



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**“SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL
CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones

SUBLINEA DE INVESTIGACION: Sistemas Embebidos

AUTOR: Christian Renato Chango Vásconez

TUTOR: Ing. Elizabeth Paulina Ayala Baño, Mg.

Ambato - Ecuador

Noviembre - 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO, del señor CHRISTIAN RENATO CHANGO VÁSCONEZ, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Noviembre de 2018

EL TUTOR

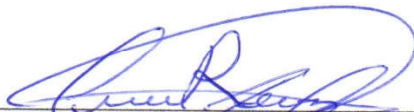


Ing. Elizabeth Paulina Ayala Baño, Mg.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Noviembre de 2018



Christian Renato Change Vásquez
CC: 180399922-4

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

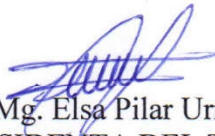
Ambato, Noviembre de 2018



Christian Renato Change Vásquez
CC: 180399922-4

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

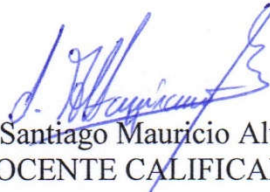
La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Phd. Carlos Diego Gordón Gallegos y Mg. Santiago Mauricio Altamirano Meléndez, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO, presentado por el señor Christian Renato Chango Vásconez de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Phd. Carlos Diego Gordón Gallegos
DOCENTE CALIFICADOR



Mg. Santiago Mauricio Altamirano M.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

*A Dios, mis padres, hermanos,
grandes amigos, a mi persona
y a toda esa gente que cree en
sí mismo y en sus capacidades
para hacer sueños en realidad.*

Héroes

Christian Renato Chango Vásquez

AGRADECIMIENTO:

A mi familia por todo el apoyo brindado durante el transcurso de mi vida, de manera especial a mis padres por todo el sacrificio que han hecho por mi bienestar. ¡No los defraudaré!

De igual manera a mis hermanos pilar fundamental en mi vida de los que espero que sigan este camino hacia la excelencia de volverse profesionales.

A mis demás familiares y amigos que a lo largo de mi vida, han extendido su mano conmigo por hacer posible el cumplimiento de mis metas y objetivos.

Y como olvidar a la Ing. Paulina Ayala por todo su apoyo y amistad en estos años compartidos por los diferentes proyectos organizados, A la Ing. Maria Noboa por su tiempo a lo largo del desarrollo del presente proyecto.

GRACIAS TOTALES

Christian Renato Chango Vásquez

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.3 Delimitación	2
1.3.1 De Contenidos	2
Delimitación Temporal.....	2
Delimitación Espacial	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
2 CAPÍTULO II	5
2.1 Antecedentes Investigativos	5
2.2 Fundamentación Teórica.....	7
2.2.1 Sonido, audición y señales acústicas	7
2.2.2 El Ruido	8
2.2.3 Contaminación sonora.....	9
2.2.4 Características del ruido ambiental.....	9
2.2.5 Niveles permisibles de ruido de acuerdo con el uso de suelo.....	14
2.2.6 Sistemas Embebidos	15
2.3 Propuesta de Solución.....	17
3 CAPÍTULO III	18
3.1 Modalidad de la Investigación	18
3.2 Recolección de Información.....	18
3.3 Procesamiento y Análisis de Datos	18
3.4 Desarrollo del Proyecto.....	19
4 CAPÍTULO IV	20
4.1 Análisis de las características del ruido ambiental.....	20

4.1.1 Situación del casco central de la ciudad de Ambato	20
4.1.2 Características del ruido ambiental en el casco central de Ambato	20
4.1.3 Impacto del ruido ambiental en la ciudad de Ambato.....	25
4.1.4 Grupos Vulnerables de la zona	25
4.2 Análisis de factibilidad.....	27
4.2.1 Factibilidad Técnica	27
4.2.2 Factibilidad Bibliográfica.....	27
4.2.3 Factibilidad Económica	27
4.3 Requerimientos del sistema.....	28
4.3.1 Selección de Hardware	30
4.3.2 Selección de Software	35
4.4 Diseño del sistema de monitoreo	39
4.4.1 Etapa de Hardware	39
4.4.2 Etapa de Software	40
4.5 Implementación del Dispositivo de medición de Ruido Ambiental.....	49
4.5.1 Placa Electrónica.....	49
4.5.2 Case de protección	52
4.5.3 Calibración	54
4.5.4 Pruebas de Funcionamiento.....	58
5 CAPÍTULO V	65
5.1 Conclusiones	65
5.2 Recomendaciones	66
6 BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	71
ANEXO A.....	72
ANEXO B.....	75
ANEXO C	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2.1 Niveles Máximos de Emisión para Fuentes Móviles de Ruido	14
Tabla 4.1 Comparativa de placa electrónica	31
Tabla 4.2 Comparativa Modulo GSM.....	32
Tabla 4.3 Comparativa Sensor de Sonido	34
Tabla 4.4 Comparativa plataforma IoT	35
Tabla 4.5 Comparativa APIs de Mapeo	36
Tabla 4.6 Comparativa Servidor Local	37
Tabla 4.7 Hardware y Software Seleccionado	38
Tabla 4.8 Tabla de mediciones diurnas.....	57
Tabla 4.9 Tabla de mediciones nocturnas	58
Tabla 4.10 Datos Mas Elevados del Dispositivo 1	60
Tabla 4.11 Datos Mas Elevados del Dispositivo 2	61
Tabla 4.12 Datos Mas Elevados del Dispositivo 3	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig. 2.1 Mapa interno Universidad Técnica de Sofía [11].....	6
Fig. 2.2 Arquitectura de Servicio Web [13].....	6
Fig. 2.3 Arquitectura de Sistema FPAA - FPGA [15]	7
Fig. 2.4 Onda Sonora - Vibración de partículas [19].....	8
Fig. 2.5 Rangos de Frecuencias Audibles del oído humano [17]	9
Fig. 2.6 Características en que las se compone el ruido urbano [23].....	10
Fig. 2.7 Tráfico Rodado [23].....	11
Fig. 2.8 Actividades Industriales [23].....	12
Fig. 2.9 Actividades de construcción [23]	13
Fig. 2.10 Zonas de Ocio - Discotecas [23].....	13
Fig. 2.11 Escala de Audición [17].....	15
Fig. 2.12 Estructura General de un sistema electrónico de medida [25].....	16
Fig. 2.13 Clasificación de los sistemas electrónicos de medida [25].....	16
Fig. 4.1 Parada de Buses Urbanos del Parque 12 de noviembre [31]	22
Fig. 4.2 Utilización de máquinas en producción de calzado [33]	22
Fig. 4.3 Diez Principales cantones según permisos de construcción [35]	23
Fig. 4.4 Superficie construida en las principales provincias [35]	23
Fig. 4.5 Actividad en Construcción Hospital Docente Ambato [32].....	23
Fig. 4.6 Centros de diversión para mayores de edad de la avenida Cevallos [36].....	24
Fig. 4.7 Comercio Informal alrededores Plaza Primero de Mayo [37].....	25
Fig. 4.8 Punto de medición ubicado en Avenida 12 de noviembre y Martínez	26
Fig. 4.9 Punto de medición ubicado en Avenida 12 de Noviembre y Martinez	26
Fig. 4.10 Punto de medición ubicado en Avenida Cevallos y Francisco Flor	27
Fig. 4.11 Diagrama de Bloques del Sistema de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental.....	28
Fig. 4.12 Diagrama de bloques Etapa de prototipo de nivel de ruido ambiental	29
Fig. 4.13 Diagrama de bloques Etapa de Plataforma IoT	29
Fig. 4.14 Diagrama de bloque etapa de Funcionamiento página web	30
Fig. 4.15 Mapa de Cobertura Claro.....	33
Fig. 4.16 Mapa de Cobertura Movistar y Tuenti.....	33
Fig. 4.17 Mapa de Cobertura CNT.....	33
Fig. 4.18 Esquematación del Prototipo de medición de nivel de ruido ambiental..	40
Fig. 4.19 Canal para Dispositivo 1	42
Fig. 4.20 Canal para Dispositivo 2.....	42
Fig. 4.21 Canal para Dispositivo 3.....	42
Fig. 4.22 Canal para promedio por hora del dispositivo 1	43
Fig. 4.23 Canal para promedio por hora del dispositivo 2.....	43
Fig. 4.24 Canal para promedio por hora del dispositivo 3	43
Fig. 4.25 Cambios de privilegio de canal a público.....	44
Fig. 4.26 API Key Canal Dispositivo 1.....	44
Fig. 4.27 Transmisión de datos a ThingSpeak	45

Fig. 4.28 TimeControl configurados cada hora	45
Fig. 4.29 Cuenta Twitter Ambiental Ruido.....	46
Fig. 4.30 ThingTweet programados ante alto nivel de ondas sonoras	46
Fig. 4.31 Pagina Web de Inicio al Sistema de Monitoreo.....	47
Fig. 4.32 Pestaña de Descripción del Sistema de Monitoreo.....	47
Fig. 4.33 Ubicación de los dispositivos a través de la plataforma de Google Maps..	48
Fig. 4.34 Pestaña de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental	49
Fig. 4.35 Diseño de la placa electrónica	51
Fig. 4.36 Placa de Cobre Prototipo	51
Fig. 4.37 Prototipo funcionando.....	52
Fig. 4.38 Carcasa diseñada en simulador 3D	53
Fig. 4.39 Carcasas Impresas Color Rojo, Celeste y Blanco.....	54
Fig. 4.40 Calibración entre aplicación celular y puerto serial sensor Arduino	55
Fig. 4.41 Pruebas de Exactitud entre dispositivos	55
Fig. 4.42 Primer Valor Dispositivo Celular(Izquierdo), Sonómetro (Centro), Prototipo(Derecho).....	56
Fig. 4.43 Segundo valor Dispositivo Celular(Izquierdo), Sonómetro (Centro), Prototipo(Derecho).....	56
Fig. 4.44 Tercer valor Dispositivo Celular (Izquierdo), Sonómetro (Centro), Prototipo Valor (Derecho).....	56
Fig. 4.45 Primer Valor Dispositivo Celular(Derecha), Prototipo(Izquierda).....	57
Fig. 4.46 Segundo Valor Dispositivo Celular (Derecha), Prototipo(Izquierda)	57
Fig. 4.47 Tercer Valor Dispositivo Celular(Derecha), Prototipo(Izquierda).....	58
Fig. 4.48 Control de monitoreo desde oficinas Gestión Ambiental Municipalidad de Ambato.....	59
Fig. 4.49 Dispositivo 1 instalado en la Avenida Cevallos y Francisco Flor	59
Fig. 4.50 Dispositivo 2 instalado en la Avenida Cevallos y Espejo	60
Fig. 4.51 Dispositivo 3 instalado en la Avenida 12 de noviembre y Martínez.....	61

RESUMEN

El presente proyecto propone un sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental, basado en el empleo de una plataforma IoT y un dispositivo de medición integrado la transmisión de datos vía GSM.

Tiene como intención determinar de una forma precisa y en tiempo real la cantidad de ruido presente en los lugares más críticos en contaminación auditiva de la ciudad de Ambato. La recolección de estos datos ayuda al departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato evaluar las zonas críticas y generar informes que permitan decidir al Conejo Cantonal políticas que regulen el ruido a bajos niveles que aseguren una buena salud auditiva de todos los ciudadanos.

Con la evolución tecnológica y aplicando un modelo de IoT (Internet of Thing) pueden darnos la facilidad de manipular datos difíciles de acceder anteriormente, siendo un modelo novedoso para aplicarlo a variables que en las metrópolis se puede tomar.

Con la elaboración del prototipo de medición de bajo coste a través del uso de hardware y software libre; con sensores de sonido especializados para análisis de ambiente exteriores y la visualización de estos en una interfaz web desde el Departamento de Gestión Ambiental para poder controlar el sistema mucho mejor intuitivamente.

ABSTRACT

This project proposes a monitoring system for environmental noise level, based on the use of an IoT platform and a measurement device integrated to the transmission of data by GSM.

Its objective is to determine in a precise and real time the amount of noise present in the most contaminating places in auditory pollution in the city of Ambato. The collection of these data helps the Department of Environmental Management of the Autonomous Decentralized Government of Ambato, evaluates the critical areas and generates the reports that allow a transition to the level of Cantonal Council that regulates the level to levels that ensure a good hearing health of all citizens.

With the technological evolution and the application of an IoT model (Internet of Thing) you can obtain the ease of manipulating data with easy access, being a novel model to apply it to the variables that can be taken in the metropolis.

With the development of the prototype of low cost measurement through the use of hardware and free software; with sound sensors for analysis of external environments and the visualization of these in an interface web from the Department of Environmental Management to be able to control the system much better intuitively.

INTRODUCCIÓN

Con la intención de determinar de una forma precisa y en tiempo real la cantidad de ruido presente en los lugares más críticos en contaminación auditiva de la ciudad de Ambato.

El presente proyecto se distribuye en 5 capítulos de los que en el Capítulo I se describa la problemática generada por el ruido ambiental en la zona del casco central de la ciudad de Ambato de cual se percibe existe una mala situación de organización en las calles de la urbe con el incremento del parque automotor, el comercio informal y zonas de ocio que necesitan verificarse sus valores de medición para poder evitar enfermedades auditivas en la mayoría de persona, que se agravan sin ellos darse cuenta.

En el Capítulo II se analiza previamente de los antecedentes investigativos relacionados con sistemas de monitoreo de ruido ambiental o contaminación acústicas, además el proyecto de investigación será establecido teóricamente para que este se pueda desarrollar estableciendo una propuesta ante la problemática al final del Capítulo I.

El Capítulo III será expuesto por la información metodológica que se va a utilizar para el desarrollo del proyecto en su totalidad.

En el Capítulo IV se profundiza en el desarrollo del Sistema de Monitoreo de nivel de ruido ambiental basado en un dispositivo prototipo tanto con el prototipo de que estos cumplan los objetivos planteados en el Capítulo I.

Finalmente, en el Capítulo V se muestran las conclusiones y recomendaciones para que posteriores trabajos de investigación puedan basarse en la presente propuesta.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de Investigación

Sistema de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental para el Casco Central de la Ciudad de Ambato.

1.2 Planteamiento del Problema

La contaminación del medio ambiente producida por el hombre desde la revolución industrial ha ocasionado daños profundos en todos los ecosistemas naturales existentes en el planeta, desde la minera, tala de bosques, contaminación del aire, entre muchas otras formas que deterioran la salud de cada ser vivo que habita este mundo. [1]

Debido a la evolución del hombre enfocado principalmente a mejorar su estilo de vida y al adaptarse a un entorno urbano, se han generado varios tipos de contaminación que están deteriorando la salud de las personas como la de animales y plantas de habitación doméstico, mencionando algunas como la contaminación del aire, agua, lumínica, acústica, etc. [2]

De todas ellas, la contaminación acústica ataca constantemente la salud del hombre y su efecto es acumulativo e irreversible con el correr de los años. Esta contaminación representa sonidos producidos por todo tipo de actividad (tráfico de vehículos, sonido de motores, música en espectáculos, pitos de autos, etc.), representando en su conjunto una gran cantidad de niveles sonoros en el ambiente que llegan a captar todas las personas que están inmiscuidas alrededor de estas, ocasionando una molestia acumulativa principalmente en la audición. [3]

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda no superar los 55 dB (ponderación A) de exposición de las personas durante el día. A partir de los 75 dB(A)

el ruido puede ser dañino, y en los 120 dB(A) se sitúa en el umbral que provoca dolor y daño crónico. [4] De acuerdo a la norma técnica dictada en el país el nivel máximo de ruido permisible dentro una zona comercial en horario matutino es de 65 dB(A). [5]

En la ciudad de Ambato uno de los factores más representativos que ocasiona gran impacto de ruido ambiental es la congestión vehicular, debido al incremento permanente del parque automotor que en 2016 experimentó un 21.82% de aumento en relación con el año 2015. Cabe mencionar que la característica comercial que tiene la ciudad obligando a la gente a concentrarse en el casco central, donde sus calles angostas y minima cantidad de estacionamientos, son razones que han presionado para incrementar la contaminación acústica por los problemas de movilidad. [6]

Estas características de movilidad han afectado la salud de la ciudadanía en general, y tratando de mejorar la situación, el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipalidad de Ambato al ser la entidad gobernante de la ciudad, se ve en la necesidad de tener registros constantes de la cantidad de ruido ambiental en puntos claves del casco central, que permitirán posteriormente dictar políticas que reduzcan el nivel de contaminación acústica, todo esto gracias a la ayuda de nuevas tecnologías electrónicas.

1.3 Delimitación

1.3.1 De Contenidos

Área Académica: Física y Electrónica

Línea de investigación: Sistemas de Control

Sublínea: Sistemas Embebidos

Delimitación Temporal:

La presente investigación mantuvo una duración de seis meses a partir de la aprobación del proyecto por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

Delimitación Espacial:

La presente investigación se realizó en diferentes sitios del casco central en la ciudad de Ambato previo análisis que determinaron los lugares.

1.4 Justificación

El ruido ambiental es percibido como uno de los factores negativos de la calidad de vida, especialmente en grandes metrópolis, [7] por tanto las mediciones que captan la variedad de fuentes de ruido en un punto específico de la urbe, pueden ser susceptibles a tener una desigualdad entre su estado real y las estimaciones generadas de forma computacional que utilizan cálculos recomendados. [8] Los sistemas utilizados para monitorear los niveles de ruido incluyen sonómetros, cuyo precio puede ser significativo, por lo que se necesitaría alternativas innovadoras y de bajo costo que procesen mejor la información sobre el ruido ambiental.

La tecnología en su constante evolución moldea cada actividad cotidiana del hombre, en donde se ha permitido optimizar procesos, reducir tiempos y ahorrar recursos. Por tanto, aplicando una solución tecnológica beneficiará a la hora de determinar la cantidad de ruido ambiental en la ciudad.

El método para la recopilación de los datos de información de contaminación acústica en la ciudad por parte del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipalidad de Ambato es insuficiente, originando la tardía gestión de políticas de reducción de ruido ambiental.

Al utilizar un sistema de monitoreo, forman parte de la automatización de procesos a nivel corporativo, manteniendo la competitividad en un entorno cambiante y agresivo, con el objetivo de reducir errores, asegurar que se comporten siempre igual, agilizando el flujo de información dentro de la municipalidad, reduciendo el tiempo dedicado a tareas repetitivas y permitiendo incluso gestionar la colaboración entre diferentes departamentos. [9]

El beneficiario será el GAD Municipal Ambato, en concreto el Departamento de Gestión Ambiental que, con esta información recolectada, emitirá informes y recomendaciones sobre las medidas de mitigación que se puedan implementar para evitar daños negativos en la salud de los ciudadanos.

Este sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental a largo plazo tendrá un impacto favorable en la salud de los ciudadanos, ya que los datos obtenidos permitirán al GAD Municipalidad De Ambato, tomar decisiones, que disminuya la contaminación

auditiva, con acciones como: limitar uso del automóvil en ciertas zonas, cambio de sentidos de circulación, construcción de nuevas áreas verdes, entre muchos otros ejemplos que crearán un modelo de ciudad más saludable. [10]

Con los argumentos anteriormente expuestos se puede indicar que el proyecto es factible con la labor investigativa que se realizará y la apertura necesaria que la institución tiene, permitiendo el acceso a la información teórico y técnica para el desarrollo del proyecto y determinar que el costo beneficio del proyecto resulta viable en la realización del sistema de monitoreo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar el Sistema de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental para el Casco Central de la Ciudad de Ambato

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar las características del ruido ambiental y su impacto en la ciudad de Ambato.
- Diseñar un sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental utilizando hardware y software libre.
- Implementar un prototipo de monitoreo de nivel de ruido ambiental para el casco central de la ciudad de Ambato.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Una vez realizado la investigación de trabajos relacionados en las diferentes plataformas y repositorios digitales de Universidades y Escuelas Politécnicas, se encontraron varios trabajos investigativos y proyectos innovadores de empresas de los cuales destacan los siguientes:

Se evidenció un trabajo de Dimitar Nikolov en el año de 2017 con el tema “Environmental Noise Monitoring and Mapping” que es prototipo para realizar monitoreo y mapeo de ruido en los alrededores de la Universidad Técnica de Sofía en ciudad Sofía capital de Bulgaria llevando a cabo simultáneamente el cálculo de niveles de ruido ambiental con dispositivos de bajo costo y baja potencia en tiempo real. La arquitectura de estos dispositivos es de hardware libre permitiendo que sean escalables, realizando pruebas con tres puntos de la recepción y con la evaluación de este sistema a largo plazo, hará que proporcione una buena base para el monitoreo y mapeo de ruido, así como lo indica la Figura 2.1. [11]

Galyder Viloría, Johanna Niño y María Calle en Barranquilla Colombia en el año 2016 realiza una “Red Inalámbrica de Sensores para Monitoreo de Ruido Ambiental” propone un prototipo de red inalámbrica de sensores que permite medir el nivel de ruido en diferentes lugares simultáneamente. El prototipo incluye un circuito de sensorización con errores inferiores a 6 % comparados con un sonómetro American Recorder Technologies SPL-8810. Por esto, el sistema propuesto puede ser una alternativa adecuada para medir ruido ambiental a un costo reducido. [12]

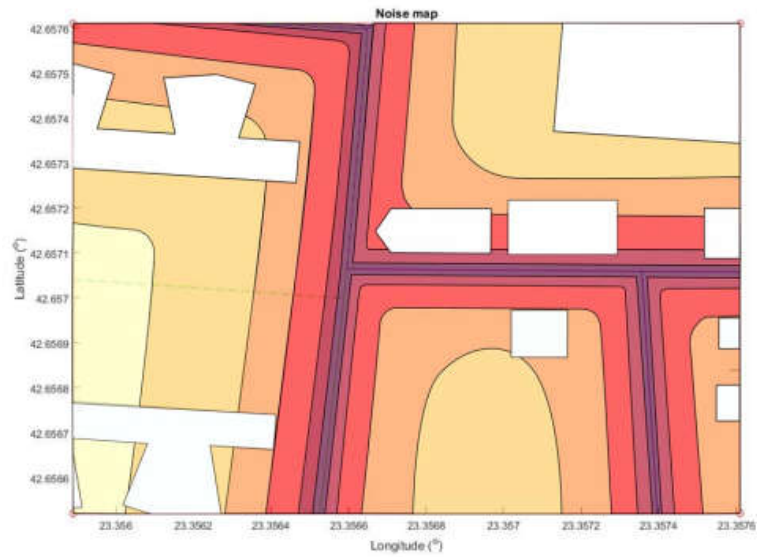


Fig. 2.2.1 Mapa interno Universidad Técnica de Sofía [11]

También se han implementado por parte de Miguel Amores en la ciudad de Quito Ecuador en 2016 el “Desarrollo de una aplicación móvil para sistema operativo Android que realice mediciones y mapeo de ruido utilizando geolocalización” realizando mediciones con el fin de que los valores registrados se muestren en una página web, que permita con la ayuda del API de Google Maps generar un mapa de calor de todos los lugares donde se han realizado mediciones. [13] Su arquitectura está expuesta en la siguiente figura.



Fig. 2.2.2 Arquitectura de Servicio Web [13]

Otra investigación sobre dispositivos de medición de ruido ambiental, realizado por Diana Chingal en el año 2015 con el tema “Medición y Registro en Tiempo Real de Concentración de gases contaminantes y niveles de ruido en sectores específicos de una población” proporciona la inclusión de un sistema de geolocalización en los puntos de medición a través de GPS, integrando un conjunto de sensores analógicos y digitales que proporciona un gasto de energía económico del prototipo final, que

está destinado a informar sobre el estado de la calidad de aire y de ruido producido por el tráfico vehicular en la ciudad de San Juan de Pasto de Colombia. [14]

Alejandro Castillo en el año 2014 diseña un Sistema de adquisición de datos con componentes FPGA (Field Programmable Gate Array) y FPAA (Field Programmable Analog Array) así como lo indica la figura 2.3, para tratar la contaminación acústica que representa el sistema de transporte masivo en Cartagena Colombia, el sistema sirven como analizador de ruido ambiental, en donde con la ayuda de un microcontrolador operando como servidor web, almacena los datos y toma muestras de manera autónoma, que pueden ser revisados desde cualquier computadora conectada en internet. [15]

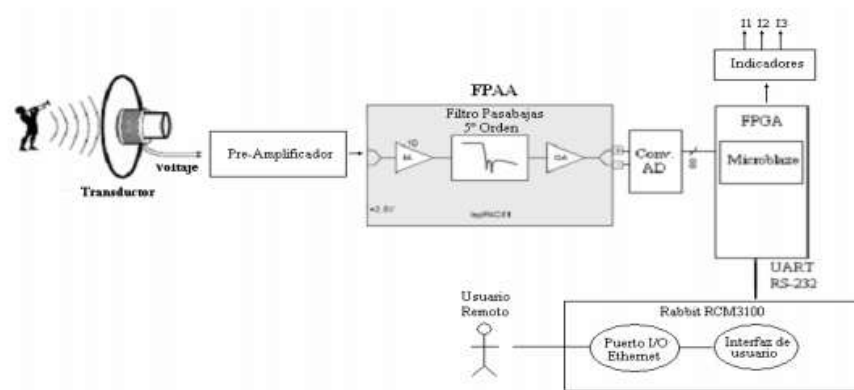


Fig. 2.2.3 Arquitectura de Sistema FPAA - FPGA [15]

Dentro de la monitorización de variables ambientales Baihaqi Siregar, Ahmad Azmi y Fahmi en 2016 realizan un Sistema De Monitoreo Integrado de contaminación para Smart Cities de Indonesia, el mismo que realiza el monitoreo continuo en áreas urbanas importantes, midiendo de diferentes parámetros de contaminación ambiental, que son polvo, densidad de aire, humedad, luminosidad y ruido ambiental a través del uso de redes (WSN) con dispositivos inalámbricos utilizando la plataforma de hardware waspmote y conectividad 3G para almacenar los datos obtenidos en la web. [16]

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Sonido, audición y señales acústicas

El sonido se produce por la presión del aire en un punto determinado, esta vibración se propaga por el aire, llegando al tímpano del oyente, provocando el movimiento del

tímpano con un conjunto de huesecillos que conforman el oído medio. Llegar finalmente a la cóclea, elemento fundamental del oído interno que mueve el líquido interno.

Este movimiento se traduce en el sentido de la audición que son señales que el cerebro recibe, percibiendo los sonidos en intensidad, tono o altura de forma particular. [17] El sonido como tal puede ser representado con señales acústicas. Las características que tienen estas señales es que son periódicas y poseen una cierta magnitud que determina la intensidad con la que se escucha. [18]

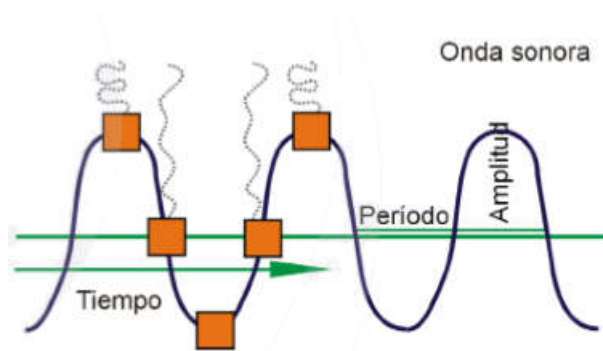


Fig. 2.2.4 Onda Sonora - Vibración de partículas [19]

2.2.2 El Ruido

El ruido desde el punto biofísico se define como el efecto producido en el órgano de la audición por las vibraciones del aire o de otro medio que carecen de armonía. Se puede también decir que el ruido es todo sonido no deseado, por lo que clasificar algo como ruido depende siempre del receptor. [20]

En el Ecuador, el tratamiento que se da a los diferentes tipos de contaminación se rige en base a las directrices proporcionadas por el Ministerio del Ambiente. De estas dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS) libro VI anexo 5 es el que se adapta al ruido ambiental. [5]

Como parte de las ondas sonoras, el decibel (dB) es una unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora. [5]

El oído tiene la propiedad de atenuar el ruido físico, muchos de bajas frecuencias y altas frecuencias, como si de un filtro se tratase; dichas frecuencias que un oído humano puede percibir se muestran en la figura 1. Los instrumentos de referencia en leyes contra el ruido producido a cualquier nivel trabajan con filtros de ponderación de frecuencia tipo A, teniendo su denominación como dB(A). [21]



Fig. 2.2.5 Rangos de Frecuencias Audibles del oído humano [17]

2.2.3 Contaminación sonora

Es cualquier sonido que produzca molestar o resulte excesivo en una determinada zona. Las personas que viven en las grandes ciudades sufren a menudo el ruido provocado por casi todo tipo de actividad que realizan otras personas que hace muy difícil, disfrutar del silencio o de sonidos agradables, llegando a sufrir patologías causadas por este malestar. [22]

2.2.4 Características del ruido ambiental

El ruido ambiental se comporta de muchas formas en los ecosistemas de las ciudades, dependiendo de las preferencias a ciertas costumbres y tradiciones, pueden en base a esto determinarse la cantidad de fuentes de ruido procedentes de un lugar. De acuerdo con el siguiente cuadro de anteriores investigaciones, se detalla las principales fuentes de ruido existentes en un entorno urbano.



Fig. 2.2.6 Características en que las se compone el ruido urbano [23]

El ruido ambiental se define como un sonido exterior no deseado o desagradable generado por el transporte y la industria. [23] Todos estos sonidos son causados por alguna actividad humana. Como el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo, por emplazamientos de actividades industriales y de construcción y por las zonas de ocio.

A) Tráfico Rodado

El tráfico rodado es el más importante elemento de una ciudad generador de ruido ambiental y que sin dudas tiene mayor foco de afectación en toda la población. Pero parte de este ruido vehicular se puede distinguir de manera más detallada en tres tipos del cual nace su fuente: Ruido de motor, Ruido Aerodinámico, Ruido de rodadura.

El ruido de motor es el que es causado por el mismo vehículo en donde intervienen todos los elementos vibrantes como motor, sistema de transmisión, sistema de admisión, sistema de frenos, escape (uso de silenciador), suspensión, etc. El ruido aerodinámico se refiere a la turbulencia que se produce entre el habitáculo y el aire que en función de la velocidad y forma que tenga el vehículo este se incrementa. El ruido de rodadura es causado por la interacción del neumático y la superficie por donde anda el vehículo, ya sea pavimento, reductores de velocidad, granillo, lastre, etc. [23]



Fig. 2.2.7 Tráfico Rodado [23]

Para saber cuál de los tres componentes de ruido predomina por encima de los demás, se basa en la velocidad, ya que como norma general para el caso de los vehículos ligeros deben circular a 50km/h, produce una generación de ruido que es preponderante del ruido de motor, a velocidades más altas el ruido tiene mayor influencia en un ruido aerodinámico, principalmente producido en carreteras de alta velocidad. Para zonas urbanas en donde la circulación es baja en lo que ha velocidades se refiere, el ruido más influyente sobre los demás es el de motores por no tener tanto movimiento producen una mayor contaminación sonora. [23]

El comportamiento del conductor en el volante también determina la cantidad de ruido ambiental con realizar fuertes aceleraciones produce un aumento en la rotación del motor y acarrea emisiones hasta innecesarias con valores de hasta 15dBA más de lo que generalmente se realizan. [23]

Otros sonidos que son causados por un tráfico rodado también están incluidos como el uso de bocinas, volumen en los parlantes, accesorios de vehículos, cantidad de vehículos, la categoría de un vehículo (Motos, Cuadrones o Camiones) producen más ruido que un vehículo liviano. El cuidado que mantienen las vías y el entorno que se mantiene en cada zona de la ciudad donde involucran semáforos, paso cebras, cuestas, intersecciones, reductores de velocidad.

B) Actividades Industriales y de Construcción

El ruido industrial se lo puede considerar de dos formas, el emitido en una industria en su parte interna o en el ruido que esta emita a la parte exterior contaminando a hogares aledaños e instituciones dentro de una zona urbana. El ruido interno que sufren los

trabajadores es de vital importancia ser controlado para preservar su salud auditiva y garantizar el confort a la hora de ejecutar sus actividades que necesiten mucha concentración, en especial los que se sostienen de manera intelectual. [23]

La sociedad actual es industrializada y por lo tanto la proliferación de sonidos no deseados en esta se ha incrementado, de entre las actividades más perjudiciales para la salud que podemos destacar se encuentra: minería, construcción de túneles, explotación de canteras, ingeniería pesada, trabajos con maquinaria y con funcionamiento de motores de combustión, maquina textiles, maquinaria para producción de calzado, entre otras.



Fig. 2.2.8 Actividades Industriales [23]

El ruido que mantiene su fuente de actividades industriales puede ser muy variado en frecuencia e intensidad, así como las características de la maquinaria ocupada (modelo, tipo, modos de funcionamiento, potencia acústica, periodos de funcionamiento, tamaño, focos de dirección de ondas sonoras, etc.)

También se debe destacar los ruidos producidos por lugares en construcción o mantenimiento, tanto en edificios como en infraestructuras, que en dependencia de su tamaño pueden generar ruidos continuos de niveles fluctuantes altos e impulsivos. Otras fuentes adicionales a los ruidos producidos pueden ser los neumáticos, martillos, taladros, sierras, pulidoras, alarmas, megafonía e interacción entre obreros de la maquinaria. [23]

Si se toma en cuenta estas actividades en ocasiones realizadas por alcaldías o instituciones estatales que tienen afectaciones viales, pueden generar ruido añadido al

tráfico rodado presente. Este tipo de ruido debe ser controlado si se realiza en lugares peculiares como hospitales y centros escolares.



Fig. 2.2.9 Actividades de construcción [23]

C) Zonas de ocio

En las zonas de concentración de eventos y espectáculos de tipo público durante este tiempo puede producir aumento considerable de niveles sonoros. Estas actividades generalmente suceden en horario nocturno y como principales actividades son las realizadas por hoteles, restaurantes, cafeterías, bares, etc. Y sobre todo los establecimientos de entorno musical como discotecas, conciertos, salas de baile, pubs, etc. [23]

Estas fuentes pueden centrarse principalmente en 3 focos: la música proveniente de los mismos locales, la aglomeración de las personas que puedan existir internamente y en el exterior de los mismos locales incluido las terrazas, el tráfico recurrente para acceder a estas zonas.

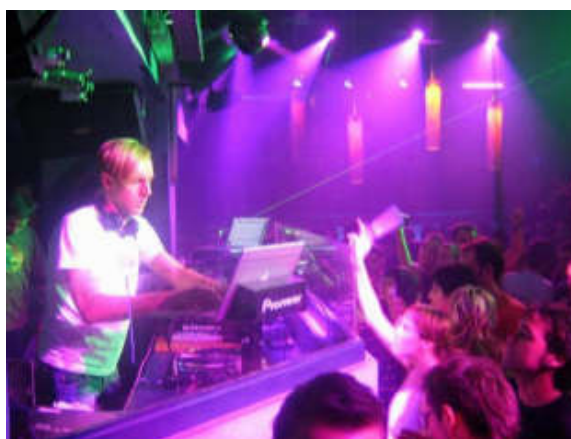


Fig. 2.2.10 Zonas de Ocio - Discotecas [23]

D) Zonas Comerciales

Las zonas comerciales son centros de acopio (centros comerciales, super mercados, mercados, bazares, plazas etc.) de oferta de productos de todo tipo que por objeto de atracción a los clientes manejan varias estrategias que involucran ruido ambiental. Estas zonas al igual que las zonas de ocio se podría centrar en 3 focos, la aglomeración de la gente afuera y dentro de los lugares de comercialización, el acceso a los mismos por vehículos en búsqueda de estacionamientos y el tipo de producto que se comercializa debido a su demanda.

2.2.5 Niveles permisibles de ruido de acuerdo con el uso de suelo

De acuerdo a los datos dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULAS) y amparado en la Ley de Gestión Ambiental de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Los niveles de presión sonora equivalente, NPS_{eq} , expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de fuentes móviles de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la siguiente tabla: [5]

Tabla 2.2.1 Niveles Máximos de Emisión para Fuentes Móviles de Ruido

Categoría del Vehículo	Descripción	NPS Máximo (dBA)
Motocicletas	De hasta 200 cc	80
	Entre 200 y 500 cc	85
	Mayores a 500 c.c	86
Vehículos	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso no mayor a 3.5 Toneladas	81
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, y peso mayor a 3.5 Toneladas	82
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor, peso mayor a 3.5 Toneladas y potencia de motor mayor a 200HP	85
Vehículo de Carga	Peso máximo hasta 3.5 toneladas	81
	Peso máximo hasta 3.5 toneladas hasta 12 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12 toneladas	88

Estos valores de acuerdo con la ley son de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. Aunque no se tengan datos de que la contaminación acústica afecte directamente al medioambiente, se sabe que el ruido afecta a la salud de las personas.

A) Afectaciones médicas

Debido a la exposición continua del oído a estímulos, la capacidad de audición de este va decreciendo. Este problema puede agrandarse por el maltrato al que sometemos nuestros oídos, al exponernos en conciertos, discotecas, etc. Provocando al día siguiente habernos levantado con un pitido muy desagradable. Esto se debe al sobreesfuerzo al que hemos sometido a nuestros oídos la noche anterior. Para protegerse, el oído crea una barrera, haciendo que este sonido no parezca tan fuerte por lo que, al dejar de percibir el estímulo tan elevado, el resto de los sonidos parece más débil de lo normal. La figura 2.6 muestra la escala de audición que posee el oído humano. [17]

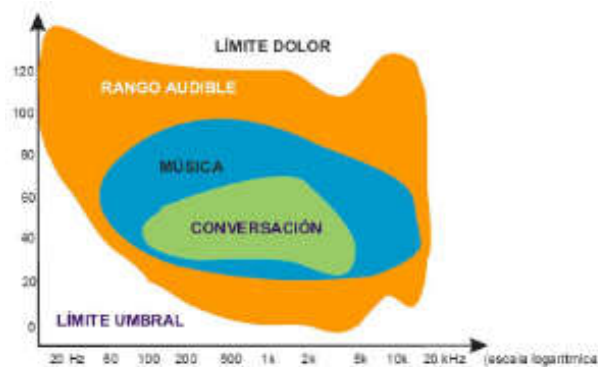


Fig. 2.2.11 Escala de Audición [17]

Algo parecido ocurre con la frecuencia o tono. El oído humano pierde la capacidad de percibir ciertas frecuencias a lo largo de la vida. Del mismo modo, este efecto puede verse ampliado por una exposición continua a un nivel de sonido elevado. [17]

2.2.6 Sistemas Embebidos

Es un sistema electrónico diseñado específicamente para realizar unas determinadas funciones, habitualmente formando parte de un sistema de mayor entidad. La característica principal es que emplea para ello uno o varios procesadores digitales (CPU's) en formato microprocesador, microcontrolador que le permite aportar inteligencia al sistema anfitrión al que ayuda a gobernar y del que forma parte. [24]

A) Componentes de un sistema electrónico de medida

Para la realización de un sistema electrónico de medición, implica los cuatro pasos siguientes:

- La adquisición de la información realizada por un sensor o transductor.
- El acondicionamiento de la señal de salida del transductor.
- El procesado de esta información.
- La presentación de los resultados de forma que pueda ser comprensible para un observador. [25]

Cualquiera de estas funciones puede ser local o remota en el segundo caso es necesario transmitir la información (Sistema de telemedida). Para mejor entendimiento de la estructura general de un sistema electrónico de medida se muestra la siguiente figura:

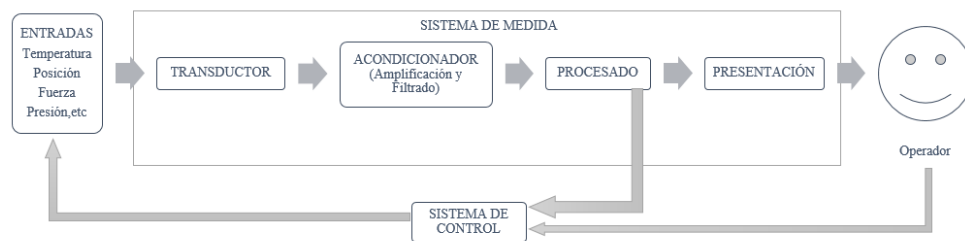


Fig. 2.2.12 Estructura General de un sistema electrónico de medida [25]

B) Clasificación de los sistemas electrónicos de medida

Un sistema electrónico puede tomar distintas formas: desde la forma más simple, constituida por un módulo tradicional, hasta un sistema complejo construido para una aplicación determinada, basado en ordenador y que se compone de diferentes elementos de hardware y software. En donde se puede clasificar en los tres grupos básicos siguientes [25]:

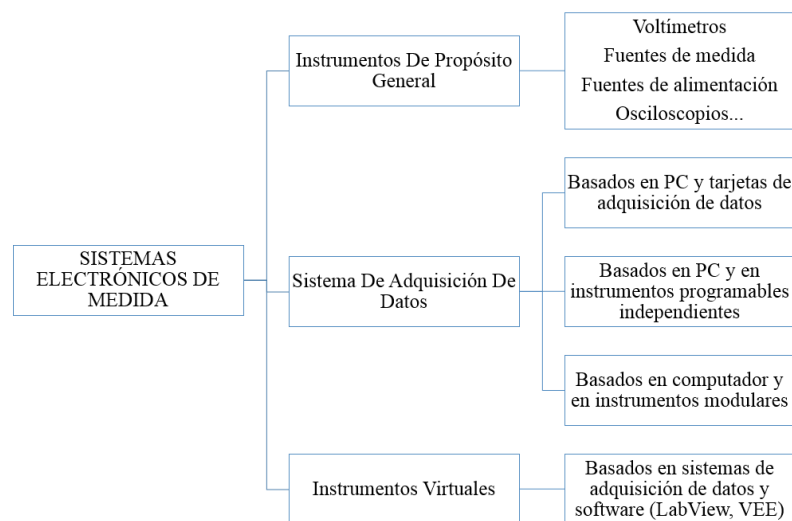


Fig. 2.2.13 Clasificación de los sistemas electrónicos de medida [25]

C) Sistema de monitoreo remoto inalámbrico

La accesibilidad de la tecnología inalámbrica permite nuevas aplicaciones de monitoreo remoto. Los dispositivos inalámbricos brindan flexibilidad y portabilidad mejorada para algunas aplicaciones al ofrecer medidas en lugares donde los cables no son convenientes o viables. [26]

Normalmente un sistema embebido se trata de un módulo electrónico alojado dentro de un sistema de mayor entidad al que ayuda en la realización tareas tales como el procesamiento de información generada por sensores, el control de determinados actuadores, etc. [24]

El monitoreo de ruido se da en procesos o escenarios donde se debe tener un control constante del ruido ya porque este sea una variable crítica o por otro lado porque se esté realizando una labor de evaluación y control de ingeniería para dicha variable. [27]

Estos sistemas están conformados por nodos sensores y la comunicación entre estos con un nodo coordinador. Cada nodo utiliza un sensor de presión sonora, una etapa amplificadora y una etapa de filtrado con red de ponderación A. El nodo coordinador envía las medidas de ruido procesadas por cada nodo hacia un servidor conectado a Internet. [12]

2.3 Propuesta de Solución

Un Sistema Prototipo de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental para el Casco Central de la Ciudad de Ambato, permitirá medir, evaluar y visualizar los datos de ruido ambiental de los puntos críticos de la ciudad, para que el GAD Municipalidad de Ambato tome las acciones que considere pertinentes protegiendo la salud auditiva de la ciudadanía en general.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

Para la realización del presente proyecto de investigación se utilizará las siguientes modalidades de investigación:

Investigación Aplicada. - Debido a la implementación del sistema, la información recolectada servirá para aplicar conocimientos que mejor se adapten a garantizar la funcionalidad del prototipo.

Investigación Bibliográfica. - La búsqueda de información de los parámetros a manejar en el sistema de monitoreo, este se realizará en: libros de ingeniería electrónica, artículos científicos, revistas técnicas, tesis referentes y publicaciones en Internet.

Investigación de Campo. - Por la naturaleza del proyecto, es necesario realizar una inspección al lugar donde se va a realizar el sistema de monitoreo, que permitirá al investigador adquirir información relevante de como ajustar el sistema al ambiente al cual va a estar expuesto.

3.2 Recolección de Información

La recolección de la información se utilizará el material bibliográfico como tesis, artículos técnicos, revistas, que tengan relación con la temática descrita que pretenderá tener conocimientos claros del proyecto planteado.

3.3 Procesamiento y Análisis de Datos

El plan de procesamiento de la información tendrá las siguientes consideraciones:

- Revisión de la documentación recolectada para de acuerdo con un orden específico, se facilite el desarrollo del proyecto en cada tramo de este.
- Análisis de la información que permitirá plantear estrategias en la solución del problema planteado.

- Interpretar la información recolectada que ayudará a desarrollar una solución en el problema.

3.4 Desarrollo del Proyecto

El presente proyecto de investigación tendrá un desarrollo organizado y estructurado del que se elaborará un sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental, en base a:

- Análisis de las características y leyes que rigen en el país sobre la medición de los niveles permisibles de ruido ambiental en las urbes.
- Recopilación de la información del GAD Municipal de Ambato con los datos de ruido ambiental del Casco Central de la ciudad.
- Estudio de las zonas más críticas de mayor contaminación auditiva del Casco Central de la ciudad de Ambato.
- Análisis de las ventajas y desventajas que poseen los sistemas de monitoreo de ruido ambiental existentes.
- Descripción del esquema que conforma la estructura del sistema de monitoreo.
- Definición de las tecnologías a utilizar tanto hardware como software para los equipos terminales del prototipo de monitoreo del nivel de ruido.
- Implementación de cada uno de los equipos terminales del prototipo de monitoreo de nivel de ruido utilizando hardware libre.
- Implementación de un servidor de plataforma libre para el prototipo del sistema de monitoreo de ruido ambiental.
- Elaboración un sistema de comunicaciones para la transportación de la información de los puntos de medición de ruido seleccionados hacia el servidor.
- Diseño de una página web que permita presentar los datos analizados.
- Ejecución de las pruebas de funcionamiento del prototipo del sistema de monitoreo.
- Elaboración de Informe Final.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Análisis de las características del ruido ambiental

4.1.1 Situación del casco central de la ciudad de Ambato

La ciudad de Ambato es una de las urbes más importantes del Ecuador que por excelencia se ha convertido en un lugar estratégico para realizar actividades comerciales. Se origina después de la gesta heroica y libertaria de la independencia del 12 de noviembre de 1820, volviéndose la ciudad de la Sierra Centro donde se realizaban las más importantes ferias de alimentos, textiles, herramientas, animales, materiales de construcción, semillas e insumos agrícolas.

Con la expulsión de los europeos del país, algunos dirigentes mestizos se dedicaron a reorganizar la ciudad construyendo grandes mercados, plazas y locales comerciales, en donde hoy se lo conoce como el casco central de la ciudad. Este es un lugar de gran concurrencia hasta la actualidad de gente de toda la zona centro del país, hasta el punto de existir un colapso de calles y veredas que conservan aun la organización de aquella época colonial. [28]

4.1.2 Características del ruido ambiental en el casco central de Ambato

De acuerdo con lo expuesto en el marco teórico sobre las características que generan ruido urbano, en conjunto al criterio del G.A.D. Municipalidad de Ambato se han definido las siguientes actividades humanas exclusivas del entorno las que participan como las causantes de contaminación sonora en el casco central de la ciudad de Ambato, y son las siguientes:

- A) Tráfico Rodado
- B) Actividades Industriales y de construcción
- C) Zonas de ocio
- D) Zonas Comerciales

De esta lista se excluye a las actividades que mantienen niveles sonoros aplicados en ambientes laborales internos, ya que estos mantienen una regulación con una normativa específica y diferente, al que se analiza en espacio abierto.

A) Tráfico Rodado

El tráfico rodado que abunda en el casco central del centro de la ciudad de Ambato mantiene un ambiente tenso debido a la aglomeración de vehículos existentes, según cifras de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad (DTTM) de la Municipalidad de Ambato el parque automotor de la ciudad año tras año se incrementa ya que según el informe del 2015 se registraron 72437 vehículos matriculados mientras que en el 2016 esa cifra aumento a 88243 incrementándose un 21.82% del año pasado. [29]

Hay que mencionar que existen 397 buses urbanos en un total de 22 líneas que circulan por la ciudad y todas ellas atraviesan la zona centro. [30] Los buses han causado ruido aerodinámico debido al mal servicio que presentan, por mantener una competencia por pasajeros que existen entre cooperativas que realizan maniobras osadas. [31]

Según la operatividad y monitoreo mediante cámaras y recorridos en campo, La DTTM, indica que las intersecciones con mayor complicación en congestión vehicular del casco central son:

- Juan Benigno Vela y Mera.
- Av. 12 de noviembre y Mera
- Av. Pérez de Anda y Montalvo
- Av. Cevallos y Francisco Flor
- Av. Cevallos y Espejo
- Lizardo Ruiz y Espejo
- Av. 12 de noviembre y Espejo
- Av. Cevallos y Mariano Egüez
- Av. Unidad Nacional y Gonzales Suarez
- Bolívar y Olmedo

Las cifras anteriores reflejan grandes problemas de ruido ambiental por tráfico rodado, y que puede considerarse como una gran amenaza para la salud auditiva de la ciudadanía.



Fig. 4.1 Parada de Buses Urbanos del Parque 12 de noviembre [31]

B) Actividades Industriales y de Construcción

Ambato es la cuarta ciudad de importancia del país, que posee un motor industrial para la economía nacional, que esta principalmente enfocado a: textiles, alimentos, construcción, curtiembres, carrocerías, plantas de caucho, poliuretano, botas de caucho y reencauche. De todas estas la que sobresale es la fabricación de calzado. [32]

La provincia de Tungurahua es la zona del país donde se confecciona en alrededor un 80% de la producción de todo el calzado que genera el Ecuador [33], actividad que genera más de 100000 puestos de trabajo recurrente, volviéndose a nivel local la actividad industrial más recurrente que genera fuentes de ruido hacia el ambiente interno y externo de la empresa.

El calzado como tal mantiene en movimiento a las familias ambateñas, ya sea a manera empresarial o con un pequeño negocio, sin importar el nivel todas ellas manejan maquinas industriales que mantienen un valor de ruido de 60 dB por máquina. [34]



Fig. 4.2 Utilización de máquinas en producción de calzado [33]

En el ámbito de la construcción existen algunas cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del 2015 que corrobora al cantón de Ambato como la tercera

ciudad del país que más permisos de construcción mantiene, representando el 6.1% de las emisiones a nivel nacional. [35]

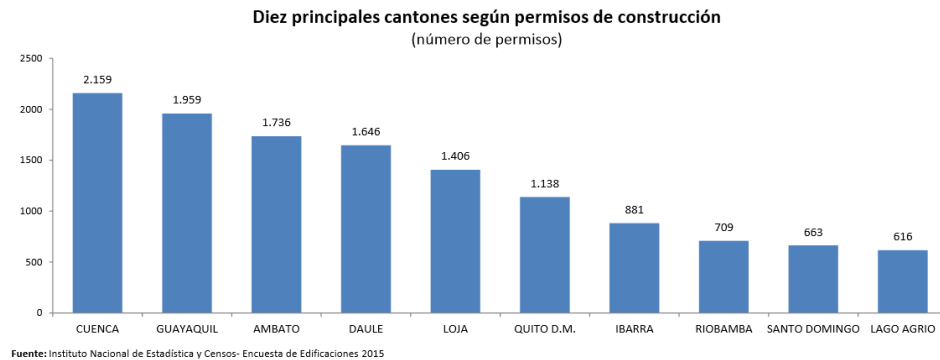


Fig. 4.3 Diez Principales cantones según permisos de construcción [35]

Además, a nivel provincial Tungurahua también ocupa el tercer puesto del país en el que más superficie es usada para construcción con el 10.7% de los 11.211.464 metros cuadrados tomado en cuenta de todo el Ecuador. [35]

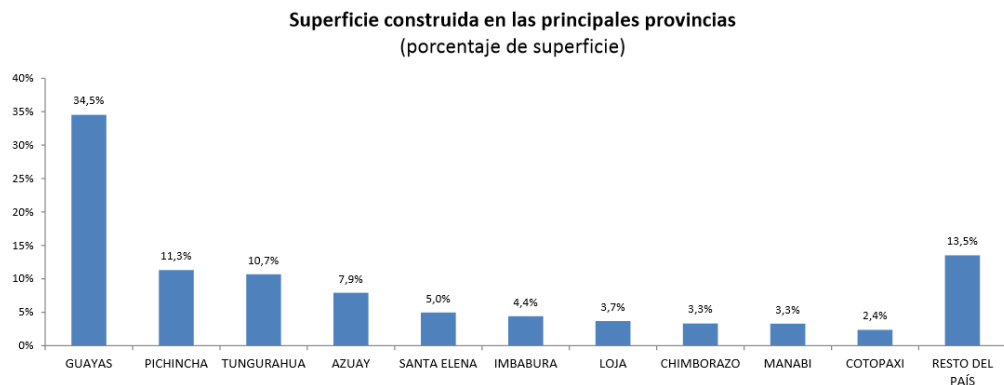


Fig. 4.4 Superficie construida en las principales provincias [35]

Por lo tanto, en la ciudad se realiza actividades de construcción continuamente, agregando también a obras realizadas por alcaldías o instituciones estatales que tienen afectaciones viales, generando ruido añadido al tráfico rodado presente.



Fig. 4.5 Actividad en Construcción Hospital Docente Ambato [32]

C) Zonas de ocio

Los sitios poseen una franja horaria de producción de ruido ambiental que se sitúa en los periodos nocturnos de acuerdo con la Ordenanza Municipal que regula la Instalación, Funcionamiento y Control de Establecimientos de Diversión en el Cantón Ambato (400.142.2), abarcados a locales de diversión para mayores de 18 años como discotecas, karaokes, bares y clubes nocturnos van de lunes a jueves hasta las 00:00 horas y viernes y sábado hasta las 02:00 horas, evidenciando las repercusiones acústicas semana tras semana. [36]

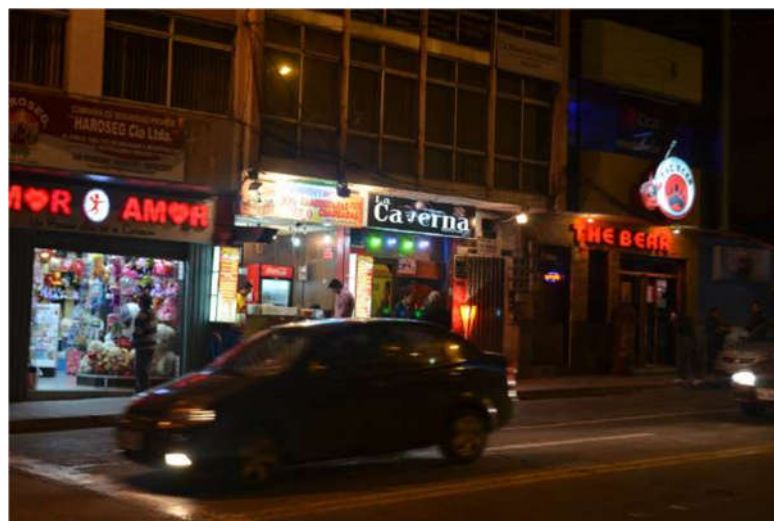


Fig. 4.6 Centros de diversión para mayores de edad de la avenida Cevallos [36]

D) Zonas Comerciales

Ambato por su ubicación geográfica privilegiada es el principal centro de acopio de alimentos que distribuye al resto de mercados minoristas en la ciudad, provincia, región central y casi en su totalidad a la amazonia. [32]

La Red de plazas y mercados de la ciudad alberga 15 centros de expendio y 6 de ellos dentro del casco central por lo que la concurrencia de gente es máxima provocando que las calles aledañas mantengan alto tráfico por utilizar sitios de parqueo, sobre todo los lunes que son declarados día de feria en toda la provincia, teniendo afluencia de gente desde las 6:00 horas hasta las 22:00 horas, que sitúan puntos fijos de constantes ruidos. [37]

Uno de los problemas adicionales a esta fuente de ruido en nuestra ciudad es la comercialización informal que se realiza en veredas y calles fuera de los mercados y plazas, información contrastada con el hecho de que dentro de los mismos mercados existen un total de 541 puestos vacantes para nuevos comerciantes que deberían ser

regularizados, y que de esta forma eviten la proliferación del desorden y ruido ambiental por toda la ciudad. [37]



Fig. 4.7 Comercio Informal alrededores Plaza Primero de Mayo [37]

4.1.3 Impacto del ruido ambiental en la ciudad de Ambato.

Las investigaciones realizadas por otros autores mencionan que, dentro de la plataforma territorial de la ciudad de Ambato, las seis parroquias urbanas incluido en ellas: La Matriz, La Merced y San Francisco, el 100% de los registros de valores marcados por los sonómetros superaron los 55dB(A), siendo este un valor guía de la Organización Mundial de Salud como límite para evitar molestias serias alrededor. [38]

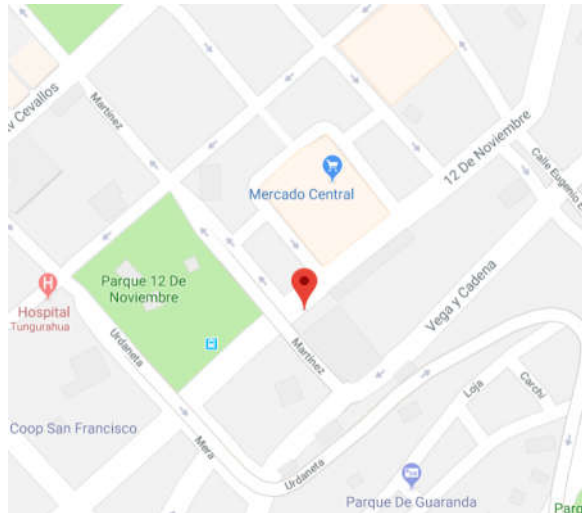
4.1.4 Grupos Vulnerables de la zona

En el casco central de la ciudad de Ambato en lo que a contaminación sonora se refiere, estudios sobre el confort acústico, se evidencia problemas en las oficinas. Ya que el diseño de las instalaciones de la mayoría de los edificios que existen en la zona, en modalidad de tipos abierto que se encuentran en el segundo, tercero y quinto piso, afecta a la funcionalidad y concentración de los trabajadores. A la vez que los malestares más comunes son el ruido de tráfico rodado en las horas pico, zonas comerciales y de ocio. [39]

En fin, después de haber realizado el análisis e impacto del ruido ambiental de manera específica para el casco central de la ciudad, en base a las estadísticas proporcionadas de cada característica de ruido ambiental de la zona, es de manera considerable de que los puntos a implantar la recolección de datos para el sistema prototipo de monitoreo sean:

A) Avenida 12 de noviembre y Martínez

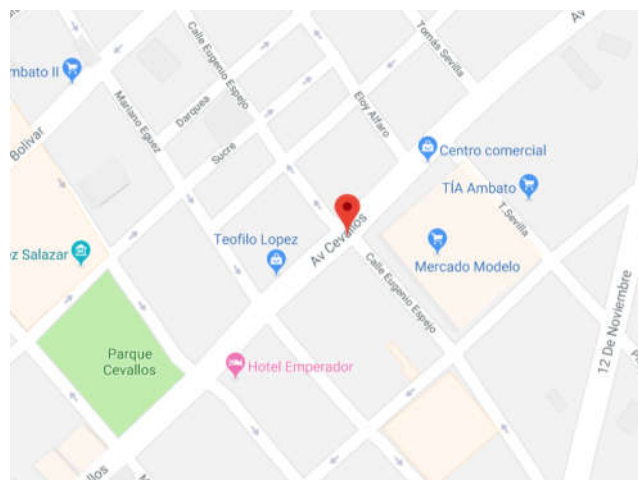
Este sector en particular posee una gran cantidad tráfico rodado al ser una avenida ampliamente transitada y tener la mayor parada de buses urbanos de la mayoría de las líneas de circulación, además cerca a estas se encuentra dos lugares de comercialización (Mercado Central y Centro Comercial de las Flores) existiendo concurrencia de gente.



*Fig. 4.8 Punto de medición ubicado en Avenida 12 de noviembre y Martínez
Fuente: Google Maps*

B) Avenida Cevallos y Espejo

Esta zona posee características de tráfico rodado ya que es otro punto que abarca un gran grupo de líneas de buses urbanos que pasan por el casco central, zonas de comercialización como el Mercado Modelo, diferentes locales y venta informal.



*Fig. 4.9 Punto de medición ubicado en Avenida 12 de Noviembre y Martínez
Fuente: Google Maps*

C) Punto de medición ubicado en Avenida Cevallos y Francisco Flor

El lugar posee factores de tráfico rodado por la acumulación de vehículos que tienen la intención de ingresar o salir del viaducto de la Yahaira y zona de ocio por locales de diversión nocturna, bares, discotecas que están alrededor funcionando en la noche.

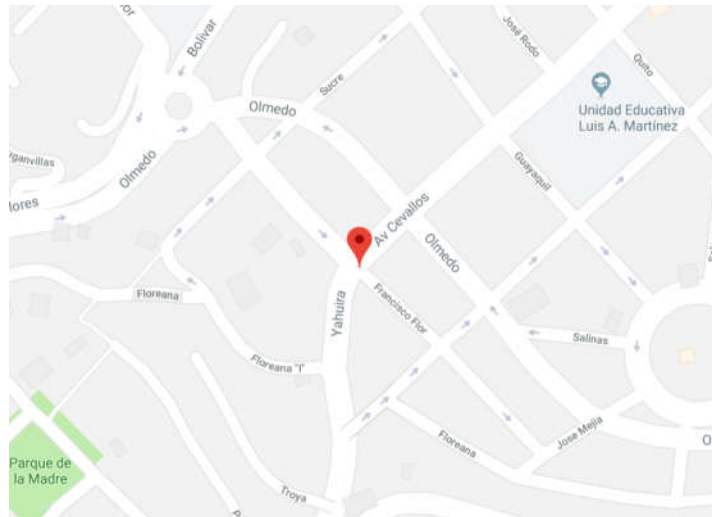


Fig. 4.10 Punto de medición ubicado en Avenida Cevallos y Francisco Flor

Fuente: Google Maps

4.2 Análisis de factibilidad

4.2.1 Factibilidad Técnica

De manera técnica este proyecto es factible ya que los dispositivos electrónicos y de comunicación actuales permiten tener una mejor flexibilidad para ser usados en nuevos aplicativos que la sociedad pueda requerir.

4.2.2 Factibilidad Bibliográfica

Bibliográficamente el proyecto es factible, puesto que toda la información necesaria para la investigación puede ser adquirida de diversa forma como libros, artículos científicos, revistas, tesis de grado y por personas relacionadas en el área de gestión ambiental en especial por contaminación sonora.

4.2.3 Factibilidad Económica

La propuesta económicamente hablando es viable, debido a que todos los elementos conformantes del sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental son financiados por el investigador.

4.3 Requerimientos del sistema

Para la implementación adecuada del sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental, es necesario realizar un detalle de todos los elementos que requiere el sistema para que permita una correcta comunicación y procesamiento de datos. Estos elementos se detallan a continuación:

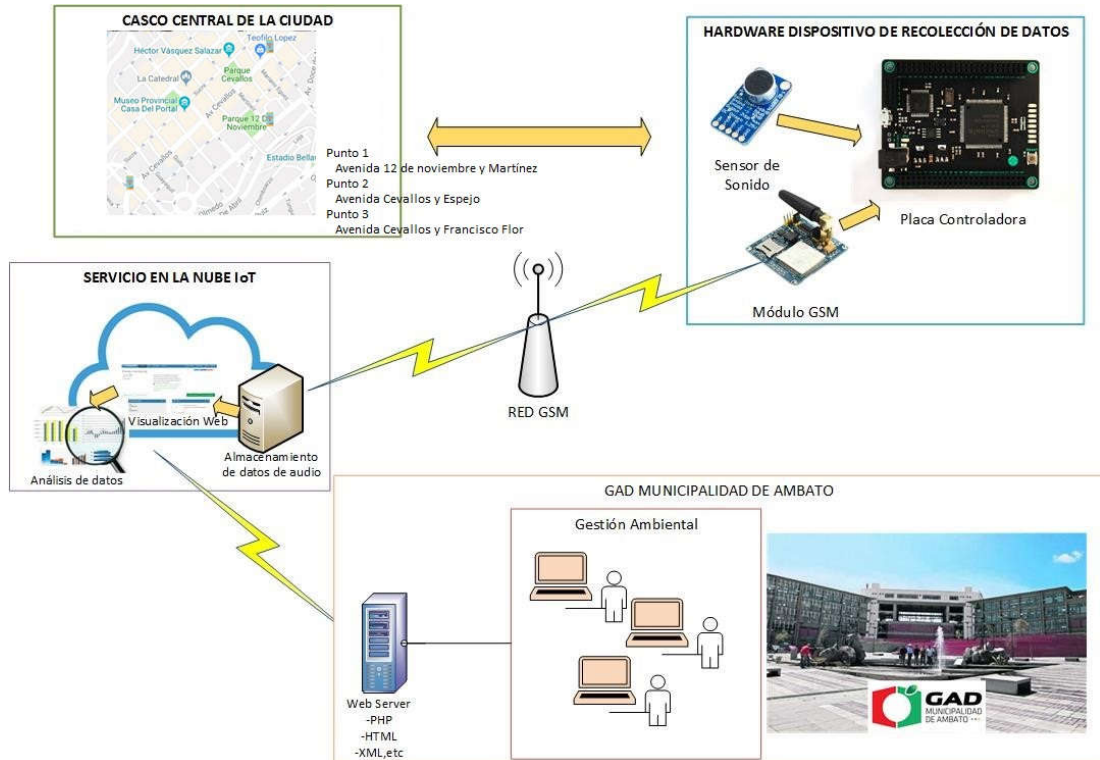


Fig. 4.11 Diagrama de Bloques del Sistema de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental

Fuente: Investigador

En la figura se puede evidenciar que el sistema de monitoreo se basa principalmente en la característica de ser un sistema IoT compuesto de tres etapas, la etapa de adquisición de datos en las zonas a explorar, la etapa de almacenamiento y análisis de los datos en la nube, y la etapa de presentación de resultados a las oficinas del GAD Municipalidad de Ambato.

A) Adquisición de datos en la zona a explorar

Esta etapa se encarga de recolectar los datos de ruido ambiental, partiendo primero de la selección de zonas más críticas del casco central de la ciudad, y colocar en ellas un dispositivo electrónico que realice el tratamiento y comunicación de esta variable con un banco de recolección de datos.

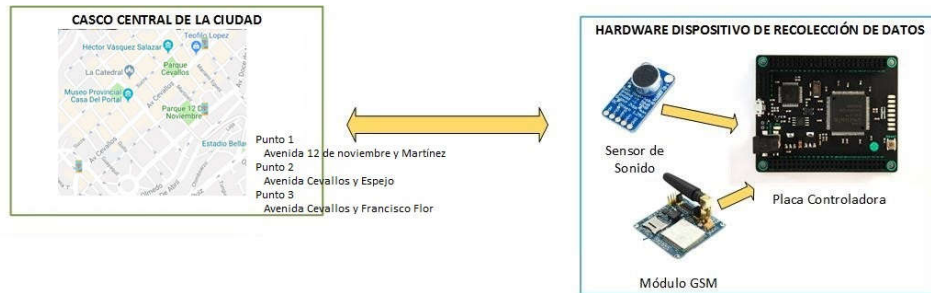


Fig. 4.12 Diagrama de bloques Etapa de prototipo de nivel de ruido ambiental

Fuente: Investigador

El dispositivo electrónico que está compuesto básicamente de un sensor de sonido, una placa controladora y un transmisor GSM. El sensor de sonido es un elemento especializado en tomar muestras periódicas para analizar el ruido, estas muestras deben pasar por la placa controladora que convierte la señal a unidades en dBA.

Esta placa controladora también se va a encargar de enviar los datos recolectados de ruido a un servicio en la nube con la ayuda del transmisor GSM siendo esta tecnología la más adecuada para poder desenvolverse en cualquier punto de medición del casco central. A través de los comandos AT y el protocolo HTTP se realiza una conexión remota con el servidor que servirá para cargar los datos al sistema de la siguiente etapa.

B) Almacenamiento y Análisis de los datos en la nube

El servicio en la nube es una API libre de Internet de las Cosas (IoT) trabaja con los datos enviados por los dispositivos ubicados en ciertos puntos de la ciudad. Permitiendo recopilar, analizar, visualizar y actuar sobre esa información para que pueda ser tratada con más utilidad a la hora de presentar estos datos en los dispositivos del Departamento de Gestión Ambiental del GAD Ambato.

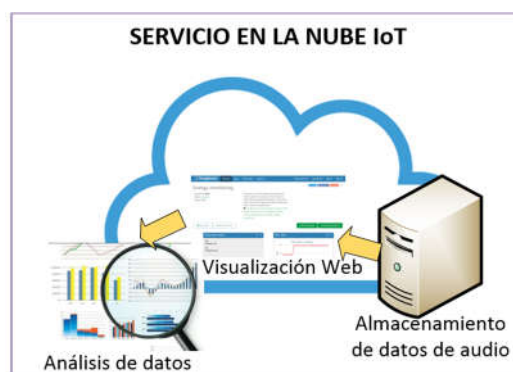


Fig. 4.13 Diagrama de bloques Etapa de Plataforma IoT

Fuente: Investigador

Cada dispositivo maneja un canal de comunicación a la API de la plataforma permitiendo tener registros de ellos constantemente con la ayuda de funciones visibles,

ya sea gráficos estadísticos, histogramas, etc. Partiendo de estos primeros elementos se puede recurrir a la posibilidad de ocupar estos mismos valores de entrada para hacer cálculos computacionales y eventos que muestren con mayor extensión los datos recolectados.

C) Presentación de Resultados

Los datos anteriormente recolectados por la plataforma IoT, los cálculos y eventos necesitan exponerse con una interfaz amigable al personal que va a estar al tanto del monitoreo del Departamento de Gestión Ambiental.



Fig. 4.14 Diagrama de bloque etapa de Funcionamiento página web
Fuente: Investigador

Para la presentación de estos datos se realizará a través de una interfaz web que necesita ser albergada en un servidor web perteneciente a la red interna del GAD Municipalidad de Ambato, compuesto en su programación por archivos en lenguaje HTML, de edición CSS y procesos PHP. Estos archivos facultarían a tener un vistazo de los datos, eventos producidos y acceso a datos acumulados. Simplificando las labores de monitoreo sobre el ruido ambiental en el casco central de la ciudad.

4.3.1 Selección de Hardware

Para capturar el sonido proveniente de un ambiente fijo de un punto de la ciudad, esa misma información transmitir a un servicio en la nube y para obtenerlos en un entorno web, a manera de hardware requiere los siguientes componentes:




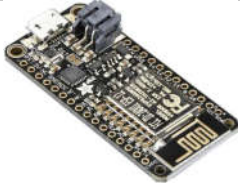
- A) Placa Electrónica Controladora
- B) Módulo de comunicación GSM
- C) Conexión a una operadora móvil
- D) Sensor de Sonido (Micrófono Amplificador)
- E) Computador (Servidor)

Comparativas de los componentes hardware para el prototipo

A) Placa Electrónica Controladora

Debido a que la cantidad de pines analógicos y digitales necesarios para realizar la recolección de los datos, el procesamiento unidades dBA y transmisión de los datos por una red GSM, no requiere velocidades exorbitantes de procesamiento.

Tabla 4.1 Comparativa de placa electrónica
Fuente: Investigador

Modelo	Arduino Nano	Raspberry Pi Zero W	NodeMCU / Adafruit HUZAZH
Microcontrolador	ATmega328	ARM11	ESP8266
Frecuencia	16 MHz	1GHz	160MHz
RAM	32 KB	512MB	36Kb
Puertos	14 (6 of which are PWM)	Mini HDMI and USB On-The-Go ports	Usb power charger
SD card:	No posee	Si, extendida 128gb	No posee
Conectividad	USB	802.11 b/g/n wireless LAN Bluetooth 4.1 Bluetooth Low Energy (BLE)	802.11 b/g/n WiFi 2.4 GHz, support WPA/WPA2
Dimensiones:	0.73" x 1.70"	65mm x 30mm x 5mm	5mm x 5mm
Numero GPIO	-	HAT-compatible 40-pin header	10 GPIO, every GPIO can be PWM, I2C, 1-wire
Consumo Energético	40 mA (I/O Pins)	230Ma	500mA
Imagen	 		




Para la realización del proyecto se ha escogido al Arduino Nano al ser una placa de hardware libre de bajas prestaciones utilizado para lugares exteriores puede realizar un trabajo óptimo de recolección de datos sin la necesidad de manejar tecnologías agregadas cumple con las características en costo y beneficio para realizar las actividades encomendadas en cada lugar a analizar del casco central.

B) Módulo de comunicación GSM

Debido a la particularidad de que los dispositivos van a estar colocados en zonas abiertas como las calles del casco central de Ambato, para garantizar una sola conectividad si estos se trasladasen de un lugar a otro, la tecnología GSM nos ofrece la capacidad de permanecer siempre conectados, sin modificar parámetros en cada

lugar, y al ser el centro de la ciudad existe muy bajas probabilidades de pérdida de conectividad ya que en el alrededor aparecen muchas radiobases de respaldo.

Tabla 4.2 Comparativa Modulo GSM
Fuente: Investigador

Modelo	SIM 900 GSM GPRS	SIM 800L EVB	MIKROE-1375 GSM2
Frecuencias de trabajo	850 / 900 / 1800 / 1900 Mhz	850 / 900 / 1800 / 1900 Mhz	850 / 900 / 1800 / 1900 Mhz
Potencia de Transmisión	2W (850 / 900 Mhz)	2W (850 / 900 Mhz)	2W (850 / 900 Mhz)
Comandos de Ejecución	AT SIMCOM	AT SIMCOM	AT SIMCOM
Rango de Consumo de Voltaje	3.4 – 4.5V	3.4 – 4.4V	3.3 – 5V
Temperatura de operación	-30 C – 80 C	-40 C - 85 C	-40 C - 80 C
CSD	85.6 kbps	14.4 kbps	85.6 kbps
Estándar	2G	2G	2G
Imagen			

El dispositivo SIM 800L EVB en su característica de bajo costo, portabilidad y prestaciones para navegación 2G, resulta más que suficiente para el proyecto ya que la cantidad de información con el que se transmite usa poco ancho de banda, siendo solo datos sin inclusión de sonido, imágenes o video.

C) Conexión a una operadora móvil

El módulo GSM al necesitar de una tarjeta SIM de alguna operadora, las empresas telefónicas que ofrece el servicio de red celular son: Claro (CONECEL), Movistar (OTECCEL), Tuenti (OTECCEL) y CNT E.P. En las siguientes figuras se muestran el mapa de cobertura de las empresas en el orden mencionado anteriormente. Hay que acotar que la cobertura de la empresa Movistar es la misma de la empresa Tuenti.

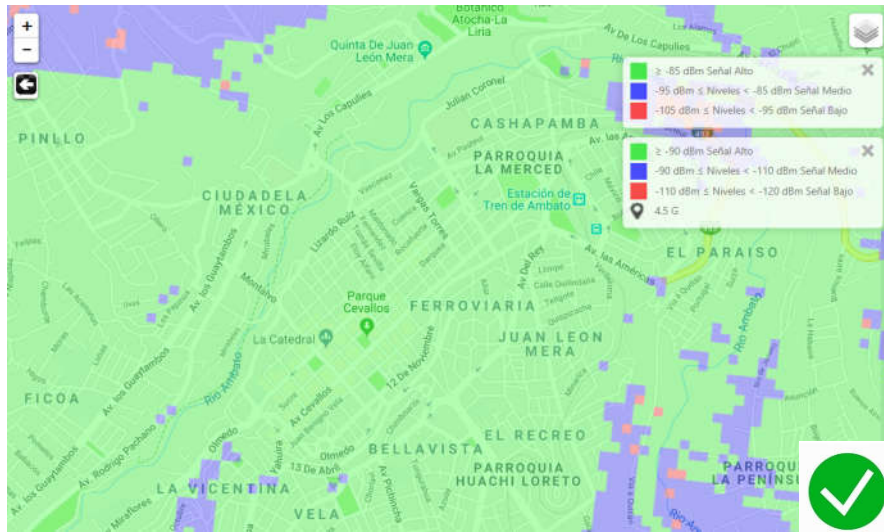


Fig. 4.15 Mapa de Cobertura Claro
Fuente: Investigador

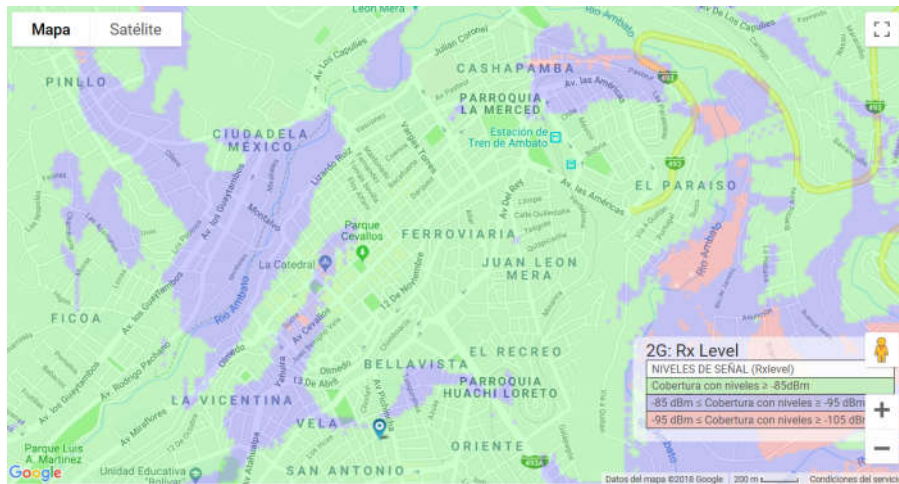


Fig. 4.16 Mapa de Cobertura Movistar y Tuenti
Fuente: Investigador

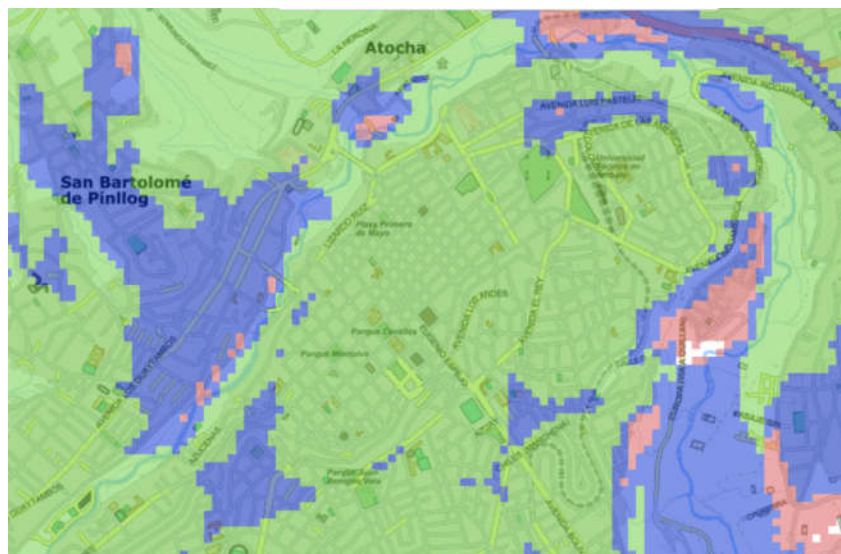


Fig. 4.17 Mapa de Cobertura CNT
Fuente: Investigador

Analizando la cobertura de las operadoras de celular del país, a pesar de que el casco central de Ambato mantiene señal con normalidad de todas las operadoras, la operadora Claro posee mejores parámetros de señal de acuerdo con los mapas de cobertura anteriores en comparación a las otras empresas.

D) Sensor de Sonido (Micrófono Amplificador)

La mayoría de los sensores de sonido del mercado poseen en sus circuitos integrados, únicamente una etapa de pre-amplificación de la señal, para realizar un análisis exhaustivo, el sensor también debe de requerir otra etapa de amplificación, los sensores que cumplen esta condición están expuestos en la siguiente tabla.

Tabla 4.3 Comparativa Sensor de Sonido
Fuente: Investigador

Modelo	Adafruit AGC Electret Microphone Amplifier - MAX9814	Analog Sound Sensor (DFR0034)	SMAKN MAX9812 Microphone Amplifier Sound
Dimensiones (Montaje en Superficie)	26 mm × 14 mm	22 x 30mm	20mm x 11mm
Ganancia	Ajuste (60 50,40 dBA)	52dBA	20 dBA
Sensibilidad	-44 dBV	-54 dBV	-
Rango de Respuesta de Frecuencia plana	20 Hz a 20 kHz	16-20kHz	20 Hz a 20Khz
Consumo de Corriente	<3 mA	<10mA	<3 mA
Salida Analógica	1	1	1
Amplificación de la Señal	X100	X100	X10
Imagen			

El sensor MAX9814 a diferencia de los demás, es el único dispositivo que posee un control de ganancia automático que se ajusta para diferentes proyectos. En otras palabras, con un control de ganancia automático (AGC) los sonidos cercanos se suavizarán para que no corten el amplificador y los sonidos lejanos se amplificarán, este concepto resulta ser ideal para grabar o analizar audio en un entorno, siendo este sensor el ideal para este proyecto.

4.3.2 Selección de Software

Para los procesos de análisis y recolección de los datos sean presentados acorde a los requerimientos que necesitan el personal del GAD Municipalidad de Ambato, el proyecto a nivel software manejará los siguientes elementos:

- A) Plataforma IoT
- B) API de Mapeo
- C) Interfaz Web
- D) Servidor Local

A) Plataforma IoT

La plataforma IoT recolecta los datos que están constantemente enviándose cada uno de los puntos donde los prototipos de medición se encuentran, dichos registros se alojaran en la nube, del cual puede ser utilizado para analizar y dar tratamiento a los mismos.

Tabla 4.4 Comparativa plataforma IoT
Fuente: Investigador

Plataforma	ThingSpeak	Carriots	Spark
Hardware	Arduino Spark Raspberry Pi Electronic Imp	Arduino Raspberry Electronic Imp Beagle TST Industrial	Spark
Ámbito	Casas Inteligentes Ciudades Inteligentes Prototipos	Ciudades Inteligentes Energía Petróleo Agricultura Edificios Bancario Consumidor Logística	Casas Inteligentes Ciudades Inteligentes Prototipos
Ventajas	Interfaz Analítica de datos con MATLAB App (Eventos y Alertas) Integración redes sociales (Twitter, Twilio)	Integración redes sociales HW compatibles	Escalabilidad
Desventajas	Documentación limitada a cierto Hardware	Poca Documentación	Solo compatible con productos Spark
Licencias	Open Source (Estudiantil y Profesional)	Open Source	\$39



Debido al ser una plataforma open source, tener mayor documentación, apertura con varios fabricantes como Arduino para el caso de este proyecto y mantener una integración con funciones de análisis de datos de MATLAB, la plataforma IoT de

ThingSpeak resulta idónea para mantener un dominio de los datos hacer tratados en este proyecto.

B) API de Mapeo

Para la distribución grafica de los dispositivos de medición de nivel de ruido ambiental que se realiza para el monitoreo se requiere de una plataforma de mapas, para esto la comparativa siguiente detalla las características importantes de cada una.

Tabla 4.5 Comparativa APIs de Mapeo
Fuente: Investigador

Plataforma	Google Maps	Bing Maps API	OpenStreetMaps
Maneja API	Si	Si	Si
Visualizaciones	Amplia	Escasa	Escasa
Documentación	Mayor	Escasa	Poca
Cobertura Cartografía	Global	América Norte y Europa	América, Europa, Asia, África
Libre	Si 	Si	Si

Debido a la documentación presente en la web para diseño un gran abanico de visualizaciones y la cobertura para sector de Ambato al ser más completa se escogió la plataforma de Google Maps.

C) Interfaz Web


Debido al requerimiento por parte del GAD Municipalidad “Ambato”, para facilidad de acceso dentro de la red interna, el uso de una interfaz Web para presentación de los datos procedentes del Sistema de Monitoreo por plataforma IoT es la más adecuada, ya que representan poco consumo en las características de cualquier equipo terminal y resulta mucho más intuitiva para el operario.

Los softwares que utilizar son el empleo del lenguaje de desarrollo de páginas web HTML, un preprocesador de hipertexto PHP y diseño de estilos CSS.

D) Servidor Local

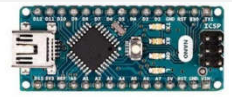


Al mantener una interfaz web que se utilizará en la red interna del GAD Municipalidad de Ambato, para su correcto funcionamiento necesita de un servidor web interno que gestione las consultas de datos. Por lo que siguiendo la política software libre se presenta la siguiente comparativa.

Tabla 4.6 Comparativa Servidor Local
Fuente: Investigador

Servidor	XAMPP	AppServ	WampServer
PHP	5.3.1	5.2.6	5.3.0
Apache	2.2.14	2.2.9	2.2.11
MySQL	5.2.6	5.2.6	5.1.36
PhpMyAdmin	3.2.4	2.10.3	3.2.0.1
Version Portable	Si	No	No
Servidor FTP	Si	No	No
HTTPS	Si	No	No
Multiplataforma	Si 	Si	Si

Debido a la necesidad de un servidor FTP para el alojamiento de los archivos para el sitio web, portabilidad y la gestión de protocolo de HTTPS para brindar más seguridad al acceso, se seleccionó el servidor XAMPP.

Tabla 4.7 Hardware y Software Seleccionado
Fuente: Investigador

Modelo	HARDWARE			SOFTWARE			
	Arduino Nano	SIM 800L EVB	Adafruit AGC - MAX9814	ThingSpeak	Google Maps	Interfaz Web (HTML,PHP,CSS)	Servidor XAMPP
Descripción CI: ATmega328 Velocidad: 16 MHz Memoria: 32 KB I/O: 14 (6 son de PWM) Dimensiones: 0.73" x 1.70" 	Frecuencias: 850/900/1800/1900 Mhz Comandos AT Voltaje: 3.4 – 4.4V Velocidad: 14.4kbps Red: 2G (CLARO) 	Ganancia: 60/50/40 dBA Dimensión: 26 mm x 14 mm Rango de Frecuencia: 20 Hz - 20 kHz Corriente de Trabajo: <3 mA Amplificación: X100 	Compatible Arduino Especializado en Ciudades Inteligentes y Prototipos Analítica de datos con MATLAB App (Eventos y Alertas) Integración redes sociales (Twitter, Twilio) Licencia Libre (Estudiantil y Profesional)	Maneja API: Si Visualizaciones: Amplia Documentación: Mayor Cobertura: Cartografía: Global Libre: Si	Accesibilidad múltiple Imagen Intuitiva y Profesional Ahorro de dinero Soporte Adecuado	PHP: 5.3.1 Apache: 2.2.14 MySQL: 5.2.6 PhpMyAdmin: 3.2.4 Versión Portable: Si Servidor FTP: Si HTTPS: Si Multiplataforma: Si	
Argumento / Beneficio	El adecuado en relación con el costo/beneficio en su uso (pines, portabilidad, movilidad, etc).	Adecuado de bajo coste, trabaja en las mismas bandas de frecuencia del país, tamaño reducido, el bajo consumo de corriente comparado a otros componentes.	Único sensor del mercado que posee un control de ganancia automático que suaviza sonidos cercanos y amplifica sonidos lejanos	Open Source con mayor apertura a fabricantes, documentacion y variedad de funciones en el análisis de datos con MATLAB.	Open Source con mayor cobertura y visualización adaptable para la ciudad de Ambato.	Open Source mejor compatibilidad y presentacion adaptable gracias al acceso a traves de diferentes equipos.	Open Source que consume menos recursos, adecuado para el uso del proyeto que no necesita de requerimientos extremos.

4.4 Diseño del sistema de monitoreo

4.4.1 Etapa de Hardware

A) Sensor de Sonido MAX9814

Para la etapa de diseño del prototipo de medición debemos partir de las consideraciones que el sensor de sonido debe poseer para el desarrollo del prototipo. El sensor micrófono MAX9814 posee 5 pines (Vdd, GND, Gain, Out, AR) de los cuales para el proyecto utilizaremos: Vdd para la alimentación del sensor con 5v, Gnd para la conmutación a tierra y Out es la señal amplificada con valores analógicos censados del micrófono rumbo a un pin analógico del Arduino Nano para su posterior tratamiento.

Con esta configuración nos permite utilizar el sensor micrófono para que trabaje en el valor de ganancia de 60dB capturando con mayor nitidez las variables sonoras existentes en el ambiente.

B) Arduino Nano

Este dispositivo es la parte central del prototipo de medición del ruido ambiental, con la señal ingresada proveniente del sensor de micrófono (pin A0) realiza un procesamiento para determinar la cantidad de ruido y la misma a través de 2 pines digitales (Transmisión D7 y Recepción D6) envía los datos resultantes hacia el módulo GSM. Además, para la alimentación del dispositivo se utilizará los pines Vin para 5v y GND.

C) Modulo GSM 800L EVB

Al integrar dentro de este módulo una regulación de voltaje para que trabaje el chip SIM 800L en perfectas condiciones, solo requerimos una alimentación de 5v con 2A de corriente, los dos pines GND y el uso de los pines de transmisión y recepción para que pueda existir la comunicación adecuada con Arduino nano para que se gestione las conexiones sobre la red celular. La operadora Claro al ser la empresa escogida para realizar la comunicación celular, su tarjeta SIM debe estar insertada en el módulo GSM, con las previas configuraciones de tener el número de teléfono habilitado y empadronado en los registros de la ARCOTEL órgano regulador de las telecomunicaciones del país, además de tener la posibilidad de realizar navegación a internet con normalidad.

D) Fuente de alimentación

Todos estos componentes al estar interconectados necesitan de una fuente de alimentación externa que pueda suministrar el voltaje y la corriente necesaria para su correcto funcionamiento.

En base al siguiente esquema podemos divisar el diagrama de conexión entre los elementos que formarán parte del prototipo de medición de nivel de ruido ambiental.

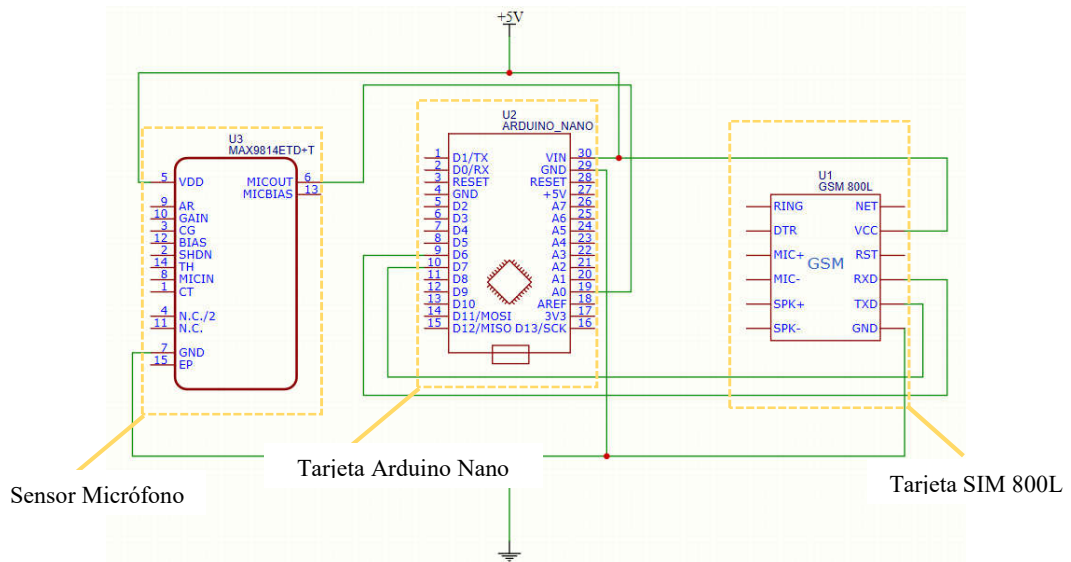


Fig. 4.18 Esquemización del Prototipo de medición de nivel de ruido ambiental
Fuente: Investigador

4.4.2 Etapa de Software

A) Programación del dispositivo de medición

Utilizando el lenguaje de programación de Arduino IDE realizamos la configuración del Arduino Nano para controlar las acciones que realizará el prototipo de medición que se encargara de tomar los datos de los puntos de extracción y subirlos a la plataforma IoT.

Para establecer un procedimiento de conversión de la señal analógica a digital proveniente del sensor de sonido y determinar los valores en dB, primero debemos establecer una ventana de tiempo para el muestreo de las señales que se lo ha definido en 50ms, siendo equivalente a una frecuencia de muestreo 20Hz.

El procesador mientras transcurre este tiempo empieza a guardar de todos los valores que se presenten de pico a pico el nivel de señal más alto y el nivel de señal más bajo en variables. Después de suceder el periodo de la ventana de muestreo, estos dos valores son tomados para que puedan ser mapeados y establecer su valor promedio de amplitud.

Una vez tomado estos valores en dB, se Establece un método para poder realizar la conexión del módulo GSM con la plataforma IoT de la nube, Para poder transmitir los datos en un periodo de cada 30 segundos, mediante el manejo de comandos AT.

El procedimiento se detalla primero estableciendo una conexión con el AP, después se configurará una red inalámbrica para el dispositivo, se obtiene una dirección IP para poder tener salida a internet utilizando el protocolo HTTP, mismo que se puede acceder a través del puerto 80, pero para poder establecer mayor seguridad en la transmisión de los datos se ocupó el protocolo https con numero de puerto 443. Este protocolo tiene la particularidad de trasmitir texto a través de datos binarios.

Al tener ya la posibilidad de transmitir datos TCP, especificamos la dirección de enlace del canal de la plataforma ThingSpeak con la añadidura de un código denominado API KEY que permite realizar la escritura en el canal específico con un método GET, propio de las páginas web HTTP.

Una vez enviado los datos al servidor remoto espera que exista una respuesta del servidor para cerrar la comunicación, para culminado esto pueda volver a realizar el mismo proceso para medir y transmitir los valores de nivel de ruido ambiental en un intervalo de 30 segundos entre muestras, pudiendo tener segundos de variación debido a las condiciones buenas o malas de internet que se tenga. Dicho código de programación expuesto anteriormente se muestra en el anexo B.

B) Plataforma ThingSpeak

Para la configuración de la plataforma de ThingSpeak en base a los requerimientos solicitado por el departamento de gestión ambiental del GAD Municipalidad de Ambato y por satisfacer las necesidades que el trabajo de investigación lo amerita, se detalla como esta empleada la utilización de la Plataforma ThingSpeak:

Creación de los canales de comunicación con los que se van a enlazar los dispositivos de medición y el servidor en la nube, y se van a encargar de recolectar en todo momento los valores enviadas, se debe configurar un canal por cada dispositivo.

ThingSpeak Channels Apps Community Support Commercial Use How to Buy Account Sign Out

Dispositivo 1

Channel ID: 467417
Author: chriscv7
Access: Public

Establecido para la medición de ruido de la primera zona determinada para el monitoreo de ruido.

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Channel Settings

Percentage complete: 50%

Channel ID: 467417

Name: Dispositivo 1

Description: Establecido para la medición de ruido de la primera zona determinada para el monitoreo de ruido

Field 1: Disp1

Field 2:

Field 3:

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.

Configuración del canal (nombre del dispositivo, identificador Disp1)

Fig. 4.19 Canal para Dispositivo 1
Fuente: Investigador

ThingSpeak Channels Apps Community Support Commercial Use How to Buy Account Sign Out

Dispositivo 2

Channel ID: 558006
Author: chriscv7
Access: Public

Establecido para la medición de ruido de la segunda zona determinada para el monitoreo de ruido.

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Channel Settings

Percentage complete: 50%

Channel ID: 558006

Name: Dispositivo 2

Description: Establecido para la medición de ruido de la segunda zona determinada para el monitoreo de ruido

Field 1: Disp2

Field 2:

Field 3:

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.

Configuración del canal (nombre del dispositivo, identificador Disp2)

Fig. 4.20 Canal para Dispositivo 2
Fuente: Investigador

ThingSpeak Channels Apps Community Support Commercial Use How to Buy Account Sign Out

Dispositivo 3

Channel ID: 558008
Author: chriscv7
Access: Public

Establecido para la medición de ruido de la tercera zona determinada para el monitoreo de ruido.

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Channel Settings

Percentage complete: 50%

Channel ID: 558008

Name: Dispositivo 3

Description: Establecido para la medición de ruido de la tercera zona determinada para el monitoreo de ruido

Field 1: Disp3

Field 2:

Field 3:

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.

Configuración del canal (nombre del dispositivo, identificador Disp3)

Fig. 4.21 Canal para Dispositivo 3
Fuente: Investigador

A más de eso se desea tener registro de entre todos los valores que se posee, un valor promedio después de cada hora por dispositivo, por lo que se configura canales especializados para este cometido.

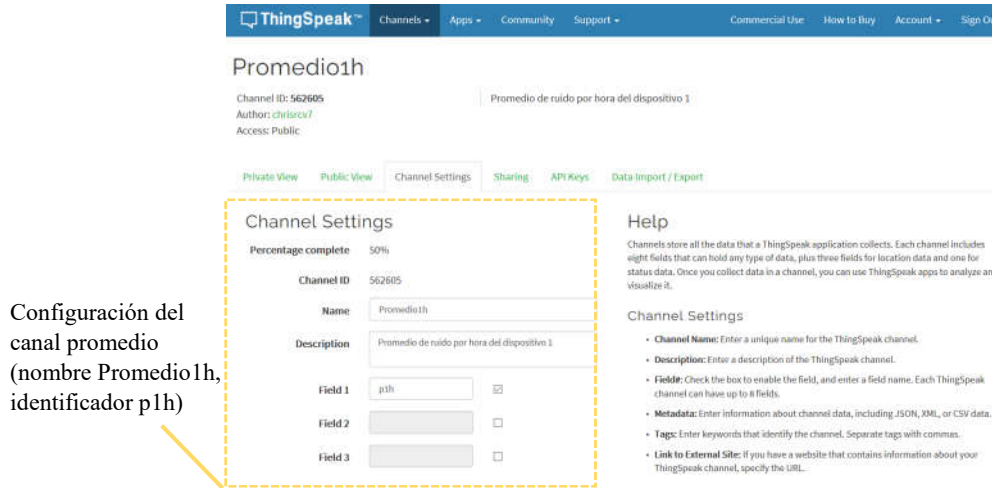


Fig. 4.22 Canal para promedio por hora del dispositivo 1
Fuente: Investigador

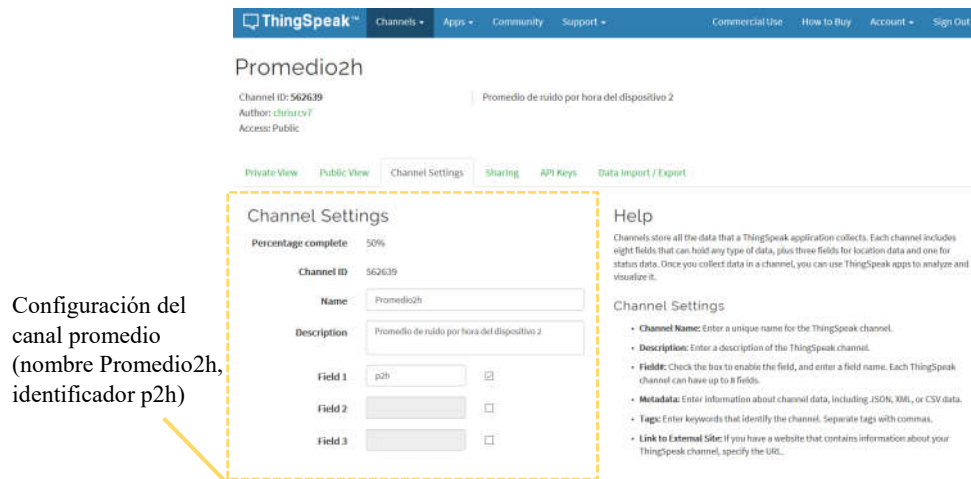


Fig. 4.23 Canal para promedio por hora del dispositivo 2
Fuente: Investigador

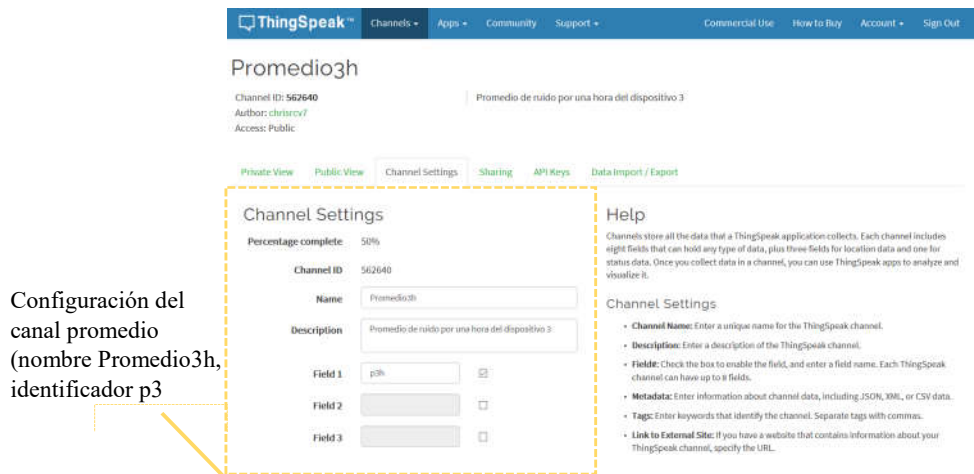


Fig. 4.24 Canal para promedio por hora del dispositivo 3
Fuente: Investigador

Para que puedan estos canales puedan manipularse desde un punto externo se debe cambiar los privilegios de privado a público.

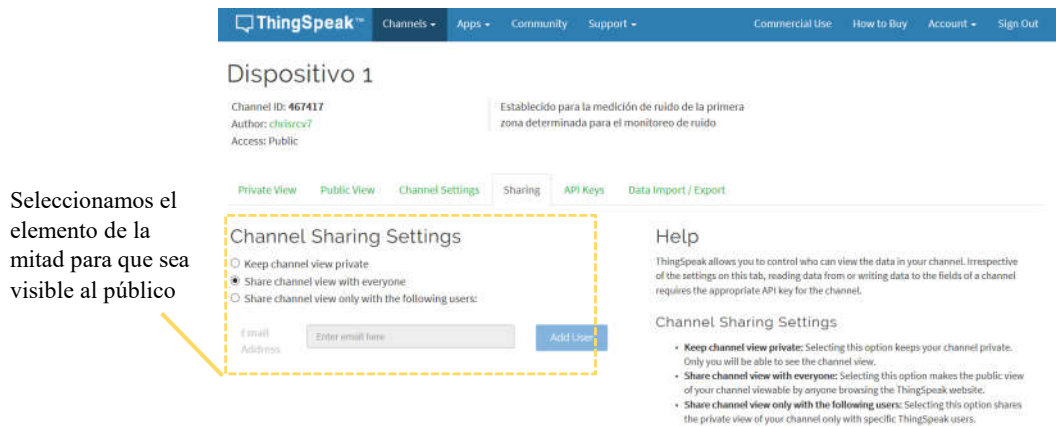


Fig. 4.25 Cambios de privilegio de canal a público
Fuente: Investigador

Para hacer uso de cada canal en dependencia si se desea hacer una lectura o escritura debemos adquirir los códigos llave o API KEY. Como se muestra en la siguiente figura.

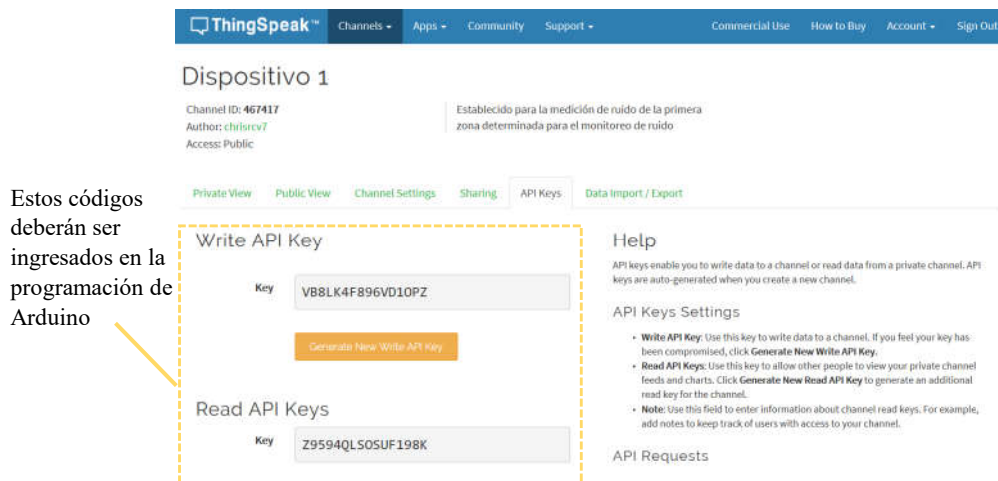


Fig. 4.26 API Key Canal Dispositivo 1
Fuente: Investigador

El canal ya una vez establecido la conexión con el código programado para la tarjeta Arduino nano, los datos que se transmiten se muestran en un gráfico que se actualiza constantemente, del cual debemos definir la información tanto en los ejes, como resultado se muestra en la siguiente figura.

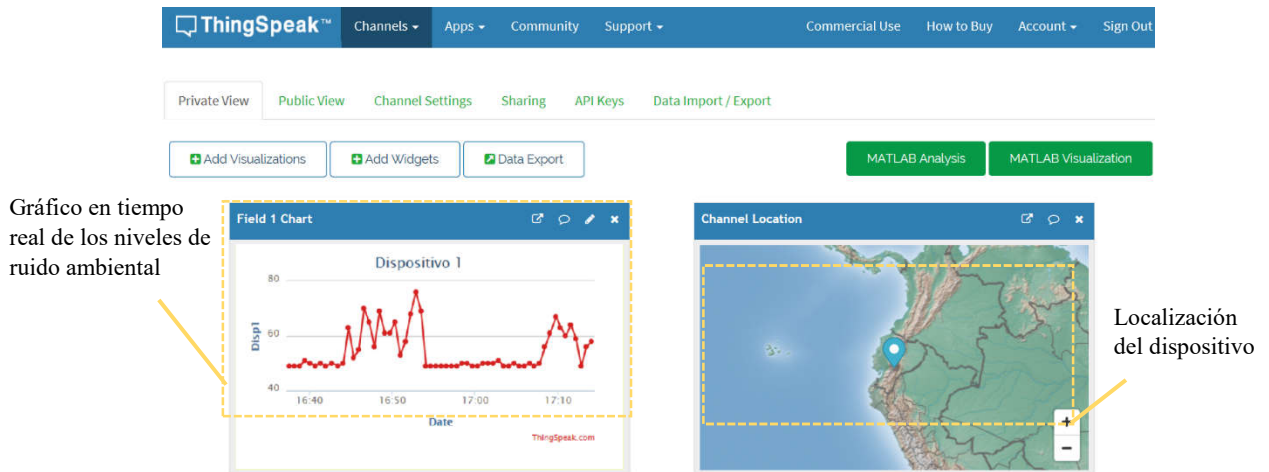


Fig. 4.27 Transmisión de datos a ThingSpeak
Fuente: Investigador

Dentro de la plataforma ThingSpeak gracias a la ayuda de la función MATLAB Analysis, nos permitió realizar el proceso de calcular el nivel de ruido promedio en una hora, con los datos recolectados en los últimos 60 minutos se puede realizar una ponderación entre ellos para encontrar el valor más representativo, y guardarlo en un nuevo canal, así se detalla la programación de este apartado en el anexo C.

Una vez realizada la acción, con la función TimeControl de Thingspeak podemos configurar para que esta sea recurrente cada hora, con cada dispositivo conectado.

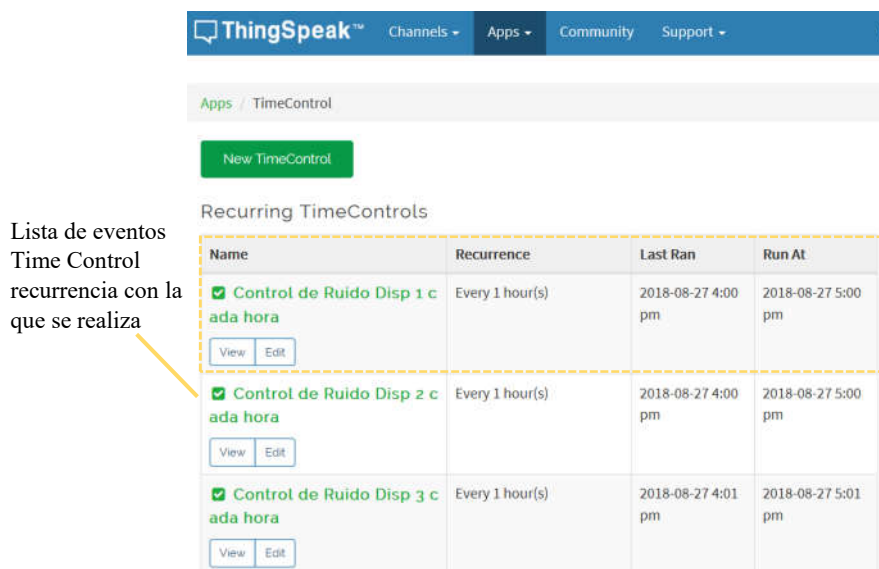


Fig. 4.28 TimeControl configurados cada hora
Fuente: Investigador

Con el objetivo de que el sistema mantenga una comunicación con la ciudadanía en general, gracias a que ThingSpeak mantiene una integración con la red social Twitter, el mismo sirve para crear alertas en caso de que los ciudadanos pasen por el sector a

fin de que puedan tomar las debidas precauciones. Para esto se creó una cuenta en Twitter denominada @AmbientalRuido.



Alertas vía Twitter que reflejan alto nivel de contaminación sonora detectado por el dispositivo.

Fig. 4.29 Cuenta Twitter Ambiental Ruido
Fuente: Investigador

y a continuación realizamos una sincronización de la cuenta con Thingspeak utilizando la aplicación incluida llamada ThingTweet, la misma que estableceremos una reacción mediante un tweet para alertar de que existe valores superiores a los 80dB con la referencia de la ubicación del dispositivo que detecto.

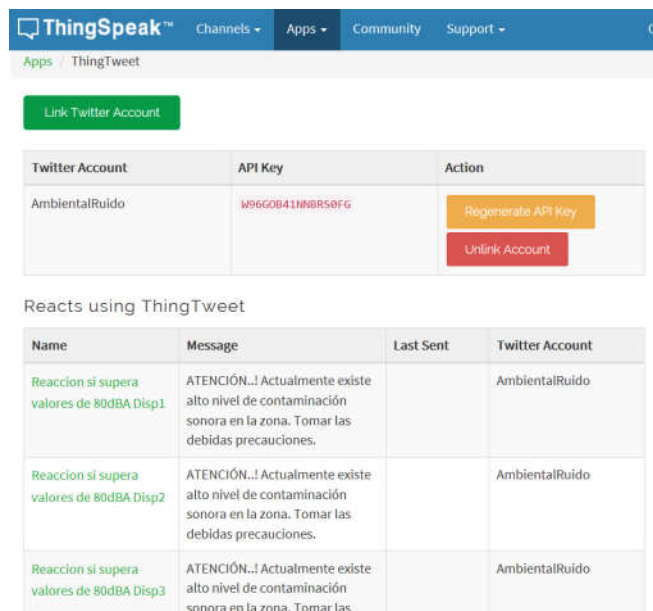


Fig. 4.30 ThingTweet programados ante alto nivel de ondas sonoras
Fuente: Investigador

Con todos estos parámetros configurados de la plataforma de IoT de Thingspeak pueden ser utilizados posteriormente en el diseño de la página web que se detalla a continuación.

C) Interfaz Web

Uno de los requerimientos por parte del Municipio de Ambato es la creación de un sitio web el mismo que sea accesible en cualquier momento y funcionando dentro de la empresa en especial para los técnicos del Departamento de Gestión Ambiental con la información descrita y más intuitiva que la plataforma de ThingSpeak.

Para el diseño de la interfaz web con la combinación de los lenguajes HTML, PHP y CSS se basa principalmente en 5 pestañas: Inicio, Descripción, Monitoreo, Estadísticas y Descargas. La pestaña de inicio es la presentación a todo la interfaz del sistema de monitoreo.



Fig. 4.31 Pagina Web de Inicio al Sistema de Monitoreo
Fuente: Investigador

La página de Descripción orienta a los usuarios a orientar sobre el proyecto de investigación y cuál es su finalidad.



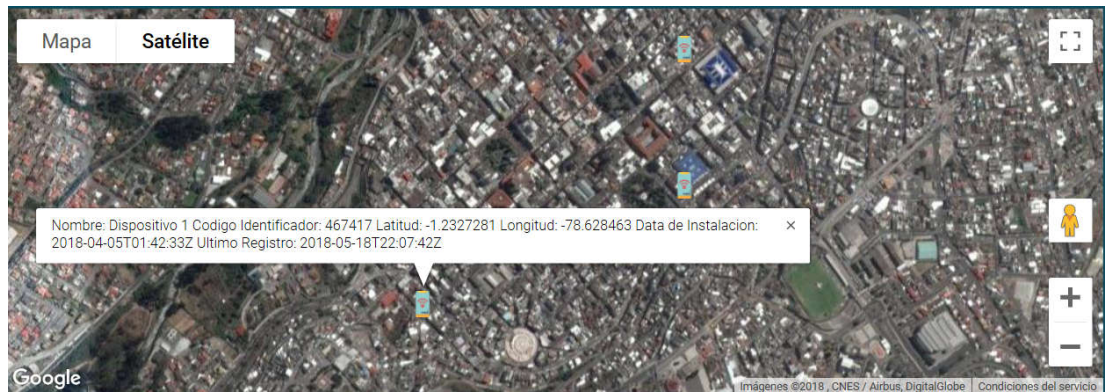
Fig. 4.32 Pestaña de Descripción del Sistema de Monitoreo
Fuente: Investigador

La pestaña de Monitoreo nos permitirá visualizar los datos de los dispositivos, como estos están operando actualmente, con la plataforma de Google Maps se los visualiza con iconos marcadores específicos de identificación de los sensores, mediante la ejecución de lenguaje JavaScript como se detalla en el anexo D permite que la página web con procesos dinámicos pueda interactuar al monitoreo de medición de ruido ambiental.



*Fig. 4.33 Ubicación de los dispositivos a través de la plataforma de Google Maps
Fuente: Investigador*

Para mejor observación y detalle se expone en la siguiente imagen los mismos puntos de ubicación de los dispositivos de manera ampliada.



*Fig. 4.34 Ubicación de los dispositivos plataforma Google Maps (Ampliado)
Fuente: Investigador*

La ventana de información toma los datos de la plataforma IoT solicitando hacer una consulta y la respuesta hecha por un archivo PHP, que se puede observar en el anexo D donde muestra la información del dispositivo, así como el último dato publicado.



Fig. 4.35 Pestaña de Monitoreo de Nivel de Ruido Ambiental
Fuente: Investigador

Con el botón de listado del lado izquierdo se puede ir seleccionando el sensor que se desee para que se despliegue animadamente debajo del mapa las gráficas programadas en ThingSpeak de su estado actual.

Para la pestaña de estadística es un apartado en donde podemos ver los canales de promedio de ruido cada hora y mantener una comparación de cómo evoluciona el nivel de ruido ambiental durante el día que puede ir derivado de las actividades que en cada zona se realiza. La pestaña de Descargas permite a los técnicos tener la posibilidad de obtener los datos medidos de cada dispositivo con la posibilidad de que los mismos puedan ser descargados en formato CSV, XML o JSON. Cada botón se encarga de elegir el canal fecha y formato de descarga.

Todo el código de las plantillas HTML, así como la hoja de estilos CSS y los códigos de ejecución PHP de diseño de página web está expuesto en el anexo D para mejor detalle.

4.5 Implementación del Dispositivo de medición de Ruido Ambiental

4.5.1 Placa Electrónica

Una vez definido en el diseño el enlace que se forja entre el hardware seleccionado para la construcción de la placa electrónica se requiere agregar otros materiales que complementan la estructura con fines de filtrado de la alimentación, identificación para

encendido del dispositivo y para una mejor distribución de los demás materiales y estos son:

- 1 diodo LED
- 1 Resistencia 220 Ω 1/2w
- 1 capacitor 10 uF 16V
- 1 bornera doble
- 1 juego de espadines tipo hembra

Para la elaboración de la placa en si debemos basarnos en ciertos parámetros del uso como tal, dándole una portabilidad al circuito y proporcionar al sensor de sonido la ubicación más adecuada, evitando la obstrucción de otros elementos de la placa electrónica, con el mejor enfoque posible en el análisis del nivel de ruido ambiental, el circuito impreso se elabora con las siguientes consideraciones efectuadas:

Calculo del ancho de la pista

Placa de cobre espesor (Alto) = 35 micras = 1 Onza/Pie²

Diferencia de temperatura ambiente a soportar: 15°C

Corriente por soportar (I): 2 Amperios (Durante transmisión de datos GSM)

Constantes para pista externa (debajo de la placa):

K1 = 0.0647

K2 = 0.4281

K3 = 0.6732

$$\text{Ancho de pista} = \frac{\left(\frac{I}{K1 * \Delta T^{K2}}\right)^{\frac{1}{K3}}}{\text{Alto} * 1.378}$$

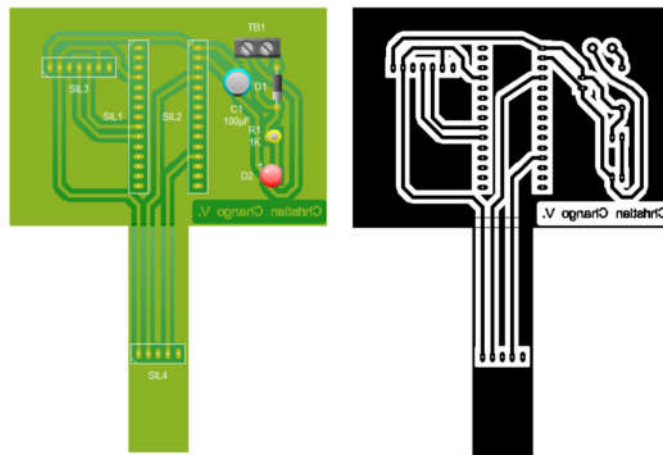
$$\text{Ancho de pista} = \frac{\left(\frac{2}{0.0647 * 15^{0.4281}}\right)^{\frac{1}{0.6732}}}{1 * 1.378}$$

$$\text{Ancho de pista} = 21.20 \text{ mil}(\text{milésimas de pulgada}) = 0.53 \text{ mm}$$

Para el diseño del circuito PCB se tomó el valor de 1mm el ancho de pista, siendo este más que suficiente para soportar y tratar las corrientes que atravesasen por la placa electrónica, además de estos cálculos se manejaron las siguientes consideraciones:

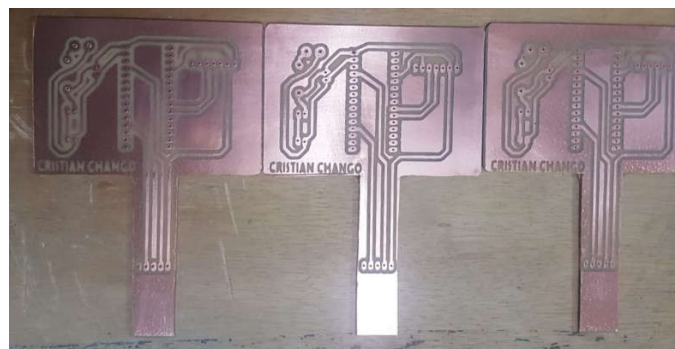
- Evitar el trazado de ángulos agudos en los cambios de dirección de la pista.
- Separación uniforme en todo el trazado de líneas paralelas.
- La separación entre pistas es superior al mínimo estipulado en bajas tensiones de 0.3mm (En placa 2mm).

- Se ha limitado en lo posible puentes (1 Utilizado).
- La separación entre las pistas y el borde de la placa es superior al mínimo estipulado 3mm (En placa 5mm).
- Los elementos de hardware (Arduino Nano, Modulo GSM y Sensor de sonido) deben ser desmontables con mayor facilidad ante la opción de querer reemplazarlo por otro, se utiliza espadines.
- El sensor de sonido debe sobresalir de los demás elementos para que el mismo tenga la capacidad de capturar la mayor cantidad de ruido posible.



*Fig. 4.36 Diseño de la placa electrónica
Fuente: Investigador*

El circuito impreso se elabora con el método de serigrafía y después de la eliminación de impurezas en el cobre queda listo para su ensamblaje.



*Fig. 4.37 Placa de Cobre Prototipo
Fuente: Investigador*

Con el ensamblaje de los elementos anteriormente expuestos que forman parte del dispositivo en sí de medición la placa electrónica queda implementada como se muestra la siguiente figura.

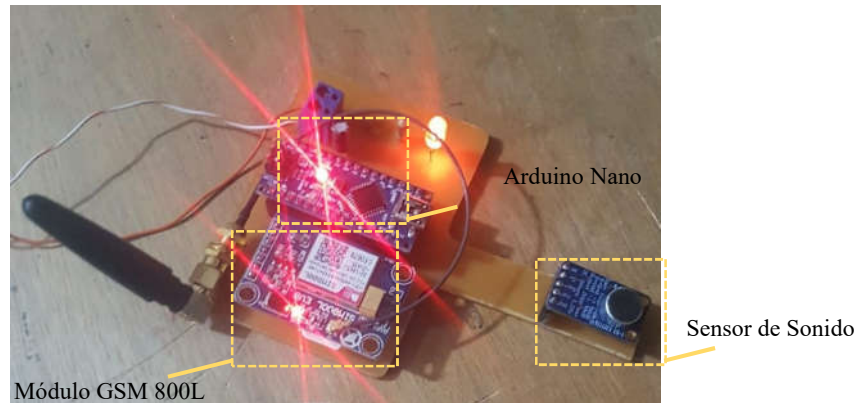


Fig. 4.38 Prototipo funcionando
Fuente: Investigador

Al estar cada uno de los prototipos constantemente en funcionamiento las 24 horas del día, resulta improcedente tomar energía de alguna batería ya que ninguna soportaría tanto tiempo y su reemplazo sería desproporcionado en costos y problemas de medición, por lo que se debe recurrir a sistemas de alimentación como placas convertidoras 110 VA – 5 VC para que dependiendo de la distancia del dispositivo exterior hacia un punto de voltaje alterno la pérdida por cableado no represente problema alguno en comparación a un cableado para voltaje continuo.

4.5.2 Case de protección

Para una placa electrónica que debe realizar permanentes mediciones en las calles del casco central a la intemperie tomado datos de medición de ondas sonoras, soportando los diferentes ambientes climáticos de la ciudad de Ambato, su estuche protector debe tener el mayor hermetismo posible, por lo que a través de las impresoras 3D utilizando el filamento PLA (Ácido poliláctico) se construyó la carcasa mostrada en la siguiente ilustración:

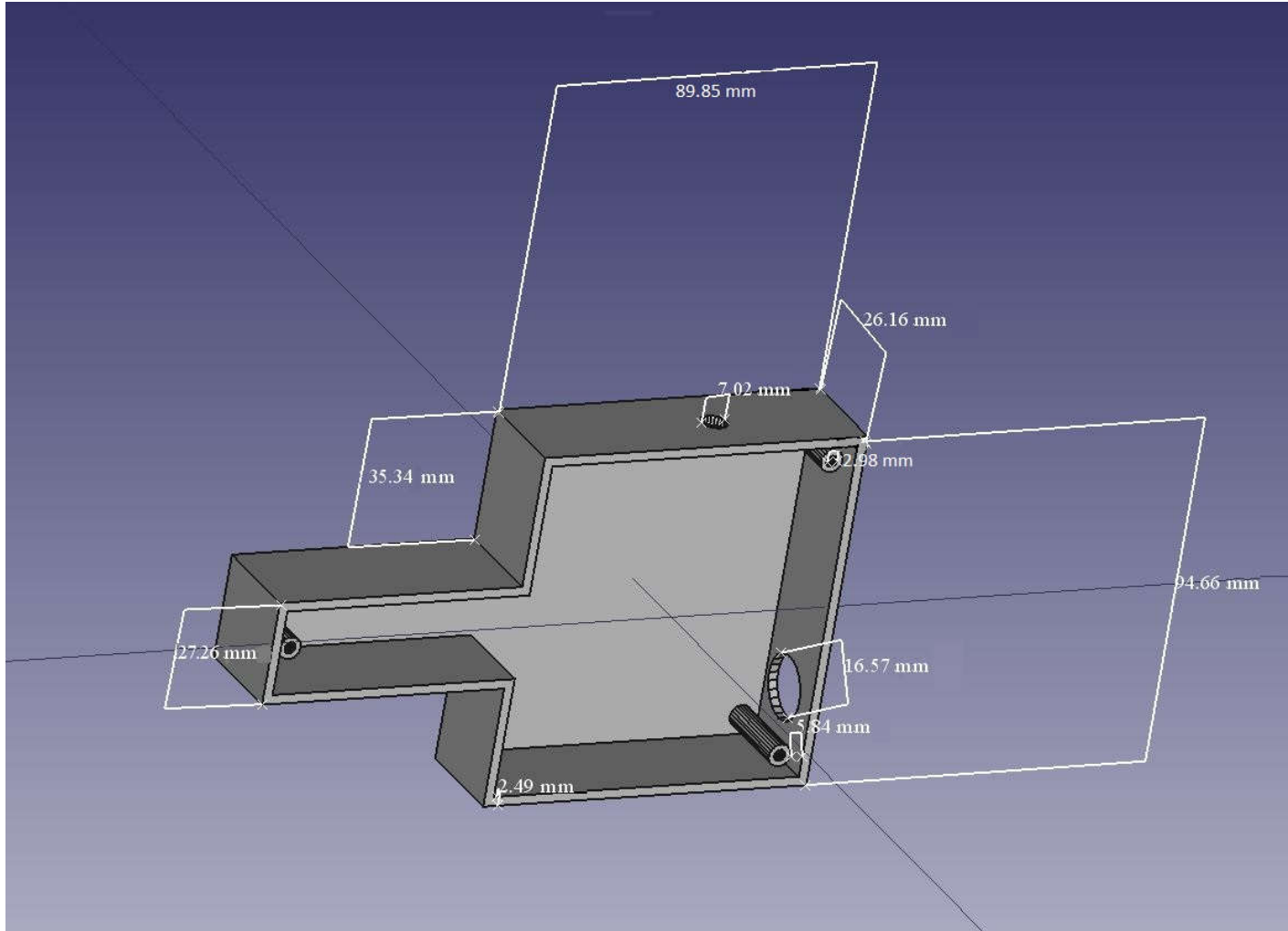
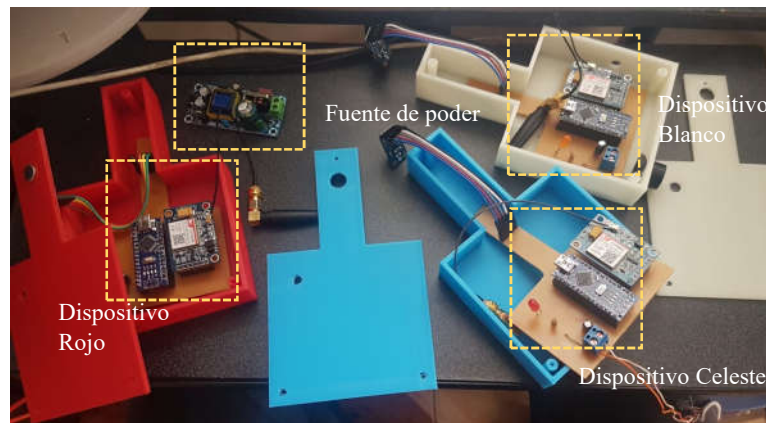


Fig. 4.39 Carcasa diseñada en simulador 3D
Fuente: Investigador

La carcasa debe de tener la posibilidad de que la antena del módulo GSM sobresalga de ella, para aprovechar la captura de señales, además el micrófono del sensor de micrófono también debe sobresalir para que capte las ondas sonoras como si de un sonómetro se tratara. De acuerdo como aparece en la figura anterior debe de tener una abertura lateral por donde salga el cable de alimentación y finalmente de una tapa frontal y 3 cilindros en los bordes para la incrustación de tornillos dando un cierre adecuado a la carcasa.

La impresión de las carcasas para manera de identificación de cada dispositivo se realizó en 3 diferentes colores: rojo, celeste y blanco llevando sincronía con colores propios del GAD Municipalidad de Ambato.



*Fig. 4.40 Carcasas Impresas Color Rojo, Celeste y Blanco
Fuente: Investigador*

4.5.3 Calibración

Después del ensamblaje de cada uno de los dispositivos para ubicarlos en los lugares previamente analizados, se efectuaron pruebas de calibración y comparación con otros dispositivos de medición de nivel de ruido ambiental tomando como referencia un sonómetro calibrado (CESVA SC102), proporcionado por la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial y una aplicación de dispositivo móvil sonómetro para comprobar los valores que se están midiendo entre ellos.

En laboratorio se calibro los dispositivos mediante la regulación de los parámetros umbrales mínimos y máximos con los que trabaja captando el sensor hasta llegar a los valores semejantes como se puede ubicar en la siguiente ilustración.

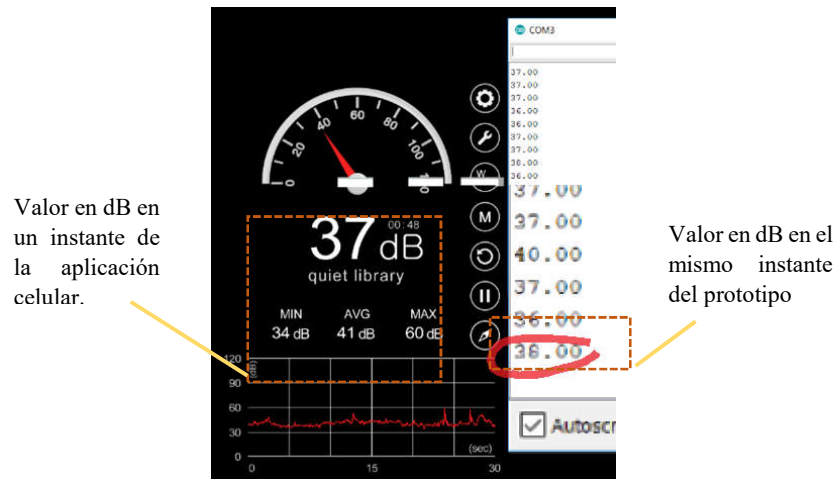


Fig. 4.41 Calibración entre aplicación celular y puerto serial sensor Arduino
Fuente: Investigador

Para las pruebas de medición se tomaron mediciones en 2 momentos distintos, una en el día, y otra por la noche en las calles de la ciudad de Ambato, existiendo una separación entre mediciones de 5 minutos, respetando la normativa de medición que se detalla en el Manual TULAS del Ministerio del Ambiente del Ecuador donde se expresa que para la ubicación de los dispositivos de medición deben estar posicionados a una altura de 1.5 metros o más del piso, con un grado de inclinación de 45 grados en dirección a las fuentes de ruido.

A) Pruebas de exactitud – Horario Diurno

Las pruebas diurnas ejecutadas en los tres dispositivos (sonómetro, aplicación celular y prototipo) se hizo a las afueras de la Universidad Técnica de Ambato sector Huachi (Avenida Los Chasquis entre Rio Cutuchi y Rio Salado) en horario de las 13:00 horas aproximadamente, horario normalmente con propenso a gran afluencia vehicular.



Fig. 4.42 Pruebas de Exactitud entre dispositivos
Fuente: Investigador



Fig. 4.43 Primer Valor Dispositivo Celular (Izquierdo), Sonómetro (Centro), Prototipo (Derecho)
Fuente: Investigador

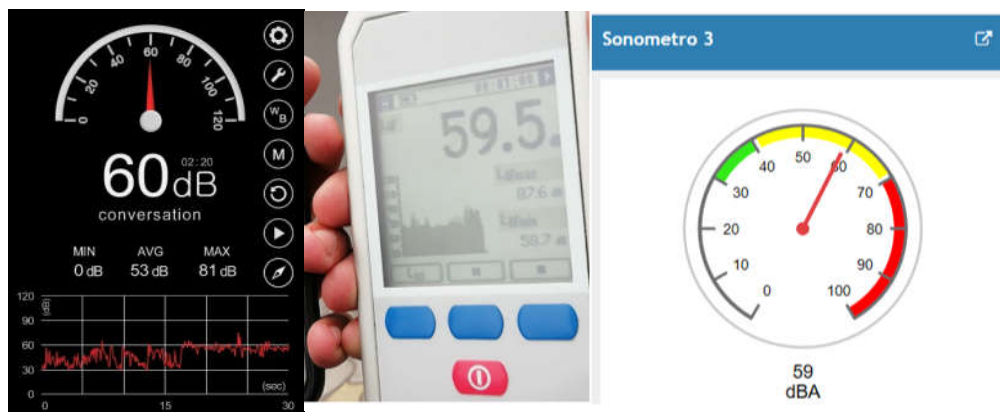


Fig. 4.44 Segundo valor Dispositivo Celular (Izquierdo), Sonómetro (Centro), Prototipo (Derecho)
Fuente: Investigador

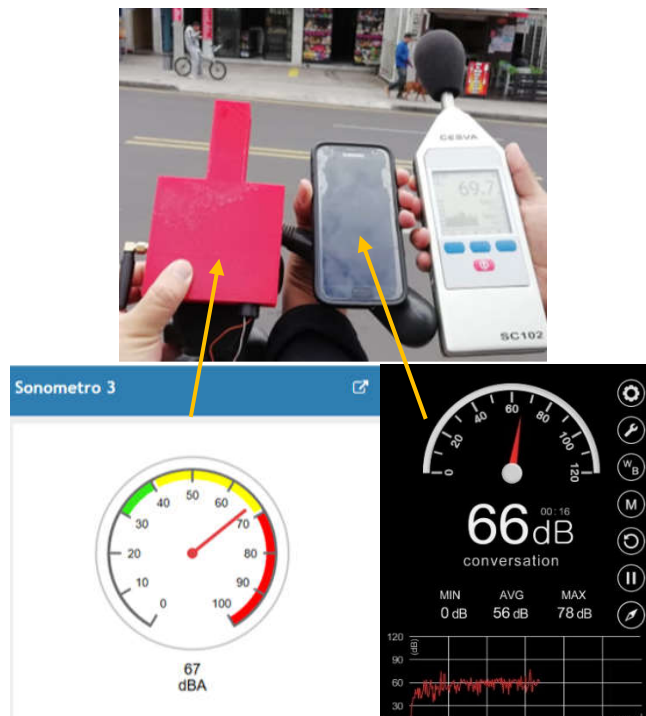


Fig. 4.45 Tercer valor Dispositivo Celular (Izquierdo), Sonómetro (Centro), Prototipo Valor (Derecho)
Fuente: Investigador

Tabla 4.8 Tabla de mediciones diurnas
Fuente: Investigador

Medición	Instrumento			Error		
	Sonómetro (dBA)	Aplicación Celular (dBA)	Prototipo (dBA)	Absoluto (dBA)	Relativo (dBA)	Porcentual
1	58.9	61	62	1.15	0.019	1.9%
2	59.5	60	59	0.33	0.005	0.5%
3	69.7	66	67	1.42	0.021	2.1%

B) Pruebas de exactitud – Horario Nocturno

Las pruebas en el horario nocturno se efectuaron en dos dispositivos (aplicación celular y prototipo) por la imposibilidad de utilización del sonómetro a horas de la noche, el lugar de realización fue en la Avenida Los Guaytambos sector Ficoa en horario de las 21:00 horas aproximadamente, sitio y horario concurrido como actividades de ocio en particular el fin de semana.

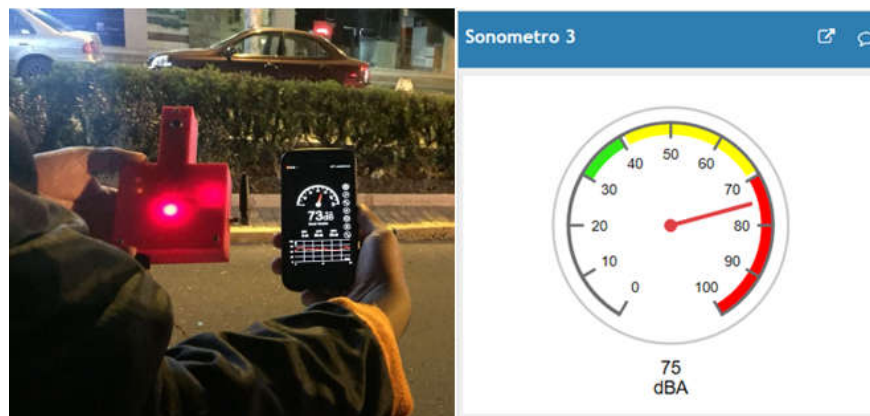


Fig. 4.46 Primer Valor Dispositivo Celular (Derecha), Prototipo (Izquierda)
Fuente: Investigador

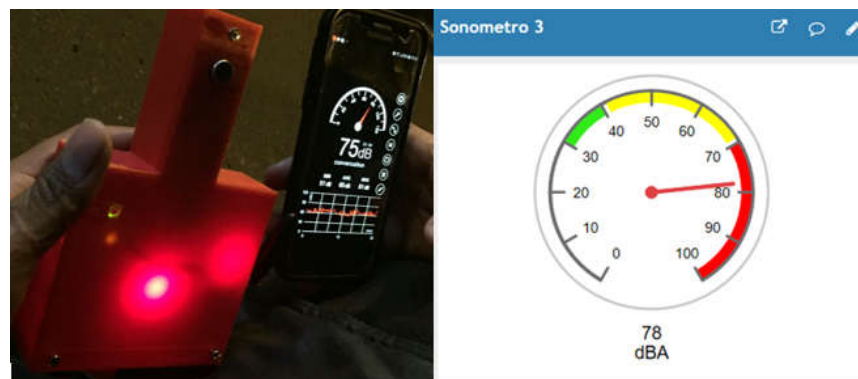


Fig. 4.47 Segundo Valor Dispositivo Celular (Derecha), Prototipo (Izquierda)
Fuente: Investigador

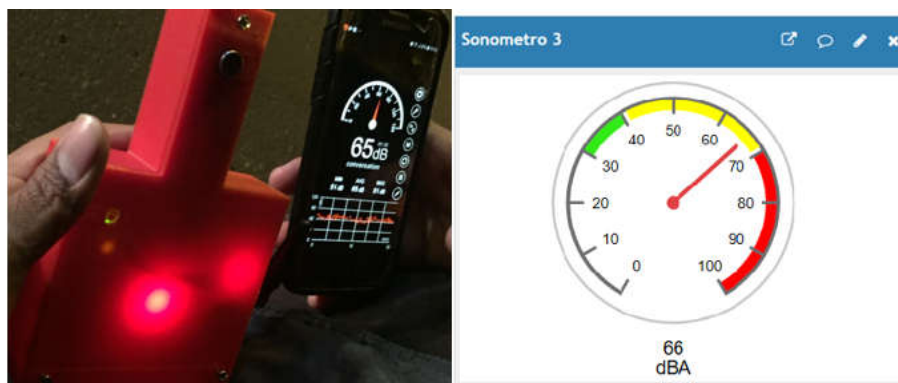


Fig. 4.48 Tercer Valor Dispositivo Celular (Derecha), Prototipo (Izquierda)
Fuente: Investigador

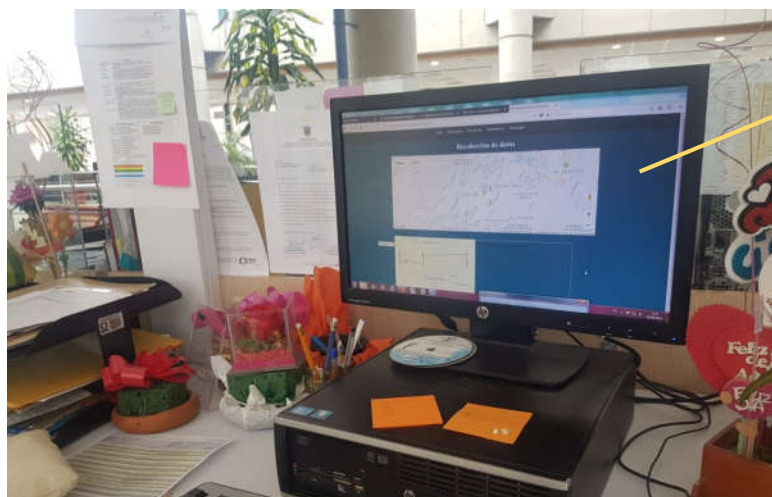
Tabla 4.9 Tabla de mediciones nocturnas
Fuente: Investigador

Medición	Instrumento		Error		
	Aplicación Celular (dBA)	Prototipo (dBA)	Absoluto (dBA)	Relativo (dBA)	Porcentual
1	73	75	1	0.013	1.35%
2	75	78	1.5	0.019	1.96%
3	65	66	0.5	0.007	0.76%

De acuerdo con tablas de mediciones, la comparación de los valores obtenidos entre el sonómetro, la aplicación celular y el prototipo de medición demuestran que el margen de error de mediciones entre estos es de máximo 2.1% para los horarios diurno y 1.96% para los horarios nocturnos. Con estos valores podríamos decir que el prototipo de medición posee una gran fidelidad de datos al mantener valores semejantes a los esperados por un equipo especializado y alto costo como el sonómetro.

4.5.4 Pruebas de Funcionamiento

Una vez configurado todas las etapas en correcto funcionamiento se ubican los dispositivos de medición de nivel de ruido ambiental en los lugares que previamente se determinaron, al permanecer estos conectados por un lapso de 3 días (27/08/2018 – 29/08/2018) la información se envió a la plataforma cada 30 segundos ininterrumpidamente.



Página Web
ejecutada en
oficinas del
GAD Ambato

*Fig. 4.49 Control de monitoreo desde oficinas Gestión Ambiental Municipalidad de Ambato
Fuente: Investigador*

Después de esta recolección de los datos, del sistema de monitoreo se extraen los valores de los canales en formato *.csv de los canales (Promedio1h, Promedio2h y Promedio3h) que son los canales que manejan los datos ponderados uno cada hora, del cual de todos ellos los que poseen mayores registros se puede evidenciar patrones detallados a continuación.

- **Dispositivo 1** Case color rojo ubicado en la Avenida Cevallos y Francisco Flor



*Fig. 4.50 Dispositivo 1 instalado en la Avenida Cevallos y Francisco Flor
Fuente: Investigador*

Tabla 4.10 Datos Mas Elevados del Dispositivo 1
Fuente: Investigador

N	Fecha Dato Tomado	Valor dBA
1	27/8/2018 08:01	73.4373
2	27/8/2018 09:01	67.4878
3	27/8/2018 13:01	79.6075
4	27/8/2018 14:01	73.2368
5	27/8/2018 17:01	77.1338
6	27/8/2018 18:01	81.9933
7	27/8/2018 19:01	72.9394
8	28/8/2018 08:01	63.7851
9	28/8/2018 09:01	57.0351
10	28/8/2018 13:01	77.7565
11	28/8/2018 14:01	65.5891
12	28/8/2018 17:01	67.6618
13	28/8/2018 18:01	80.6517
14	28/8/2018 19:01	79.3066
15	28/8/2018 20:01	72.6870
16	29/8/2018 08:01	61.1488
17	29/8/2018 09:01	59.3327
18	29/8/2018 13:01	78.0333
19	29/8/2018 14:01	53.3298
20	29/8/2018 17:01	59.8049
21	29/8/2018 18:01	76.7293
22	29/8/2018 19:01	75.4576

En el caso del dispositivo 1 se presenta valores que concuerdan con el incremento del tráfico en las horas picos principalmente en el transcurso de la tarde, además aun no sea un día propicio para la mayor concurrencia de gente a los centros de ocio como bares y discotecas el sistema en si detecta ruido en la noche sobre todo del ultimo día.

- **Dispositivo 2:** Case color blanco ubicado en la Avenida Cevallos y Espejo



Fig. 4.51 Dispositivo 2 instalado en la Avenida Cevallos y Espejo
Fuente: Investigador

Tabla 4.11 Datos Mas Elevados del Dispositivo 2
Fuente: Investigador

N	Fecha Dato Tomado	Valor dBA
1	27/8/2018 08:01	60.4245
2	27/8/2018 09:01	71.3244
3	27/8/2018 12:01	77.3486
4	27/8/2018 13:01	78.9106
5	27/8/2018 14:01	60.4938
6	27/8/2018 16:01	77.3752
7	27/8/2018 17:01	60.4938
8	27/8/2018 18:01	83.1848
9	27/8/2018 19:01	81.6122
10	27/8/2018 20:01	70.3487
11	28/8/2018 08:01	70.8518
12	28/8/2018 09:01	76.4108
13	28/8/2018 13:01	69.2938
14	28/8/2018 17:01	75.0031
15	28/8/2018 18:01	80.2442
16	29/8/2018 08:01	73.7441
17	29/8/2018 09:01	70.6868
18	29/8/2018 13:01	77.3353

El dispositivo 2 presenta mayor nivel de ruido y de manera más permanente debido a que este no deja de tener altas variaciones prácticamente desde las 7am hasta las 8pm, esta es una consideración importante ya que en la zona existe una acumulación de factores de generación de ruido: tráfico rodado, comercialización formal e informal, parada de buses, concentración de gente y área angosta (calle Espejo).

- **Dispositivo 3** Case color celeste ubicado en la Avenida 12 de noviembre y Martínez



Fig. 4.52 Dispositivo 3 instalado en la Avenida 12 de noviembre y Martínez
Fuente: Investigador

Tabla 4.12 Datos Mas Elevados del Dispositivo 3
Fuente: Investigador

N	Fecha Dato Tomado	Valor dBA
1	27/8/2018 08:01	79.3539
2	27/8/2018 09:01	61.5637
3	27/8/2018 13:01	68.1526
4	27/8/2018 14:01	66.1651
5	27/8/2018 17:01	61.5329
6	27/8/2018 18:01	71.1061
7	27/8/2018 19:01	61.4691
8	28/8/2018 08:01	75.8983
9	28/8/2018 09:01	75.7920
10	28/8/2018 13:01	80.3705
11	28/8/2018 14:01	77.6136
12	28/8/2018 17:01	82.7613
13	28/8/2018 18:01	81.2382
14	28/8/2018 19:01	72.5198
15	29/8/2018 08:01	62.5771

El dispositivo 3 aparece con altos valores, pero en menos permanencia que el dispositivo 2, lo que demuestra que los mismos tienen concordancia con las horas picos, ya que los mismos disminuyen en la noche.

Beneficios del sistema de monitoreo

Después de implantar el sistema de monitoreo en puntos previamente seleccionados del casco central de la ciudad y dichos puntos están recolectando la información de nivel de ruido ambiental, tienen como finalidad de que estos datos se pongan en manos del Departamento de Gestión Ambiental que labora en el GAD Municipalidad de Ambato.

Este departamento es el organismo de la ciudad que analiza los diferentes tipos de contaminación en la ciudad, incluida la del ruido ambiental. Al determinar los niveles de ruido en cada zona de la ciudad, a partir de proyecciones establecidas por algoritmos computacionales, el sistema de monitoreo tiene la labor de corroborar esos datos con los suyos que son más efectivos.

Dicho organismo genera informes que son puestos en consideración hacia el Consejo Cantonal de Ambato, el cual después de una discusión política puedan llegar a un conceso estableciendo políticas públicas (ordenanzas) que modifiquen el ambiente generado en un foco de alto nivel de ruido ambiental, disminuyendo el ruido en dicha zona.

Las políticas impuestas pueden incluir cambio de sentido de vial, convertir una calle en una vía solo peatonal, sistema pico y placa, actividades económicas reguladas por horarios definidos, entre un sin número de opciones.



*Fig. 4.53 Consejo Municipalidad de Ambato – Sala de Sesiones
Fuente: Investigador*

El sistema de monitoreo además con el propósito de proteger la salud de los ciudadanos tiene la intención de informar algún caso de extrema contaminación auditiva a través de la red social Twitter, misma que realiza una alerta informativa, para que los ciudadanos puedan de alguna manera evitar transitar por aquella zona que en ese instante presenta una alta contaminación auditiva, y así poder salvaguardar su salud.



*Fig. 4.54 Alerta Informativa Twitter
Fuente: Investigador*

A futuro se espera que este sistema de monitoreo de nivel de ruido ambiental pueda tener mayor escalabilidad integrando más focos de contaminación sino también ampliando su análisis para todo el Cantón de Ambato.

Al tener una tecnología como la GSM para la transmisión de datos esta puede tranquilamente manejar focos dispersos que ayuden posteriormente a dar un análisis

completo de toda la ciudad, para que de esta manera a futuro ya no sea necesario utilizar algoritmos computacionales de proyección de datos, sino más bien el sistema de monitoreo al ser más robusto pueda automáticamente tal vez con ayuda de la inteligencia artificial emitir informes automáticamente.

Esta Inteligencia Artificial además pueda integrar alertas más detalladas y específicas que no solo pueden ser informativas sino preventivas con una gran base de datos consolidada, realice un proceso de predicción de como hoy en día lo viene realizando instituciones meteorológicas como el INAMHI, y estos puedan ser abiertamente difundidos por los medios de comunicaciones posibles.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En el casco central de la ciudad de Ambato se evidencian varios problemas de ruido ambiental, causantes de afectaciones a grupos vulnerables como los oficinistas de los edificios del sector, luego haber analizado de forma detallada, se encontraron 3 puntos influyentes propicios para implementar el sistema de monitoreo definido por las intersecciones; Avenida Cevallos y Francisco Flor, Avenida Cevallos y Espejo, Avenida 12 de noviembre y Martínez.
- En efecto, el diseño del sistema de monitoreo con componentes de hardware y software libre, se conforma por un dispositivo de medición con sensor de sonido especializado para ambientes abiertos, Placa controladora, equipo de comunicación GSM, fuente de alimentación y por un sistema IoT como ThingSpeak regulado a través de una interfaz WEB intuitiva con procesos de programación HTML, CSS y PHP del que se observa los periodos de tiempo e información proveniente de cada punto crítico seleccionado.
- La evidencia recolectada por las normativas TULAS y consideraciones del departamento de gestión ambiental, llevaron a implementar el prototipo de monitoreo de nivel de ruido ambiental, en donde después de su ensamblaje y procesos de calibración de los dispositivos, arrojaron un error de medición menores al 3% con respecto a equipos con calibrados perfectamente, trasladando los dispositivos en los lugares definidos. Finalmente se demuestra que existen valores que van hasta los 83dB promedio en horas pico, cifra que supera lo permitido por las normas y que invitan a pensar la cantidad de ruido que generamos en la ciudad.

5.2 Recomendaciones

- Para contrastar la información recolectada de ruido ambiental el poseer de una estación meteorológica en el centro de la ciudad propia del municipio, ayudaría a tener datos más fiables ya que estaciones aledañas del INAMHI no está actualmente operativas.
- El Municipio a través del Departamento de Obras Públicas y el Departamento de Transporte y Movilidad debe considerar cambiar en ciertas zonas el pavimento a uno de tipo fonoabsorbente que permite disminuir de manera global el ruido de 2 a 3 dBA.
- Sería procedente en el futuro se pueda instalar más de estos dispositivos de medición de ruido ambiental que puedan ser instalados en otros lugares de toda la ciudad, en beneficio de obtener datos para seguir analizando las zonas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «"La contaminación ambiental se inició en América del Sur 240 años antes de la Revolución Industrial", Oei.es,» 13 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?La-contaminacion-ambiental-se>. [Último acceso: 19 Noviembre 2017].
- [2] J. Villasante, «Tipos de Contaminación, Sus Fuentes y Efectos en el Estuario de la Bahía de Santoña,» *Monte Buciero*, nº 5.
- [3] «"El ruido, un enemigo silencioso", El Observador,» 19 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://www.elobservador.com.uy/el-ruido-un-enemigo-silencioso-n661310>. [Último acceso: 19 Noviembre 2017].
- [4] D. Cabezas González-Garzón, *La revolución silenciosa: La bicicleta como motor de cambio en el siglo XXI*, UOC, 2016.
- [5] Ministerio del Ambiente Ecuador, «Límites Permisibles De Niveles De Ruido Ambiente Para Fuentes Fijas Y Fuentes Móviles,» de *TULAS*, Quito, pp. 416-428.
- [6] FCT, «Congestión vehicular, un problema en Ambato,» *La Hora*, pp. <https://www.lahora.com.ec/tungurahua/noticia/1102082427/congestion-vehicular-un-problema-en-ambato>, 7 Julio 2017.
- [7] B. García y F. Garrido, «La contaminación acústica en nuestras ciudades,» de *Colección Estudios Sociales*, Fundación "laCaixa".
- [8] TransguNET, « "Mapa de Ruido", El Ruido,» [En línea]. Available: <http://www.elruido.com/portal/web/trasgunet/mapa-de-ruido1>. [Último acceso: 20 Noviembre 2017].
- [9] E. Moreno, *Automatización de Procesos Industriales*, Valencia: Alfa omega, 2011.
- [1] M. Alfie Cohen, «Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable,» *Estudios demográficos y urbanos*, vol. 32, nº 1, 2017.
- [1] M. Marin, N. Dimitar, G. Borislav y N. Georgi, «Environmental noise monitoring and mapping, IEEE Xplore,» 8 Agosto 2017. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8000992/>. [Último acceso: 2 Diciembre 2017].
- [1] G. Vilorio y J. Niño, «"Red Inalámbrica de Sensores para Monitoreo de Ruido Ambiental", Researchgate,» Octubre 2016. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/309494352_Red_Inalambrica_de_Sensores_para_Monitoreo_de_Ruido_Ambiental. [Último acceso: 20 Diciembre 2017].

- [1 M. Amores, «"Desarrollo de una aplicación móvil para sistema operativo Android 3] que realice mediciones y mapeo de ruido utilizando geolocalización", Repositorio Digital Universidad De Las Américas,» 2016. [En línea]. Available: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5639>. [Último acceso: 21 Noviembre 2017].
- [1 D. Chingal y M. Narváez, «"Medición y Registro en tiempo real de concentración 4] de gases contaminantes y niveles de ruido en sectores específicos de una población", Biblioteca Udenar,» 2015. [En línea]. Available: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/91287.pdf>. [Último acceso: 03 Diciembre 2017].
- [1 A. Castillo, C. Vázquez y V. Sanchez, «"Sistema Remoto De Adquisición Para El 5] Control Del Ruido Ambiental Con FPGA y FPAA", ResearchGate,» 2 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/228728292>. [Último acceso: 1 Diciembre 2017].
- [1 S. Baihaqi, A. Ahmad y F. Fahmi, «Integrated pollution monitoring system for 6] smart city,» *IEEE Xplore*, 2016.
- [1 TransguNET, «"Que es el Ruido", El Ruido,» [En línea]. Available: 7] <http://www.elruido.com/portal/web/miranda-de-ebro/que-es-el-ruido>. [Último acceso: 4 Diciembre 2017].
- [1 M. O. Ruiz, «Procesamiento de señales de voz,» de *MATLAB Aplicado a las 8] telecomunicaciones*, Alfaomega, 2012, pp. 88-103.
- [1 C. Rodríguez y R. Rodríguez, *Audiología Clínica y Electrodiagnóstico*, Mexico: 9] Blauton.
- [2 J. Senent, *La Contaminacion*, Barcelona: Salvat, 1973.
0]
- [2 F. Sexto, «"Sonómetros", Djbolanos,» 2007. [En línea]. Available: 1] http://www.djbolanos.com.ar/circuitos_archivos/sonometr.pdf. [Último acceso: 7 Diciembre 2017].
- [2 Inspiration, «Inspiration Por un mundo libre de pobreza,» [En línea]. Available: 2] <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/tipos-de-contaminacion/contaminacion-sonora>. [Último acceso: 7 Diciembre 2017].
- [2 Delegacion de Comision Acustica, «www.hazruidocontraelruido.com,» Diciembre 3] 2014. [En línea]. Available: <http://www.hazruidocontraelruido.com/wp-content/uploads/2014/12/Tema-4.-NATURALEZA-DEL-RUIDO-AMBIENTAL.pdf>. [Último acceso: 24 Marzo 2018].

- [2 B. Úbeda, «"Sistemas Embebidos", Open Courseware Universidad de Murcia,»
4] 2009. [En línea]. Available: <http://ocw.um.es/ingenierias/sistemas-embebidos/material-de-clase-1/ssee-t01.pdf>. [Último acceso: 9 Diciembre 2017].
- [2 M. Granda y E. Mediavilla, Instrumentación electrónica: transductores y
5] acondicionadores de señal, Cantabria: Universidad de Cantabria, 2015.
- [2 «"Monitoreo Remoto Inalámbrico", National Instruments,» [En línea]. Available:
6] http://www.ni.com/wireless/esa/remote_monitoring.htm. [Último acceso: 31 Diciembre 2017].
- [2 Super User, «"Estaciones de Monitoreo para Ruido",High Tec Environmental
7] LTDA,» 1 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://www.hteltda.com/index.php/control-y-gestion-del-riesgo2/2013-05-30-20-21-53>. [Último acceso: 10 Diciembre 2017].
- [2 K. Mieles, «Liberación convirtió a Ambato en una ciudad muy comercial,»
8] eltelégrafo, Ambato, 2014.
- [2 Redaccion, «Parque automotor crece en Ambato,» *Diario La Hora*, 5 Julio 2017.
9]
- [3 Comunicación, «Municipalidad de Ambato,» 24 Mayo 2016. [En línea]. Available:
0] <http://www.ambato.gob.ec/nuevas-rotulacion-de-linea-de-buses-en-ambato>.
[Último acceso: 11 Mayo 2018].
- [3 R. Chávez, «397 buses urbanos circulan en Ambato para más de 350 mil
1] potenciales usuarios,» *Diario EL Telégrafo*, 18 Junio 2016 .
- [3 Centro, «Economía y comercio mueve a los ambateños,» *Diario La Hora*, 12
2] Noviembre 2011.
- [3 Tungurahua, «Productores de calzado de Tungurahua tienen una oportunidad para
3] la formación superior,» *La Hora*, Ambato, 2017.
- [3 Honeywell, «Honey Well Safety,» [En línea]. Available:
4] https://www.honeywellsafety.com/FSupplementary/FDocuments_and_Downloads/FHearing_Protection/F4294986293%2F21514.aspx&usg=AOvVaw0SJjQ.
[Último acceso: 11 Mayo 2018].
- [3 INEC, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» 2015. [En línea]. Available:
5] http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2015/2015_EDIFICACIONES_PRESENTACION.pdf. [Último acceso: 18 Mayo 2018].
- [3 GAD Ambato, «GAD Ambato,» Junio 2011. [En línea]. Available:
6] <http://gadmatic.ambato.gob.ec/infoambato/ordenanzas.php>. [Último acceso: 23 Mayo 2018].

- [3 R. Chavez, «541 locales libres existen en Red de Plazas Ambato,» *Diario El 7] Telégrafo*, 12 Octubre 2017.
- [3 C. Burgos y R. Parra, «Determinación de la Contaminación Acústica en la Zona 8] Centro de la Ciudad de Ambato: Researchgate,» Diciembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/281271489> . [Último acceso: 11 Mayo 2018].
- [3 E. C. Taco Falcón, «Repositorio UTA,» Julio 2016. [En línea]. Available: 9] http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23465/1/Tesis_t1138id.pdf. [Último acceso: 12 Mayo 2018].
- [4 Urbiotica, «Urbiotica.com,» 4 Mayo 2016. [En línea]. Available: 0] <http://www.urbiotica.com/la-contaminacion-acustica-y-su-impacto-en-las-ciudades-de-hoy/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2017].
- [4 M. Yucta y E. Tenezaca, «DSpace ESPOCH,» Junio 2016. [En línea]. Available: 1] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6379>. [Último acceso: 21 Noviembre 2017].
- [4 E. Vélez, «Repositorio Digital Universidad De Las Américas,» 2016. [En línea]. 2] Available: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5910>. [Último acceso: 20 Noviembre 2017].
- [4 W. García, «Repositorio Digital EPN,» 4 Abril 2017. [En línea]. Available: 3] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17212>. [Último acceso: 21 Noviembre 2017].
- [4 «Acoustiblok,» 4 Febrero 2016. [En línea]. Available: 4] <http://acoustiblok.com.mx/instrumentos-para-medir-el-ruido/>. [Último acceso: 8 Diciembre 2017].
- [4 «"La contaminación ambiental se inició en América del Sur 240 años antes de la 5] Revolución Industrial",Oei.es,» 13 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?La-contaminacion-ambiental-se>. [Último acceso: 19 Noviembre 2017].

ANEXOS

ANEXO A

Datasheet MAX9814



EVALUATION KIT AVAILABLE

MAX9814

Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias

General Description

The MAX9814 is a low-cost, high-quality microphone amplifier with automatic gain control (AGC) and low-noise microphone bias. The device features a low-noise preamplifier, variable gain amplifier (VGA), output amplifier, microphone-bias-voltage generator and AGC control circuitry.

The low-noise preamplifier has a fixed 12dB gain, while the VGA gain automatically adjusts from 20dB to 0dB, depending on the output voltage and the AGC threshold. The output amplifier offers selectable gains of 8dB, 18dB, and 28dB. With no compression, the cascade of the amplifiers results in an overall gain of 40dB, 50dB, or 60dB. A trilevel digital input programs the output amplifier gain. An external resistive divider controls the AGC threshold and a single capacitor programs the attack/release times. A trilevel digital input programs the ratio of attack-to-release time. The hold time of the AGC is fixed at 30ms. The low-noise microphone-bias-voltage generator can bias most electret microphones.

The MAX9814 is available in the space-saving, 14-pin TDFN package. This device is specified over the -40°C to +85°C extended temperature range.

Applications

Digital Still Cameras
Digital Video Cameras
PDAs
Bluetooth Headsets
Entertainment Systems (e.g., Karaoke)

Two-Way Communicators
High-Quality Portable Recorders
IP Phones/Telephone Conferencing

Features

- ◆ Automatic Gain Control (AGC)
- ◆ Three Gain Settings (40dB, 50dB, 60dB)
- ◆ Programmable Attack Time
- ◆ Programmable Attack and Release Ratio
- ◆ 2.7V to 5.5V Supply Voltage Range
- ◆ Low Input-Referred Noise Density of $30\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- ◆ Low THD: 0.04% (typ)
- ◆ Low-Power Shutdown Mode
- ◆ Internal Low-Noise Microphone Bias, 2V
- ◆ Available in the Space-Saving, 14-Pin TDFN (3mm x 3mm) Package
- ◆ -40°C to +85°C Extended Temperature Range

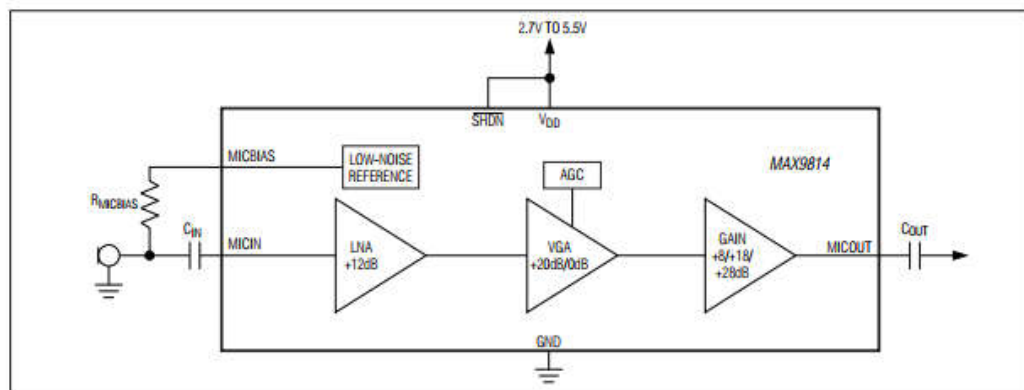
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX9814ETD+T	-40°C to +85°C	14 TDFN-EP*

+ Denotes a lead(Pb)-free/RoHS-compliant package.
T = Tape and reel.
* EP = Exposed pad.

Pin Configurations appear at end of data sheet.

Simplified Block Diagram



For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maximintegrated.com.

19-0764; Rev 2; 6/09

MAX9814

Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{DD} to GND	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
All Other Pins to GND	-0.3V to (V _{DD} + 0.3V)	14-Pin TDFN-EP	
Output Short-Circuit Duration	Continuous	(derate 16.7mW/°C above +70°C)	1481.5mW
Continuous Current (MICOUT, MICBIAS)	±100mA	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
All Other Pins	±20mA	Junction Temperature	+150°C
		Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
		Bump Temperature (soldering) Reflow	+235°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 3.3V, $\overline{\text{SHDN}}$ = V_{DD}, C_{CT} = 470nF, C_{CG} = 2μF, GAIN = V_{DD}, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise specified. Typical values are at T_A = +25°C.) (Note 1)

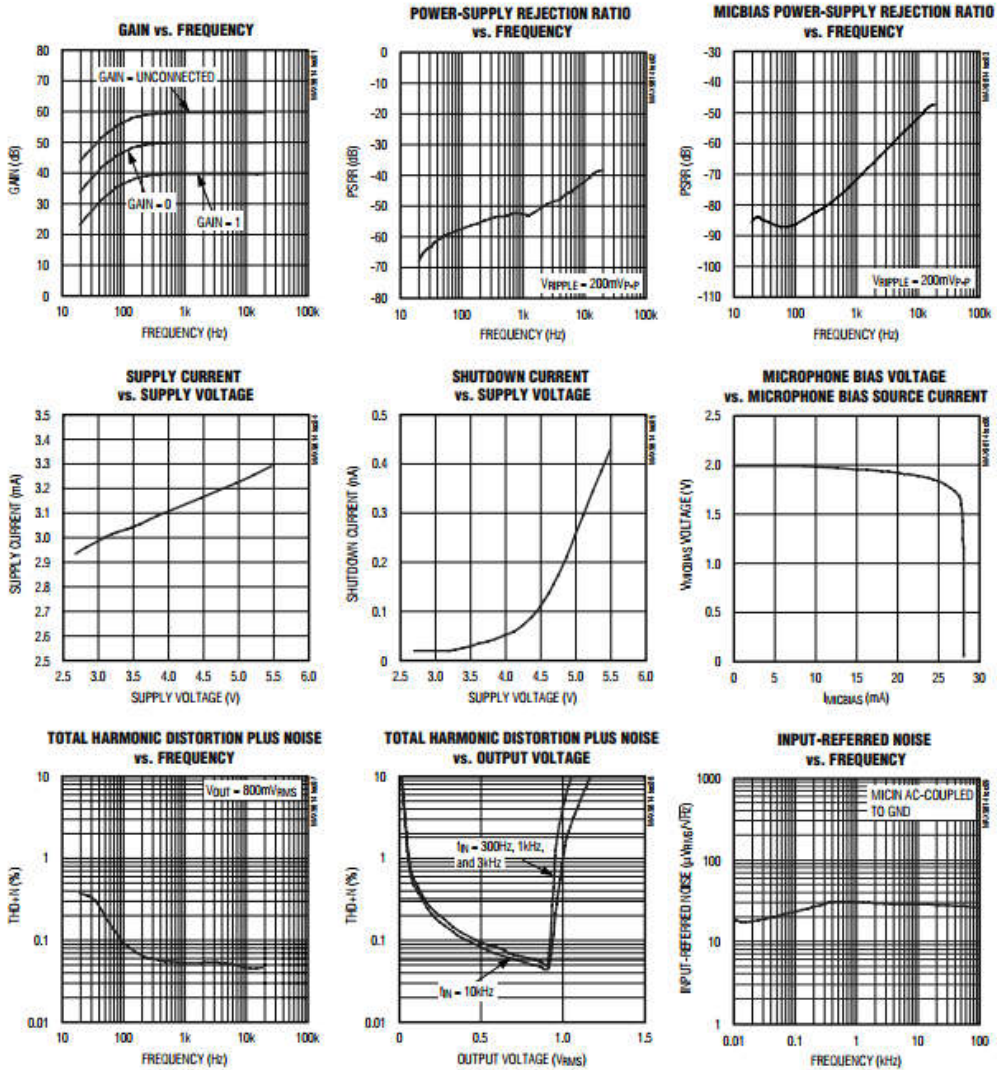
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
GENERAL						
Operating Voltage	V _{DD}	Guaranteed by PSRR test	2.7		5.5	V
Supply Current	I _{DD}			3.1	6	mA
Shutdown Supply Current	I _{SHDN}			0.01	1	μA
Input-Referred Noise Density	e _n	BW = 20kHz, all gain settings		30		nV/√Hz
Output Noise		BW = 20kHz		430		μV _{RMS}
Signal-to-Noise Ratio	SNR	BW = 22Hz to 22kHz (500mV _{RMS} output signal)		61		dB
		A-weighted		64		
Dynamic Range	DR	(Note 2)		60		dB
Total Harmonic Distortion Plus Noise	THD+N	f _{IN} = 1kHz, BW = 20Hz to 20kHz, R _L = 10kΩ, V _{TH} = 1V (threshold = 2V _{P-P}), V _{IN} = 0.5mV _{RMS} , V _{CT} = 0V		0.04		%
		f _{IN} = 1kHz, BW = 20Hz to 20kHz, R _L = 10kΩ, V _{TH} = 0.1V (threshold = 200mV _{P-P}), V _{IN} = 30mV _{RMS} , V _{CT} = 2V		0.2		
Amplifier Input BIAS	V _{IN}		1.14	1.23	1.32	V
Maximum Input Voltage	V _{IN_MAX}	1% THD		100		mV _{P-P}
Input Impedance	Z _{IN}			100		kΩ
Maximum Gain	A	GAIN = V _{DD}		39.5	40	40.5
		GAIN = GND		49.5	50	50.6
		GAIN = unconnected		59.5	60	60.5
Minimum Gain		GAIN = V _{DD}		18.7	20	20.5
		GAIN = GND		29.0	30	30.8
		GAIN = unconnected		38.7	40	40.5
Maximum Output Level	V _{OUT_RMS}	1% THD+N, V _{TH} = MICBIAS		0.707		V _{RMS}
Regulated Output Level		AGC enabled, V _{TH} = 0.7V	1.26	1.40	1.54	V _{P-P}
AGC Attack Time	t _{ATTACK}	CCT = 470nF (Note 3)		1.1		ms
Attack/Release Ratio	A/R	A/R = GND		1:500		ms/ms
		A/R = V _{DD}		1:2000		
		A/R = unconnected		1:4000		

MAX9814

Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias

Typical Operating Characteristics

($V_{DD} = 5V$, $C_{CT} = 470nF$, $C_{CG} = 2.2\mu F$, $V_{TH} = V_{MICBIAS} \times 0.4$, $GAIN = V_{DD}$ (40dB), AGC disabled, no load, $R_L = 10k\Omega$, $C_{OUT} = 1\mu F$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



ANEXO B

Programa de Arduino Nano para cada dispositivo

```
#include <SoftwareSerial.h>

#include <String.h>

SoftwareSerial mySerial(7,6);

//////////muestreo de valores dB

const int sampleWindow = 50; //50 mS = 20Hz

unsigned int sample;

float db;

void setup()

{

  //Iniciar Monitor Serial

  mySerial.begin(9600);          // the GPRS baud rate

  Serial.begin(9600);  // the GPRS baud rate

  delay(1000);

}

void loop()

{

  //Recoleccion de datos de dB ponderacion

  unsigned long iniciomillis= millis(); // Start of sample window

  float peakToPeak = 0; // peak-to-peak level

  unsigned int signalMax = 0;

  unsigned int signalMin = 1024;

  // collect data for 50 mS

  while (millis() - iniciomillis < sampleWindow)

  {

    sample = analogRead(0);

    if (sample < 1024) // toss out spurious readings

    {

      if (sample > signalMax)
```

```

    {
        signalMax = sample; // save just the max levels
    }
    else if (sample < signalMin)
    {
        signalMin = sample; // save just the min levels
    }
}
}
}
peakToPeak = signalMax - signalMin; // max - min = peak-peak amplitude
float db = map(peakToPeak,0,1023,33,83);
delay(2);
Enviodatos();
if (mySerial.available())
    Serial.write(mySerial.read());
}
//////////Transmission GSM A Thingspeak
void Enviodatos()
{
    mySerial.println("AT");
    delay(1000);
    mySerial.println("AT+CPIN?");
    delay(1000);
    mySerial.println("AT+CREG?");
    delay(1000);
    mySerial.println("AT+CGATT?");
    delay(1000);
    mySerial.println("AT+CIPSHUT");
    delay(1000);
    mySerial.println("AT+CIPSTATUS");
}

```

```

delay(2000);
mySerial.println("AT+CIPMUX=0");
delay(2000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CSTT=\"internet\"); //start task and setting the APN,
delay(1000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIICR");//bring up wireless connection
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIFSR");//get local IP address
delay(2000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIPSPRT=0");
delay(3000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", \"80\");//start
up the connection
delay(6000);
ShowSerialData();
mySerial.println("AT+CIPSEND");//begin send data to remote server
delay(4000);
ShowSerialData();
String str="GET
https://api.thingspeak.com/update?api_key=VB8LK4F896VD1OPZ&field1=0" +
String(db);
mySerial.println(str);//begin send data to remote server
delay(4000);
ShowSerialData();
mySerial.println((char)26);//sending

```

```
    delay(5000);//waitting for reply, important! the time is base on the condition of internet
```

```
    mySerial.println();
```

```
    ShowSerialData();
```

```
    mySerial.println("AT+CIPSHUT");//close the connection
```

```
    delay(100);
```

```
    ShowSerialData();
```

```
    }
```

```
////////envio a un serial conexion
```

```
void ShowSerialData()
```

```
{
```

```
    while(mySerial.available()!=0)
```

```
        Serial.write(mySerial.read());
```

```
}
```

ANEXO C

Programación MATLAB Analysis ThingSpeak

```
% Lee los Datos de ruido de la ultima hora de un canal y el promedio lo escribe en
un nuevo canal.
% ID del canal a leer
readChannelID = 467417;
% Ruido Field ID
RuidoFieldID = 1;
% API Key del Canal
readAPIKey = 'Z9594QLSOSUF198K';
% Obtener el valor de ruido de los ultimos 60 minutos
ruido =
thingSpeakRead(readChannelID,'Fields',RuidoFieldID,'NumMinutes',60,'ReadKey',r
eadAPIKey);
% Calcular el promedio de ruido
ruidopromedio = mean(ruido);
display(ruidopromedio,'Ruido Promedio');
% Escribir los promedios en el canal de Promedio 1 hora
% ID del canal a escribir
writeChannelID = 562605;
% API Key del Canal
writeAPIKey = '98AFWK4TVSV04XKU';
thingSpeakWrite(writeChannelID,ruidopromedio,'writekey',writeAPIKey);
```

ANEXO D

Codificación Archivos De Pagina Web Del Sistema De Monitoreo Archivo inicio.html

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Monitoreo de Ruido Ambiental</title>
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="estilos.css">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, user-scalable=no, initial-
scale=1.0, maximum-scale=1.0, minimum-scale=1.0">
</head>
<body>
  <header>
    <section id = "menu">
      <ul>
        <a href="inicio.html">Inicio</a>
        <a href="descripcion.html">Descripción</a>
        <a href="monitoreo.html">Monitoreo</a>
        <a href="estadis.html">Estadísticas</a>
        <a href="descarga.html">Descargas</a>
      </ul>
    </section>
  </header>
  <div class="conten">
    <h1>Sistema de Monitoreo de Ruido Ambiental</h1>
    <p>Centro Ciudad de Ambato</p>
  </div>
</body>
</html>
```

Archivo descripción.html

```
<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

  <meta charset="utf-8">

  <title>Monitoreo de Ruido Ambiental</title>

  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="estilos.css">

</head>

<body bgcolor=#0B4C5F>

  <header>

    <section id = "menu">

      <ul>

        <a href="inicio.html">Inicio</a>

        <a href="descripcion.html">Descripción</a>

        <a href="monitoreo.html">Monitoreo</a>

        <a href="estadis.html">Estadísticas</a>

        <a href="descarga.html">Descargas</a>

      </ul>

    </section>

  </header>

  <div class="zona">

    <div class="titulocentrado">

      <h1>Monitoreo Ruido Ambiental</h1>

    </div>

    <div class="texto">

      <h3> El presente proyecto de investigación permite analizar el ruido generado en las calles del casco central de la ciudad de Ambato, dicho ruido que se incrementa año tras año debido a factores como bocinas, motores de autos, aglomeración de gente, promoción de locales comerciales, entre otros que alteran a la ciudad. Estas anomalías producen a largo plazo problemas auditivos para todas las personas expuestas.</h3>
```


<h2>.</h2>

<h3>Los Sistemas de Monitoreo de nivel de ruido ambiental ayudan a proporcionar información al ayuntamiento (GAD Municipalidad de “Ambato”), para que puedan tomar acciones que permitan la reducción de ruido, a través de políticas públicas.</h3>

<h2>.</h2>

<h3>Los dispositivos de recolección de datos que forman parte de la plataforma de monitoreo IoT(Internet of Things) juegan un papel muy importante para realizar un análisis y procesamiento de los datos más interactivamente. Estos dispositivos actualmente se encuentran en localizaciones previamente analizadas del casco que en posteriores pestañas se exhiben.</h3>

</div>

</div>

</body>

</html>

Archivo monitoreo.html

```
<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

  <meta charset="utf-8">

  <title>Monitoreo de Ruido Ambiental</title>

  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="estilos.css">

  <script type="text/javascript">

//info windows con datos del dispositivo 1

  function ajaxget1(){

    var conexion;

    if (window.XMLHttpRequest)

    {

      conexion=new XMLHttpRequest();

    }

    else

    {

      conexion=new ActiveXObject("Microsoft.XMLHTTP");

    }

    conexion.onreadystatechange=function()

    {

      if (conexion.readyState==4 && conexion.status==200)

      {

document.getElementById("contenido1").innerHTML=conexion.responseText;

      }

    }

    conexion.open("POST","php/data/dispositivo1.xml",true);

    conexion.send();

  }

}
```

```

//para que se muestren las graficas de monitoreo con el mismo boton
function Mostrar1(){
    var iframe1 = '<iframe width="450" height="260" style="border: 1px solid
#cccccc;"
src="https://thingspeak.com/channels/467417/charts/1?bgcolor=%23ffffcc&color=%
23d62020&dynamic=true&results=30&type=line&xaxis=Data+de+mediciones&yax
is=Sonido+%28dBA%29"></iframe>';

    var iframe2 = '<iframe width="450" height="260" style="border: 1px solid
#cccccc;" src="https://thingspeak.com/channels/467417/widgets/1405"></iframe>';

    document.getElementById('graficos1').innerHTML=iframe1;

    document.getElementById('graficos2').innerHTML=iframe2;

    }
function Mostrar2(){
}
function Mostrar3(){
}
</script>
</head>
<body bgcolor=#0B4C5F>
<header>
<section id = "menu">
<ul>
<a href="inicio.html">Inicio</a>
<a href="descripcion.html">Descripción</a>
<a href="monitoreo.html">Monitoreo</a>
<a href="estadis.html">Estadísticas</a>
<a href="descarga.html">Descargas</a>
</ul>
</section>
</header>
<div id="zona">
<div class="titulocentrado">

```

```

    <h1>Recolección de datos</h1>
</div>
<div id="map"></div>
<script>
function initMap() {
    var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
        zoom: 15,
        center: {lat: -1.2409, lng: -78.6270}
    });
    //llama al metodo establecer marcadores
    setMarkers(map);
}
// Datos de en donde va estar los marcadores y dispositivos
function setMarkers(map) {
var shape = {
    coords: [1, 1, 1, 20, 18, 20, 18, 1],
    type: 'poly'
};
//creando Marcador 1
var marker1 = new google.maps.Marker({
    position: {lat: -1.245442, lng: -78.630838},
    map: map,
    icon: 'devices.png',
    shape: shape,
    title: 'Dispositivo 1'
})
//creando Marcador 2
var marker2 = new google.maps.Marker({
    position: {lat: -1.240454 , lng: -78.625731},
    map: map,

```

```

        icon: 'devices.png',
        shape: shape,
        title: 'Dispositivo 2'
    })
//creando Marcador 3
var marker3 = new google.maps.Marker({
    position: {lat: -1.243114, lng: -78.625731},
    map: map,
    icon: 'devices.png',
    shape: shape,
    title: 'Dispositivo 3'
})
//contenido infowindows de cada marcador
//dispositivo 1
var contentString1 = '<div id="contenido1">'+<button type="button"
onclick="ajaxget1()">Información</button>'+</div>';
var infowindow1 = new google.maps.InfoWindow({
    content: contentString1
});
marker1.addListener('click', function() {
    infowindow1.open(map, marker1);
});
//dispositivo 2
var contentString2 = '<h3>Dispositivo 2</h3>'+
    '<h6>Modelo Sensor: </h6>'+
    '<h6>Fecha de Instalacion: </h6>'+
    '<h6>Fecha del último dato: </h6>';
var infowindow2 = new google.maps.InfoWindow({
    content: contentString2
});

```

```

marker2.addListener('click', function() {
    infowindow2.open(map, marker2);
});
//dispositivo 3
var contentString3 = '<h3>Dispositivo 3</h3>'+
    '<h6>Modelo Sensor: </h6>'+
    '<h6>Direccion Ubicacion: </h6>'+
    '<h6>Fecha de Instalacion: </h6>'+
    '<h6>Fecha del último dato: </h6>';
var infowindow3 = new google.maps.InfoWindow({
    content: contentString3
});
marker3.addListener('click', function() {
    infowindow3.open(map, marker3);
});
}
</script>
<script async defer
    src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyAtnM8YC2Ew-
0UZ-tzmUeVjO-j1Qnw-5-c&callback=initMap">
</script>
<div id="acciones">
    <table>
        <tr>
            <td>
                </td>
            <td colspan="2">nomenglatura</td>
        </tr>
        <tr>
            <td>
                </td>

```

```

<select id="disp" name="disp">
  <option value="info">Seleccione</option>
  <option value="disp1" onclick="Mostrar1()">Dispositivo 1</option>
  <option value="disp2" onclick="Mostrar2()">Dispositivo 2</option>
  <option value="disp3" onclick="Mostrar3()">Dispositivo 3</option>
</select>
</td>
<td rowspan="3">
  <div id="graficos1"></div>
</td>
<td rowspan="3">
  <div id="graficos2"></div>
</td>
</tr>
<tr>
  <td> <div id="graficos1"></div></td>
</tr>
<tr>
  <td><div id="graficos2"></div></td>
</tr>
</table>
</div>
</div>
</body>
</html>

```

Archivo descarga.html

```
<!DOCTYPE html>

<html>

<head>

  <meta charset="utf-8">

  <title>Monitoreo de Ruido Ambiental</title>

  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="estilos1.css">

</head>

<body background="img/des.jpg">

  <header>

    <section id = "menu">

      <ul>

        <a href="inicio.html">Inicio</a>

        <a href="descripcion.html">Descripción</a>

        <a href="monitoreo.html">Monitoreo</a>

        <a href="estadis.html">Estadísticas</a>

        <a href="descarga.html">Descargas</a>

      </ul>

    </section>

  </header>

  <div id="zona">

    <div class="titulocentrado">

      <h1 style="text-align: center;">Descarga Registros de Ruido</h1>

    </div>

  <div id="box">

    <table >

      <tr>

        <td>

          <h2>Escoge un Dispositivo</h2>

        </td>

      </tr>

    </table>

  </div>

</body>

</html>
```



```

<td>
  <h2>Periodo de Muestras</h2>
</td> <td>
  <h2>Formato de Archivo</h2>
</td> </tr>
<tr> <td>
  <select name="dispo" style="font-size:16pt">
    <option></option>
    <option>Dispositivo 1</option>
    <option>Dispositivo 2</option>
    <option>Dispositivo 3</option>
  </select>
</td> <td>
  <select name="lapso" style="font-size:16pt">
    <option></option>
    <option>Totales</option>
    <option>Por Hora</option>
  </select>
</td> <td>
  <select name="formato" style="font-size:16pt">
    <option></option>
    <option>*.json</option>
    <option>*.csv</option>
    <option>*.xml</option>
  </select>
</td>
</tr>
</table> </div></div>
</body>
</html>

```

Archivo de estilos.css

```
*{
    padding=0;
    margin:0;
}
header{
    width:100%;
    background: #0B2F3A;
    box-shadow:1px 1px 5px #000;
    height: 50px;
}
#menu{
    width: 600px;
    padding-top: 10px;
    margin: auto;
}
#menu ul a{
    color:azure;
    text-decoration: none;
    font: 16px Candara;
    padding: 10px;
    background: transparent;
    border-bottom: 6px solid transparent;
    transition:border-bottom .7s;
    -webkit-transition:border-bottom .7s;
    -moz-transition:border-bottom .7s;
    -o-transition:border-bottom .7s;
}
#menu ul a:hover{
    border-bottom: 9px solid #ECF6CE
```

```

}
.conten {
    background-image: url(img/inicio.JPG);
    width: 100%;
    height: 675px;
    background-size: cover;
    position: relative;
    display: flex;
    flex-direction: column;
    justify-content: center;
    align-items: center;
}
.conten:before {
    content: "";
    width: 100%;
    height: 100%;
    background-color: teal;
    position: absolute;
    opacity: 0.6;
}
.conten h1, p {
    position: relative;
    color: azure;
}
.conten h1 {
    font-size: 60px;
    font-family: serif;
}
.conten p {
    font-size: 25px;

```

```
    font-family: serif;
}
#img1 {
    float: left;
    margin: 30px 60px 0px 80px;
}
.titulocentrado {
    padding: 15px 0 15px 0;
    text-align: center;
    color: aliceblue;
}
.texto {
    padding: 80px 180px 0px 0px;
    text-align: justify;
    color: aliceblue;
}
div#zona {
    margin: auto;
    margin-top: 2px;
    width: 1300px;
    height: 650px;
}
div#map {
    margin: auto;
    height: 350px;
    width: 1000px;
}
div#acciones {
    margin: auto;
    margin-top: 10px;
```

```
width: 1200px;
height: 270px;
}
div#graficos1 {
float: left;
width: 450px;
height: 260px;
/*background-color: red;*/
}
div#graficos2 {
float: left;
width: 450px;
height: 260px;
/*background-color: yellow;*/
}
```

Archivo de estilos1.css

```
*{
    padding=0;
    margin:0;
}
header{
    width:100%;
    background: #0B2F3A;
    box-shadow:1px 1px 5px #000;
    height: 50px;
}
#menu{
    width: 600px;
    padding-top: 10px;
    margin: auto;
}
#menu ul a{
    color:azure;
    text-decoration: none;
    font: 16px Candara;
    padding: 10px;
    background: transparent;
    border-bottom: 6px solid transparent;
    transition:border-bottom .7s;
    -webkit-transition:border-bottom .7s;
    -moz-transition:border-bottom .7s;
    -o-transition:border-bottom .7s;
}
#menu ul a:hover{
    border-bottom: 9px solid #ECF6CE
```

```

}
.conten {
    background-image: url(img/des.jpg);
    width: 100%;
    height: 675px;
    background-size: cover;
    position: relative;
    display: flex;
    flex-direction: column;
    justify-content: center;
    align-items: center;
}
.conten:before {
    content: "";
    width: 100%;
    height: 100%;
    background-color: teal;
    position: absolute;
    opacity: 0.6;
}
.conten h1, h2 {
    position: relative;
    color: azure;
}
.conten h1 {
    font-size: 60px;
    font-family: serif;
}
.conten h2 {
    font-size: 25px;
}

```

```
    font-family: serif;
}
div#zona {
    margin: auto;
    margin-top: 2px;
    width: 1300px;
    height: 650px;
}
div#box {
    margin: auto;
    height: 350px;
    width: 1000px;
}
div#acciones {
    margin: auto;
    margin-top: 10px;
    width: 1200px;
    height: 270px;
}
div#graficos1 {
    float: left;
    width: 450px;
    height: 260px;
    /*background-color: red;*/
}
div#graficos2 {
    float: left;
    width: 450px;
    height: 260px;
    /*background-color: yellow;*/
```



```
}  
table, td {  
    border: 1px solid black;  
    text-align: center;  
    padding: 3px;  
}  
div#box {  
    margin: auto;  
    height: 350px;  
    width: 1000px;  
}  
.titulocentrado {  
    padding: 15px 0 15px 0;  
    text-align: center;  
    color: aliceblue;  
}
```

ANEXO F

Archivo PHP que adquiere datos de cada dispositivo de la plataforma IoT

```
<?php
//definir para cargar un archivo XML de un enlace
$context = stream_context_create(array('http' => array('header' => 'Accept:
application/xml')));
$url = 'https://thingspeak.com/channels/467417/feed.xml';
$canal = file_get_contents($url, false, $context);
$canal = simplexml_load_string($canal);
//impresion de elementos del archivo XML
    $name = "Nombre: ".$canal->name."\r\n";
    $id = "Codigo Identificador: ".$canal->id."\r\n";
    $lat = "Latitud: ".$canal->latitude."\r\n";
    $lon = "Longitud: ".$canal->longitude."\r\n";
//definir para cargar un archivo JSON de un enlace e imprimirlo
$str = file_get_contents('https://thingspeak.com/channels/467417/feed.json');
$json = json_decode($str, true);
//impresion de elementos del archivo JSON
    $pd = "Data de Instalacion: ".$json['channel']['created_at']."\r\n";
    $ult = "Ultimo Registro: ".$json['channel']['updated_at']."\r\n";
///Creacion del Archivo
$ruta = "data/dispositivo1.xml";
$manejador = fopen($ruta, 'w+');
fwrite($manejador, $name);
fwrite($manejador, $id);
fwrite($manejador, $lat);
fwrite($manejador, $lon);
fwrite($manejador, $pd);
fwrite($manejador, $ult);
fclose($manejador);?>
```