UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

Elaboración de objetivos de aprendizaje mediante el uso de los equipos USRP para la asignatura de Comunicaciones Inalámbricas

AUTORES: Jair Nicolás Sandoval Triviño

Carlos Luis Dueñas Vega

TUTOR: José Córdova León

GUAYAQUIL – ECUADOR

2025

II. Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Jair Nicolás Sandoval Triviño, con documento de identificación N° 0927411967, y Carlos Luis Dueñas Vega, con documento de identificación N° 0931143135 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 13 de agosto del 2025

Atentamente,

Jair Nicolás Sandoval Triviño
0927411967

Carlos Luis Dueñas Vega
0931143135

SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

III. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana.

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

Nosotros, Jair Nicolás Sandoval Triviño, con C.I. 0927411967 y Carlos Luis Dueñas Vega, con C.I. 0931143135, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Científico: "ELABORACIÓN DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE MEDIANTE EL USO DE LOS EQUIPOS USRP PARA LA ASIGNATURA DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Institución facultada para ejercer plenamente los derechos concedidos.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de agosto del 2025.

Atentamente,

Jair Nicolás Sandoval Triviño
0927411967

Carlos Luis Dueñas Vega
0931143135

IV. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación.

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

Yo, José Renato Córdova León, con documento de identificación No. 0919123067 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ELABORACIÓN DE OBJETIVOS DE APRENDIZAJE MEDIANTE EL USO DE LOS EQUIPOS USRP PARA LA ASIGNATURA DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, realizado por Jair Nicolás Sandoval Triviño, con documento de identificación N° 0927411967, y Carlos Luis Dueñas Vega, con documento de identificación N° 0931143135, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 13 de agosto del 2025.

Atentamente,

José Renato Córdova León

V. Dedicatoria

Dedico el presente proyecto de investigación a mi familia por acompañarme en este camino que para mí no ha sido fácil, a Dios por darme salud y fortaleza, por darme la capacidad de poder avanzar, por permitirme superar las dificultades que esta condición del Espectro Autismo representa en la sociedad.

Es importante mencionar en esta dedicatoria a la Universidad Salesiana que ha sido mi segundo hogar ya que la mayor parte de mi tiempo lo he pasado aquí con mis compañeros y maestros, espero que con el tiempo la universidad sea más inclusiva ya que las personas que tenemos esta condición somos neurotípicos, unos neurodivergentes y otros neurodiversos, a veces me muevo mucho, hablo cuando no debo, me cuesta concentrarme, pero no lo hago para molestar, ni llamar la atención de nadie a veces me distraigo fácilmente, pero también puedo ver cosas que otros NO mi cerebro va rápido, y aunque eso a veces se me complica receptar lo que otros me disponen, a veces tengo ideas locas, divertidas y creativas puede que me cueste seguir algunas reglas y ordenes o terminar una tarea a tiempo pero no es porque no me importe ni porque no me esfuerce la verdad, siempre intento dar lo mejor de mí, pero a veces es difícil porque muchas veces los resultados no son los que se esperan para otros por lo tanto toda la información que poseemos en nuestra memoria no siempre podemos expresarlo por escrito, ni en palabras, pero si en acciones. Se requiere rodearse de personas empáticas con paciencia, respeto y tolerancia ante situaciones que muchas veces no podemos expresar, los jóvenes que poseemos esta condición tenemos una manera diferente de asimilar órdenes y disposiciones que para el resto de personas pueden ser simples, pero para nosotros no.

Esta dedicatoria, es para mi madre y hermana que han estado siempre a mi lado apoyándome, su amor incondicional hizo que no me detenga y de siempre lo mejor de mí así el mundo opine lo contrario.

Este artículo no solo es la demostración de mi esfuerzo, también es la recompensa de todas las veces que mi papá y mi mamá han hecho inmolaciones dejando de lado algunas responsabilidades por cumplir con otra responsabilidad más grande que soy yo Y LO HE LOGRADO Gracias Dios por darle salud y mantener con vida a mis padres.

Jair Sandoval Triviño

Dedico este trabajo a mis padres, a mi hermana y muy en especial a mi querido abuelo Luis Vega, quien siempre soñó con esta titulación profesional y ahora me cuida desde el cielo.

Carlos Dueñas Vega

VI. Agradecimiento

Mi agradecimiento infinito es para Dios mi creador por darme la fuerza, la sabiduría y la paz que necesito porque solo él decide por cada uno de nosotros y si hoy estoy aquí es por él, por el propósito que tiene para mí en esta vida; he finalizado un proyecto de investigación con un desarrollo teórico y práctico algo difícil, complicado, pero no imposible que ha puesto en jaque mi estado sensorial (social, creativo, emocional, cognitivo y físico).

Agradezco a mi familia que ha sido mi pilar fundamental en mi crecimiento personal, a papá por su amor por su apoyo económico, por ser mi modelo de esfuerzo y responsabilidad por su compañía en nuestros paseos y sus consejos, a mamá cuyo inquebrantable amor y constante dedicación incesante, sus consejos han alimentado mi diario vivir, su carácter me ha dado valor de seguir avanzando, mis hermanas Paola y Stefanía porque de ellas rescato lo mejor mujeres fuertes, valientes e inteligentes y la más importante mi hermana Johanna, quien me ha acompañado en todo momento desde que soy pequeño con paciencia, coraje, con carácter y amor ha estado acompañándome en mi desarrollo personal y profesional, en este camino ella ha sido mi guía yo su contante, mi hermana es mi amiga, mi compañera, mi familia mi piedra angular

Agradezco al Ing. Víctor Huilcapi anterior director de carrera, por sus consejos y el potencial que vio en mí, la primera vez que me entreviste con él, al Ing. David Cárdenas actual director de carrera y al El Ing. José Córdova, quien ha orientado mi tesis, ha sido un pilar clave en este trayecto que ha llevado a la culminación y crecimiento de mi proyecto de graduación, brindándome una dirección invaluable y respaldo en diversas áreas, tanto académicas como en mi desarrollo personal y profesional.

Por último, agradezco de manera continua a mis guías, las cátedras del Ing. Yajaira Bermeo, Ing. Alicia Naranjo y el Ing. Freddy Potes, por su asistencia incondicional.

Jair Sandoval Triviño

Primero, doy gracias a Dios por darme vida, salud y fortaleza.

Agradezco a mi familia por todo su amor y apoyo cada día.

Agradezco a mi Tutor, Ing. José Córdova León, por toda su paciencia y enseñanzas a lo largo del proceso de titulación, a mi director de Carrera, Ing. David Cárdenas y a todos mis profesores que me acompañaron a lo largo de estos años de estudio.

Gracias a todos quienes de una u otra manera me brindaron su ayuda para iniciar, continuar y concluir esta importante etapa de mi vida.

Carlos Dueñas Vega

VII. Resumen

La evolución constante de las tecnologías de comunicación inalámbrica exige no sólo la adquisición de conocimientos teóricos en los estudiantes, sino el desarrollo de habilidades prácticas que aporten significativamente a su formación profesional.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar y crear guías prácticas de aprendizaje específicas con un enfoque en transmisión y recepción de señales para el curso de Comunicaciones Inalámbricas, incorporando los dispositivos Universal Software Radio Peripheral (USRP) que posibilitan la realización de prácticas experimentales enfocadas en temas como modulación analógica FM, espectro de frecuencia, propagación de señal WAV, ancho de banda, protocolos del LabVIEW y técnicas de transmisión y recepción, permitiendo a los estudiantes interactuar de forma directa con los sistemas SDR, mejorando habilidades en diseño, análisis, simulación y validación de sistemas inalámbricos.

El SDR (Software Designed Radio) es el dispositivo de radio definida, que permite ofrecer una estructura de RF basada en software para diseñar, desarrollar prototipos y ejecutar de manera eficiente sistemas inalámbricos con procesamiento de señales a la medida. Las alternativas de hardware incluyen desde radios asequibles hasta radios de alto rendimiento que cuentan con FPGAs extensos y accesibles. Es posible programar utilizando LabVIEW o software de código abierto.

Esta tesis fue desarrollada como un sistema de transmisión de señal de audio FM utilizando el transceptor USRP-2920 de National Instruments. Se emplea LabVIEW 2025 Q1 para programar el flujo de señal, integrando bloques como "Write TX", "Resample Waveforms" y "Sound File Read". El archivo de audio .WAV es modulado en frecuencia (FM).

Se envió la señal FM y se analizó con el analizador de espectro, y con estos resultados se hicieron tres prácticas del laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana del campus Centenario.

i. Palabras Claves

1. USRP; 2. SDR; 3. Comunicaciones Inalámbricas; 4. Objetivos de Aprendizaje; 5. Educación en Telecomunicaciones; 6. Universidad Politécnica Salesiana.

VIII. Abstract

The constant evolution of wireless communication technologies requires not only the acquisition of theoretical knowledge in students, but also the development of practical skills that contribute significantly to their professional training.

The main objective of this research is to create and develop specific learning guides with a focus on competencies, for the Wireless Communications course, incorporating the Universal Software Radio Peripheral (USRP) devices that make it possible to carry out experimental practices focused on topics such as analogic modulation FM, frequency spectrum, signal propagation WAV, bandwidth, access protocols LabVIEW and transmission an d reception techniques, allowing students to interact directly with SDR systems, improving their skills in system design, analysis, simulation and validation of wireless systems.

This thesis was developed as an FM audio signal transmission system using the National Instruments USRP-2920 transceiver. LabVIEW 2025 Q1 is used to program the signal flow, integrating blocks such as "Write TX," "Resample Waveforms," and "Sound File Read." The .WAV audio file is frequency modulated (FM).

The FM signal was successfully sent and received, and with these results, three practical exercises were carried out at the telecommunications laboratory of the Salesian Polytechnic University on the Centenarian campus.

i. Keywords

1. USRP; 2. SDR; 3. Wireless Communications; 4. Learning Objectives; 5. Telecommunications Education; 7. Salesian Polytechnic University

IX. Índice de Contenido

I. Portada 1

II. Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación 2

III. Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana. 3

IV. Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación. 4

V. Dedicatoria 5

VI. Agradecimiento 6

VII. Resumen 7

i. Palabras Claves 7

VIII. Abstract 8

i. Keywords 8

IX. Índice de Contenido 9

X. Introducción 11

a) Radio Definida por Software (SDR) 12

b) USRP (Periférico de Radio Definido por Software Universal) Modelo 2920 NI 13

c) Cable Ethernet 15

d) Cable de poder 16

e) Cable de conector de SMA (M) a SMA (M) 17

f) Antena Yagi-Uma 18

g) LabVIEW 2025 Q1 19

h) NI package Manager 20

i) NI USRP Utilidad de Configuración 21

j) Partes del USRP 2920 NI 21

XI. Artículos relacionados. 22

XII. Metodología 23

a. Prototipo de un USRP 2920 NI 23

b. Creación de los bloques de LabVIEW 26

c. Practica radio FM señal de espectro 29

d. Practica LabVIEW de un Transmisor de radio FM de tipo audio .WAV 47

e. Inserción del Bloque de Audio en Proyecto USRP FM en LabVIEW 48

1. Ubicación del bloque de audio 48

2. Bloques necesarios 48

3. Pasos para insertar los bloques 48

f. Explicación del Diagrama de Bloques en LabVIEW para Analizador de Espectro de Señal USRP 49

1. Abrir sesión para recepción de datos 50

SEDE GUAYAQUIL

Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401

www.ups.edu.ec

2. Configuraciones para recepción de datos 50
3. Inicializa la recepción de datos 50
4. Estructura de bucle While - Recepción continua 50
5. Cierre de sesión de recepción de datos 50
XIII. Discusión 56
XIV. Conclusiones 57
XV. Recomendaciones 58
XVI. Anexos 62
Anexo 1 62
Anexo 2 64
Anexo 3 75
Anexo 4 79
Anexo 5 105

X. Introducción

La formación en el ámbito de las telecomunicaciones sin cables ha cobrado gran importancia en nuestros días, por su función clave en la conexión mundial y en el eficaz intercambio de información, fomentada por el rápido avance de dispositivos móviles, redes 5G y sistemas integrados. Esta continua transformación de las tecnologías de comunicación requiere la exploración y creación de sistemas que sean más innovadores y efectivos [1].

SDR, o Radio Definida por Software, es una técnica que facilita la implementación de muchas funciones de un sistema radiofónico a través de programas informáticos, a diferencia de los enfoques convencionales que dependen en gran medida del hardware especializado para llevar a cabo esas funciones. En un sistema SDR, las tareas de modulación, demodulación, filtrado, amplificación entre otras operaciones de procesamiento de señales, se realizan a través de software, lo que elimina la necesidad de contar con componentes hardware específicos para cada tarea, permitiendo así adaptarse de manera más sencilla a diversos estándares de comunicación y a diferentes condiciones de canal [2].

Una variante del SDR es el Hardware Universal de Radio, conocido como USRP. Esta herramienta combina componentes de hardware y software, diseñada para facilitar la implementación adaptable de sistemas de comunicación inalámbrica, así como ser empleada en aplicaciones de pruebas y mediciones en el laboratorio.

En la actualidad, muchas instituciones académicas han comenzado a integrar tecnologías avanzadas y a modificar sus estrategias de enseñanza. Por lo tanto, es importante promover métodos y entornos de aprendizaje variados que refuercen la personalización de los estudiantes y fomenten una relación más cercana con los ámbitos sociales y laborales [3].

En este contexto, los alumnos del programa de Ingeniería en Telecomunicaciones deben adquirir habilidades tanto teóricas como prácticas. Así, la inclusión de recursos como los dispositivos USRP representa una innovación educativa con un gran potencial [4].

Esta actividad enfocada en el equipo USRP 2920 puede ser utilizada en el laboratorio de tecnologías inalámbricas, proporcionando a los estudiantes de Telecomunicaciones la oportunidad de comprender en profundidad su funcionamiento, integración y aplicación, además de adquirir conocimientos y habilidades que apoyarán su desarrollo profesional [5].

a) Radio Definida por Software (SDR)

La tecnología de Radio Controlada por Software representa un avance significativo que reemplaza en gran medida el hardware convencional al permitir que las operaciones de la radio se realicen mediante software. Esto se lleva a cabo sin la necesidad de componentes electrónicos particulares para cada función, presentando muchas ventajas frente a los sistemas de radio tradicionales, ya que hace posible que diferentes etapas de una radio común se generen utilizando un ordenador [6].

Existen diferencias marcadas entre los transmisores convencionales y los transmisores de radio definidos por software (SDR) en cuanto a su diseño y funcionamiento. Los transmisores tradicionales generalmente dependen de circuitos analógicos para procesar señales, lo que limita su capacidad de adaptarse a diversos estándares de comunicación. En contraste, los transmisores SDR realizan gran parte del procesamiento de señales digitalmente a través de software, otorgándoles mayor flexibilidad y la posibilidad de recibir actualizaciones. En términos de versatilidad, los SDR son mucho más configurables a distintas normas de comunicación gracias a la reprogramación de software, lo que los convierte en la opción ideal para aplicaciones de radio cognitiva y de múltiples formatos [7].

Gracias a su notable capacidad para manejar señales y su adaptabilidad para conectarse con diferentes sistemas, la tecnología SDR tiene múltiples aplicaciones en campos como telecomunicaciones, radares, usos militares, salud, ciberseguridad, radioastronomía, mediciones, evaluaciones y monitoreo, además de en investigación y desarrollo, entre otros [8].

Es importante destacar que la eficacia de los dispositivos SDR puede verse afectada por interferencias de señales cercanas y altos niveles de ruido, lo que puede resultar en la detección de falsos positivos. Además, esta metodología solo proporciona información sobre la frecuencia y potencia de la señal captada, sin ofrecer detalles sobre la forma de onda o su contenido [9].

b) USRP (Periférico de Radio Definido por Software Universal) Modelo 2920 NI

Figura 1: USRP NI 2920 conectado a una PC (Fuente: Autores)

En la Figura 1 se presenta la vinculación física del dispositivo USRP NI-2920 a una computadora a través de un cable Ethernet, facilitando la transferencia de información para el envío y recepción de señales de radiofrecuencia. Esta conexión es esencial en iniciativas de radio definida por software (SDR), ya que permite gestionar, ajustar y procesar señales desde el entorno de programación en la computadora, mejorando la recopilación y evaluación de datos en tiempo real.

El Universal Software Radio Peripheral (USRP) es un dispositivo periférico diseñado por National Instruments (NI) que se conecta a un procesador externo mediante un FPGA, facilitando así la creación de radios a través de software. La mayoría de los USRPs se enlazan a un ordenador utilizando una conexión rápida, que alberga el software que controla el hardware del USRP y monitorea los datos transmitidos o recibidos. Estos dispositivos hacen posible el diseño y las implementaciones rápidas de sistemas de radio basados en software que son potentes, adaptables y económicos [10].

El NI USRP 2920 proporciona un amplio rango de frecuencias, convirtiéndolo en una opción adecuada para diversos protocolos de comunicación inalámbrica en distintas bandas. Su diseño modular permite a los usuarios seleccionar y reemplazar módulos para facilitar frecuencias y aplicaciones concretas. Estas características hacen del USRP 2920 una opción versátil y flexible para una variedad de situaciones, que incluyen desde redes móviles hasta sistemas de radar programables [11].

Los sistemas de radio programables a través de software (SDR) como el USRP tienen múltiples aplicaciones desde educación hasta investigaciones avanzadas. Gracias a sus recursos didácticos, la plataforma SDR ofrece a los estudiantes la oportunidad de aprender sobre telecomunicaciones mediante la experiencia práctica con señales de la vida real. La fusión de hardware y software proporciona adaptabilidad y eficiencia, permitiendo el desarrollo ágil de prototipos para la creación de la capa física,

así como la grabación y reproducción de señales, la evaluación de datos de señales, la verificación de algoritmos y más funcionalidades [12].

El equipo conocido como Radio definido por Software, o USRP, ofrece un rango de frecuencias que abarca de 20 MHz a 50 MHz y va hasta 2.2 GHz. Este modelo USRP-2920 funciona como un transceptor modular de RF que incluye un convertidor de analógico a digital de alta velocidad y un convertidor de digital a analógico.

Esto permite que las señales de base I y Q sean enviadas a una computadora central mediante una conexión Ethernet de 1 Gigabit. Además, este dispositivo tiene aplicaciones en varias áreas de comunicación tales como: zonas desiertas; difusión de FM; servicios de emergencia; dispositivos móviles terrestres de bajo consumo sin licencia en las bandas industriales, científicas y médicas (ISM); redes de sensores; herramientas para telefonía móvil o sistemas de GPS, además de programas informáticos como LabVIEW, Matlab y GNU Radio [13].

Operación	**Datos**
Rango de Frecuencia	50 MHz – 2.2 GHz
Ancho de banda instantáneo	Hasta 20 MHz (16 bits) o 40 MHz (8 bits)
Rango de ganancia	0 dB – 31 dB
ADC DAC	ADC: 2 canales, 100 MS/s, 14 bits DAC: 2 canales, 400 MS/s, 16 bits
Interfaz	Gigabit Ethernet para envío de muestras I/Q
Consumo energético	Típico 12–15 W, máximo 18 W
Dimensiones/peso	15.9 × 4.8 × 21.2 cm, 1.193 kg
Entorno operativo	Interior, hasta 2000 m, humedad 10-90 %
Certificaciones	IEC/EN 61010-1, FCC, CE, RoHS

Tabla 1: Especificaciones del USRP 2920 Fuente (National Instruments)

La Tabla 1 presenta especificaciones técnicas acerca del USRP 2920.

c) Cable Ethernet

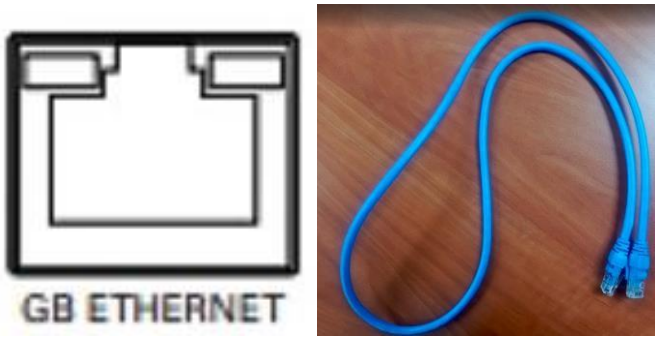


Figura 2: Cable de Ethernet RJ45 categoría 6 (Fuente: Autores)

En la Figura 2 la primera imagen esta referenciada el nombre Ethernet de uno de los conectores propuestos del USRP 2920 NI, mientras que la segunda imagen muestra el cable necesario [14].

Ethernet es la estructura de enlace de red más utilizada en la configuración de red local (LAN), proporcionando opciones como la estructura de enlace de neumáticos que utilizan cables concéntricos como centro de transmisión y estructura de enlace en el destino del cable óptico o fibra óptica UTP que se puede usar [15].

El cable RJ45 tipo 6 (CAT6) es un tejido utilizado en la red Ethernet creada para manejar la velocidad de datos en comparación con el cable permitido por el cable Cat5e. Estos cables son populares en la red de áreas locales (LAN) para vincular computadoras, enrutadores y otros dispositivo [16].

Este cable ha sido diseñado para manejar velocidades de hasta 10 gbit / s a una distancia de 55 metros y 1 gbit / s con una longitud de 100 metros, debido a la frecuencia de operación, alcanzando 250 MHz. Cat6 ha mejorado la configuración de la armadura y el interior con las tazas para minimizar el desarrollo entre pares, contribuyendo a la calidad de la señal. A menudo se usa en redes de población y conectividad de dispositivos, como enrutadores, conmutadores, computadoras y dispositivos como USRP-2920, asegurando la transmisión de datos rápida y confiable.
Se utiliza frecuentemente en redes residenciales, empresariales y para enlazar dispositivos como routers, switches, PCs y equipos como el USRP-2920, asegurando así una transferencia de datos rápida y confiable.

Los cables pueden transmitir datos a un máximo de 1 Gbps y tienen un ancho de banda máximo de 250 MHz. Se utilizan comúnmente en edificios comerciales y funcionan bien en edificios pequeños y medianos [17].

Al usar este cable, puede tener una conexión de gigabit estable de hasta 100 metros y 10 veces más rápido, si la red lo permite y coloca más corta. Cat 6 es perfecto combinado con interruptores y

enrutadores modernos. Su transmisión de bajo y alto rendimiento lo hace ideal para:

- Streaming de video 4K o superior
- Gaming online sin latencia
- Transferencias de archivos grandes en entornos empresariales
- Redes LAN de alto tráfico

d) Cable de poder

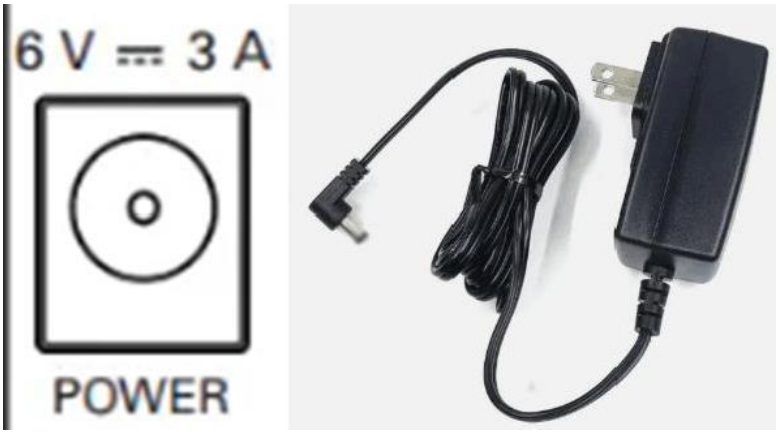


Figura 3: convertidor de poder o convertidor de alimentación Ettus (Fuente: Autores)

En la Figura 3 la primera imagen esta referenciada con el nombre de convertidor de poder en uno de los conectores propuestos del USRP 2920 NI, mientras que la segunda imagen muestra el cable necesario.

Los cables de poder de alimentación son un factor importante para transferir electricidad de la fuente de energía, como la congestión del tráfico o la batería, para usar desgaste. Su objetivo básico es garantizar la eficiencia y la transmisión de energía de seguridad, contribuyendo a la operación óptima y confiable del dispositivo [18].

El sistema de cables produce baja resistencia con la electricidad, lo que le permite fluir de manera efectiva de la fuente al dispositivo receptor. El recubrimiento de aislamiento asegura que la electricidad no se vaya, contribuyendo al uso de energía segura y efectiva [19].

e) Cable de conector de SMA (M) a SMA (M)

Figura 4: Cable extensible para la antena coaxial de SMA-M a SMA-M (Fuente Autores)

En la Figura 4 se ve una imagen del cable SMA tipo Macho a Macho la cual esta referenciada al USRP 2920 NI.

El conector SMA es un tipo de conector concéntrico comúnmente utilizado en sistemas de comunicación inalámbrica, aplicaciones de radiofrecuencia, antenas, herramientas de prueba y medición, así como en otros dispositivos de alta frecuencia. Esto tiene un sistema de flujo que proporciona una relación confiable y confiable. El conector SMA se proporciona en diferentes versiones, incluidos los conectores SMA Macho e Hembra [20].

El USRP-2920 funciona en un rango de 50 MHz a 2. 2 GHz y tiene un conector SMA para la antena, permitiendo el uso de cualquier antena SMA, como una Yagi-Uda, para frecuencias VHF/UHF.

Una antena Yagi consiste en un elemento alimentado, que puede ser un simple dipolo o un dipolo doblado conocido como radiador, conectado a un transmisor o receptor. Incorpora uno o varios elementos aislados denominados elementos parásitos, que pueden estar ubicados delante del elemento alimentado, actuando como directores para enfocar el campo hacia adelante, o detrás de él, funcionando como reflectores. Su operación se fundamenta en una corriente que circula en el elemento alimentado, generando un campo electromagnético que induce corrientes en los elementos parásitos irradiando también campos electromagnéticos y provocando una interacción entre todos los elementos de la antena [21].

La conexión de las señales I/Q a la computadora se lleva a cabo a través de Gigabit Ethernet (RJ45 Cat6), asegurando una transmisión de datos en tiempo real sin interrupciones.
Una configuración típica es la siguiente:

Un canal de USRP envía una señal de frecuencia intermedia (IF), que es dirigida por la antena Yagi en un ángulo concreto.

Un segundo USRP capta la señal, evaluando la potencia recibida mientras se hace girar la Yagi desde 0° hasta 360°.

Se generan diagramas de radiación (ganancia frente a ángulo) en tiempo real utilizando GNU Radio.

f) Antena Yagi-Uma

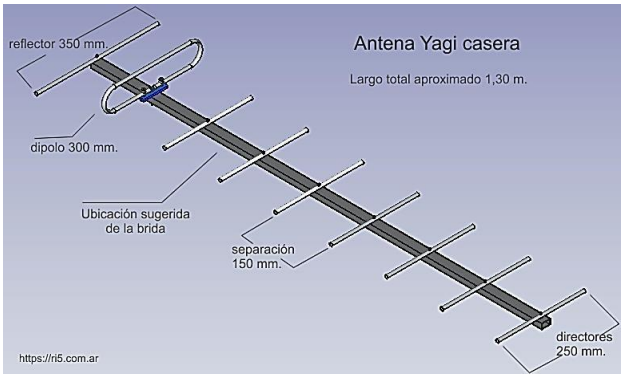


Figura 5 Antena Yagi-Uma casera (Fuente: Recursos Técnicos Argentinos)

En la Figura 5 se ve una imagen de lo que sería la antena Yagi-Uma casera la cual es ideal para trabajar con el USRP 2920 NI.

El USRP-2920 cuenta con un puerto SMA, perfecto para conectar antenas pasivas como las Yagi-Uda o las antenas de bocina (horn antenna) de varias frecuencias (VHF/UHF para Yagi-Uda, UHF/SHF para la bocina).

Una antena Yagi-Uma se elabora generalmente para funcionar dentro de un espectro de 30 MHz a 3 GHz, presentando incrementos en la ganancia que pueden alcanzar hasta 20 dBi, variando de acuerdo con la cantidad y la configuración de sus componentes.

El alcance teórico en un ambiente libre se puede lograr varios kilómetros, sin embargo, dado que la potencia es limitada (100 mW) y se utiliza una antena Yagi de calidad aceptable (~10 dBi), es factible anticipar un rango de 1 a 5 km en condiciones óptimas.

Transmisor/receptor:

Una computadora envía y recibe muestras I/Q mediante Ethernet Gigabit, asegurando un tiempo de respuesta bajo y la posibilidad de sincronización con otro USRP o dispositivos de medición.

Normalmente, la Yagi-Uda se rota en un plano horizontal para registrar los valores de ganancia en función del ángulo.

g) LabVIEW 2025 Q1

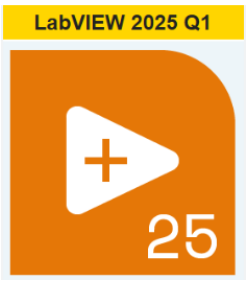


Figura 6: Logo de LabVIEW 2025 Q1 (Fuente: National Instruments)

En la Figura 6 se muestra una imagen de referencia del logo de LabVIEW 2025 Q1.

Es un entorno gráfico de programación ideal para crear sistemas de prueba, actuando como un método para la programación, con enlace a cualquier equipo e interfaces de usuario completamente unificadas. El entorno de programación de LabVIEW facilita la unión de hardware para aplicaciones en el ámbito de la ingeniería.

LabVIEW 2025 Q1 es una herramienta de programación gráfica creada por National Review (NI) para desarrollar, administrar y evaluar la recopilación de datos, herramientas y sistemas de comunicación. Su diseño basado en bloques simplifica el proceso de programación para los usuarios que utilizan dispositivos de instrumentación, como el USRP-2920 [22].

LabVIEW 2025 Q1 es una plataforma de programación intuitiva desarrollada por NI para facilitar la creación, control y evaluación de la recopilación de datos, las herramientas y los sistemas de comunicación. Su enfoque de bloque facilita el programa para los usuarios, especialmente cuando trabajan con herramientas como el USRP-2920. NI USRP-2920 actúa como un radio por persona utilizando software para resolver señales y recibir una serie de frecuencia que se mueve de 50 MHz a 2.2 GHz. Al combinarlo con LabVIEW 2025 Q1, se pueden desarrollar sistemas de comunicación inalámbrica en tiempo real, así como modelar tanto señales digitales como analógicas, realizar análisis espectrales y llevar a cabo procesos de modulación y demodulación, entre otras funciones.

También el LABVIEW viene instalado con un programa importante: NI Package Manager

h) NI package Manager

Figura 7: Logo de NI Package Manager (Fuente: National Instruments)

En la Figura 7 se muestra una imagen de referencia del logo de NI Package Manager.

Package Manager es un software de National Instruments destinado a la instalación, actualización, reparación y eliminación de aplicaciones de software. También sirve para administrar paquetes personalizados para distribuir, instalar y actualizar sus propios conjuntos de archivos o software [23].

Se presenta como la alternativa actual al viejo "NI Installer", y se incluye al llevar a cabo la instalación de las versiones más nuevas de LabVIEW, como LabVIEW 2025 Q1
En Herramientas importantes para una usrp 2920 son las siguientes:

- NI-USRP (driver, Ver. 2025 Q2)
- NI-DAQmx (driver, Ver 2025 Q2)
- NI-VISA (driver, Ver 2025 Q2)
- LabVIEW Communications System Design Suite (software suite, Ver 5.0)
- LabVIEW FPGA module (add-on, Ver 2025 Q1)
- LabVIEW Real-Time module (add-on Ver 2025 Q1)

También existe otro programa importante que reconoce el usrp ni en la cual se muestra en la siguiente imagen:

i) NI USRP Utilidad de Configuración

Figura 8: Imagen del programa NI-USRP Utilidad de Configuración (Fuente National Instruments)

En la Figura 8 se muestra una referencia del programa que aparece al haber instalado desde ni-package manager el driver NI-USRP.

El Asistente de Configuración NI-USRP es un software de National Instruments que facilita la identificación, ajuste y comprobación de la conexión de los dispositivos USRP, como el NI USRP-2920, al estar enlazados a una computadora mediante Ethernet.

Su tarea esencial es establecer y validar la dirección IP del USRP para garantizar que el dispositivo sea identificado adecuadamente por LabVIEW, y otros sistemas compatibles.

j) Partes del USRP 2920 NI

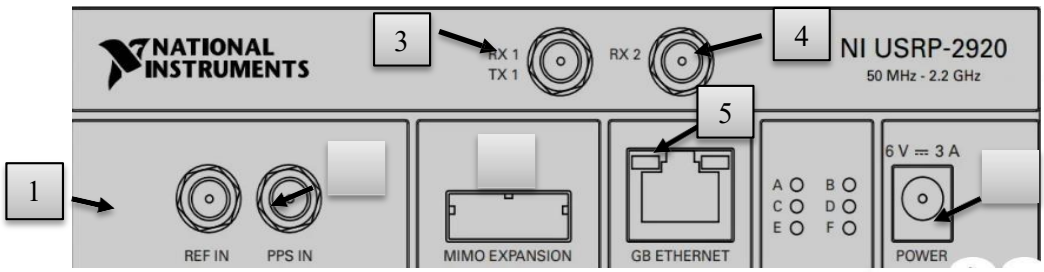


Figura 9: Partes del panel frontal del usrp 2920 (Fuente: National Instruments)

1. **REF IN:** Entrada de referencia externa para un oscilador local en el aparato. Permite una señal cuadrada o sinusoidal de 10MHz con una potencia mínima de 0dBm y una máxima de 15dBm.
2. **PPS IN:** Referencia de entrada para la temporización del pulso por segundo (PPS)
3. **RX1, TX1:** Punto de inicio y final para las señales de frecuencia de radio. Tiene la capacidad de funcionar como emisor o receptor.
4. **RX2:** Punto de recepción para señales de radiofrecuencia. Funciona como un receptor.
5. **GB Ethernet:** El puerto Gigabit Ethernet admite el conector RJ-45 utilizando un cable que cumpla con las especificaciones de Gigabit Ethernet, categoría 5 o más.
6. **Expansión MIMO:** Slot de expansión de MIMO para enlazar dos dispositivos USRP mediante un cable MIMO compatible.
7. **POWER:** La fuente de energía del USRP. Permite una entrada de 6V y 3A.

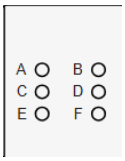


Figura 10: Indicadores de los LED del panel frontal (Fuente: National Instruments)

A. Indica el estado de transmisión del dispositivo.

Encendido: Está transmitiendo **Apagado:** No está transmitiendo

B. Indica el estado del enlace del cable físico de MIMO.

Encendido: Está conectado al cable **MIMO** **Apagado:** No está conectado al cable MIMO

C. Indica el estado de recepción del dispositivo.

Encendido: Está recibiendo **Apagado:** No está recibiendo

D. Indica el estado del firmware del dispositivo.

Encendido: Está cargado **Apagado:** No está cargado

E. Indica el estado de bloqueo de referencia del oscilador local en el dispositivo

Encendido: Se encuentra una señal de referencia **Apagado:** No hay una señal de referencia

F. Indica el estado de funcionamiento del dispositivo.

Encendido: Está encendido **Apagado:** Está apagado

En la Figura 9 y 10 se muestra lo que es en general el USRP 2920 y sus respectivos componentes de utilidad cableada.

XI. Artículos relacionados.

La innovación en la docencia busca potenciar habilidades no solo en el entorno universitario, sino también en contextos diversos.

En 2023, la Universidad Técnica de Valencia implementó el proyecto HOP-Learning, integrando actividades con plataformas SDR y participando más de 300 estudiantes. Los resultados demostraron un alto nivel de motivación del alumnado al interactuar con sistemas profesionales de comunicación por radio, enmarcados en un proyecto de innovación educativa utilizando los equipos SDR [24].

En ese mismo año, se presentó un proyecto en la Universidad Politécnica Salesiana que enfatizó la importancia de contar con pruebas de laboratorio para la práctica de tecnologías de radiodifusión FM. Este proyecto se centra en la investigación, el análisis y la evaluación de la tecnología de transmisión

de FM y el audio con software y hardware especializados, como USRP, complementado con la transmisión FM [25].

En 2022, el proyecto incluía un diseño de un sistema de medición de Yagi -Teni, así como el anti -Ángel -Ángel -tola (Dipolo). Para este propósito, el dispositivo USRP se ha utilizado tanto para la transmisión como para la transmisión, lo que permite datos como radiación, consolidación, ondas fijas (VSWR) y rendimiento, lo que dirige el uso de TI en la universidad [26].

Según García Carrillo [27], la radio GNU, junto con los grupos SDR, es un recurso importante para crear sistemas de comunicación. Permiten a los estudiantes comprender los algoritmos de procesamiento de señales y los parámetros de radiofrecuencia. El uso de bloques de procesamiento le permite cambiar el sistema para adaptarse a diferentes configuraciones y necesidades, facilitando la implementación de sistemas más complejos. Se abren las estaciones de radio USRP y GNU, asegurando que su diseño y código fuente estén disponibles para una serie de usuarios. Esto fomenta la cooperación, promueve la innovación y apoya el desarrollo de nuevas funciones de las comunidades académicas y técnicas. Además, el código abierto permite a los usuarios ajustar y cambiar los sistemas para satisfacer sus necesidades específicas.

XII. Metodología

a. Prototipo de un USRP 2920 NI

Esta estrategia se basa en la prueba de redes inalámbricas utilizando el transmisor de un USRP-2920. El proceso de comenzar con la configuración y la calibración del entorno de programación, incluido LabVIEW 2025 Q1 [28].

Después de eso, el método se creó para obtener señales y analizarla con un analizador espectral, identificar aspectos como la frecuencia, el crecimiento y la selección de velocidad.

En la figura 11 se muestra detalladamente las herramientas en orden que va sobre el USRP 2920:

- Imagen A. Computadora con LabVIEW versión actual 2025Q1.
- Imagen B. Fuente de poder y conexión para antenas.
- Imagen C. Antenas adecuadas al rango de frecuencia (50Mhz a 2.2Ghz)
- Imagen D. Conexión de red (preferentemente dedicada o directa).
- Imagen E. Receptor de radio FM.
- Imagen F. Cable coaxial SMA.
- Imagen G. NI USRP 2920 (SDR - Software Defined Radio).

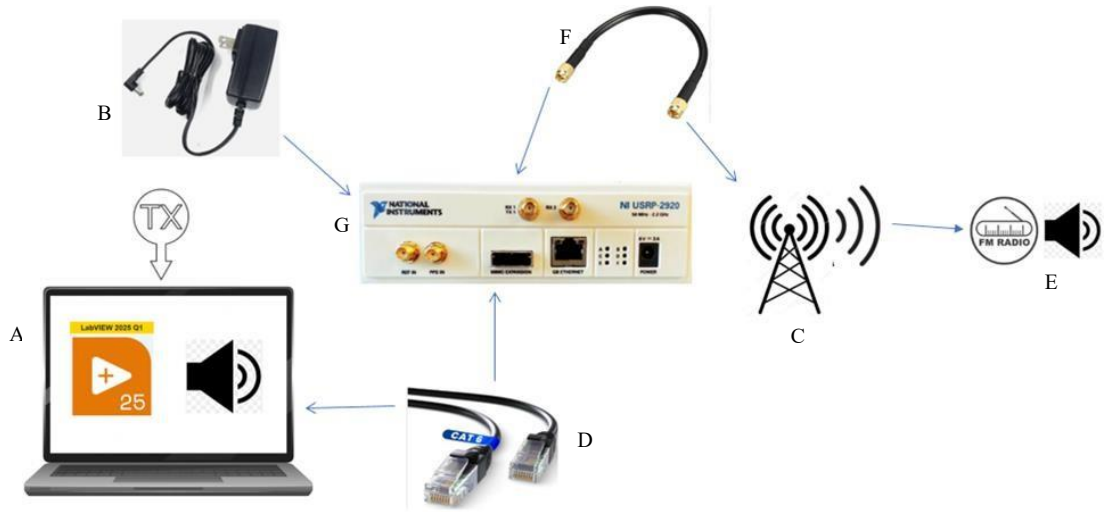


Figura 11 Prototipo del USRP 2920 Radio trasmisor audio NI (Fuente: Autores)

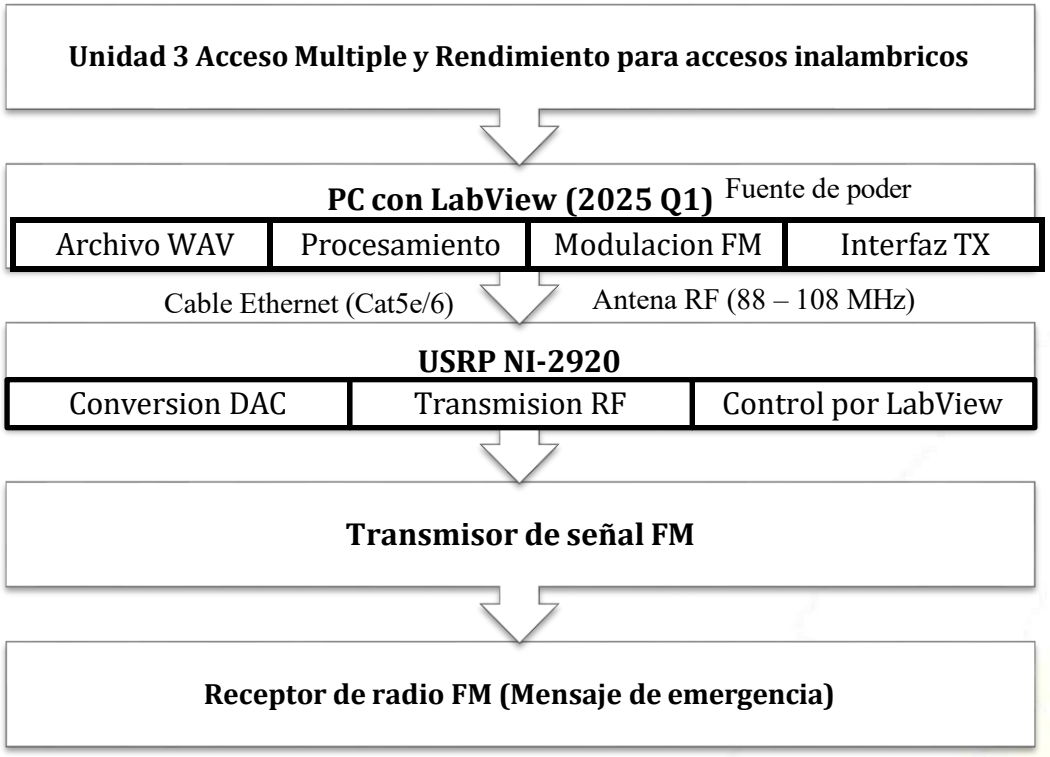


Figura 12 Prototipo diagrama de bloque del usrp 2920 ni transmisor audio FM (Fuente: Autores)

En la Figura 11 y la Figura 12 se indica un paso a paso de cómo se armaría un proceso de un prototipo creado del USRP 2920 NI usando una transmisión de sonido para una radio FM.

Ubicación:

Se usó el edificio E en el laboratorio de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana para la medición y obtener los datos necesarios.

Adquisición del equipo:

Obtener equipo y software necesario como LabVIEW

Instalación del equipo:

Conectar el USRP a la PC mediante Ethernet.

Encender el dispositivo y verificar alimentación.

Verificar IP del USRP (IP defecto del USRP 192.168.10.2).

Instalar UHD Drivers si no están presentes

Desarrollo del Prototipo de Transmisión

Configurar correctamente el USRP 2920NI para recepción.

Sintonizar una estación FM radio

Demodular y reproducir la señal de audio recibida.

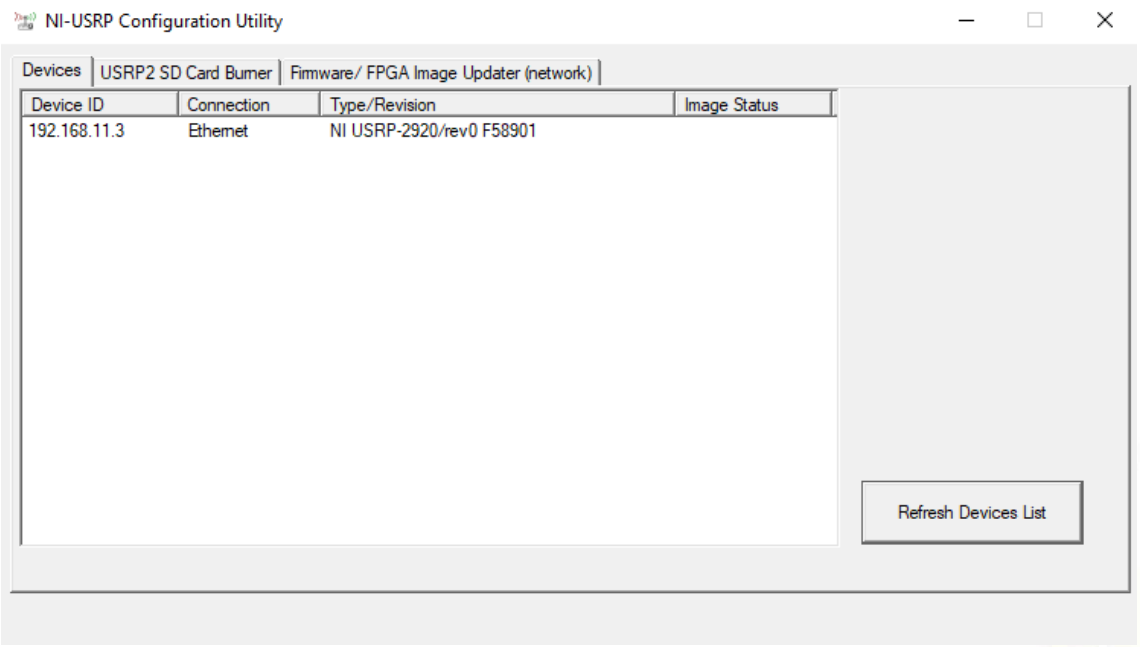


Figura 13: Dirección IP Ethernet Del usrp Configuration Utility. Fuente (National Instruments)

En la Figura 13 sería un ejemplo de cómo funcionaría cualquier USRP que esté relacionado al National Instruments usando el programa Configuration Utility si se usa correctamente la dirección IP.

b. Creación de los bloques de LabVIEW

Se consideran también como bloque SubVI. A continuación, se realizará una guía paso a paso de cómo realizarse [29].

- Crear un nuevo vi
- Diseñar el panel frontal y diagrama de bloques un ejemplo sería crear un WSI (Worked Status Indicator)

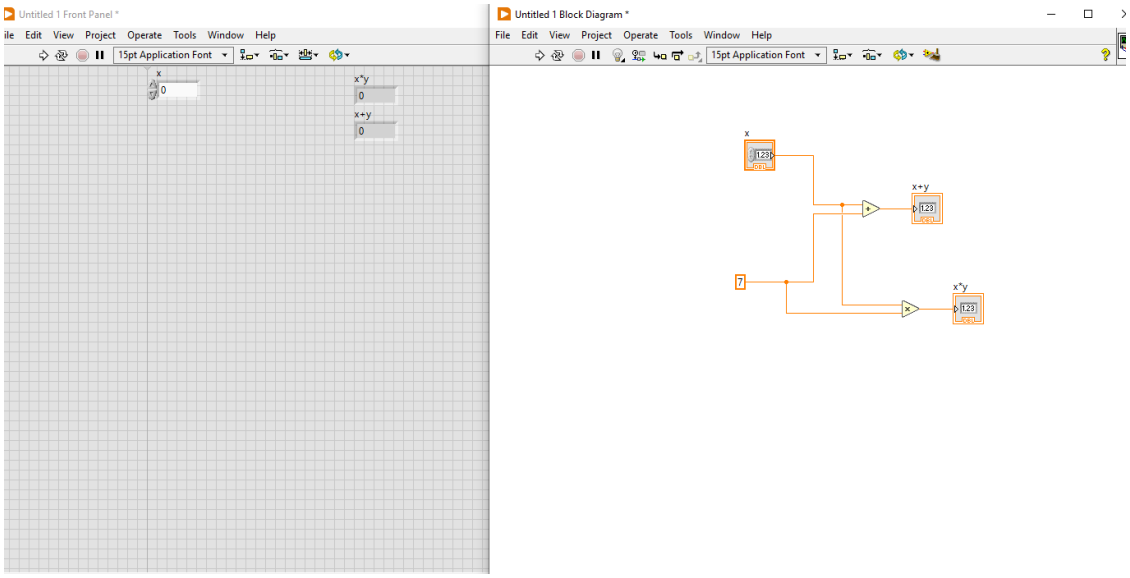


Figura 14: Diagrama completo del ejemplo de un WSI de LabVIEW (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 14 se ve solamente dos diagramas creando un nuevo archivo tipo VI LabVIEW configurando bloques de control desde el bloque diagrama, éstos crean tipo labels automáticamente en el diagrama frontal.

- En el diagrama frontal de la barra de tareas hay dos cuadros de imagen, los cuales sirven para modificar el nuevo bloque

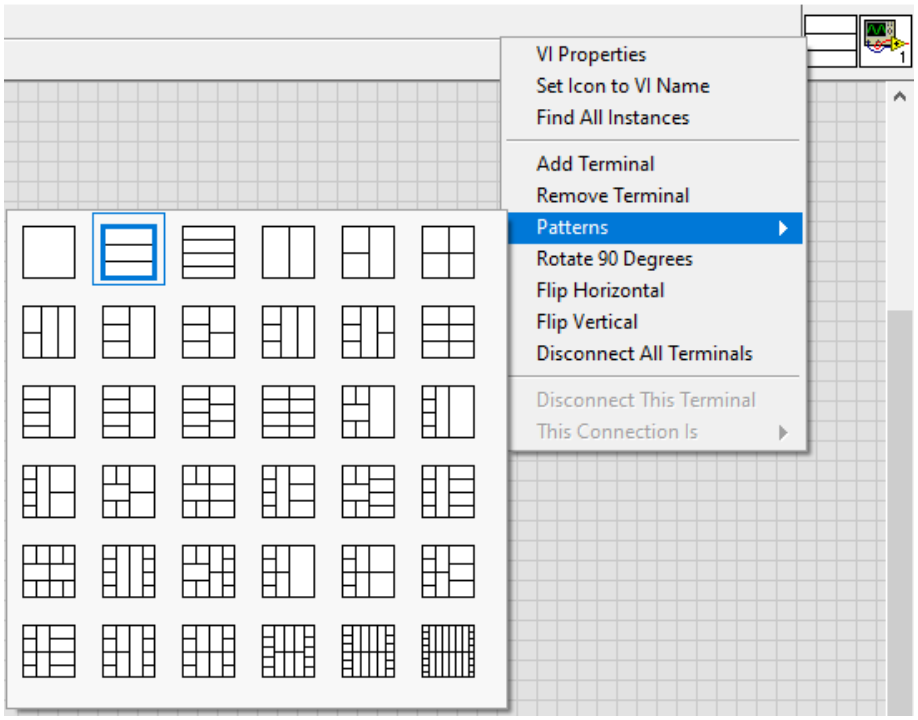


Figura 15: Modificación del bloque archivo VI (Fuente LabVIEW)

En la Figura 15 se ve cómo se crea los patterns en la primera de las dos imágenes haciendo click derecho en el diagrama frontal para usarlos con los labels creados y obtener así nuevos pines.

- En el primer bloque dependiendo del color y de cuantos (creates) hayas creados será la cantidad necesaria para poner en (patterns) y de esta forma será seleccionada como pines de entrada y salida

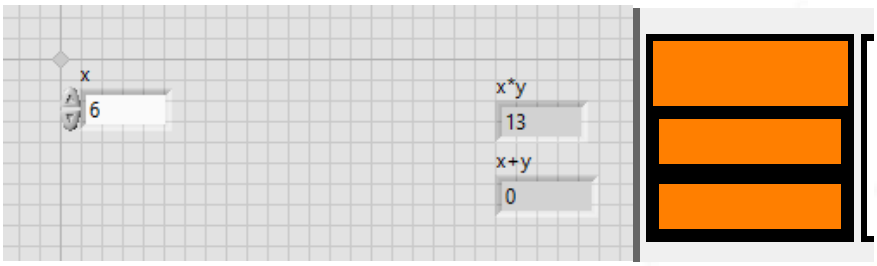


Figura 16: Indicador y creación del control de pines del bloque de diagrama frontal (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 16 se muestra cómo se ve la imagen creada pattern del diagrama frontal dependiendo del tipo de color utilizado en los bloques realizados en el diagrama de bloque

- El segundo bloque será referenciado como una nueva creación de lo que será registrada la imagen ícono del diagrama de bloque.

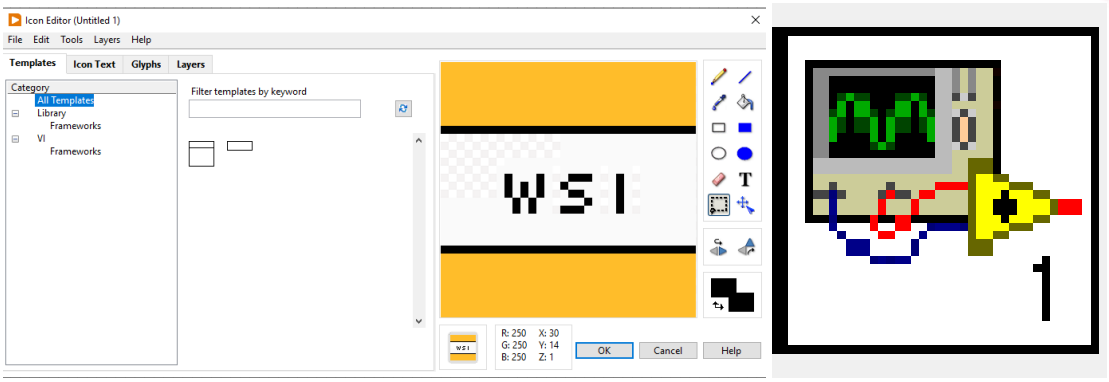


Figura 17: Creación del icono nuevo del diagrama SubVI (Fuente: LabVIEW)

En la figura 17 dentro de una de las dos imágenes del diagrama frontal se selecciona la segunda dando click izquierdo y luego se abre un editor de íconos de lo que sería dibujar el bloque del sub VI

- Luego de haber finalizado la creación de los dos bloques editados, Se realiza en la selección del vi como nuevo diagrama de bloque, primero se guarda y luego se crea otro nuevo vi que será ahora como Sub VI

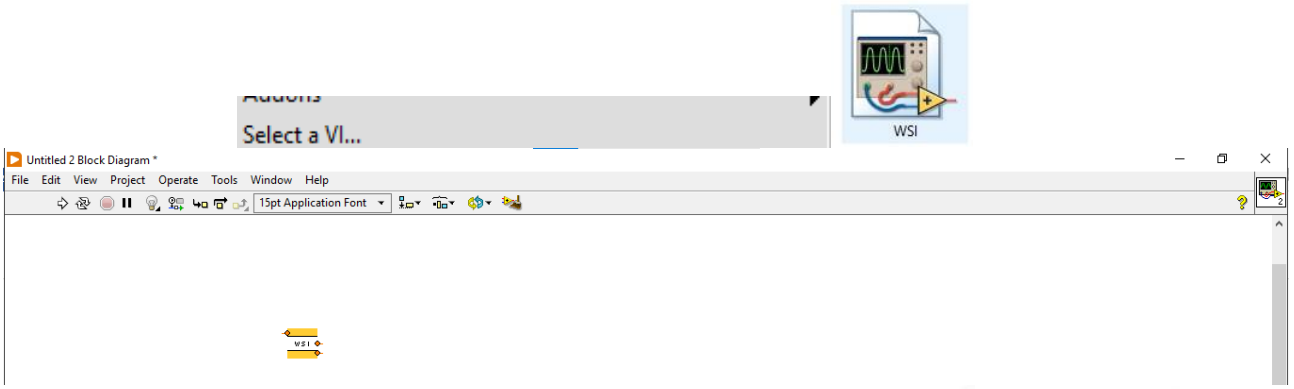


Figura 18: Selección del sub VI creado dentro de otro nuevo vi del diagrama de bloque

En la figura 18 después de hacer los procesos anteriores, ahora se va a crear un nuevo VI LabVIEW dentro del bloque de diagrama en la biblioteca de bloques se selecciona el “Select a VI” y en eso aparecerá en la carpeta de archivos el VI recién creado que se ha guardado.

c. Practica radio FM señal de espectro

En las últimas décadas, se ha producido un notable progreso en el ámbito de la radio definida por software, que ha transformado la manera en que se reciben y gestionan las señales de radiofrecuencia. A diferencia de las radios convencionales, las cuales emplean circuitos y elementos específicos para la sintonización y demodulación, las radios definidas por software llevan a cabo estas funciones a través de programas informáticos, lo que ofrece mayor adaptabilidad y funcionalidad [30].

Este estudio tiene como objetivo crear una práctica experimental que emplee el transceptor NI USRP-2920 para captar señales de radio FM y llevar a cabo su estudio espectral en tiempo real con LabVIEW 2025 Q1.

A diferencia de la modulación de amplitud, donde se modifica la amplitud de una señal portadora según la señal de sonido, en la modulación de frecuencia se cambia la frecuencia de la señal portadora.

La medida en que la frecuencia del portador varía de su frecuencia media es equivalente a la amplitud momentánea de la señal de sonido.

El plan incluye una instalación de USRP de la herramienta de configuración NI-MAX, luego se desarrolla el sistema de registro de laboratorio, lo que ayuda a cambiar la frecuencia central, fortalece y muestra más fácilmente. Se incorporaron componentes para analizar el espectro de la señal y realizar la demodulación FM, lo que permitió escuchar audio en tiempo real de emisoras locales.

Como consecuencia, se logró obtener correctamente las señales FM en el espectro de 88 a 108 MHz, evidenciando la capacidad del USRP-2920 para recepcionar, examinar y manejar señales al instante, lo que representa un recurso importante para la enseñanza en el ámbito de las telecomunicaciones inalámbricas.

A continuación, se verá las siguientes figuras hechas en LabVIEW:

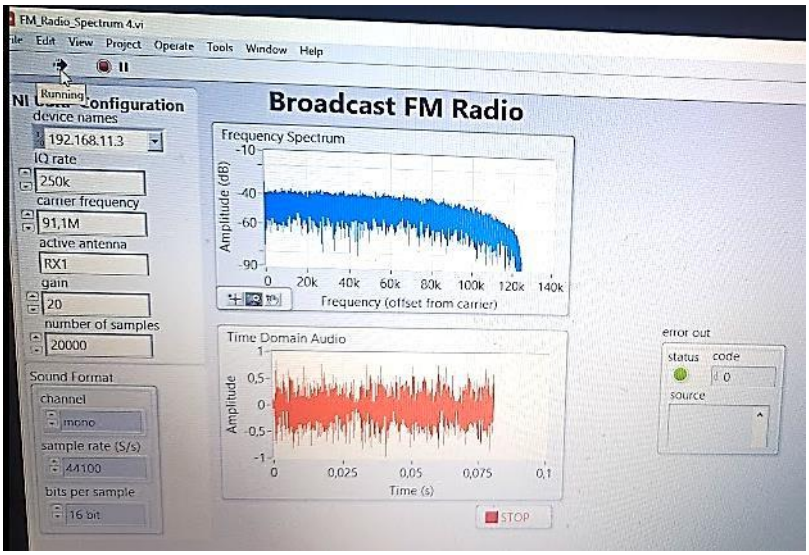


Figura 19: Resultado del diagrama frontal FM radio espectro (Fuente: LabVIEW)

En la fig. 19 se realiza la señal espectro en frecuencia y espectro de tiempo del sonido de audio en el diagrama frontal, la cual sigue la señal correspondiente de la radio FM en tiempo real.

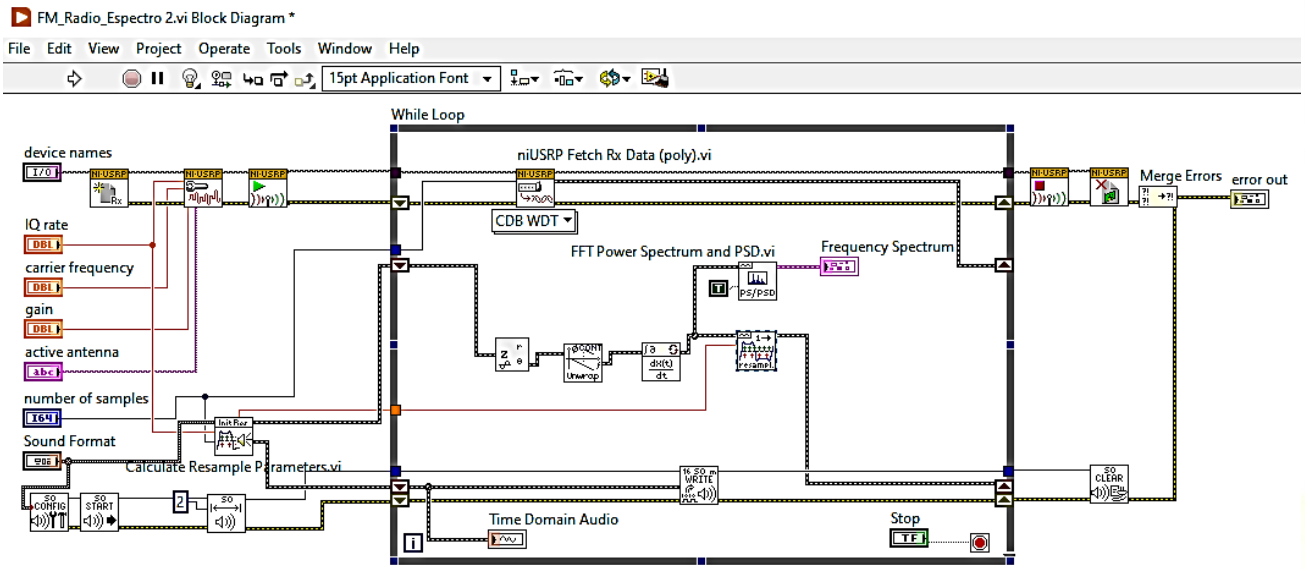


Figura 20: Diseño del diagrama de bloques FM radio espectro (Fuente: LabVIEW)

En la figura 20 se ve completo el resultado de diagrama de bloques de lo que sería toda la práctica de radio espectro FM hecha a mano.

Sub VI 's Usados

Un SubVI en LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un VI (Virtual Instrument) que se utiliza dentro de otro VI, similar a cómo una función o subrutina se usa dentro de un programa tradicional en lenguajes como C o Python.

- Complex to Waveform (Complejo a forma onda polar)

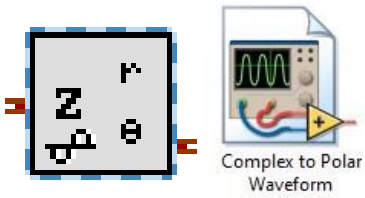


Figura 21: Icono y diagrama vi del complex to waveform.

En la Figura 21 se muestra la primera imagen del ícono del diagrama de bloque y en la segunda el archivo vi del diagrama.

"Complex to Waveform" es una función en LabVIEW que transforma un conjunto de datos complejos (como las señales IQ) en una clase de dato waveform, que además incluye datos extra como la frecuencia de muestreo (dt) y el tiempo de inicio (t0.

Esto es muy importante cuando se trata de manejar señales en el campo del procesamiento digital y desea usarlas en los requisitos de señalización, como el análisis de espectro, las cámaras visuales o los generadores USRP.

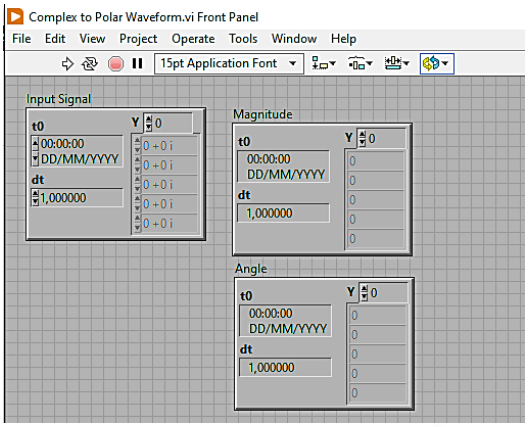


Figura 22: Diagrama frontal del complex to Polar waveform (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 22 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: "complejo a forma onda de polar" de este sub vi de la práctica principal de FM radio espectro debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

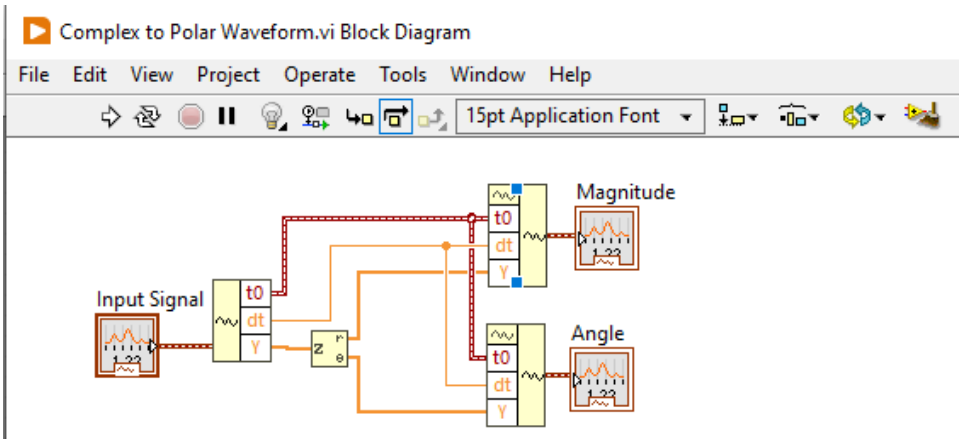


Figura 23: Diagrama de bloque del complex to waveform. (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 23 se muestra el diagrama imagen del bloque: "complejo a forma onda de polar" y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Unwrap Phase- Continuous (fase de desenrollar – continuo)

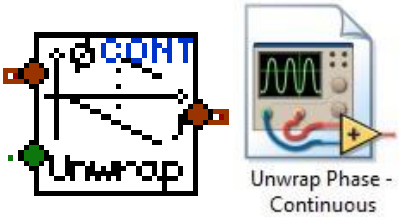


Figura 24: Icono y Diagrama VI del Unwrap Phase – Continuous (Fuente LabVIEW)

En la Figura 24 se muestra la primera imagen del ícono del diagrama de bloque y en la segunda el archivo vi del diagrama.

La "fase de desenrollo - continuo" es con movimientos de salto repentino (± π) para facilitar la modulación apropiada de las señales FM en el USRP. Es útil para eliminar la fase de una señal FM (mediante el uso de angle () o un bloque de "Extract Phase"), la fase se encuentra restringida entre -π y +π.

Esto provoca saltos ficticios (discontinuidades) que no son verdaderos.

En la demodulación FM, el mensaje inicial se encuentra en la frecuencia instantánea, la cual se consigue de la siguiente manera:

$$Frecuencia\ instantanea = \frac{d}{dt}\,\phi(t) \qquad (1)$$

Donde

d/dt: Es la derivada de la fase con respecto al tiempo

$\phi(t)$: Es la fase instantánea de la señal

Si no implementas unwrap, la derivada te proporcionará picos falsos.

Si utilizas unwrap, es posible derivar correctamente la señal para recuperar el audio original.

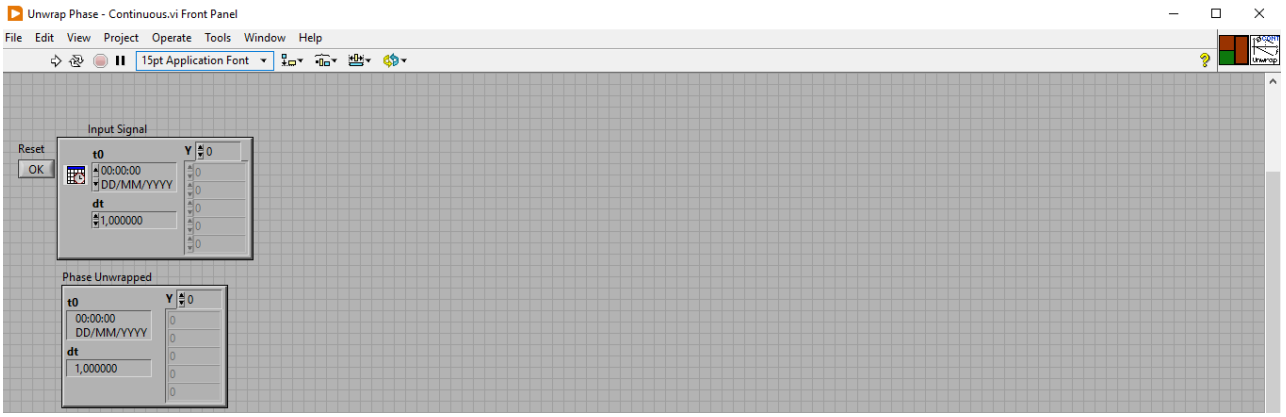


Figura 25: Diagrama frontal del unwrap phase – continuous (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 25 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: “fase continua - desenrollo” de este sub vi de la práctica principal de FM radio espectro debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

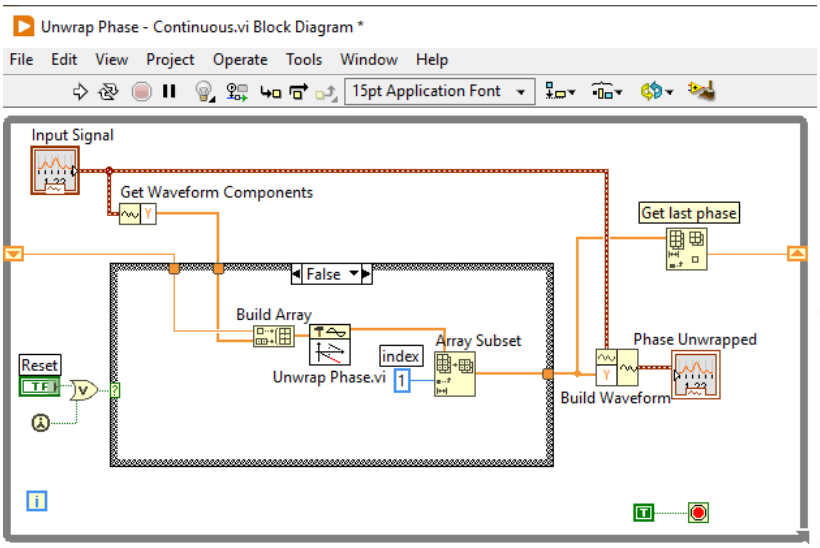


Figura 26: Diagrama de bloque del unwrap phase – continuous (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 26 se muestra el diagrama imagen del bloque: “fase continua - desenrollo” y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Differentiate – Continuous (Diferenciada – Continua)

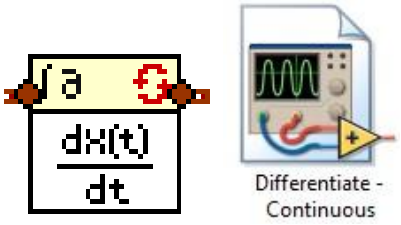


Figura 27: Icono y diagrama vi del Differentiate – Continuous (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 27 se muestra la primera imagen del ícono del diagrama de bloque y en la segunda el archivo vi del diagrama.

El bloque "Differentiate - Continuous" determina la etapa necesaria para recuperar el sonido inicial de una señal FM captada con el USRP.
Calcula la constante derivada de una señal a lo largo del tiempo.

En la frecuencia modulada, la información (sonido) se codifica en las transiciones de fase (frecuencia inmediata).

Tras la extracción y "desenrollamiento" de la fase (unwrap), se aplica "Differentiate - Continuous".

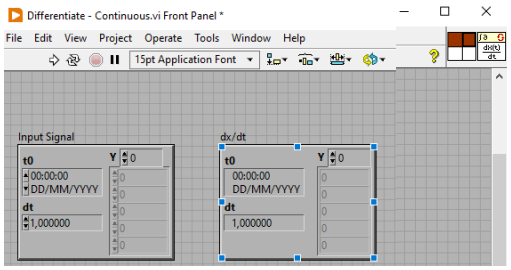


Figura 28: Diagrama frontal del Differentiate – Continuous (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 28 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: “Diferenciación - Continuo” de este sub vi de la práctica principal de FM radio espectro debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

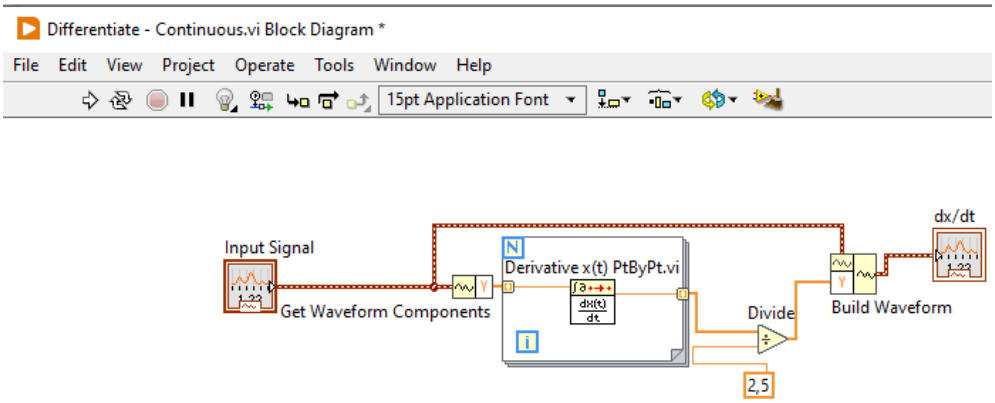


Figura 29: Diagrama de bloque del Differentiate – Continuous (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 29 se muestra el diagrama imagen del bloque: “Diferenciación - Continuo” y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Resample Waveform (Remuestrear forma de onda)

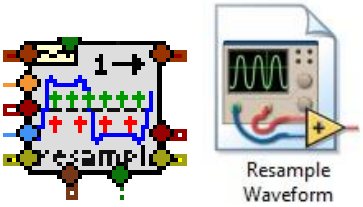


Figura 30: Icono y diagrama vi del resample waveform (Fuente: Autores)

En la Figura 30 se muestra la primera imagen del ícono del diagrama de bloque y en la segunda el archivo vi del diagrama.

El bloque "Resample Waveform" modifica la frecuencia de muestreo de la señal demodulada para que pueda ser correctamente procesada o reproducida en forma de sonido.
Modifica el ritmo de muestreo de una señal, o sea, el número de muestras por segundo.

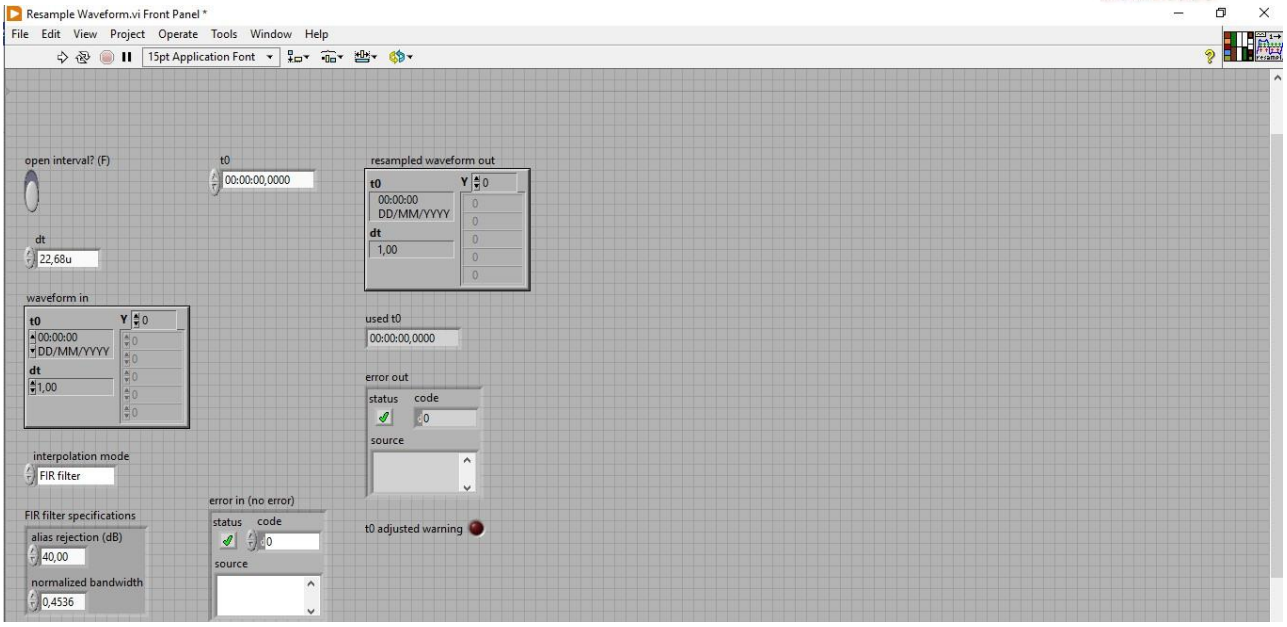


Figura 31: Diagrama frontal del resample waveforms (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 31 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: "Remuestrear forma de onda" de este sub vi de la práctica principal de FM radio espectro debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

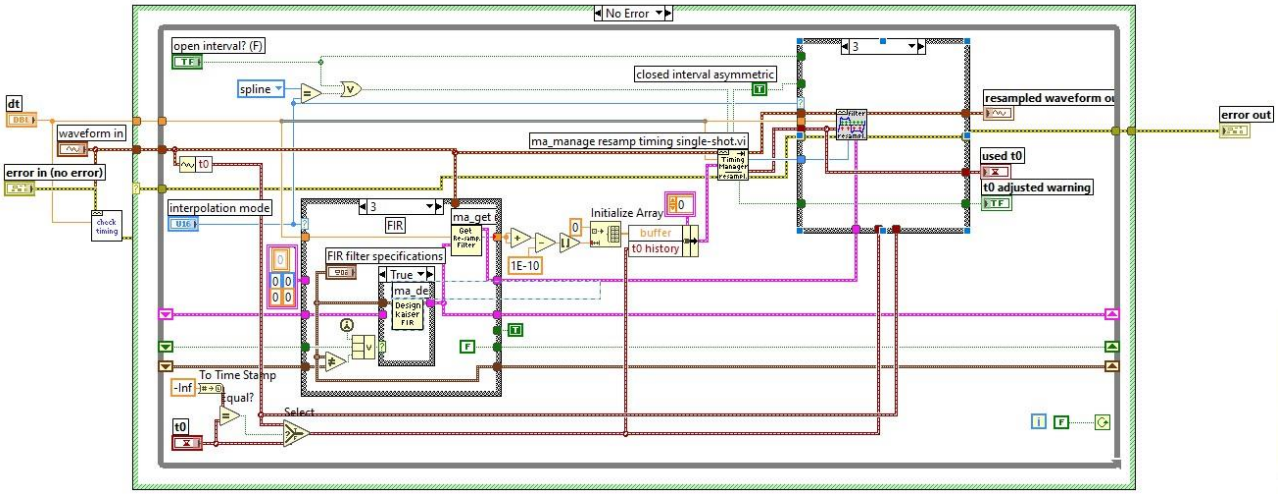


Figura 32: Diagrama de bloque del resample waveforms (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 32 se muestra el diagrama imagen del bloque: "Remuestrear forma de onda" y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Calculate Resample Parameters (Calcular parámetros de remuestreo)

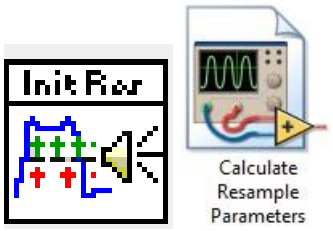


Figura 33: Icono y diagrama vi del calcúlate resample waveform (Fuente: Autores)

En la Figura 33 se muestra la primera imagen del ícono del diagrama de bloque y en la segunda el archivo vi del diagrama.

El bloque "Calculate Resample Waveform" establece los parámetros requeridos para modificar la frecuencia de muestreo de una señal, preparando la ruta para la correcta reproducción del audio obtenido con el USRP.

En radio FM, utilizando USRP, se utiliza para:
Demodulación de una señal FM, se puede obtener audios con un alto índice de muestreo (por ejemplo, 200 kHz).
Reproducir lo necesario para ajustar en 48 kHz o 44.1 kHz.
Este bloque determina lo requerido para realizar ese cambio de manera adecuada.

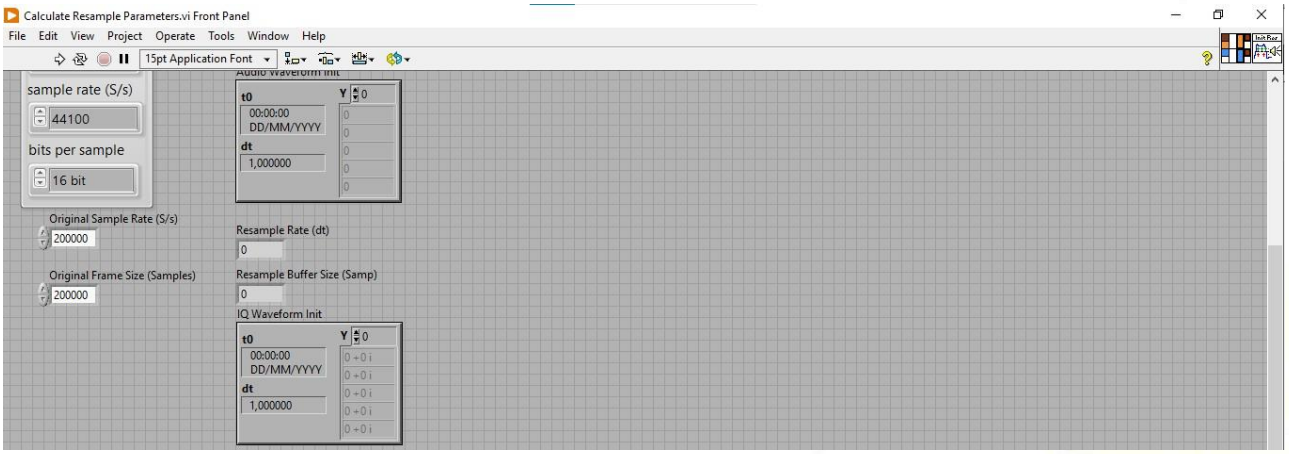


Figura 34: Diagrama frontal del calculate resample waveform (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 34 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: “Calcular el remuestreo de la forma de onda” de este sub vi de la práctica principal de FM radio espectro debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

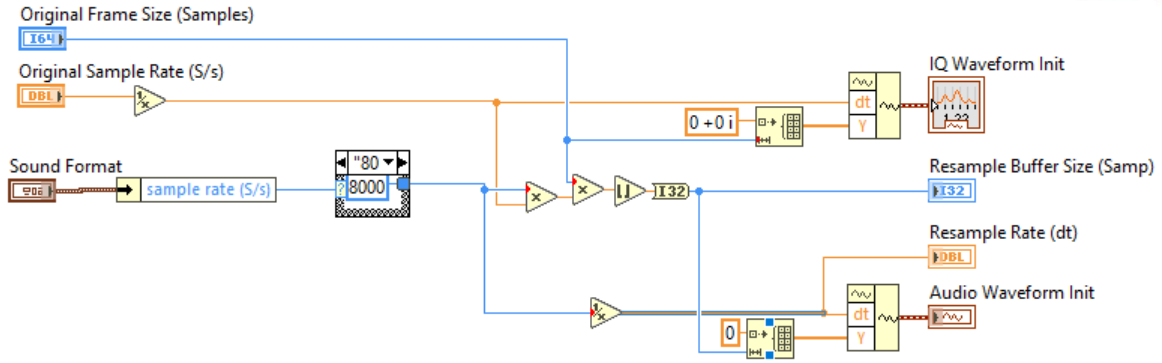


Figura 35: Diagrama de bloque del calculate resample waveform (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 35 se muestra el diagrama imagen del bloque: “Calcular el remuestreo de la forma de onda” y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Sound_Out_16b_Mono (Sonido de salida 16 bits mono)

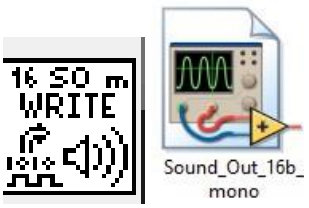


Figura 36: 10 Icono y diagrama vi del sound_out_16b_mono (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 36 se muestra la primera imagen del ícono del diagrama de bloque y en la segunda el archivo vi del diagrama.

El componente "sonido de salida 16 bits mono" transforma la señal sonora demodulada en un formato estándar (16-bit mono) y la transmite a la tarjeta de sonido para su reproducción en tiempo real.
En radio FM, el uso de USRP es para:

Una vez captada y modulada una señal FM, se consigue una señal de audio digital.
Este bloque posibilita la escucha directa de ese audio desde LabVIEW.
Es el último paso del sistema de receptor FM.

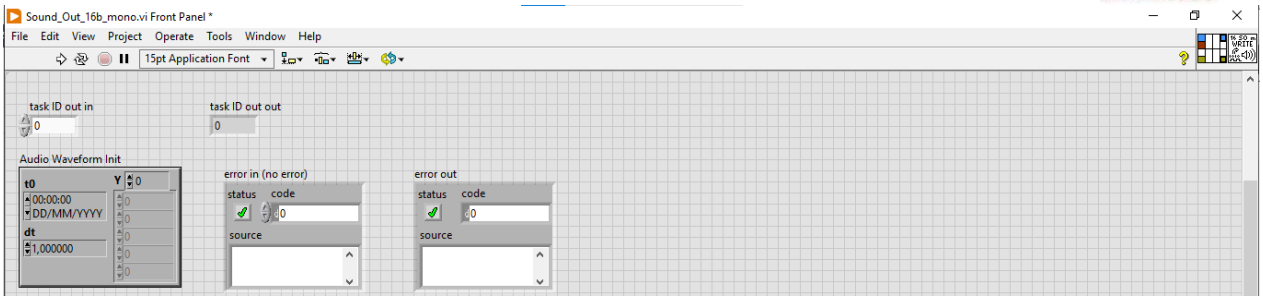


Figura 37: Diagrama frontal del sound_out_16b_mono (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 37 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: "Sonido de salida de 16 bits de mono" de este sub vi de la práctica principal de FM radio espectro debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

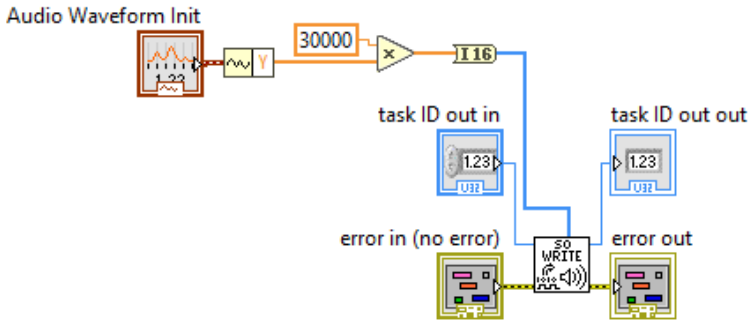


Figura 38: Diagrama de bloques del sound_out_16b_mono (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 38 se muestra el diagrama imagen del bloque: "Sonido de salida de 16 bits de mono" y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

Sub.VI'S de resample waveform

- Design Kaiser FIR filter (Filtro FIR de diseño Kaiser)

Figura 39 Icono del diagrama de Design Kaiser FIR Filter (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 39 se muestra la imagen del icono del diagrama de bloque del Sub VI.

El bloque "Design Kaiser FIR Filter" genera un filtro digital FIR ajustable, perfecto para la limpieza de señales FM y la mejora de la calidad del sonido en usos con el USRP.
Elabora un filtro digital de respuesta limitada al impulso (FIR) utilizando una ventana de Kaiser.
En una aplicación de FM utilizando el USRP, este bloque podría utilizarse para:
Deshacerse del ruido fuera de la banda de interés
Examinar la señal previa o posterior a la demodulación
Reducir la señal para optimizar la calidad del sonido

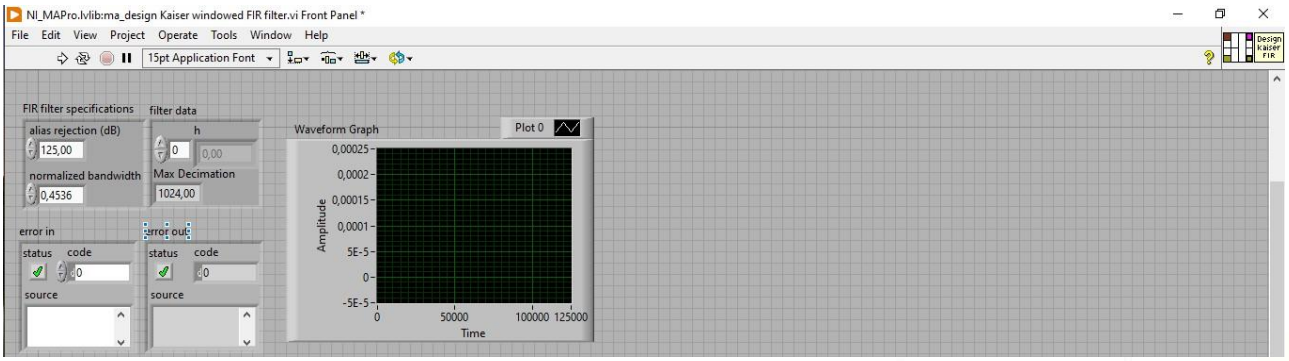


Figura 40: Diagrama frontal del design káiser FIR filter (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 40 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: "Filtro FIR del Diseño Kaiser" de este Sub VI del otro Sub VI principal de resample waveform debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

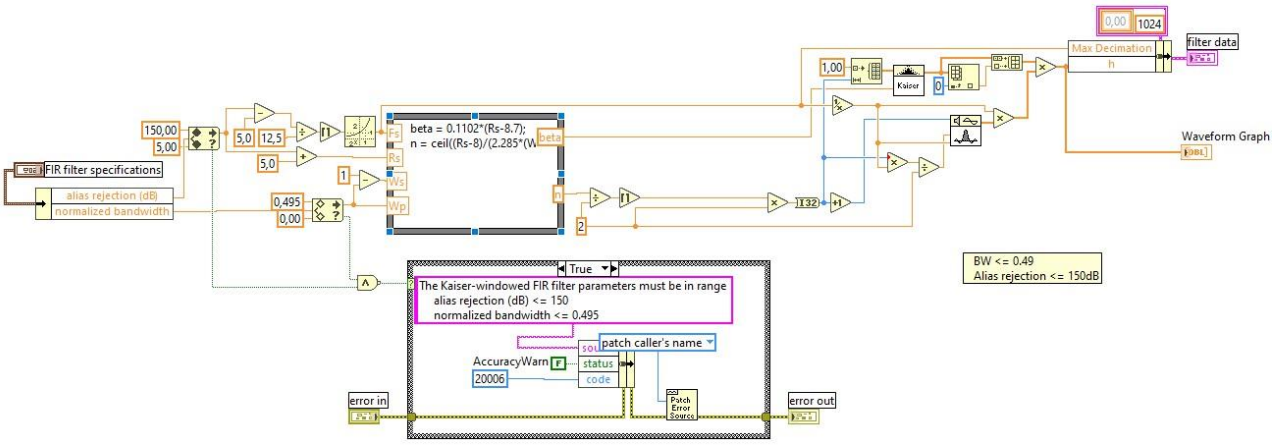


Figura 41: Diagrama de bloque del design káiser FIR filter (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 41 se muestra el diagrama imagen del bloque: “Filtro FIR del Diseño Kaiser” y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Check Waveform Timing (Comprobar sincronización de la forma de onda)

Figura 42: Icono del diagrama de Check waveform Timing (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 42 se muestra la imagen del icono del diagrama de bloque del Sub VI.

El bloque "Verificar la Tasa de Muestreo de Waveform" verifica que la señal posea una tasa de muestreo adecuada, garantizando que pueda ser procesada o reproducida sin fallos en una aplicación FM con el USRP.

En una aplicación FM equipada con USRP, se puede utilizar este bloque para:

Comprobar que la señal demodulada se encuentre en el momento adecuado antes de reproducirla.
Es importante prevenir fallos al vincular con bloques como "Play Waveform" o "Resample".
Garantizar que la señal no sea muestreada incorrectamente o esté deteriorada.

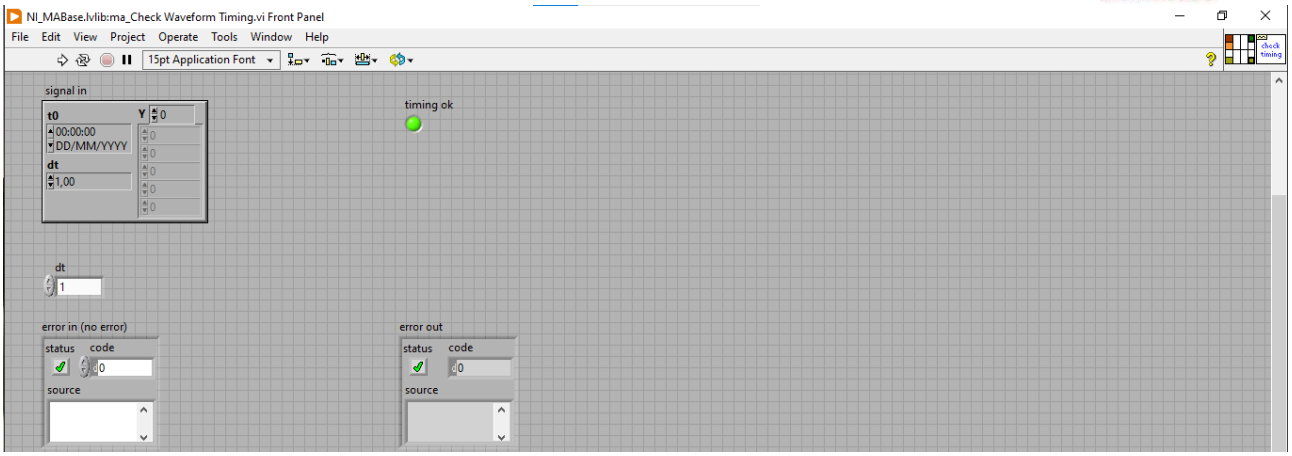


Figura 43: Diagrama frontal del Check waveform Timing (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 43 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: “Comprobar la sincronización de forma de onda” de este Sub VI del otro Sub VI principal de resample waveform debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

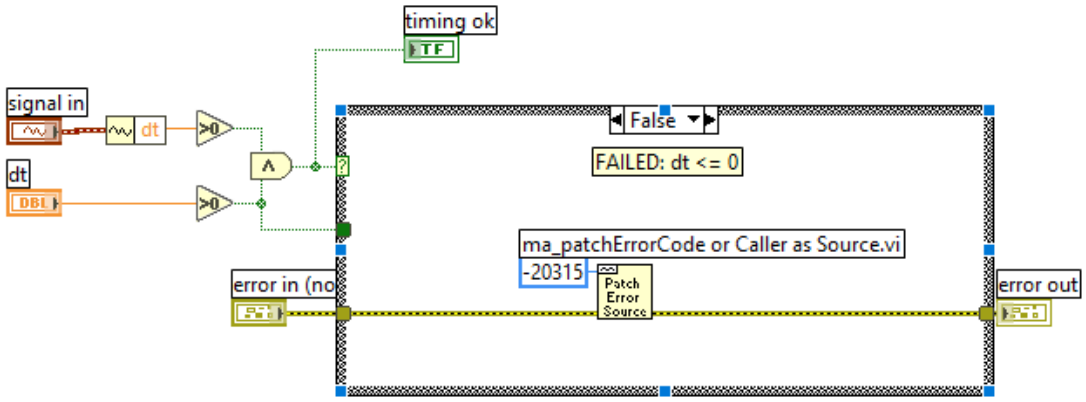


Figura 44: Diagrama de bloque del Check waveform Timing (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 44 se muestra el diagrama imagen del bloque: “Comprobar la sincronización de forma de onda” y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Get Resampling FIR Parameters (Obtener parámetros FIR de remuestreo)

Figura 45: Icono del diagrama Get Resampling FIR Parameters (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 45 se muestra la imagen del icono del diagrama de bloque del Sub VI.

El bloque "Obtener Parámetros de Resampling FIR" determina los coeficientes de un filtro FIR necesarios para ajustar adecuadamente la frecuencia de muestreo de una señal, particularmente beneficioso al manejar el audio obtenido por el USRP.
Se emplea en la radio FM utilizando USRP para:

Normalmente, cuando obtienes sonido de una señal FM demodulada, es necesario ajustarla a una frecuencia apropiada para su reproducción (como 48 kHz).
Este bloque elabora el filtro requerido para que ese remuestreo se lleve a cabo sin pérdida de calidad ni degradación.

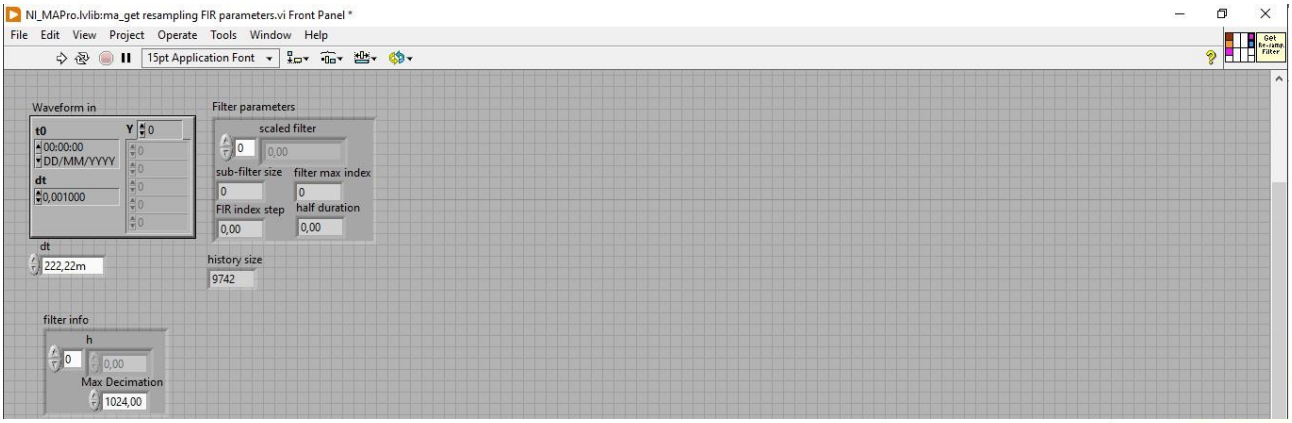


Figura 46: Diagrama frontal del Get Resampling FIR Parameters (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 46 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: “Obtener los Parámetros FIR de Remuestreo” de este Sub VI del otro Sub VI principal de resample waveform debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

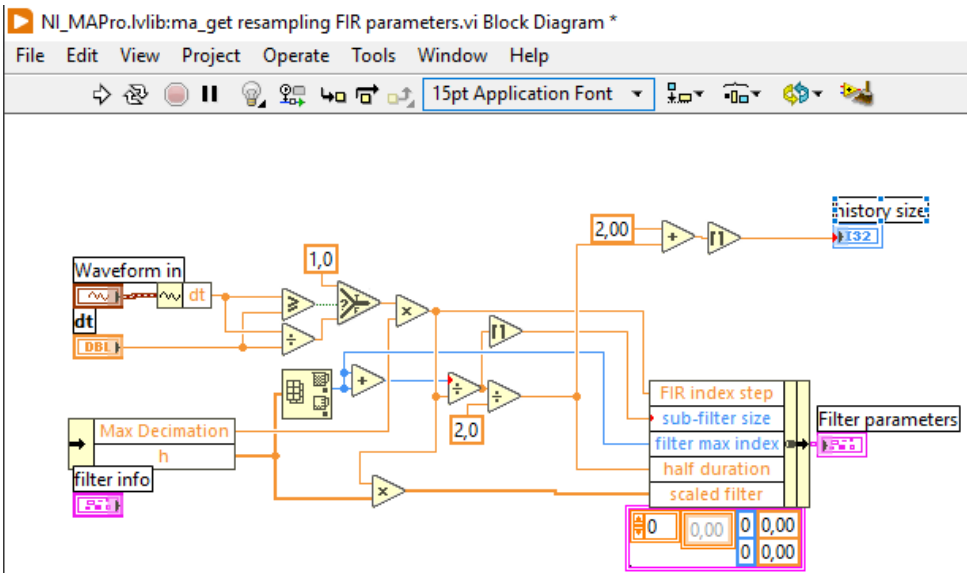


Figura 47: Diagrama de bloques del Get Resampling FIR Parameters (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 47 se muestra el diagrama imagen del bloque: "Obtener los Parámetros FIR de Remuestreo" y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

- Resamp Timing Single-Shot (Sincronización de remuestreo de un solo disparo)

Figura 48: Icono del diagrama Resamp Timing Single-Shot (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 48 se muestra la imagen del icono del diagrama de bloque del Sub VI.

El bloque "Resamp Timing Single-Shot" produce la información de tiempo requerida para remuestrear una señal de manera única, lo que permite su transformación a una tasa de muestreo nueva, por ejemplo, para escuchar audio FM desde el USRP.

Se emplea en la radio FM utilizando USRP para:

Una vez demodulada una señal FM, se puede obtener una señal con una alta frecuencia de muestreo (por ejemplo, 200 kHz).

Si deseas escucharla en formato audio (a 44.1 o 48 kHz), debes remuestrearla.

Este bloque contribuye a establecer el "Timing" adecuado para realizar ese remuestreo en una única ocasión, evitando que el sistema perciba que es una señal en directo.

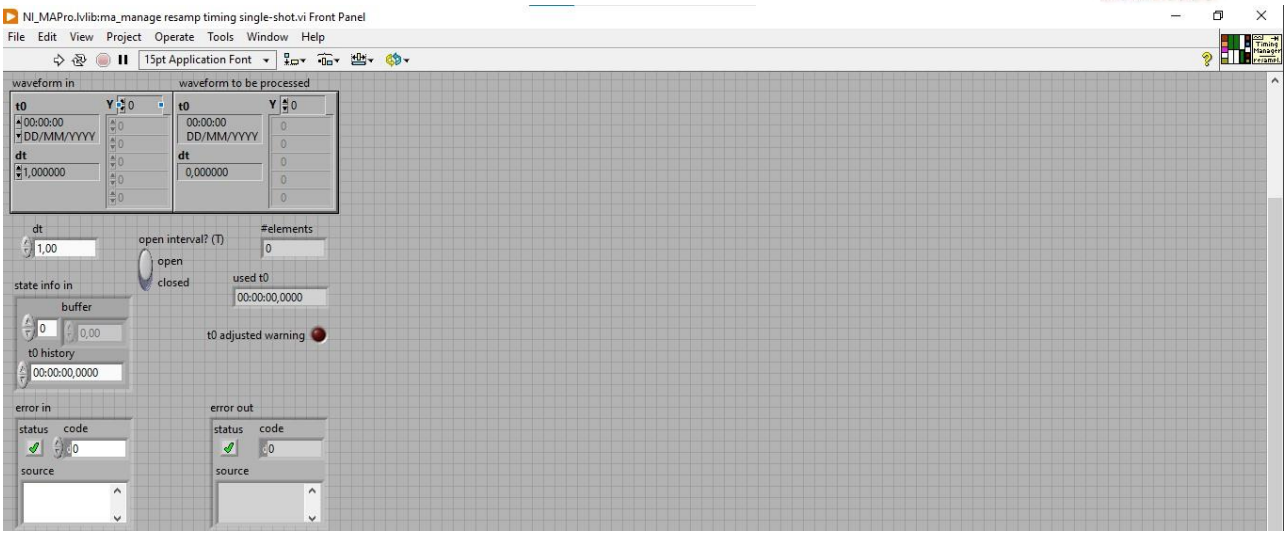


Figura 49: Diagrama frontal del Resamp Timing single-Shot (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 49 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: "Sincronización del remuestreo de un solo disparo" de este Sub VI del otro Sub VI principal de resample waveform debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

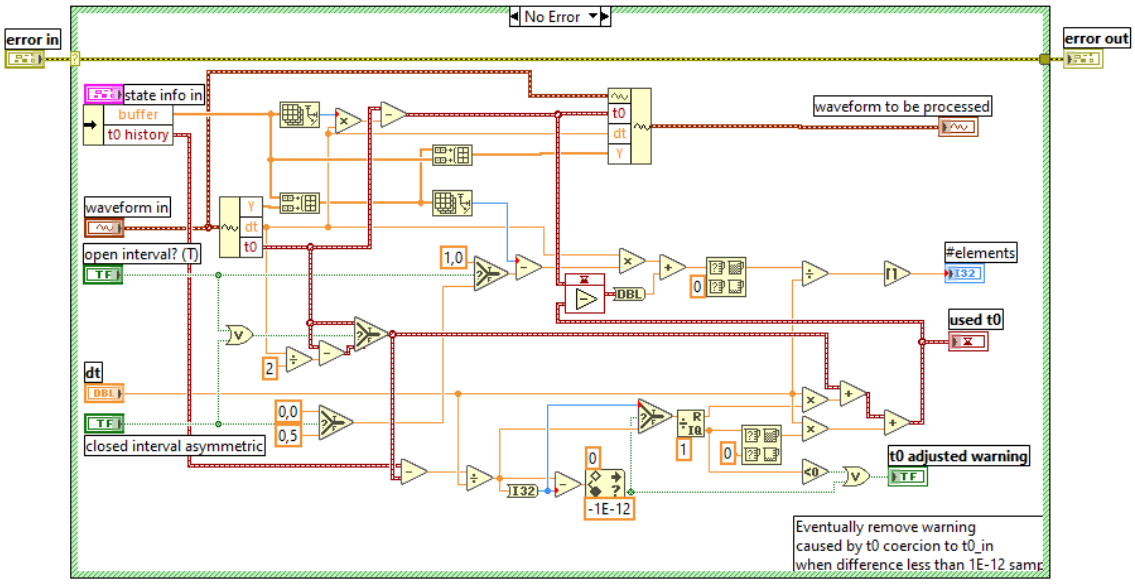


Figura 50: Diagrama de bloques del Resamp Timing single-Shot (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 50 se muestra el diagrama imagen del bloque: "Sincronización del remuestreo de un solo disparo" y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

Sub.VI Del Sub VI de check waveform timing

- Path Error Code or Caller as Source (Código de ruta o llamador como fuente)

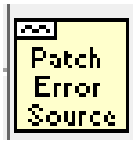


Figura 51: Icono del diagrama de Path error codeo or Caller as Source (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 51 se muestra la imagen del icono del diagrama de bloque del Sub VI.

El nodo "Path Error Code or Caller as Source" produce un mensaje de error preciso que señala si el fallo se originó en una ruta de archivo o en el VI que lo llamó, lo que simplifica el diagnóstico de LabVIEW.

Analiza si se produjo un fallo (como al abrir un archivo)

Si el fallo se vincula con una ruta incorrecta o no existente, considera esa ruta como la causa del error.

Si no existe una vía accesible, entonces utiliza el nombre del VI (llamador) como fuente.

Esto permite identificar de manera más precisa de dónde surge el error cuando algo no funciona.

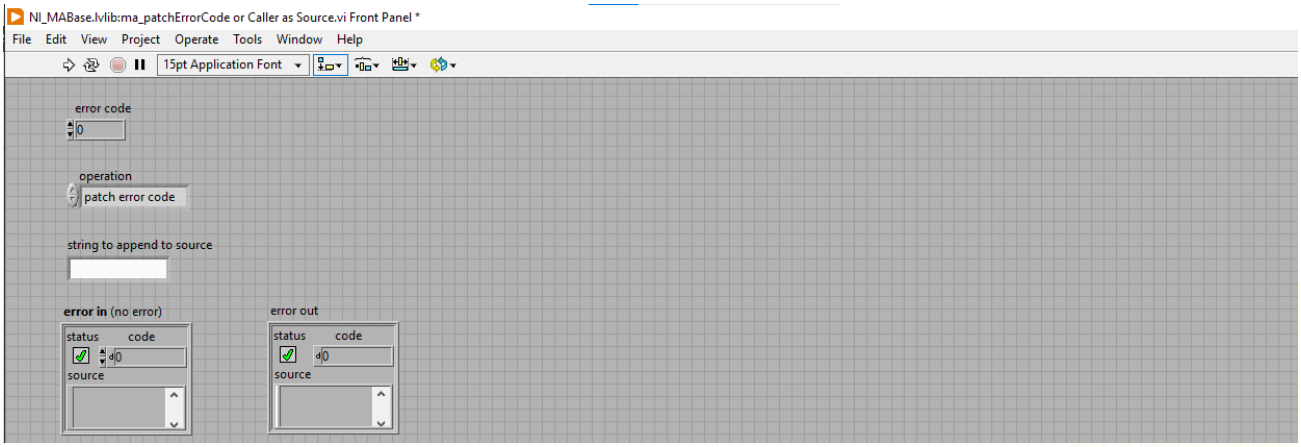


Figura 52: Diagrama frontal del Path error codeo or Caller as Source (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 52 se muestra la parte del diagrama frontal del bloque: “Código de ruta o llamador como fuente” de este Sub VI del otro Sub VI principal de Check Waveform Timing debido a que en LabVIEW no existe esta clase de bloque en la biblioteca, por eso se creó un sub vi para referenciarlo.

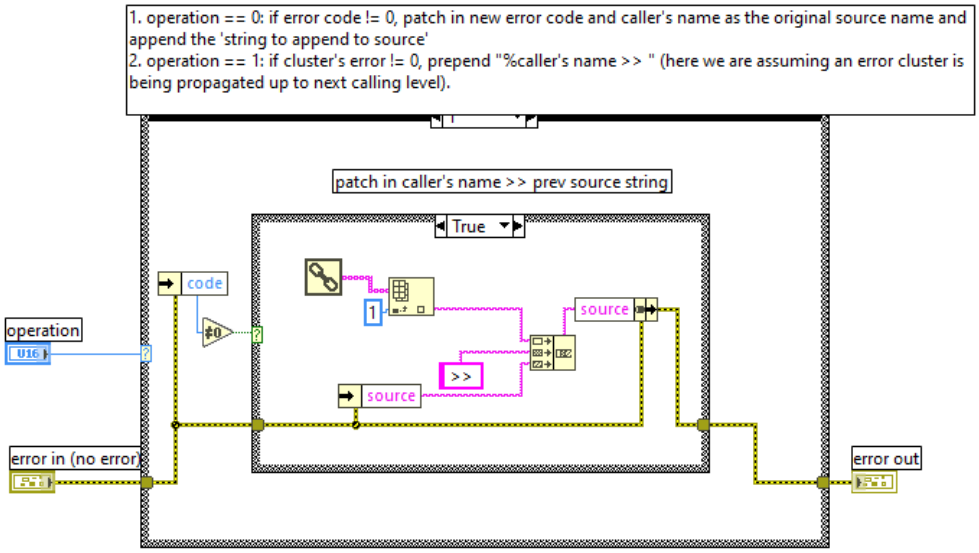


Figura 53: Diagrama de bloque del Path error codeo or Caller as Source (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 53 se muestra el diagrama imagen del bloque: "Código de ruta o llamador como fuente" y sus respectivos pasos de los otros bloques de la biblioteca del diagrama.

d. Practica LabVIEW de un Transmisor de radio FM de tipo audio .WAV

Practicar este laboratorio tiene como objetivo investigar los conceptos y aplicaciones de frecuencia mediante el uso de GNU. La modulación frecuente de frecuencia, a diferencia de la modulación de amplitud (AM), cambia la frecuencia del eje de acuerdo con la señal de entrada, da la ventaja de la mayor resistencia al ruido [31].

Tanto los equipos USRP como GNU Radio son de código abierto, lo que significa que su diseño y código fuente son accesibles para todo tipo de usuarios. Esto fomenta la colaboración, la mejora y creación de nuevas funcionalidades por parte de la comunidad de estudiantes y docentes. Además, el enfoque de código abierto brinda a los usuarios la libertad de personalizar y adaptar los sistemas a sus propias necesidades [32].

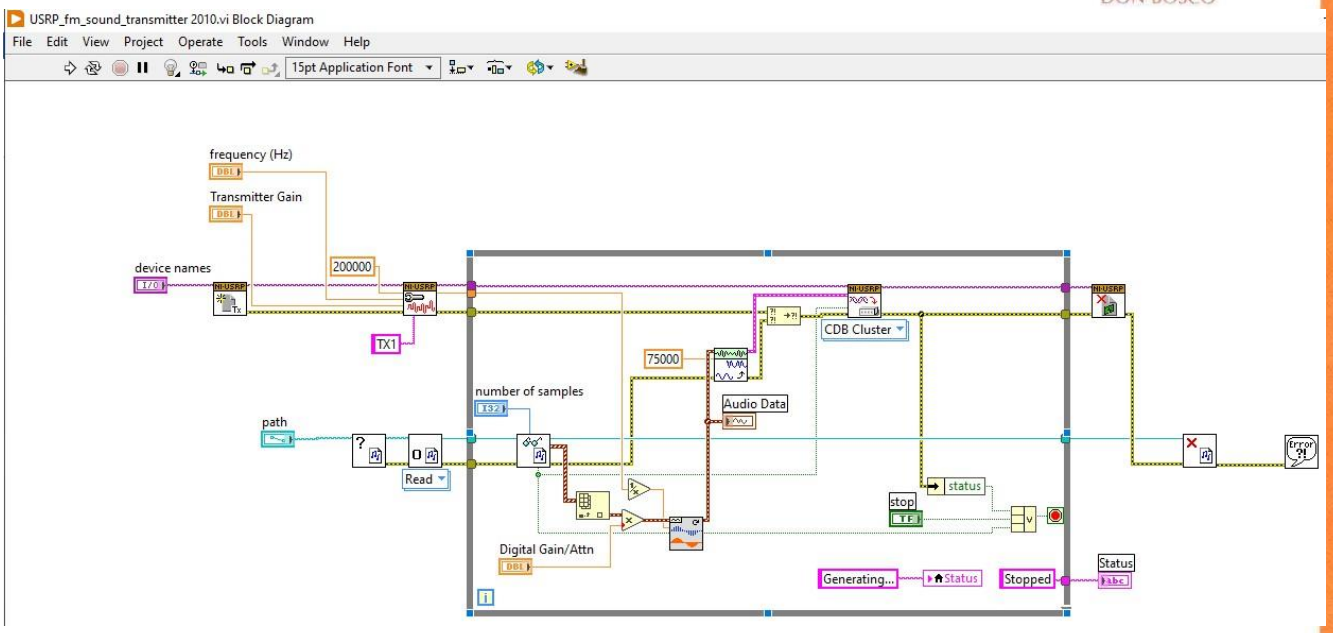


Figura 54: Diagrama de bloque del audio WAV FM de transmisor (Fuente: Autores)

En la Figura 54 se muestra el diagrama de bloque de lo que sería audio o sonido tipo WAV para radio FM que transmite a todo usuario que use radio FM practica fundamental para una materia relacionada a comunicaciones inalámbricas.

e. Inserción del Bloque de Audio en Proyecto USRP FM en LabVIEW

En el documento describe cómo insertar el bloque de audio en un proyecto de recepción de señal FM utilizando equipos USRP y LabVIEW. El objetivo es demodular la señal FM recibida y reproducir el audio correspondiente a través de los parlantes del computador.

1. Ubicación del bloque de audio

El bloque de audio debe colocarse después de la demodulación de la señal FM, no directamente desde la señal IQ recibida del USRP. La señal debe ser procesada por un demodulador FM que extraiga la información de audio.

2. Bloques necesarios

Para reproducir la señal de audio, se necesitan los siguientes bloques:

• FM Demodulator.vi

3. Pasos para insertar los bloques

A continuación, se describen los pasos para integrar los bloques en el diagrama de LabVIEW:

1. Insertar el bloque FM Demodulator.vi desde: Functions → Communications → Analog Modulation → FM Demodulator.

2. Conectar la salida del bloque de adquisición de datos (CDB Cluster) a la entrada del demodulador.
3. Insertar el bloque Sound Output Write.vi desde: Functions → Programming → Graphics & Sound → Sound → Output → Sound Output Write.vi.
4. Conectar la salida del demodulador FM al bloque de audio.
5. Configurar la tasa de muestreo en 44100 Hz o similar.
6. Cerciorarse de que el formato de datos sea una matriz de tipo DBL o Waveform.

4. Observaciones

• Es importante tener instalada la librería de sonido de LabVIEW para que los bloques de sonido estén disponibles.
• La señal debe ser correctamente demodulada para escuchar un audio claro.
• Ajustar la ganancia y la frecuencia de muestreo para mejorar la calidad del audio recibido.

f. Explicación del Diagrama de Bloques en LabVIEW para Analizador de Espectro de Señal USRP

En el documento explica el funcionamiento de cada bloque en un diagrama de LabVIEW utilizado para la recepción de señales con un equipo USRP (Universal Software Radio Peripheral). El objetivo es recibir una señal, procesarla y convertirla en audio reproducible.

Diagrama de Bloques General (analizador de espectro)

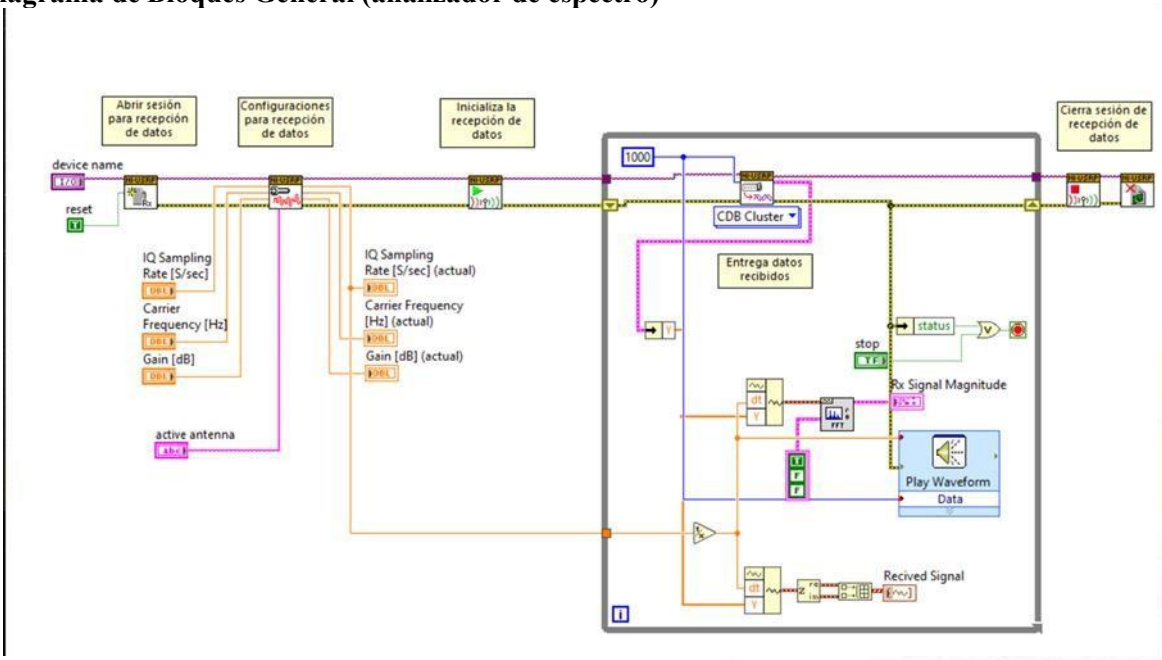


Figura 55: Diagrama de bloque completo del analizador de espectro (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 55 se da a conocer acerca del diagrama de bloque del analizador de espectro la cual sirve para detectar señales análogas de ruido es practica fundamental para una materia relacionada a comunicaciones inalámbricas.

1. Abrir sesión para recepción de datos

Aquí se inicializa el USRP especificando el nombre del dispositivo y si se desea reiniciar. El bloque 'NI-USRP Open SO FM Session' se abre la comunicación con el dispositivo.

2. Configuraciones para recepción de datos

Se deben de configuran los parámetros principales del USRP: la tasa de muestreo (IQ Sampling Rate), la frecuencia portadora (Carrier Frequency), la ganancia (Gain) y la antena activa. Estos se establecen mediante nodos de propiedad (Property Nodes).

3. Inicializa la recepción de datos

El bloque 'NI-USRP Initiate' se activa la recepción de datos utilizando los parámetros previamente configurados.

4. Estructura de bucle While - Recepción continua

Dentro de este bucle, se realiza la adquisición continua de datos. Se usan los siguientes bloques:

- 'NI – USRP Fetch RX Data': Captura los datos IQ del USRP.
- FFT: Transforma la señal a frecuencia para análisis.
- Rx Signal Magnitude: Calcula la magnitud de la señal recibida.
- Play Waveform Data: Reproduce la señal como audio.
- Received Signal: visualiza la señal en forma de onda.

5. Cierre de sesión de recepción de datos

Los bloques 'NI-USRP Abort' y 'NI-USRP Close' se utilizan para finalizar correctamente la sesión con el USRP y liberar los recursos.

En el diagrama de bloques de NI LabVIEW, se está recibiendo una señal FM usando el equipo USRP 2920. Para convertir esta señal en audio, se necesita demodular la señal FM y luego enviarla a un bloque de analizador de espectro.

Dónde colocar el bloque de analizador de espectro:

1. **Ubicación correcta:**
   El bloque de audio debe colocarse después del proceso de demodulación FM, no directamente desde la señal recibida (IQ).

En tu diagrama, la señal aún está en forma compleja (IQ), y lo que necesitas es el analizador de espectro de la señal demodulada.

2. **Bloques que necesitas insertar:**

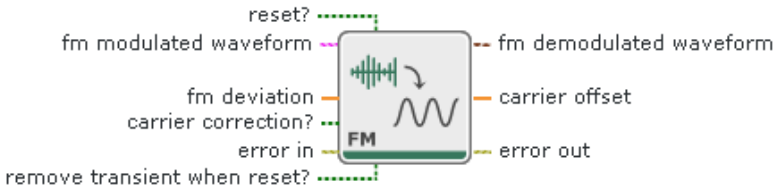


Figura 56: bloque FM Demodulate (Fuente NI)

La figura 56 se ubica en la biblioteca de diagrama de bloques en la que contiene en general el bloque y sus pines.

FM Demodulator (FM Demod)

Este bloque toma una señal compleja (IQ) y extrae la información de audio.

Sound Output (Audio Output)

Este bloque toma una señal de tipo waveform o una matriz de tipo DBL y la reproduce por los parlantes.

Pasó a paso para insertar:

1. **Después del bloque CDB Cluster**, donde ya se está recibiendo la señal IQ:

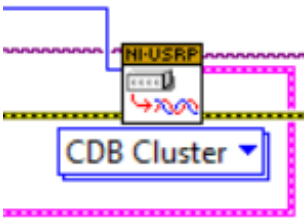


Figura 57: Primera parte del paso a paso (Bloques: USRP Fetch RX CDB Cluster) (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 57 se muestra una primera parte del analizador de espectro en el diagrama de bloques en este caso serían los bloques: NI-USRP Fetch RX CDB Cluster.

- Inserta el bloque **FM Demodulator.vi** (lo encuentras en: Functions → Communications → Analog Modulation → FM Demodulator).

2. **Conectar la salida de IQ (tipo complejo) a la entrada del demodulador.**

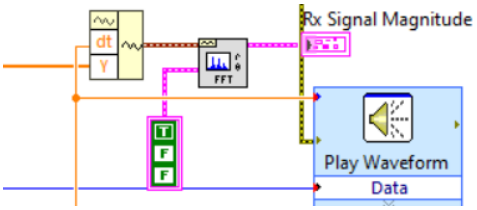


Figura 58: Segunda parte del paso a paso (Bloques: Build Waveform, FFT Spectrum Mag-phase y Play Waveform) (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 58 se muestra una segunda parte del analizador de espectro en el diagrama de bloques en este caso serían los bloques: Build Waveform, FFT Spectrum Mag-phase y Play Waveform.

3. **Conectar la salida del FM Demodulator al bloque de audio:**

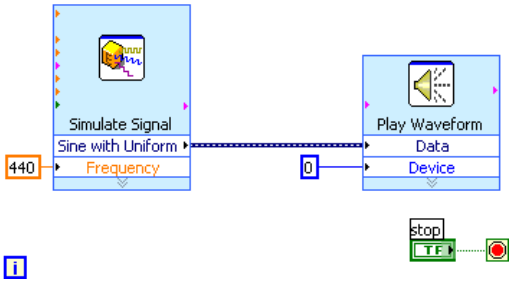


Figura 59: Tercera parte del paso a paso (Bloques: Play Waveform y Simulate Signal) (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 59 se muestra una tercera parte del analizador de espectro en el diagrama de bloques en este caso serían los bloques: Play Waveform y Simulate Signal.

- Insertar el bloque **Sound Output.vi** (lo encuentras en: Functions → Programming → Graphics & Sound → Sound → Output → Sound Output Write.vi).

4. **Configurar el bloque de audio:**

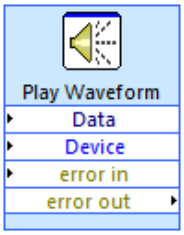


Figura 60: Bloque arreglado del Play Waveform (Fuente: LabVIEW)

En la Figura 60 es el bloque verdadero del Play Waveform que se debe configurar para la práctica.

- Definir una tasa **de muestreo (Sampling Rate)** de 44100 o similar.
- Cerciorarse de usar un **formato de datos compatible** (una matriz de DBL o waveform).

Parámetros explicados del VI de LabVIEW NI

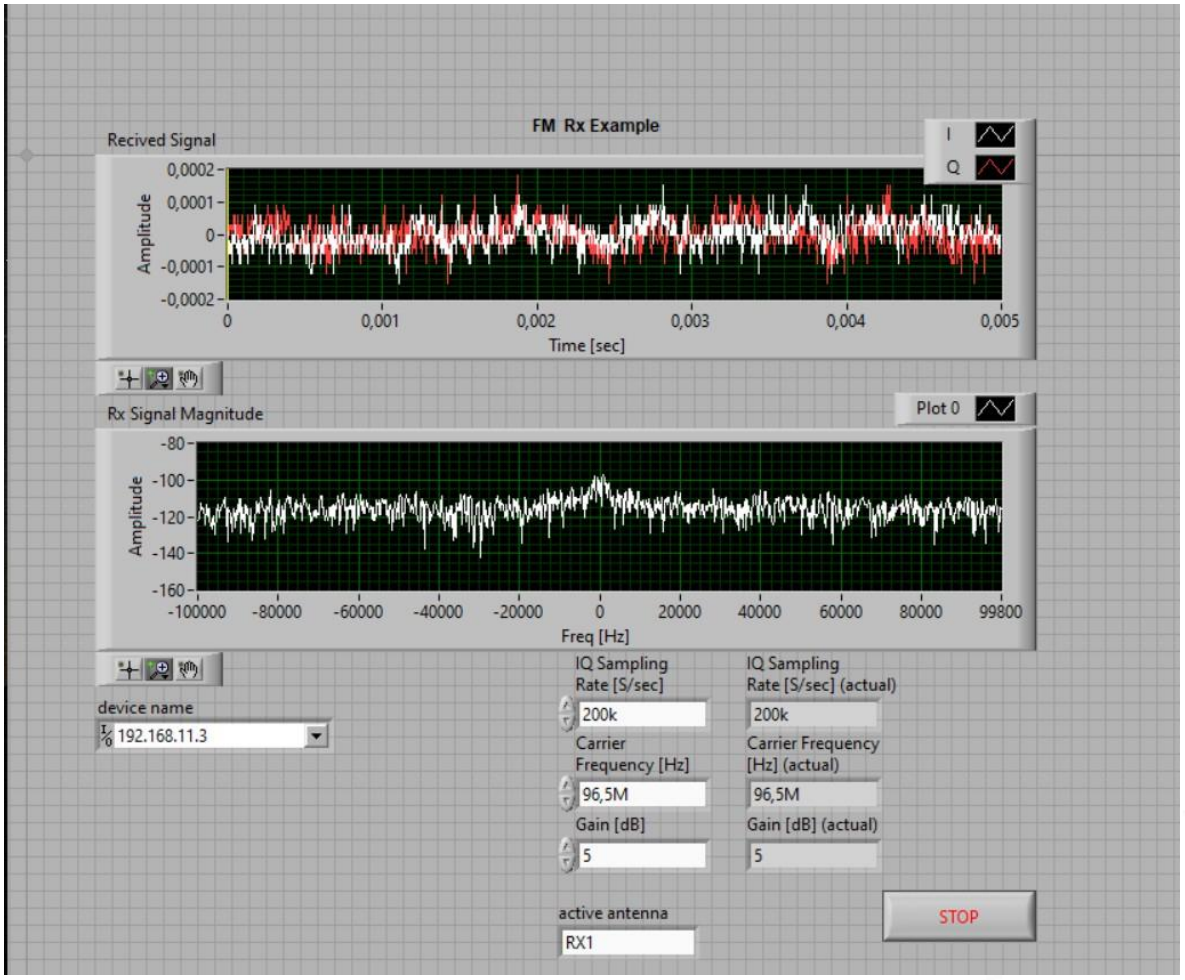


Figura 61: FM Rx example diagrama frontal (Señal recibida y Señal de magnitud RX) (Fuente LabVIEW)

En la figura 61 se tiene Received Signal (Señal Recibida). En el gráfico muestra la señal de radiofrecuencia recibida en el dominio del tiempo. Se observan dos componentes, I (In-phase) y Q (Quadrature), representadas por las líneas blanca y roja respectivamente. La amplitud de la señal se grafica en el eje Y, variando desde aproximadamente -0,0002 hasta 0,0002, mientras que el eje X representa el tiempo en segundos, cubriendo un rango de 0 a 0,005 segundos. La naturaleza ruidosa y oscilante de ambas componentes sugiere una señal con modulaciones y ruido presentes, típica de una señal de radiofrecuencia sin procesar.

Gráfico superior: "FM Rx Example - Received Signal"

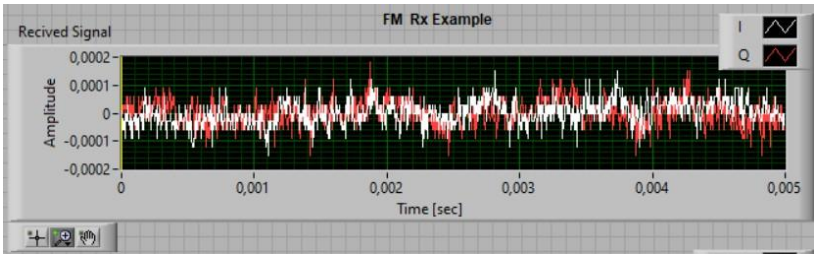


Figura 62: Señal recibida frontal (Fuente LabVIEW)

En la figura 62 indica que el gráfico muestra una representación de la señal de radiofrecuencia (RF) tal como es captada por el receptor. Es la señal "cruda" antes de cualquier procesamiento significativo para extraer la información.

- **Descripción:** Muestra la señal de FM recibida en el dominio del tiempo.
- **Ejes:**
    - **Eje X:** Tiempo en segundos (de 0 a 0.005 s).
    - **Eje Y:** Amplitud de la señal I/Q.
- **Curvas:**
    - **Roja (Q):** Componente cuadratura (Q).
    - **Blanca (I):** Componente en fase (I).

Esta gráfica es útil para observar el comportamiento temporal de la señal recibida.

Gráfico inferior: "Rx Signal Magnitude"

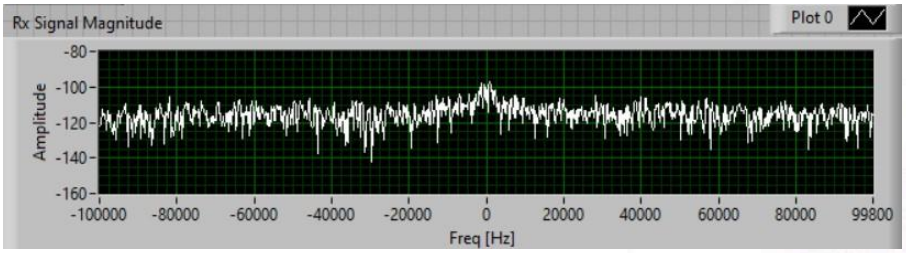


Figura 63: Magnitud de señal RX frontal (Fuente LabVIEW)

En la Figura 63 vemos que este gráfico funciona como un espectroscopio para la señal de RF que se ha recibido. Facilita la observación de la forma en que se reparte la energía de la señal en varias frecuencias. Resulta ser un recurso crucial para profesionales en radio y análisis de señales, dado que ayuda a detectar la llegada de la señal, su fuerza en comparación con el ruido (proporción señal/ruido), su rango de frecuencias y la existencia de otras señales o interferencias dentro del espectro.

- **Descripción:** Muestra la amplitud de la señal obtenida en el ámbito de la frecuencia (espectro).
- **Ejes:**
    - **Eje X:** Frecuencia (Hz), centrado en cero (representa frecuencias relativas).
    - **Eje Y:** Magnitud en decibelios (dB), que indica la potencia de la señal.

Aquí se observa si la portadora está correctamente centrada y si hay energía en el canal esperado.

Parámetros de configuración (panel izquierdo inferior):

1. **Device Name:**

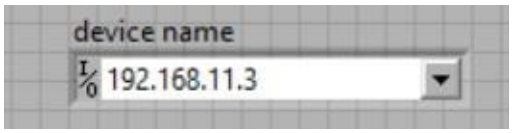


Figura 64: Nombre del dispositivo (dirección IP del USRP) (Fuente LabVIEW)

- **Valor:** 192.168.11.3
- **Significado:** La Figura 64 es la Dirección IP del equipo USRP conectado. Es la interfaz de red que utiliza el software para comunicarse con el hardware.

Parámetros de recepción (panel derecho):

2. **IQ Sampling Rate [S/sec]**

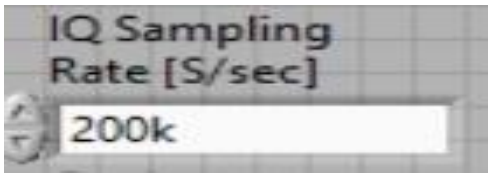


Figura 65: Frecuencia de muestreo (Fuente LabVIEW)

- **Valor:** 200k
- **Significado:** La Figura 65 es la Frecuencia de muestreo de la señal I/Q. Esto muestra que se están recolectando 200,000 muestras cada segundo.

3. **Carrier Frequency [Hz]**

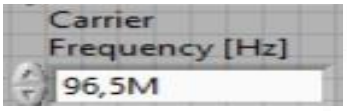


Figura 66: Frecuencia portadora [Hz] (Fuente LabVIEW)

- **Valor:** 96.5M (96.5 MHz)
- **Significado:** La Figura 66 es la Frecuencia clave de la señal de FM que se quiere captar. En esta situación, se está ajustando para escuchar una estación de radio FM.

4. **Gain [dB]**

Figura 67: Ganancia en dB (Fuente LabVIEW)

- **Valor:** 5
- **Significado:** La Figura 67 es la Ganancia de recepción aplicada por el USRP. Aumenta la sensibilidad del receptor.

5. **active antenna:**

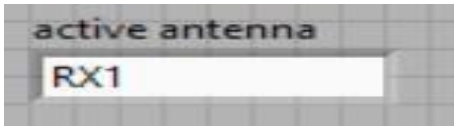


Figura 68: Antena activa (Fuente LabVIEW)

- **Valor:** RX1
- **Significado:** La Figura 68 es el Puerto de antena activo en el USRP. RX1 es uno de los puertos comunes para recepción.

6. **Campo: "STOP"**

Figura 69: Campo STOP (Fuente LabVIEW)

- **Descripción:** La Figura 69 es el Botón para detener la recepción de la señal. Finaliza el proceso de adquisición en tiempo real.

XIII. Discusión

El desarrollo de las prácticas con el USRP-2920 permitió validar su utilidad como herramienta didáctica en el laboratorio de Comunicaciones Inalámbricas, evidenciando que es posible implementar, en un entorno académico, sistemas de transmisión y recepción en tiempo real. Durante la fase experimental se lograron sintonizar y demodular señales de radio FM en el rango de 88 MHz a 108 MHz, obteniendo mediciones de parámetros clave como frecuencia portadora, ancho de banda, relación señal-ruido y respuesta espectral.

En las pruebas de recepción, la configuración óptima se alcanzó con una frecuencia de muestreo de 200 kS/s y una ganancia de 5 dB, lo que permitió obtener una señal clara y estable. Sin embargo, se detectó que en entornos con alta interferencia electromagnética el sistema presentaba ligeras degradaciones en la calidad del audio, lo cual coincide con lo reportado por García Carrillo (2022), donde se menciona la

susceptibilidad de los sistemas SDR a señales cercanas de alta potencia.

En la práctica de transmisión de audio tipo .WAV modulada en FM, se pudo verificar que el USRP mantiene una modulación estable dentro de los parámetros establecidos, pero la potencia de salida limitada por hardware restringe el alcance efectivo a distancias cortas, algo que también se observa en el proyecto HOP-Learning (Universidad Técnica de Valencia, 2023), donde se prioriza el uso seguro en entornos controlados.

Entre los objetivos planteados, se cumplió con la creación de guías prácticas que permiten a otros estudiantes replicar el montaje, configurar el equipo y analizar resultados. No se logró implementar la integración completa con GNU Radio por limitaciones de tiempo y disponibilidad de licencias en los equipos del laboratorio, aunque sí se documentaron los pasos iniciales para su uso.

En comparación con otros artículos revisados, los resultados obtenidos muestran una alta similitud en cuanto a la estabilidad de la recepción y la flexibilidad para ajustar parámetros en tiempo real, destacando que, a diferencia de otros estudios, en este trabajo se integró un análisis espectral detallado junto con la reproducción de audio en vivo, lo que aumenta el valor pedagógico de las prácticas.

XIV. Conclusiones

El uso del USRP-2920 en la asignatura de Comunicaciones Inalámbricas permitió demostrar que este equipo es una herramienta versátil para la enseñanza práctica de modulación y demodulación FM, así como para el análisis espectral en tiempo real. Las mediciones realizadas confirmaron que, con una configuración adecuada, es posible obtener señales estables y con buena calidad de audio, reforzando los conceptos teóricos impartidos en clase.

Se concluye que la implementación de guías prácticas facilita la replicabilidad de las actividades, reduce la curva de aprendizaje y fomenta la autonomía de los estudiantes en el manejo de tecnologías SDR. Los resultados obtenidos también evidencian que la principal limitación del USRP en este contexto es su baja potencia de transmisión, lo que restringe las pruebas de alcance a entornos de laboratorio, aunque garantiza la seguridad y cumplimiento normativo.

En comparación con trabajos previos, este proyecto aportó un análisis más completo al integrar la recepción, procesamiento y reproducción de audio, junto con la evaluación de parámetros técnicos clave, lo que amplía las posibilidades de uso del equipo en la enseñanza. Finalmente, se recomienda que futuras implementaciones incluyan pruebas en GNU Radio y la incorporación de antenas con diferentes configuraciones para evaluar su influencia en la calidad y alcance de la señal.

XV. Recomendaciones

Para implementar las guías de manera adecuada debe ser progresiva y práctica, empezando con principios fundamentales para posteriormente evolucionar hacia aplicaciones más elaboradas. También es necesario incluir objetivos específicos, materiales requeridos, instrucciones detalladas, resultados obtenidos y métodos de evaluación.

Proporcionar capacitación a los profesores universitarios en el uso de USRP. Esto asegura que el uso de las guías prácticas se realice correctamente y los problemas generales con la configuración se puedan resolver de manera efectiva. Esta capacitación técnica y educativa mejorará la calidad del proceso de educación.

Las guías del laboratorio que se emplean del USRP deben identificarse de manera individual no solo en el uso del equipo, sino también en fomentar el pensamiento crítico, la creatividad y habilidades profesionales genuinas.

Es imprescindible identificar las evaluaciones regulares y utilizar herramientas que evalúen la capacidad de los alumnos para diseñar, implementar, simular y examinar sistemas inalámbricos utilizando USRP.

Se cree que aquellos que son responsables de las técnicas de telecomunicaciones cambien oficialmente las actividades de las operaciones del USRP en el curso de Comunicaciones Inalámbricas. Esto le permitirá aceptar un enfoque positivo para que sea más fácil de entender.

Se recomienda elaborar un manual de ejercicios enfocados a desarrollar habilidades concretas, como modulación y demodulación digital, análisis espectral y diseño de enlaces inalámbricos, alineado con las normas IEEE 802. 11 y LTE. Estas actividades deben relacionarse con los objetivos de aprendizaje definidos por el docente.

XVI. Bibliografía

[1] Murillo, David. "Guías de prácticas de laboratorio interdisciplinarias para sistemas de comunicaciones utilizando radio definido por software", Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Telecomunicaciones, https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40603, 2024.

[2] Romero V, F.A. "Estudio del canal de comunicaciones entre plataformas aéreas y estaciones en tierra; toma de datos del enlace de comunicaciones I0/ pp.54, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Julio-2024.

[3] J.N.Cevallos Villamarìn, "Tendencias en la configuración y el futuro de la educación superior" TSEDE, vol.6 n.º 2, pp. 1–25, jun. 2023, https://doi.org/10.60100/tsede.v6i2.146

[4] Mayorga-Ases, M., Tagua-Moyolema, A., Muyulema-Muyulema, D., & Velastegui-Hernández, R. (2024). "Estudio sobre la implementación de metodologías activas en la educación superior: beneficios y desafíos". *593 Digital Publisher CEIT*, *9*(4-1), 196-208. https://doi.org/10.33386/593dp.2024.4-1.2739

[5] S. P. Tamo Achire, Módulo didáctico para prácticas en un laboratorio de telecomunicaciones basados en un transceptor de radio definida por software, Universidad Católica de Santa Marìa, Arequipa-Perù, https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10399, 2022.

[6] Tábara, Martha," Radiocomunicaciones con radio definida por software y GNU Radio" Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería en Telecomunicaciones, Trabajo de fin de grado, https://uvadoc.uva.es/handle/10324/63119 2023.

[7] D. E. Clavijo & E. A. Tarapuez, " Manual de prácticas de laboratorio para modulaciones digitales mediante el uso de la USRP 2901. http://hdl.handle.net/11349/38437, 2023

[8] C. V. Niño Rondón, K. C. Puerto López, D. Guevara Ibarra, y W. A. Contreras Gómez, «Radio Definida por Software: Una mirada a las tendencias y aplicaciones», *Ing.USBMed*, vol. 14, n.º 1, pp. 58–69, https://doi.org/10.21500/20275846.6048, 2023.

[9] N. Instruments, «USRP-2920 USRP software defined radio-device».

[1] Bonilla, Marcelo, Diseño e implementación de un sistema de cableado estructurado para la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional, Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica, https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8961,Quito, 2022.

[11] Betz, Alicia, "Diagrama de cableado y guía de instalación CAT6", The Network Installers, Wiring Diagram / Instalation guide, Abril- 2025.

[12] GLCTec, «Cable Ethernet cat6 Velocidad. ¿Cuánta velocidad realmente soporta este cable?,» Argentina, 2025.

[13] J. Zheng, «Guía de cable de alimentación: estándares clave,» Haiyan Shengan Electric Co.Ltd. Zhejiang, China, 2025.

[14] J. Zheng, «Guía de clave de alimentación: terminología y aplicaciones explicadas,» Haiyan Shengan Electric Co.Ltd., Zhejiang, China, 2025.

[15] Moreno Frutos, B.I..”Estudio del canal de comunicaciones entre plataformas aéreas y estaciones en tierra : diseño y simulación de un enlace de comunicaciones satelital” pp.74, Escuela Politécnica Nacional, http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26195, Quito, 2024.

[16] Ruiz, Luis, “Sistemas basados en SDR para Equipamiento de Comunicaciones Inalámbricas”, Universidad de Sevilla, Trabajo de fin de grado, pp. 4-5, Sevilla, 2018.

[17] C. A. Álvarez, “Sistema de transmisión continua con multiplexación por división de frecuencias ortogonales OFDM a través de radio definido por software” [online]. Universidad Francisco José de Caldas, Disponible en: http://hdl.handle.net/11349/39699, Bogotá, 2023.

[18] F. Yingfeng, «Para qué se utiliza el conector SMA,»Data Alliance, Wireless Network Gear, Arizona, 2024.

[19] NI USRP-2920 Specifications, National Instruments, 2024.

[20] Checa, Cecilia, “Simulación de sistemas de comunicaciones con el software GNU Radio” Universidad de Castilla, La Mancha, Bachelor de Tecnologìa de radiodifusión, https://hdl.handle.net/10578/39171, España, 2024.

[21] E. Quishpe-Sacancela, «Influencia de las estrategias pedagógicas y herramientas didácticas en la formación técnico-tecnológica en el ámbito universitario», *Reicomunicar*, vol. 8, n.º 15, pp. 81-94, DOI: https://doi.org/10.46296/rc.v8i15.0315, ene. 2025.

[22] Toledo, Carlos, “Estrategias docentes para implementar metodologías activas participativas en la formación para carreras técnicas”, Ciencia & Sociedad (RECCYS), ISSN-e 2789-8113, Vol. 3, Nº. 1, 2023.

[23] E. Research, USRP-N320, National Instruments, 2023.

[24] R. Geebu, «Diagrama de bloques de LabVIEW,» LabVIEW Wiki, 2023.

[25] Franco, Víctor, “Diseño y realización de una radio definida por software”, Universidad Politécnica de Cataluña, Trabajo de grado, Escuela de Ingeniería Industrial https://hdl.handle.net/2117/3939812023, Barcelona, 2023.

[26] Palán, Jonathan, "Guías de Prácticas de Laboratorio Interdisciplinarias para sistemas de comunicaciones utilizando radio definido por software", Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Trabajo de grado, https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40603, 2024.

[27] B. Guerrero, "Diseño y desarrollo de guías de laboratorio usando la herramienta GNU Radio con base a la tecnología de radio definida por Software", Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Trabajo de grado, Carrera de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones, http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/31823, Quito, 2022.

[28] M. S. G. Soni, "Design and Analysis of real time applications based on Software Designed Radio SDR", 2022.

[29] Guerra, Erick, "Implementación de un sistema MIMO 4x4 mediante USRPs para el laboratorio de Comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica", Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/23185, Riobamba, 2024

[30] León Gaviria, J. E. y Silva Medina V. A. (2024). Sistema SDR para transmisión y recepción de imágenes en un canal ruidoso y distorsionado. (Proyecto de grado). Universidad Autónoma de Occidente, https://hdl.handle.net/10614/15555, Cali, 2024.

XVI. Anexos

Anexo 1

Diagrama del USRP 2920

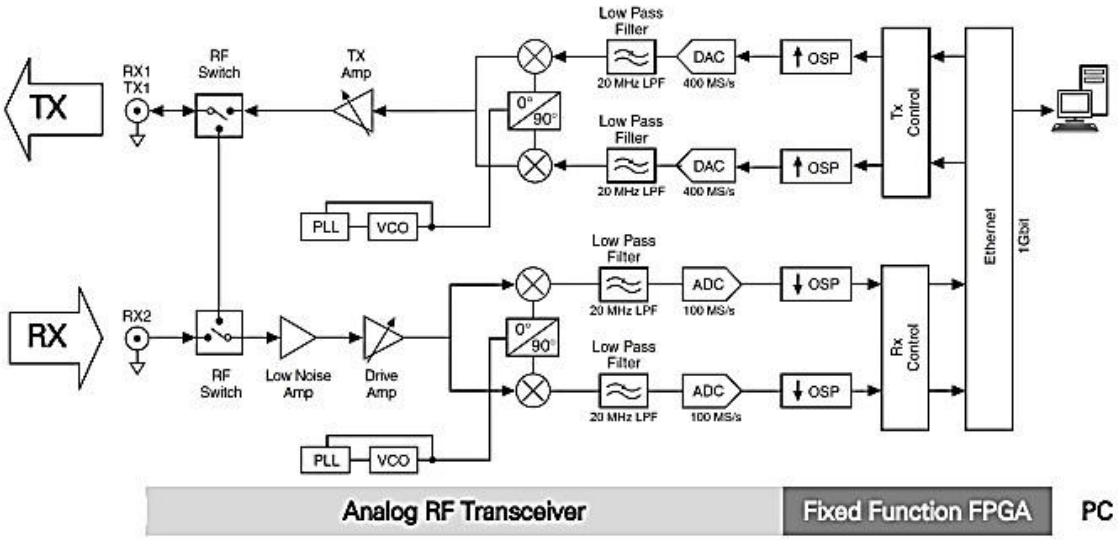


Figura 70: Diagrama de bloque del USRP 29XX (Fuente NI)

En la Figura 70 se muestra El flujo de la señal interna a la radio y viceversa: la misma señal entra o se transmite a través del Módulo -RF (TX/RX), pasando a través de los convertidores A/D y D/A alta velocidad, luego a través de FPGA, que realiza la represión de la corte, como filtración, tiempo/gestión del tiempo. FPGA está vinculado a las computadoras a través de Gigabit Ethernet o 10 GIGE, Gestión de datos y grupos.

- **Transmisor (TX)**
  - El amplificador de disco silencioso optimiza la señal
  - El circuito de bloqueo de fase (PLL) regula el oscilador regulado con un voltaje (VCO), permitiendo que, basándose en una señal indicada, los tiempos del equipo y el oscilador local (LO) puedan ser bloqueados en frecuencia.
  - El mezclador transforma las señales en las secciones en la fase inicial (I) y la fase de cuadratura (Q).
  - El canal de paso bajo reduce la contaminación sonora y las secciones de alta frecuencia en la señal.
  - El dispositivo de transformación analógica a digital (ADC) digitaliza los datos I y Q.
  - El convertidor digital descendente (DDC) fusiona y redirige la señal a una velocidad establecida por el usuario.

- Las pruebas descendentes se transmiten a la computadora anfitriona mediante una conexión estándar de gigabit Ethernet.

- **Receptor (RX)**
  - La computadora anfitriona fusiona las señales I/Q de base y las envía al dispositivo mediante una conectividad estándar de gigabit Ethernet.
  - El transformador digital ascendente (DUC) fusiona, redirige e inserta la señal a 400 MS /s.
  - El dispositivo de transformación digital a analógica (DAC) transforma la señal a analógica.
  - La señal con canal de paso bajo reduce el ruido y los picos de alta frecuencia de la misma.
  - El mezclador transforma las señales en una frecuencia de radiofrecuencia que el cliente señala.
  - El circuito de bloqueo de fase (PLL) regula el voltaje (VCO) con la finalidad de permitir que el reloj del equipo y el oscilador local (LO) sean bloqueados en frecuencia a una señal asignada.

Anexo 2

Librería de LabVIEW de los bloques básicos del USRP driver y su uso básico

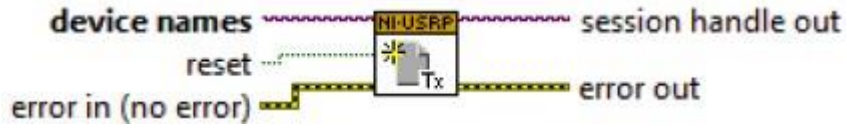


Figura 71: diagrama de bloque NI-USRP Open TX Session (Fuente NI)

En la Figura 71 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Open TX Session de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Inicia una sesión de transmisión (TX) al aparato. Devuelve el identificador de sesión, el cual se utiliza para reconocer dicha sesión de instrumento en toda la vis de NI-USRP posteriores.

Parámetros usados:

Devices names: Usado como tipo créate control para crear la dirección IP.

Session handle out: Conectado desde la salida de NI-USRP Open hasta la entrada de ni-usrp Configure Signal.

Error out: Conectado desde la salida de NI-USRP Open hasta la entrada de NI-USRP Configure Signal.

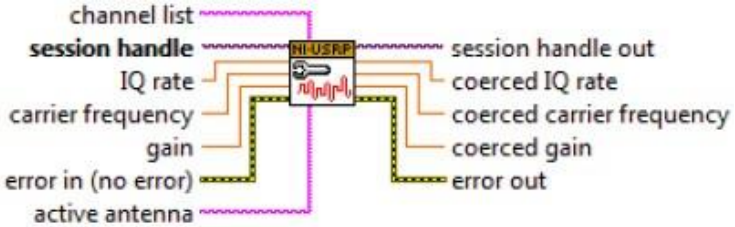


Figura 72: diagrama de bloque NI-USRP Configure Signal (Fuente NI)

En la Figura 72 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Configure Signal de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Establece las características de la señal de recepción (RX) o transmisión (TX).

Parámetros usados:

Session handle: Conectado desde la salida de NI-USRP Open hasta la entrada de NI-USRP

Configure Signal

IQ Rate (Velocidad de muestreo): usado como tipo create control o constant 200k

Carrier Frequency (Frecuencia de Carrier Hz): usado como tipo créate control (variando como radio de 88 a 108M)

Gain (Ganancia dB): usado como tipo créate control 0-20

Error in: Conectado desde la salida de NI-USRP Open hasta la entrada de NI-USRP Configure Signal

Active antenna (TX1, RX1, RX2): usado como tipo créate control es el nombre de la antena que va a transmitir o recibir

Session handle out: Conectado desde la salida de NI-USRP Configure Signal hasta la entrada de ni-usrp Write Tx Data o NI-USRP Initiate

Error out: Conectado desde la salida de ni-usrp Configure Signal hasta la entrada de NI-USRP Write Tx Data o ni-usrp Initiate

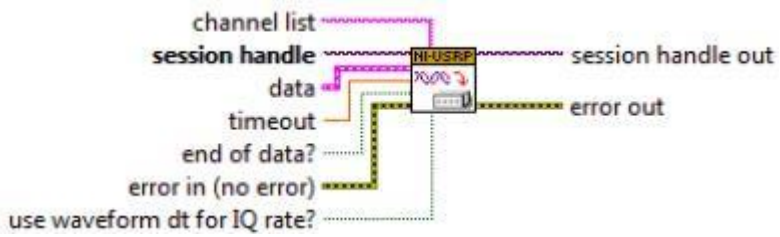


Figura 73 diagrama de bloque Write TX Data (poly) (Fuente NI)

En la Figura 73 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Write TX Data de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Registra información en la lista de canales detallada.

Parámetros usados:

Session handle: Conectado desde la salida de ni-usrp Configure Signal hasta la entrada de ni-usrp Write Tx Data

Data: Conectado con cualquier señal de función relacionada en modulación (ej: Basic function generator para crear señales)

Error in: Conectado desde la salida de ni-usrp Configure Signal hasta la entrada de ni-usrp Write Tx Data

Session handle out: Conectado desde la salida de ni-usrp Write Tx Data hasta la entrada de Close Session

Error out: Conectado desde la salida de ni-usrp Write Tx Data hasta la entrada de Close Session.

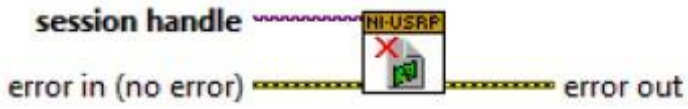


Figura 74: diagramas de bloque Close Session (Fuente NI)

En la Figura 74 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Close Session de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Concluye el registro de sesión del dispositivo.

Parámetros usados:

Session handle: Conectado desde la salida de ni-usrp Write Tx Data o ni-usrp Abort hasta la entrada de Close Session

Error in: Conectado desde la salida de ni-usrp Write Tx Data o ni-usrp Abort hasta la entrada de Close Session

Figura 75: diagrama de bloque NI-USRP Open Rx Session (Fuente NI)

En la Figura 75 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Open RX Session de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Iniciar una sesión de Recepción (RX) para el representante dispositivo (s) que indique nombres de dispositivo en la entrada y proporcione el identificador de sesión, el cual se utiliza para reconocer dicha sesión de instrumento en todos los VI's de NI-USRP posteriores.

Parámetros usados:

Devices names: Usado como tipo créate control para crear la dirección IP

Session handle out: Conectado desde la salida de NI-USRP Open hasta la entrada de NI-USRP Configure Signal

Error out: Conectado desde la salida de NI-USRP Open hasta la entrada de NI-USRP Configure Signal

Figura 76: diagrama de bloque NI-USRP Initiate (Fuente NI)

En la Figura 76 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Initiate de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Comienza la obtención de RX

Parámetros usados:

Session handle: Conectado desde la salida de NI-USRP Configure Signal hasta la entrada de NI-USRP Initiate

Error in: Conectado desde la salida de NI-USRP Configure Signal hasta la entrada de NI-USRP Write Tx Data o NI-USRP Initiate

Session handle out: Conectado desde la salida de NI-USRP Initiate hasta la entrada de NI-USRP Fetch Rx Data

Error out: Conectado desde la salida de NI-USRP Initiate hasta la entrada de NI-USRP Fetch Rx Data

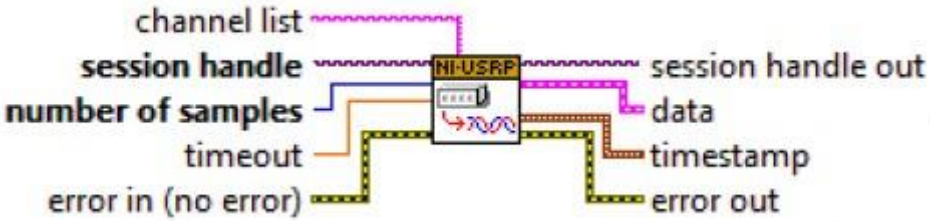


Figura 77: diagrama de bloque NI-USRP Fetch Rx Data (poly) (Fuente NI)

En la Figura 77 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Fetch RX Data de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Recopila información de la lista de canales determinada.

Parámetros usados:

Session handle: Conectado desde la salida de NI-USRP Initiate hasta la entrada de NI-USRP Fetch Rx Data.

Number of samples: (Numero de muestreo): Usado como tipo control o constante (512 hasta 1028) hacerlo estando afuera del While loop.

Error in: Conectado desde la salida de ni-usrp Initiate hasta la entrada de ni-usrp Fetch Rx Data

Session handle out: Conectado desde la salida de ni-usrp Fetch Rx Data hasta la entrada de ni-usrp Abort.

Data: Recibido desde una señal de transmisor en función relacionada de la modulación (ej: Waveform Graph).

Error out: Conectado desde la salida de ni-usrp Fetch Rx Data hasta la entrada de ni-usrp Abort.

Figura 78: diagrama de bloque NI-USRP Abort (Fuente NI)

En la Figura 78 se muestra la imagen del bloque NI-USRP Abort de la página de National Instruments la cual indica la información de cada pin.

Parar una adquisición que se inició previamente.

Parámetros usados:

Session handle: Conectado desde la salida de NI-USRP Fetch Rx Data hasta la entrada de ni-usrp Abort

Error in: Conectado desde la salida de NI-USRP Fetch Rx Data hasta la entrada de ni-usrp Abort

Session handle out: Conectado desde la salida de NI-USRP Abort hasta la entrada de Close Session

Error out: Conectado desde la salida de NI-USRP Abort hasta la entrada de Close Session

Tipos de datos de la señal USRP Write TX o Fetch RX Data

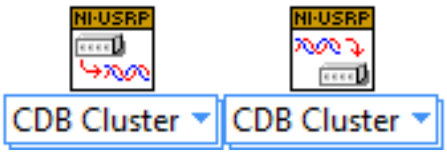


Figura 79: Bloque CDB Cluster USRP Write TX Fetch RX (Fuente LabVIEW)

La Figura 79 es una de las opciones del bloque USRP Write TX o Fetch RX que se pueden cambiar debajo del bloque dando click en CDB Cluster

CDB Clúster (Clúster Complejo): Posibilita una gestión organizada y coordinada de la emisión y recepción, lo que facilita el desarrollo de sistemas de comunicación elaborados tales como radios de frecuencia modulada, sistemas de radar o instalaciones de emergencia.

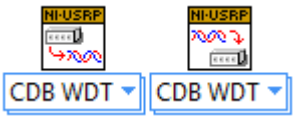


Figura 80: CDB WDT USRP Write TX Fetch RX (Fuente LabVIEW)

La Figura 80 es una de las opciones del bloque USRP Write TX o Fetch RX que se pueden cambiar debajo del bloque dando click en CDB WDT

CDB Waveform Data Type (Forma de Onda Compleja): El WDT de CDB permite la transmisión estructurada de señales digitales entre los módulos de LabVIEW, asegurando que el envío y la recepción con el USRP NI-2920 sean precisos, cronometrados y personalizables. Su importancia es fundamental para funciones como radios FM, sistemas de alerta o cualquier aplicación de SDR (Software Defined Radio).

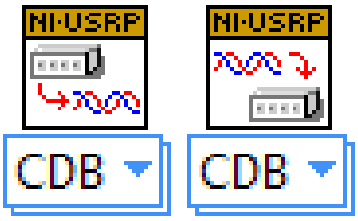


Figura 81: CDB USRP Write TX Fetch RX (Fuente LabVIEW)

La Figura 81 es una de las opciones del bloque USRP Write TX o Fetch RX que se pueden cambiar debajo del bloque dando click en CDB

CDB (Complejo de Doble Precisión): El CDB permite el envío y la recepción de bloques de señales digitales, abarcando los datos esenciales que el USRP necesita para llevar a cabo su procesamiento correctamente. Esto hace más sencillas tareas como la transmisión en FM, la captación de señales, la demodulación, la sincronización de tiempo y otras funciones. Es vital para el correcto desempeño de proyectos de SDR (radio definida por software) que emplean LabVIEW.

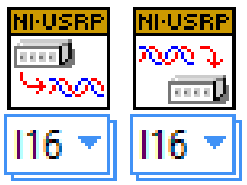


Figura 82: I16 USRP Write TX Fetch RX Fuente (LabVIEW)

La Figura 82 es una de las opciones del bloque USRP Write TX o Fetch RX que se pueden cambiar debajo del bloque dando click en I16

I16 (Entero de 16 bits, intercalado): Emplear el formato I16 en las secciones Write TX o Fetch RX mejora la conexión de comunicación entre LabVIEW y el USRP, sobre todo cuando se trabaja con señales de alta frecuencia de muestreo. Además, este formato es el que algunos bloques específicos, como sound_out_16b_mono.vi, prefieren para el procesamiento de audio.

Ubicación de la paleta diagrama de bloque dentro de un archivo vi

Paleta/ Instrument I/O / Instrument Drivers / NI-USRP

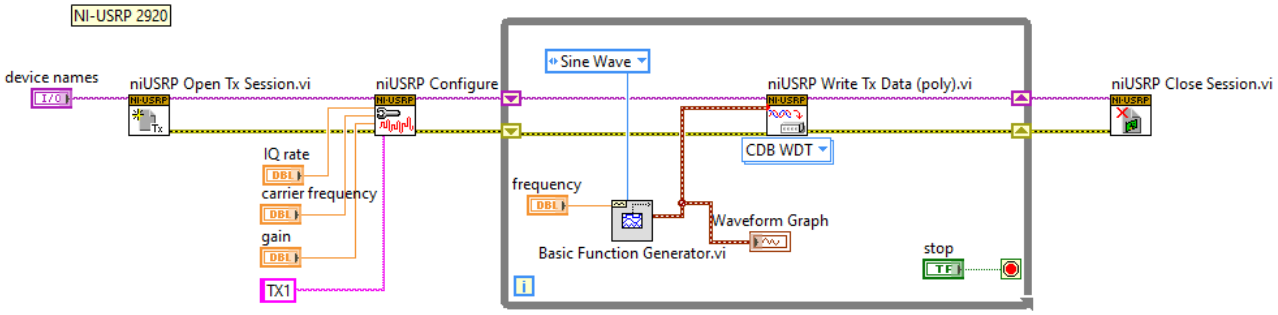


Figura 83: Diagrama de bloque USRP básico TX (Fuente LabVIEW)

La Figura 83 muestra el diagrama de bloques completo y básico de un Trasmisor TX del USRP 2920.

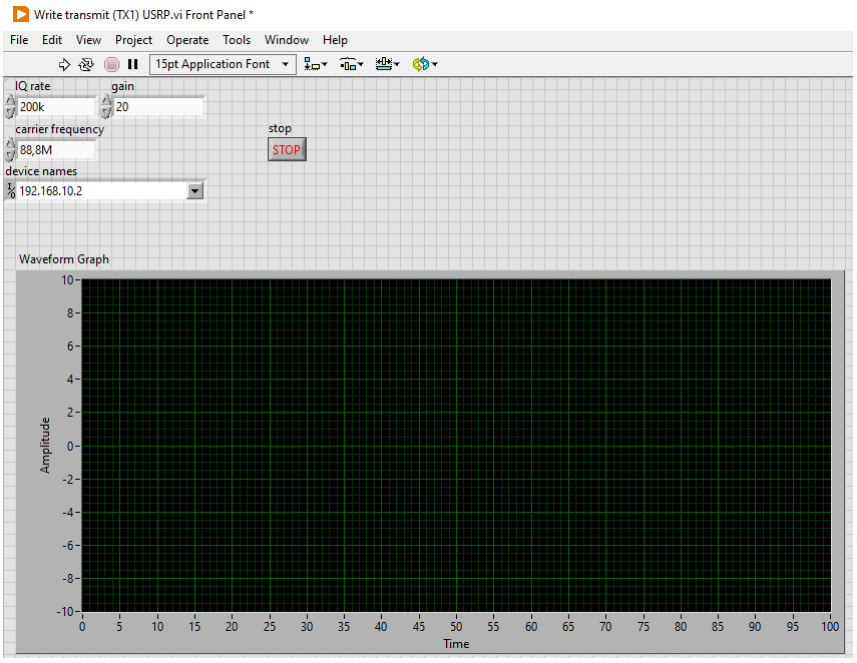


Figura 84: Diagrama frontal USRP básico TX (Fuente LabVIEW)

La Figura 84 sería el diagrama frontal completo y básico de un Trasmisor TX del USRP 2920

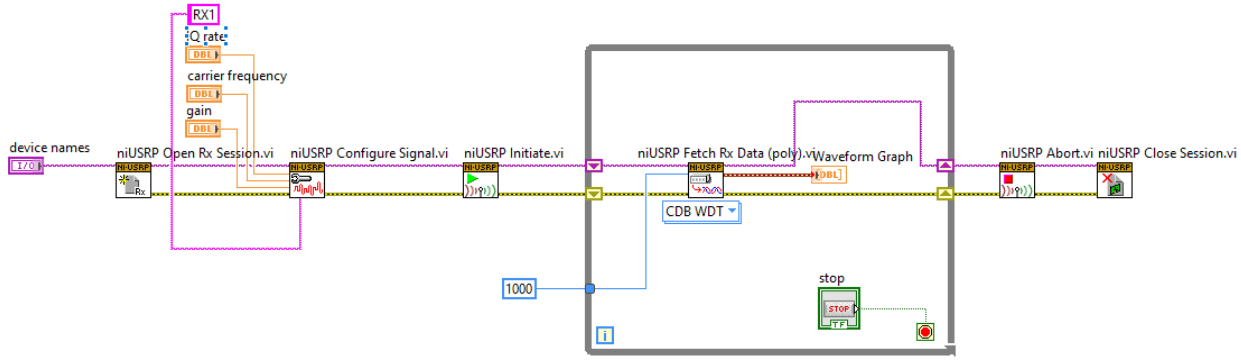


Figura 85: Diagrama de bloque USRP básico RX (Fuente LabVIEW)

La Figura 85 sería el diagrama de bloque completo y básico de un Receptor RX del USRP 2920, lo cual tiene que ir obligatoriamente acompañada de un Transmisor TX básico.

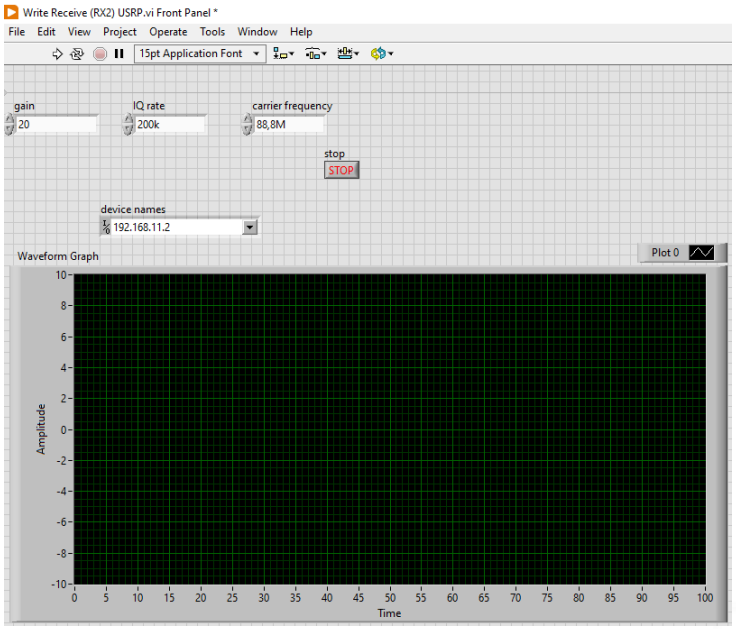


Figura 86: Diagrama frontal USRP básico Rx (Fuente LabVIEW)

La Figura 86 muestra el diagrama de frontal completa y básica de un Receptor RX del USRP 2920 el cual tiene que ir obligatoriamente acompañado del Transmisor TX.

Diagramas adiciónales que se usó en el USRP Básico de RX y TX

- **Basic Function Generator**

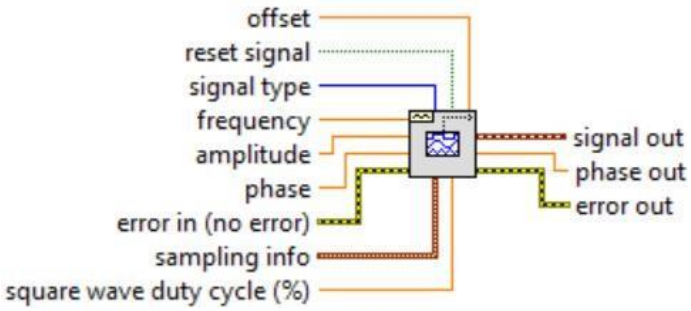


Figura 87: Bloque Basic function Generator (Fuente NI)

En la Figura 87 se muestra la imagen del bloque Basic Function Generator la cual tiene sus respectivos pines de información y es fundamental para crear una señal para el trasmisor básico TX

En un transmisor de FM utilizando USRP, el "Generador de Funciones Básico" es capaz de crear una onda senoidal de baja frecuencia (por ejemplo, 1 kHz) que imita un sonido, el cual será modulado en frecuencia y emitido.

Ubicación de la paleta

Paleta D. Bloque / Signal Proccesing / Waveform Generation / Basic Function Generator

Parámetros usados:

Frequency: Usado como tipo control para variar la señal de frecuencia en modulación FM (1-100 Hz)

Signal Type: Usado como tipo control para elegir señal tipo: Senoidal (sine), Triangular (triangle), Cuadrada (square), Diente de sierra (sawtooth)

Signal out: Conectado desde la salida de Basic function generator hasta la entrada de ni-usrp Write Tx data

- **While Loop**

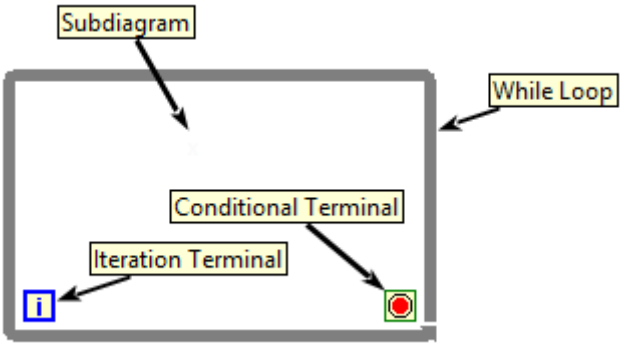


Figura 88: diagrama While Loop (Fuente NI)

En la Figura 88 se muestra la imagen del diagrama del White Loop, la cual tiene sus respectivos parámetros de información y es fundamental sólo para los bloques de USRP Fetch RX o Write RX que compartan adentro del Loop.

Un bucle While es una forma básica que repite el bloque de código en su subdiagrama hasta que se cumple una condición booleana. El bloque de código en su subdiagrama se realiza al menos una vez. Si la condición no se cumple, se continuará ejecutando sin límite (en este caso se ejecutará sin límites las ondas).

Ubicación de la paleta

Paleta D. Bloque / Programming / Structures / While loop

Parametros usados:

Subdiagram

Conditional terminal: Usado como tipo control para detener la señal en el diagrama frontal.

- **Waveform Graph**

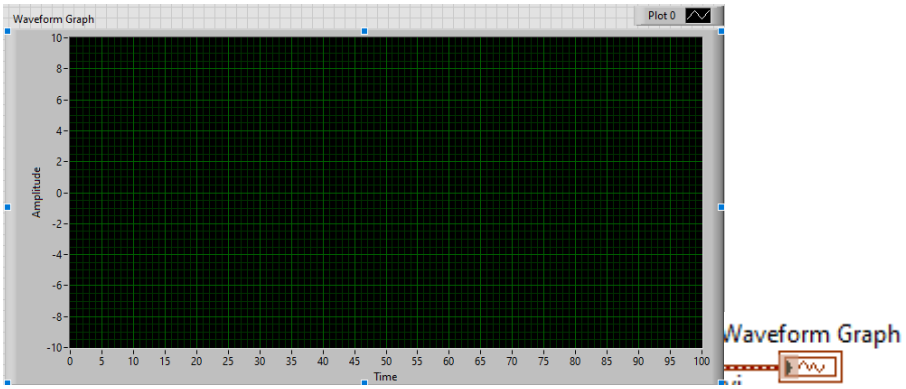


Figura 89: Diagrama Gráfico de forma de onda (Fuente LabVIEW)

En la Figura 89 tenemos el Diagrama Gráfico que sirve para ver las señales, se ubica en la parte de diagrama frontal de la biblioteca, la cual sirve para ver si funciona y se comparta la señal analógica del TX y RX básica.

El diagrama de la forma de onda presenta uno o más gráficos de mediciones que se han tomado de manera uniforme. Solo muestra funciones de un sólo valor, como en y = fx, con puntos esparcidos de manera uniforme a lo largo del eje x, similar a las ondas obtenidas que cambian con el tiempo.

Ubicación

Paleta Diagrama frontal / Modern / Graph / Waveform Graph.

Parámetro: Aparece en el diagrama de bloque como función de control.

En Transmisión conectado entre Basic function generator y usrp Write Tx data.

En Recepción conectado en la salida de data del Fetch Rx data.

Anexo 3

Guía paso a paso de la conexión del usrp 2920

Para tener acceso al usrp 2920 se tiene que configurar una pc o laptop que tenga la red del USRP que es: 192.168.10.2/24 y para eso se necesita un Ethernet similar a la red USRP que es 192.168.10.x /24 para que funcione menos la (.2, .0 y la .255).

- Primero se accede a un panel de control en la barra de búsqueda

Figura 90: Panel de control de Windows 10 (Fuente Windows 10)

La Figura 90 muestra el panel de control que es una de las partes de configuración que tiene Windows, la cual es el sistema de una PC

- Se accede a Redes e internet

Figura 91: Redes e internet de Windows 10 (Fuente Windows 10)

En la Figura 91, dentro del panel las redes e internet son una de las partes de configuración que tiene Windows.

- Dentro de Redes e Internet entra a Centro de redes y recursos compartidos

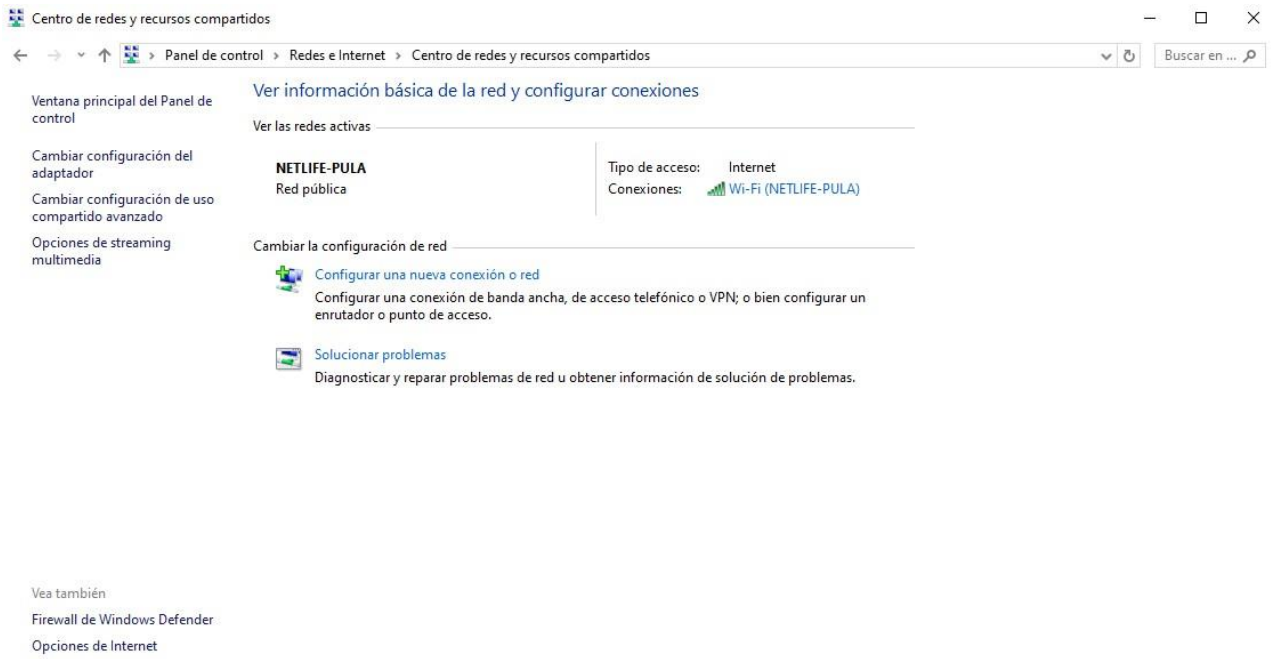


Figura 92 Centro de redes y recursos compartidos Windows 10 (Fuente: Autor/Windows 10)

En la Figura 92 dentro del panel y redes e internet esta el centro de redes y recursos que es una más de las partes que tiene Windows.

- Luego de estar en centro de redes nos dirigimos a cambiar configuración del adaptador, ahí adentro aparecerán los medios de conexión de red

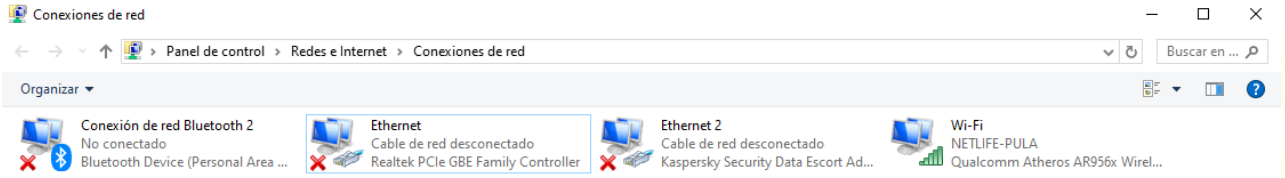


Figura 93: Conexiones de red del Windows 10 (Fuente Autor/Windows 10)

En la Figura 93 está la selección de conexiones de red Ethernet que tiene Windows para elegir la red que se usa en el sistema de PC.

- Una vez seleccionadas las conexiones, damos click en el mouse izquierdo en Ethernet del USRP nuevo para ver propiedades (Tener el Ethernet USRP conectado a la pc o laptop para que aparezca)

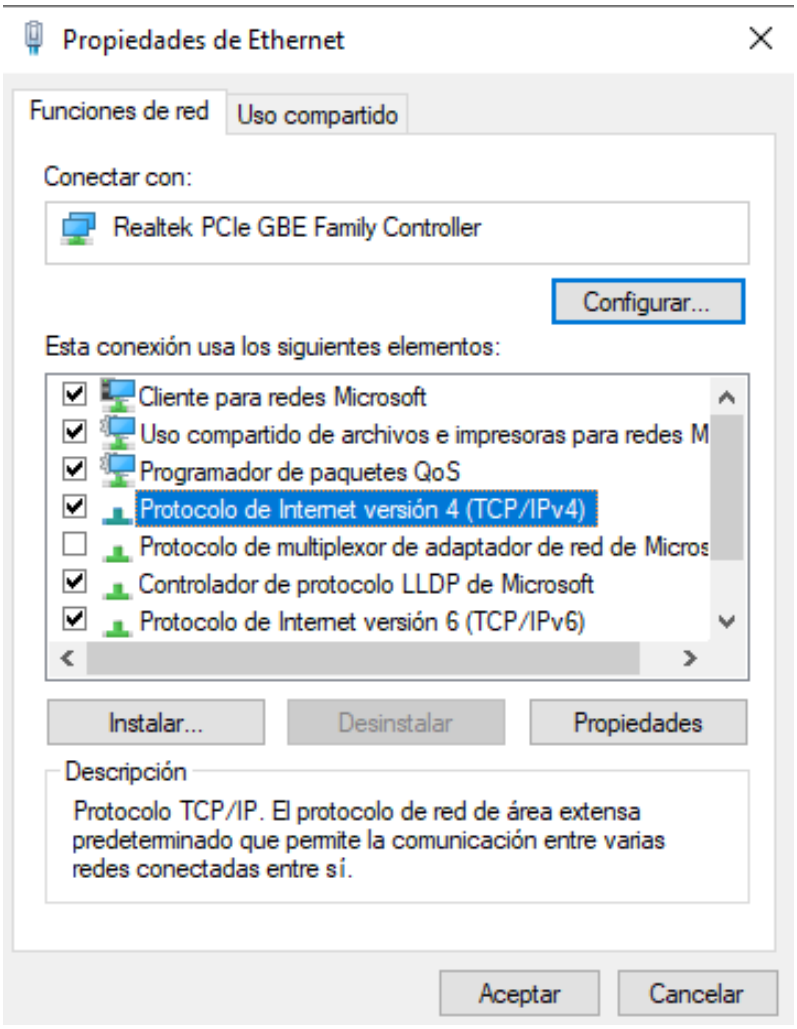


Figura 94: Propiedades de Ethernet Windows 10 (Fuente Windows 10)

En la Figura 94 dentro de un Ethernet cualquiera se pueden ver los parámetros que se pueden elegir para configurar la PC Windows.

- Dentro de las propiedades de Ethernet se selecciona en Protocolo de Internet versión 4 y se selecciona en el botón Propiedades

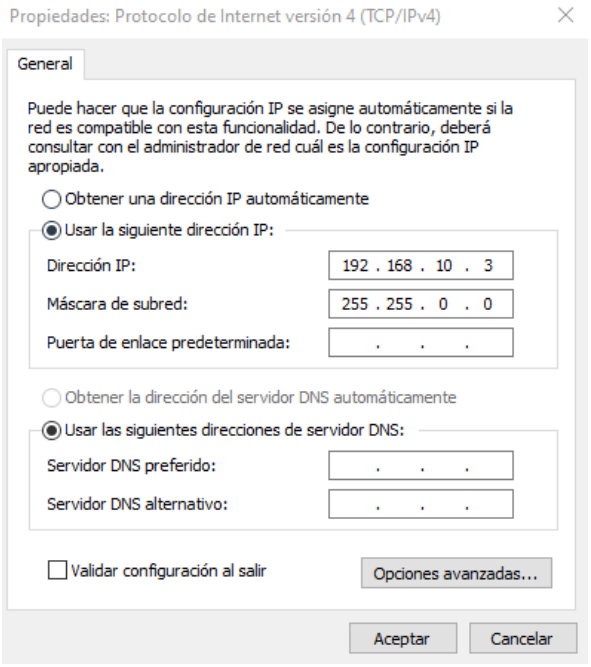


Figura 95: Propiedades del protocolo internet versión 4 ipv4 Windows 10 (Fuente Autor/Windows 10)

En la Figura 95 dentro de uno de los parámetros seleccionados que es el internet ipv4, se puede modificar la dirección ip para tener acceso a internet dentro de la PC.

- Finalmente se pone la dirección ip del Ethernet relacionado al USRP en este caso 192.168.10.3/24 con la puerta de enlace vacía o con .1 y luego de aceptar, debe de aparecer en la aplicación de configuration utility la dirección del USRP.
- Si no aparece, se cambia la dirección o también es necesario desactivar el firewall de protección de red en seguridad de Windows.

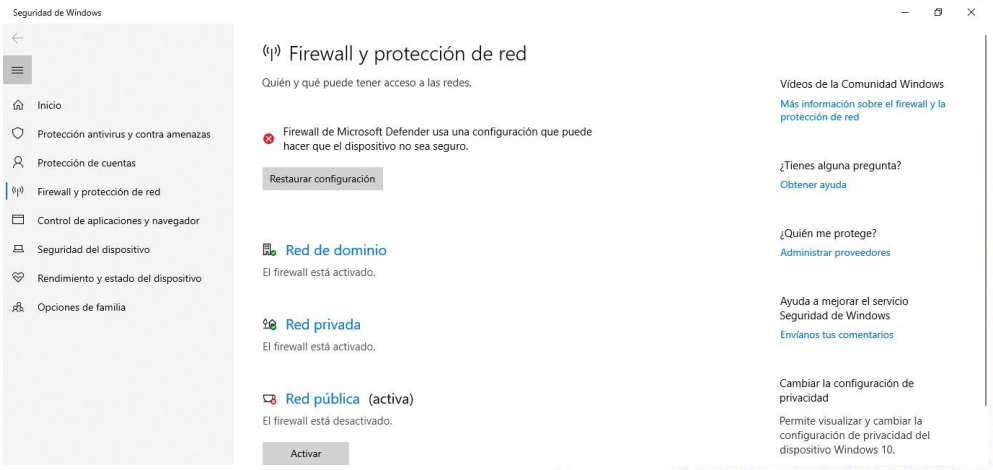


Figura 96: Firewall y protección de red del Windows 10 (Fuente Windows 10)

La figura 96 muestra la configuración tipo seguridad de Windows la cual está la opción Firewall y protección de red la cual sirve para proteger cualquier atacante de red, malware o virus de la PC

SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

Anexo 4

Practica USRP para trasmitir una señal de sonido de emergencia WAV para la frecuencia de radio FM.

La actividad implica la modulación y transmisión de una señal de emergencia (archivo WAV) empleando el USRP NI-2920 junto con LabVIEW o MATLAB. El propósito es hacer que esta señal se propague dentro del espectro de frecuencias de la banda FM comercial (88–108 MHz), garantizando la calidad del sonido y su compatibilidad con receptores estándar.

Señal de audio entrada.

En la señal .WAV de audio analógica digitalizada. Se lo representa como una señal de tiempo discreto:

$$x[n] = A[n] \cdot cos(2\pi fcnTs + \phi[n]) \quad (2)$$

Donde:

$x[n]$ → Es la muestra discreta de la señal de audio digitalizada.

$A[n]$ → Es la amplitud de la muestra n, que puede variar con el tiempo (en audio, depende de la intensidad de la onda en ese instante).

fc → Es la frecuencia portadora (en Hz) que modula la señal; para un audio WAV es normalmente el $fc = 0$ (banda base), pero en este caso se incluye para mostrar la forma general de una señal discreta modulada.

n → Es el índice de muestra (ejemplo número de entero: 0, 1, 2,…).

Ts → El periodo de muestreo $Ts = 1/fs$, donde fs es la frecuencia de muestreo del WAV (ej. 44100 Hz).

$\phi[n]$ → Es la fase instantánea de la muestra n que se puede variar en el tiempo.

Pero para FM trabajaremos con el contenido en banda base:

$$x(t) \in [-1,1] \quad (3)$$

El intervalo [−1,1] indica que el sonido ha sido normalizado: la amplitud más alta es +1 y la más baja es -1.

En formato digital, esto contribuye a:

Prevenir la distorsión en el convertidor D/A del USRP.

Asegurar que el volumen del audio sea el correcto para la modulación FM.

Modulación en Frecuencia (FM).

En una modulación angular la frecuencia instantánea del portador varía proporcionalmente a la señal de mensaje:

$$s(t) = Ac \cdot cos\,[2\pi f_c t + 2\pi kf \int_0^t x(\tau)\, d\tau] \quad (4)$$

Donde:

- Ac: amplitud de la portadora
- fc: frecuencia de portadora (e.g., 100 MHz)
- x(t): señal de audio (WAV)
- kf: sensibilidad de frecuencia (Hz/V)

Ancho de banda estimado (Regla de Carson):

$$BT = 2(\Delta f + fm) = 2(kfAm + fm) \quad (5)$$

- Δf Delta: desviación máxima de frecuencia (e.g., 75 kHz)
- FM: frecuencia máxima del audio (≈ 15 kHz)

Resultado típico:

$$BT \approx 2(75kHz + 15kHz) = 180\ kHz \quad (6)$$

Digitalización y Transmisión SDR

Para enviar al USRP NI-2920, hay que convertir en s (t) a una señal digital (IQ):

Se genera una señal compleja en banda base:

$$sBB(t) = I(t) + jQ(t) \quad (7)$$

Donde:

$sBB(t)$ → Señal compleja en baja frecuencia (BB = Banda Base) preparada para ser transmitida al USRP.

$I(t)$ (In-phase) → Parte en fase, relacionada con la señal portadora cosenoidal.

$Q(t)$ (Quadrature) → Parte en cuadratura, relacionada con la señal portadora senoidal (desfasada 90 grados).

j → Número imaginario ($j^2 = -1$) empleado en señales complejas.

Se interpola y se convierte a la frecuencia de RF mediante el DAC y mezcladores del USRP.

Relación de tasa de muestreo:

$$fs = N \cdot fm \quad (N\ tipicamente\ \geq\ 4) \tag{8}$$

Donde:

$fs \rightarrow$ Frecuencia de muestreo final requerida por el USRP para emitir la señal.

$fm \rightarrow$ Máxima frecuencia o ancho de banda de la señal modulada (en su forma original).

$N \rightarrow$ Coeficiente de sobremuestreo necesario para satisfacer las condiciones de Nyquist y posibilitar el filtrado digital.

Espectro de señal FM:

La señal FM tiene múltiples bandas laterales, y se puede representar en frecuencia como:

$$S(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} Jn(\beta) \cdot \delta(f - fc - nfm) \tag{9}$$

Donde:

$Jn(\beta)$ Es la función de Bessel

$\beta = \frac{\Delta f}{fm}$ Es el índice de modulación.

Visualización (LabVIEW):

FFT en tiempo real para monitorear ocupación espectral.

Osciloscopio virtual para ver forma de onda transmitida.

Medición de espectro en receptor (puede ser otro USRP).

Parámetros técnicos

Parámetro	Valor
Frecuencia portadora	100.1 MHz
Ganancia TX	30 dB
Tasa de muestreo	200 kS/s (mínimo)
Desviación de frecuencia	±75 kHz
Audio Sampling Rate	44.1 kHz

Tabla 2: Parámetros de la práctica de trasmisión radio FM sonido WAV (Fuente Autor)

La Tabla 3 Indica las propiedades necesarias para crear un trasmisor tipo radio FM que cualquier clase de sonido o audio WAV.

Explicación del diagrama de la práctica de trasmisión radio FM sonido WAV

- Diagramas del NI – USRP TX (Visto en el anexo 3)
- Sound Files

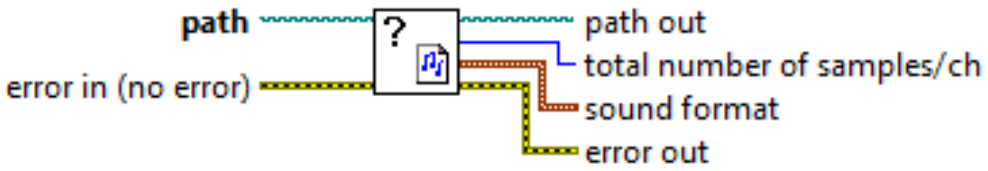


Figura 97: Bloque Sound file info (Fuente NI)

En la Figura 97 se muestra la imagen del bloque Sound File Info la cual sirve para dar información acerca de transmisión del sonido que se escuche y es fundamental para el sonido WAV que se quiera trasmitir al radio.

Obtiene información de un archivo.wav. Este VI admite una dirección o un número de identificación.

Parámetros usados:

Path: Usado como tipo créate control, crea una nueva ruta utilizando un archivo WAV.

Path out: Conectado desde la salida Sound file info hasta la entrada de Sound open.

Error out: Conectado desde la salida Sound file info hasta la entrada de Sound file open

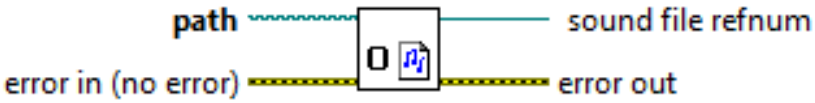


Figura 98: Bloque Sound file open (read) (Fuente NI)

En la Figura 98 se muestra la imagen del bloque Sound File Open la cual sirve para abrir los datos de transmisión al sonido que se escuche y es fundamental para el sonido WAV que se quiera trasmitir al radio.

Abre un archivo en formato .WAV para poder leerlo, o bien, genera uno nuevo si deseas escribir.

Parámetros usados:

Path: Conectado desde la salida Sound file info hasta la entrada de Sound file open.

Error in: Conectado desde la salida Sound file info hasta la entrada de Sound file open.

Sound file refnum: Conectado desde la salida de Sound file open hasta la entrada de Sound file read.

Error out: Conectado desde la salida de Sound file open hasta la entrada de Sound file read.

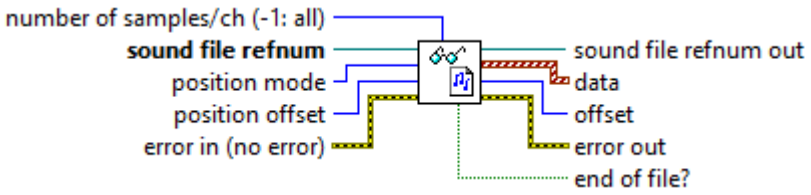


Figura 99: Bloque Sound file read (Fuente NI)

En la Figura 99 se muestra la imagen del bloque Sound File Read la cual sirve para leer los datos de la transmisión del sonido que se escuche y es fundamental para el sonido WAV que se quiera trasmitir al radio.

Lee datos de un archivo.wav en una matriz array en formas de onda.

Parámetros usados:

Number of simples: **(Numero de muestreo):** Usado como tipo control o constante (512 o 1028).

Sound file refnum: Conectado desde la salida de Sound file open hasta la entrada de Sound file read.

Error in: Conectado desde la salida de Sound file open hasta la entrada de Sound file read.

¿End of file?: Devuelve VERDADERO cuando el VI llega al final del archivo, está conectado entre ni usrp Write Tx data y el compound arithmetic del tercer valor.

Sound file refnum out: Conectado desde la salida Sound file read hasta dentro del While loop (Para que el sonido se repita infinitamente).

Data: Lee la información del sonido para los datos de audio de múltiples canales, estos son una cuadrícula de formas de onda en la que cada parte de la cuadrícula representa un canal individual, está conectado a un index array.

Error out: Conectado desde la salida Sound file read hasta la entrada de mt modulate FM.

Ubicación: Paleta D. Bloque / Programming / Graphics & Sound / Sound / Files.

- **Index array**

Figura 100: Bloque index array (Fuente NI)

En la Figura 100 se muestra la imagen del bloque Index Array y sirve para regresar el valor que se guarde en un arreglo en una posición dada.

Parámetros usados:

Array: Una matriz en un solo nivel de cualquier clase. Esta entrada se transforma en una forma ondulada cuando el tipo de información es una onda, está conectada a una salida data del Sound file read.

Element: Escala o submatriz guardada en la matriz en el índice indicado, conectado desde la entrada x del multiply.

Ubicación: Paleta D. Bloque / Programming / Array / Index Array

- **diagramas numéricos**

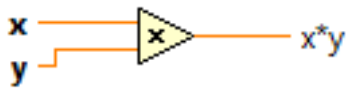


Figura 101: Bloque multiply (multiplicar) (Fuente NI)

En la Figura 101 se muestra la imagen del bloque Multiply que sirve como función para multiplicar dos valores.

Puede ser un valor único, una tabla de valores o un grupo de números, una tabla de grupos de números, etc.

Parámetros usados:

X: desde la salida del Element index array hasta una entrada de valor multiply x.

Y: Se crea un créate control del nombre digital Gain/attn como valor multiply y**.**

X*Y: Conectado como múltiple de salida hasta la entrada de waveform in en el resample waveforms.

Figura 102: Bloque reciprocal (reciproca) (Fuente NI)

En la Figura 102 se muestra la imagen del bloque Reciproca que sirve como función para dividir 1 sobre el valor dado en entrada.

Parámetros usados:

X: Conectado desde ni usrp configure Signal del coerced IQ Rate (velocidad de muestreo en salida) hasta la entrada del valor del reciprocal x.

1/X: Conectado en salida como valor dividiendo sobre 1 hasta la entrada del valor de dt del resample waveforms.

Ubicación: Paleta D. Bloque / Programming / Numeric.

- **Resample Waveforms continua**

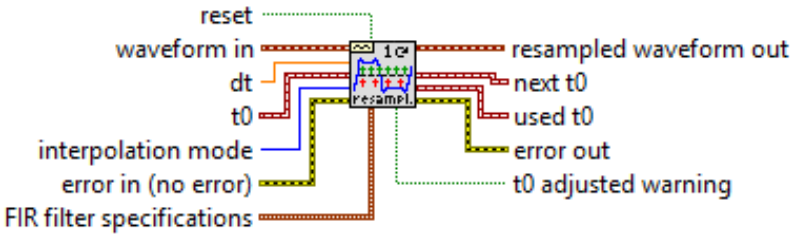


Figura 103: Bloque resample waveforms (Continuos) (Fuente NI)

En la Figura 103 se muestra la imagen del bloque Resample Waveform sirve como muestreo de una señal de entrada de acuerdo con los valores establecidos por el usuario para t0 y dt.

Parámetros usados:

Waveform in: Conectado como múltiple de salida hasta la entrada de waveform in en el resample waveforms.

Dt: Conectado en salida como valor dividiendo sobre 1 hasta la entrada del valor de dt del resample Waveforms.

Resample waveform out: Contiene la forma de onda remuestreada, va conectado en salida el resample waveform out hasta la entrada de mt modulate FM, también está conectado para ver la forma espectro de la señal de una gráfica en diagrama frontal del audio.

Ubicación:

Paleta D. Bloque / Signal Proccesing / Waveform Conditioning / resample waveforms (Continuos).

- **MT Modulate FM**

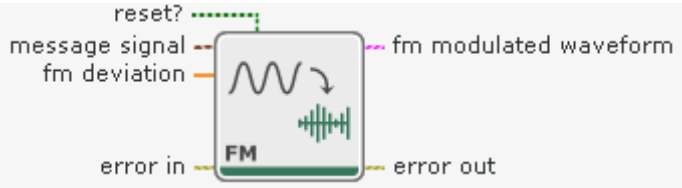


Figura 104: Bloque MT modulate FM (Fuente NI)

En la Figura 104 se muestra la imagen del bloque MT modulate FM y sirve como modulación en frecuencia de una onda portadora de RF de acuerdo con una señal de información de banda base que se envía al parámetro de la señal de mensaje.

Parámetros usados:

Message signal: Señal de mensaje que sirve para modular la onda portadora, conectado en salida del resample waveform out hasta la entrada de mt modulate FM, también está conectado para ver la forma espectro de la señal de una gráfica en diagrama frontal del audio

Fm Deviation (Deviación de frecuencia Hz): Señal de frecuencia modulada que regresa en el parámetro de la onda modulada FM, usado como tipo constante 75k.

Error in: Conectado desde la salida Sound file read hasta la entrada de mt modulate FM

Fm modulated waveform: La información de la señal de banda base y la envoltura compleja de la señal que ha sido modulada en frecuencia, va conectado desde la señal salida mt modulate FM hasta la señal entrada de la data de ni usrp Write Tx data

Error out: Conectado desde la salida de mt modulate FM hasta una segunda entrada del error in 1 del merge errors

Ubicación: Paleta D. Bloque / Addons / Modulation / Analog / MT Modulate FM

- **Diagramas de dialogo del control de error**

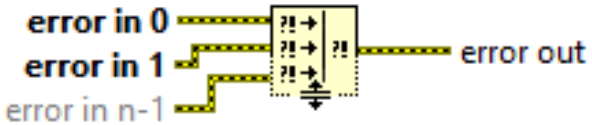


Figura 105: Bloque merge errors (errores de fusión) (Fuente NI)

En la Figura 105 se muestra la imagen del bloque merge errors y sirve para combinar grupos de entrada/salida de fallos/errores de diferentes instancias virtuales y funciones.

Por defecto, esta función busca fallos que inicien con el parámetro "error in 0" e informa sobre el primer fallo que encuentra. Si no hay fallos, examina las advertencias y devuelve la primera que encuentra. Si

no hay advertencias, no reporta ningún fallo. Emplea el manejo de excepciones para tratar un fallo como si no lo fuera o una advertencia como si lo fuera.

Parámetros usados:

Error in 0: Conectado como salida del error out del ni usrp configure signal en una primera entrada en error in 0

Error in 1: Conectado como salida del error out del mt modulate FM en una segunda entrada en error in 1

Error out: Conectado como salida en fusión del error out y de entrada al error in del ni usrp Write Tx data

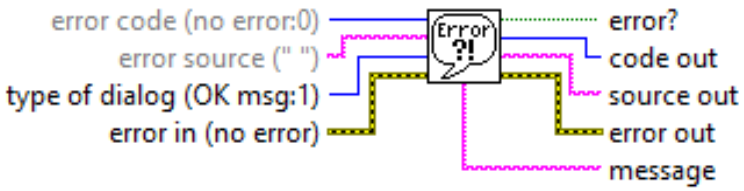


Figura 106: Simple error handler (manejo de error simple) (Fuente NI)

En la Figura 106 se muestra la imagen del bloque Simple Error Handler y sirve para indicar si hubo un fallo. Si es así, este VI proporciona una explicación del fallo y, si se desea, presenta un cuadro de diálogo.

Parámetros usados:

Error in: Conectado desde la salida del error out del ni USRP Close Session hasta el final de la entrada del error in del simple handler.

Ubicación: Paleta D. Bloque / Programming / Dialog & User Interface.

- **Audio data (Waveform graph)**

Espectro grafico conectado entre el resample waveform out y el Message signal del mt modulate FM para ver la señal de sonido.

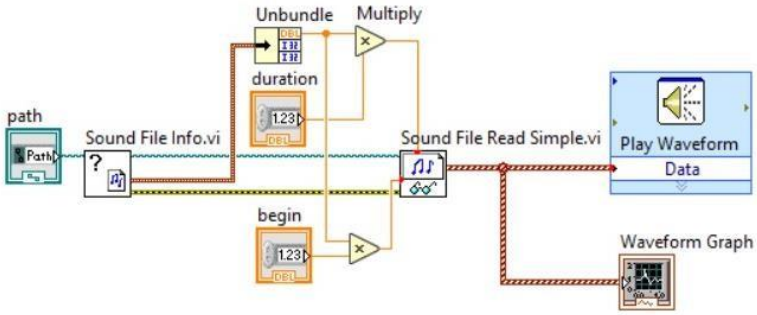


Figura 107: Audio Data (Waveform graph) (Fuente LabVIEW)

En la Figura 107 Se ve nomas el bloque de gráfica ingresada desde el diagrama frontal

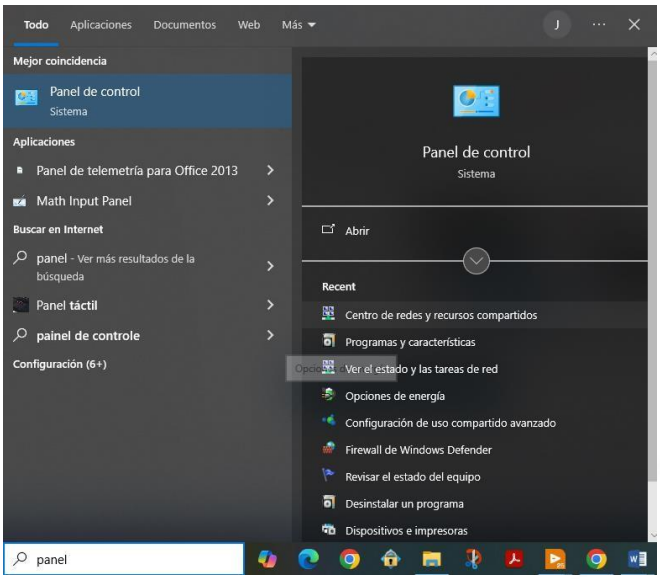
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**Nombre:**	
	Fecha:	
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL TELECOMUNICACIONES Asignatura: Comunicaciones ópticas **PRÁCTICA # 1**	**Grupo:**	
	Profesor:	Ing. José Córdoba L. Msc
	Firma:	
	Puntuación:	
1. DATOS INFORMATIVOS	a) MATERIA: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS b) Práctica # 01 c) Número de estudiantes: d) Nombre del docente: e) Tiempo estimado: 2h	
2. DATOS DE LA PRÁCTICA	a) Tema: Configuración inicial del USRP-2920 y herramientas necesarias b) Objetivo general: Configurar correctamente el equipo USRP-2920 NI y su entorno de software para prácticas de laboratorio en comunicaciones inalámbricas. c) Objetivo específico: • Establecer la red entre el USRP y el PC. • Instalar los programas necesarios. • Verificar conectividad y funcionalidad del USRP. d) Marco teórico: El USRP-2920 es un transceptor de radio definido por software que permite transmitir y recibir señales de RF mediante conexión Ethernet Gigabit. Para operar correctamente requiere configuración de red IP, software de control como LabVIEW y drivers específicos. e) Marco procedimental: Realizar un reconocimiento del material USRP y sus cables utilizándolos en el laboratorio de telecomunicaciones f) Recursos por utilizar (USRP 2920 NI, Cables Ethernet cat5o6, Poder, Driver USRP y Configuration Utility) g) Registro de Resultados: El estudiante debe lograr una conexión estable entre el USRP-2920 y el computador, con correcta detección en el software NI Configuration Utility. Se espera ver el modelo del equipo, dirección IP, versión de firmware y reloj sincronizado. h) Cronograma y calendario: Interciclo 2	

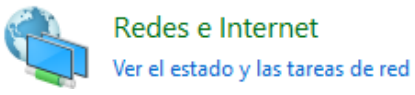
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Procedimiento pasó a paso

1. Conecta el USRP al PC mediante cable Ethernet.

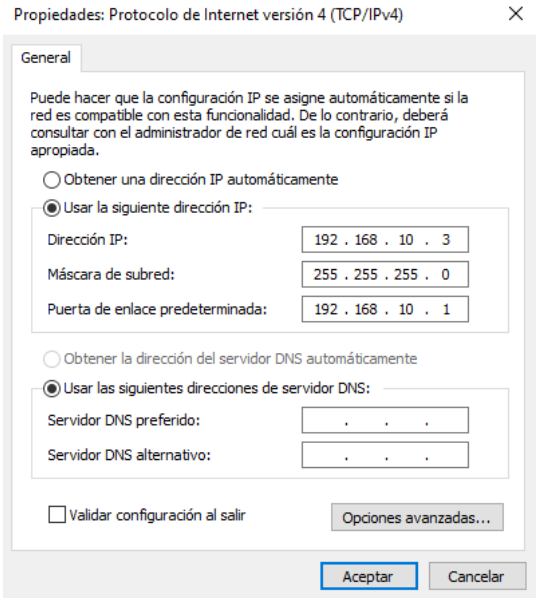
2. Accede a Panel de Control > Redes e Internet > Centro de redes y recursos compartidos.





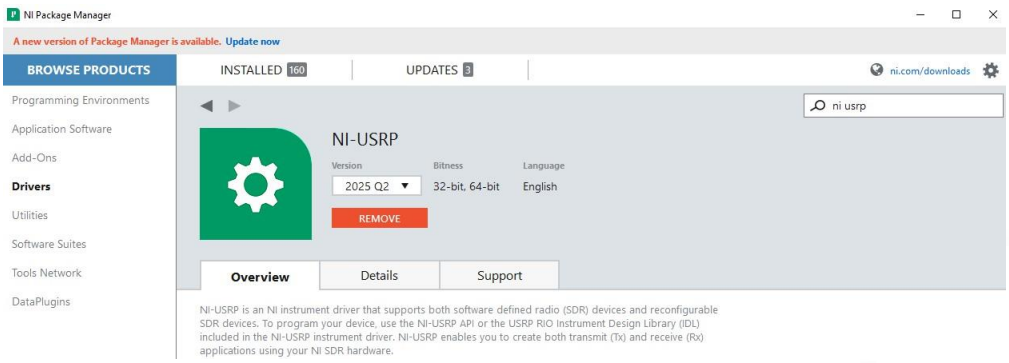
3. Cambia la configuración del adaptador de red Ethernet.

4. Asigna la IP estática 192.168.10.3 con máscara 255.255.255.0 (puerta de enlace opcional 192.168.10.1).

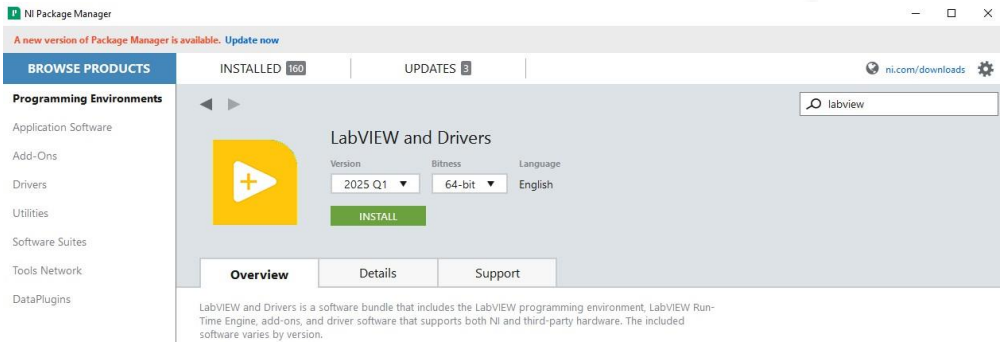


5. Instalar NI Package Manager y desde allí:

- Instalar NI-USRP



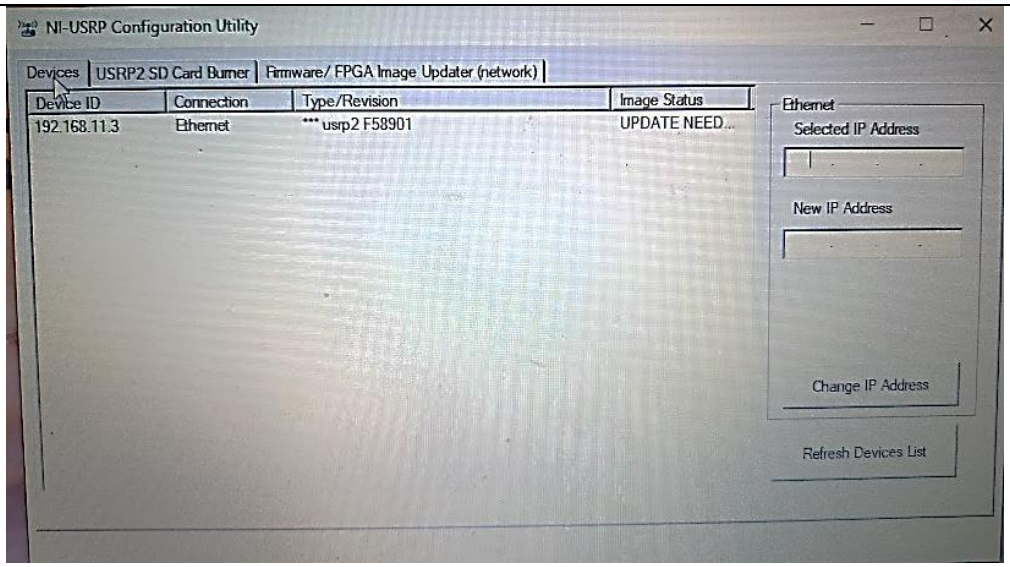
- Instalar LabVIEW y Drivers



- Instalar NI Configuration Utility

Viene con el driver usrp incluido

6. Ejecutar NI-USRP Configuration Utility y verifica que el dispositivo aparezca con IP 192.168.10.2.



7. Revisar versión de firmware y realiza actualizaciones si es necesario.

Ejercicios de refuerzo	1. ¿Cuál es la dirección IP por defecto del USRP-2920? 2. ¿Qué tipo de cable se debe utilizar para conectar el USRP al PC? 3. Explica por qué es importante desactivar el firewall al usar el Configuration Utility? 4. Investiga y escribe qué es un Driver?
Conclusión	Esta práctica permite preparar el entorno de laboratorio para futuras actividades experimentales. La configuración adecuada del USRP y sus herramientas asociadas es clave para garantizar la comunicación y la captura precisa de señales.

3. RÚBRICA DE REVISIÓN DE LA PRÁCTICA

RÚBRICA DE REVISIÓN DE PRÁCTICA:

	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Observaciones
Calidad, orden, evidencia fotográfica y correcta estructuración del desarrollo de la práctica [30% del puntaje]							
Sustentación correcta de las prácticas [30% del puntaje]							
Conclusiones de las prácticas [40% del puntaje]							
						PUNTAJE:	**/100**

SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

<table>
<tr><td rowspan="5">UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA SEDE GUAYAQUIL
TELECOMUNICACIONES
Asignatura: Comunicaciones ópticas
PRÁCTICA # 2</td><td>Nombre:</td><td></td></tr>
<tr><td>Fecha:</td><td></td></tr>
<tr><td>Grupo:</td><td></td></tr>
<tr><td>Profesor:</td><td>Ing. José Córdoba L. Msc</td></tr>
<tr><td>Firma:</td><td></td></tr>
<tr><td>Puntuación:</td><td></td></tr>
<tr><td>1. DATOS INFORMATIVOS</td><td colspan="2">a) MATERIA: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS
b) Práctica # 02
c) Número de estudiantes:
d) Nombre del docente:
e) Tiempo estimado: 2h</td></tr>
<tr><td>2. DATOS DE LA PRÁCTICA</td><td colspan="2">a) Tema: Transmisión de señal FM sonido WAV y análisis espectral con LabVIEW
b) Objetivo general: Emitir una señal sonora (archivo.wav) a través de un radio definido por software (SDR) empleando el USRP-2920, incorporando regulación de ganancia, potencia y ruido, y confirmando su reproducción y visualización.
c) Objetivo específico:
• Implementar un sistema de transmisión de señal de audio en modulación FM, empleando el entorno gráfico LabVIEW y un archivo en formato WAV como fuente de entrada.
• Configurar los parámetros técnicos del transceptor USRP-2920, tales como frecuencia portadora, ganancia y tasa de muestreo, para garantizar una transmisión estable en el espectro comprendido entre 88 MHz y 108 MHz.
• Integrar los bloques funcionales de LabVIEW necesarios para la modulación de frecuencia, asegurando la correcta lectura del archivo de audio, su procesamiento digital y posterior envío mediante el módulo “Write TX”.</td></tr>
</table>

- Verificar la correcta modulación y transmisión de la señal FM en tiempo real, mediante herramientas de análisis espectral y monitoreo en el dominio del tiempo y la frecuencia.

- Analizar el rendimiento del sistema de transmisión desarrollado, considerando aspectos como la calidad del audio reproducido, posibles interferencias presentes y la eficiencia general del proceso de emisión.

d) Marco teórico: La modulación de frecuencia (FM) se usa ampliamente en la transmisión de aire de radio. Al usar SDR, como USRP-2920, puede comprender estas señales y analizarlas en forma digital con herramientas como LabVIEW. Resolver la modulación FM, combinada con funciones SDR como el programa de gráficos USRP-2920 y LabVIEW, proporcionando una plataforma poderosa para interceptar, procesar y analizar señales de radio digitales FM. Esto no solo nos permite comprender el proceso de procesamiento, sino también probar diferentes algoritmos y parámetros, abrir las puertas de investigación y desarrollo en el campo de la comunicación digital.

e) Marco procedimental: Permite aplicar conocimientos sobre la recepción y análisis de señales FM en un entorno práctico.

f) Recursos por utilizar: (USRP 2920, LabVIEW Archivo WAV, Drivers MT y USRP, Config_Utlity y Ethernet.)

g) Registro de Resultados: Se espera que los estudiantes sean capaces de transmitir una señal FM y poderla recibir en un receptor de audio.

h) Cronograma y calendario: Interciclo 2

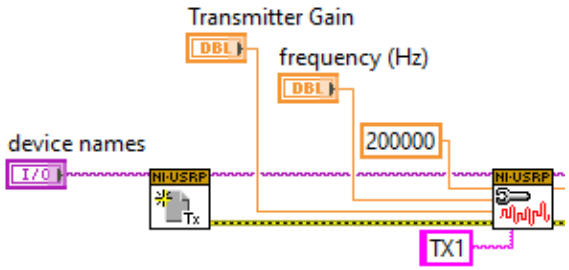
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Proceso:

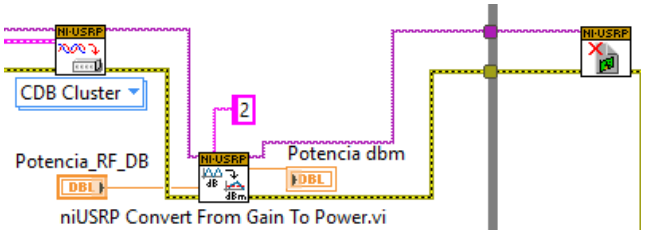
1. Pon USRP con IP 192.168.10.2 en herramientas de configuración del NI-USRP Configuration Utility.

2. En LabVIEW, cree un nuevo vi y desarrolle diagramas de bloques con los siguientes factores:

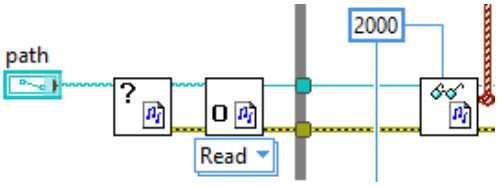
• NI-USRP Open Tx Session créate control Device names + NI-USRP Configure Signal (frecuencia créate control entre 88–108 MHz, tasa de muestreo créate constante 200 kS/s, créate control antenna)



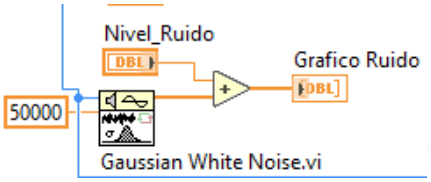
• NI-USRP Write Tx data + NI-USRP Close Session + NI-USRP convert gain to power (control gain, indicator power, constant channel 2)



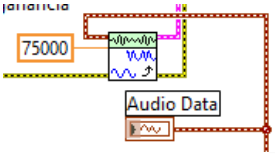
• Sound File Info (path control) + Open + Read (constant n. samples 2k)



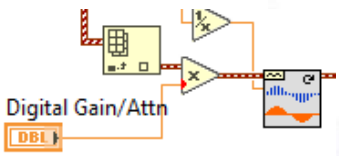
• Gaussian White Noise (constant s. deviation 50k, noise pattern sum)



• MT Modulate FM (constant FM deviation 75k)

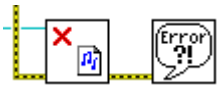


• Resample Waveforms

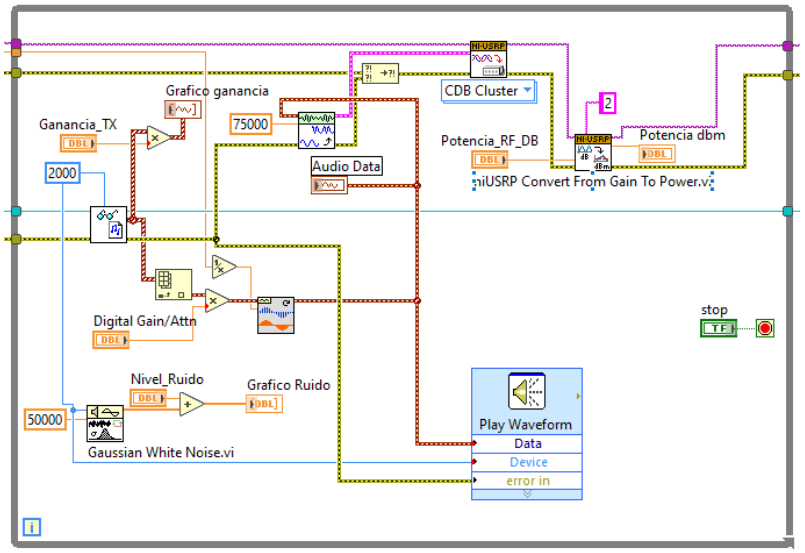


• Merge errors

• Sound File Close + Simple error handler



• White loop (control stop)



• 2 multiply, 1 sumatory , 1 reciprocal , 1 index array

• 3 waveform grapths panel frontal (sonido,ruido,ganancia)

3. Ejecuta el VI. Ajusta ganancia y frecuencia hasta encontrar una emisora FM clara.

4. Escucha el audio en tiempo real y observa el espectro en un Waveform Graph.

Ejercicios de refuerzo	¿Qué función cumple el bloque MT Modulate FM en una señal? 2. ¿Por qué es necesario remuestrear la señal de audio antes de reproducirla? 3. ¿Qué ventajas ofrece LabVIEW frente a otros programas de uso USRP como GNU Radio o Matlab para esta práctica? 4. Investiga cuál es el ancho de banda típico de una señal FM comercial y cómo se visualiza en el espectro.
Conclusión	Esta práctica permitió aplicar conocimientos sobre la recepción y análisis de señales FM en un entorno práctico. El uso de bloques específicos en LabVIEW facilita la comprensión del procesamiento de señales en tiempo real y prepara al estudiante para desafíos del mundo profesional.

3. RÚBRICA DE REVISIÓN DE LA PRÁCTICA

RÚBRICA DE REVISIÓN DE PRÁCTICA:

	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Observaciones
Calidad, orden, evidencia fotográfica y correcta estructuración del desarrollo de la práctica [30% del puntaje]							
Sustentación correcta de las prácticas [30% del puntaje]							
Conclusiones de las prácticas [40% del puntaje]							
						PUNTAJE:	**/10**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**Nombre:**	
	Fecha:	
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL TELECOMUNICACIONES Asignatura: Comunicaciones ópticas **PRÁCTICA # 3**	**Grupo:**	
	Profesor:	Ing. José Córdoba L. Msc
	Firma:	
	Puntuación:	
1. DATOS INFORMATIVOS	a) MATERIA: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS b) Práctica # 03 c) Número de estudiantes: d) Nombre del docente: e) Tiempo estimado: 2h	
2. DATOS DE LA PRÁCTICA	f) Tema: Analizador de espectro, sonido WAV y análisis espectral con LabVIEW g) Objetivo general: Analizar una señal sonora (archivo.wav) a través de un radio definido por software (SDR) empleando el NI USRP-2920, incorporando regulación de ganancia, potencia y ruido, y confirmando su recepción y visualización. h) Objetivo específico: • Configurar el entorno gráfico de LabVIEW. • Captar señales FM entre 88 y 108 MHz. • Analizar el comportamiento espectral de las señales captadas. i) Marco teórico: La modulación de frecuencia (FM) se usa ampliamente para recibir la radio comercial audio. Al usar SDR, como USRP-2920, puede comprender estas señales y analizarlas en forma digital con herramientas como LabVIEW. Resolver la modulación FM, combinada con funciones SDR como el programa de gráficos USRP-2920 y LabVIEW, proporcionando una plataforma poderosa para interceptar, procesar y analizar señales de radio digitales FM. Esto no solo nos permite comprender el proceso de procesamiento, sino también probar diferentes algoritmos y parámetros, abrir las puertas de investigación y desarrollo en el campo de la comunicación digital.	

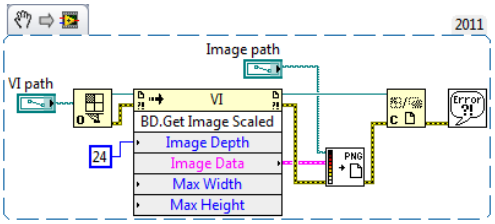
	j) Marco procedimental: Permite aplicar conocimientos sobre la recepción y análisis de señales FM en un entorno práctico. k) Recursos por utilizar: (USRP 2920, LabVIEW, y USRP, Config_Utlity y Ethernet.) l) Registrar los Resultados: se espera que los estudiantes puedan recibir estaciones FM reales, escuchar su sonido y visualizar la onda y la forma del espectro. El sistema le permite configurar parámetros como mejorar y frecuencia para configurar diferentes estaciones. m) Cronograma y calendario: Interciclo 2

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Proceso a paso

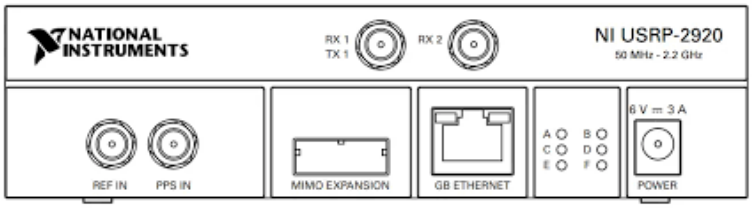
Procedimiento:

Paso 1: Crear un nuevo VI



1. Abrir LabVIEW.
2. Agregar un nuevo archivo Tipo VI

Paso 2: Calibrar adquisición con USRP 2920

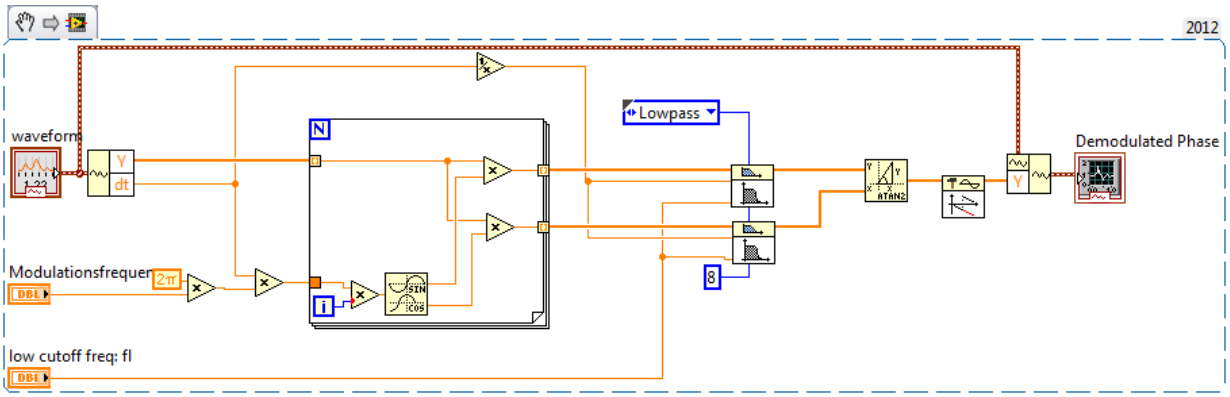


1. Insertando el bloque de biblioteca del diagrama NI - USRP RX Session (Initialize).
2. Configurar:
   - **Center Frequency**: 108 MHz

- **IQ Rate**: 1 MS/s (puede variar)
- **Gain**: según condiciones (~20 dB)

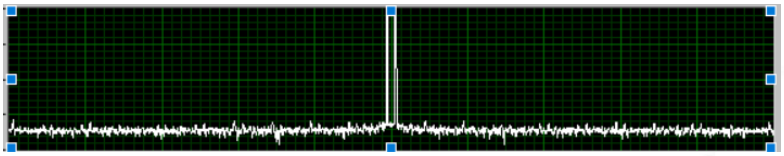
3. Conecta al bloque **Start Rx**.

Paso 3: Demodulación de señal FM



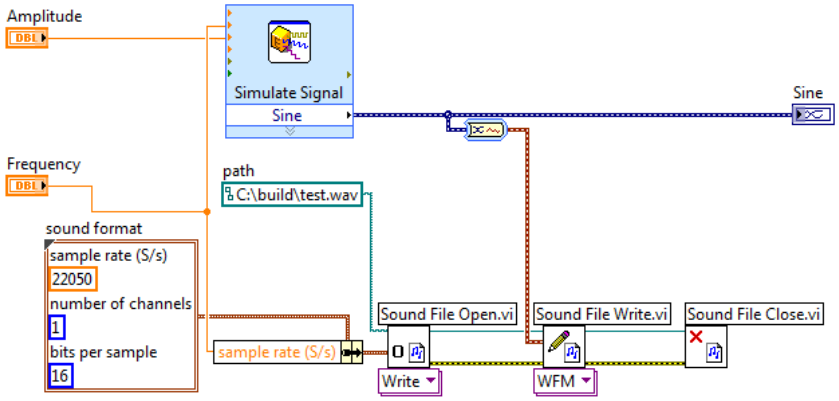
1. Insertar el bloque **NI-USRP Fetch IQ** para obtener la señal.
2. Agregar el bloque **FM Demodulator.vi** (de Communications Toolkit o personalizado).
   - Entradas: señal IQ
   - Salida: señal de audio en formato 1D waveform

Paso 4: Ver el espectro en tiempo real



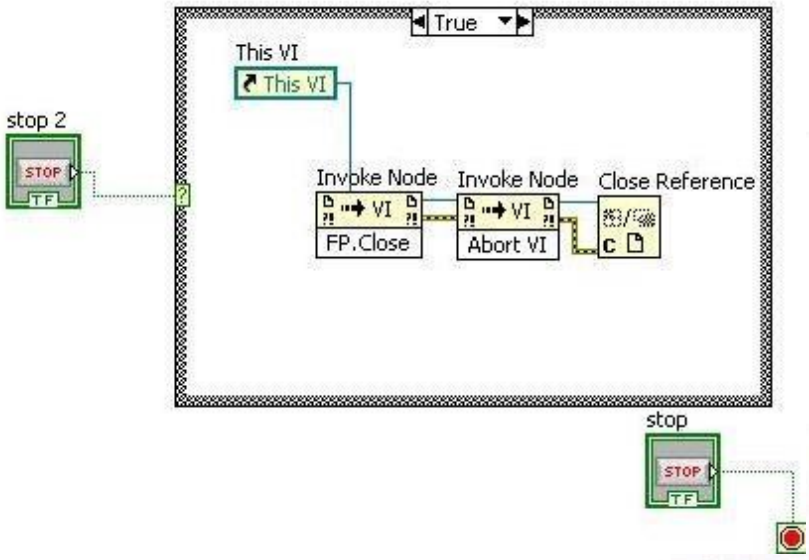
1. Agregar el bloque **Sound Output Configure**.
2. Conectar la señal de audio a:
   - **Sound Output Write**
   - Luego a **Sound Output Clear** al finalizar

Paso 5: Guardar audio como WAV



1. Usar el bloque **Write Waveform to File.vi**
2. Configura:
    - **Ruta del archivo**: C:\Usuario\Escritorio\FM_audio.wav
    - **Formato**: PCM (.WAV)
3. Conecta la señal de audio demodulada.

Paso 6: Finalizar sesión



1. Aumentar **NI-USRP Stop Rx** y luego **Close Session**.
2. Agregar estructuras de control de errores (Error In/Error Out).

4. Ejercicios de refuerzo	1. ¿Qué ventajas y desventajas ofrece NI LabVIEW frente a otros programas de uso NI USRP?

	2. ¿Qué bloque se utiliza para recibir la señal FM a audio? 3. ¿Qué función cumple el bloque CDB Cluster? 4. Investigar y escribir qué es una tasa de muestreo (Sampling Rate)
5. Conclusión	La práctica accedió la admisión de señales FM en LabVIEW utilizando equipos USRP permite percibir de manera práctica los principios fundamentales de la comunicación inalámbrica. A través del diseño del diagrama de bloques en el entorno de LabVIEW, es posible captar señales de radiofrecuencia moduladas en frecuencia (FM), procesarlas digitalmente y convertirlas en audio inteligible. El procesamiento digital de señales y el manejo de herramientas modernas en el ámbito de las telecomunicaciones, fomentando habilidades técnicas útiles para el desarrollo profesional.

3. RÚBRICA DE REVISIÓN DE LA PRÁCTICA

RÚBRICA DE REVISIÓN DE PRÁCTICA:

	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo	Observaciones
Calidad, orden, evidencia fotográfica y correcta estructuración del desarrollo de la práctica [30% del puntaje]							
Sustentación correcta de las prácticas [30% del puntaje]							
Conclusiones de las prácticas [40% del puntaje]							
						PUNTAJE:	**/10**

Anexo 5

Laboratorio SDR con NI USRP-2920

Objetos de aprendizaje:

Al finalizar, el estudiante será capaz de:

1. Configurar correctamente un USRP-2920, su red y drivers en Windows usando NI-MAX y los VIs de NI-USRP.

2. Transmitir una señal FM con audio WAV y validar su ocupación espectral en un analizador FFT en LabVIEW.

3. Implementar un analizador espectral y una cadena de demodulación FM en LabVIEW para inspeccionar, sintonizar y recuperar audio.

4. Documentar parámetros de RF (frecuencia, ganancia, potencia, desviación, tasa de muestreo) y justificar elecciones con base en teoría y mediciones.

Prerrequisitos

Fundamentos de señales y sistemas, FFT, y modulación FM.
Manejo básico de LabVIEW (controles/indicadores, diagrama de bloques, ejecución). Conceptos de red IPv4 (DHCP/estático) y dirección MAC.

Recursos y software

Hardware: NI USRP-2920, PC Windows con puerto Ethernet dedicado o NIC USB-GbE, cables RF SMA, antenas VERT 400/2450 y un Yagi-Uda (o banda FM 88–108 MHz), parlantes/auriculares.
Software: LabVIEW 2025 Q1, NI-USRP Driver, NI-MAX, Sound card habilitada.
Archivos de práctica: audio WAV mono 16-bit/44.1 kHz (ej.: emergencia.wav, música.wav).
Seguridad: Respetar límites de potencia/ganancia, usar cargas/antenas adecuadas, cumplir normativa local de radiodifusión (usar atenuadores/cargas).

GUÍA 1. Configuración inicial del USRP-2920 y verificación de instrumentos

Objetivo general

- Configurar correctamente el equipo USRP-2920 NI y su entorno de software para prácticas de laboratorio en comunicaciones inalámbricas.

Objetivos específicos

- **Establecer la red entre el USRP y el PC.**
- **Instalar los programas necesarios.**
- **Verificar conectividad y funcionalidad del USRP.**

Marco teórico

El USRP-2920 es un transceptor de radio definido por software que permite transmitir y recibir señales de RF mediante conexión Ethernet Gigabit. Para operar correctamente requiere configuración de red IP, software de control como LabVIEW y drivers específicos.

Desarrollo

Procedimiento paso a paso

1. Conecta el USRP al PC mediante cable Ethernet.

2. Accede a Panel de Control > Redes e Internet > Centro de redes y recursos compartidos.

3. Cambia la configuración del adaptador de red Ethernet.

4. Asigna la IP estática 192.168.10.3 con máscara 255.255.255.0 (puerta de enlace opcional

5. Instalar NI Package Manager y desde allí: Instalar NI-USRP, Instalar LabVIEW y Drivers, Instalar NI Configuration Utility

6. Ejecutar NI-USRP Configuration Utility y verifica que el dispositivo aparezca con IP 192.168.10.2.

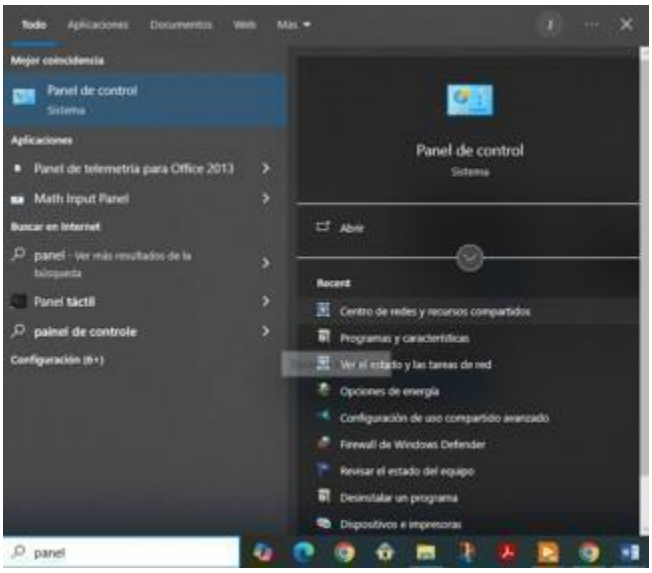
7. Revisar versión de firmware y realiza actualizaciones si es necesario.

Evidencia

Evidencias del desarrollo paso a paso

1

2


Todo
Aplicaciones
Documentos
Web
Más
Mejor coincidencia
Panel de control
Sistema
Aplicaciones
Panel de telemetría para Office 2013
Math Input Panel
Buscar en Internet
panel - Ver más resultados de la búsqueda
Panel táctil
panel de controle
Configuración (6+)
Panel de control
Sistema
Abrir
Recent
Centro de redes y recursos compartidos
Programas y características
Ver el estado y las tareas de red
Opciones de energía
Configuración de uso compartido avanzado
Firewall de Windows Defender
Revisar el estado del equipo
Desinstalar un programa
Dispositivos e impresoras
panel

Redes e Internet
Ver el estado y las tareas de red

Centro de redes y recursos compartidos
Ver el estado y las tareas de red
Conectarse a una red
Ver los equipos y dispositivos de red

3

Cambiar configuración del adaptador
Ethernet
Cable de red desconectado
Realtek PCIe GBE Family Controller

4

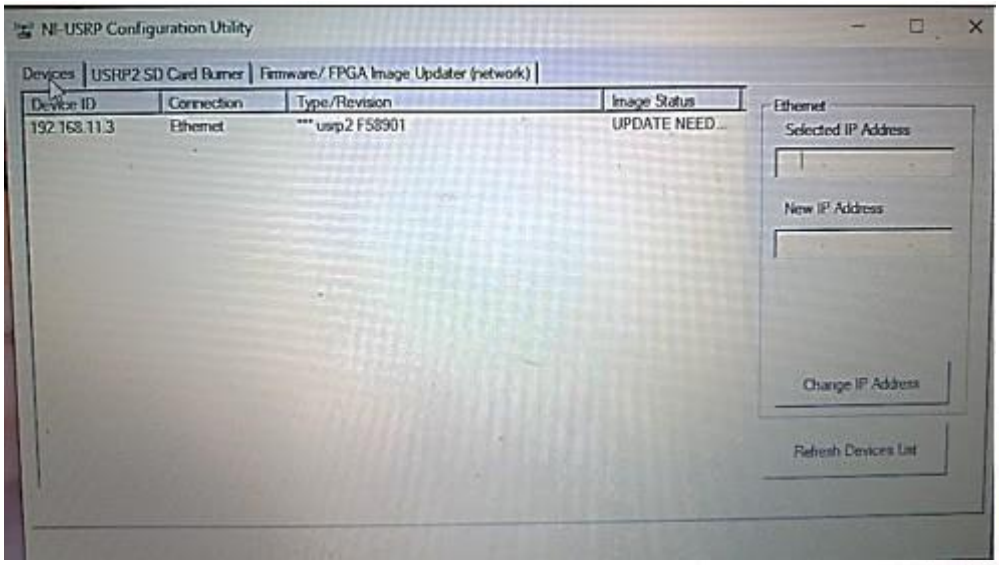
Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)
General
Puede hacer que la configuración IP se asigne automáticamente si la red es compatible con esta funcionalidad. De lo contrario, deberá consultar con el administrador de red cuál es la configuración IP apropiada.
Obtener una dirección IP automáticamente
Usar la siguiente dirección IP:
Dirección IP: 192 . 168 . 10 . 3
Máscara de subred: 255 . 255 . 255 . 0
Puerta de enlace predeterminada: 192 . 168 . 10 . 1
Obtener la dirección del servidor DNS automáticamente
Usar las siguientes direcciones de servidor DNS:
Servidor DNS preferido:
Servidor DNS alternativo:
Validar configuración al salir
Opciones avanzadas...
Aceptar
Cancelar

5

NI Package Manager

NI Package Manager
BROWSE PRODUCTS
INSTALLED
UPDATES
NI-USRP
2025 Q2
32-bit, 64-bit
English
REMOVE
Overview
Details
Support

NI Package Manager
BROWSE PRODUCTS
INSTALLED
UPDATES
Programming Environments
LabVIEW and Drivers
2025 Q1
64-bit
English
INSTALL
Overview
Details
Support


NI-USRP Configuration Utility
Devices
USRP2 SD Card Burner
Firmware/ FPGA Image Updater (network)
Device ID
Connection
Type/Revision
Image Status
192.168.11.3
Ethernet
*** usrp2 F58901
UPDATE NEED...
Ethernet
Selected IP Address
New IP Address
Change IP Address
Refresh Devices List

Autoevaluación

Pregunta de Elección Múltiple

1. ¿Qué tipo de conexión se utiliza normalmente entre el USRP-2920 y el PC para la configuración inicial?

a) USB 3.0

b) Puerto Serial RS-232

c) Ethernet Gigabit

d) HDMI

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

2. ¿Cuál es la primera acción recomendada antes de usar el NI-USRP Configuration Utility?

a) Conectar la antena Yagi

b) Instalar los controladores NI-USRP

c) Abrir directamente LabVIEW

d) Encender el osciloscopio

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3. ¿Qué dirección IP predeterminada suele tener el USRP-2920 al encenderse por primera vez?

a) 192.168.10.2
b) 192.168.0.1
c) 192.168.40.2
d) 127.0.0.1

Solución

1. Opción correcta
2. Incorrecto
3. Incorrecto
4. Incorrecto

Pregunta de Selección Múltiple

4. Seleccione los instrumentos o software necesarios para la configuración inicial del USRP-2920:

- NI LabVIEW
- NI-USRP Driver
- NI-USRP Configuration Utility
- Multímetro digital
- PC con tarjeta de red Gigabit

Solución

1. Correcto
2. Correcto
3. Correcto
4. Incorrecto
5. Correcto

5. Al usar NI-USRP Configuration Utility, el usuario puede:

- Detectar el dispositivo USRP conectado
- Configurar la dirección IP del USRP
- Calibrar directamente el espectro de radio
- Verificar la conectividad entre PC y USRP

Solución

SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

1. Correcto

2. Correcto

3. Incorrecto

4. Correcto

Pregunta Verdadero-Falso

Seleccionar las siguientes preguntas si es Verdadero o Falso

6. El USRP-2920 puede funcionar sin instalar el driver NI-USRP en el PC.

Verdadero Falso

Solución

Falso

7. Es necesario que la tarjeta de red del PC soporte Gigabit Ethernet para garantizar el funcionamiento correcto.

Verdadero Falso

Solución

Verdadero

8. El NI-USRP Configuration Utility se utiliza para ajustar la ganancia del transmisor en tiempo real.

Verdadero Falso

Solución

Falso

9. Durante la configuración inicial, se recomienda verificar la comunicación con un “ping” a la dirección IP asignada al USRP.

Verdadero Falso

Solución

Verdadero

10. El USRP-2920 se puede detectar automáticamente en el NI-USRP Configuration Utility si está en la misma subred que el PC.

Verdadero Falso

Solución

Verdadero

Rúbrica

Rúbrica de Evaluación - Configuración inicial del USRP-2920

	Excelente (2 pts.)	Bueno (1,5 pts.)	Aceptable (1 pts.)	Deficiente (0 pts.)
Conocimiento teórico del USRP-2920	Explica claramente qué es, sus características principales y su rol en SDR. (2)	Conoce la mayoría de características, con pocas omisiones. (1,5)	Menciona aspectos básicos pero incompletos (1)	No demuestra comprensión del dispositivo. (0)
Identificación de instrumentos y software necesarios	Reconoce todos los elementos: PC, driver NI-USRP, LabVIEW, NI- USRP Configuration Utility, tarjeta Gigabit. (2)	Identifica la mayoría, pero omite 1 elemento. (1,5)	Menciona menos de la mitad correctamente. (1)	No reconoce los instrumentos/software necesarios. (0)
Configuración de red y conexión	Configura correctamente la IP del USRP y la del PC, verifica con ping y justifica el procedimiento. (2)	Configura IP y conexión, pero con explicaciones parciales. (1,5)	Logra conexión con dificultad o errores en la explicación. (1)	No logra establecer comunicación con el USRP. (0)
Uso del NI-USRP Configuration Utility	Detecta y configura el USRP correctamente, explica cada opción del programa. (2)	Utiliza el software y logra detección básica. (1,5)	Usa el software pero con errores o sin explicación. (1)	No logra utilizar la herramienta o desconoce su función. (0)
Aplicación práctica en el laboratorio	Realiza toda la práctica sin errores, con documentación clara. (2)	Realiza la práctica con pequeños errores corregidos. (1.5)	Requiere apoyo constante para completar la práctica. (1)	No logra completar la práctica. (0)

GUÍA 2. Transmisión de señal FM con audio WAV y análisis espectral en LabVIEW

Objetivo general

- Emitir una señal sonora (archivo.wav) a través de un radio definido por software (SDR) empleando el USRP-2920, incorporando regulación de ganancia, potencia y ruido, y confirmando su reproducción y visualización.

Objetivos Específicos

- Implementar un sistema de transmisión de señal de audio en modulación FM, empleando el entorno gráfico LabVIEW y un archivo en formato WAV como fuente de entrada.
- Configurar los parámetros técnicos del transceptor USRP-2920, tales como frecuencia portadora, ganancia y tasa de muestreo, para garantizar una transmisión estable en el espectro comprendido entre 88 MHz y 108 MHz.
- Integrar los bloques funcionales de LabVIEW necesarios para la modulación de frecuencia, asegurando la correcta lectura del archivo de audio, su procesamiento digital y posterior envío mediante el módulo "Write TX".
- Verificar la correcta modulación y transmisión de la señal FM en tiempo real, mediante herramientas de análisis espectral y monitoreo en el dominio del tiempo y la frecuencia.
- Analizar el rendimiento del sistema de transmisión desarrollado, considerando aspectos como la calidad del audio reproducido, posibles interferencias presentes y la eficiencia general del proceso de emisión.

Marco teórico

La modulación de frecuencia (FM) se usa ampliamente en la transmisión de aire de radio. Al usar SDR, como USRP-2920, puede comprender estas señales y analizarlas en forma digital con herramientas como LabVIEW. Resolver la modulación FM, combinada con funciones SDR como el programa de gráficos USRP-2920 y LabVIEW, proporcionando una plataforma poderosa para interceptar, procesar y analizar señales de radio digitales FM. Esto no solo nos permite comprender

el proceso de procesamiento, sino también probar diferentes algoritmos y parámetros, abrir las puertas de investigación y desarrollo en el campo de la comunicación digital.

Desarrollo

Procedimiento paso a paso

1. Pon USRP con IP 192.168.10.2 en herramientas de configuración del NI-USRP Configuration Utility.

2. En LabVIEW, cree un nuevo vi y desarrolle diagramas de bloques con los siguientes factores:

3. NI-USRP Open Tx Session créate control Device names + NI-USRP Configure Signal (frecuencia créate control entre 88–108 MHz, tasa de muestreo créate constante 200 kS/s, créate control antenna).

4. NI-USRP Write Tx data + NI-USRP Close Session + NI-USRP convert gain to power (control gain, indicator power, constant channel. Sound File Info (path control) + Open + Read (constant n. samples 2k) + Close

5. Gaussian White Noise (constant s. deviation 50k, noise pattern sum)

6. MT Modulate FM (constant FM deviation 75k)

7. Resample Waveforms

8. Merge errors

9. Simple error handler

10. White loop (control stop)

11. 2 multiply, 1 sumatory, 1 reciprocal, 1 index array3 waveform grapths panel frontal (sonido, ruido, ganancia)

12. 3 waveform grapths panel frontal (sonido, ruido, ganancia)

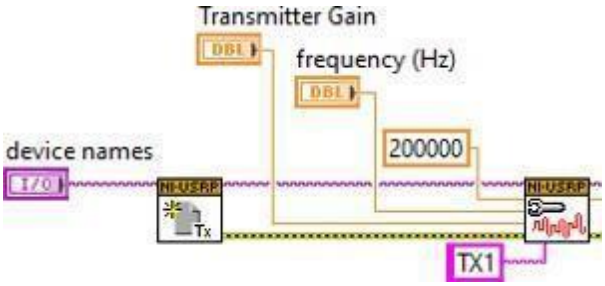
13. Ejecuta el VI. Ajusta ganancia y frecuencia hasta encontrar una emisora FM clara.

14. Escucha el audio en tiempo real y observa el espectro en un Waveform Graph.

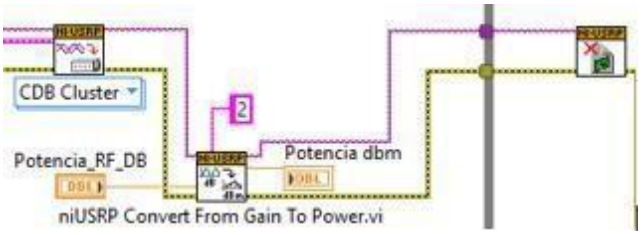
Evidencia

Evidencias del desarrollo paso a paso

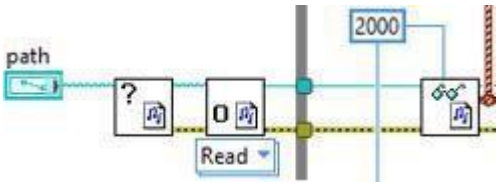
2.



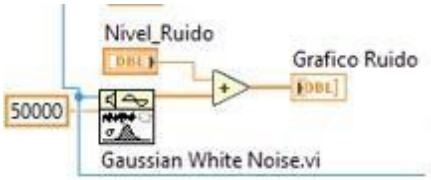
3.



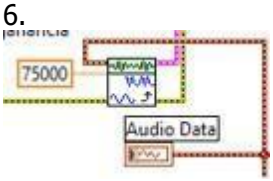
4.



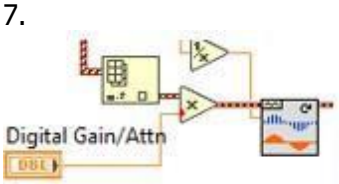
5.



6.

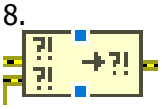


7.

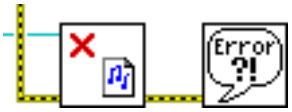


SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

8.



9.


Error
?!

10.

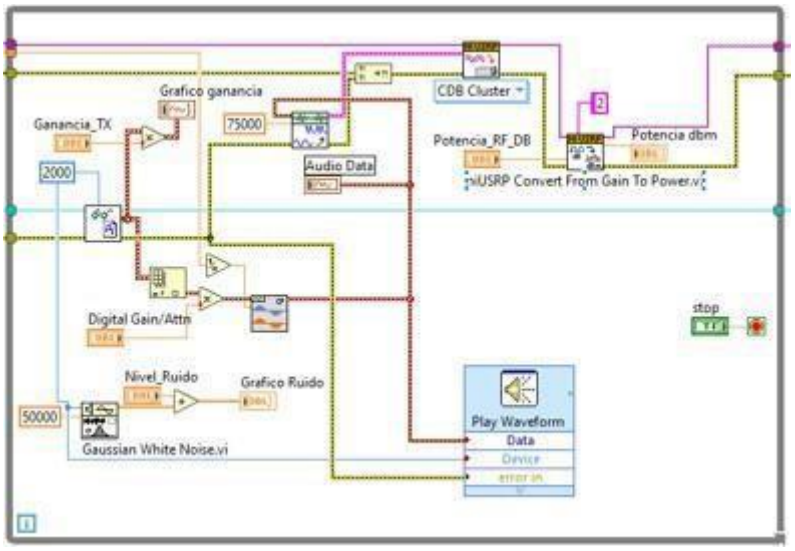


Grafico ganancia
Ganancia_TX
2000
75000
Audio Data
CDB Cluster
Potencia_RF_DB
Potencia dbm
niUSRP Convert From Gain To Power.vi
Digital Gain/Attn
stop
Nivel_Ruido
Grafico Ruido
50000
Gaussian White Noise.vi
Play Waveform
Data
Device

Autoevaluación

Pregunta de Elección Múltiple

1. ¿Qué parámetro de la señal se modula en una transmisión de radio FM?

a) La amplitud

b) La fase

c) La frecuencia

d) El nivel de potencia

Solución
1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

2. ¿Qué se utiliza como señal de entrada en un transmisor de FM con el USRP-2920?

a) Una señal cuadrada generada por hardware

b) Un archivo de audio WAV

c) Un tono de prueba siempre de 1 kHz

d) Una señal de control digital

Solución
1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3. ¿Qué herramienta en LabVIEW o NI-USRP permite visualizar la distribución de potencias en función de la frecuencia de la señal transmitida?

a) NI Measurement & Automation Explorer (MAX)

b) NI-USRP Configuration Utility

c) Analizador Espectral (Spectrum Analyzer)

d) NI SignalExpress

Solución
1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

Pregunta de Selección Múltiple

4. Seleccione los factores que influyen en la calidad del audio recibido en una transmisión FM:

- Ganancia de transmisión
- Relación señal/ruido (SNR)
- Ancho de banda asignado
- Tipo de archivo de audio (MP3 o WAV)
- Nivel de potencia transmitida

Solución
1. Correcto
2. Correcto
3. Correcto
4. Incorrecto
5. Correcto

5. El análisis espectral de una señal FM permite:

- Visualizar las frecuencias presentes en la señal modulada
- Detectar el efecto del ruido en el espectro
- Reproducir directamente el audio recibido
- Medir la potencia relativa en el canal de transmisión

Solución

1. Correcto
2. Correcto
3. Incorrecto
4. Correcto

Pregunta Verdadero-Falso

Seleccionar las siguientes preguntas si es Verdadero o Falso

6. En la modulación FM, la información del archivo WAV se transmite variando la amplitud de la portadora.

- Verdadero
- Falso

Solución

Falso

7. Aumentar la ganancia de transmisión siempre mejora la calidad del audio recibido.

- Verdadero
- Falso

Solución

Falso

8. El ruido blanco en el canal se puede observar como un incremento en el nivel del piso de ruido en el analizador espectral.

- Verdadero
- Falso

Solución

Verdadero

9. El espectro de una señal FM muestra la portadora y múltiples bandas laterales en torno a ella.

Verdadero Falso

Solución

Verdadero

10. La señal transmitida desde el USRP-2920 no puede analizarse en tiempo real con un analizador espectral en LabVIEW.

Verdadero Falso

Solución

Falso

Rúbrica

Rúbrica de Evaluación - Configuración inicial del USRP-2920

	Excelente (2 pts)	Bueno (1,5 pts)	Aceptable (1 pts)	Deficiente (0 pts
Conocimiento teórico del USRP-2920	Explica claramente qué es, sus características principales y su rol en SDR.	Conoce la mayoría de características, con pocas omisiones.	Menciona aspectos básicos pero incompletos	No demuestra comprensión del dispositivo.
Identificación de instrumentos y software necesarios	Reconoce todos los elementos: PC, driver NI-USRP, LabVIEW, NI-USRP Configuration Utility, tarjeta Gigabit.	Identifica la mayoría, pero omite 1 elemento.	Menciona menos de la mitad correctamente.	No reconoce los instrumentos/software necesarios.
Configuración de red y conexión	Configura correctamente la IP del USRP y la del PC, verifica con ping y justifica el procedimiento.	Configura IP y conexión, pero con explicaciones parciales.	Logra conexión con dificultad o errores en la explicación.	No logra establecer comunicación con el USRP.
Uso del NI-USRP Configuration Utility	Detecta y configura el USRP correctamente, explica cada opción del programa.	Utiliza el software y logra detección básica.	Usa el software pero con errores o sin explicación.	No logra utilizar la herramienta o desconoce su función.
Aplicación práctica en el laboratorio	Realiza toda la práctica sin errores, con	Realiza la práctica con pequeños	Requiere apoyo constante para	No logra completar la práctica.

PRÁCTICA 2. Transmisión de señal FM con audio WAV y análisis espectral en LabVIEW

Objetivo general

- Emitir una señal sonora (archivo.wav) a través de un radio definido por software (SDR) empleando el USRP-2920, incorporando regulación de ganancia, potencia y ruido, y confirmando su reproducción y visualización.

Objetivos Específicos

- **Implementar un sistema de transmisión de señal de audio en modulación FM, empleando el entorno gráfico LabVIEW y un archivo en formato WAV como fuente de entrada.**

- **Configurar los parámetros técnicos del transceptor USRP-2920, tales como frecuencia portadora, ganancia y tasa de muestreo, para garantizar una transmisión estable en el espectro comprendido entre 88 MHz y 108MHz.**

- **Integrar los bloques funcionales de LabVIEW necesarios para la modulación de frecuencia, asegurando la correcta lectura del archivo de audio, su procesamiento digital y posterior envío mediante el módulo "Write TX".**

- **Verificar la correcta modulación y transmisión de la señal FM en tiempo real, mediante herramientas de análisis espectral y monitoreo en el dominio del tiempo y la frecuencia.**

- **Analizar el rendimiento del sistema de transmisión desarrollado, considerando aspectos como la calidad del audio reproducido, posibles interferencias presentes y la eficiencia general del proceso de emisión.**

SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

Marco teórico

La modulación de frecuencia (FM) se usa ampliamente en la transmisión de aire de radio. Al usar SDR, como USRP-2920, puede comprender estas señales y analizarlas en forma digital con herramientas como LabVIEW. Resolver la modulación FM, combinada con funciones SDR como el programa de gráficos USRP-2920 y LabVIEW, proporcionando una plataforma poderosa para interceptar, procesar y analizar señales de radio digitales FM. Esto no solo nos permite comprender el proceso de procesamiento, sino también probar diferentes algoritmos y parámetros, abrir las puertas de investigación y desarrollo en el campo de la comunicación digital.

Desarrollo

Procedimiento paso a paso

1.

Pon USRP con IP 192.168.10.2 en herramientas de configuración del NI-USRP Configuration Utility.

2.

En LabVIEW, cree un nuevo vi y desarrolle diagramas de bloques con los siguientes factores:

3.

NI-USRP Open Tx Session créate control Device names + NI-USRP Configure Signal (frecuencia créate control entre 88–108 MHz, tasa de muestreo créate constante 200 kS/s, créate control antenna).

4.

NI-USRP Write Tx data + NI-USRP Close Session + NI-USRP convert gain to power (control gain, indicator power, constant channel.

Sound File Info (path control) + Open + Read (constant n. samples 2k) + Close

5.

Gaussian White Noise (constant s. deviation 50k, noise pattern sum)

6.

MT Modulate FM (constant FM deviation 75k)

7.

Resample Waveforms

8.

Merge errors

9.

Simple error handler

10.

White loop (control stop)

11.

2 multiply, 1 sumatory, 1 reciprocal, 1 index array

3 waveform grapths panel frontal (sonido, ruido, ganancia)

12.

3 waveform grapths panel frontal (sonido, ruido, ganancia)

13.

Ejecuta el VI. Ajusta ganancia y frecuencia hasta encontrar una emisora FM clara.

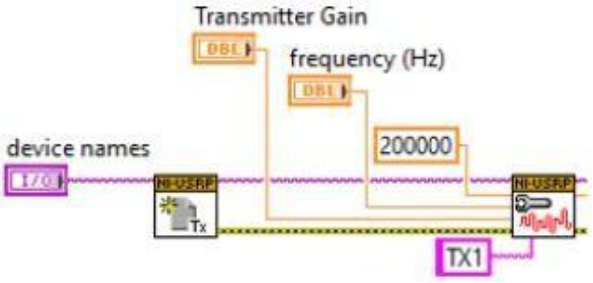
14.

Escucha el audio en tiempo real y observa el espectro en un Waveform Graph.

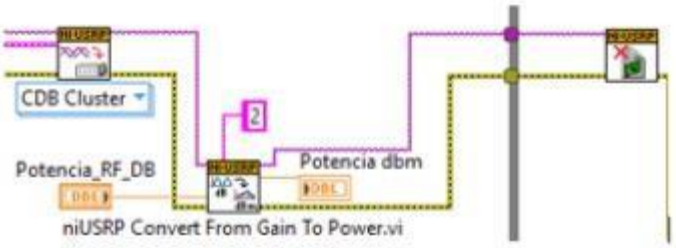
Evidencia

Evidencias del desarrollo paso a paso

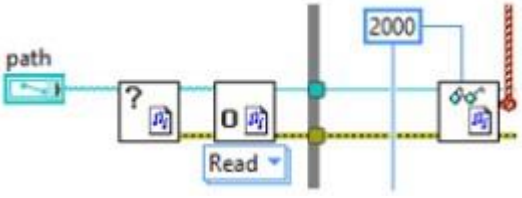
2.



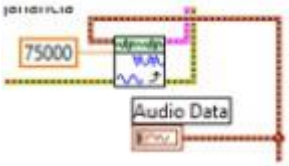
3.

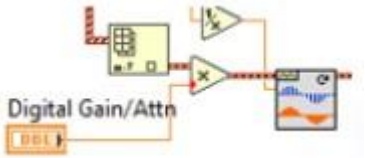


4.

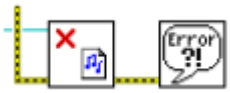


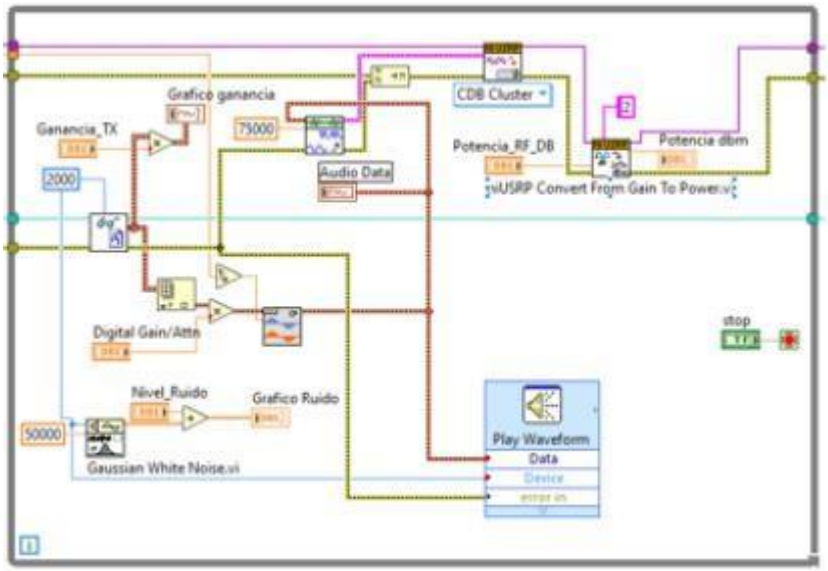
5.
Nivel_Ruido
Grafico Ruido
50000
Gaussian White Noise.vi

6. 
75000
Audio Data

7. 
Digital Gain/Attn

8.

9. 
Error

10. 
Grafico ganancia
Ganancia_TX
2000
75000
Audio Data
CDB Cluster
Potencia_RF_DB
Potencia dbm
Digital Gain/Attn
stop
Nivel_Ruido
Grafico Ruido
50000
Gaussian White Noise.vi
Play Waveform
Data
Device

Autoevaluación

Pregunta de Elección Múltiple

1. ¿Qué parámetro de la señal se modula en una transmisión de radio FM?

a) La amplitud

b) La fase

c) La frecuencia

d) El nivel de potencia

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción correcta
4. Incorrecto

2. ¿Qué se utiliza como señal de entrada en un transmisor de FM con el USRP-2920?

a) Una señal cuadrada generada por hardware

b) Un archivo de audio WAV

c) Un tono de prueba siempre de 1 kHz

d) Una señal de control digital

Solución

1. Incorrecto
2. Opción correcta
3. Incorrecto
4. Incorrecto

3. ¿Qué herramienta en LabVIEW o NI-USRP permite visualizar la distribución de potencias en función de la frecuencia dela señal transmitida?

a) NI Measurement & Automation Explorer (MAX)

b) NI-USRP Configuration Utility

c) Analizador Espectral (Spectrum Analyzer)

d) NI SignalExpress

Solución

1. Incorrecto
2. Incorrecto
3. Opción Correcta
4. Incorrecto

Pregunta de Selección Múltiple

4. Seleccione los factores que influyen en la calidad del audio recibido en una transmisión FM:

- Ganancia de transmisión
- Relación señal/ruido (SNR)
- Ancho de banda asignado
- Tipo de archivo de audio (MP3 o WAV)
- Nivel de potencia transmitida

Solución

1. Correcto
2. Correcto
3. Correcto
4. Incorrecto
5. Correcto

5. El análisis espectral de una señal FM permite:

- Visualizar las frecuencias presentes en la señal modulada
- Detectar el efecto del ruido en el espectro
- Reproducir directamente el audio recibido
- Medir la potencia relativa en el canal de transmisión

Solución

1. Correcto
2. Correcto
3. Incorrecto
4. Correcto

Pregunta Verdadero-Falso

Seleccionar las siguientes preguntas si es Verdadero o Falso

6. En la modulación FM, la información del archivo WAV se transmite variando la amplitud de la portadora.

- Verdadero
- Falso

Solución

Falso

SEDE GUAYAQUIL
Chambers # 227 y 5 de Junio • Campus Centenario • Casilla 09-01-47-52 • Teléfono: (593) 4 2590-630 Ext.: 4401
www.ups.edu.ec

7. Aumentar la ganancia de transmisión siempre mejora la calidad del audio recibido.

Verdadero Falso

Solución

Falso

(Puede causar saturación e interferencia)

8. El ruido blanco en el canal se puede observar como un incremento en el nivel del piso de ruido en el analizador espectral.

Verdadero Falso

Solución

Verdadero

9. El espectro de una señal FM muestra la portadora y múltiples bandas laterales en torno a ella.

Verdadero Falso

Solución

Verdadero

10. La señal transmitida desde el USRP-2920 no puede analizarse en tiempo real con un analizador espectral en LabVIEW.

Verdadero Falso

Solución

Falso

Rúbrica

Rúbrica de Evaluación – Transmisión FM con archivo WAV

	Excelente (2 pts)	Bueno (1 pt)	Deficiente (0 pts)
Selección del archivo WAV	Escoge un archivo válido, con parámetros adecuados (mono, 44.1 kHz, sin errores).	Selecciona un archivo válido pero con parámetros no óptimos.	No logra seleccionar o configurar el archivo correctamente.
Configuración de transmisión FM	Configura frecuencia portadora y parámetros de modulación correctamente.	Configura la transmisión con errores menores corregibles.	No configura adecuadamente la transmisión.
Ajuste de ganancia	Ajusta la ganancia de forma óptima evitando distorsión/saturación.	Ajusta la ganancia con errores perceptibles en la señal.	No logra ajustar la ganancia o provoca distorsión total.
Manejo del ruido	Reconoce y aplica correctamente niveles de ruido, explicando su efecto.	Aplica el ruido pero con análisis incompleto.	No aplica o interpreta el ruido en la práctica.
Análisis espectral de la señal	Interpreta claramente el espectro (portadora, bandas laterales, piso de ruido).	Interpreta parcialmente el espectro con algunas omisiones.	No interpreta correctamente el espectro.