



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

**DISEÑO DE UN ALGORITMO DE DECODIFICACIÓN DE VIDEO HD DEL  
STANDARD ISDB-T/Tb DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE A  
IMPLEMENTARSE EN ECUADOR UTILIZANDO USRP (UNIVERSAL SOFTWARE  
RADIO PERIPHERAL)**

**AUTORES:**

**ALEX MIGUEL CALDERÓN VALENZUELA**

**JORGE WLADIMIR GUAPACASA CASTILLO**

**TUTOR:**

**MSc. CARLOS BÓSQUEZ**

**GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE DEL 2016**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores y la propiedad intelectual es de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Septiembre del 2016

(f) \_\_\_\_\_

Alex Miguel Calderón Valenzuela

(f) \_\_\_\_\_

Jorge Wladimir Guapacasa Castillo

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Alex Miguel Calderón Valenzuela con número de cédula de identidad 0917321408 y Jorge Wladimir Guapacasa Castillo con número de cédula de identidad 0922488226, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Politécnica Salesiana los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, en calidad de autores del trabajo de titulación proyecto técnico denominado “Diseño de un algoritmo de decodificación de video HD del standard ISDB-T/Tb de la televisión digital terrestre a implementarse en Ecuador utilizando USRP (Universal Software Radio Peripheral)”, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Septiembre 2016

(f) \_\_\_\_\_

Alex Miguel Calderón Valenzuela

C.I. 0917321408

(f) \_\_\_\_\_

Jorge Wladimir Guapacasa Castillo

C.I. 0922488226

## CERTIFICACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de titulación proyecto técnico “Diseño de un algoritmo de decodificación de video HD del standard ISDB-T/Tb de la televisión digital terrestre a implementarse en Ecuador utilizando USRP (Universal Software Radio Peripheral)”, presentado por los señores Alex Miguel Calderón Valenzuela y Jorge Wladimir Guapacasa Castillo, para optar por el título de Ingeniero Electrónico, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

(f) \_\_\_\_\_

MSc. Carlos Bósquez

C.I. 0921406765

## **DEDICATORIA**

Principalmente le dedico este proyecto a Dios, por darme la oportunidad de vivir cada día superando los momentos difíciles y viviendo al máximo los increíbles, ya que me han enseñado a ver que la vida no es siempre fácil pero que todo sacrificio tiene su recompensa, y así conseguir la meta de poderme graduar de la Universidad.

De la misma manera dedico este proyecto a mi madre Juana Valenzuela quien con su sacrificio y haciendo los roles de padre y madre al mismo tiempo estuvo siempre presente y con su apoyo incondicional cada momento, me inculcó lo mejor para ser un hombre de bien, ahora cumpliendo uno de sus sueños más anhelados, se lo dedico a ella por qué siempre guio cada uno de mis pasos para la obtención del título.

A mi padrino Ing. Handel Adoum (+) que me acogió como su hijo ayudándome y apoyándome desde muy pequeño para llegar a ser un profesional de bien, y así poder llegar tener una vida estable en el futuro.

A mi madrina Dra. Edda Ramírez quien estuvo también en cada paso que di en mi vida, y luego de la muerte de mi padrino me siguió apoyando para poder lograr el objetivo de titularme.

Este logro también se lo dedico al Tutor Ing. Carlos Bósquez que nos brindó su sabiduría para poder salir adelante en nuestro proyecto con un desarrollo satisfactorio.

Alex Calderón Valenzuela

## **DEDICATORIA**

Dedico principalmente este proyecto a Dios, por ser quien me da la oportunidad de vivir día tras día, obteniendo así los triunfos, por darme la fortaleza en momentos difíciles que son los que me han enseñado a valorar.

De igual forma, dedico este proyecto a mi padre Jorge Guapacasa y a mi madre Juana Castillo quienes siempre estuvieron al lado mío dándome su apoyo incondicional a cada momento en lo personal y académico, quienes me inculcaron lo mejor para ser un hombre de bien y trascender para lograr mis metas.

A mi hermana Rosa Guapacasa que estuvo en buenos y malos momentos, de igual forma se lo dedico a mi novia Lisbeth Limones que estuvo conmigo en todos los pasos que di a nivel universitario y personal, apoyándome en mis errores y aciertos.

Este logro se lo dedico a mis familiares, amigos, compañeros, que han estado en el proceso de este proyecto, esto va dedicado para ustedes.

Jorge Guapacasa Castillo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta estas instancias de mi vida, ya que sin él no hubiera sido posible realizar mi sueño tan anhelado y deseado.

De igual manera agradezco a mi madre Juana Valenzuela que gracias a todo el esfuerzo y sacrificio hecho a lo largo de mi carrera Universitaria, puedo darle la alegría y satisfacción de poderme graduar como profesional.

De la misma forma agradezco a mi padrino Ing. Handel Adoum (+) y madrina Dra. Edda Ramírez quienes me motivaron, apoyaron, animaron y aportaron mucho para poder ir en el camino correcto responsablemente y llegar a ser un hombre de bien profesionalmente para defenderme en la vida.

También agradezco a la institución Universidad Politécnica Salesiana ya que me brindó los conocimientos adquiridos de cada materia de mi carrera universitaria y fueron parte fundamental para la elaboración del Proyecto de Titulación.

Este logro se lo agradezco al Tutor Ing. Carlos Bósquez por habernos brindado su apoyo, su tiempo, su sabiduría y guiarnos en el camino correcto del proyecto.

Alex Calderón Valenzuela.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme y haberme permitido llegar hasta estas instancias, ya que sin él no hubiera sido posible hacer realidad mi sueño y culminar esta etapa profesional.

Este logro se lo agradezco a nuestro Tutor al Ing. Carlos Bósquez que nos brindó su atención, tiempo y sabiduría para poder salir adelante en nuestro proyecto con un desarrollo satisfactorio.

También le agradezco a mis compañeros que de varias maneras nos apoyamos en el día a día dándonos confianza para poder salir adelante, a los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana que nos inculcaron en cada etapa sus conocimientos para poner en práctica en nuestro proyecto y así cumplir nuestro propósito de graduarnos.

Jorge Guapacasa Castillo.

## RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR	TEMA DE PROYECTO TÉCNICO
2016	ALEX MIGUEL CALDERÓN VALENZUELA  JORGE WLADIMIR GUAPACASA CASTILLO	MSc. CARLOS BÓSQUEZ	“DISEÑO DE UN ALGORITMO DE DECODIFICACIÓN DE VIDEO HD DEL STANDARD ISDB-T/Tb DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE A IMPLEMENTARSE EN ECUADOR UTILIZANDO USRP (UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL)”

El siguiente proyecto técnico trata sobre el diseño de un algoritmo que permita decodificar la señal de televisión digital terrestre del ISDB-Tb, receptando la señal del espectro radioeléctrico con una antena Yagi UHF la cual captará frecuencias en el rango de 500-600 MHz de la señal ISDB-Tb para ser monitoreadas mediante el NI USRP-2920 que a su vez realiza la decodificación de las señales HD captadas para medir los valores EVM, MER, BER, Potencia y SNR.

Cabe considerar que el NI USRP-2920 no soporta la selección de bits para crear la imagen y reproducción de video, debido que utiliza el protocolo H.264 con formato de video MPEG-4 por lo tanto se incorpora un hardware USB HDTV Stick diferente de LabVIEW para poder visualizar la reproducción del video HD.

De esta manera para el total funcionamiento del proyecto se asocia el Web Publishing Tool que genera la programación de LabVIEW enlazándolo con los archivos PHP de los 6 canales HD que se encuentran en el rango de 500-600 MHz, con el que se genera un solo archivo HTML por medio del cual se podrá acceder al sitio web de la plataforma del proyecto.

El sistema podrá ser utilizado por los operadores de canales de televisión local y el ente Regulador de Telecomunicaciones, ya que esta señal podrá ser monitoreada a través de un sitio web mediante una red LAN, y a su vez también será un factor de motivación para que futuros estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica del área de Telecomunicaciones tengan noción sobre el equipo usado y así puedan darle nuevas aplicaciones al mismo.

### **PALABRAS CLAVE:**

OFDM, QAM, Decodificar, ISDB-Tb, H.264, MPEG-4, PHP, HTML, LAN.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	TUTOR	PROJECT NAME
2016	ALEX MIGUEL CALDERÓN VALENZUELA  JORGE WLADIMIR GUAPACASA CASTILLO	MSc. CARLOS BÓSQUEZ	“DESIGN OF A VIDEO HD DECODING ALGORITHM OF STANDARD ISDB-T/Tb TERRESTRIAL DIGITAL TELEVISION IN ECUADOR IMPLEMENTED USING A USRP (UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL)”

The next technical project is about designing an algorithm for decoding the digital terrestrial television ISDB-Tb, receiving signal spectrum with a Yagi antenna which capture UHF frequencies in the range of 500-600 MHz of the ISDB-Tb signal to be monitored by NI USRP-2920 which in turn performs decoding HD signals captured to measure EVM, MER, BER, SNR and power values.

It may be considered that the NI USRP-2920 does not support the selection of bits to create the image and video playback, because it uses the H.264 protocol MPEG-4 video so different hardware USB HDTV Stick is incorporated LabVIEW to display HD video playback.

Thus for the total operation of the Web Publishing Tool project generating LabVIEW programming by linking files with PHP of 6 HD channels found in 500-600 MHz range is associated, with which it is generated one HTML file through which you can access the web site of the project platform.

The system can be used by operators of local television channels and Regulatory Agency for Telecommunications, since this signal can be monitored through a web site via LAN, and in turn it will also be a motivating factor for future students studying Electronic Engineering Telecommunications area have notion about the equipment used and thus can give new applications to it.

### KEY WORDS:

OFDM, QAM, Decode, ISDB-Tb, H.264, MPEG-4, PHP, HTML, LAN.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VII
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	1
EL PROBLEMA.....	2
Descripción del Problema .....	2
Delimitación del Problema .....	3
Objetivos .....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
Antecedentes .....	5
MARCO METODOLÓGICO.....	9
Métodos .....	9
Técnicas .....	9
Instrumentos de Investigación y Recolección de datos.....	9
Variables e Indicadores.....	10
Población y Muestra .....	10
Beneficiarios .....	10
Impacto .....	10
RESULTADOS.....	12
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	12
Antecedentes .....	12
Esquema del Proyecto.....	12
Diagrama técnico de proyecto.....	12
Diagrama esquemático del proyecto .....	13
Etapa de Programación .....	14

Introducción .....	14
Conexión de una red de área local entre computador y el NI USRP-2920 .....	14
Desarrollo del software controlador (SDR) .....	16
Antecedentes .....	16
Programa controlador de recepción de señal .....	16
Campos de la interfaz de programa.....	17
Campos de los parámetros del NI USRP .....	17
Etapa de Recepción de datos.....	18
Programación del controlador de recepción.....	19
Diagrama de bloques.....	19
Etapa de programación de bloques del NI USRP-2920 .....	28
Etapa de Presentación de datos .....	31
Etapa de Visualización del video en un sitio web.....	32
Introducción del Sistema ISDB-Tb.....	32
Estructura interna del USB HDTV STICK.....	33
Sintonización de los canales HD mediante VLC media player .....	34
Creación de un sitio web.....	38
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	45
Pruebas Sector la Perimetral .....	50
Pruebas Sector Puerto Santa Ana.....	53
Pruebas Sector Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.....	57
Pruebas Sector Samborondón .....	60
Pruebas Sector Durán.....	64
Pruebas Sector Playas .....	67
Resultados Obtenidos.....	71
CONCLUSIONES .....	74
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA .....	76
CRONOGRAMA.....	79
PRESUPUESTO.....	80
ABREVIATURAS.....	81
GLOSARIO .....	83
ANEXOS .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Diferencia TV analógica y TV digital.....	5
<b>Figura 2:</b> Visión general del sistema de transmisión. ....	5
<b>Figura 3:</b> Canal de flexibilidad ISDB-Tb. ....	7
<b>Figura 4:</b> Esquema técnico del proyecto.....	12
<b>Figura 5:</b> Diagrama esquemático del proyecto técnico.....	13
<b>Figura 6:</b> Mapa conceptual de etapas.....	14
<b>Figura 7:</b> Dirección IP del NI-USRP. ....	15
<b>Figura 8:</b> Propiedades de TCP/IPv4. ....	15
<b>Figura 9:</b> Comando ping para verificar la conexión. ....	16
<b>Figura 10:</b> Interfaz del controlador de Recepción de Señal Digital en LabVIEW. ....	17
<b>Figura 11:</b> Configuración de parámetros del NI USRP en el interfaz del programa. ....	17
<b>Figura 12:</b> Gráficas de datos procesados. ....	18
<b>Figura 13:</b> Diagrama de bloques de los parámetros del USRP.....	19
<b>Figura 14:</b> Diagrama de bloques de la recepción de datos. ....	20
<b>Figura 15:</b> Diagrama de bloques de parámetros QAM. ....	21
<b>Figura 16:</b> Diagrama de bloques del análisis QAM y nivel de potencia. ....	22
<b>Figura 17:</b> Diagrama de bloques de parámetros experimentales para medir la calidad de la señal. ....	23
<b>Figura 18:</b> Diagrama de bloques para reiniciar los datos.....	24
<b>Figura 19:</b> Diagrama de bloques del filtro del espectro electromagnético. ....	25
<b>Figura 20:</b> Diagrama de bloques del control de canales de TV HD. ....	26
<b>Figura 21:</b> Diagrama de bloques de la demodulación QPSK. ....	27
<b>Figura 22:</b> niUSRP Open Rx Session. ....	28
<b>Figura 23:</b> VI session of class. ....	28
<b>Figura 24:</b> niUSRP Configure Signal. ....	28
<b>Figura 25:</b> niUSRP Initiate. ....	28
<b>Figura 26:</b> niUSRP Fetch Rx Data (Poly).....	28
<b>Figura 27:</b> Algoritmo o SubVI.....	29
<b>Figura 28:</b> subremovePrefiCiclico.....	29
<b>Figura 29:</b> Sincronizador diferencial de prefijo cíclico. ....	29
<b>Figura 30:</b> subviRem.Frecuencias. ....	29
<b>Figura 31:</b> FFT.....	30
<b>Figura 32:</b> subremovezeropad. ....	30
<b>Figura 33:</b> subchannel.....	30
<b>Figura 34:</b> MT Map Symbols to Bits.....	30
<b>Figura 35:</b> MT Calcule BER.....	30
<b>Figura 36:</b> niUSRP Abort. ....	31
<b>Figura 37:</b> niUSRP Close Session. ....	31
<b>Figura 38:</b> Adquisición de datos experimentales.....	31
<b>Figura 39:</b> Tabla para almacenar Valores Experimentales en una matriz. ....	32
<b>Figura 40:</b> Diagrama general del sistema ISDB-T.....	32
<b>Figura 41:</b> Banda segmentada OFDM. ....	33
<b>Figura 42:</b> Componentes Internos del USB HDTV STICK. ....	33
<b>Figura 43:</b> Diagrama de bloques del USB HDTV STICK.....	34
<b>Figura 44:</b> Driver SMS Digital Video instalado correctamente. ....	35
<b>Figura 45:</b> Abrir dispositivo de captura.....	35

<b>Figura 46:</b> Modo de captura: TV – digital.....	36
<b>Figura 47:</b> Reproducción de RTS HD con VLC media player.....	36
<b>Figura 48:</b> Guardar reproducción de RTS HD.....	37
<b>Figura 49:</b> Programación de RTS HD en VLC media player.....	37
<b>Figura 50:</b> Visualización de RTS HD en el navegador web Mozilla.....	38
<b>Figura 51:</b> Instalación de Appserv.....	38
<b>Figura 52:</b> Instalación de Adobe Dreamweaver CC.....	39
<b>Figura 53:</b> Programación del interfaz del logo y video de RTS HD.....	39
<b>Figura 54:</b> Interfaz del logo y video de RTS HD en una página web.....	40
<b>Figura 55:</b> Programación del sitio web.....	41
<b>Figura 56:</b> Sitio web pantalla principal.....	42
<b>Figura 57:</b> Sitio web video de RTS HD, mediante localhost.....	42
<b>Figura 58:</b> Arquitectura de una Red LAN.....	43
<b>Figura 59:</b> Router utilizado para la Red LAN.....	43
<b>Figura 60:</b> Ping a la laptop Toshiba que actúa como cliente.....	43
<b>Figura 61:</b> Ping a la laptop HP que actúa como servidor.....	44
<b>Figura 62:</b> Control del VI desde la laptop Toshiba mediante Red LAN.....	44
<b>Figura 63:</b> Campos de parámetros para la modulación QAM.....	45
<b>Figura 64:</b> Campos de parámetros del NI USRP.....	45
<b>Figura 65:</b> Selección de los canales con sus respectivas frecuencias.....	45
<b>Figura 66:</b> Número de mapeos.....	46
<b>Figura 67:</b> Bits receptados.....	46
<b>Figura 68:</b> Coordenadas de la Perimetral.....	47
<b>Figura 69:</b> Coordenadas del Puerto Santa Ana.....	47
<b>Figura 70:</b> Coordenadas de la UPS sede Guayaquil.....	48
<b>Figura 71:</b> Coordenadas de Samborondón.....	48
<b>Figura 72:</b> Coordenadas de Durán.....	49
<b>Figura 73:</b> Coordenadas de General Villamil Playas.....	49
<b>Figura 74:</b> Sector la Perimetral.....	50
<b>Figura 75:</b> Espectro Electromagnético de RTS HD, Perimetral.....	50
<b>Figura 76:</b> Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Perimetral.....	50
<b>Figura 77:</b> Gráficas OFDM de RTS HD, Perimetral.....	51
<b>Figura 78:</b> Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Perimetral.....	51
<b>Figura 79:</b> Diagrama de Ojo de RTS HD, Perimetral.....	52
<b>Figura 80:</b> Diagrama de Constelación QPSK de RTS HD, Perimetral.....	52
<b>Figura 81:</b> Video de RTS HD, Perimetral.....	53
<b>Figura 82:</b> Sector Puerto Santa Ana.....	53
<b>Figura 83:</b> Espectro Electromagnético de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	54
<b>Figura 84:</b> Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	54
<b>Figura 85:</b> Gráficas OFDM de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	54
<b>Figura 86:</b> Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	55
<b>Figura 87:</b> Diagrama de ojo de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	55
<b>Figura 88:</b> Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	56
<b>Figura 89:</b> Video de RTS HD, Puerto Santa Ana.....	56
<b>Figura 90:</b> Sector Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.....	57
<b>Figura 91:</b> Espectro electromagnético de RTS HD, UPS sede Guayaquil.....	57
<b>Figura 92:</b> Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, UPS sede Guayaquil.....	57

<b>Figura 93:</b> Gráficas OFDM de RTS HD, UPS sede Guayaquil.....	58
<b>Figura 94:</b> Diagrama de constelación QAM de RTS HD, UPS sede Guayaquil. ....	58
<b>Figura 95:</b> Diagrama de ojo de RTS HD, UPS sede Guayaquil. ....	59
<b>Figura 96:</b> Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, UPS sede Guayaquil. ....	59
<b>Figura 97:</b> Video de RTS HD, UPS sede Guayaquil. ....	60
<b>Figura 98:</b> Sector Samborondón. ....	60
<b>Figura 99:</b> Espectro electromagnético de RTS HD, Samborondón. ....	61
<b>Figura 100:</b> Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Samborondón. ....	61
<b>Figura 101:</b> Gráficas OFDM de RTS HD, Samborondón. ....	61
<b>Figura 102:</b> Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Samborondón.....	62
<b>Figura 103:</b> Diagrama de ojo de RTS HD, Samborondón.....	62
<b>Figura 104:</b> Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Samborondón.....	63
<b>Figura 105:</b> Video de RTS HD, Samborondón.....	63
<b>Figura 106:</b> Sector Durán. ....	64
<b>Figura 107:</b> Espectro electromagnético de RTS HD, Durán. ....	64
<b>Figura 108:</b> Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Durán. ....	64
<b>Figura 109:</b> Gráficas OFDM de RTS HD, Durán. ....	65
<b>Figura 110:</b> Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Durán. ....	65
<b>Figura 111:</b> Diagrama de ojo de RTS HD, Durán. ....	66
<b>Figura 112:</b> Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Durán. ....	66
<b>Figura 113:</b> Video de RTS HD, Durán. ....	67
<b>Figura 114:</b> Sector Playas. ....	67
<b>Figura 115:</b> Espectro electromagnético de RTS HD, Playas. ....	68
<b>Figura 116:</b> Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Playas. ....	68
<b>Figura 117:</b> Gráficas OFDM de RTS HD, Playas. ....	68
<b>Figura 118:</b> Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Playas.....	69
<b>Figura 119:</b> Diagrama de ojo de RTS HD, Playas.....	69
<b>Figura 120:</b> Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Playas.....	70
<b>Figura 121:</b> Video de RTS HD, Playas.....	70
<b>Figura 122:</b> Gráfica de los valores medidos de RTS HD en 6 sectores diferentes. ....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tasa total de datos para 13 segmentos .....	6
<b>Tabla 2.</b> Niveles de recepción MER y BER.....	6
<b>Tabla 3.</b> Valores de medición de RTS HD.....	71
<b>Tabla 4.</b> Canales HD de Ecuador .....	73
<b>Tabla 5.</b> Cronograma.....	79
<b>Tabla 6.</b> Presupuesto .....	80

## INTRODUCCIÓN

El proyecto técnico trata sobre el diseño de un algoritmo que permita decodificar el video HD del standard ISDB-Tb de la Televisión Digital Terrestre mediante el uso de los hardware NI USRP 2920, USB HDTV Stick y software LabVIEW.

El presente proyecto permite recibir, analizar, visualizar el video HD y monitorear la aplicación en una plataforma web en una red LAN, para receptar las señales ISDB-Tb en un rango de 500-600 MHz en el que se transmiten 6 canales de televisión del Ecuador.

Dicho proyecto está enfocado en convertirse en una herramienta de aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

A continuación se detalla la solución al problema planteado y el análisis de resultados, distribuidos de la siguiente manera:

Se analiza el problema a resolver, delimitaciones temporales, espaciales y académicas, se presenta los objetivos alcanzados al culminar el proyecto, así como también la justificación y metodología.

Se presenta el estado de arte, antecedentes, marco teórico y materiales a utilizar para el proyecto.

Se detallan las etapas necesarias para la realización del proyecto, los parámetros que podrán en marcha el sistema, los diagramas de bloques y las conexiones que comprenden la totalidad del proceso.

Adicional a esto se documenta una vez obtenido el sistema ensamblado y funcionando en su totalidad, las pruebas realizadas en seis sectores diferentes de la provincia del Guayas, las conclusiones y recomendaciones respectivas del mismo.

Cabe recalcar que la ARCOTEL (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones), creó un sistema de monitoreo móvil llamado SACER (Sistema Automático de Control del Espectro Electromagnético), que permite controlar el correcto uso del espectro electromagnético y frecuencias de cada canal de televisión digital.

Como motivo de investigación se realizó la misma función utilizando otro hardware como NI USRP-2920 que permite monitorear la señal ISBT-Tb, mostrar los tipos de modulaciones que tiene la televisión digital terrestre y el ancho de banda de cada canal; así reducir costo en equipos de recepción, cumpliendo con el mismo desempeño que el sistema SACER. (García, 2016)

## **EL PROBLEMA**

### **Descripción del Problema**

#### **Antecedentes**

Con el antecedente de que en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil se realizó una investigación en un Proyecto de Graduación en el que implementó un proceso que modula una señal de Televisión Digital Terrestre adquirida aplicando un Sensing de Señales ISDB-Tb mediante el equipo NI USRP-2920 (NATIONAL INSTRUMENT UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL) y el software de simulación LabVIEW. (Rodríguez & Rugel, 2015)

Se obtuvo la señal TDT (Televisión Digital Terrestre) y se realizó el estudio de demodulación OFDM para obtener datos de BER (Tasa de Error Binario), MER (Tasa de Error de Modulación), EVM (Magnitud del Vector Error) y SNR (Relación Señal Ruido). Quedando pendiente el proceso de decodificar la señal de Televisión Digital Terrestre.

Por lo que, la propuesta es complementar el proyecto ya presentado, incorporando el diseño de un algoritmo que permite decodificar la señal encontrada en el espectro radioeléctrico, para que los estudiantes de la Carrera Ingeniería Electrónica logren verificar el total funcionamiento del diseño del algoritmo al momento de ser reproducido en un sitio web.

#### **Importancia y Alcance**

##### **Importancia**

En este proyecto podemos utilizar la infraestructura de Televisión Digital Terrestre creada por los canales de televisión y dar un amplio uso a este campo, para monitorear la calidad de la transmisión y recepción de la TV.

Con los conocimientos adquiridos durante la Carrera de Ingeniería Electrónica y basadas en las materias relevantes como Comunicaciones Digitales, DSP (Procesamiento Digital de Señales) y Propagación, enfocamos el proyecto de titulación en el desarrollo de un algoritmo mediante LabVIEW utilizando los hardware NI USRP-2920, USB HDTV Stick que nos permite visualizar el video en HD y la antena Yagi que captura la señal UHF del espectro radioeléctrico y así poder mostrarla en el panel frontal del software LabVIEW.

Se diseña este proyecto basándonos en los sólidos conocimientos y experiencias de cada docente incorporados a través de las materias de DSP, Comunicaciones Digitales, Redes Inalámbricas, Propagación y Antenas de la Carrera de Ingeniería Electrónica.

Con la implementación de la estación de monitoreo RF de los canales HD del standard ISDB-Tb ayudará al ente regulador ARCOTEL tener una herramienta alternativa para gestionar la calidad de la señal ISDB en diferentes sectores del país.

##### **Alcance**

El proyecto técnico, titulado “Diseño de un algoritmo de decodificación de video HD del standard ISDB-Tb de la televisión digital terrestre a implementarse en Ecuador utilizando NI USRP (Universal Software Radio Peripheral)”, se realiza con el fin de decodificar la señal que se encuentra en el espectro radioeléctrico para monitorearla mediante una plataforma realizada en LabVIEW en un sitio web; mediante el uso de los hardware NI USRP-2920, USB HDTV Stick y software LabVIEW.

El algoritmo desarrollado les permitirá a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica analizar, visualizar y entender cómo se realiza la recepción de señales RF, los diagramas que estos presentan, tipos de modulaciones/demodulaciones y la visualización del video HD de los canales ecuatorianos que se encuentran en el rango de 500-600 MHz, asimilando con mayor compresión y facilidad las teorías generales del área de telecomunicaciones.

Así como también permitirá que el ente Regulador de Telecomunicaciones realice el monitoreo para el uso óptimo del espectro radioeléctrico y de las frecuencias temporales de los propios canales de televisión para verificar si la señal llega bien en todas las áreas de cobertura.

### **Delimitación del Problema**

#### **Temporal:**

El presente proyecto técnico se lo realizará en el año 2015-2016.

#### **Espacial:**

El proyecto se desarrollará en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, la Perimetral, Puerto Santa Ana, Samborondón, Durán y Playas; utilizando la antena yagi UHF, el equipo NI USRP-2920 y el software LabVIEW, los mismos que están disponibles solicitando los respectivos permisos otorgados por los encargados del laboratorio, como a través del director de la carrera.

Adicional a los equipos mencionados, se utiliza también el hardware USB HDTV Stick y software Adobe Dreamweaver CC, para el funcionamiento adecuado del sistema.

#### **Académica:**

Mediante la implementación de este proyecto se logra ampliar los recursos de aprendizaje en las materias de Comunicaciones Digitales, Redes Inalámbricas, Propagación y Antenas, el cual permite el diseño, desarrollo e implementación de un algoritmo que permite decodificar la señal obtenida para los procesos de los demoduladores OFDM, QAM y QPSK del ISDB-Tb, reproduciendo la señal en un sitio web, especificando que otras causas y efectos producidos mediante el desarrollo del proyecto técnico, no serán considerados en el trabajo.

### **Explicación del Problema**

Teniendo en cuenta que existe una investigación de un proyecto de Graduación en la Universidad en la cual se implementó un proceso que modula una señal de Televisión Digital Terrestre adquirida aplicando un muestreo de señales del ISDB-Tb mediante el hardware NI USRP-2920 y el software LabVIEW.

Quedando pendiente el proceso de decodificación del ISDB-Tb, la propuesta es desarrollar una plataforma en un sitio web para decodificar, visualizar el video HD y monitorear la señal del espectro radioeléctrico del ISDB-Tb.

Con lo anterior descrito, se formulan las siguientes preguntas:

- ¿Quiénes podrán beneficiarse una vez implementado el sistema de monitoreo en Ecuador de la televisión digital terrestre en un sitio web?

- Poniendo en funcionamiento la plataforma de monitoreo de la televisión HD; ¿Qué datos son necesarios para comprobar la calidad de la señal del ISDB-Tb recibida en los sectores de: la Perimetral, Puerto Santa Ana, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Samborondón, Durán y Playas?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un algoritmo que permita decodificar la señal muestreada obtenida por los procesos de los demoduladores OFDM, QAM y QPSK del ISDB-Tb, mediante el uso de los hardware NI USRP-2920, USB HDTV Stick y software LabVIEW, para poder visualizar en un panel de monitoreo donde se integre la programación realizada en LabVIEW con el software de decodificación del video HD.

### **Objetivos Específicos**

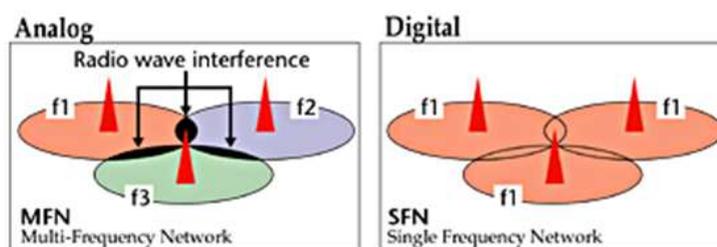
- Diseñar un sistema de monitoreo de la calidad de recepción del video HD del standard ISDB-Tb.
- Decodificar la señal que se encuentra en el espectro radioeléctrico mediante el USB HDTV Stick.
- Realizar una plataforma web para controlar la aplicación en una red LAN.
- Diferenciar los tiempos de respuesta con LabVIEW adaptando un decodificador ISDB-Tb.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS

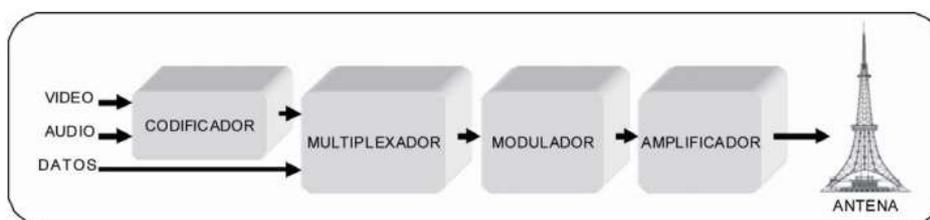
### Antecedentes

En la televisión analógica, los parámetros de la imagen y sonido se representan por las magnitudes analógicas de una señal eléctrica que dependiendo de su distancia se ve variada en amplitud y periodo; debido que la señal se distorsiona con facilidad con otras como de radio AM y FM, lo que ocasiona que aumente su ancho de banda y no se pueda aprovechar en su totalidad.

A diferencia de la televisión analógica, la televisión digital se representa mediante parámetros de “0” y “1”, permitiendo menor interferencia en su señal al momento de comprimirla. Este proceso de digitalización de una señal analógica lo realiza un conversor analógico/digital para someter la señal de televisión a procesos muy complejos sin degradación de calidad, a su vez ofreciendo ventajas como: menor consumo de frecuencia, mayor número de canales de televisión y mejor calidad de imagen y sonido. (Millán, 2005)



**Figura 1:** Diferencia TV analógica y TV digital. (Millán, 2005)



**Figura 2:** Visión general del sistema de transmisión. (UPJET, 2016) (ABNT, 2007)

La transmisión digital terrestre utiliza un tiempo de entrelazado para proveer una codificación con menor tasa de error para la recepción móvil, en las cuales son inevitables las variaciones de intensidad de campo. El espectro de la radiodifusión de televisión digital consiste en 13 bloques OFDM sucesivos, cada segmento ocupa 1/14 del ancho de canal de televisión. (UPJET, 2016) (ABNT, 2007)

**Tabla 1.** Tasa total de datos para 13 segmentos

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
QPSK	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,168	21,298	22,551	23,234

Nota: Los parámetros se especifican para todos los 13 segmentos. La tasa total de datos en la transmisión jerárquica varía dependiendo de los parámetros de configuración jerárquica. El volumen transmitido por los 13 segmentos es igual a la suma de todos los volúmenes de datos transmitidos por esos segmentos. (UPJET, 2016) (ABNT, 2007) (Vargas, 2013)

Un segmento OFDM debe tener siempre una configuración que permita la conexión de múltiples segmentos para poder abastecer un ancho de transmisión que atienda a la necesidad del medio. (UPJET, 2016) (ABNT, 2007)

**Tabla 2.** Niveles de recepción MER y BER

PARÁMETRO	VALOR
MER	$\geq 20$ dB
BER	$\leq 2 \times 10^{-4}$ después de la corrección de la codificación interna (Viterbi)

Nota: Parámetros técnicos para el control de la calidad de la señal TDT. (COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL, 2016)

### Cálculo de la Frecuencia Central

Brasil, Perú:  $f_c = 473 + 6 * (n - 14) + \frac{1}{7}$  [MHz] (Instituto CAPER, 2012)

Ejemplo Perú: Canal 20,  $n = 20$

$$f_c = 473 + 6 * (20 - 14) + \frac{1}{7} = 509.143 \text{ MHz}$$

### Cálculo de la Atenuación por divergencia

$$D = 20 \log(d) + 10.9 \text{ [dB]} \text{ (Universidad de Granada)}$$

$d =$  distancia entre el transmisor y el receptor (Dato Puerto Santa Ana)

$$D = 20 \log(2.36 \text{ Km}) + 10.9 = 18.36 \text{ dB}$$

### Cálculo del ancho de banda por segmento

$$Bw_s = \frac{Bw_c}{14} \text{ [Hz]} ; Bw_c = 6 \text{ MHz} \text{ (Pisciotta, 2010)}$$

$$Bw_s = \frac{6 \text{ MHz}}{14} = 428.571 \text{ kHz}$$

### Cálculo del ancho de banda total

$$Bw = N * Bw_s \text{ [Hz]} ; N = \# \text{ de subportadoras} \text{ (Pisciotta, 2010)}$$

$$Bw = 13 * \frac{6 \text{ MHz}}{14} = 5.571 \text{ MHz}$$

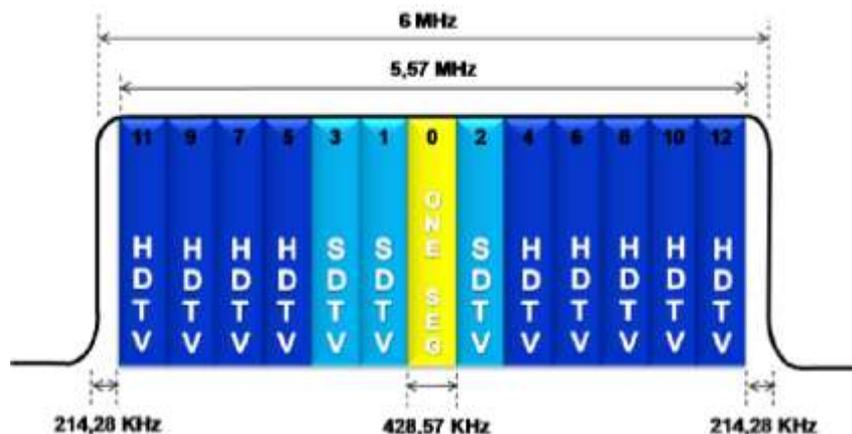


Figura 3: Canal de flexibilidad ISDB-Tb. (Instituto CAPER, 2012)

Teóricamente el alcance máximo de una emisora viene dado por el rayo tangente a la superficie de la tierra que constituye el límite de visibilidad entre transmisor y receptor. Ese alcance óptico tiene como valor:

$$D = 3.6 * (\sqrt{H} + \sqrt{h}) \text{ Km} \quad (\text{Spínola \& Paredes}) \text{ (STUDYLIB)}$$

H = altura de la antena emisora en metros

h = altura de la antena receptora en metros

Dado que H suele ser mucho mayor que h, un incremento de igual altura en la antena emisora o receptora, siempre es más útil en esta última por aumentar más el alcance. Esto nos conduce a una consideración de tipo práctico: en las zonas límite marginal, muy distante de la estación transmisora, es conveniente aumentar la altura de las antenas receptoras, aunque sea unos pocos metros, mejorando considerablemente la señal. (Spínola & Paredes) (STUDYLIB)

La transmisión de la señal de televisión HD se realiza de diferentes formas, se transmiten en diferentes frecuencias de acuerdo al país y también se utilizan diversos equipos que permitan decodificar la señal capturada en el espectro radioeléctrico y así poderla transmitir para que cada usuario pueda visualizarla.

Las diversas investigaciones referente al tema, permiten tener una base de como decodificar una señal HD mediante el equipo NI USRP-2920 y poder mostrar la señal capturada en un Panel Frontal del software LabVIEW.

Esta investigación propone que el ente Regulador de Telecomunicaciones realice el monitoreo para el uso óptimo del espectro radioeléctrico y de las frecuencias temporales de los propios canales de televisión para verificar si la señal llega bien en todas las áreas de cobertura.

## MARCO METODOLÓGICO

Para el proyecto sobre la televisión digital terrestre se diseñó un algoritmo que permita decodificar la señal del ISDB-Tb, receptando la señal del espectro radioeléctrico con una antena Yagi UHF la cual captará frecuencias en el rango de 500-600 MHz de la señal ISDB-Tb para ser monitoreadas mediante el NI USRP-2920 .

Teniendo en cuenta que el NI USRP-2920 no soporta la selección de bits para crear la imagen y reproducción de video, debido al formato de reproducción del video el cual es H.264 siendo este el que comprime el video MPEG-4 por lo tanto se incorpora un hardware USB HDTV Stick diferente de LabVIEW para poder visualizar la reproducción del video HD.

De esta manera se asocia el Web Publishing Tool que genera la programación de LabVIEW enlazándolo con los archivos PHP de los 6 canales HD que se encuentran en el rango de 500-600 MHz para acceder al sitio web de la plataforma del proyecto.

### **Métodos**

Para el desarrollo de esta investigación han sido utilizados dos métodos:

#### **Método experimental**

Debido a que se deben realizar varias pruebas en distintos sectores de la provincia del Guayas donde se pueda recibir la señal de televisión digital en la frecuencia de operación de 500-600 MHz, esta sea captada por la antena Yagi y el USB HDTV Stick para que esta señal sea decodificada con el equipo NI USRP-2920.

#### **Método deductivo**

Luego de un previo análisis y deducción de conceptos específicos basados en los estándares brasileños y japonés de la televisión digital terrestre, se realiza el diseño de un algoritmo que permita decodificar, analizar, visualizar y monitorear la señal ISDB-Tb en un sitio web, cumpliendo con los objetivos del proyecto.

### **Técnicas**

Las técnicas que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

#### **Técnica de campo**

Mediante el uso del NI USRP-2920 se realizó el diseño de un algoritmo para receptar el video HD, medir las potencias de recepción y proceso de decodificación del ISDB-Tb, para el cual se desarrolló otras programaciones como PHP y HTML; así esta información se pueda anexar en un sitio web, la visualización del video y los datos que nos muestra LabVIEW.

#### **Técnica documental**

Mediante la recolección de información de diferentes bibliografías y fuentes, para contribuir con definiciones y conceptos sobre telecomunicaciones, antenas, propagación, procesamiento digital de señales, redes inalámbricas y LabVIEW.

### **Instrumentos de Investigación y Recolección de datos**

Para el desarrollo y el correcto funcionamiento del proyecto técnico se utilizaron algunos instrumentos que nos ayudaron para la definición de valores adecuados.

Los instrumentos para la recolección de datos, fueron los siguientes:

- Tabla de canales que transmiten la TDT.
- Entrevista a canales de televisión.

## **Variables e Indicadores**

### **Variables**

#### **Variable Dependiente.- Desde la propuesta:**

Diseñar una plataforma de monitoreo que permita decodificar el video HD del estándar ISDB-Tb.

#### **Variable Independiente.- Desde el problema:**

En diversos sectores de la provincia se podrá implementar el decodificador para visualizar exitosamente la reproducción del video HD, y así el ente Regulador de Telecomunicaciones pueda monitorear y verificar si la señal llega bien en todas las áreas de cobertura.

### **Indicadores**

Durante 3 meses de realizar pruebas de monitoreo de la señal ISDB-Tb del espectro radioeléctrico en los sectores: vía Perimetral, Puerto Santa Ana, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Samborondón, Durán y Playas; se obtuvo valores de medición: EVM (dB), MER (dB), BER, POTENCIA (dBm) y SNR.

### **Población y Muestra**

La investigación es de mucha utilidad ya que refuerza el aprendizaje de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, de la carrera de Ingeniería Electrónica.

### **Beneficiarios**

Luego de haber realizado las pruebas pertinentes y obtener los resultados debidos, con respecto a la investigación sobre Televisión Digital Terrestre, el proyecto apunta a que el ente Regulador de Telecomunicaciones realice el monitoreo para el uso óptimo del espectro radioeléctrico y de las frecuencias temporales de los propios canales de televisión para verificar si la señal llega bien en todas las áreas de cobertura; y también a ser una herramienta para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana, con el fin de mejorar sus conocimientos en el área de telecomunicaciones.

La consecución del proyecto se deja abierta la posibilidad de continuar con el proceso de nuevas aplicaciones o mejoras del mismo, haciendo uso de tecnología SDR, equipos como NI USRP, antenas, etc., en la materia de telecomunicaciones.

### **Impacto**

El presente proyecto técnico impulsará al ente Regulador de Telecomunicaciones a realizar monitoreo para el uso óptimo del espectro radioeléctrico y de las frecuencias temporales de los propios canales de televisión para verificar si la señal llega bien en todas las áreas de cobertura, como también impulsará a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil a hacer nuevas investigaciones en el área de las telecomunicaciones empleando la tecnología SDR como el NI USRP-2920 en conjunto con el software LabVIEW, ambos de National Instruments.

## **Innovación**

Teniendo en cuenta los diversos temas de investigación referentes a la televisión digital terrestre del standard ISDB-Tb, se propuso realizar el diseño de un algoritmo que permita decodificar la señal ISDB-Tb y visualizar el video HD mediante un hardware USB HDTV Stick, las cuales serán monitoreadas desde una estación fija para informar al ente regulador de Telecomunicaciones sobre la calidad de servicio de cada uno de los canales de televisión en la provincia del Guayas que se encuentran en el rango de 500-600 MHz.

## **Funcionalidad**

El sistema para el monitoreo de la señal ISDB-Tb de la televisión digital terrestre está compuesta por una antena Yagi UHF que capta frecuencias en el rango de 500-600 MHz de la señal HD que se encuentra en el espectro radioeléctrico la cual es analizada por el NI USRP-2920 realizando los procesos de demodulación OFDM, QAM y QPSK, para ser decodificada por el equipo mencionado y el hardware USB HDTV Stick que van a permitir visualizar el video HD de los canales de televisión y a su vez monitorear la señal en una plataforma web.

El sistema se encuentra en total funcionamiento cumpliendo con los objetivos establecidos en el anteproyecto de titulación.

## RESULTADOS

### IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

#### Antecedentes

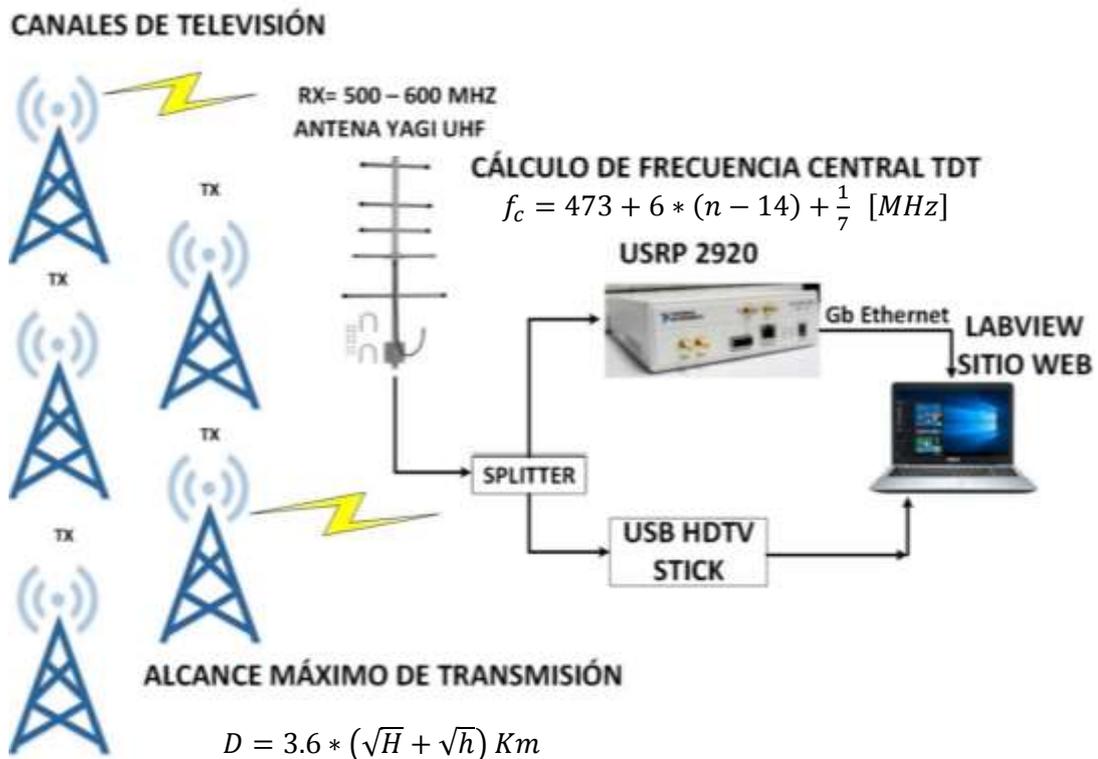
El proyecto plantea la elaboración de un algoritmo que decodifique la señal muestreada obtenida por los procesos de los demoduladores OFDM, QAM y QPSK del ISDB-Tb para lograr así la medición de los principales parámetros: EVM, MER, BER y SNR que indican el nivel de calidad de la transmisión en los sectores la Perimetral, Puerto Santa Ana, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Samborondón, Durán y Playas. Para esto se ha requerido la utilización de un equipo que realice el trabajo de recepción de señal de audio y video que deseamos. El dispositivo que cumple con estos requerimientos es el NI USRP-2920, ya que trabaja en el rango de frecuencias de 500-600 MHz, en la que se transmite TDT además permite realizar el tipo de multiplexación adecuada y tipos de modulación.

Además del NI USRP-2920, se requirió del equipo electrónico USB HDTV Stick que realiza la función específica de visualizar el video en HD, ya que el NI USRP-2920 no soporta el mismo. Adicional tenemos la parte de la programación que es realizada mediante el software LabVIEW.

#### Esquema del Proyecto

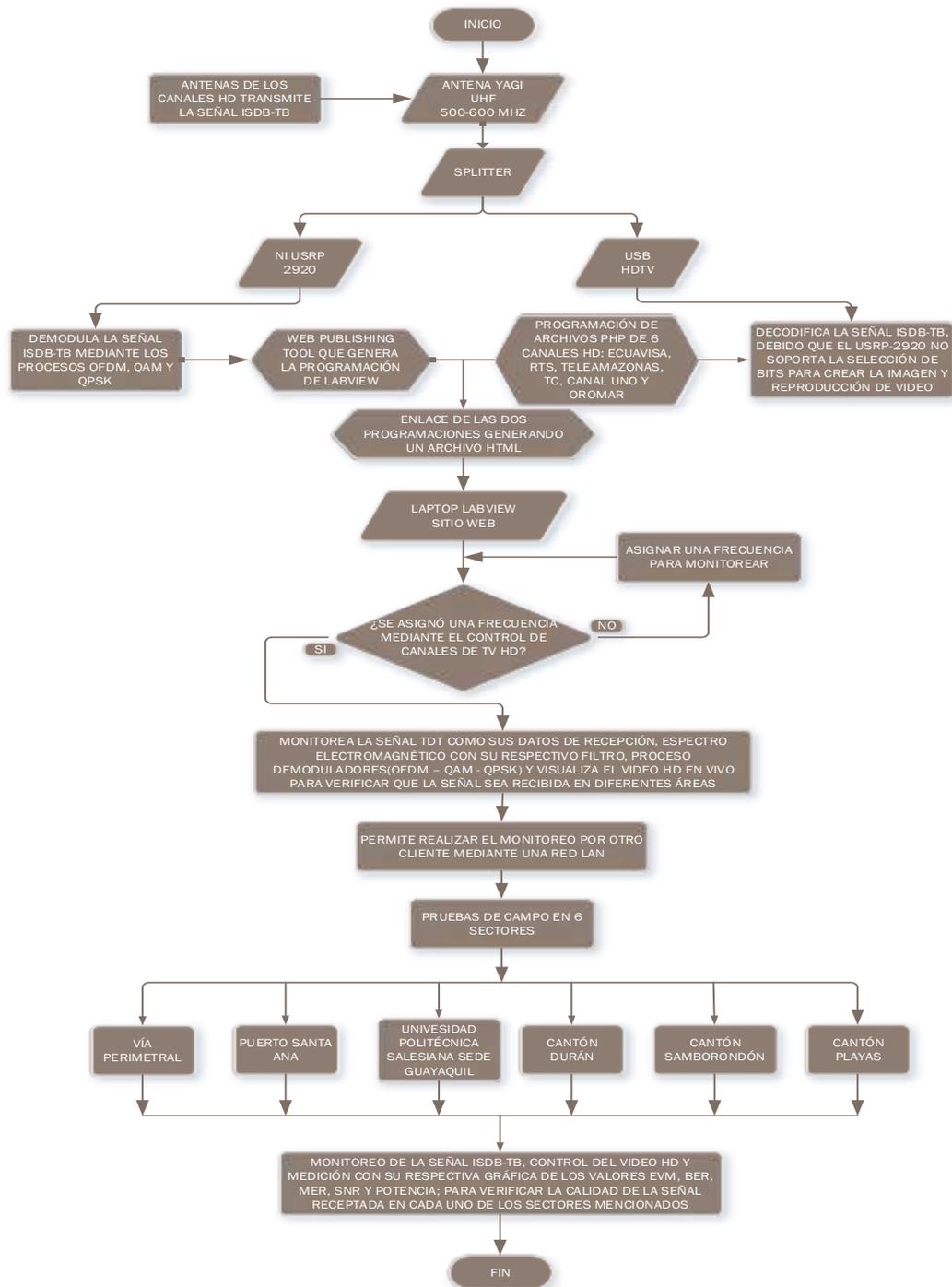
#### Diagrama técnico de proyecto

La arquitectura del sistema para decodificar la señal de televisión HD se realizó como en el siguiente esquema.



**Figura 4:** Esquema técnico del proyecto.

## Diagrama esquemático del proyecto



**Figura 5:** Diagrama esquemático del proyecto técnico.

En el diagrama del proyecto técnico se pueden observar los distintos dispositivos y elementos de conexión y transmisión de datos que se utilizan para el funcionamiento óptimo del mismo. Bajo este esquema se encuentran 7 etapas que son las siguientes:

- 1) Etapa de Programación
- 2) Etapa de Recepción
- 3) Etapa de Demodulación
- 4) Etapa de Medición
- 5) Etapa de Procesamiento
- 6) Etapa de Presentación de datos
- 7) Etapa de Visualización del video en un sitio web

A continuación se detalla el diagrama de bloques sobre las etapas que tiene el proyecto técnico.



**Figura 6:** Mapa conceptual de etapas.

En la figura 6 se puede observar que la primera etapa corresponde a la programación que se realiza mediante un SDR, la segunda etapa corresponde a la recepción de los datos del espectro radioeléctrico, en la tercera etapa se produce la modulación de la señal, para que en la cuarta etapa se mida los parámetros captados, en la quinta etapa se realiza el procesamiento de los datos mediante operaciones matemáticas, para que así en la sexta etapa se muestre la presentación de datos que indican el nivel de calidad, y finalmente en la séptima etapa se visualice el video en una página web para el operador.

## **Etapas de Programación**

### **Introducción**

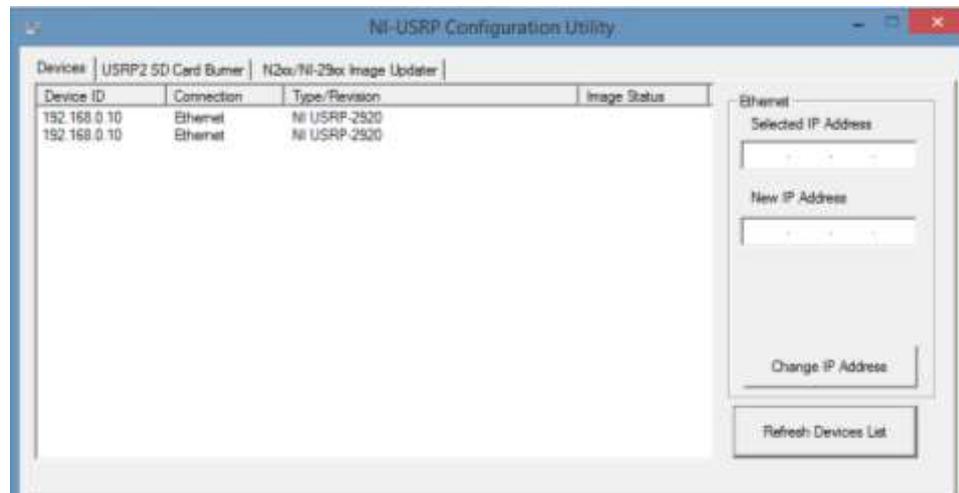
La programación para controlar los parámetros y poder realizar la recepción de la señal TDT del espectro radioeléctrico, será alojada en la computadora portátil. Para ejecutar correctamente la programación realizada en el software LabVIEW, el equipo portátil tiene un procesador Intel Core i7, 8 Gb de memoria RAM, 1 Tb de disco duro y sistema operativo Windows 8.

### **Conexión de una red de área local entre computador y el NI USRP-2920**

Teniendo en cuenta que se usa el equipo NI USRP como receptor, el ordenador portátil posee un puerto Gigabit Ethernet para conexiones de área local necesarias para el acople, mediante cable UTP de categoría 6, con el NI USRP-2920 y así una vez establecido el enlace se produce la recepción de datos que son enviados a la unidad de cómputo.

El equipo NI USRP-2920 no se conectará ni receptorá información de una unidad de cómputo que no posea una interfaz Gb Ethernet, debido a sus características intrínsecas.

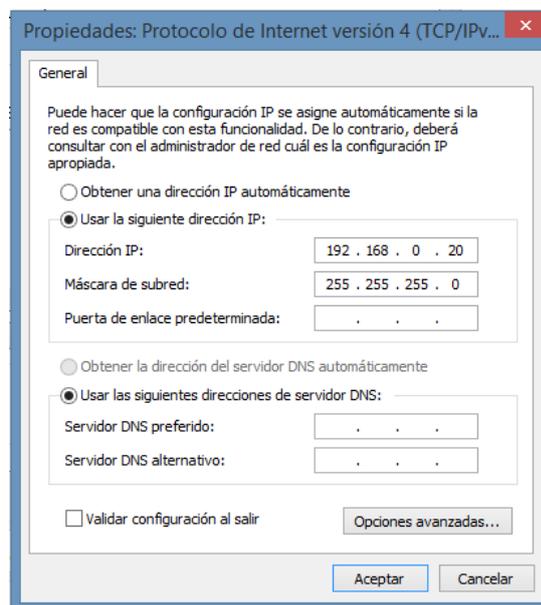
La conectividad se realiza mediante el protocolo IP. Al equipo se le configura la dirección IP deseada mediante el NI USRP Configuration Utility, la cual es 192.168.0.10; al ordenador se le asigna una IP que se encuentre dentro del rango de la red. Las direcciones IP utilizadas para el proyecto son privadas.



**Figura 7:** Dirección IP del NI-USRP.

Para realizar la configuración al computador portátil se desactiva el adaptador inalámbrico y se procede a conectar el cable de red y se le asigna la dirección IP.

Propiedades, procedemos a configurar la dirección IP.

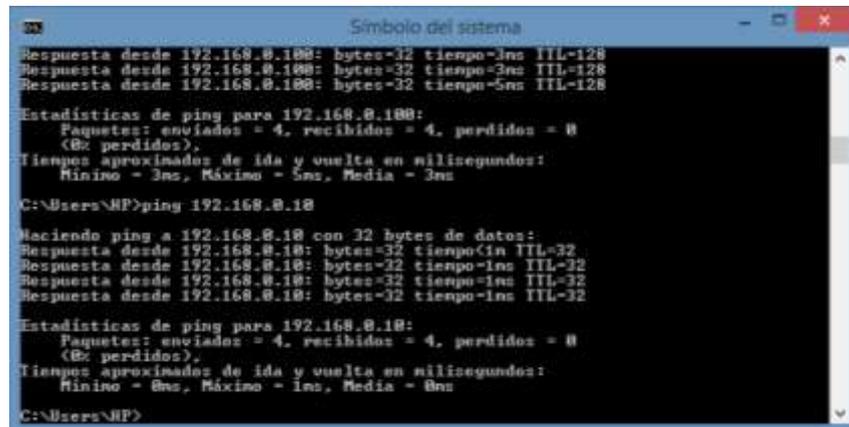


**Figura 8:** Propiedades de TCP/IPv4.

Los únicos datos de red que se necesitan para poder establecer la conexión son la IP 192.168.0.20 y la máscara de subred 255.255.255.0.

Luego de ingresar los datos correctos se procede a conectar el equipo portátil al NI-USRP 2920 por medio de un cable UTP categoría 6. Para verificar que haya conexión entre la computadora y el NI USRP, se ingresa a la pantalla cmd y se ingresa el comando ping 192.168.0.10, que es la IP del NI USRP.

Si todo está configurado correctamente entonces como respuesta deberíamos obtener lo siguiente:



```
Símbolo del sistema
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.100:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 3ms, Máximo = 5ms, Media = 3ms

C:\Users\MP>ping 192.168.0.10

Haciendo ping a 192.168.0.10 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo<1ms TTL=32
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=32
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=32
Respuesta desde 192.168.0.10: bytes=32 tiempo=1ms TTL=32

Estadísticas de ping para 192.168.0.10:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Media = 0ms

C:\Users\MP>
```

**Figura 9:** Comando ping para verificar la conexión.

## Desarrollo del software controlador (SDR)

### Antecedentes

El proyecto técnico usa un SDR o Radio Definido por Software con interfaz gráfica en la cual se configura todos los parámetros necesarios para que la captación de señal sea la más nítida y eficiente al momento de mostrar los valores obtenidos. La interfaz es un programa desarrollado en el software LabVIEW de National Instruments debido a las características amigables al momento de realizar la programación, además que es un software muy usado por los estudiantes de ingeniería electrónica.

Se utilizó la versión LabVIEW 2015 de 32 bits para la programación del SDR y adicional se instala el Modulation Toolkit en el cual encontramos los drivers necesarios para el manejo del NI USRP por medio de LabVIEW.

Más adelante se analizarán más a fondo los respectivos VIs que se utilizaron en la programación del SDR así como el desarrollo completo del programa controlador del sistema.

### Programa controlador de recepción de señal

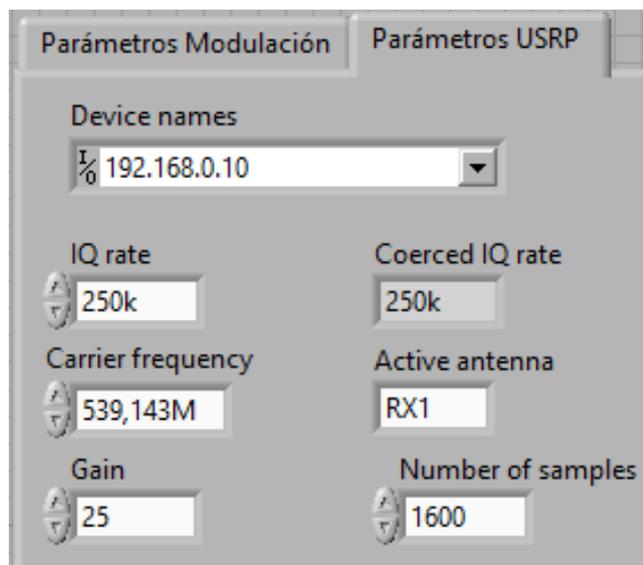
En la siguiente gráfica, se puede apreciar los distintos bloques que conforman los parámetros que se deberán configurar para lograr la recepción de datos con la frecuencia seleccionada acorde a los 6 canales HD que se encuentran en el rango de 500-600 MHz.



**Figura 10:** Interfaz del controlador de Recepción de Señal Digital en LabVIEW.

### Campos de la interfaz de programa

### Campos de los parámetros del NI USRP



**Figura 11:** Configuración de parámetros del NI USRP en el interfaz del programa.

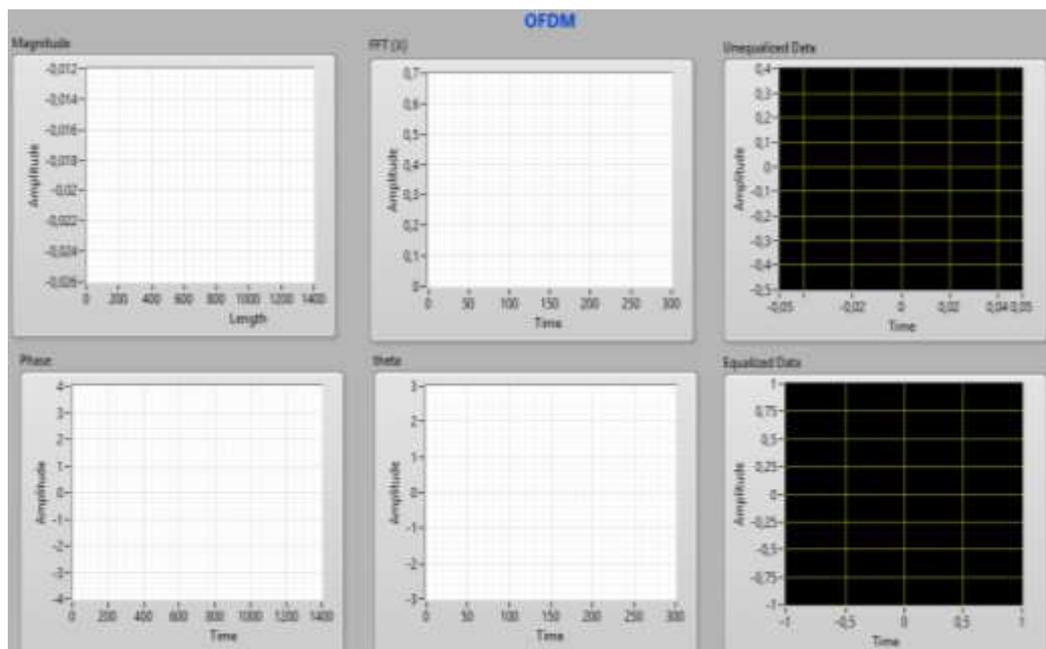
Como se observa en la figura, tenemos los campos dónde se deben ingresar los datos necesarios para poner en funcionamiento el NI USRP.

En el campo device names, se debe ingresar la dirección con la que se tendrá comunicación entre el equipo portátil y el NI USRP.

El campo de carrier frequency actúa de forma automática, es decir al momento de seleccionar un canal de los 6 que se encuentran en el control de canales de TV HD que uno desea visualizar, entonces se ejecuta el cambio frecuencia en este campo.

En el campo active antenna se ingresa en que puerto va a ir conectada la antena, en el NI USRP se tienen dos puertos: RX1 y RX2; para nuestro proyecto técnico utilizamos el puerto RX1.

### Etapa de Recepción de datos



**Figura 12:** Gráficas de datos procesados.

En la figura se puede apreciar la magnitud y la fase en la que se están recepcionando los datos, tanto en longitud como en tiempo.

La transformada de fourier o  $FFT(x)$ , permite que cada símbolo pase del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Así, el demodulador toma una muestra de I y una muestra de Q, las interpreta como la parte real e imaginaria de un número complejo, y mide su amplitud y fase para determinar a qué valores binarios corresponden, theta.

En las dos últimas graficas se muestran los datos ecualizados, la ecualización se obtiene con la multiplicación de los símbolos recibidos por el inverso de los coeficientes del estimador; además de los datos sin ecualizar.

## Programación del controlador de recepción

### Diagrama de bloques

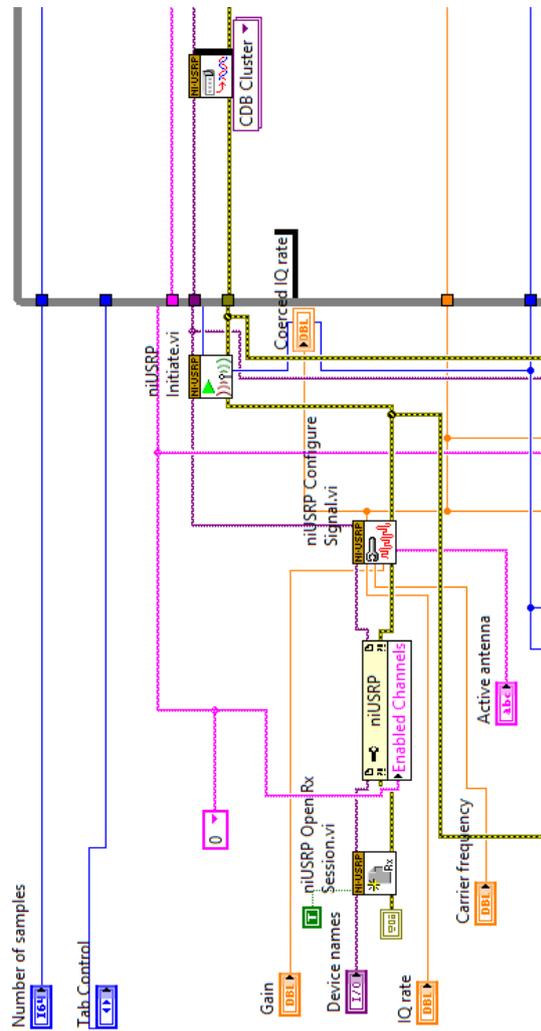
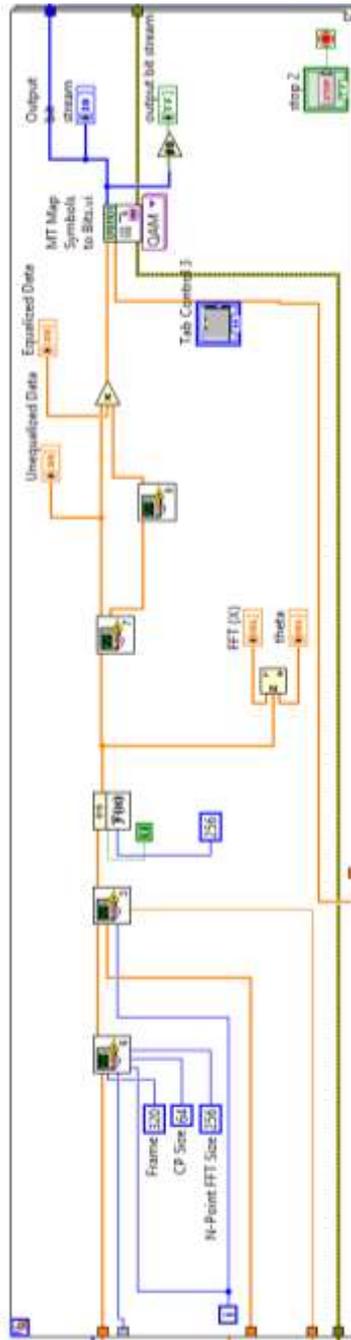
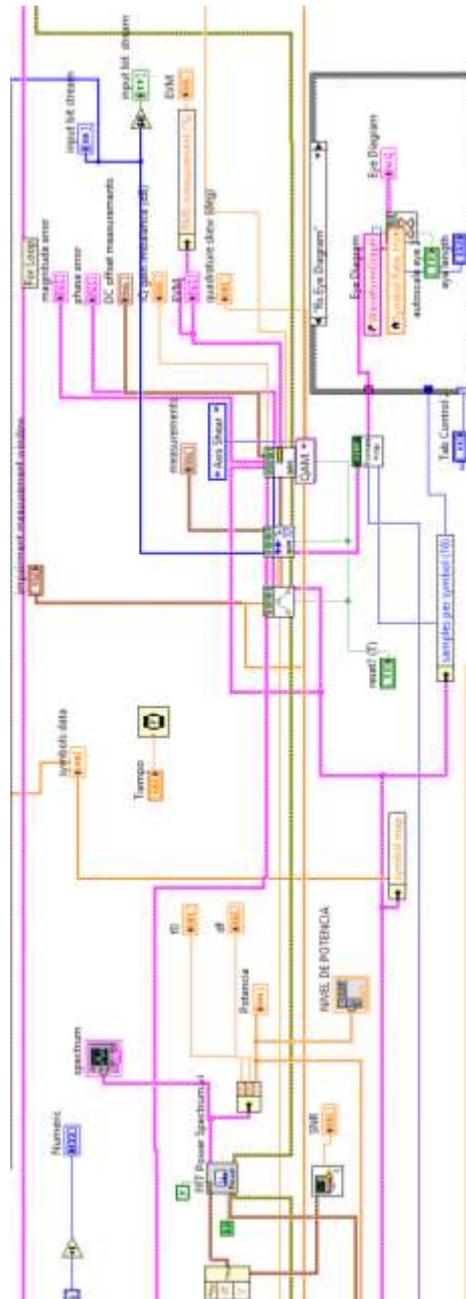


Figura 13: Diagrama de bloques de los parámetros del USRP. (Rodríguez & Rugel, 2015)

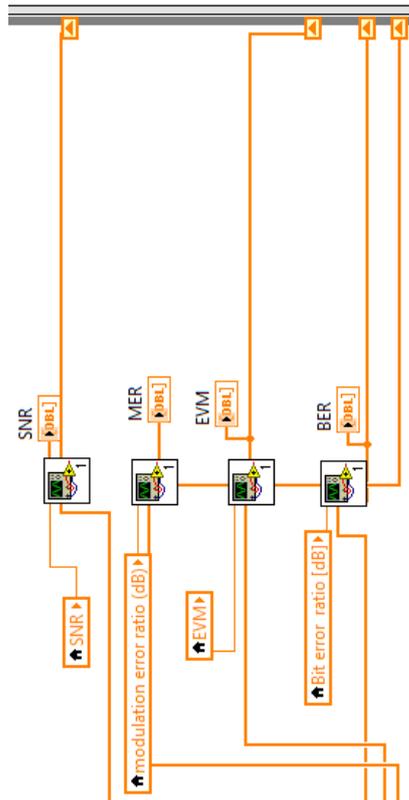


**Figura 14:** Diagrama de bloques de la recepción de datos. (Rodríguez & Rugel, 2015)



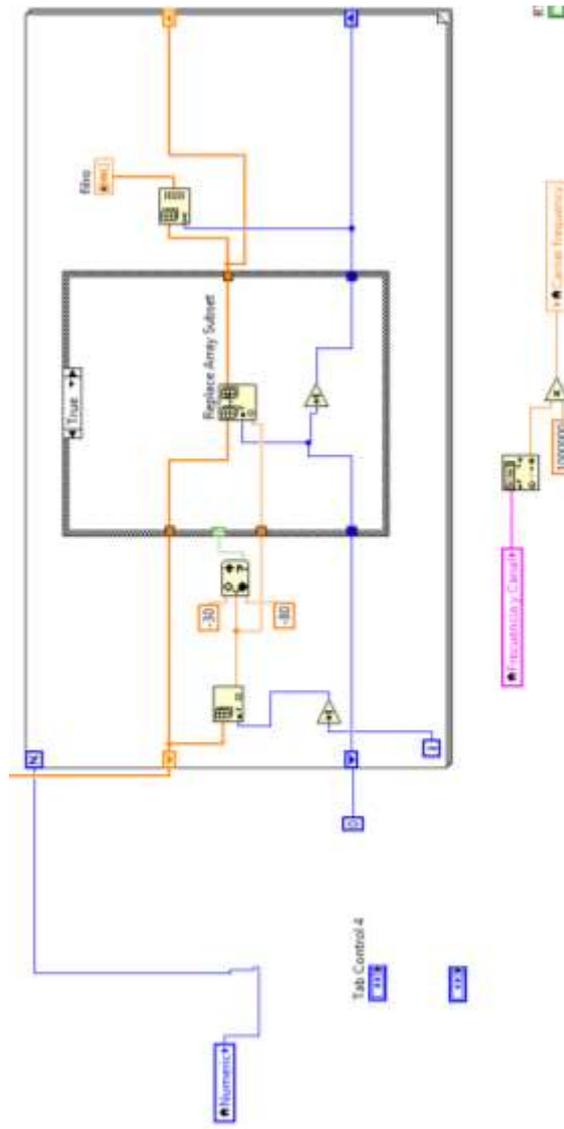


**Figura 16:** Diagrama de bloques del análisis QAM y nivel de potencia. (Rodríguez & Rugel, 2015)

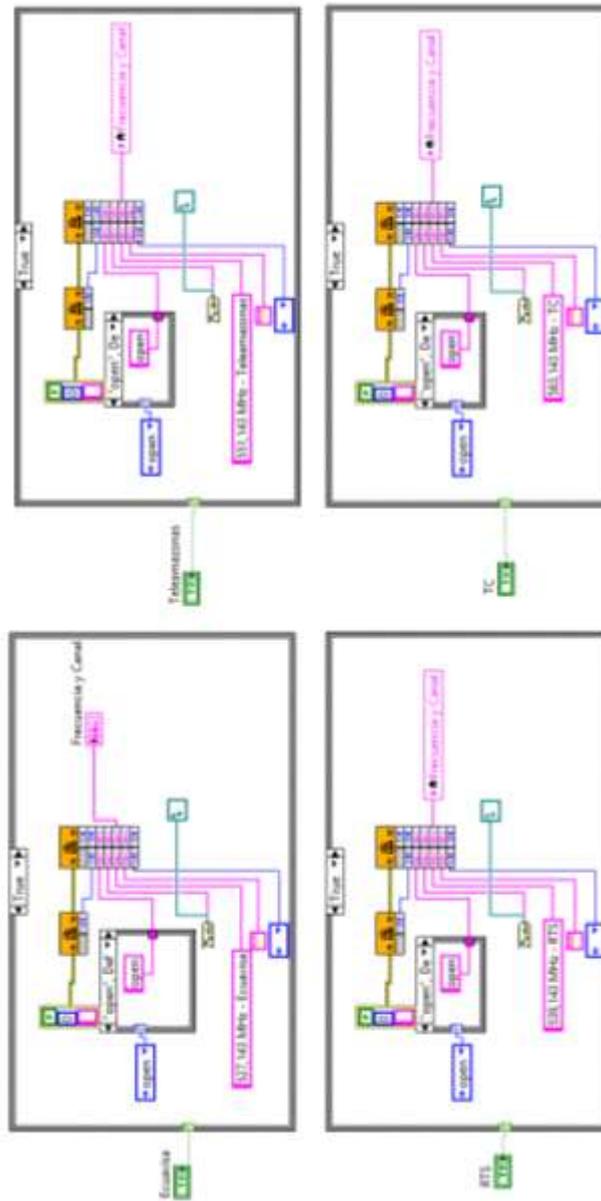


**Figura 17:** Diagrama de bloques de parámetros experimentales para medir la calidad de la señal. (Rodríguez & Rugel, 2015)

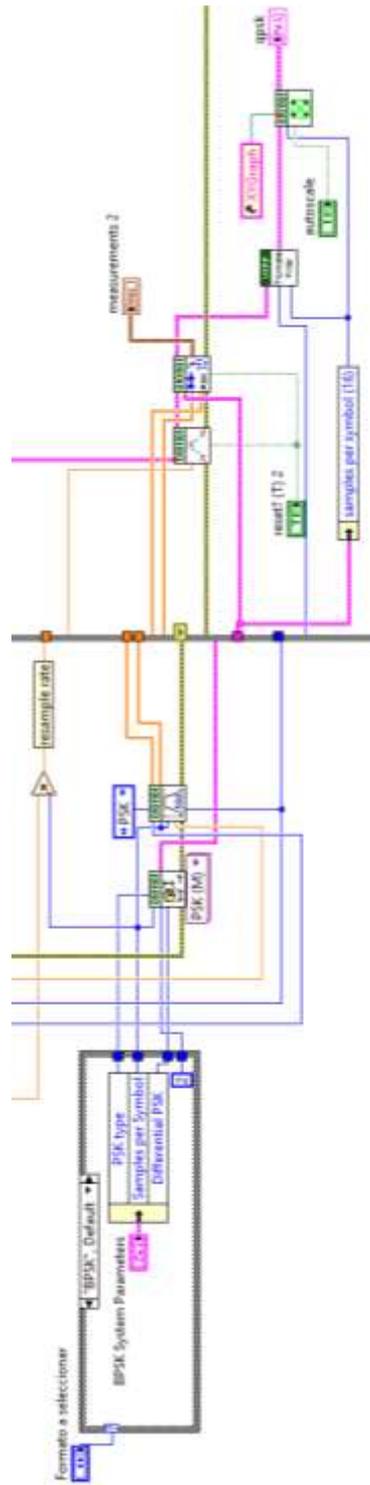




**Figura 19:** Diagrama de bloques del filtro del espectro electromagnético.



**Figura 20:** Diagrama de bloques del control de canales de TV HD.



**Figura 21:** Diagrama de bloques de la demodulación QPSK.

Para una mejor explicación del diagrama de bloques se detallará por etapas:

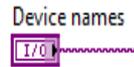
## Etapa de programación de bloques del NI USRP-2920

Para dar inicio al programa por medio del NI USRP-2920, se usa el VI de apertura sesión.



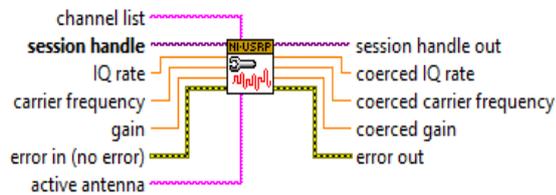
**Figura 22:** niUSRP Open Rx Session. (INSTRUMENTS, s.f.)

En este bloque se especifica la dirección IP del NI USRP que previamente fue configurado.



**Figura 23:** VI session of class. (INSTRUMENTS, s.f.)

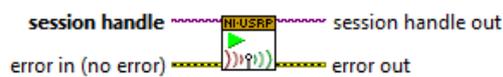
El siguiente bloque muestra la configuración de señal para NI USRP.



**Figura 24:** niUSRP Configure Signal. (INSTRUMENTS, s.f.)

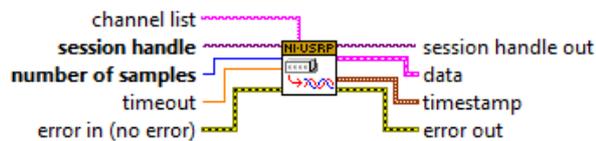
Los puntos del lado izquierdo del bloque se deben conectar con los parámetros a ingresar al programa controlador, sesión handle se conecta con sesión handle out del niUSRP Open Rx Session.

Para iniciar la adquisición de recepción se utiliza el siguiente elemento de la librería drivers niUSRP.



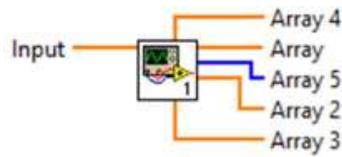
**Figura 25:** niUSRP Initiate. (INSTRUMENTS, s.f.)

Permite extraer datos de recepción desde la lista de canales específicos, tiene las opciones: automatic, signal channel, multi channel; en nuestro proyecto hemos utilizado single channel, double complex (CDB).



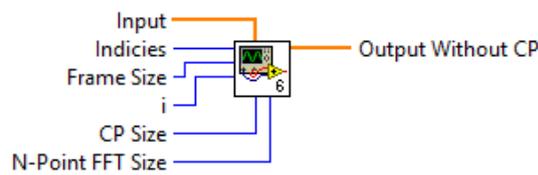
**Figura 26:** niUSRP Fetch Rx Data (Poly). (INSTRUMENTS, s.f.)

Este bloque recibe la señal sincronizada representada como un vector. Dicho vector se divide en una matriz de 5 filas y 320 columnas, donde las filas representan los 4 símbolos, el símbolo representa el preámbulo y las columnas representan la longitud total del símbolo. Finalmente, se suprimen las primeras 64 muestras de cada símbolo.



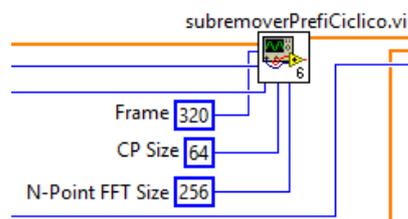
**Figura 27:** Algoritmo o SubVI. (INSTRUMENTS, s.f.)

Este módulo remueve los prefijos cíclicos desde una trama y extrae los N puntos de símbolos de datos, es decir: Trama=CP+Datos.



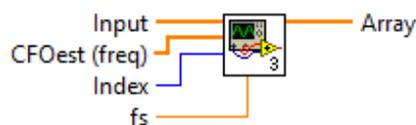
**Figura 28:** subremoverPrefiCiclico. (INSTRUMENTS, s.f.)

La siguiente figura indica el procedimiento lógico que se debe realizar para que la señal pueda lograr este tipo de sincronización, se debe tener en cuenta que la señal de entrada es la señal compleja que viene del prefijo cíclico desde el transmisor, el tamaño útil de símbolo es 256 muestras. La salida de este sincronizador arroja las posiciones donde inicia cada símbolo OFDM.



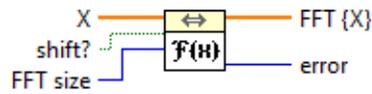
**Figura 29:** Sincronizador diferencial de prefijo cíclico. (INSTRUMENTS, s.f.)

Este módulo sirve para corregir los datos de la frecuencia portadora offset.



**Figura 30:** subviRem.Frecuencias. (INSTRUMENTS, s.f.)

El siguiente bloque sirve para calcular la transformada de fourier de la entrada de secuencia X. Conecta los datos desde la entrada X para determinar la instancia.



**Figura 31:** FFT. (INSTRUMENTS, s.f.)

Este SubVI remueve los ceros añadidos por prefijo cíclico, des-intercala datos y extrae símbolos de referencia.



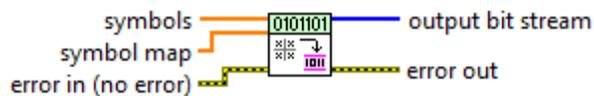
**Figura 32:** subremovezeropad. (INSTRUMENTS, s.f.)

El siguiente SubVI estima los canales basados en símbolos de referencias recibidas y símbolos de referencias conocidos.



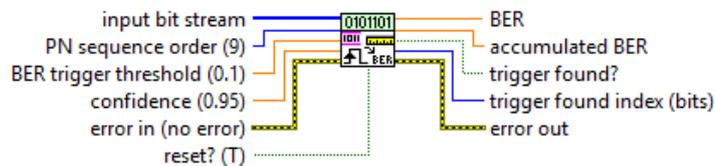
**Figura 33:** subchannel. (INSTRUMENTS, s.f.)

Este bloque indica los mapas complejos valorados PSK, QAM, PAM, ASK, FSK, MSK y PCM, modula los datos a una salida stream de bits basados en mapa de símbolos que se han especificados. En nuestro proyecto técnico se eligió modulación QAM y QPSK.



**Figura 34:** MT Map Symbols to Bits. (INSTRUMENTS, s.f.)

El siguiente módulo, calcula el Bit Error Rate contra una secuencia PN o el patrón de referencia que se ha especificado.



**Figura 35:** MT Calcule BER. (INSTRUMENTS, s.f.)

Este bloque sirve para Detener la adquisición de datos receptados previamente iniciado.



**Figura 36:** niUSRP Abort. (INSTRUMENTS, s.f.)

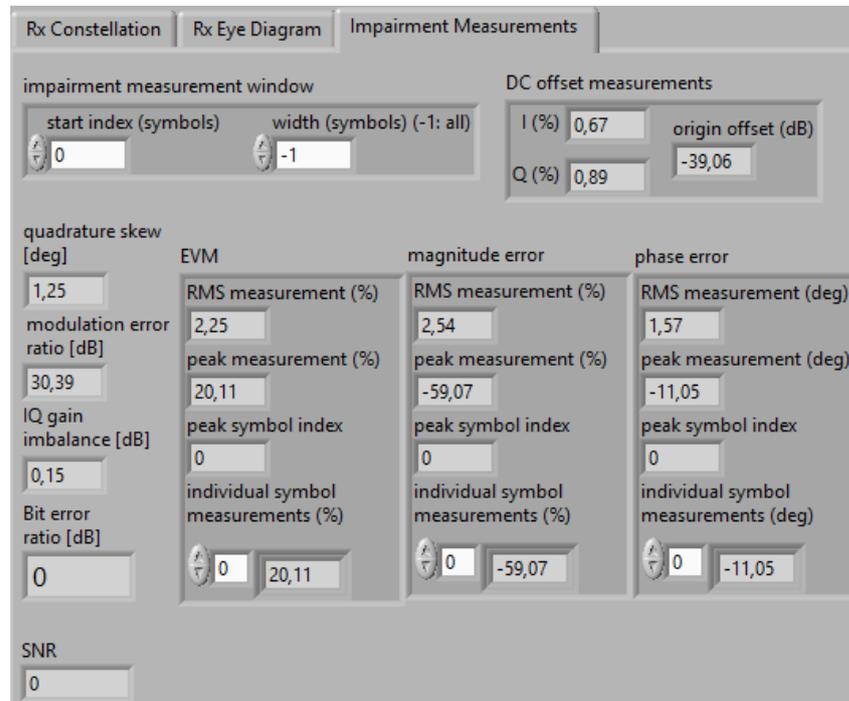
Sirve para cerrar la sesión del manejo del NI-USRP.



**Figura 37:** niUSRP Close Session. (INSTRUMENTS, s.f.)

### Etapa de Presentación de datos

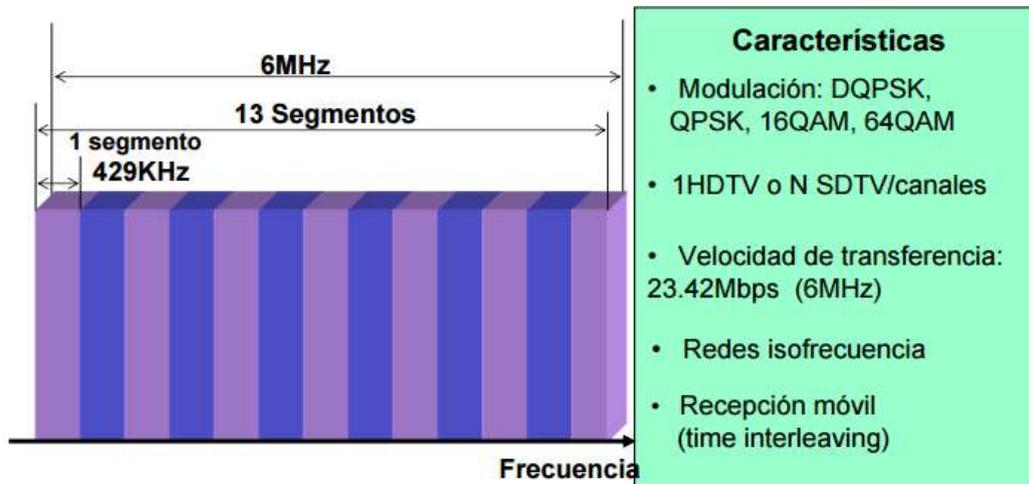
En esta etapa se muestran las gráficas respectivas de la recepción de señal ISDB-Tb y los datos obtenidos por la tabla de valores experimentales para almacenarlos en una matriz.



**Figura 38:** Adquisición de datos experimentales.



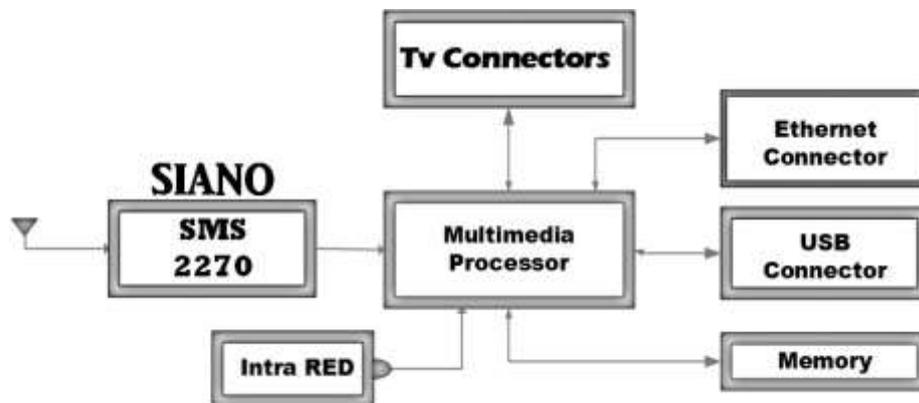
El ISDB-Tb es modulado en OFDM y este proceso lo realizaremos mediante el software LabVIEW para poder visualizar el proceso que realiza nuestra señal cuando es modulada y decodificada.



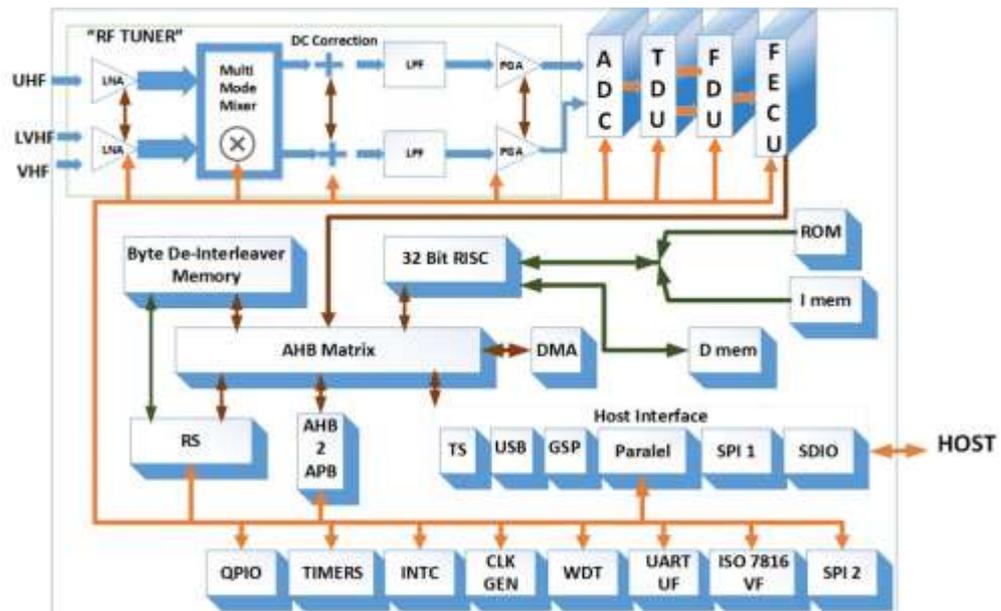
**Figura 41:** Banda segmentada OFDM. (DIBEG, 2007)

### Estructura interna del USB HDTV STICK

En las figuras siguientes se detallan los componentes que contienen el dispositivo USB HDTV Stick y el diagrama de bloques respectivo del equipo.



**Figura 42:** Componentes Internos del USB HDTV STICK. (SILICON, Siano MOBILE SILICON)



**Figura 43:** Diagrama de bloques del USB HDTV STICK. (SILICON, hwrf.com.cn, 2010)

Al utilizar este dispositivo, se deberá instalar el respectivo driver, para que el USB pueda ser utilizado correctamente y así permitir la reproducción del video en HD en el sitio web del proyecto, ya que por motivos de que el NI USRP-2920 tiene sus limitaciones con reproducción de video en tiempo real, se implementó este hardware el cual complementa la parte que se necesitaba, así se pudo desarrollar exitosamente el funcionamiento y el proceso del proyecto.

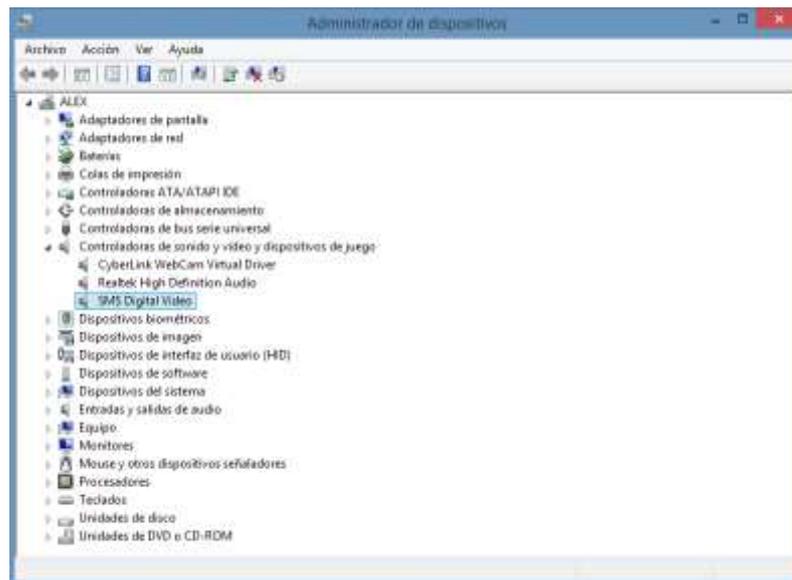
La eficiencia de este software es debido que se puede observar el video desde cualquier computadora, cabe recalcar que como cualquier equipo tiene sus restricciones, ya que funciona para Microsoft Windows Xp, Windows 7, Windows Vista y Windows 8, al instalar el driver en una versión actualizada como Microsoft Windows 10 no funciona y no se podrá visualizar los canales.

Este equipo a más de tener funciones para TV en HD también tiene funciones en TV analógica, variando sus amplias bandas de frecuencias que van desde VHF (64-240 MHz), UHF (470-862 MHz).

### Sintonización de los canales HD mediante VLC media player

Se enfoca al proyecto este reproductor y así poder sintonizar la Televisión Digital Terrestre, se instaló previamente el driver respectivo del dispositivo USB HDTV Stick para que pueda funcionar, de lo contrario no se ejecutaría.

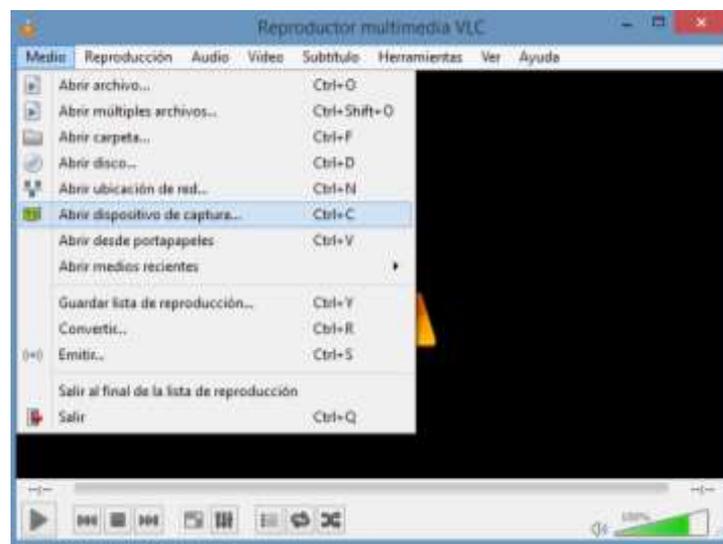
Instalación y verificación del driver se haya instalado correctamente.



**Figura 44:** Driver SMS Digital Video instalado correctamente.

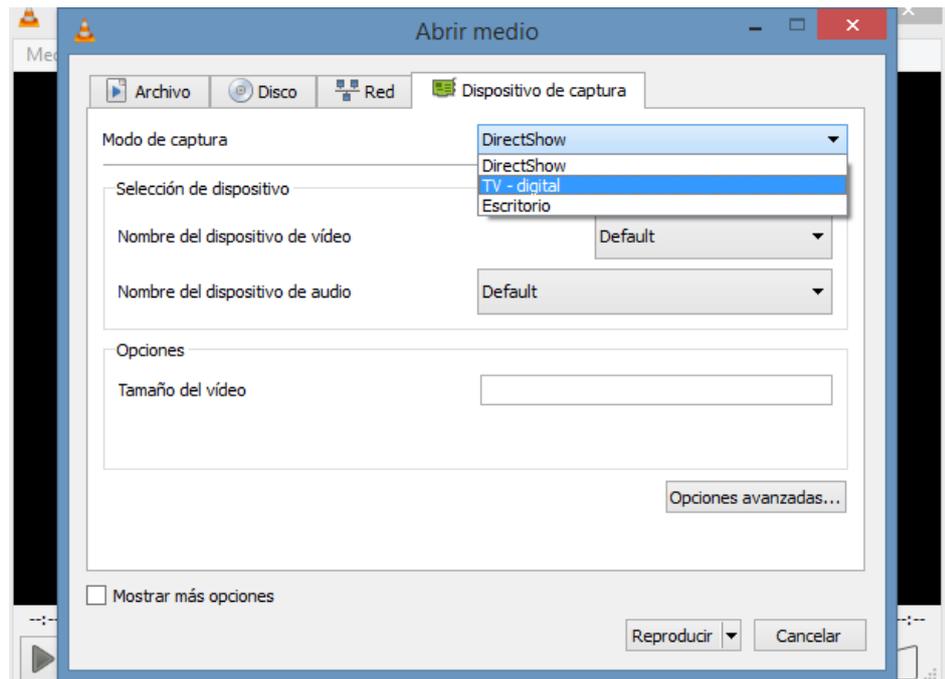
Se instala el VLC media player y se procede a verificar la instalación.

Una vez instalado el reproductor, se va a la opción “Medio” y se selecciona “Abrir dispositivo de captura”.



**Figura 45:** Abrir dispositivo de captura.

En modo captura se selecciona “TV - digital”.



**Figura 46:** Modo de captura: TV – digital.

Reproducción del video de RTS HD mediante VLC media player.



**Figura 47:** Reproducción de RTS HD con VLC media player.

Se guarda la reproducción de la frecuencia de RTS HD, donde se crea un archivo .xspf en el cual está la programación para abrir el canal mencionado.



**Figura 48:** Guardar reproducción de RTS HD.

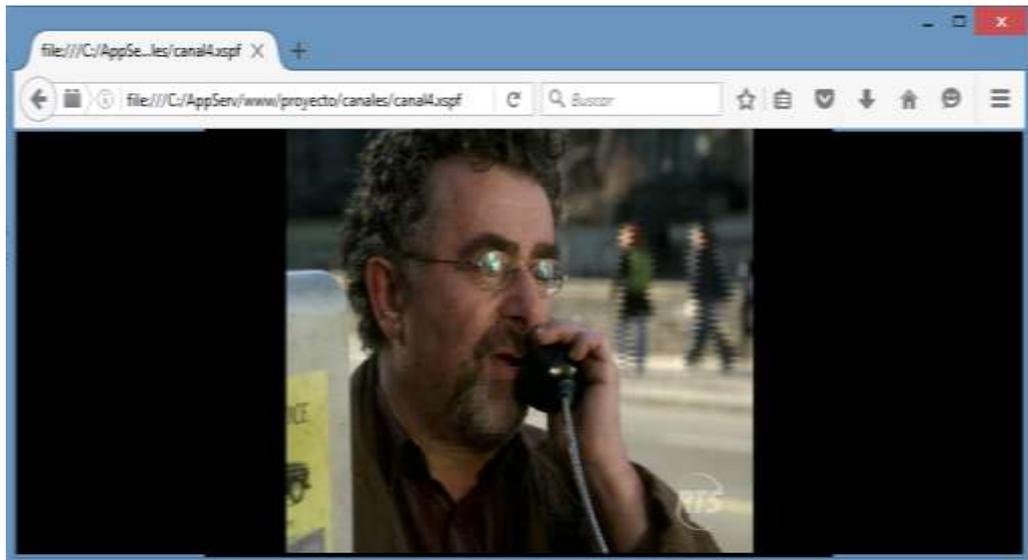
Al abrir el archivo .xspf se podrá ver la programación respectiva de RTS HD.



**Figura 49:** Programación de RTS HD en VLC media player.

A parte de poder sintonizar canales HD mediante VLC media player, este también permite hacer streaming, ya que tiene la capacidad de transmitir en red videos, películas e incluso la sintonización de televisión HD de dispositivos externos como el USB HDTV Stick.

Al haber guardado la reproducción de RTS HD, automáticamente se genera una dirección web con la cual se podrá visualizar TV HD del mismo canal en el navegador Mozilla Firefox. Se utiliza este navegador ya que el navegador Google Chrome no soporta el VLC plugin, el motivo es que por seguridad Chrome en su actualización número 42 dejó obsoletos algunos elementos entre ellos el VLC, por esa razón el plugin solo es aceptado en Mozilla Firefox.



**Figura 50:** Visualización de RTS HD en el navegador web Mozilla.

### Creación de un sitio web

Para poder crear un sitio web, se utilizó el programa Appserv para instalar un servidor local y así realizar las pruebas del sitio web de esta forma se podría ejecutar en una red local.

Descarga e instalación de Appserv.



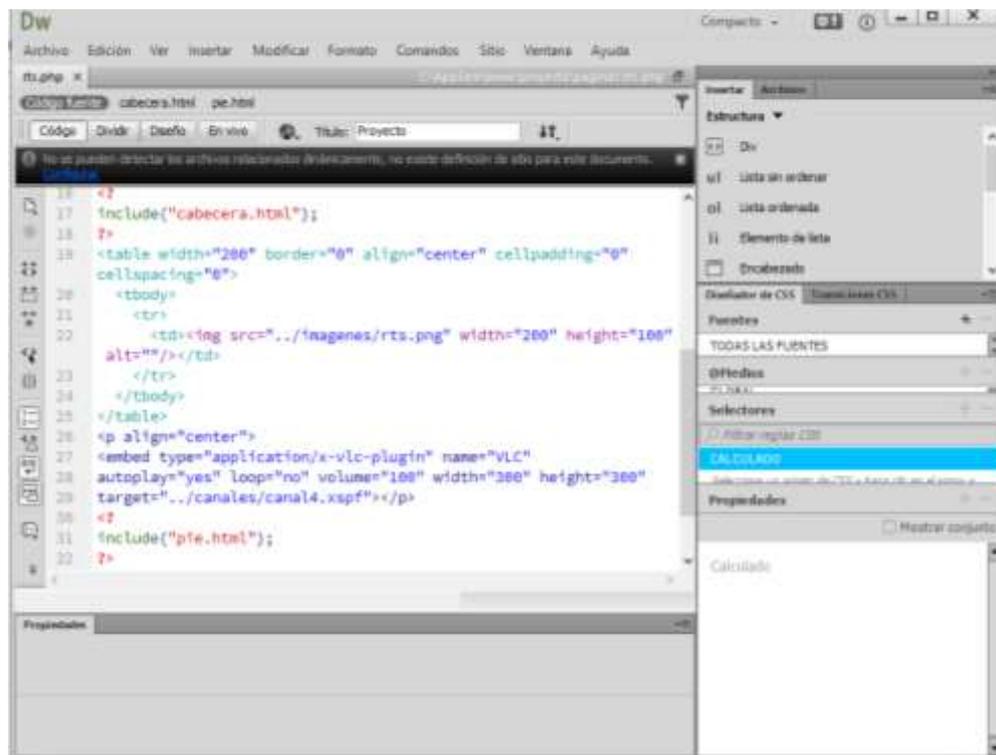
**Figura 51:** Instalación de Appserv.

Luego se procede a descargar e instalar el editor web Adobe Dreamweaver CC.

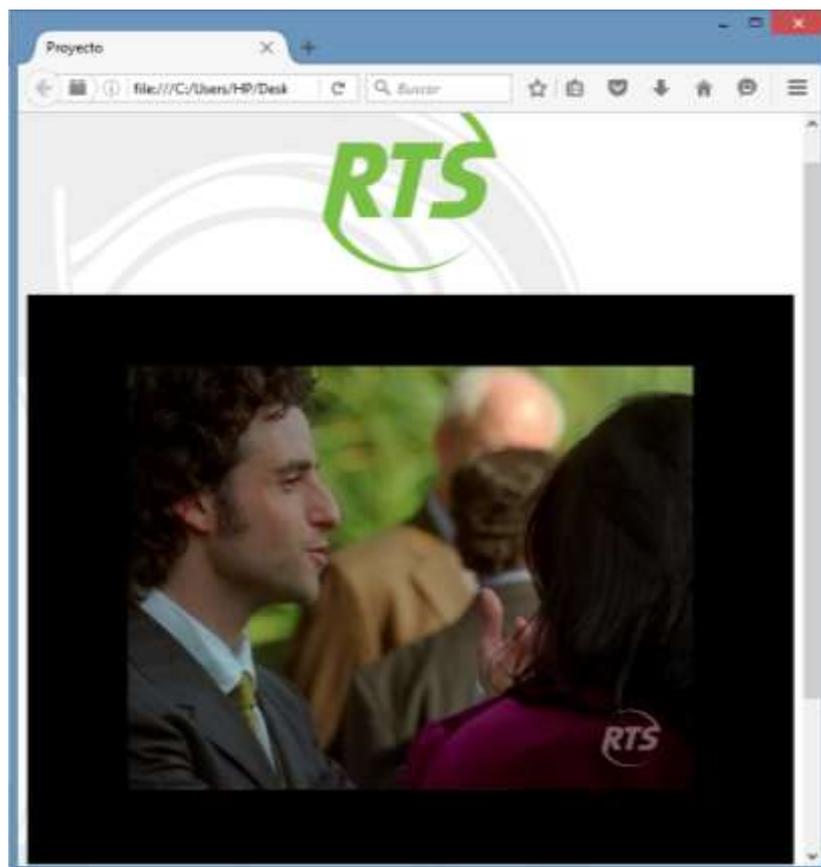


**Figura 52:** Instalación de Adobe Dreamweaver CC.

En el editor Dreamweaver CC, se programó una interfaz sencilla donde solo se ubica en una página web el logo del canal RTS y el video de la frecuencia en la que se transmite, dicho programa se lo creó como un archivo PHP.



**Figura 53:** Programación del interfaz del logo y video de RTS HD.



**Figura 54:** Interfaz del logo y video de RTS HD en una página web.

**Nota:** Cabe mencionar que para la presentación de resultados se utilizó como ejemplo la frecuencia de RTS HD, pero para la presentación del proyecto se realizó para cada una de las frecuencias de la Tabla 3., la búsqueda, el almacenamiento de cada una en un archivo .xspf y la programación en formato PHP de cada canal HD con interfaz sencilla como la de la figura 46.

Al tener ya como base las páginas web en formato PHP de cada canal HD, se diseñó una interfaz más amigable y llamativa con los respectivos detalles como el icono de la universidad, los integrantes del proyecto de titulación, el tutor e iconos de los canales, a su vez se enlazó con el VI de LabVIEW que se genera mediante Web Publishing Tool el cual permite crear un archivo HTML para el control del mismo desde otra máquina.

De tal forma que se creó una sola dirección para acceder al sitio web desde Mozilla Firefox, así realizar la ejecución del VI y el control de canales de TV HD, dicha dirección se puede digitar en la misma computadora portátil u otro ordenador siempre y cuando este en una red LAN ya sea con una dirección IP fija o mediante WIFI para así poder tener el control de ejecución del proyecto.

**Nota:** Para la ejecución del VI desde el sitio web ya sea como localhost o por red LAN, siempre debe de estar abierto el VI de LabVIEW del computador u ordenador que actúa como servidor y solamente puede ser controlado por un cliente a la vez. Si se ejecuta el VI por sitio web mediante red LAN es necesario tener instalado el driver del USB HDTV Stick y conectado el mismo al computador en el que se vaya a ejecutar, de lo contrario no se podría mostrar el video HD de cada uno de los canales.

```

1 <!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Draft//EN">
2 <HTML>
3 <HEAD>
4 <Script Language="JavaScript">
5 var userAgent = navigator.userAgent;
6 var versionOffset = userAgent.indexOf("Chrome");
7
8 if (versionOffset != -1)
9 {
10
11 var fullVersion = userAgent.substring(versionOffset+7);
12 var majorVersion = parseInt(''+fullVersion,10);
13 if (majorVersion >= 42)
14 {
15 var plugins = navigator.plugins;
16 var hasNIPlugin = false;
17 for (var i = 0; i < plugins.length; i++) {
18     if (plugins[i].name.indexOf("National Instruments") != -1) {
19         hasNIPlugin = true;
20     }
21 }
22 if (hasNIPlugin == false) {
23     document.write('<strong><em>NI has detected that your ' +
24         'browser might be blocking a plug-in. ' +
25         'Visit ni.com/info and enter the following ' +
26         'Info Code for more information: ' +
27         'BlockedPlugins</em></strong>');
28 }
29 }
30 function abrir(url) {
31 open(url, '', 'top=0, left=700, width=800, height=800');
32 }
33 </Script>
34 <TITLE>Proyecto de Titulación</TITLE>
35 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8">
36 <style type="text/css">
37 body {
38     background-image: url(imagenes/fondo.jpg);
39 }
40 </style>
41 </HEAD>
42 <BODY onload="javascript:resizeTo(800,800)" >
43 <table width="567" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
44 <tbody>
45 <tr>
46 <td width="1">&nbsp;</td>
47 <td colspan="2" style="text-align: center"></td>
48 </tr>
49 <tr>
50 <td colspan="3"><h3 style="text-align: center">PROYECTO DE TITULACIÓN</h3></td>
51 </tr>
52 <tr>
53 <td>&nbsp;</td>
54 <td colspan="2"><h4 align="center">INTEGRANTES:</h4></td>
55 </tr>
56 <tr>

```

Figura 55: Programación del sitio web.

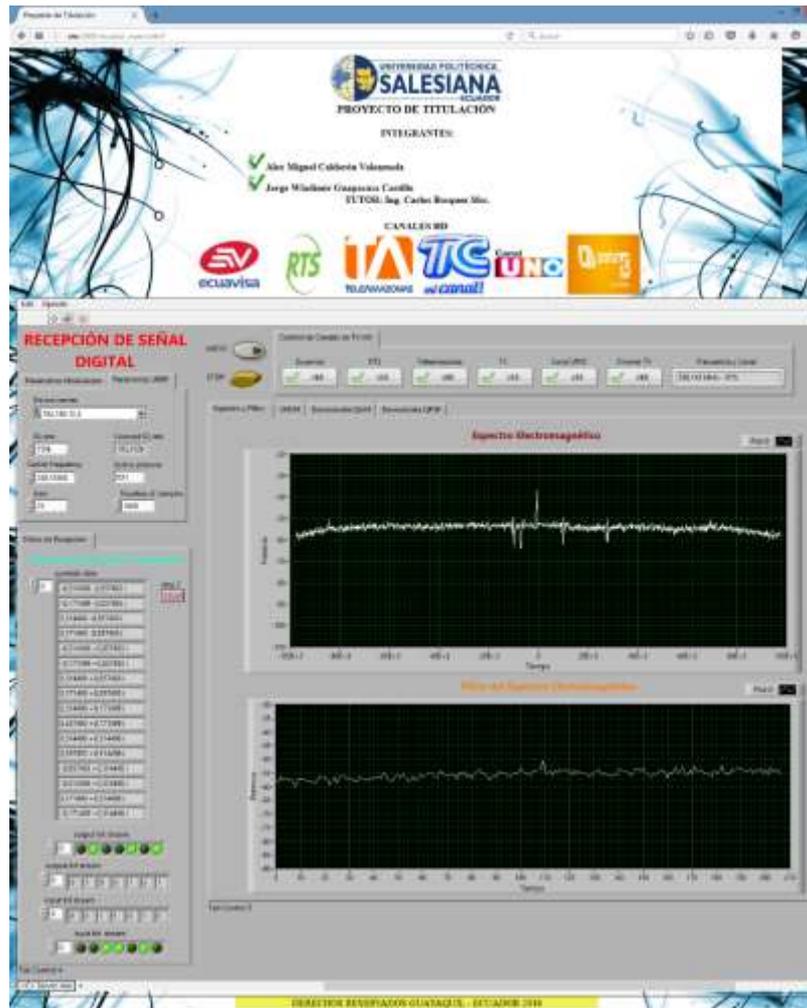


Figura 56: Sitio web pantalla principal.

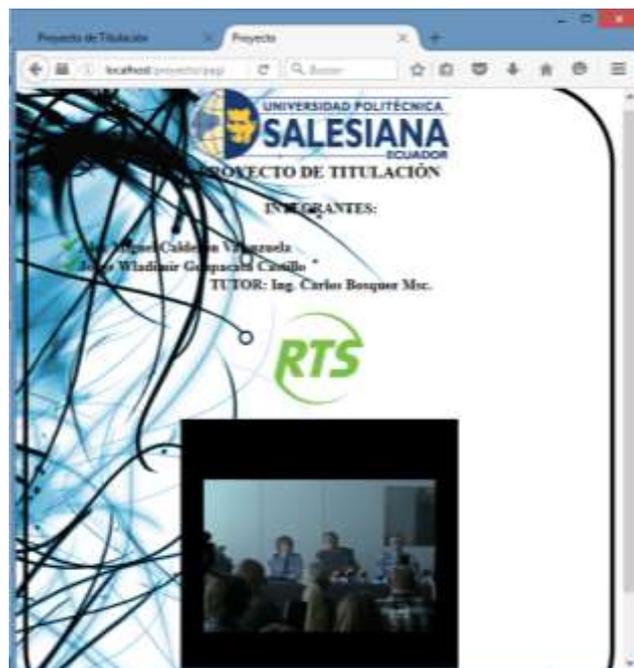
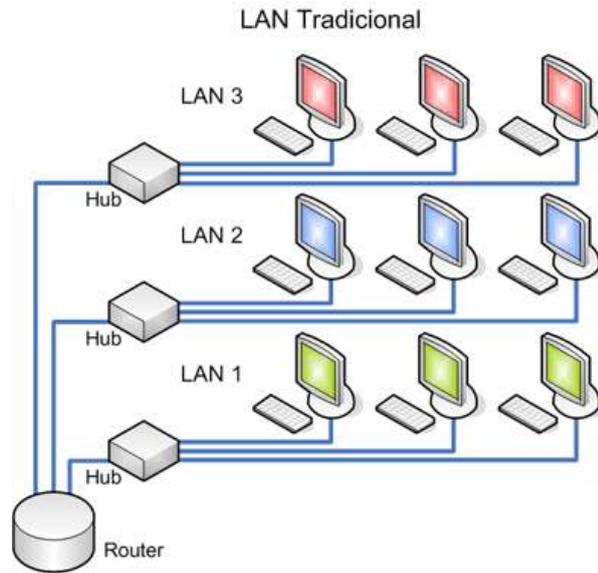


Figura 57: Sitio web video de RTS HD, mediante localhost.

Como se explicó anteriormente el video de los canales HD se puede también realizar mediante una red LAN, para esto se mostrará una arquitectura de una red LAN para mayor comprensión del mismo.



**Figura 58:** Arquitectura de una Red LAN. (Trujillo, 2012)



**Figura 59:** Router utilizado para la Red LAN.

```
C:\> Símbolo del sistema
Adaptador de túnel isatap.<EB6A6179-5C25-4CBB-97B3-A90FE9C92714>:
Estado de los medios. . . . . : medios desconectados
Sufijo DNS específico para la conexión. . :

C:\Users\HP>ping 192.168.0.100

Haciendo ping a 192.168.0.100 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.100: bytes=32 tiempo=5ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.100:
Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 3ms, Máximo = 5ms, Media = 3ms

C:\Users\HP>
```

**Figura 60:** Ping a la laptop Toshiba que actúa como cliente.

```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows [Versión 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Toshiba>ping 192.168.0.101

Haciendo ping a 192.168.0.101 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=818ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=6ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=338ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.101: bytes=32 tiempo=338ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.101:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 6ms, Máximo = 818ms, Media = 373ms

C:\Users\Toshiba>
```

**Figura 61:** Ping a la laptop HP que actúa como servidor.

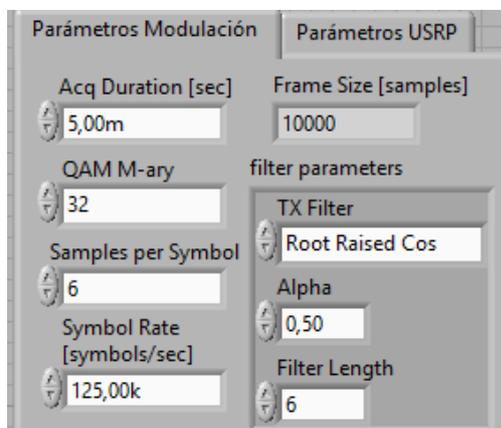


**Figura 62:** Control del VI desde la laptop Toshiba mediante Red LAN.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

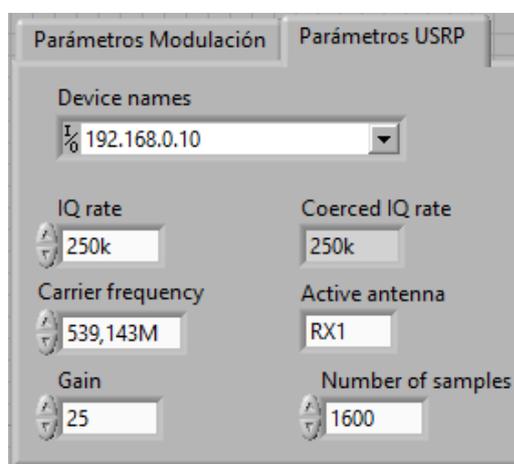
El procedimiento que se realizó en el proyecto técnico fue el siguiente:

Primero, se ingresan los parámetros para la modulación sobre el canal a analizar, con los cuales se obtendrán los valores y gráficas que determinan su nivel de calidad.



**Figura 63:** Campos de parámetros para la modulación QAM.

Luego, en parámetros del NI USRP se configura la dirección IP con la que trabaja el equipo, ya que si se ubica una dirección incorrecta el programa no se ejecutaría y emitiría un mensaje de que no se ha establecido una conexión. En el campo IQ rate se define el número de muestras que se desea obtener, carrier frequency se ubica automáticamente la frecuencia respectiva del canal que se seleccionó para analizarlo y en el campo active antenna se ubica el puerto donde se va a conectar la antena en el NI USRP.



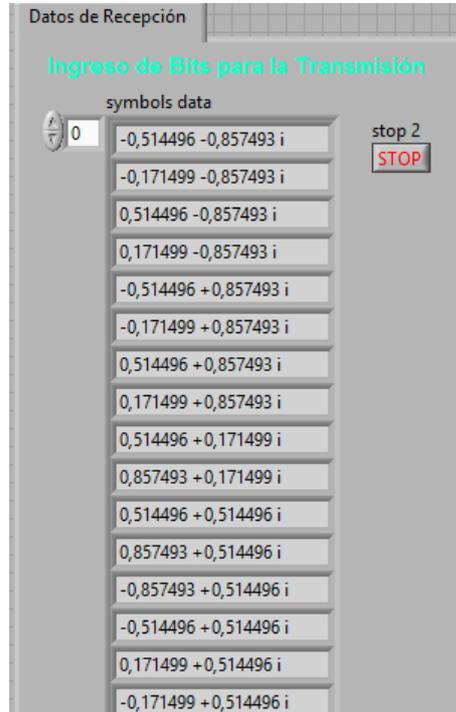
**Figura 64:** Campos de parámetros del NI USRP.

Después de ingresar los anteriores parámetros y poner a correr el programa sin ningún error, se selecciona el canal a analizar.

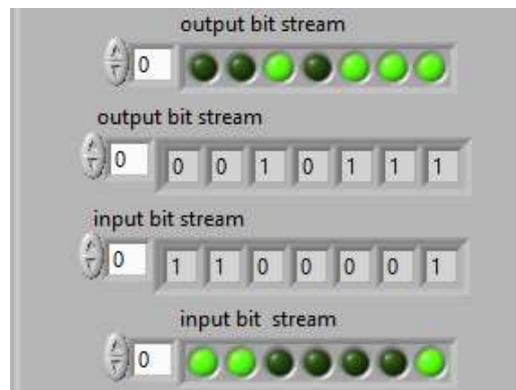


**Figura 65:** Selección de los canales con sus respectivas frecuencias.

Como resultado se obtiene el número de mapeos y el número de bits que fueron receptados realizando el proceso de prefijo cíclico, esto quiere decir que los espacios se los rellena con ceros; los cuales son removidos después de la sincronización.



**Figura 66:** Número de mapeos.

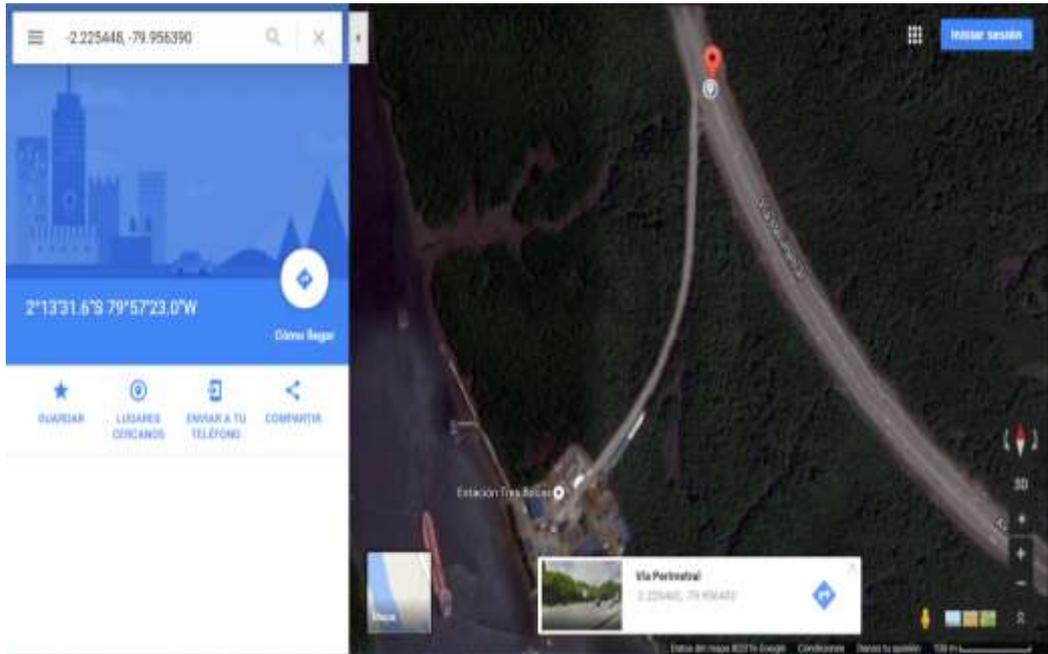


**Figura 67:** Bits receptados.

Para la presentación de los resultados, el proyecto técnico se sometió a 6 pruebas de recepción de la señal ISDB-Tb las cuales arrojaron diferentes resultados de acuerdo al canal que se analiza y al sector en que se encuentra el equipo receptor.

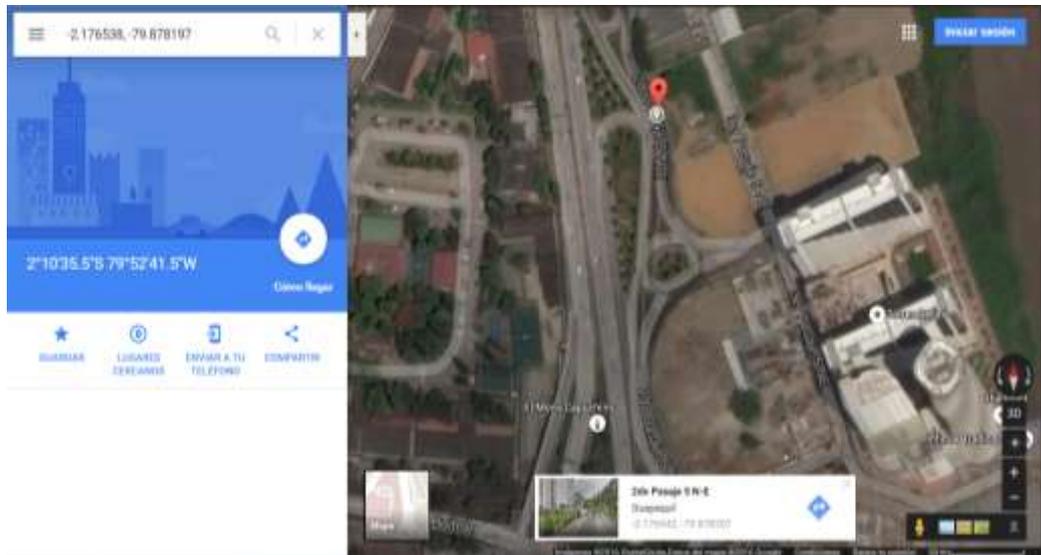
Estas pruebas se realizaron en:

- Sector la Perimetral frente a PETROECUADOR, para captar la potencia recibida que transmiten los canales de televisión HD.



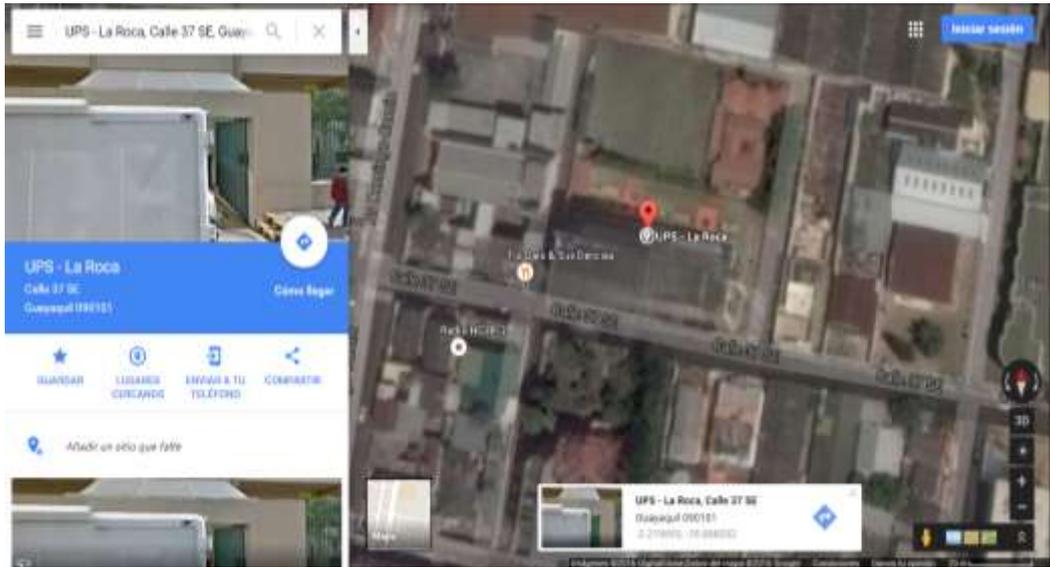
**Figura 68:** Coordenadas de la Perimetral. (Google Maps, s.f.)

- Sector Puerto Santa Ana frente al Hospital Psiquiátrico Lorenzo Ponce, para captar la potencia recibida en que transmiten los canales de televisión HD.



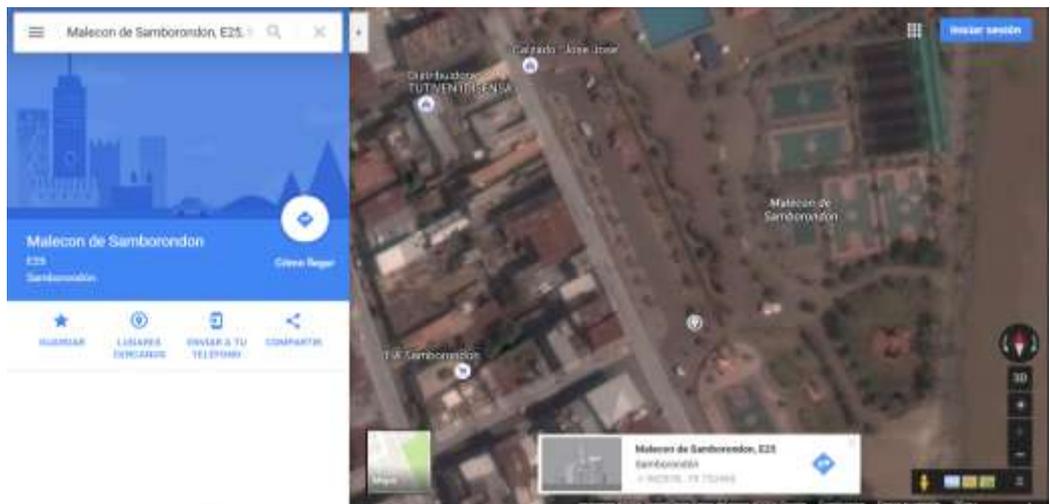
**Figura 69:** Coordenadas del Puerto Santa Ana. (Google Maps, s.f.)

- Sector Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, para captar la potencia recibida en que se transmiten los canales de televisión HD.



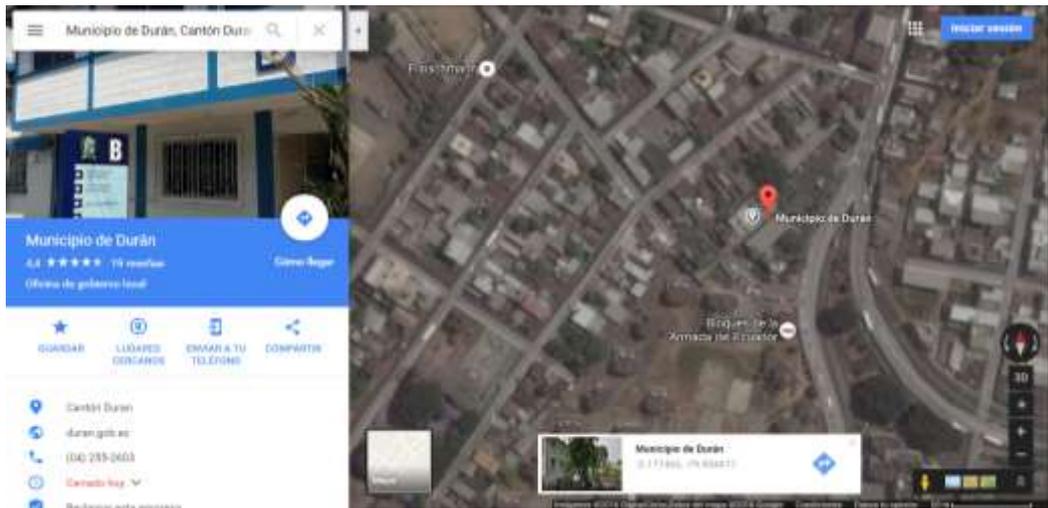
**Figura 70:** Coordenadas de la UPS sede Guayaquil. (Google Maps, s.f.)

- Sector Samborondón, para captar la potencia recibida en que se transmiten los canales de televisión HD.



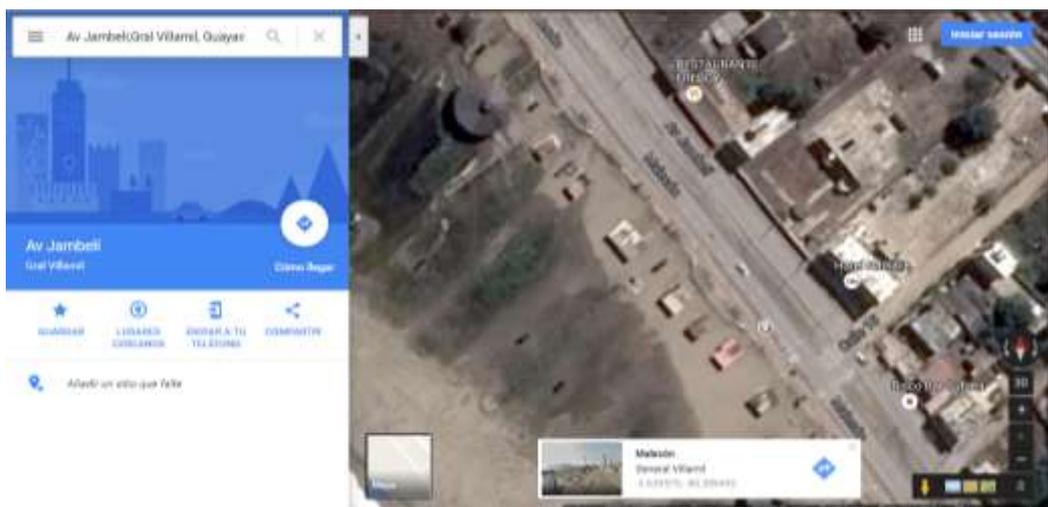
**Figura 71:** Coordenadas de Samborondón. (Google Maps, s.f.)

➤ Sector Durán, para captar la potencia recibida en que se transmiten los canales de televisión HD.



**Figura 72:** Coordenadas de Durán. (*Google Maps, s.f.*)

➤ Sector General Villamil Playas, para captar la potencia recibida en que se transmiten los canales de televisión HD.



**Figura 73:** Coordenadas de General Villamil Playas. (*Google Maps, s.f.*)

## Pruebas Sector la Perimetral

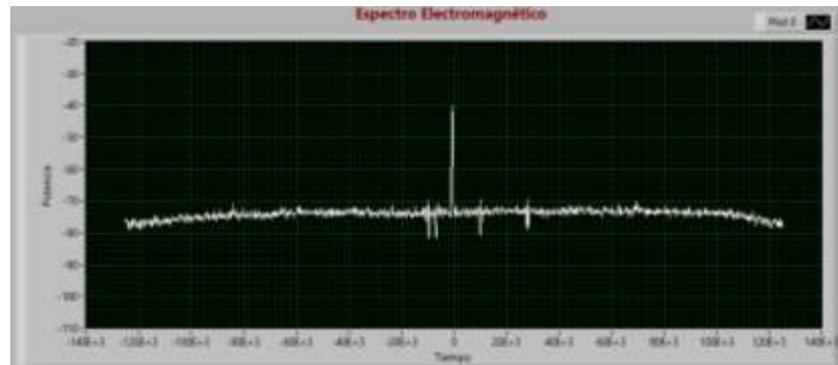
Prueba en el Sector la Perimetral frente a PETROECUADOR, para la recepción de la señal en este sector, se utilizó el equipo NI USRP-2920 y la antena yagi UHF, para captar la potencia y espectro electromagnético que emiten los canales de televisión.



**Figura 74:** Sector la Perimetral.

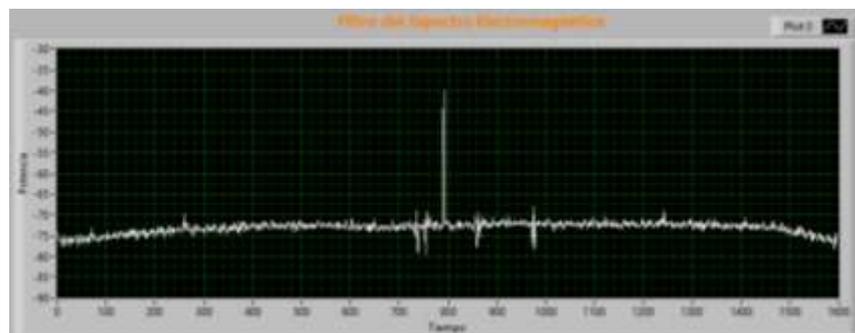
### RTS-Perimetral

Parámetro búsqueda de picos del espectro electromagnético de la señal ISDB-Tb de RTS.



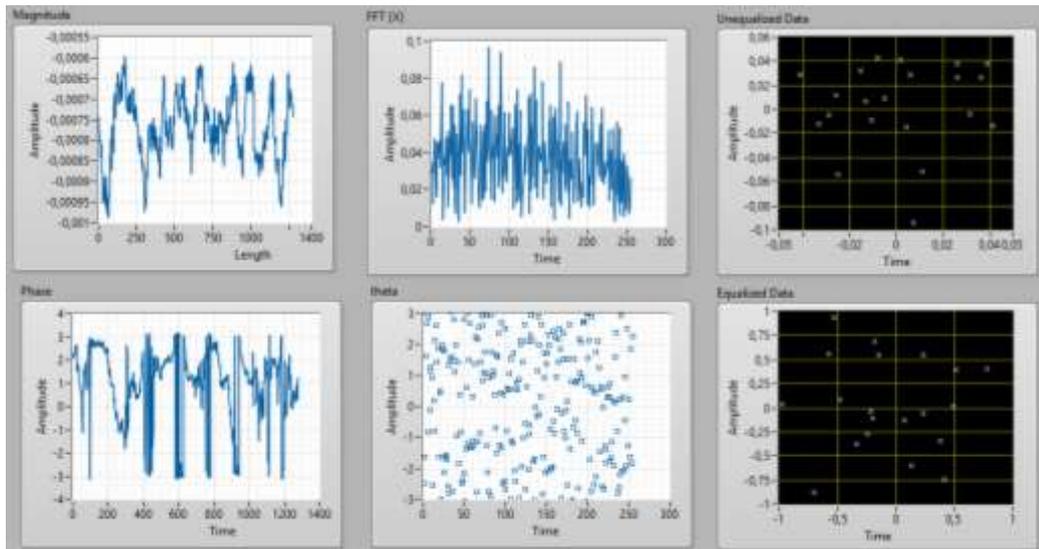
**Figura 75:** Espectro Electromagnético de RTS HD, Perimetral.

Filtro del espectro electromagnético de la señal de RTS.



**Figura 76:** Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Perimetral.

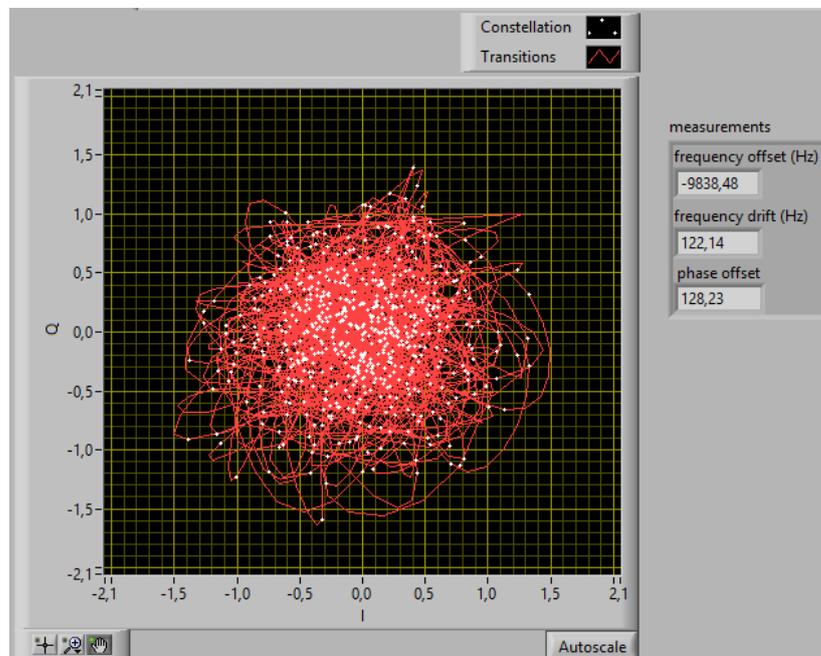
En el análisis OFDM se obtienen las gráficas de magnitud, fase, transformada de fourier la cual lleva la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.



**Figura 77:** Gráficas OFDM de RTS HD, Perimetral.

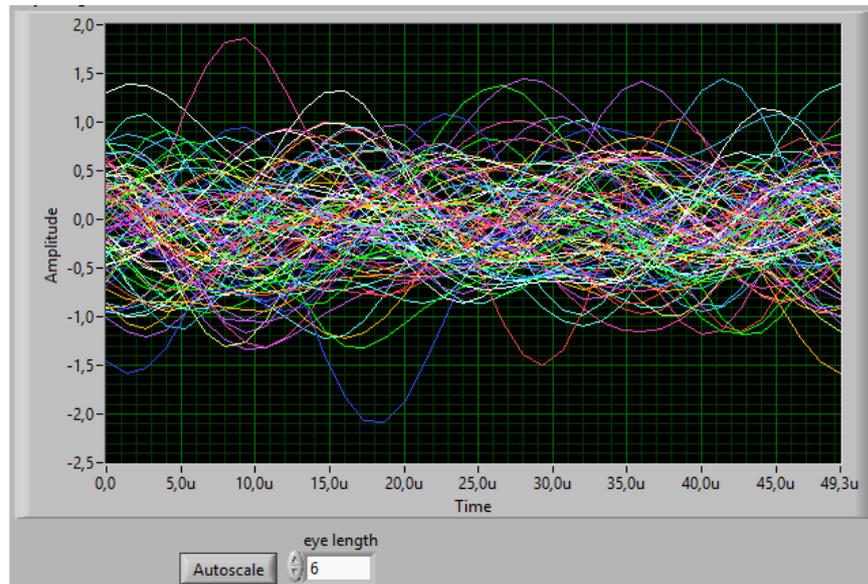
En la Demodulación QAM, se obtiene el diagrama de constelación, la cual presenta el número de muestras ingresadas, el diagrama de ojo.

El diagrama de constelación tiene como base principal los ejes en el plano I (fase) y Q (cuadratura), donde el ruido y las interferencias hacen que este demodulador no reciba correctamente los datos, en la imagen se puede apreciar como las esquinas del diagrama se mueven hacia el centro del plano debido a la atenuación que tenemos en el sitio de prueba.



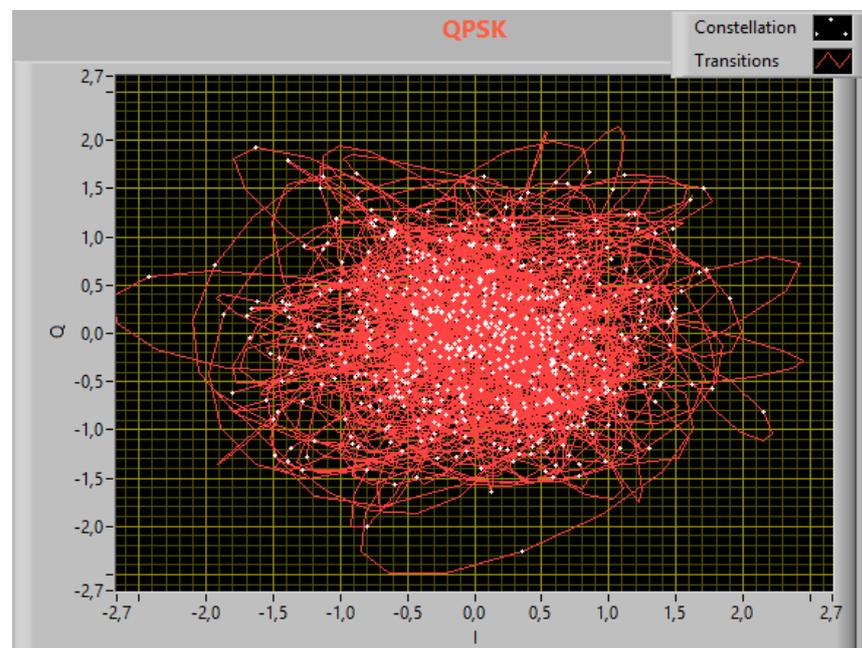
**Figura 78:** Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Perimetral.

En esta imagen no se puede observar muy bien la portadora (sinusoidal roja), debido a que genera mayor interferencia por los arbustos que se encuentran alrededor del sitio de prueba.



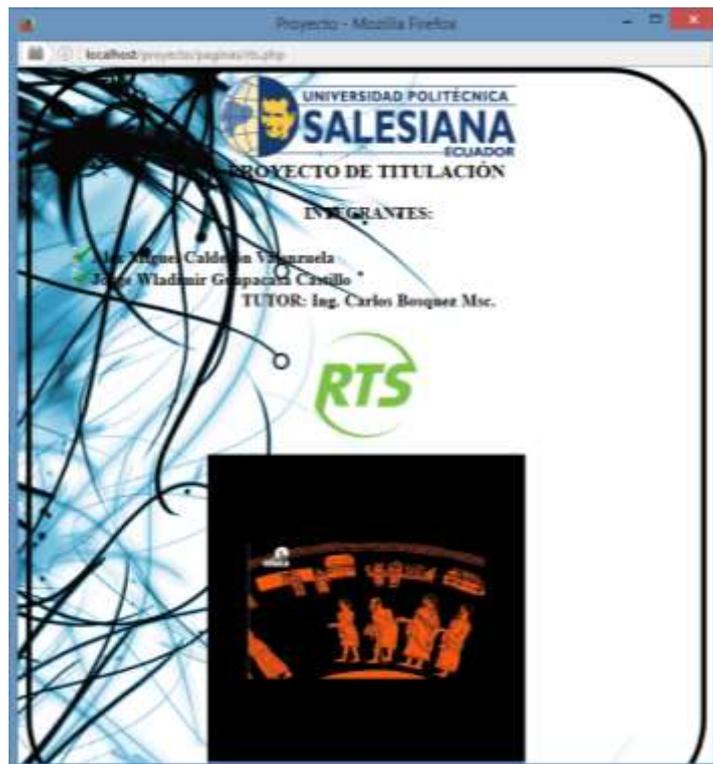
**Figura 79:** Diagrama de Ojo de RTS HD, Perimetral.

A pesar de QPSK es inmune al ruido ya que transmite 2 bits por símbolo, la distancia y la zona con arbustos del sector de prueba, no permiten que la señal sea captada con mayor eficiencia por lo tanto va a existir pérdidas que afecten a la recepción de la señal.



**Figura 80:** Diagrama de Constelación QPSK de RTS HD, Perimetral.

Visualización en un sitio web del video de la señal TDT de RTS.



**Figura 81:** Video de RTS HD, Perimetral.

### **Pruebas Sector Puerto Santa Ana**

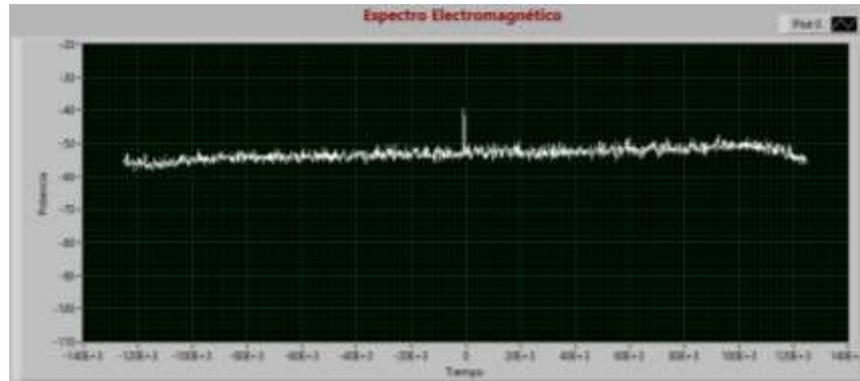
Prueba en el Sector Puerto Santa Ana frente al Hospital Psiquiátrico Lorenzo Ponce, para la recepción de la señal en este sector, se utilizó el equipo NI USRP-2920 y la antena yagi UHF, para captar la potencia y espectro electromagnético que emiten los canales de televisión.



**Figura 82:** Sector Puerto Santa Ana.

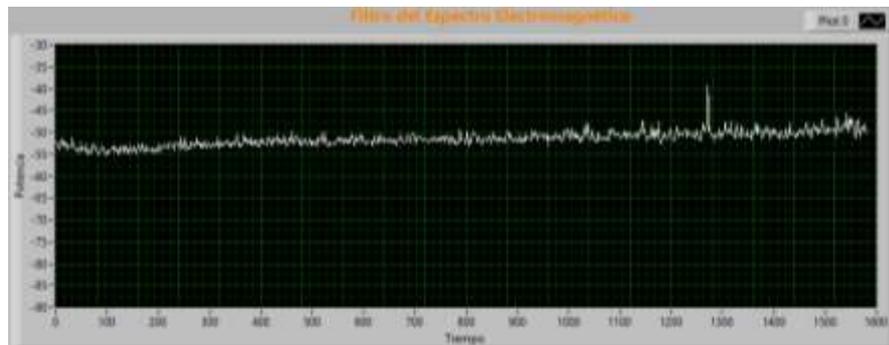
## RTS-Puerto Santa Ana

Parámetro peak del espectro electromagnético de la señal ISDB-Tb de RTS.



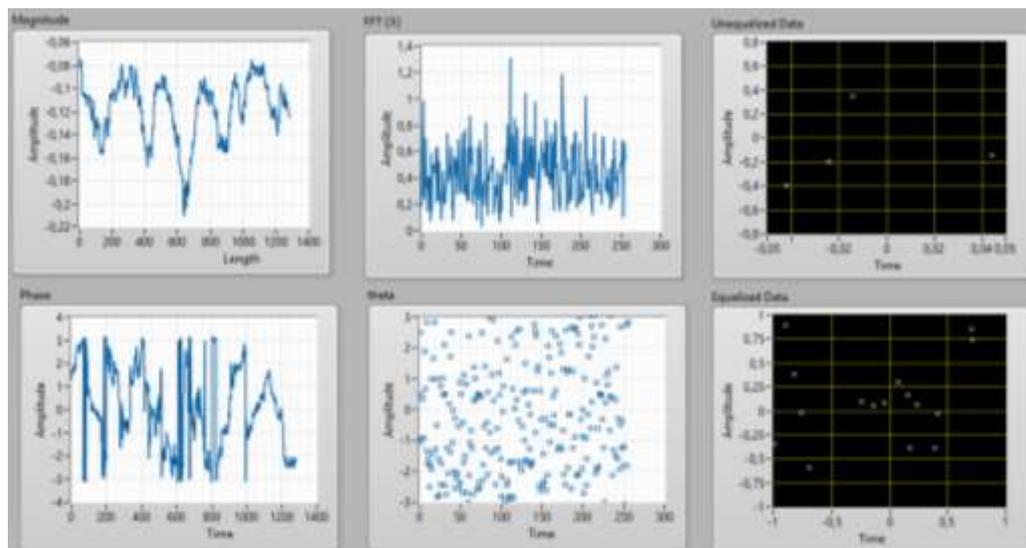
**Figura 83:** Espectro Electromagnético de RTS HD, Puerto Santa Ana.

Filtro del espectro electromagnético de la señal de RTS.



**Figura 84:** Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Puerto Santa Ana.

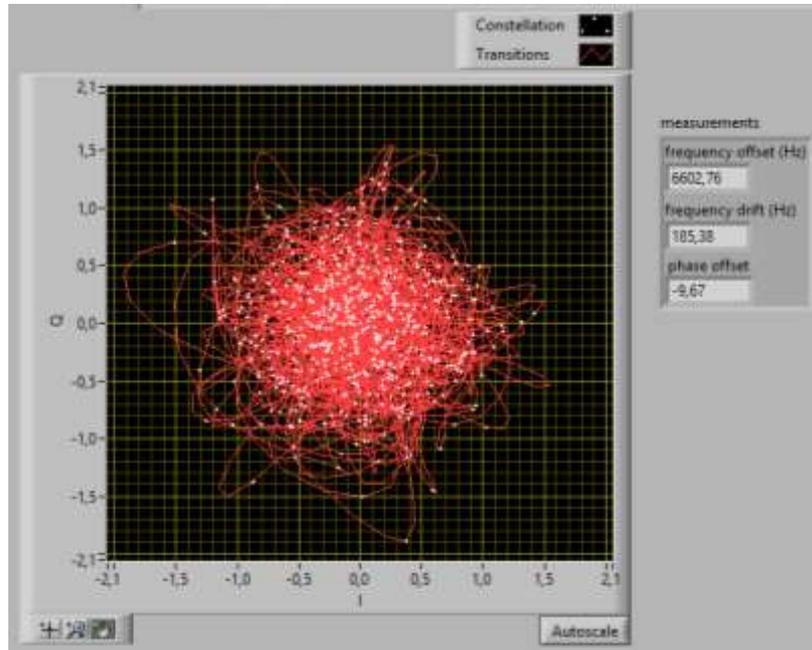
En el análisis OFDM se obtienen las gráficas de magnitud, fase, transformada de fourier la cual lleva la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.



**Figura 85:** Gráficas OFDM de RTS HD, Puerto Santa Ana.

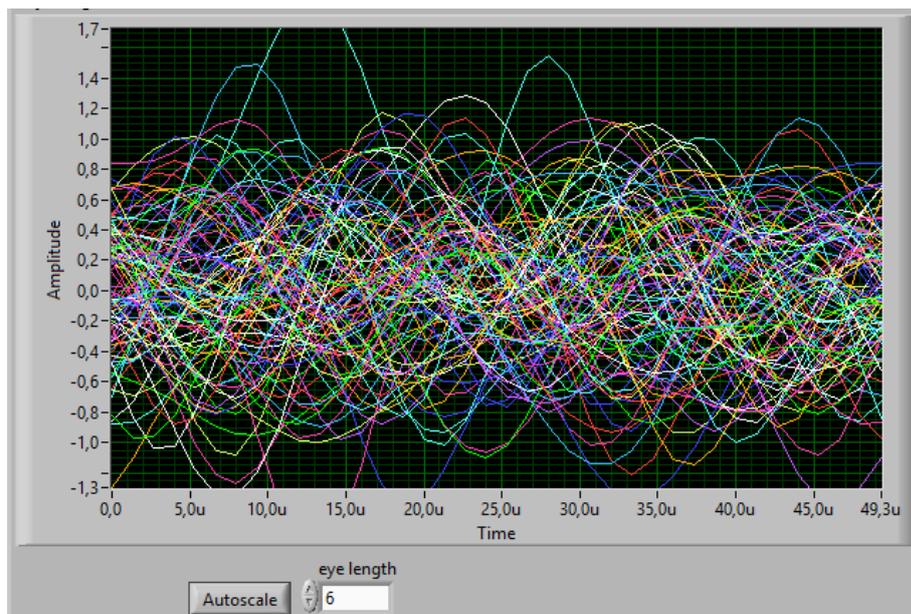
En la Demodulación QAM, se obtiene el diagrama de constelación, la cual presenta el número de muestras ingresadas, el diagrama de ojo.

En la imagen se puede apreciar que existe interferencia de frecuencias debido que en este lugar hay otro tipo de antenas transmisoras con diferentes o iguales frecuencias, lo que hace disminuir la potencia de recepción de la señal.



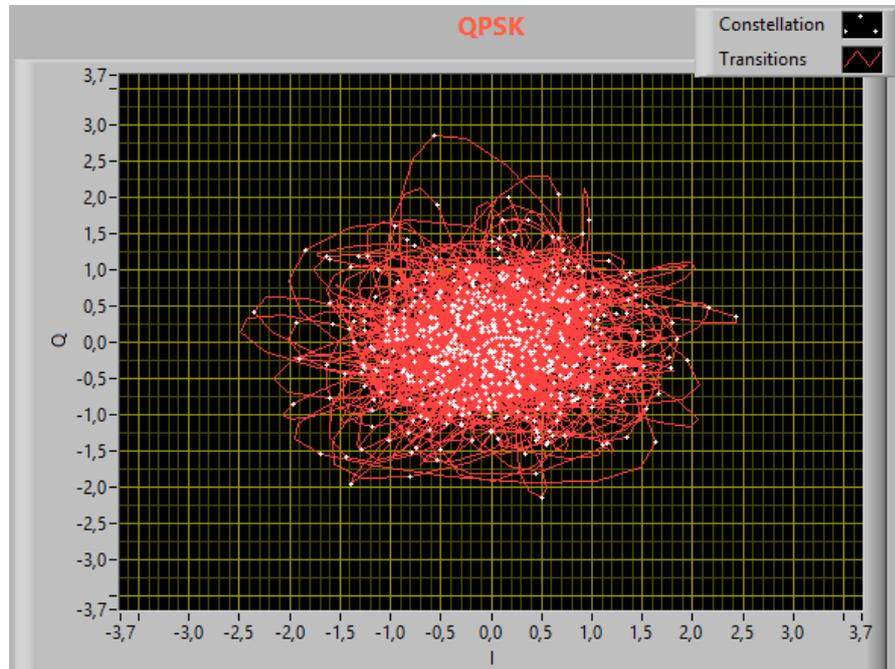
**Figura 86:** Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Puerto Santa Ana.

En esta imagen se puede apreciar la portadora (sinusoidal verde) de mejor forma, ya que la potencia de recepción va a ser óptima porque se encuentra más cerca de la antenas transmisoras.



**Figura 87:** Diagrama de ojo de RTS HD, Puerto Santa Ana.

Una de las ventajas de la modulación QPSK es que las antenas transmisoras emiten 2 bits al mismo tiempo, propagando el doble de eficiencia en el ancho de banda para mejorar la recepción de la señal HD; como se puede apreciar en la figura debido a que la antenna receptora se encontraba cerca de las antenas transmisoras, no se percibe el ruido a pesar de estar contiguo a otras estaciones de emisión.



**Figura 88:** Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Puerto Santa Ana.

Visualización en un sitio web del video de la señal TDT de RTS.



**Figura 89:** Video de RTS HD, Puerto Santa Ana.

## Pruebas Sector Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil

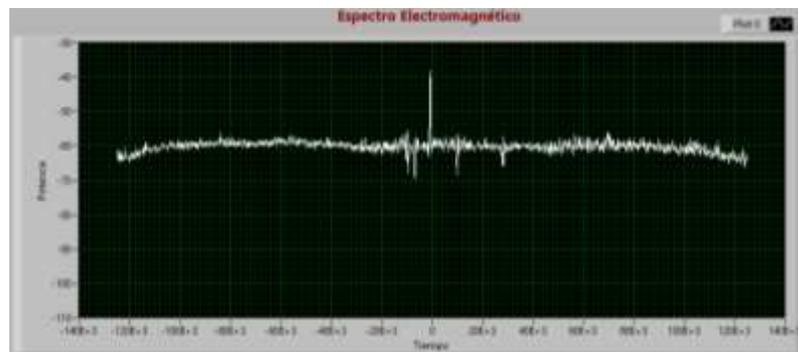
Prueba en el Sector Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, para la recepción de la señal en este sector, se utilizó el equipo NI USRP-2920 y la antena yagi UHF, para captar la potencia y espectro electromagnético que emiten los canales de televisión.



**Figura 90:** Sector Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

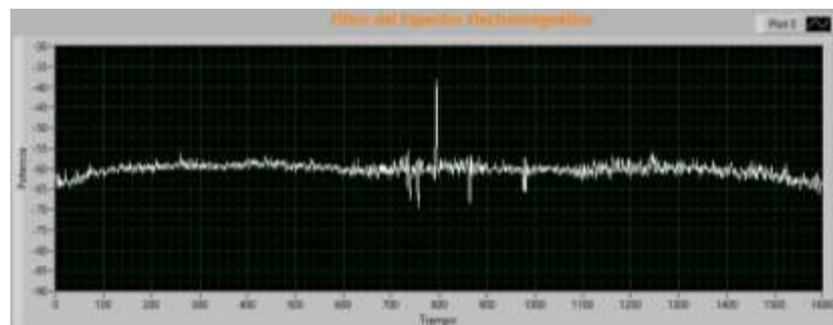
### RTS-UPS sede Guayaquil

Parámetro búsqueda de picos del espectro electromagnético de la señal ISDB-Tb de RTS.



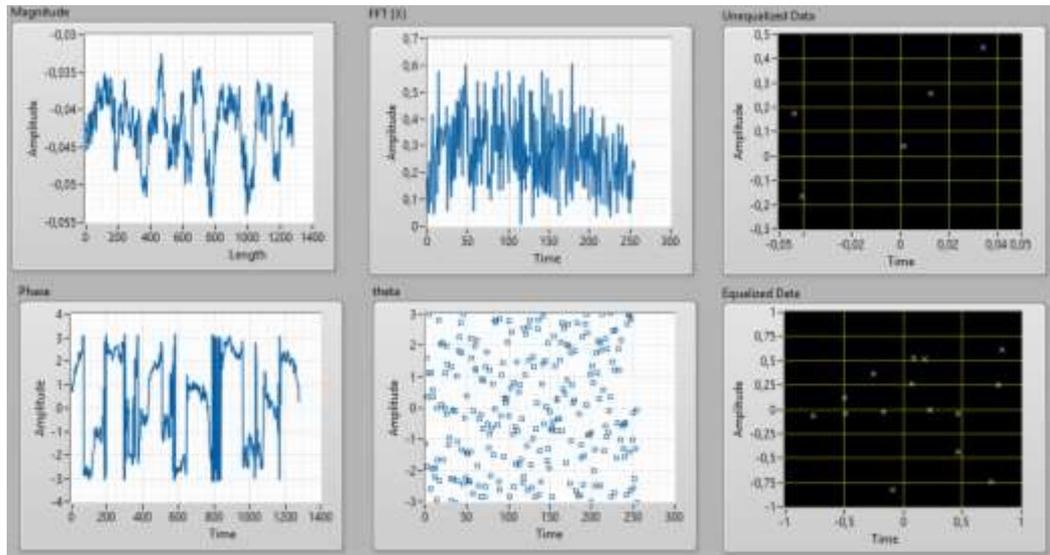
**Figura 91:** Espectro electromagnético de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

Filtro del espectro electromagnético de la señal de RTS.



**Figura 92:** Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

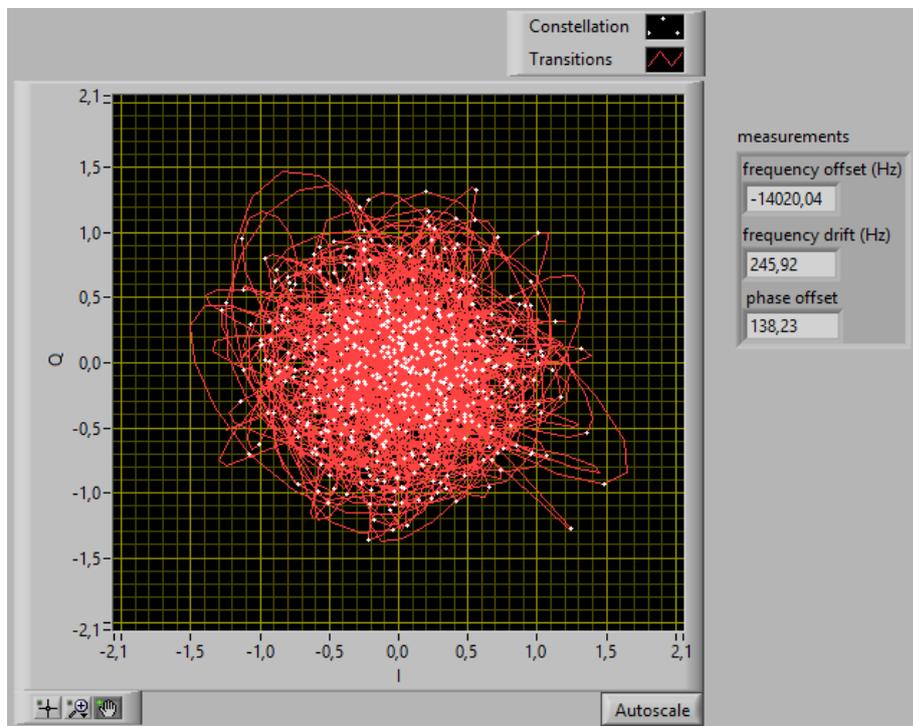
En el análisis OFDM se obtienen las gráficas de magnitud, fase, transformada de fourier la cual lleva la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.



**Figura 93:** Gráficas OFDM de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

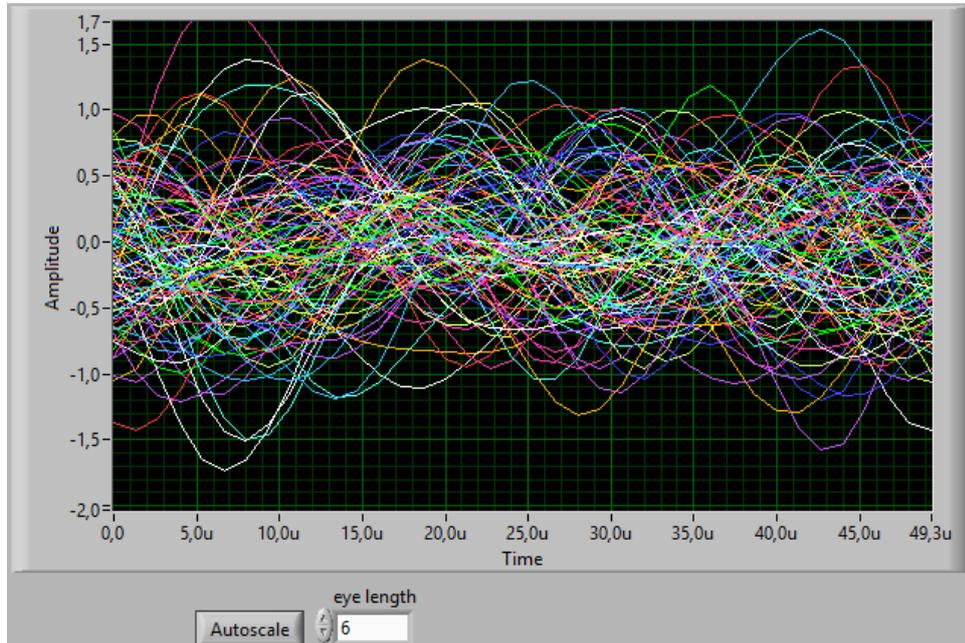
En la Demodulación QAM, se obtiene el diagrama de constelación, la cual presenta el número de muestras ingresadas, el diagrama de ojo.

En la imagen se puede apreciar que existe un ruido gaussiano ya que los puntos de la constelación se encuentran difusos debido al sitio de prueba.



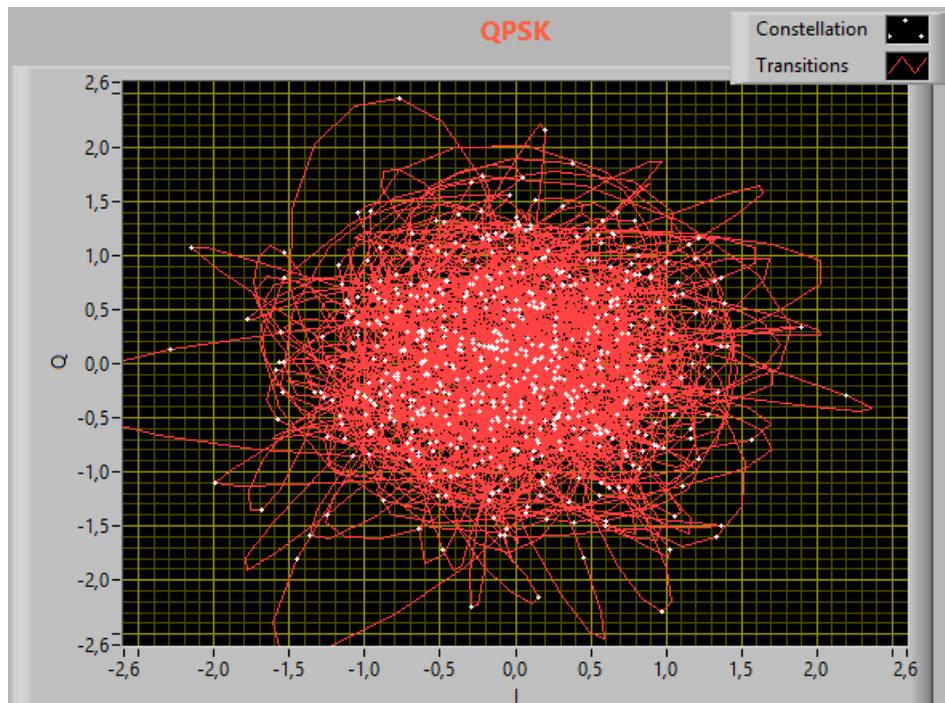
**Figura 94:** Diagrama de constelación QAM de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

En esta imagen se puede apreciar la portadora (sinusoidal fucsia) con las subportadoras en sincronización, debido al efecto doppler se generan ondas en multitrayectorias.



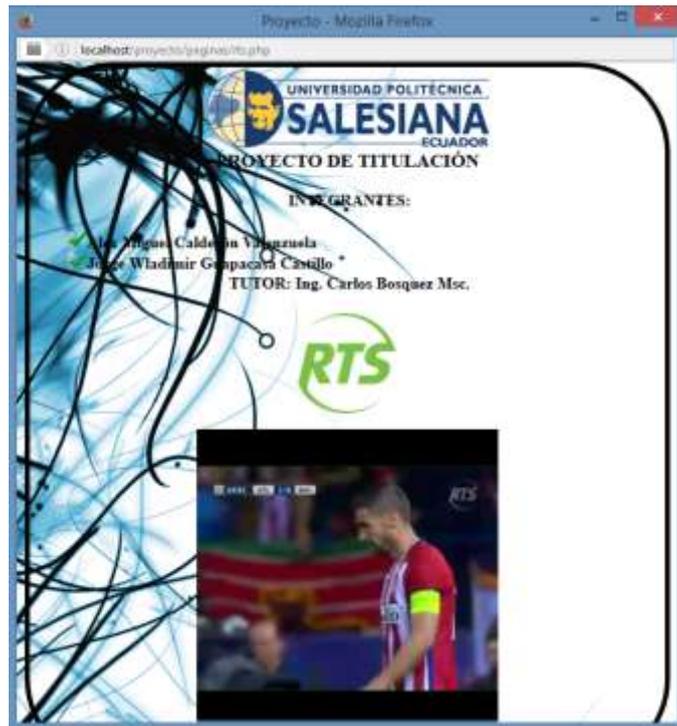
**Figura 95:** Diagrama de ojo de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

En la figura de la constelación QPSK se puede observar que es más visible el ruido en este sector debido a la dispersión de la señal y los multitrayectos que no van a permitir que llegue la máxima potencia de dicha señal.



**Figura 96:** Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

Visualización en un sitio web del video de la señal TDT de RTS.



**Figura 97:** Video de RTS HD, UPS sede Guayaquil.

### Pruebas Sector Samborondón

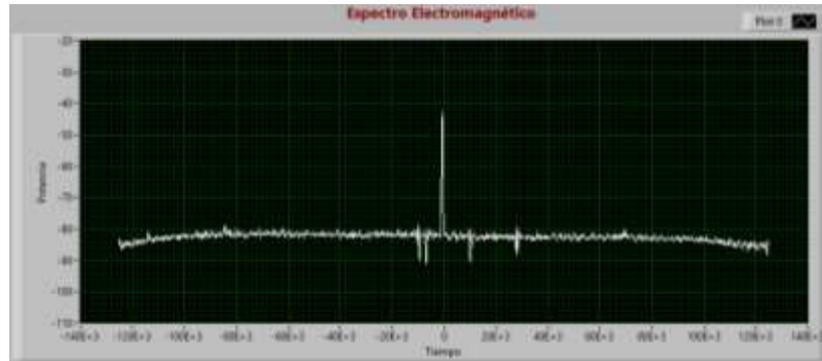
Prueba en el Sector Samborondón, para la recepción de la señal en este sector, se utilizó el equipo NI USRP-2920 y la antena yagi UHF, para captar la potencia y espectro electromagnético que emiten los canales de televisión.



**Figura 98:** Sector Samborondón.

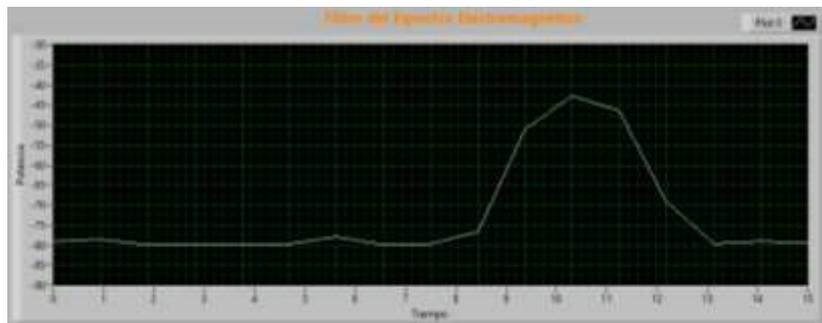
## RTS-Samborondón

Parámetro búsqueda de picos del espectro electromagnético de la señal ISDB-Tb de RTS.



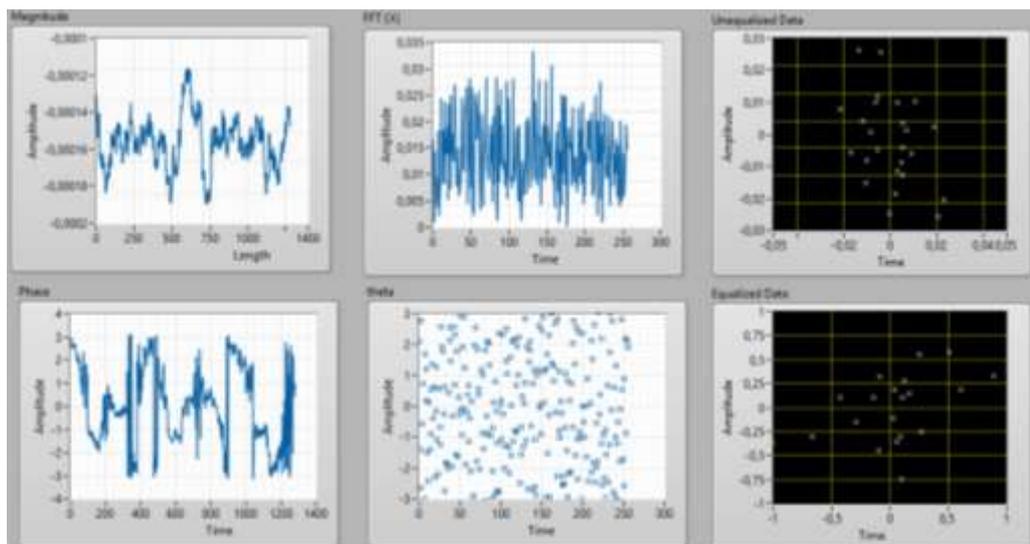
**Figura 99:** Espectro electromagnético de RTS HD, Samborondón.

Filtro del espectro electromagnético de la señal de RTS.



**Figura 100:** Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Samborondón.

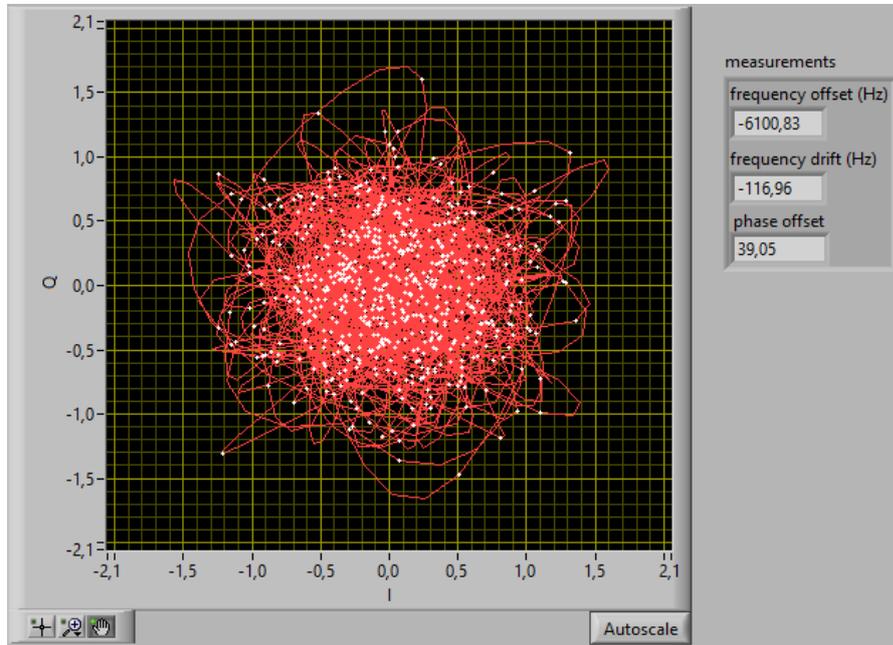
En el análisis OFDM se obtienen las gráficas de magnitud, fase, transformada de fourier la cual lleva la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.



**Figura 101:** Gráficas OFDM de RTS HD, Samborondón.

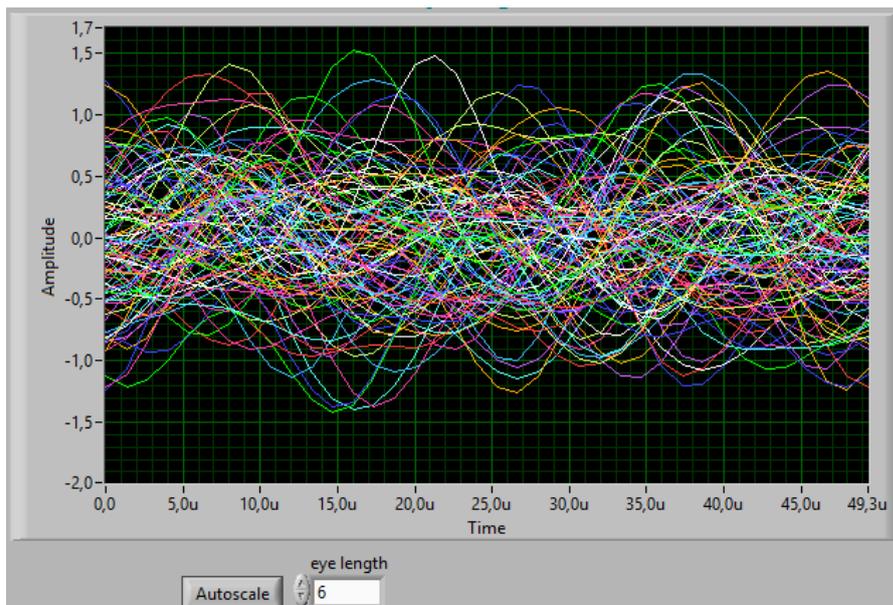
En la Demodulación QAM, se obtiene el diagrama de constelación, la cual presenta el número de muestras ingresadas, el diagrama de ojo.

En la imagen se puede apreciar que en las constelaciones existe ruido porque los puntos del diagrama se encuentran unidos, por lo que se trata de buscar constelaciones que se encuentren separadas entre ellos.



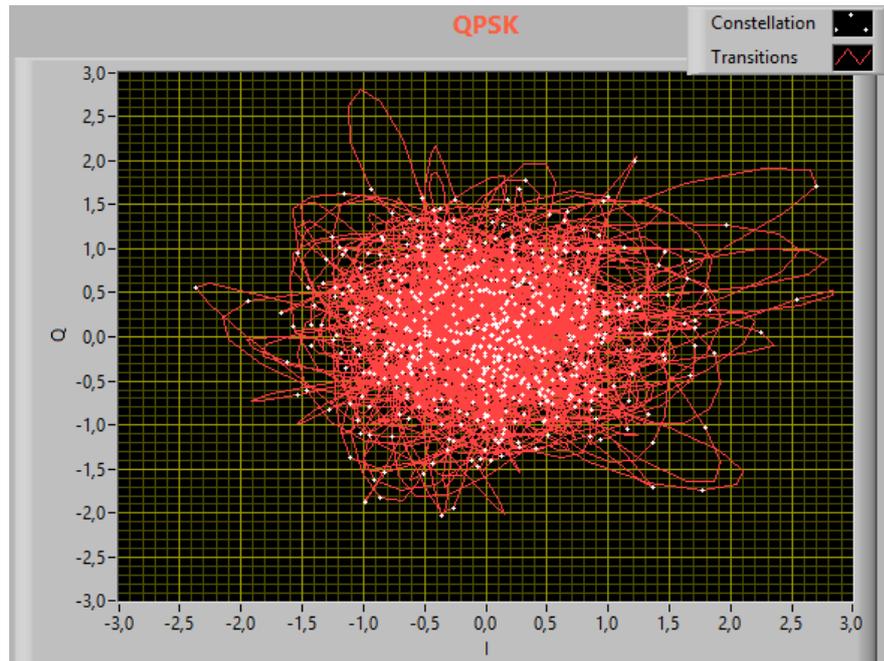
**Figura 102:** Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Samborondón.

En esta imagen se puede observar las sinusoidales desfasadas entre sí, entre ellas está la portadora que es la onda más elevada, pero debido a la ubicación de prueba no es muy buena la recepción de la señal de datos a pesar de que es constante no es lo suficiente para que sea una recepción aceptable.



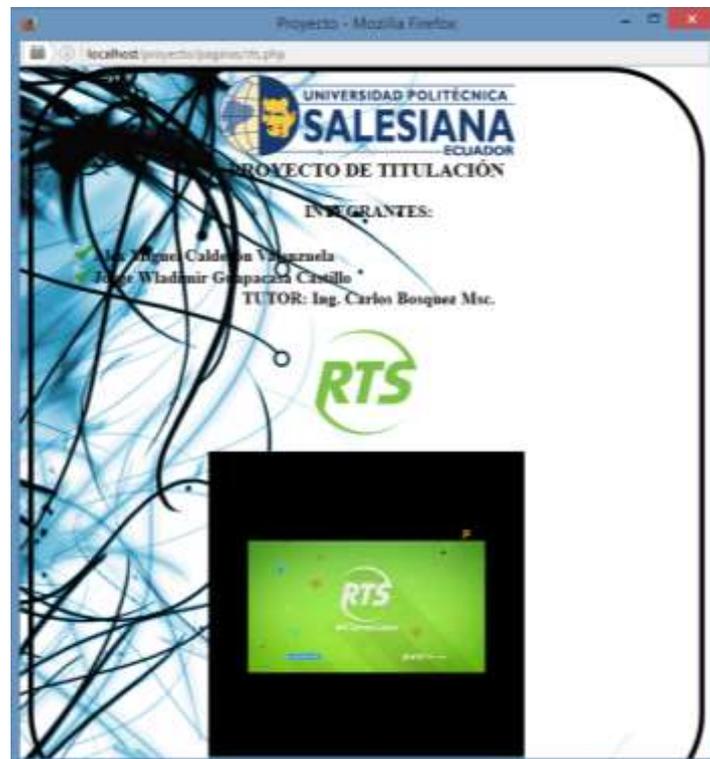
**Figura 103:** Diagrama de ojo de RTS HD, Samborondón.

En esta figura se puede percibir la cantidad de ruido que va a afectar al video, ya que se lo visualizara de forma pausada y no de manera continua como seria lo óptimo.



**Figura 104:** Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Samborondón.

Visualización en un sitio web del video de la señal TDT de RTS.



**Figura 105:** Video de RTS HD, Samborondón.

## Pruebas Sector Durán

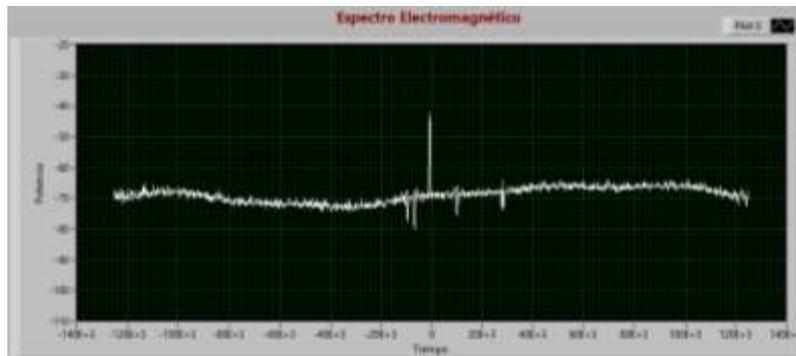
Prueba en el Sector Durán, para la recepción de la señal en este sector, se utilizó el equipo NI USRP-2920 y la antena yagi UHF, para captar la potencia y espectro electromagnético que emiten los canales de televisión.



**Figura 106:** Sector Durán.

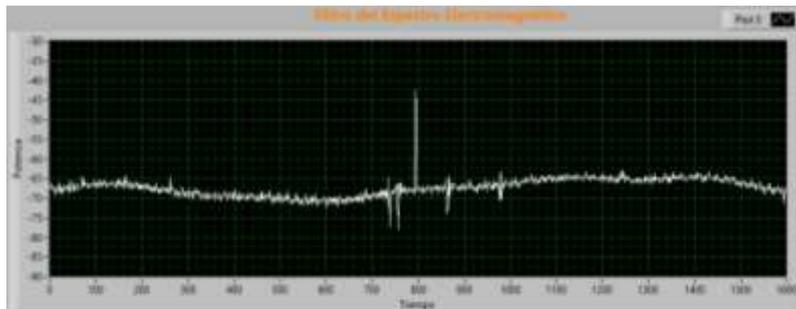
## RTS-Durán

Parámetro búsqueda de picos del espectro electromagnético de la señal ISDB-Tb de RTS.



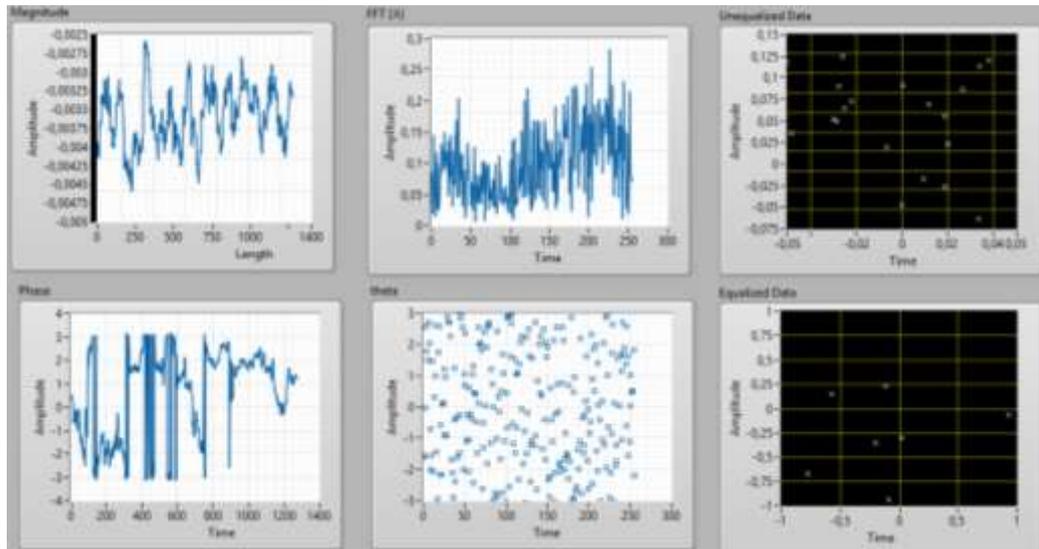
**Figura 107:** Espectro electromagnético de RTS HD, Durán.

Filtro del espectro electromagnético de la señal de RTS.



**Figura 108:** Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Durán.

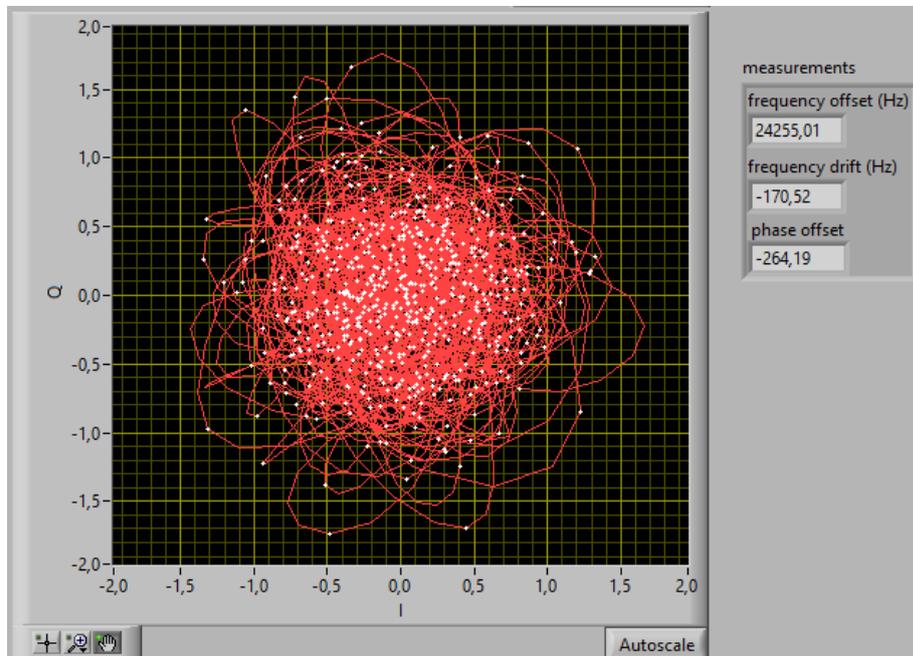
En el análisis OFDM se obtienen las gráficas de magnitud, fase, transformada de fourier la cual lleva la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.



**Figura 109:** Gráficas OFDM de RTS HD, Durán.

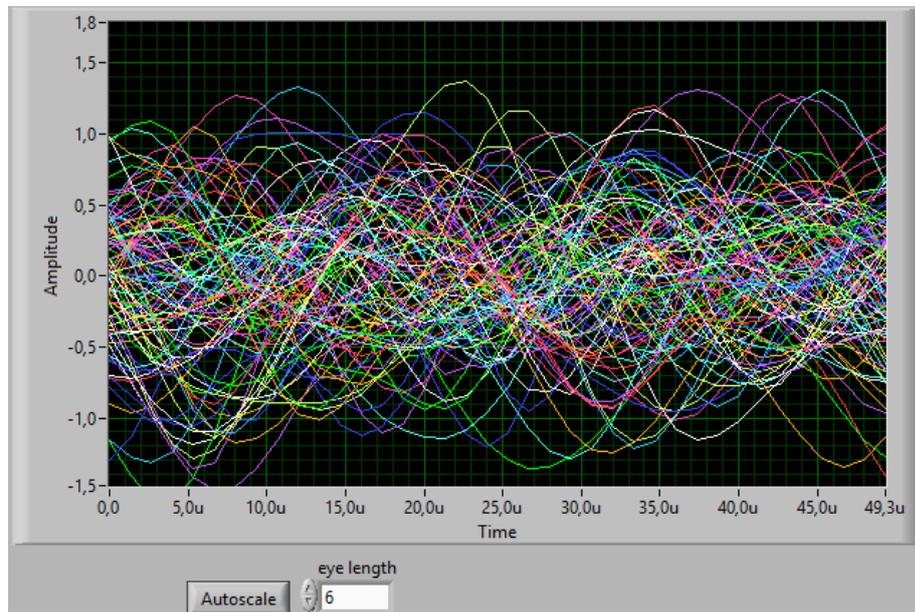
En la Demodulación QAM, se obtiene el diagrama de constelación, la cual presenta el número de muestras ingresadas, el diagrama de ojo.

La demodulación QAM es un sistema el cual permite que las antenas transmisoras puedan operar por un mismo canal y que no exista interferencia, por esta razón se puede apreciar en la figura que hay más puntos del diagrama esparcidos lo cual no afecta el ruido a esta señal.



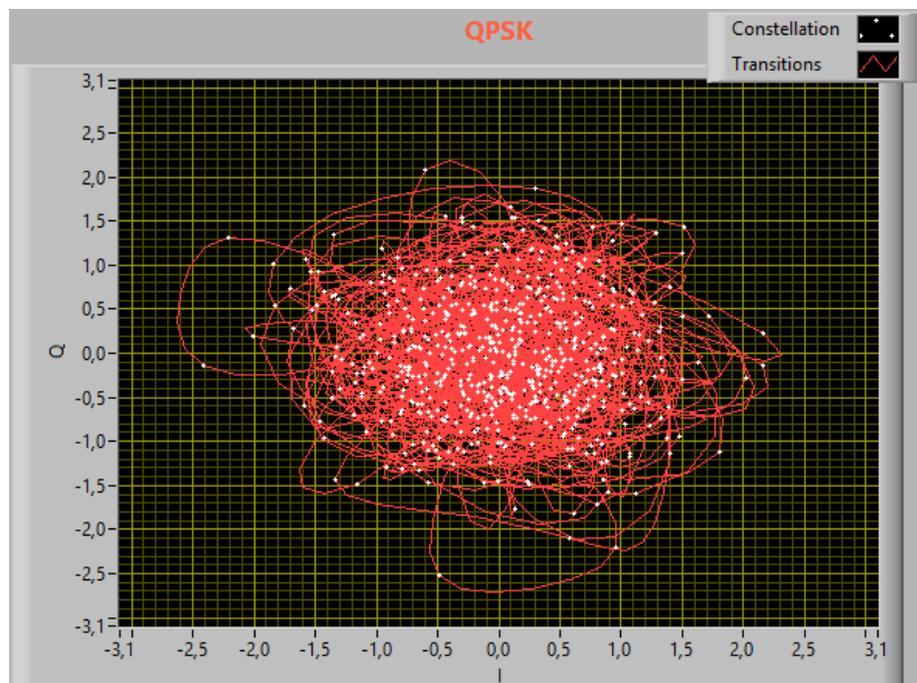
**Figura 110:** Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Durán.

En esta imagen se aprecia la portadora y la señal de datos la cual es procedente de una sola señal que se une al momento de ser transmitida, se puede observar que hay una misma velocidad de modulación debido al sector de prueba y no se ve afectada por otras frecuencias.



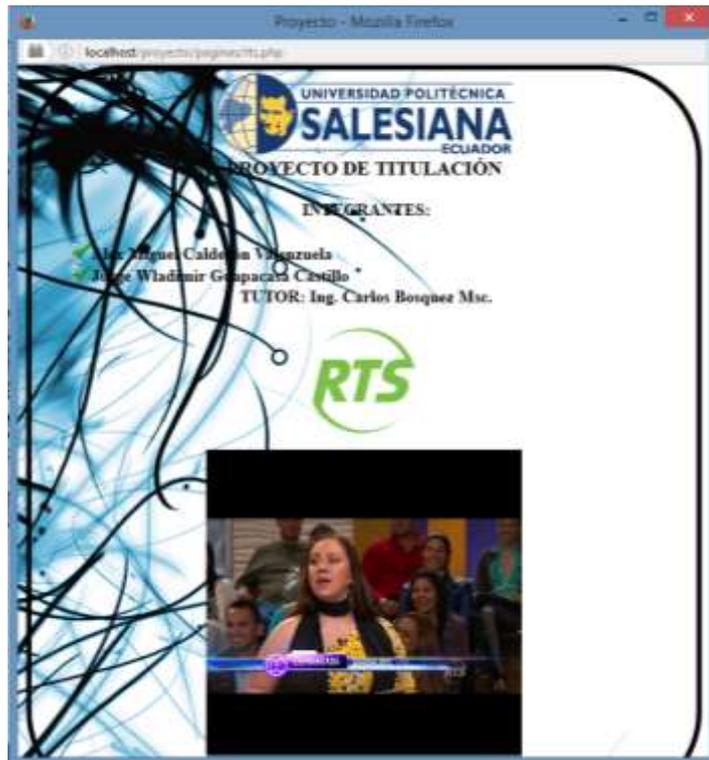
**Figura 111:** Diagrama de ojo de RTS HD, Durán.

En la televisión digital este es un tipo de modulación conveniente por las ventajas que tiene, debido a que en cualquier lugar de prueba la potencia de recepción de los símbolos va a ser la misma y constante.



**Figura 112:** Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Durán.

Visualización en un sitio web del video de la señal TDT de RTS.



**Figura 113:** Video de RTS HD, Durán.

### Pruebas Sector Playas

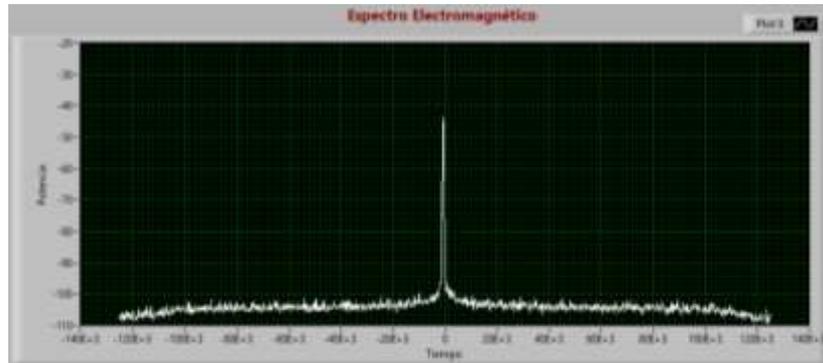
Prueba en el Sector Playas, para la recepción de la señal en este sector, se utilizó el equipo NI USRP-2920 y la antena yagi UHF, para captar la potencia y espectro electromagnético que emiten los canales de televisión.



**Figura 114:** Sector Playas.

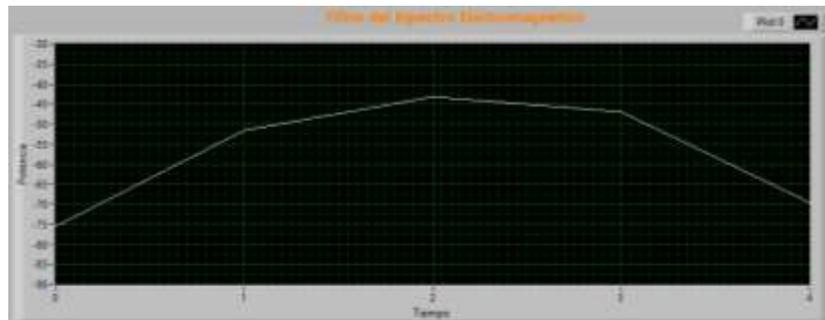
## RTS-Playas

Parámetro búsqueda de picos del espectro electromagnético de la señal ISDB-Tb de RTS.



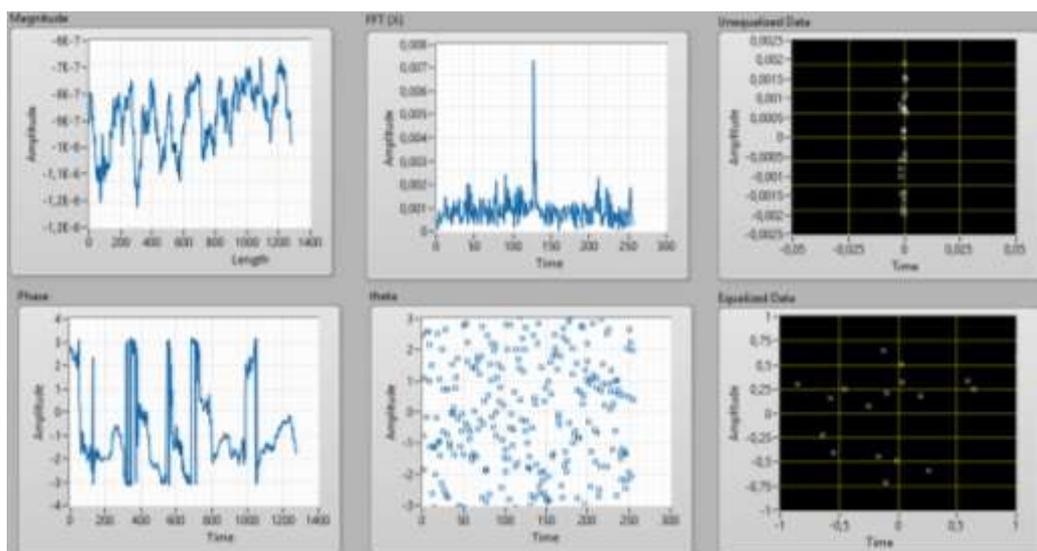
**Figura 115:** Espectro electromagnético de RTS HD, Playas.

Filtro del espectro electromagnético de la señal de RTS.



**Figura 116:** Filtro del espectro electromagnético de RTS HD, Playas.

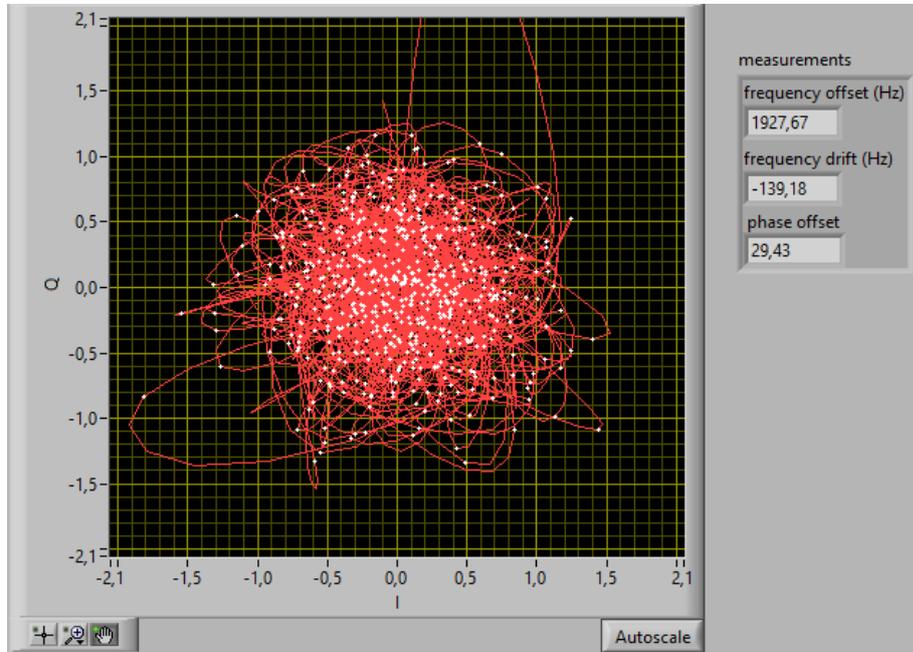
En el análisis OFDM se obtienen las gráficas de magnitud, fase, transformada de fourier la cual lleva la señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia.



**Figura 117:** Gráficas OFDM de RTS HD, Playas.

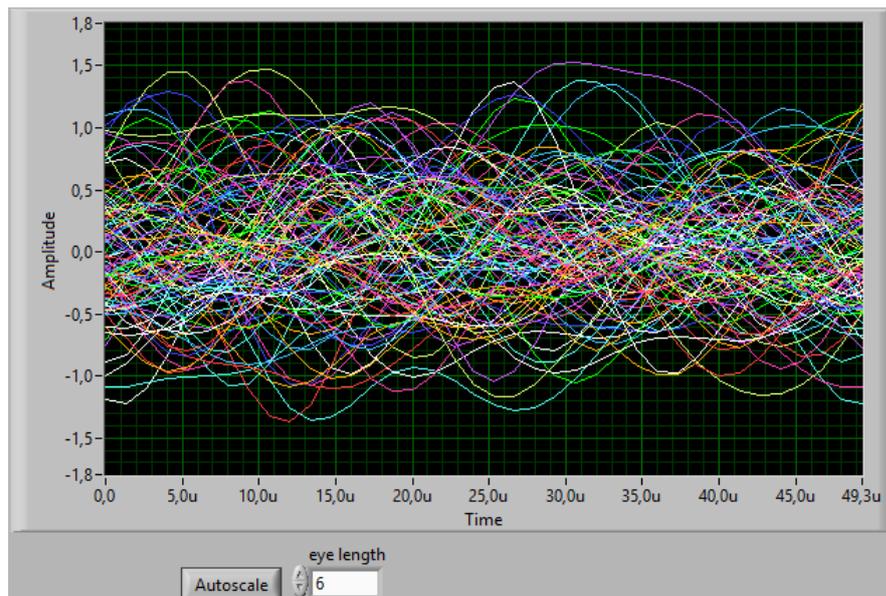
En la Demodulación QAM, se obtiene el diagrama de constelación, la cual presenta el número de muestras ingresadas, el diagrama de ojo.

En esta imagen se puede apreciar que la señal no es muy buena debido al sitio de prueba, por este motivo los puntos de las constelaciones se encuentran unidos, esto quiere decir que existe ruido y perturbaciones al momento de recibir la señal, por lo que no se puede visualizar el video en el sistema de monitoreo.



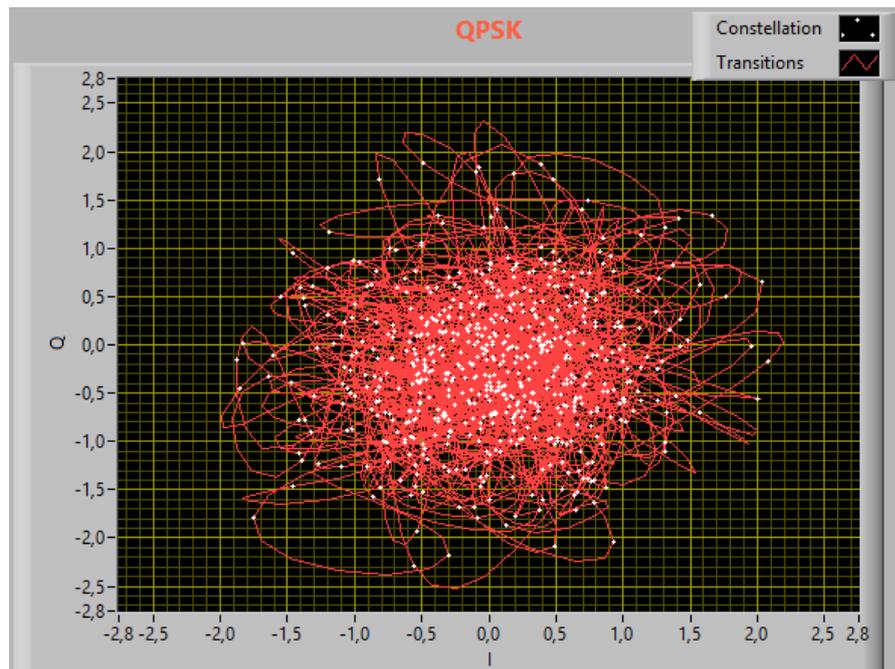
**Figura 118:** Diagrama de constelación QAM de RTS HD, Playas.

En la imagen se puede observar que por motivos de una distancia lejana con respecto a las antenas transmisoras existe pérdidas lo cual ocasiona que la señal del video no se pueda observar en el sitio web.



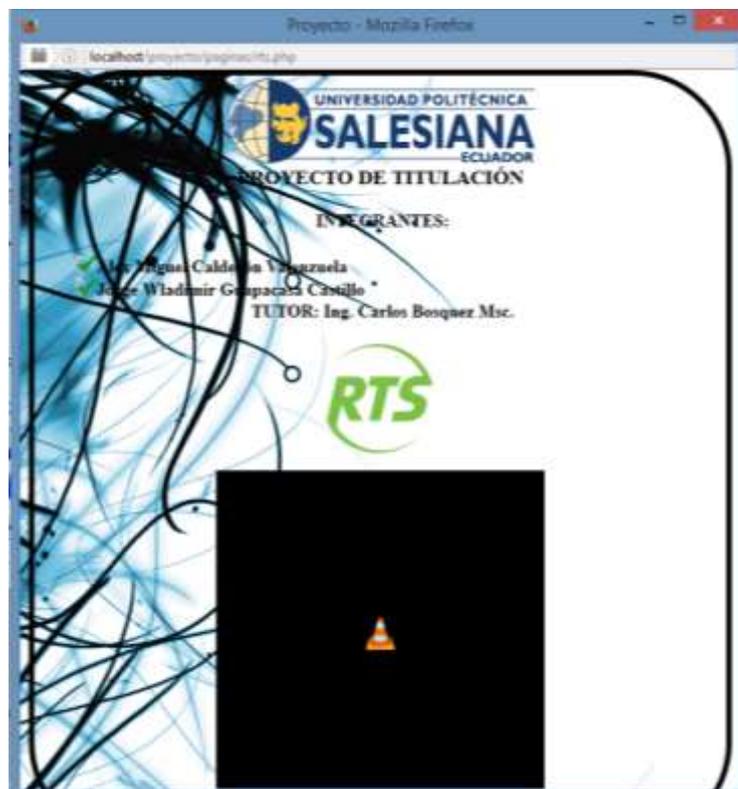
**Figura 119:** Diagrama de ojo de RTS HD, Playas.

En esta figura se pueda observar mayor cantidad de ruido y perturbaciones debido a la zona cercana al mar que ocasiona que haya multitrayectos al momento de recibir la señal.



**Figura 120:** Diagrama de constelación QPSK de RTS HD, Playas.

Debido a que este sector aún no tiene cobertura de TDT, no se puede visualizar el video de la señal de RTS.



**Figura 121:** Video de RTS HD, Playas.

## Resultados Obtenidos

Se realizaron dos mil muestras de los valores de medición EVM (Magnitud del Vector Error), MER (Tasa de Error de Modulación), BER (Tasa de Error Binario), POTENCIA y SNR (Relación Señal Ruido); para graficar su promedio y comparar las variaciones que se tiene en los 6 sectores mencionados.

**Tabla 3.** Valores de medición de RTS HD

<b>Datos RTS HD</b>	<b>Perimetral</b>	<b>U. Salesiana</b>	<b>Samborondón</b>	<b>Puerto Sta. Ana</b>	<b>Playas</b>	<b>Durán</b>
<b>EVM (dB)</b>	31,51	32,25	32,53	34,15	31,76	32,09
<b>MER (dB)</b>	16,06	15,71	15,50	13,52	16,00	15,77
<b>BER</b>	4,99416E-07	5,0309E-08	4,98376E-06	5,02816E-09	5,04664E-06	5,04384E-07
<b>POTENCIA (dBm)</b>	-74,59	-65,91	-81,60	-51,03	-102,76	-68,90
<b>SNR</b>	63,40	56,02	69,36	43,38	87,35	58,57

Los valores de EVM se pueden considerar como distorsiones en fase y amplitud, debido a esto se ven alterado los valores por las interferencias y obstáculos que se encuentran delante de la antena receptora. (Frenzel, 2013)

Los datos de MER se ven alterados debido a que la antena receptora capta todas las señales que se encuentran en el espectro radioeléctrico, influyendo así en el tipo de constelación del canal analizado.

Los valores mostrados de BER tienen poca variación debido a la atenuación de la tasa de error de los bits por los diversos cambios de trayectoria que actúan como pérdidas en conectores, cables y dispersión de señal por ende pueden haber altos grados de ruido. (Universidad Técnica Federico Santa María)

Las estimaciones de la Potencia varían por la distancia que hay entre la fuente puntual y el sector donde es ubicado el receptor, debido que a mayor distancia se degrada la señal.



**Figura 122:** Gráfica de los valores medidos de RTS HD en 6 sectores diferentes.

A continuación se detallan los canales de Ecuador que transmiten señal en TDT con su respectiva frecuencia y los cuales se analizaron en el proyecto técnico.

Los datos fueron obtenidos mediante un sintonizador ISDB-Tb.

**Tabla 4.** Canales HD de Ecuador

<b>Canal</b>	<b>Frecuencia (MHz)</b>
Ecuavisa HD	527.143
RTS HD	539.143
Teleamazonas HD	551.143
TC HD	563.143
Canal UNO HD	587.143
Oromar HD	599.143

Para la presentación de resultados se eligió el canal de RTS HD, el resto de los canales mencionados en la tabla anterior, también fueron analizados y los resultados de cada uno de ellos se encuentran en la sección de Anexos.

## CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto permite explorar las diversas etapas de la decodificación de la señal de televisión digital ISDB-Tb, analizar los valores de las señales digitales de cada canal de televisión HD que se sintoniza y también verificar de manera gráfica las señales de potencia recibida en diferentes puntos donde se encuentre la estación de monitoreo.

Con respecto a los valores de la señal digital tomados experimentalmente como el EVM, BER, MER, SNR y la Potencia de Rx del canal de TV HD del ISDB-Tb se puede afirmar que a medida que el receptor se aleja de la fuente de transmisión la señal se degrada, por ende esta señal no se ve afectada en su calidad de audio y video debido a la corrección de errores que posee el standard ISDB-Tb y al cambio de la modulación digital que experimenta al encontrar menor SNR, sin embargo en otros lugares donde no hay una buena cobertura de señal se puede observar cierta pérdida de bits que ocasiona que el video sea intermitente.

La estación de monitoreo se puede implementar en cualquier sitio del país con el fin monitorear constantemente la calidad de transmisión de los canales de TV HD del standard ISDB-Tb, herramienta que es de gran ayuda a los canales de televisión y al ente regulador para visualizar vía internet mediante un servidor web los parámetros de RF, de audio y video del canal HD, así mismo esta herramienta es de útil importancia en la investigación del standard ISDB-Tb ya que al utilizar radios definidas por software nos amplía un abanico de posibilidades en configuración y experimentación del standard.

## RECOMENDACIONES

- Los autores del proyecto recomiendan futuras investigaciones sobre nuevas implementaciones con el equipo NI USRP-2920, ya que la tecnología de la televisión avanza constantemente y este equipo puede ser muy útil para realizar dichas mejoras.
- Se recomienda también hacer las respectivas configuraciones al equipo NI USRP-2920 y al software LabVIEW ya que deben tener instalados los toolkits respectivos para la programación del software LabVIEW, así como también la instalación del driver USB HDTV Stick, además se debe verificar los rangos de frecuencia en que transmiten los canales de televisiones para hacer el respectivo análisis de los mismos.
- Realizar las pruebas en distintas ciudades, provincias y cantones del Ecuador.
- Implementar el sistema de monitoreo en un automóvil para observar las variaciones de potencia, EVM, MER, BER y SNR.
- Mejorar la antena de recepción, altura, conectores para una mejor adquisición de datos experimentales.
- Investigar la forma de realizar el mismo proyecto con algún software libre y así poder disminuir costos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABNT. (30 de Noviembre de 2007). *DOCPLAYER*. Recuperado el 2 de Abril de 2016, de <http://docplayer.es/2497852-Abnt-nbr-15601-norma-brasilena-television-digital-terrestre-sistema-de-transmision-isdb-tb.html>
- COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL. (2016). *COMISIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CONATEL*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2016, de <http://www.conatel.gob.hn/wp-content/uploads/2016/05/Borrador-Resolucion-Normativa-para-TTD-en-ISDB-Tb.pdf>
- DIBEG. (Junio de 2007). *ISDB-T Official Web Site*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de [http://www.dibeg.org/news/previous\\_doc/0706\\_3Argentina\\_ISDB-T\\_seminar/Argentina\\_ISDB-T\\_seminar\\_3\\_transmission\\_system\(spanish\)rev1.pdf](http://www.dibeg.org/news/previous_doc/0706_3Argentina_ISDB-T_seminar/Argentina_ISDB-T_seminar_3_transmission_system(spanish)rev1.pdf)
- Frenzel, L. (10 de Octubre de 2013). *electronic desing*. Recuperado el 28 de Abril de 2016, de <http://electronicdesign.com/engineering-essentials/understanding-error-vector-magnitude>
- García, C. (Enero de 2016). *Repositorio Digital - EPN*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/13743>
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 12 de Marzo de 2016, de <https://www.google.com.ec/maps/place/2%C2%B013'31.6%22S+79%C2%B057'23.0%22W/@-2.225448,-79.95639,722m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.225448!4d-79.95639>
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 28 de Marzo de 2016, de <https://www.google.com.ec/maps/place/2%C2%B010'35.5%22S+79%C2%B052'41.5%22W/@-2.1776416,-79.8781248,692m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.176538!4d-79.878197>
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 3 de Abril de 2016, de <https://www.google.com.ec/maps/place/UPS+-+La+Roca,+Calle+37+SE,+Guayaquil+090101/@-2.2199044,-79.8890795,346m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x902d6e4fa5b4fb41:0xd667f813e50d548e!8m2!3d-2.2199044!4d-79.8880305>
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 1 de Agosto de 2016, de <https://www.google.com.ec/maps/place/Malecon+de+Samborondon,+E25,+Samborond%C3%B3n/@-1.9627603,-79.7230205,187m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902d3d493cbd2b23:0x234c1a6a882e607!8m2!3d-1.9625963!4d-79.7221094>
- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 2 de Agosto de 2016, de <https://www.google.com.ec/maps/place/Municipio+de+Dur%C3%A1n/@-2.1777004,->

79.8557099,326m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x902d6c3cd80fe067:0xacbdb6acaa4b94da!8m2!3d-2.177474!4d-79.8543268

Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 11 de Agosto de 2016, de [https://www.google.com.ec/maps/place/Av+Jambel%C3%AD,+Gral+Villamil/@-2.6393617,-](https://www.google.com.ec/maps/place/Av+Jambel%C3%AD,+Gral+Villamil/@-2.6393617,-80.3902794,188m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x90326c405414db9d:0xaa4fca92b692f077!8m2!3d-2.6383173!4d-80.3902888)

[80.3902794,188m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x90326c405414db9d:0xaa4fca92b692f077!8m2!3d-2.6383173!4d-80.3902888](https://www.google.com.ec/maps/place/Av+Jambel%C3%AD,+Gral+Villamil/@-2.6393617,-80.3902794,188m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x90326c405414db9d:0xaa4fca92b692f077!8m2!3d-2.6383173!4d-80.3902888)

Instituto CAPER. (Julio de 2012). *Diplomado Internacional TV Digital Estándar ISDB-Tb. 50.* (L. Cuadrado, Recopilador) Lima, Perú. Recuperado el 10 de Abril de 2016

INSTRUMENTS, N. (s.f.). *NATIONAL INSTRUMENTS*, 2015. Recuperado el 5 de Octubre de 2015, de <http://search.ni.com/nisearch/app/main/p/bot/no/ap/tech/lang/es/pg/1/sn/catnav:du/q/labview%202015/>

Marianov, V., Oberli, C., & Ríos, M. (10 de Octubre de 2006). *TVD*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de [http://www.tvd.cl/wp-content/uploads/2011/12/estudio\\_uc.pdf](http://www.tvd.cl/wp-content/uploads/2011/12/estudio_uc.pdf)

Millán, R. (2005). *CONSULTORÍA ESTRATÉGICA EN TECNOLOGÍAS*. Recuperado el 17 de Mayo de 2016, de <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/tdt.php>

Pisciotta, N. (Septiembre de 2010). *DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2015, de [http://www2.elo.utfsm.cl/~elo341/SistemaISDB\\_Tb.pdf](http://www2.elo.utfsm.cl/~elo341/SistemaISDB_Tb.pdf)

Rodríguez, M., & Rugel, M. (Abril de 2015). *Repositorio Digital-UPS*. Recuperado el 3 de Agosto de 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10383/1/UPS-GT001412.pdf>

SILICON, S. M. (Enero de 2010). *hwrf.com.cn*. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de <http://bbs.hwrf.com.cn/downpcbe/SMS2270%20Data%20Sheet%20V10-%20Jan%202011-2929.pdf>

SILICON, S. M. (s.f.). *Siano MOBILE SILICON*. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de [http://www.siano-ms.com/cn/images/pdfs/siano\\_sms2270\\_pb\\_0311\\_web.pdf](http://www.siano-ms.com/cn/images/pdfs/siano_sms2270_pb_0311_web.pdf)

Spínola, R., & Paredes, J. (s.f.). *Universidad de Huelva*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de [http://www.uhu.es/fernando.gomez/transydat\\_archivos/television.PDF](http://www.uhu.es/fernando.gomez/transydat_archivos/television.PDF)

STUDYLIB. (s.f.). *STUDYLIB*. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de <http://studylib.es/doc/76826/televisi%C3%B3n--historia>

Trujillo, M. (27 de Mayo de 2012). *CONSTRUIR Y ADMINISTRAR REDES*. Recuperado el 10 de Marzo de 2016, de <http://construiryadministrarredes42mariela.blogspot.com/2012/05/arquitectura-de-una-red-lan.html>

Universidad de Granada. (s.f.). *Universidad de Granada*. Recuperado el 16 de Enero de 2016, de [http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos\\_ruido.pdf](http://www.ugr.es/~ramosr/CAMINOS/conceptos_ruido.pdf)

Universidad Técnica Federico Santa María. (s.f.). *Departamento de Electrónica*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de [http://www2.elo.utfsm.cl/~elo352/2010/Exp5/Medicion%20de%20Tasa%20de%20Error%20Binaria%20\(BER\).pdf](http://www2.elo.utfsm.cl/~elo352/2010/Exp5/Medicion%20de%20Tasa%20de%20Error%20Binaria%20(BER).pdf)

UPJET. (23 de Mayo de 2016). *Unión del Personal Jerárquico de Empresas de Telecomunicaciones*. Recuperado el 1 de Abril de 2016, de [http://www.upjet.org.ar/archivos\\_noticias/356-1.pdf](http://www.upjet.org.ar/archivos_noticias/356-1.pdf)

Vargas, D. (Febrero de 2013). *Repositorio Digital de Tesis PUCP*. Recuperado el 3 de Abril de 2016, de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4636/VARGAS\\_DIEGO\\_SELECCION\\_CONTENIDOS\\_ONESEG\\_ANEXOS.pdf?sequence=2](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4636/VARGAS_DIEGO_SELECCION_CONTENIDOS_ONESEG_ANEXOS.pdf?sequence=2)

## CRONOGRAMA

**Tabla 5.** Cronograma

Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Recolección de la información	■	■	■	■	■	■	■	■					■	■	■	■																																
Curso de programación de USRP									■	■	■	■	■	■	■	■																																
Seminario NI LabVIEW en Quito													■	■	■	■																																
Cotización de materiales y herramientas					■	■	■	■					■	■	■	■	■	■	■	■																												
Adquisición de materiales									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																												
Diseño del modelo de manera gráfica	■	■	■	■									■	■	■	■	■	■	■	■																												
Elaboración del documento					■	■	■	■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Elaboración de programación en LABVIEW									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
Elaboración de programación en Adobe Dreamweaver cc																					■	■	■	■	■	■	■	■																				
Implementación del sistema									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
Pruebas realizadas en 3 sectores de Guayaquil																					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
Diseño Modulación QPSK																																					■	■	■	■								
Indicador nivel de Potencia																																																
Pruebas realizadas en 3 sectores de provincia del Guayas																																									■	■	■	■				
Corrección del documento Análisis de resultados																																																
Revisión y correcciones del documento con el tutor																																																
Presentación del proyecto técnico																																																

## PRESUPUESTO

**Tabla 6.** Presupuesto

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Decodificador ISDBT-tb	\$ 110
Base de Antena	\$ 30
Conectores y cables	\$ 40
Laptop HP	\$ 950
NI USRP-2920	\$ 3.275
Curso de Programación de USRP	\$ 800
Curso de Adobe Dreamweaver cc	\$ 400
Seminario NI LabVIEW (Quito)	\$ 500
Asesoramiento	\$ 100
Varios	\$ 130
Movilización	\$ 120
Impresiones, copias y encuadernado	\$ 150
<b>Total</b>	<b>\$ 6.605</b>

Nota: Los equipos como antena Yagi, equipo NI USRP-2920, no se los adquiere porque son propiedad de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

## ABREVIATURAS

**OFDM:** Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales

**QAM:** Modulación de Amplitud en Cuadratura

**LABVIEW:** Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench

**ISDBT-tb:** Integrated Services Digital Broadcasting (Brasileño)

**NI USRP:** NATIONAL INSTRUMENT UNIVERSAL SOFTWARE RADIO PERIPHERAL

**TDT:** Televisión Digital Terrestre

**DSP:** Procesamiento Digital de Señales

**HD:** High Definition

**BER:** Tasa de Error Binario

**MER:** Tasa de Error de Modulación

**EVM:** Magnitud del Vector Error

**SNR:** Relación Señal Ruido

**SDR:** Radio Definido por Software

**MPEG:** Moving Picture Experts Group

**USB:** Universal Serial Bus

**HDTV:** High-Definition Television

**DTV:** Televisión Digital

**IP:** Internet Protocol

**UHF:** Ultra High Frequency

**UTP:** Unshielded Twisted Pair

**PSK:** Phase Shift Keying

**PAM:** Pulse Amplitude Modulation

**ASK:** Amplitude Shift Keying

**FSK:** Frequency Shift Keying

**MSK:** Minimum Shift Keying

**CPM:** Pulse Code Modulation

**VHF:** Very High Frequency

**PHP:** Hypertext Preprocessor

**LAN:** Local Area Network

**HTML:** Hyper Text Markup Language

## GLOSARIO

**LABVIEW:** Es un entorno de desarrollo diseñado específicamente para acelerar la productividad de ingenieros y científicos.

**NI USRP:** Es una plataforma rentable basada en PC usada con software NI LABVIEW para construir sistemas de comunicaciones inalámbricas.

**Antena Yagi:** Es una antena direccional, constituida por varios elementos paralelos y coplanarios, directores, activos y reflectores, utilizada ampliamente en la recepción de señales televisivas.

**H.264:** Es un standard que permite comprimir el video a MPEG-4 para la reproducción de videos en alta calidad desarrollados por la ITU.

**Transformada de Fourier:** Es una transformada matemática empleada para transformar señales entre el dominio del tiempo (espacial) y el dominio de la frecuencia, que tiene muchas aplicaciones en la física y la ingeniería.

**Espectro electromagnético:** Es la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

**Diagrama de Constelación:** Es la demostración de la modulación digital en el plano complejo los cuales tiene ejes reales e imaginarios.

**Diagrama de Ojo:** Es un método utilizado para el análisis del comportamiento de los enlaces de transmisión.

**Drivers:** Son programas especiales que permiten al sistema operativo comunicar con las partes del ordenador, ósea que conducen los mensajes hasta su destino.

**VLC media player:** Es un reproductor multimedia que funciona en la mayor parte de los sistemas operativo y que reproduce casi cualquier tipo de video y archivos de audio de forma nativa que también pueden ser transmitidos por medio de la red, a su vez puede ser controlado remotamente desde un navegador web.

**Appserv:** Es una herramienta la cual se encarga que los archivos se establezcan en un servidor y se los pueda visualizar en una página web.

**Dreamweaver CC (Creative Cloud):** Es un software que nos permite editar de forma visual y mediante programación la creación de páginas web, sin necesidad de ingresar al código fuente.

**PHP:** Es un lenguaje de código abierto utilizado para el desarrollo web y puede ser incrustado en HTML.

**Red LAN:** Es una red de computadoras las cuales están establecidas mediante una conexión física o wifi en un área reducida como una casa, departamento o edificio.

**Dirección IP:** Es una etiqueta numérica que identifica, de manera lógica y jerárquica, a un interfaz de un dispositivo dentro de una red que utilice el protocolo IP, que corresponde al nivel de red del modelo OSI.

**Lenguaje HTML:** Hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web.

**BER:** Es la tasa de error binario, se utiliza para cuantificar los canales que transportan datos contando la tasa de error, los cuales se utilizan para la transmisión de televisión digital.

**MER:** Es la tasa de error de modulación, se expresa en dB, cuanto mayor estén juntos los puntos en la constelación mejor será la señal. Los valores son dos vectores: uno señalando a un vector ideal y el otro señalando al vector error.

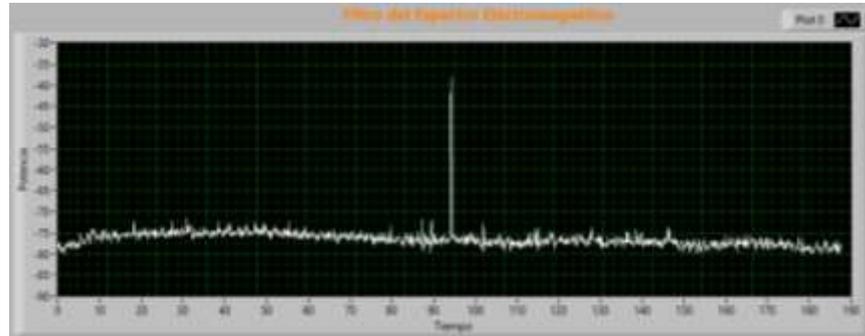
**EVM:** Es la magnitud del vector error, la cual se utiliza para la cuantificación de la señal y visualizar el rendimiento del transmisor o receptor.

## ANEXOS

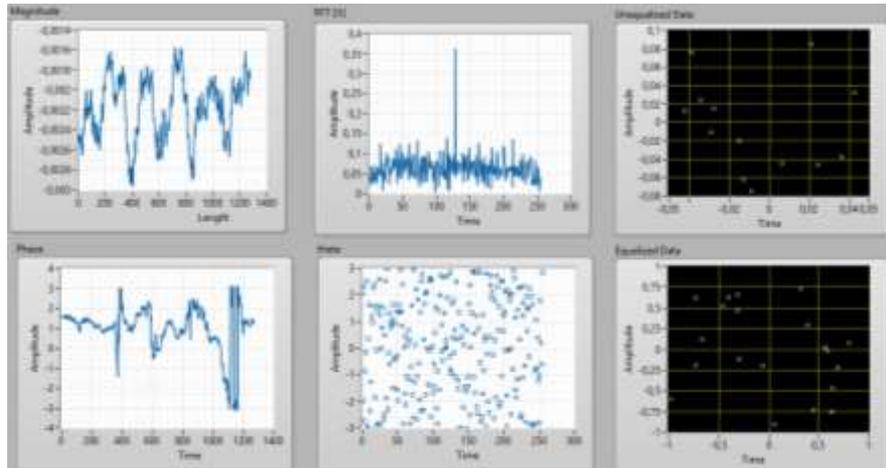
### Anexo 1: Imágenes de los datos adquiridos de Ecuavisa HD

#### SECTOR LA PERIMETRAL

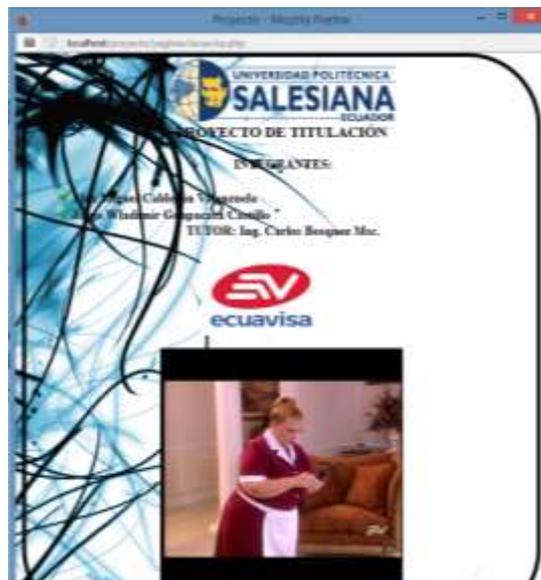
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

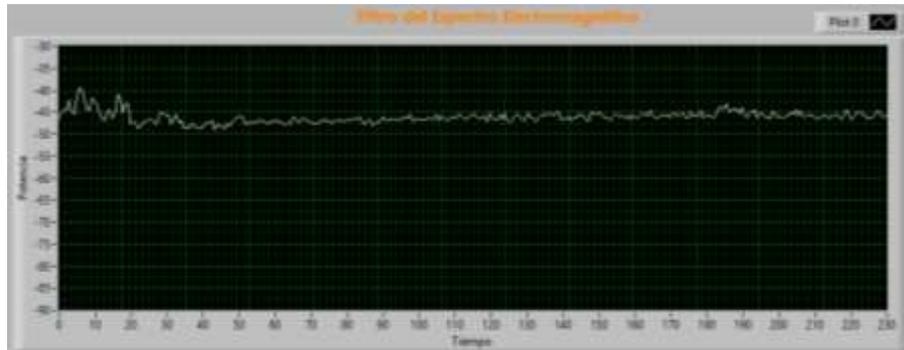


Visualización en un sitio web del video.

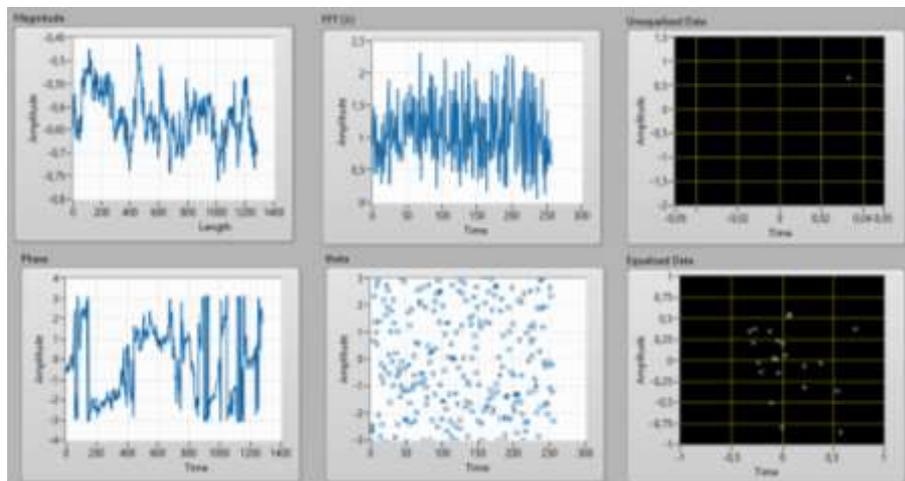


## SECTOR PUERTO SANTA ANA

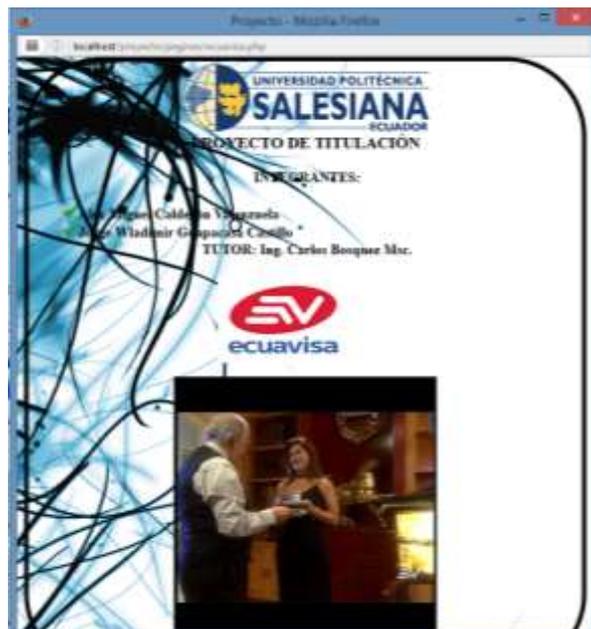
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

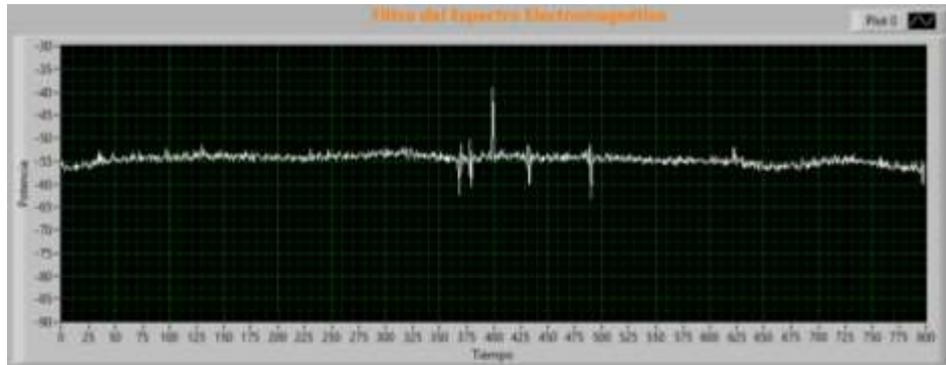


Visualización en un sitio web del video.

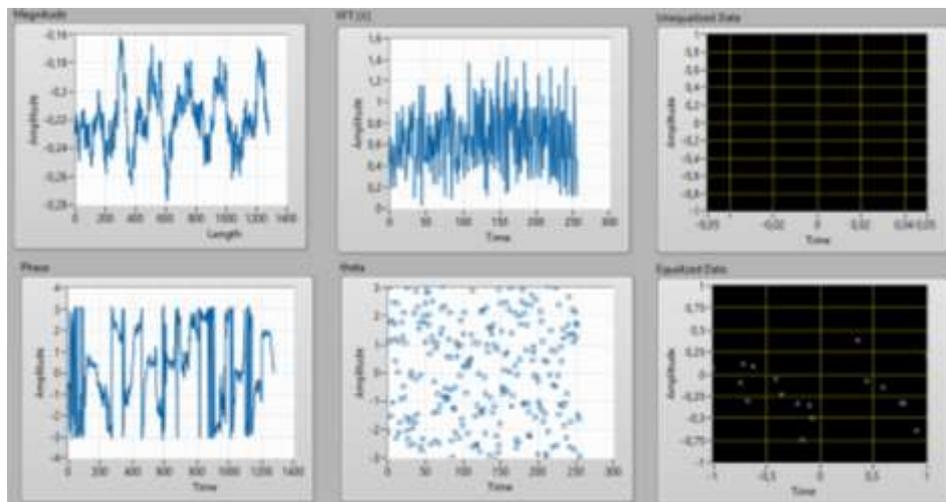


## SECTOR UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

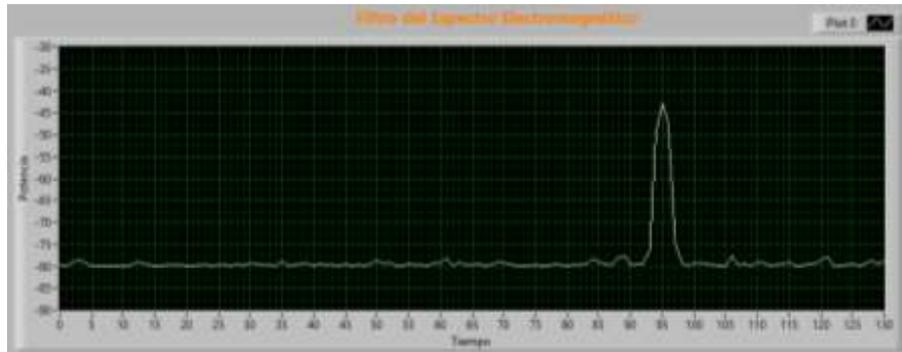


Visualización en un sitio web del video.

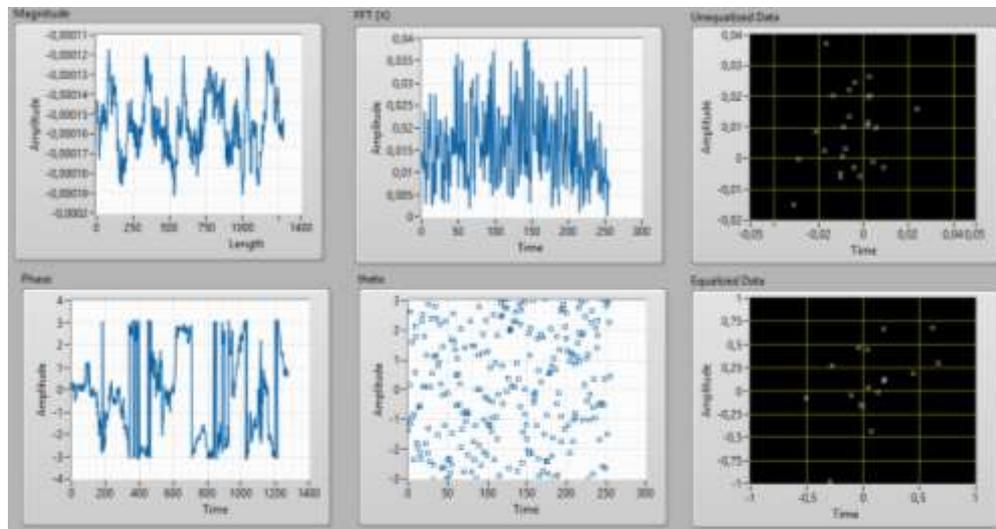


## SECTOR SAMBORONDÓN

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

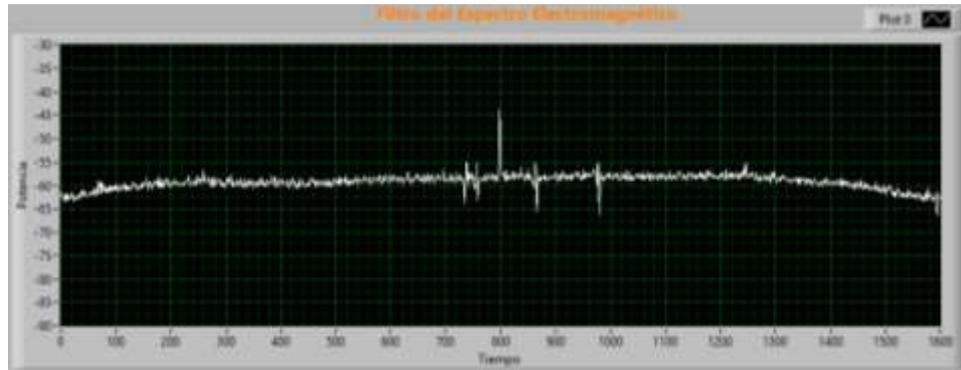


Visualización en un sitio web del video.

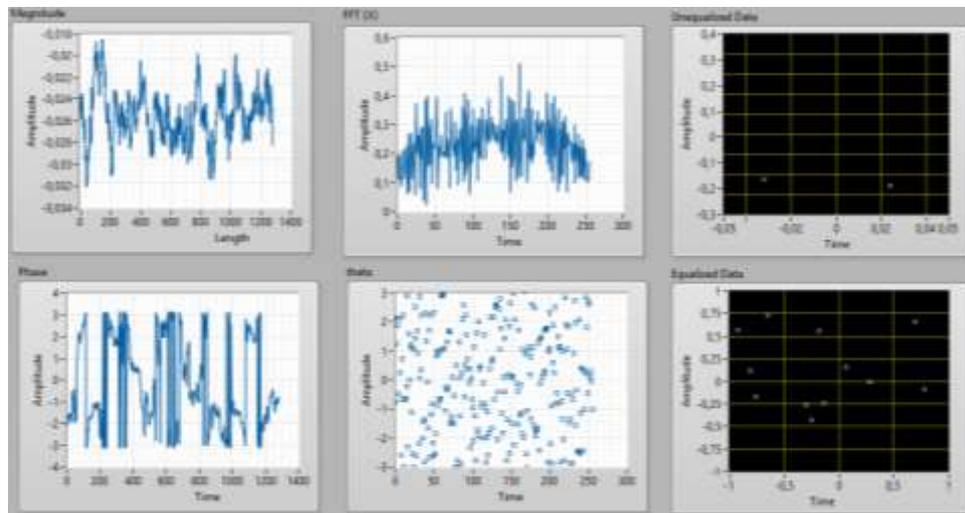


## SECTOR DURÁN

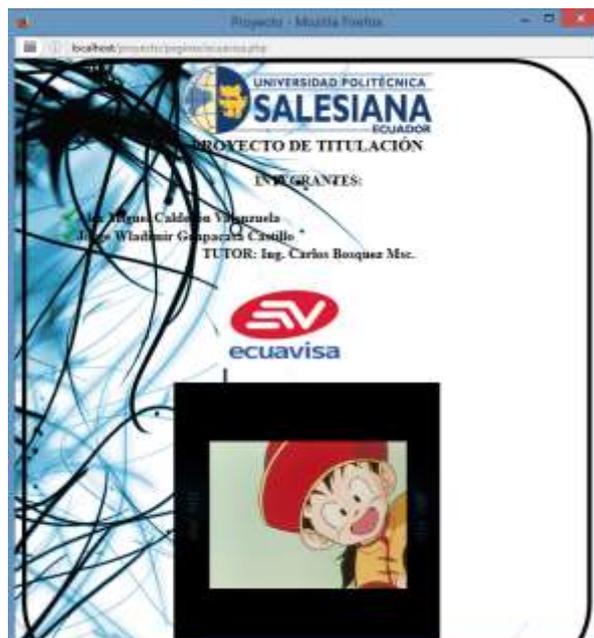
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

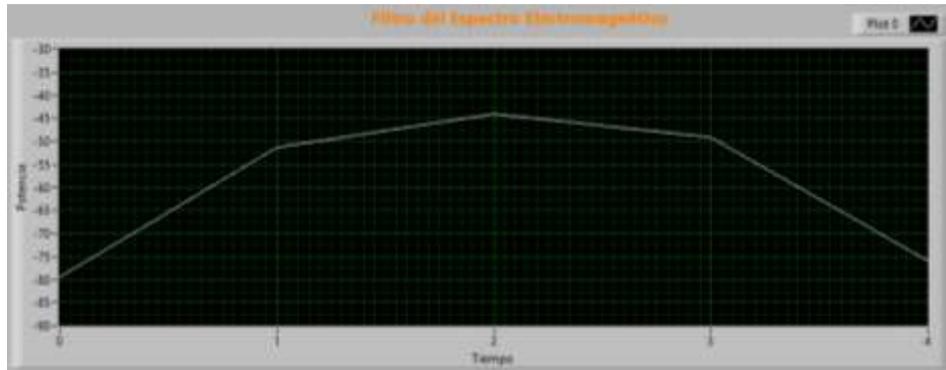


Visualización en un sitio web del video.

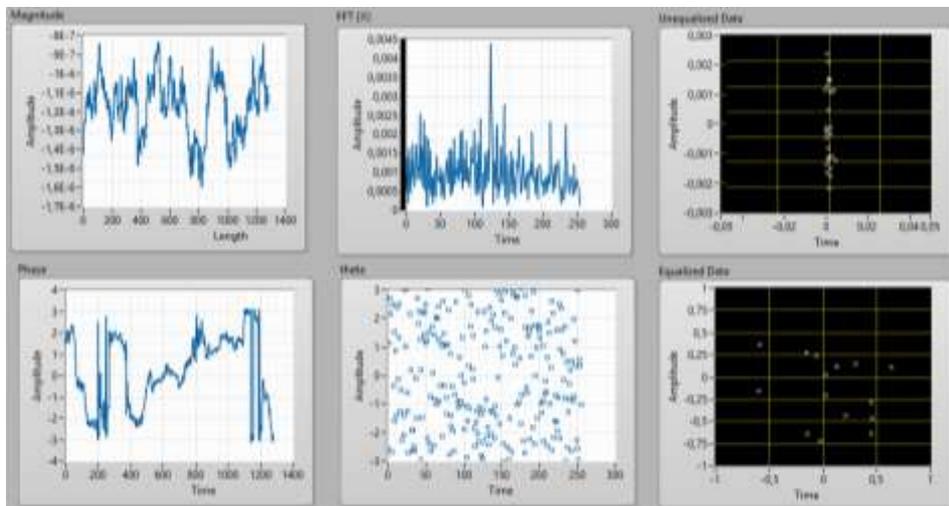


## SECTOR PLAYAS

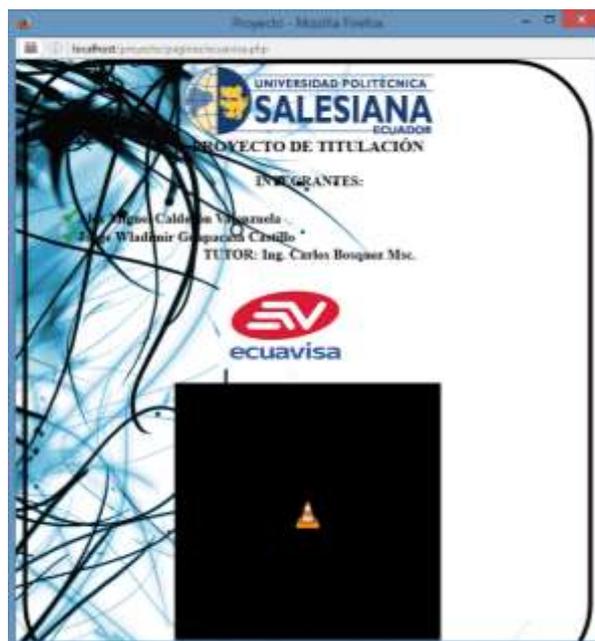
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



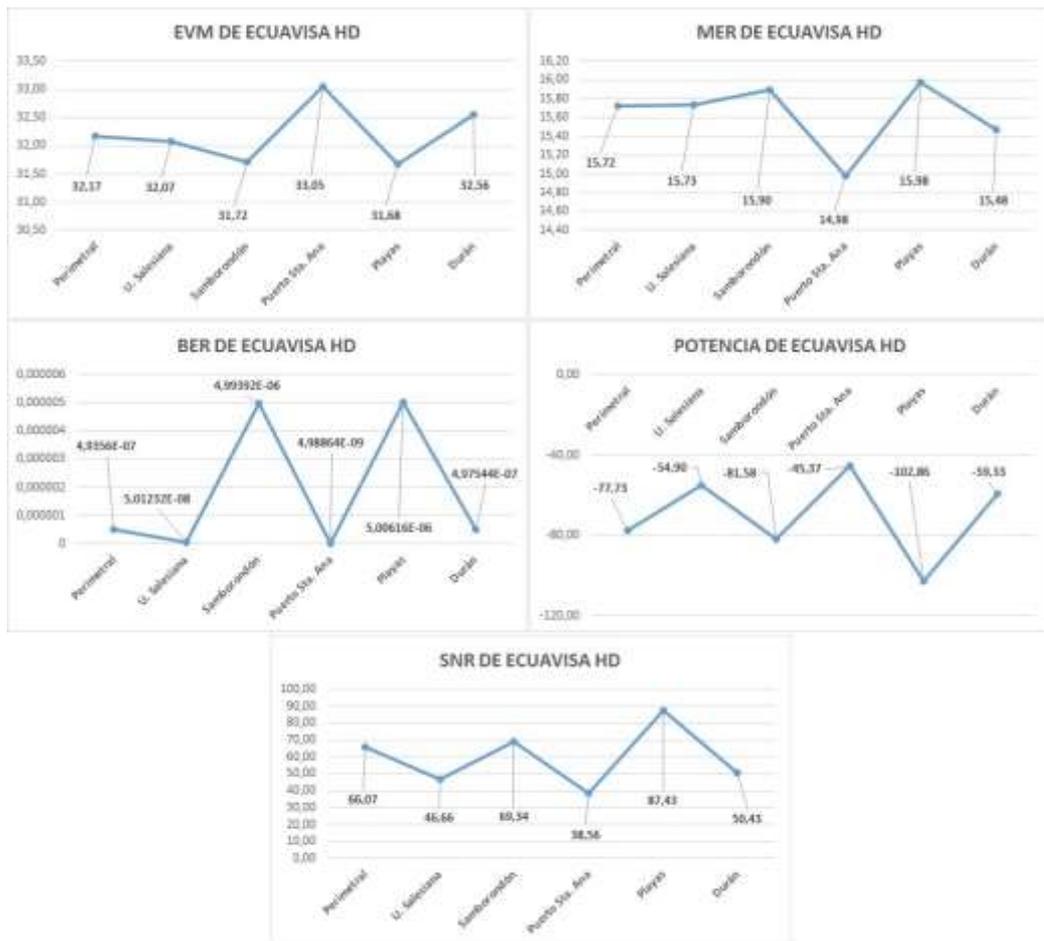
Análisis OFDM.



Visualización en un sitio web del video.



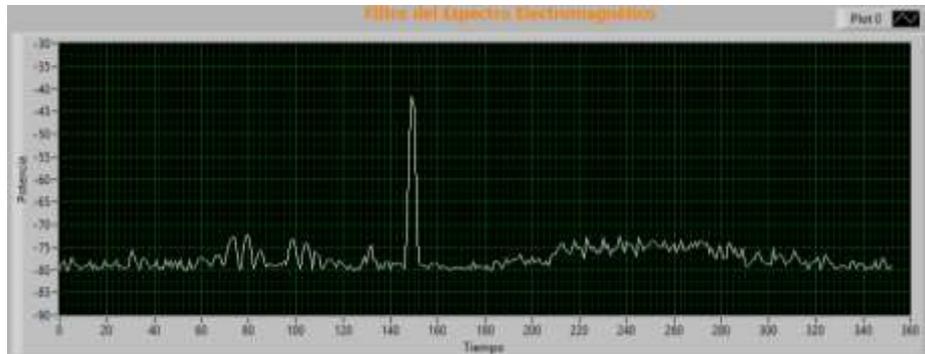
Gráficas del promedio de los valores medidos EVM, MER, BER, POTENCIA y SNR.



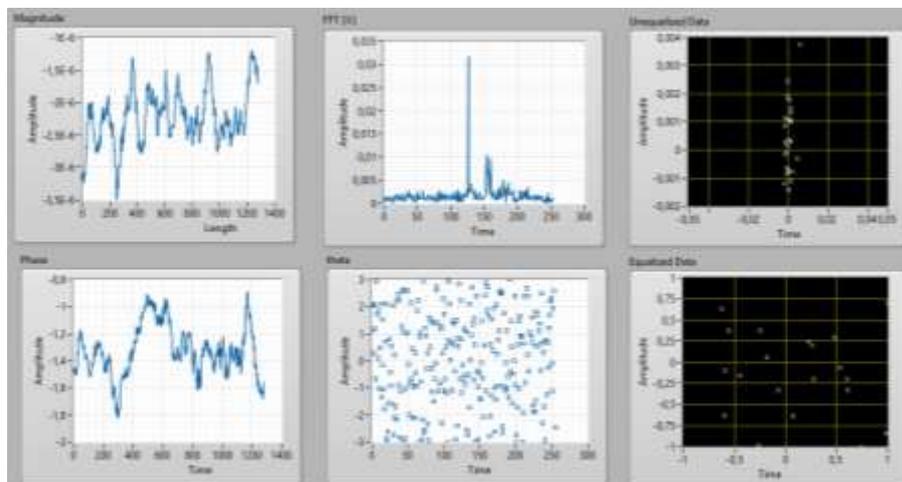
## Anexo 2: Imágenes de los datos adquiridos de Teleamazonas HD

### SECTOR LA PERIMETRAL

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

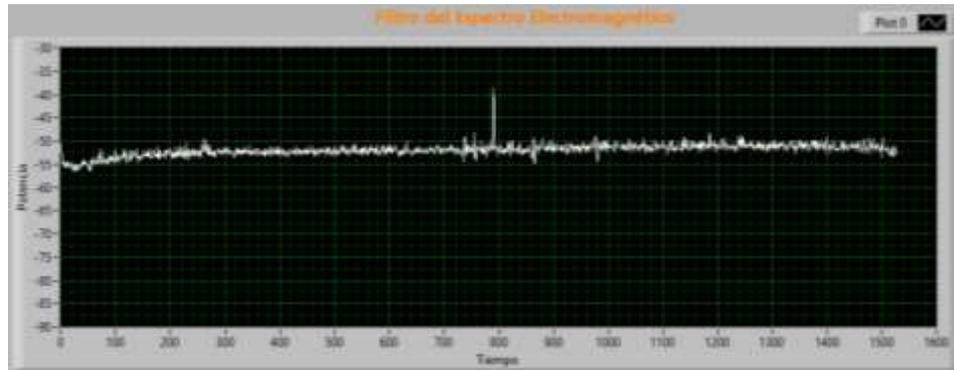


Visualización en un sitio web del video.

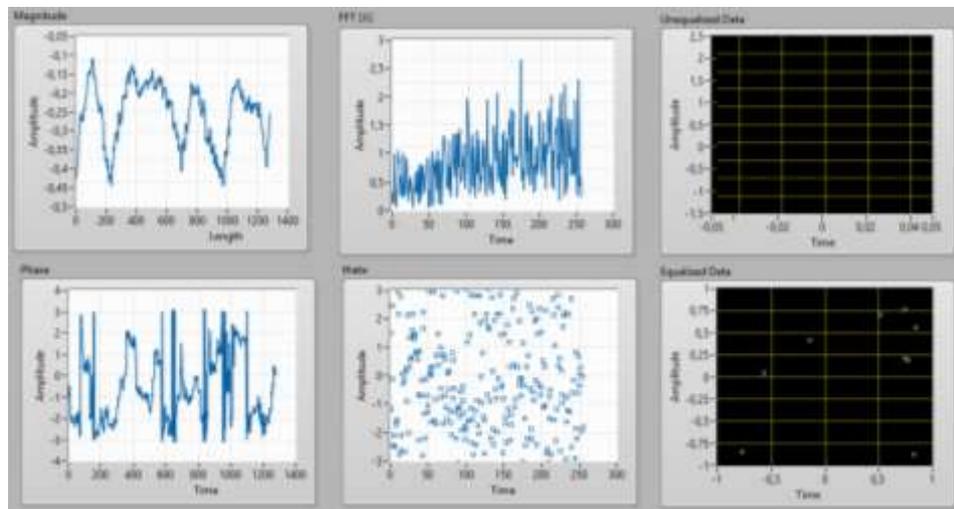


## SECTOR PUERTO SANTA ANA

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

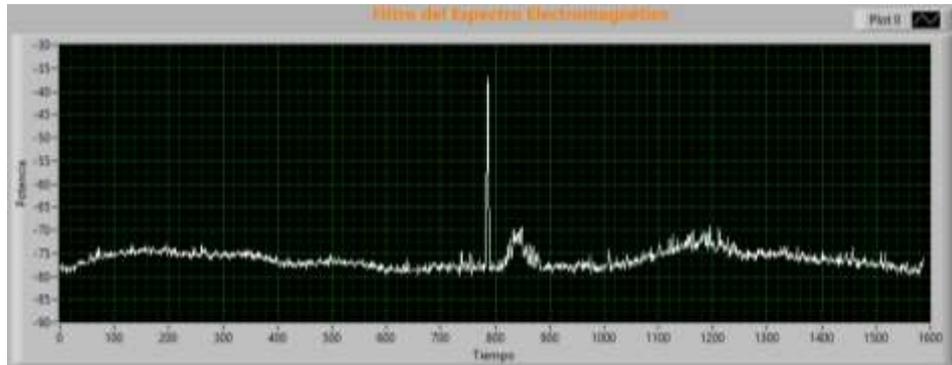


Visualización en un sitio web del video.

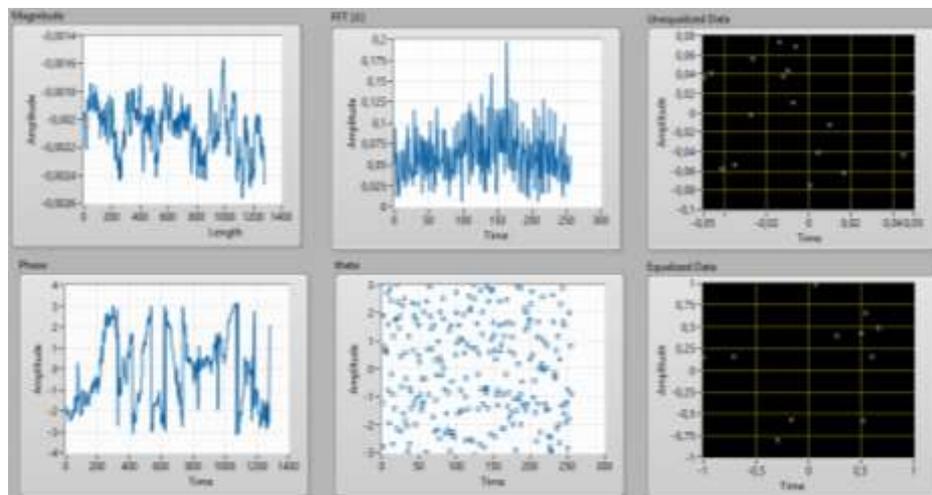


## SECTOR UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

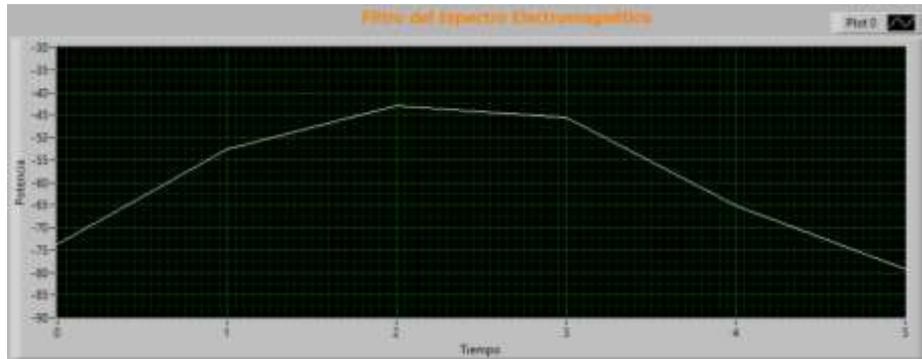


Visualización en un sitio web del video.

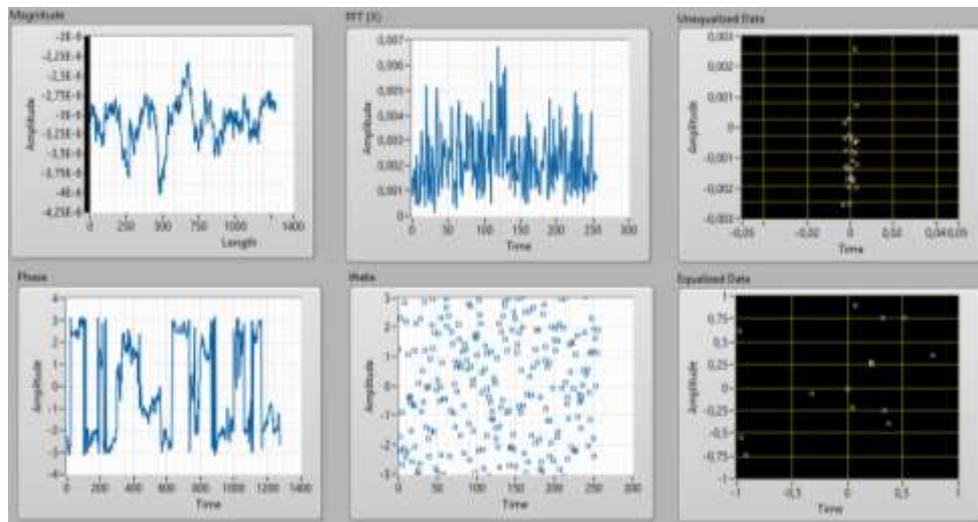


## SECTOR SAMBORONDÓN

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

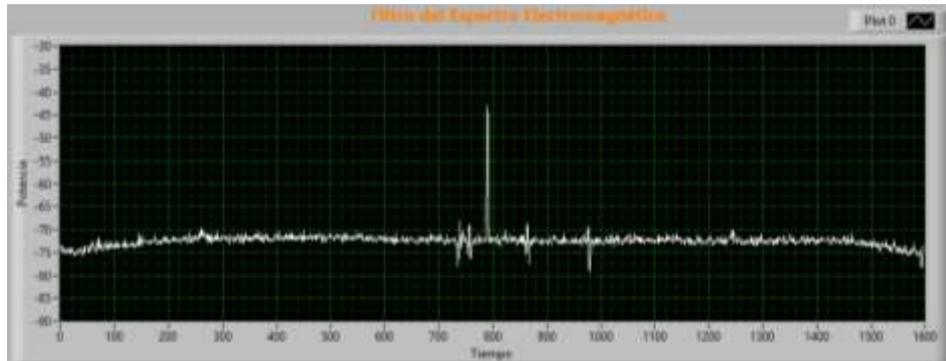


Visualización en un sitio web del video.

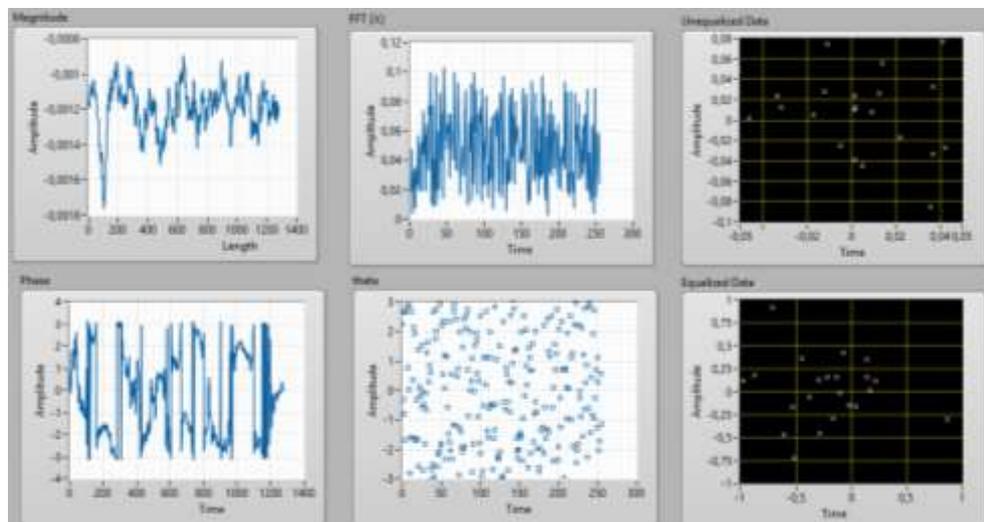


## SECTOR DURÁN

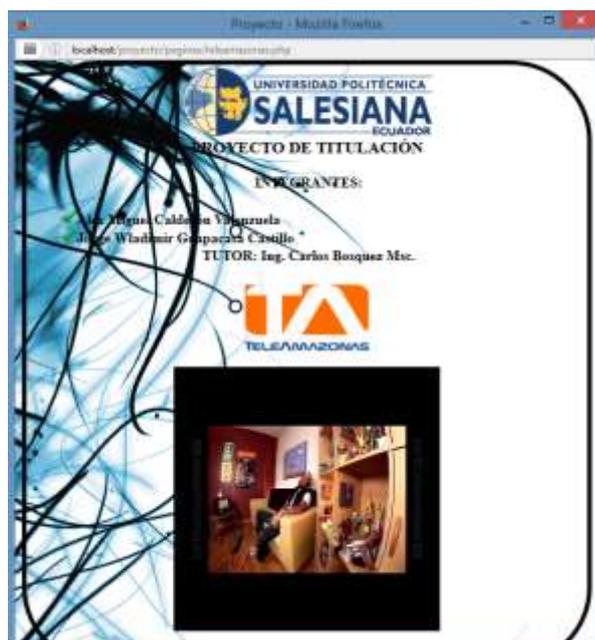
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

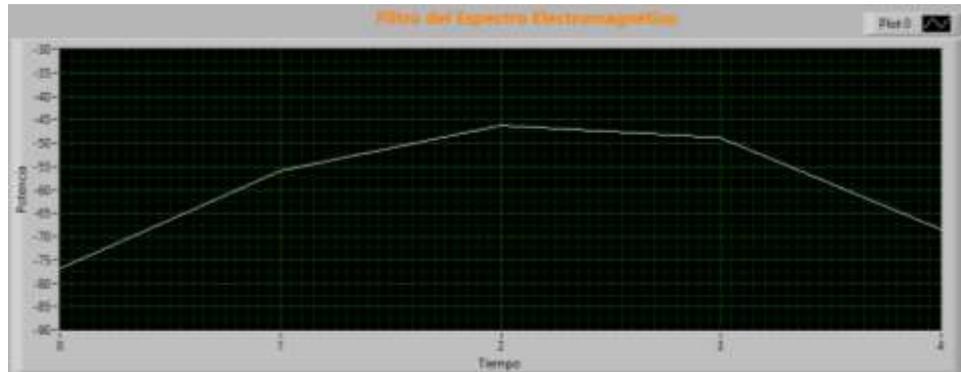


Visualización en un sitio web del video.

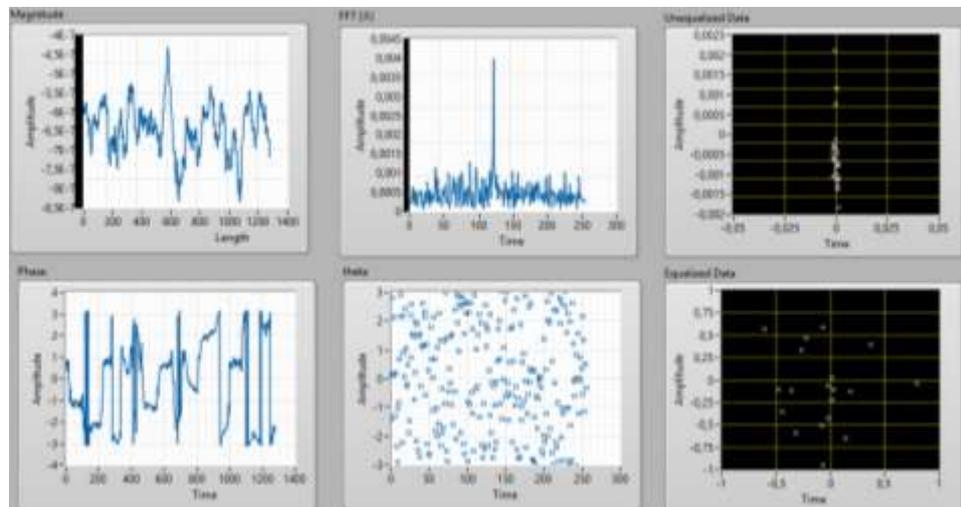


## SECTOR PLAYAS

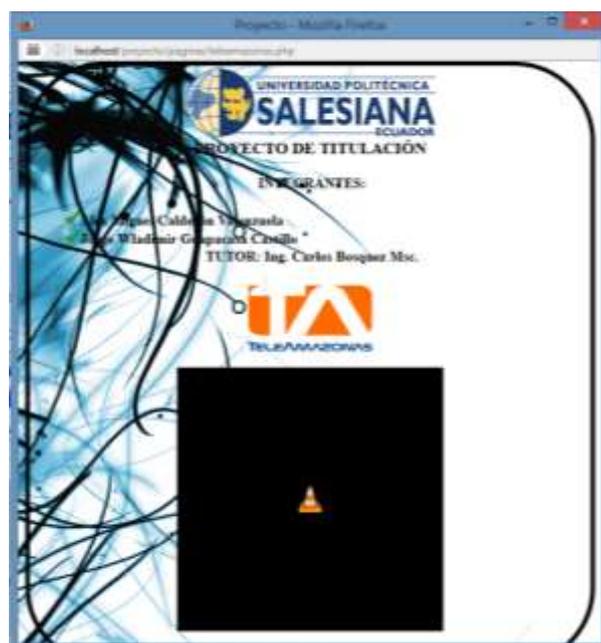
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



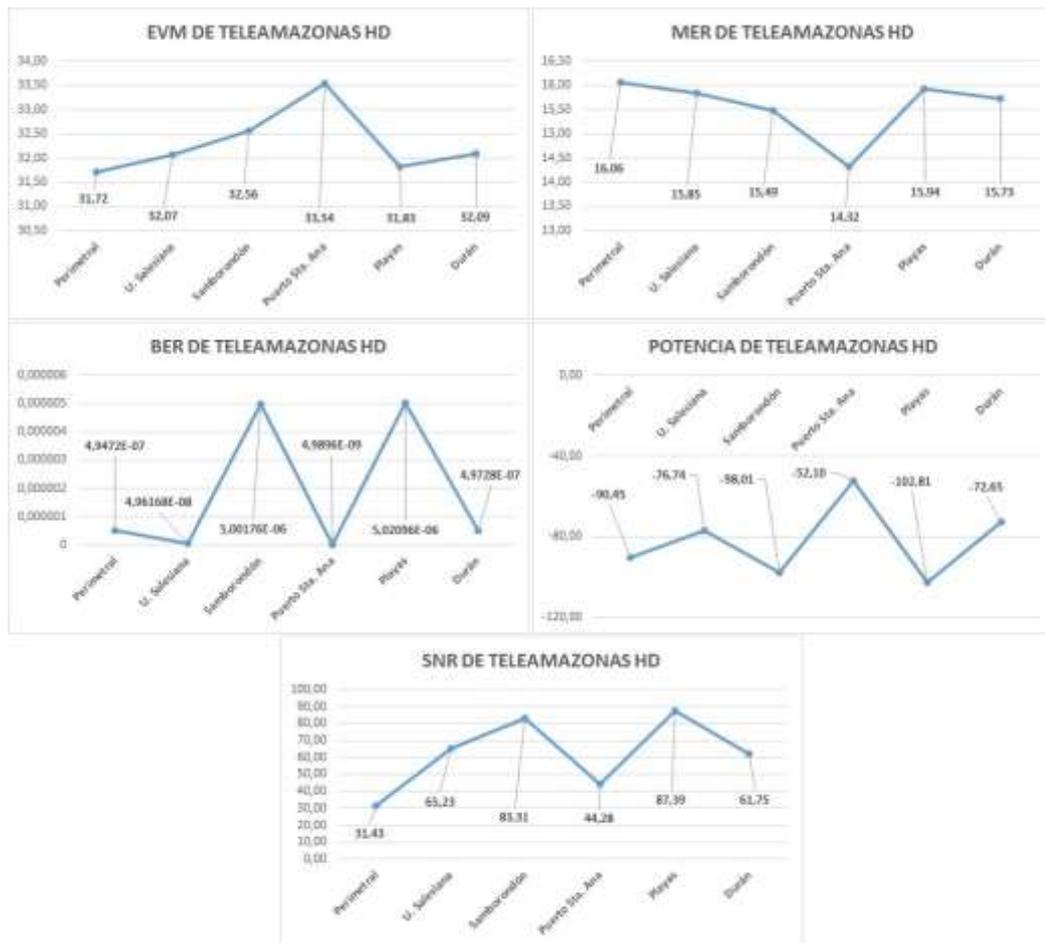
Análisis OFDM.



Visualización en un sitio web del video.



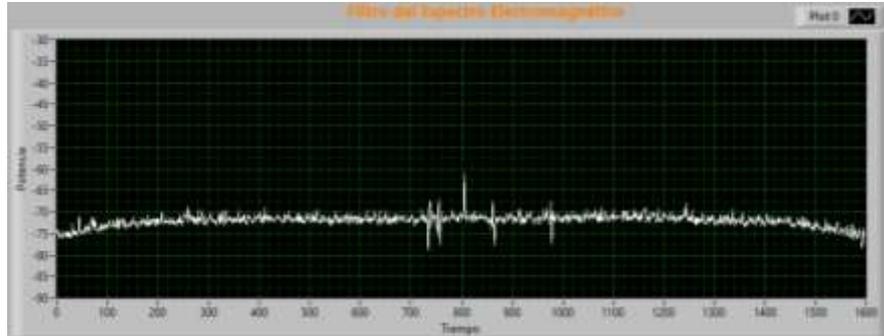
Gráficas del promedio de los valores medidos EVM, MER, BER, POTENCIA y SNR.



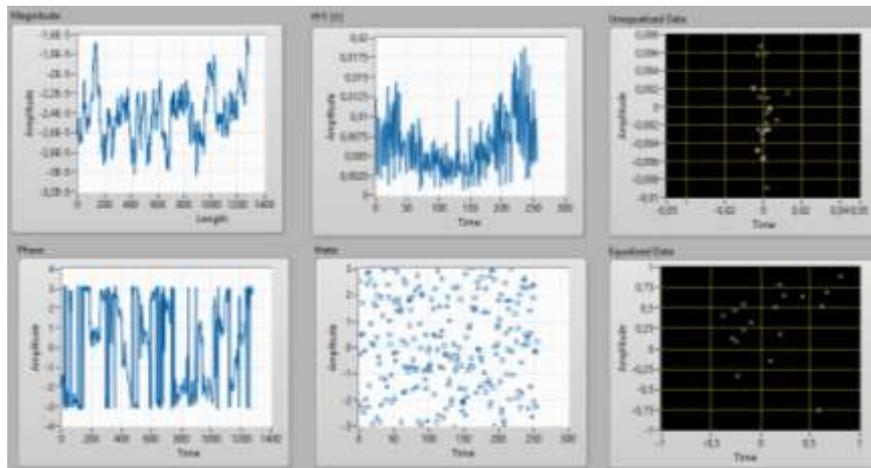
### Anexo 3: Imágenes de los datos adquiridos de TC HD

#### SECTOR LA PERIMETRAL

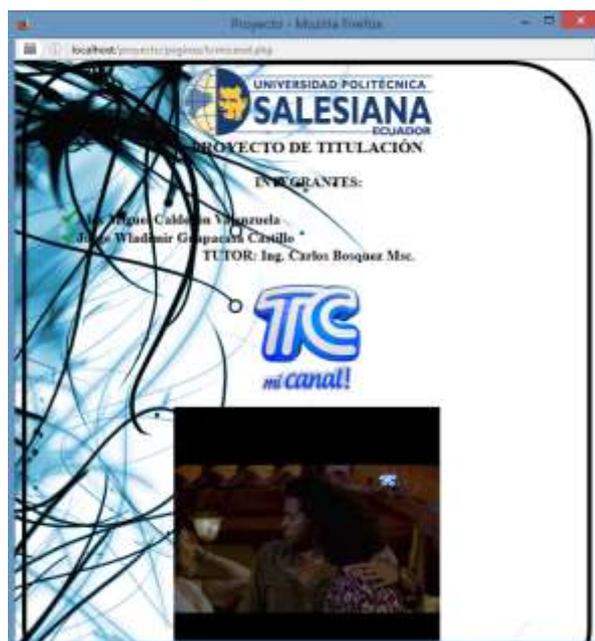
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

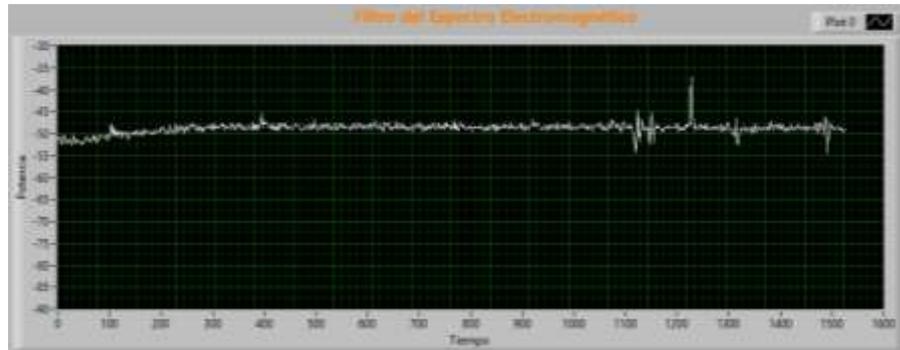


Visualización en un sitio web del video.

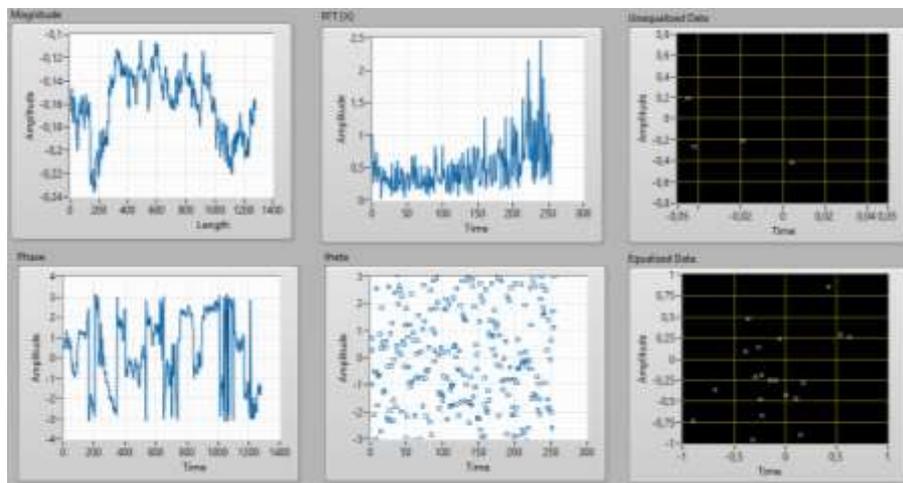


## SECTOR PUERTO SANTA ANA

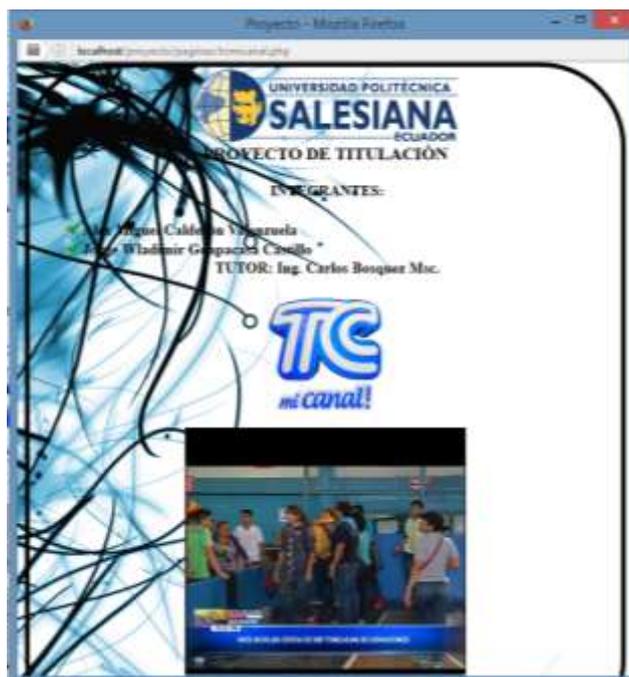
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

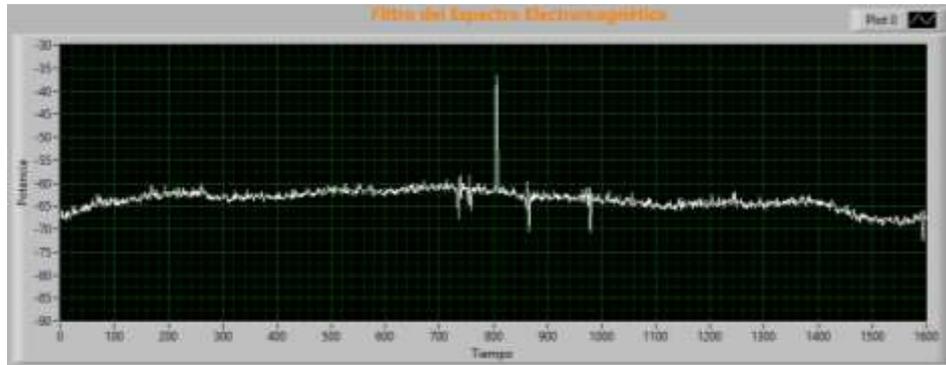


Visualización en un sitio web del video.

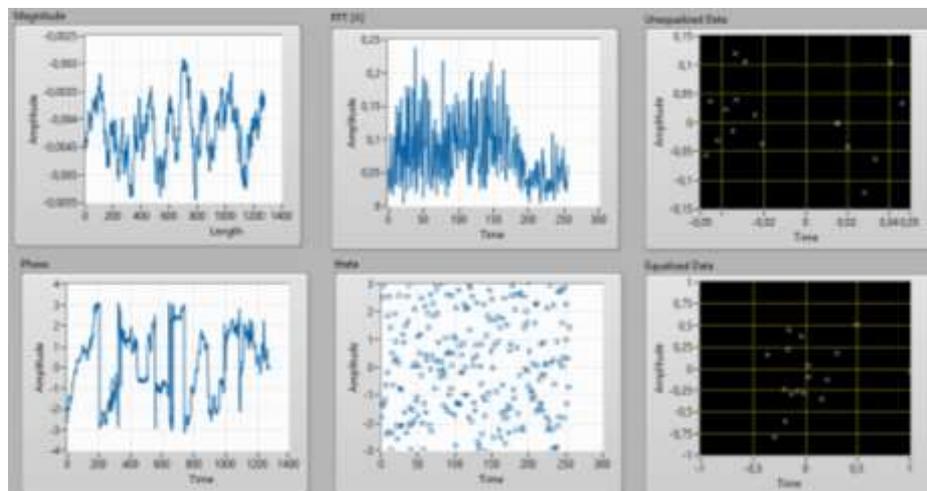


## SECTOR UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

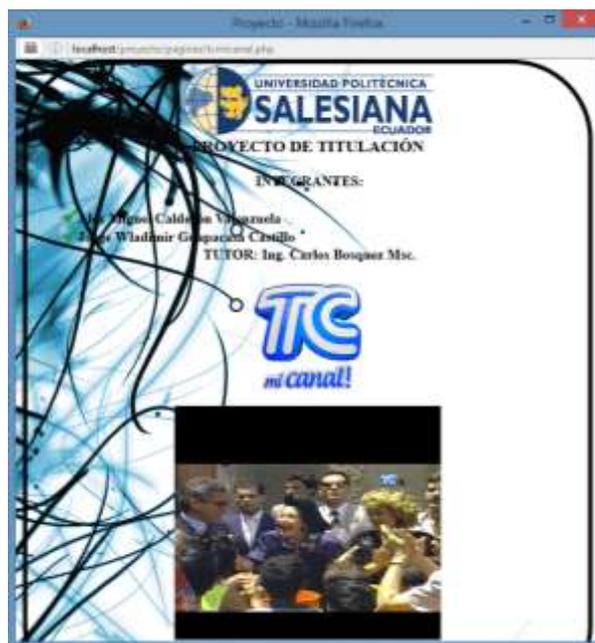
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

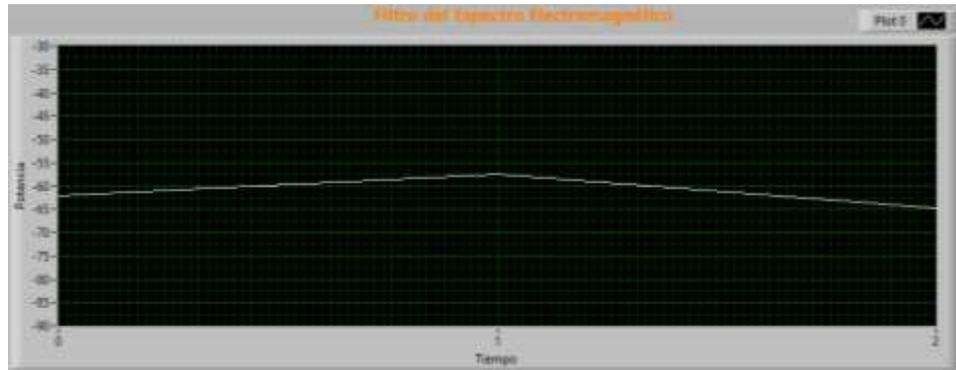


Visualización en un sitio web del video.

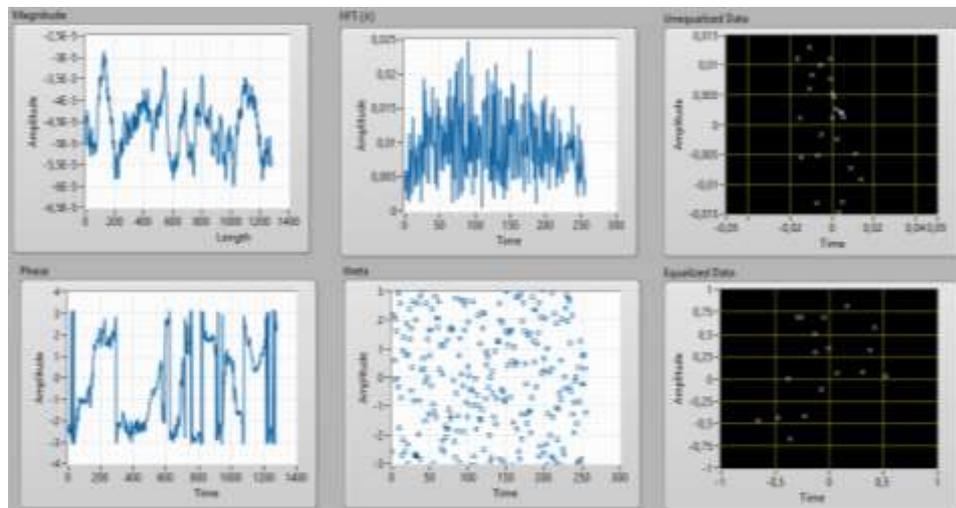


## SECTOR SAMBORONDÓN

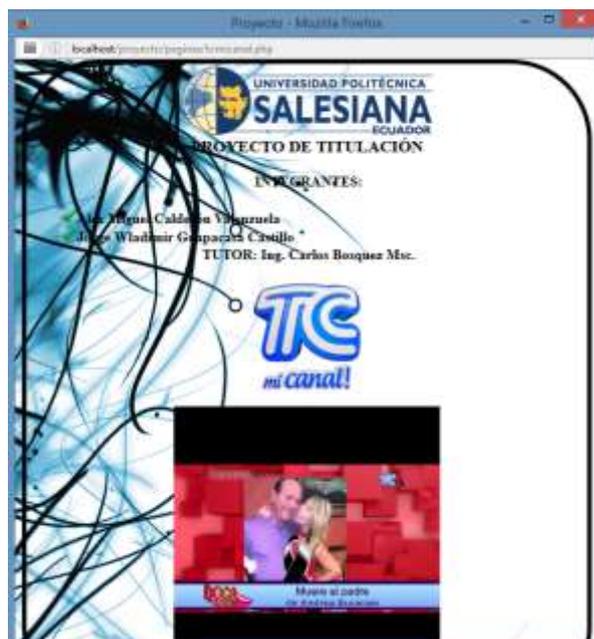
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

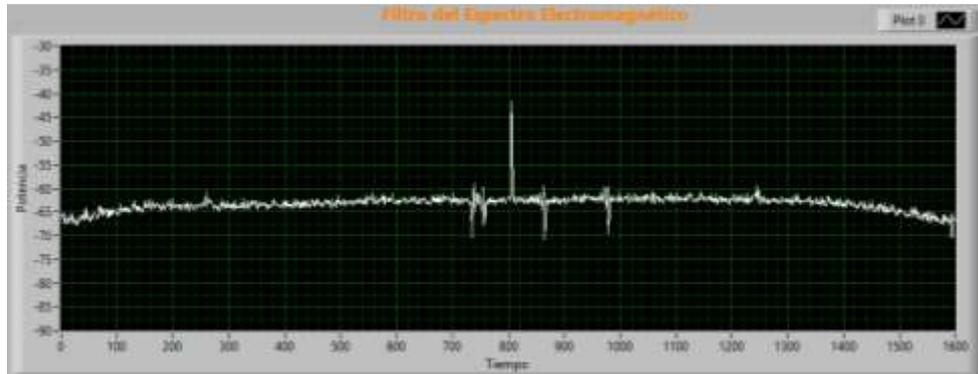


Visualización en un sitio web del video.

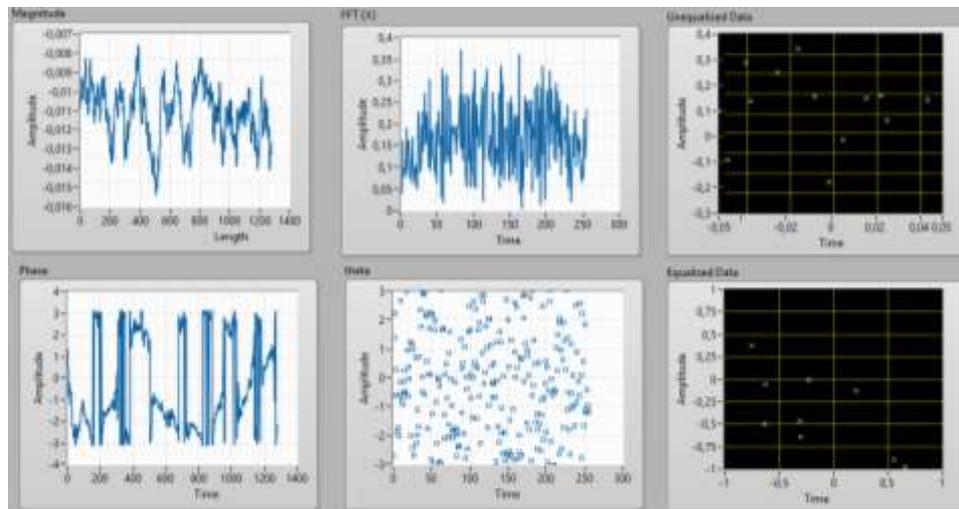


## SECTOR DURÁN

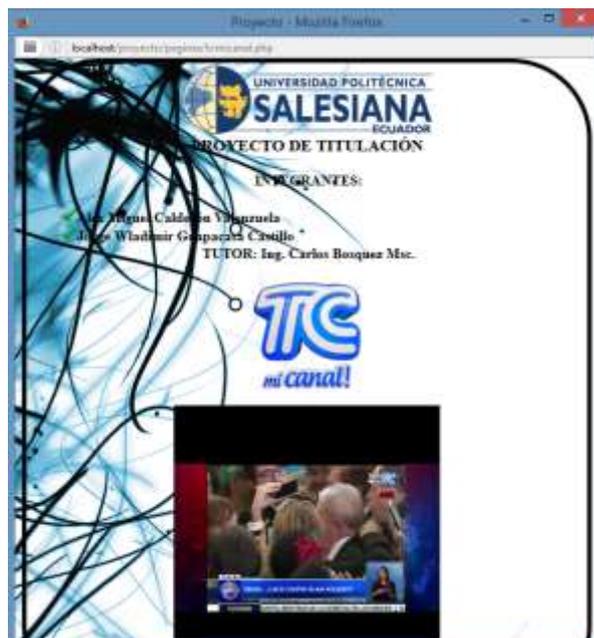
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

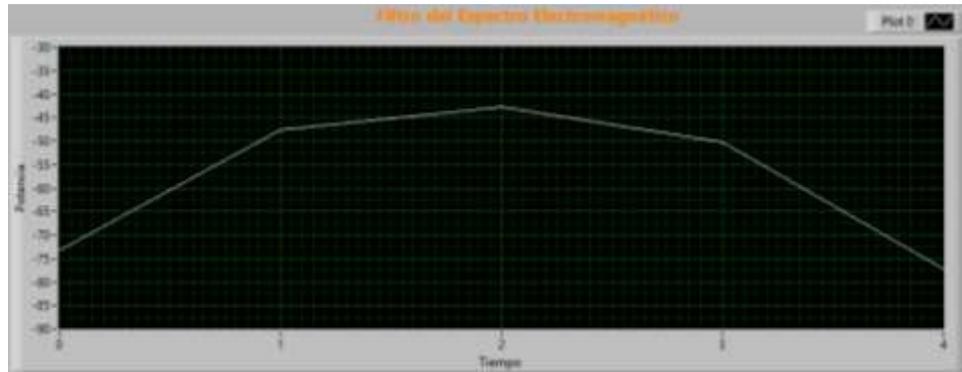


Visualización en un sitio web del video.

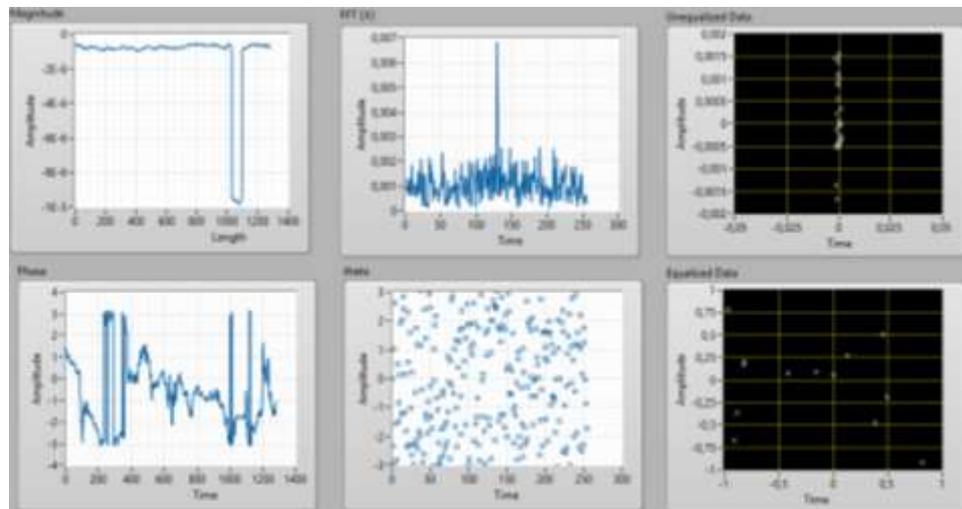


## SECTOR PLAYAS

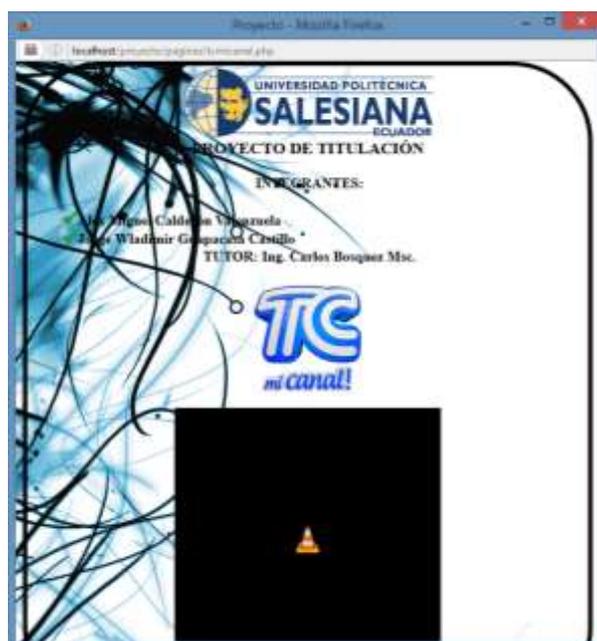
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.



Visualización en un sitio web del video.



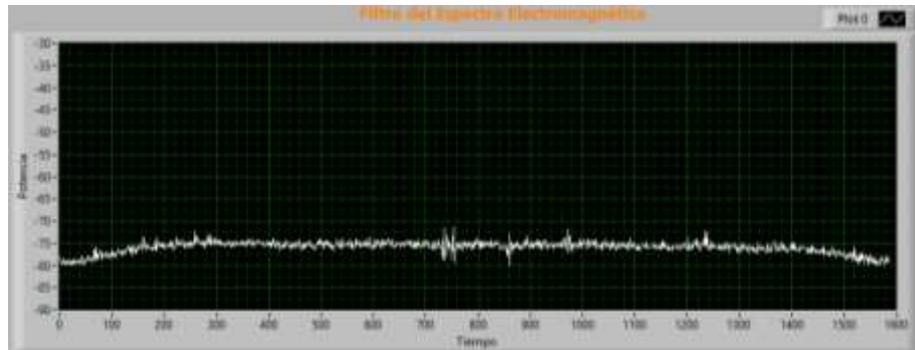
Gráficas del promedio de los valores medidos EVM, MER, BER, POTENCIA y SNR.



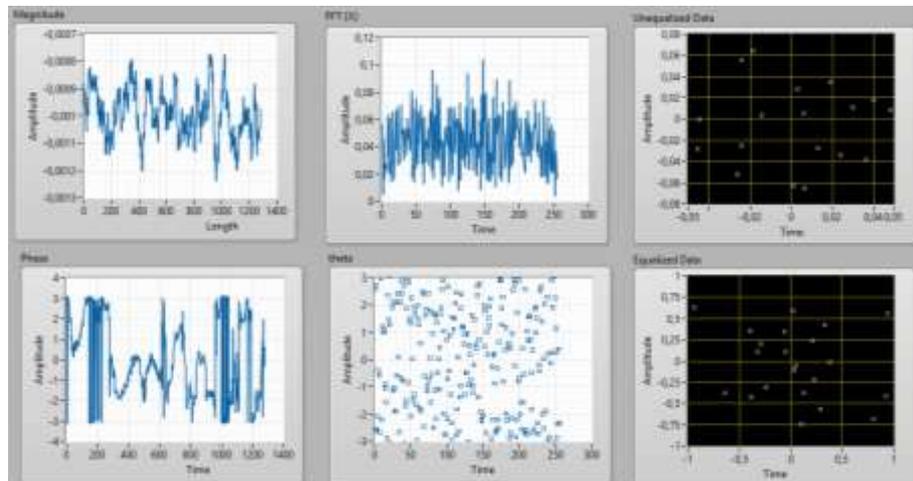
## Anexo 4: Imágenes de los datos adquiridos de Canal UNO HD

### SECTOR LA PERIMETRAL

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

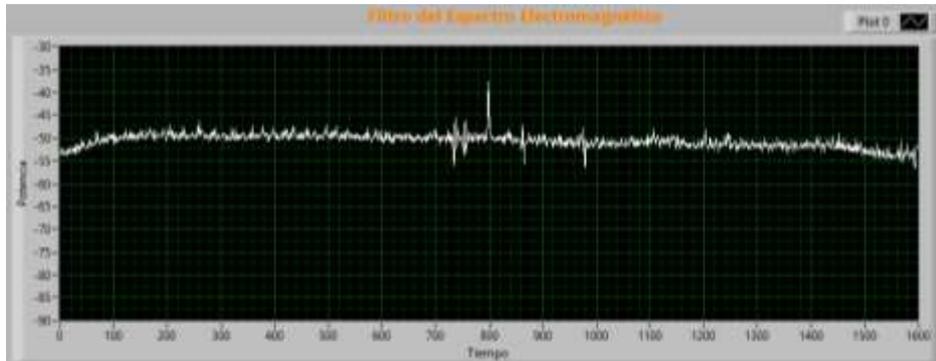


Visualización en un sitio web del video.

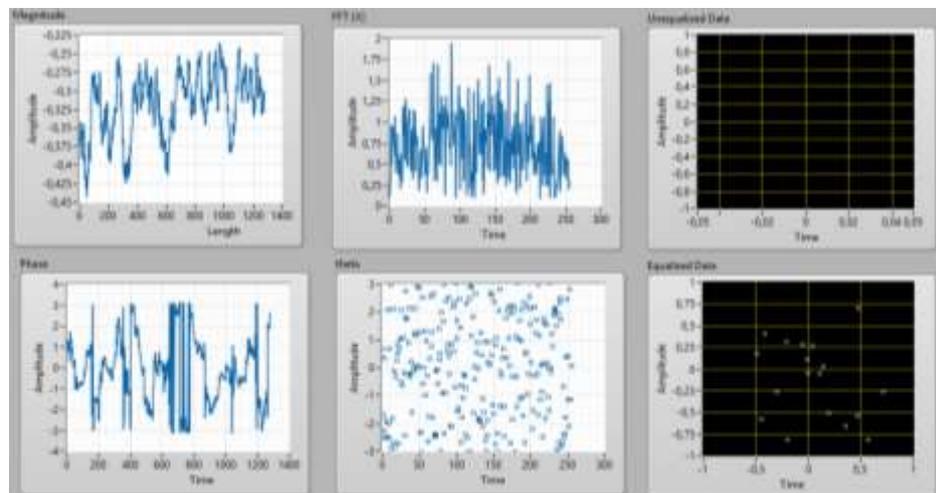


## SECTOR PUERTO SANTA ANA

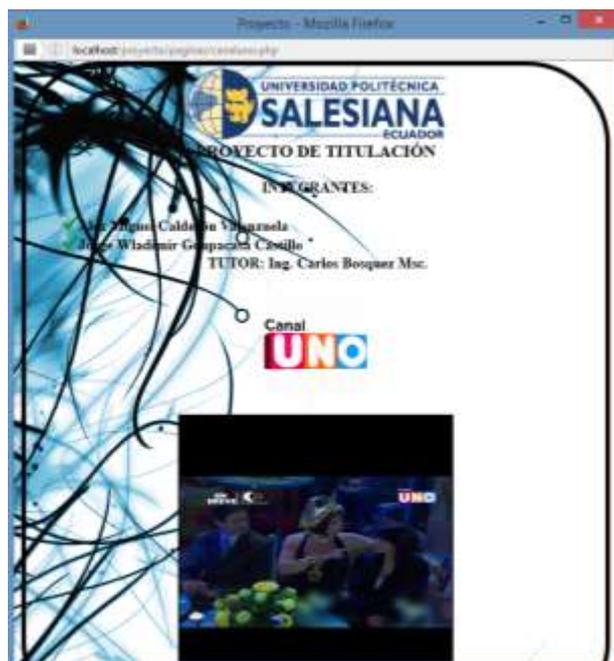
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

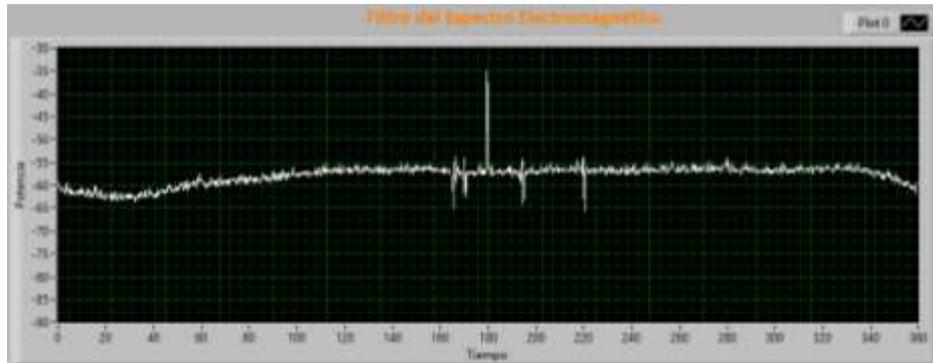


Visualización en un sitio web del video.

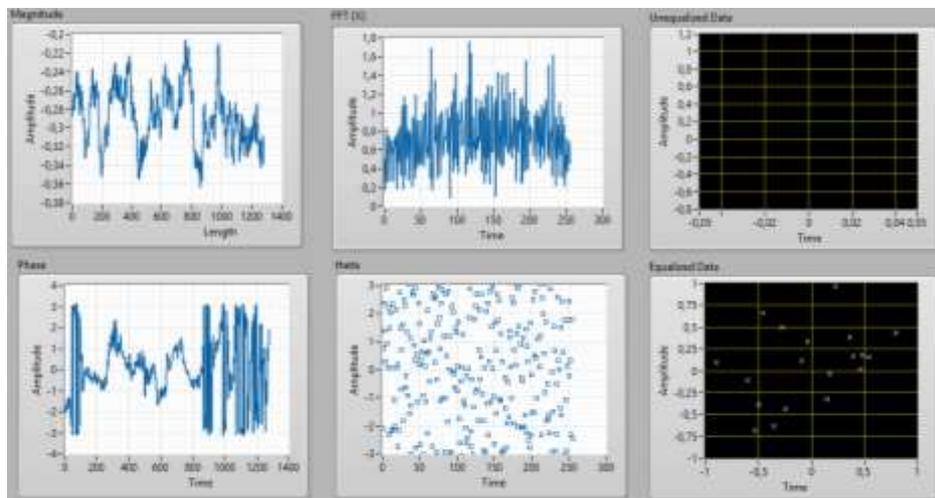


## SECTOR UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

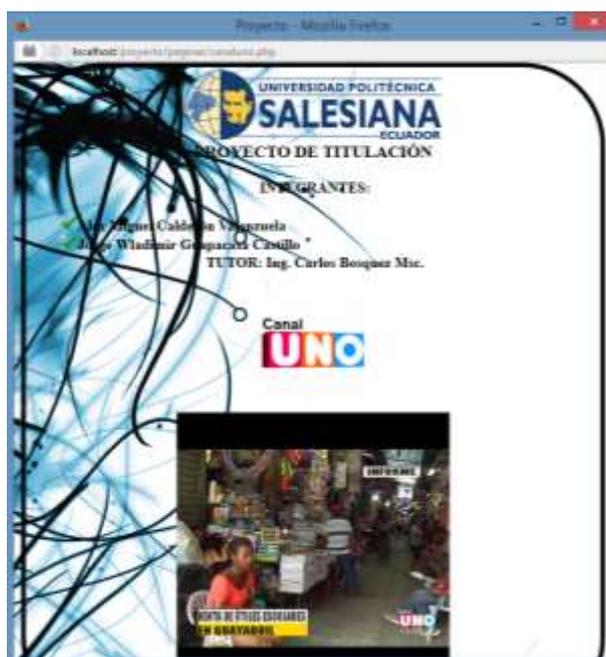
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

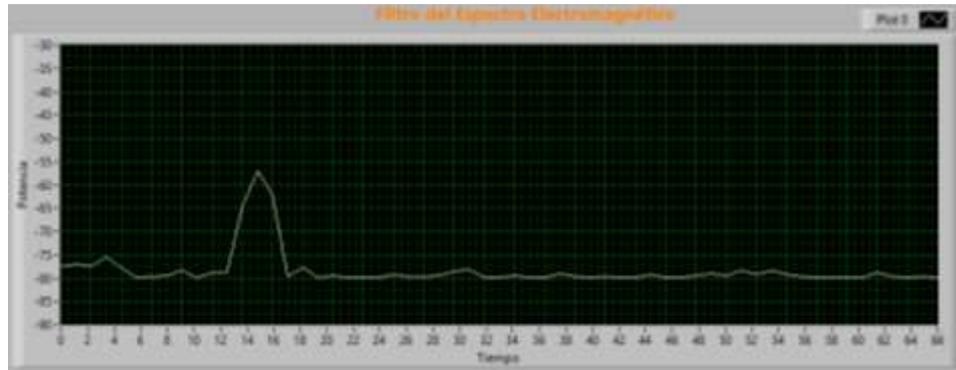


Visualización en un sitio web del video.

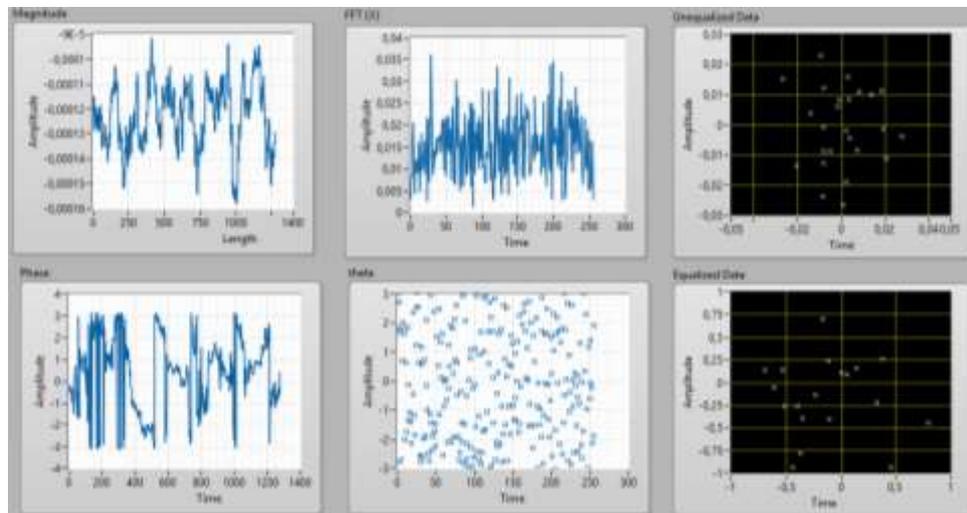


## SECTOR SAMBORONDÓN

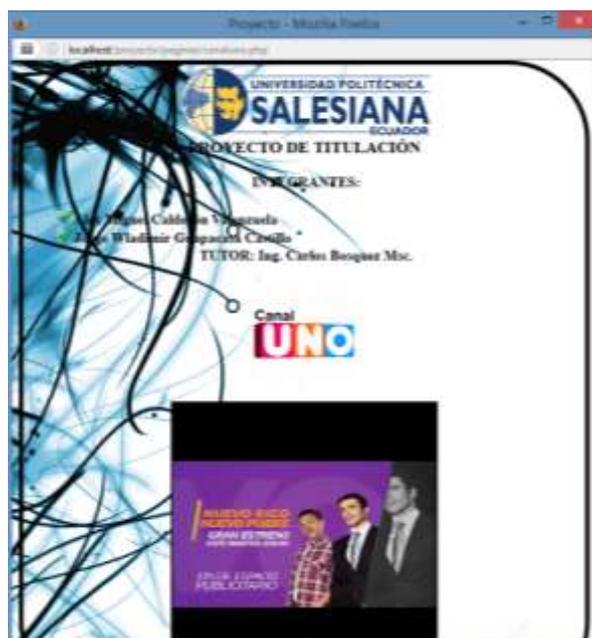
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

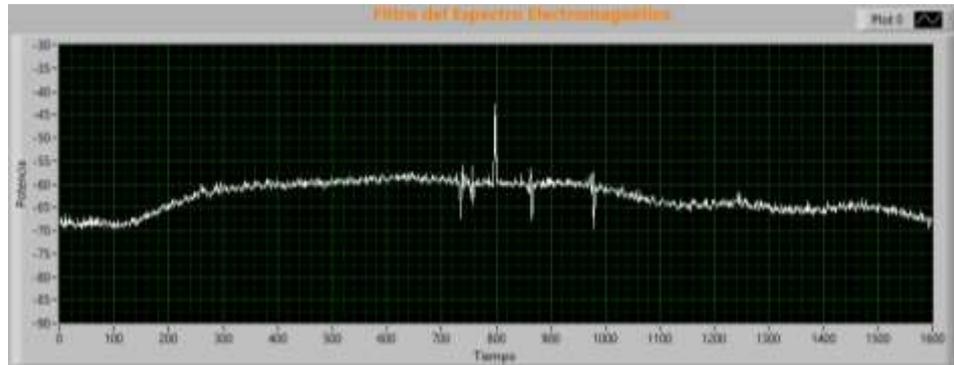


Visualización en un sitio web del video.

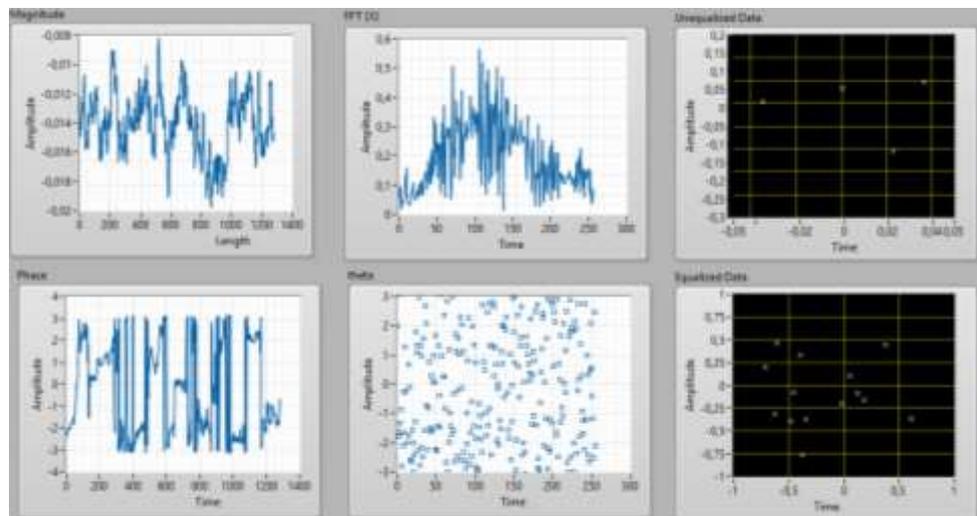


## SECTOR DURÁN

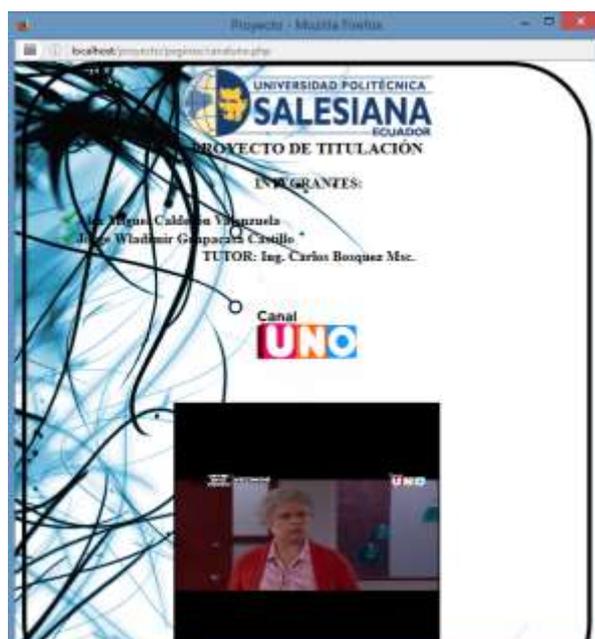
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

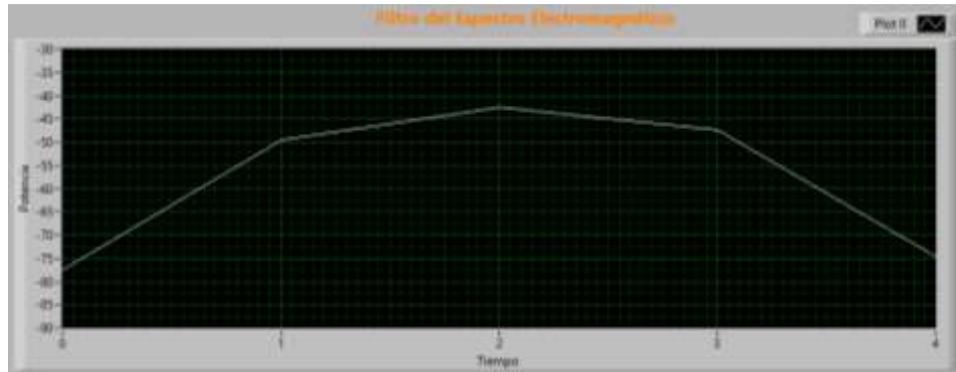


Visualización en un sitio web del video.

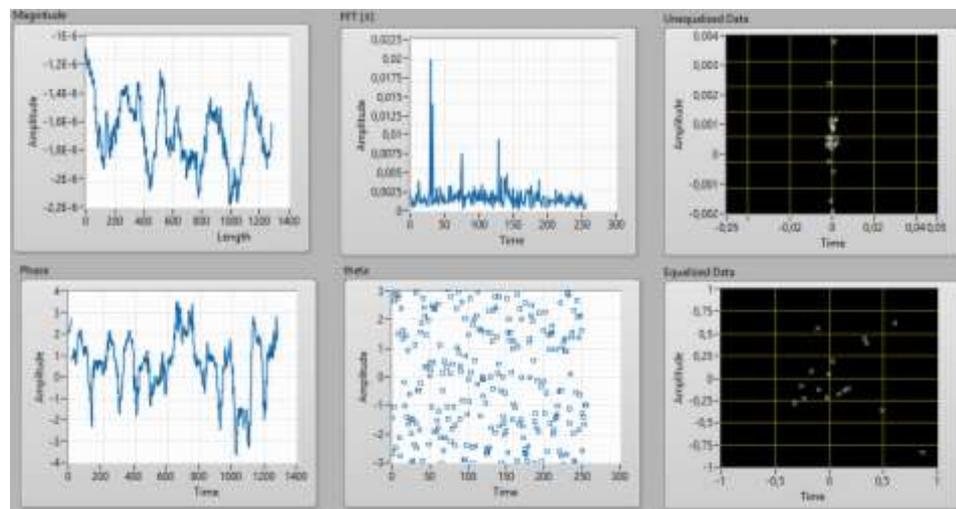


## SECTOR PLAYAS

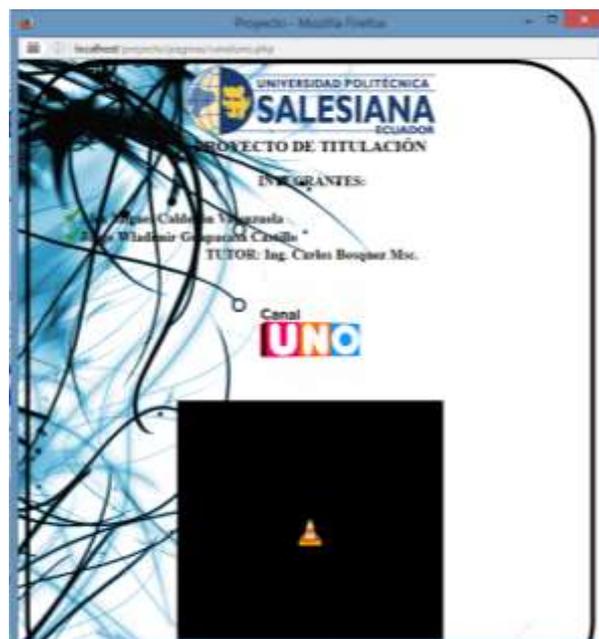
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



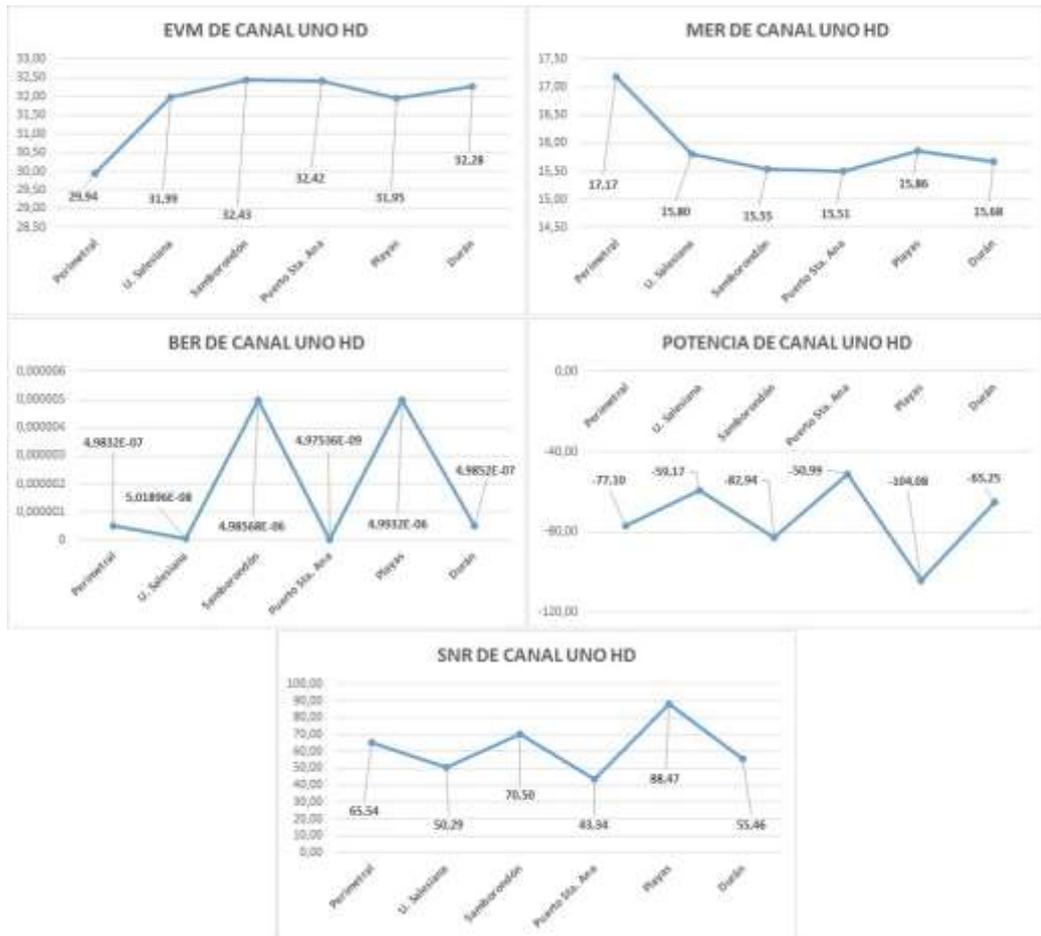
Análisis OFDM.



Visualización en un sitio web del video.



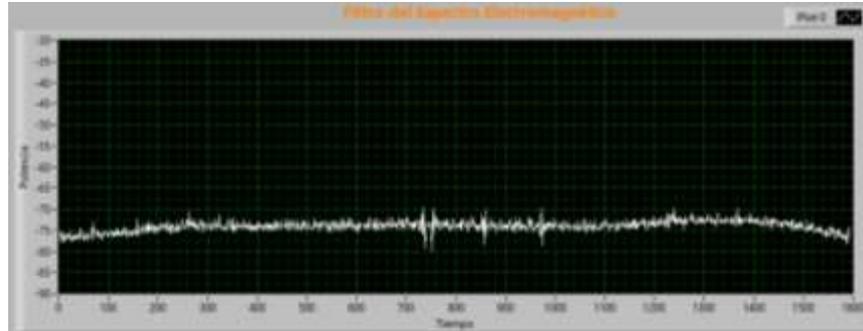
Gráficas del promedio de los valores medidos EVM, MER, BER, POTENCIA y SNR.



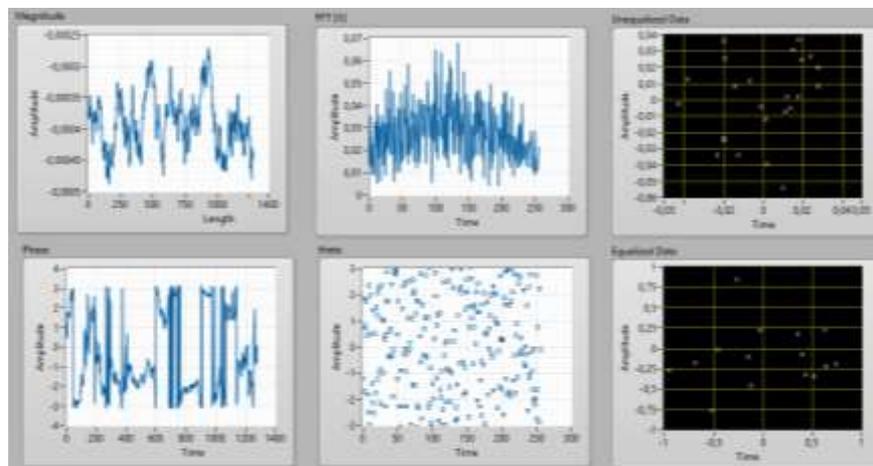
## Anexo 5: Imágenes de los datos adquiridos de Oromar HD

### SECTOR LA PERIMETRAL

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

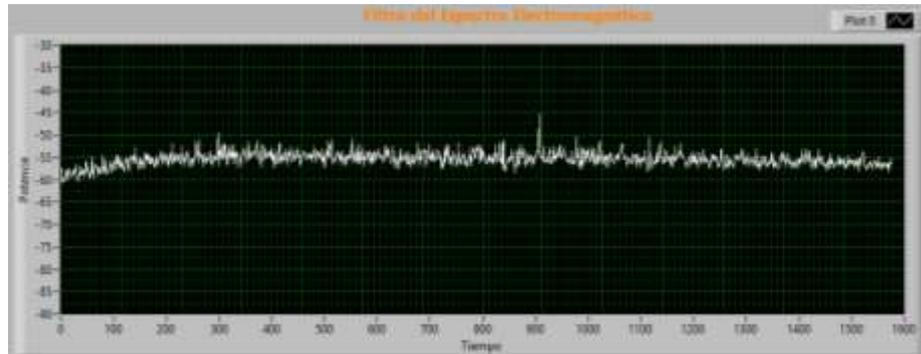


Visualización en un sitio web del video.

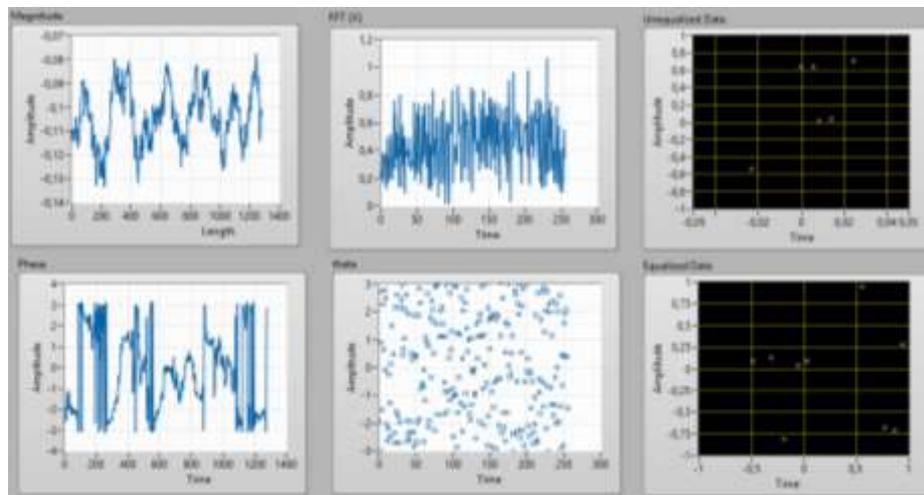


## SECTOR PUERTO SANTA ANA

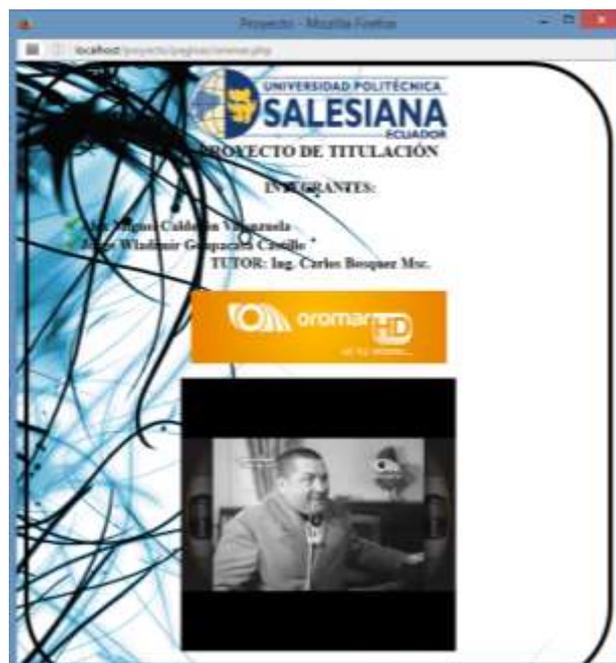
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

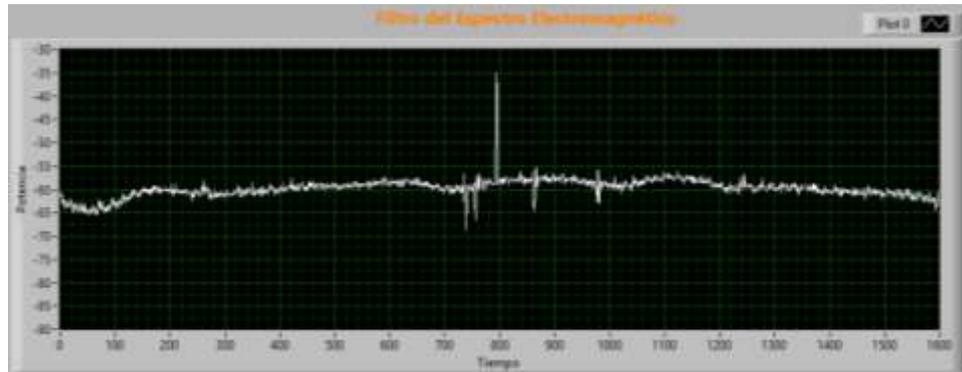


Visualización en un sitio web del video.

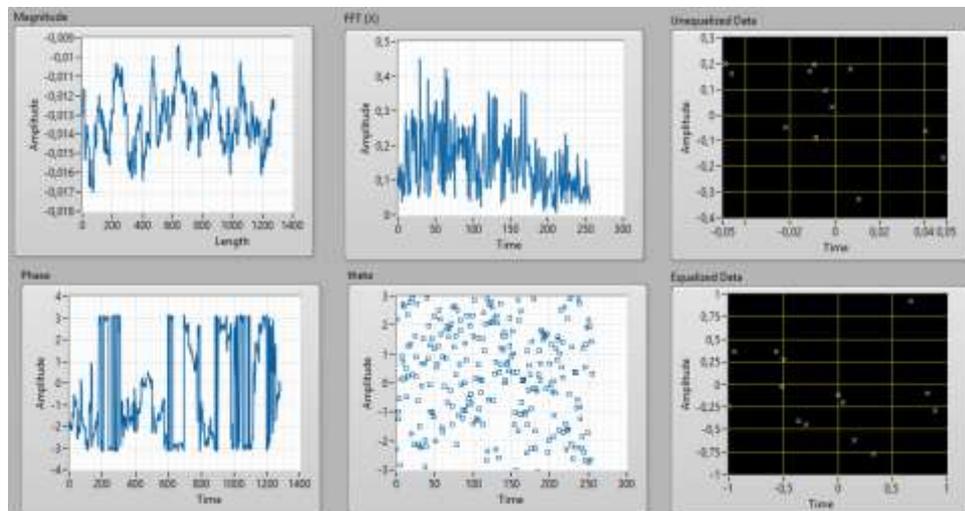


## SECTOR UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

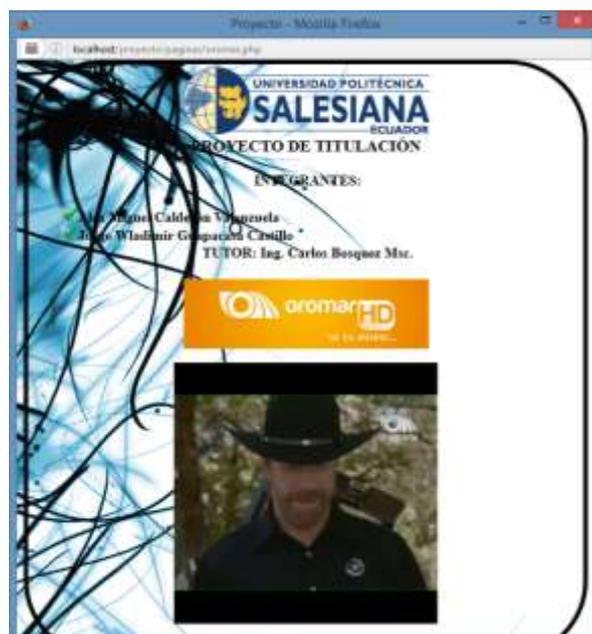
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

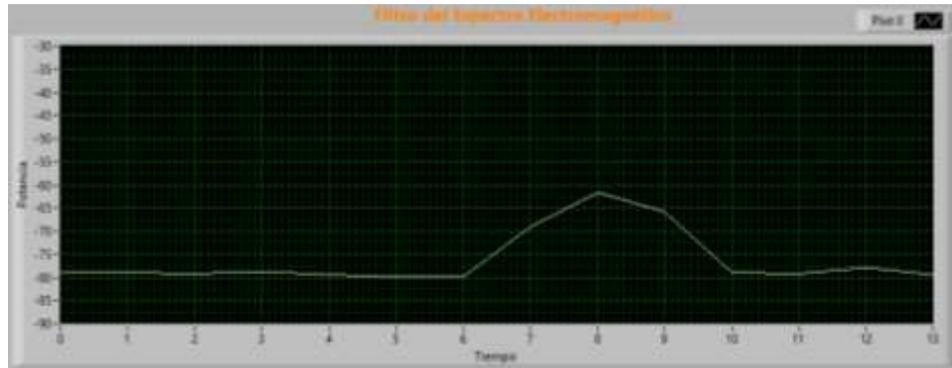


Visualización en un sitio web del video.

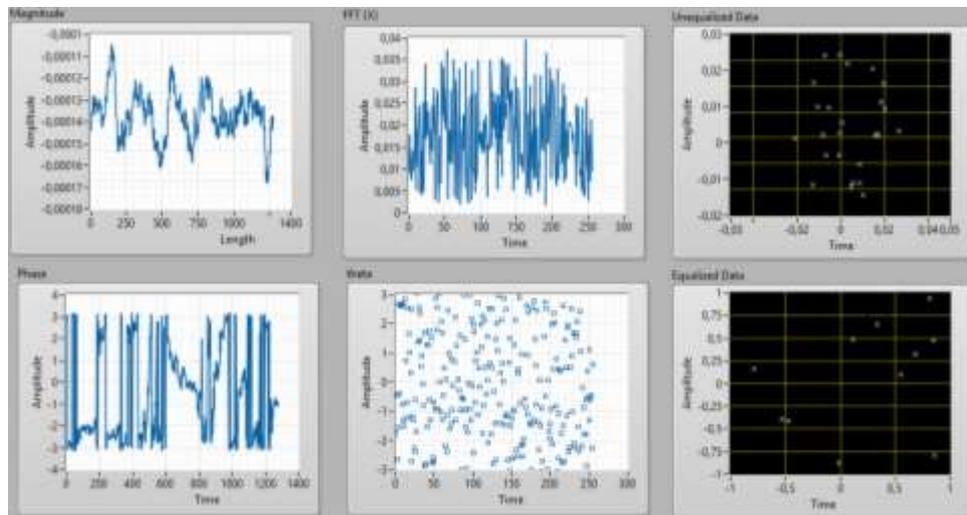


## SECTOR SAMBORONDÓN

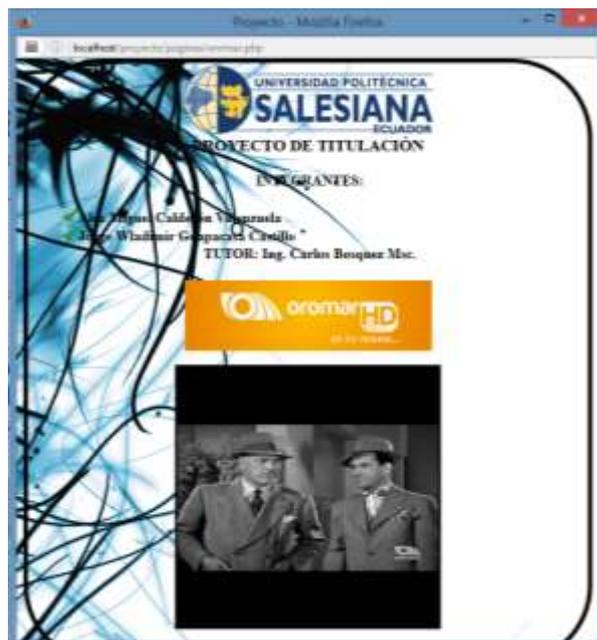
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

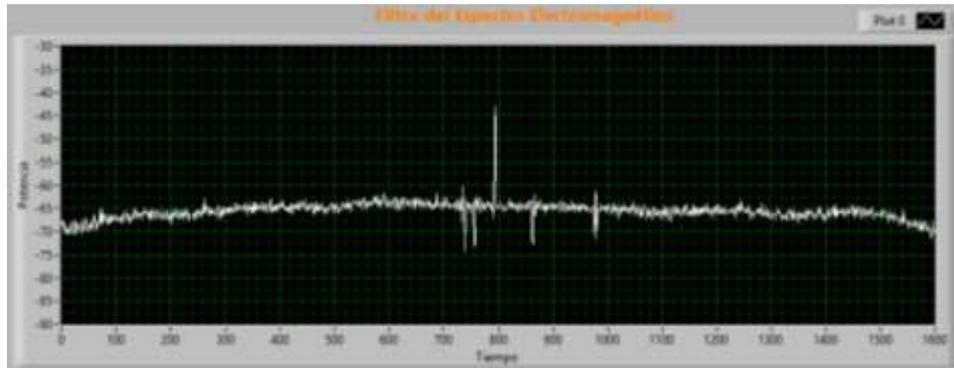


Visualización en un sitio web del video.

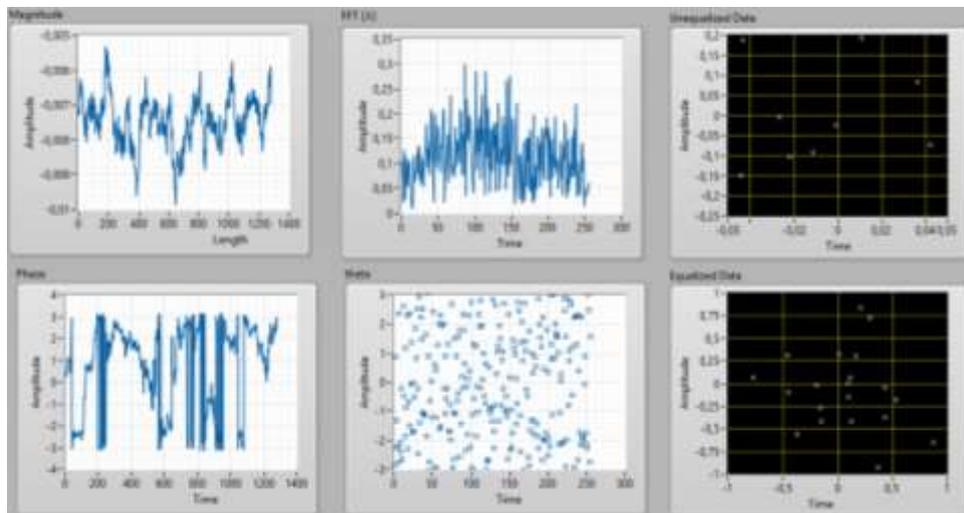


## SECTOR DURÁN

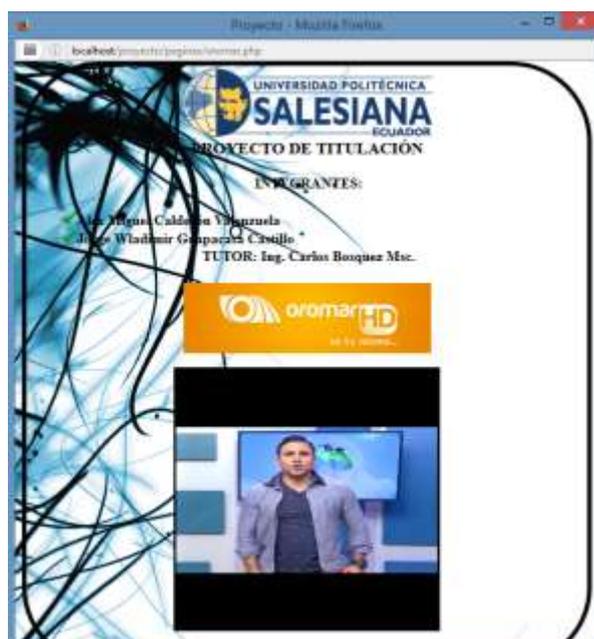
Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



Análisis OFDM.

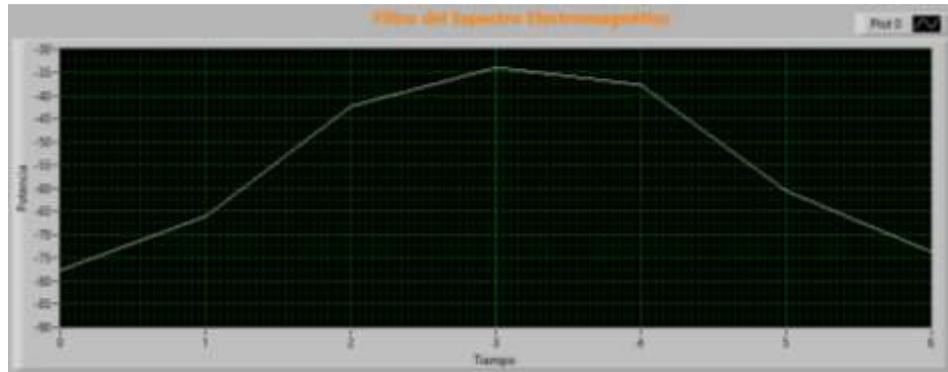


Visualización en un sitio web del video.

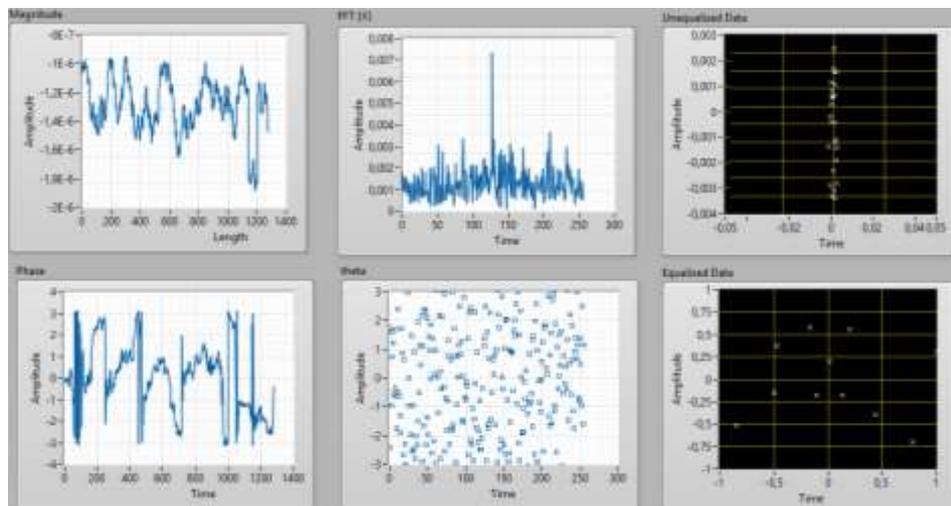


## SECTOR PLAYAS

Parámetro de búsqueda de picos del espectro electromagnético.



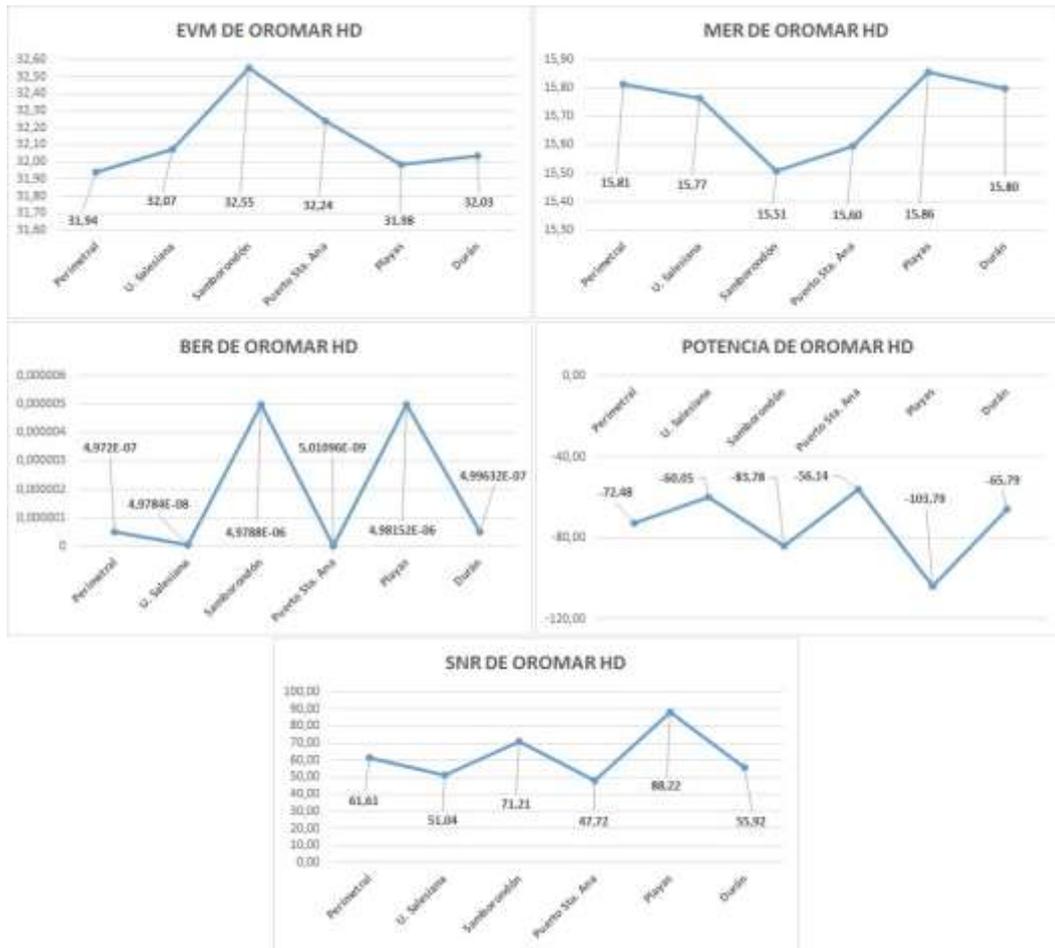
Análisis OFDM.



Visualización en un sitio web del video.

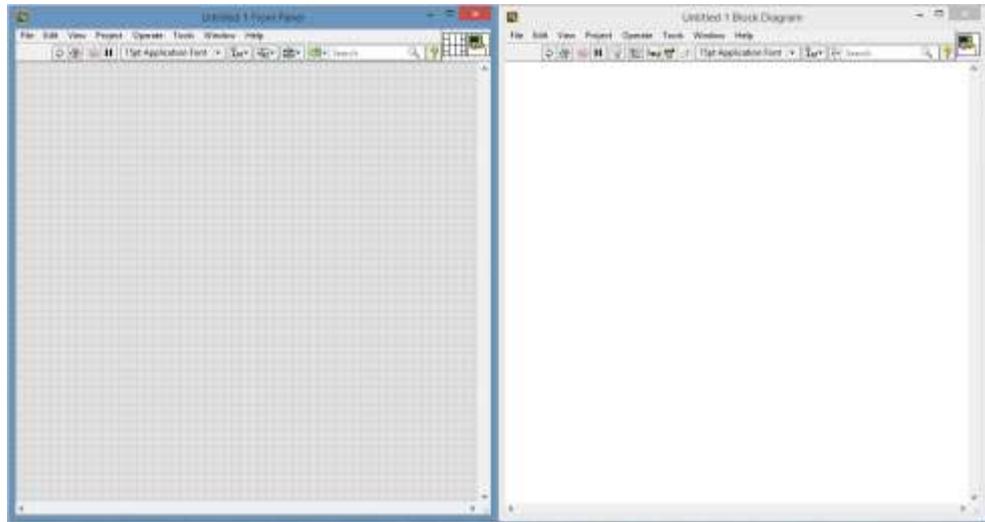


Gráficas del promedio de los valores medidos EVM, MER, BER, POTENCIA y SNR.

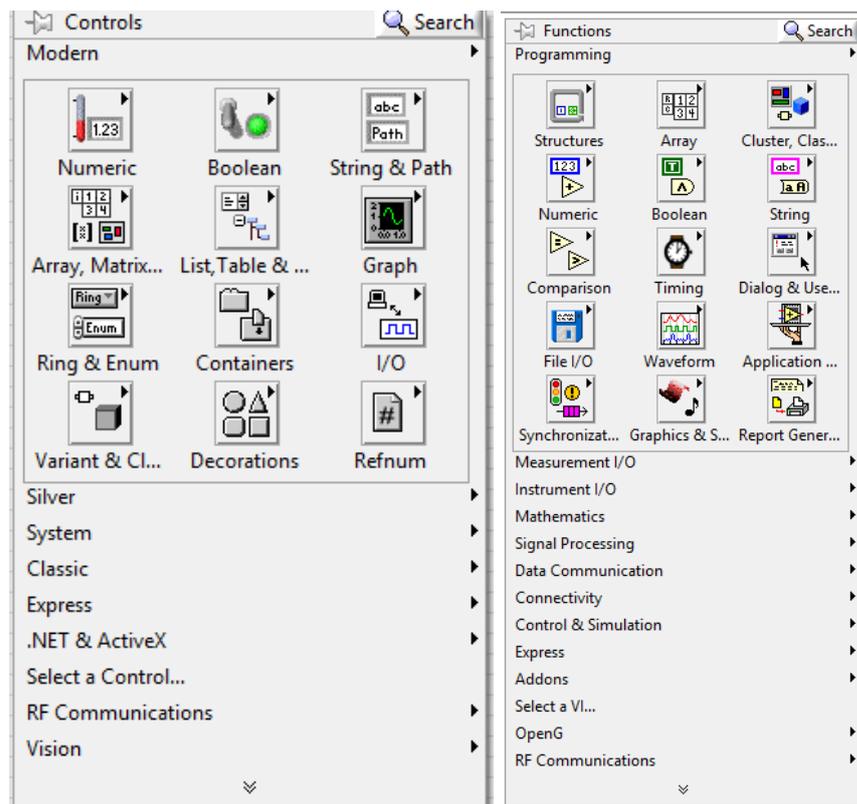


## Anexo 6: Partes básicas de la interfaz gráfica de LabVIEW

### Paneles frontales

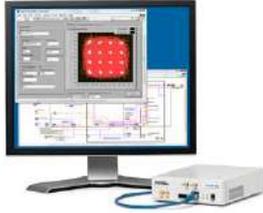


### Paleta de controles y de funciones



# ANEXO 7: Datasheet del equipo NI USRP

**NI USRP-292x/293x Datasheet**  
**Universal Software Radio Peripherals**




- Affordable, rapid prototyping solution
- Tunable RF transceivers options covering 50MHz – 6GHz
- Stream up to 25MS/s baseband IQ for live host-based processing with LabVIEW
- Optional GPS disciplined OCXO improves clock precision and enables global device synchronization position (USRP-293x)
- Plug-and-play MIMO synchronization
- Reference design examples for record & playback, physical layer prototyping, and spectral monitoring
- NI technical support and 1-year extendable warranty

**Overview**  
 NI USRP-292x and 293x software defined radio transceivers are designed for wireless communications teaching and research. Programmable with LabVIEW software, the USRP hardware is an affordable and easy-to-use RF platform for rapid prototyping applications such as record & playback, physical layer communication, spectrum monitoring, and more. With the ability to transmit and receive RF signals across a wide range of frequencies with up to 20 MHz of real-time bandwidth and plug-and-play MIMO support, the NI USRP enables a broad range of RF communications applications covering common standards such as broadcast radio, digital TV, GSM Cellular, GPS, 802.11 (WiFi) and ZigBee®. LabVIEW brings increased productivity with an intuitive graphical programming approach, and m-file script compatibility enabling development of algorithms for physical layer communications. The NI USRP-293x has an integrated GPS-disciplined clock that provides improved frequency accuracy, synchronization capabilities, and GPS position information.

**Requirements and Compatibility**

<p><b>OS Information</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Windows 7 32-bit</li> <li>Windows 7 64-bit</li> <li>Windows 8.1 32-bit</li> <li>Windows 8.1 64-bit</li> <li>Windows XP</li> </ul>	<p><b>Driver Information</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NI-USRP</li> </ul>	<p><b>Software Compatibility</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>LabVIEW</li> </ul>
---	--	--

[Back to Top](#)

**Comparison Tables**

Model	Frequency	GPS-Disciplined	Freq. Accuracy (No GPS Antenna)
NI USRP-2920	50 MHz to 2.2 GHz	No	2.5 ppm
NI USRP-2921	2.4 to 2.5 GHz and 4.9 to 5.9 GHz	No	2.5 ppm
NI USRP-2922	400 MHz – 4.4 GHz	No	2.5 ppm
NI USRP-2930	50 MHz – 2.2 GHz	Yes	25 ppo
NI USRP-2932	400 MHz – 4.4 GHz	Yes	25 ppo

**Application and Technology**  
**An Affordable Lab-Ready Solution**  
 The USRP software defined radio offers new opportunities for RF and communications education, which traditionally has been focused on mathematical theory. Students can use the platform with LabVIEW to link theory and practical implementation through hands-on execution and exploration of a working communications system using live signals.



Figure 1. The NI Digital Communications Bundle

The NI Digital Communications Bundle is an affordable turnkey solution that addresses both time and budget concerns. It includes a pair of NI USRP-2920 transceivers, which enables implementation of a live communication link at frequencies between 50 MHz and 2.2 GHz with up to a 20 MHz bandwidth. The bundle also features a laboratory manual, *Digital Wireless Communication: Physical Layer Exploration Lab Using the NI USRP*, by Dr. Robert Heath, a professor at The University of Texas at Austin Department of Electrical and Computer Engineering. This material covers each element of a modern digital communications system and culminates with the design of an OFDM radio. The course material includes a printed lab manual with background content, pre-lab exercises, step-by-step lab instructions, and LabVIEW VIs associated with each exercise.

Lab 1.1	AWGN Simulator
Lab 2.1	Modulation/Demodulation
Lab 2.2	Pulse Shaping
Lab 3	Energy Detection
Lab 4	Equalization
Lab 5	Frame Detection
Lab 6	Intro to OFDM
Lab 7	Frequency Correction and Synchronization
Lab 8	OFDM Channel Coding

Table 1. Topics Covered by Digital Wireless Communication: Physical Layer Exploration Lab Using the NI USRP

## ANEXO 8: Datasheet de la Antena Yagi UHF

### DIPOLO DE BANDA ANCHA DIRECTIVO AM – FM PL3Y (2,5 KW / 5 Kw)

- FABRICACION EN ACERO INOXIDABLE
- ESPECIAL PARA USO INDIVIDUAL, O EN APILAMIENTOS PARA SISTEMAS DE MEDIA Y ALTA POTENCIA
- POLARIZACION VERTICAL
- ADAPTACION POR GAMMA MATCH
- ANTENA CORTOCIRCUITADA A TIERRA, PROTECCION CONTRA DESCARGAS ELECTRICAS



#### CARACTERISTICAS ELECTRICAS

	MY – FMPL2Y (2KW/5KW)
Banda de trabajo	87.5 ÷ 108 MHz
Ganancia	7 dBi
ROE	< 1.3 ÷ 1 (banda ancha)
Polarización	Vertical
Apertura de Haz Horizontal	150°
Apertura de Haz Vertical	80°
Potencia Nominal	2,5 Kw / 5 Kw
Impedancia	50 Ω
Conectores	DIN 7/16 – 2,5 KW EIA 7/8" – 5 KW
Protección contra rayos	Cortocircuito a tierra en CC
Longitud	1320 mm
Ancho	85 mm
Alto	1734 mm
Peso	12 Kg
Montaje	Amarre para tubo de 50 a 100 mm Ø
Carga de Viento	44 Kg @ 160 Km/h
Materiales	Acero inoxidable, latón plateado, Cobre-berilio y PYFE

Vías	Ancho del Haz Vertical	Cables latiguillos	Longitud Metros	Potencia Máxima en KW	Ganancia en dBi
2	36°	½"	8	5/10	10
4	17°	½"	9,2	10/20	13
6	11°	½"	15,5	15/30	15
8	8°	½"	21,3	20/40	16
10	7°	½"	27	25/50	17