

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE  
COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO*

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

REALIZADO POR

*Benayoun Wahnou, Sally*

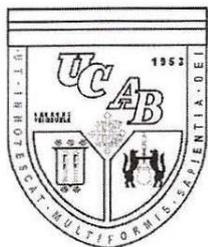
*Fariña Fernandez, Carla*

PROFESOR GUIA

*Ing. Carlos Pantsios*

FECHA

*Caracas, 21 de Febrero de 2007*



**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

*SIMULACION DE UN SISTEMA DE  
COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO*

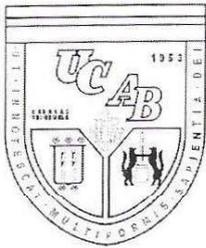
**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

presentado ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

REALIZADO POR	<i>Benayoun Wahnnon, Sally</i> <i>Fariña Fernandez, Carla</i>
PROFESOR GUIA	<i>Ing. Carlos Pantsios</i>
FECHA	<i>Caracas, 21 de Febrero de 2007</i>



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

*SIMULACION DE UN SISTEMA DE  
 COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
 DE UNA SEÑAL DE VIDEO*

**Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:** .....

J U R A D O   E X A M I N A D O R

Firma: .....	Firma: .....	Firma: .....
Nombre: .....	Nombre: .....	Nombre: .....

REALIZADO POR

*Benayoun Wahnnon, Sally  
 Fariña Fernandez, Carla*

PROFESOR GUIA

*Ing. Carlos Pantsios*

FECHA

*Caracas, 21 de Febrero de 2007*



## **SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO**

Considerando el nuevo auge de las Telecomunicaciones en nuestra sociedad y partiendo de dos de los pilares fundamentales para la formación de un Ingeniero en telecomunicaciones, como lo son el sector de las comunicaciones y el procesamiento de las señales, se ideó este proyecto de Trabajo Especial de Grado, denominado “Simulación de un sistema de comunicaciones orientado al procesamiento de una señal de video”, con el principal objeto de brindar a sus usuarios un programa dinámico e interactivo, que les permita ampliar y desarrollar sus conocimientos en el área de comunicaciones, procesamiento de señales y sistemas de audio y video, sirviendo a su vez como elemento de aprendizaje y ayuda para su amplia formación como futuros ingenieros. Este proyecto es ideado principalmente, con el fin de colaborar en la instrucción, adiestramiento y desarrollo de estudiantes, próximos a graduarse como Ingenieros en Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello.

El procesamiento de la señal de video es llevado a cabo por medio del Software de Simulación Labview 8.0, a través del cual se adquiere una señal de video externa, con el fin de incorporarla al programa y procesarla dentro de un sistema de comunicaciones, donde el usuario podrá seleccionar las características y condiciones que desee, a fin de estudiar a detenimiento el comportamiento de las imágenes, así como los procesos de recepción y transmisión de las señales, en conjunto con los diversos cambios que se generen en cualquiera de los parámetros establecidos.

**Palabras Claves:** Simulación, Sistema de Comunicaciones, Procesamiento, Señal de Video.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

## ÍNDICE GENERAL

	<b>pp.</b>
<b>RESUMEN.</b> . . . . .	<b>.iv</b>
<b>INDICE GENERAL.</b> . . . . .	<b>.v</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.</b> . . . . .	<b>.x</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b> . . . . .	<b>.xix</b>
<b>CAPÍTULO I.</b> . . . . .	<b>.1</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO</b> . . . . .	<b>.1</b>
I.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. . . . .	<b>.1</b>
I.2.- OBJETIVOS. . . . .	<b>.2</b>
I.2.1.- Objetivo General. . . . .	<b>.2</b>
I.2.2.- Objetivos Específicos.. . . .	<b>.3</b>
I.3.- JUSTIFICACIÓN. . . . .	<b>.4</b>
I.4.- LIMITACIONES. . . . .	<b>.5</b>
I.5.- ALCANCES DEL PROYECTO. . . . .	<b>.6</b>
<b>CAPÍTULO II.</b> . . . . .	<b>.7</b>
<b>MARCO REFERENCIAL..</b> . . . . .	<b>.7</b>
II.1.- SISTEMA DE COMUNICACIONES. . . . .	<b>.7</b>
II.2.- ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES. . . . .	<b>.8</b>



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

II.2.1.- Etapa de Transmisión. . . . .	.9
II.2.1.1.- Modulación en Amplitud. . . . .	.10
Modulación AM Convencional. . . . .	.10
Modulación en doble banda lateral (DSB). . . . .	.11
Modulación en banda lateral única (SSB). . . . .	.12
Modulación en banda lateral vestigial (VSB, ó VSB-AM) .13	
II.2.1.2.- Modulación Angular. . . . .	.14
Modulación en frecuencia (FM). . . . .	.15
Modulación en fase (PM). . . . .	.15
II.2.2.- Etapa de recepción. . . . .	.16
II.2.2.1.-Demodulación síncrona o coherente. . . . .	.16
II.2.2.2.-Demodulación por detección de envolvente. . . . .	.17
II.2.3.- Canal de Transmisión. . . . .	.19
II.2.3.1- Perturbaciones en la transmisión. . . . .	.19
Distorsión. . . . .	.20
Atenuación. . . . .	.20
Ruido. . . . .	.20
II.2.3.2.- Capacidad del canal. . . . .	.22
II.2.4.- Filtros.. . . .	.23



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

II.2.4.1.- Función de transferencia. . . . .	.23
II.2.4.2.- Tipos de Filtro. . . . .	.24
Según respuesta en frecuencia. . . . .	.24
Filtros activos y pasivos. . . . .	.25
Filtros analógicos o digitales.. . . .	.25
II.3.- SEÑAL DE VIDEO. . . . .	.26
II.3.1- Componentes de la Señal de Video. . . . .	.26
II.3.1.1.-Luminancia. . . . .	.27
II.3.1.2.-Crominancia. . . . .	.28
II.3.1.3.-Sincronismos. . . . .	.29
II.4.- SISTEMA DE VIDEO – NTSC. . . . .	.30
II.4.1- Características. . . . .	.31
II.4.2.- Desventajas. . . . .	.32
<b>CAPÍTULO III. . . . .</b>	<b>.33</b>
<b>METODOLOGÍA. . . . .</b>	<b>.33</b>
III.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO . . . . .	.33
III.2.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES . . . . .	.36
<b>CAPÍTULO IV. . . . .</b>	<b>.38</b>
<b>DESARROLLO. . . . .</b>	<b>.38</b>

---



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

IV.1.- INVESTIGACIÓN . . . . .	.38
IV.2.- ADQUISICIÓN, MONTAJE Y PRUEBA DEL HARDWARE . . . . .	.39
IV.3.- ESTUDIO DEL SOFTWARE . . . . .	.45
IV.4.- PROGRAMA FINAL . . . . .	.45
IV.4.1.- Adquisición de la señal de video por parte de la tarjeta. . . . .	.46
IV.4.2.- Conversión del video compuesto en una señal con representación en una grafica de amplitud vs tiempo. . . . .	.47
IV.4.3.- Cálculo de la componente DC de la señal moduladora. . . . .	.48
IV.4.4.- Generador de la Onda Portadora . . . . .	.48
IV.4.5.- Modulación . . . . .	.49
IV.4.5.1.-Simulacion de la modulación DSB SC (Doble Banda Lateral con portadora). . . . .	.50
IV.4.5.2.- Simulación de la modulación AM (Amplitud Modulada). . . . .	.50
IV.4.6.- Simulación del canal de transmisión. . . . .	.52
IV.4.6.1.-Ruido Blanco aditivo Gaussiano. . . . .	.54
IV.4.6.2.-Ruido Blanco Uniforme . . . . .	.54
IV.4.6.3.-Ruido de Poisson (fotónico). . . . .	.55
IV.4.7.- Simulación del receptor. . . . .	.55



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

IV.4.7.1.- Simulación de la detección sincrónica. . . . .	.56
IV.4.7.2.- Simulación del video en el receptor . . . . .	.57
IV.4.8.- Obtención de las componentes R,G,B simuladas. . . . .	.62
<b>CAPÍTULO V. . . . .</b>	<b>.65</b>
<b>RESULTADOS. . . . .</b>	<b>.65</b>
V.1.- SIMULACIÓN . . . . .	.65
V.2.- CAMBIOS EN EL TRANSMISOR. . . . .	.68
V.3.- CAMBIOS EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN. . . . .	.74
V.4.- LUMINANCIA, CROMINANCIA Y SEÑALES R,G,B . . . . .	.83
V.5.- IMÁGENES R, G, B . . . . .	.90
<b>CAPÍTULO VI. . . . .</b>	<b>.93</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .</b>	<b>.93</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .</b>	<b>.96</b>
<b>APÉNDICE A . . . . .</b>	<b>.99</b>
<b>PRUEBAS CON SEÑALES SINUSOIDALES . . . . .</b>	<b>.99</b>
<b>APÉNDICE B . . . . .</b>	<b>.116</b>
<b>PRUEBAS - CAMBIOS EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN . . . . .</b>	<b>.116</b>



## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>pp.</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
Figura II.1.- Elementos básicos de un sistema de comunicaciones. . . . .	.8
Figura II.2.- Esquema de un detector coherente. . . . .	.17
Figura II.3.- Esquema de un detector de envolvente. . . . .	.17
Figura II.4.- Comparación de cortes de diversos Filtros. . . . .	.24
<b>CAPÍTULO IV</b>	
Figura IV.1.- Computador seleccionado . . . . .	.39
Figura IV.2.- Imagen de la caja de la tarjeta de captura de datos. . . . .	.40
Figura IV.3.- Diagrama de conexión de la tarjeta de captura de datos. . . . .	.41
Figura IV.4.- Software de la tarjeta de captura de video. . . . .	.41
Figura IV.5.- TVtuner Application. . . . .	.42
Figura IV.6.- TVtuner Application. . . . .	.42
Figura IV.7.- Cámara de video DV610 G-Shot de Genios. . . . .	.43
Figura IV.8.- Cámara de video PV-L652D de Panasonic. . . . .	.43
Figura IV.9.- Imagen observada desde la aplicación TVtuner. . . . .	.43
Figura IV.10.- Configuración de la codificación del video. . . . .	.44



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura IV.11.- Configuración de la captura de datos. . . . .	.44
Figura IV.12.- Captura de la señal de video. . . . .	.46
Figura IV.13.- Imagen del video visto desde el “Front Panel”. . . . .	.46
Figura IV.14.- Imagen del video visto desde el “Front Panel”. . . . .	.47
Figura IV.15.- Conversión del video en arreglo . . . . .	.48
Figura IV.16.- Cálculo del nivel DC . . . . .	.48
Figura IV.17.- Generador de la portadora . . . . .	.49
Figura IV.18.- Modulación DSB . . . . .	.50
Figura IV.19.- Modulación AM . . . . .	.51
Figura IV.20.- Cálculo de la densidad espectral de potencia . . . . .	.51
Figura IV.21.- Filtro Pasa banda . . . . .	.52
Figura IV.22.- Filtro Pasa banda . . . . .	.52
Figura IV.23.- Diagrama de bloque del ruido gaussiano blanco. . . . .	.54
Figura IV.24.- Diagrama de bloque del ruido blanco uniforme . . . . .	.54
Figura IV.25.- Diagrama de bloque del ruido Poisson . . . . .	.55
Figura IV.26.- Canal de Transmisión utilizado para los 3 tipos de ruido . . . . .	.55
Figura IV.27.- Detección síncrona . . . . .	.56
Figura IV.28.- Características del Filtro Pasa Bajo . . . . .	.57
Figura IV.29.- Obtención del video en el Receptor . . . . .	.58



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura IV.30.- Video original y video en la salida . . . . .	.58
Figura IV.31.- Señal de video original . . . . .	.59
Figura IV.32.- Diagrama de bloque videos original y en la salida . . . . .	.59
Figura IV.33.- Diagrama de bloque video original y video en la salida. . . . .	.60
Figura IV.34.- Videos original y video en la salida multiplicando la señal60 por una constante . . . . .	.60
Figura IV.35.- Diagrama de bloque video original y en la salida con ruido . . . . .	.61
Figura IV.36.- Video original y video en la salida con ruido . . . . .	.61
Figura IV.37.- Diagrama de la gráfica comparativa de las señales de entrada y salida . . . . .	.62
Figura IV.38.- Componentes RGB . . . . .	.63
Figura IV.39.- Obtención de las imágenes de las componentes RGB . . . . .	.64

**CAPÍTULO V**

Figura V.1(a).-Programa de Simulación (Parte 1). . . . .	.66
Figura V.1(b).-Programa de Simulación (Parte 2). . . . .	.66
Figura V.1(c).-Programa de Simulación (Parte 3). . . . .	.67
Figura V.1(d).-Programa de Simulación (Parte 4). . . . .	.67
Figura V.1(e).-Programa de Simulación (cálculo de componentes RGB). . . . .	.67
Figura V.2.-Imagen de video original – Pruebas Transmisor. . . . .	.68



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura V.3.-Imagen de video original – Dominio del tiempo. . . . .	.68
Figura V.4.- Imagen de video original – Dominio frecuencial. . . . .	.69
Figura V.5.- Imagen de video original – Dominio frecuencial. . . . .	.69
Figura V.6.-Señal Portadora – Dominio del tiempo – Acercamiento. . . . .	.69
Figura V.7.-Señal Portadora – Dominio de la Frecuencia. . . . .	.70
Figura V.8.-Señal Modulada en AM – Dominio tiempo y Frecuencia. . . . .	.70
Figura V.9.-Señal Modulada en DSB – Dominio tiempo y Frecuencia. . . . .	.70
Figura V.10.-Señal Modulada AM – En tiempo (acercamiento). . . . .	.71
Figura V.11.-Señal Modulada DSB – En tiempo (acercamiento). . . . .	.71
Figura V.12.-Señal Subportadora - acercamiento. . . . .	.71
Figura V.13.- Señal modulada en AM x subportadora (tiempo y frec.). . . . .	.72
Figura V.14.- Señal modulada en DSB x subportadora (tiempo y frec.). . . . .	.72
Figura V.15.- Señal demodulada AM (tiempo y frecuencia). . . . .	.72
Figura V.16.- Señal demodulada en DSB (tiempo y frecuencia). . . . .	.73
Figura V.17.- Comparación de gráfica en t de entrada y salida -AM. . . . .	.73
Figura V.18- Comparación de gráficas en t de entrada y salida –DSB. . . . .	.73
Figura V.19- Comparación imágenes de salida –AM y DSB. . . . .	.74
Figura V.20- Señal modulada en AM – Prueba ruidos. . . . .	.75
Figura V.21- Selección de los parámetros y tipos de Ruidos. . . . .	.75



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura V.22- Señal aleatoria - Ruido AWGN. . . . .	.76
Figura V.23-Ruido AWGN más señal modulada en AM. . . . .	.76
Figura V.24- Señal inicial Vs. Señal con ruido AWGN demodulada (en t). . . . .	.76
Figura V.25- Señal aleatoria – Ruido Blanco Uniforme. . . . .	.77
Figura V.26-Ruido Blanco Uniforme más señal modulada en AM. . . . .	.77
Figura V.27- Señal inicial Vs. Señal con ruido Blanco Uniforme demodulada (en t). . . . .	.77
Figura V.28- Señal aleatoria – Ruido de Poisson. . . . .	.77
Figura V.29-Ruido de Poisson más señal modulada en AM. . . . .	.78
Figura V.30- Señal inicial Vs. Señal con ruido de Poisson demodulada (en t)..	.78
Figura V.31-Imagen original – Prueba de Ruido 2. . . . .	.79
Figura V.32- Imagen de salida - Canal AWGN con desviación $\approx 0$ . . . . .	.79
Figura V.33-Imagen de salida - Canal AWGN con desviación $\approx 2E+6$ . . . . .	.80
Figura V.34-Imagen de salida - Canal AWGN con desviación $\approx 6E+6$ . . . . .	.80
Figura V.35- Imagen de salida - Canal Ruido Blanco Uniforme con Amplitud $2E+6$ . . . . .	.81
Figura V.36- Imagen de salida - Canal Ruido Blanco Uniforme con Amplitud $6E+6$ . . . . .	.81
Figura V.37- Imagen de salida - Canal Ruido de Poisson con media $2E+6$ . . . . .	.82



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura V.38.- Imagen de salida - Canal Ruido de Poisson con media $6E+6$ .	.82
Figura V.39.- Imagen de Video Entrante –RGB.	.83
Figura V.40.- Imagen de Video Entrante – Dominio del tiempo.	.84
Figura V.41.- Imagen de Video Entrante –Luminancia.	.84
Figura V.42.- Imagen de Video Entrante – Crominancia.	.84
Figura V.43.-Subportadora de color.	.85
Figura V.44.- Imagen de Video Entrante –B-Y.	.85
Figura V.45.- Imagen de Video Entrante –R-Y.	.85
Figura V.46.- Imagen de Video Entrante –Rojo.	.86
Figura V.47.- Imagen de Video Entrante –Azul.	.86
Figura V.48.- Imagen de Video Entrante –Verde.	.86
Figura V.49.-Comparación de Luminancia. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB . . . . .	.87
Figura V.50.-Comparación de Crominancia. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB . . . . .	.87
Figura V.51.-Comparación de Señales B -Y. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB . . . . .	.88
Figura V.52.-Comparación de Señales R -Y. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB . . . . .	.88



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura V.53.-Comparación de Señales R. Señal entrante, Salida AM	
y Salida DSB . . . . .	.89
Figura V.54.-Comparación de Señales B. Señal entrante, Salida AM	
y Salida DSB . . . . .	.89
Figura V.55.-Comparación de Señales G. Señal entrante, Salida AM	
y Salida DSB . . . . .	.90
Figura V.56.-Comparación de Imágenes Entrada y Salida. . . . .	.91
Figura V.57.- Descomposición RGB – Imagen de Entrada. . . . .	.91
Figura V.58.- Descomposición RGB – Imagen de Salida. . . . .	.92

**APÉNDICE A**

Figura A.1.- Diagrama de Bloque Modulación DSB . . . . .	.100
Figura A.2.- Señal Moduladora. . . . .	.101
Figura A.3.- Señal Portadora. . . . .	.101
Figura A.4.- Espectro de la señal moduladora. . . . .	.102
Figura A.5.- Espectro se la señal portadora. . . . .	.102
Figura A.6.- Modulación DSB. . . . .	.103
Figura A.7.- Espectro de la señal modulada DSB. . . . .	.103
Figura A.8.- Señal Subportadora. . . . .	.104



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura A.9.- Multiplicación Modulada por Subportadora. . . . .	.104
Figura A.10.- Espectro modulada por subportadora. . . . .	.104
Figura A.11.- Señal Demodulada. . . . .	.105
Figura A.12.- Modulación AM sin ruido. . . . .	.107
Figura A.13.- Señal moduladora. . . . .	.107
Figura A.14.- Señal portadora. . . . .	.108
Figura A.15.- Espectro señal moduladora. . . . .	.108
Figura A.16.- Espectro señal portadora. . . . .	.108
Figura A.17.- Modulación AM. . . . .	.109
Figura A.18.- Espectro señal modulada. . . . .	.109
Figura A.19.- Señal subportadora. . . . .	.110
Figura A.20.- Multiplicación Modulada por subportadora. . . . .	.110
Figura A.21.- Espectro modulada por subportadora. . . . .	.110
Figura A.22.- Señal remodulada. . . . .	.111
Figura A.23.- Señal Demodulada sin la DC. . . . .	.111
Figura A.24.- Diagrama de bloque Modulación AM con ruido. . . . .	.112
Figura A.25.- Ruido Blanco Gaussiano Aditivo. . . . .	.112
Figura A.26.- Señal después de pasar por el canal AWGN. . . . .	.113
Figura A.27.- Señal subportadora. . . . .	.113



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Figura A.28.- Multiplicación señal modulada por subportadora. . . . .	.114
Figura A.29.- Espectro señal modulada por subportadora. . . . .	.114
Figura A.30.- Señal Demodulada. . . . .	.115
Figura A.31.- Señal demodulada sin la DC. . . . .	.115

**APÉNDICE B**

Figura B.1- Señal modulada en DSB – Prueba ruidos. . . . .	.116
Figura B.2.-- Selección de los parámetros y tipos de Ruidos (2). . . . .	.116
Figura B.3- Señal aleatoria - Ruido AWGN (2). . . . .	.117
Figura B.4-Ruido AWGN más señal modulada en DSB. . . . .	.117
Figura B.5- Señal inicial Vs. Señal con ruido AWGN demodulada (en t). (2)	.117
Figura B.6.- Señal aleatoria – Ruido Blanco Uniforme (2). . . . .	.118
Figura B.7.-Ruido Blanco Uniforme más señal modulada en DSB. . . . .	.118
Figura B.8.- Señal inicial Vs. Señal con ruido Blanco Uniforme demodulada (en t) (2) . . . . .	.118
Figura B.9.- Señal aleatoria – Ruido de Poisson (2). . . . .	.119
Figura B.10.-Ruido de Poisson más señal modulada en DSB. . . . .	.119
Figura B.11- Señal inicial Vs. Señal con ruido de Poisson demodulada (en t). (2)	.119



## INTRODUCCIÓN

La visión y perspectiva práctica dentro de cualquier rama de la ingeniería, es la base principal para el aprendizaje y la formación de cualquier profesional en el área. Considerando esto, y analizando ciertas carencias presentes en los estudios de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Católica Andrés Bello, se ideó este Trabajo Especial de Grado, con el propósito de suprimir, en cierto nivel, la falta de experiencias encontradas por los estudiantes en diversas asignaturas; brindándoles con ello, un programa simulado, que les permita poder apreciar los efectos que ocurren en determinados casos reales y ofreciéndoles una nueva forma de adquirir conocimientos teóricos.

La simulación a efectuar, pretende recrear un sistema de comunicaciones completo, donde las principales señales a procesar, serán señales de video analógicas. Dentro del programa se permitirán establecer cambios, dándoles la posibilidad a los usuarios de analizar las diferencias ocurridas al implementar diferentes mecanismos y elementos dentro del sistema, así como la oportunidad de interactuar y conocer más acerca de las señales de video.

El Trabajo Especial de Grado que se muestra a continuación, está estructurado en diversos Capítulos a manera de facilitar la comprensión del lector. En el capítulo I, se podrá encontrar todo lo referente al planteamiento del proyecto, indicándose los objetivos que se persiguen y los beneficios aportados por este trabajo. En el segundo capítulo se detallan todos los conocimientos teóricos, que dieron pie a la elaboración del programa a presentar.

Más adelante en el capítulo III, referente a la metodología, se hace un breve análisis acerca de los pasos y actividades a seguir para la ejecución de este Trabajo Especial de Grado, describiendo y desarrollando cada una de ellas posteriormente en el capítulo IV.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Finalmente, se presenta el capítulo V, correspondiente a los resultados obtenidos con la ejecución de este proyecto, emitiéndose posteriormente las conclusiones y recomendaciones más favorables para el mejor desempeño e implementación del mismo.

Se espera que este Trabajo Especial de Grado, dé las mejores oportunidades de aprendizaje y estudio para las personas que dispongan de él, y a su vez, sirva de herramienta de trabajo para los profesores y preparadores que hacen uso de su implementación, ya que favorecerá la captación y comprensión del estudiantado.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**

En este capítulo, se exponen con detalle los principales problemas que fueron considerados como las bases fundamentales para el desarrollo y ejecución de este Trabajo Especial de Grado.

A continuación, se plantean todos aquellos inconvenientes que se requieren resolver y que surgieron con la elaboración de este proyecto, así como los objetivos propuestos, por el equipo de trabajo, para el logro del mismo. A su vez, se da una breve justificación acerca del porque este proyecto es beneficioso y productivo, comentando posteriormente las limitaciones y alcances que coordinan y regulan la implementación de este experimento.

#### **I.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Este Trabajo Especial de Grado plantea modelar un sistema de comunicaciones completo, simulado por medio de un Software propietario y orientado a la transmisión, transporte y recepción de una señal de video.

Con la creación de este proyecto se busca solventar, de alguna manera, la carencia de estudios prácticos en ciertas asignaturas ofrecidas por la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones en la Universidad Católica Andrés Bello; áreas que son de gran conveniencia para la formación y desarrollo de futuros Ingenieros en Telecomunicaciones.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Como estudiantes de la carrera, los creadores de este proyecto ven la necesidad de mejoras e incentivos que favorezcan el aprendizaje de determinadas materias relacionadas con la profesión, ya que en muchas oportunidades, los conceptos teóricos ofrecidos, no quedan asimilados ni retenidos completamente por los estudiantes, los cuales se beneficiarían totalmente a través de una visión práctica y tangible de lo teórico y de las acciones que ocurren en la realidad.

Algunos de los estudios y análisis que pueden ofrecerse con el empleo de esta simulación, es el de detectar los errores y defectos que se presentan en los sistemas de comunicaciones reales, debido a las limitaciones de algunos equipos que conforman los sistemas, o a causa de efectos atmosféricos, ruidos hechos por el hombre, o posibles errores producidos en la transmisión y recepción de las señales, etc.

Por otra parte, este Trabajo especial de Grado brindaría a los estudiantes más información y dominio acerca del manejo de las señales de video, ya que dentro del Pensum de estudio de Ingeniería en Telecomunicaciones de la UCAB, existen muy pocas asignaturas que ofrezcan conocimiento en estas áreas.

A continuación, se destacan los principales objetivos propuestos para el desarrollo de este proyecto, a fin de lograr las soluciones deseadas para los problemas planteados.

### **I.2.- OBJETIVOS**

#### **I.2.1.- Objetivo General**

Modelar y simular, a través de un software propietario de simulación, un sistema de comunicaciones completo orientado a la transmisión y recepción de una señal de video analógica.

---



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

### **I.2.2.- Objetivos Específicos**

1. Investigar con detenimiento acerca de los sistemas de comunicaciones y los diversos elementos que los componen; para el logro del procesamiento, transmisión, envío y recepción de una señal de video.
2. Analizar cuales software existentes son favorables y recomendables para efectuar la simulación de un sistema de comunicaciones y decidir cual de ellos se empleará para la elaboración y ejecución del proyecto, según sus propiedades y conveniencias.
3. Solicitar y disponer de un equipo de videocámara para la transmisión de la señal de video, así como de un computador de gran capacidad de memoria y rapidez para ejecutar la simulación. (La cámara y el computador serán aportados por los participantes del proyecto).
4. Adquirir y verificar el funcionamiento de la tarjeta de captura de datos, para su empleo como parte indispensable de este proyecto.
5. Definir, analizar y probar el funcionamiento a través del software de simulación, de cada uno de los módulos que conforman un sistema de comunicaciones.
6. Realizar la simulación del sistema de comunicaciones completo para una señal sinusoidal cualquiera, a través del software de simulación y de la interacción de todos los módulos previamente analizados y probados, con el fin de corroborar el funcionamiento del sistema.
7. Efectuar el montaje del Hardware (videocámara, tarjeta de captura y computador), verificar el buen funcionamiento del mismo y proceder a la simulación con la señal de video adquirida.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

8. Analizar los resultados obtenidos en la simulación, a través del empleo de analizadores de espectro y osciloscopios simulados, efectuando comparaciones entre la entrada y la salida del sistema.
9. Monitorear la señal de salida a través del Software, para apreciar los resultados obtenidos y establecer con ello las diferencias con respecto a la señal de entrada.
10. Realizar modificaciones en ciertos elementos del sistema de comunicaciones, tanto en la parte Transmisora, como en el canal y la parte Receptora, para ver como los cambios pueden afectar y mejorar la salida del sistema.
11. Analizar y concluir cuales son las alternativas que pueden generar mejoras al sistema de Comunicaciones presentado, basándose en los análisis previos.
12. Estructurar el trabajo especial de grado.

Para el cumplimiento de estos objetivos, se establecieron una serie de métodos y actividades a realizar. Estas acciones son expuestas y detalladas en los Capítulos III y IV de este trabajo.

### **I.3.- JUSTIFICACIÓN**

Con la realización de este proyecto, se pretende construir una herramienta que brinde a sus usuarios la oportunidad de interactuar, conocer y deducir cuales serán los resultados obtenidos en un sistema de comunicaciones, definido con los parámetros que el usuario quiera establecer, tanto en el lado transmisor, en el canal de comunicación, así como en el lado receptor (Ej. cambios en los módulos transmisores y receptores, y en los tipos de ruidos añadidos al canal). Permitiendo a su vez, conocer en detalle las formas y manejo de las señales de video.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Por otra parte, este proyecto será un gran instrumento de estudio y trabajo, para los estudiantes, ya que con su implementación se tendrá la posibilidad de conocer detalles sobre varias materias simultáneamente, ejecutando un solo proceso.

El presente trabajo busca alcanzar un razonable grado de precisión en la simulación, permitiendo un importante acercamiento a la realidad de lo que acontece en un sistema de comunicaciones, brindando a los usuarios un mejor conocimiento sobre la interacción de los diferentes componentes que conforman al sistema simulado, una mayor exactitud en futuros cálculos basados en sistemas similares y un más claro entendimiento de cómo un canal de transporte no ideal, puede afectar a las señales transmitidas, enfocándose principalmente en la transmisión de señales de video.

### **I.4.- LIMITACIONES**

La elaboración e implementación de este proyecto, se encuentra fuertemente limitado por un conjunto de factores, principalmente relacionados con el equipamiento del Hardware y el Software a emplear, que es propietario. Lo anterior obliga a contar con la licencia del mismo para conocer, a través de los manuales y especificaciones técnicas detalladas, el uso adecuado de los módulos y la disposición de las librerías requeridas. Los participantes se pusieron en contacto con el representante el software en Venezuela, y no obtuvieron feedback alguno.

En primer lugar, para poder ejecutar el programa de simulación, el computador a utilizar debe disponer de una versión legal y certificada del Software de Simulación escogido para la realización de este trabajo (LabView 7.1 o versiones superiores). Se requiere además de librerías especializadas del software para la posible adquisición de la señal de video (como lo son el módulo de Visión Development versión 7.1 y el driver NI-Imaq-USB).



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

A su vez, para proceder a la captura de video, es indispensable la tenencia de una videocámara, la cual brinde la posibilidad de generar una señal de video analógica, y de una tarjeta de captura de datos que sea compatible con el Software de Simulación y la videocámara a emplear para el proyecto.

Se requiere también, de un computador de alta capacidad de memoria y rapidez, a manera de que el procesamiento de la señal de video a través del sistema de comunicaciones simulado pueda ser llevado a cabo.

### **I.5.- ALCANCES DEL PROYECTO**

Este Trabajo Especial de Grado, puede ser empleado por profesores o preparadores de la UCAB, en laboratorios o asignaturas correspondientes a procesamientos de señales y comunicaciones, a manera de ampliar el contenido de sus materias, dándoles una visión mucho más prácticas y ofreciendo nuevas formas de estudio y comprensión para los estudiantes.

El proyecto incluye, un amplio estudio de las asignaturas de Comunicaciones, Audio y Video, Señales y sistemas, entre muchas otras, permitiendo al estudiantado el reforzamiento de conceptos en más de una sola materia de estudio.

Aparte de la versión de simulación ofrecida, para señales de video capturadas a través de videocámaras y tarjetas, el programa también ofrece la oportunidad de que la imagen pueda ser adquirida por medio de una webcam a través de un puerto USB, para aquellos casos en que la adquisición de cámaras de video y tarjetas de captura sea más difícil.

Todo el desarrollo de estos puntos se detalla en los próximos capítulos. En la sección mostrada a continuación, se expondrán todos los conceptos relacionados con el área, requeridos y empleados para la elaboración de este trabajo.



## CAPÍTULO II

### MARCO REFERENCIAL

En este capítulo, se presentan los conceptos más destacados e importantes que se tomaron en cuenta para la elaboración de este Trabajo Especial de Grado. Todo lo que se señala y abarca a continuación, sirvió de referencia y base de estudio para el planteamiento de este proyecto, así como para idear las posibles soluciones al problema que se plantea.

Para poder llevar a cabo la ejecución de este trabajo, fueron indispensables una gran cantidad de conceptos y conocimientos estudiados a lo largo de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones, por lo que se requirió, principalmente, de un buen desarrollo y base en las asignaturas asociadas a Señales y Sistemas, Comunicaciones y Sistemas de audio y video.

A razón de que el proyecto consiste en la creación de un sistema de comunicaciones a través de una simulación, es indispensable conocer todos los elementos que integran y conforman a cada uno de estos sistemas, y todo lo referente a su aplicación y funcionamiento; así como lo concerniente a señales de video, ya que es el elemento principal con el que se trabajará a lo largo de este proyecto; todo esto antes de proceder a realizar la metodología de la investigación.

#### II.1.- SISTEMAS DE COMUNICACIONES

En primer lugar se debe tener en cuenta que la comunicación es la transferencia de información con sentido, desde un lugar (remitente, fuente, transmisor) a otro (destino, receptor). (<http://www.eveliux.com/>)

Esta información que desea transmitirse, es un patrón físico al cual se le asigna un significado comúnmente acordado. El patrón debe ser único (separado y



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

distinto), capaz de ser enviado por el transmisor, y de ser detectado y entendido correctamente por el receptor.

Si la información es intercambiada entre comunicadores humanos, por lo general se transmite en forma de sonido, luz o patrones de textura, de manera que pueda ser detectada por los sentidos primarios del oído, vista y tacto. En cualquiera de los casos que se presenten, el receptor asumirá que no se está comunicando información, si no se reciben patrones reconocibles. (<http://www.eveliux.com/>)

De igual manera sucede en todos los mecanismos y medios existentes para el establecimiento de las comunicaciones, a corta o larga distancia, donde la única diferencia a lo antes mencionado es que las señales, bien sean analógicas o digitales, son enviadas y recibidas por equipos radioeléctricos, los cuales permiten el establecimiento de la comunicación. En el siguiente punto, se detallan con mayor precisión la funcionalidad y características de éstos elementos.

### II.2.- ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES

En toda transferencia de información existen ciertos elementos básicos, imprescindibles uno del otro: el transmisor, el canal de transmisión y el receptor. (Tomasi, 2003). La siguiente figura muestra un diagrama de bloques, el cual hace referencia al modelo básico de cualquier sistema de comunicaciones, donde se resaltan los principales componentes encargados del intercambio de información.

**Figura II.1.- Elementos básicos de un sistema de comunicaciones.** Fuente: Elaboración Propia

Como pudo observarse en el diagrama, se requieren como mínimo cinco elementos claves para establecer una comunicación entre dos entidades cualesquiera. (Stallings, 2000). A continuación, se explican brevemente cada uno de ellos.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- **Fuente:** Dispositivo que genera los datos a transmitir.
- **Transmisor:** Transforma y codifica la información, produciendo señales electromagnéticas para ser transmitidas a través de algún sistema de transmisión.
- **Medio de transmisión:** Puede ser un cable desde una simple línea de transmisión hasta una compleja red que conecte la fuente con el destino.
- **Receptor:** Elemento que acepta la señal proveniente del sistema de transmisión y la convierte, de tal manera que pueda ser manejada por el dispositivo destino.
- **Destino:** Dispositivo que toma los datos del receptor.

En los segmentos desarrollados de seguido, se destacan las principales características y funciones que cumplen los transmisores, receptores y canales de transmisión dentro de los sistemas de comunicaciones, enfocándolos principalmente hacia el área de las telecomunicaciones y haciendo énfasis en los mecanismos a implementar para este proyecto.

### II.2.1.- Etapa de Transmisión

Como se mencionó previamente, este dispositivo es el encargado de pasar el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante, en este segmento, es la modulación, proceso por el cual se logra el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora. (<http://www.eveliux.com/>)



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

En otras palabras, la modulación consiste en el proceso de imprimir señales de información de baja frecuencia, en una señal portadora de alta frecuencia, a manera de ajustar la señal a las características más deseadas y convenientes. (Tomasi, 2003).

A continuación se puntualizan los diversos tipos de modulación analógica existentes, lo que será de gran ayuda e importancia a lo largo de este proyecto, ya que permitirán establecer el tipo de procesamiento más favorable para las señales a utilizar.

### **II.2.1.1.- Modulación en Amplitud**

La modulación en amplitud (AM), es un proceso que consiste en efectuar cambios en la amplitud de una señal portadora, de frecuencia relativamente alta, de acuerdo con la amplitud de una señal modulante (información a transmitir). Los diferentes tipos de modulación AM son:

- Modulación AM Convencional
- Modulación en doble banda lateral (DSB - SC)
- Modulación banda lateral única (SSB)
- Modulación de banda lateral vestigial (VSB, ó VSB-AM)

Cada uno de ellos, es desarrollado brevemente a continuación.

#### Modulación AM Convencional

Es un tipo de modulación lineal, que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora con las variaciones de nivel de la señal moduladora, al igual que cualquier modulación AM. La principal diferencia con el resto, es que esta modulación se basa en la multiplicación del mensaje a transmitir  $m(t)$  por la portadora sinusoidal y, a su vez, sumarle a esta multiplicación, dicha portadora. Por esta razón, también es conocida como modulación con portadora o DSB – LC (DSB – Large Carrier). La expresión matemática de una señal modulada en AM convencional, es la siguiente:



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

$$S(t) = A_c [1 + m \cdot m(t)] \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) \quad \text{[II-1]}$$

Donde:

$S(t)$  = Señal Modulada

$m(t)$  = Señal moduladora normalizada con respecto a su amplitud

$A_c$  = Amplitud de la Portadora

$m$  = Índice de modulación

$f_c$  = Frecuencia de la onda portadora

La modulación AM convencional, es usada en la radiofonía, en las ondas medias, ondas cortas, e incluso en VHF (utilizada en las comunicaciones radiales entre los aviones y las torres de control de los aeropuerto). Este proceso es equivalente a la modulación en doble banda lateral – DSB (expuesta a continuación), con re inserción de portadora.

Modulación en doble banda lateral (DSB)

La modulación en doble banda lateral, (Double Side Band - DSB), es una modulación lineal que consiste en multiplicar temporalmente la señal moduladora por la señal portadora; lo que equivale en el dominio de la frecuencia a hacer la convolución de sus espectros, según las propiedades de la transformada de Fourier. Debido a que no incluye la suma de la portadora, empleada en la modulación anterior, esta modulación DSB, es más conocida como DSB – SC (DSB- Suppressed Carrier). La expresión matemática de una señal modulada en DSB es la siguiente:

$$S(t) = A_c \cdot m \cdot m(t) \cdot \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) \quad \text{[II-2]}$$

Donde los elementos mencionados, son idénticos a los descritos en el punto anterior.

Los transmisores y receptores DSB son más sencillos de fabricar que los transmisores y receptores de Banda lateral única (SSB), y por lo tanto, son frecuentemente utilizados por radioaficionados que construyen sus propios equipos.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Modulación banda lateral única (SSB)

La modulación en banda lateral única (BLU) (Single Side Band - SSB), consiste en transmitir una sola banda lateral de información, en lugar de transmitir las dos bandas, como se hacía en el caso DSB.

En la transmisión AM se gasta la mitad de la energía en transmitir la onda portadora, y sólo un cuarto de energía en transmitir la información de la señal moduladora, en una banda de frecuencias por encima de la portadora. El otro cuarto se consume en transmitir exactamente la misma información, pero en una banda de frecuencias por debajo de la portadora. Es evidente que ambas bandas laterales son redundantes, por lo que sería suficiente el envío de una sola. Por otra parte, la portadora tampoco sería necesaria.

Por medio de filtros colocados en el circuito de transmisión, el transmisor BLU elimina la portadora y una de las dos bandas. El receptor, para poder reproducir la señal que recoge, genera localmente, con el empleo de un oscilador, la portadora no transmitida, y con la banda lateral que recibe, reconstruye la información de la señal moduladora original (Esto se detallará más adelante, en la sección referente al receptor). La expresión matemática de una señal modulada en SSB es la siguiente:

$$S(t) = \frac{Ac.m}{2} .m(t).Cos (2.\pi.fc.t) + \frac{Ac.m}{2} .r(t).Sen (2.\pi.fc.t) \quad [II-3]$$

Donde se tienen los mismos elementos de las modulaciones anteriores, excepto:

$r(t)$ = Transformada Hilbert de  $m(t)$ .

La superioridad tecnológica de la Banda Lateral Única, sobre la Amplitud Modulada (AM), reside en la necesidad de gastar sólo un cuarto de la energía para transmitir la misma información. En contrapartida, los circuitos de transmisores y receptores son más complejos y más caros.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Otra ventaja de esta modulación estriba en que la potencia de emisión se concentra en un ancho de banda más estrecho (normalmente 2,4 KHz); por lo tanto, es muy sobria en el uso de las frecuencias, permitiendo más conversaciones simultáneas en una banda dada.

### Modulación de banda lateral vestigial (VSB, ó VSB-AM)

La modulación de banda lateral vestigial, (Vestigial Side Band - VSB), es una modulación lineal, que consiste en transmitir una banda lateral de información y parte de la otra, filtrándola parcialmente. Estas bandas, son resultado previo de una modulación en doble banda lateral o de una modulación AM. (Pérez, 2004).

Por lo tanto, una señal VSB puede ser vista como una señal DSB o AM filtrada de manera muy particular. Las características de dicho filtro (filtro VSB), se deducen imponiendo como condición que el mensaje se pueda recuperar con un detector síncrono, el cual será explicado posteriormente.

La expresión matemática de una señal modulada en VSB es la siguiente:

$$S(t) = \frac{1}{2} \cdot A_c \cdot m(t) \cdot \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) + \frac{1}{2} \cdot A_c \cdot m_Q(t) \cdot \sin(2\pi \cdot f_c \cdot t) \quad [\text{II-4}]$$

Donde:

$m_Q(t)$  = señal  $m(t)$  filtrada a través del filtro  $H_Q(t)$  (filtro Vestigial).

Analizando esta ecuación, puede observarse que existe un gran parecido entre la expresión temporal de la señal VSB y la de la señal SSB.

Cuando se quiere ahorrar ancho de banda, la modulación SSB parece la más adecuada. Sin embargo, dado que es imposible eliminar exactamente la banda indeseada, este esquema de modulación produce una mala reproducción de las bajas frecuencias; además es bastante complicado generarla y detectarla. Es por ello, que



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

aparece la modulación VSB, la cual mejora estos dos últimos problemas a cambio de un ligero aumento del ancho de banda.

La aplicación más difundida de VSB es en TV comercial. Esta modulación se utiliza en la transmisión de la componente de luminancia en los sistemas PAL, SECAM y NTSC de televisión analógica (desarrollados en segmentos posteriores). Es por esta razón que esta modulación será una de las más empleadas para este proyecto, ya que se trabajará con una señal de video analógica.

Para la aplicación de TV comercial, no se envía estrictamente la señal VSB que se ha analizado, sino que en el transmisor se filtra la señal en forma simple, eliminando la banda indeseada sin un control estricto, y es en el receptor cuando se termina de conformar la característica VSB. Esto se hace así, ya que es más fácil darle la forma adecuada al espectro en el receptor, porque con niveles de potencia más bajos se alcanza una menor distorsión. (Pérez, 2004).

De la expresión temporal de la señal VSB se observa que el mensaje se puede rescatar con un detector síncrono; sin embargo como la principal aplicación de VSB es la transmisión de señales de televisión, en donde se tienen muchos receptores, el sistema de demodulación empleado es el basado en un detector de envolvente. Para esto es necesario agregar a la señal VSB la portadora. (Los sistemas de recepción serán detallados más adelante).

En TV se utiliza un vestigio de 0.75 MHz el cual es aproximadamente  $1/6$  del ancho de banda total.

### **II.2.1.2.- Modulación Angular**

La modulación angular, a diferencia de la modulación en amplitud, es llevada a cabo por medio de cambios o variaciones en la frecuencia o la fase de una señal portadora.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Este tipo de modulación es clasificado en dos:

- Modulación en frecuencia (FM)
- Modulación en fase (PM)

En ambos casos, la amplitud de la onda portadora se mantiene constante. Por esta razón, a estos tipos de modulación se les designa también como de envolvente constante, en tanto que a la modulación de amplitud es denominada de envolvente variable.

El inconveniente de estas dos formas de modulación, es que requieren mayor ancho de banda que la modulación en amplitud. (Tomasi, 2003).

Modulación en frecuencia

La modulación en frecuencia, es aquella donde se hace variar la frecuencia de la señal portadora, efectuando cambios que simulen la señal original a modular. A mayor frecuencia de la señal moduladora, más rápidamente se desviará la frecuencia de su valor central.

La expresión matemática de una señal modulada en FM es la siguiente:

$$S(t) = A_c \cdot \cos [(2\pi \cdot f_c \cdot t) + k_1 \cdot a \cdot \text{Sen}(2\pi \cdot f_m \cdot t)] \quad \text{[II-5]}$$

Donde los elementos señalados, son similares a los descritos en AM, excepto:

$k_1$  = Constante de modulación

$a$  = Amplitud de la señal moduladora

$f_m$  = Frecuencia de la señal moduladora

Modulación en fase

La modulación en fase, es aquella donde se hace variar la fase de la señal portadora, efectuando cambios que recreen la señal original a modular.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

La expresión matemática de una señal modulada en PM es la siguiente:

$$S(t) = A_c \cdot \cos [(2 \cdot \pi \cdot f_c \cdot t) + k_2 \cdot a \cdot \text{Sen} (2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot t)] \quad [\text{II-6}]$$

Donde:

$k_2$  = Constante de modulación

$a$  = Amplitud de la señal moduladora

$f_m$  = Frecuencia de la señal moduladora

### II.2.2.- Etapa de Recepción

La función del Receptor es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original. (<http://www.eveliux.com/>).

Para proceder a la demodulación de una señal modulada en amplitud, existen dos procesos de detección:

- Demodulación síncrona o coherente
- Demodulación por detección de envolvente o no coherente

A continuación se presenta una breve explicación de cada uno de ellos, ya que fueron los procesos tomados en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

#### II.2.2.1- Demodulación síncrona o coherente

Este proceso requiere en el receptor, una portadora de frecuencia y fase totalmente sincronizada con la portadora empleada en el transmisor. Este tipo de

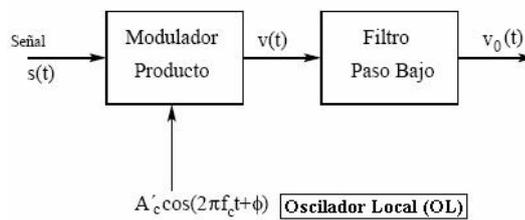


SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

detección es complejo y costoso, por lo que en casos reales, sólo se usa en la demodulación de señales AM sin portadora presente.

Como se puede apreciar en el esquema mostrado a continuación, la señal es recuperada, a través de la multiplicación de la señal obtenida en el receptor por una señal sinusoidal generada en forma local (OL) y el posterior filtrado de dicha multiplicación.

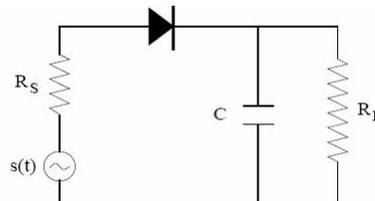


**Figura II.2.- Esquema de un detector coherente.** Fuente: Elaboración Propia

### II.2.2.2- Demodulación por detección de envolvente o no coherente

Este procedimiento no requiere en el receptor de una portadora sincronizada. Basta con la presencia de un dispositivo simple que detecte la envolvente de la señal modulada AM.

Idealmente, un detector de envolvente produce una señal a la salida, que sigue a la envolvente de la señal de entrada. Una versión de este esquema es el que se utiliza normalmente en los receptores de AM comerciales. En la figura II.3 puede verse dicho esquema de forma simplificada.



**Figura II.3.- Esquema de un detector de envolvente.** Fuente: Elaboración Propia



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Como se puede apreciar, se requiere de la presencia de dispositivos como diodos, condensadores e impedancias para su posible implantación.

En el ciclo positivo de la señal de entrada, el diodo está polarizado en directa por lo que el condensador se carga rápidamente hasta el valor de pico de la señal de entrada. Cuando la señal de entrada baja de su valor de pico, el diodo pasa a inversa y el condensador se descarga lentamente a través de la carga. Este proceso de descarga continúa hasta el siguiente período positivo, para el que la señal a la entrada del diodo es mayor que la señal a la salida, momento en el cual el diodo pasa a directa y el condensador se vuelve a cargar, y así sucesivamente. Se está suponiendo que el diodo es ideal, de forma que la impedancia en directa sea cero e infinito en inversa.

Si la impedancia de la fuente es  $R_s$ , se tiene que cumplir que el tiempo de carga del condensador sea pequeño con respecto al periodo de la portadora, de modo que el condensador se cargue rápidamente y siga a la señal de entrada hasta su valor pico. A su vez, el tiempo de descarga a través de la carga  $R_L$  debe ser suficientemente largo para asegurar que el condensador se descargue lentamente entre dos picos de la señal portadora, pero no demasiado lento para que se pueda descargar y seguir a la envolvente de la señal modulada en amplitud.

El resultado es que la señal en la carga es muy similar a la envolvente de la señal AM. La salida del detector de envolvente suele tener un pequeño rizado a la frecuencia de la portadora.

De manera resumida, puede establecerse que una señal modulada en amplitud puede ser recuperada satisfactoriamente a través del empleo de un detector de envolvente o el uso de detección síncrona. La selección del método más apropiado, siempre dependerá del entorno en el que se trabaje y el tipo de modulación implementado durante el proceso de transmisión. Por razones prácticas y convenientes, el método de detección que será más implementado para el desarrollo de este proyecto, es la demodulación síncrona o coherente.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

### **II.2.3.- Canal de Transmisión**

Luego de explicar a detalle los elementos transmisores y receptores de un sistema de comunicaciones, es elemental considerar el tercer elemento básico y clave para el posible transporte de la información, denominado canal de transmisión.

El canal de transmisión o medio, es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, que viene a ser la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

Para poder transmitir una señal es necesario contar con un medio físico real que permita la propagación de la onda electromagnética. Al desplazarse esta onda, va sufriendo alteraciones durante su recorrido, justamente por encontrarse en un canal real y no ideal. Estas alteraciones son producto del ruido y la distorsión. (<http://www.gestiondominios.com/>)

Como se ha mencionado previamente, el proyecto a realizar será simulado en su totalidad, y por ello, el canal del sistema de comunicación será también una simulación, en la que se le añadirán características de ruido y otros elementos que produzcan alteraciones en la señal de salida, de forma de idear un canal muy similar a los que se tienen en condiciones reales.

#### **II.2.3.1- Perturbaciones en la transmisión**

La transmisión a través de cualquier medio físico, siempre esta ligada a fenómenos y perturbaciones que impiden la llegada perfecta de la información al receptor. Estos fenómenos se pueden clasificar en:

- Distorsión
- Atenuación
- Ruido



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

### Distorsión

La Distorsión es un fenómeno causal, no aleatorio, producido por la propia constitución de los circuitos eléctricos, que se establece a través del medio de comunicaciones a causa de las características reactivas de éstos. En términos prácticos, es una deformación de la señal respecto de la forma inicial que tenía. (Tomasi, 2003).

Se puede clasificar según las causas que la originan como:

- Distorsión por atenuación (la causa la impedancia)
- Distorsión por retardo de grupo (la velocidad en función de la frecuencia)
- Distorsión por efectos meteorológicos (por lluvia, polvo, etc.)

### Atenuación

La atenuación, es una pérdida de energía eléctrica en función de la resistencia del cable. Esta se puede apreciar en la disminución de la amplitud de la señal, en función de la distancia recorrida por la misma (Es proporcional, a mayor distancia, mayor atenuación, lo que implica reducción en la amplitud de la señal).

Esta pérdida se expresa en decibeles (dB) y, a menor atenuación, corresponde mayor performance de calidad del medio. (<http://www.ilustrados.com/>)

### Ruido

El ruido es un fenómeno causal, que ocurre en forma aleatoria, debido a fenómenos tales como tormentas, emisiones radiales, etc. Son señales eléctricas no deseadas que alteran la transparencia de las señales transmitidas, ya que se introducen de forma endógena o exógena en el canal de comunicaciones, sumándose a la señal útil y produciendo deformaciones de la información.

Los tipos de ruido más comunes son:



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- Ruido Blanco Uniforme: Definido como un ruido aleatorio que contiene energía constante a cada frecuencia, o más preciso, una distribución uniforme de la energía sobre el espectro de frecuencias.
- Ruido Blanco Gaussiano Aditivo (AWGN): Es un ruido simultáneamente blanco (no hay correlación en el tiempo) y gaussiano (ya que emplea la distribución probabilística de Gauss), combinando las características de ambos. Presenta una media igual a cero y desviación estándar relacionada con la relación señal a ruido.
- Ruido de Poisson: También conocido como ruido fotónico, es un ruido puramente estadístico, no puede eliminarse. Su desviación es meramente aleatoria, por lo que se cuantifica según la distribución de Poisson. El ruido fotónico vale la raíz cuadrada del total de la señal, en términos de electrones presentes.
- Desvanecimiento Rayleigh: El desvanecimiento Rayleigh es causado por la recepción de múltiples señales. Este factor reduce la eficiencia de uso del espectro con pocos canales de ancho de banda.
- Desvanecimiento Rician: Es un tipo de desvanecimiento de baja escala que ocurre sobre un componente de la señal dominante estacionaria, en un trayecto con visión directa entre el transmisor y el receptor.
- Ruido de intermodulación: Es producido por la perturbación de un canal de comunicaciones sobre otro. Puede ocurrir al multiplexar varias señales en un mismo canal y superponerse algunos armónicos.

Durante la elaboración de este proyecto, se considerarán principalmente los ruidos blanco uniforme, blanco Gaussiano aditivo y ruido de Poisson, para llevar a cabo los análisis prácticos.



### II.2.3.2 – Capacidad del canal

Se llama capacidad del canal a la tasa a la que se pueden transmitir los datos en un canal de comunicación. La tasa de transmisión de datos es la velocidad expresada en bits por segundo a la que se puede transmitir la información. El ancho de banda de la señal transmitida está limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio de transmisión.

Para un ancho de banda determinado es aconsejable la mayor velocidad de transmisión posible, que no supere el umbral permitido de la tasa de errores aconsejable.

Con un ancho de banda dado “B”, la mayor tasa de transmisión posible es “2B”, pero si se permite (con señales digitales) codificar más de un bit en cada ciclo, es posible transmitir más cantidad de información.

La formulación de Nyquist señala que aumentado los niveles de tensión diferenciables en la señal, es posible incrementar la cantidad de información transmitida. El problema de esta técnica, es que el receptor debe ser capaz de diferenciar más niveles de tensión en la señal recibida, cosa que es dificultada por el ruido. Cuanto mayor es la velocidad de transmisión, mayor es el daño que puede ocasionar el ruido.

Shannon propuso la fórmula que relaciona la potencia de la señal (S), la potencia del ruido (N), la capacidad del canal (C) y el ancho de banda (B). Esta expresión es la indicada en la ecuación [II-7].

$$C = B \log_2 ( 1+S/N ) \quad [II-7]$$

Esta capacidad es la capacidad máxima teórica de cantidad de transmisión, pero en la realidad, es menor debido a que no se ha tenido en cuenta nada más que el ruido térmico. (<http://www.ilustrados.com/>)



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Con este punto, se cierra la sección que compone a cada uno de los elementos principales de un sistema de comunicaciones. No sin antes hacer una pequeña exposición, acerca de uno de los principales elementos que conforma tanto a los equipos transmisores como receptores, y que permiten la mejor recepción posible de la información, los filtros.

### II.2.4.- Filtros

Tanto en los transmisores como en los receptores es indispensable el empleo de filtros, encargados de seleccionar que segmentos de la señal se desean tomar y cual parte será rechazada. Para este proyecto, la presencia de este elemento será básica para la construcción de los transmisores y receptores.

Teóricamente, un filtro eléctrico o electrónico es un elemento que discrimina una determinada frecuencia o gama de frecuencias de una señal eléctrica que pasa a través de él, pudiendo modificar tanto su amplitud como su fase.

#### II.2.4.1.- Función de transferencia

Esta función determina la forma en que la señal a ser filtrada, cambia en amplitud y en fase al atravesar el filtro. La función de transferencia elegida tipifica el filtro. Algunos filtros habituales son:

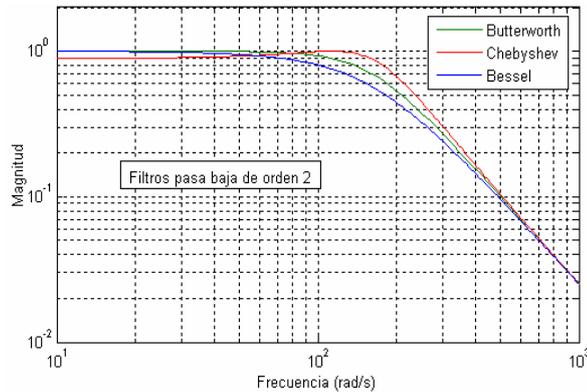
- Filtro de Butterworth: Conformado por una banda de paso suave y un corte agudo.
- Filtro de Chebychev: Compuesto por un corte agudo y una banda de paso con ondulaciones.
- Filtros elípticos o de Cauer: Forman una zona de transición más abrupta que los anteriores, a costa de oscilaciones en todas sus bandas.
- Filtro de Bessel: En el caso de ser analógicos, aseguran una variación de fase constante.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

La siguiente imagen, muestra una pequeña comparación entre los cortes de los Butterworth, Chebyshev y Bessel, para un mismo orden.



**Figura II.4.- Comparación de cortes de diversos Filtros.** Fuente: <http://es.wikipedia.org/>

Se puede llegar a expresar matemáticamente la función de transferencia en forma de fracción mediante las transformaciones en frecuencia adecuadas. Se dice que los valores que hacen nulo el numerador son los ceros y los que hacen nulo el denominador son polos. El número de polos y ceros indica el orden del filtro y su valor determina las características del filtro, como su respuesta en frecuencia y su estabilidad. (<http://es.wikipedia.org/>)

### II.2.4.2. – Tipos de Filtro

Atendiendo a sus componentes constitutivos, naturaleza de las señales que tratan, respuesta en frecuencia y método de diseño, los filtros se clasifican en los distintos grupos que a continuación se indican:

#### Según respuesta frecuencia

- **Filtro paso bajo:** Es aquel que permite el paso de frecuencias bajas, desde frecuencia 0 o continua hasta una determinada. Presentan ceros a alta frecuencia y polos a bajas frecuencia.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- Filtro paso alto: Es el que permite el paso de frecuencias desde una frecuencia de corte determinada hacia arriba, sin que exista un límite superior especificado. Presentan ceros a bajas frecuencias y polos a altas frecuencias.
- Filtro pasa banda: Son aquellos que permiten el paso de componentes frecuenciales contenidos en un determinado rango de frecuencias, comprendido entre una frecuencia de corte superior y otra inferior.
- Filtro rechaza banda: Es el que dificulta el paso de componentes frecuenciales contenidos en un determinado rango de frecuencias, comprendido entre una frecuencia de corte superior y otra inferior.
- Filtro multibanda: Es aquel que presenta varios rangos de frecuencias en los cuales hay un comportamiento diferente.
- Filtro variable: Es aquel que puede cambiar sus márgenes de frecuencia.

### Filtros activos y pasivos

- Filtro pasivo: Es aquel que está constituido únicamente por componentes pasivos como condensadores, bobinas y resistencias.
- Filtros activos: Es aquel que puede presentar ganancia en toda o parte de la señal de salida, respecto a la de entrada. En su implementación se combinan elementos activos y pasivos. Siendo frecuente el uso de amplificadores operacionales, que permite obtener resonancia y un elevado factor Q sin el empleo de bobinas.

### Filtros analógicos o digitales

Atendiendo a la naturaleza de las señales tratadas los filtros pueden ser:

- Filtro analógico: Diseñado para el tratamiento de señales analógicas.
- Filtro digital: Diseñado para el tratamiento de señales digitales.



### **II.3.- SEÑAL DE VIDEO**

Luego de explicar a detalle cada uno de los componentes básicos de un sistema de comunicaciones, es de gran importancia hacer referencia a los tipos de señales a tratar a lo largo de este proceso experimental e investigativo.

La elaboración de este trabajo, requiere de conocimientos asociados a las señales de video, esencialmente video a color, por lo que se deben tener bases e ideas acerca del formato y sistema de video a color con el que se está tratando, así como de las características de crominancia y luminancia que tanto se relacionan con los procesos a ejecutar en cuanto a video se refiere. Por todas estas razones, a continuación se desarrollan los puntos más importantes correspondientes a este segmento.

La señal de vídeo esta formada por un número de líneas agrupadas en varios cuadros y estos a la vez, divididos en dos campos, portan la información de luz y color de la imagen. El número de líneas, de cuadros y la forma de portar la información del color, depende del estándar de TV concreto. (<http://es.wikipedia.org/>)

#### **II.3.1- Componentes de la Señal de Video**

La señal de vídeo consta de la información de la imagen y de sincronismos.

La imagen esta formada por luz y color, la luz define la imagen en blanco y negro (es la información que se utiliza en sistemas de blanco y negro) y a esta parte de la señal de vídeo se le llama luminancia.

La parte del color recibe el nombre de crominancia y transporta las dos variables que componen los colores, el tinte (es decir el tipo de color que es, rojo, verde, azul) y la saturación (es decir la cantidad de color que hay). Existen tres estándares diferentes para la codificación del color, NTSC (utilizado en América y japon), SECAM (Francia y antiguos países socialistas) y PAL (Europa, China, entre



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

otros). (<http://es.wikipedia.org/>). Estos estándares son desarrollados en secciones posteriores de este trabajo.

A continuación se señala con mayor detalle, en que consisten las características de luminancia y crominancia, previamente señaladas.

### II.3.1.1.- Luminancia

La luminancia, descrita por la letra  $Y$ , es la intensidad de luz proveniente o reflejada por un objeto o punto determinado. Esta cuantificada con candelas por metro cuadrado.

En una transmisión de señal de vídeo, la luminancia es la componente que codifica la información de luminosidad de la imagen. En términos generales, es algo muy similar a la versión en blanco y negro de la imagen original, como se mencionó previamente, es decir, reproduce la imagen en blanco y negro, y en todas las tonalidades de grises intermedios. Luminancia y crominancia combinadas proporcionan la señal denominada señal de vídeo compuesto, utilizada en multitud de aplicaciones, o para transmitirse independientemente. (PC World Digital).

La luminancia es un término comúnmente utilizado en el procesamiento de imágenes digitales para referirse a la intensidad de un píxel. En el sistema de color RGB, la luminancia  $Y$  de un píxel se obtiene con la suma ponderada de los tres colores primarios (rojo, verde y azul), dando lugar a la ecuación fundamental de la televisión en color, compatible con la televisión monocroma, indicada en la expresión [II-8].

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad \text{[II-8]}$$

Siendo  $R$ ,  $G$  y  $B$  los valores de amplitud de cada uno de los colores respectivos. Para obtener el blanco máximo se debe cumplir que la luminancia sea  $Y=1$ , para lo cual se deben mezclar los colores con proporción de: 30% de rojo, 59% de verde y 11% de azul.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Si los tres colores primarios tienen el valor 0, se obtiene  $Y = 0$ , consiguiendo el color negro. Variando la amplitud de R, G y B en la televisión en B/N reproduciremos toda la escala de grises, y en la televisión en color, la luminancia resultante Y sería "coloreada" por la crominancia. (PC World Digital)

### II.3.1.2- Crominancia

La crominancia es la componente de la señal de vídeo que contiene las informaciones en color, como se mencionó previamente.

El color está definido por dos magnitudes, la saturación, que nos da la cantidad de color y el tinte que nos dice que color es. Dependiendo del sistema utilizado para la codificación de una imagen, estas dos magnitudes toman diferentes formas.

La crominancia contiene todo lo relacionado con el color de los objetos, separada en los tres colores básicos: rojo, verde y azul. La señal de vídeo final, apta para ser transmitida, contiene la señal de luminancia y, superpuesta sobre ella, la señal de crominancia. Las señales de crominancia se obtienen de las llamadas señales diferencia de color: Rojo menos Luminancia (R-Y), Azul menos Luminancia (B-Y) y Verde menos Luminancia (G-Y). De estas tres señales sólo se necesitan dos, pudiéndose obtener la otra mediante la combinación de las anteriores, quedando de esta manera, las señales indicadas en las expresiones [II-9] y [II-10].

$$U = B - Y = 0,87B - 0,30R - 0,59G \quad [II-9]$$

$$V = R - Y = 0,70R - 0,11B - 0,59G \quad [II-10]$$

Las imágenes de un ordenador son representadas por las tres señales básicas rojo, verde, azul y las señales de sincronismo. En cambio las imágenes de un televisor y magnetoscopio (vídeo doméstico) se representan por la señal de luminancia (Y), las dos señales de crominancia (U,V) y las señales de sincronismo, formando la llamada señal de Vídeo Compuesto.



### II.3.1.3- Sincronismos

Puesto que las señales de vídeo se suceden secuencialmente, el terminal receptor debe recibir la información adecuada, que haga saber cuándo termina en la cámara la parte correspondiente a la exploración de cada una de las líneas. De otra forma, no se podría situar el posicionamiento horizontal de cada elemento de imagen. También se ha de informar al elemento receptor de la finalización de cada ciclo vertical de exploración, pues de lo contrario, no se podría situar el posicionamiento vertical de cada línea. Esto se lleva a cabo con lo que se conoce como impulsos de sincronismo.

En lo referente a los sincronismos se distinguen tres clases: de línea u horizontales, de campo o verticales y los referentes al color.

Los sincronismos de línea indican donde comienza y acaba cada línea que compone la imagen de vídeo. Se dividen en: pértico anterior, pértico posterior y pulso de sincronismo. (PC World Digital)

Los sincronismos verticales son los que nos indican el comienzo y el final de cada campo. Están compuestos por los pulsos de igualación anterior, pulsos de sincronismo, pulsos de igualación posterior y líneas de guarda.

La frecuencia de los pulsos de sincronismo depende del sistema de TV, en América (con alguna excepción), se usa frecuencia de línea (número de líneas) de 512 líneas por campo y 60 campos por segundo, mientras que en Europa se utilizan 625 líneas por campo (una frecuencia de 15.625Hz) y 50 campos por segundo, (25 cuadros) estas cifras provienen de la frecuencia de la red eléctrica, en la que antiguamente se enganchaban los osciladores de los receptores.

En lo referente al color, en todos los estándares se modula una portadora con la información del color. En NTSC y PAL lo que se hace es una modulación en amplitud, para la saturación, y en fase para el tinte, lo que se llama modulación en



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

cuadratura. El sistema PAL alterna  $180^\circ$  en cada línea, la fase de la portadora para compensar distorsiones de la transmisión. SECAM modula cada componente del color en sendas líneas. (PC World Digital).

El sistema que con más detalle se analizará a lo largo de este proyecto, es el estándar NTSC, ya que es el método que está implementado como norma en nuestro país. A continuación se señalan las características de este sistema.

### **II.4.- SISTEMA DE VIDEO - NTSC**

National Television System Comitee, también conocido como NTSC, es un sistema de transmisión y codificación de televisión analógica, desarrollado en Estados Unidos en el año 1940. Es empleado actualmente en la mayor parte de América y Japón, entre otros países. Fue desarrollado por el comité de expertos de "National Television System(s) Committee" de donde proviene el nombre del sistema.

La modulación empleada por este sistema es la modulación de amplitud en cuadratura, con la cual se logró solucionar el problema de insertar el color en la señal de televisión, sin pérdida de compatibilidad con la televisión en blanco y negro y sin aumentar notablemente su ancho de banda.

El sistema NTSC de color mantiene la señal monocromática en blanco y negro, como componente de luminancia de la imagen en color, mientras que las dos componentes de crominancia se modulan con una modulación de amplitud en cuadratura sobre una subportadora de 3,579545 MHz. Esto se hace para garantizar la compatibilidad con el sistema NTSC en blanco y negro. La demodulación de las componentes de crominancia es necesariamente síncrona, por lo tanto se envía al inicio de cada línea, una señal sinusoidal de referencia de fase conocida como "salva de color", "burst" o "colorburst". Esta señal tiene una fase de  $180^\circ$  y es utilizada por el demodulador de la crominancia para realizar la demodulación correctamente. A



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

veces, el nivel del "burst" es utilizado como referencia para corregir variaciones de amplitud de la crominancia.

Al utilizar NTSC para la transmisión de un canal de televisión, se utiliza aproximadamente unos 6 MHz de ancho de banda, para contener la señal de vídeo, más una banda de resguardo de 250 KHz entre la señal de vídeo y la de audio. Los 6 Mhz de ancho de banda son distribuidos de la siguiente manera: 1,25Mhz para la portadora de vídeo principal con dos bandas laterales de 4,2Mhz; las componentes de color a 3,579545 Mhz sobre la portadora de vídeo principal, moduladas en cuadratura; la portadora de audio principal de 4,5 Mhz transmitida sobre la señal de video principal y los últimos 250 KHz de cada canal para la señal audio estereofónica en frecuencia modulada. La señal de crominancia en la norma NTSC se transmite en una frecuencia subportadora FM en los 3.58 Mhz.

### **II.4.1- Características**

1. La señal Y se trasmite por modulación de amplitud con banda lateral vestigial, sobre una portadora de R.F, correspondiente al canal utilizado.
2. La modulación de la croma es en cuadratura, U (diferencia al azul) modula en amplitud a una subportadora de valor  $f_{sp}=3.58\text{MHz}$  y V (diferencia al rojo) modula la misma portadora, pero tras haber sido adelantada en 90 grados y colocados en los ejes I y Q, 33 y 123 grados respectivamente.
3. La señal de prueba es una señal constitutiva de 8 barras verticales adyacentes que presenta los 3 colores primarios (rojo, verde y azul), sus respectivos complementarios (cían, púrpura y amarillo) y además el blanco y el negro. La suelen transmitir las emisoras, previo al comienzo de la programación y sirve al usuario para corregir si es necesario los matices de su receptor. El arreglo de colores no es arbitrario, sino empieza por el de mayor luminancia (el blanco) y termina en el extremo derecho con el negro (luminancia nula). Por lo tanto,



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

la secuencia de colores es: blanco, amarillo, cian, verde, magenta, rojo, azul y negro.

4. La frecuencia exacta de la subportadora es  $f_{sp} = 3.579545\text{MHz}$  y el burst se transmite con fase de 180 grados.
5. La señal C debe ir incluida dentro del canal asignado, pero sin interferir en lo posible a la señal Y.
6. El sistema NTSC tiene grandes inconvenientes frente a corrimientos de fase en el trayecto entre emisor y receptor. El receptor NTSC dispone de un control manual al alcance del usuario, que neutraliza este efecto, para lo cual se toma como referencia el color de la piel humana.

### **II.4.2.- Desventajas**

En el sistema NTSC la imagen tiende a ser degradada por los problemas de transmisión e interferencia, alterando la fase de la señal del color, por lo que puede ocurrir que el cuadro pierda su equilibrio del color en el momento de ser recibido, esto hace necesario incluir un control de tinte, que no es necesario en los sistemas PAL o SECAM. Este sistema consta de tan solo 525 líneas de resolución vertical, la menor entre los sistemas de televisión, lo que da lugar a una imagen de calidad inferior a la que es posible enviar en el mismo ancho de banda con otros sistemas.

En los siguientes capítulos se resaltan las diversas actividades llevadas a cabo durante el desarrollo de este proceso, donde todos los conceptos que han sido expuestos a lo largo de esta sección fueron implementados y considerados para la ejecución de las mismas.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

Para el completo logro de los objetivos propuestos en el Capítulo I de este trabajo, se formularon un conjunto de pasos y actividades a seguir, a lo largo de un determinado período de labor.

En este capítulo se hace una breve descripción general del proyecto, a manera de ambientar al lector acerca del producto que se desea obtener; señalando y numerando todas las actividades a desarrollar y cumplir por el equipo de trabajo, para el logro del mismo.

#### **III.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Como se ha mencionado en segmentos previos, este Trabajo Especial de Grado plantea modelar un sistema de comunicaciones completo, incluyendo la simulación del canal de transporte con diferentes modelos de interferencia, utilizando un Software de Simulación propietario. El modelo esta orientado a la transmisión por radiofrecuencia, transporte y recepción de una señal de video.

Para la realización del proyecto, se requirió de la presencia tanto de Hardware como de Software. El Hardware está conformado principalmente por una cámara de video, un computador y una tarjeta capturadora de datos, mientras que el Software empleado, es el Software considerado por los integrantes como el más conveniente para la ejecución de la simulación.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

En el siguiente capítulo se detallarán con precisión las características y funcionalidades de cada uno de estos elementos, así como el tipo de Software a emplear, junto con sus propiedades.

La configuración y establecimiento del Hardware requerido para el proyecto, se llevó a cabo efectuando la conexión de la videocámara a la tarjeta de captura, y ésta a su vez fue adherida al puerto PCI del computador, a manera de establecer el paso para la captura de datos de la señal de video.

La videocámara es la encargada de generar la señal de video analógica, mientras que la tarjeta de captura, recibe las imágenes emitidas por dicha cámara, las procesa y las envía al computador en forma de datos.

Esta tarjeta permite la interacción entre el sistema de comunicaciones virtual diseñado y la cámara de video. Desde el Software de simulación empleado, se procede a la captura de los datos recibidos por el puerto PCI, a través del diseño de un pequeño programa de captura, elaborado a partir de herramientas suministradas por las librerías del Software de simulación.

El video compuesto recibido en el software, es posteriormente procesado y transformado por medio de un conjunto de operaciones, en un arreglo, a manera de poder apreciar la señal en tiempo, y realizar el consiguiente procesamiento de la misma, a través del sistema de comunicaciones desarrollado.

El sistema de comunicaciones virtual, cuenta con las partes imprescindibles de cualquier sistema, como lo son el transmisor, el receptor y el medio o canal de transmisión.

La parte transmisora consta de varios módulos y elementos, donde se efectúa principalmente la modulación de la señal recibida por el simulador. Esta modulación esta conformada por una serie de dispositivos y filtros capaces de adaptar la señal al medio por el cual va a ser transmitida.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

De igual forma, se ejecuta la simulación del canal de comunicaciones, conformado por diversos elementos que permiten generar distorsiones e interferencias en la señal de transmisión, buscando asemejar el proceso al que se produce en un canal real. Los elementos añadidos al medio de transmisión son diversos tipos de ruido, entre los que se encuentran ruido Gaussiano blanco y ruido de Poisson. De esta forma, es posible disponer de diversos tipos de canales para el sistema de comunicaciones, con la posibilidad de analizar y comparar los resultados obtenidos, a través de la aplicación de los mismos.

En la parte receptora se ejecuta el proceso inverso de la transmisión, donde se detecta, se extraen y se reciben las señales que han pasado por el canal de comunicaciones, procediendo luego a que dichas señales circulen por cada módulo que compone al sistema receptor, a través de los cuales se filtran y demodulan, hasta obtener como resultado las señales banda base correspondientes.

Luego del establecimiento de todo el sistema de comunicaciones, se procede en primera instancia a ejecutar pruebas, considerando como señales entrantes formas de onda conocidas, como sinusoides. Esto brinda la oportunidad de poder apreciar con mayor facilidad los errores y resultados obtenidos. Posteriormente, se procede a efectuar las mismas pruebas, con la señal de video compuesto, adquirida desde la videocámara.

Por otra parte, se establece un estudio exhaustivo de las señales de video entrantes y salientes, generando y comparando las componentes de luminancia, crominancia y señales R, G y B de las mismas.

Todas estas pruebas son llevadas a cabo a través de comparaciones en tiempo y en frecuencia de las imágenes de entrada y salida, implementando los osciladores y analizadores de espectro ofrecidos por el Software de simulación.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Por último, se establecen comparaciones entre las imágenes de video obtenidas y las imágenes iniciales. La señal de salida, es convertida nuevamente en imagen a través de una serie de procedimientos que serán explicados con más detalle en el próximo capítulo.

Todos estos estudios permiten finalmente obtener los resultados más favorables para llevar a cabo la transmisión de una señal de video, brindando la posibilidad a los usuarios, de conocer los efectos generados por los diversos canales de comunicaciones en dichas señales.

A continuación, se presenta el cronograma de actividades establecido inicialmente por los integrantes del proyecto, donde se detallan cada una de las acciones ejecutadas, para poder llevar a cabo la elaboración de este trabajo.

### **III.2.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Actividades realizadas durante el periodo **Febrero 2006 – Enero 2007**

1. Realización y entrega de la propuesta del trabajo especial de grado.
2. Búsqueda de información referente al tema del proyecto. (Se investigó a fondo todo lo referente al procesamiento de una señal de televisión, y a su vez se procedió al estudio de todos los elementos que componen un sistema de comunicaciones. Para ello se repasó y se profundizó en materias cursadas a lo largo de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones como las asignaturas basada en Señales y Sistemas y en Comunicaciones).
3. Estudio y lectura detallada de toda la bibliografía obtenida.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

4. Dedicación para el entrenamiento de los integrantes de este proyecto, en las herramientas empleadas, estudiando a fondo el software de simulación empleado para la elaboración del Trabajo Especial de Grado.
5. Búsqueda y adquisición de la tarjeta de captura de datos y comprobación de su funcionamiento.
6. Estudio de los diversos módulos del sistema de comunicaciones, para la aplicación del proyecto y comprobación de los mismos, a través de la ejecución de pruebas.
7. Simulación completa del sistema de comunicaciones con una señal sinusoidal cualquiera, ejecutando pruebas de éste, con la ayuda de los analizadores de espectro y osciloscopios simulados.
8. Evaluación de la efectividad y calidad de los productos obtenidos.
9. Montaje del Hardware, ejecutando las mismas pruebas anteriores del sistema de comunicaciones, pero esta vez partiendo de una señal de video; estableciendo comparaciones de los productos finales.
10. Anotación de todas las consideraciones y apuntes importantes surgidos a lo largo del desarrollo del proyecto.
11. Redacción del trabajo especial de grado.

Todas estas actividades son descritas y desarrolladas, de forma clara y precisa, en el próximo capítulo, donde se demarcan todas las acciones realizadas por el equipo de trabajo, para la total elaboración de este proyecto.



## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO**

En este capítulo del Trabajo Especial de Grado, se indicará el procedimiento empleado, para la realización y cumplimiento de todas las actividades previstas en el capítulo metodológico de este proyecto.

Como se describió con anterioridad, el presente trabajo abarca la simulación de un sistema de comunicaciones, orientado a la transmisión de una señal de video. Es por ello, que a continuación se presentan de forma puntualizada, todos los pasos ejecutados para su desarrollo y culminación exitosa.

#### **IV.1.- INVESTIGACIÓN**

La primera actividad efectuada tras la aprobación de este proyecto, fue la amplia búsqueda de toda la información necesaria, abarcando así los conceptos requeridos para el desarrollo del mismo.

Esta investigación fue realizada a través de documentación extraída de bibliotecas y recursos de Internet.

Luego de esto, se procedió al estudio de la bibliografía obtenida para afianzar los conocimientos de los integrantes del proyecto.

Los resultados obtenidos de esta amplia investigación, constituyeron parte esencial en la elaboración del capítulo II del presente Trabajo Especial de Grado.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

### IV.2.- ADQUISICIÓN, MONTAJE Y PRUEBA DEL HARDWARE

Paralelo a la fase de investigación explicada anteriormente, se inició la búsqueda del hardware a emplear. Para esto se debió adquirir una tarjeta de captura de datos compatible, una cámara de video y un computador con alta capacidad. Además se debió comprobar su compatibilidad y su buen funcionamiento.

Se procedió a adquirir un computador de alta capacidad. Para lo cual se investigaron las diferentes tecnologías existentes en el mercado, con lo que se eligió un computador que utiliza la tecnología AMD Athlon 64 (Ver figura IV.1), que dobla el número de registros del procesador y aumenta drásticamente la accesibilidad a la memoria del sistema. A su vez, consta de un mejor soporte para las instrucciones multimedia, empleando la tecnología HyperTransport™. (<http://www.amd.com/>)

Otras características del computador que se pueden mencionar son:

- Procesador AMD 3000 Athlon 64 bits, Socket 754
- Tarjeta madre FOXCONN 754
- Memoria RAM 1024 MB DDR 400 PC 3200
- Velocidad de procesador 2 GHz
- Disco duro 80 GB, 7200 rpm, serial ATA
- Tarjeta de video MSI, 128 MB, AGP



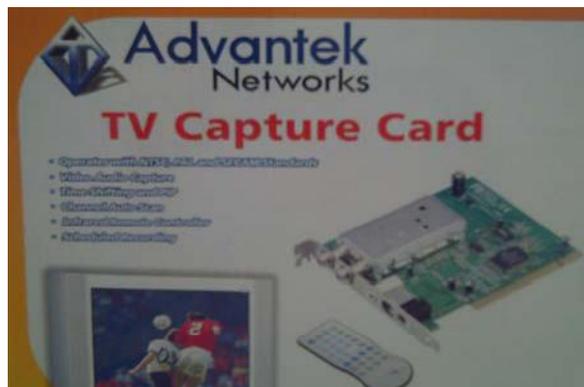
**Figura IV.1.- Computador seleccionado.** Fuente: Elaboración Propia.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Luego de adquirir el computador y corroborar su buen funcionamiento, se procedió a investigar detalladamente acerca de las tarjetas de captura de datos que se podrían implementar en el presente trabajo especial de grado. Se consiguieron diversos tipos de tarjetas, unas a precios muy elevados y otras mucho más asequibles, con lo cual se escogió la tarjeta ATV-TUNER-F de Advantek Networks. (Ver figura IV.2).



**Figura IV.2.- Imagen de la caja de la tarjeta de captura de datos.**

Fuente: Elaboración Propia.

El procedimiento que se empleó para la instalación de la tarjeta mencionada anteriormente, se obtuvo del manual de la misma. Efectuando los siguientes pasos:

1. Se apagó el computador.
2. Se removió la cobertura del cpu.
3. Se insertó la tarjeta de captura de video en una ranura PCI disponible en el computador.
4. Se colocó la cobertura del cpu.
5. Se colocaron los cables en los conectores correspondientes de la siguiente forma:



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

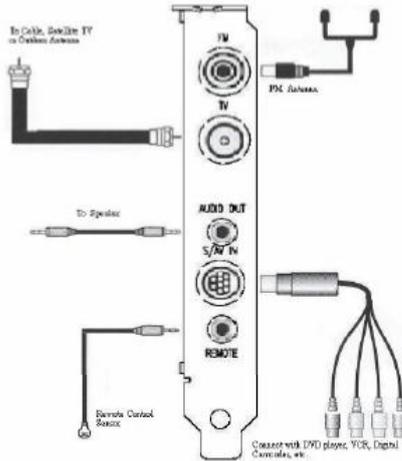


Figura IV.3.- Diagrama de conexión de la tarjeta de captura de datos.

Fuente: Elaboración Propia.

6. Se encendió el computador.
7. Se insertó el cd del software de aplicación.
8. Se hizo clic en el recuadro seleccionado en la siguiente imagen:



Figura IV.4.- Software de la tarjeta de captura de video. Fuente: Elaboración Propia.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

9. Se instaló el software de aplicación (ver figura IV.5).



**Figura IV.5.- TVtuner Application.** Fuente: Elaboración Propia.

10. Se abrió la aplicación “TVtuner Application” con lo cual apareció la siguiente ventana:



**Figura IV.6.- TVtuner Application.** Fuente: Elaboración Propia.

11. Se conectó la cámara de video y se comprobó su correcto funcionamiento.

En un principio se había seleccionado la cámara DV610 G-Shot de Genios (ver figura IV.7), mas al conectarla a la tarjeta de captura de datos, se observó la imagen en blanco y negro. Después de investigar los formatos de codificación tanto

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

de la cámara como de la tarjeta de captura de video, se observó que no eran compatibles debido a la versión de MPEG que se utilizaba. Por lo tanto se procedió a la búsqueda de una segunda videocámara.



**Figura IV.7.-** Cámara de video DV610 G-Shot de Genios. Fuente: Elaboración Propia.

La cámara que se eligió finalmente para la realización de este proyecto es de marca Panasonic, modelo PV-L652D (ver figura IV.8). Al conectarla a la tarjeta de captura de video se observó la imagen de color con muy buena resolución.



**Figura IV.8.-** Cámara de video PV-L652D de Panasonic. Fuente: Elaboración Propia.



**Figura IV.9.-** Imagen observada desde la aplicación TVtuner. Fuente: Elaboración Propia.



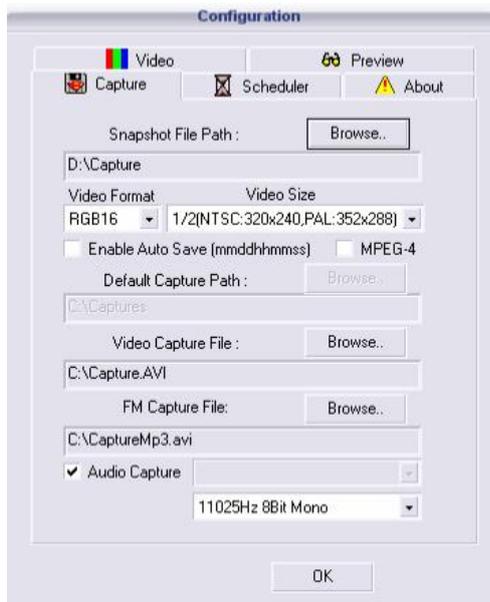
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Para poder obtener este resultado, se realizaron ciertas modificaciones en la configuración de la tarjeta como se observa en las siguientes figuras:



**Figura IV.10.- Configuración de la codificación del video.** Fuente: Elaboración Propia.



**Figura IV.11.- Configuración de la captura de datos.** Fuente: Elaboración Propia.



### **IV.3.- ESTUDIO DEL SOFTWARE**

Después de obtener una imagen de alta resolución, se procedió a realizar las pruebas de la captura de la señal por medio del simulador Matlab 7.0. Se realizaron una gran cantidad de intentos sin la obtención de los resultados esperados. Se decidió investigar a fondo el simulador LabView 8.0. Para ello se seleccionaron varios manuales de Internet lo que fue de gran ayuda para conocer, hasta cierto grado, el funcionamiento del programa. Es importante recalcar, que este simulador cuenta con dos ambientes, el “Block Diagram” donde se encuentra el código del programa representado en diagramas de bloque y el “Front Panel” que es una interfaz muy amigable con el usuario, donde se muestran los resultados obtenidos por el procesamiento empleado en el “Block Diagram”.

Antes de simular el sistema de comunicaciones para transmitir una señal de video, se realizaron diversas pruebas de los sistemas utilizando señales sinusoidales, las cuales se pueden observar en el apéndice A de este Trabajo Especial de Grado.

Se obtuvieron resultados muy satisfactorios empleando el software Labview 8.0. Fue entonces cuando se optó por cambiar de simulador para la realización de este trabajo especial de grado.

### **IV.4.- PROGRAMA FINAL**

El inicio y parte esencial de la programación requerida en este proyecto es la captura de la señal de video desde el simulador a emplear, que en este caso como se explicó anteriormente se utilizará Labview 8.0. A continuación se presentará el programa creado, dividido en fragmentos según la función general a emplear dentro del mismo, para así poder explicar con detenimiento cada una de ellas.



#### IV.4.1.- Adquisición de la señal de video por parte de la tarjeta

Para la captura de la señal de video se realizaron varias pruebas con diferentes elementos. La mejor resolución y sincronismo de la imagen fue obtenida empleando el siguiente diagrama de bloque:

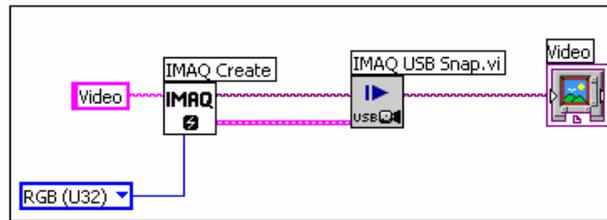


Figura IV.12.- Captura de la señal de video. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar, el diagrama anteriormente mostrado está compuesto por tres elementos principales, los cuales hacen posible la visualización de la imagen con alta resolución. Los elementos utilizados son: “IMAQ Create”, “IMAQ USB Snap” y una pantalla o display a la que se le dio el nombre de “Video”. Paralelo a esto, con la utilización de estos componentes en el “Block Diagram”, se obtuvo la pantalla en el “Front Panel”. En las siguientes figuras, se pueden apreciar dos imágenes vistas desde este ambiente:

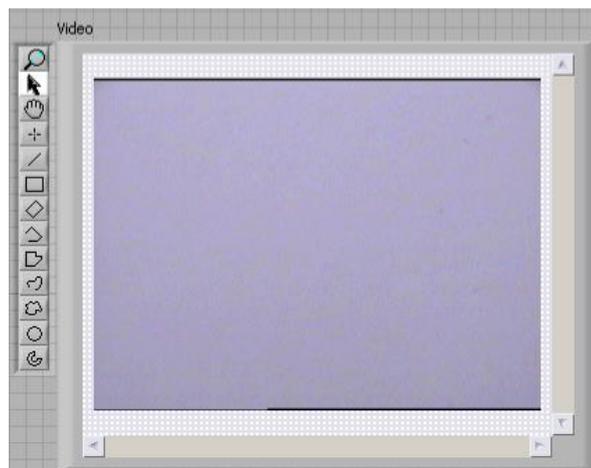


Figura IV.13.- Imagen del video visto desde el “Front Panel”. Fuente: Elaboración Propia.

---



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



Figura IV.14.- Imagen del video visto desde el “Front Panel”. Fuente: Elaboración Propia.

### IV.4.2.- Conversión del video compuesto en una señal con representación en una grafica de Amplitud vs. Tiempo.

Para poder realizar el procesamiento de la señal de video, es necesario convertir esta señal en un arreglo y así observar sus características en el dominio temporal. Debido a que esta señal es variante con respecto a la imagen que proporcione la cámara, se tomará una imagen comúnmente conocida y utilizada para estudiar los sistemas de procesamiento de video, una pantalla en blanco. Para ello fue necesario implementar varios componentes que en conjunto permitieran este objetivo.

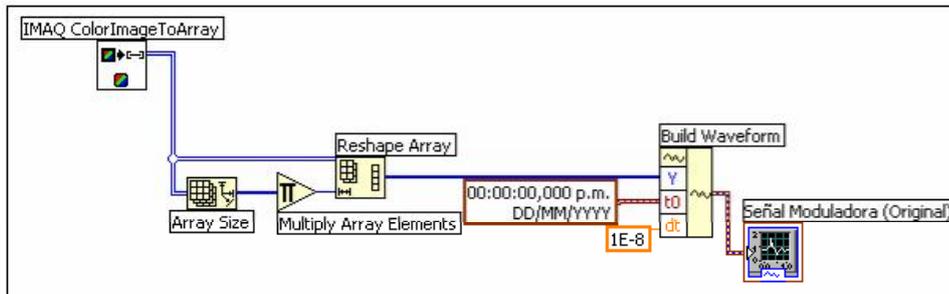
Los elementos empleados son: “IMAQ Color Image To Array” utilizado para extraer los píxeles de una imagen o un video a color o de parte de este y colocarlos en un arreglo de 2 dimensiones, “Array Size” cuya función es retornar el número de elementos de cada una de las dimensiones de un arreglo representándolo en un arreglo de una dimensión, “Multiply Array Elements” que es utilizado para efectuar el producto de todos los elementos que componen un arreglo, “Reshape Array”, cuya función es cambiar las dimensiones de un arreglo, “Build Waveform” que se utiliza para editar una función modificándole ciertos parámetros según los componentes que



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

se indiquen, y una “Waveform Graph” a la que se le denominó “Señal Moduladora” con la cual se puede visualizar la señal en el “Front Panel”.

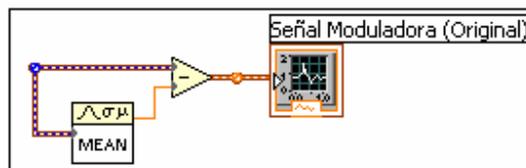


**Figura IV.15.- Conversión del video en arreglo.** Fuente: Elaboración Propia.

#### IV.4.3.- Cálculo de la componente DC de la señal moduladora

La componente DC es el nivel al que oscila una señal. Esta componente desplaza en amplitud a la señal, aumentando su valor para todo tiempo  $t$ ; es por esto que se debe eliminar. Se calcula hallando el promedio o media de una señal.

Se procedió a calcular la media de la señal moduladora, la cual se le restó a dicha señal, para así poder eliminar el valor DC. El diagrama de bloque empleado fue el siguiente:



**Figura IV.16.- Cálculo del nivel DC.** Fuente: Elaboración Propia.

#### IV.4.4.- Generador de la Onda Portadora

La portadora es una onda sinusoidal que se genera debido a que, como se explicó en el marco referencial del presente proyecto, es una parte imprescindible para poder realizar posteriormente el proceso de modulación de la señal de video.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Dependiendo de la forma de modulación que se desee aplicar a una determinada señal, será la forma de utilizar la onda portadora.

En este punto del proyecto se utilizó un “Basic Function Generator” o generador de funciones el cual se utiliza para crear una forma de onda basada en los parámetros especificados en las entradas de este componente, en las cuales se definió la frecuencia, amplitud, frecuencia de muestreo y el número de muestras requeridas. Como salida se colocó un “Waveform Graph” denominado Portadora, que permite simular la señal vista en un osciloscopio en el “Front Panel”.

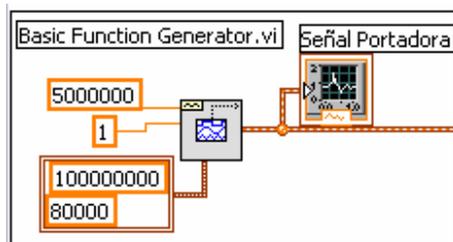


Figura IV.17.- Generador de la portadora. Fuente: Elaboración Propia.

### IV.4.5.- Modulación

Luego de generar la señal portadora se procedió a modular la señal de video. Las modulaciones implementadas fueron únicamente modulaciones en amplitud, entre las cuales se encuentran, la modulación en doble banda lateral (DSB- SC) y la modulación AM convencional. Ambas modulaciones fueron programadas, de forma que el usuario pueda elegir entre ellas al poner el programa en funcionamiento.

Para la elaboración de este proyecto, se considero a su vez, el empleo de la modulación VSB (banda lateral vestigial), pero debido a inconvenientes presentados durante el procesamiento de la simulación con esta técnica, se decidió omitir su implementación.



#### IV.4.5.1.- Simulación de la modulación DSB (Doble Banda Lateral)

La modulación DSB, es una modulación lineal muy sencilla de implementar, puesto a que se obtiene de la multiplicación de la señal moduladora, que es la señal de video en este caso, por la señal portadora.

Para poder simular esta modulación, se utilizó un multiplicador para calcular el producto de las dos señales, como puede apreciarse en la siguiente imagen.

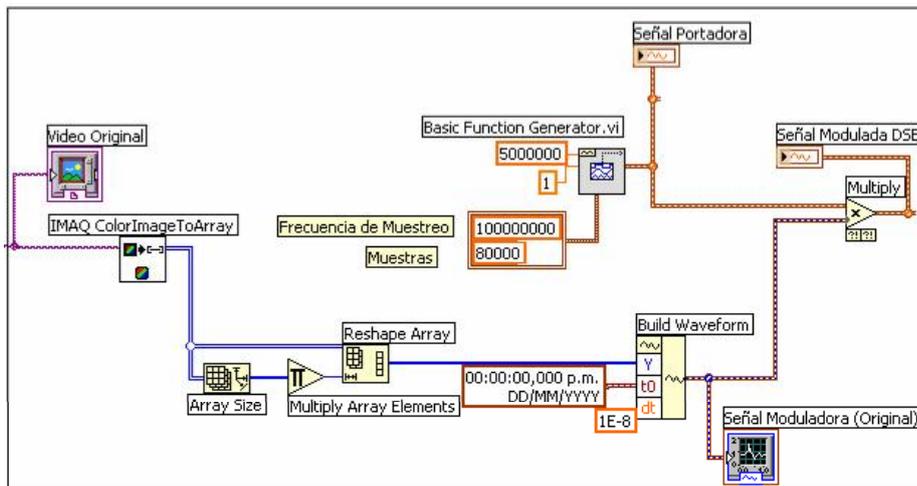


Figura IV.18.- Modulación DSB. Fuente: Elaboración Propia.

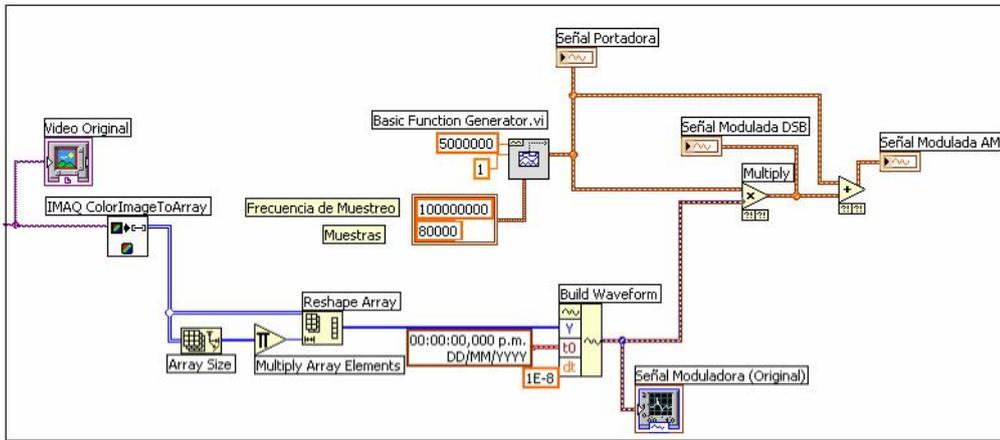
#### IV.4.5.2.- Simulación de la modulación AM (Amplitud Modulada)

La modulación AM es una modulación lineal que se caracteriza por variar la amplitud de la señal portadora con respecto a la amplitud de la onda moduladora. Para realizar la modulación AM, además de realizar la multiplicación de la onda portadora por la moduladora, es necesario sumarle a dicho producto la señal portadora.

Para la simulación de esta modulación, los elementos utilizados fueron un multiplicador, un sumador y las gráficas respectivas, como puede verse a continuación.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

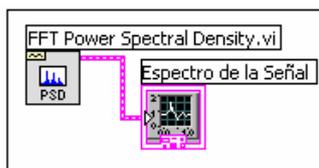
---



**Figura IV.19.- Modulación AM.** Fuente: Elaboración Propia.

Para poder observar con más claridad el resultado obtenido de las modulaciones realizadas anteriormente, se graficó el espectro en frecuencia de las señales moduladas, además de los espectros de las ondas portadora y moduladora respectivamente.

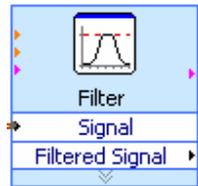
Para la posible realización del estudio de la composición frecuencial de las señales, fue necesario calcular la densidad espectral de potencia, para lo cual se utilizó el componente “FFT Power Spectral Density”, que calcula la densidad espectral de potencia de una señal en el dominio del tiempo.



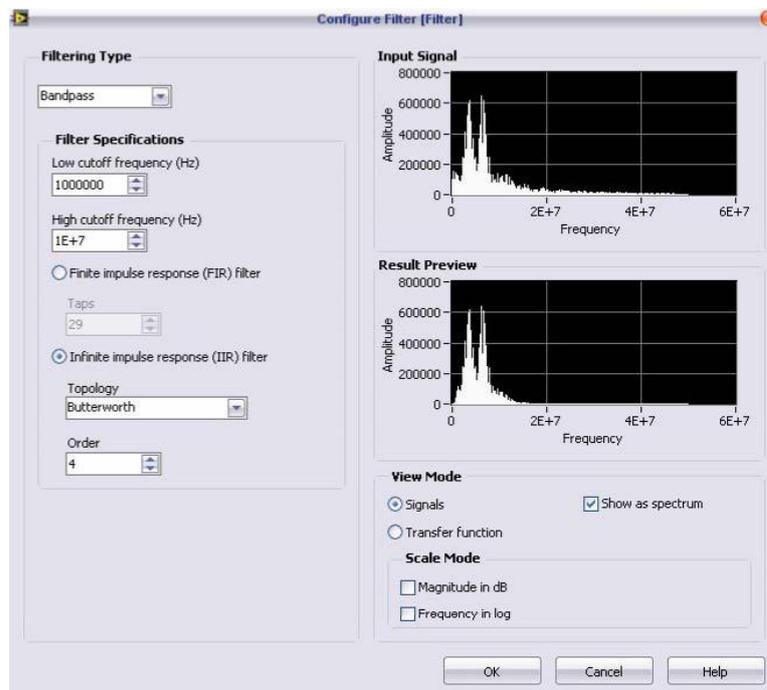
**Figura IV.20.- Cálculo de la densidad espectral de potencia.** Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que los moduladores utilizados en este proyecto contienen elementos no lineales, se requiere filtrar la señal antes de enviarla hacia el canal de transmisión. Para ello se utilizó un filtro pasa banda de orden 4, con frecuencias de corte inferior y superior, 1 MHz y 10 MHz, respectivamente.(Mostrado en la siguiente figura).

---



**Figura IV.21.- Filtro Pasa banda. Fuente: Elaboración Propia.**



**Figura IV.22.- Filtro Pasa banda. Fuente: Elaboración Propia.**

#### IV.4.6.- Canal de transmisión

Para transmitir una señal se requiere un medio o canal de transmisión apropiado. En la actualidad existen diversos tipos de medios para ello, entre los cuales se pueden nombrar un par de conductores o alambres (hilos) de cobre, un rayo de luz guiado por una fibra óptica, ondas electromagnéticas que se propagan por el



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

espacio libre, etc. El tipo de medio de transmisión es un importante elemento de un sistema de comunicaciones, debido a que determina el número máximo de bits (dígitos binarios) que es posible transmitir por segundo (bits por segundo).

En el área de telecomunicaciones existe una incesante búsqueda por un medio o canal de transmisión cuyas características no afecten notablemente a la señal a transmitir.

Una señal puede ser afectada en el medio de transmisión por varios importantes elementos, entre ellos se encuentran interferencia, distorsión y ruido. Para los efectos de este proyecto se tomará en cuenta el ruido. Para ello se seleccionaron diferentes tipos de ruido aditivo, entre los cuales se encuentran el ruido Gaussiano blanco, ruido blanco uniforme y por último el ruido Poisson, también conocido como ruido fotónico.

Después de tener la señal modulada, fue enviada hacia el canal de transmisión en el cual, como se explicó anteriormente, le fue añadido uno de los tres tipos de ruidos. La programación de los diferentes ruidos se efectuó mediante generadores de ruido predeterminados existentes en el simulador Labview 8.0 como se puede observar en el diagrama de bloque respectivo.

Para que el simulador fuera más eficiente y amigable para el usuario, se realizó la programación de manera tal que se pudiera elegir el tipo de ruido que se quiera agregar a la señal. Además, el usuario puede elegir diversos factores que varían en cierta forma la amplitud del ruido. Los tres ruidos fueron implementados con la misma frecuencia de muestreo que se le colocó a la onda portadora en el proceso de modulación.

A continuación se presenta los diagramas de bloques realizados en el simulador Labview 8.0 para cada uno de los ruidos.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

IV.4.6.1.- Ruido Gaussiano Blanco

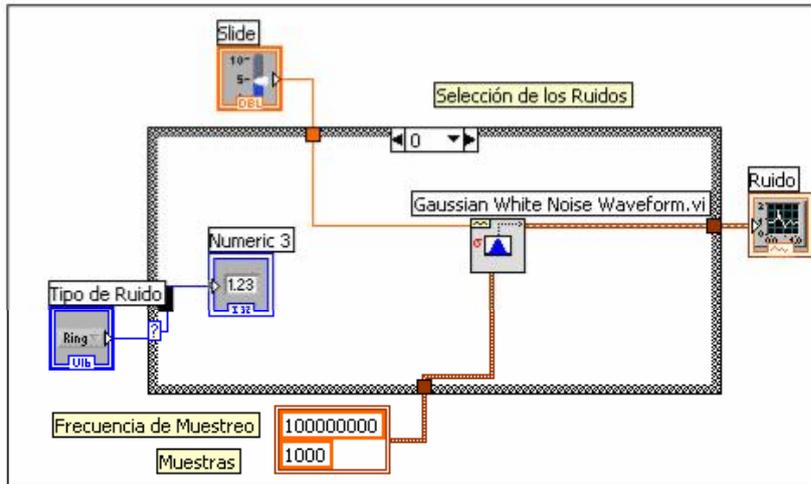


Figura IV.23.- Diagrama de bloque del ruido gaussiano blanco.

Fuente: Elaboración Propia.

IV.4.6.2.- Ruido Blanco Uniforme

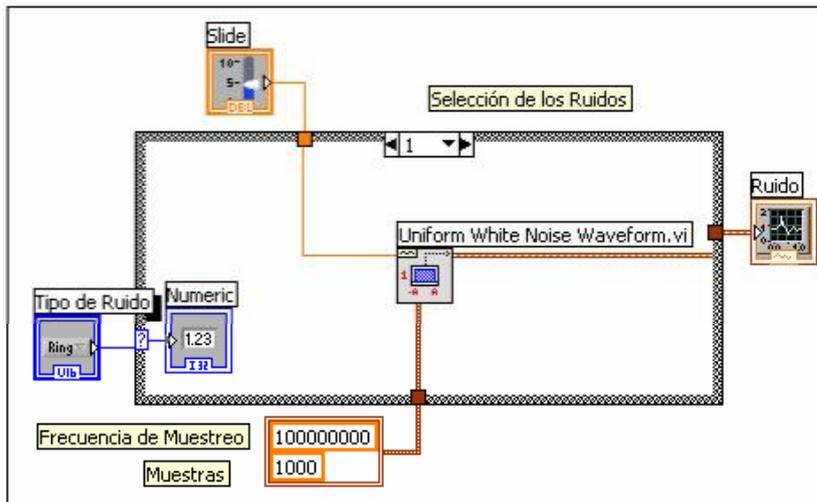


Figura IV.24.- Diagrama de bloque del ruido blanco uniforme.

Fuente: Elaboración Propia.

#### IV.4.6.3.- Ruido Poisson (fotónico)

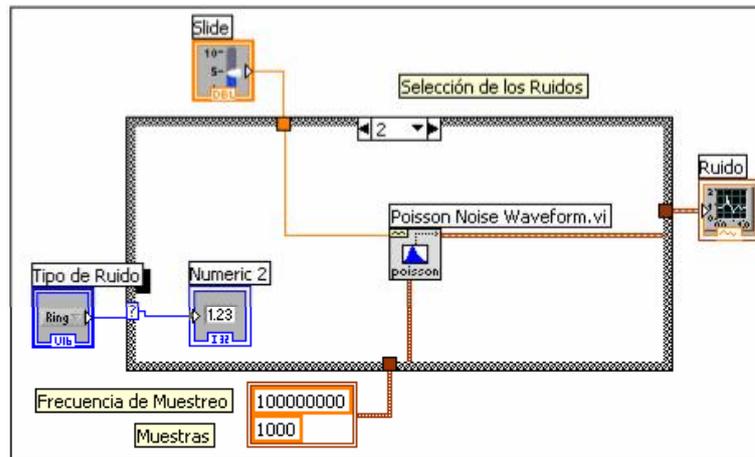


Figura IV.25.- Diagrama de bloque del ruido Poisson. Fuente: Elaboración Propia.

El canal de transmisión implementado en el simulador, es el mismo para los tres tipos de ruidos debido a que, como se explicó anteriormente los ruidos utilizados son ruidos aditivos.

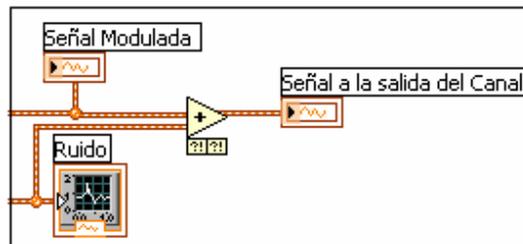


Figura IV.26.- Canal de Transmisión utilizado para los 3 tipos de ruido.

Fuente: Elaboración Propia.

#### IV.4.7.- Simulación del receptor

El proceso de demodulación es estrictamente necesario en el receptor de un sistema de comunicaciones para poder recuperar la información. En este proyecto se implementó la demodulación sincrónica la cual será explicada con detenimiento a continuación.

---



#### IV.4.7.1.- Simulación de la detección sincrónica

Al utilizar este procedimiento es requerido en el receptor una subportadora cuya frecuencia y fase estén totalmente sincronizadas con las de la portadora utilizada en el transmisor. Esta subportadora, o también conocida como oscilador local, es generada en el mismo receptor.

Como se pudo observar en el marco referencial de este proyecto, la señal es recuperada por medio de la multiplicación de la señal que llega al receptor, y la subportadora mencionada anteriormente. Luego, se procedió a filtrar la señal y es ahí cuando se obtiene la información deseada, que en este caso es el video. El diagrama utilizado fue el siguiente:

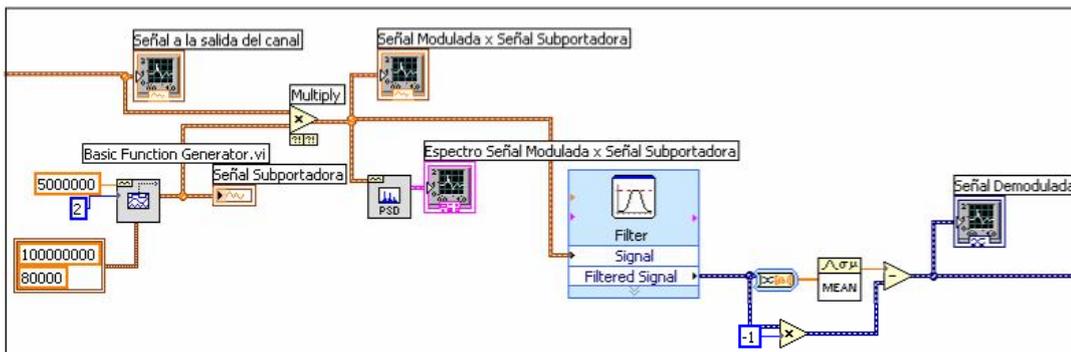
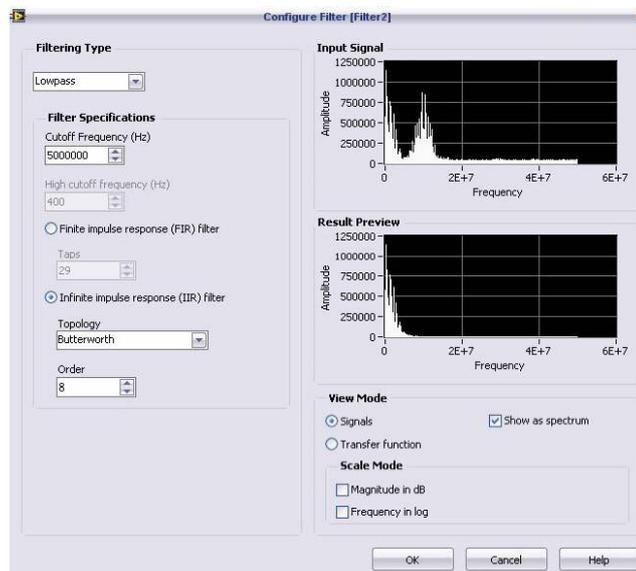


Figura IV.27.- Detección sincrónica. Fuente: Elaboración Propia.

Como se pudo visualizar en la figura anterior, el receptor que se elaboró contiene varios elementos importantes, como lo son “Basic function Generator” o generador de funciones con el que se creó una subportadora con frecuencia y fase iguales a la portadora utilizada en el proceso de modulación, “Multiply” que es un multiplicador, con el que se obtiene el producto de la señal a la salida del canal por la subportadora generada en el receptor y “Butterworth filter” que es un filtro Butterworth pasa bajo de orden 8 y frecuencia de corte 5 Mhz, empleado para realizar el filtrado de la señal, como se indica en la siguiente figura.

## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



**Figura IV.28.- Características del Filtro Pasa Bajo.** Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar el análisis espectral de la señal demodulada, fue necesario emplear el “FFT Power Spectral Density” como fue explicado con anterioridad. A su vez, fueron utilizadas varias gráficas para poder observar la señal en los diferentes puntos del sistema.

### IV.4.7.2.- Simulación del video en el receptor

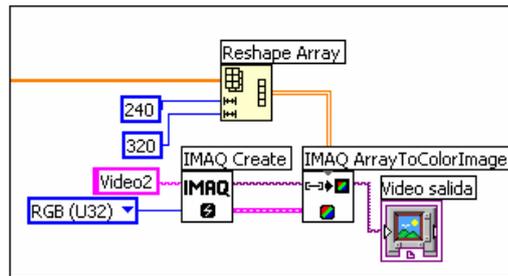
Después de obtener la señal de salida en el dominio temporal en el receptor del sistema de comunicaciones simulado, se debía convertir en señal de video para así poder apreciar la imagen del video a la entrada y a la salida del sistema. Para lograr lo mencionado se realizaron varias pruebas que inicialmente fueron llevadas a cabo con simulaciones de menor procesamiento. Esto permitió poder comprobar el correcto funcionamiento de los componentes implementados.

El diagrama de bloque implementado para esta parte del proyecto fue el siguiente:



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

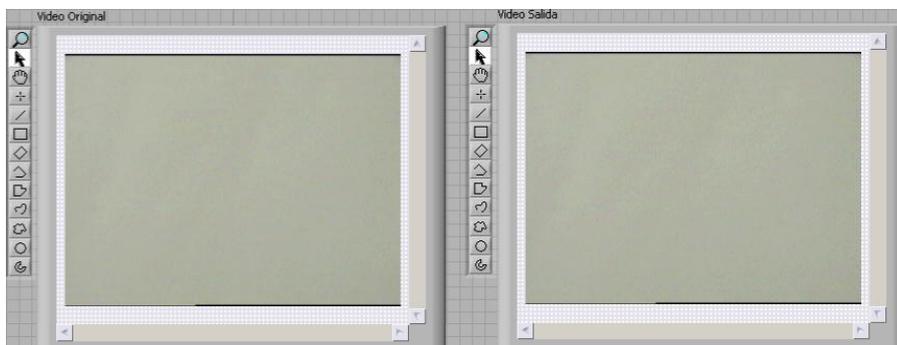
---



**Figura IV.29.- Obtención del video en el Receptor.** Fuente: Elaboración Propia.

Al observar detenidamente la figura anterior, se puede ver que los componentes utilizados son, en su mayoría, los inversos de los que se utilizaron previamente en el fragmento en que se realizó el proceso para graficar el video en el dominio temporal. Las dimensiones que se colocaron a la entrada del elemento denominado “Reshape Array”, fueron las medidas necesarias para que se pudiera presentar el video en la pantalla del “Front panel”.

A continuación se mostrarán las tres pruebas realizadas. La primera que se elaboró fue la más simple debido a que solamente abarca la simulación concerniente a la adquisición del video, la conversión de la señal de video en un arreglo para poder presentarla en función del tiempo y por último la conversión del arreglo en señal de video, nuevamente. Debido a que no se efectuó ningún cambio en la señal como tal, las imágenes de entrada y salida debían ser iguales. Las imágenes obtenidas en el “Front Panel” fueron las siguientes:



**Figura IV.30.- Video original y video en la salida.** Fuente: Elaboración Propia.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

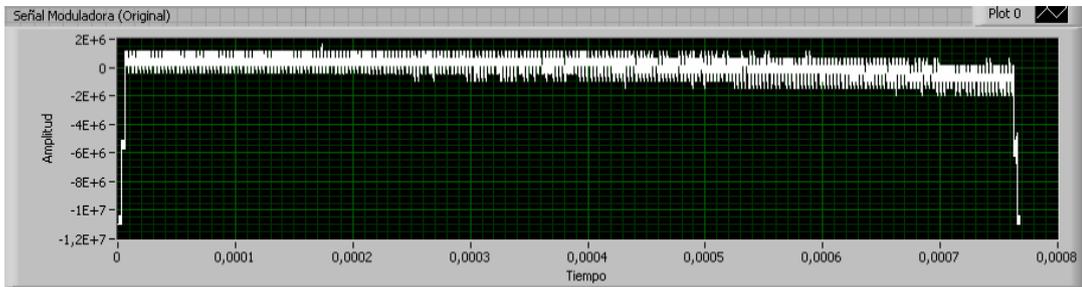


Figura IV.31.- Señal de video original. Fuente: Elaboración Propia.

El diagrama de bloque utilizado fue el siguiente:

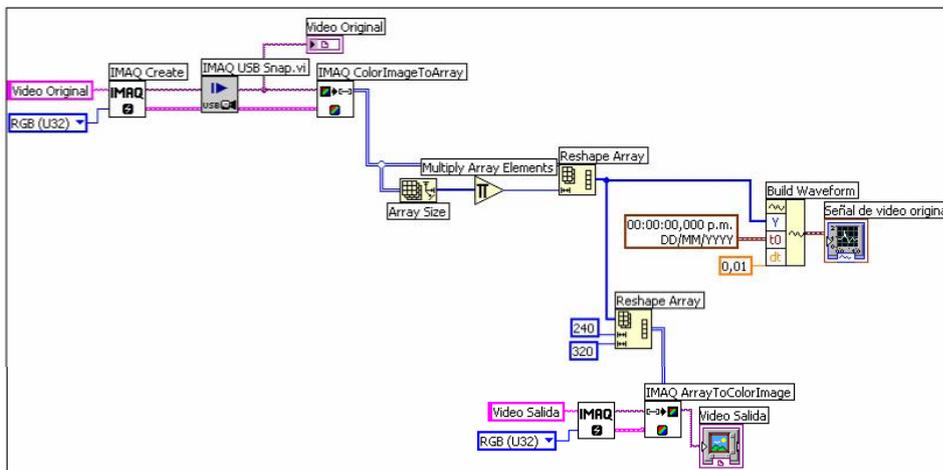
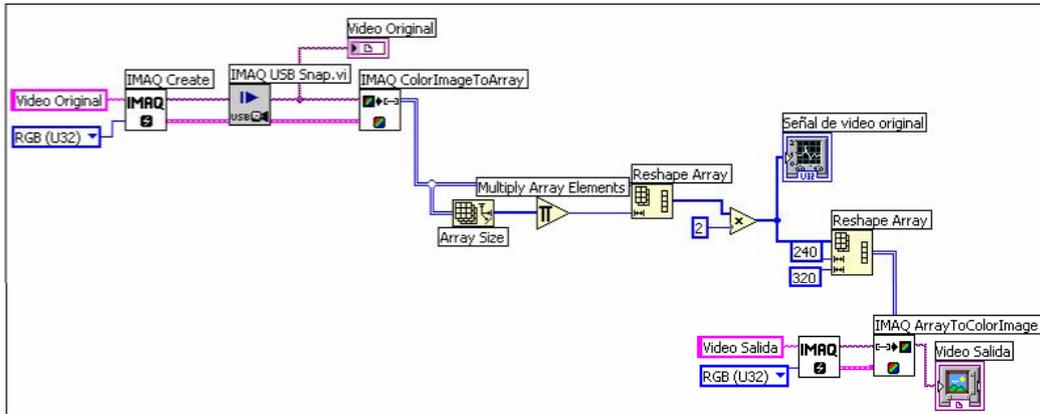


Figura IV.32.- Diagrama de bloque videos original y en la salida. Fuente: Elaboración Propia.

En la segunda y la tercera prueba realizadas, se quería observar las variaciones que se podían producir en la imagen de la pantalla en el receptor al realizar algún cambio en la señal, y así poder comprobar que la programación del diagrama de bloque estuviese funcionando correctamente. Para esto se realizó el mismo diagrama que el anterior con la única diferencia de que antes de implementar la conversión de arreglo a señal de video, se multiplicó la señal por una constante igual a dos, a manera de variar la saturación de la imagen, quedando el diagrama de bloque de la siguiente forma:

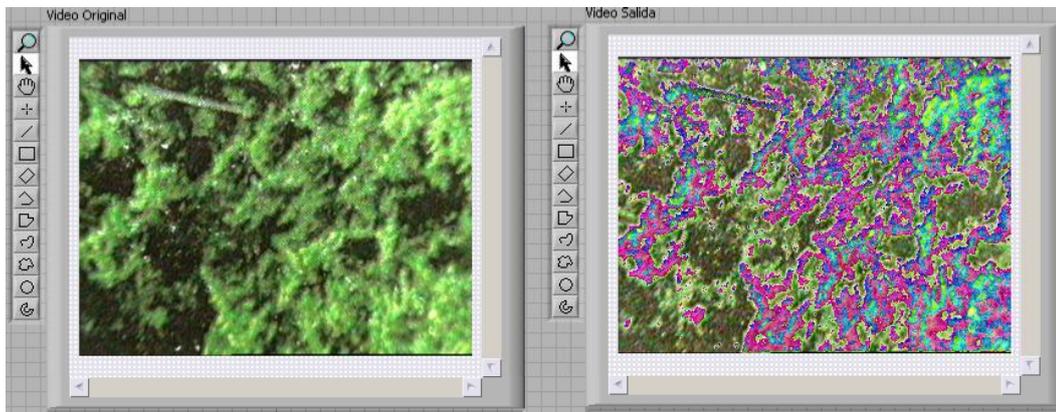
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



**Figura IV.33.- Diagrama de bloque video original y video en la salida.** Fuente: Elaboración Propia.

Las imágenes obtenidas en el “Front Panel” fueron las siguientes:



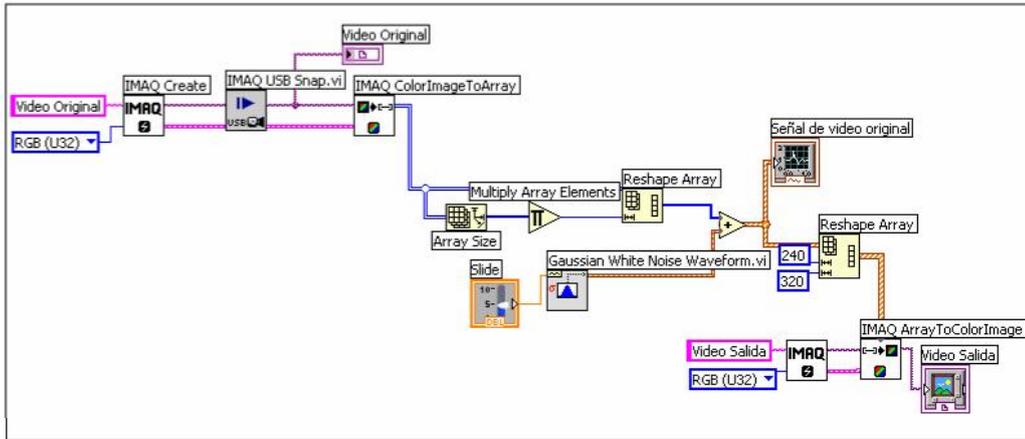
**Figura IV.34.- Videos original y video en la salida multiplicando la señal por una constante.**

Fuente: Elaboración Propia.

En la tercera prueba realizada, se le agregó ruido Gaussiano blanco aditivo a la señal, para lo cual se elaboró el siguiente diagrama de bloques:

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

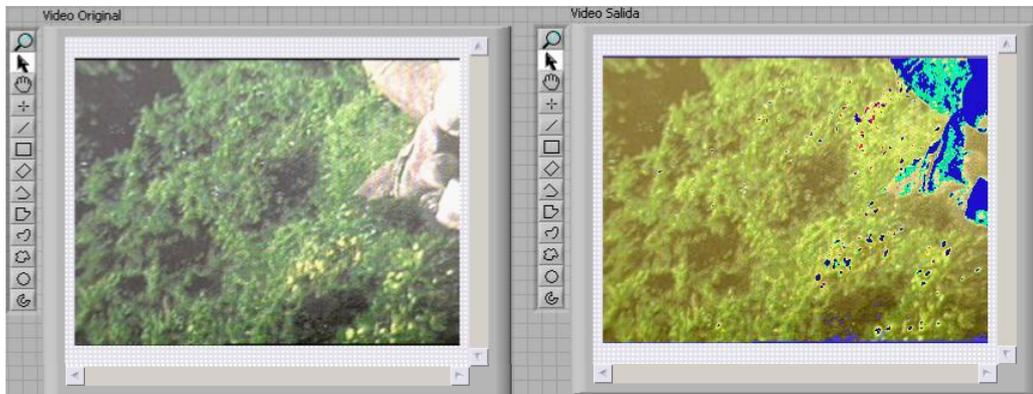
---



**Figura IV.35.- Diagrama de bloque video original y en la salida con ruido.**

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que la señal no había sido correctamente procesada (solo se le añadió ruido), en el receptor no se percibió exactamente la misma imagen que en el transmisor. Las imágenes resultantes fueron las siguientes:



**Figura IV.36.- Video original y video en la salida con ruido.** Fuente: Elaboración Propia.

Gracias a las imágenes anteriores, queda comprobado el correcto funcionamiento del procedimiento utilizado para representar, en el receptor, la señal en función del tiempo recibida en una imagen de video, y poder así apreciar los cambios surgidos en la señal por cualquier tipo de modificación que se le haga en el sistema.

---

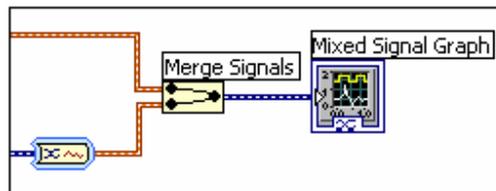


## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Luego de realizar las pruebas anteriormente explicadas y de comprobar el buen funcionamiento de este fragmento de la simulación, se le agregó al programa general en el cual se estaba desarrollando el sistema de comunicaciones completo.

Para lograr una mejor comparación de las señales de entrada y salida en el dominio temporal, se colocaron ambas ondas en una misma gráfica. La señal original se pudo observar de color blanco, a diferencia de la señal demodulada que se colocó de color rojo. El diagrama de bloque utilizado es el siguiente:



**Figura IV.37.- Diagrama de la gráfica comparativa de las señales de entrada y salida.**

Fuente: Elaboración Propia.

### **IV.4.8.- Obtención de las componentes R, G, B simuladas**

Parte esencial en la definición de los sistemas de comunicaciones enfocados en la transmisión de señales de televisión, son las componentes R, G, B. Estas siglas hacen referencia a los colores primarios en cuanto a señales de video se refiere, Red (rojo), Green (verde) y Blue (azul).

Al identificar un determinado color, éste se define como la suma de los tres colores básicos, indicando además la proporción de la mezcla de éstos. Esta proporción se especifica utilizando un rango de 0 a 255, con lo que el blanco puro más intenso (mezcla de todos los colores) sería el color (255, 255, 255), mientras que el negro (ausencia de color) sería (0, 0, 0).

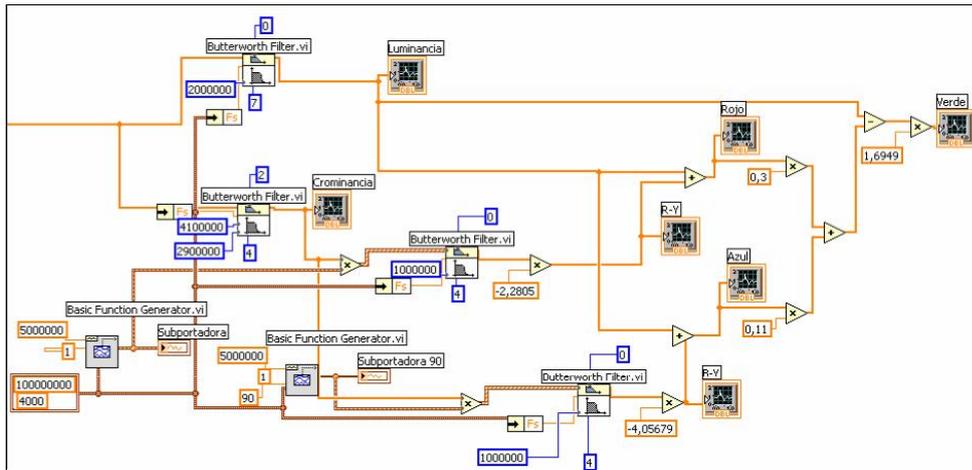
Estas componentes pueden ser representadas en forma de señales en dominio del tiempo y en forma de imágenes, es decir un determinado video puede ser dividido en valores R, G, B. Para poder realizar una mejor comparación de los tres colores en

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

una misma imagen, se representan dichas componentes en blanco y negro, de forma tal que se puedan observar las diferencias.

En este proyecto se obtuvieron las componentes R, G, B en la entrada y la salida del sistema, para lo cual se realizó el siguiente diagrama de bloque:



**Figura IV.38.- Componentes RGB.** Fuente: Elaboración Propia.

Inicialmente se calcularon las componentes de luminancia y crominancia. Para obtener la luminancia se implementó un filtro pasa bajo de orden 7 y frecuencia 2 Mhz, a diferencia de el proceso de obtención de la crominancia, en el cual se filtró la señal con un filtro pasa banda de orden 4 y frecuencias de corte superior e inferior 4.1 Mhz y 2.9Mhz, respectivamente. Luego, se generaron dos ondas portadoras de color de frecuencia 5 Mhz, amplitud 1 volt y distintas fases, a la primera se le colocó 0° y a la segunda 90°. Ambas fueron multiplicadas por la señal de crominancia y filtradas con filtros pasa bajo de orden 4 y frecuencia de corte 1 Mhz.

Se procedió al despeje de ecuaciones de luminancia y crominancia, con lo cual se hallaron las constantes que fueron multiplicadas por las señales filtradas. Fue en este punto, cuando se obtuvieron las señales B-Y y R-Y. Se procedió a sumarles la señal de luminancia (Y), para así obtener el siguiente resultado:



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

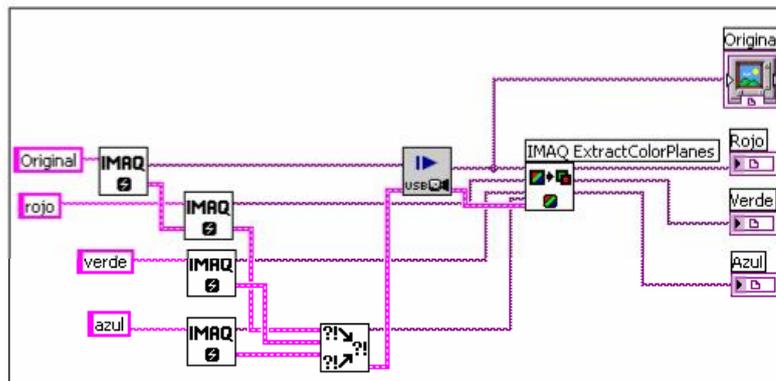
---

$$B - Y + Y = B \text{ (azul)}$$

$$R - Y + Y = R \text{ (rojo)}$$

Una vez encontradas las componentes R y B queda por calcular la componente G, para lo cual se realizó un despeje de las ecuaciones de crominancia, dando como resultado este color.

Para obtener las imágenes de las componentes R, G y B, se utilizó un elemento predefinido en el simulador Labview 8.0 denominado “Extract Color Planes”, el cual extrae dichas componentes, directamente de un video o imagen. Las imágenes fueron representadas en blanco y negro para realizar una mejor comparación.



**Figura IV.39.- Obtención de las imágenes de las componentes RGB.** Fuente: Elaboración Propia.

En el siguiente capítulo, se podrán observar y analizar las diversas aplicaciones de todas las operaciones que han sido expuestas a lo largo de este capítulo; de forma que el lector pueda tener una idea más concreta, acerca de la gran variedad de funcionalidades ofrecidas por este programa de simulación.



## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se muestran todos los resultados finales, correspondientes a las pruebas ejecutadas durante el extenso período de trabajo. Todo el programa establecido, creado en base a los parámetros manifestados a lo largo del Capítulo IV de Desarrollo, es el principal resultado de este Trabajo Especial de Grado, el cual es mostrado a continuación, basándose en las diversas aplicaciones y operaciones que dicha simulación puede suministrar y haciendo referencia a las grandes ventajas de su implementación.

Se podrán observar las posibles diferencias generadas a través de cambios en el programa, permitiendo al lector detallar la diversidad de respuestas ofrecidas de acuerdo a las condiciones previamente establecidas. Sin más que añadir, de seguido se muestra esta variedad de resultados, que posteriormente permitirán establecer ciertas conclusiones en cuanto a los medios de transmisión, transmisores y características de las señales de video.

#### **V.1.- SIMULACIÓN**

Como se acaba de mencionar, el resultado primordial de este proyecto es la simulación de un sistema de comunicaciones orientado al procesamiento de una señal de video. Por ello, se puede decir que todo el programa desarrollado a través del Software Labview 8.0 y mostrado en la figura V.1, cumple como objetivo general de este Trabajo Especial de Grado.

Más adelante, se establecerán diversos cambios dentro de este programa, a manera de enfocar las numerosas aplicaciones de las que se pueden disponer con el empleo de esta simulación.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

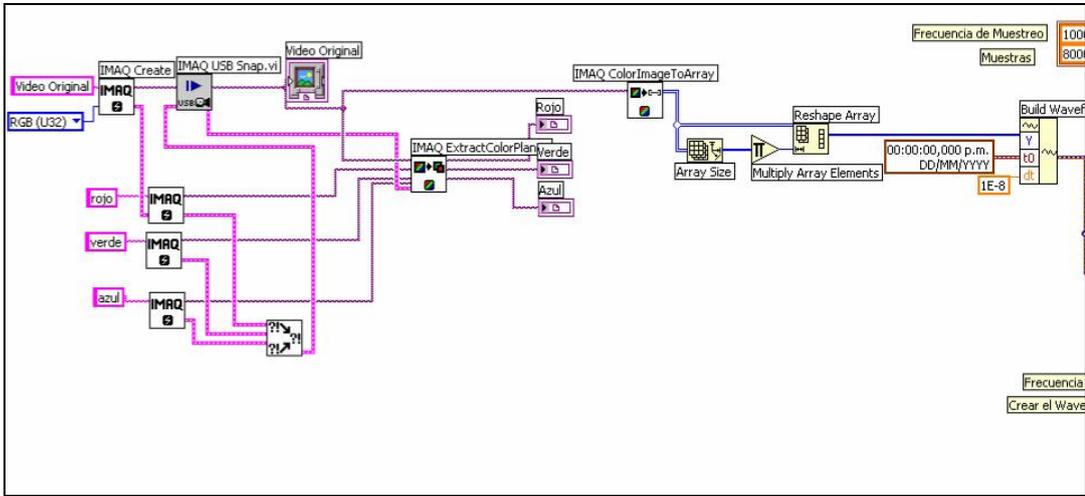


Figura V.1(a).-Programa de Simulación (Parte 1). Fuente: Elaboración Propia

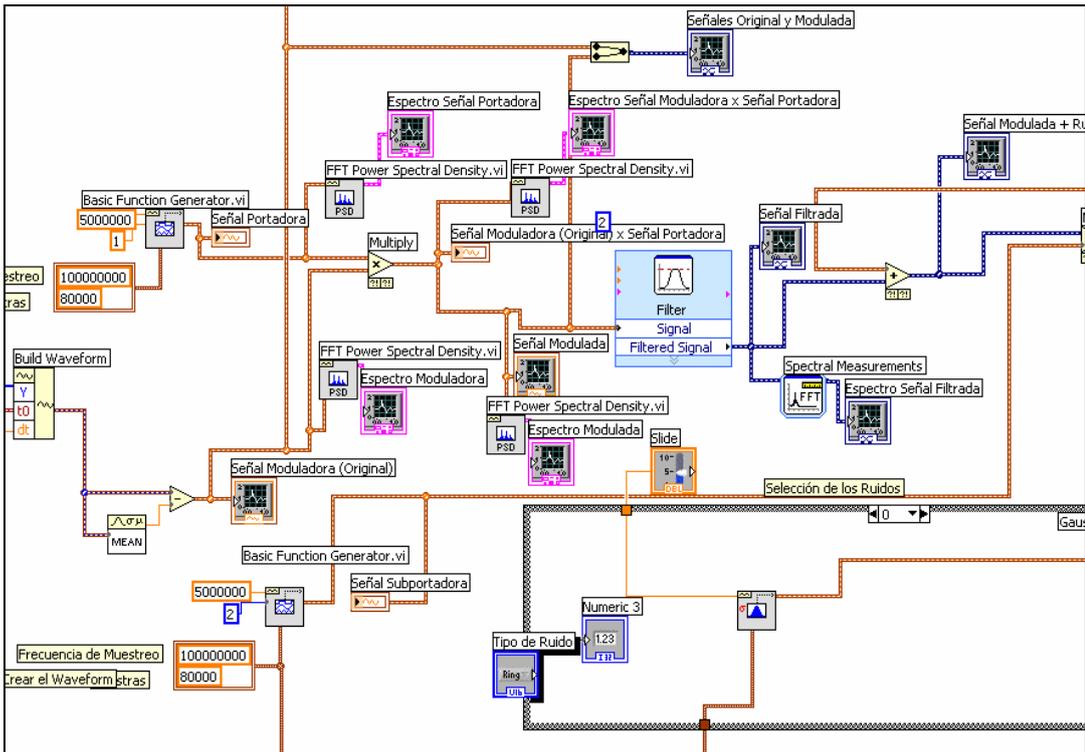


Figura V.1(b).-Programa de Simulación (Parte 2). Fuente: Elaboración Propia

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

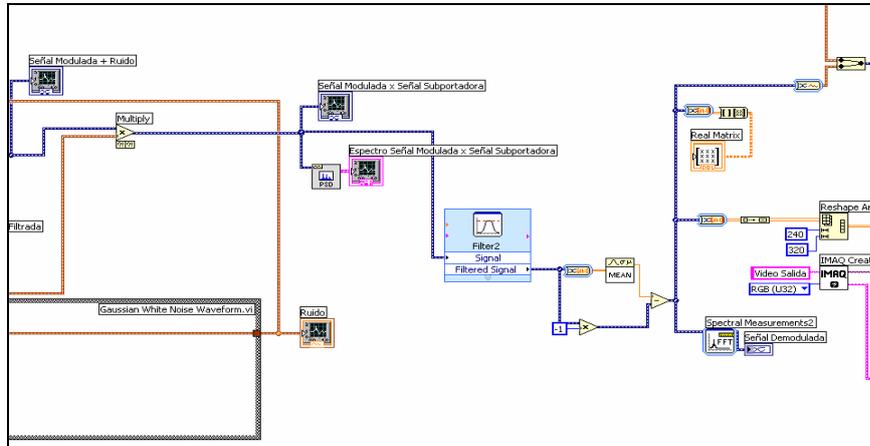


Figura V.1(c).-Programa de Simulación (Parte 3). Fuente: Elaboración Propia

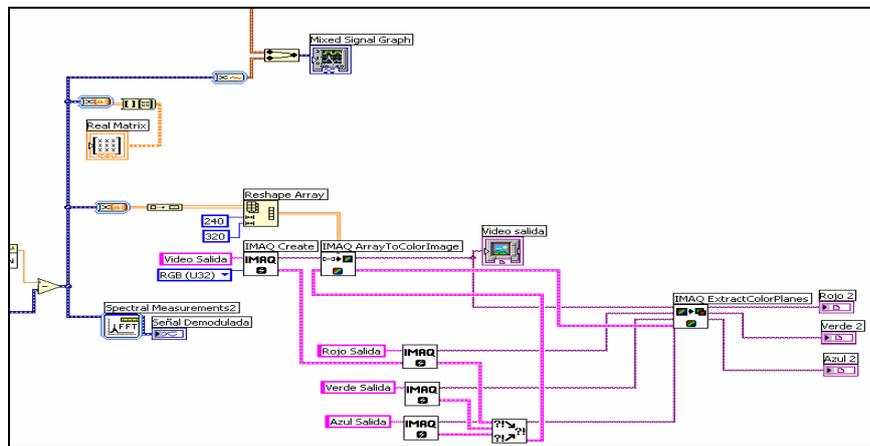


Figura V.1(d).-Programa de Simulación (Parte 4). Fuente: Elaboración Propia

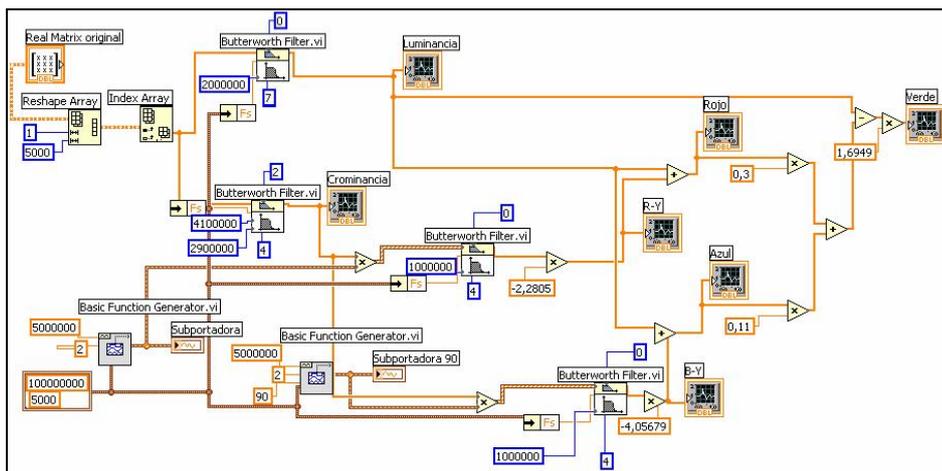


Figura V.1(e).-Programa de Simulación (calculo de componentes RGB). Fuente: Elaboración Propia



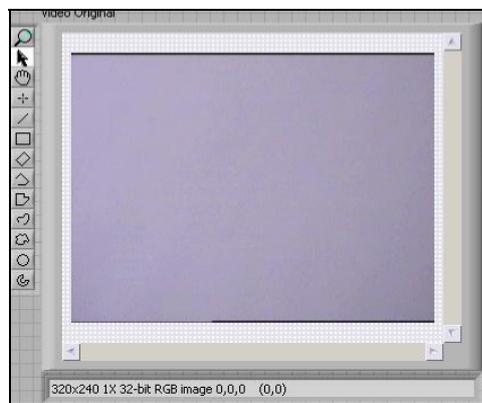
## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

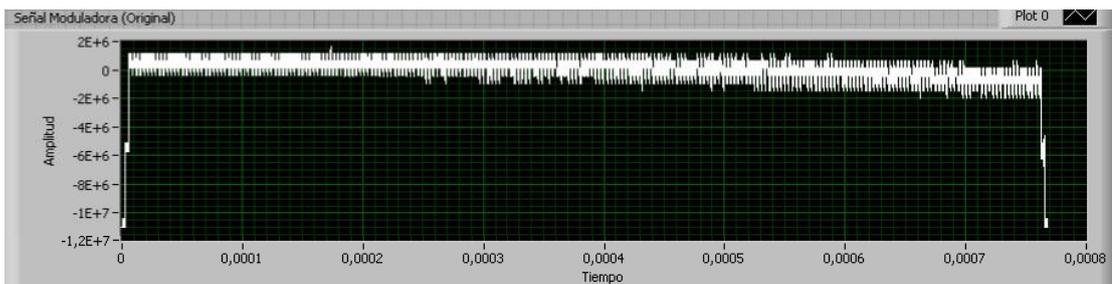
### V.2.- CAMBIOS EN EL TRANSMISOR

Para poder comprobar la efectividad del programa y contrastar los resultados obtenidos, se ejecutaron innumerables prueba.

En primer lugar, se establecieron comparaciones entre los diferentes tipos de transmisores diseñados (moduladores AM convencional y DSB), empleando una misma imagen de video (ver figura V.2 y figura V.3). Los resultados pueden apreciarse en los siguientes puntos.



**Figura V.2.-Imagen de video original – Pruebas Transmisor.** Fuente: Elaboración Propia



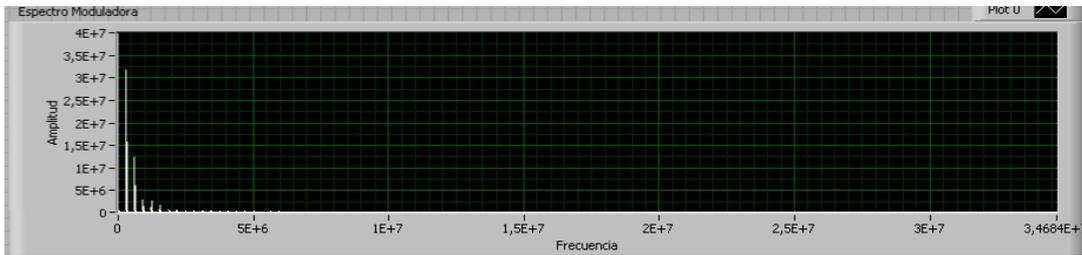
**Figura V.3.-Imagen de video original – Dominio del tiempo.** Fuente: Elaboración Propia

Para poder apreciar la frecuencia que posee esta señal; dato necesario para las futuras operaciones a realizar con el empleo de dicha imagen, se procedió a la obtención de la misma en el dominio frecuencial, como se detalló en la sección de desarrollo, mostrándose la imagen representada en la figura V.4.



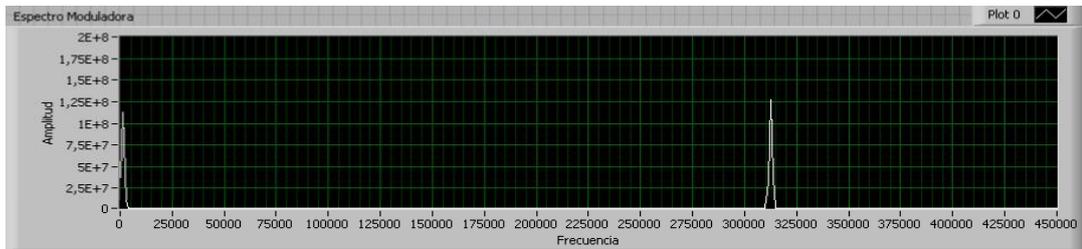
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



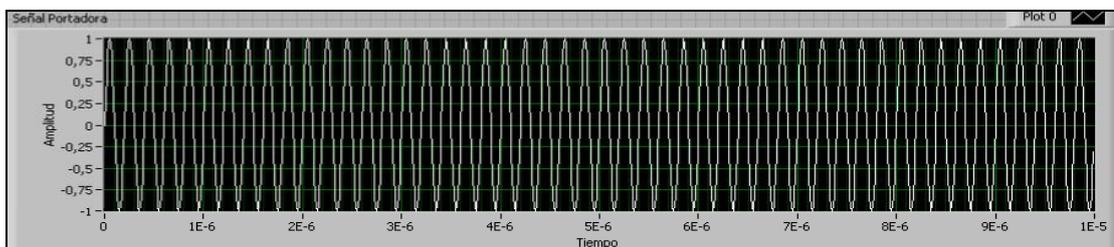
**Figura V.4.- Imagen de video original – Dominio frecuencial.** Fuente: Elaboración Propia

Realizando un acercamiento de esta imagen (Ver figura V.5), puede verse que la componente principal de la señal de video, se encuentra alrededor de los 320 KHz. Considerando como óptimo, el empleo de una onda portadora alrededor de 5 MHz de frecuencia.



**Figura V.5.- Imagen de video original – Dominio frecuencial.** Fuente: Elaboración Propia

La imagen de video capturada, esta conformada por 76.800 muestras (esto se debe a las dimensiones del video, que son 240x320). Al utilizar 80.000 muestras en las señales portadora y subportadora, de 5 MHz de frecuencia y 100 MHz de Frecuencia de Muestreo, se obtienen los siguientes resultados para AM y DSB. (Es muy difícil apreciar dichas señales en tiempo, debido a su elevada frecuencia, por lo que para una mejor percepción del lector, se muestra un acercamiento de las mismas en las figuras V.6 y V.12).



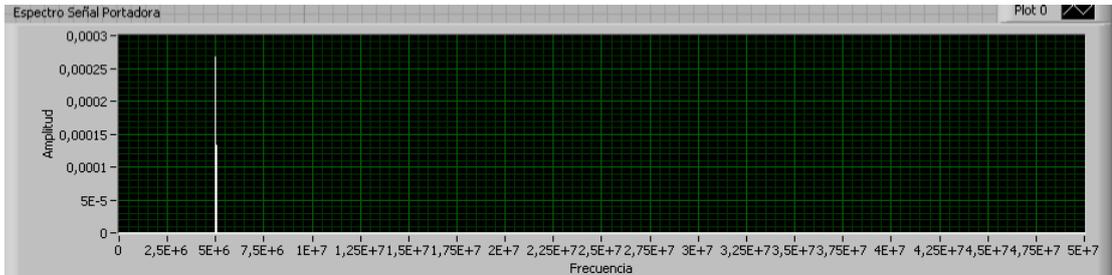
**Figura V.6.-Señal Portadora – Dominio del tiempo – Acercamiento.** Fuente: Elaboración Propia

---

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

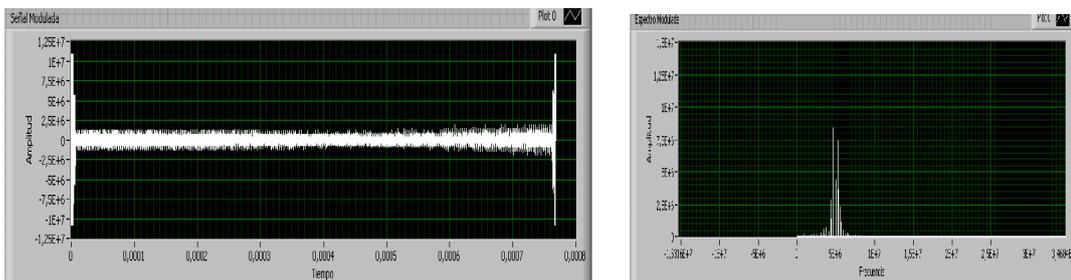
---

En la siguiente imagen, se puede apreciar el espectro de la señal portadora, indicando su frecuencia en 5 MHz.

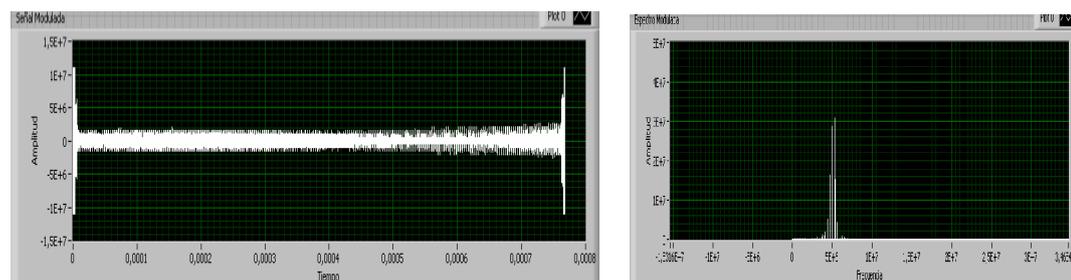


**Figura V.7.-Señal Portadora – Dominio de la Frecuencia.** Fuente: Elaboración Propia

Al efectuar la modulación de la señal original en AM y DSB, con el empleo de esta señal portadora, los resultados en el dominio del tiempo y frecuencia, son similares a los que se destacan en las imágenes V.8 y V.9.



**Figura V.8.-Señal Modulada en AM – Dominio tiempo y Frecuencia.** Fuente: Elaboración Propia

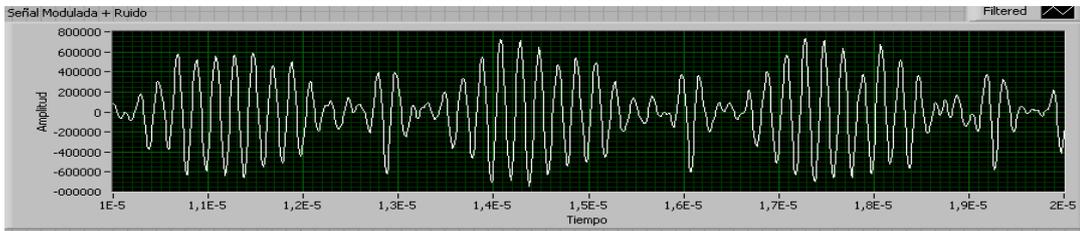


**Figura V.9.-Señal Modulada en DSB – Dominio tiempo y Frecuencia.** Fuente: Elaboración Propia

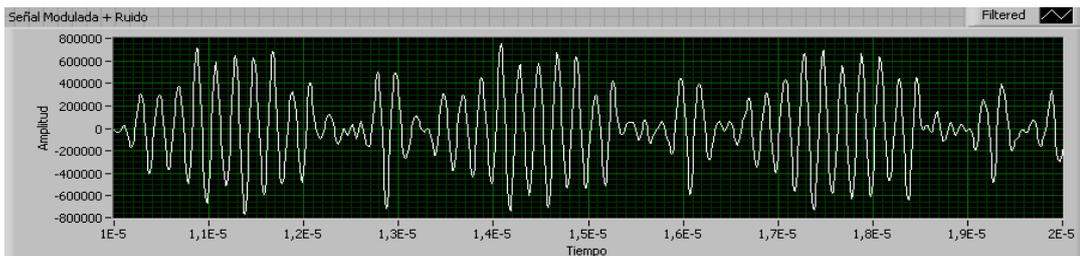
Para ver el efecto de estas modulaciones, las imágenes V.10 y V.11, muestran un acercamiento directo de estas señales en tiempo, a las que se les suma un ruido de amplitud cero (no se le añade ruido).

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

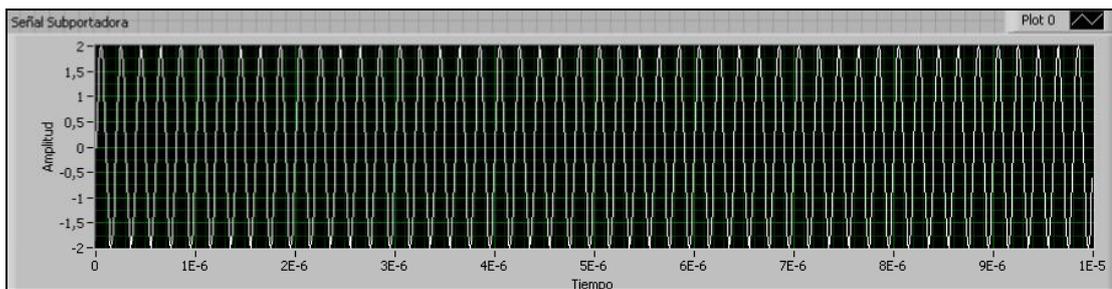


**Figura V.10.-Señal Modulada AM – En tiempo (acercamiento).** Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.11.-Señal Modulada DSB – En tiempo (acercamiento).** Fuente: Elaboración Propia

La señal subportadora generada (Oscilador local), para la recuperación de la imagen en el receptor, es muy similar a la señal portadora empleada en el transmisor, a diferencia de su amplitud (valor = 2), lo que permite la amplificación de la señal recibida. Esta imagen puede apreciarse en la figura V.12, donde se muestra un acercamiento de la misma.



**Figura V.12.-Señal Subportadora - acercamiento.** Fuente: Elaboración Propia

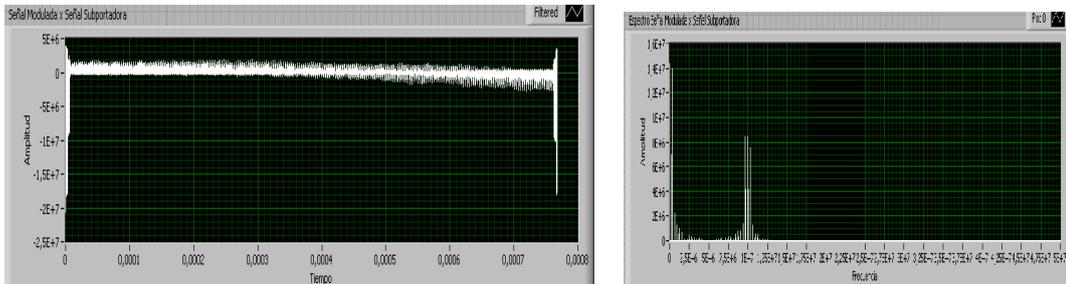
Para estas pruebas, se consideró tanto en la demodulación AM como en DSB, que el receptor era del tipo detector sincrónico, por lo que se efectuó la multiplicación de la señal recibida por la subportadora y luego se filtró.

---

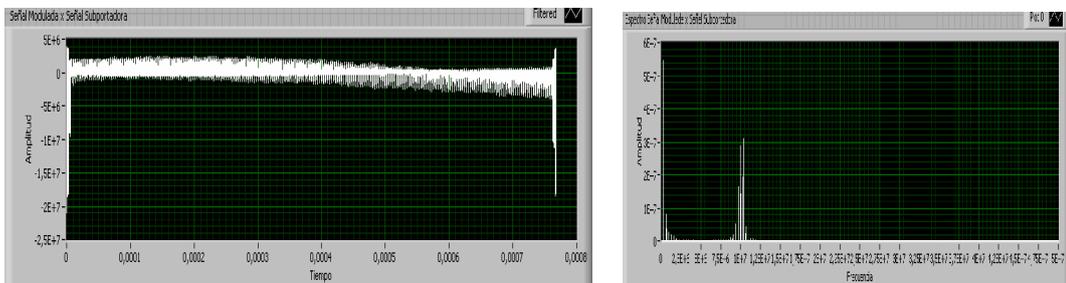
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Los resultados obtenidos en la multiplicación, tanto en AM como en DSB, son mostrados en las siguientes imágenes:

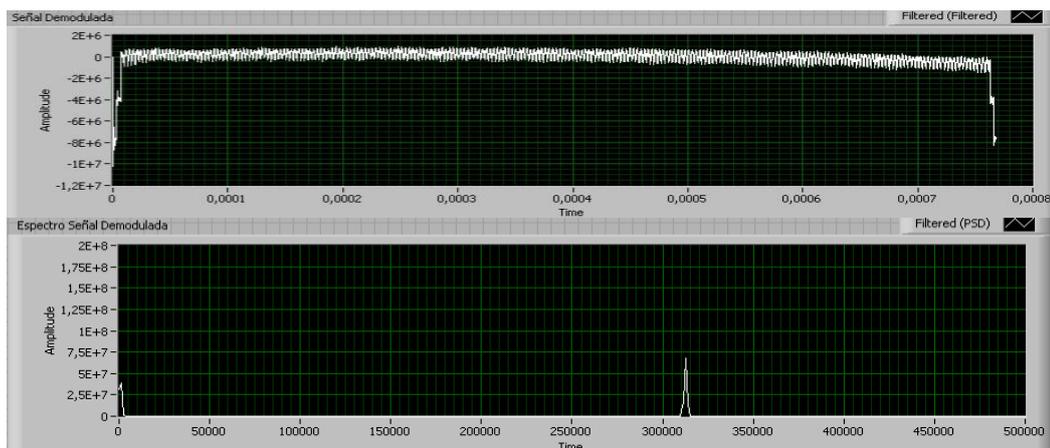


**Figura V.13.- Señal modulada en AM x subportadora (tiempo y frec.).** Fuente: Elaboración Propia



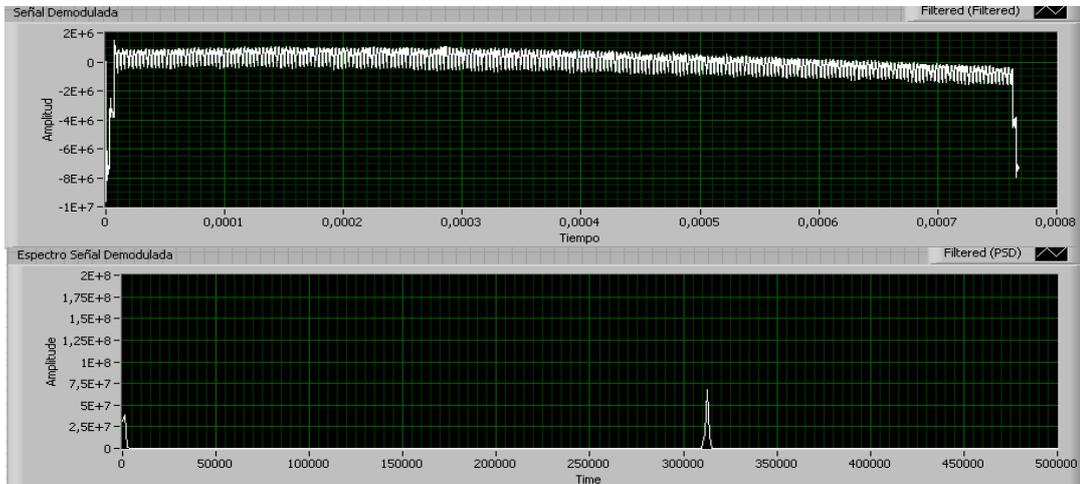
**Figura V.14.- Señal modulada en DSB x subportadora (tiempo y frec.).** Fuente: Elaboración Propia

Pasando estas señales a través del filtro receptor, se obtiene las señales demoduladas, las cuales pueden apreciarse a continuación, tanto en el dominio temporal como frecuencial.



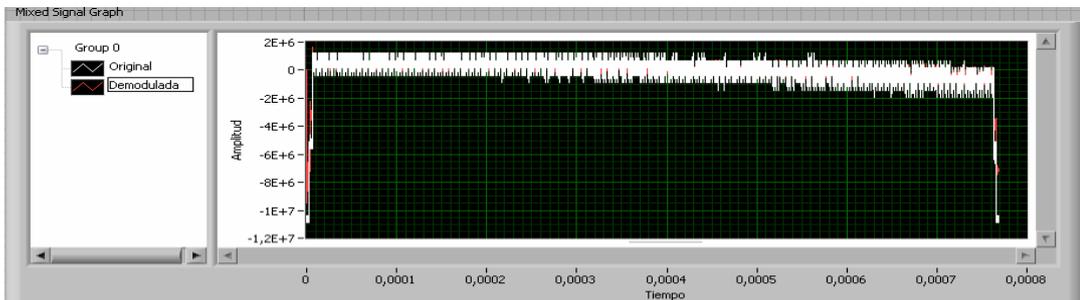
**Figura V.15.- Señal demodulada AM (tiempo y frecuencia).** Fuente: Elaboración Propia

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

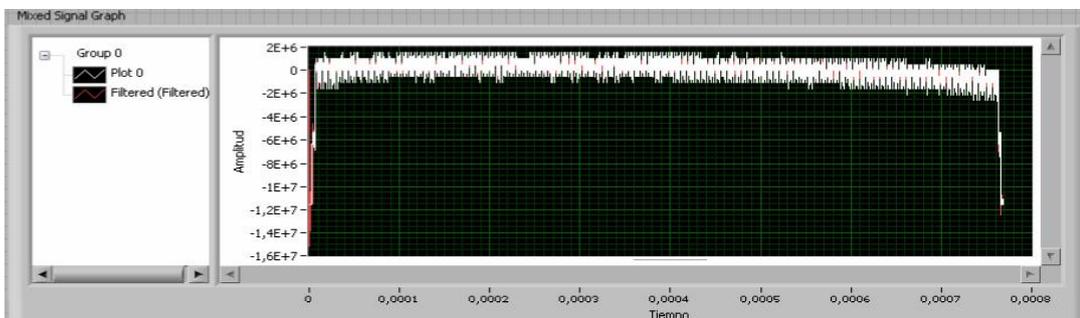


**Figura V.16.- Señal demodulada en DSB (tiempo y frecuencia).** Fuente: Elaboración Propia

Haciendo una comparación más detallada entre las señales obtenidas a la salida del sistema (color rojo) y las señales iniciales (color blanco), en ambos procesos, los resultados ofrecidos son los siguientes.



**Figura V.17.- Comparación de gráfica en t de entrada y salida -AM.** Fuente: Elaboración Propia



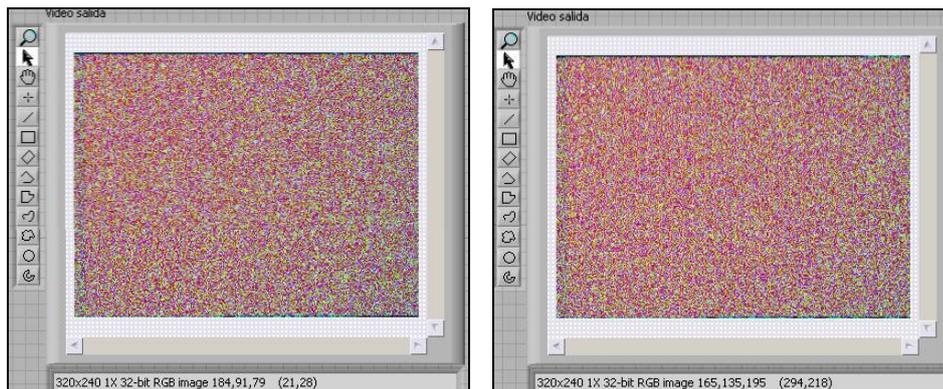
**Figura V.18.- Comparación de gráficas en t de entrada y salida -DSB.** Fuente: Elaboración Propia



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Las imágenes de video obtenidas a la salida, tanto para la transmisión en AM (a la izquierda) como en DSB (derecha), son mostradas en la Figura V.19, donde puede apreciarse que las señales presentan una lluvia de colores producida por efectos del filtro receptor.



**Figura V.19- Comparación imágenes de salida –AM y DSB.** Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo ver en este ejemplo, el programa de simulación brinda la oportunidad a los usuarios de observar las diferencias generadas con el empleo de varios transmisores, a manera de que la persona pueda, en base a estas respuestas, seleccionar las opciones que les sean más favorables de acuerdo a sus conveniencias.

### V.3.- CAMBIOS EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN

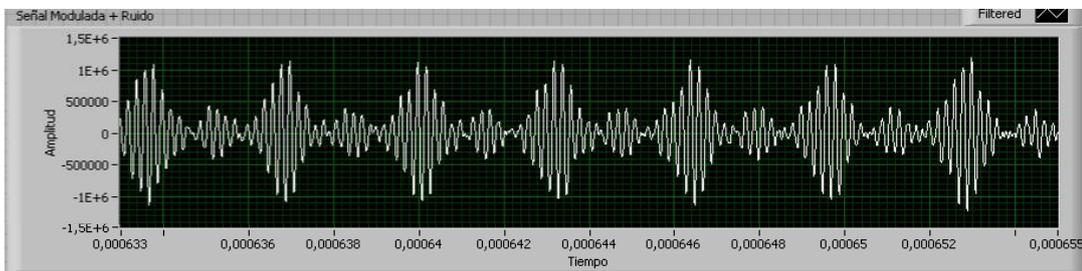
Como se ha expuesto a lo largo de este trabajo, uno de los principales beneficios ofrecidos por este Proyecto, es la oportunidad de ver los efectos generados por diversos medios de transmisión, en las señales de video. Como se describió en el Capítulo de Desarrollo, los medios que incorpora este simulador ofrecen canales donde están presentes ruidos como el ruido blanco uniforme, ruido Gaussiano blanco aditivo y el ruido de Poisson. A continuación se muestra un ejemplo, donde pueden apreciarse los efectos producidos y las diferencias en las señales recibidas a través de estos tres medios.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

La primera prueba mostrada, es con una señal modulada en AM. En las siguientes imágenes se podrá apreciar la señal modulada, la cual es emitida a través de los diferentes medios de transmisión, y su posterior demodulación, con la finalidad de estudiar las diferencias producidas por los diversos ruidos.

Partiendo de que la señal modulada en AM, es la imagen mostrada en la figura V.20; luego del proceso de captura de la imagen y modulación, se procede a la adición de la señal aleatoria de ruido a esta señal modulada, generándose las imágenes indicadas posteriormente.



**Figura V.20- Señal modulada en AM – Prueba ruidos.** Fuente: Elaboración Propia

Teniendo esta señal modulada en AM, a través de los elementos del Front Panel del Software Labview (ver Figura V.21), se le añadieron los diversos tipos de ruido establecidos.



**Figura V.21- Selección de los parámetros y tipos de Ruidos.** Fuente: Elaboración Propia

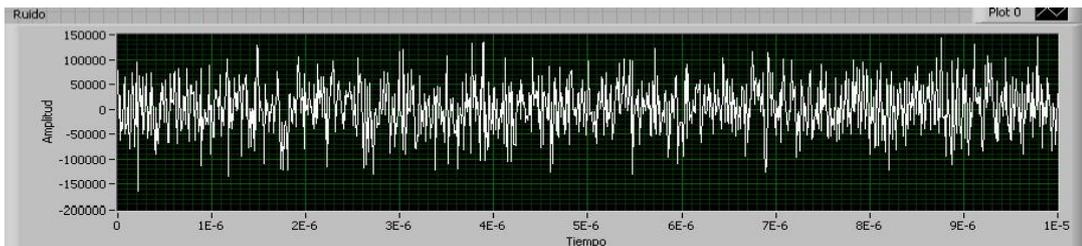
Los ruidos fueron añadidos con estos parámetros, ya que eran los valores que ocasionaban el mismo nivel de interferencia de ruido, es decir, generaban la misma amplitud de la señal de ruido, para los tres medios disponibles. (Para el ruido blanco

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

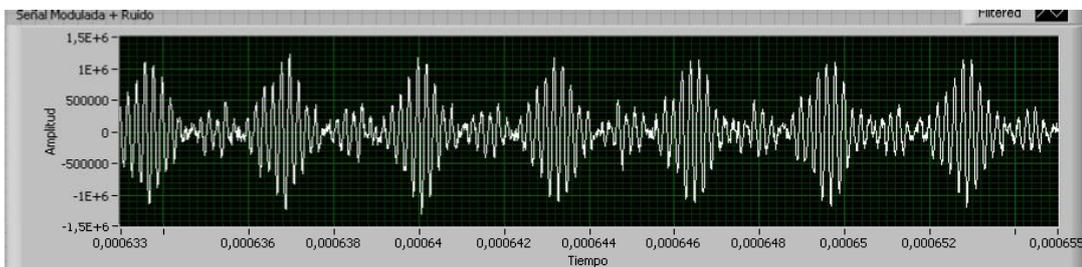
---

uniforme el Slide modifica su amplitud, mientras que para los otros dos ruidos, AWGN y de Poisson, el Slide modifica su desviación estándar y media, respectivamente, generando variaciones en la distribución probabilística y ésta a su vez en la amplitud de las señales). Se requirió la presencia de estos valores elevados, para poder causar mayor efecto en las señales de video. Los resultados fueron los siguientes:

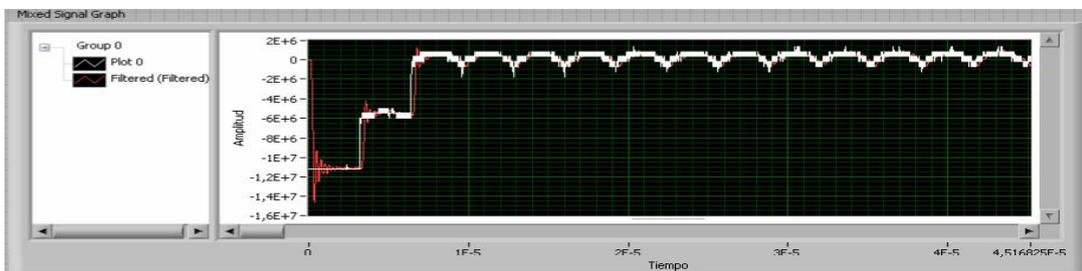
Con el canal AWGN, se obtuvo la señal aleatoria de ruido mostrada en la imagen V.22, esta se añadió a la señal modulada, generando la imagen V.23 y posteriormente, luego de proceder a la demodulación como se ha descrito en puntos anteriores, se obtuvo la imagen de salida, la cual es comparada con la imagen inicial en tiempo, a través de la figura V.24.



**Figura V.22- Señal aleatoria - Ruido AWGN. Fuente: Elaboración Propia**



**Figura V.23-Ruido AWGN más señal modulada en AM. Fuente: Elaboración Propia**



**Figura V.24- Señal inicial Vs. Señal con ruido AWGN demodulada (en t).**

Fuente: Elaboración Propia



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

De igual manera se procedió para los otros canales, donde los resultados obtenidos fueron los siguientes. Con Ruido Blanco Uniforme:

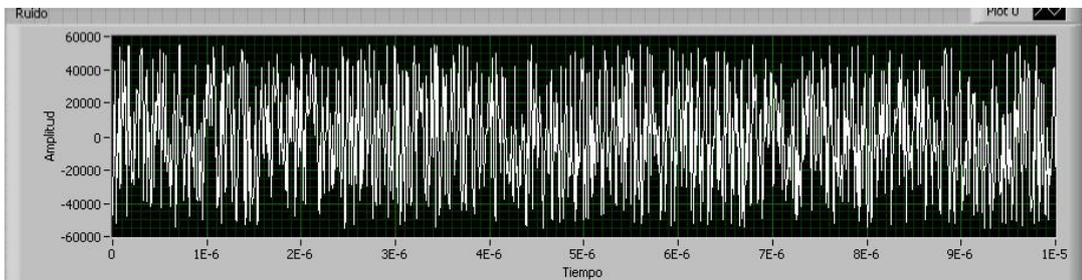


Figura V.25- Señal aleatoria – Ruido Blanco Uniforme. Fuente: Elaboración Propia

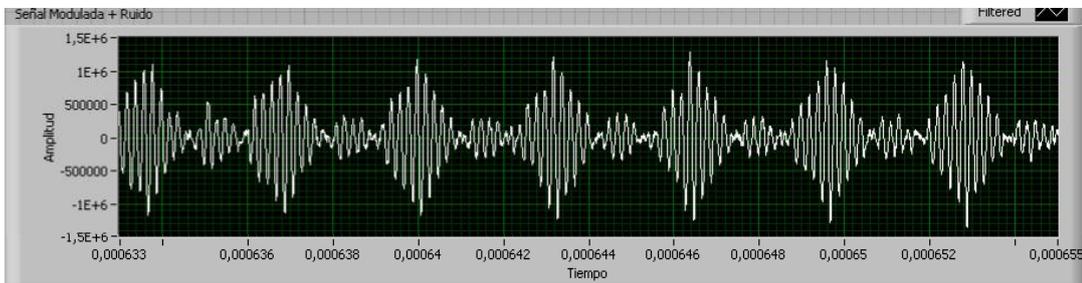


Figura V.26-Ruido Blanco Uniforme más señal modulada en AM. Fuente: Elaboración Propia

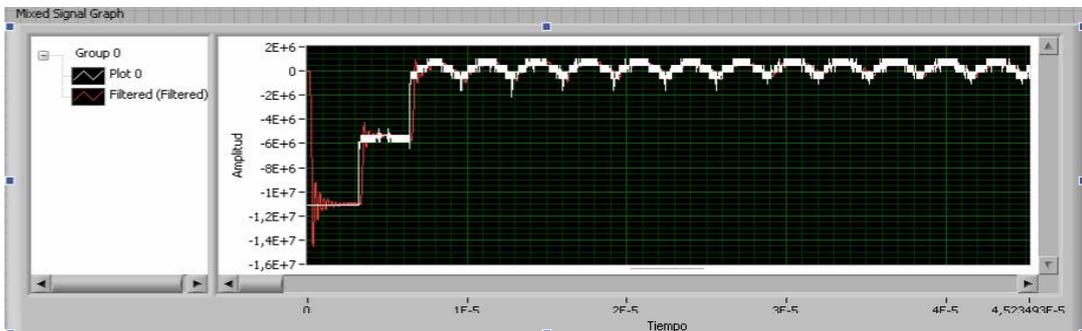


Figura V.27- Señal inicial Vs. Señal con ruido Blanco Uniforme demodulada (en t).

Fuente: Elaboración Propia

Con Ruido de Poisson:

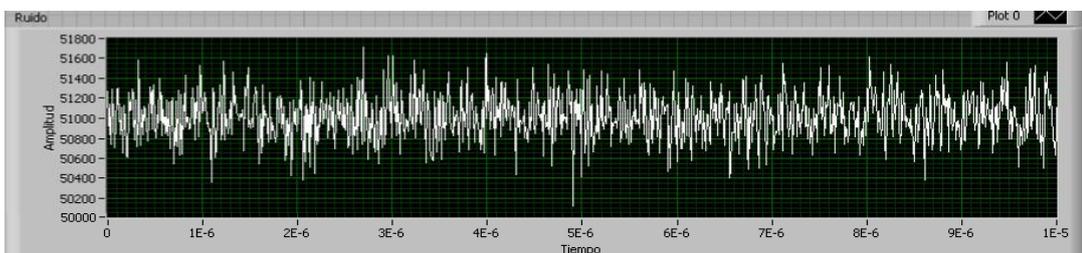
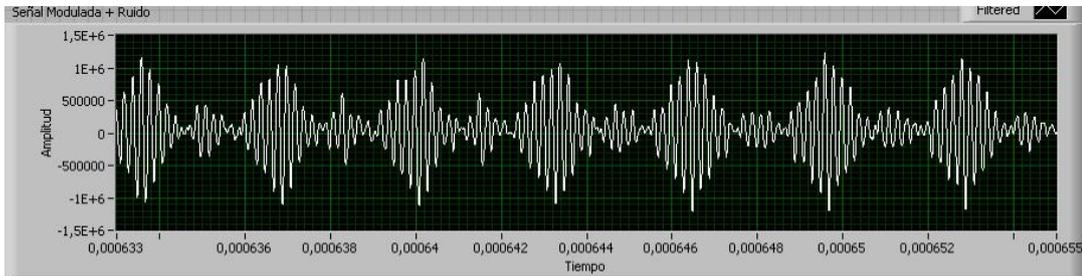


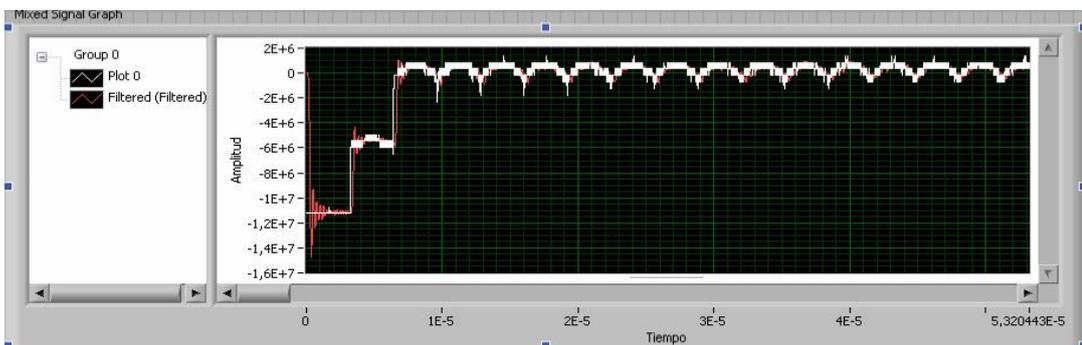
Figura V.28- Señal aleatoria – Ruido de Poisson. Fuente: Elaboración Propia

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



**Figura V.29-Ruido de Poisson más señal modulada en AM.** Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.30- Señal inicial Vs. Señal con ruido de Poisson demodulada (en t).**

Fuente: Elaboración Propia

Situándose uno en la posición de los usuarios de este programa, y estableciendo una comparación de los resultados obtenidos, puede decirse que de acuerdo a los parámetros seleccionados, el canal que causa menos interferencia es el canal que contiene ruido Blanco Uniforme; ya que para niveles de ruido similares, este ruido ocasiona menores interferencias que las presentes con los Ruidos AWGN y de Poisson.

Un ejemplo análogo a este, pero con características diferentes, es mostrado en el apéndice B; donde en vez de realizar la transmisión de una señal modulada en AM, se emplea una señal modulada en DSB.

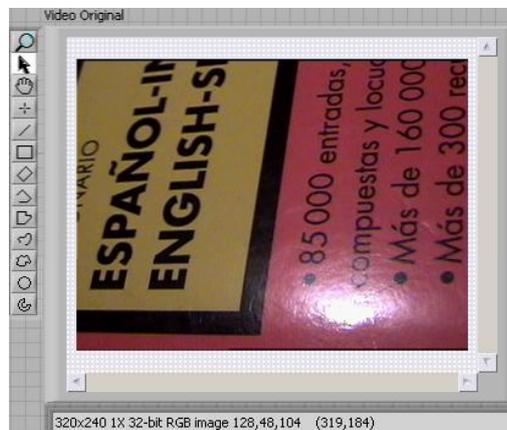


## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

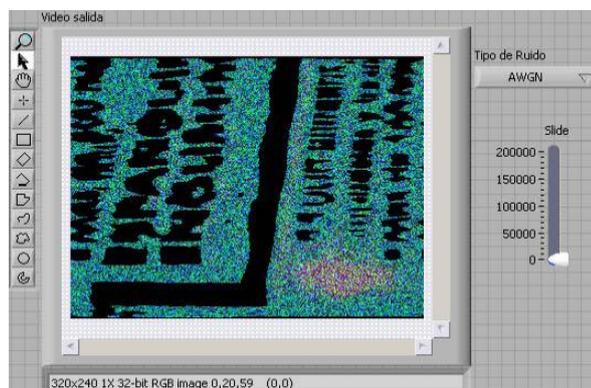
Otras pruebas que pueden efectuarse con esta simulación, es el estudio de los niveles de ruido en una señal. Con el empleo de este programa, se puede analizar hasta que niveles de ruido es capaz de aceptar una señal de video cualquiera y cuales no. A continuación se muestran los resultados obtenidos para los tres tipos de ruido, con una señal de video preestablecida.

Para una señal de video cualquiera (figura V.31), modulada en AM, y con canal AWGN como medio de transmisión, se obtienen las siguientes salidas de imagen, dependiendo de los parámetros de ruido establecidos:



**Figura V.31-Imagen original – Prueba de Ruido 2.** Fuente: Elaboración Propia

Añadiendo Ruido AWGN de desviación Estándar muy pequeña, se obtiene una imagen similar a la mostrada en la figura V.32.

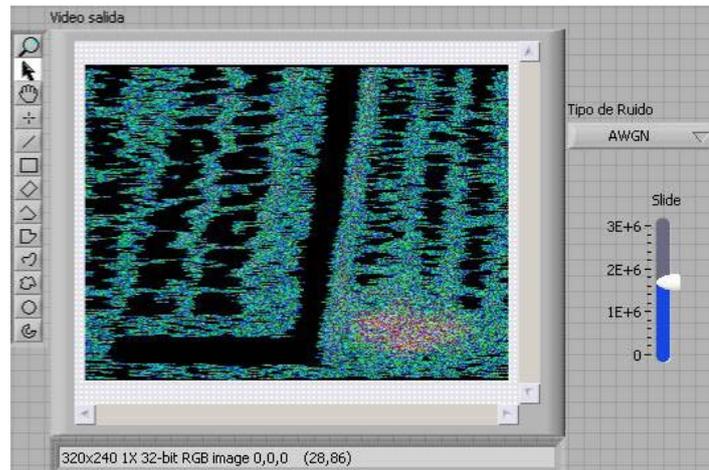


**Figura V.32- Imagen de salida - Canal AWGN con desviación  $\approx 0$**  Fuente: Elaboración Propia

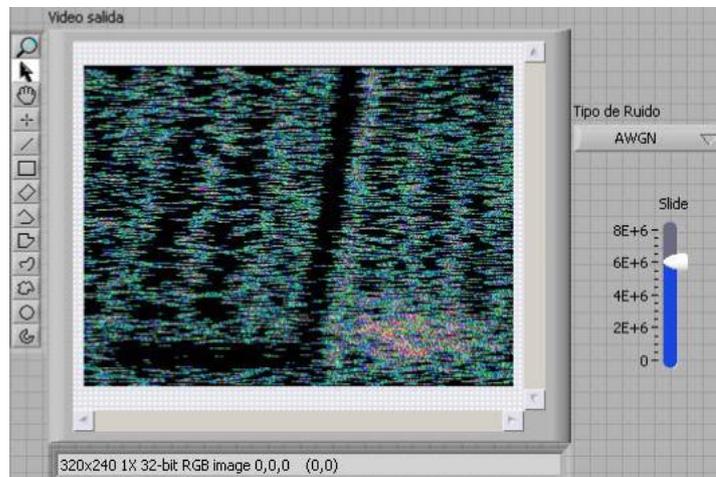
## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

A medida que esta desviación estándar, va haciéndose cada vez mayor, la interferencia de ruido en la señal aumenta, hasta el punto en el que la imagen recibida es prácticamente irreconocible, como puede apreciarse en la figura V.34.



**Figura V.33-Imagen de salida - Canal AWGN con desviación  $\approx 2E+6$ .** Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.34-Imagen de salida - Canal AWGN con desviación  $\approx 6E+6$ .** Fuente: Elaboración Propia

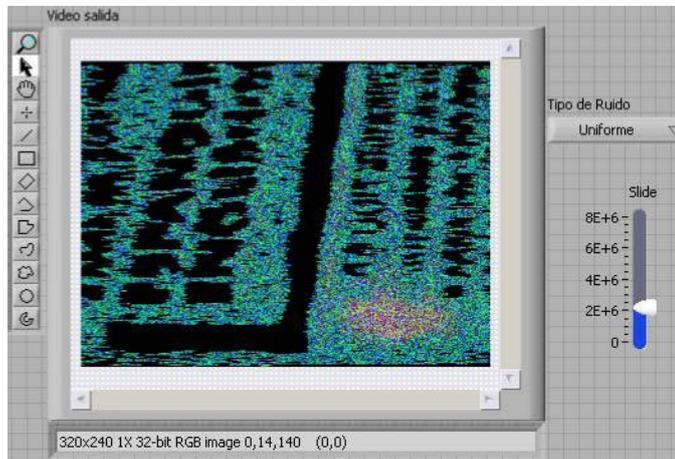
Empleando la misma señal de video, con los demás tipos de ruidos ofrecidos por el programa de simulación (Ruido Blanco Uniforme y Ruido de Poisson), se tiene que las imágenes resultantes son similares a las mostradas a continuación.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

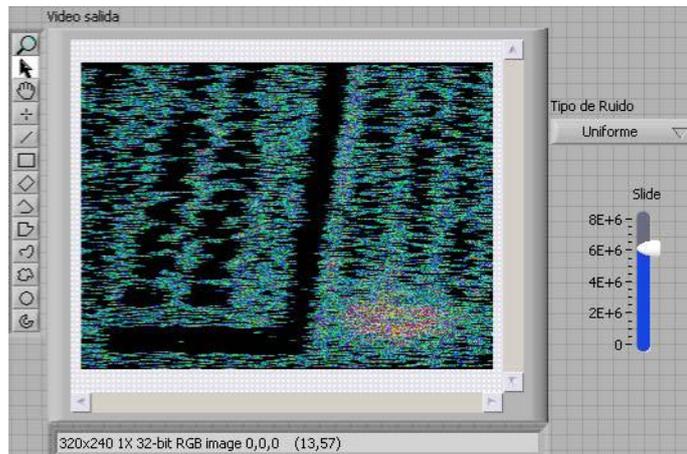
---

Con Ruido Blanco Uniforme de amplitudes  $2E+6$  y de  $6E+6$ , se tiene:



**Figura V.35- Imagen de salida - Canal Ruido Blanco Uniforme con amplitud  $2E+6$**

Fuente: Elaboración Propia



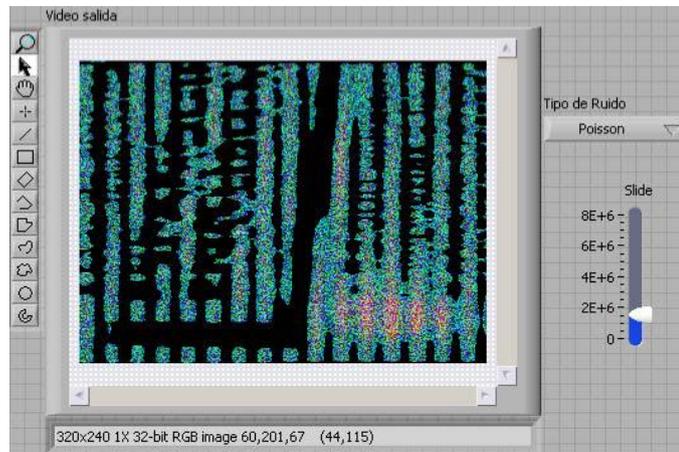
**Figura V.36- Imagen de salida - Canal Ruido Blanco Uniforme con amplitud  $6E+6$**

Fuente: Elaboración Propia

Por último, empleando Ruido de Poisson de coeficientes de Poisson (media) iguales a  $2E+6$  y de  $6E+6$ , se tiene como resultado las imágenes mostradas en las figuras V.37 y V.38 respectivamente.

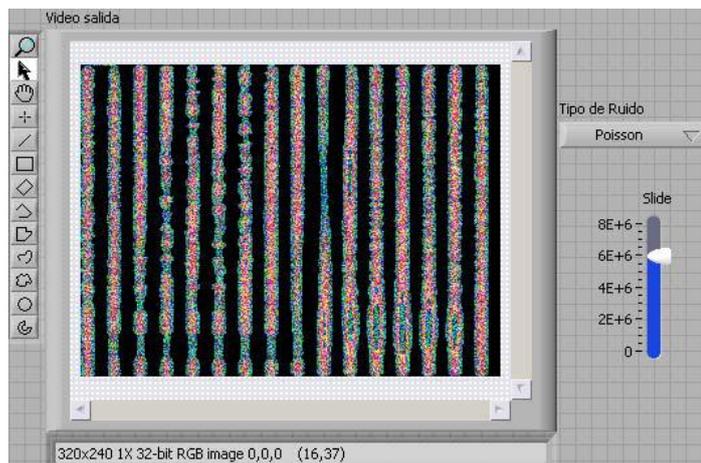
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



**Figura V.37- Imagen de salida - Canal Ruido de Poisson con media 2E+6**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.38- Imagen de salida - Canal Ruido de Poisson con media 6E+6**

Fuente: Elaboración Propia

Comparando los resultados obtenidos, de acuerdo a los parámetros establecidos inicialmente, puede decirse que el ruido uniforme es el que ocasiona menos diferencias en la señal transmitida. Ya que, al igual que el caso anterior con graficas en el tiempo, una gran proporción de ruido blanco uniforme, genera la misma interferencia que magnitudes más pequeñas de ruidos AWGN y Poisson. Análisis como estos, permiten a los usuarios saber hasta que proporciones de ruido pueden ser favorables para una determinada transmisión, siempre dependiendo de las características de la señal empleada y las condiciones propuestas.



#### V.4.- LUMINANCIA, CROMINANCIA Y SEÑALES RGB

Como se ha mencionado en puntos anteriores, el programa de simulación realizado también permite la apreciación de las señales de luminancia, crominancia y R, G, B, correspondientes a las imágenes de video tanto de entrada como de salida; lo que permite al usuario conocer a detalle las características de una determinada señal, y establecer comparaciones y conclusiones, acerca de las imágenes generadas por el sistema, con respecto a las imágenes entrantes.

A continuación se muestra un breve ejemplo, haciendo referencia a esta parte del programa, destacando las señales que el usuario puede encontrar con el empleo de esta simulación.



**Figura V.39.- Imagen de Video Entrante –RGB.** Fuente: Elaboración Propia

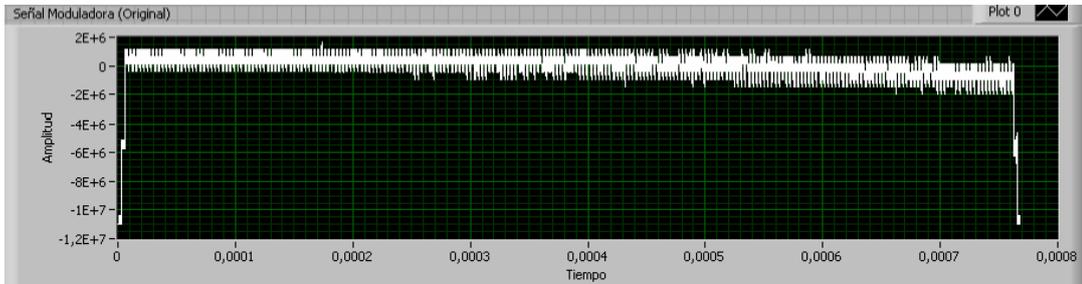
Se considero como ejemplo una imagen en blanco (mostrada en la figura V.39), para poder comprobar el correcto funcionamiento del sistema, ya que las imágenes en blanco tienen la propiedad de estar compuestas en una proporción R, G, B de 255, 255 y 255, como se explicó previamente en el Capítulo IV. Para poder apreciar mayores cambios en las señales R, G y B es conveniente emplear una imagen



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

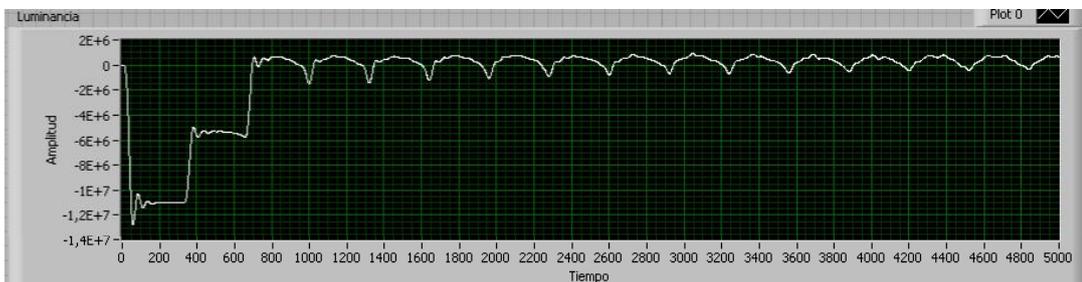
---

a colores. La representación de esta imagen en el dominio del tiempo es mostrada a continuación, en la figura V.40.

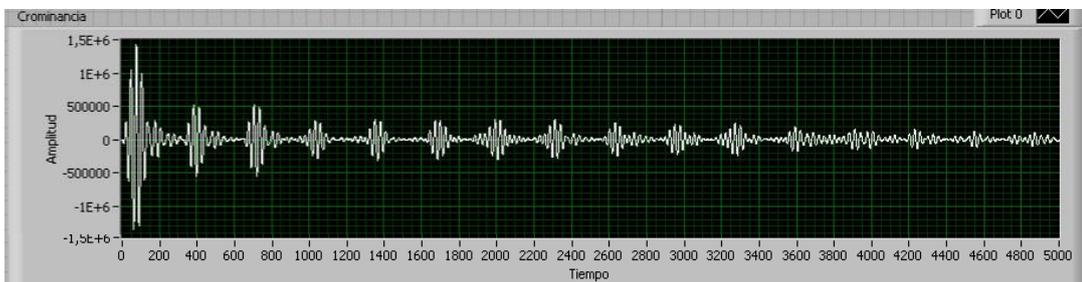


**Figura V.40.- Imagen de Video Entrante – Dominio del tiempo.** Fuente: Elaboración Propia

Aplicando todas las técnicas de filtrado expuestas en la sección de Desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, para el cálculo de luminancia y crominancia, se obtuvieron las expresiones en tiempo de dichas componentes. Estas imágenes pueden apreciarse en las figuras V.41 y V.42, respectivamente.



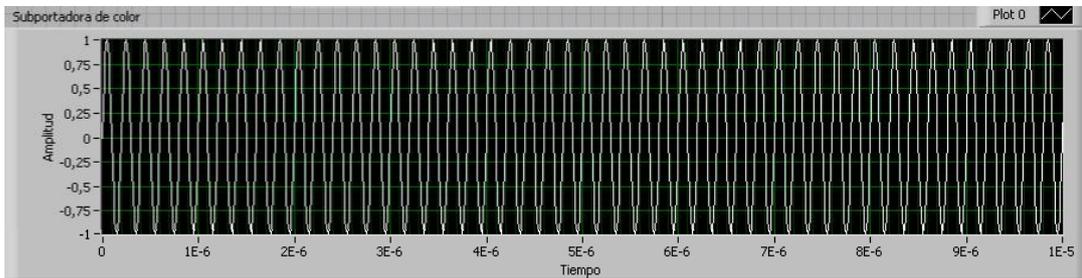
**Figura V.41.- Imagen de Video Entrante –Luminancia.** Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.42.- Imagen de Video Entrante – Crominancia.** Fuente: Elaboración Propia

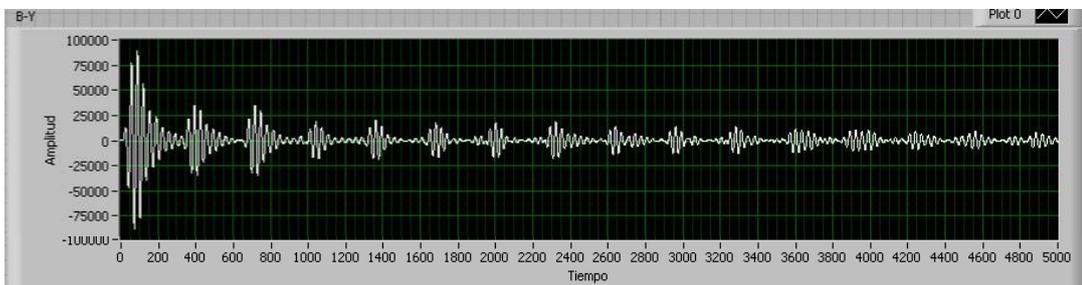
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

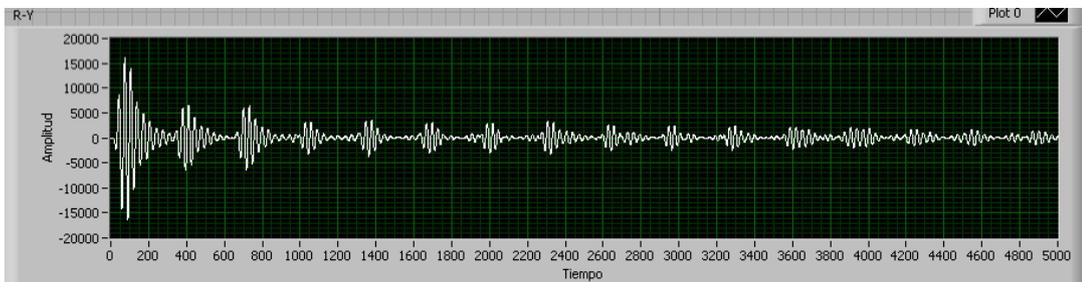


**Figura V.43.-Subportadora de color.** Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de las señales R, G y B, es indispensable la presencia de las señales de crominancia (R-Y y B-Y), mejor conocidas como señales diferencia de color. Para una imagen en blanco, el valor de estas componentes es aproximadamente cero. Estas señales fueron obtenidas por medio de los procedimientos explicados en la sección de Desarrollo y la presencia de subportadoras de color como la mostrada en la figura V.43. Su representación en tiempo puede ser apreciada en las imágenes que se presentan a continuación.



**Figura V.44.- Imagen de Video Entrante –B-Y.** Fuente: Elaboración Propia



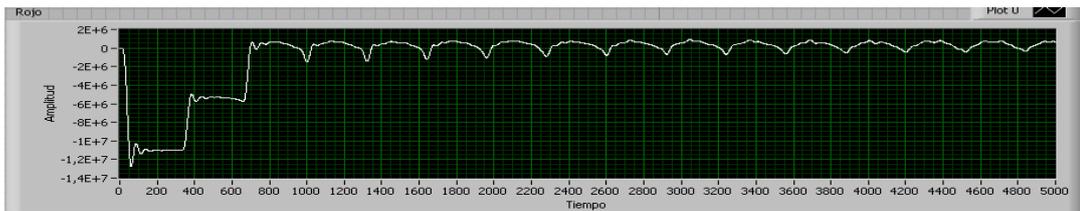
**Figura V.45.- Imagen de Video Entrante –R-Y.** Fuente: Elaboración Propia



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

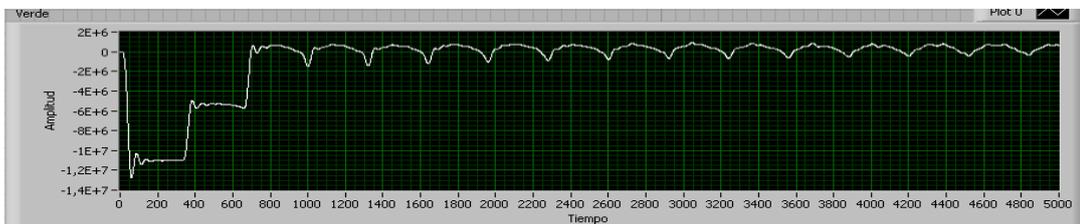
Las señales R, G y B fueron obtenidas posteriormente a través de operaciones ejecutadas entre las señales de crominancia y luminancia, (operaciones detalladas en el Capítulo IV). Estas señales deben ser iguales y coincidir con la luminancia, cuando la imagen que se esta procesando es una señal en blanco. A continuación, en las figuras V.46, V.47 y V.48 puede observarse la representación en tiempo de estas señales R, G y B.



**Figura V.46.- Imagen de Video Entrante –Rojo.** Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.47.- Imagen de Video Entrante –Azul.** Fuente: Elaboración Propia



**Figura V.48.- Imagen de Video Entrante –Verde.** Fuente: Elaboración Propia

Efectuando el procesamiento de esta señal moduladora (señal de entrada), tanto en AM como en DSB, los resultados generados fueron los siguientes:

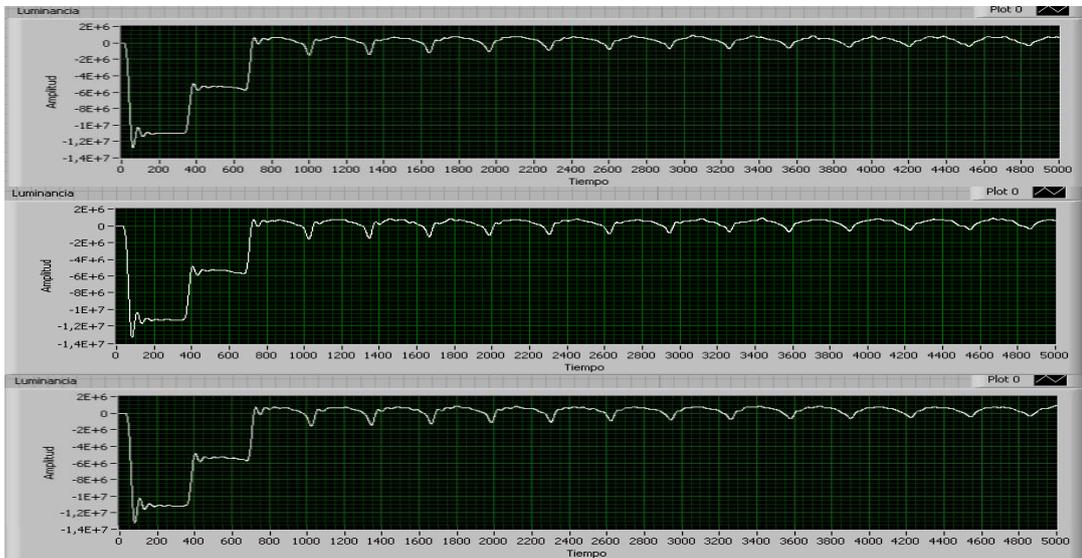
Para la señal de luminancia, se puede apreciar que la componente de entrada es muy similar a la imagen arrojada por la componente de salida, en cualquiera de sus dos modulaciones. La figura V.49 hace referencia, en primer lugar, a la luminancia obtenida de la señal original y posteriormente la obtenida a la salida del sistema, con modulación AM y DSB respectivamente.

---



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

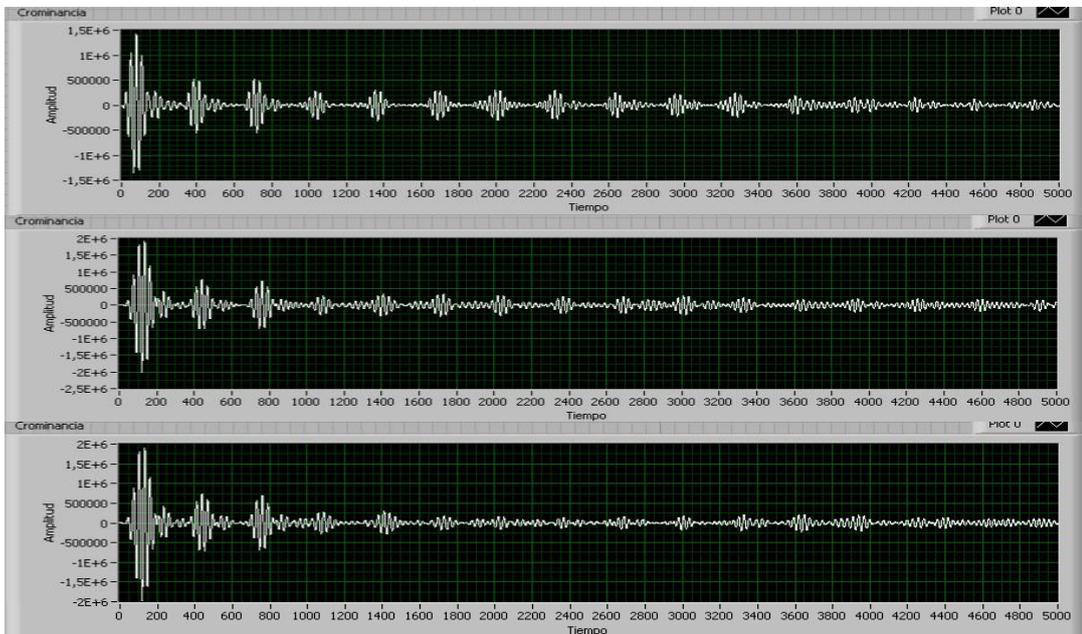
---



**Figura V.49.-Comparación de Luminancia. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB**

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera se procedió con la componente de crominancia y sus señales R-Y y B-Y, las cuales pueden apreciarse y compararse a través de las figuras V.50, V.51 y V.52. Con la señal de entrada y las salidas tanto para AM como para DSB.



**Figura V.50.-Comparación de Crominancia. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB**

Fuente: Elaboración Propia



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

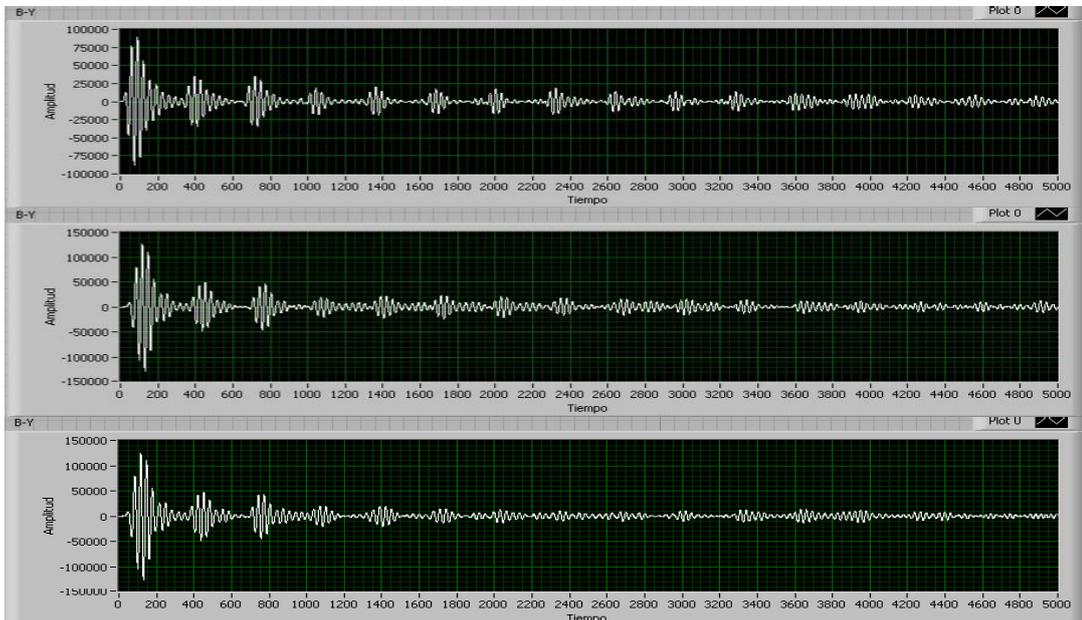


Figura V.51.-Comparación de Señales B-Y. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB

Fuente: Elaboración Propia

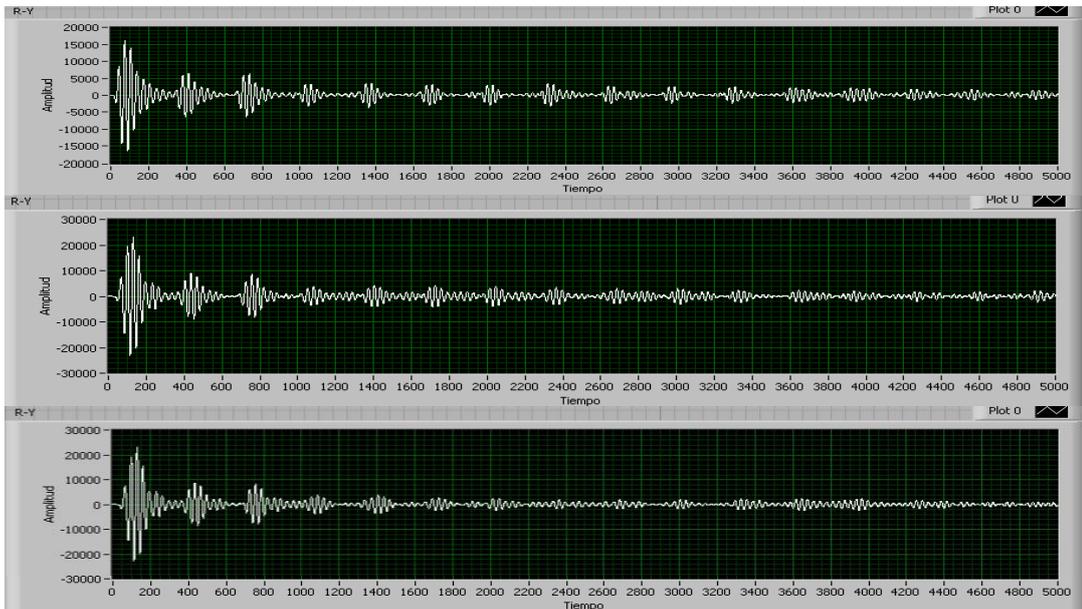


Figura V.52.-Comparación de Señales R-Y. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que se procedió anteriormente para la obtención de las señales R, G y B, se realizó este segmento, añadiendo la comparación de las mismas entre las imágenes de entrada y salida. En la imagen V.53 se pueden apreciar las señales R.

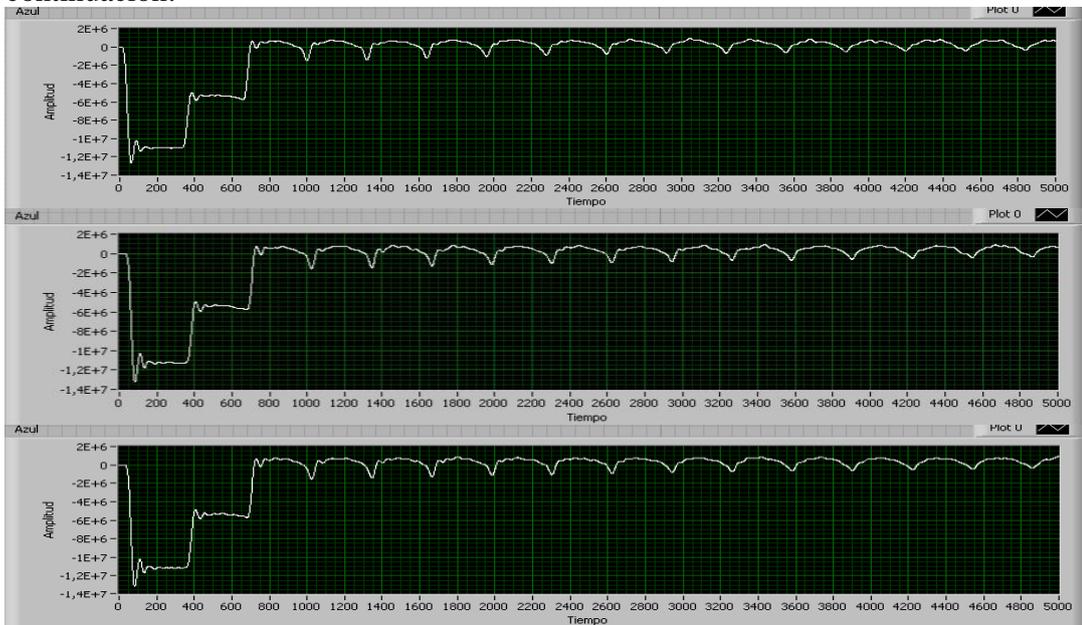
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO



**Figura V.53.-Comparación de Señales R. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB**

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera se ejecutó el procedimiento para las señales B y G, a manera de establecer comparaciones en la entrada y salida. Estas imágenes se detallan a continuación.



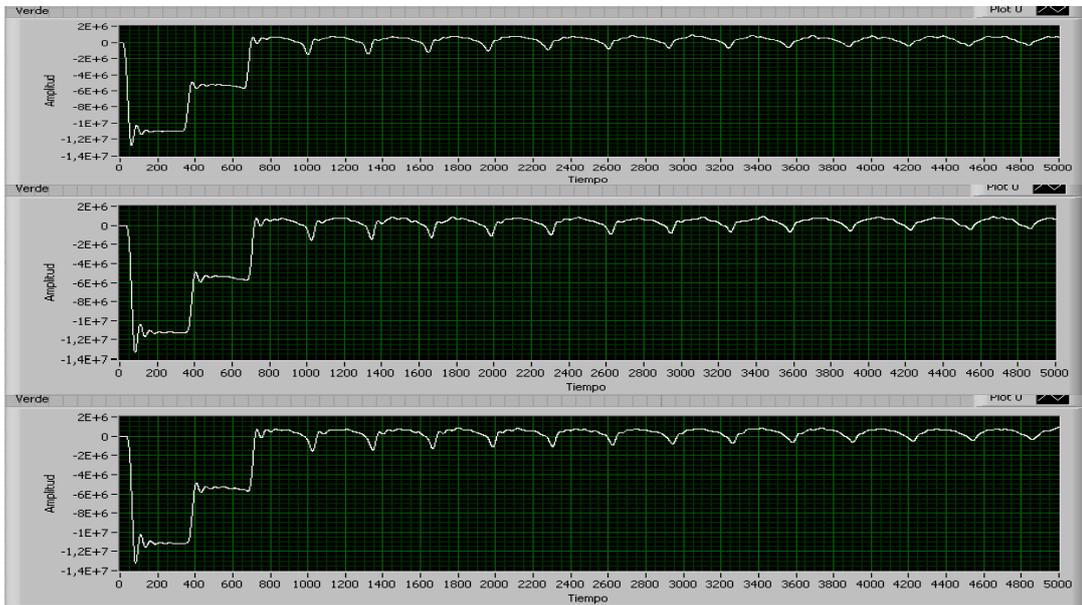
**Figura V.54.-Comparación de Señales B. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB**

Fuente: Elaboración Propia



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



**Figura V.55.-Comparación de Señales G. Señal entrante, Salida AM y Salida DSB**

Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo apreciar, los resultados ofrecidos por el programa son bastantes precisos, ya que para una señal en blanco las señales de crominancia R-Y y B-Y tienden aproximadamente a cero, concluyendo que  $R = G = B = Y$ , lo que puede observarse en las representaciones en tiempo de dichas señales. Por otra parte, se comprueba la eficacia del procesamiento del sistema, ya que las salidas generadas tanto en AM como en DSB, presentan una composición en luminancia y crominancia muy similar a las obtenidas con la señal original.

### V.5.- IMÁGENES R, G, B

El empleo de esta simulación, brinda a sus usuarios otra sección de estudio muy favorable para la comprensión y análisis de las señales de video. A continuación se muestra un breve ejemplo, acerca de la captura y descomposición de la imagen en sus componentes R, G, B. Este proceso, sirve como otro mecanismo comparativo entre

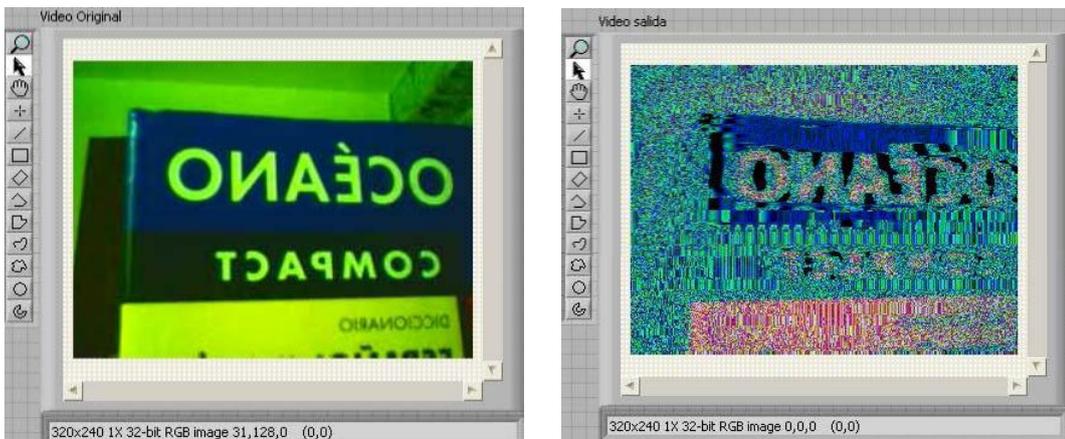


## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

las señales de entrada y salida del programa realizado. La descripción de cómo se efectuó este procedimiento esta sintetizado en el Capítulo de Desarrollo.

El ejemplo mostrado, es para una señal de video cualquiera, modulada en AM, donde puede apreciarse la señal de entrada y de salida del sistema de comunicaciones simulado, a través de la figura V.56.



**Figura V.56.-Comparación de Imágenes Entrada y Salida.** Fuente: Elaboración Propia

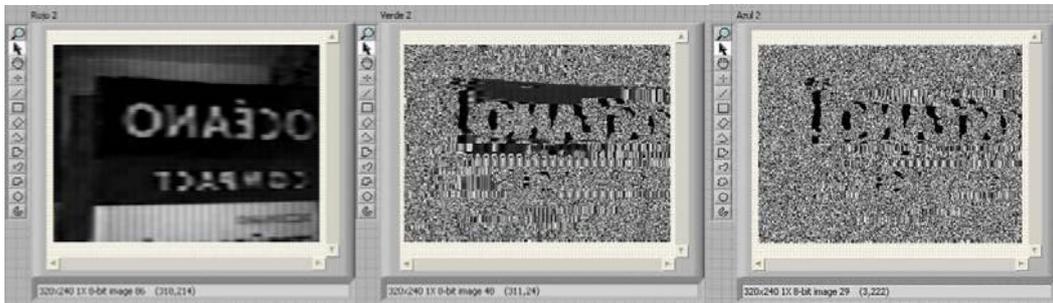
Ejecutando el procedimiento y la metodología establecida dentro de la simulación, se tiene que las imágenes R, G, B, para la señal de entrada son las mostradas en las figura V.57. De igual manera se procede para la imagen de salida, brindando como resultado, la imagen presentada en la figura V.58.



**Figura V.57.- Descomposición RGB – Imagen de Entrada.** Fuente: Elaboración Propia

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---



**Figura V.58.- Descomposición RGB – Imagen de Salida.** Fuente: Elaboración Propia

Como puede verse, el empleo de esta simulación, no solo permite el análisis en cuanto a la implementación de diversas formas de transmisión o medios de comunicación, si no que a su vez brinda la posibilidad de conocer un poco más y de manera práctica, acerca de la composición de las señales de video, mostrando elementos propios de ellas como la luminancia, crominancia y señales R, G, B.

Las señales R, G y B obtenidas, permiten deducir que existen problemas de resolución, principalmente debidos a falta de procesamiento del Software. Ya que, como puede verse en las imágenes de salida (V.58), el procesamiento de la señal en rojo es ejecutado completamente y con resultados bastantes favorables en comparación con la señal R de la imagen entrante, mientras que para las señales G y B, pareciera que no se tuviera suficiente nivel de procesamiento. Es ilógico que un canal presente una respuesta bastante aceptable, mientras que los otros no, ya que ambos están completamente unidos durante todo el procesamiento. Por las respuestas obtenidas, pareciera que el Software trata en primer lugar el canal R, quedando poca capacidad para procesar el resto de los canales.

Una alternativa para esto sería el tratar los canales R, G y B de forma independiente, para poder estudiar el comportamiento de las mismas.



## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La elaboración de este Trabajo Especial de Grado, permitió llevar a cabo la creación de una herramienta de estudio, que ofrece las bases necesarias para que los estudiantes que dispongan de ella, puedan conocer un poco más, acerca de experiencias y situaciones prácticas que envuelven el estudio teórico de determinadas materias relacionadas con el ámbito de las Telecomunicaciones.

Esta simulación permite que los usuarios puedan conocer e interactuar con los sistemas de comunicaciones, y con las señales de video. Ampliando sus conocimientos y favoreciendo su aprendizaje general, en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones; ya que a través del programa se pueden estudiar diversas asignaturas de manera simultánea, adquiriendo nociones de Procesamiento de Señales, Comunicaciones y Señales de Video.

Por otra parte, este instrumento de trabajo, permite predecir los resultados obtenidos en cualquier sistema real, configurado en base a características similares del programa, dándoles la posibilidad a las personas que lo emplean, de establecer los parámetros iniciales deseados, y de esta forma conocer los productos resultantes. Con ello, se podrá tener una pequeña aproximación de la realidad y se permitirá a los usuarios, emitir juicios y acciones a tomar, en base a los resultados obtenidos.

Hasta los momentos, los resultados que se obtienen con el empleo de la simulación no son los más óptimos, aparentemente debido a problemas en el procesamiento del programa (Software), ya que los resultados emitidos en diferentes pruebas, presentan imágenes que conllevan a esta idea.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

A pesar de ello, la elaboración de este experimento, permite fundar las bases para próximos estudios y trabajos concernientes a esta área, pudiendo llegar a ejecutarse e implementarse en un futuro, como un laboratorio de procesamiento de señales de video, totalmente equipado.

La mayoría de los inconvenientes presentados y propuestos para la ejecución de este proyecto, desde sus inicios, fueron solventados en gran medida. Principalmente, en cuanto a los planteamientos realizados acerca de la adquisición de la tarjeta de captura de datos.

Como se pudo apreciar a lo largo del trabajo, esta adquisición no resultó ser tan dificultosa en cualquiera de sus aspectos; ya que la localización de la tarjeta, no requirió de búsquedas precisas y por otra parte, la diversidad de equipos compatibles con el Software, permitió que los usuarios tomaran la solución más recomendable para ellos, tanto práctica como económicamente. Actualmente, existen en el mercado una gran cantidad de tarjetas de captura, compatibles y considerablemente accesibles, para la implementación de las mismas en proyectos y simulaciones similares a éstas.

Las respuestas y soluciones emitidas por el programa, siempre dependerán de las condiciones preestablecidas por los usuarios, en los diversos elementos que componen los sistemas transmisores, receptores y los canales de comunicaciones.

Para la obtención de mejores respuestas y resultados, a los alcanzados en este trabajo, se recomienda, el empleo de computadores con mayor capacidad de procesamiento que los empleados a lo largo de este proyecto.

También se recomienda disponer de una versión del Software Labview avanzado y totalmente equipado, ya que permitirá la implementación de mejoras en la simulación y brindará más facilidades de empleo de ciertos elementos.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

La disposición de las diversas librerías incorporadas a este Software, permitirá que los usuarios puedan ejecutar procesos y configuraciones de manera mucho más rápida y efectiva, ayudando a la fácil comprensión de la constitución y funcionalidad del programa.

Se espera que con la elaboración de este Trabajo Especial de Grado, se de pie para la elaboración de proyectos similares, siendo un mecanismo de ayuda y motivación para futuros ingenieros y profesionales del área.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- Martínez, Evelio. (2003). “Modelo de un sistema de comunicaciones”. Extraído el 26 de Enero de 2006. Desde <http://www.eveliux.com/fundatel/modelo.html>
- 2.- Tomasi, Wayne. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Prentice Hall. Cuarta Edición. 100 – 113.
- 3.- Stallings, William. *Comunicaciones y Redes de Computadoras*. Prentice Hall. Sexta Edición. 2000.
- 4.- Pérez, Trina. (2004). “Modulación en banda lateral Vestigial”. Extraído el 13 de Abril de 2006. Desde <http://prof.usb.ve/tperez/>
- 5.- Corletti, Alejandro. (2004). “Medios de Comunicaciones”. Extraído el día 26 de Enero de 2006. Desde <http://www.gestiondominios.com/articulos/>
- 6.- Gallardo C., Roger. (2003). “Redes y Comunicaciones”. Extraído el día 30 de Enero de 2006. Desde <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EypykEFluVmuZpzaCq.php>
- 7.- Wikipedia – Enciclopedia Libre. “Filtro Electrónico”. Extraído el 29 de enero de 2006. Desde [http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_electr%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_electr%C3%B3nico)
- 8.- Bosco, R.G. (2004). “Sistemas de Televisión color”. Buenos Aires, Argentina. Obtenido el día 13 de Abril de 2006. Desde <http://www.monografias.com/>
- 9.- *Teoría del vídeo digital Conceptos Básicos sobre las Señales Digitales* (2005). Revista PC World Digital. N°112, pp 158. Obtenido el día 12 de Mayo de 2006. Desde <http://www.idg.es/PCWorld/articulo.asp?id=32624>



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- 10.- Wikipedia – Enciclopedia Libre. “Video NTSC”. Extraído el 19 de mayo de 2006. Desde <http://es.wikipedia.org/wiki/VideoNTSC>
- 11.- Santa Cruz, Oscar M. “Transmisión de Modulación de Amplitud” Extraído el día 19 de mayo de 2006. Desde <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/>. Sección Electrónica.
- 12.- Pérez, Trina. (2004). “Capítulo 1 – Sistema de comunicaciones”. Extraído el 20 de Mayo de 2006. Desde <http://prof.usb.ve/tperez/docencia/1421/SyS.html>
- 13.- Liñán Cembrano, Gustavo. “Técnicas Experimentales en Electrónica. Introducción a Matlab” 34 pág. Extraído el día 12 de Abril de 2006. Desde [http://www.imse.cnm.es/tec\\_exp/downloads/](http://www.imse.cnm.es/tec_exp/downloads/)
- 14.- Arteaga Rivera, Secundino. “Control de Procesos. Simulink Basics Tutorial” Extraído el 20 de Abril de 2006. Desde [http://www.quimika.com/tutoriales/tutorial\\_simulink.pdf](http://www.quimika.com/tutoriales/tutorial_simulink.pdf)
- 15.- Departamento de Electrónica y Electromagnetismo. (2005). “Sistemas, filtros, ruido y canales de comunicaciones”. Facultad de Física. Universidad de Sevilla. Obtenido el día 25 de Abril de 2006. Desde <http://www.imse.cnm.es/>
- 16.- Alatorre González, Antonio. (2005) “Programa de Instrumentación Virtual Labview”. Extraído el día 25 de Abril de 2006. Desde <http://proton.ucting.udg.mx/tutorial/>
- 17.- Instrumentación Electrónica. (2005) “Tutorial de LabView”. Extraído el 26 de Abril de 2006. Desde [http://www.gte.us.es/~galvan/IE\\_4T/](http://www.gte.us.es/~galvan/IE_4T/)
- 18.- National Instruments. (2003) “LabView – User Manual”. Extraído el 26 de Abril de 2006. Desde <http://sine.ni.com/manuals/>



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- 19.- Advantek Networks. “Advantek Networks Products – ATV – TUNER - F”.  
Extraído el 25 de Mayo de 2006. Desde <http://www.advanteknetworks.com/>
- 20.- Antuña Ramos, Olaya. “Codificación de la información – Video Compuesto”.  
Extraído el 23 de Octubre de 2006. Desde <http://petra.euitio.uniovi.es/~i1660998/videocompuesto.html>
- 21.- Chiu, L. “Procesamiento robusto antes desvanecimientos selectivos en frecuencia”. Extraído el 3 de Enero de 2007. Desde [http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No2/L\\_ChIU.html](http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No2/L_ChIU.html)
- 22.- SOLEUP – Software Libre. “Documentación del curso de GIMP y otros”.  
Extraído el 5 de enero de 2007. Desde [http://soleup.eup.uva.es/mediawiki/index.php/Documentaci%C3%B3n\\_del\\_curso\\_de\\_GIMP\\_y\\_otros#Modelo\\_de\\_color\\_RGB`](http://soleup.eup.uva.es/mediawiki/index.php/Documentaci%C3%B3n_del_curso_de_GIMP_y_otros#Modelo_de_color_RGB)
- 23.- Ortiz Lourdes, Rodríguez Neveska. Taller de Orientación para la presentación del Informe de Avance del Trabajo Especial de Grado de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones. Presentado en la Universidad Católica Andrés Bello, el día 29 de Mayo de 2006. 1:00 p.m.
- 24.- Ortiz Lourdes, Rodríguez Neveska, Material referente al Taller de Orientación para la presentación del Informe de Avance del Trabajo Especial de Grado de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones. 29 Mayo 2006. 31 pp.
- 25.- Ortiz Lourdes, Rodríguez Neveska. Taller de Orientación para la presentación del Tomo y artículo correspondiente al Trabajo Especial de Grado de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones. Presentado en la Universidad Católica Andrés Bello, el día 21 de Noviembre de 2006. 10:00 a.m.



## APÉNDICE A

### PRUEBAS CON SEÑALES SINUSOIDALES

#### Modulación DSB con detección sincrónica

Para la simulación de la modulación DSB (doble side band) o DBL (doble banda lateral), tal y como fue explicado anteriormente en el marco referencial del presente trabajo especial de grado, es necesario generar dos señales, la portadora y la moduladora. Estas señales después de generarlas, se multiplicaron para así generar la señal modulada. En el receptor se implementó el método de incursión de la subportadora, la cual se multiplicó por la señal modulada. Luego de esto se procedió a filtrar la señal con un filtro pasa bajo. En esta simulación no fue tomado en cuenta el ruido que se podía presentar en el canal, debido a que se realizó un sistema ideal. Más adelante se observarán otras simulaciones realizadas en las que si fue considerado. A lo largo de la simulación se puede observar la señal en diferentes puntos en el “Front Panel”.

Las señales utilizadas para la realización de esta simulación contaron con las siguientes características:

- Portadora: Señal Sinusoidal.
  - Frecuencia: 5 Hz.
  - Amplitud: 0.5 volt.
  - Fase: 0.
  
- Moduladora: Señal Sinusoidal.
  - Frecuencia: 50 Hz.
  - Amplitud: 1 volt.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- Fase: 0.

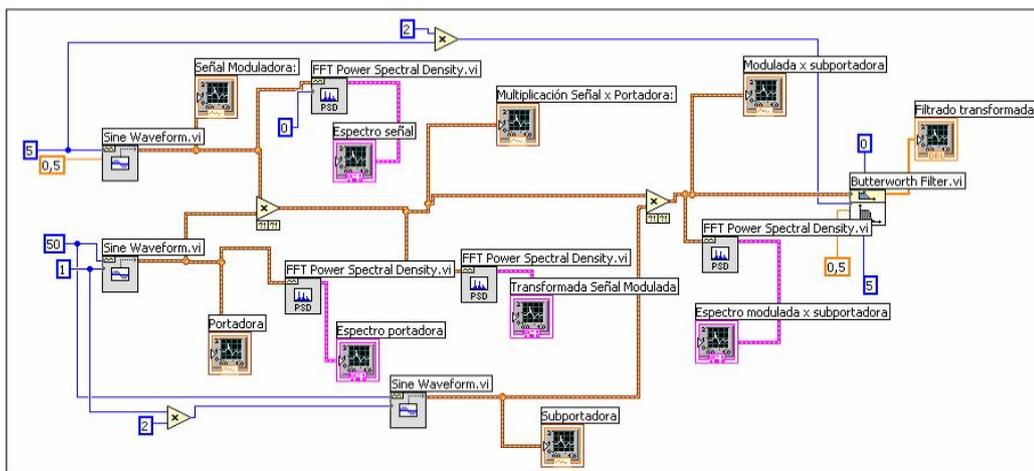
- Subportadora: Señal Sinusoidal.

- Frecuencia: 50 Hz.

- Amplitud: 2 volt.

- Fase: 0.

El diagrama de bloque que se realizó para hacer posible la modulación DSB y la demodulación síncrona fue el siguiente:



**Figura A.1.- Diagrama de Bloque Modulación DSB.** Fuente: Elaboración Propia.

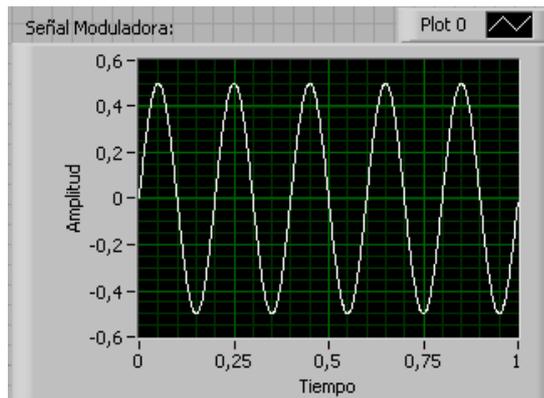
Las imágenes de las señales que se obtuvieron en el “Front panel” del simulador Labview 8.0 fueron las siguientes:

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

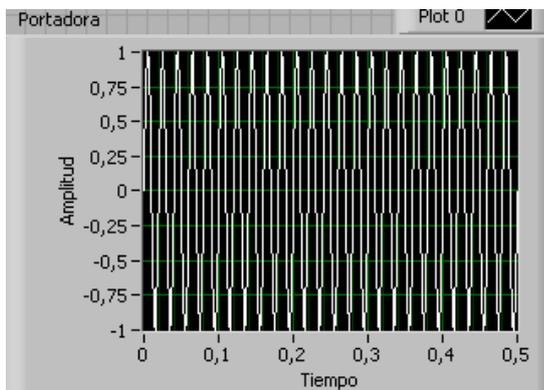
Modulador DSB:

- Señal moduladora: es la señal que contiene la información a transmitir y por lo tanto es la onda que será modulada. Se generó una onda sinusoidal de características anteriormente mencionadas.



**Figura A.2.- Señal Moduladora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Señal portadora: es una forma de onda senoidal que es modulada por la señal que se quiere transmitir. Debe tener una frecuencia mucho más alta que la de la señal moduladora como se puede observar en los valores característicos de ambas señales que se mencionaron anteriormente.



**Figura A.3.- Señal Portadora.** Fuente: Elaboración Propia.

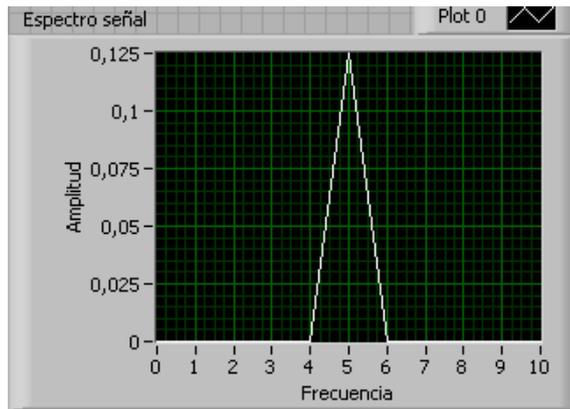


SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

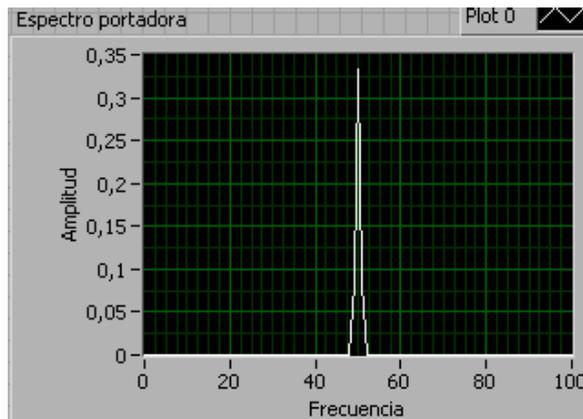
El análisis espectral de una señal es el proceso que cuantifica las diversas intensidades de cada frecuencia. A continuación se pueden visualizar los espectros realizados para las señales moduladora y portadora respectivamente:

- Espectro de la señal moduladora:



**Figura A.4.- Espectro de la señal moduladora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro de la señal portadora:

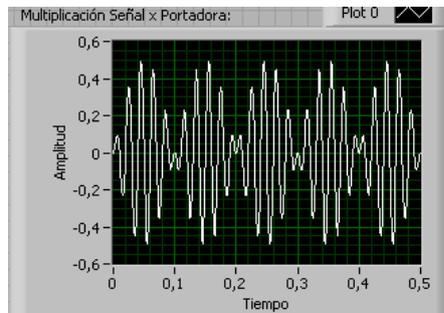


**Figura A.5.- Espectro de la señal portadora.** Fuente: Elaboración Propia.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

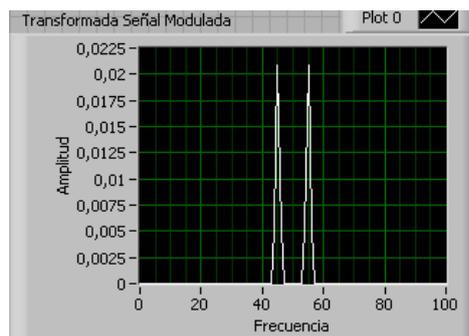
---

- Modulación DSB: la señal que se obtuvo al multiplicar las ondas portadora y moduladora fue la siguiente:



**Figura A.6.- Modulación DSB.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro de la señal modulada:



**Figura A.7.- Espectro de la señal modulada DSB.** Fuente: Elaboración Propia.

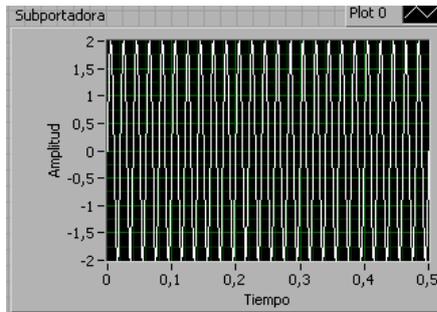
En este punto del sistema de comunicaciones, la señal está lista para ser transmitida por el canal. Luego de esto la señal llega al receptor el cual debe ser capaz de obtener la información que fue enviada desde el transmisor. Para esto existen diversos métodos de los cuales se eligió para este trabajo el método de detección síncrona. Para aplicarlo es necesario multiplicar la señal que entra al receptor por una onda cuya frecuencia y fase son iguales a las de la portadora utilizada para la modulación en el transmisor. A esta señal se le denomina subportadora. Luego de esto se filtrará la señal con un filtro Butterworth pasa bajo. A continuación se muestran las figuras obtenidas en este proceso:

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

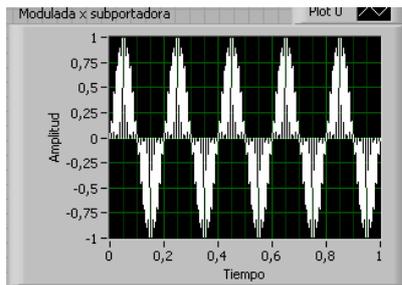
Receptor para un canal ideal:

- Señal subportadora:



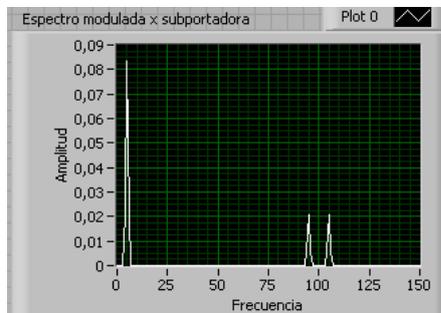
**Figura A.8.- Señal Subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Modulada por la subportadora:



**Figura A.9.- Multiplicación Modulada por Subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro de la señal modulada por la subportadora:



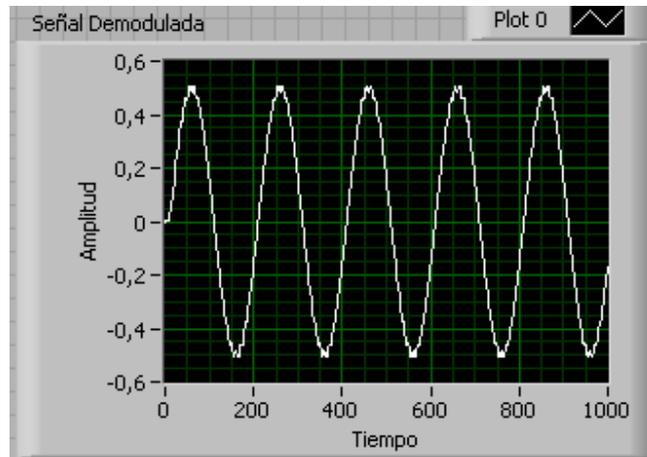
**Figura A.10.- Espectro modulada por subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- Señal Demodulada:



**Figura A.11.- Señal Demodulada.** Fuente: Elaboración Propia.

Comparando la señal moduladora con la señal demodulada se puede observar que el sistema está funcionando correctamente puesto que se obtuvo en el receptor la información que se envió en el transmisor. Se debe recordar que este sistema es ideal, puesto que en el canal de transmisión no se le agregó ruido a la señal, lo que sería prácticamente imposible en un sistema real.

### **Modulación AM con detección síncrona:**

La modulación AM o modulación de amplitud consiste en variar la amplitud, como su nombre lo indica, de una señal sinusoidal de acuerdo al mensaje, onda moduladora, que se desea transmitir. Como se explicó anteriormente, a la senoide se le denomina onda portadora debido a que es la que se encargará de llevar la información sobre sí.



## SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

Para la realización de un modulador AM, como se pudo observar en el marco referencial del proyecto, además de generar las señales mencionadas anteriormente, se debe contar con un sumador y un multiplicador. Después de multiplicar la onda portadora con la moduladora, se le debe sumar la portadora para así poder enviar la señal modulada al canal, donde, si es un canal real, se le agregará ruido a la señal. En esta modulación se realizaron dos diferentes simulaciones. La primera se realizó con un canal ideal en el cual la señal no es afectada por ningún tipo de ruido, a diferencia de la segunda simulación en la cual se elaboró un canal real con ruido blanco gaussiano aditivo.

A continuación se detallarán las características de las señales utilizadas para la simulación y se mostrarán las imágenes obtenidas a lo largo de este procedimiento en el “Front Panel” de Labview 8.0.

Las señales utilizadas para la realización de esta simulación contaron con las siguientes características:

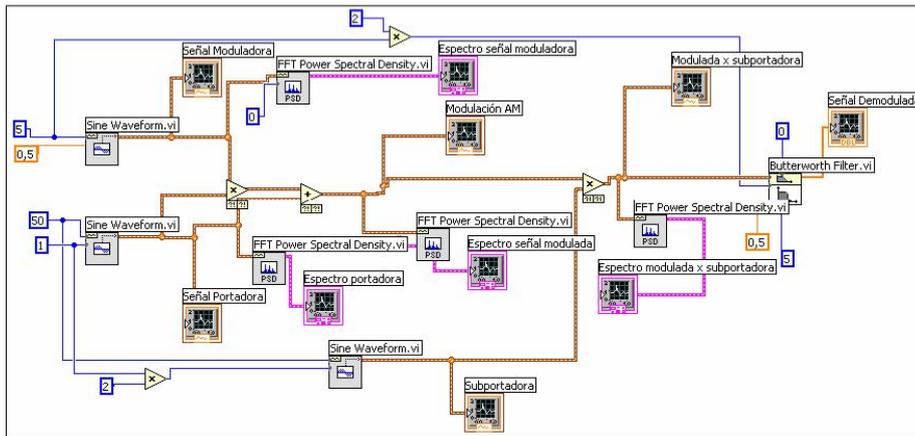
- Portadora: Señal Sinusoidal.
  - Frecuencia: 5 Hz.
  - Amplitud: 0.5 volt.
  - Fase: 0.
  
- Moduladora: Señal Sinusoidal.
  - Frecuencia: 50 Hz.
  - Amplitud: 1 volt.
  - Fase: 0.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

- **Subportadora: Señal Sinusoidal.**
  - Frecuencia: 50 Hz.
  - Amplitud: 2 volt.
  - Fase: 0.

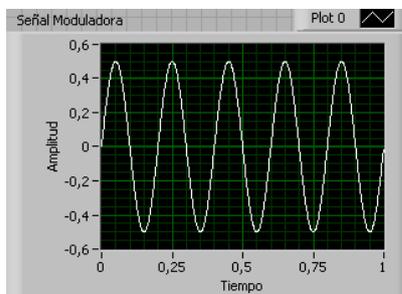
El diagrama de bloque utilizado para la elaboración de la modulación AM es el siguiente:



**Figura A.12.- Modulación AM sin ruido.** Fuente: Elaboración Propia.

Modulador AM:

- **Señal Moduladora:**

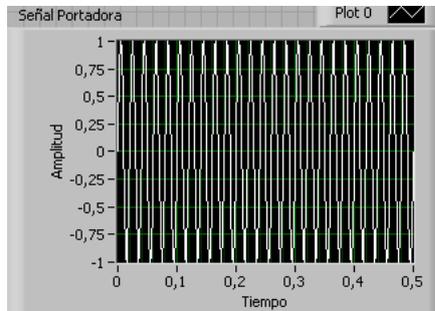


**Figura A.13.- Señal moduladora.** Fuente: Elaboración Propia.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

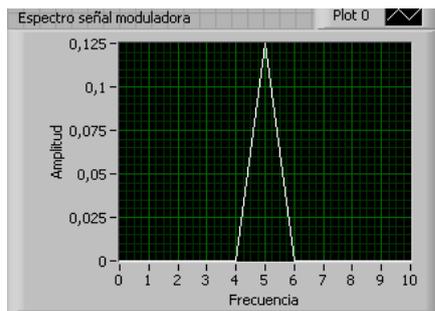
---

- Señal Portadora:



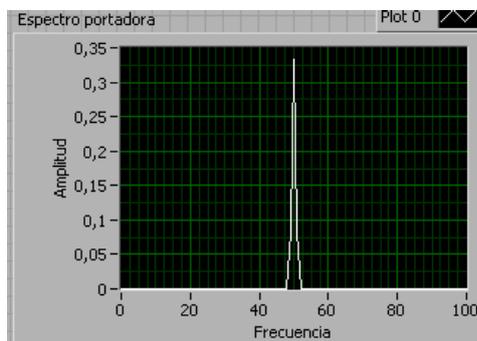
**Figura A.14.- Señal portadora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro señal moduladora:



**Figura A.15.- Espectro señal moduladora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro señal portadora:

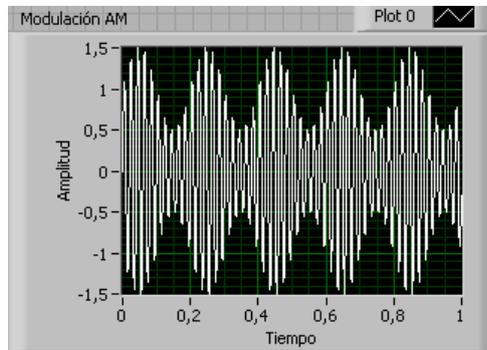


**Figura A.16.- Espectro señal portadora.** Fuente: Elaboración Propia.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

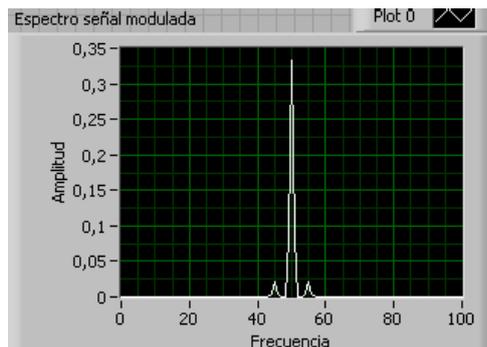
---

- Modulación AM:



**Figura A.17.- Modulación AM.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro señal modulada:



**Figura A.18.- Espectro señal modulada.** Fuente: Elaboración Propia.

En este punto del sistema la señal está modulada y lista para ser transmitida por el canal que comunica al transmisor y al receptor. Como se explicó con anterioridad, se simularon dos diferentes canales uno ideal y otro real. Tanto en el primer caso como en el segundo, el procedimiento para modular la señal es el mismo, por lo que no se repetirá.

Al igual que fue explicado en la modulación DSB, se utilizó para demodular la señal en el receptor el proceso de detección síncrona donde se requiere de una subportadora con la misma frecuencia y fase que la portadora inicial. A continuación

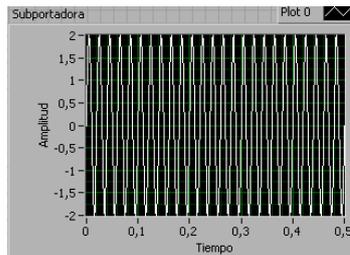
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

se presentarán las gráficas obtenidas en el “Front Panel” del simulador empleado en ambos casos.

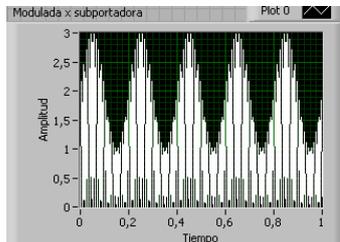
Receptor para el canal ideal (sin ruido):

- Señal subportadora:



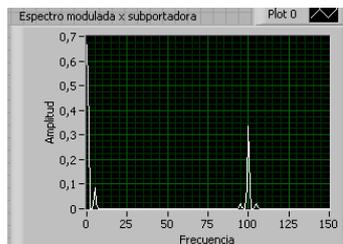
**Figura A.19.- Señal subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Multiplicación modulada por subportadora:



**Figura A.20.- Multiplicación Modulada por subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro de la multiplicación modulada por subportadora:



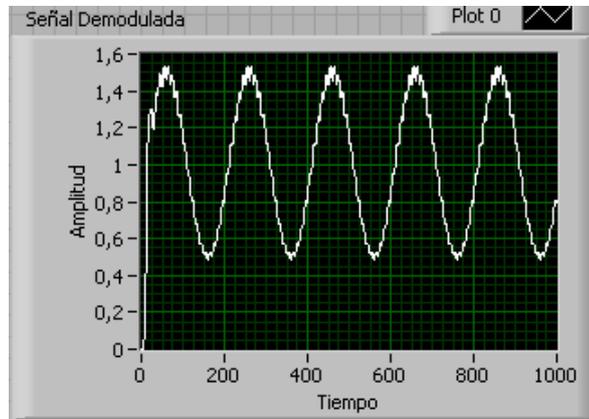
**Figura A.21.- Espectro modulada por subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

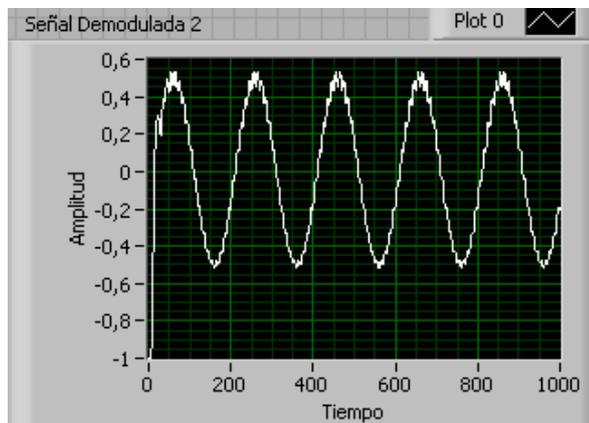
---

- Señal demodulada:



**Figura A.22.- Señal remodulada.** Fuente: Elaboración Propia.

- Señal demodulada sin la DC:



**Figura A.23.- Señal Demodulada sin la DC.** Fuente: Elaboración Propia.

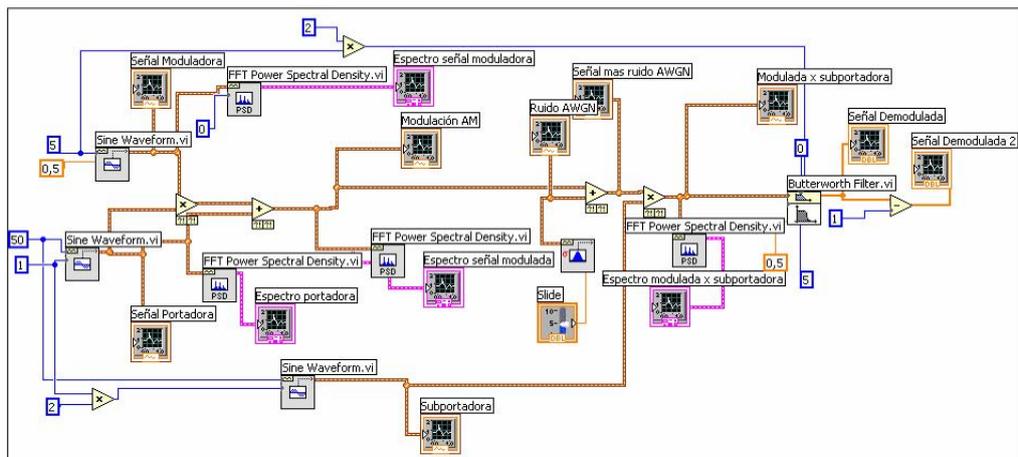
Comparando la gráfica de la señal moduladora con la figura de la señal demodulada, se puede visualizar que se logró obtener una señal de iguales características.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

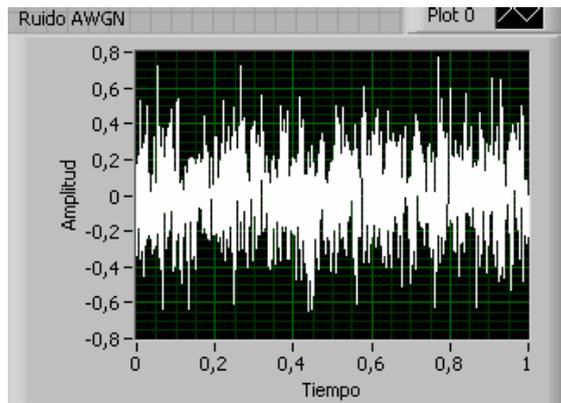
Receptor para el canal real:

En la siguiente figura se puede observar el diagrama de bloque utilizado para realizar la modulación AM con detección síncrona utilizando un canal con ruido blanco gaussiano aditivo.



**Figura A.24.- Diagrama de bloque Modulación AM con ruido.** Fuente: Elaboración Propia.

- Ruido AWGN:



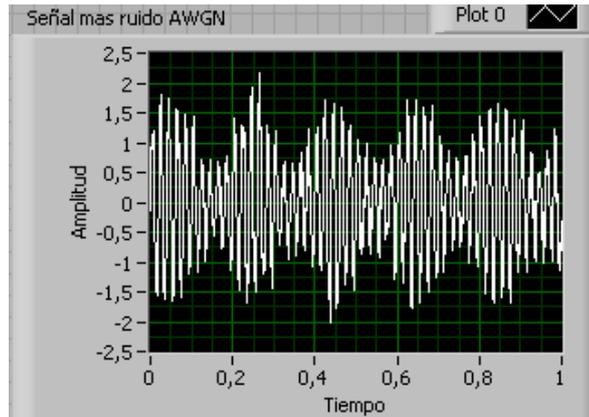
**Figura A.25.- Ruido Blanco Gaussiano Aditivo.** Fuente: Elaboración Propia.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

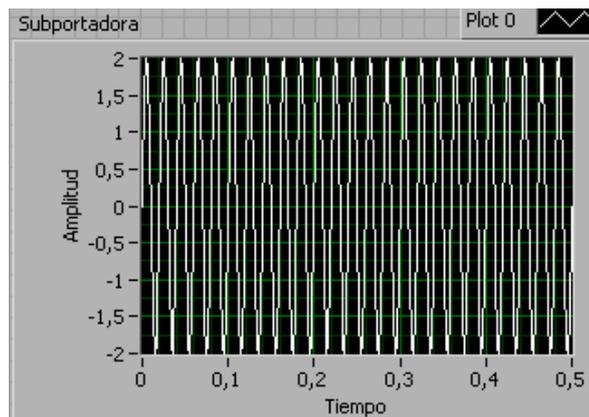
En la entrada del receptor, la señal enviada por el transmisor se puede visualizar de la siguiente forma:

- Señal más Ruido AWGN:



**Figura A.26.-** Señal después de pasar por el canal AWGN. Fuente: Elaboración Propia.

- Señal subportadora:

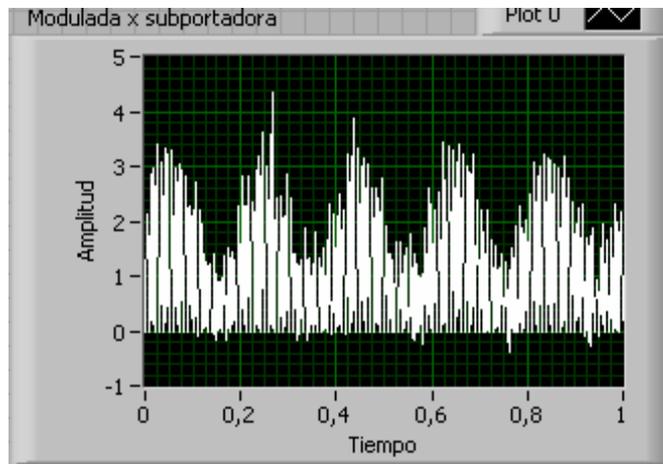


**Figura A.27.-** Señal subportadora. Fuente: Elaboración Propia.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

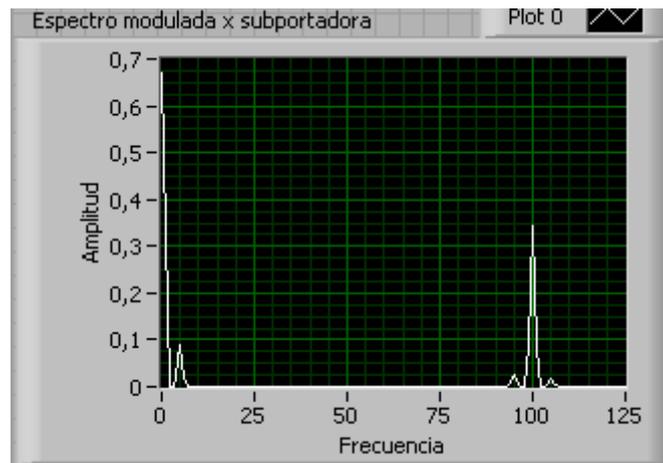
- Señal modulada multiplicada por la subportadora:



**Figura A.28.- Multiplicación señal modulada por subportadora.**

Fuente: Elaboración Propia.

- Espectro de la señal modulada multiplicada por la subportadora:

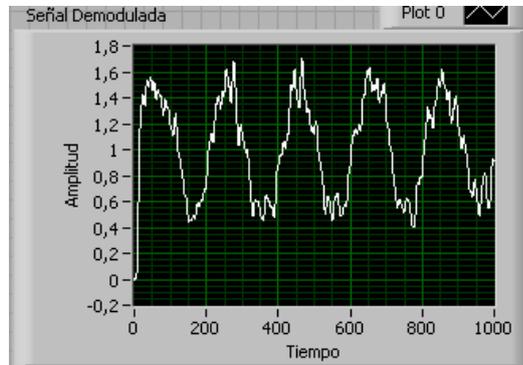


**Figura A.29.- Espectro señal modulada por subportadora.** Fuente: Elaboración Propia.

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

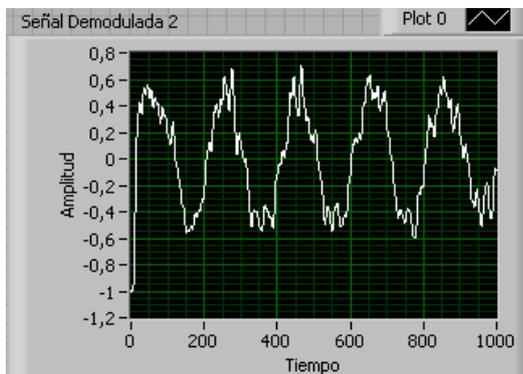
---

- Señal demodulada:



**Figura A.30.- Señal Demodulada.** Fuente: Elaboración Propia.

- Señal demodulada sin la DC:



**Figura A.31.- Señal demodulada sin la DC.** Fuente: Elaboración Propia.

Comparando la señal moduladora y la señal demodulada se puede visualizar que las características de las señales son muy similares. Estos resultados fueron logrados gracias al empleo de la modulación y demodulación respectivas, ya que sin estas probablemente la información enviada a través del canal real, no se hubiese podido recuperar en el receptor.



## APÉNDICE B

### PRUEBAS - CAMBIOS EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN

Al igual que el ejemplo mostrado en el capítulo de resultados para una señal modulada en AM, se presenta este apéndice con la finalidad de mostrar las variaciones ocasionadas en una señal modulada en DSB, al ser transmitida a través de tres medios de comunicación diferentes.

Con la elaboración de estas pruebas, lo que se busca es mostrar al lector las diferentes actividades que puede ejecutar dentro de este programa de simulación.

Partiendo de una señal modulada en DSB, como la mostrada en la figura B.1; luego del proceso de captura de la imagen y modulación, se procede a la adición de las señales de ruido. La adición de los ruidos se ejecutó de acuerdo a los parámetros indicados en la figura B.2.

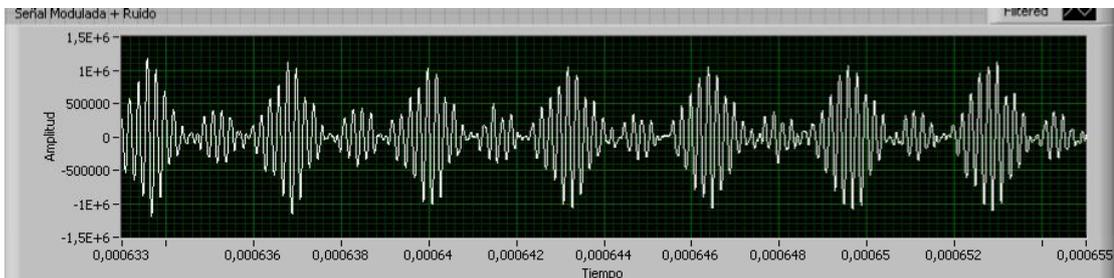


Figura B.1- Señal modulada en DSB – Prueba ruidos. Fuente: Elaboración Propia



Figura B.2.-- Selección de los parámetros y tipos de Ruidos (2). Fuente: Elaboración Propia



SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO DE UNA SEÑAL DE VIDEO

Empleando AWGN, se obtuvo la señal aleatoria de ruido mostrada en la imagen B.3, ésta, se añadió a la señal modulada en DSB al pasar por el canal AWGN, dando como resultado la imagen mostrada en la figura B.4, la cual es posteriormente demodulada y filtrada, para obtener la imagen de salida (color rojo – figura B.5) más cercana a la imagen de entrada (color blanco– figura B.5).

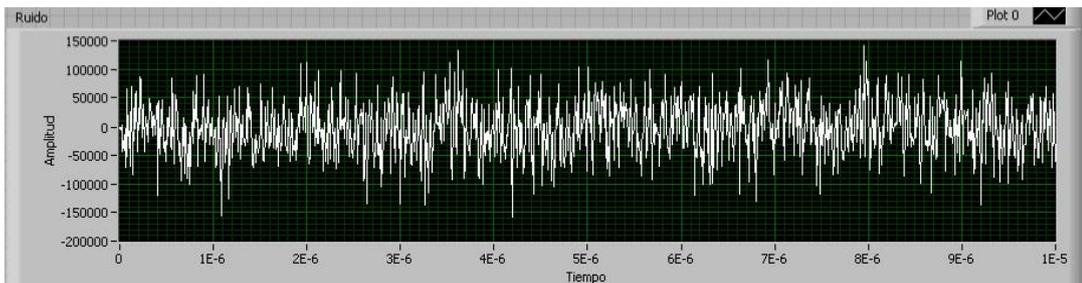


Figura B.3- Señal aleatoria - Ruido AWGN (2). Fuente: Elaboración Propia

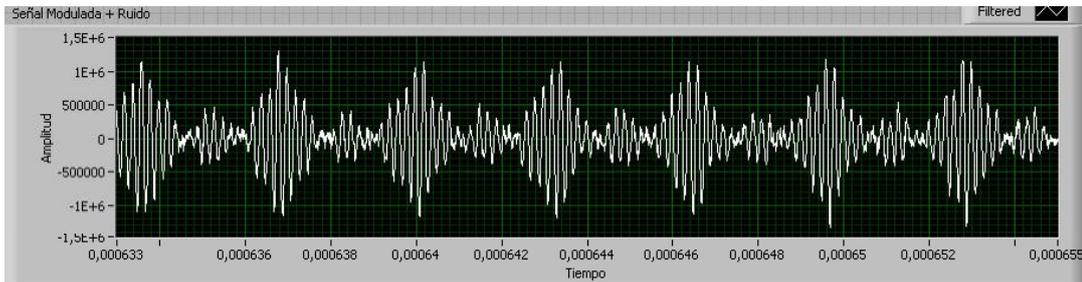


Figura B.4-Ruido AWGN más señal modulada en DSB. Fuente: Elaboración Propia

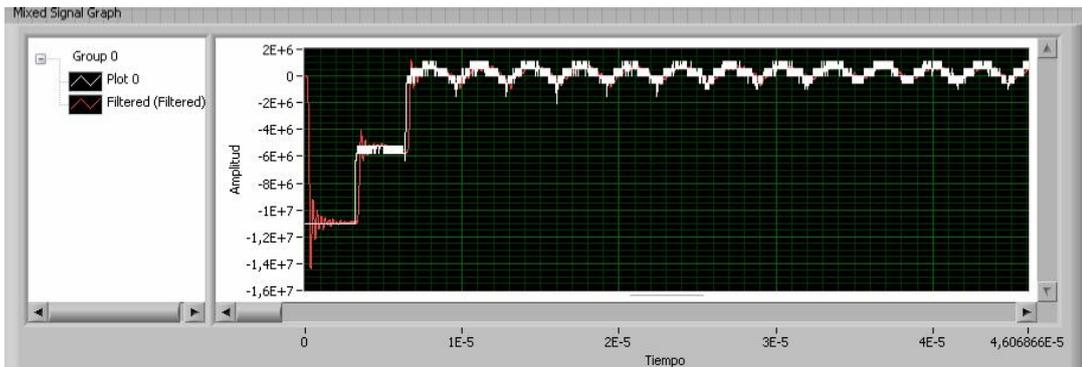


Figura B.5- Señal inicial Vs. Señal con ruido AWGN demodulada (en t). (2)

Fuente: Elaboración Propia

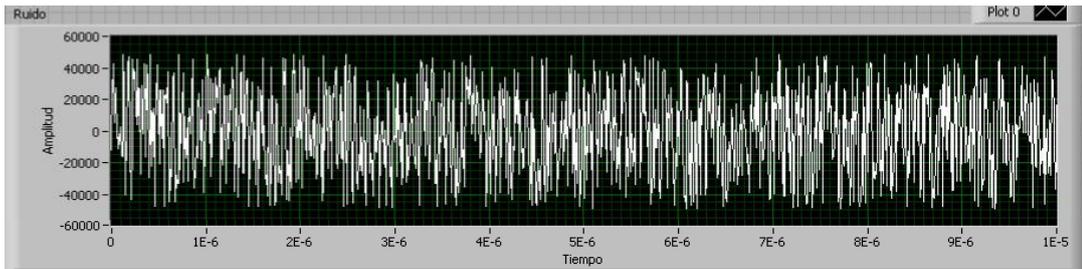


SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

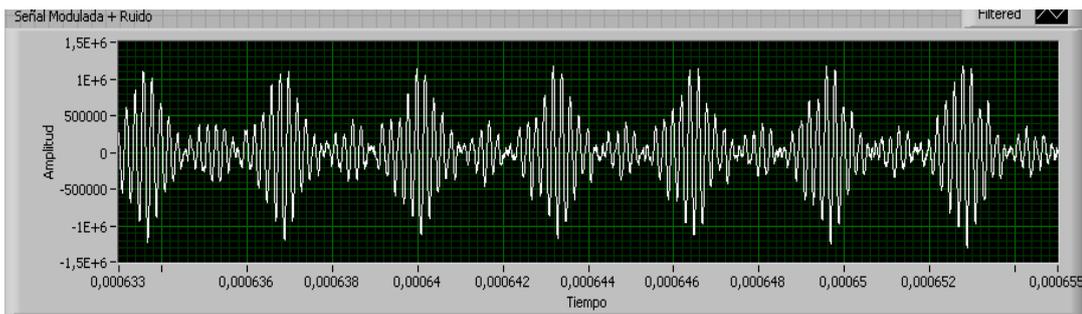
---

De igual manera se procedió para los otros canales, donde los resultados obtenidos fueron los siguientes.

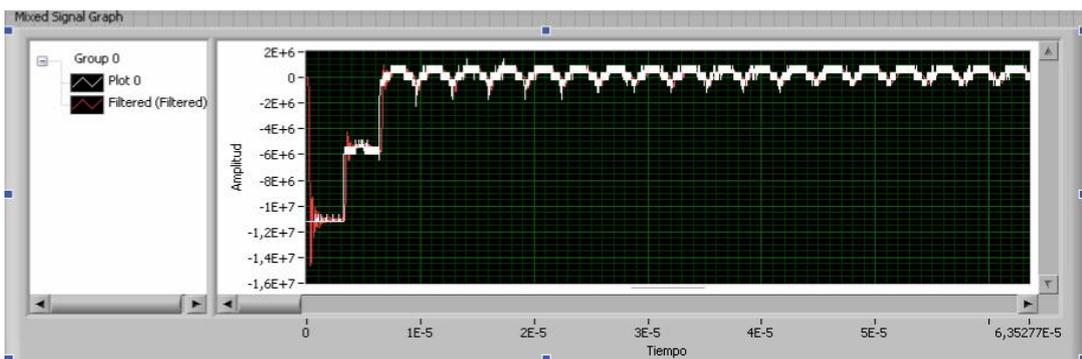
Con Ruido Blanco Uniforme:



**Figura B.6.- Señal aleatoria – Ruido Blanco Uniforme (2).** Fuente: Elaboración Propia



**Figura B.7.-Ruido Blanco Uniforme más señal modulada en DSB.** Fuente: Elaboración Propia



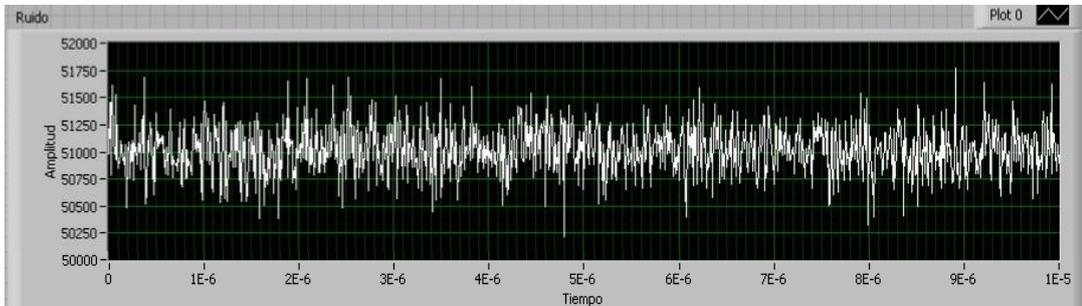
**Figura B.8.- Señal inicial Vs. Señal con ruido Blanco Uniforme demodulada (en t). (2)**

Fuente: Elaboración Propia

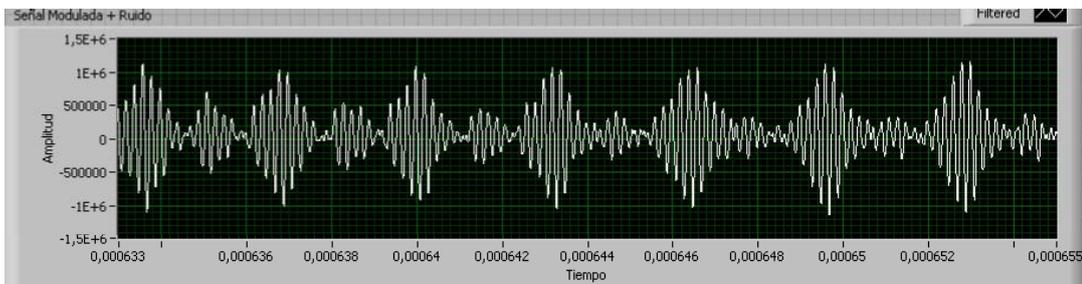
SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES ORIENTADO AL PROCESAMIENTO  
DE UNA SEÑAL DE VIDEO

---

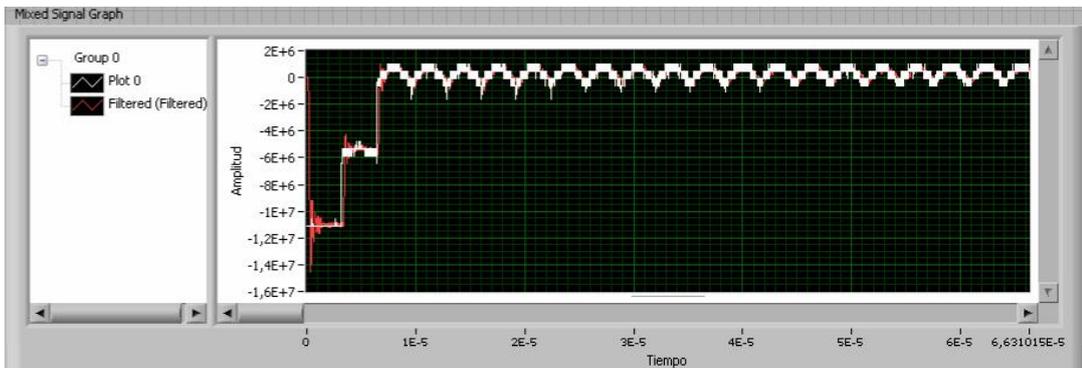
Con Ruido de Poisson:



**Figura B.9.- Señal aleatoria – Ruido de Poisson (2).** Fuente: Elaboración Propia



**Figura B.10.-Ruido de Poisson más señal modulada en DSB.** Fuente: Elaboración Propia



**Figura B.11- Señal inicial Vs. Señal con ruido de Poisson demodulada (en t). (2)**

Fuente: Elaboración Propia