

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE
TELEMETRÍA DIRIGIDA A LOS RECOLECTORES LATERALES DE
EMASEO PARA LA EMPRESA DATARADIO TELECOMUNICACIONES
C.A.**

**AUTOR:
JEFFERSON BOLIVAR SÁNCHEZ CARVAJAL**

**TUTOR:
CARLOS AUGUSTO CUICHÁN MORALES**

Quito, Mayo del 2017

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Jefferson Bolivar Sánchez Carvajal, con cédula de ciudadanía N° 1723074736, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE TELEMETRÍA DIRIGIDA A LOS RECOLECTORES LATERALES DE EMASEO PARA LA EMPRESA DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A., mismo que, ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....
Nombre: Jefferson Sánchez
Cédula: 1723074736
Fecha: Mayo 2017

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO MEDIANTE TELEMETRÍA DIRIGIDA A LOS RECOLECTORES LATERALES DE EMASEO PARA LA EMPRESA DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A. realizado por Jefferson Bolivar Sánchez Carvajal, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.



Carlos Augusto Cuichán Morales.
Cédula: 171438972-1
Quito, Mayo 2017.

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres por haberme brindado todo su apoyo incondicional dentro y fuera de la universidad, por ser un pilar muy importante en el continuo desarrollo de la vida universitaria, a enseñarme a que no hay que rendirse ante cualquier tipo de obstáculo el cuál hay que enfrentarlo con firmeza y responsabilidad.

A mi hermano Jonathan que a pesar de ser el menor me ha enseñado muchas cosas y que ha sido una guía más en mi vida.

A mi mejor amigo Fabián que posee el don de alentar cuando uno se encuentra mal.
Gracias por apoyarme

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A. por brindarme la apertura del desarrollo del proyecto así también de formar parte de esta prestigiosa empresa, también a mis padres, hermanos, amigos que supieron alentarme en mi desarrollo educativo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	4
ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA	4
1.1 Definición de la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A.	4
1.2 Sistema de recolectores laterales	4
1.2.1 Recolectores.....	5
1.2.2 Sistema de red.....	9
1.3 Requerimientos del sistema.....	14
1.3.1 Servicio	14
1.3.2 Físico	14
1.3.3 Red.....	15
1.4 Falencias y potencialidades	15
1.5 Objetivos	15
1.5.1 Objetivo general	15
1.5.2 Objetivos específicos	15
CAPÍTULO 2	17
DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	17
2.1 Sistemas de telemetría	17
2.1.1 Sistemas de telemetría MOTOTRBO.....	18
2.1.2 Descripción de funciones de telemetría en radios MOTOTRBO	18
2.2 Diseño de sistema de telemetría	20
2.2.1 Componente 1 Adquisición de datos	20
2.2.2 Componente 2 (Distribución de datos).....	21
2.2.3 Componente 3 (Procesamiento y almacenamiento de datos)	21
2.2.4 Componente 4 (Presentación de datos)	22
2.3 Selección de dispositivos.....	23
2.3.1 Dispositivos para el Componente 1 – Adquisición de Datos	23
2.3.2 Dispositivo para el componente 3 – Procesamiento de datos.....	25

CAPÍTULO 3	27
DESARROLLO DE PROTOTIPO Y SIMULACIÓN	27
3.1 Software de programación de radios MOTOTRBO.....	27
3.2 Protocolo MOTOTRBO	28
3.3 Programación de radios MOTOTRBO.....	28
3.3.1 Configuración de opción telemetría radio repetidor DGM6100+31	
3.3.2 Configuración de opción telemetría radio móvil DGM4100+	33
3.4 Procesamiento de datos mediante placa Arduino	36
3.5 Presentación de datos y visualización	37
CAPÍTULO 4	39
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	39
4.1 FASE 1 Verificación de dispositivo transmisor	39
4.2 FASE 2 Configuración de equipo de comunicación	41
4.3 FASE 3 Verificación de dispositivo receptor	43
4.4 FASE 4 Acoplamiento de equipos	44
4.5 FASE 5 Recepción y visualización de dato digital	46
CAPÍTULO 5	47
ANÁLISIS DE COSTOS	47
5.1 Costos de Inversión	47
5.2 Costos fijos	49
5.3 Costos variables.....	49
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	54
LISTA DE REFERENCIAS	55
ANEXOS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Recolección de residuos mediante un vehiculo recolector de carga lateral y dos operarios.	5
Figura 1.2. Características externas y de consola del vehículo recolector de carga lateral.....	6
Figura 1.3. Característica de la red de comunicación mediante radiofrecuencia que posee la empresa EMASEO	9
Figura 1.4. Ventana de convergencia de aplicaciones de TRBO-server.....	12
Figura 1.5. Adquisición de datos desde el Handheld al Centro de Control y Operaciones.....	13
Figura 1.6. Diagrama de esquema jerárquico de área de operaciones	14
Figura 2. 1 Sistema propuesto de telemetría 20	
Figura 2. 2 Sensor ultrasónico con transductor incorporado.	21
Figura 2. 3 Placa Arduino uno para adquisición y procesamiento de datos	22
Figura 2. 4 Software de desarrollo de sistemas Labview.....	23
Figura 3. 1 Software de programación MOTOTRBO	27
Figura 3. 2 Comparación entre TDMA y FDMA	28
Figura 3. 3 Dispositivo repetidor DGM6100+.....	29
Figura 3. 4 Dispositivo móvil DGM4100+.....	30
Figura 3. 5 Dispositivo repetidor DGM6100+.....	30
Figura 3. 6 Dispositivo móvil DGM4100+.....	31
Figura 3. 7 Dispositivo móvil DGM6100+.....	32
Figura 3. 8 Dispositivo móvil DGM6100+.....	33
Figura 3. 9 Dispositivo móvil DGM4100+.....	33
Figura 3. 10 Sensor ultrasónico.....	34
Figura 3. 11 Diagrama de tiempos de sensor HC-SR04	35
Figura 3. 12 Envío digital de dos niveles de voltaje a través del sistema deradiofrecuencia	36
Figura 3. 13 Envío digital de dos niveles de voltaje a través del sistema de radiofrecuencia.....	37
Figura 3. 14 Indicador de estado del compactador	37

Figura 4.1 Placa con circuito transmisor.....	40
Figura 4.2 Conectores de transmisión y recepción de cada radio MOTOTRBO.....	41
Figura 4. 3 Configuración de canal 2 en la radio DGM6100+	42
Figura 4. 4 Configuración de canal 2 en la radio DGM4100+	42
Figura 4. 5 Circuito aislador con optoacoplador y placa Arduino	43
Figura 4. 6 Circuito de transmisión con indicadores.....	44
Figura 4. 7 Circuito de recepción con optoacoplador	44
Figura 4. 8 Demostración de funcionamiento de sensor ultrasónico	45
Figura 4. 9 Interfaz realizada en Labview.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Contenerización en sectores de Quito.....	8
Tabla 1. 2. Especificaciones radio de dos vías DGM-8000/DGM-5000	10
Tabla 1. 3. Especificaciones repetidor DGM-4100.....	11
Tabla 2. 1 Opciones de telemetría en radios MOTOTRBO.....	19
Tabla 2. 2 Datos y características de sensores ultrasónicos	24
Tabla 2. 3 Características de placas Arduino	26
Tabla 3. 1 Características del sensor HS-SR04.....	34
Tabla 4. 1 Pruebas reales y mediciones del prototipo de telemetría	46
Tabla 5. 1 Costo de prototipo.....	48
Tabla 5. 2 Costos fijos de prototipo	49
Tabla 5. 3 Costos variables de prototipo.....	49

RESUMEN

La empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A. ante la innovación constante y avance tecnológico se ha visto en la necesidad de aprovechar el servicio de comunicación que brinda a diferentes empresas, entre los principales clientes que tiene DATARADIO brindando el servicio de comunicación mediante radiofrecuencia así como del uso de dispositivos de rastreo en tiempo real de cada uno de los vehículos recolectores se tiene a la empresa EMASEO (Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito) la cual se encarga del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos de algunos sectores principales de la ciudad de Quito. EL CPS permite que el usuario tenga acceso y programe el codeplug del suscriptor y del repetidor de MOTOTRBO en los sistemas disponibles, además el CPS también permite al usuario actualizar o recuperar el codeplug y firmware del radio. MOTOTRBO es un protocolo de comunicación de radios digitales usados en empresas a nivel industrial, además de ser un protocolo netamente digital TDMA que permite 2 conversaciones usando un canal de 12,5 KHz reemplazando los sistemas analógicos convencionales, normado mediante protocolo DMR (Digital Mobile Radio) debido a que asegura la interoperabilidad entre fabricantes, se divide el canal en dos subcanales de 6,25 KHz para voz y 6,25 KHz. El problema radica en que el operario necesita visualización de llenado del compactador dentro del sistema de recolección, así como el operario y el centro de operaciones. El prototipo supera al problema con todos los requerimientos de la empresa y brinda solución al problema.

ABSTRACT

The company DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A. In the face of constant innovation and technological progress has been seen in the need to take advantage of the communication service provided to different companies, among the main customers that DATARADIO has provided the radio frequency communication service as well as the use of real-time tracking devices Of each of the collecting vehicles is the company EMASEO (Empresa Pública Metropolitana de Quito Toilet) which is responsible for the sweeping and collection of non-hazardous residential and industrial solid waste from some major sectors of the city of Quito. The CPS allows the user to access and program the MOTOTRBO subscriber and repeater codeplug on the available systems, in addition the CPS also allows the user to update or retrieve the radio codeplug and firmware. MOTOTRBO is a communication protocol for digital radios used in industrial companies, in addition to being a purely digital TDMA protocol that allows 2 conversations using a 12.5 KHz channel replacing conventional analog systems, regulated by DMR protocol (Digital Mobile Radio) Because it ensures interoperability between manufacturers, the channel is divided into two sub-channels of 6.25 KHz for voice and 6.25 KHz. The problem is that the operator needs to see the filling of the compactor inside the collection system, as well as the operator and the operations center. The prototype overcomes the problem with all the requirements of the company and provides solution to the problem.

INTRODUCCIÓN

La empresa DATARADIO, es una empresa de telecomunicaciones en el Ecuador con una experiencia de 17 años en el mercado, entre sus principales servicios ofrece la comunicación mediante radiofrecuencia a diferentes instituciones del país, además de ofrecer sistemas de rastreo satelital en tiempo real, arriendo de casetas en lugares específicos para la cobertura que brinda a sus clientes dentro y fuera de la ciudad de Quito, con el respaldo de equipos de última generación además de ser el distribuidor autorizado de productos MOTOROLA

Entre los principales clientes que tiene DATARADIO brindando el servicio de comunicación mediante radiofrecuencia así como del uso de dispositivos de rastreo en tiempo real de cada uno de los vehículos recolectores se tiene a la empresa EMASEO (Empresa Publica Metropolitana de Aseo de Quito) la cual se encarga del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos de algunos sectores principales de la ciudad de Quito El problema radica en que el operario necesita la visualización de llenado del compactador dentro del sistema de recolección, así como el operario y el centro de operaciones. Por lo que el siguiente proyecto propone desarrollar un sistema el cuál permita el monitoreo de ciertas partes del recolector de carga lateral, con sistemas de telemetría, bajo el uso del servicio de comunicación.

En el capítulo uno se detalla la infraestructura así como los equipos que posee actualmente los recolectores de carga lateral, como se adquieren los datos de registro de cada vehículo así como de cada contenedor metálico, características de recolección mecanizada de residuos sólidos y los requerimientos que se necesitan para el diseño de la red de telemetría.

En el capítulo dos se analiza en base al estado actual los componentes que se involucran dentro del sistema de telemetría así como definiciones y tipos de telemetría.

Los sistemas de telemetría se basan en adquirir variables físicas y enviarlas a través de sistemas de comunicación inalámbrico (uso de antenas) o alámbrico (uso de fibra óptica). Además se componen de ciertos elementos electrónicos como son transductores los cuáles permiten el cambio de una magnitud física en una señal eléctrica y por lo tanto captar datos sean estos analógicos o digitales y enviados a través de un medio de comunicación inalámbrico.

En el capítulo tres se identifican plataformas de programación y protocolos usados para el envío y recepción de la señal eléctrica a través del servicio de comunicación. MOTOTRBO (CPS) es un software de programación de radio para proveedores y técnicos de servicio que necesitan configurar los radios MOTOTRBO. EL CPS permite que el usuario tenga acceso y programe (lea, escriba o clone) el codeplug del suscriptor y del repetidor de MOTOTRBO en los sistemas disponibles. Además el CPS también permite al usuario actualizar o recuperar el codeplug y firmware del radio.

MOTOTRBO es un protocolo de comunicación de radios digitales usados en empresas a nivel industrial, además de usar un protocolo de acceso al medio como es TDMA que permite 2 conversaciones usando un canal de 12,5 KHz reemplazando los sistemas analógicos convencionales, normado mediante protocolo DMR (Digital Mobile Radio) debido a que asegura la interoperabilidad entre fabricantes, al tener un canal de 12,5 KHz se divide el canal en dos subcanales de 6,25 KHz para voz y 6,25 KHz.

El capítulo cuatro se explica el proceso de desarrollo del prototipo así como su funcionamiento y mediante pruebas verificar posibles fallas sobre el montaje y construcción del mismo, así como dispositivos electrónicos adicionales adaptables al sistema de comunicación como son optoacopladores para evitar daños a los equipos de comunicación e indicadores de estado.

Finalmente el capítulo 5 se analiza la factibilidad del costo del prototipo para su posible implementación, teniendo en cuenta todos los factores que incurren dentro de la inversión y todos los recursos que se usarán.

CAPÍTULO 1

ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA

1.1 Descripción de la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A.

La empresa DATARADIO, es una empresa de telecomunicaciones en el Ecuador con una experiencia de 17 años en el mercado, entre sus principales servicios ofrece la comunicación inalámbrica mediante equipos de radiofrecuencia MOTOROLA a diferentes instituciones del país, sistemas de rastreo satelital denominado: servicio GPS localizador en tiempo real, arriendo de casetas en lugares estratégicos dentro y fuera de la ciudad para la cobertura que brinda a sus clientes, con el respaldo de equipos de última generación y además de ser el distribuidor autorizado de productos MOTOROLA.

La empresa se encuentra ubicada en el Edificio Solamar Almacén 8, en la Avenida Colón 1468 y 9 De Octubre. Entre los principales clientes que tiene DATARADIO que brinda el servicio de comunicación mediante radiofrecuencia así como del uso de dispositivos de rastreo en tiempo real de cada uno de los vehículos recolectores se tiene a la empresa EMASEO (Empresa Publica Metropolitana de Aseo de Quito) la cual se encarga del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos de algunos sectores principales de la ciudad de Quito. Además de ofrecer comunicación vía radio a principales compañías de seguridad y de transporte dentro y fuera de la ciudad de Quito.

1.2 Servicio de recolección mecanizada de residuos sólidos (Sistema de recolectores laterales)

El servicio de recolección (mecanizada) de residuos sólidos consiste en el proceso de recolectar desechos que generan los seres humanos en su vida diaria, a través de vehículos especializados para este propósito, donde intervienen tres personas y el vehículo recolector quienes brindan el servicio en un horario y ruta específica para cada vehículo, EMASEO posee diversos tipos de vehículos de recolección, se va a

describir a continuación cómo funciona y sus principales características del vehículo de carga lateral.

El sistema de recolección de residuos sólidos mediante carga lateral trata acerca de la actividad de levantar el contenedor metálico ubicado en las aceras de los principales sectores del Distrito Metropolitano de Quito, mediante los brazos metálicos que posee en la parte lateral y vaciándola en el compactador del vehículo para posterior dirigirse al sitio de tratamiento de desechos sólidos.

Recolección de residuos con el vehículo recolector de carga lateral.



Figura 1. 1 Recolección de residuos mediante un vehículo recolector de carga lateral y dos operarios.

Fuente: (EMASEO, 2016)

1.2.1 Recolectores de carga lateral

Los vehículos recolectores de carga lateral poseen sistemas neumáticos para la compresión de los residuos domiciliarios y semi-industriales, así como componentes tecnológicos que intervienen en el sistema CAN-BUS (Protocolo de comunicaciones) dentro de la cabina que brindan al operario la facilidad de manipular la consola de mandos de los diferentes sensores que permiten el control de diferentes sistemas del vehículo recolector, así como sistemas de seguridad que se encuentran en los brazos del vehículo de manera segura para evitar accidentes de operación durante la recolección.

Vehículo recolector de carga lateral



Figura 1.2. Características externas y de consola del vehículo recolector de carga lateral

Fuente: (RosRoca, 2016)

Cada recolector de carga lateral posee una ruta específica en donde se encuentran instalados los contenedores de acuerdo a un estudio técnico dependiendo de la cantidad de residuos que genera cada habitante de cada sector que en promedio genera 0.85 Kg por día por lo que un contenedor atiende a 40 familias teniendo en cuenta una familia de Quito está compuesta por 4 miembros estos datos se encuentran en el portal web (EMASEO, 2016), así se encuentran instalados los contenedores en sectores principales del norte, centro y sur del Distrito Metropolitano de Quito, para el proceso de recolección mecanizada el operario verifica visualmente el volumen de carga que posee cada contenedor metálico ubicado en la vereda dependiendo el estado del contenedor el operario indica al conductor del vehículo que inicie el levantamiento del contenedor y posterior vaciado en la parte del compactador del vehículo, este proceso se lo realiza en cada contenedor de cada avenida , una vez acabada la ruta y el llenado completo del compactador del vehículo, el recolector se traslada al sitio de descarga y tratamiento de desechos.

Los sitios de descarga y tratamiento de residuos sólidos se encuentran ubicados en la zona de Zambiza, principal sitio donde se realiza la clasificación y tratamiento de residuos.

La ubicación e instalación de cada contenedor dentro del distrito metropolitano de Quito se la realiza previo estudio técnico tomando en cuenta como factor principal la superficie del terreno ya que deben ser ubicados en las vías principales y en lugares donde se tenga la facilidad de maniobrar el vehículo debido a su gran tamaño, los sectores principales se mencionan en la tabla 1.1 así como del número total de contenedores instalados.

Tabla 1. 1.

Contenedores en sectores de Quito.

SECTOR	RUTAS	No. DE CONTENEDORES
SUR 1	<ul style="list-style-type: none"> • La Magdalena • Michelena • Unión y Justicia • Villaflora • Av. Maldonado • Chimbacalle • Santa Ana 	4520 Contenedores
SUR 2	<ul style="list-style-type: none"> • Quitumbe • Chillogallo • Turubamba • Solanda • Quito Sur • Parque Lineal • Mercado Mayorista • La Gatazo • Camal 	
NORTE 1	<ul style="list-style-type: none"> • Carapungo 	
NORTE 2	<ul style="list-style-type: none"> • San José del Condado • Cotocollao • Quito Norte • San Pedro Claver • San Carlos • Andalucía • Av. Mariscal Sucre 	
NORTE 3	<ul style="list-style-type: none"> • El Ejido • El Condado • Occidental • Av. Eloy Alfaro • González Suarez • 12 de Octubre • Av. Colón • La Floresta 	
CENTRO	<ul style="list-style-type: none"> • Patria 	

Nota: Rutas con el detalle de sectores que cubren y número de contenedores que contienen en general.

Elaborado por: El autor

1.2.2 Sistema de red

La red de comunicación que posee la empresa EMASEO se compone de diversos dispositivos para la interconexión entre los diferentes vehículos así como la central de operaciones CCO (Centro de Control y Operaciones) ubicada en la Av. Occidental, cada vehículo recolector de carga lateral posee una radio de dos vías MOTOTRBO con su respectiva antena $\frac{1}{4}$ de onda VHF instalado en la cabina del conductor para la comunicación half dúplex bidireccional entre el CCO y los diferentes vehículos de recolección de residuos, además de una antena UHF para la conexión entre el repetidor que se encuentra ubicado en el cerro de CRUZ LOMA que posee una frecuencia de operación en la banda de frecuencia de 160-174 MHz que por motivos de confidencialidad la empresa no puede difundir información de banda de frecuencia específica, y finalmente la radio repetidora con su respectiva antena $\frac{1}{4}$ de onda que se encuentra instalada en el CCO tal como se observa en la figura 1.3, además para la recolección de residuos el contenedor utilizado se encuentra debidamente normalizado y con especificaciones técnicas, estas especificaciones se presentan en el Anexo 1.

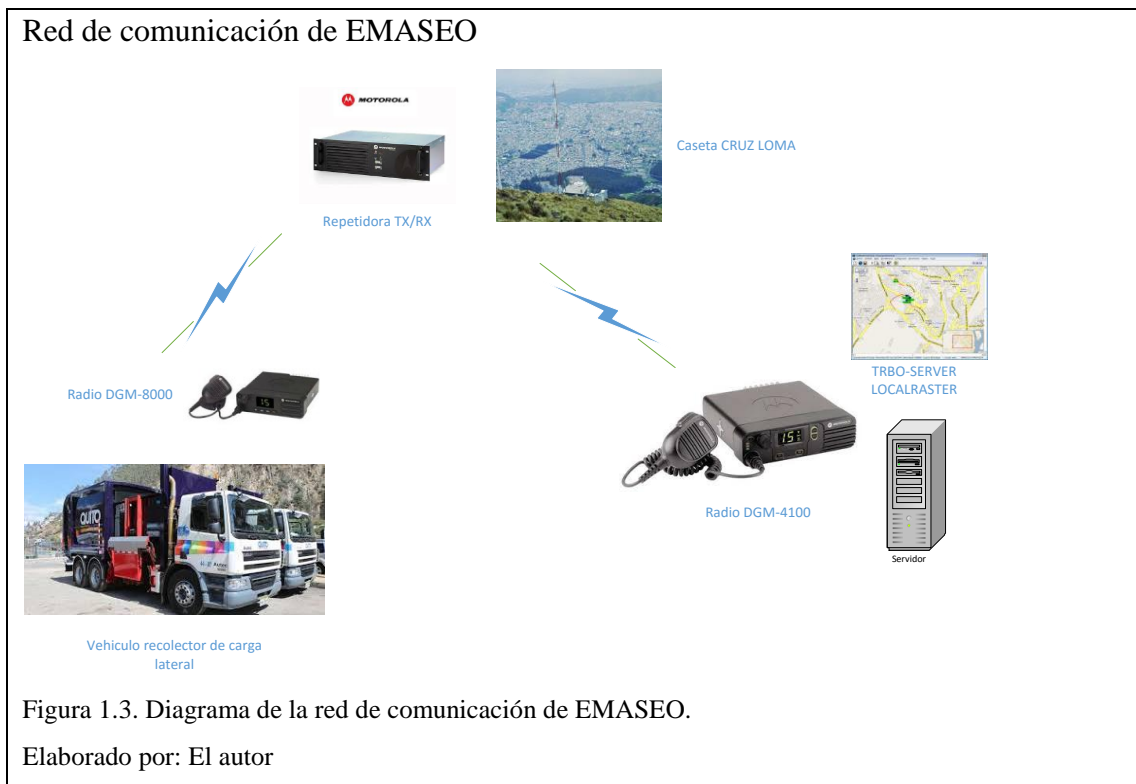


Figura 1.3. Diagrama de la red de comunicación de EMASEO.

Elaborado por: El autor

1.2.2.1 Hardware

Las especificaciones y características de los equipos terminales radios Motorola instaladas en cada vehículo recolector de carga lateral así como el equipo instalado en el CCO se observan en las siguientes tablas:

Tabla 1. 2.

Especificaciones radio de dos vías MOTOTRBO

CARACTERISTICAS RADIO MOTOROLA DGM- 8000/DGM-5000	DETALLE
Banda VHF	136-174 MHz
Banda UHF	403-527 MHz
Canales	32
Potencia máxima VHF / UHF	25 W
Espaciamiento	12,5 / 25 KHz
Grado protección IP	IP54
Peso	1.8 kg
Bluetooth	Datos y Audio
TDMA	SI
Monitoreo remoto	Activación y desactivación de radio
Normas militares	STD 810 C/D/E
GPS	Integrado

Nota: Tabla de especificaciones técnicas de radio MOTOTRBO de dos vías instalado en cada vehículo recolector.

Elaborado por: El autor

Algunas características dentro del proyecto son relevantes como las normas STD militares que deben tener cada una de las radios MOTOROLAS las cuales sirven para medir el rendimiento de cada dispositivo de comunicación ante los diversos cambios drásticos de temperatura. Las siguientes especificaciones y características de la radio repetidora para ser usada por la empresa se observa en la tabla 1.3.

Tabla 1. 3.

Especificaciones repetidor MOTOROLA

CARACTERISTICAS RADIO MOTOROLA DGM4100+	DETALLE
Marca	Motorola
Modelo	DGM-4100
Radio TX	Comercial
Tipo	Móvil Digital
Banda	VHF/UHF
Rango de Frecuencia	
VHF	136-174 MHz
UHF	403-470 MHz
Canales	32
Potencia máxima	25 W
Display	Si
Peso (aproximado)	1.8 kg
Programable	2 botones
TDMA	Si
Serv. Mensaje de texto	Si
Botón de emergencia	Si
Indicadores LED	Si
Digital convencional	Si

Nota: Tabla de especificaciones técnicas de repetidor instalado en el CCO.

Elaborado por: El autor

1.2.2.2 Aplicaciones

TRBO-Server aplicación para Windows pc tipo servidor diseñada para Radios Digitales MOTOTRBO de dos vías, integrando consolas de GPS, mensajería, Telemetría, Base de datos, Correo electrónico a un sistema de comunicación.

La suite de TRBO-Server está compuesta por un grupo de aplicaciones:

- LOCALRASTER.- Consola de ubicación geográfica
- TRBO-SERVER.- Interface servidor proveedor de interconexión con consolas
- TRBO-LITE.- Consola para mensajería de texto (COMUNIDOR, 2016)

Software usado para el monitoreo de vehículos de EMASEO.

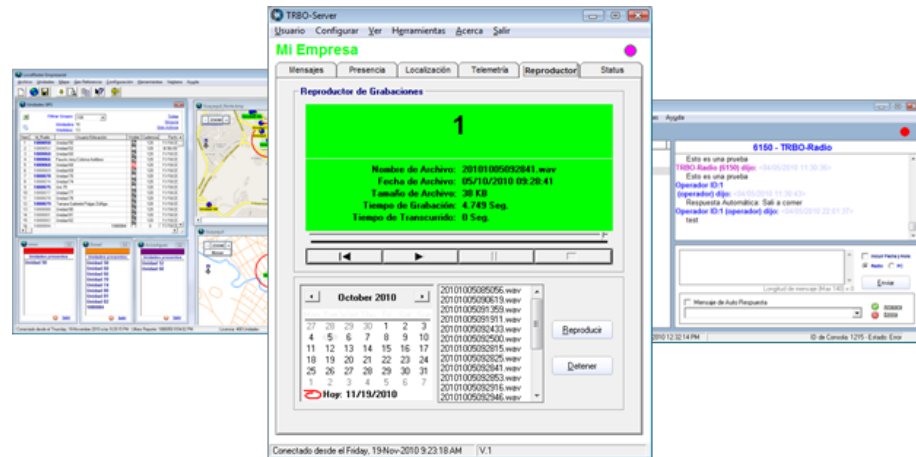


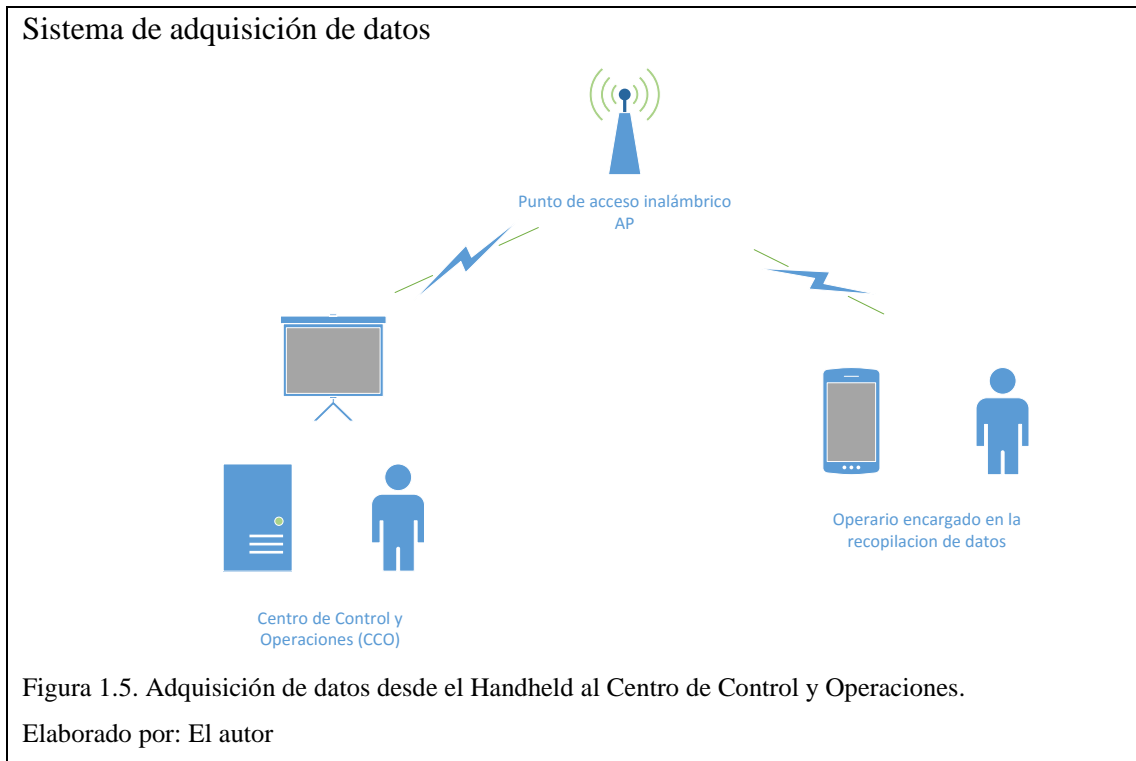
Figura 1.4. Ventana de convergencia de aplicaciones de TRBO-server.

Fuente: (COMUNIDOR, 2016)

1.2.2.3 Adquisición de datos

La información que se obtiene de cada vehículo recolector es de importancia para la empresa, para reportar informes detallados del estado de cada vehículo y diversos factores que intervienen en el desarrollo de recolección de desechos sólidos así como cualquier novedad que se deba reportar, al cabo de cada recolección y al cumplir cada ruta específica. Los datos generados a partir de la recolección son descargados vía Internet al servidor del CCO mediante un equipo electrónico denominado HANDHELD (Computadora de mano) usado por un operario para verificar el estado de cada contenedor así como del proceso de recolección después de cumplida la ruta en los diferentes sectores del norte, centro y sur del Distrito Metropolitano de Quito, los datos recopilados son guardados y analizados un día después.

El HANDHELD posee una aplicación la cual administra y almacena los datos recopilados de cada vehículo recolector de carga lateral, con un protocolo wlan 802.11b/g se conecta al punto de acceso inalámbrico dentro de la red local de las instalaciones, y su respectiva descarga como se observan en la figura 1.5.



1.2.2.4 Personal

El personal a cargo posee funciones específicas dentro de la recolección mecanizada de residuos sólidos, como verificadores del ingreso y salida de los vehículos recolectores se encuentra el CCO persona la cual tiene acceso a la radio principal y el sistema de monitoreo.

Así como se explica en el siguiente diagrama, el área de informática, es aquella que supervisa, administra y gestiona los procesos de comunicaciones y despliegue del personal de toda la flota de vehículos recolectores del centro de control y operaciones, además de proveer los diferentes repuestos que tengan que ver con el área de comunicaciones a la flota de vehículos, un escalón abajo se encuentra el CCO en donde se verifican los ingresos, salidas y monitoreo de vehículos.

En el siguiente esquema se observa la división del área de operaciones como una subgerencia, como principal departamento el área de tecnología donde se gestiona

todo el proceso que tengan que ver con equipos tecnológicos así como los equipos de comunicación y dispositivos de rastreo satelital.

ESQUEMA JERARQUICO AREA DE OPERACIONES.

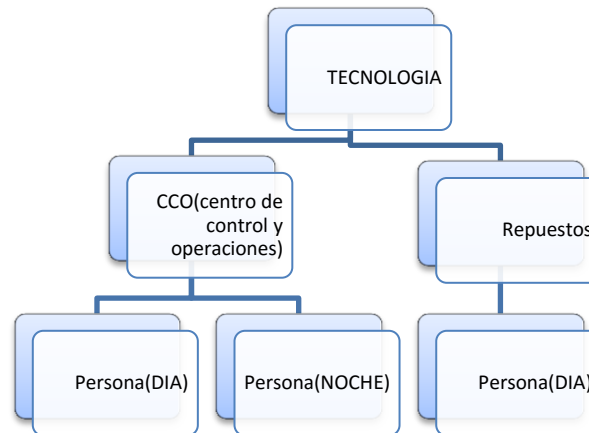


Figura 1.6. Diagrama de esquema jerárquico de área de operaciones

Elaborado por: El autor

1.3 Requerimientos del sistema

1.3.1 Servicio

El servicio de telemetría requiere ser netamente automático usando el sistema de comunicación de radiofrecuencia, y la localización de cada vehículo recolector en tiempo real mediante plataformas de visualización e interfaces que intervengan en la captura, envío y recepción de los datos generados a partir de los sensores instalados en el compactador de los vehículos.

1.3.2 Físico

Los equipos que se encuentran instalados en cada vehículo, radios de dos vías MOTOTRBO los cuales serán detallados en el siguiente capítulo se interconectan mediante el sistema de comunicación de radiofrecuencia provisto por la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES. Además de un servidor central donde se encuentra instalada una plataforma de visualización que monitorea a cada vehículo recolector, los operarios se comunican con la persona de CCO para brindar

información de entrada y salida del vehículo donde iniciará su recorrido de recolección.

1.3.3 Red

El uso del sistema de comunicaciones de radiofrecuencia será el principal medio de comunicación sobre el cual estará instalado el sistema de telemetría por lo tanto no se investigará acerca del servicio de ISP que tiene la empresa.

1.4 Falencias y potencialidades

Las principales falencias que se encuentran en este sistema de recolección son: al momento de la recolección de los desechos sólidos en el punto de ubicación de cada contenedor, un operario adicional dentro de la cabina se encarga de verificar el estado de llenado de cada contenedor y de colocar las fundas o residuos dentro del contenedor. . Lo que ocasiona como principal factor la demora y retraso en la ruta específica de cada vehículo recolector.

Dentro del proceso automático que posee la recolección mecanizada de residuos se tienen como principales ventajas los sensores instalados dentro del vehículo y de los equipos de comunicación como son las radios de dos vías MOTOTRBO y además del equipo electrónico de mano denominado HANDHELD con la aplicación respectiva para el gestionamiento, una vez que se automatice todo el proceso se podrá acceder a los datos obtenidos de cada unidad como son estado de cada contenedor y llenado del mismo dentro del compactador del vehículo recolector todo esto en tiempo real.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de monitoreo mediante telemetría dirigida a los recolectores laterales de EMASEO para la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A.

1.5.2 Objetivos específicos

- Obtener características del funcionamiento de un sistema de telemetría mediante el análisis del proceso, incluir esta tecnología a las actividades de

recolección de residuos para el monitoreo en tiempo real de cada unidad y contenedor.

- Diseñar un sistema de telemetría utilizando radios de dos vías MOTOTRBO mediante el uso de los datos obtenidos de los recolectores laterales y los sensores ubicados en el colector del vehículo para verificar el estado de la unidad.
- Recopilar los datos necesarios de los recolectores laterales mediante el uso de sensores para verificar el estado de llenado del colector así como el vaciado del contenedor.
- Validar el diseño propuesto mediante pruebas y resultados.
- Analizar la factibilidad económica del diseño para determinar si es posible la implementación.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA PROPUESTA

2.1 Sistemas de telemetría

Los sistemas de telemetría se basan en adquirir variables físicas y enviarlas a través de sistemas de comunicación inalámbrico (uso de antenas) o alámbrico (uso de fibra óptica), existen diferentes tipos de sistemas o aplicativos que se dan con la telemetría ya a un nivel industrial como son:

- Hidrología (telemetría de niveles de inundación)
- Petróleo y gas (telemetría de compresores de gas , monitoreo de pozos)
- Agua potable (telemetría de presiones de agua)

Teniendo en cuenta la definición de un sistema de telemetría así como sus diversas aplicaciones a continuación se detallaran los elementos constitutivos que intervienen en este sistema y su función: (Saccani, 2014)

- **Transmisor**

EL transmisor posee un transductor el cual transforma una variable física en una señal eléctrica y un equipo terminal que almacena los datos obtenidos por el transductor para ser enviados mediante una señal codificada. (Saccani, 2014)

- **Medio de comunicación**

Existen diversos tipos de medios de comunicación, se mencionarán algunos de los más utilizados inalámbricos como son: antenas el envío de datos se los realiza mediante ondas electromagnéticas y alámbricos los cuales pueden ser de diferentes tipos como son el par trenzado, cable coaxial y el medio que revolucionó la velocidad en comunicaciones: la fibra óptica. (Saccani, 2014)

- **Receptor**

El receptor es un equipo el cuál será capaz de decodificar la señal enviada desde el transmisor y visualizarla en algún equipo final. (Saccani, 2014)

2.1.1 Sistemas de telemetría MOTOTRBO

Los radios MOTOTRBO incorporan la funcionalidad de telemetría la cual está disponible únicamente en el modo de funcionamiento digital. Tanto los radios portátiles como los radios móviles MOTOTRBO son compatibles con las líneas de entrada/salida GPIO (General Purpose Input/Output) disponibles en el conector de accesorio del radio. Con esta funcionalidad de telemetría, el radio originador puede enviar un comando de telemetría a otro radio con tan sólo presionar un botón programable. Los comandos de telemetría permiten controlar los pines de entrada/salida (GPIO) del radio objetivo (nivel alto, nivel bajo). Los comandos de telemetría también pueden usarse para consultar el estado de los pines de entrada/salida (GPIO) del radio objetivo. (MOTOTRBO, 2009)

2.1.2 Descripción de funciones de telemetría en radios MOTOTRBO

- **Función (Telemetría)**

Las funciones de telemetría pueden activarse mediante simples pulsaciones de botones, mediante líneas GPIO que pasan a estado activo o mediante la recepción de comandos de telemetría desde otros radios. La columna *Función* identifica el botón o VIO (Virtual Input/Output) de telemetría virtual que está asignado a un comando de telemetría particular.

- **Descripción (Telemetría)**

Permite al usuario ingresar una breve descripción de 16 caracteres para recordar el propósito de dicha función de telemetría en particular.

- **Acción (Telemetría)**

Las funciones de telemetría pueden “enviar” comandos a otros radios o realizar funciones “como” receptor de comandos desde otros radios, mediante el uso de transductores o componentes que conviertan la variable física en una señal eléctrica, en este caso se usa un transductor de tipo digital ya que los puertos GPIO admiten únicamente estados digitales ‘1’ o ‘0’.

Tabla 2. 1

Opciones de telemetría en radios MOTOTRBO

<i>Enviar estado</i>	Este es un comando de Salida el cuál envía un comando de línea VIO de la radio TX conectadas con una radio receptora. El radio receptor recibirá el estado de las líneas VIO activadas y pasará la información binaria al dispositivo conectado. El estado solo se enviará cuando la línea VIO cambia de inactiva a activa.
<i>Enviar comando pulso</i>	Este es un comando de Salida que envía una instrucción de Pulso a otro radio. Queda en manos del radio receptor el capturar este mensaje y generar el pulso real.
<i>En comando pulso</i>	Este es un comando de Entrada, que al recibir una instrucción de Pulso desde otro radio, creará un pulso del ancho especificado en la columna Tiempo de pulso de la Telemetría VIO especificada (solo aplicable a Telemetría VIO).
<i>En comando Alternar voltaje</i>	Este es un comando de Entrada que, al recibir una instrucción de Alternar voltaje, alternará el control de voltaje del pin (solo aplicable a Telemetría VOI).
<i>Enviar comando Voltaje alto</i>	Este es un comando de Salida. El radio envía una instrucción de Voltaje alto a otro radio. Queda en manos del radio receptor capturarla y establecer el voltaje de la línea en alto.
<i>Enviar comando Voltaje bajo</i>	Este es un comando de Salida. El radio envía una instrucción de Voltaje bajo a otro radio. Queda en manos del radio receptor capturarla y establecer el voltaje de la línea en bajo.
<i>En comando Voltaje alto/bajo</i>	Este es un comando de Entrada que captura una instrucción de Voltaje alto o Voltaje bajo desde otro radio y define la línea en el estado activo (solo aplicable a Telemetría VOI).

Nota: Descripción de parámetros de configuración de telemetría en radios MOTOTRBO

Elaborado por: El autor

2.2 Diseño de sistema de telemetría

El diseño de la red de telemetría consta de varias componentes para su aplicación posterior, se usarán radios de dos vías como equipos terminales así como de sensores ultrasónicos para la adquisición de datos, los sensores ultrasónicos se conectarán mediante un medio alámbrico hacia una placa Arduino, esta placa enviará la señal transformada por el transductor que se encuentra dentro del sensor hacia el equipo de comunicación instalado en cada vehículo como dispositivo de transmisión de datos, y como dispositivo de recepción se instala en el equipo de comunicación repetidora la placa Arduino para el procesamiento de datos y posterior visualización en el servidor mediante un medio alámbrico.



2.2.1 Componente 1 Adquisición de datos

Para la primera fase es necesario identificar que variables físicas se van a estudiar así como los diferentes tipos de componentes que interactúen entre el sistema de comunicaciones y el proceso de adquisición de datos con equipos terminales como son sensores ultrasónicos, que se encuentran ubicados dentro del compactador de cada vehículo recolector de carga lateral, los sensores se componen de un transductor que captará la señal física y la transformará en una señal eléctrica:

Sensor Ultrasónico



Figura 2. 2 Sensor ultrasónico con transductor incorporado.

Fuente: (pepperl-fuchs, 2016)

Una vez obtenida la señal del sensor se procesa dentro de la placa Arduino para enviarlo a través del sistema de radiofrecuencia el cual consta de los radios de marca MOTOROLA mediante señal codificada.

2.2.2 Componente 2 (Distribución de datos)

Los datos obtenidos se distribuirán a través del espectro radioeléctrico en la banda de del sistema de comunicación y de los equipos instalados en cada vehículo recolector de carga lateral como son los radios de dos vías MOTOTRBO, previamente los radios deben ser configurados y programados para admitir el sistema de telemetría mediante el software de programación CPS para el cliente MOTOTRBO ahí configurar los pines de entrada de la señal eléctrica y así enviar a través del sistema de comunicación al receptor.

2.2.3 Componente 3 (Procesamiento y almacenamiento de datos)

Fase en la cual se procesan los datos obtenidos se almacenan en una base de datos de un servidor, el servidor requiere ciertos parámetros mínimos a nivel de hardware para su buen funcionamiento como son los siguientes:

- Memoria RAM de 1 GB
- Procesador Dual Core
- Disco duro de 500 MB

En esta parte los datos almacenados se seleccionarán únicamente los que se refieran al sistema de telemetría dividiendo o segmentando la voz de los datos, este proceso conlleva a un sistema de base de datos selectiva es decir únicamente los datos o señales de telemetría serán almacenados en este servidor.

El procesamiento de datos cuenta con una placa Arduino la cual interactúa como interfaz entre el sistema de comunicación y el sistema de visualización de datos, este proceso se lo realiza adquiriendo las variables físicas y procesándolas.

Placa Arduino uno



Figura 2. 3 Placa Arduino uno para adquisición y procesamiento de datos

Fuente: (Arduino, 2016)

Los datos llegan al radio repetidor DGM4100 y se almacenan dentro del servidor por medio de la placa Arduino para posteriormente visualizarlos en aplicaciones.

2.2.4 Componente 4 (Presentación de datos)

La presentación y visualización de los datos obtenidos se presentan en un entorno de desarrollo virtual en el cuál se pueden realizar diversas aplicaciones como: Labview.

La aplicación tiene como propósito visualizar los datos procesados desde la placa Arduino hacia el entorno visual Labview en donde se observarán con detalles el estado de cada contenedor.

Entorno virtual Labview



Figura 2. 4 Software de desarrollo de sistemas Labview

Elaborado por: El autor

2.3 Selección de dispositivos

Para la selección de dispositivos o transductores se han analizado varias opciones, estas se han clasificado según sus características internas, características externas y robustez, considerando que estos transductores trabajarán en ambientes con temperaturas muy elevadas y las vibraciones que se generan debido al traqueteo en el sistema de recolección entre otros factores.

2.3.1 Dispositivos para el Componente 1 – Adquisición de Datos

Este componente se define principalmente por el uso de sensores especializados. Las características que poseen los diversos sensores se observan en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2

Datos y características de sensores ultrasónicos

DATOS TECNICOS DE SENSORES ULTRASONICOS					
Sensor	Rango de detección	Rango de ajuste	Zona ciega	Frecuencia del transductor	Retardo de respuesta
UC500-30GM70-IE2R2-V15	[45-500]mm	[50-500]mm	[0-45]mm	Aprox 300 KHz	≤ 60 ms
UC3500-30GM70S-IE2R2-V15 con transductor giratorio	[200-3500]mm	[300-3500]mm	[0-200]mm	Aprox 120 KHz	≤ 150 ms
UC2000-30GM70-IE2R2-V15	[100-2000]mm	[150-2000]mm	[0-100]mm	Aprox 200 KHz	≤ 100 ms
UC500-30GM70-IE2R2-K-V15 con transductor independiente	[45-500]mm	[50-500]mm	[0-45]mm	Aprox 300 KHz	≤ 60 ms
UC2000-30GM70-IE2R2-K-V15 con transductor independiente	[100-2000]mm	[150-2000]mm	[0-100]mm	Aprox 200 KHz	≤ 100 ms

Nota: Características de funcionalidad de sensores ultrasónicos

Elaborado por: El autor

Los sensores que se especifican en la tabla 2.2 son sensores usados en el sistema de carga de residuos a nivel mundial debido a su exposición en el sistema de recolección de residuos sólidos, sin embargo de estos dispositivos se eligen dependiendo el costo y su nivel de respuesta ante los diversos factores del medio ambiente, como prioridad en la selección de dispositivos se observa el nivel de respuesta que poseen cada uno

de estos sensores ya que es un factor fundamental al momento del diseño. Entre los seleccionados se tienen dos sensores que poseen características idénticas y su nivel de respuesta es bajo, la diferencia de estos dos sensores radica en su estructura física ya que el sensor (UC500-30GM70-IE2R2-V15) posee el transductor interno por lo que se tendría una mayor maniobrabilidad al momento de la instalación y el sensor (UC500-30GM70-IE2R2-K-V15) que posee el transductor independiente por lo tanto se genera una protección extra al transductor y por lo que se origina un costo adicional por lo que el sensor ideal para ser usado dentro del sistema es el UC500-30GM70-IE2R2-V15.

2.3.2 Dispositivo para el componente 3 – Procesamiento de datos

Este componente primordial es una placa Arduino que va a ser usada para la interacción entre el sistema de comunicación y el de visualización que necesita el sistema de telemetría para el procesamiento de la señal eléctrica y por lo que se seleccionará dependiendo de las características de cada placa, y se requiere una placa que cumpla con los requerimientos del sistema los cuales se observarán en la tabla 2.3.

Tabla 2. 3

Características de placas Arduino

MODELO	Arduino UNO	Arduino MEGA	Arduino DUE
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	AT91SAM3X8E
Voltaje operación	5 V	5 V	5 V
Voltaje IN	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V
Voltaje IN (Límites)	6 – 20 V	6 – 20 V	6 – 20 V
Pines (Digital I/O)	14	54	54
Pines (Digital I/O PWM output)	6	15	12
Pines IN análogos	6	16	12
Corriente DC en todas líneas I/O	40 mA	40 mA	130 mA
Corriente DC para pines 3.5 V	50 mA	50 mA	800 mA
Flash Memory	32 Kb (0.5 Kb usado para bootloader)	256 Kb (8 Kb usado para bootloader)	512 Kb disponibles
Tipo de USB	Estándar	Estándar	Mini
EEPROM	1 Kb	4 Kb	-

Nota: Características de modelos estándar de placas Arduino

Fuente: (openhardware, 2013)

Como dispositivo de procesamiento de la señal eléctrica se selecciona la placa Arduino UNO, para simulación: como una placa ideal debido al número de entradas digitales y analógicas ya que solo se requiere de tres entradas analógicas y una digital y además soporta variaciones de voltaje idénticas a las otras placas como se observa en la tabla 2.3, por lo que es robusta al momento de procesar señales eléctricas.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE PROTOTIPO Y SIMULACIÓN

3.1 Software de programación de radios MOTOTRBO

MOTOTRBO (CPS) es un software de programación de radio para proveedores y técnicos de servicio que necesitan configurar los radios MOTOTRBO. EL CPS permite que el usuario tenga acceso (lea, escriba o clone) el codeplug del suscriptor y del repetidor de MOTOTRBO en los sistemas disponibles:

- Sistema convencional MOTOTRBO (admite el modo convencional analógico y digital)
- Sistema de sitio único Capacity Plus MOTOTRBO (admite troncalización digital)
- Sistema de troncalización 3600 (admite el modo convencional analógico y el modo de troncalización)
- Sistema IP Site Connect

Además el CPS también permite al usuario actualizar o recuperar el codeplug y firmware del radio.

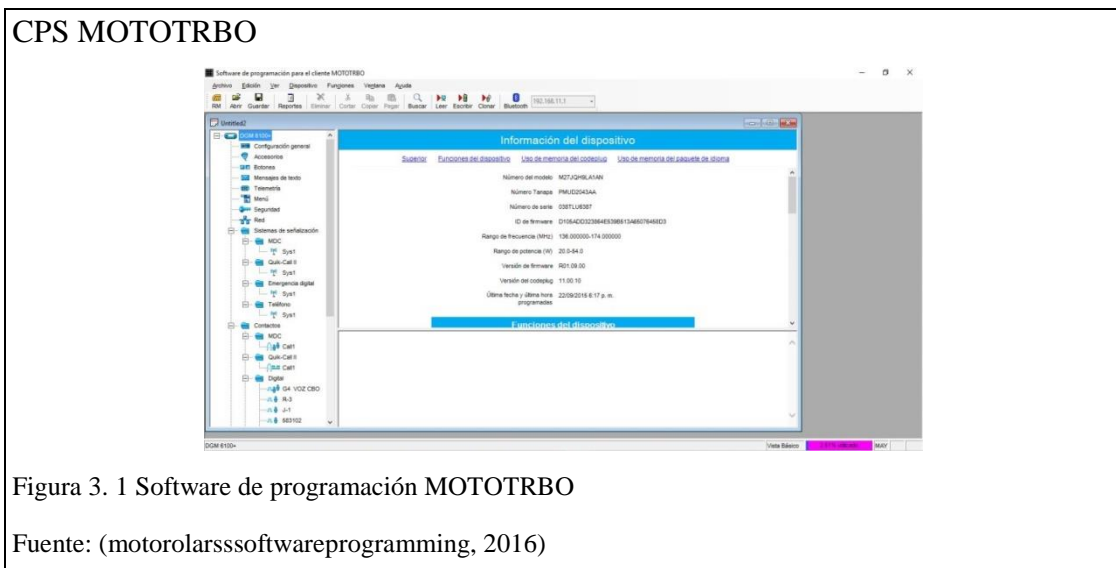


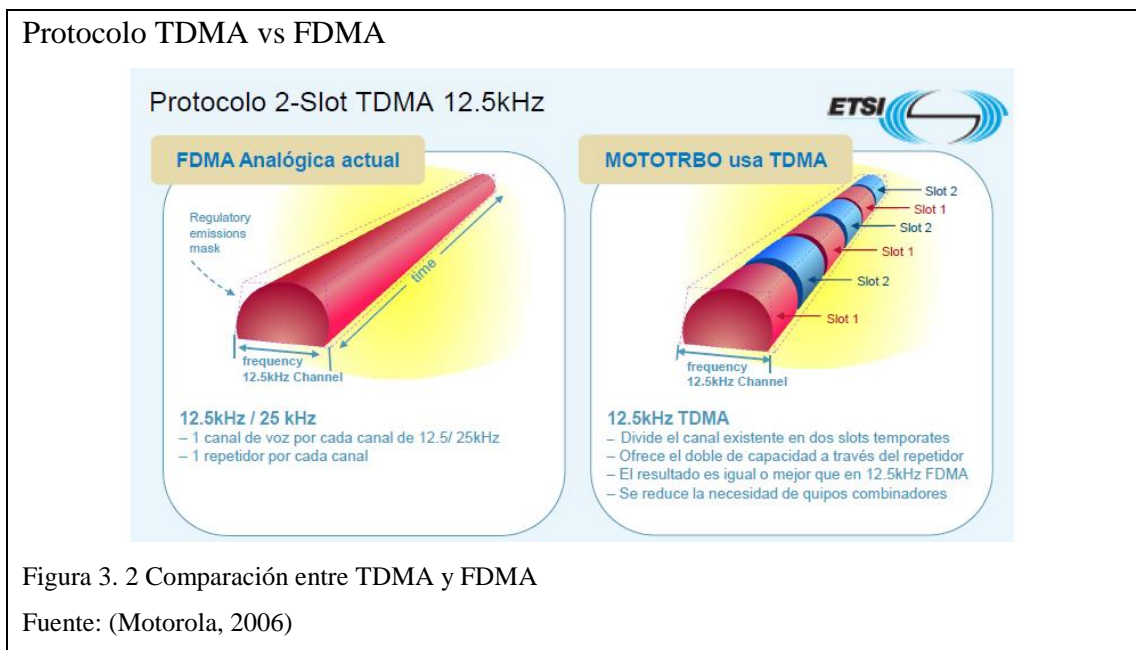
Figura 3. 1 Software de programación MOTOTRBO

Fuente: (motorolarsssoftwareprogramming, 2016)

3.2 Protocolo MOTOTRBO

MOTOTRBO es un protocolo de comunicación de radios digitales usados en empresas a nivel industrial, además de ser un protocolo netamente digital TDMA que permite 2 conversaciones usando un canal de 12,5 KHz reemplazando los sistemas analógicos convencionales; Usa el protocolo DMR (Digital Mobile Radio) debido a que asegura la interoperabilidad entre fabricantes, al tener un canal de 12,5 KHz se divide el canal en dos subcanales de 6,25 KHz para voz y 6,25 KHz para datos, siendo este último el subcanal por donde circula el tráfico de datos obtenido del sensor ultrasónico.

En la figura 3.2 se observa las ventajas que tiene el sistema MOTOTRBO usando TDMA ya que divide al canal en slots de tiempo asignado a cada empresa que brinda comunicación.



3.3 Programación de radios MOTOTRBO

La programación de los radios MOTOTRBO se la realiza con el software CPS y un cable con salida USB PMKN4010A y entrada DB26 que interconecta a la radio y al software, las radios usadas se programan a una frecuencia propia de la empresa

asignada por la ARCOTEL. El sistema de telemetría se lo configura sobre el sistema de voz para hacer uso de un solo canal. Una vez dentro de la radio repetidora se observa la información del dispositivo así como diferentes características que poseen tal como se muestran en la figura 3.3.

Información del dispositivo repetidor DGM6100+

Información del dispositivo

[Superior](#)
[Funciones del dispositivo](#)
[Uso de memoria del codeplug](#)
[Uso de memoria del paquete de idioma](#)

Número del modelo	M27JQH9LA1AN
Número Tanapa	PMUD2043AA
Número de serie	038TLU6387
ID de firmware	D105ADD323864E539B513A65076458D3
Rango de frecuencia (MHz)	136.000000-174.000000
Rango de potencia (W)	20.0-54.0
Versión de firmware	R01.09.00
Versión del codeplug	11.00.10
Última fecha y última hora programadas	22/09/2015 6:17 p. m.

Figura 3. 3 Dispositivo repetidor DGM6100+

Elaborado por: El autor

La radio repetidora DGM6100+ tiene la característica de transmitir la voz del CCO hacia todas las radios instaladas en los vehículos recolectores de carga lateral programadas a la frecuencia asignada, el otro dispositivo una radio DGM4100+ que se programa como radio móvil que será el encargado de transmitir los datos de cada vehiculo recolector de carga lateral y así obtener un prototipo del sistema de telemetría, a continuación la información del dispositivo móvil se visualiza en la figura 3.3.

Información de dispositivo móvil DGM4100+

Información del dispositivo

[Superior](#) [Funciones del dispositivo](#)

Número del modelo	M27JQC9LA1AN
Número Tanapa	PMUD2043BA
Número de serie	563TMC1516
ID de firmware	D105ADD323864E539B513A65076458D3
Rango de frecuencia (MHz)	136.000000-174.000000
Rango de potencia (W)	20.0-54.0
Versión de firmware	R01.09.00
Versión del codeplug	11.00.10
Última fecha y última hora programadas	19/09/2016 1:47 p. m.

Figura 3. 4 Dispositivo móvil DGM4100+

Elaborado por: El autor

Dentro de cada dispositivo se verifica la compatibilidad con la opción telemetría así como la cantidad de puertos disponibles dentro del software CPS tal como se observa en la figura 3.5 y figura 3.6.

Compatibilidad de telemetría en radio repetidor DGM6100+

- Configuración general
- Accesorios
- Botones
- Mensajes de texto
- Telemetría
- Menú
- Seguridad
- Red
- Sistemas de señalización
- MDC
- Sys1
- Quick-Call II

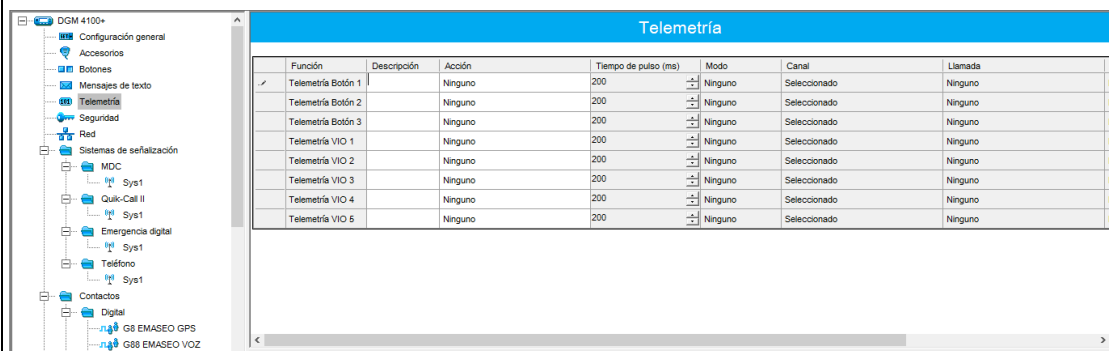
Telemetría

Función	Descripción	Acción	Tiempo de pulso (ms)	Modo	Canal	L
Telemetría Botón 1		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría Botón 2		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría Botón 3		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría VIO 1		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría VIO 2		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría VIO 3		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría VIO 4		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni
Telemetría VIO 5		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ni

Figura 3. 5 Dispositivo repetidor DGM6100+

Elaborado por: El autor

Compatibilidad de telemetría en radio repetidor DGM4100+



The screenshot shows the configuration interface for a DGM 4100+ radio repeater. On the left is a tree view with categories like 'Configuración general', 'Accesorios', 'Botones', 'Mensajes de texto', 'Telemetría', 'Seguridad', 'Red', 'Sistemas de señalización', 'MDC', 'Quik-Call II', 'Emergencia digital', 'Teléfono', and 'Contactos'. The 'Telemetría' category is selected. The main window displays a table titled 'Telemetría' with the following data:

Función	Descripción	Acción	Tiempo de pulso (ms)	Modo	Canal	Llamada
Telemetría Botón 1		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría Botón 2		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría Botón 3		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría VIO 1		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría VIO 2		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría VIO 3		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría VIO 4		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno
Telemetría VIO 5		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno

Figura 3. 6 Dispositivo móvil DGM4100+

Elaborado por: El autor

Verificando la compatibilidad de telemetría de ambos dispositivos se realiza la configuración y asignación de pines para el sistema de envío y recepción de señal mediante telemetría.

3.3.1 Configuración de opción telemetría radio repetidor DGM6100+

La opción telemetría en el software CPS permite enviar y recibir comandos o estados lógicos a través del sistema de radiofrecuencia, la configuración inicia en asignar un pin real GPIO conectado al componente de adquisición de datos, el pin número 20 de la radio será asignado a la línea de Telemetría VIO 3, esta línea se encuentra en un nivel alto y a la espera de la confirmación de cambio de nivel así como se observa en la figura 3.7.

El objetivo VIO de Telemetría define la entrada o salida virtual (VIO, Virtual Input Output) del radio de destino para cada comando. En el radio destino, la VIO se empareja con un pin GPIO real. El objetivo de esta capa virtual es el de aislar cualquier dependencia entre el radio emisor y el de destino.

Pines reales GPIO radio repetidor DGM6100+

	Función	Nivel activo	Estabilizado
Pin N° 17	PTT micrófono externo	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin N° 19	Monitor	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin N° 20	Telemetría VIO 3	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin N° 21	No asignado	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin N° 22	No asignado	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin N° 24	No asignado	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin N° 26	Alarma externa/sirena y luces	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3. 7 Dispositivo móvil DGM6100+

Elaborado por: El autor

Las diferentes funciones se explican a continuación:

- **Función Telemetría VIO X:** Esta línea puede ser de entrada o de salida, según la configuración del radio. Al definir la capacidad de entrada o de salida en esta línea, el usuario puede controlar y supervisar su propio pin o el pin de otro radio, lo que a su vez, permite controlar y supervisar cualquier hardware externo que esté conectado al radio.
- **Nivel activo:** Esta es una opción programable que define los valores lógicos del pin Alto o Bajo para activar la funcionalidad seleccionada.
- **Estabilizado:** Si esta función esta activada, el pin debe permanecer activo durante el tiempo definido en la función de duración del estabilizado de accesorios antes de que se active la función seleccionada.

Una vez asignado el pin real GPIO al componente de adquisición de datos se configura la recepción del dato digital en la opción telemetría del software la acción que tomara el VIO 3 será el de sensar o recibir el dato desde el radio móvil es por esa razón que se la configura como en comando voltaje alto/bajo es decir a la espera de un cambio del pin real así como se observa en la figura 3.8:

Configuración de recepción de dato digital

Telemetría						
	Función	Descripción	Acción	Tiempo de pulso (ms)	Modo	Canal
▶	Telemetría Botón 1		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría Botón 2		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría Botón 3		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría VIO 1		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría VIO 2		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría VIO 3	Sensado	En comando Voltaje alto/bajo	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría VIO 4		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado
	Telemetría VIO 5		Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado

Figura 3. 8 Dispositivo móvil DGM6100+

Elaborado por: El autor

Completa la asignación de pines reales así como la descripción y la acción que tomará este pin del radio repetidor se escriben sus configuraciones y se procede a la asignación de pines del siguiente dispositivo.

3.3.2 Configuración de opción telemetría radio móvil DGM4100+

La asignación de pines reales a la radio móvil se la realiza con dos pines ya que al enviar alguna variación de voltaje el sistema lo reconoce y traduce el nivel activo asignado en la radio repetidora, para objetos de prueba se asignaron dos pines reales:

Pines reales GPIO radio móvil DGM4100+

	Función	Nivel activo	Estabilizado
Pin Nº 17	PTT micrófono externo	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin Nº 19	Detectar PL/grupo de conversación	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin Nº 20	Telemetría VIO 1	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin Nº 21	Telemetría VIO 2	Alto	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin Nº 22	No asignado	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>
Pin Nº 24	No asignado	Bajo	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3. 9 Dispositivo móvil DGM4100+

Elaborado por: El autor

El siguiente paso es asignar los pines VIO 1 y 2 al sensor ubicado en el compactador del recolector que para objeto de prueba se usa un sensor ultrasónico HS-SR04 el cual posee las siguientes características tal como se observa en la tabla 3.1:

Tabla 3. 1

Características del sensor HS-SR04

CARACTERISTICAS	VALORES
Voltaje de trabajo	5 V
Corriente de trabajo	15 mA
Frecuencia de trabajo	40 HZ
Distancia máxima	4 m
Distancia mínima	2 cm
Angulo de apertura	15 grados
Precisión	3 mm

Nota: Características principales del sensor ultrasónico

Elaborado por: El autor

La selección de este tipo de sensor para motivo de pruebas se lo realiza debido a que es un dispositivo similar al sensor seleccionado en el capítulo anterior.

Sensor ultrasónico HC-SR04 Arduino

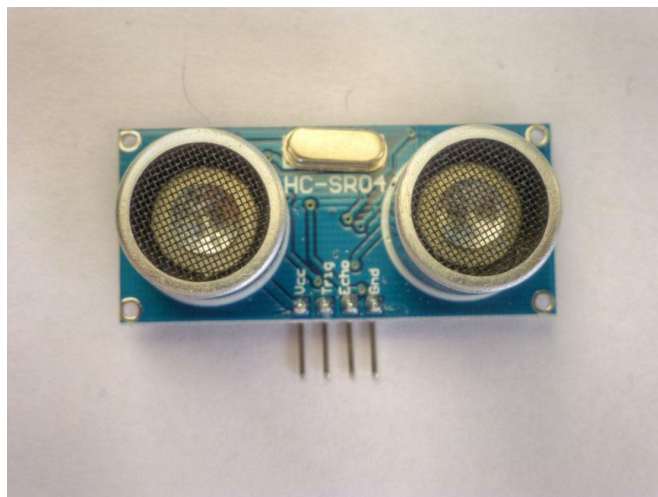
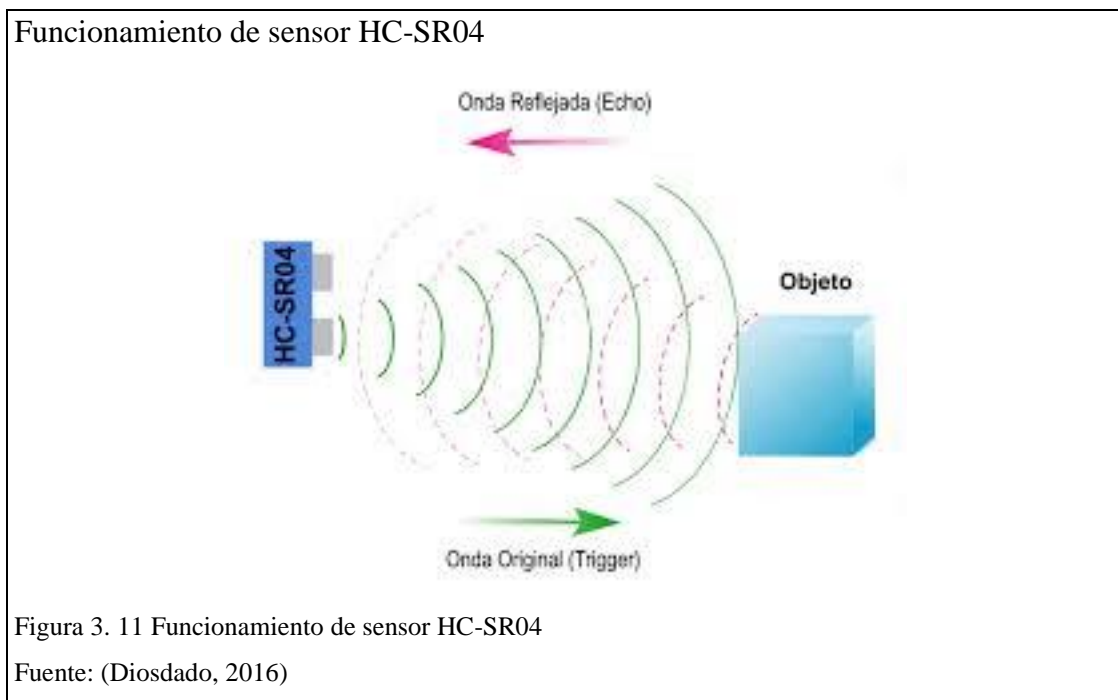


Figura 3. 10 Sensor ultrasónico

Fuente: (Romero, 2014)

3.3.2.1 Funcionamiento de sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico HC-SR04 que por motivo de pruebas reemplaza al sensor seleccionado para adquisición de datos posee las mismas características del sensor UC500-30GM70-IE2R2-V15, la diferencia radica en su arquitectura ya que el sensor HC-SR04 posee dos transductores internos y 4 pines, dos pines de alimentación VCC y GND, un pin de TRIGGER el encargado de enviar un pulso de disparo, y otro pin de ECO que recibe el pulso y es directamente proporcional al tiempo que se envía el pulso de disparo así como se observa en la figura 3.11.



Para el funcionamiento adecuado del sensor se requiere de un cálculo para medir la distancia de los objetos a ser medidos hacia una distancia determinada dentro de este sistema con la ecuación 3.1 y conociendo ciertos factores como son los siguientes:

$$\text{espacio} = \text{velocidad} \times \text{tiempo} \quad \text{Ecuación 3. 1}$$

Como la onda recorre el camino dos veces (ida y vuelta) por lo tanto se lo divide entre dos de la ecuación 3.1 se obtiene la nueva ecuación 3.2:

$$\text{espacio} = 0.0175 \times \text{tiempo}$$

Ecuación 3. 2

La ecuación de cálculo de distancia 3.2 proporciona el dato exacto para la programación dentro de la placa Arduino para el procesamiento de la señal.

El sensor ultrasónico es el encargado de enviar continuamente la señal de estado del compactador mediante una placa Arduino uno al sistema de radiocomunicación es decir en estado lleno o estado vacío de dos niveles ya que se trabajará con un sistema digital:

Configuración envío de datos digitales

Telemetría							
Acción	Tiempo de pulso (ms)	Modo	Canal	Llamada	VIO Destino	Mensaje de texto	
Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Enviar comando Voltaje alto	200	Digital	Seleccionado	G2 DRT VOZ	Telemetría VIO 3	Ninguno	
Enviar comando Voltaje bajo	200	Digital	Seleccionado	G2 DRT VOZ	Telemetría VIO 3	Ninguno	
Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	
Ninguno	200	Ninguno	Seleccionado	Ninguno	Ninguno	Ninguno	

Elaborado por: El autor

Figura 3. 12 Envío digital de dos niveles de voltaje a través del sistema de radiofrecuencia

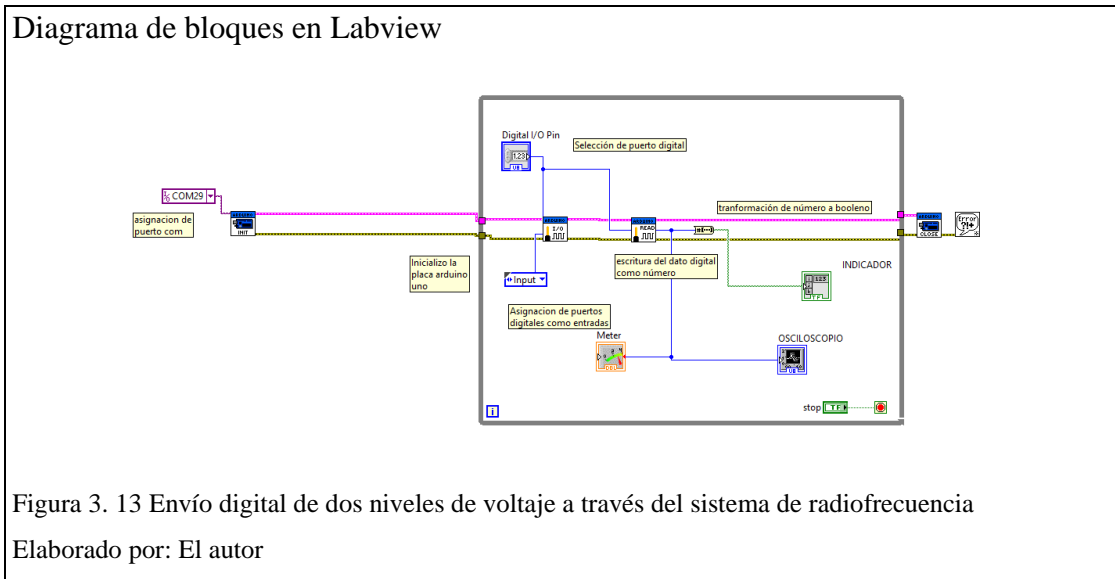
En la figura 3.12 se visualiza la configuración de estado digital del envío de dos comandos estos comandos se los enviará a través del sistema de voz en este caso usando el canal 2 DRT VOZ y enviando al pin asignado y programado en el puerto de accesorios de Telemetría VIO 3 ubicado en la radio repetidora DGM6100+, los dos estados para objeto de pruebas se envían a través del pin GPIO 20 y 21.

3.4 Procesamiento de datos mediante placa Arduino

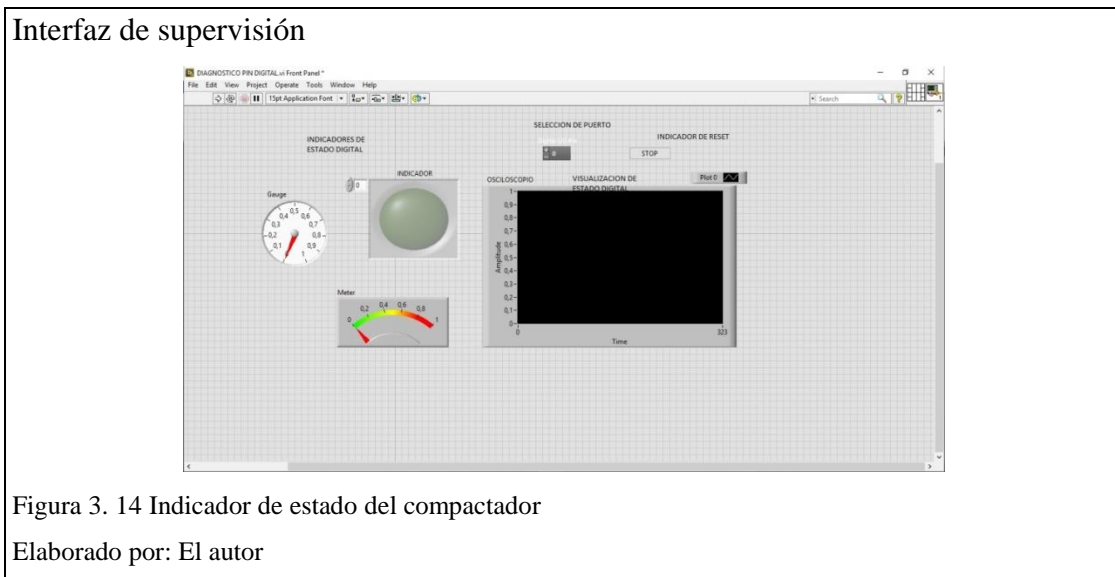
El procesamiento de la señal eléctrica se lo realiza mediante la placa Arduino UNO programada previamente para capturar la señal eléctrica y enviarla como dato digital mediante el puerto número 1 de la placa, y así visualizarlo en la pantalla mediante el software Labview.

3.5 Presentación de datos y visualización

Para la visualización del estado del compactador se utilizó el software Labview mediante un diagrama de bloques para la obtención del dato digital que captura la placa Arduino así como se observa en la figura 3.13.



La visualización del dato obtenido se presenta en la figura 3.14 con una interfaz que permite al usuario el control y supervisión de cada unidad asignada a cada puerto de la placa Arduino, el estado se lo visualiza de dos formas: lleno o vacío:



Al llegar un cambio de estado la placa Arduino traduce este nivel digital seleccionando el número de puerto ubicado a cada unidad en este caso se usan únicamente los puertos digitales de la placa Arduino y se lo visualiza en la interfaz realizada en Labview en un servidor HP para propósito de pruebas, el número de unidades depende de los requerimientos y unidades adquiridas recientemente por la empresa.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

La verificación y correcto funcionamiento del prototipo se realiza mediante la construcción de una placa de baquelita para la ubicación del sensor ultrasónico denominado sistema de transmisión, además de una placa para el sistema de recepción con optoacoplador, y la visualización en un equipo servidor HP.

4.1 FASE 1 Verificación de dispositivo transmisor

La placa se realiza en una baquelita perforada para objetos de pruebas y el montaje de los siguientes elementos:

- Sensor ultrasónico HC-SR04
- Leds indicadores (Rojo, Verde, Amarillo)
- Resistencias (330 ohmios)
- Buzer

El circuito y el montaje del mismo se observa en la figura 4.1, el circuito envía el dato del estado del sensor, se usan tres indicadores para verificar el estado con distancias reales del sensor equivalente a:

- Lleno = 2 cm
- Medio = 100 cm equivalente a 1 metro
- Vacío = 350 cm equivalente a 3 metros 50 cm

En el estado lleno se asigna una distancia de 2 cm debido al rango de tolerancia que posee el sensor ultrasónico, a esta distancia el transmisor envía la alerta hacia la radio y a través del sistema de radiofrecuencia al radio repetidor DGM 6100+, a cada estado se asigna un led indicador y el respectivo sonido a una frecuencia diferente para la emisión de advertencia emitido por el buzer al operario de cada unidad.

Circuito transmisor

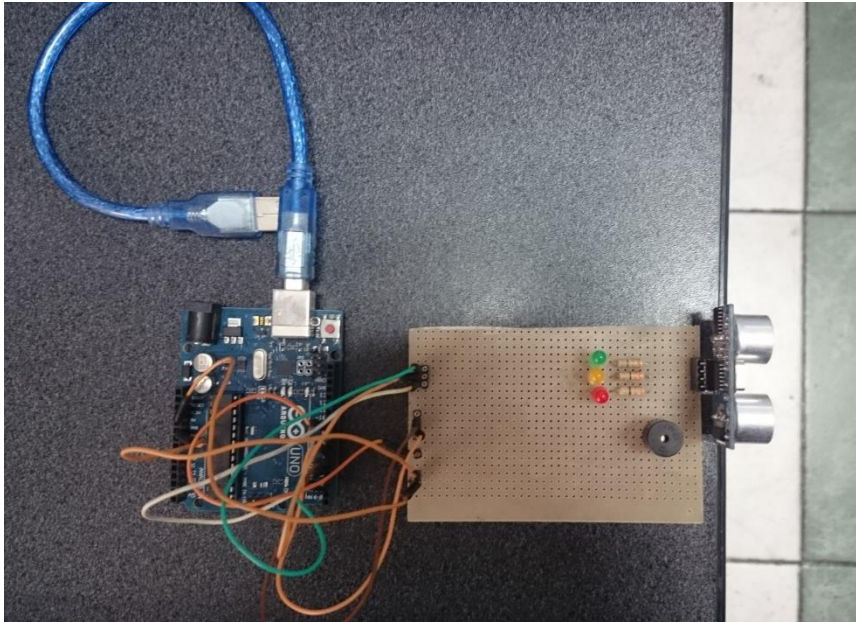


Figura 4. 1 Placa con circuito transmisor

Elaborado por: El autor

Este circuito transmisor será el encargado de recibir el estado del compactador dentro del sistema de recolección de residuos sólidos, los dos transductores del sensor ultrasónico capta la señal y lo envía a la placa Arduino para ser procesado y dependiendo del estado en que se encuentre la placa envía a través de su puerto digital el nivel del compactador a la radio de comunicación mediante el conector de 26 pines de los cuales se usan tres pines principales:

- 1 pin GND
- 1 pin VIO 1
- 1 pin VIO 2

Mientras que el segundo conector tiene las siguientes características:

- 1 pin GND
- 1 pin VIO 3

Conectores transmisor y receptor



Figura 4. 2 Conectores de transmisión y recepción de cada radio MOTOTRBO

Elaborado por: El autor

Los pines asignados a la VIO X del transmisor tendrán la función de detectar el estado de llenado del compactador y el pin VIO 3 del receptor es el encargado de recibir la señal.

Realizados los conectores se realiza el montaje de los mismos dentro del sistema de comunicación para dar paso a la siguiente fase.

4.2 FASE 2 Configuración de equipo de comunicación

La flota de vehículos recolectores de carga lateral posee en cada unidad un dispositivo de comunicación Motorola MOTOTRBO del modelo DGM4100+, la función primordial de este dispositivo dentro del sistema de telemetría es enviar continuamente los datos del sensor ultrasónico y para esto la necesidad de configurar un canal de 6,25 KHz únicamente para datos, la selección de canal dos en ambos dispositivos así como se observan en las siguientes figuras:

Canal 2 en radio DGM6100+



Figura 4. 3 Configuración de canal 2 en la radio DGM6100+

Elaborado por: El autor

La radio DGM 6100+ es la encargada de recibir el dato telemetría antes configurado, se hace uso de este modelo para verificar el estado de la comunicación ya que posee una pantalla de selección de canal así como de diferentes funciones que necesita el operario en su lugar de trabajo, a diferencia de las radios instaladas en las unidades recolectoras que únicamente se visualiza el número de canal y ciertas funciones básicas que emplean los operarios de estas unidades.

En la figura 4.4 se observa la asignación de canal 2 en la radio DGM 4100+ la radio que se encuentra instalada en cada vehículo recolector de carga lateral.

Canal 2 en radio DGM4100+



Figura 4. 4 Configuración de canal 2 en la radio DGM4100+

Elaborado por: El autor

Una vez asignados los canales a los dos dispositivos de comunicación e identificando la diferencia que poseen estos dos dispositivos dentro del sistema de comunicación, se realiza la fabricación y montaje de un circuito acoplador como se detalla en la siguiente fase.

4.3 FASE 3 Verificación de dispositivo receptor

El dispositivo receptor se compone de un circuito con un optoacoplador, así su función es la de aislar el sistema de radiofrecuencia con el sistema de potencia de recepción, el circuito optoacoplador consta de los siguientes materiales:

- Optoacoplador DIP P521
- Resistencias (510, 2200, 10000 ohmios)
- Transistor TBJ NPN 23904

El circuito se lo realiza en una placa perforada para objeto de pruebas debido a su factible modo de empleo sin dejar de lado la robustez que poseen estas placas, además haciendo uso de pines adaptables que tienen la función de facilitar el montaje y desmontaje del optoacoplador y así evitar desoldar este elemento importante en el sistema de recepción el circuito se observa en la figura 4.5:

Circuito optoacoplador receptor

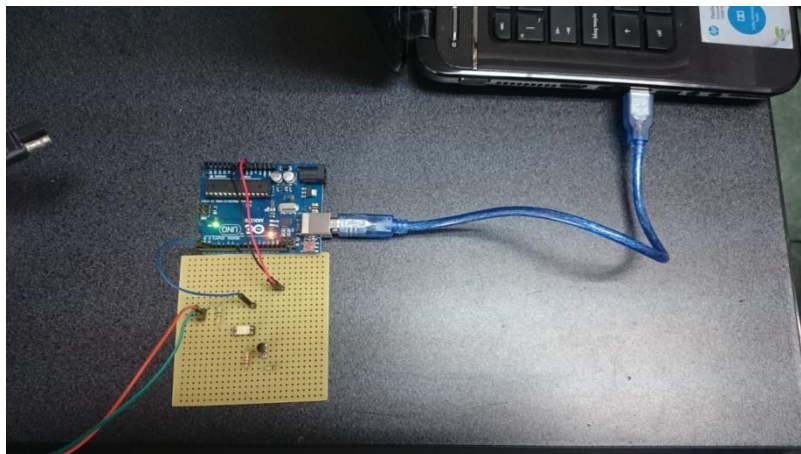


Figura 4. 5 Circuito aislador con optoacoplador y placa Arduino

Elaborado por: El autor

4.4 FASE 4 Acoplamiento de equipos

En esta fase se acopla al sistema de radiofrecuencia el sistema de transmisión y el sistema de recepción antes descrito, el montaje de ambos equipos se lo realiza mediante el conector de 26 pines a cada sistema transmisor y receptor:

Sistema de transmisión

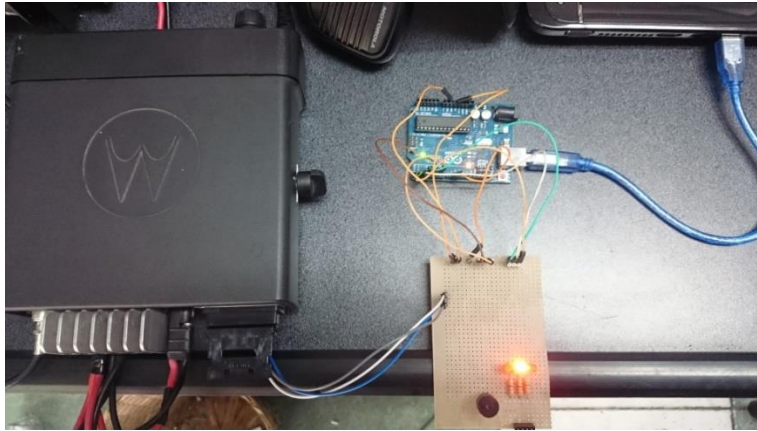


Figura 4. 6 Circuito de transmisión con indicadores

Elaborado por: El autor

El indicador dentro del circuito transmisor indica que se encuentra encendido y listo para su demostración dentro del sistema, una vez conectado y puesto en marcha el sistema de transmisión, se procede al montaje del circuito de recepción:

Sistema de recepción

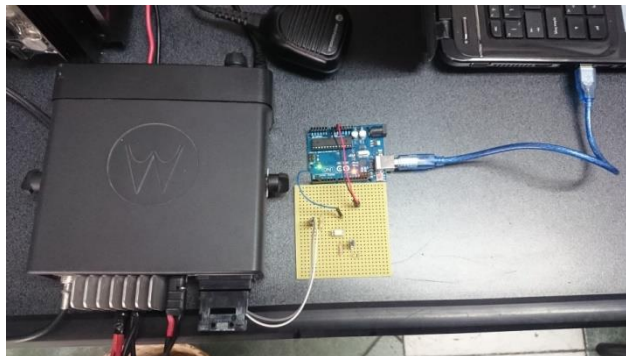


Figura 4. 7 Circuito de recepción con optoacoplador

Elaborado por: El autor

La demostración del sistema y el funcionamiento se indica en la figura 4.8 debido a que el sistema requiere únicamente el estado de llenado del compactador se usa el indicador de lleno del sistema de transmisión, la señal de estado lleno se envía a través del sistema de comunicación y recibiendo el circuito receptor dando paso al proceso de visualización dentro del servidor.

Demostración de sensor

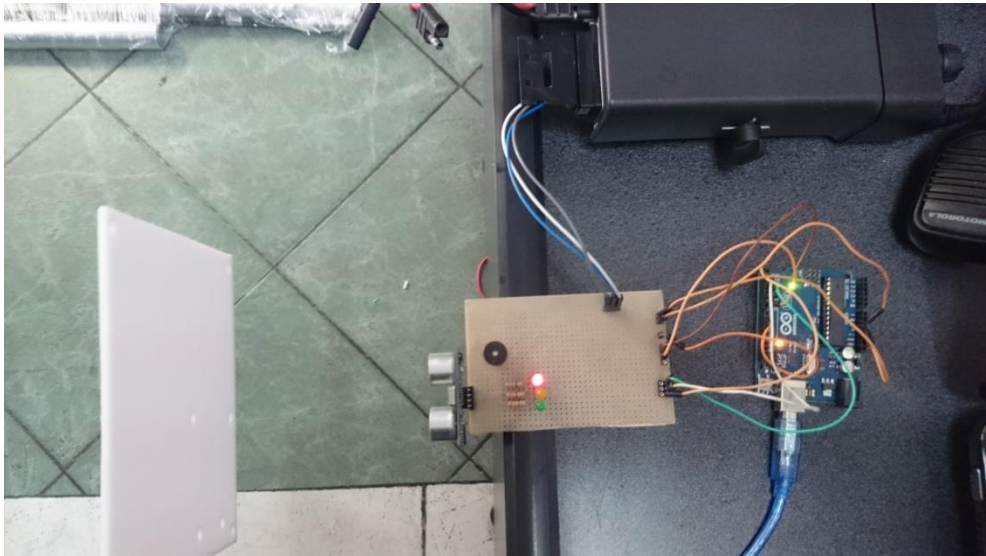


Figura 4. 8 Demostración de funcionamiento de sensor ultrasónico

Elaborado por: El autor

En base a las pruebas reales y con los parámetros programados del prototipo se generaron diferentes tipos de resultados que se presentan en la tabla 4.1:

Tabla 4. 1

Pruebas reales y mediciones del prototipo de telemetría

DISTANCIA REFERENCIAL PROGRAMADA	PRUEBA 1 DISTANCIA REAL	PRUEBA 2 DISTANCIA REAL	PRUEBA 3 DISTANCIA REAL
2 cm	5 cm	4 cm	1,5 cm
100 cm	50 cm	55 cm	95 cm
300 cm	250 cm	100 cm	290 cm

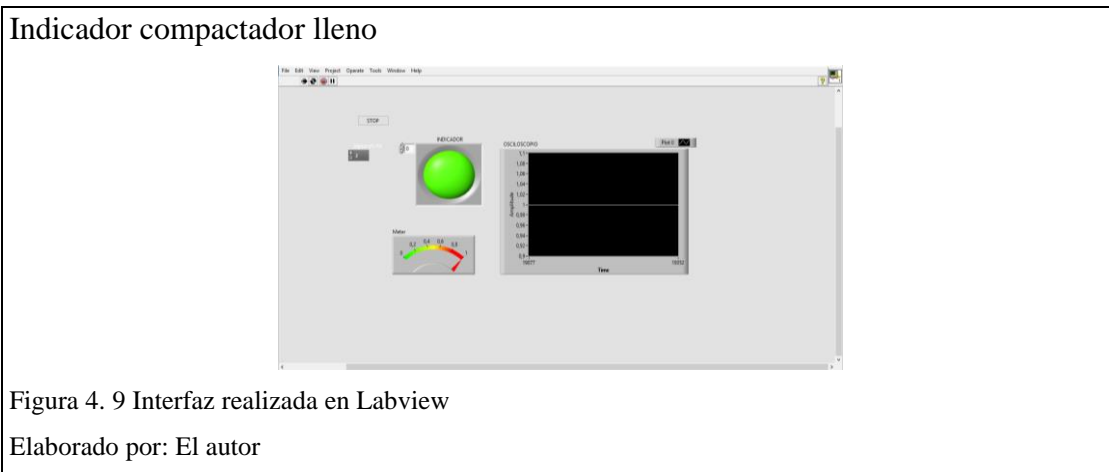
Nota: Pruebas y mediciones reales del prototipo de telemetría

Elaborado por: El autor

Como se visualiza en la tabla 4.1 se realizaron pruebas con mediciones reales versus las medidas referenciales programadas en la cual se observa que en la prueba número 3 se obtuvo la calibración adecuada en el prototipo de telemetría.

4.5 FASE 5 Recepción y visualización de dato digital

En esta fase el circuito de recepción verifica el cambio de estado que se genera en el pin VIO 3 de la radio DGM6100+ y lo envía mediante un puerto digital al servidor HP para verificar el estado del compactador, el estado pasa de 0 a 1 y se visualiza en la interfaz realizada en Labview como se observa en la figura 4.9:



La utilización de este sistema así como características generales se adjunta en el ANEXO 2.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS

La implementación del prototipo se realizará a todos los recolectores de carga lateral, el número de recolectores que posee en el sistema de DATARADIO es de 19 unidades, y cada vehículo posee una radio DGM4100+ compatible con el sistema de telemetría y con el puerto de accesorios DB26.

El prototipo construido requiere de un sensor ultrasónico para objeto de pruebas, a diferencia de sensores de nivel industrial como se seleccionó en el capítulo 2 el sensor UC500-30GM70-IE2R2-V15 con transductor interno posee un valor en el mercado que bordea los 100 dólares, por lo que la empresa tiene que enviar una proforma de cuanto se invertiría en total incluida la instalación para cada vehículo recolector de carga lateral.

La posible implementación determinaría una reducción en consumo de combustible, mantenimientos mecánicos que se requieren ya que el estado del compactador de cada vehículo recolector se observaría mediante el sistema de telemetría por el operario de la unidad y cumplida la ruta se dirigiría a la estación de transferencia una vez llena la unidad compactadora.

5.1 Costos de Inversión

El costo de inversión del prototipo de telemetría así como el detalle de cada componente usado y su costo se observan en la tabla 5.1:

Tabla 5. 1

Costo de prototipo de telemetría

COSTO INVERSION					
Ítem	Descripción del producto	Cantidad	Precio Unitario USD	Subtotal	
1	Placa Arduino UNO	2	31,25	62,50	CI
2	Sensor ultrasónico HC-SR04	1	8,00	8,00	CI
3	Conector DB-26 MOTOROLA	2	2,50	5,00	CI
4	Optoacoplador DIP 4 pines	1	2,50	2,50	CI
5	Transistor TBJ 2N3904	1	0,30	0,30	CI
6	Leds	3	0,25	0,75	CI
7	Buzer	1	1,00	1,00	CI
8	Resistencias 1/4 w	6	0,10	0,60	CI
9	Placas de baquelita perforada	2	2,50	5,00	CI
10	Cable programación MOTOROLA	1	30,00	30,00	CI
11	Kit de Cables de conexión	1	4,00	4,00	CI
TOTAL				119,65	

Nota: Costos de inversión de prototipo de telemetría

Elaborado por: El autor

El costo de inversión netamente para el desarrollo del prototipo es de 119,65 USD los cuales pueden variar como en este caso se utilizaría un sensor ultrasónico de nivel industrial el valor subirá dependiendo del origen de compra del sensor y entrarían impuestos por importación de ser el caso y diversos impuestos que se generan en el país, además del impuesto al valor agregado así como necesidades de la empresa o usuarios que necesiten de este servicio.

5.2 Costos fijos

En la tabla 5.2 se presentan los costos fijos del prototipo por mantenimiento preventivo en cada dispositivo instalado.

Tabla 5. 2

Costos fijos de prototipo de telemetría

COSTOS FIJOS					
ítem	Descripción del producto	Cantidad	Precio Unitario USD	Subtotal	
1	Mantenimiento preventivo	3	30,00	90,00	CF
TOTAL				90,00	

Nota: Costos fijos de prototipo de telemetría

Elaborado por: El autor

5.3 Costos variables

En la tabla 5.3 se presentan los costos variables del prototipo de telemetría, es decir la depreciación de los materiales y herramientas usadas para el correcto funcionamiento del prototipo los cuales con el tiempo tenderán a depreciarse, su valor se ha calculado con un factor anual y su costo original proporcionado por la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES C.A.

A los costos variables se añaden los mantenimientos correctivos que incurrirán en caso de daño o desperfectos que sufran los dispositivos, estos dependerán del tipo de daño causado.

Tabla 5. 3

Costos variables de prototipo de telemetría

COSTOS VARIABLES					
ítem	Descripción del producto	Cantidad	Precio Unitario USD	Subtotal	
1	Servidor HP Intel Core i5, 8 GB RAM	1	41,66	41,66	CV
2	Radio DGM 4100+	1	48,53	48,53	CV
3	Radio DGM 6100+	1	54,58	54,58	CV
4	Fuente de poder 110 vac - 12 vdc	1	14,33	14,33	CV
5	Antenas VHF 1/4 de onda	2	6,25	12,50	CV
7	Herramientas múltiples	1	8,33	8,33	CV
TOTAL				179,93	

Nota: Costos variables de prototipo de telemetría

Elaborado por: El autor

El prototipo realizado y con los costos reales se han detallado en cada tabla y los beneficios se observan a continuación:

- Monitoreo de compactador en tiempo real
- Alerta de llenado de compactador
- Supervisión de datos
- Reducción de recorridos
- Ahorro de combustible

El sistema se desarrolla en la plataforma Labview y su montaje dentro de un ambiente de placas Arduino y la respectiva programación para la obtención de datos netamente digitales.

Como principal beneficio a diferencia de todos es la reducción de recorridos, es decir al operario se le alertará mediante el sistema de alarma instalado en la placa transmisora la cual enviará un sonido a una frecuencia determinada y así el operario,

como el CCO determine la finalización del recorrido y su posterior trayecto a la zona de recolección y tratamiento de residuos y desechos sólidos.

Además el sistema es capaz de soportar hasta 2 sensores adicionales por lo que se adaptarían otros subsistemas de monitoreo como son, nivel de combustible el cual es un factor importante dentro del sistema de recolección ya que el recorrido innecesario del recolector genera gastos como tal ya sean mecánicos, eléctricos y humanos, cada unidad recolectora posee un mantenimiento periódico esto disminuirá dependiendo la cantidad de residuos que recolecte cada una de estas con el sistema de telemetría.

CONCLUSIONES

Los sistemas MOTOTRBO incluyen en su plataforma de programación la característica de telemetría netamente digital, por lo que se aprovechó de esta ventaja y se acopló el sistema de transmisión de datos al servicio de voz que brinda la empresa DATARADIO mediante equipos de voz MOTOROLA y repetidoras instaladas en los cerros PICHINCHA y CRUZ LOMA.

El prototipo desarrollado cumple con las necesidades de la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES con respecto a servicios que se requieren en tiempo real, así como para una posible implementación, tomando en cuenta que se requieren dispositivos de lectura de nivel industrial lo que genera un gasto económico de tres veces el valor neto del prototipo ya que el sensor ultrasónico de nivel industrial posee un valor de más de 100 dólares, para su total funcionamiento.

Los radios móviles de dos vías MOTOTRBO cumplen con las características del sistema de telemetría en cuanto a requerimientos que necesitan la empresa DATARADIO TELECOMUNICACIONES así como su configuración dentro de la plataforma de programación para permitir la comunicación entre la interfaz de transmisión y la interfaz de recepción del servicio de telemetría.

La captación de datos se realiza satisfactoriamente mediante el sensor ultrasónico HC-SR04, en la tabla 4.1 se colocaron los datos de tres pruebas que se realizaron teniendo en cuenta las distancias reales y las distancias programadas dependiendo del objeto a sensar, la calibración depende de la ubicación del sensor para el correcto proceso de captación del objeto.

En el sistema de recolección mecanizada de residuos sólidos se extraerán datos de vital importancia para la empresa como son el nivel de llenado del compactador, esto se logra con la instalación del prototipo y las respectivas pruebas de campo que se realizarán en una posible implementación, ya que los datos actualmente se almacenan

en una base de datos teniendo acceso un día después de cumplida todas las rutas de toda la flota de vehículos recolectores de carga lateral.

La validación del diseño basa su éxito en las pruebas generadas en el capítulo número 4 con el proceso de construcción y como se observa en la tabla 4.1 las diferentes distancias que se calibraron teniendo en cuenta que, en el compactador se requiere de una cápsula para el sensor ultrasónico debido a que se lo expondrá en un medio con temperaturas elevadas así como la manipulación incorrecta de operarios.

RECOMENDACIONES

Para una posible implementación se recomienda la fabricación o construcción de una carcasa metálica con un asilamiento interno del circuito para el sistema de transmisión e indicadores que posee el sensor ultrasónico ya que este dispositivo tendrá la exposición a materiales que lo deteriorarían.

Se recomienda la utilización de circuitos optoacopladores para aislar el sistema de comunicación con el sistema de recepción y evitar daños en los equipos de audio.

LISTA DE REFERENCIAS

- Arduino. (2016). *arduino.cc*. Obtenido de arduino.cc:
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- COMUNIDOR. (2016). *COMUNIDOR S.A.* Obtenido de COMUNIDOR S.A.:
http://www.comunidor.com/index_archivos/trboserver.htm
- Diosdado, R. (2016). *zonamaker*. Obtenido de zonamaker:
<https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/ultrasonido-hc-sr04>
- EMASEO. (2016). *EMASEO*. Obtenido de EMASEO:
<http://www.emaseo.gob.ec/servicios/recoleccion-mecanizada/>
- Motorola. (2006). *DOCPLAYER*. Obtenido de DOCPLAYER:
<http://docplayer.es/7593928-Mototrbo-tm-la-nueva-generacion-de-sistemas-digitales-de-radio.html>
- motorolarssssoftwareprogramming. (2016). *motorolarssssoftwareprogramming*.
Obtenido de motorolarssssoftwareprogramming:
<http://motorolarssssoftwareprogramming.blogspot.com/>
- MOTOTRBO. (2009). *Manual de planificador del sistema*. Motorola.
- National Instruments. (2014). *National Instruments*. Obtenido de National Instruments:
<https://www.ni.com/opc/esa/>
- openhardware. (12 de Julio de 2013). *openhardware*. Obtenido de openhardware:
<http://openhardware.pe/que-modelo-de-arduino-debo-comprar-para-mis-proyectos/>
- pepperl-fuchs. (2016). *pepperl-fuchs*. Obtenido de pepperl-fuchs:
<http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/24801.htm>
- Romero, E. (18 de Septiembre de 2014). *educachip*. Obtenido de educachip:
<http://www.educachip.com/hc-sr04-arduino-tutorial/>
- RosRoca. (2016). *RosRoca*. Obtenido de RosRoca:
<http://www.rosroca.com/es/productos/recogida-de-residuos/carga-lateral/recolector-carga-lateral-FMO.html>
- Saccani, P. A. (Junio de 2014). *Arquitectura de Sistemas Telemétricos*.

ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones de contenedores metálicos

Contenedores Metálicos Modelo CMR

Los contenedores multiusuarios CMR son fabricados con tecnología de vanguardia, proyectados con atención a todas las peculiaridades del usuario latinoamericano.

- Metálicos, galvanizados en caliente, estacionarios, estancos, con pedal de apertura y cierre de tapas amortiguado, ofrecen una seguridad y eficiencia inigualables en el acopio de los residuos sólidos urbanos.
- Las dimensiones del contenedor han sido estudiadas en combinación con los equipos de carga lateral, compactadores y lavado, cumpliendo con la norma UN EN 12574 para garantizar una perfecta funcionalidad en las operaciones de recolección y lavado.
- Se pueden hacer colores a pedido con referencia a toda la tabla RAL.





Contenedores Metálicos modelo CMR

Capacidad	2400 y 3200 Litros
Vida útil	10 años
Modelos	RSU • para residuos domiciliarios RD - con tapas para recolección diferenciada (reciclaje)
Colores	A elección

Medidas Principales

Medidas	Dimensiones 2400 lts.	Dimensiones 3200 lts.
A	1290 mm.	1435 mm.
B	1650 mm.	1730 mm.
C	1190 mm.	1335 mm.
D	1200 mm.	1290 mm.
E	1880 mm.	1880 mm.
F	1760 mm.	1760 mm.
G	700 mm.	660 mm.
H	1800 mm.	1950 mm.
I	800 mm.	680 mm.



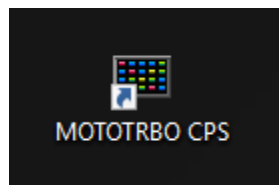
Anexo 2 Manual de uso de prototipo de sistema de telemetría

SERVICIO DE TELEMETRIA

Los radios MOTOTRBO incorporan la funcionalidad de TELEMETRIA en pines destinados para el control o supervisión de diferentes sistemas que el usuario requiera, estos pines denominados GPIO (General Purpose Input/Output) los poseen tanto las radios móviles como las radios portátiles, estos radios disponen de líneas GPIO de entrada como de salida es decir un sistema Input/Output disponibles en el conector de accesorios de MOTOROLA.

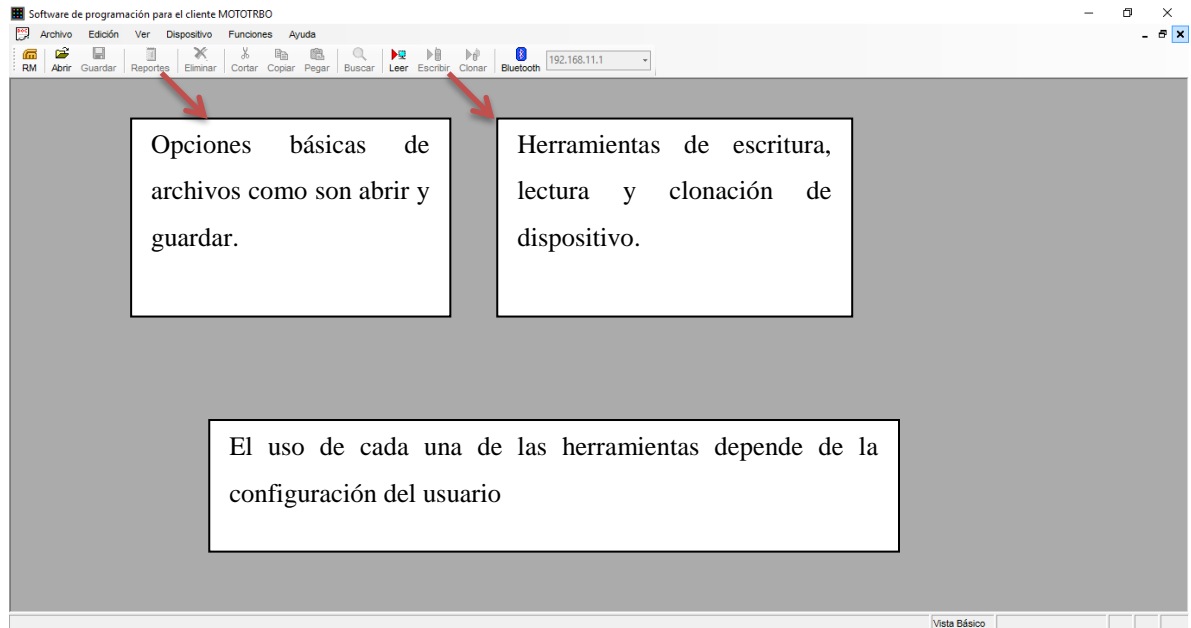
Estos servicios de telemetría se los configura según el requerimiento del usuario con un software de programación especial para cada marca y modelo de radio, en este caso se usan radios MOTOROLA que sean compatibles con el sistema digital MOTOTRBO.

Icono de Software de Programación para Cliente

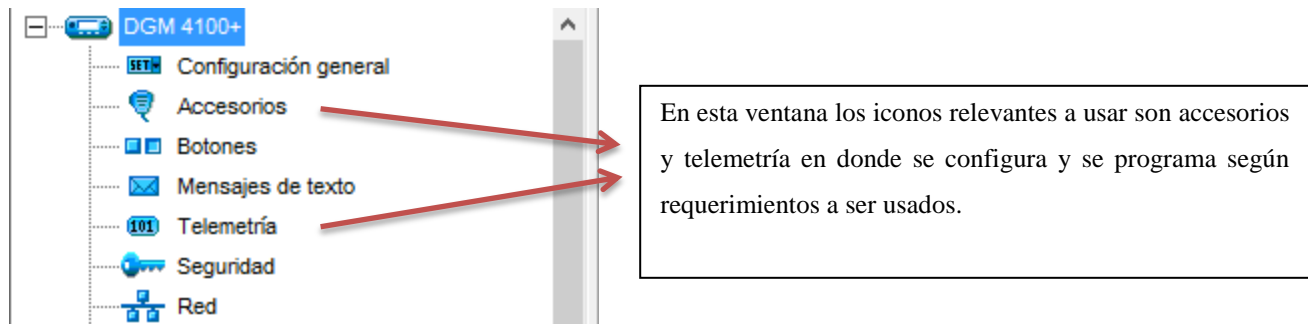


Al momento de abrir el programa CPS el usuario entra en una interfaz totalmente grafica en la cual podrá programar según los requerimientos que necesite cada tipo de radio MOTOTRBO ya sea móvil o portátil.

Software CPS



Características del dispositivo



Se enciende la radio y se conecta el cable de programación el cual permitirá la comunicación entre el dispositivo de comunicación y el software CPS.

Motorola MOTOTRBO XPR4300 XPR 4350 XPR4500 PMKN4010A Programming cable



La programación de los dispositivos de comunicación se los realiza en modo stand by, primero encenderlos y conectar el cable de programación en la parte posterior del dispositivo.



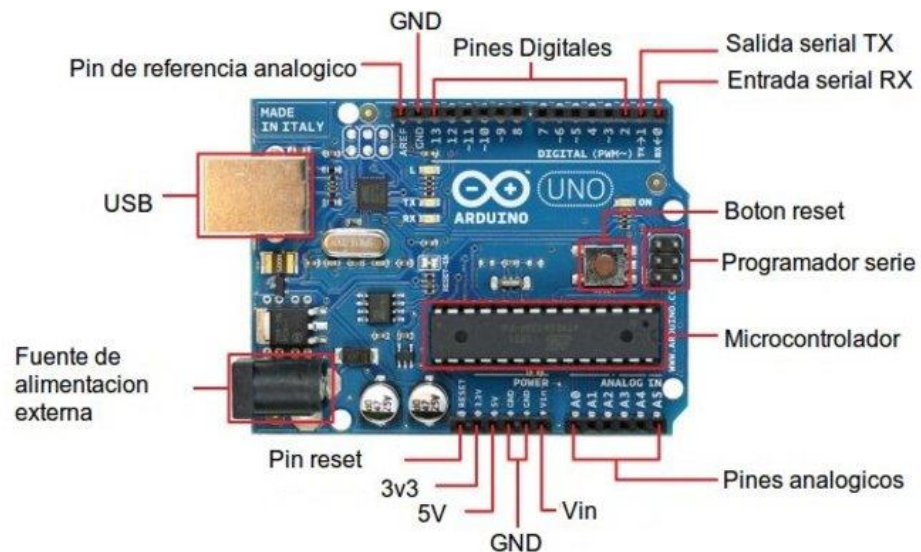
Encendido de dispositivo de comunicación y posterior conexión del cable de programación



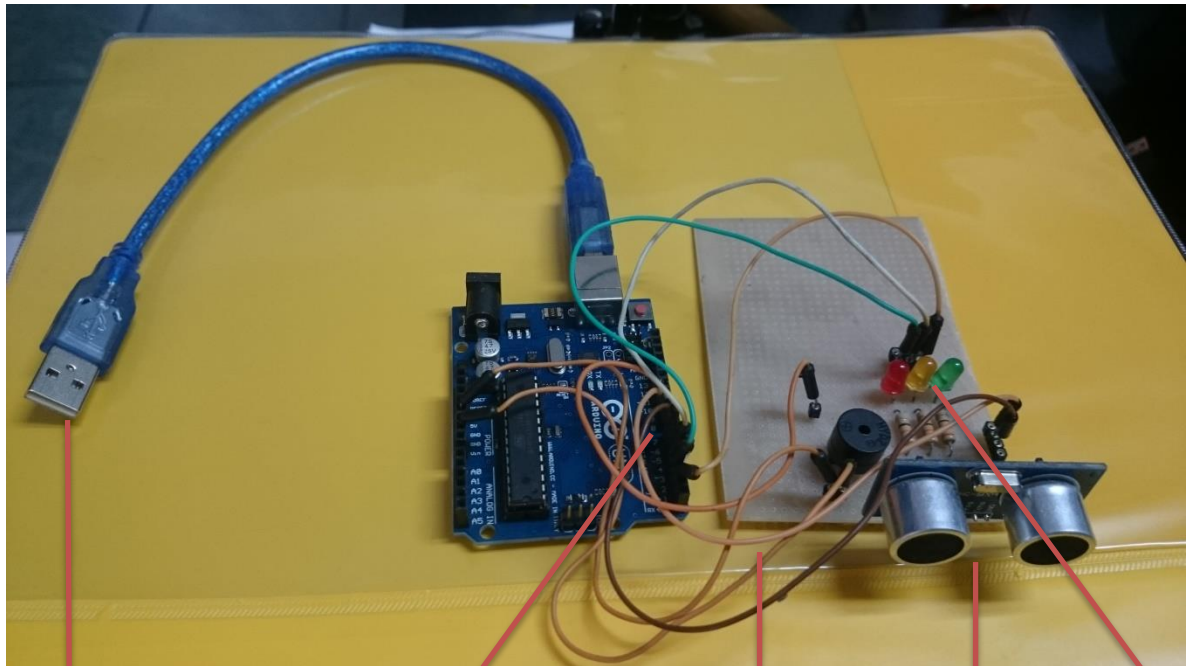
Conexión cable de programación

Conexión de cable a servidor

Al cargar el programa de acuerdo a los requerimientos del usuario se conectan los dispositivos de comunicación con los dispositivos transmisor y receptor con la placa Arduino, haciendo uso de los pines digitales de la placa ya que el sistema es netamente digital.

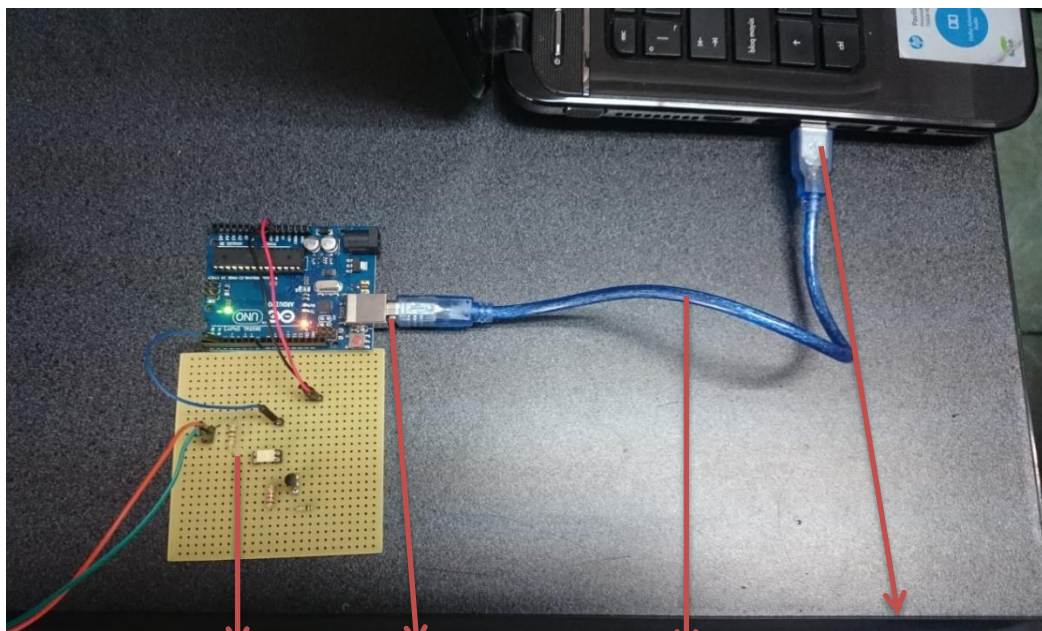


La conexión de la placa y el circuito transmisor se lo realiza mediante cables de conexión y la alimentación se la realiza ya sea con 5 v dc de la computadora o de una fuente externa, teniendo en cuenta de no exceder este nivel de voltaje.



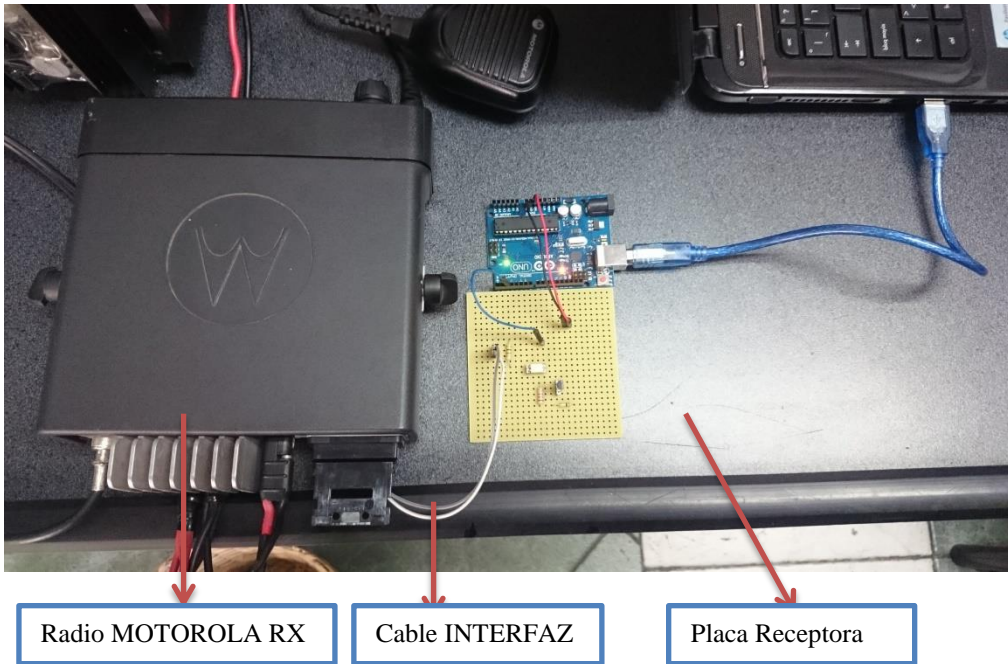
- Conexión USB 5v dc
- Entradas digitales
- Cables de conexión
- Conexión USB 5v dc
- Indicadores LED

Conexión de dispositivo receptor hacia el servidor y la placa Arduino mediante cable USB

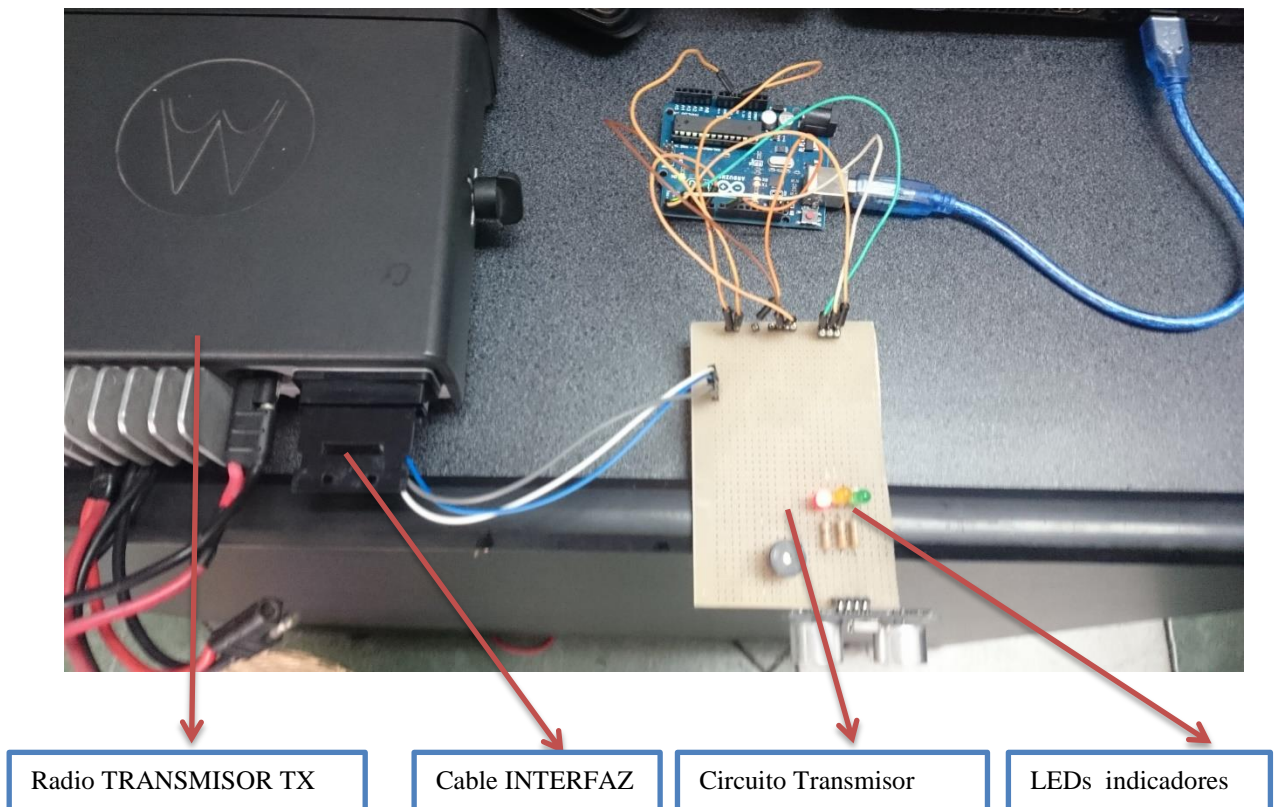


- Placa receptora
- Salida digital
- Cable USB
- Entrada USB

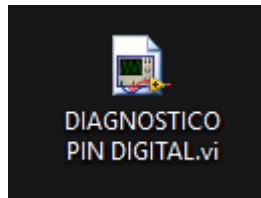
La conexión con el dispositivo de comunicación con los cables de conexión así como los cables necesarios se realiza en cada pin de salida del circuito,



Conexión de interfaz con modulo transmisor hacia dispositivo de comunicación con cable interfaz mediante cables de comunicación:



Uso de interfaz de visualización realizada en Labview con un diagrama de bloques el cual tiene como objetivo recibir el dato digital y visualizarlo en la pantalla:



La interfaz se la puede realizar según requerimientos del usuario ya que Labview es una herramienta de ingeniería vital para el desarrollo de interfaces ya sea a nivel industrial como doméstico:

