

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



**“PROPUESTA DE DISEÑO DE CONTENEDOR ECOLÓGICO
INTELIGENTE, PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CAVALIER JARA, MARCOS FIDEL

Villa El Salvador

2019

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, hermana menor y en especial a mi esposa Pamela Isamar, que gracias a su apoyo incondicional me han impulsado a lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que me apoyaron y creyeron en mis capacidades, cada palabra de aliento y motivación fue indispensable para fortalecer mi confianza.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2 Justificación del Problema	4
1.3 Delimitación del Proyecto	6
1.3.1 Teórica	6
1.3.2 Temporal.....	6
1.3.3 Espacial	7
1.4 Formulación del Problema.....	8
1.4.1 Problema General.....	8
1.4.2 Problemas específicos	8
1.5 Objetivos.....	9
1.5.1 Objetivo General	9
1.5.2 Objetivos Específicos.....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes.....	10
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	10
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	13
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Contenedor Ecológico Inteligente	15
2.2.2 Residuos sólidos urbanos	16
2.2.3 Tecnología de referencia.....	18
2.2.4 Alternativas de comunicación.....	25
2.2.5 Villa el Salvador y los residuos sólidos.....	28
2.3 Definición de Términos Básicos.....	29

CAPÍTULO III: DISEÑO DE CONTENEDOR ECOLÓGICO INTELIGENTE PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR.....	31
3.1 Modelo de solución propuesto	33
3.1.1 Cálculo de volumen de contenedor ecológico inteligente	35
3.1.2 Cálculo de cantidad y ubicación de contenedores ecológicos inteligentes.....	37
3.1.3 Componentes del sistema de un contenedor ecológico inteligente... ..	43
3.1.4 Medios de transmisión de datos entre el contenedor ecológico inteligente y el Gateway	46
3.1.5 Presupuesto.....	49
3.2. Resultados esperados	49
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS.....	55

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Almacenamiento de residuos	3
Figura 2. Almacenamiento de residuos	3
Figura 3. Mapa de Villa el Salvador.....	7
Figura 4. Mapa del Grupo 19.....	8
Figura 5. Arduino UNO.....	18
Figura 6. Dragino.....	20
Figura 7. Arquitectura Gateway.....	20
Figura 8. Arduino Pro Gateway para Lora.....	22
Figura 9. Ultrasonido HC-SR04.....	22
Figura 10. Sensor de flama YG1006.....	23
Figura 11. Smart Garbaré BigBelly.....	24
Figura 12. Sensor SmartBin.....	24
Figura 13. Capas Lora.....	25
Figura 14. Ausencia de contenedores.....	31
Figura 15. Ausencia de Contenedores 2015.....	32
Figura 16. Distribución de Manzanas grupo 19.....	33
Figura 17. Distribución de los contenedores ecológicos inteligentes.....	37
Figura 18. Zona 1.....	38
Figura 19. Zona 2.....	39
Figura 20. Zona 3.....	39
Figura 21. Zona 4.....	39
Figura 22. Zona 5.....	40
Figura 23. Zona 6.....	40
Figura 24. Zona 7.....	40
Figura 25. Zona 8.....	41
Figura 26. Zona 9.....	41
Figura 27. Zona 10.....	41
Figura 28. Zona 11.....	42
Figura 29. Zona 12.....	42
Figura 30. Estructura general del contenedor ecológico inteligente.....	43
Figura 31. Diagrama de bloques Nodo.....	44
Figura 32. Propuesta de diseño físico de contenedor.....	44
Figura 33. Réplica de Trama de Datos.....	47

Figura 34. Error de trama de comunicaciones.....	47
Figura 35. Pruebas de distancia máxima	48

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Residuos Sólidos Domiciliarios Generados en La Provincia de Lima según Distrito	17
Tabla 2. Características de ArduinoPro Gateway para Lora	21
Tabla 3. Composición física de los residuos sólidos en VES	29
Tabla 4 Diagrama de Gantt	34
Tabla 5. Capacidad de contenedores.....	36
Tabla 6. Medidas del contenedor	37
Tabla 7. Cantidad de lotes por zonas.....	38
Tabla 8. Presupuesto del proyecto.....	49

INTRODUCCIÓN

Los problemas relacionados con el medio ambiente es un tema de importancia dentro de nuestra sociedad, centrandose una de sus líneas de investigación al reciclaje, esta práctica si bien es cierto se realiza en instituciones privadas, debido a inspecciones realizadas por la autoridad competente, en el rubro urbano (residuos sólidos urbanos domiciliarios), se observa que no se practica, evidenciándose en el arrojo de desperdicios en las esquinas del distrito de Villa el Salvador, lo cual genera contaminación del medio ambiente. La ausencia de contenedores en el distrito es una de las causas, pero también otra es la falta de motivación de las personas al reciclar. En el presente proyecto se realiza por primera vez un cálculo del volumen y cantidad de contenedores ecológicos inteligentes, en un grupo residencial del distrito de Villa el Salvador, así como los elementos que se propone para el diseño tales como sensores de ultrasonido para medir el nivel del contenedor, un detector de flama como medida de seguridad, procesamiento mediante un Arduino Uno, y la transmisión de datos a través de Lora WAN entre los gateways y los nodos.

Esta propuesta de diseño pretende mejorar la gestión residuos de Villa el Salvador, mejorando en los siguientes aspectos: motivar a las personas a reciclar en lo que he denominado “Ciudades inteligentes para personas inteligentes”, con el fin de obtener indicadores reales (no subjetivos, por ejemplo, cuando se obtienen indicadores cualitativos en las encuestas, donde preguntan: ¿Usted practica el reciclaje?, la mayoría de las veces por compromiso, las personas responden afirmativamente; sin embargo, con este diseño, permitirá medir: cuantas personas practican el reciclaje, qué cantidad reciclan, con qué frecuencia lo hacen. Así como también reducir costos, referidos al consumo de combustibles de los compactadores de basura, aumentar los ingresos por la venta de reciclaje de residuos sólidos urbanos, disminuir horas hombre del personal administrativo, al tener una base de datos en tiempo real, de la cantidad de reciclaje y residuos, debido a que esta información deben procesarla para subirlo a un servidor. Respecto al tema ambiental: reducir a contaminación visual, reducir la contaminación del medio ambiente, evitar la proliferación de vectores y roedores.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En los últimos años la sociedad peruana ha experimentado cambios que han modificado hábitos y conductas, dentro de las cuales se encuentra en fomentar una cultura de prevenir la contaminación ambiental a través de diversas actividades, una de ellas el reciclaje de residuos sólidos. Estos cambios en los hábitos y conductas de nuestra sociedad se ven reflejados en la instalación de contenedores de plástico debidamente rotulados para seleccionar cada tipo de residuo sólido (plástico, papel, metal, residuos sólidos orgánicos, etc.), los cuales no cumplen su función debido a una serie de variables ligadas directamente, una de ellas el factor humano, específicamente a la motivación de las personas en reciclar, a pesar que existen diferentes campañas sobre la importancia del reciclaje y su contribución a la conservación del medio ambiente. Si bien es cierto éstas buenas prácticas de reciclaje se observan en algunas empresas, en el ámbito urbano la realidad es distinta, son pocas las personas que practican algunas formas de reciclaje, en las calles no se evidencia una cultura de reciclaje.

En la actualidad la cantidad de residuos sólidos que se acumulan en los escasos contenedores instalados en de las plazas, calles, instituciones educativas, empresas estatales y privadas, donde se cree que existe implementado un Plan de gestión de Residuos Sólidos, debido a las exigencias realizadas por las entidades fiscalizadoras nacionales: Ministerio del Ambiente, OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental), Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales; no están bien distribuidos para un higiénico reciclaje. Se puede observar que, en estos contenedores de reciclaje, los residuos sólidos se hallan mezclados, y en algunas ocasiones en un solo contenedor, siendo irrealizable la posibilidad de un reciclaje óptimo con cada tipo de residuo.

La población está aumentando rápidamente, como resultado, se producen diferentes tipos de desechos a un ritmo muy rápido. La incapacidad de gestión de las autoridades durante muchos años, la falta de recursos financieros, la ausencia de tecnología, la corrupción y sobre todo la falta de conciencia de la comunidad son el principal problema para controlar la gestión de residuos en el área de rápido crecimiento del distrito de Villa el Salvador.

En las figuras 1 y 2 se puede apreciar la realidad en el almacenamiento temporal de residuos ubicados en las esquinas, avenidas, calles del distrito de Villa el Salvador, las fotos fueron tomadas por el autor en distintas ocasiones del año, esta situación se repite en todos los grupos del distrito, en esta ocasión se muestra del grupo 19 del sector 1.



Figura 1. Almacenamiento de residuos. (Elaboración Propia 2019)



Figura 2. Almacenamiento de residuos. (Elaboración Propia 2019)

Para poder obtener estadísticas de la cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) generados en el distrito, el autor tomó como referencia los datos generados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). En el año 2017, la generación total de residuos sólidos municipales en el distrito de Villa el Salvador es de 322.4 toneladas/día, con una generación de residuos per cápita de 0.7 kg/habitante/día.

1.2 Justificación del Problema

El estudio de la tesis se fundamenta en tres aspectos: índices altos de contaminación ambiental, costos elevados del sistema de manejo de residuos sólidos, y la poca motivación de las personas al momento de realizar la correcta segregación de residuos sólidos en el distrito de Villa el Salvador. La inadecuada forma de segregación puede generar incluso más consecuencias de la acción de no reciclar. Estas consecuencias son:

- Falta de espacio para el tratamiento de residuos sólidos.
- Proliferación de insectos, y roedores.
- Desaparición de los recursos naturales.
- Desaparición de ecosistemas y los hábitats naturales.
- Daños físicos (perforaciones, laceraciones, abrasiones a la piel) a las personas encargadas de recolectar los residuos sólidos.
- Daños materiales, a todos los equipos involucrados en los procesos de compactación y segregación de residuos sólidos.
- Propagación de enfermedades.
- Contaminación del aire, y suelo.

(OREJÓN & MIYASHIRO, 2015) Si llegamos a entender lo importante de esta práctica, para evitar la depredación de muchos ecosistemas en los cuales coexistimos y nos desarrollamos, estaríamos dando un paso gigantesco hacia la sostenibilidad de los recursos naturales al usar menos materia prima y reciclar lo que ya existe para su reutilización.

Para manejar estos problemas, se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre la gestión de residuos basadas en la tecnología de Internet de las Cosas (IoT por las siglas en inglés: Internet of Things), desde estudios sobre tecnología RFID hasta estudios sobre plataformas y sistemas de gestión de residuos. Sin embargo, sigue faltando investigación sobre la gestión de residuos basada en la tecnología IoT o en la aplicación de sistemas de gestión de residuos desarrollados en el Perú.

Como se indicó líneas arriba, enumero las siguientes mejoras que pretende este diseño:

- Social
 - Motivar a las personas a reciclar.
 - Obtener indicadores reales (no subjetivos, por ejemplo, cuando se obtienen indicadores cualitativos en las encuestas, donde preguntan: ¿Usted practica el reciclaje?, la mayoría de las veces por compromiso, las personas responden afirmativamente; sin embargo, con este diseño, permitirá medir: cuantas personas practican el reciclaje, qué cantidad reciclan, con qué frecuencia lo hacen, entre otros.
- Económico
 - Reducir costos, referidos al consumo de combustibles de los compactadores de basura.
 - Aumentar los ingresos por la venta de reciclaje de residuos sólidos urbanos.
 - Disminuir horas hombre del personal administrativo, al tener una base de datos en tiempo real, de la cantidad de reciclaje y residuos, debido a que esta información deben procesarla para subirlo a un servidor.
- Ambiental
 - Reducir a contaminación visual.
 - Reducir la contaminación del medio ambiente.
 - Evitar la proliferación de vectores y roedores.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Teórica

Realizar el diseño de un contenedor de residuos sólidos urbanos inteligente, con el uso de la tecnología de Internet de las Cosas que permita: monitorear el nivel de llenado de los contenedores ecológicos inteligentes, detectar flamas, y transmitir los datos a través de la tecnología emergente LPWAN (Low Power Wide Area Network).

El proyecto no incluye:

Desarrollo de software de administrador.

Protección de los elementos ante la intemperie.

Sistema de alimentación de los nodos, se asume que será con baterías.

Interfaz de aplicación de usuario.

Diseño de los sensores, se propone los existentes comercialmente.

Diseño físico del contenedor, se recomienda que el material sea resistente a la intemperie.

Ubicación de los Gateway

Código de fuente de Arduino, debido a que las librerías y códigos se encuentran disponibles.

Simulación de la transmisión de datos

1.3.2 Temporal

El diseño del proyecto se está efectuando entre los meses de octubre y diciembre del 2019. Durante este tiempo se realizará visitas en campo al sector 1 del grupo 19 del distrito de VES, con el fin de verificar los lugares donde se instalarán los contenedores, en caso existan obstáculos (desmontes, casetas de vigilancia, jardines, entre otros), los plazos de entrega del diseño se pueden aplazar; debido a que se tomó como referencia las imágenes de Google Street View, y no se encontró obstáculos que dificulten la ubicación de los contenedores.

1.3.3 Espacial

El presente trabajo está orientado para cualquier distrito de nuestro país, no obstante, varía según al área geográfica, la densidad poblacional, la distribución de los predios, y la altura de los edificios para determinar el número de contenedores que se instalen en todo su territorio. En esta ocasión se eligió el distrito de Villa el Salvador debido que la universidad a la que pertenece el autor se encuentra dentro de su jurisdicción, y este distrito tiene una buena distribución de viviendas que permite tener línea de vista entre las avenidas principales, aspecto que contribuye que Villa el Salvador pueda ser una de las primeras Smart Cities de nuestro país.

En la figura 3, presento el mapa de Villa El Salvador, donde se aprecia las distribuciones de las manzanas.

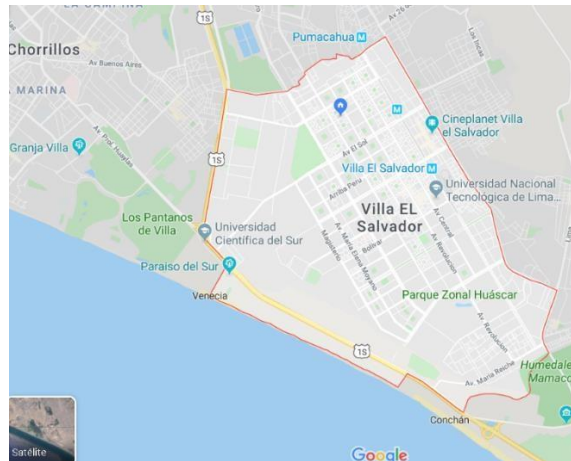


Figura 3. Mapa de Villa el Salvador. (Google Maps, 16).

Para la presente investigación se centrará en uno de los grupos residenciales de Villa el Salvador, debido a que en gran mayoría tienen las mismas características de distribución, en esta ocasión en la figura 4, muestro la distribución del grupo 19 del primer sector. El mapa se realizó mediante My Google Maps, de Google, que permite realizar mapas según las características que proporciona.



Figura 4. Mapa del Grupo 19. (Elaboración Propia)

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

- ¿De qué manera la propuesta de diseño de un contenedor ecológico inteligente mejorará la gestión de residuos sólidos urbanos en el distrito de Villa el Salvador?

1.4.2 Problemas específicos

- ¿Cuál sería el volumen que debe tener el contenedor ecológico inteligente según la cantidad de personas en un grupo residencial de Villa el Salvador?
- ¿Cuál sería la cantidad y ubicación de contenedores ecológicos inteligentes que se propone distribuir según la cantidad de personas en un grupo residencial de Villa el Salvador?
- ¿Cuáles serían los componentes del sistema del contenedor ecológico inteligente?

- ¿Cuál sería el medio de transmisión de datos entre el contenedor ecológico inteligente y el gateway?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Diseñar un contenedor ecológico inteligente que mejore la gestión de residuos sólidos urbanos en el distrito de Villa el Salvador.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Calcular el volumen que debe tener el contenedor ecológico inteligente según la cantidad de personas en un grupo residencial de Villa el Salvador.
- Calcular la cantidad de contenedores ecológicos inteligentes que se propone distribuir según la cantidad de personas en un grupo residencial de Villa el Salvador.
- Definir los componentes del sistema del contenedor ecológico inteligente.
- Definir el medio de transmisión de datos entre el contenedor ecológico inteligente, y el Gateway.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

En Latinoamérica existen diversas investigaciones similares tales como:

Este proyecto busca optimizar el recorrido de camiones de recolección de residuos de los camiones de recolección de residuos, brindando información en tiempo real que indique la localización de los contenedores cuyo nivel de llenado ha superado un cierto umbral. La justificación de este proyecto se basa en que con este sistema se pueden determinar las rutas óptimas antes de enviar camiones a vaciar los contenedores. Esto Permite una reducción de costos ya sea en cantidad de vehículos como en combustible, y a la vez ayuda a la descongestión vehicular. Por otro lado, se ayuda a reducir la contaminación sonora y del aire. (KORENBLIT, 2015)

Al hacer uso de los contenedores de basura, es común encontrar que estos se encuentran completamente llenos, generando así, que los usuarios lleven la basura hasta otro contenedor (lo cual sería lo ideal, pero que no sucede en todos los casos) o que la depositen en lugares no aptos para ello, lo cual podría generar problemas ambientales en el lugar. En sitios con alto flujo de personas, tales como: centros comerciales, universidades, las calles de una ciudad, entre otros, se debe disponer de un número de contenedores de basuras proporcional al número de usuarios o habitantes del lugar en mención. Cada uno de los contenedores distribuidos debe disponer de una bolsa, en la cual se depositan los residuos y esta es cambiada con cierto periodo de tiempo. Se ha determinado que el periodo de tiempo para el cambio de las

bolsas, en todos los casos no resulta efectivo, ya que hay ocasiones en que las bolsas son cambiadas cuando apenas han sido llenadas en un 50% o menos de su capacidad total, generando de esta forma gastos adicionales y pérdida de tiempo, de igual forma se han evidenciado casos en los cuales los contenedores están completamente llenos y permanecen así por largos periodos de tiempo hasta que por fin son cambiadas las bolsas, esta situación conlleva a que en los lugares en donde están dispuestos los contenedores se generen malos olores, así como también una mala presentación del sitio. Con la implementación de nuestro proyecto se buscaría optimizar el tiempo dedicado al cambio de las bolsas en los contenedores de basura, utilizar en su totalidad las bolsas. (RÚA MONTALVO & PINEDA GONZÁLEZ, 2018)

Uno de los problemas más urgentes de las sociedades actuales es la gestión de la basura, todo lo que deseamos eliminar de nuestro entorno inmediato es basura. Esto incluye restos orgánicos e inorgánicos de muy diversa procedencia; pero siempre con el ser humano como generador de ella. Son los seres humanos los que no encuentran utilidad satisfactoria a un producto, y desean deshacerse de él. La contaminación del medio ambiente va incrementando, provocando una serie de enfermedades que afectan la salud humana. Hay muchos factores que intervienen en esta situación, entre ellos se puede destacar la falta de cultura de las personas para buscar un depósito de basura o la impericia de los responsables de su recolección. Sin embargo, muchas veces el vaciado de los basureros se vuelve una labor tediosa ya que se desconoce el comportamiento de los usuarios y el tiempo preciso en el que el basurero estará completamente lleno. (MAZI MELARA & LOPEZ GUARDADO, 2018)

El objetivo del trabajo de titulación fue la implementación de un prototipo para el monitoreo de los parámetros de residuos en los contenedores de basura basados en el diseño de los Eco-Tachos de la ciudad de Riobamba (STR). El prototipo permite monitorear en línea el nivel de basura de cada Eco-Tacho, el grado de pH, como también la temperatura y humedad que existe dentro del mismo; esto permite medir las características de los lixiviados, así como también mejorar la frecuencia de recolección de los desechos. Para ello se integraron tres nodos inteligentes denominados sensor, Gateway y el de almacenamiento y monitoreo que simultáneamente permiten supervisar variables físicas y químicas del contenedor que influyen en la calidad del ambiente. El nodo sensor procesa los datos para ser enviados a través de la red inalámbrica de tipo estrella mediante el módulo de radio frecuencia NRF24L01. Este a su vez se comunica con el nodo Gateway para enviar los datos a través de Internet mediante un módulo Wi-Fi. Todos los datos son recibidos y almacenados en la base de datos que se encuentra en el servidor gratuito 000WebHost, que permite la visualización de los datos mediante la página web que se creó. La página web muestra los valores medidos por el prototipo en tiempo real y a su vez muestra alertas, cuando un Eco-Tacho ya está generando lixiviados y cuando los desechos ya deben ser removidos de dicho contenedor. Panchi Guevara, Mayorga Villacis, JA., AP, (2019). Implementación de un prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los eco-tachos de la ciudad de Riobamba. (Licenciatura). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11016>

El presente documento explica cómo se construyó un prototipo para realizar telemetría de contenedores de residuos distribuidos sobre una ciudad. Se describe cómo se implementó una solución basada en Arduino, sensores y transmisión de datos mediante Lora (LPWAN) e Internet. En este documento se detallan y explican los puntos que fueron tenidos en cuenta para la toma de decisiones, así como el detalle técnico del software y hardware utilizado. Se contempló la transmisión de distintas variables, incluyendo las coordenadas (obtenidas por GPS), si el contenedor se está incendiando (mediante un sensor de temperatura), y el nivel de llenado (mediante un sensor de ultrasonido). La información generada por cada contenedor (“nodo”) es enviada a un punto central del sistema (“Gateway”) y este último lo envía a un servidor de aplicaciones para su análisis y toma de decisiones. (Horowitz & Mayobre, 2018)

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Actualmente en nuestro país no existe documentación referente a un diseño de un contenedor ecológico inteligente, pero sí del uso de la tecnología para mejorar la gestión de residuos sólidos urbanos, por ejemplo:

En la presente tesis se parte del problema observado que es la acumulación de basura principalmente en la Carretera Panamericana, en los pueblos jóvenes, y en algunas calles del distrito. Esto se debe a los malos hábitos de la población, la cual arroja los residuos en las calles, espacios públicos, en la carretera, y en las orillas de los ríos, sin esperar que pase el camión recolector. (RUIZ LIZA & VIDAL URDIALES, 2017)

Sin embargo, ya se están realizando pilotos en la capital, siendo pionera la Municipalidad de San Isidro con apoyo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

El objetivo principal de esta colaboración entre municipalidad y centro de investigación universitaria es el de promover la implementación de IoT y smart cities que puedan reutilizarse en empresas y otros territorios. Hoy en el mercado existe una amplia oferta de sensores y hardware de captura de información, pero ¿cómo los conectamos a las plataformas de procesamiento. Una alternativa es utilizar el Wi-Fi, pero en el Perú no existe una cobertura extendida que soporte esta transmisión. Aún si fuese así, esta red está sujeta a cortes de diversos orígenes (muy frecuentes en nuestro país) lo cual dejaría la infraestructura fuera de servicio.

La opción de la red móvil tiene igualmente sus limitaciones: Por un lado, GPRS y EDGE (2G) con muy poca capacidad para datos, y por el otro 3G/4G que tienen un alto costo, tanto de conexión como de implementación. Entonces surge la tecnología LPWAN (Low Power Wide Area Network) que a diferencia de las demás está especialmente diseñada para soportar una red de sensores inalámbricos. Aunque también tiene sus desventajas, resulta la tecnología más eficiente en este momento. (VÁSQUEZ, 2018)

Aunque sea el primer piloto, la región de Piura tiene más desarrollado debido a que existe una Alianza Estratégica entre una compañía de telecomunicaciones y la municipalidad:

Dos gigantes del mundo empresarial como es Telefónica y la República de Corea se unieron al proyecto de convertir a Piura en una Smart City o ciudad inteligente. En tal sentido, el alcalde provincial Juan José Díaz Dios y Gonzalo Enrique Tovar Ordaz, representante legal de Telefónica del Perú, firmaron en la víspera un acta de intención con el cual se da el primer paso para concretizar Smart City Piura. En diálogo con la prensa, Díaz Dios explicó que Piura se convertirá en la primera ciudad

inteligente del Perú y, probablemente, la Smart City modelo de Sudamérica. Obra que ha sido estimada por técnicos coreanos en 26 millones de soles y que, dividida en varios componentes, será ejecutada en la modalidad de obras por impuestos o por los incentivos de la caja municipal de Piura. “Nosotros tenemos como meta para estos proyectos importantes, llámese el malecón o la Smart City, el Bicentenario. Queremos en el Bicentenario que estos componentes de los que hemos hablado, por lo menos uno esté completo y funcionando. De manera que podamos demostrar que estos sueños sí se pueden hacer realidad”, precisó Díaz. (Municipalidad Provincial de Piura, 2019)

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Contenedor Ecológico Inteligente

2.2.1.1 Definición de Contenedor Inteligente

Según la patente sobre contenedor ecológico inteligente (United States Patente nº US 2016O176630A1, 2016) lo define como un contenedor (por ejemplo, un contenedor de basura o un contenedor de eliminación de documentos) incluye un sensor para detectar una cantidad indicativa de cantidad de artículos depositados en el contenedor y un local controlador capaz de comunicación inalámbrica.

2.2.1.2 Importancia de un Contenedor Ecológico Inteligente

Lo más importante de un contenedor según el autor es que:

Pueden facilitar la eficiencia de la recolección en las ciudades debido a que los contenedores ordinarios no cuentan con un sistema que informe el estado del contenedor, además los niveles de basura siguen

aumentando al igual que los costes de su recogida alrededor de 205 millones de dólares en 2010. Para el 2025 se estima que la cifra incrementará a 375 millones de dólares, por lo cual algunos países han implementado contenedores inteligentes que detectan los niveles de basura de llenado e informan cuando se debe vaciarlos analizando la mejor ruta para su recolección. (NAVARRO MASÍAS, 2018)

2.2.2 Residuos sólidos urbanos

Son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final. (Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314 , 2016)

2.2.2.1 Situación actual de los residuos sólidos urbanos

2.2.2.2 Gestión de residuos

Según, (Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314 , 2016, pág. 90) “Es toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos de ámbito nacional, regional y local”.

2.2.2.3 Cantidad de residuos sólidos urbanos en Lima

Para poder determinar la cantidad de residuos sólidos generados se recurrió al INEI, en la tabla 1, se puede apreciar en toneladas por distrito.

Tabla 1.
Residuos Sólidos Domiciliarios Generados en La Provincia de Lima según Distrito

Distrito	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total	2 164 669	2 504 234	2.617.529	2 664 798	2 503 586	2 649 634	2 759 701	2 828 128	2 924 779	164 584
Ancón 1/	13 917	11 401	12 091	12 451	6 485	6 747	9 922	10 319	10 728	151
Ate	127 369	161 453	171 185	176 699	125 757	146 000	152 227	182 500	204 400	212 864
Barranco 1/	20 354	14 258	13 898	13 614	13 969	13 822	20 219	19 999	19 775	240
Breña 1/	26 293	32 295	31 805	31 345	32 486	37 313	37 143	36 978	36 773	602
Carabayllo 1/	35 492	40 063	43 302	45 092	47 034	78 023	82 060	86 284	90 692	280
Chaclacayo 1/	7 004	6 638	7 279	7 295	7 142	7 230	7 319	8 520	8 622	723
Chorrillos 1/	55 373	60 345	78 204	79 124	82 458	78 467	80 189	80 086	81 797	508
Cieneguilla 1/	2 977	4 717	5 346	5 727	7 084	7 667	7 685	8 315	8 995	765
Comas	150 637	148 115	150 774	168 378	155 462	153 123	155 444	157 763	160 063	162 323
El Agustino	44 404	129 283	131 160	131 565	132 844	134 608	136 379	95 933	97 140	319
Independencia	59 417	52 240	52 808	52 808	54 165	68 852	69 599	70 344	71 083	235
Jesús María	24 596	26 586	27 783	27 813	26 645	28 201	28 513	29 534	29 861	492
La Molina	52 071	56 221	59 595	61 347	65 463	65 531	62 719	64 883	67 420	025
La Victoria	109 280	102 761	100 339	98 389	102 169	128 232	126 997	125 742	136 875	143 938
Lima	177 573	177 685	174 196	171 216	197 828	197 338	222 975	230 065	244 148	238 335
Lince 1/	25 039	19 831	21 563	21 198	21 171	22 801	22 640	25 456	25 261	645
Los Olivos	82 938	93 179	96 521	98 017	95 569	88 647	101 255	103 730	111 487	114 235
Lurigancho 1/	25 104	31 797	33 688	34 670	22 684	22 717	23 613	34 200	35 529	893
Lurín 1/	15 336	18 434	19 725	20 419	22 197	25 399	25 780	26 949	28 161	415
Magdalena del Mar	17 665	17 156	17 777	19 785	19 613	25 108	28 226	28 616	28 950	288
Miraflores	42 763	44 718	50 127	49 649	51 008	46 537	55 142	55 151	55 140	062
Pachacámac	8 227	15 934	18 363	19 862	11 012	12 031	13 143	15 918	17 377	960
Pucusana	635	1 717	1 907	2 018	1 956	2 091	4 490	4 547	4 857	749
Pueblo Libre	27 199	27 570	28 146	28 042	31 801	32 003	32 204	32 501	32 695	214
Puente Piedra	50 894	49 998	63 404	66 601	56 007	59 426	63 044	59 276	62 842	440
Punta Hermosa	1 815	1 783	1 898	1 958	875	839	1 383	1 441	1 501	563
Punta Negra	537	476	521	547	539	571	659	698	740	783
Rímac	55 804	66 812	65 940	65 072	66 414	60 554	62 966	64 620	64 369	176
San Bartolo	419	1 528	1 627	1 680	1 728	1 802	1 879	1 933	2 015	931
San Borja 1	36 548	35 905	36 938	36 978	37 123	38 007	34 890	35 179	38 567	232

San Isidro	45 242	49 049	48 388	47 734	45 265	46 617	49 471	52 859	52 635	53
San Juan de Lurigancho	191	327		348	212	238	246	259	267	483
San Juan de Miraflores	831	241	340 792	065	687	928	504	820	889	418
	89 966	80 341	85 869	86 675	89 633	95 308	97 170	99 044	921	102
										788
										24
San Luis	22 124	21 130	21 459	19 239	21 923	21 204	21 451	23 758	24 027	297
San Martín de Porres	167	152		161	153	158	156	161	166	208
	921	336	158 459	725	300	066	950	773	680	966
										75
San Miguel	35 863	37 086	42 223	42 266	56 575	58 374	59 527	60 164	60 829	497
										78
Santa Anita	55 067	66 549	69 828	71 453	75 282	72 158	74 578	73 651	75 683	489
Santa María del Mar										
	419	466	556	610	571	609	675	748	828	917
										3
Santa Rosa	1 474	1 351	1 523	1 626	2 019	2 178	2 746	2 962	3 195	445
Santiago de Surco		126		133	136	143	147	152	144	172
	99 435	141	131 207	560	537	926	978	107	306	743
										39
Surquillo	31 254	27 491	28 256	28 159	28 168	32 179	32 392	38 744	38 993	237
Villa El Salvador						100	107	110	114	117
	60 243	83 149	86 863	88 653	97 918	952	624	918	273	678
Villa María del Triunfo										99
	66 150	81 005	84 196	85 674	87 020	89 448	91 931	94 100	96 657	240

Nota. (INEI, 2018)

2.2.3 Tecnología de referencia

2.2.3.1 Arduino UNO

Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles. Logra obtener información del entorno mediante sus entradas empleando una variedad de sensores, para luego tener el control de salidas.

Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador (por ejemplo, con Flash, Processing, MaxMSP, etc.). Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas a tus necesidades. (PEÑA MILLAHUALI, 2017).



*Figura 5. Arduino UNO
Fuente: Peña Millahuali*

2.2.3.2 Características de Arduino

Este dispositivo es muy comercializado y utilizado en prototipos de diseños electrónicos por sus diversas características, así mismo es sencillo manejar su lenguaje de programación.

Precio Accesible

Su bajo costo es una de las principales particularidades, al compararlo con otras plataformas microcontroladoras.

Multiplataforma

El paquete de software que acompaña a Arduino puede ser ejecutado en sistemas operativos Windows, Mac OSX y GNU/Linux.

Entorno De Programación

El entorno de programación es fácil de usar y aprender, sin embargo, es flexible por lo que puede ser usado por usuarios avanzados.

Software Abierto

El software de Arduino está publicado como código abierto, por eso puede ser modificado y extendido por quien lo desee.

Hardware Abierto

Es posible crear versiones propias de los módulos, para extenderlos y mejorarlos.

2.2.3.3 Lora Shield para Arduino (Dragino Lora Shield)

Lora Shield es un transceptor de largo alcance en un factor de forma de escudo Arduino y basado en una biblioteca de código abierto. El Shield permite al usuario enviar datos y alcanzar rangos extremadamente largos a bajas velocidades de transmisión de

datos. Proporciona comunicación de espectro extendido de rango ultra largo y alta inmunidad a interferencias mientras se minimiza el consumo de corriente. Lora Shield se basa en el chip Semtech SX1276 / SX1278, se dirige a aplicaciones de red de sensores inalámbricos profesionales, como sistemas de riego, medición inteligente, ciudades inteligentes, detección de teléfonos inteligentes, automatización de edificios. (Dragino, 2019)



Figura 6. Dragino. (Dragino, 2019)

2.2.3.4 Arduino Pro-Gateway para Lora

Arduino Pro-Gateway Lora® Connectivity es la puerta de entrada al mundo de Lora®. Descubra las infinitas posibilidades de la puerta de enlace y la plataforma Arduino Create. Arquitectura del Gateway:

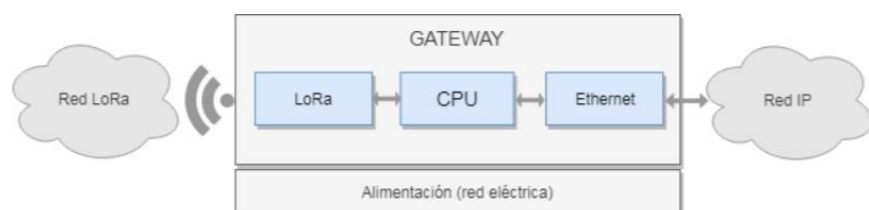


Figura 7. Arquitectura Gateway. (Horowitz & Mayobre, 2018)

Características

La arquitectura del Gateway Dragino LG01-P se basa internamente en 2 “hemisferios” básicos. Uno está de cara a la red Lora y el otro hacia la red IP.

Las características del equipo son las siguientes:

- Hemisferio IP (Linux OpenWRT):
 - Procesador: Atheros AR9331
 - Flash: 16 MB
 - RAM: 64 MB
 - interfaces Ethernet
 - 1 interfaz Wi-Fi 802.11 b/g/n
- Hemisferio Lora (Arduino)
 - Microcontrolador ATmega328P (el mismo utilizado en el nodo)
 - Flash: 32 KB
 - RAM: 2 KB
 - Semtech SX1276 (el mismo utilizado en el nodo) (Horowitz & Mayobre, 2018)

Tabla 2. Características de ArduinoPro Gateway para Lora

Adaptador Lora® Gateway Cape	
Chipset	Semtech SX1301 con dos SX1257
Tensión de funcionamiento	5V
Consumo actual	815mA (Tx @ + 27dBm); 600 mA (Rx)
Modulación	Espectro extendido LoRa®, FSK, GFSK
Frecuencia de operación	868MHz (UE)
Temperatura de funcionamiento	-40 ° C a + 85 ° C
Potencia de salida RF	Hasta + 27dBm
Sensibilidad	Hasta -137dBm
características:	
	Capacidad de escuchar antes de hablar (LBT)
	Antena uFL a bordo
	8 canales LoRa®
	FPGA admite LoRa® Spectral Scan

Nota. Recuperado de (Arduino, 2019)



Figura 8. Arduino Pro Gateway para Lora. (Arduino, 2019)

2.2.3.5 Ultrasonido HC-SR04

Módulo usado para medir distancias relativamente grandes por la tecnología que emplea. Existen varios módulos que utilizan esta técnica, uno de ellos es el HC-SR04, trabaja mediante dos piezoeléctricos, uno que emite el pulso sonoro y otro que escucha, se calcula el tiempo en que el sonido emitido vuelve a ser detectado, y de esta manera se calcula la distancia. (ARANDA, 2014)



Figura 9. Ultrasonido HC-SR04. (ARANDA, 2014)

2.2.3.6 Sensor de flama

Detectar la actividad del fuego (flama) es muy importante como una medida de seguridad; en algunos casos necesitamos alertar si existe fuego (incendio) o en otros casos, como en un sistema de calefacción por fuego, si la llama está trabajando.

Este módulo sensor de flama YG1006 nos permite detectar la presencia de fuego, esto gracias al fototransistor

NPN YG1006 que es sensible a la luz infrarroja (760-1100nm) y que en presencia de fuego se polariza y permite el paso de corriente. La corriente pasa por una resistencia y genera una caída de voltaje, este voltaje es entregado en la salida analógica y sirve como entrada del opamp comparador que entrega una salida digital. El nivel de sensibilidad es regulable mediante un potenciómetro. (Naylamp Mechatronics, 2019)



Figura 10. Sensor de flama YG1006. (Naylamp Mechatronics, 2019)

2.2.3.7 Productos Similares

BigBelly

El SC5.5 de Bigbelly es una estación de desechos inteligente con detección de plenitud que es todo menos estándar. Este modelo sin compactación tiene una capacidad real de 2-3X de un contenedor tradicional, y está equipado con sensores que monitorean e informan los niveles de plenitud y la actividad de recolección. Funciona con baterías para comunicar su estado en tiempo real. El SC5.5 tiene una opción de tolva cerrada para la contención total de residuos. Este modelo mantiene la integridad duradera, de alta calidad y diseño de todas las estaciones inteligentes BigBelly, y se puede personalizar en función de la corriente de residuos, las opciones y los accesorios. (Big Belly, s.f.)



Figura 11. Smart Garbaré BigBelly (Big Belly, s.f.)

SmartBin

La solución de Monitoreo Inteligente de Smartbin permite a las empresas de gestión de residuos y reciclaje optimizar sus operaciones de recolección y maximizar el uso de recursos valiosos. Hacemos esto mediante la implementación de sensores de depósito ultrasónicos inalámbricos SmartBin en una amplia gama de contenedores, y utilizando la inteligencia de datos para impulsar eficiencias operativas, incluidas rutas optimizadas, seguimiento de activos y análisis de costos. Los sensores SmartBin aprovechan lo último en IoT y tecnologías de red celular. (SmartBin, 2019).



Figura 12. Sensor SmartBin. (SmartBin, 2019)

2.2.4 Alternativas de comunicación

2.2.4.1 LPWAN

El término LPWAN proviene del inglés, “Low-Power Wide-Area Network”. Es un tipo de transmisión inalámbrica para redes amplias con bajo consumo de potencia y baja tasa de transferencia. Las redes LPWAN pueden ser públicas o privadas, en el primer caso el propietario de los transmisores también tiene que contemplar la instalación de los gateways, en el segundo caso, un proveedor es el que se encarga de toda la infraestructura de los Gateway para la transmisión de datos ofreciéndolo como servicio. Actualmente existen diversas tecnologías dentro de LPWAN, siendo las principales: Sigfox, LoraWan y NarrowBand IoT. (AÑO MENDOZA, 2018).

2.2.4.2 LoRa

La especificación abierta Lora WAN es un protocolo de red de área amplia (LPWAN) de baja potencia basado en la tecnología Lora. Diseñado para conectar de forma inalámbrica cosas que funcionan con baterías a Internet en redes regionales, nacionales o globales, el protocolo Lora WAN aprovecha el espectro de radio sin licencia en la banda Industrial, Científica y Médica (ISM). La especificación define el dispositivo a la infraestructura de los parámetros de la capa física Lora y el protocolo Lora WAN, y proporciona una interoperabilidad perfecta entre dispositivos. (SEMTECH , 2019).

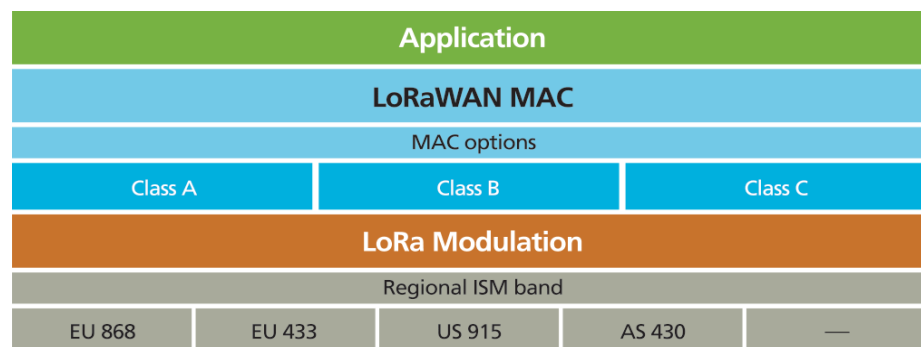


Figura 13. Capas Lora. (SEMTECH, 2019)

2.2.4.3 Características de Lora

Algunas de las características de Lora:

- **De largo alcance**
Conecta dispositivos de hasta 30 millas de distancia en áreas rurales y penetra en densos ambientes urbanos o interiores profundos
- **Baja potencia**
Requiere energía mínima, con una vida útil prolongada de la batería de hasta 10 años, lo que minimiza los costos de reemplazo de la batería
- **Seguro**
Cuenta con encriptación AES128 de extremo a extremo, autenticación mutua, protección de integridad y confidencialidad.
- **Estandarizado**
Ofrece interoperabilidad de dispositivos y disponibilidad global de redes Lora WAN para una rápida implementación de aplicaciones IoT en cualquier lugar.
- **Geolocalización**
Permite aplicaciones de rastreo sin GPS, ofreciendo beneficios únicos de baja potencia que otras tecnologías no han tocado.
- **Móvil**
Mantiene la comunicación con dispositivos en movimiento sin afectar el consumo de energía.

- **Alta capacidad**

Admite millones de mensajes por estación base, satisfaciendo las necesidades de los operadores de redes públicas que atienden a grandes mercados.

- **Bajo costo**

Reduce la inversión en infraestructura, los gastos de reemplazo de la batería y, en última instancia, los gastos operativos.

(SEMTECH , 2019)

2.2.4.4 Lora WAN

Lora (abreviatura de largo alcance) es una técnica de modulación de espectro extendido derivada de la tecnología de espectro extendido de chirp (CSS). Los dispositivos Lora de Semtech y la tecnología de radiofrecuencia inalámbrica (Lora Technology) es una plataforma inalámbrica de largo alcance y baja potencia que se ha convertido en la tecnología de facto para las redes de Internet de las cosas (IoT) en todo el mundo. La tecnología Lora y el protocolo abierto Lora WAN® permiten aplicaciones de IoT inteligentes que resuelven algunos de los mayores desafíos que enfrenta nuestro planeta: gestión de energía, reducción de recursos naturales, control de contaminación, eficiencia de infraestructura, prevención de desastres y más. La tecnología Lora de Semtech ha acumulado varios cientos de casos de usos conocidos para ciudades inteligentes, hogares y edificios inteligentes, agricultura inteligente, medición inteligente, cadena de suministro inteligente y logística, y más. (SEMTECH , 2019).

2.2.5 Villa el Salvador y los residuos sólidos

Villa El Salvador es un distrito litoral de los 43 que compone la Provincia de Lima, se encuentra ubicado a 25 km al sur de la capital del Perú, en la costa central se ubica, se ubica entre los paralelos 12°12'34" latitud Sur y los 76°56'08" de longitud Oeste y a 175 m.s.n.m de altitud. Tiene como límites: Norte con el Distrito de Villa María del Triunfo; Sur con el Distrito de Lurín; este: Distrito de Pachacamac; Oeste: Distrito de Chorrillos y Océano Pacífico. La Población total del Distrito según los resultados del INEI en el XI Censo Nacional de la Población y VI de viviendas del año 2017, la población total es de 381 790 habitantes, compuesto por 189 495 (49.63% varones) y 192 295 (50.37% mujeres) La situación actual del manejo de residuos sólidos, según la ordenanza N° 348 – MVES, se aprueba el Plan de Manejo de Residuos Sólidos de Villa El Salvador 2016-2017. La Generación Municipal, es de 0.632 kg./hab./día. (MEZA ESCOBAR, 2017)

Contaminación por residuos Sólidos

Según la (Municipalidad de Villa el Salvador, 2017): “Generada por la presencia de puntos críticos, manejo inadecuado de los residuos peligrosos del Parque Industrial, de los residuos hospitalarios y de los residuos sólidos de construcción.

La recuperación y tratamiento de residuos sólidos, en el distrito no se realiza tratamiento de residuos sólidos y en el caso de recuperación se realiza reaprovechamiento a través del Programa Municipal de Segregación en la Fuente y Recolección de Residuos sólidos “PROGRESEVES”, que se realiza en la vivienda y el mercado. El reciclaje inicio en el 2004 en el distrito de Villa El Salvador como proyecto piloto hasta el 2013 que se creó y reestructuro técnicamente como programa Municipal de Recolección Selectiva de Residuos Sólidos y Formalización de recicladores “PROGRESEVES”, ejecutado a la fecha por la Gerencia de Servicios Municipales y Gestión Ambiental. (MEZA ESCOBAR, 2017)

2.2.6 Composición física de los residuos sólidos domiciliarios

Se toma como referencia el estudio de (MELGAREJO QUIJANDRÍA, 2018), en la siguiente tabla se muestra por porcentajes, la composición física de los residuos sólidos domiciliarios:

Tabla 3. Composición física de los residuos sólidos en VES.

Tipo de residuos sólidos	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria									Composición porcentual %
	Domingo 22/03/2017	Lunes 23/03/2017	Martes 24/03/2017	Miércoles 25/03/2017	Jueves 26/03/2017	Viernes 27/03/2017	Sábado 28/03/2017	Domingo 29/03/2017	Total	
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
1. Restos de comida (1) excepto huesos	0	65.5	73.8	91.4	69.9	70.6	68.5	68.2	507.9	29.88
2. Huesos	0	4.6	5.5	7.2	5.6	5.2	5.7	4.9	38.7	2.28
3. Restos de jardín (2)	0	2.9	6.4	14.3	3.6	13.2	8.7	3.6	52.7	3.10
4. Restos de servicios higiénicos (3)	0	17.6	20.4	19.4	16.6	17.9	21.2	16.2	129.3	7.61
5. Papel blanco tipo bond	0	3.9	4.7	6.1	5.1	4.9	5.6	4.7	35	2.06
6. Papel periódico	0	13.4	15.2	14.2	12.8	13.3	16.7	15.3	100.9	5.94
7. Papel de envoltura	0	1.8	3.7	5.2	3.9	2.9	3.6	2.2	23.3	1.37
8. Cartón	0	6.9	10.3	13.2	7.9	12.3	10.3	7.7	68.6	4.04
9. Botellas plásticas transparentes	0	7.8	9.7	10.2	7.8	10.5	8.5	8.5	63	3.71
10. Envases plásticos	0	4.8	6.5	7.2	5.8	6.5	5.4	5.8	42	2.47
11. Bolsas plásticas	0	2.8	4.2	4.8	3.9	4.6	3.5	3.7	27.5	1.62
12. Plásticos en general	0	4.1	4.95	5.6	4.8	5.55	4.3	4.8	34.1	2.01
13. Tecnopor y similares	0	2.3	4.1	4.6	3.2	3.3	2.8	2.2	22.5	1.32
14. Jebe y artículos de jebe.	0	2.1	4.8	6.3	3.7	5.6	5.8	4.3	32.6	1.92
15. Botellas y envases de vidrio	0	3.8	6.8	10.3	7.6	10.2	8.3	5.7	52.7	3.10
16. Tetrapack	0	3.7	3.3	3.8	3.3	4.6	3.2	4.2	26.1	1.54
17. Vidrio en general	0	4.8	8.2	9.8	6.6	9.2	7.7	7.2	53.5	3.15
18. Latas y tapas de lata	0	2.8	3.7	3.6	2.3	3.4	3.9	1.3	21	1.24
19. Metales	0	3.4	4.6	8.2	2.5	8.4	6.4	2.3	35.8	2.11
20. Pilas	0	0.9	1.1	0.8	0.9	0.7	1.2	0.8	6.4	0.38
21. Madera y aserrín	0	2.4	2.4	7.3	3.4	4.1	5.1	2.5	27.2	1.60
22. Cuero	0	1.95	3.55	4.65	2.9	3.9	3.6	0.95	21.5	1.26
23. Telas, textiles	0	2.4	3.2	3.7	3.5	3.7	2.25	2.25	21	1.24
24. Cobre	0	0.7	0	1.3	1	1.3	2.3	0.9	7.5	0.44
25. Mixto	0	5.8	4.4	4.2	4.9	5.3	7.6	7.6	39.8	2.34
24. Material inerte	0	2.75	3.7	4.25	3.45	8.3	6.9	5.7	35.05	2.06
25. Otros:	0	20.8	27.2	28.4	23.5	27.4	22.5	24.6	174.4	10.26

Nota. (MELGAREJO QUIJANDRÍA, 2018)

2.3 Definición de Términos Básicos

Gateways	Puerta de enlace. Dispositivo que recibe los mensajes de múltiples nodos y los envía al servidor de aplicación a través de una red IP
GPRS	General Packet Radio Service (Servicio general de paquetes de radio)
IOT	Internet Of Things (Internet de las cosas)
LPWAN	Low Power Wide Area Network
MUNVES	Municipalidad de Villa el Salvador

NODO	Conjunto de componentes que tienen la capacidad de medir variables en un contenedor de residuos y transmitirlos de manera inalámbrica.
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
GRSU	Gestión de Residuos Sólidos Urbanos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SMART CITIES	Ciudad Inteligente
VES	Villa El Salvador
PROGRESEVES	Programa Municipal de Segregación en la Fuente y Recolección de Residuos sólidos

CAPÍTULO III: DISEÑO DE CONTENEDOR ECOLÓGICO INTELIGENTE PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR

En la actualidad en el distrito de Villa el Salvador no cuenta con contenedores para la disposición de residuos sólidos urbanos (domiciliarios), por lo que las personas acumulan las bolsas en las esquinas, y algunas veces esperan el compactador de basura. Si bien es cierto una solución inmediata podría ser la instalación de contenedores simples (no ecológicos inteligentes), no tendría el mismo impacto en los pobladores de Villa el Salvador, ya que el presente proyecto busca generar conciencia ambiental sobre la importancia del reciclaje. Para poder realizar este análisis se realizó una visita en campo por todo el grupo 19 del sector 1 de Villa el Salvador. Como se puede apreciar en la figura 16 se comprueba lo mencionado líneas arriba.



Figura 14. Ausencia de contenedores. (Elaboración Propia)

Para poder contrastar la información, también se tomó como referencia una imagen de Google Street View del año 2015, mostrado en la figura 17.



Figura 15. Ausencia de Contenedores 2015. (Google, 2019)

Por lo tanto, se concluye que no se cuenta con contenedores y por lo tanto se desconoce el volumen para almacenar temporalmente los residuos.

Distribución de los contenedores en el distrito de VES

La situación es similar con lo analizado anteriormente, debido a que en todo el grupo 19 del sector 1, no se realizó un análisis estratégico en donde ubicar los posibles contenedores, según la cantidad de personas por manzanas. Como se puede apreciar en la figura 18, se muestra la distribución de manzanas cada una con 25 lotes del grupo 19.



Figura 16. Distribución de Manzanas grupo 19. (Elaboración propia)

3.1 Modelo de solución propuesto

Para realizar la propuesta de diseño del contenedor ecológico inteligente, se realizó un primer análisis de la situación actual del almacenamiento de los residuos sólidos en el grupo residencial 19 del distrito de villa el salvador, y se concluyó que no existen contenedores en el grupo. Debido a este motivo se realizará un cálculo del volumen que debe tener de capacidad el contenedor ecológico inteligente según la cantidad de personas por áreas, también se determinará la ubicación de los contenedores, al realizar un cálculo según la cantidad de personas en las distintas zonas.

Se pretende obtener el nivel de llenado del contenedor, mediante un sensor de nivel, además de poder detectar un incendio a través de un sensor de flama; esta información será procesada por un Arduino UNO, y transmitirá los datos mediante dragino hacia el Gateway. Para esta propuesta se esta respetando la filosofía de internet de las cosas, que es bajo consumo de energía, y bajo costo económico.

3.1.1 Cálculo de volumen de contenedor ecológico inteligente

El cálculo del volumen es necesario, debido a que con ese parámetro se deben definir los elementos del contenedor, como sus características.

En primer lugar, tomamos de referencia la generación per cápita de residuos sólidos urbanos en el distrito de Villa el Salvador analizada por el autor (MELGAREJO QUIJANDRÍA, 2018) , dando como resultado una cantidad de 0.632kg/habitante; esta información contrasta con lo mencionado en la Tabla 1 de las bases teóricas. Para fines de cálculo se redondea a la cantidad de 0.7 kg/habitante.

En segundo lugar, se toma como referencia la cantidad de personas que habitan un vivienda (lote), según el último censo nacional del 2017, realizado por (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática INEI, 2018) es de “El promedio de miembros del hogar fue casi similar en el área urbana (**3,7 personas**) y en el área rural (3,6 personas). Para fines de cálculo se redondea a la cantidad de 4 personas por vivienda.

En tercer lugar se realiza una multiplicación entre la generación per cápita de residuos sólidos urbanos: **0.632kg/habitante** y la cantidad de personas por vivienda, dando como resultado: **2.8kg/vivienda por día**.

En cuarto lugar se debe contar con la cantidad de contenedores que se pretende ubicar estratégicamente según el cálculo realizado en el punto 3.2.2, el cual muestra como resultado **24 contenedores por grupo residencial (12 para residuos no aprovechables, y 12 para residuos aprovechables)**.

En quinto lugar se realiza un estimado por la cantidad de viviendas (lotes), que cubre un contenedor, este cálculo también considera a las viviendas de otros grupos que se encuentran a los

costados, este análisis se realizó en el punto 3.2.2, dando como promedio **4 kg de basura al día**.

En sexto lugar se toma como referencia lo indicado en el estudio de (MELGAREJO QUIJANDRÍA, 2018), donde calcula el volumen de las bolsas con residuos por día, e indica el peso de cada bolsa, es decir aproximadamente:

1 bolsa de polietileno → 4kg de residuos → 140 litros → 0.14 m³

En séptimo lugar, según el número de viviendas establecidos por la zonificación realizada en el punto 3.2.2, nos da un promedio **de 41 viviendas (lotes) por zona**.

En octavo, se realiza una regla de tres simple entre la cantidad de viviendas y el volumen de residuos generados por cada una, dando un total de **5.74 m³**, el cual debe ser la capacidad mínima del contenedor, para temas de diseño se recomienda aproximar a **7 m³**.

En noveno lugar, tomando como referencia lo indicado en el estudio de (MELGAREJO QUIJANDRÍA, 2018), el porcentaje de residuos aprovechables (los que pueden reciclar), es del **25%**. Por lo tanto, podemos inferir que el contenedor destinado para residuos sólidos aprovechables debe contar con un volumen aproximadamente de **1.75 m³**, para temas de diseño se redondea a **2 m³**. En consecuencia, el contenedor de residuos no aprovechables será de **5 m³**. A continuación se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5. Capacidad de contenedores

Contenedor	Volumen (m³)
Aprovechables	2
No Aprovechables	5
Total	7

Nota. Elaboración propia.

En décimo lugar, se especifica las dimensiones del contenedor: altura (h), largo (l) y ancho (a). Según el recorrido en campo realizado, se recomienda que el ancho no debe superar el **1.5 m**, debido a que las bermas centrales abarcan estas medidas, la altura se recomienda que no sobre pase el **1.70m**, y el largo varía según el tipo de contenedor.

Tabla 6. Medidas del contenedor

Contenedor	Volumen recomendado (m3)	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Volumen real (m3)
Aprovechables	2	1,5	1,7	1	2,55
No Aprovechables	5	1,5	1,7	2	5,1
Total	7	-	-	-	7,65

Nota. Elaboración Propia

3.1.2 Cálculo de cantidad y ubicación de contenedores ecológicos inteligentes

Para determinar el cálculo de la cantidad de contenedores, se realizó una zonificación del grupo con el objetivo de reducir en lo posible la distancia entre los contenedores y las personas. En la siguiente figura se muestra la posible ubicación de contenedores (círculo rojo), y la delimitación de las zonas (cuadrantes).

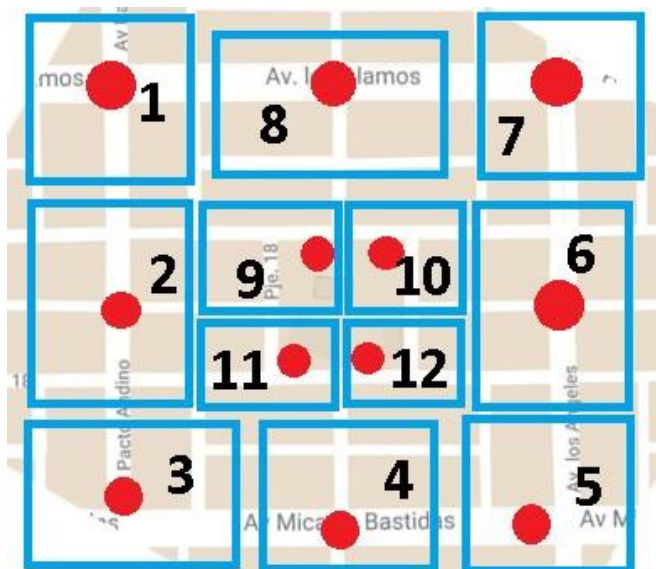


Figura 17. Distribución de los contenedores ecológicos inteligentes.

Nota: Elaboración Propia

Cantidad de lotes por zonas identificadas, lo que genera un promedio de **41 viviendas por contenedor**, en la siguiente tabla se resume:

Tabla 7. Cantidad de lotes por zonas.

Zona	Lotes	Observaciones
1	48	Incluye viviendas de grupos aledaños
2	54	Incluye viviendas de grupos aledaños
3	48	Incluye viviendas de grupos aledaños
4	48	Incluye viviendas de grupos aledaños
5	48	Incluye viviendas de grupos aledaños
6	54	Incluye viviendas de grupos aledaños
7	48	Incluye viviendas de grupos aledaños
8	48	Incluye viviendas de grupos aledaños
9	24	-
10	24	-
11	24	-
12	24	-
Total	492	

Nota. Elaboración Propia

Con el uso de la herramienta de Google StreetView, se define la ubicación de cada contenedor.

Zona 1, ubicación



Figura 18. Zona 1. Elaboración Propia

Zona 2, ubicación



Figura 19. Zona 2. Elaboración Propia

Zona 3, ubicación



Figura 20. Zona 3. Elaboración Propia

Zona 4, ubicación

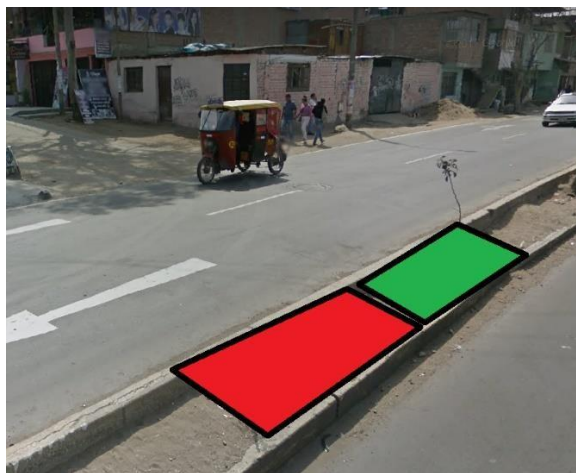


Figura 21. Zona 4. Elaboración Propia.

Zona 5, ubicación



Figura 22. Zona 5. Elaboración Propia

Zona 6, ubicación

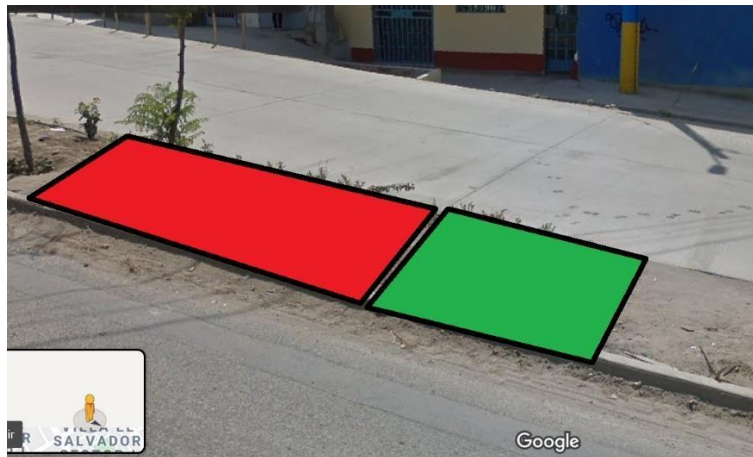


Figura 23. Zona 6. Elaboración Propia

Zona 7, ubicación



Figura 27. Zona 10. Elaboración Propia

Zona 8, ubicación

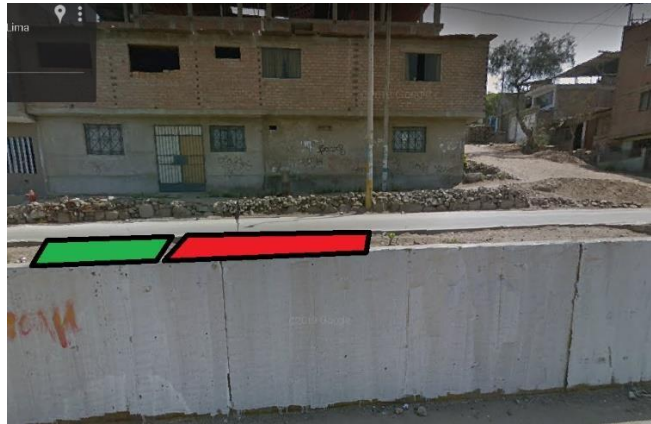


Figura 25. Zona 8. Elaboración Propia

Zona 9, ubicación



Figura 26. Zona 9. Elaboración Propia.

Zona 10, ubicación



Figura 27. Zona 10. Elaboración Propia

Zona 11, ubicación



Figura 28. Zona 11. Elaboración Propia.

Zona 12, ubicación



Figura 29. Zona 12. Elaboración Propia.

3.1.3 Componentes del sistema de un contenedor ecológico inteligente

Se define la siguiente estructura general identificando dos módulos: Nodo y Gateway los cuales son el alcance del proyecto

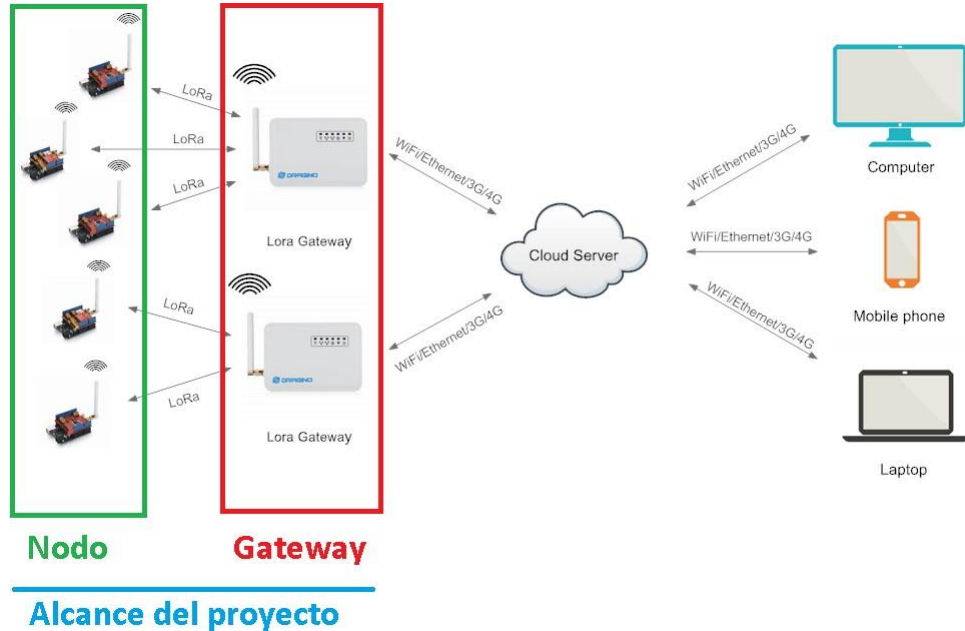


Figura 30. Estructura general del contenedor ecológico inteligente. Adaptado de (Aprendiendo Arduino, 2019)

3.1.3.1 Componentes del nodo

El nodo tiene como función de recepción de los datos emitidos por los sensores de nivel y flama, de ambos contenedores, es decir cada nodo tendrá dos sensores de nivel y dos sensores de flama. A continuación, se adjunta el diagrama de bloques del nodo:

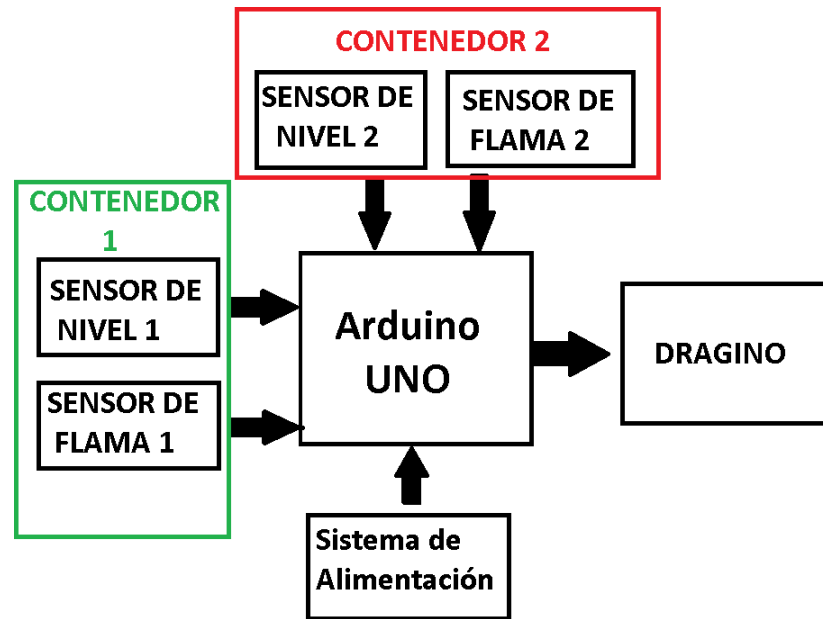


Figura 31. Diagrama de bloques Nodo. Elaboración Propia.

a) Propuesta de diseño físico del contenedor

Se toma como referencia el estudio de (Horowitz & Mayobre, 2018), para establecer el modelo de contenedor tanto para residuos aprovechables, como no aprovechables. En la siguiente figura se puede apreciar lo mencionado.



Figura 32. Propuesta de diseño físico de contenedor. (Horowitz & Mayobre, 2018)

b) Detección de Flama

Con el fin detectar alguna fuente de ignición producto de varios factores, que no se pretende discutir en el presente trabajo, es necesario que estos contenedores cuenten con un sensor que sea capaz de detectar flamas, descartamos la posibilidad que sean sensores de humo debido a que puede conducir a error por los gases que puedan liberar ciertos residuos. Por lo tanto, se consideró utilizar el sensor de flama YG1006, debido a su bajo consumo de energía, y bajo costo.

c) Detección de nivel

La variable más importante para medir es la de nivel. En base a estudios anteriores, y a proyectos similares utilizan el sensor ultrasonido HC-SR04, por sus características, y en esta ocasión se elige debido a que cumple con las dimensiones del contenedor (altura: 1.70m), ya que el sensor mide una distancia de hasta 4.5m, y se caracteriza por su bajo consumo energético.

d) Procesamiento

Se definió utilizar la plataforma de desarrollo Arduino, debido a las características mencionadas en las bases teóricas, y debido a que puede integrar los dos sensores por contenedor.

e) Transmisor de datos desde el contenedor al Gateway

Se optó por el shield de Arduino, el adaptador Dragino, debido a las características mencionadas en las bases teóricas.

3.1.3.2. Componentes del Gateway

El Gateway estará ubicado en una zona estratégica (la ubicación exacta no está considerado en este proyecto, pero se recomienda que se ubique en el parque central de los grupos, debido a que existe línea de vista entre los nodos. Para este

proyecto se opta por ARDUINO PRO-GATEWAY PARA LORA, sin embargo, queda a expectativa que OSIPTEL indique la frecuencia que utilizará la empresa SEMTECH para la designación de su frecuencia a utilizar.

3.1.4 Transmisión de datos entre el gateway y el contenedor ecológico inteligente.

LORA, permite realizar dos tipos de topologías punto a punto, y de red (estrella), debido a la cantidad de nodos (12), es necesario que se utilice el modelo de red LORAWAN. El Gateway cuya función será la de recibir los mensajes de los nodos, adecuarlos y transmitirlos vía IP al servidor de aplicaciones, pero no es alcance de este proyecto. Debido a que se necesita el hardware para realizar la prueba de transmisión, lo cual no fue posible realizar las adquisiciones de los componentes por temas del tiempo reducido, por tal motivo se citará el siguiente trabajo, y se tomará como referencia debido a la similitud de la tecnología utilizada (Lora WAN).

Simulación Teórica en base al estudio de Triana & Rodríguez

En el caso de simulación de comunicación entre el nodo y Gateway, me basaré en el trabajo de Triana & Rodríguez. Ello debido a que no cuento con el hardware para realizar las pruebas con el Arduino IDE. Siendo la única forma de obtener datos al implementar el proyecto presentado.

Cuando se realiza la sincronización y transmisión de los datos correctamente, en el código se observa una réplica que realiza el nodo hacia el Gateway indicando que el dato del nodo que se identificó hacia el Gateway llegó conforme se esperaba con su respectivo byte de sincronización; en la figura se observa el código implementado. (TRIANA & RODRÍGUEZ, 2018)

```

if(buf[0] == 1 & buf[1] == 1 & buf[2] ==1) // 1
{
  pinMode(4, OUTPUT);
  digitalWrite(4, HIGH);
  Serial.print("got reply: "); //print reply
  Serial.println((char*)buf);

  delay(400);
  digitalWrite(4, LOW);
  //Serial.print("RSSI: "); // print RSSI
  //Serial.println(rf95.lastRssi(), DEC);
}

```

Figura 33. Réplica de Trama de Datos. (TRIANA & RODRÍGUEZ, 2018)

```

else
{
  Serial.println("recv failed");//
  rf95.send(sendBuf, strlen((char*)sendBuf)); //resend
}
}
else
{
  Serial.println("No reply, is rf95_server running?");//
  rf95.send(sendBuf, strlen((char*)sendBuf)); //resend da
}
delay(5000); // Send sensor data every 30 seconds

```

Figura 34. Error de trama de comunicaciones. (TRIANA & RODRÍGUEZ, 2018)

Se realizaron las pruebas necesarias de distancia entre cada nodo y el Gateway, realizando una topología en estrella donde cada nodo envía información aproximada en un minuto y medio (90 sg). Fueron implementados en un cultivo agrícola en el municipio de Sibaté (Cundinamarca), donde el cultivo cuenta con una extensión de tres kilómetros de área aproximada. Los puntos que se tuvieron en cuenta fue distancia en línea de vista, y en no línea de vista. Debido a que en el terreno siempre se obtuvo

comunicación entre los nodos y el Gateway en línea de vista con la distancia máxima de 3 kilómetros, se decidió implementar el prototipo en la ciudad de Bogotá para conocer los máximos valores que puede llegar a alcanzar esta tecnología con respecto a la distancia. Cada nodo cuenta con un sistema agrícola en “materas” en la cual se pueden obtener los mismos parámetros de variables físicas, esto para determinar la prueba máxima de distancia en línea de vista y, teniendo en cuenta factores como edificios, puentes entre otros, en la tabla 11 se observan los valores de distancia máxima empleados en línea de vista en ambiente urbano. (TRIANA & RODRÍGUEZ, 2018)

Distancia (m)	Paquetes totales	% paquetes perdidos	RSSI medio (dBm)
100	100	0	-27.72
1000	100	0	-45.51
1500	100	1	-44.09
2000	100	1	-75..80
3000	100	1	-80.6
4000	100	2	-94.6
5000	100	12	-90.61
6000	100	14	-90.75
7000	100	15	-90.80
8000	100	16	-90.99
9000	100	16	-90.1
9500	100	20	-90.15

Figura 35. Pruebas de distancia máxima. (TRIANA & RODRÍGUEZ, 2018)

Por lo cual a partir de los 5000 metros el dispositivo empieza a tener pérdidas de información ya que presenta dificultades en la señal debido a los entes externos que la rodean a ella, es por eso que el dispositivo aplica en rangos óptimos de 10 metros hasta los 4900 metros, lo que conlleva a que sea una tecnología de largo alcance con bajo consumo energético. (TRIANA & RODRÍGUEZ, 2018)

3.1.5 Presupuesto

Tabla 8. Presupuesto del proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Soles peruanos)	PRECIO TOTAL (Soles peruanos)
Sensores de los contenedores de residuos				
1	Detector de flama	24	S/5,00	S/120,00
2	Sensor ultrasonido	24	S/8,00	S/192,00
Nodo (unión de dos contenedores)				
3	Arduino Uno	12	S/40,00	S/480,00
4	Dragino	12	S/40,00	S/480,00
5	Panel Solar	12	S/50,00	S/600,00
6	Baterías y conector	12	S/10,00	S/120,00
Gateway				
7	Arduino ProGateway	1	S/350,00	S/350,00
Otros materiales				
8	Cables de conexión	100	S/0,10	S/10,00
Total				S/2.352,00

Nota. Elaboración Propia

3.2. Resultados esperados

- Se logró realizar el diseño del contenedor ecológico inteligente que mejorará la gestión de residuos sólidos urbanos en el distrito de Villa el Salvador.
- Se logró calcular el volumen que debe tener el contenedor ecológico inteligente según la cantidad de personas en un grupo residencial de Villa el Salvador.
- Se logró calcular la cantidad de contenedores ecológicos inteligentes que se propone distribuir según la cantidad de personas en un grupo residencial de Villa el Salvador.
- Se logró definir los componentes del sistema del contenedor ecológico inteligente.
- Se logró definir el medio de transmisión de datos entre el contenedor ecológico inteligente, y el Gateway.

CONCLUSIONES

- La presente propuesta de diseño de contenedor ecológico inteligente es una alternativa de solución para mejorar la gestión de residuos sólidos en el distrito de Villa el Salvador, en temas económicos, sociales y ambientales.
- Según lo calculado, los volúmenes de los contenedores ecológicos inteligentes teniendo en cuenta la cantidad de personas por zonas del grupo 19 del distrito de Villa el Salvador son: 2 metros cúbicos para residuos aprovechables, y 5 metros cúbicos para residuos no aprovechables.
- Según lo calculado, son 12 zonas propuestas para la ubicación de los contenedores ecológicos inteligentes, estratégicamente destinados según la cantidad de personas; cada zona tendrá dos contenedores (residuos aprovechables y no aprovechables), siendo un total de 24 contenedores en el grupo residencial 19 del distrito de Villa el Salvador, incluyendo algunas viviendas de grupos aledaños.
- Se definió los componentes seleccionándolos, bajo el enfoque de la filosofía del internet de las cosas (bajo consumo de energía, y bajo costo económico). Los elementos del nodo, que incluye los dos contenedores por zona, incluyen: dos sensores de nivel HCR04, dos sensores de flama YG1006, un procesador Arduino UNO, y para transmitir los datos entre el nodo y el Gateway el componente seleccionado es Dragino (shield de Lora para Arduino), con el fin de realizar una transmisión de datos mediante LPWAN. Para el Gateway se seleccionó, el Arduino PRO-GATEWAY.
- Se comprueba teóricamente que la transmisión de datos entre el nodo y el Gateway, es posible según la prueba realizada por el autor mencionado, y es análogo a nuestro trabajo.

RECOMENDACIONES

- Para realizar el cálculo de la cantidad de contenedores y ubicación en cada grupo del distrito de Villa el Salvador, es necesario realizar previamente un análisis técnico de la zona para identificar obstáculos en las zonas elegidas desde el Google StreetView.
- En la etapa de montaje del contenedor ecológico inteligente, se recomienda que el contenedor pueda estar 50 centímetros debajo de la superficie, con el objetivo de reducir la altura visible del contenedor, y permitir a las personas segregar con mayor facilidad los residuos.
- En la etapa de adquisición de los dispositivos del contenedor, se recomienda que tengan protección contra el polvo y humedad.
- Debido a que no está incluido en el proyecto la etapa de diseño mecánico del ecológico inteligente, se recomienda en función de las características técnicas de los sensores, que los dispositivos de ultrasonido y flama se ubiquen en la parte superior del contenedor, para evitar lecturas erróneas.

BIBLIOGRAFÍA

- AÑO MENDOZA, E. A. (2018). *Monitoreo de variables ambientales para prevenir incendios forestales*. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Aprendiendo Arduino. (01 de 11 de 2019). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de <https://www.aprendiendoarduino.com/tag/mkrwan1300/>
- ARANDA, D. (2014). *Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry Pi*. Red Users.
- Arduino. (01 de 11 de 2019). *Arduino Pro*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-pro-gateway>
- Big Belly. (s.f.). *Big Belly*. Obtenido de <https://bigbelly.com/>
- Dragino. (01 de 11 de 2019). *Dragino*. Obtenido de <https://www.dragino.com/products/module/item/102-lora-shield.html>
- Google. (01 de 11 de 2019). *Google Maps*. Obtenido de https://www.google.com/maps/@-12.1995532,-76.9504246,3a,75y,11.69h,87.71t/data=!3m6!1e1!3m4!1sGMJdNRH_PsBUdiyBuC4TWw!2e0!7i13312!8i6656
- Google Maps. (2019 de Octubre de 16). *Mapa de Villa el Salvador*. Obtenido de Google Maps: <https://goo.gl/maps/sZxvUCeabNeFE3Uk7>
- Horowitz, L., & Mayobre, R. (2018). Telemetría de Contenedores de Residuos. *Título de Licenciado en Telecomunicaciones*. Universidad ORT Uruguay, Uruguay.
- Instituto Nacional de Estadísticas e Informática INEI. (2018). *Perú Anuario de Estadísticas Ambientales 2018*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 06 de octubre de 2019, de https://www.inei.gob.pe:https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1637/libro.pdf
- JUNAITH AHMED SHAHABDEEN, S. J. (2016). *United States Patente nº US 20160176630A1*.
- KORENBLIT, V. (2015). Monitoreo inteligente de contenedores de residuos. *Trabajo de Final de Carrera*. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.

- Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314 . (23 de 12 de 2016). Diario El Peruano. Perú: Congreso de La República.
- MAZI MELARA, C. O., & LOPEZ GUARDADO, W. A. (2018). "DISEÑAR UN BASURERO INTELIGENTE PARA LA MODERNIZACIÓN Y ERRADICACIÓN DE LA BASURA EN EL CENTRO ESCOLAR NICOLÁS J.BRAN. *Trabajo de Graduación*. Universidad Tecnológica de El Salvador, San Salvador.
- MELGAREJO QUIJANDRÍA, M. Á. (2018). Mejora de Ingresos económicos Municipales y calidad de vida por caracterización de residuos sólidos en el distrito de Villa el Salvador. *Tesis de postgrado*. Universidad Nacional Agraria de la Molina, Lima.
- MEZA ESCOBAR, N. C. (2017). PROPUESTA DE MEJORA ECONÓMICA DEL PROGRAMA DE. *Trabajo de Suficiencia Profesional*. UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR, Villa el Salvador.
- Municipalidad de Villa el Salvador. (2017). Plan de Manejo de Residuos Sólidos Villa el Salvador.
- Municipalidad Provincial de Piura. (24 de Abril de 2019). *Municipalidad Provincial de Piura*. Recuperado el 2019 de Octubre de 16, de <http://www.munipiura.gob.pe/>
- NAVARRO MASÍAS, R. (2 de Mayo de 2018). *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vivo/ciudad/20170220/42155611703/basura-smart-ciudad.html>
- Naylamp Mechatronics. (02 de 11 de 2019). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores/157-celda-de-carga-20kg.html>
- OREJÓN, C., & MIYASHIRO. (2015). *Reporte Urbano Ambiental Una Mirada a la periferia de la ciudad*. Lima: Boomerang SAC.
- PANCHI GUEVARA, J. A., & MAYORGA VILLACIS, A. P. (2019). IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL MONITOREO DE CONTENEDORES DE BASURA BASADOS EN EL DISEÑO DE LOS ECO-

TACHOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. *Trabajo de Titulación*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11016>

PEÑA MILLAHUALI, C. (01 de Octubre de 2017). *Arduino de Cero a Experto: Proyectos Prácticos*. R: Red Users. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=8PiEDwAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

RÚA MONTALVO, V. H., & PINEDA GONZÁLEZ, V. A. (2018). PROTOTIPO DE SISTEMA DE REGISTRO Y MONITOREO DEL NIVEL DE LLENADO DE UN CONTENEDOR DE BASURA UTILIZANDO SENSORES CONTINUOS Y COMUNICACIÓN WIFI EN LA TARJETA DE DESARROLLO BEAGLEBONE BLAC. *Tesis*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, Pereira.

RUIZ LIZA, I. J., & VIDAL URDIALES, W. M. (2016). MODELO DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RECOJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE REQUE PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE OPERACIONES CHICLAYO. *Tesis*. UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN, CHICLAYO. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/2314>

Salvador, M. d. (s.f.).

SEMTECH . (17 de 10 de 2019). *LoRa*. Obtenido de <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>

SmartBin. (31 de 10 de 2019). *SmartBin*. Obtenido de <https://www.smartbin.com/solutions/smart-monitoring/>

TRIANA , J., & RODRÍGUEZ, R. (2018). PROTOTIPO DE SOLUCIÓN IoT CON TECNOLOGÍA “LoRa” EN MONITOREO. *Trabajo de Grado de Ingeniero Telecomunicaciones*. Universidad Distrital Francisco José de Carlos, Bogotá.

VÁSQUEZ, F. (Marzo de 2018). *Smart Cities Perú*. Recuperado el 2019 de Octubre de 18, de <https://smart-cities.pe>

ANEXOS

ANEXO 1: HOJA DE DATOS ARDUINO UNO

Arduino Uno



Arduino Uno R3 Front

Arduino Uno R3 Back



Arduino Uno R2 Front



Arduino Uno SMD



Arduino Uno Front



Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

[Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328. Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select *Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available . The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

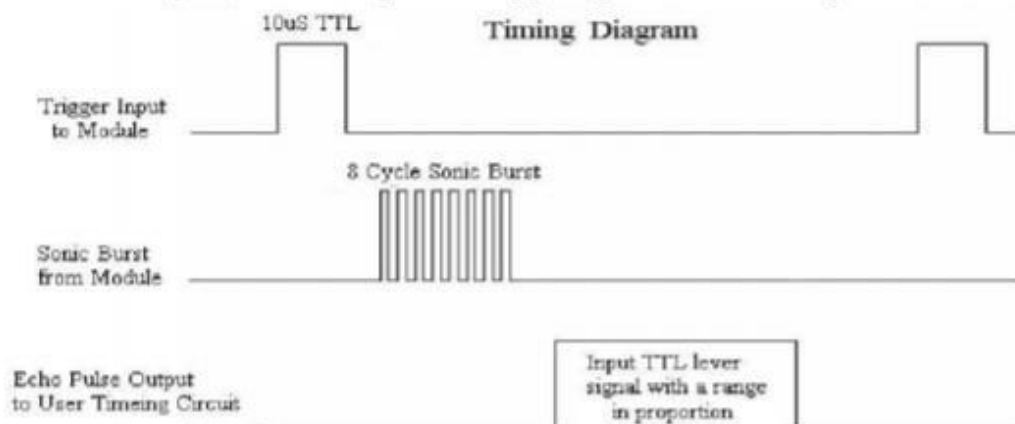
Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



ANEXO 3: HOJA DE DATOS DRAGINO



Dual Channels LoRa Gateway

LG02 / OLG02



Dual Channel LoRa Gateway Indoor & Outdoor version

OVERVIEW:

LG02 & OLG02 are open source dual channels LoRa Gateway. It lets you bridge LoRa wireless network to an IP network via WiFi, Ethernet, Or 3G/4G cellular via optional LTE module. The LoRa wireless allows users to send data and reach extremely long ranges at low data-rates. It provides ultra-long range spread spectrum communication and high interference immunity.

LG02 & OLG02 has WiFi interface, Ethernet port and USB host port. These interfaces provide flexible methods for users to connect their sensor networks to Internet.

LG02 & OLG02 can support the LoRaWAN protocol in single frequency and customized LoRa transmit protocol. It use two sx1278/sx1278 LoRa modules which lets the LoRa can works in full duplex mode and increase the communication efficiency. The aim for LG02 / OLG02 is to provide a low cost IoT wireless solution to support 50~300 sensor nodes.

Specifications:

Linux Side:

- Processor: 400MHz, 24K MIPS
- Flash: 16MB ; RAM: 64MB

Interfaces:

- 10M/100M RJ45 Ports x 2
- WiFi: 802.11 b/g/n
- LoRa Wireless
- Power Input: 12V DC
- USB 2.0 host connector x 1
- USB 2.0 host internal interface x 1
- 3G/4G module (optional)

Order Option:

Indoor Version:

LG02-XXX-YY.

Outdoor Version:

OLG02-XXX-YY.

-XXX:

- 433: Best Tuned at 433Mhz
- 868: Best Tuned at 868Mhz
- 915: Best Tuned at 915Mhz

-YY:

- EC25-AU: with Quectel EC25-AU
- EC25-E:with Quectel EC25-E
- EC25-A: with Quectel EC25-A

Features:

- Open Source OpenWrt system
- Low power consumption
- Firmware upgrade via Web
- Software upgradable via network
- Flexible protocol to connect to IoT servers
- Auto-Provisioning
- Built-in web server
- Managed by Web GUI, SSH via LAN or WiFi
- Internet connection via LAN, WiFi, 3G or 4G
- Failsafe design provides robustly system
- 2 x SX1278/SX1278 LoRa modules
- Full-duplex LoRa transceiver
- Two receive channels, and one transmit channel
- Limited support in LoRaWAN/ Support Private LoRa protocol
- Support upto 300 nodes
- LoRa band available at 433/868/915/920 Mhz
- Max range in LoRa: 5~10 km. Density Area:>500m

Applications:

- Wireless Alarm and Security Systems
- Home and Building Automation
- Automated Meter Reading
- Industrial Monitoring and Control
- Long range Irrigation Systems
- GPS tracker,etc