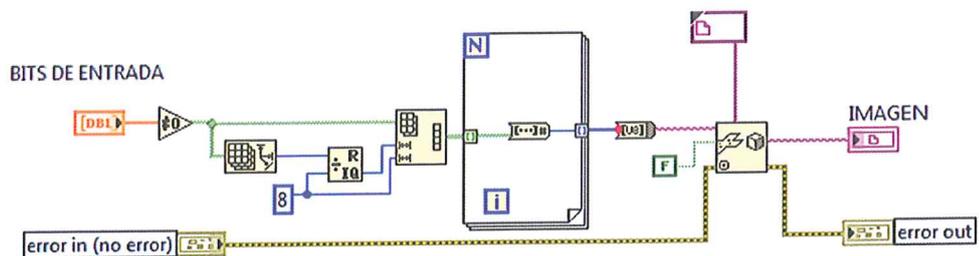
## ANEXO 1

### DIAGRAMA DE BLOQUE EN LABVIEW DE VIDEO

#### TRANSMISION



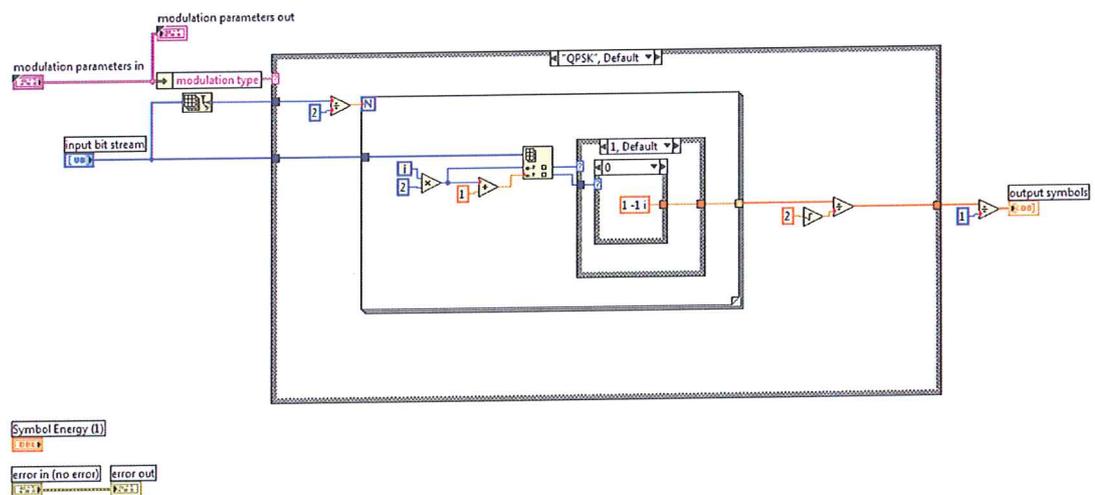
#### RECEPCION



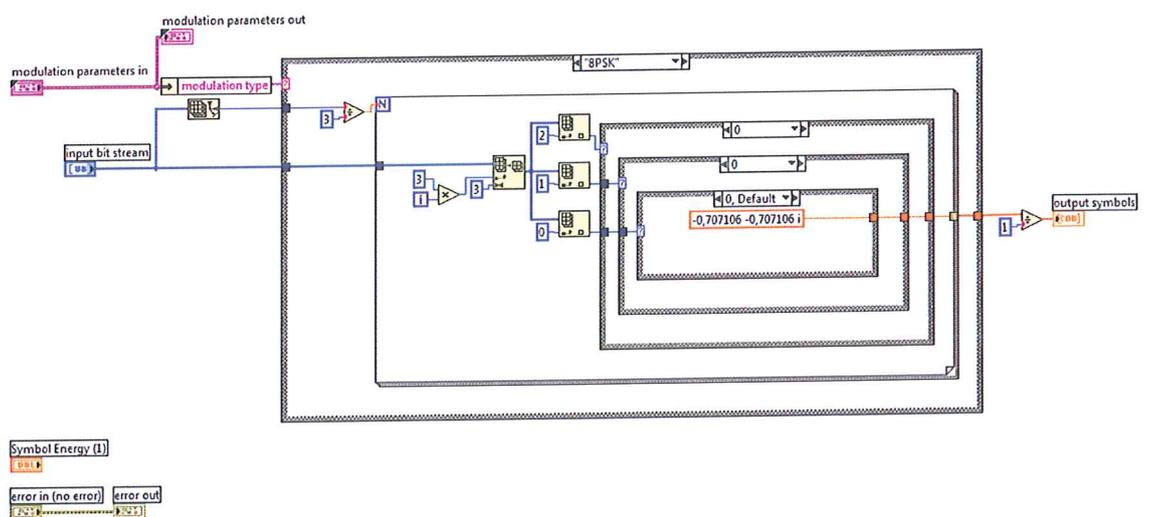
## ANEXO 2

## DIAGRAMA DE BLOQUE EN LABVIEW DE MODULACION

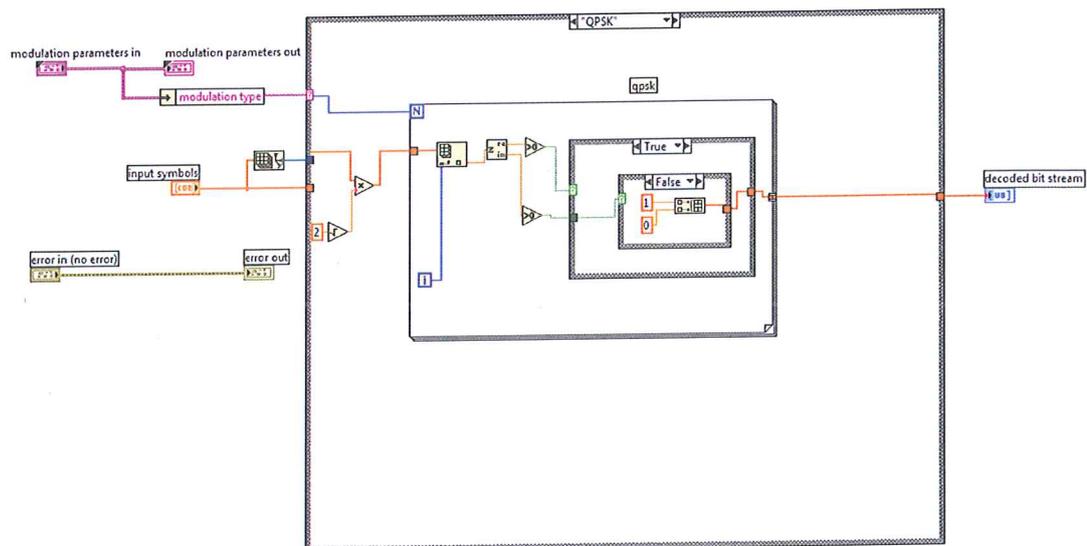
## MODULADOR QPSK



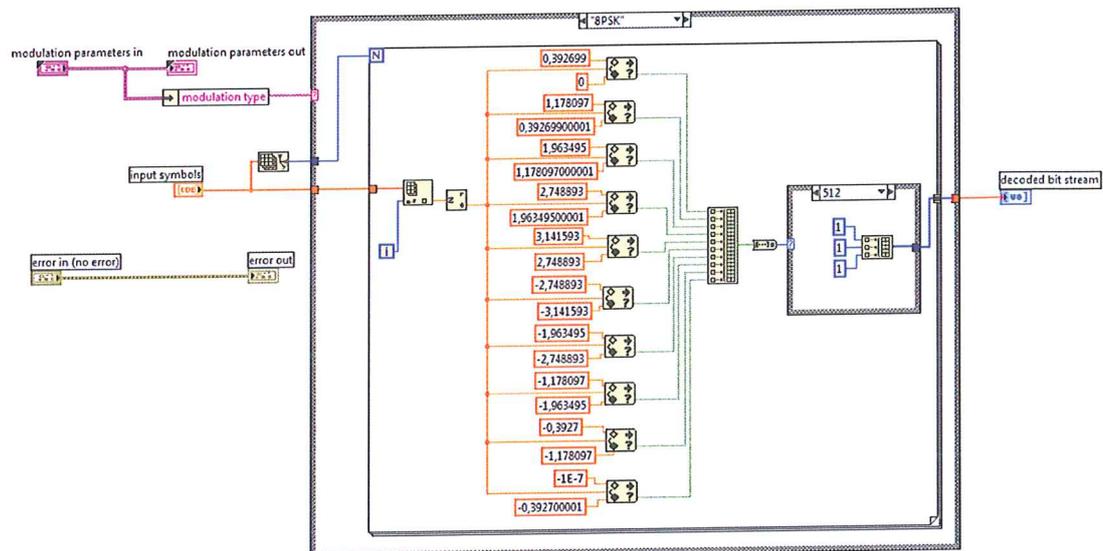
## MODULADOR 8PSK



### DEMODULADOR QPSK



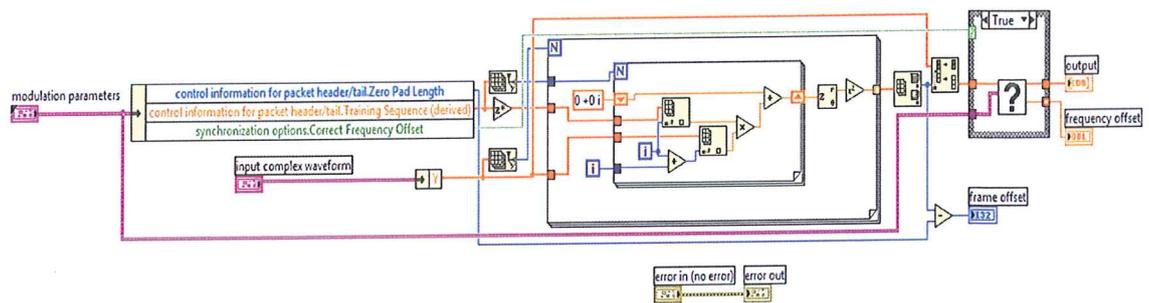
### DEMODULADOR 8PSK



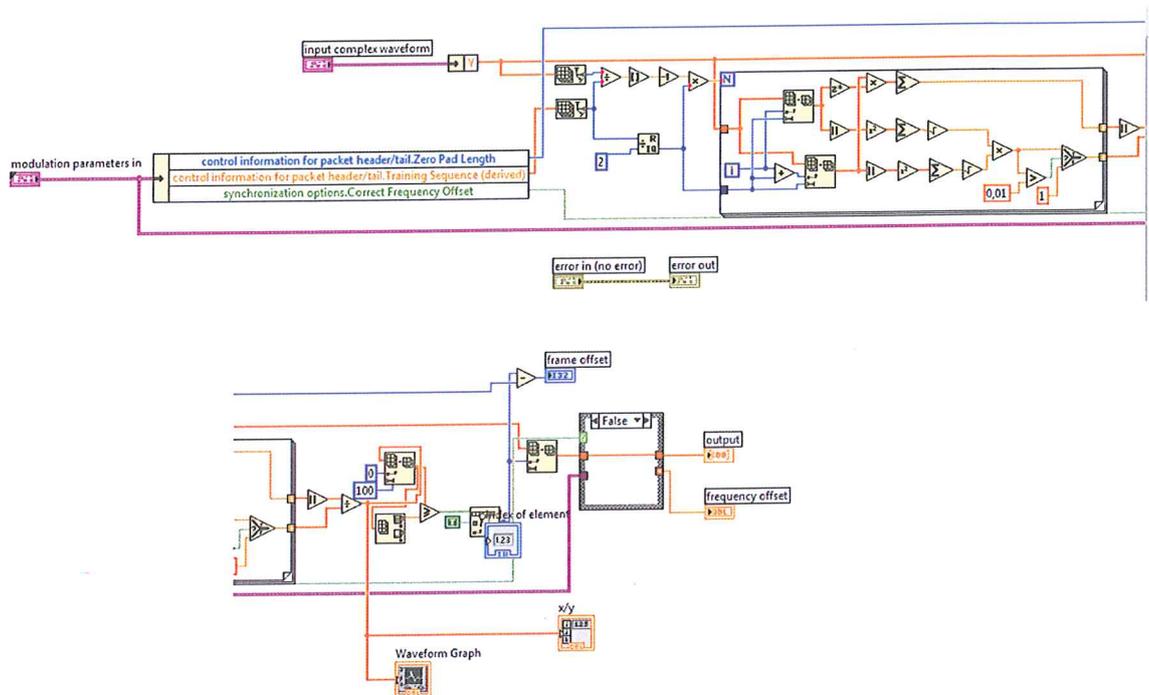
### ANEXO 3

## DIAGRAMA DE BLOQUE EN LABVIEW DEL SINCRONIZACION DE TRAMA

### ALGORITMO SLIDING CORRELATOR

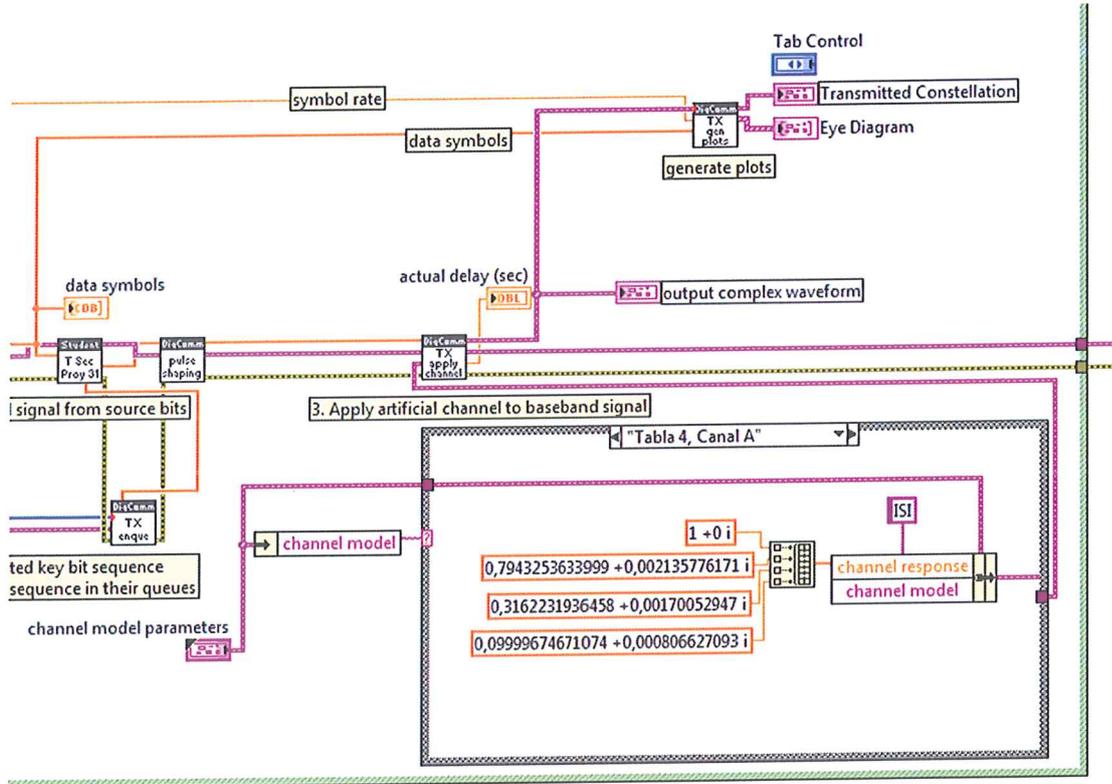


### ALGORITMO DE MOOSE REFERENCIADO



### ANEXO 4

## DIAGRAMA DE BLOQUE EN LABVIEW PARA SELECCIÓN DEL CANAL



ANEXO 5

DIAGRAMA DE BLOQUE EN LABVIEW PARA SELECCION DE SECUENCIA DE ENTRENAMIENTO

