



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

“INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES”

TEMA: Diseño y construcción un sistema de comunicación inalámbrico para eliminar contaminación acústica en las pruebas de controles de radio frecuencia con distancias mayores de 60 metros, para la empresa GTS.

AUTOR: Mina Tenelema Luis Fernando

TUTOR: Ing. Ismael Mera Gutierrez, Mg.

AÑO: 2016

INFORME FINAL DE RESULTADOS DEL PIC

CARRERA:	ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES
AUTOR/A:	Mina Tenelema Luis Fernando
TEMA DEL TT:	Diseño y construcción un sistema de comunicación inalámbrico para eliminar contaminación acústica en las pruebas de controles de radio frecuencia con distancias mayores de 60 metros, para la empresa GTS.
ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	Tecnología Aplicada a la Producción y Sociedad
SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	Desarrollo y automatización de procesos industriales, empresariales y de la sociedad.
ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA	Sistema de Control Automático para la Producción
FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL:	26 de Agosto del 2016

Resumen

La empresa GTS creadora de productos de rastreo satelital, la cual se encuentra en el mercado ecuatoriano desde el año 2008 en su principales dispositivos cuenta con un accesorio principal que es el control remoto y este es indispensable para el usuario final. En una de las pruebas de funcionamiento por normas de calidad se realiza la prueba de distancia a 60 metros, teniendo en dicha prueba ruido ambiental la cual causa serios daños al ser humano por la exposición constante al mismo. Por lo el diseño y la construcción de un sistema de comunicación inalámbrico para eliminar contaminación acústica en las pruebas de controles de radio frecuencia con distancias mayores de 60 metros, para la empresa GTS, tuvo métodos de investigación, observación para definir algunas problemáticas, el diseño envase a lo investigado y finalmente un método experimental para comprobar su funcionalidad.

La eliminación del ruido fue la parte fundamental del proyecto, teniendo como resultados la satisfacción del personal y mejoramiento en la calidad de la prueba reduciendo costos considerables para la empresa.

Abstract

The company GTS product creator satellite tracking, which is in the Ecuadorian market since 2008 in its main devices comprises a main accessory is the remote control and this is essential for the end user. In one of the tests run by quality standards testing distance 60 meters is done, given that test ambient noise which causes serious damage to humans by the constant exposure to it. At the design and construction of a wireless communication system to eliminate noise in testing radio frequency controls distances over 60 meters, for the company GTS had research methods, observation to define some issues, packaging design to investigate and finally an experimental method to test its functionality.

Noise elimination was the key part of the project, with the results staff satisfaction and improved quality of proof considerable reducing costs for the company

Palabras claves:

Ruido Ambiental , comunicación Zigbee , distancia

Keywords:

Environmental noise, Zigbee communication, distance.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2.1	Problema principal	1
1.2.2	Problemas secundarios	1
1.3	OBJETIVOS	2
1.3.1	Objetivo general	2
1.3.2	Objetivos específicos.....	2
1.4	HIPÓTESIS.....	2
1.5	MARCO METODOLÓGICO.....	3
1.6	JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	3
1.7	JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	4
2.	FUNDAMENTO TEÓRICO	5
2.1	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	5
2.1.1	Definición	5
2.1.2	Ruido y El decibelio (dB).....	5
2.1.3	Causas y Consecuencias	5
2.2	REDES INALÁMBRICAS.....	7
2.2.1	Redes inalámbricas y sus ventajas	8
2.2.2	Desventajas de las redes inalámbricas.....	8
2.3	PROTOCOLO ZIGBEE	8
2.3.1	Características	9
2.4	IEEE 802.15.4 (LR-WPAN).....	10
2.4.1	Características	11
2.4.2	Topologías	11
2.4.3	Arquitectura	12
2.5	MÓDULOS XBEE.....	16
2.5.1	Características.....	19
2.6	REGULADOR DE TENSIÓN.....	19
2.7	OPTOACOPLADOR	20
2.8	COMUNICACIÓN SERIAL RS232.....	20
2.8.1	Características	21
3.	INFORME DE RESULTADOS	23

3.1	ESTUDIO DE NIVELES ACTUALES DE SONIDO EN GTS.	23
3.1.1	Objetivo	23
3.1.2	Lugar y equipo de medición utilizado.	23
3.1.3	Procedimiento para la toma de niveles de sonido.....	25
3.2	DISEÑO DE HARDWARE.....	29
3.3	CONFIGURACIÓN DE LOS MODULOS XBEE.	33
3.4	PRUEBAS Y MONTAJE	39
3.5	DIAGRAMAS PARA PCB	44
3.6	IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	48
3.7	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	50
3.8	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
3.9	ANÁLISIS DE COSTOS	59
	CONCLUSIONES	64
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA.....	66
	ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama esquemático del sistema inalámbrico	3
Figura 2.1 Protocolo ZigBee y sus diferentes aplicaciones.	9
Figura 2.2 Clasificación de redes inalámbricas.	10
Figura 2.3 Tipos de topología del estándar IEEE 802.15.4.	11
Figura 2.4 Capas según modelo OSI del protocolo ZigBee.....	12
Figura 2.5 Aplicaciones de la capa APL.....	14
Figura 2.6 Diagrama de constelación QPSK.....	15
Figura 2.7 Fases de QPSK y OQPSK.	15
Figura 2.8 Módulos Xbee de la compañía Digi.....	16
Figura 2.9 Diagrama de Pines XBee S1	17
Figura 2.10 XBee USB explorer	18
Figura 2.11 Interfaz del Software X-CTU para configurar los XBee.....	18
Figura 2.12 Simbología e identificación de pines del regulador de la familia 78XX	19
Figura 2.13 Simbología e identificación de pines del optoacoplador 4N35.....	20
Figura 2.14 Conector DB9 macho.....	22
Figura 3.1 Ubicación de la empresa GTS.	23
Figura 3.2 RADIOSHACK modelo 33-2055.....	24
Figura 3.3 Mapa de niveles de sonido y distancia.....	25
Figura 3.4 Rangos de sonido (dB) del sonómetro.	25
Figura 3.5 Resultados de los niveles del sonido de la prueba y ambiente.....	27
Figura 3.6 Etapa de Hardware	29
Figura 3.7 Fuente de alimentación simulada en el PROTEUS	30
Figura 3.8 LED de alimentación (5V)	31
Figura 3.9 Señal de entrada con un optoacoplador 4N35	32
Figura 3.10 Circuito Receptor y conexión RS-232	33
Figura 3.11 Software X-CTU de DIGI.....	33
Figura 3.12 Diagrama de flujo de la configuración de los XBee	34
Figura 3.13 Configuración de los XBee en una misma red	35
Figura 3.14 Conexión de los módulos XBee al computador.....	35
Figura 3.15 Detección de los módulos XBee en el software.....	35
Figura 3.16 Configuración de la entrada del XBee Transmisor	36
Figura 3.17 Configuración de la salida del XBee Receptor	36
Figura 3.18 Consola de simulación para verificar la red entre los dos XBee.	37
Figura 3.19 Consola de simulación del XBee transmisor.	38
Figura 3.20 Consola de simulación del XBee receptor.....	38
Figura 3.21 Pruebas en placa genérica con regulador 7805 y 2 diodos 1N4007.....	39

Figura 3.22 Pruebas en placa genérica con transistor 2N3904.....	39
Figura 3.23 Regulador LM1117	40
Figura 3.24 Simbología e identificación de pines del optoacoplador 4N35.....	40
Figura 3.25 Montaje de los circuitos Transmisor y receptor en Protoboard.....	41
Figura 3.26 Montaje del circuito regulador de voltaje en el Protoboard.....	41
Figura 3.27 Montaje del circuito optoacoplador en Protoboard	42
Figura 3.28 Comprobación de voltajes en el circuito transmisor.	42
Figura 3.29 Circuito Receptor activado el relé para conmutar las salidas.	43
Figura 3.30 Circuito Transmisor en Proteus-Isis para impresión de placas.....	44
Figura 3.31 Circuito Receptor en Proteus-Isis para impresión de placas.	45
Figura 3.32 Circuito impreso del transmisor a) Vista derecha b) Vista de revés.....	45
Figura 3.33 Circuito impreso del receptor a) Vista derecha b) Vista de revés.	46
Figura 3.34 Visualización 3D del circuito a) Transmisor b) Receptor	46
Figura 3.35 Circuito impreso diseñado a) Transmisor b) Receptor.....	47
Figura 3.36 Placa de circuito elaborada a) Transmisor b) Receptor.....	47
Figura 3.37 Placas de circuitos finales a) Transmisor b) Receptor.....	48
Figura 3.38 Circuitos en cajas protectoras a) Transmisor b) Receptor.....	48
Figura 3.39 Módulos finales con sus cajas a) Transmisor b) Receptor	49
Figura 3.40 Módulos con conector y led de alimentación.....	49
Figura 3.41 Implementación de módulo transmisor.....	50
Figura 3.42 Implementación de módulo Receptor y actuador	50
Figura 3.43 Alimentación del sistema a) Receptor b) Transmisor	52
Figura 3.44 a) Módulo Transmisor, b) Módulo Receptor	52
Figura 3.45 Actuador visual en la estación de controles remotos.....	53
Figura 3.46 Puerto de comunicación del software y el XBee.....	53
Figura 3.47 Resultado de la prueba por medio del software.	54
Figura 3.48 Resultados de los niveles de sonido del sistema y ambiente.	56
Figura 3.49 Porcentaje de encuestados en diferentes áreas.....	57
Figura 3.50 Nivel de satisfacción a) Ruido Ambiental b) Concentración c) Salud.....	59
Figura 3.51 Costos por reparación reales	62
Figura 3.52 Costos por reparación proyectada	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Niveles de sonidos y efectos en el organismo.....	5
Tabla 2.2 Niveles de ruido máximo permitidos en diferentes zonas.....	7
Tabla 2.3 Modulación de la capa física.....	13
Tabla 2.4 Descripción de Pines de Xbee S1.....	17
Tabla 2.5 Detalle de terminales comunicación serial.....	21
Tabla 3.1 Características de sonómetro RADIOSHACK modelo 33-2055.....	24
Tabla 3.2 Niveles de Ruido y Ambiente (dB) en diferentes días y horarios.....	26
Tabla 3.3 Resultados de valores de voltaje en módulos.....	43
Tabla 3.4 Lista de verificación para puesta a punto del sistema.....	51
Tabla 3.5 Niveles de sonido del sistema y Ambiente (dB).....	55
Tabla 3.6 Materiales Eléctricos.....	59
Tabla 3.7 Materiales Electrónicos.....	60
Tabla 3.8 Descripción Materiales Desarrollo PCB.....	60
Tabla 3.9 Materiales Mecánicos.....	61
Tabla 3.10 Costo total del sistema.....	61
Tabla 3.11 Relación productos producidos contra No. De fallas por distancia.....	62
Tabla 3.12 Proyección de productos producidos contra No. De fallas por distancia....	63

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La empresa Global Telematic Solution S. A. se creó en el año 2008 por accionistas de Road Track, una empresa que se dedica al ensamble, pruebas de equipos de rastreo satelital y sistemas de alarmas para vehículos automotores. GTS surgió por temas de importación de los dispositivos a países como Venezuela, Colombia y México. (Global Telematic Solutions, 2010)

Actualmente GTS Ecuador S.A. tiene varios procesos de ensamble y pruebas de equipos telemáticos funcionales en automóviles, lo cual permite la interacción entre el vehículo y la persona a través de un sistema satelital y la comunicación por medio de una red celular.

Una de estas pruebas funcionales consiste en verificar el funcionamiento de controles remotos a distancia mayores de 60 metros los cuales emiten una frecuencia de 433.92 MHz; estos accesorios son probados por medio de un dispositivo receptor que capta la señal y emite un sonido de 108 dB para que sea escuchado por el operador a la distancia requerida.

La empresa está ubicada en la parroquia rural de Yaruquí en la provincia de Pichincha, en la zona conocida como Metro Zona. En este lugar coexisten trabajadores de empresas aledañas, habitantes del sector y signos de vida silvestre los cuales son afectados con una contaminación acústica afectando el entorno normal del ambiente causadas por el constante nivel alto de sonido que emite la prueba.

La producción diaria es la verificación de más de 1000 controles, y el constante sonido que escucha el operador, se tiene como consecuencias problemas en la salud y falla en la calidad del producto.

Cabe mencionar que un ser humano puede soportar niveles de sonido tolerables de 55 dB, pero a partir de los 60 dB hasta 114 dB se transforma en ruido, los cuales pueden causar estrés laboral y problemas de salud.

La prueba necesita ser realizada a una distancia de 60 metros por cumplir estándares de calidad que son requeridas por el cliente y con esto garantizar su funcionamiento óptimo, por lo cual no se puede validar en distancias menores a lo especificado.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema principal

No existe un sistema para eliminar contaminación acústica en las pruebas de controles de radio frecuencia con distancias mayores de 60 metros, para la empresa GTS.

1.2.2 Problemas secundarios

- No existe un estudio para analizar los niveles actuales de sonido que emiten las pruebas de distancia de los controles remotos.

- No existe en el mercado ecuatoriano un circuito electrónico que permita la comunicación entre un transmisor y un receptor de pruebas utilizando la tecnología Zigbee (estándar IEEE 802.15.4).
- No existe una configuración con un protocolo Zigbee en los equipos de prueba para que exista la transmisión y recepción correcta a 2.4 GHz.
- No existe un proceso de control y revisión para comprobar que se cumpla las metas de producción o caso contrario, la segregación de producto no conforme.
- No existe un análisis de las mejoras en productividad, calidad y costos que produce la implementación del sistema en la empresa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de comunicación inalámbrico para eliminar contaminación acústica en las pruebas de controles de radio frecuencia con distancias mayores de 60 metros, para la empresa GTS.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio preliminar de los niveles actuales de sonido que emiten las pruebas de distancia de los controles remotos.
- Diseñar y construir un circuito electrónico que permita la comunicación entre transmisor y receptor de pruebas utilizando la tecnología Zigbee.
- Configurar el protocolo Zigbee en los equipos de prueba para que exista la transmisión y recepción correcta a 2.4 GHz.
- Realizar pruebas de la comunicación inalámbrica, para comprobar que se cumpla las metas de producción o caso contrario, la segregación de producto no conforme.
- Realizar un análisis de las mejoras en productividad, calidad y costos que produce la implementación del sistema en la empresa.

1.4 HIPÓTESIS.

Con el diseño y construcción del sistema planteado anteriormente se pretende eliminar la contaminación acústica y automatizar las pruebas de distancia de controles remotos, mediante el uso de las comunicaciones inalámbricas las cuales remplazarán

la utilización de cables, en su lugar se envían señales codificadas a cada receptor que minimizan los efectos del ruido.

Variable independiente: un sistema de comunicación inalámbrico que se basa en el estándar IEEE 802.15.4.

Variable dependiente: eliminar la contaminación acústica, mejorar la ergonomía y automatizar la prueba de distancia de controles remotos.

1.5 MARCO METODOLÓGICO

EL presente proyecto se divide en tres partes según el proceso investigativo.

1.- En la primera etapa se utilizará el método investigativo, de análisis y síntesis para recabar toda la información necesaria. Se utilizará la observación para definir algunas problemáticas del sistema tradicional de pruebas de funcionamiento de los controles remotos y el método deductivo para lograr solucionar de manera empírica la problemática.

2.- En la segunda etapa se realizará un modelamiento del sistema a través del diseño circuital basado en la metodología implementada en la primera etapa.

3.- En la tercera etapa se utilizará el método experimental para realizar diferentes pruebas de funcionamiento y verificar si se cumple la hipótesis del sistema propuesto.

1.6 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA



Figura 1.1 Diagrama esquemático del sistema inalámbrico

Fuente: Elaboración propia

La figura 1.1 representa un sistema inalámbrico de pruebas de distancia de controles remotos, teniendo como inicio un operador pulsando botones de controles remotos en un orden específico, los cuales emiten una señal de radio frecuencia que es receptada

a una distancia de 60 metros por un simulador. A continuación, se toma la señal digital del simulador como entrada para un circuito transmisor, el cual transmite la señal con un estándar IEEE 802.15.4.

La señal transmitida mediante el estándar IEEE 802.15.4 es captada por un circuito receptor que codifica y la transforma en una salida para ser ingresada a un dispositivo que tiene actuadores visuales y adicional es enviada por comunicación RS-232 a un computador con un software de validación de pruebas.

1.7 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En el sistema de comunicación inalámbrica se utiliza módulos XBEE S1 que son dispositivos de RF más fáciles de usar, más confiables y rentables, son ideales para redes inalámbricas que tienen un bajo costo de instalación, con puntos de red cercanos y con muy poca infraestructura. Los módulos utilizan el estándar IEEE 802.15.4, para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPOINT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). (IEEE, 2011).

El aporte investigativo se basa en el diseño de circuitos de transmisión y recepción y la configuración de dispositivos XBEE para lograr la comunicación inalámbrica con el estándar IEEE 802.15.4.

El circuito de TX y RX será diseñado con una etapa de regulación de voltaje y corte por saturación para tomar la señal de entrada y ser controlada por el XBEE.

La configuración del XBEE se lo realiza mediante una conexión vía USB a un computador y un software dispuesto por el fabricante llamado X-CTU y tiene una interacción grafica con el usuario que facilita la codificación de cada dispositivo, sea este transmisor o receptor. (DIGI, 1996).

El resultado de la prueba se obtiene mediante un circuito RX para ingresar a un dispositivo de actuadores visuales y a una conexión RS-232 con un computador.

CAPÍTULO 2

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

2.1.1 Definición

La contaminación acústica hace referencia a todos aquellos sonidos molestos para los seres vivos, que pueden producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos sobre los mismos. (MARTÍNEZ Y PETERS, 2015).

2.1.2 Ruido y El decibelio (dB)

El ruido es una onda acústica que se manifiesta a través del aire en forma de presión sonora, la cual se mide en decibelios (dB); entendiéndose como decibelio al valor relativo y logarítmico que expresa un valor que es medido con respecto a un valor referenciado. (MARTÍNEZ Y PETERS, 2015).

En este caso la presión sonora es medida en decibelios (dB) y la variación causa diferentes efectos en el organismo del ser humano.

2.1.3 Causas y Consecuencias

Los diferentes niveles de sonido que se genera en un ambiente determinado y a las que están expuestos los seres humanos se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Niveles de sonidos y efectos en el organismo.

Nivel de sonido (dB)	Ambientes o actividades	Efectos en el oído
140-160 dB	explosión, petardo a 1m	<i>Daños permanentes inmediatos del oído, rotura tímpano</i>
130 dB	Avión en despegue a 10m, disparo de arma de fuego	<i>Umbral del dolor</i>
120 dB	Motor de avión en marcha, martillo neumático pilón (1m)	<i>Daños permanentes del oído</i>
110 dB	Concierto de rock, Motocicleta a escape libre a 1m	<i>A exposición de corta duración</i>
100 dB	Sierra circular a 1m, discoteca, sirena de ambulancia a 10 m	<i>Sensación insoportable y necesidad de salir del ambiente</i>

90 dB	Calle principal a 10m ,taller mecánico	<i>Sensación molesta</i> <i>Daños permanentes al oído a exposición a largo tiempo</i>
80 dB	Bar animado Calle ruidosa a 10 m	<i>Ruido de fondo</i>
70 dB	Coche norma la 10 m, aspiradora 1 m, conversación en voz alta	<i>incómodo para conversar</i>
60 dB	Conversación animada, televisión a volumen normal a 1m	<i>Ruido de fondo agradable para la vida social</i>
50 dB	Oficina, Conversación normal, a 1m de distancia	
40 dB	Biblioteca, conversación susurrada	
30 dB	Frigorífico silencioso ,dormitorio	
20 dB	Habitación muy silenciosa, rumor suave de las hojas de un árbol	<i>Nivel de fondo necesario para descansar</i>
10 dB	Respiración tranquila	
0 dB	Umbral de audición	<i>Silencio</i>

FUENTE: (Martínez y Peters, 2015)

Las causas que pueden generar contaminación acústica son ocasionadas básicamente por actividades humanas, como son en la industria, el tránsito, construcción de edificios, etc. Teniendo como consecuencias trastornos fisiológicos como pérdidas de la audición y daños psicológicos, como la tener una irritabilidad excesiva.

La contaminación acústica altera las condiciones naturales de una comunidad o un sitio natural, impidiendo la comunicación interpersonal, la concentración, el aprendizaje y como consecuencia grave alto índice de cansancio que puede generar enfermedades nerviosas. (FLORES Y RODIÑO, 2009).

El ruido tiene un valor máximo de 130 dB que se lo denomina umbral de dolor y comienza a dañar la audición aproximadamente a los 70 dB.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) tiene como límite máximo deseable de 50 dB, mientras que en la capital del Ecuador según la norma técnica de límites permisibles de niveles de ruido para zonas fijas del Distrito Metropolitano de Quito, literal 3.6 indica que: “Los establecimientos industriales, comerciales, de servicios públicos o privados, y en general toda edificación, deberán construirse de tal forma

que permitan un aislamiento acústico suficiente para que el ruido generado en su interior, no rebase los niveles permitidos de esta Norma, al trascender a las construcciones adyacentes, a los predios colindantes o a la vía pública (independientemente de su uso).” (Dirección Metropolitana de Medioambiente de Quito, 2005).

Tabla 2.2 Niveles de ruido máximo permitidos en diferentes zonas.

Tipo de Zona Según el Uso del Suelo	Nivel de Presión Sonora Equivalente: NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona Equipamientos y Protección (1)	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple	55	45
Zona Industrial 1	60	50

FUENTE: (Dirección Metropolitana de Medioambiente de Quito, 2005).

Según la Tabla 2.2, en zonas industriales, como en la que se ubica la empresa GTS, tienen un valor nominal de 60 dB de presión sonora, en el horario de 6 am a 8 pm, que equivale al horario laboral común en Ecuador.

2.2 REDES INALÁMBRICAS

Al conectar una red con cables requiere gastos en infraestructura o cambios que no pueden fácilmente enfrentar desde la parte económica y una cantidad de beneficios menores, limitada por asuntos físicos y más aún si existen distancias que son demasiado grandes.

Por tal razón en estos últimos años han ingresado al mercado de las comunicaciones las redes con tecnología inalámbrica o *Wireless* (sin cables). Esta opción permite de forma rápida conectar una red sin tener que estar ligado a cables, ya que la asociación entre varios equipos se da por microondas (SOMARRIBA, 2003).

Hasta el momento no se tiene la expectativa que las redes inalámbricas puedan substituir a las redes con cables, las mismas entregan velocidades que llegan a 75 Mbps, mientras que las con cables prometen velocidades en el orden de Gbps.

No obstante, se pueden combinar redes con cables e inalámbricas, y con esto formar una red que acople las funciones principales y ventajas que cada una pueden ofrecer (SOMARRIBA, 2003).

2.2.1 Redes inalámbricas y sus ventajas

Las redes con comunicaciones inalámbricas tienen varias ventajas sobre las redes cableadas y a continuación se nombrará algunas:

2.2.1.1 La Escalabilidad

En la totalidad de las redes inalámbricas, pueden ser establecidas en una diversidad de topologías para cumplir varias necesidades de tiene las instalaciones y aplicaciones determinadas. Los parámetros son sencillos de cambiar y además resulta no muy complejo la asociación de diferentes usuarios a la red (VEGA, 2003).

2.2.1.2 La Flexibilidad

Al tener equipos que no se encuentran unidos con cables, la adaptabilidad en un lugar de trabajo tiende a ser más alta, logrando manipular computadoras de forma movable para realizar una presentación o realizar una reunión de trabajo con otras oficinas que sean la misma empresa (VEGA, 2003).

2.2.1.3 Costo

La implementación de redes inalámbricas en una instalación que necesita una conexión de un sistema de red resulta más económica y ahorra dinero. El costo que se genera al instalar cables en un sistema de red puede ser considerable y repetitivo. En un espacio si se necesita cambiar o ampliar se debe modificar toda la estructura del cableado. (VEGA, 2003).

2.2.2 Desventajas de las redes inalámbricas

2.2.2.1 Interferencia

Las redes inalámbricas de área local o personal, tienen la posibilidad que se obstruyan una con otra. En la práctica no podrían, ya que ambas redes participan en bandas de frecuencias similares, pero con una modulación del espectro completamente diferente (VEGA, 2003).

Al tener interferencia, se obtiene una baja en la velocidad para transmitir así que la localización de la señal por parte de todos los dispositivos se verá afectada.

2.3 PROTOCOLO ZIGBEE

ZigBee representa un protocolo inalámbrico que es regulado para realizar conexiones con Redes de Área Personal Inalámbrico (WPAN). Dicho protocolo difiere de los otros por el diseño de resistir varias aplicaciones que se encuentran en un mercado con

conectividad más avanzada que los anteriores medios inalámbricos. La figura 2.1 representa un estándar que se encamina a una fracción del mercado que no es tomado en cuenta por las normas vigentes, teniendo una tasa de transmisión de datos con disminución, servicio de conectividad con baja duración y un costo bajo.



Figura 2.1 Protocolo ZigBee y sus diferentes aplicaciones.

Fuente: (Protocolo ZigBee ,2016)

Este protocolo tuvo un desarrollo por la Alianza ZigBee, dicha alianza se conforma por cientos de compañías que fabrican semiconductores, que desarrollan software e instaladores. Esta Alianza con funciones sin fines de lucro nace en el año 2002 (Protocolo ZigBee, 2016). El protocolo Zigbee adopta el estándar IEEE 802.15.4 que se distribuye en la capa física (PHY), la subcapa que es acceso al medio (MAC) y además se agrega la capa de red y de aplicación. (IEEE, 2011).

2.3.1 Características

- Bajo consumo esto permite usar equipos a batería.
- Bajo costo de la adquisición de dispositivos, la instalación y mantenimiento.
- Alcance corto (máximo 100 metros).
- Optimizado para una duración efectiva de transmisión menor a 0.1 %.
- Velocidad de transmisión que va de 20 kbps hasta los 250 kbps.

En la figura 2.2 se muestra varias redes inalámbricas con su respectivo alcance y velocidad de datos, de acuerdo a su alcance se clasifican en:

- WPAN: son Redes inalámbricas especializadas para áreas personales.
- WLAN: son Redes inalámbricas especializadas para áreas locales.
- WMAN: Redes inalámbricas especializadas para áreas metropolitanas.
- WWAN: Redes inalámbricas especializadas para áreas geográficas.

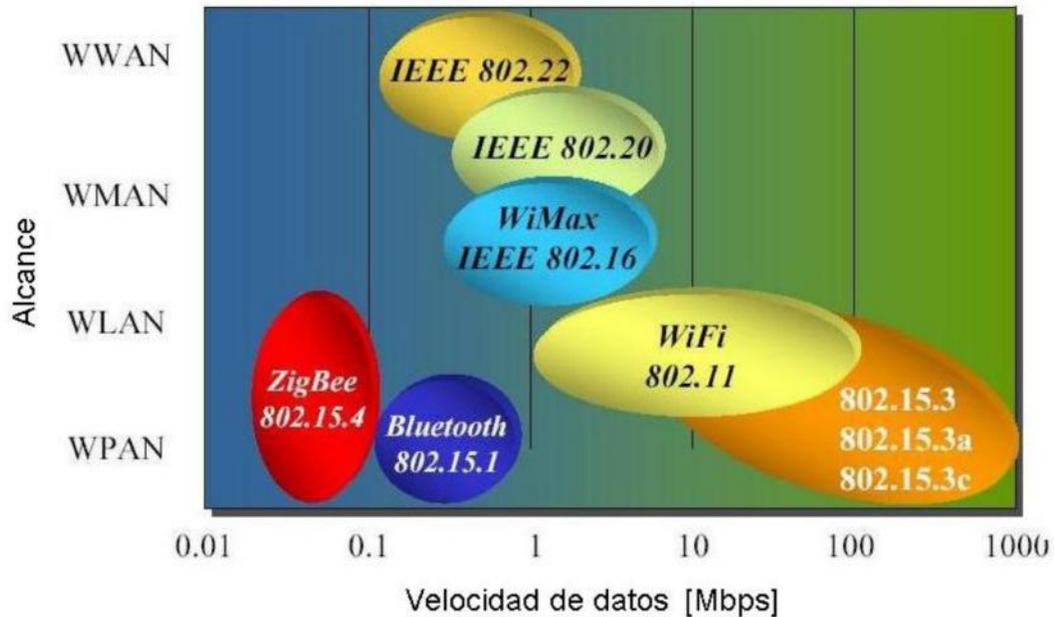


Figura 2.2 Clasificación de redes inalámbricas.

Fuente: (DIGNANI, 2011)

El protocolo Zigbee con su estándar IEEE 802.15.4 tiene un alcance que cubre las Redes inalámbricas especializadas para áreas personales (WPAN) y Redes inalámbricas especializadas para áreas locales (WLAN). La velocidad de datos que se puede transmitir sobrepasa los 100 Kbps

2.4 IEEE 802.15.4 (LR-WPAN).

LR-WPAN (Low-Rate Wireless Personal Area Network) es una red de comunicación simple, de bajo costo que permite la conectividad inalámbrica en aplicaciones con potencia limitada y con requisitos de bajo rendimiento. Los principales objetivos de un LR-WPAN es la facilidad de instalación, la transferencia de datos confiables, muy bajo costo, un ahorro en la duración de batería y el mantenimiento es simple y flexible. (IEEE, 2011).

2.4.1 Características

- Puede trabajar en bandas de frecuencias de 2.4 GHz como en bandas de 868/915MHz.
- Tasa de transmisión que va desde 20 kbps en frecuencias de 868 MHz hasta 250 kbps en 2.4 GHz.
- Produce alta ganancia y baja latencia (retardos de paquetes) para dispositivos de tienen poco tiempo de trabajo.
- Baja potencia.
- Protocolo con handshake para optimizar la seguridad para cuando se transmite.
- Rango: hasta 100 m (depende del ambiente).

El estándar 802.15.4 detalla 2 tipos de dispositivos que pueden funcionar en una red. Los dispositivos con una función completa se pueden acoplar con cualquier topología estos se configuran como coordinadores de red y pueden comunicarse con cualquier otro.

Los dispositivos con función reducida solamente pueden ser miembros de una red con topología estrella y su comunicación debe ser con el coordinador de red, son dispositivos que no son complejos y tienen muy poco procesamiento y memoria. (IEEE, 2011).

2.4.2 Topologías

Dependiendo de los requerimientos de la aplicación, el estándar 802.15.4 (LR-WPAN) opera en uno de las dos topologías como muestra la Figura 2.3, puede ser la topología de estrella o de la topología de punto a punto (peer-to-peer).

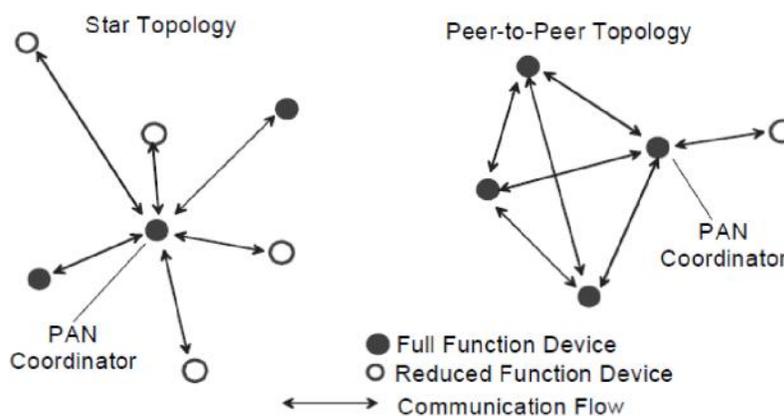


Figura 2.3 Tipos de topología del estándar IEEE 802.15.4.

Fuente: (IEEE, 2011).

En la **topología de estrella** su configuración se basa en trabajar con un nodo como coordinador PAN, así como se observa en la Figura 2.3, por lo cual si un dispositivo con funciones completas se encuentra activado, el mismo puede formar su propia red y lograr ser coordinador PAN, obteniendo una identificación en la red. La comunicación en esta topología es agrupada, cada dispositivo con funciones completas o reducidas se puede unir a la red y fácilmente participar con otros.

En una **topología de punto a punto** (peer-to-peer), cada dispositivo es capaz de comunicarse con cualquier otro dispositivo dentro de su rango de comunicaciones. Un dispositivo es nombrado como el coordinador del PAN, por un momento, por ser el primer dispositivo para comunicarse en el canal. Otras estructuras de red se construyen fuera de la topología de punto a punto, y es posible colocar restricciones topológicas en la formación de la red. (IEEE, 2011).

2.4.3 Arquitectura

La arquitectura del estándar 802.15.4 se define en términos de un número de bloques con el fin de simplificar.

Estos bloques son llamados capas. Cada capa es responsable de una parte del estándar y ofrece servicios a las capas superiores.

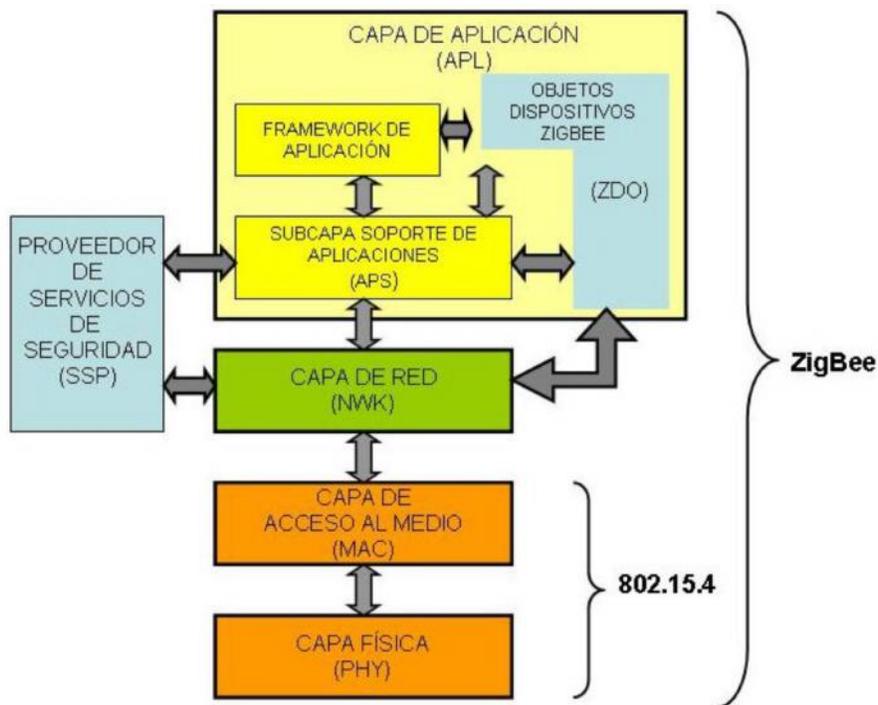


Figura 2.4 Capas según modelo OSI del protocolo ZigBee.

Fuente: (DIGNANI, 2011)

La Figura 2.4 muestra las 4 capas que se utiliza el protocolo Zigbee, de las cuales las 2 capas inferiores son del estándar 802.15.4 (PHY-MAC) y las 2 capas superiores (NWK-APL) son el complemento para definir el Zigbee.

2.4.3.1 Capa Física (PHY)

La capa física su función es de transmitir y recibir tramas de bits en un medio físico como el aire, los bits que se transmite son modulados y de igual forma la señal que se recibe. Los dispositivos pueden funcionar en varias bandas de frecuencias con una distinta tasa de transmisión binaria y diferente número de canales como muestra la Tabla 2.3, con un alcance entre 10 y 75 metros. (CONTRERAS, 2012)

Tabla 2.3 Modulación de la capa física.

Frecuencias (MHz)	Velocidades (kbps)	Modulación	N° de canales
868	20	BPSK	1
915	40	BPSK	10
2400	250	O-QPSK	16

Fuente: (CONTRERAS, 2012).

2.4.3.2 Capa para el acceso al medio (MAC)

La capa para el acceso al medio (MAC) determinada en el estándar IEEE 802.15.4, su propósito es inspeccionar y tramitar el acceso al medio, utilizando el CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance*), el cual es un protocolo que evita que exista choques al momento que varios dispositivos requiera enviar paquetes de datos, sincronizando tramas y controlando el flujo. También reduce grandemente el gasto de energía del dispositivo y con esto prolongar la vida útil de la batería. (CONTRERAS, 2012)

En Zigbee el ahorro de energía se da porque los dispositivos ingresan a un estado de adormecimiento (sleep) después que este transmite o recepta información. El estado puede afectar tanto a todos los dispositivos de la red Zigbee o solo a los que se encuentran configurados como finales. (CONTRERAS, 2012)

2.4.3.3 Capas NWK Y APL

La capa que lleva el nivel de red (NWK) su función es de inspeccionar el tipo de red, agregando o suprimiendo dispositivos, estableciendo direcciones de red y cambiando los paquetes de información hasta que llegue al destinatario por el camino más adecuado.

Dicha capa también se encarga de controlar la calidad de datos que son recibidos en el nodo y corrigiendo si existen errores, los cuales pueden ser provocados por una mala comunicación, congestión de la red, choque de paquetes que son transmitidos y fallos de los mismo nodos. (CONTRERAS, 2012).

La capa con nivel de aplicación (APL) su función es ejecutar las aplicaciones principales del sistema y se divide en tres partes como muestra la Figura 2.5:

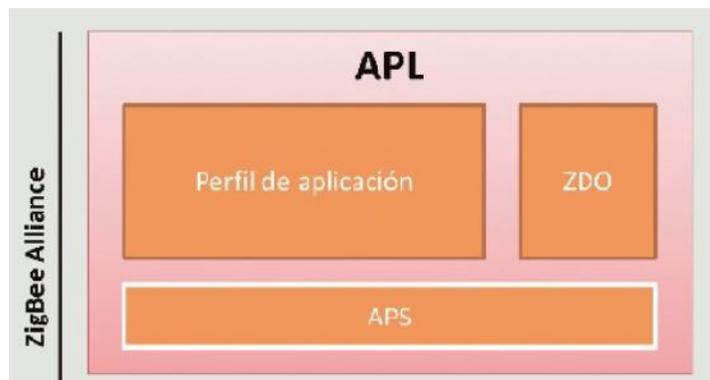


Figura 2.5 Aplicaciones de la capa APL

Fuente: (CONTRERAS, 2012)

- La subcapa de Objeto del Dispositivo Zigbee (*ZDO*), indica que función desarrolla el dispositivo en la red (Router, coordinador o Dispositivo Final).
- Los perfiles de aplicación son determinados por cada fabricante, aquellos se utilizan para detallar diferentes perfiles ZigBee, como por ejemplo el ZigBee Smart Energy.
- La subcapa para soporte (*APS*), es un medio de comunicación con la capa de nivel de red (*NWK*) y con la capa de nivel de aplicación (*APL*), y funciona con un conjunto de actividades que se utilizan totalmente en la sub-capa *ZDO* y en los perfiles de aplicación.

2.4.3.4 Modulación O-QPSK

El estándar IEEE 802.15.4 utiliza una modulación O-QPSK (QPSK Compensada), que es una variante de la QPSK.

Modulación por desplazamiento de fase en una cuadratura (QPSK) es una opción de manipular la fase por desplazamiento en el que se utilizan cuatro ángulos de fase diferentes separados generalmente de 90°.

La figura 2.6 muestra la modulación QPSK tiene en una frecuencia cuatro fases de salida, por lo cual debe tener cuatro condiciones con entradas diferente, necesitando más de un solo bit en la entrada para determinar su condición de salida. Con dos bits existe cuatro condiciones posibles: 00, 01, 10,11 y con este grupo de dos bits se los llama “dibit”, los cuales uno se genera de los cuatro posibles fases de salida (45, 135, -45, -135). (National Instruments ,2007).

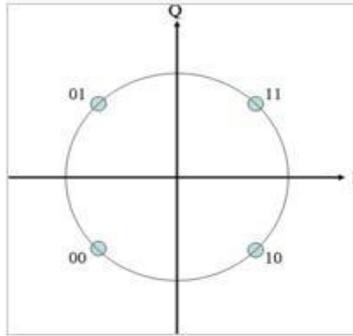


Figura 2.6 Diagrama de constelación QPSK

Fuente: (National Instruments ,2007).

Con la toma de valores en este caso de cuatro y todos a la vez en la misma fase (dos bits) para construir un símbolo QPSK, esto pueda que la señal de la fase genere un salto que puede llegar a 180°, produciendo grandes oscilaciones de amplitud en la señal y afectando la calidad del sistema de comunicación.

En la modulación QPSK compensada (O-QPSK), evita que exista los saltos de más de 180° en la fase, en la figura 2.7 muestra que en una parte del periodo los elementos en fase y en cuadratura nunca cambiarán en el mismo tiempo, esto restringirá el desplazamiento de la fase para que no sobrepase de 90 a la vez y produciendo oscilaciones de amplitud mucho más bajas que QPSK. (National Instruments ,2007).

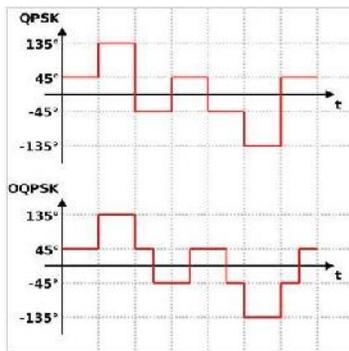


Figura 2.7 Fases de QPSK y OQPSK.

Fuente: (National Instruments ,2007).

2.5 MÓDULOS XBEE



Figura 2.8 Módulos Xbee de la compañía Digi.

Fuente: (DIGI, 1996)

Los módulos XBee (Figura 2.8), son dispositivos de que emiten Radio Frecuencia, los cuales son fáciles de usar, más confiables y rentables, son ideales para redes inalámbricas de bajo costo con nodos cercanos y sin infraestructura o con muy poca. Trabajan en un estándar IEEE 802.15.4 para crear redes de punto a multipunto o redes punto a punto.

Fueron diseñados y construidos para redes que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación que se pueda controlar. Los módulos XBee es propiedad de Digi una empresa norteamericana y se basan en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos de uso simple.

El XBee S1 es un modelo básico que tiene una frecuencia de 2,4 GHz que es compatible en la mayoría de países del mundo, su configuración es simple utilizando un software del mismo fabricante. La topología es de tipo estrella para realizar una conexión de red con un alcance de 100 metros en línea recta sin obstáculos. La transmisión de datos lo realiza a 250 Kbps, ideal para comunicaciones básicas entre redes sencillas. En el mercado es fácil adquirirlo por sus características y su utilización en proyectos de rápida implementación (DIGI, 1996).

La siguiente Figura 2.9 muestra el diagrama que describe la distribución de Pines del XBee S1 con sus respectivas entradas, salidas y voltaje de alimentación.

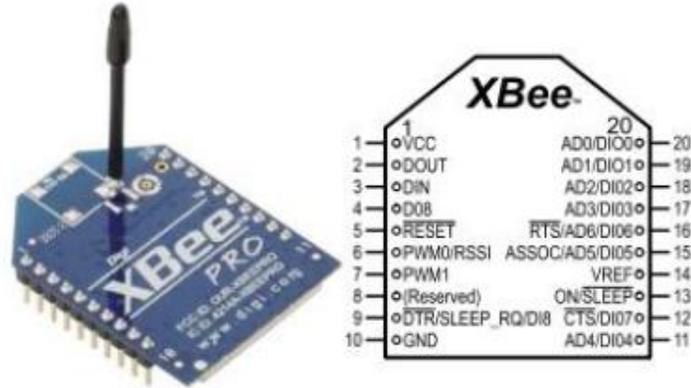


Figura 2.9 Diagrama de Pines XBee S1

Fuente: (Sparkfun, 2016)

En el Módulo XBee existe 20 pines con funcionamiento distinto pero los más importantes para el presente proyecto son los que se describen en la siguiente Tabla 2.4:

Tabla 2.4 Descripción de Pines de Xbee S1

PIN	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	VCC	Alimentación de voltaje continuo
10	GND	Tierra
2	DOUT	UART Data Out Transmisor-Receptor Asíncrono Universal Salida
3	DIN / CONFIG	UART Data Out Transmisor-Receptor Asíncrono Universal Entrada
16	RTS / AD6 / DIO6	Solicitud para tomar la Enviar Control de flujo, entrada analógica o Entrada / Salida digital
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Pin línea de control del Sleep o Entrada Digital
7	PWM	Salida PWM

Fuente: Elaboración propia

Las conexiones mínimas para el módulo funcione como una transmisor o receptor, son los pines 1, 10 que realiza la función de fuente de energía VCC (+) y GND (-). Los pines 2, 3 sirven para realizar la recepción y transmisión de datos UART (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal)

Los pines 16, 9 son utilizados para realizar una actualización de firmware si los módulos los requieren y el pin 7 que es la salida PWM (Modulación por ancho de pulso) que sirve para emular una señal análoga. (DIGI, 1996)

Estos módulos XBee para realizar la comunicación al computador se necesita un accesorio llamado XBee USB Explorer como se muestra en la Figura 2.10, esta tarjeta tiene un convertidor de USB a serial para que los datos del computador sean entendidos en el Xbee cuando este sea configura por medio del puerto USB.



Figura 2.10 XBee USB Explorer

Fuente: (Sparkfun, 2016)

La configuración se lo realiza con un software del fabricante Digi llamado X-CTU, que se lo puede descargar desde la página web, la Figura 2.11 muestra una interfaz simple del programa por lo cual facilita la configuración y la administración de varios módulos que se encuentran conectados en una red. (DIGI, 1996)

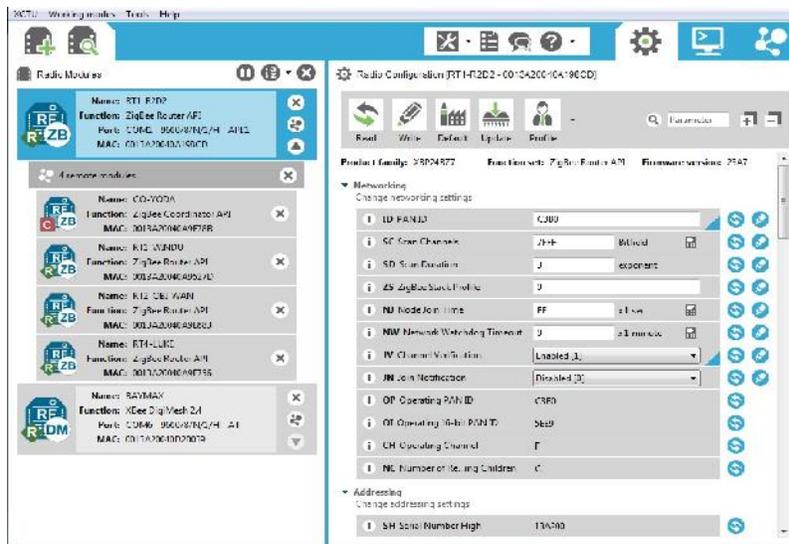


Figura 2.11 Interfaz del Software X-CTU para configurar los XBee

Fuente: (DIGI, 1996)

2.5.1 Características.

- 2,4 GHz de banda de radiofrecuencia con despliegue en todo el mundo
- Alcance de hasta 100 metros en línea de vista.
- Tiene 9 entradas/salidas, analógicas y digitales.
- Voltaje de alimentación 2.8V - 3.4V
- Bajo consumo de 50 mA en funcionamiento y de 10 uA en modo sleep.
- Interfaz serial.
- 16 canales disponibles y cada uno con 65000 direcciones. Se pueden integrar varios de estos dispositivos en una sola red.
- Temperatura -40 to 85° C (industrial)
- Dimensiones 0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm) (DIGI, 1996).

2.6 REGULADOR DE TENSIÓN

Considerando que las fuentes de alimentación son de 12 voltios, es necesario reducir el voltaje a un valor nominal de 3.4 voltios como máximo y lograr mantenerlo. Para esto se ocupará "reguladores de tensión integrado o monolítico, que se asemeja en la parte externa a un transistor. Tiene tres terminales que se llaman Entrada, Salida y Tierra como muestra la figura 2.12". (ARBOLEDAS, 2010)

En este caso el circuito regulador que se utilizará es el integrado con numeración 7805, "cuya tensión de salida es de 5 voltios y una corriente máxima de 1 Amperio, el cual tiene un encapsulado de tipo TO-220, con una lámina metálica en la parte posterior para disipación de calor". (ARBOLEDAS, 2010)

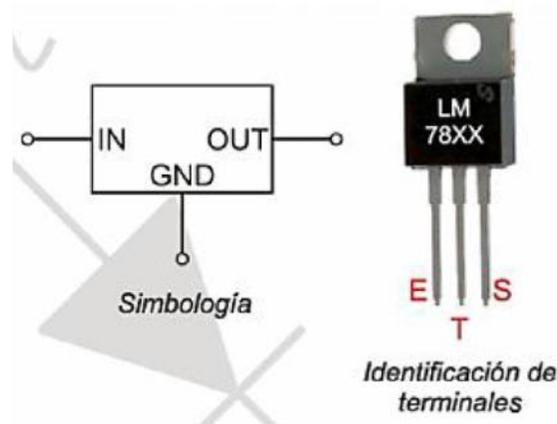


Figura 2.12 Simbología e identificación de pines del regulador de la familia 78XX

Fuente: (ARBOLEDAS, 2010)

2.7 OPTOACOPADOR

Los optoacopladores o aisladores optoelectrónicos es un componente electrónico que está compuesto de un diodo led y un fototransistor, al ser energizado, el diodo led emite luz que activa la base del fototransistor y este ingresa en corte y saturación, actuando como swich. (BOYLESTAD, 2009).

En el presente proyecto se utilizara el modelo 4N35 para controlar la entrada de 12V que emite el simulador de controles remotos y el voltaje de 3,3 V que necesita el módulo XBee.

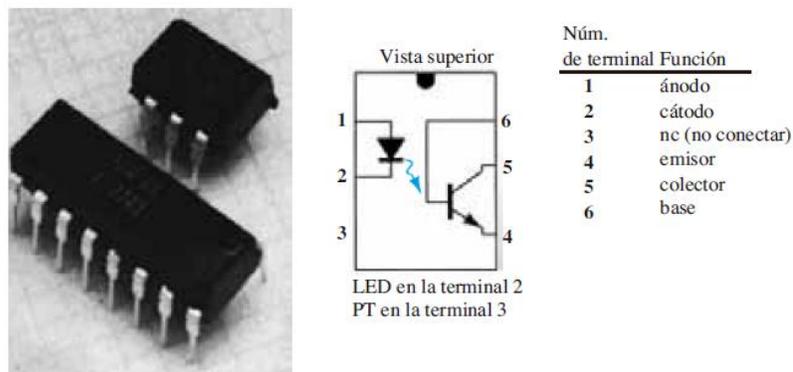


Figura 2.13 Simbología e identificación de pines del optoacoplador 4N35

Fuente: (BOYLESTAD, 2009)

2.8 COMUNICACIÓN SERIAL RS232

En las pruebas de funcionalidad de diferentes dispositivos que realiza la empresa GTS es a través de una comunicación serial, y se utiliza para obtener datos de varios sistemas. El manejar señales digitales, es decir, que si los equipos de pruebas debe interconectarse directamente al computador donde se aloja el software, es necesario contar con este tipo de comunicación para realiza dichas pruebas. El conocer que la comunicación serial contiene un protocolo muy usual para realizar una comunicación con varios dispositivos, esta comunicación ocupa los puertos seriales RS-232 o adaptadores SERIAL – USB, cuando se tenga puertos de comunicación USB. El significado de comunicación serial es básico, ya que este puerto envía y recibe bytes con información y a un bit a la vez.

2.8.1 Características

- En el transmisor el 1 lógico es transmitido mediante una tensión de línea comprendida entre -5 y -15 V y el 0 lógico se transmite mediante una tensión entre $+5$ V y $+15$ V.
- En el receptor se entenderá como 1 lógico toda aquella tensión comprendida entre -3 V y -15 V, y como 0 lógico los niveles de tensión comprendidos entre $+3$ V y $+15$ V.
- Todos los dispositivos transmisores y receptores deben aguantar una tensión de ± 25 V.
- Sólo un transmisor y un receptor por línea de comunicación.
- Sensibilidad del receptor: ± 3 V.
- La impedancia de carga del transmisor está comprendida entre 3 k Ω y 7 k Ω , que es la que presenta el equipo receptor.
- Corriente de cortocircuito inferior a $0,5$ A.

Tabla 2.5 Detalle de terminales comunicación serial.

PIN DB-9	Nombre	Dirección	Función
1	DCD	Entrada DTE Salida DCE	(Data CarrierDetect) El DCE informa al DTE de que ha detectado portadora.
2	RxD	Entrada DTE Salida DCE	Terminal de recepción de datos.
3	TxD	Entrada DTE Salida DCE	Terminal de transmisión de datos.
4	DTR	Entrada DTE Salida DCE	(Data Terminal Ready) Terminal de datos preparado.
5	GND	DTE - DCE	Línea común de referencia (masa).
6	DSR	Entrada DTE Salida DCE	(Data Set Ready) Lo activa el DCE para indicar que ha marcado número.
7	RTS	Entrada DTE Salida DCE	(Request To Send) El DTE activa la línea cuando desea enviar información.
8	CTS	Entrada DTE Salida DCE	(Clear To Send) El DCE activa la línea cuando está preparado para recibir información.
9	RI	Entrada DTE Salida DCE	(Ring Indicator) El DCE informa al DTE de que ha detectado llamada.

Fuente: (PEÑA Y SALDES, 2003)

En la figura 2.14 se muestra la asignación de pines de un conector RS232 de 9 pines macho estándar típica, este tipo de conector también se conoce como un conector DB9.

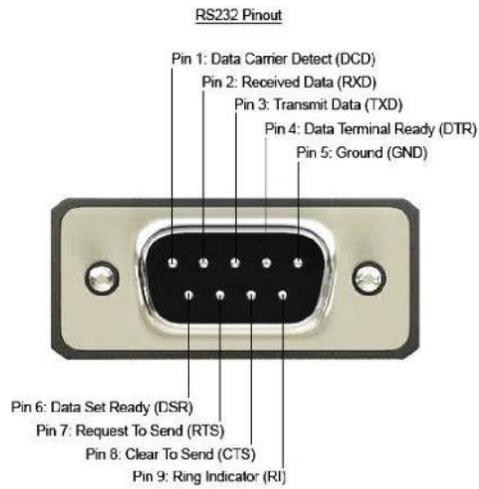


Figura 2.14 Conector DB9 macho

Fuente: (LLC., 2016)

CAPÍTULO 3

3. INFORME DE RESULTADOS

3.1 ESTUDIO DE NIVELES ACTUALES DE SONIDO EN GTS.

3.1.1 Objetivo

Realizar un estudio preliminar de los niveles actuales de sonido que emiten las pruebas de distancia de los controles remotos.

3.1.2 Lugar y equipo de medición utilizado.

El estudio se realizó en la empresa GTS, ubicada en la parroquia rural de Yaruquí perteneciente al D.M. de Quito, provincia de Pichincha, en el lugar conocido como Metro Zona, con una latitud $0^{\circ} 9'24.36''S$ y longitud $78^{\circ}20'12.46''O$. (figura 3.1).



Figura 3.1 Ubicación de la empresa GTS.

Fuente: (Elaboración propia)

Para las mediciones se utilizó un dispositivo sonómetro de marca RADIOSHACK modelo 33-2055 (figura 3.2); las especificaciones de este dispositivo se describen en la tabla 3.1.



Figura 3.2 **RADIOSHACK** modelo 33-2055.

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 3.1 **Características de sonómetro RADIOSHACK modelo 33-2055.**

Batería	9 VCC (una batería alcalina de 9 V)
Micrófono	Condensador Electret
Rango	50 dB a 126 dB
Exactitud	± 2 dB a 114 dB SPL
Señal de Salida	
Voltaje	1 V, pico a pico min. (Circuito abierto, escala completa a 1 kHz)
Impedancia	10 kOhm Min. Carga
Distorsión	Menos de 2% a 1 kHz 0,5V p-p Salida (Entrada: Mic Out, Salida: 10 kOhm)
Temperatura de Operación	32 °F a 122°F (0°C a 50°C)
Temperatura de Almacenamiento	-40°F a 149°F (-4,44 °C a 65°C)
Dimensiones	
(H x W x D)	159 x 64 x 44 mm
Peso.	5,8 oz. (165 g aproximadamente)

Fuente: (Elaboración propia)

3.1.3 Procedimiento para la toma de niveles de sonido

- a. Con el sonómetro se tomó medidas en tres diferentes horarios y en 4 días consecutivos, tanto del sonido ambiente como del sonido que genera la sirena del simulador y con una variación en la distancias. Tomando en cuenta que las pruebas tiene una especificación de la distancia de 60 metros (figura 3.3).



Figura 3.3 Mapa de niveles de sonido y distancia.

Fuente: (Elaboración propia)

- b. Se colocó el sonómetro en el rango de decibelios con una variación de 60 dB hasta 120 dB como muestra la figura 3.4. En la toma de la muestra del sonido ambiente se coloca en 60 dB por tener una variación entre los 53 dB a 57 dB.



Figura 3.4 Rangos de sonido (dB) del sonómetro.

Fuente: (Elaboración propia)

Los rango de variación dependieron como se vaya tomando la muestra, en el caso de la muestra con el ruido de la sirena, se tuvo que colocar en el rango de 120 dB cuando se tomó a una distancia cercana de la sirena.

- c. La tabla 3.2 muestra los resultados obtenidos de las mediciones realizadas, tanto para sonido ambiente como para el sonido generado por la sirena. Aquí se observa que los valores medidos de sonido ambiente tienden a ser constantes a lo largo de los 4 días y a las diferentes distancias establecidas.

Tabla 3.2 Niveles de Ruido y Ambiente (dB) en diferentes días y horarios.

Distancia (m)	Hora	9-may-2016		10-may-2016		11-may-2016		12-may-2016	
		Sonido (dB)	Ambiente (dB)						
0	9:20	125	55	127	57	124	55	126	56
	12:38	123	56	124	56	120	56	121	57
	14:50	122	57	123	54	123	55	121	53
10	9:23	98	56	99	56	97	55	96	53
	12:40	97	57	94	54	99	53	96	53
	14:52	99	56	93	55	92	57	95	55
20	9:25	89	57	86	54	87	56	94	54
	12:42	90	56	85	57	89	56	94	54
	14:54	87	55	90	53	88	54	88	53
30	9:26	84	55	83	54	83	55	88	55
	12:43	82	54	94	57	85	53	85	57
	14:55	81	56	90	54	80	57	84	53
40	9:28	78	57	86	57	79	54	78	57
	12:45	79	56	85	57	77	54	77	56
	14:56	78	57	85	55	76	55	75	55
50	9:30	73	55	83	53	74	54	74	54
	12:46	72	56	74	53	74	54	73	55
	14:57	71	54	73	53	70	53	74	54
60	9:32	72	56	71	54	73	56	73	54
	12:48	71	57	70	53	72	55	70	56
	14:59	72	56	72	56	73	57	72	56

Fuente: Elaboración propia

El rango de variación del sonido ambiente se encuentra entre 53 dB y 57 dB, y según el punto 2.1.3 y la tabla 2.1 del capítulo 2 del presente trabajo, indican que el rango entre 50 dB y 60 dB es un “Ruido de fondo agradable para la vida social “. Estos niveles de sonido son permitidos para la vida diaria según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La figura 3.5 ilustra de forma gráfica las mediciones de la tabla 3.2 por día y un promedio general, donde se observa las tendencias del sonido ambiental y del sonido que genera las pruebas de distancia de los controles remotos.

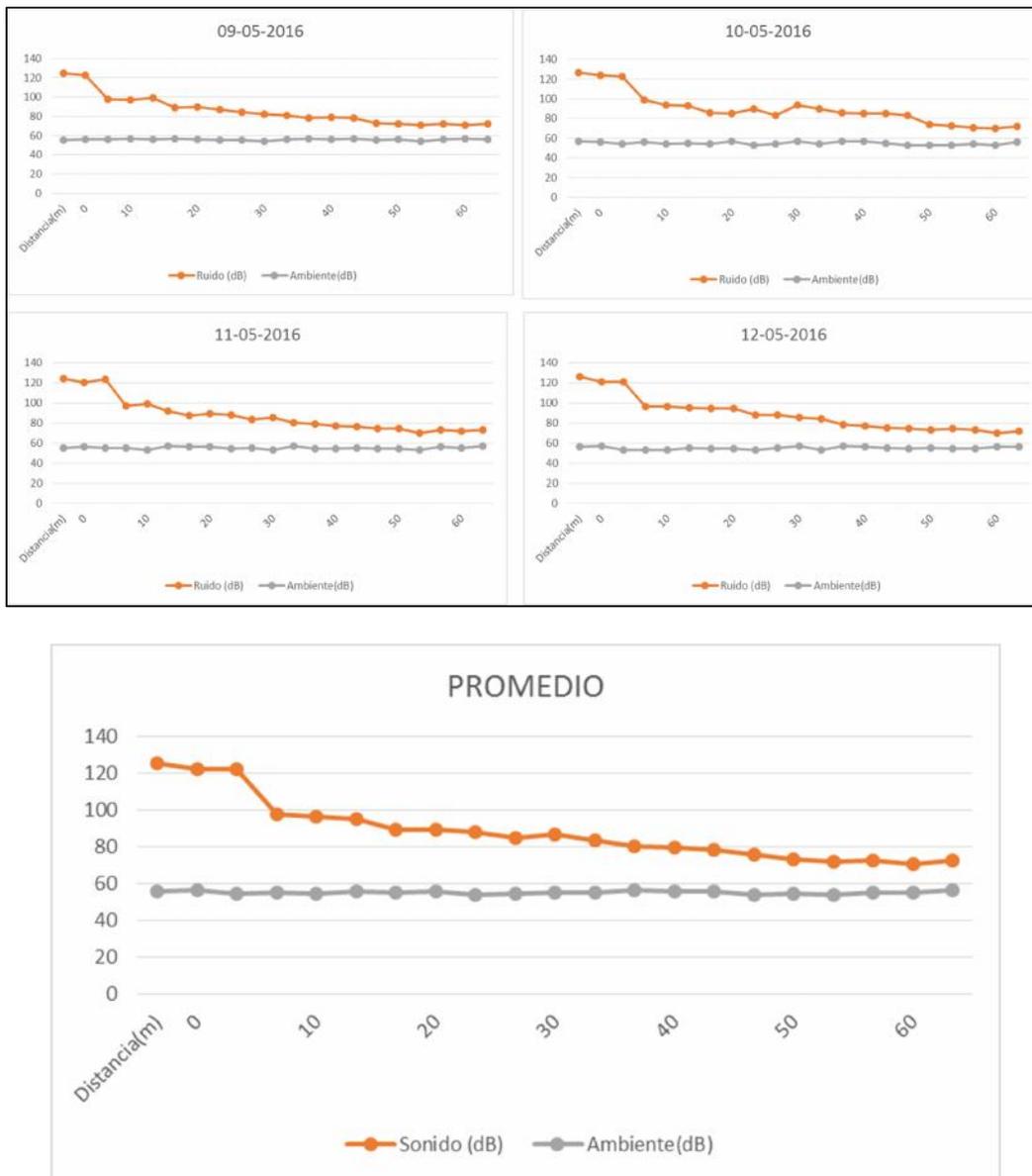


Figura 3.5 Resultados de los niveles del sonido de la prueba y ambiente.

Fuente: (Elaboración propia)

Haciendo un análisis visual de la figura 3.5 se puede determinar que para la muestra tomada con una distancia de 0 metros (cerca de la sirena), el nivel de sonido de la prueba se duplica en comparación con el sonido ambiente, teniendo un valor que sobrepasa los 120 dB y conforme varía la distancia hasta los 60 metros que corresponde a la especificación de la prueba, se obtiene un valor de 70 dB a comparación de 53 dB que es un valor promedio del sonido ambiente, es decir, solo 17 dB de diferencia.

Según los resultados, los valores más altos de ruido que van desde 0 metros con 120 dB hasta los 40 metros con 80 dB, son niveles que se convierten en ruido y causan daños físicos auditivos al ser humano si es expuesto constantemente, según análisis hecho en el capítulo 2, apartado 2.1.3.

Desde 50 a 60 metros se tiene una variación de 79 dB a 70 dB, los cuales son 17 dB más del sonido ambiente, este valor según el apartado 2.1.3 es un “Ruido de fondo incómodo para conversar” generando trastornos psicológicos como irritabilidad excesiva y cansancio a las personas que se encuentran expuestas constantemente a esos niveles.

De igual forma en un argumento estadístico para los cuatro días de toma de datos se tiene un nivel de confiabilidad del 95% con el cual se puede calcular los intervalos de confianza, pero debemos primero calcular la desviación estándar de los datos tomados mediante la siguiente ecuación 3-1:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (x-x)^2}}{n} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde básicamente es realizar el cálculo de la varianza de los datos y el resultado calcular la raíz cuadrada. Obteniendo para el sonido 16 y el ambiente 0,79.

Con los valores anteriormente calculados se procede a calcular el margen de error con la siguiente ecuación 3-2:

$$\text{Margen de error} = Z_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Obteniendo un margen de error para el sonido de 1,69 y el ambiente 0,08.

Finalmente el intervalo de confianza en los dos casos de toma de datos es tener un límite superior e inferior en relación al valor medido como se observa en la ecuación 3-3.

$$\bar{X} \pm \text{Marge de Error}$$

$$\text{Sonido} = 88 \pm 1,69 \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$\text{Ambiente} = 55 \pm 0,08$$

Una vez teniendo los intervalos de confianza, se puede observar que la variación en el sonido en los cuatro días, es significativamente mayor ya que los valores medidos en diferentes distancias no son constantes como los valores del ambiente.

Con este análisis, queda demostrado que la forma actual de probar controles remotos para dispositivos de rastreo satelital de la empresa GTS involucra daños de salud en los operadores de estas pruebas o cualquier otro ser vivo que se encuentre en un radio de 60 metros, por lo que se hace necesario diseñar e implementar un sistema pasivo que elimine el ruido ambiental y permita probar de forma correcta dichos controles, como lo sería un sistema inalámbrico de comunicación.

3.2 DISEÑO DE HARDWARE

Al plantear la necesidad, se inicia con el diseño de un sistema de comunicación inalámbrica para eliminar la contaminación acústica en la empresa GTS; así se presenta en la figura 3 un diagrama de bloques con la etapa de hardware, constando de sub-etapas de entrada, control y salida.

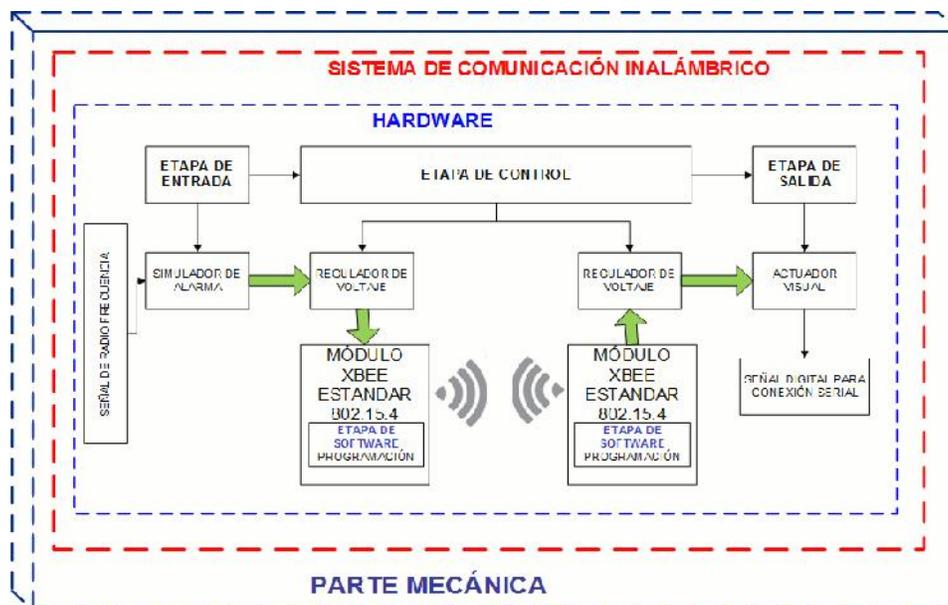


Figura 3.6 Etapa de Hardware

Fuente: (Elaboración propia)

- i. En la sub-etapa de entrada es donde se halla el dispositivo que detectarán la señal de radio frecuencia, en este caso representado por un simulador de alarma, cuya función es emitir el sonido.
- ii. La sub-etapa de control son las unidades principales que controlará la etapa de entrada (señales de radio frecuencia) y etapa de salida (Actuadores y conexión serial). Los encargados son los módulos con protocolo Zigbee conjuntamente con un acoplamiento de reguladores de voltaje, dichos módulos son programados por medio de un software X-CTU para tener una red inalámbrica con un transmisor y un receptor.
- iii. En la sub-etapa de salida se ubicará el circuito que permita tener un actuador visual y una comunicación serial hacia el computador para controlar por parte del operador de producción la efectividad de la prueba de distancia de controles remotos.

Para la etapa de diseño de hardware, es necesario realizar simulaciones, con ayuda de software aplicado a la electrónica con el PROTEUS ISIS, tanto en funcionamiento lógico como en la creación de la placa circuital, obteniendo varias posibilidades y oportunidades de mejora y fallas que podrían suscitarse.

Inicialmente se tiene como dato principal que las fuentes de alimentación usadas en las líneas de producción son de 12 voltios de corriente continua (12 VDC), por lo que es necesario bajar el voltaje a 2,8 – 3,4 VDC para la polarización del XBee según fabricante, diseñando un circuito regulador tanto para el transmisor y receptor con el integrado 7805 y el LM1117 como muestra la figura 3.7.

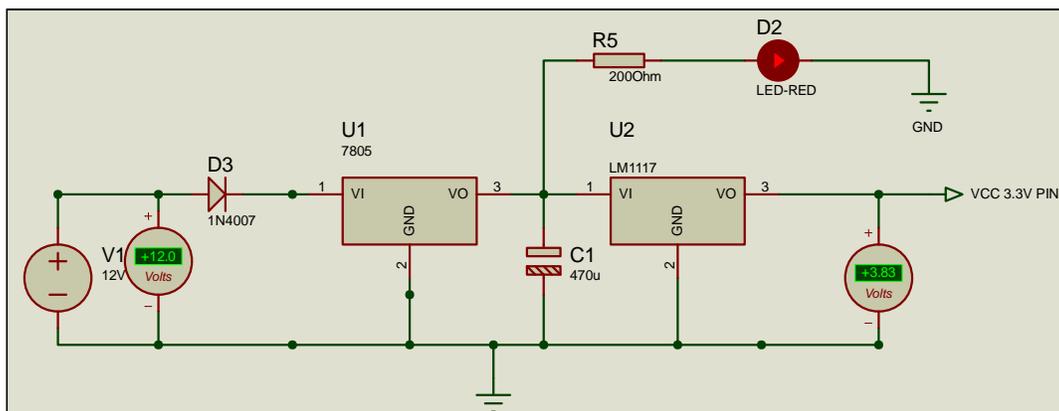


Figura 3.7 Fuente de alimentación simulada en el PROTEUS

Fuente: (Elaboración propia)

El circuito consta de un diodo 1N4007 que se lo colocará para que no existan tensiones o voltajes negativos a la entrada del regulador en caso de una mala conexión.

Como indica el autor *Arboledas Brihuega* que cuando se utilice un regulador de voltaje con una característica de tres terminales en una fuente de alimentación, se debe emplear condensadores que actúen como filtros de desacople de entrada y salida como precaución.

Por lo cual, se coloca un capacitor C3 a la entrada del regulador con el objetivo de filtrar el voltaje de posibles picos indeseables; teniendo en cuenta la capacidad de este condensador se debe escogerse en el orden de los 100µF – 1000µF por cada amperio de salida. Por tanto si se tiene un promedio de consumo de 48 mA entre transmisión y recepción, en el circuito total se obtendrá un valor como muestra en la ecuación 3-4:

$$C = \frac{I_{\text{Consumo}} * C_{\text{Promedio}}}{1A} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$C_1 = \frac{0.048A * 100\mu F}{1A} = 470\mu F$$

En la figura 3.8, un diodo led conectado a la salida del regulador permitirá comprobar que la alimentación se encuentra correcta y que el sistema implementado se encuentra polarizado a 5 VDC necesarios.

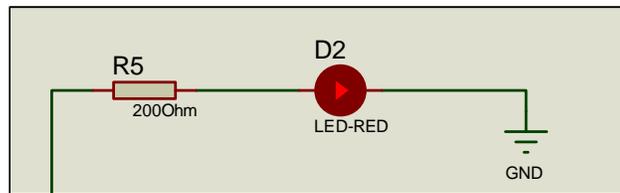


Figura 3.8 LED de alimentación (5V)

Fuente: (Elaboración propia)

La resistencia de 200 se encuentra colocada en serie al diodo led con la finalidad de obtener su voltaje y corriente de operación adecuados, cuyos rangos se encuentran entre 1.5 VDC y 3 VDC (3 VDC en este caso) y una corriente que permita encender el led adecuadamente de 10mA respectivamente, así el cálculo de la resistencia es como muestra la ecuación 3-5:

$$R_{LED} = \frac{V_{IN} - V_{LED}}{I_{LED}} \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$R_{LED} = \frac{5V - 3V}{10mA} = 200 \Omega$$

Una vez realizado el diseño de la fuente para obtener una correcta alimentación, se procede a diseñar el circuito del transmisor y receptor del Xbee. La figura 3.9 representa el circuito transmisor del XBee con el ingreso de un pulso emitido por el simulador de controles remoto cuando es activado mediante la prueba que realiza el operador, el cual envía voltajes de 0V - 12V y este ingresa al optoacoplador 4N35 por el (PIN 1), que activa un diodo led, iluminando la base del colector del fototransistor transformado en un swich (corte-saturación).

El voltaje (3,3V) que ingresa por el colector (PIN 5) continúa su trayectoria dependiendo de la activación de la base, para que su salida sea por el emisor y a su vez ingrese al XBee (PIN20) para ser transmitido inalámbricamente hasta el XBee receptor.

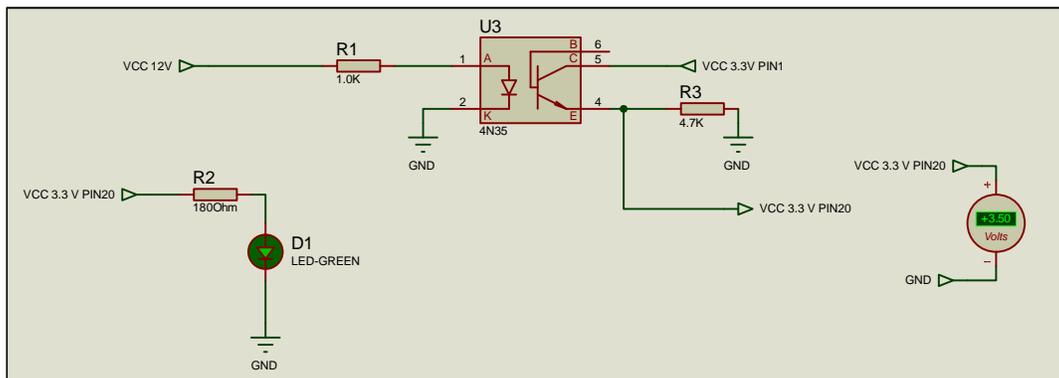


Figura 3.9 Señal de entrada con un optoacoplador 4N35

Fuente: (Elaboración propia)

En el circuito receptor se tiene la salida del XBee el (PIN20), el cual emite los 3,3 V que envía el transmisor, este voltaje ingresa a un transistor que se satura y actúa como swich, permitiendo la conducción de un pulso para activar el relé y así

iluminando un LED que es la verificación visual de la prueba y su conexión serial mediante el pin DTR de un conector RS-232. (Figura 3.10.)

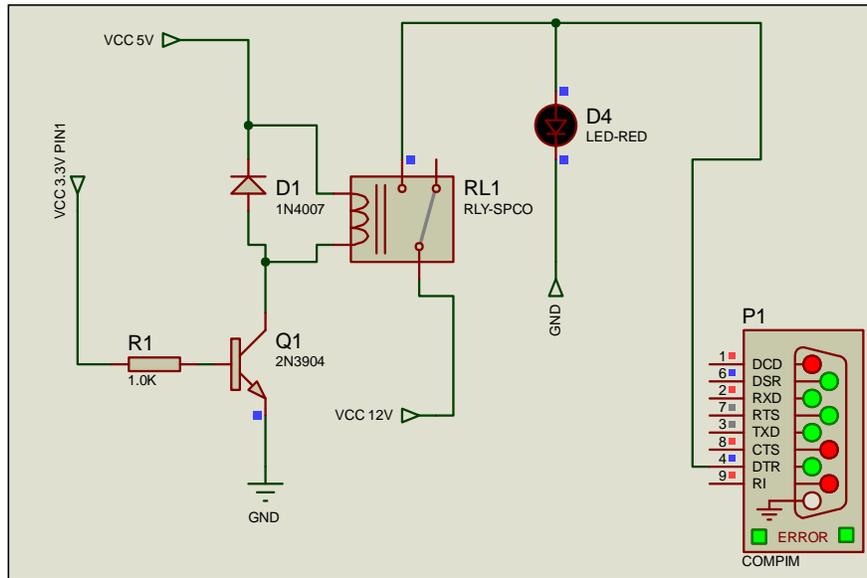


Figura 3.10 Circuito Receptor y conexión RS-232

Fuente: (Elaboración propia)

3.3 CONFIGURACIÓN DE LOS MODULOS XBEE.

Los módulos XBee funcionan bajo el protocolo Zigbee (estándar 802.15.4). Para configurarlos se requiere la instalación de un software que el mismo fabricante dispone en su página oficial (digi.com), el cual se llama X-CTU (figura 3.11). Este software tiene una interface amigable para el programador y un simulador para verificar el funcionamiento de la red.

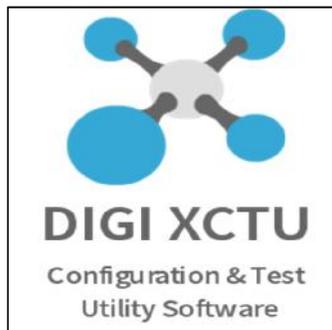


Figura 3.11 Software X-CTU de DIGI

Fuente: (DIGI, 2009)

La configuración comprende la elaboración de la lógica de funcionamiento de los dispositivos XBee, dependiendo de la señal digital que ingresa en la entrada del dispositivo (3.3V), este activa la transmisión de dicha señal por medio de la red inalámbrica y la misma es captada por el receptor que convierte de nuevo en una señal digital, la cual será utilizado para verificar la prueba de distancia por medios visuales, la figura 3.12 muestra el diagrama de flujo que representa el proceso a seguir para un funcionamiento adecuado del sistema de pruebas de controles remotos en la empresa GTS.

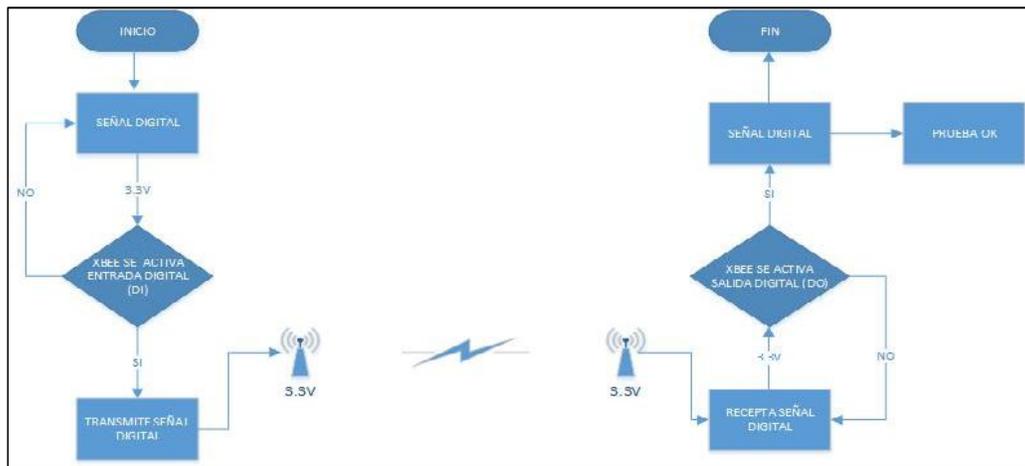


Figura 3.12 Diagrama de flujo de la configuración de los XBee

Fuente: (Elaboración propia)

En el software se configura una red punto a punto, primero incluyendo a los dos XBee en una misma red e indicando cual XBee se convierte en Transmisor y en Receptor, se debe configurar las entradas y salidas estas pueden ser digitales o análogas según las necesidades. En este caso utilizamos señales digitales para que sea transmitido los pulsos generados por el simulador de controles remotos (Figura 3.13).

CH Channel	C
ID PAN ID	3332
DH Destination Address High	0
DL Destination Address Low	11
MY 16-bit Source Address	10
SH Serial Number High	13A200
SL Serial Number Low	409' 9:8F

a) Transmisor

i	CH Channel	C
i	ID PAN ID	3332
i	DII Destination Address High	0
i	DI Destination Address Low	10
i	MY 16-bit Source Address	11
i	SH Serial Number High	13A200
i	SL Serial Number Low	40919428

b) Receptor

Figura 3.13 Configuración de los XBee en una misma red

Fuente: (Elaboración propia)

Se debe conectar los módulos a los puertos USB con el XBee Explorer (figura 3.14), el software los detectará para poder configurar, seleccionando uno a uno los módulos que aparecen en la interface (figura 3.15).



Figura 3.14 Conexión de los módulos XBee al computador.

Fuente: (Elaboración propia)

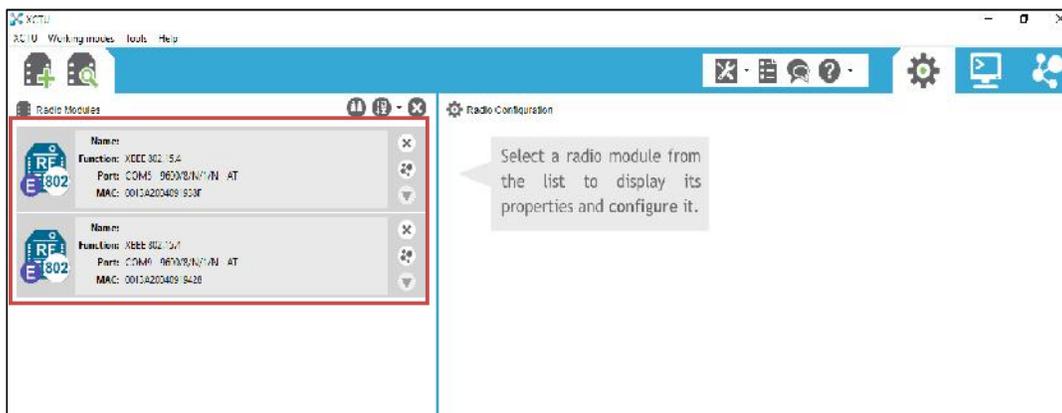


Figura 3.15 Detección de los módulos XBee en el software.

Fuente: (Elaboración propia)

En el XBee transmisor (seleccionado previamente) se debe configurar una de las entradas como señal digital para que pueda captar el pulso y pueda transmitir al otro XBee Receptor, para eso escogemos la entrada y mediante menús desplegables seleccionados la Digital Input (DI) (figura 3.16)

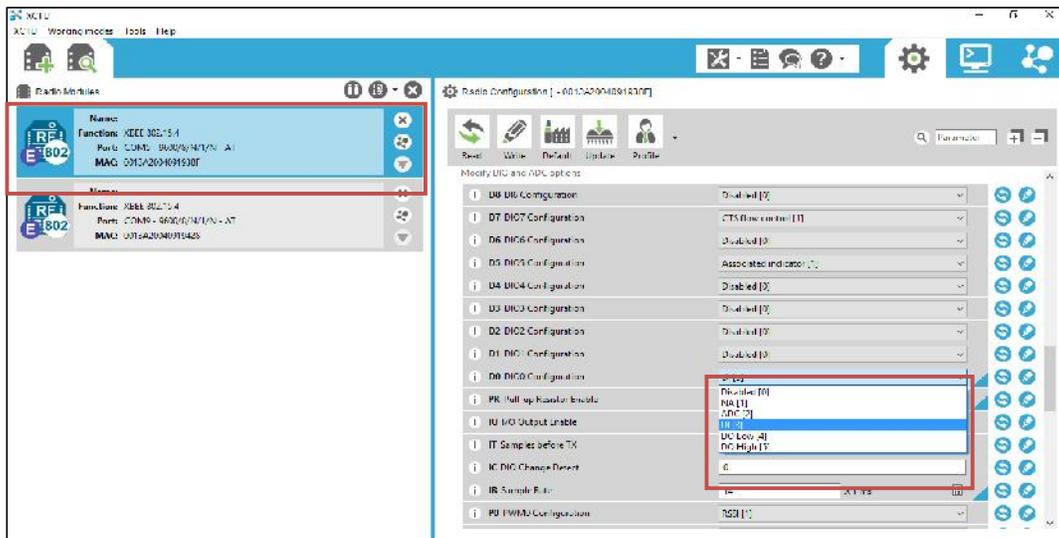


Figura 3.16 Configuración de la entrada del XBee Transmisor

Fuente: (Elaboración propia)

De la misma manera se configura el XBee receptor teniendo en cuenta de utilizar la misma numeración tanto de entrada como de salida, en este caso DO, por lo cual se escoge Digital Output (DO High) (figura 3.17).

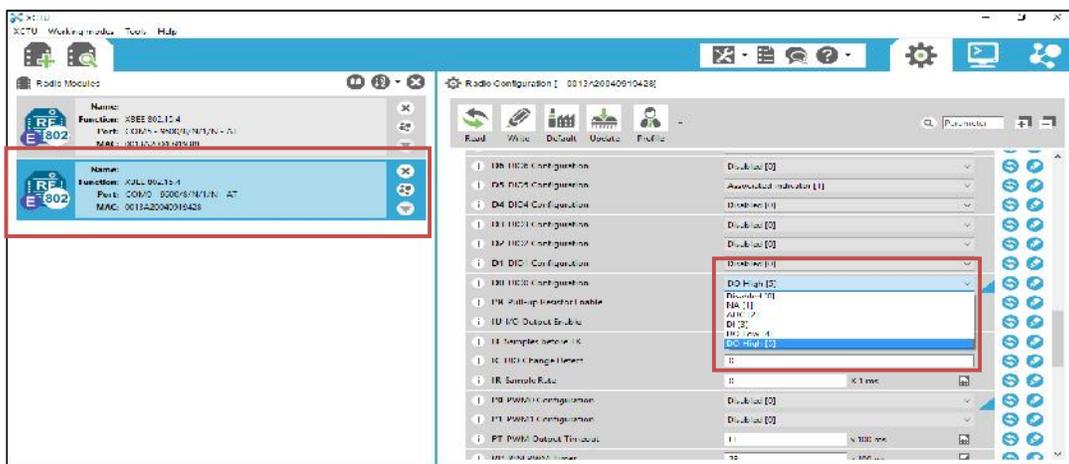


Figura 3.17 Configuración de la salida del XBee Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

Existe varios parámetros configurables pero no todos los utilizamos, estos se lo debe dejar por defecto ya que para el proyecto solo se debe configurar los parámetros antes dichos.

Uno de las características del software es la simulación que podemos realizar a la red que creamos y verificar si existe comunicación antes de implementar en los circuitos de alimentación.

En la opción de consola de simulación se debe conectar el puerto para exista la comunicación entre los dos módulos XBee (figura 3.18), una vez conectados tenemos la opción de escribir texto de forma ASCII, pero el software convierte en una codificación hexadecimal.

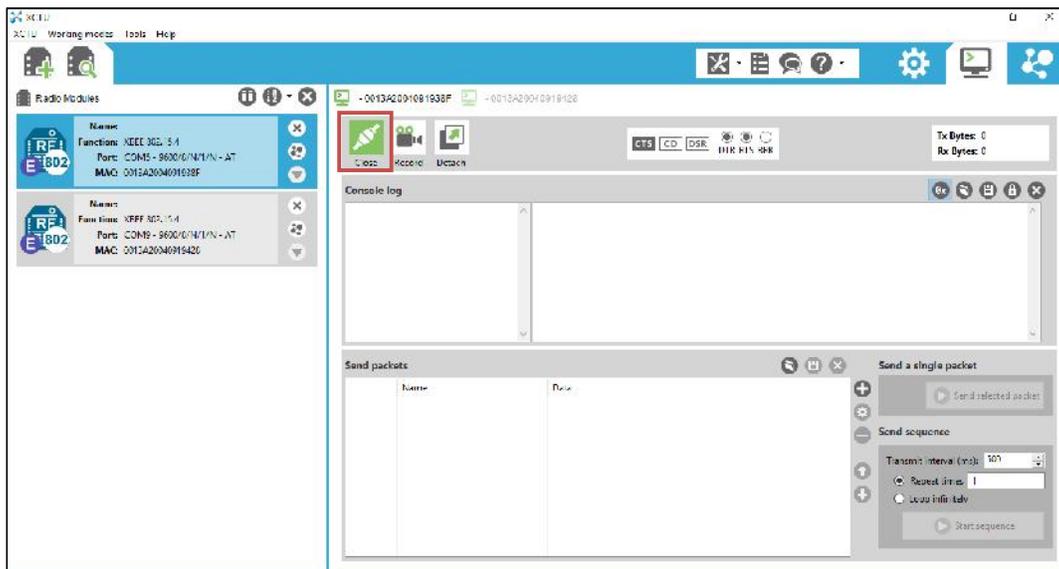


Figura 3.18 Consola de simulación para verificar la red entre los dos XBee.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.19 se muestra que podemos escribir la palabra “hola” en el recuadro de *Console log*, en este caso fue en el módulo transmisor y observamos que la palabra se convierte en una codificación hexadecimal.

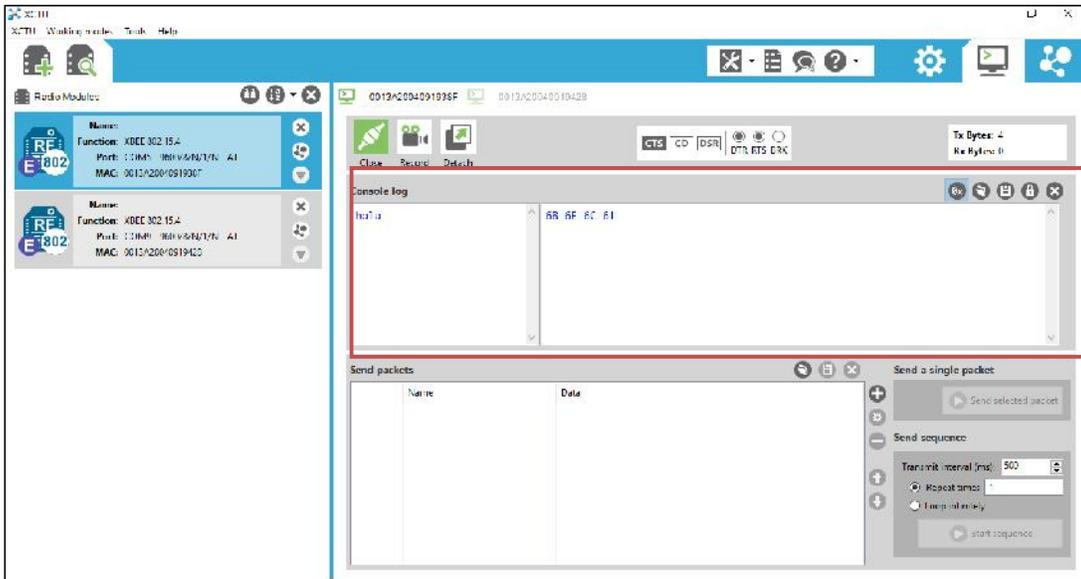


Figura 3.19 Consola de simulación del XBee transmisor.

Fuente: (Elaboración propia)

La transmisión de paquetes en este caso se realiza enviando una palabra para verificar la comunicación entre los dos módulos, obteniendo la misma palabra en el XBee receptor como muestra la figura 3.20 , así garantizamos por medio el software la correcta comunicación antes de proceder a simular con los circuitos electrónicos.

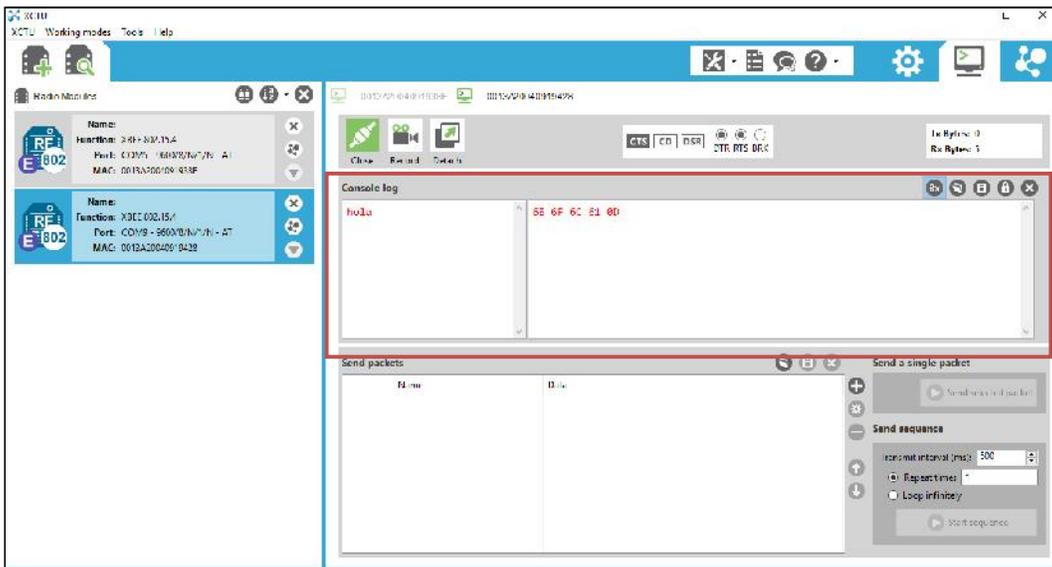


Figura 3.20 Consola de simulación del XBee receptor.

Fuente: (Elaboración propia)

3.4 PRUEBAS Y MONTAJE

Para realizar las pruebas correspondientes se utilizó una placa de circuito impreso genérica (placa galleta), con un circuito regulador de voltaje inicial que se encontraba diseñado con un regulador 7805 y 2 diodos 1N4007, tanto para el transmisor como el receptor y así obtener el valor requerido de los módulos XBee. El voltaje era inestable por la utilización de los diodos, esto causaba que los XBee tenga una intermitencia en su funcionamiento causando problemas en la conexión de una red inalámbrica (Figura 3.21)

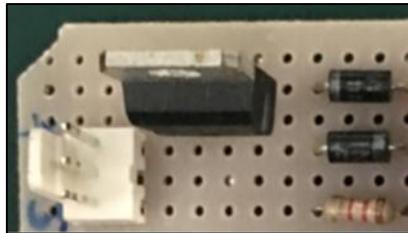


Figura 3.21 Pruebas en placa genérica con regulador 7805 y 2 diodos 1N4007

Fuente: (Elaboración propia)

En la entrada de la señal del simulador de controles remoto se colocó un transistor 2N3904 con el objetivo de realizar una función de corte y saturación para que el mismo actué como switch y se pueda enviar el voltaje requerido al XBee. (Figura 3.22) Esta configuración no se obtuvo resultados deseados ya que al momento de un funcionamiento continuo y un sobre voltaje que pueda enviar el simulador de controles pueda quemar el modulo.



Figura 3.22 Pruebas en placa genérica con transistor 2N3904.

Fuente: (Elaboración propia)

Así que en base a los investigado se encontró para la etapa de regulación de voltaje un regulador LM1117 (Figura 3.23) de Texas Instruments que su función es bajar de 5V que tiene la salida el regulador 7805 a un voltaje de 3,3 V, restando un valor de 1,8 V y así obteniendo un valor estable para lo que necesita el módulo XBee. (Texas Instruments, 2000).

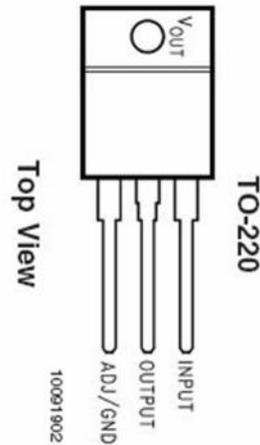


Figura 3.23 Regulador LM1117

Fuente: (TEXAS INSTRUMENTS, 2000)

Para el ingreso de la señal del simulador de controles remoto se utilizará un optoacoplador 4N35 (Figura 3.24) como lo antes simulado en PROTEUS, su protección es más fuerte a los sobre voltajes que un transistor normal

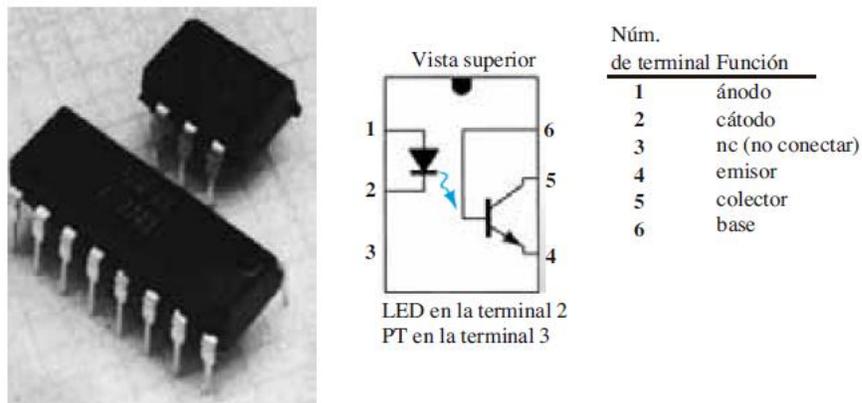


Figura 3.24 Simbología e identificación de pines del optoacoplador 4N35.

Fuente: (BOYLESTAD, 2009)

Con lo antes mencionado se procedió armar en un protoboard los circuitos electrónicos con los elementos antes analizados que a su vez sirvió para simular previo a la diagramación de la placa electrónica final.

En la figura 3.25 muestra el armado del circuito y se verifica el voltaje de alimentación mediante un multímetro para comprobar que sean similares a los antes simulados en el programa PROTEUS, los cuales necesitamos para el funcionamiento de los módulos

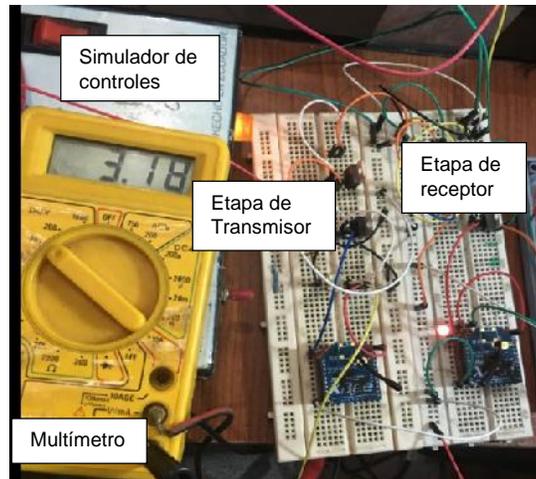


Figura 3.25 Montaje de los circuitos Transmisor y receptor en Protoboard

Fuente: (Elaboración propia)

En la etapa del transmisor tenemos un circuito regulador que se encuentra formado por un 7805 que regula el voltaje de entrada de 12V a un voltaje de 5V y un LM1117 que baja el voltaje de 5V a 3,3 V que necesita el módulo XBee para energizarse. (Figura 3.26)

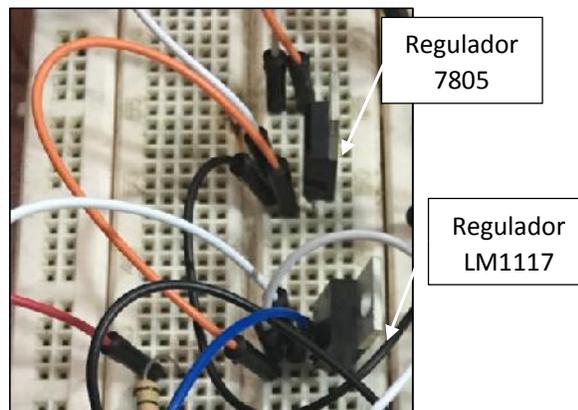


Figura 3.26 Montaje del circuito regulador de voltaje en el Protoboard.

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.27 se tiene una configuración de un optoacoplador con un voltaje de entrada de 12V que envía el simulador de controles remotos y este ingresa al PIN 1 con una resistencia de 1k que a su vez es el ánodo (+) de un diodo led ,este se ilumina y activa la base del transistor, este entra a un estado de saturación el cual se abre como un swich y deja pasar el voltaje de 3.3V que se encuentra en el colector PIN 5, este voltaje sale por el emisor y es enviado al PIN 20 del módulo XBee y transmitido por la red inalámbrica.

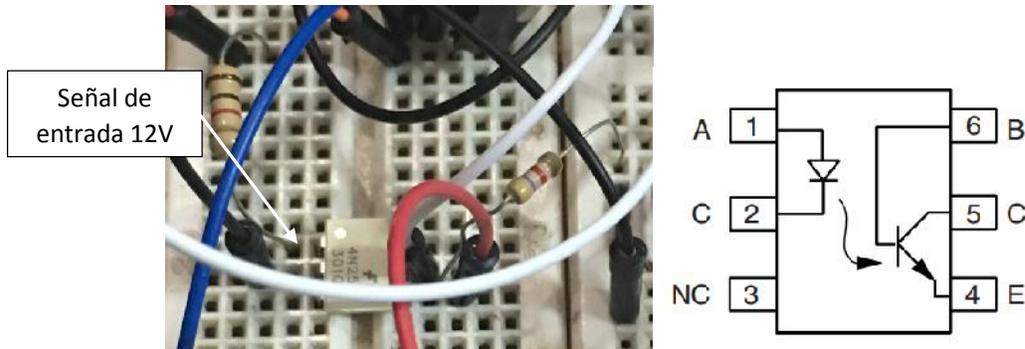


Figura 3.27 Montaje del circuito optoacoplador en Protoboard

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.28 se comprueba el voltaje de 3,3 V que tiene los reguladores de voltaje en la etapa de transmisor y así mismo la etapa del optoacoplador.

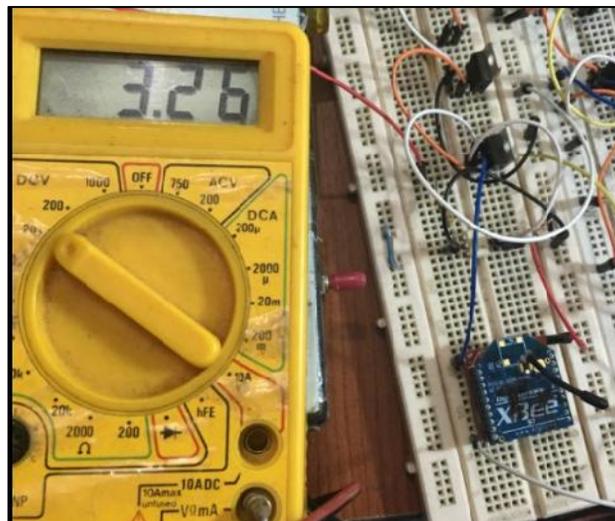


Figura 3.28 Comprobación de voltajes en el circuito transmisor.

Fuente: (Elaboración propia)

En la etapa de receptor se tiene la misma regulación de voltaje que se diseñó en el transmisor, obteniendo el voltaje de 3,3 V que se necesita energizar al módulo XBee. En el circuito del receptor se necesita activar los métodos visuales por lo cual se incluyó un relé, que sirve para conmutar entre la señal de 3,3 V recibida del XBee y los 12V que activa los métodos visuales y la conexión serial. (Figura 3.29)

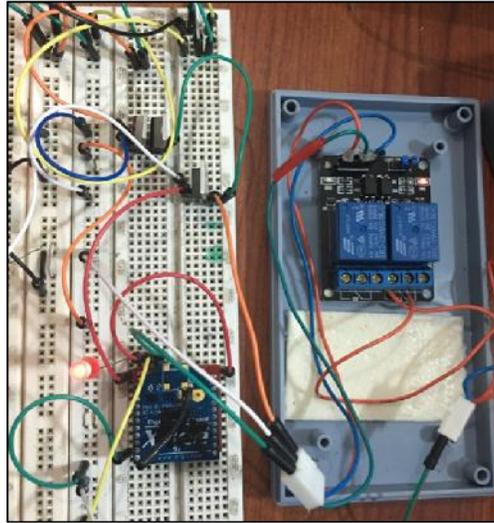


Figura 3.29 Circuito Receptor activado el relé para conmutar las salidas.

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla 3.3 se visualiza los resultados de las pruebas que se realizó en el montaje, en la cual se indica el voltaje ideal para el funcionamiento de los módulos XBee en sus diferentes etapas de alimentación y señal de entrada.

Tabla 3.3 Resultados de valores de voltaje en módulos

PRUEBA	MÓDULOS			
	TRANSMISOR		RECEPTOR	
	Alimentación	Señal	Alimentación	Señal
VOLTAJE				
Prueba 1	3,2	3,3	3,4	3,5
Prueba 2	3,3	3,2	3,3	3,3
Prueba 3	3,4	3,3	3,2	3,2
Prueba 4	3,4	3,3	3,4	3,3
Prueba 5	3,2	3,4	3,3	3,4
Prueba 6	3,4	3,3	3,2	3,2
Prueba 7	3,2	3,4	3,3	3,3
Prueba 8	3,3	3,2	3,1	3,1
Prueba 9	3,4	3,3	3,3	3,3
Prueba 10	3,3	3,4	3,3	3,3

Fuente: (Elaboración propia)

Los valores obtenidos se encuentran en los rangos correctos para el funcionamiento de los módulos, según sus especificaciones técnicas que van de 2.8 a 3.4 V.

3.5 DIAGRAMAS PARA PCB

Una vez que se han realizado las pruebas correspondientes en el protoboard y con resultados satisfactorios, es necesario que las simulaciones elaboradas en PROTEUS se cree la placa de circuito impreso que será el control y administración del sistema en lo que refiere a señales de entrada y salida inalámbricas.

En inicio se reemplaza la alimentación de 12 VDC, entradas de señales y el puerto serial de comunicación, por bloques de terminales, esto se lo realiza en el mismo PROTEUS con el objetivo de que la impresión de las placas sea óptima y pueda existir una mejor administración física de las entradas y salidas del presente proyecto, así en la figura 3.30 y 3.31 se presenta el circuito final antes de llevar al diseñador de placas.

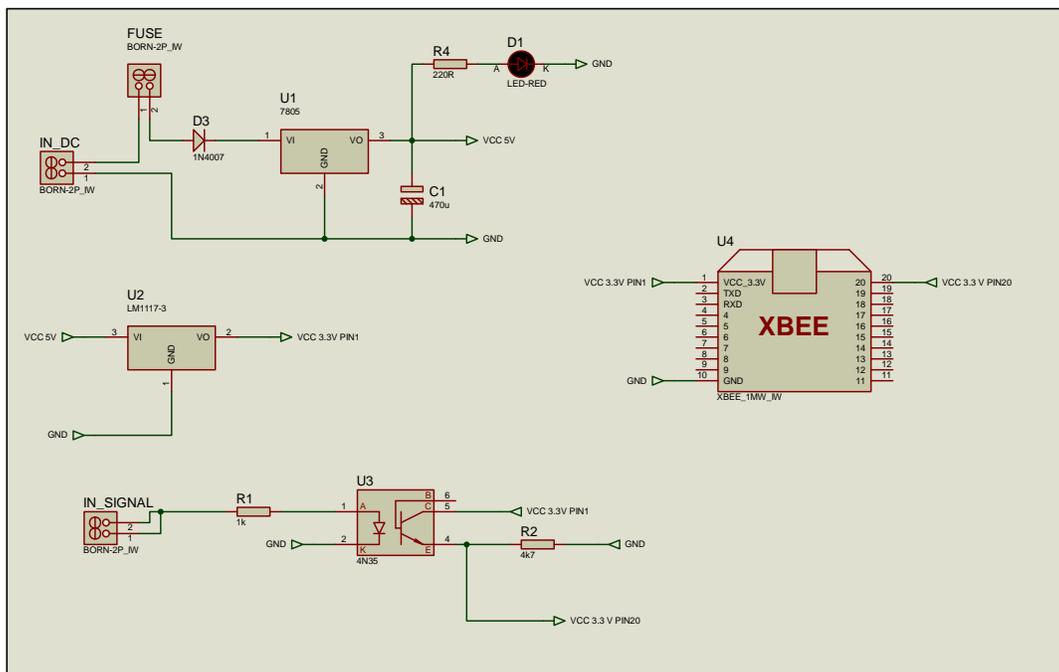


Figura 3.30 Circuito Transmisor en Proteus-Isis para impresión de placas

Fuente: (Elaboración propia)

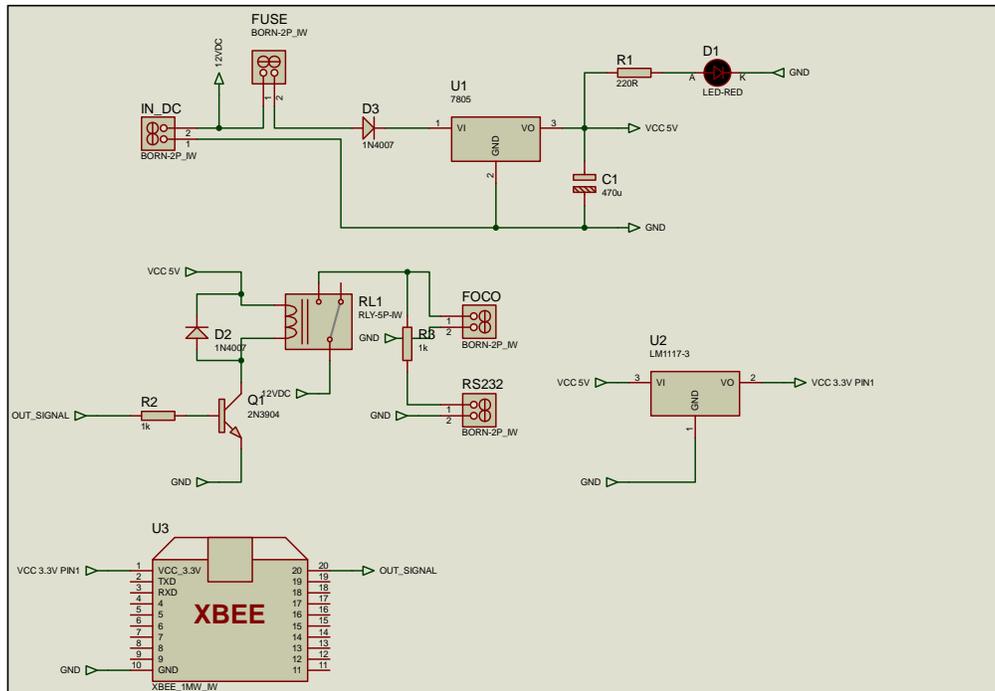
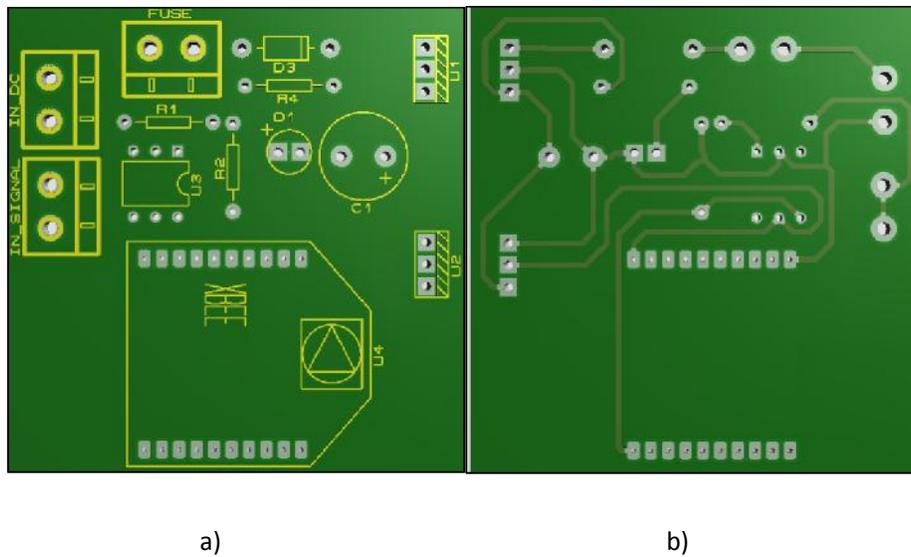


Figura 3.31 Circuito Receptor en Proteus-Isis para impresión de placas.

Fuente: (Elaboración propia)

Se presenta el frente y posterior de la placa del transmisor y receptor sin componentes, simulando el circuito impreso terminado como se observa en la figura 3.32 y 3.33.

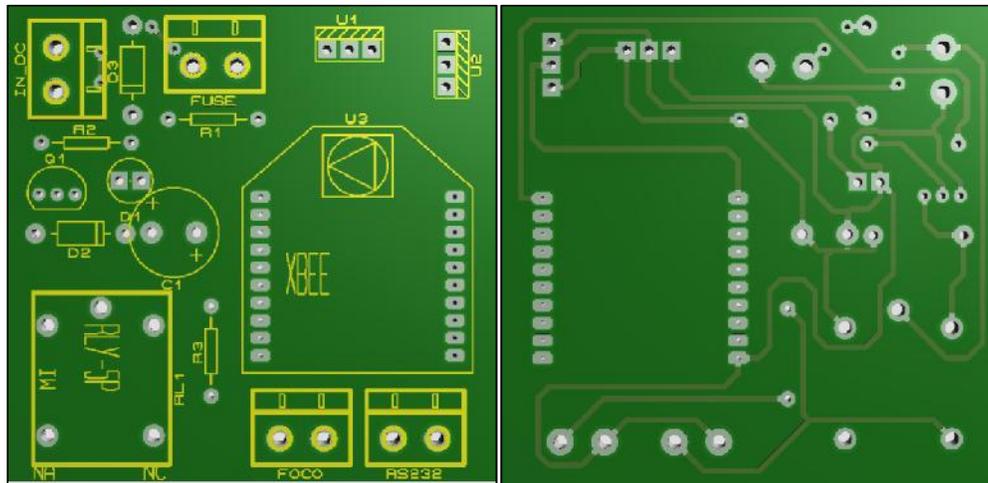


a)

b)

Figura 3.32 Circuito impreso del transmisor a) Vista derecha b) Vista de revés

Fuente: (Elaboración propia)



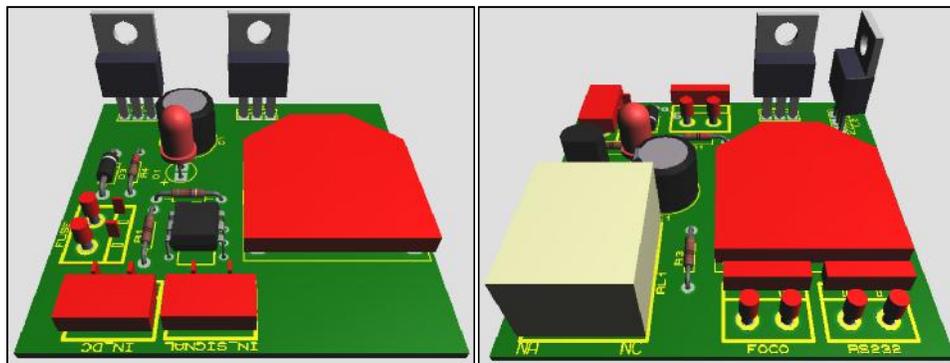
a)

b)

Figura 3.33 Circuito impreso del receptor a) Vista derecha b) Vista de revés.

Fuente: (Elaboración propia)

Una visualización en 3D se muestra en la figura 3.34 del transmisor y receptor, a partir de la simulación en PROTEUS-ARES del circuito impreso ya terminado.



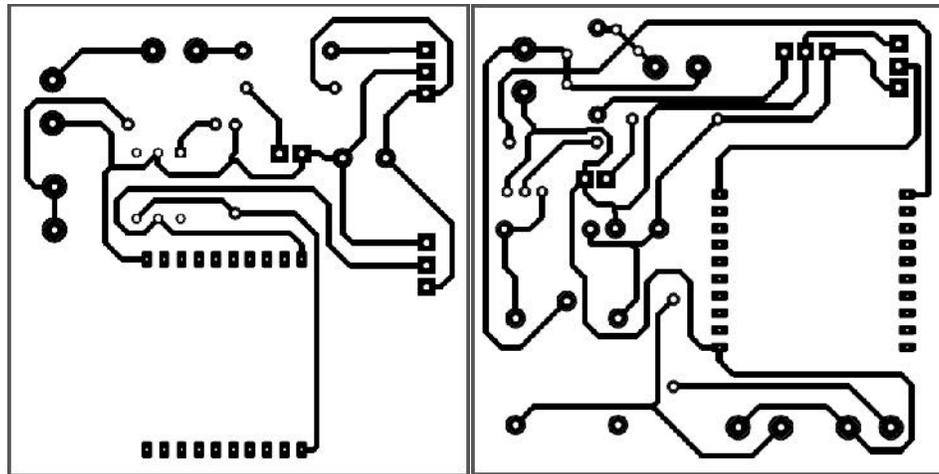
a)

b)

Figura 3.34 Visualización 3D del circuito a) Transmisor b) Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

El circuito impreso final diseñado para el proyecto, es presentado como muestra la figura 3.35, de tal manera que pueda ser llevado para realizar el proceso de impresión por cualquier técnica.



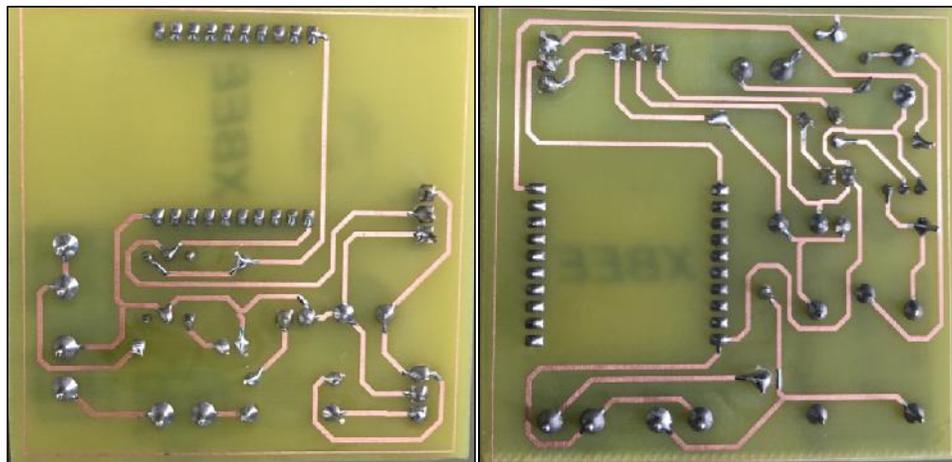
a)

b)

Figura 3.35 Circuito impreso diseñado a) Transmisor b) Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

La placa finalmente impresa y terminada se muestra en la figura 3.36, la cual ha sido enviada a elaborar industrialmente al requerir una cantidad considerable para los fines de este proyecto.



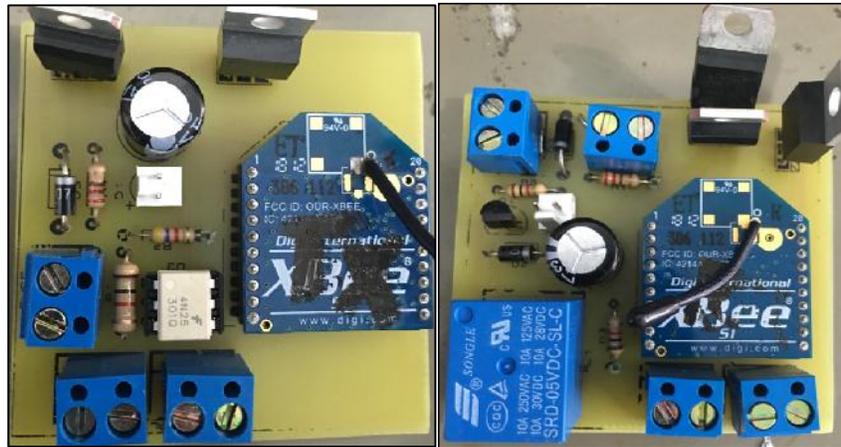
a)

b)

Figura 3.36 Placa de circuito elaborada a) Transmisor b) Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.37, se muestra las placas finales elaboradas y soldadas los componentes.



a)

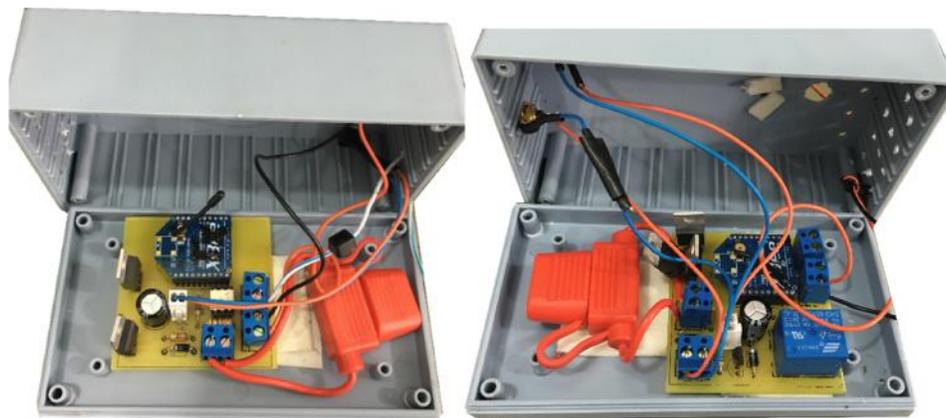
b)

Figura 3.37 Placas de circuitos finales a) Transmisor b) Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

3.6 IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Una vez elaborado el circuito final y programado los módulos XBee, es necesario la conexión de sus partes y la colocación de todos sus componentes en cajas para su protección. (Figura 3.38)



a)

b)

Figura 3.38 Circuitos en cajas protectoras a) Transmisor b) Receptor.

Fuente: (Elaboración propia)

Por lo tanto, el circuito será colocado en una caja que servirá de chasis para protección del mismo y una adecuada administración y posterior mantenimiento o

soporte en caso de presentar anomalías en su funcionamiento o actualización del software del módulo XBee de ser el caso. La figura 3.39 muestra el circuito final colocado en la caja.

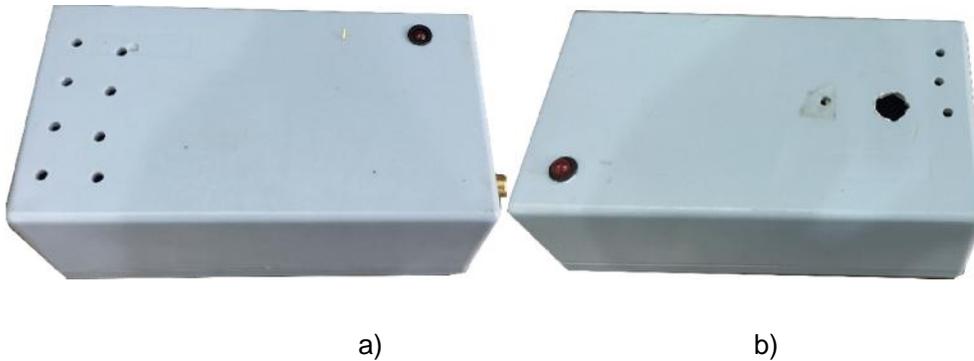


Figura 3.39 Módulos finales con sus cajas a) Transmisor b) Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

En la parte superior de la caja o chasis se monta el led que sirven para visualización de la alimentación. También es montado un conector de tipo RCA usado en los proyectos internos de la empresa para alimentación hacia las fuentes; así se presenta en la figura 3.40 lo descrito.



Figura 3.40 Módulos con conector y led de alimentación

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.41 se muestra la implementación del módulo transmisor en una caja de fibra de vidrio para su protección por del clima ya que este debe estar a 60 metros de distancia del receptor.



Figura 3.41 Implementación de módulo transmisor

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.42 se muestra la implementación del módulo receptor en una caja de fibra de vidrio para su protección por del clima porque se encuentra instalado en la estructura del edificio de la empresa y adicional el actuador en la estación de pruebas de controles remotos.

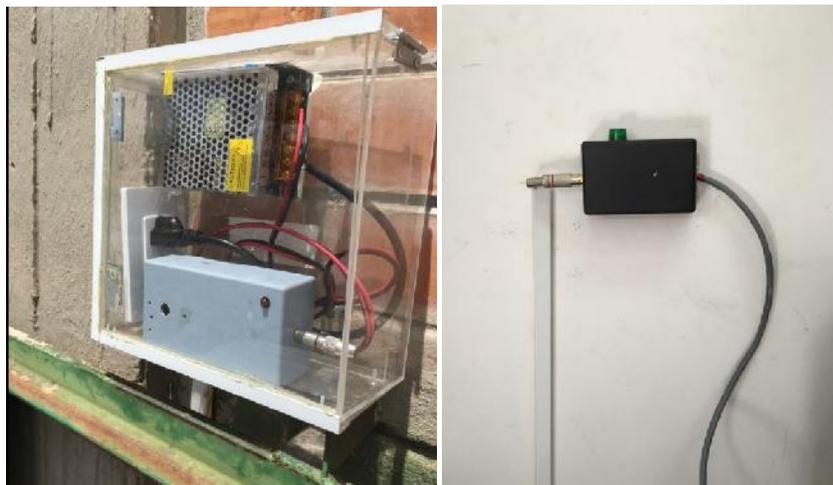


Figura 3.42 Implementación de módulo Receptor y actuador

Fuente: (Elaboración propia)

3.7 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Para la realización de pruebas finales de funcionamiento es necesario realizar una puesta a punto de los componentes a través de una lista de verificación la cual detalla

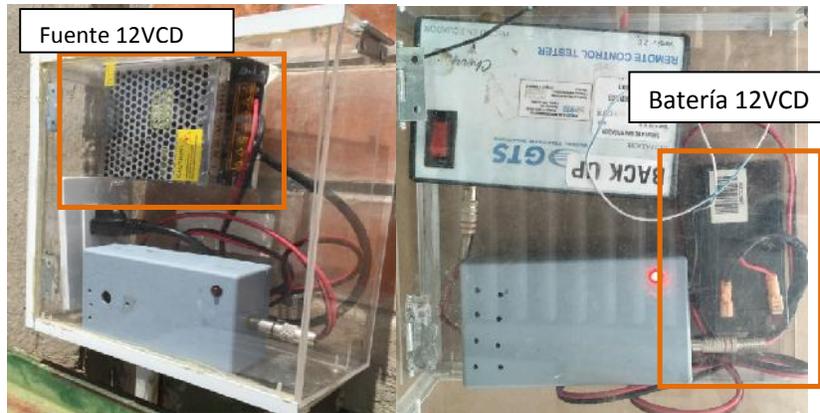
las partes que componen el sistema, ubicación y estado de operación, comprobando que todo se encuentra en óptimas condiciones para su funcionamiento. En la tabla 3.4 se muestra la lista de verificación para inicio de pruebas operativas del sistema inalámbrico para pruebas de controles remotos implementado.

Tabla 3.4 Lista de verificación para puesta a punto del sistema.

LISTA DE VERIFICACIÓN PUESTA A PUNTO DE SISTEMA DE INALÁMBRICO			
ETAPA	COMPONENTES	FUNCIONAMIENTO	
ENTRADA	SIMULADOR	SI	NO
	1.- Simulador de controles remoto	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ALIMENTACIÓN	SI	NO
	1.- Batería de respaldo de 12V	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2.- Conector RCA 12 VDC de entrada	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CONTROL	3.- Led Rojo indicador de 5 VDC del circuito	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	HARDWARE - CIRCUITO ELECTRÓNICO	SI	NO
	1.- Tarjeta de circuito impreso	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2.- Cables y conectores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.- Xbee Transmisor y Receptor funcionando	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	SOFTWARE	SI	NO
	1.- Emparejados Xbee en la misma red	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	HARDWARE - PARTE MECÁNICA	SI	NO
1.- Cajas de acrílico para protección	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.- Chasis de circuito electrónico del sistema	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SALIDA	SENSORES	SI	NO
	1.- Led Verde Visualizador de prueba OK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2.- Terminales de salida hacia el computador	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.- Cable de comunicación serial: PC - Simulador - Software	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: (Elaboración propia)

Una vez realizada la verificación preliminar de funcionamiento de todas sus partes, se inicia con las pruebas funcionales en condiciones normales de operación, es decir, el computador encendido y con el software de pruebas de controles remotos, conectado a sus respectivas fuentes de alimentación tanto el receptor como el transmisor (figura 3.43).



a)

b)

Figura 3.43 Alimentación del sistema a) Receptor b) Transmisor

Fuente: (Elaboración propia)

El módulo transmisor XBee se debe ubicar a 60 metros de distancia en línea de vista hacia el receptor y el operador (figura 3.44).



a)

b)

Figura 3.44 a) Módulo Transmisor, b) Módulo Receptor

Fuente: (Elaboración propia)

Una vez instalado los módulos se inicia las pruebas de controles remotos, el operador pulsa un control y verifica la activación de los actuadores colocados en la estación, (figura 3.45) comprobando la correcta funcionalidad de los controles a una distancia especificada.



Figura 3.45 Actuador visual en la estación de controles remotos

Fuente: (Elaboración propia)

Adicional en el software Remote Control Tester que es una aplicación destinada para la verificación del funcionamiento de los controles remoto y este se encuentra instalado en la máquina de la estación, se incluyó la validación de la prueba de distancia, conectándose por medio de un puerto de comunicación y será habilitado en el mismo software (figura 3.46). Al finalizar las pruebas incluyendo la de distancia, el software da como TEST PASSED si no existe ningún error (figura 3.47).



Figura 3.46 Puerto de comunicación del software y el XBee

Fuente: (Elaboración propia)

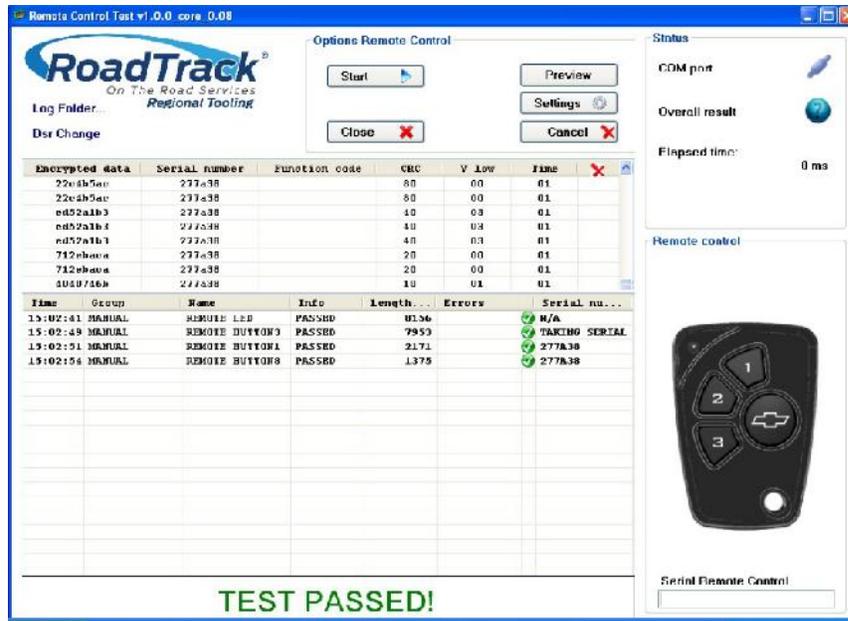


Figura 3.47 Resultado de la prueba por medio del software.

Fuente: (Elaboración propia)

3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Considerando el análisis inicial del literal 3.1 que se realizó al nivel del sonido que genera la prueba de controles remotos comparando con el sonido ambiental en la empresa GTS, se tuvo como resultados daños considerables al personal de la empresa y así se quedó demostrado la implementación del sistema inalámbrico para dichas pruebas.

Una vez terminado la implementación del sistema se realiza nuevamente el estudio de los niveles de sonido del sistema y sonido ambiente, tomando en cuenta las mismas condiciones de número de días con las mismas horas.

En la tabla 3.5 se encuentra los resultados obtenidos de las mediciones realizadas, tanto para sonido ambiente como para el sonido generado por el sistema. Aquí se observa que los valores medidos de sonido ambiente y del sistema tienden a ser iguales a lo largo de los 4 días y a las diferentes distancias establecidas.

Tabla 3.5 Niveles de sonido del sistema y Ambiente (dB).

Distancia(m)	Hora	18/7/2016		19/7/2016		20/7/2016		21/7/2016	
		Sonido (dB)	Ambiente (dB)						
0	9:20	56	55	56	57	56	55	56	56
	12:38	55	56	55	56	55	56	55	57
	14:50	58	57	54	54	55	55	53	53
10	9:23	56	56	56	56	56	55	54	53
	12:40	57	57	55	54	54	53	54	53
	14:52	57	56	56	55	57	57	55	55
20	9:25	56	57	55	54	56	56	55	54
	12:42	55	56	57	57	55	56	54	54
	14:54	56	55	53	53	55	54	53	53
30	9:26	54	55	54	54	54	55	54	55
	12:43	54	54	57	57	54	53	56	57
	14:55	57	56	55	54	57	57	53	53
40	9:28	56	57	56	57	54	54	57	57
	12:45	57	56	57	57	55	54	57	56
	14:56	57	57	55	55	56	55	57	55
50	9:30	55	55	54	53	55	54	55	54
	12:46	57	56	55	53	55	54	57	55
	14:57	54	54	53	53	54	53	54	54
60	9:32	57	56	55	54	57	56	57	54
	12:48	57	57	53	53	55	55	57	56
	14:59	56	56	56	56	56	57	56	56

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.48 se ilustra de forma gráfica las mediciones de la tabla 3.5 por día y un promedio general, donde se observa las tendencias del sonido ambiental y del sistema en las pruebas de distancia de los controles remotos.

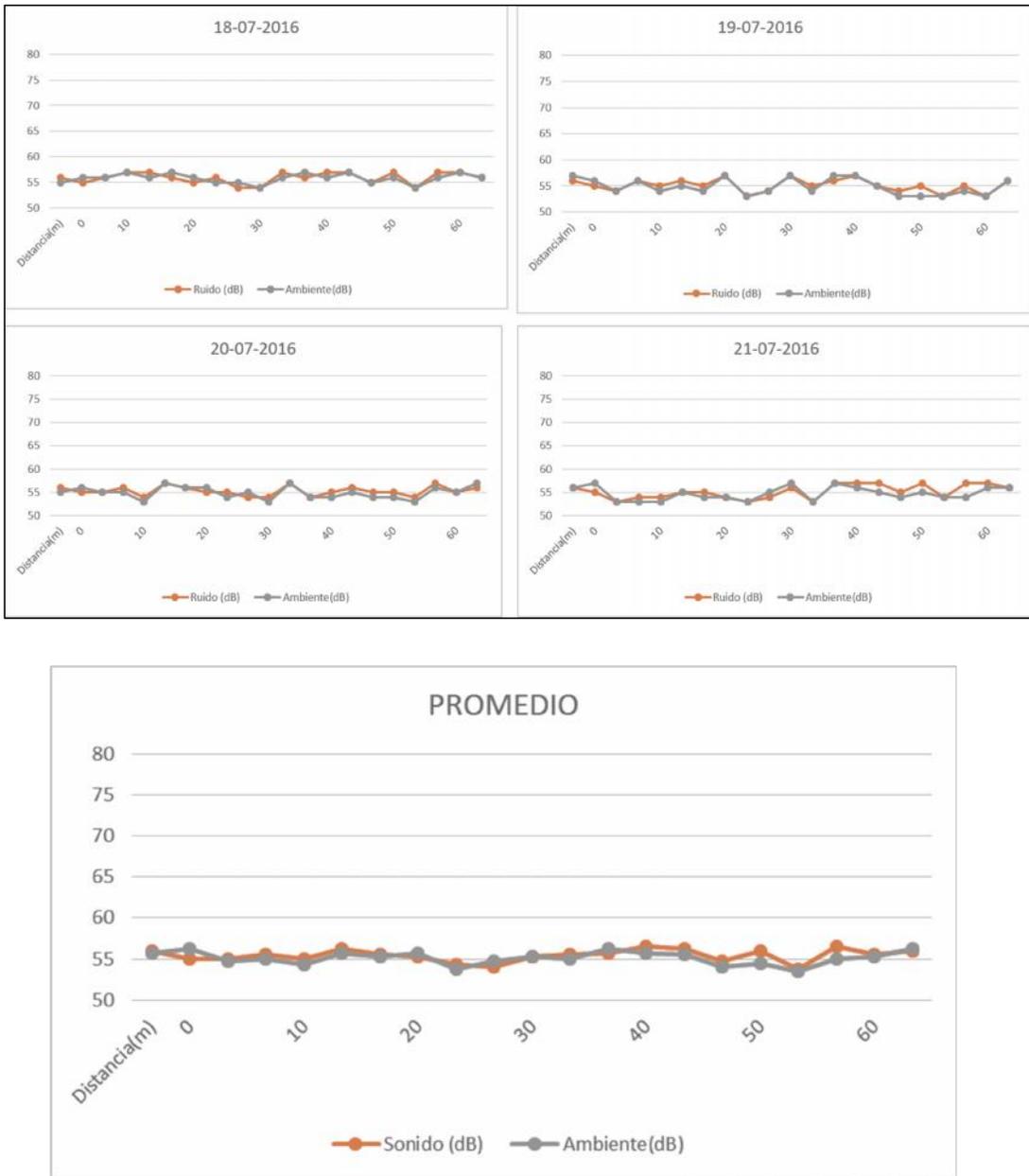


Figura 3.48 Resultados de los niveles de sonido del sistema y ambiente.

Fuente: (Elaboración propia)

Haciendo un análisis visual de la figura se puede determinar que el sonido del sistema es similar al del ambiente que existe en la empresa GTS, así eliminando por completo el ruido que generaba las sirenas en el antiguo sistema. Se puede decir que la implementación del sistema inalámbrico para eliminar el ruido ambiental fue con éxito.

Adicional se realizó una encuesta sobre la medición del ambiente laboral a fin de reforzar los resultados de la implementación del sistema, ya que uno de los síntomas que causaba era un estrés laboral en el personal de la empresa.

La encuesta consistió primero en dividir por área al personal que labora en la empresa obteniendo un 54% del área de producción y un 46% del área administrativa, del total de los encuestados (figura 3.49).

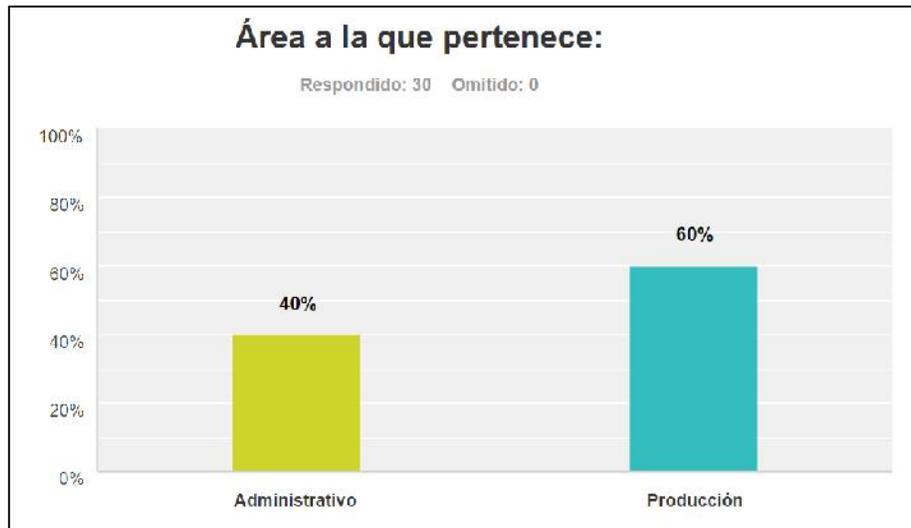
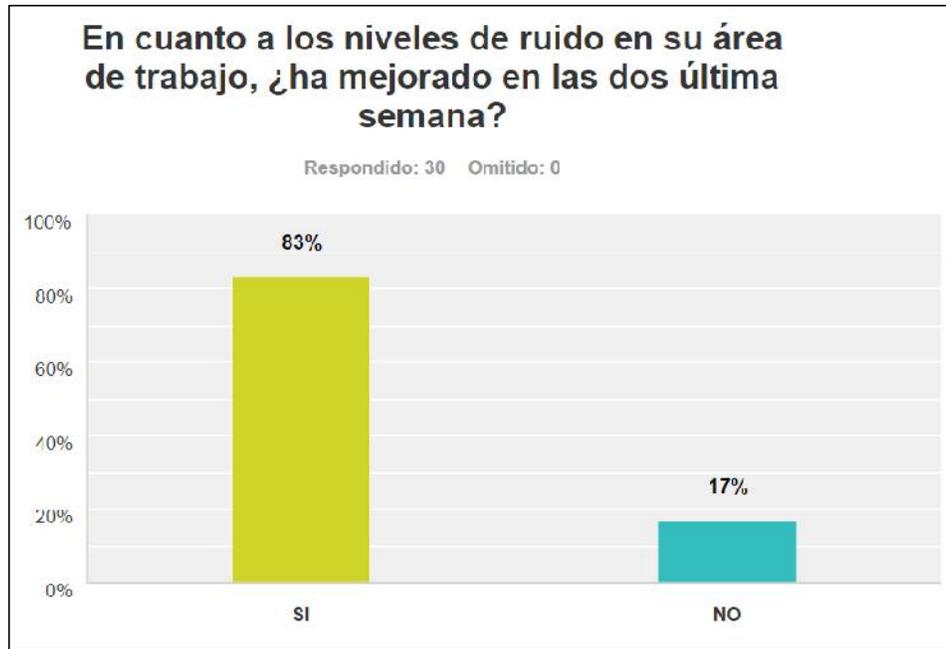


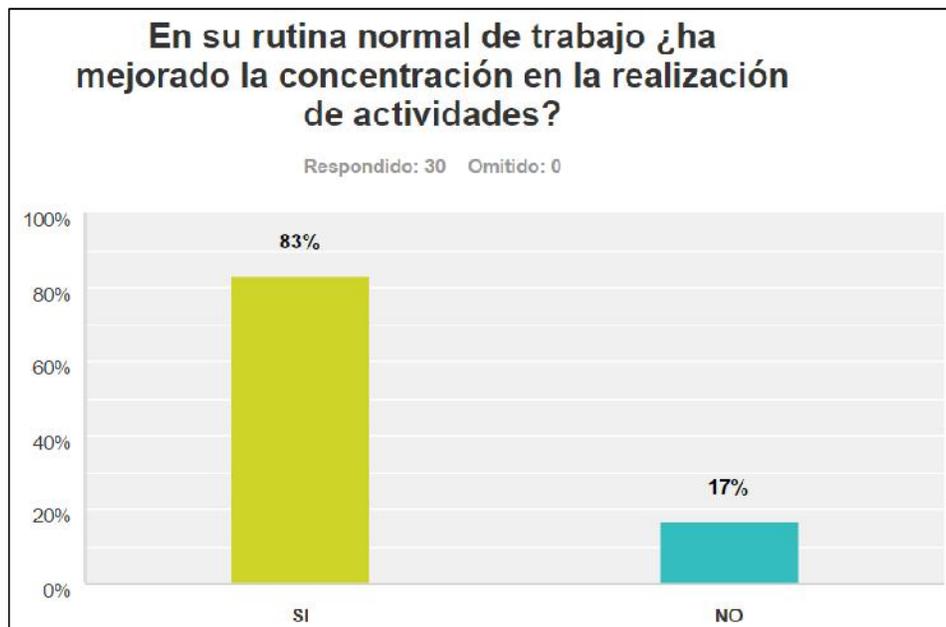
Figura 3.49 Porcentaje de encuestados en diferentes áreas.

Fuente: (Elaboración propia)

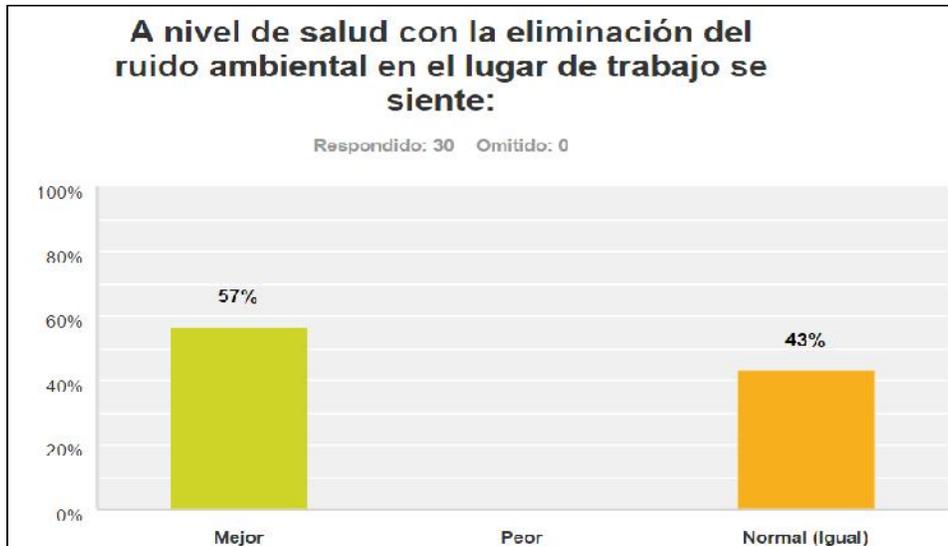
El segundo paso fue del total de encuestados medir el nivel de satisfacción que se tiene al eliminar el ruido ambiental con la implementación del sistema, con el cual se obtuvo que un 83% indican que ha mejorado su concentración y productividad en su área de trabajo y un 17% que no ha mejorado su ambiente de trabajo, pero ese porcentaje que indica que no ha mejorado, en el tercer paso que fue ver la mejora de salud, no existió resultados que ha empeorado sino que un 43% se mantuvo en niveles normales y un 57% ha mejorado su salud (figura 3.50).



a)



b)



c)

Figura 3.50 Nivel de satisfacción a) Ruido Ambiental b) Concentración c) Salud

Fuente: (Elaboración propia)

3.9 ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar el análisis de costos se realiza un desglose por tipo de materiales a ocupar como son eléctricos, electrónicos y mecánicos. La tabla 3.6 detalla la cantidad de componentes eléctricos usados, descripción, costo unitario y el costo total.

Tabla 3.6 Materiales Eléctricos

LISTA DE MATERIALES ELÉCTRICOS			
DESCIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Cables de conectorización circuito interno (metros)	5	0,25	1,25
Conectores RCA (Alimentación)	2	0,2	0,4
Conectores serial DB-9	1	0,5	0,5
Convertor de serial a USB	1	3	3
Cable conexión de batería (metros)	3	0,3	0,9
Juego para cable serial DB9 (metros)	3	0,9	2,7
Regleta Hembra Simple	2	0,63	1,26
SUBTOTAL			10,01
IVA			1,40
TOTAL			\$ 11,41

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla 3.7 presenta el detalle de todos los componentes electrónicos usados en el proyecto.

Tabla 3.7 Materiales Electrónicos

LISTA DE MATERIALES ELECTRÓNICOS			
DESCIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Modulos Xbee	2	45,6	91,2
Desarrollo PCB Molex	2	16,3	32,6
Regulador 7805	2	12,5	25
Regulador LM1117	2	5	10
Optoacoplador 4N35	1	0,5	0,5
Relé	1	3,5	3,5
Fuente de 12VCD	1	15	15
SUBTOTAL			177,8
IVA			24,89
TOTAL			\$ 202,69

Fuente: (Elaboración propia)

Hay que considerar que el “Desarrollo PCB Molex”, cuenta con la elaboración de la placa, adicionando los componentes descritos en la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Descripción Materiales Desarrollo PCB

CANT	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
2	Diodo 1N4007	\$ 0,15	\$ 0,30
1	Capacitor electrolítico 470 uF	\$ 0,10	\$ 0,10
1	Diodo LED color verde (No alta luminosidad)	\$ 0,05	\$ 0,05
3	Diodo LED color rojo (No alta luminosidad)	\$ 0,05	\$ 0,15
4	Resistencia de 220 Ω	\$ 0,05	\$ 0,20
1	Resistencia de 1 K Ω	\$ 0,05	\$ 0,05
1	Resistencia de 4.7 K Ω	\$ 0,05	\$ 0,05
5	Espadín macho - hembra dos pines	\$ 0,15	\$ 0,75
3	Espadín macho - hembra tres pines	\$ 0,15	\$ 0,45
2	Fusibles	\$ 0,20	\$ 0,40
1	Espadín macho - hembra cuatro pines	\$ 0,15	\$ 0,15
1	Borneras dobles	\$ 0,18	\$ 0,18

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla 3.9 muestra el listado de materiales mecánicos que se utilizaron en la implementación.

Tabla 3.9 Materiales Mecánicos

LISTA DE MATERIALES MECÁNICOS			
DESCIPCIÓN	CANT	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Caja para PNC en acrílico	2	80	160
Chasis para circuito	2	4	8
Cinta doble faz	1	5	5
Manga termocontractil (metros)	1	0,5	0,5
Ring - Holder para LED's	2	0,04	0,08
SUBTOTAL			173,58
IVA			24,30
TOTAL			\$ 197,88

Fuente: (Elaboración propia)

Con los datos anteriores se puede tener el costo total del sistema implementado, el cual se puede verificar en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Costo total del sistema

COSTO TOTAL DEL SISTEMA		
CANT	DESCIPCIÓN	COSTO
1	Material Eléctricos (Tabla 3.6)	\$ 11,41
1	Material Mecánicos (Tabla 3.8)	\$ 197,88
1	Material Electrónicos (Tabla 3.7)	\$ 202,69
1	Mano de obra	\$ 18,00
TOTAL		\$ 429,98

Fuente: (Elaboración propia)

Cabe mencionar que el costo total del sistema representa una inversión mínima al ahorro que puede tener la empresa por multas generadas al no prevenir como un factor de riesgo el sonido de la prueba, el cual puede causar una enfermedad profesional u ocupacional. Esto puede llegar de 3 a 30 salarios mínimos vitales según el resultado que indique la comisión nacional de prevención de riesgo.

El análisis de costo-beneficio también se puede enfocar en cantidades que se reportaba por problemas en la prueba de distancia vs cantidad producida por mes, como se muestra en la tabla 3.11; obteniendo así la relación porcentual entre ellos, las partes por millón (PPM) para maximizar la relación y el costo efectuado en los últimos 7 meses anteriores a la implementación del sistema, que consiste en la reparación de

la partes que equivale al valor de cada pieza reemplazada o reparada, asumiendo que la prueba con el anterior sistema segregó correctamente.

Tabla 3.11 Relación productos producidos contra No. De fallas por distancia

MES	CANTIDAD PRODUCTOS PRODUCIDOS	No. DE FALLAS POR DISTANCIA	PORCENTAJE PNC	PPM	COSTOS POR REPARACIÓN
NOVIEMBRE-15	7900	79	1,00%	10.000	\$ 280,45
DICIEMBRE-15	7900	76	0,96%	9.620	\$ 269,80
ENERO-15	7900	68	0,86%	8.608	\$ 241,40
FEBRERO-15	7900	70	0,89%	8.861	\$ 248,50
MARZO-15	15900	67	0,42%	4.214	\$ 237,85
ABRIL-16	15900	76	0,48%	4.780	\$ 269,80
MAYO-16	23860	63	0,26%	2.640	\$ 223,65
PROMEDIO					\$ 253,06

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura 3.51 se observa una tendencia que se mantiene en los costos por reparación con el anterior sistema.

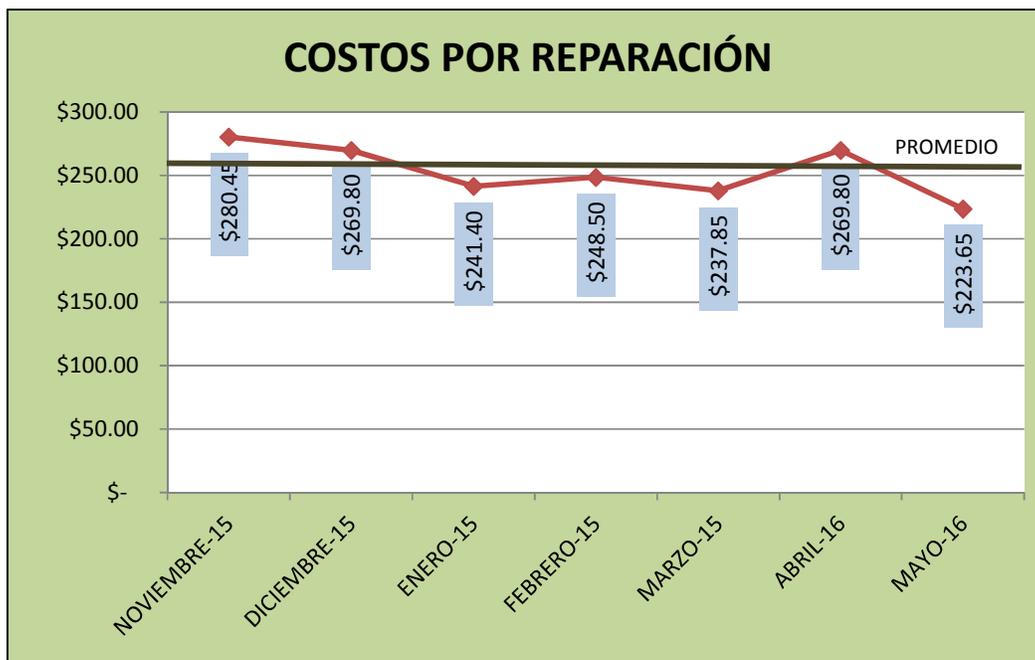


Figura 3.51 Costos por reparación reales

Fuente: (Elaboración propia)

A partir del mes de junio de 2016 la implementación del sistema se encuentra concluida, en tal razón se presenta una proyección de datos en la tabla 3.12, con la tendencia a disminuir un defecto por cada dos meses.

Tabla 3.12 Proyección de productos producidos contra No. De fallas por distancia.

MES	CANTIDAD PRODUCTOS PRODUCIDOS	No. DE FALLAS POR DISTANCIA	PORCENTAJE	PPM	COSTOS POR REPARACIÓN
JUNIO-16	25200	30	0,12%	1.190,48	\$ 106,50
JULIO-16	25200	24	0,10%	952,38	\$ 85,20
AGOSTO-16	38800	21	0,05%	541,24	\$ 74,55
SEPTIEMBRE-16	38800	16	0,04%	412,37	\$ 56,80
OCTUBRE-16	38800	15	0,04%	386,60	\$ 53,25
NOVIEMBRE-16	38800	10	0,03%	257,73	\$ 35,50
PROMEDIO					\$ 68,63

Fuente: (Elaboración propia)

Finalmente se presenta la figura 3.52 con la proyección de costos correspondientes por reparación, concluyendo que la empresa podrá disminuir este monto y recuperar así la inversión del proyecto implementado, mejorando sus procesos y ofreciendo al cliente la confiabilidad que necesita.

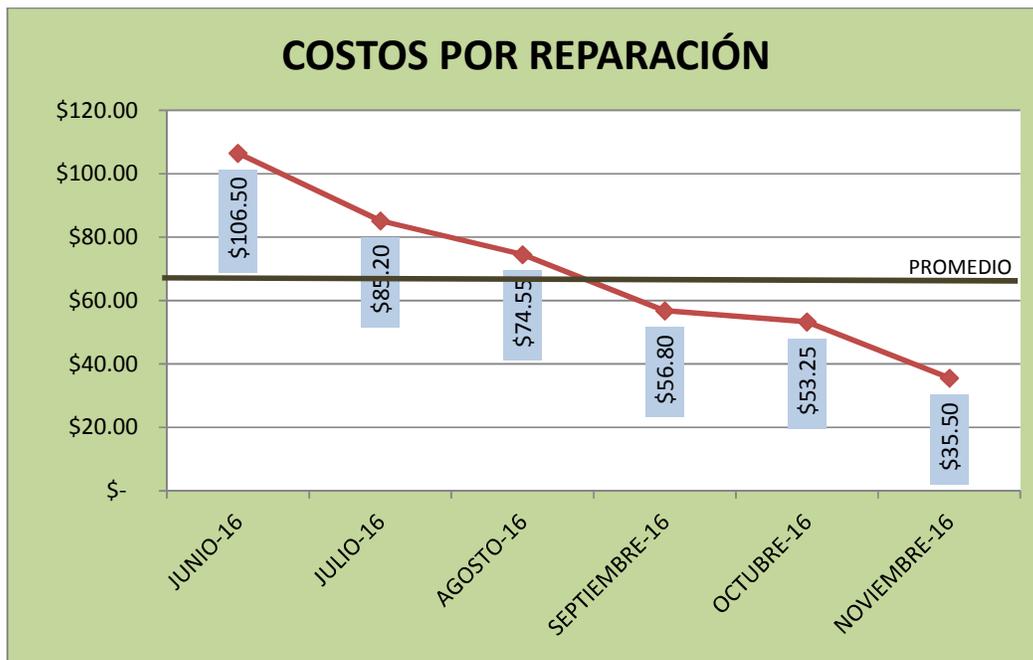


Figura 3.52 Costos por reparación proyectada

Fuente: (Elaboración propia)

CONCLUSIONES

- El estudio realizado para verificar el estado del ruido en la empresa GTS tuvo un sustento contundente y justificado para poder realizar el sistema de comunicación inalámbrica, ya que los niveles eran dañinos para la salud de las personas que laboran en el sector y en la empresa.
- Se realizó con efectividad la simulación por medio de la utilización de software para tener un diseño completo lo cual facilitó el montaje y las pruebas necesarias en la implementación del sistema.
- Al momento de configurar los módulos XBee se debe investigar la forma correcta de acoplar el hardware mediante el requerimiento real de una línea de producción, ya que su manipulación debe resistir el uso de requiere una producción de miles por día.
- La comunicación inalámbrica basada en el protocolo Zigbee (802.15.4) es más confiable y sencilla en la implementación de pruebas industriales obteniendo redes rápidamente configurables y con envío de información a largas distancias.
- Pruebas y ensayos antes, durante y después de la implementación final son importantes para que las señales de entrada/salida del sistema, configuraciones establecidas de los módulos, así como las conexiones físicas no varíen en las diferentes etapas y se pueda tener los resultados esperados.
- El resultado final de la implantación del sistema se ve reflejado en el estudio final del ruido, considerando que los niveles de sonido que emitía la sirena para garantizar la valides de la prueba; se eliminó por completo y que el sonido que genera el actual sistema es similar al sonido ambiente, queda demostrado que con el diseño y la implementación se obtuvo los resultados esperados.

RECOMENDACIONES

- Al realizar estudios de ruidos ambientales considerar que las condiciones ambientales influyen en el resultado y de igual forma el dispositivo que utilizemos para recolectar datos debe tener una tolerancia no menos de 2 % y que este se encuentre calibrado para una mejor exactitud.
- En la simulación, pruebas y montaje los componentes a utilizar sea estos reguladores, transistores u otro que se necesite para el funcionamiento adecuado del sistema, se debe considerar que en el mercado existe mucha variedad y con eso se podría obtener varios modelos y realizar los test hasta obtener el adecuado.
- En la colocación de modulo transmisor en el exterior a una distancia de 60 metros se recomienda colocar todos los componentes eso quiere decir batería, simulador y modulo dentro de la caja de protección y que se encuentre cerrada.
- Considerar si las estaciones de trabajo son fijas o movibles para la selección de conectores acordes a la aplicación tanto en alimentación como en comunicación hacia el computador.
- En el funcionamiento del sistema al momento de que se integre en las pruebas de producción, el entrenamiento al personal del cuidado en ambientes externos es un factor que puede afectar el resultado de la prueba y la duración de los componentes.
- Al tener una toma de voltaje alterna de 110V directa donde se va a colocar el modulo receptor con su fuente de poder de 12 VCD, evita la perdida de corriente y mal funcionamiento del XBee si se alimenta un voltaje de 12VCD con cable extenso desde una fuente interna desde el área de producción.

BIBLIOGRAFÍA

- Arboledas Brihuega, D. (2010). Electrónica para la educación secundaria. En D. Arboledas Brihuega, Electrónica para la educación secundaria (pág. 173). Guadalajara: Bubok Publishing S.L.
- Boylestad, R. y Nashelsky, L (2009). Dispositivos pnpn y de otros tipos. En R. Boylestad, Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos (pág. 913) (10ma edición). Mexico: Pearson educación.
- Contreras, D. (2012, Octubre). Gestión de redes inteligentes domésticas mediante ZigBee Smart Energy. Redes Inteligentes [en línea], N° 16. Disponible en: <http://www.revista-anales.es/>.
- DIGI (1996). Xbee Digimesh 2.4. Obtenido de Digi: <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/modules/xbee-digimesh-2-4>.
- Dignani, J. (2011). Análisis del protocolo Zigbee. Trabajo final integrador, Ingeniería en Redes y Seguridad, Universidad Nacional, La Plata.
- Flores-Domínguez Rodiño, E. (2009). Contaminación acústica. (pág. 10). Cordova: El Cid Editor | apuntes.
- Global Telematic Solutions (2010), Reseña histórica, Manual de calidad corporativo; (pág. 2-3). Quito: SGC.
- IEEE Standards Association (2011). Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). Obtenido de IEEE: <http://www.ieee802.org/>.
- LLC., U. C. (2016). RS232 Pinout. Obtenido de RS232 Pinout: http://www.usconverters.com/index.php?main_page=page&id=61.
- Martínez J. y Peters, J. (2015) Contaminación acústica y ruido. Obtenido de Ecologista en acción: <http://www.ecologistasenaccion.org>
- National Instruments (2007). OQPSK. Obtenido de Soporte National Instruments: <http://www.ni.com/tutorial/5487/en/>.
- Peña, Joan Domingo, Gámiz Caro, Juan, and Grau i Saldes, Antoni. (2003). Comunicaciones en el entorno industrial. En J. D. Peña, Comunicaciones en el entorno industrial (págs. 121-127). Aragón: Editorial UOC.
- Protocolo ZigBee (2016) [en línea]. Telegesis. Disponible en: <http://www.telegesis.com/about-us/zigbee-overview/> [2016].
- Somarriba Jarquín, O.(2003) Comunicaciones de Datos Inalámbricas (Wireless Data): presentado en el Departamento de Telecomunicaciones y Sistemas Digitales Universidad Nacional de Ingeniería; Managua; Nicaragua.
- Sparkfun (2016). Pines de Xbee y Xbee USB explorer. Obtenido de Sparkfun: <https://www.sparkfun.com/search/results?term=xbee>.
- Vega Cutiño, R. (2003) Accediendo a la red sin cables; Departamento de Telemática; Sistema de Gestión de la Revista Telem@tica.

ANEXOS

ANEXO 1

Datasheet XBee S1

ANEXO 2

Data Sheet LM7805C

ANEXO 3

Data Sheet

Optoacoplador 4N35

ANEXO 4

Carta de auspicio

Entrega - Recepción

ANEXO 5

Manual Técnico

ANEXO 6

Manual de Usuario