



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**SISTEMA DE MAPIFICACIÓN DE FERTILIZACIÓN DE SUELO BASADO EN IOT EN
LA CIUDAD DE AMBATO**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

ÁREA: Electrónica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnología de Información y Sistema de Control

AUTOR: Gicson Daniel Guerrero Romero

TUTOR: Ing. Santiago Manzano, Mg.

Ambato - Ecuador

Julio – 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: SISTEMA DE MAPIFICACIÓN DE FERTILIZACIÓN DE SUELO BASADO EN IOT EN LA CIUDAD DE AMBATO, desarrollado bajo la modalidad de proyecto de investigación por el señor Gicson Daniel Guerrero Romero, 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, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, julio 2021.

Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente proyecto de investigación titulado: SISTEMA DE MAPIFICACIÓN DE FERTILIZACIÓN DE SUELO BASADO EN IOT EN LA CIUDAD DE AMBATO, es absolutamente original, autentico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, julio 2021.



Gicson Daniel Guerrero Romero

C.C. 2100670385

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Gicson Daniel Guerrero Romero estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad de proyecto de titulación, titulado SISTEMA DE MAPIFICACIÓN DE FERTILIZACIÓN DE SUELO BASADO EN IOT EN LA CIUDAD DE AMBATO, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, julio 2021.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Fabian Rodrigo Salazar, Mg. PhD
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Juan Pablo Pallo, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

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 en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, julio 2021.



Gicson Daniel Guerrero Romero

C.C. 2100670385

AUTOR

DEDICATORIA

*El presente proyecto de titulación,
le dedico a mi Madre Betty Romero
que en paz descanse, que gracias a
ella y sus esfuerzos hacia mi he
podido culminar mi carrera
universitaria*

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme sabiduría e inteligencia, a mi Familia por estar siempre presente en este largo camino de mi carrera universitaria en especial mi Madre que estuvo siempre pendiente de mí y ahora más que es mi ángel de la guarda, quiero agradecer con toda sinceridad a mis docentes universitarios que gracias a sus esfuerzos y dedicación me han inculcado conocimiento, consejos y experiencia. A mis amigos que he compartido en la universidad, significan mucho para mí y también mis amigos de mi tierra natal que me han apoyado moralmente

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
INDICE GENERAL	viii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPITULO I.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
1.1. Antecedentes investigativos	6
1.1.1 Fundamentación teórica	8
1.1.1.1 Suelo.....	8
1.1.1.2 Fertilidad de Suelos	9
1.1.1.3 Principales parámetros de la fertilidad del suelo	10
1.1.1.4 IOT	15
1.1.1.5 LPWAN.....	23
1.1.1.6 IoT en la Agricultura	25
1.1.1.7 Mapas digitales.....	27

1.1.1.8	Mapificación de suelos	27
1.1.1.9	Plataforma de mapas digitales online	27
1.2	Objetivos	30
1.1.2	Objetivo General	30
1.2.1	Objetivos Específicos.....	30
CAPITULO II		32
METODOLOGÍA		32
2.1	Materiales	32
2.1.1	Selección de hardware y software.....	32
2.1.1.1	Capa de dispositivo	32
2.1.1.2	Capa de Red.....	40
2.1.1.3	Capa de servicio	36
2.1.1.4	Capa de Aplicación.....	36
2.2	Métodos.....	36
2.1.2	Modalidad de investigación	36
2.1.3	Recolección de la Información	36
2.1.4	Procesamiento y análisis de datos	37
2.1.5	Desarrollo del proyecto	37
CAPITULO III		38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
3.1	Análisis y discusión de los resultados	38
3.1.1	Análisis de suelos y agricultura en el canto Ambato	38
3.1.2	Desarrollo e implementación del sistema	40
3.2	Análisis de información obtenida.....	83
CAPITULO IV		95

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....95

4.1 Conclusiones95

4.2 Recomendaciones97

Referencias Bibliográficas.....98

.....101

.....108

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. Procedimiento para evaluar la fertilidad del suelo [7, p. 8].	10
TABLA 2. Tipo de textura acorde al diámetro de partículas del suelo [9].	10
TABLA 3. Rango pH y sus características sobre el suelo [11, p. 2].	12
Tabla 4. Suelos según su salinidad [14, p. 4]	13
Tabla 5. Tipo de suelo según el rango de humedad a capacidad de campo[17].	14
Tabla 6. Componentes IoT y la necesidad de estandarización[24]	18
Tabla 7. Aplicaciones IoT [26][27]	21
Tabla 8. Plataformas de mapas digitales online [37]	28
Tabla 9. Cuadro comparativo de sensores de temperatura	32
Tabla 10. Cuadro comparativo de sensores de humedad	32
Tabla 11. Comparación de sensores de pH	33
Tabla 12. Sensor de conductividad eléctrica	33
Tabla 13. Microcontroladores de la familia PIC16F88X	34
Tabla 14. Microcontroladores Atmel AVR 8 bits	35
Tabla 15. Características de la tarjeta Arduino	35
Tabla 16. Comparación de Tecnologías Inalámbricas	36
Tabla 17. Modulo Shield Lora	36
Tabla 18. Spreading Factor LoRa	42
Tabla 19. Comparativas de Gateway LoRa de marca Dragino[46]	35
Tabla 20. Datos del suelo receptados en TTN	56
Tabla 21. Registro de datos del mapa	81
Tabla 22. Características del terreno	86
Tabla 23. Resumen de datos de humedad y pH	90
Tabla 24. Rangos de pH para la fertilización orgánica	90
Tabla 25. Tabla de rangos de humedad	91
Tabla 26. Rango de pH óptimo para algunos cultivos	93

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Componentes del suelo [6, p. 3].	9
Fig. 2. Características del suelo según su textura.	11
Fig. 3. Arquitectura IoT	16
Fig. 4. Protocolos de comunicación inalámbrica para IoT[25]	21
Fig. 5. Diferencia del protocolo LPWAN y otros protocolos[30].	24
Fig. 6. Ejemplo de mapificación de suelos[36].	27
Fig. 7. Plataformas de mapas digitales online [37]	28
Fig. 8. Shield LoRa Arduino	37
Fig. 9. Arquitectura LoRa [39, p. 26].	38
Fig. 10. Red LoRaWAN [41].	41
Fig. 11. Relación entre el spreading factor y TOA [44].	43
Fig. 12. Red LoRaWAN [41].	44
Fig. 13. Gateway LoRa Dragino LG01-N[46]	45
Fig. 14. Sistema Gateway LG01-N.	45
Fig. 15. Arquitectura del sistema de mapificación para determinar la fertilidad del suelo	40
Fig. 16. Circuito de adquisición de datos nodo 1	41
Fig. 17. Circuito de conexión de sensor de conductividad eléctrica con Shield LoRa Arduino	42
Fig. 18. Incluyendo librería SPI	43
Fig. 19. Directorio de librerías LMIC y LoRa master.	44
Fig. 20. Configuración de librería lorabase.h de frecuencia del módulo Shield LoRa	45
Fig. 21. Acceso a Internet desde Gateway LG01-N.	45
Fig. 22. Interfaz de usuario y contraseña del Dragino LG01-N.	46
Fig. 23. Escaneo de redes WiFi disponible	46
Fig. 24. Red WiFi seleccionada	47
Fig. 25. Contraseña de Red WiFi seleccionada.	47
Fig. 26. Verificación de red WiFi agregada al Dragino	48

Fig. 27. Configuración LoRaWAN Gateway.....	48
Fig. 28. Selección de servicio IoT LoRaWAN	49
Fig. 29. Selección de plataforma IoT TTN	49
Fig. 30. Selección de estándar de la frecuencia 433 MHz	50
Fig. 31. Configuración de radio LoRa del Dragino LG01-N	50
Fig. 32. Selección del estado de configuraciones del Dragino.....	51
Fig. 33. Estado de activación de los servicios IoT y de comunicación LoRa.....	51
Fig. 34. Interfaz de registro a la plataforma TTN	52
Fig. 35. Registro del Gateway a la plataforma TTN	52
Fig. 36. Registro del Gateway Dragino LG01-N	53
Fig. 37. Estado activo del Gateway.....	53
Fig. 38. Interfaz TTN para crear la aplicación	54
Fig. 39. Creación de la APP ID.....	54
Fig. 40. Clave de acceso de la aplicación en TTN	55
Fig. 41. Claves generadas de los dispositivos por método de activación ABP	55
Fig. 42. Representación de bloques de la integración de TTN con el servicio AWS	57
Fig. 43. Datos truncados en los dispositivos dentro de la aplicación.....	57
Fig. 44. Membresía de AWS y servicios gratuitos anual	58
Fig. 45. Servicio CloudFormation AWS.....	59
Fig. 46. Versión de plantilla de pila	59
Fig. 47. Interfaz para crear Stacks.....	60
Fig. 48. Plantilla de pila cargada al Stack	60
Fig. 49. Configuración de parámetros del Stack	61
Fig. 50. Parámetros del AWS ELASTIC BEANSTALK	61
Fig. 51. Parámetros de AWS IOT	62
Fig. 52. Estado del Stack creado	62
Fig. 53. Interfaz de servicios AWS IoT	62
Fig. 54. Parámetros de AWS IoT	63
Fig. 55. Objetos creados en AWS IoT	63
Fig. 56. Atributos de cada objeto creado.....	64

Fig. 57. Comprobación de recepción de datos en AWS IoT mediante la utilización de MQTT Client.....	64
Fig. 58. Visualización de datos de la comprobación mediante MQTT Client	65
Fig. 59. Parámetro Reglas	66
Fig. 60. Creación de reglas para su consulta.....	66
Fig. 61. Consulta de base de datos basado en SQL.....	67
Fig. 62. Creación de tabla de varias variables en DynamoDBv2.....	67
Fig. 63. Configuración de cada acción y creación de rol	68
Fig. 64. Visualización de consulta de regla del nodo 2.....	68
Fig. 65. Interfaz de servicios de AWS de base de datos	69
Fig. 66. Datos almacenados del nodo 1 y nodo 2 en la tabla creada en Dynamo DB.....	69
Fig. 67. Servicio de Informática de AWS.....	70
Fig. 68. Creación de función Lambda.....	70
Fig. 69. Acciones de la función Lambda.....	70
Fig. 70. Creación y tipo de API.....	70
Fig. 71. Información y código de la función lambda	71
Fig. 72. Parámetros de la función lambda.....	71
Fig. 73. Ajuste en el código de la función para acceso a los datos	72
Fig. 74. Punto de enlace de API.....	72
Fig. 75. Datos tomados desde DynamoDB mediante la función lambda mostrados en la API	73
Fig. 76. Interfaz de mapbox studio.....	73
Fig. 77. Diseño de mapa en app WEB	74
Fig. 78. Método para crear mapa	74
Fig. 79. Código de coordenadas en la posición inicial.....	75
Fig. 80. Obtención de datos por la función getJSON.....	75
Fig. 81. Ventanas emergentes que muestra los datos	76
Fig. 82. Mapa de calor de un solo punto	77
Fig. 83. Menú para selección de cada variable	78
Fig. 84. Capa del área del terreno	78
Fig. 85. Resultado de mapa con su respectiva variable.....	79

Fig. 86. Monitorización de datos mediante graficas	79
Fig. 87. Plataforma de alojamiento de servidor Web AWARDSPACE	80
Fig. 88. Registro de usuarios.....	80
Fig. 89. Login.....	81
Fig. 90. Interfaz web del mapa en MAPBOX completa	82
Fig. 91. Alojamiento de los archivos del mapa de MAPBOX	82
Fig. 92. Ubicación de nodos y central.....	83
Fig. 93. Prototipo de nodo 1	84
Fig. 94. Prototipo de nodo 2.....	84
Fig. 95. Muestra de humedad del primer día	87
Fig. 96. Muestra de pH del primer día	87
Fig. 97. Muestra de humedad del segundo día.....	88
Fig. 98. Muestra de datos de pH del segundo día	88
Fig. 99. Muestra de humedad del tercer día	89
Fig. 100. Muestra de pH del tercer día.....	89
Fig. 101. Monitoreo de humedad mostrado en el mapa.....	92
Fig. 102. Monitoreo de pH mostrado en el mapa.....	92
Fig. 103. Muestra de conductividad eléctrica	94
Fig. 104. Monitoreo de conductividad eléctrica mostrado en el mapa.....	94

RESUMEN EJECUTIVO

El actual proyecto de investigación consta de un sistema que permita tomar muestras del suelo para determinar su fertilidad visualizados en mapas digitales basados en IoT. El sistema se desarrolló debido a la falta de tecnificación que existen en los centros agrícolas de la ciudad de Ambato que por consecuencia tiene mal uso de fertilizantes, mala organización en el tiempo en cuanto a la demora de estudios en laboratorios, siembra de cultivos sin darle un previo estudio al suelo lo que genera pérdidas económicas y recursos.

El sistema está conformado por dos nodos de medición de los principales parámetros del suelo en cuanto a la composición química y física como el pH, conductividad eléctrica (da valor a la salinidad del suelo) y humedad del suelo, la última permite determinar la textura del suelo. El primer nodo de medición será con las magnitudes de pH, humedad del suelo y temperatura y el segundo nodo de medición solo consta de la variable de conductividad eléctrica.

Los valores medidos serán mostrados en el mapa elaborado en una plataforma que proporciona el servicio de forma circular con su dato renderizado y a su vez un dashboard donde indique el estado del terreno muestreado, previamente los datos por cada nodo serán enviados por vía RF a una central encargada de recibir y subir la información a una plataforma IoT donde se integra con un servidor para el almacenamiento de los datos con la finalidad de obtenerlos para dicho mapa.

Para el análisis de los datos se trabajó conjuntamente con especialistas en el área de agronomía para mejor orientación en el análisis de datos de la variable de pH que también proporcione conocimiento en el comportamiento de los nutrientes acorde al valor del pH y conjuntamente con la humedad en riegos de agua tanto de lluvia como de agua potable.

ABSTRACT

The current research project consists of a system that allows taking soil samples to determine its fertility, visualized on digital maps based on IoT. The system was developed due to the lack of technification that exists in the agricultural centers of the city of Ambato, which consequently has bad use of fertilizers, bad organization in time in terms of the delay of studies in laboratories, planting of crops without giving a previous study of the soil which generates economic losses and resources.

The system is made up of two nodes for measuring the main soil parameters in terms of chemical and physical composition such as pH, electrical conductivity (value to soil salinity) and soil moisture, the latter allows determining the texture of the soil. The first measurement node will be with the magnitudes of pH, soil moisture and temperature and the second measurement node only consist of the electrical conductivity variable.

The measured values will be shown on the map prepared on a platform that provides the service in a circular way with its rendered data and in turn a dashboard indicating the state of the sampled terrain, previously the data for each node will be sent via RF to a central in charge of receiving and uploading the information to an IoT platform where it will be integrated with a server for storing the data in order to obtain them for said map.

For the analysis of the data, I worked together with an agronomist for better orientation, offering data on the pH variable that also provided knowledge on the behavior of the nutrients according to the pH value and together with the humidity in both rainwater irrigations. like drinking water.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

De acuerdo con la investigación realizada de diferentes repositorios de varias Universidades Nacionales e Internacionales, como en artículos científicos publicados en diferentes revistas, publicaciones relacionadas acerca de sistemas de mapificación de suelos para determinar la fertilización del mismo basados en la tecnología Internet de las cosas (IoT), se detallan a continuación.

En el año 2017, En la India ciudad de Nagpur, en la Facultad de Ingeniería y Tecnología G.H. Rasoni Dr. D.V. Padole y Prachi Sharma publicaron en la revista IEEE su trabajo de investigación con el tema “SISTEMA DE ANALIZADOR DE SUELOS USANDO IOT”. Su sistema propuesto es la implementación de un dispositivo portable para adquirir ciertas magnitudes físicas del suelo y que los resultados sean cargados a la nube mediante IoT. El sistema está basado en un microcontrolador conectado a los sensores EC, pH y sensor de color, los datos se transmiten por comunicación serial usando la tecnología Bluetooth a la aplicación móvil donde la aplicación subirá los datos a través del servidor para su posterior análisis y poder compararlos con el objetivo de identificar la textura del suelo, la conductividad eléctrica y el pH. [1]

En la Universidad Técnica de Machala, en el año 2014, el Ingeniero Agrónomo Nelson Chuchuca, presentó su trabajo de titulación “MAPIFICACIÓN DEL GRADO DE FERTILIDAD DE SUELOS, MEDIANTE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), DEL CANTÓN LAS LAJAS PROVINCIA DE EL ORO” el cual consistió tomar los datos fertilidad, textura, pH, carbono orgánico, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ y Na⁺ cambiabile, N, P, K, Fe, Cu, Zn, Mn ya existentes del cantón Las Lajas de SIG en una hoja de Excel para importar al software ARCGIS 9.3, encargado de mapificar los componentes

mencionados. El cual los resultaron fueron que obtuvieron diferentes mapas como su textura, nutrientes, materia orgánica entre los elementos propuestos en el proyecto de titulación con leyendas y colores que diferenciaron los elementos mencionados.[2]

Los investigadores de la Universidad de Córdoba, en Montería Jorge Gómez, Samir Castaño, Teobaldis Mercad, Jose García y Alexander Fernández publicaron el trabajo titulado "SISTEMA DE INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE CULTIVOS PROTEGIDOS" El sistema permite el monitoreo de cultivos mediante sensores basados en IoT capaz de recolectar datos de los cultivos. La información adquirida es enviada a un servidor Cloud para ser analizadas y procesadas donde el usuario beneficiario las visualiza en una aplicación móvil. El propósito es recopilar datos en tiempo real que permitan la toma de decisiones al agricultor y el sistema de forma autónoma. El usuario puede interactuar con el sistema de manera remota y recibir las alarmas de acuerdo a las condiciones de los cultivos.[3]

En el año 2018, en el Instituto Amity de Tecnología de la Información, Universidad Amity Uttar Pradesh, Noida, India, los investigadores Rahul Dagar, Subhranil Som y Sunil Kumar Khatri publicaron en la revista IEEE Xplore con el tema "AGRICULTURA INTELIGENTE: IOT EN AGRICULTURA" el cual consta de la implementación de tecnología IoT en la agricultura con la finalidad de obtener una gestión mejorada de cultivos, un control de los recursos, una agricultura rentable, monitoreo de campo entre otros beneficios que ayudan al agricultor Los sensores de IoT utilizados son el sensor de temperatura del aire, el sensor de pH del suelo, el sensor de humedad del suelo y el sensor de volumen de agua. También se realizó una investigación de campo para conocer los métodos agrícolas tradicionales y a si analizar los problemas que enfrentan los agricultores. El sistema es una arquitectura simple de sensores que recopilan toda la información necesaria del campo, cultivos y otros factores que influyen en la agricultura y enviadas por WIFI a un servidos para que dicho servidor pueda tomar medidas dependiendo de la información.[4]

En el año 2019, en la ciudad de Bangalore, la India, en el Departamento de Informática e ingeniería se publicó el trabajo titulado “SISTEMA DE GESTIÓN AGRÍCOLA INTELIGENTE BASADO EN IOT”. El sistema propuesto es un sistema inteligente de gestión agrícola (SAMS) que está automatizado para ayudar a los agricultores aumentar la producción de cultivos. El sistema también ayuda a optimizar recursos mediante la adopción de una técnica llamada agricultura de precisión. El sistema utiliza diferentes sensores para la adquisición de datos para medir varios factores ambientales que se requieren para la producción de cultivos. La información obtenida de estos sensores se visualiza en forma de gráficos.[5]

1.1.1 Fundamentación teórica

1.1.1.1 Suelo

Definición

El suelo es un medio natural que cubre la superficie de la corteza terrestre donde ocurren fenómenos físicos, químicos y biológicos para el crecimiento de las plantas. Es el recurso natural más usado para el sector agropecuario.[6][6][6]

Este recurso consta de tres dimensiones; ancho, largo y profundidad.

El suelo se compone de tres fases que lo hacen un medio natural debido a las sustancias naturales las cuales son:

- Fase Solida que constituye al material orgánico y mineral.
- La fase liquida con contiene agua.
- la fase gaseosa que corresponde al aire o gases que se producen sobre ello.[6]

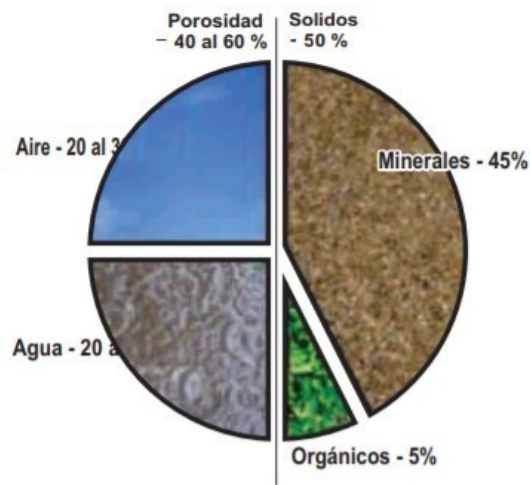


Fig. 1. Componentes del suelo [6, p. 3].

1.1.1.2 Fertilidad de Suelos

La fertilidad del suelo toma el concepto de una cualidad que poseen los suelos donde se hace el estudio y análisis de sus condiciones físicas, químicas y biológicas que interactúan entre sí, que son necesarias para el crecimiento y desarrollo desde una planta a grandes cultivos.[6] Para evaluar la fertilidad se debe tomar en cuenta tres aspectos importantes:

Fertilidad Física: El suelo es el soporte de las raíces de las plantas y a su vez almacena y permite el paso de agua y aire. Sus características son: Textura, estructura, permeabilidad, porosidad

Fertilidad Química: Se define a todas las propiedades químicas que el suelo presenta y sus minerales donde son analizados y que ayudan a la determinación de la fertilidad de suelos. Sus características son: pH, Conductividad eléctrica, CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), porcentaje de saturación de bases.

Fertilidad Biológica: La cantidad de materia orgánica que poseen los suelos [7, p. 8].

La fertilidad de suelo son las necesidades de las plantas en cuanto a su nutrición, de acuerdo a estas necesidades al suelo se puede clasificar como suelos ricos, suelos medios y suelos pobres. La primera es un suelo que no requiere de fertilizantes, suelen ser suelos no explotados es decir suelos vírgenes para cualquier cultivo dependiendo de las

condiciones climáticas. La segunda es cuando requieren o no requiere de fertilizantes. La tercera se requiere de abono y un tratado especial para producirla.[8]

Procedimientos para evaluar la fertilidad de suelos

TABLA 1. Procedimiento para evaluar la fertilidad del suelo [7, p. 8].

Analisis de suelos	Analisis de plantas	Experiencias de campo
<ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestras de suelos aplicado varias tecnicas como ejemplo la tecnica en zig zag 	<ul style="list-style-type: none"> • Toman de muestra la hoja de cualquier cultivo ya que es donde se realiza el proceso de la fotosintesis como sus nutriente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de los analisis como su respuestas del suelos es decir las condiciones mas aproximadas del suelo.

La fertilidad de suelos para muchos ingenieros agrónomos como agricultores que han dedicado al estudio del mismo ha permitido la toma de decisiones de tratamiento, cuidado y mantenimiento para lograr cultivos de buena calidad ayudando a la producción agrícola.

1.1.1.3 Principales parámetros de la fertilidad del suelo

Textura

La textura del suelo es la proporción de las partículas menores a 2 mm de diámetro representada en porcentaje de peso. El Departamento de Agricultura de los EEUU de América (USDA) estableció la clase de partículas inferiores a 2 mm de diámetro como muestra en la tabla 2.

TABLA 2. Tipo de textura acorde al diámetro de partículas del suelo [9].

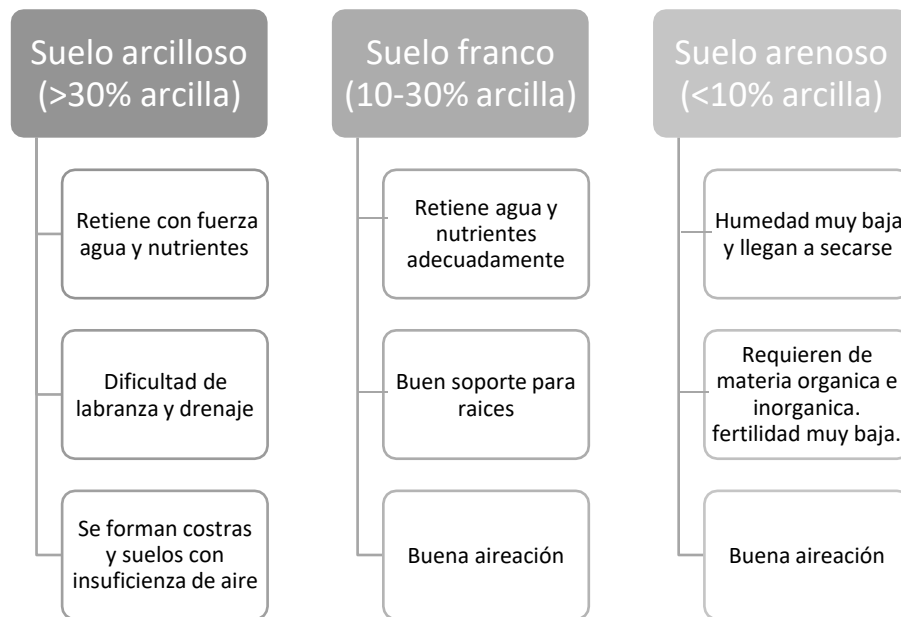
Arena muy gruesa	$2mm > \phi > 1mm$
Arena gruesa	$1mm > \phi > 0.5mm$
Arena media	$0.5mm > \phi > 0.25mm$
Arena fina	$0.25mm > \phi > 0.10mm$
Arena muy fina	$0.10mm > \phi > 0.05mm$

Limo	$0.05mm > \phi > 0.002mm$
Arcilla	$\phi < 0.002mm$

Los datos presentados en la tabla 2, influyen en la fertilidad del suelo en:

- Aireación
- Capacidad de retener agua
- Capacidad de retener nutrientes

En la figura 2 se muestra las características de los suelos arcillosos, franco y arenosos con mayor importancia.



**Fig. 2. Características del suelo según su textura.
Elaborado por Investigador.**

pH

Para entender el concepto de acidez del suelo primero se analiza el concepto de un ácido que es un compuesto químico que entrega protones (iones de hidrogeno) lo cual la acidez es la actividad de iones de hidrogeno (H^+) de una solución. Para determinar la acidez del suelo se realiza mediante la medición de la actividad de H^+ presentes en la solución del suelo y se expresa en la unidad pH (potencial hidrogeno). [10, p. 1].

Según pH presentado en el suelo se clasifican en: Acido, Neutro y Alcalino. En la tabla 3 se muestra el rango de pH y sus características de acuerdo a su clasificación mencionada por la FAO (Organización de las Naciones para la Alimentación y Agricultura).

TABLA 3. Rango pH y sus características sobre el suelo [11, p. 2].

Clasificación de pH en el suelo	Valoración	pH	Características
Suelo Alcalino	Muy alcalino	$pH > 8,5$	No asimilan nutrientes Dificultad para el desarrollo de cultivos exigentes. Presencia de clorosis férrica.
	Alcalino	$7,5 < pH \leq 8,5$	
Suelo Neutro	Neutro	$6,5 < pH \leq 7,5$	Este es el rango más óptimo, indica buena fertilidad de suelo por ende condiciones óptimas para el desarrollo de cultivos y asimilación de nutrientes
Suelo Acido	Acido	$5,5 < pH \leq 6,5$	No son favorables para el crecimiento de raíces. Reduce actividad microbiana
	Muy acido	$pH \leq 5,5$	

Importancia del pH en los suelos.

- Permite establecer patrones de referencia
- Permite ver los niveles de fertilidad de acuerdo a su monitorización y evaluación

- Regula las propiedades químicas del suelo
- También influyen en el microbiano y las plantas [11, p. 3].

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de un material para conducir corriente eléctrica. La CE del suelo permite determinar su salinidad de una solución de suelo la cual se expresa deciSiemens por metro (dS/m) [12, p. 8]. La salinidad del suelo influye en el rendimiento de los cultivos, la disponibilidad de nutrientes y la actividad de los microorganismos del suelo[13, p. 1]. Si un suelo tiene mayor concentración de sales, quiere decir que su conductividad eléctrica es alta lo que produce fitotoxicidad en las plantas. Por otro lado, si la conductividad eléctrica es baja, facilita el manejo de fertilización debido a que su salinidad es baja provocando un mejor rendimiento en el crecimiento de ciertos cultivos.

A continuación, en la tabla muestra las clases de suelos según su salinidad según la FAO:

Tabla 4. Suelos según su salinidad [14, p. 4]

Característica	CE_e (dS/m)
No salino. No afecta los cultivos.	0-2
Ligeramente salino. Puede disminuir el rendimiento de cultivos sensibles.	2-4
Moderadamente salino. Puede disminuir el rendimiento de muchos cultivos.	4-8
Salino. Sólo cultivos tolerantes tendrán rendimiento satisfactorio.	8-16
Extremadamente salino. Sólo cultivos muy tolerantes tendrán rendimiento satisfactorio.	>16

Humedad del suelo

La humedad del suelo es la cantidad de agua por volumen de tierra que contiene un terreno, la máxima cantidad de agua que puede retener el suelo depende de los siguientes factores:

- Textura y estructura del suelo
- Contenido de materia orgánica,

- Profundidad de raíces [15].

La humedad del suelo es fundamental que permite determinar la cantidad y disponibilidad de nutrientes que existen en un terreno, debido a que las raíces de las plantas absorben nutrientes que están presentes en forma iónica en la solución del suelo. Si no existe solución, no hay posibilidad de que haya nutrientes disponibles. Si en el suelo no hay humedad, los nutrientes no se solubilizan (fertilizantes minerales), por consecuencia no hay reacción de equilibrio entre la fase sólida (latente intercambiable) y la solución, y tampoco ocurre la mineralización de la materia orgánica [16, p. 30]

La humedad a capacidad de campo es la cantidad de agua que puede retener el suelo contra la fuerza de gravedad, después de un riego o lluvia tal que humedece todo el suelo [17].

Tabla 5. Tipo de suelo según el rango de humedad a capacidad de campo [17].

Tipo de suelo	Humedad a capacidad de campo (%)
Arenoso	5-16
Franco	17-30
Franco arcilloso	31-74
Arcilloso	75-100

Materia Orgánica

La fertilidad orgánica como aspecto importante para evaluar la fertilidad del suelo depende de la materia orgánica que la posee. La materia orgánica son los compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo tanto vivos como muertos, donde existen residuos vegetales como el excremento de animales, los organismos vivos (macro y mesofauna edáfica y la biomasa microbiana-hongos y bacterias) y la fracción orgánica que ha sufrido transformaciones (humificación)[18, p. 59].

Importancia de la Materia Orgánica

La materia orgánica influye en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En las propiedades física la materia orgánica ayuda en:

- Incrementa la capacidad de retener agua del suelo
- Aumenta la aireación
- Aumenta la permeabilidad
- Aumenta la estabilidad estructural del suelo
- Son suelos más oscuros por lo que tiene buena absorción de radiación UV y son más cálidos [19, p. 2].

En las químicas:

- La mineralización de la materia orgánica libera al suelo gran cantidad de elementos esenciales.
- Regula el pH del suelo.
- Aumenta la fertilidad química del suelo.
- Inmoviliza metales pesados[19, p. 3].

En las biológicas:

- Favorece la germinación de las semillas.
- Favorece el estado sanitario de órganos subterráneos.
- Regula la actividad microbiana.
- Aporta reguladores del crecimiento vegetal[19, p. 4].

1.1.1.4 IOT

Definición

Internet de las cosas (IoT-Internet of things) da la facilidad de Interconexión de lo digital y el mundo físico, que permite integrar “cosas” físicas a las redes de información a través de la red de Internet. Es decir, IoT es una plataforma para conectar personas, objetos y entornos mediante dispositivos a internet con la finalidad de informar y permitir la visibilidad de información donde son almacenados en la nube para el análisis y posteriormente a la toma de decisiones en tiempo real [20].

Arquitectura IoT

El modelo de dominio de ITU-T IoT incluye un conjunto de dispositivos físicos que se conectan directamente a través de dispositivos de puerta de enlace a una red de comunicación que les permite intercambiar información con otros dispositivos, servicios y aplicaciones[21, p. 157]. En la siguiente figura se muestra una arquitectura base para IoT que permite el desarrollo para ciertas aplicaciones comunes.

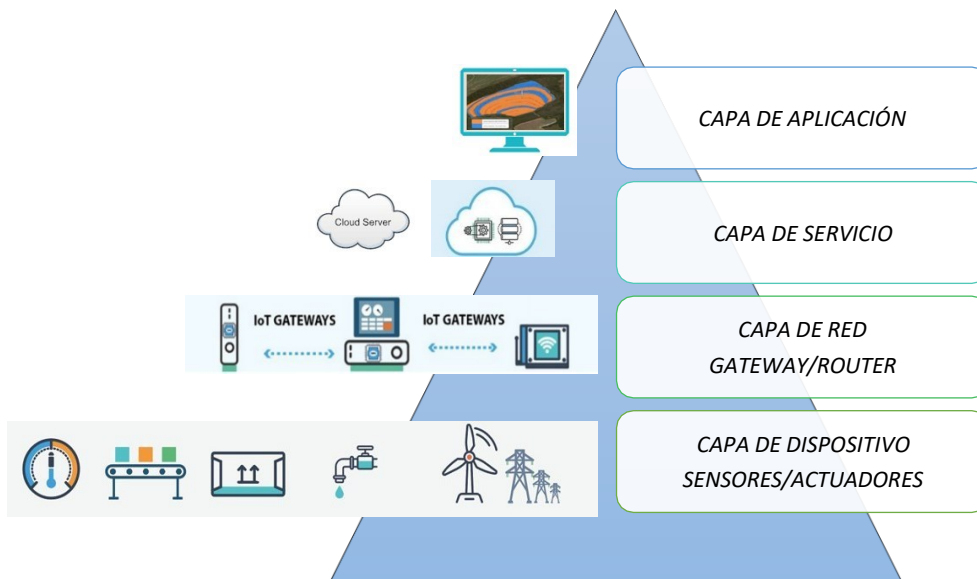


Fig. 3. Arquitectura IoT
Elaborado por Investigador

Capa de dispositivo: Se compone de nodos de sensores como actuadores, circuitos de comunicación e interfaz.

Capa de red: Recopila la información recolectada de la capa física para enrutarlos mediante la puerta de enlace a internet. Existen diversas tecnologías inalámbricas que transmiten los datos el cual son usados para IoT, entre esos se encuentra la Telefonía Móvil, Estándares 802.11, 802.15, 802.15.4 entre otros estándares y LPWAN. (Low Power Wide Area Network). Esta capa consta de conectividad lo cual también se compone de almacenamiento, análisis y procesamiento de datos, manejo de recursos y seguridad.

Capa de servicio

En la capa de servicio consta de los servicios de nube IoT.

Capa de aplicación: se compone de herramientas de visualización eficientes que son compatibles con varias plataformas IoT para diferentes aplicaciones y presentar los datos al usuario final en una forma transparente y comprensible[22, p. 23].

Características IoT

- Los dispositivos de IoT a menudo se denominan dispositivos "inteligentes" porque tienen sensores y pueden realizar análisis de datos complejos. Los dispositivos de IoT recopilan datos mediante sensores y ofrecen servicios al usuario en función de los análisis de la información recopilada y de acuerdo con los parámetros establecidos por el usuario.
- Los dispositivos de IoT con inteligencia artificial pueden "aprender" reconociendo patrones en las preferencias del usuario y los datos [23][23][23].
- Un dispositivo de IoT puede volverse "más inteligente" a medida que su programa se ajusta para mejorar su capacidad de predicción a fin de mejorar las experiencias o la utilidad del usuario.
- Los dispositivos de IoT están conectados a Internet: directamente, a través de otro dispositivo de IoT o ambos.
- Las conexiones de red se utilizan para compartir información e interactuar con los usuarios. IoT crea vínculos y conexiones entre dispositivos físicos mediante la incorporación de aplicaciones de software.
- Los dispositivos de IoT pueden permitir a los usuarios acceder a información o controlar dispositivos desde cualquier lugar en tiempo real utilizando varios dispositivos conectados a Internet. [23]. Por ejemplo, un tomacorriente y un foco inteligente pueden permitir que un usuario que este fuera del hogar o simplemente por comodidad ejecute la acción de encendido o apagado utilizando un dispositivo móvil o una computadora mediante una aplicación

Estándar IoT

La evolución de IoT ha sido un reto para la estandarización técnica debido a la creciente complejidad de dispositivos o servicios que se conectan entre sí que está asociada a interfaces, calidad de servicio (QoS), comunicación, entre otros.

Por ejemplo, los datos se recopilan mediante sensores dentro de los dispositivos de IoT y se transmiten a través de redes (cableadas o inalámbricas), se almacenan en la nube y se añaden para su análisis mediante análisis y aplicaciones de inteligencia relacionadas. En este caso, la estandarización técnica es importante para resolver los problemas de interoperabilidad o interconectividad. Aparte de esto, también es igualmente importante reducir las brechas entre los protocolos y los problemas de seguridad asociados y otras lagunas. En general, la estandarización técnica permite componentes más compatibles, lo que conduce a reducir el costo de diseño, fabricación, implementación y reduce el tiempo de comercialización. Existen organizaciones como UIT-T, IEEE, que se encargan a estandarizar para minimizar los problemas mencionados [24, p. 57]. En la siguiente tabla muestra los componentes IoT y la necesidad de estandarización técnica.

Tabla 6. Componentes IoT y la necesidad de estandarización [24]

Componentes IoT	Descripción
Sensores	<p>Las nuevas tendencias en tecnología ayudan a los fabricantes a producir sensores que son más baratos, más inteligentes y más pequeños, lo que impulsa un aumento en la cantidad de sensores instalados por los proveedores de soluciones de IoT.</p> <p>Debido a los múltiples proveedores y tecnologías utilizados, los sensores de IoT enfrentan problemas de interoperabilidad, consumo de energía, seguridad y privacidad.</p>

Redes	<p>Altas velocidades de datos, alta disponibilidad, menor costo de uso de datos, virtualización, etc. Son algunos de los requisitos previos de la red para una amplia adopción de la tecnología IoT. Como se mencionó anteriormente, las redes se utilizan para transmitir datos recopilados por sensores con diferentes componentes, incluidos enrutadores, puertas de enlaces y puentes en diferentes implementaciones de IoT. Ahora, la conexión de diferentes partes de las redes a los sensores se realiza mediante diferentes tecnologías (por ejemplo, WiFi, redes celulares y también por Ethernet en casos específicos).</p>
Plataformas y almacenamientos	<p>La plataforma en IoT incluye la forma y el diseño de los productos y las herramientas de análisis que se utilizan para manejar con la transmisión masiva de datos de todos los productos de forma segura. La mayoría de los datos de IoT (estructurados o no estructurados) se almacenarán y se enviarán a funciones de análisis para generar conocimientos. El almacenamiento en IoT debería acomodar un número creciente de archivos de datos generados a partir de sensores. El almacenamiento integrado en la nube, o almacenamiento en la nube, es ideal para</p>

	datos específicos de IoT. Además de los problemas específicos de la computación en la nube, como la seguridad y la privacidad, el control, el rendimiento
Análisis y acciones inteligentes.	El IoT no se trata solo de conectar dispositivos, sino que interconecta una variedad de sectores verticales, como hogares, edificios y ciudades inteligentes, así como redes, redes de energía (eléctrica, gas, agua), automóviles, etc. La integración de dispositivos IoT con dicha red de almacenamiento y poder de cómputo conlleva enormes desafíos de seguridad debido al aumento sustancial de la superficie de ataque, la heterogeneidad, la complejidad y otro número de recursos. Los problemas de privacidad también son importantes en IoT según las diferentes jurisdicciones. Por lo tanto, la seguridad y la privacidad son problemas comunes para los componentes involucrados en la implementación de IoT.

Protocolos de comunicación inalámbrica para IoT

La información recolectada en la capa de dispositivo de la arquitectura IoT deben ser transmitidas hasta llegar al usuario, por ello permite el uso de protocolos de comunicación inalámbrica. De acuerdo a la aplicación o proyecto que se desea desarrollar existen diferentes necesidades es decir cada proyecto tiene sus propios parámetros para escoger el protocolo de comunicación que se adapte a dicho proyecto. Los parámetros que se consideran como más importantes son distancia de transmisión, velocidad de transmisión

y el consumo de energía[25]. En la figura muestra los protocolos de comunicación que son de soporte para IoT.

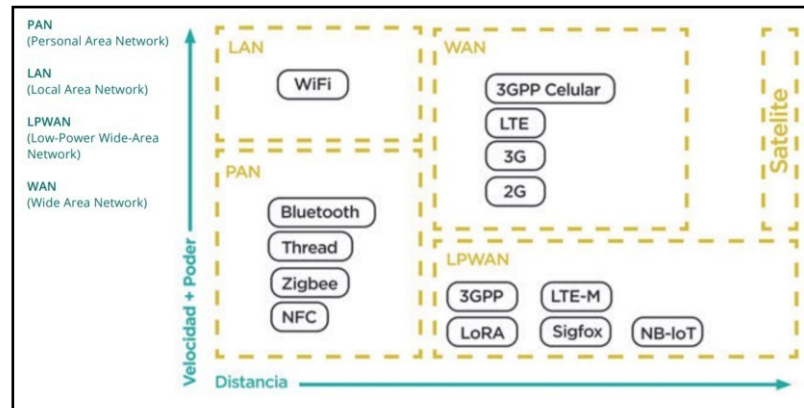


Fig. 4. Protocolos de comunicación inalámbrica para IoT[25]

Aplicaciones IoT

IoT tiene una gran variedad de aplicaciones útiles en muchas áreas dando soluciones a las mismas con la utilización de sensores como se muestra en la tabla 6:

Tabla 7. Aplicaciones IoT [26][27]

Aplicaciones	Descripción
Industria	Procesos industriales la utilización de sensores para el control y monitoreo tanto del mismo proceso como calidad de producto.
Edificios Inteligentes	Los edificios inteligentes mediante la utilización de sensores se puede identificar la ubicación de las personas, así como el estado del edificio. Los datos recolectados se usan para controlar los sistemas de calefacción, ventilación, aire

	<p>acondicionado y los sistemas de iluminación para reducir costos de consumo y de operativos.</p>
<p>Casas de Inteligentes</p>	<p>Es similar a las funciones de los edificios inteligente a escala menor como el monitoreo de los servicios básicos a si mismo como sistemas de seguridad y comodidad del usuario dentro del hogar.</p>
<p>Ciudad Inteligentes</p>	<p>Utilización de sensores para monitorear el tráfico de peatones y vehículos y pueden integrar datos de edificios inteligentes, así como estaciones de servicios de emergencia.</p>
<p>Vehículos</p>	<p>Mediante la utilización de sensores en red para monitorear el estado del vehículo y proporcionar una dinámica mejorada, menor consumo de combustible y menores emisiones.</p>
<p>Medicina</p>	<p>Los sistemas médicos por la amplia gama de sensores se realizar el monitoreo de pacientes que pueden estar ubicados en diferentes lugares como en el hogar, en vehículos de emergencia, en el consultorio del médico o en el hospital.</p>
<p>Agricultura</p>	<p>Utilizan sensores IoT o sensores conectados a dispositivos IoT que examinan las variables físicas de cultivos y de suelos. Toda la información recolectada se la visualiza en tiempo real mediante un dispositivo que ayuda al</p>

	<p>agricultor la toma de decisiones hacia un cultivo, prevención, planificación, optimización de recursos naturales, cantidades adecuadas de fertilizantes etc</p>
--	--

Plataformas IoT

Las plataformas IoT permite el desarrollo de aplicaciones y servicios de maquina a máquina (M2M) de forma transparente[28]. Las principales funciones de las plataformas son:

- Integra la información recolectada desde la capa física conectados de la arquitectura IoT.
- Procesar los datos recibidos y las proporciona a varias aplicaciones.
- Dispositivos de control.

La plataforma en la nube de IoT también puede comunicarse directamente con el dispositivo si ambos utilizan tecnologías y protocolos compatibles. La capa IoT Cloud Platform también es responsable de proporcionar funcionalidades como bases de datos de series de tiempo o paneles gráficos, agregación y utilización de los datos recibidos de los dispositivos. En su mayoría, se accede a las plataformas de IoT a través de API REST basadas en HTTP[28].

1.1.1.5 LPWAN

Low Power Wide Area Network es un protocolo de comunicación que nace debido a la necesidad para soporte de aplicaciones IoT como ciudades inteligentes, casas inteligentes, agricultura de precisión y agricultura 4.0 etc. Permiten menor consumo de potencia, tasa baja velocidad de datos y técnicas de modulación en áreas de coberturas a gran escala que pueden llegar hasta varias millas.

En general el estándar LPWAN funciona correctamente donde los dispositivos transmiten la información en tramas pequeñas en un área amplia donde el consumo sea bajo para su larga duración en muchos años.

Características

- Bajo consumo de potencia, los dispositivos de capa de dispositivos en su consumo de energía son duradera y pueden funcionar con baterías pequeñas.
- Largo Alcance. En lugares urbanos pueden llegar alcanzar hasta los 5 Km, y en el sector rural hasta 15 Km.
- Gran volumen de transmisión.
- Monitorea a largo plazo en la capa de dispositivos. [29]

¿Dónde se encuentra LPWAN?

No todas las tecnologías tienen soporte a todas las aplicaciones y volúmenes proyectados para IoT. El estándar 802.11(WiFi) y BTLE son estándares ampliamente usado y sirven bastante bien a las aplicaciones de área de comunicación de dispositivos personales es decir al estándar WPAN (Red de Área Personal). La tecnología celular es ideal para aplicaciones que necesitan un alto rendimiento de datos y tienen una fuente de energía. LPWAN ofrece una vida útil de la batería de varios años y está diseñado para sensores y aplicaciones que necesitan enviar pequeñas cantidades de datos a largas distancias varias veces por hora desde diferentes entornos[30]. En la figura muestra la diferencia del protocolo LPWAN entre otros protocolos tanto de su uso, sus ventajas, sus desventajas y tecnologías.










	Local Area Network Short Range Communication	Low Power Wide Area (LPWAN) Internet of Things	Cellular Network Traditional M2M
	40%	45%	15%
	Well established standards In building	Low power consumption Low cost Positioning	Existing coverage High data rate
	Battery Live Provisioning Network cost & dependencies	High data rate Emerging standards	Autonomy Total cost of ownership
	 		  

Fig. 5. Diferencia del protocolo LPWAN y otros protocolos[30].

Los factores críticos del estándar LPWAN:

- Arquitectura de la Red
- Rango de comunicación
- Duración de la batería o bajo consumo de potencia
- Robustez a las interferencias
- Capacidad de la red (Numero de nodos conectados a la red)
- Seguridad
- Comunicación unidireccional vs bidireccional
- Variedad de Aplicaciones[30]

1.1.1.6 IoT en la Agricultura.

Introducción

Según una encuesta de las Naciones Unidas - Organizaciones para la Agricultura y la Alimentación, la producción mundial de alimentos debería aumentarse en un 70% en 2050 para la población en crecimiento de aproximadamente para 10000 millones de personas[31, p. 2]. La agricultura es la principal fuente de alimentos para las personas y desempeña un papel importante en el crecimiento de la economía de un país. También brinda oportunidades de empleo a la gente. En la actualidad los agricultores en su mayoría siguen utilizando métodos tradicionales de agricultura, lo que da como resultado un bajo rendimiento de cultivos y frutas. Por tanto, el rendimiento del cultivo se puede mejorar mediante una agricultura tecnificada. Es necesario implementar ciencia y tecnología modernas en la agricultura para aumentar el rendimiento. Al usar IoT, podemos esperar el aumento de la producción a bajo costo al monitorear la eficiencia del suelo, el monitoreo de la temperatura y la humedad, el monitoreo de la lluvia, la eficiencia de los fertilizantes, el monitoreo de la capacidad de almacenamiento de los tanques de agua y también la detección de robos en áreas agrícolas.[32, p. 81]

Beneficios de IoT para la agricultura

- IoT permite la recopilación y gestión de toneladas de datos recopilados de sensores de una manera fácil y con la integración de servicios de computación en la nube como mapas de campos agrícolas, almacenamiento en la nube, los dashboard entre

otros se puede acceder a los datos en tiempo real desde cualquier lugar, lo que permite el monitoreo en vivo y la conectividad de extremo a extremo.

- IoT se considera un componente clave para la agricultura inteligente, ya que, con sensores precisos y equipos inteligentes, los agricultores pueden aumentar la producción de alimentos en un 70% hasta el año 2050 como se menciona en la sección 1.1.1.6.
- Con las producciones de IoT, los costos se pueden reducir a un nivel notable, lo que a su vez aumentará la rentabilidad y la sostenibilidad.
- IoT ayuda a los campos agrícolas el uso correcto de recursos y el nivel de eficiencia en términos de uso de suelo, agua, fertilizantes, pesticidas, etc.
- Con IoT ciertos factores también conducirían a la protección del medio ambiente[33].

Agricultura 4.0

La población mundial está en crecimiento continuo, así como nuevas tecnologías y la digitalización que han aportado al sector agroalimentario capaz de alimentar a toda la población. A esto se lo denomino agricultura de precisión; la integración de la digitalización y tecnología. No obstante, se han integrado nuevas ciencias a la agricultura como la biotecnología, bioquímica y genética, así como las que se mencionaron anteriormente como sensores, el big data por la gran masa de datos, inteligencia artificial, robótica como drones, tractores inteligentes e Internet de las Cosas que dan paso a la agricultura 4.0.

La agricultura 4.0 desempeñará un papel importante en la agricultura mundial, pero actualmente los sistemas automatizados, la aplicación de datos y las plataformas móviles son escasos en las granjas es decir no hay una tecnificación. La agricultura inteligente (Farming 4.0) es la integración de tecnologías agrícolas, y las tecnologías de datos modernas ayudan a los agricultores [34].

1.1.1.7 Mapas digitales

Los mapas son la representación de áreas geográficas para identificar, analizar e interpretar información sobre dicha área geográficas como en el sector urbano, ejemplo mapas de calor, ubicación, etc., y en el sector rural, ejemplo para monitoreo de suelos en el sector agrario[35]. Los mapas digitales son la integración de la tecnología digital con otras tecnologías tales como dispositivos; sensores, geolocalización. Plataformas SIG (Sistemas de Información Geográfica) en la nube, potencializando la recolección de información y su tratamiento mostrados visualmente en mapas de cualquier área geográficas para la toma de decisiones de forma optimizada y eficaz.

1.1.1.8 Mapificación de suelos

La determinación de necesidades de enmiendas se realiza a través de la integración del mapa de fertilidad de suelos, la comparación con los niveles umbrales según el tipo de suelo y según los requerimientos del cultivo en cuestión. La principal función del mapeo es diferenciar y zonificar aquellas áreas que tengan ciertos problemas o desviaciones, para que sean trabajadas de manera tecnificadas y diferenciales, lo que se conoce como manejo sitio específico, y lo que busca es dar más valor al suelo y optimización de insumos para su tratamiento[36].

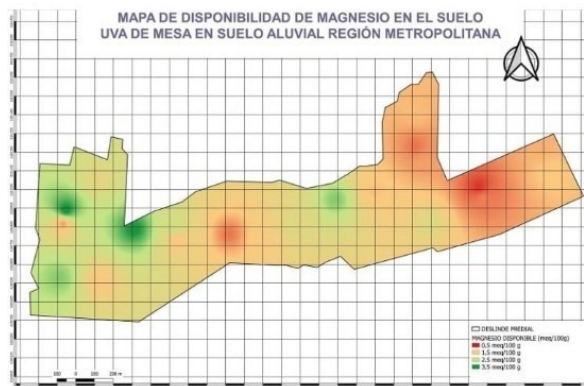


Fig. 6. Ejemplo de mapificación de suelos[36]

1.1.1.9 Plataforma de mapas digitales online

Existen plataformas online que dan servicios de almacenamiento de datos para que sean analizados, editados y procesados que son mostrados en mapas digitales. Existen plataformas digitales de membresías pagadas y gratuitas.



Fig. 7. Plataformas de mapas digitales online [37]

Em la tabla se muestra varias plataformas indicando su principal función y ciertas características.

Tabla 8. Plataformas de mapas digitales online [37]

PLATAFORMAS MAPAS DIGITALES	Características	Membresía
<i>ArcGICS Online</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma en la nube basa en ESRI • Crea y comparte mapas, aplicaciones y contenidos • Permite creación de aplicaciones • Soporte SDK para JAVA and Android • Soporte API para JavaScript 	Pagada
<i>CARTO</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Predice acontecimientos y fenómenos mediante localización inteligente y monitorización de información. • Realiza análisis complejos geoespaciales. • Analiza, visualiza y extrae infmración a partir de geolocalización de datos. • Posee CARTO Builder, herramienta para crear y publicar mapas elegantes. • Código abierto CARTO Engine. • Soporte CARTO.js, SQL API, Maps API, Mobile SDK. 	Libre
<i>GeoWE</i>	<ul style="list-style-type: none"> • GIS en la Web 	Libre

	<ul style="list-style-type: none"> • Su función principal es potencialización de edición de datos geográficos. • Basado en el framework GOOGLE WEB TOOLKIT • Orientación a la creación y edición de datos geograficos. 	
<i>GIS Cloud</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite el alojamiento, gestión y acceso a datos geoespaciales PostGis en la nube para crear y compartir mapas en la web, • Usa la herramienta Map Editor que permite a los usuarios de manera fácil y sencilla el manejo de información geográfica como la edición, análisis y visualización. • Soporte API GIS Cloud JavaScript • Soporte API GIS Cloud REST 	Pagada
<i>InstaMaps</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Su función es que cualquier usuario pueda editar y analizar datos geograficos para la creación y compartir mapas online de forma rápida y sencilla. • Desarrollada por GeoStarters 	Libre
<i>Mapbox</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite la creación y edición de mapas para desarrolladores. • Su herramienta es MapBox Studio que se usa para el diseño y personalización de mapas para luego publicarlos y compartirlos. • Posee una lista de estilos de mapas y también para la creación de mapa desde cero. • Se requiere el estudio de MapBox Studio para la creación y estilos de mapas. • Permite la creación de aplicaciones con soporte Mapbox GL JS, Mapbox android SDK, JavaScript SDK, Python SDK, Geocoding API, Styles API, Maps API,etc. 	Libre
<i>Google My Maps</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Su objetivo es crear y aplicar estilos de mapas personalizados sobre los mapas de Google maps a partir de datos geográficos de manera sencilla y rápida para que posteriormente sean publicados y compartirlos en internet. • Es una aplicación que posee aplicación móvil. • Es escalable. • Fácil uso 	Pagada

<i>QGIS Cloud</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Servicio de alojamiento en la nube QGIS Server que permite la visualización, la consulta y publicación de mapas a la red. • No realiza funciones de análisis. • No realiza edición del mapa. • No permite exportar e importar datos. • No crea estilos de capas. 	Pagada
--------------------------	--	--------

1.2 Objetivos

1.1.2 Objetivo General

Implementar un sistema de mapeación de fertilización de suelos basados en IoT en la ciudad de Ambato.

1.2.1 Objetivos Específicos.

- Realizar el estudio de suelos y su fertilidad en los centros agrícolas de Ambato.

Este objetivo está orientado a la investigación de suelos de la ciudad Ambato en los centros agrícolas, es decir, los tipos de suelo que existen. Para llevar a cabo y cumplir el objetivo se deben realizar las presentes actividades:

1. Estudio de la fertilidad del suelo como sus componentes.
2. Análisis de componentes del suelo para determinar su fertilidad.

- Construir un circuito electrónico para la adquisición de datos de humedad, temperatura, pH y textura del suelo.

En esta parte se realizará el circuito electrónico para la recolección de datos del suelo, es decir previamente hacer un análisis de diferentes microcontroladores que permitan la lectura de sensores y su compatibilidad. Para lograr el objetivo se realizarán las siguientes actividades:

1. Selección de los componentes electrónicos.
2. Selección de sensores que permitan el monitoreo de los componentes del suelo.
3. Análisis de los sensores usando microcontrolador y/o basados en IoT que permita la recolección de datos del suelo.

- Diseñar una red de sensores inalámbricos que envíe datos del suelo hacia un servidor para la elaboración de los mapas digitales del terreno.

En esta sección, lo que se requiere es un dimensionamiento de nodos de sensores necesarios para la recolección de los datos del suelo de un terreno específico, así como el alojamiento de los mismos usando IoT. También se requiere la monitorización de los datos montados en mapas digitales. Para que el objetivo se cumpla se realizarán las siguientes actividades:

1. Selección de comunicación inalámbrica, servidor y plataforma de mapas digitales en línea.
2. Selección de estándar y protocolos con soporte IoT.
3. Determinación de los nodos de sensores para la recolección de datos.
4. Ejecución de pruebas, detección y corrección de errores del sistema de mapeo de suelos para determinar su fertilidad basado en IoT.
5. Análisis de resultados y la obtención de conclusiones del sistema.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Selección de hardware y software

2.1.1.1 Capa de dispositivo

Selección de sensores para la adquisición de las variables físicas.

Las variables físicas del suelo permitirán el análisis del suelo, así como la interpretación grafica en mapas digitales para llegar a determinar su fertilidad o en qué condiciones se encuentra cierto terreno. Las mediciones que se realizaran en el presente proyecto son: temperatura, humedad, pH, textura del suelo y conductividad eléctrica.

Selección de Sensor de Temperatura

**Tabla 9. Cuadro comparativo de sensores de temperatura
Elaborado por investigador**

Parámetros	LM35	DS18B20	DTH11	DTH22
Voltaje de operación (V)	4 – 30	3 – 5.5	3 – 5.5	3.5 – 5.5
Rango de temperaturas(°C)	-55 – 150	-55 – 125	0 – 50	-42 – 80
Precisión	±0.5°C	±0.5°C	±1°C and ±1%	±0.5°C and ±1%
Resolución (bit)	8	12	8	16

El sensor de temperatura DS18B20 será el utilizado debido a sus características óptimas para suelos ya que contiene en su terminal acero inoxidable y recubrimiento para protección a prueba de agua y sus parámetros son adecuados para el presente proyecto.

Selección de sensor de Humedad

**Tabla 10. Cuadro comparativo de sensores de humedad
Elaborado por investigador**

Parámetros	DTH11	DTH22	YL-69	FC-28
Voltaje de operación (V)	3 – 5.5	3.5 – 5.5	3.5 – 5.5	3.3V - 5V

Corriente de operación (mA)	0.3	0.3	35	20
Rango de humedad (%)	20 – 90	0 – 100	0 – 93	0 – 93
Resolución	16	16	8	8

Para obtener la variable física medida en porcentaje de la humedad del suelo se usará el sensor de humedad YL-69 (Higrómetro) compuesta por dos electrodos y un módulo convertidor que contiene salida digital y salida análoga. Se empleará la salida analógica para más precisión.

Selección de sensor de pH

Tabla 11. Comparación de sensores de pH
Elaborado por investigador

Parámetros	SEN0161	SEN016*
Rango de voltajes (V)	0 – 5	0 – 5
Rango de temperaturas (°C)	0 – 60	0 – 60
Rango de medición (pH)	0 – 14	0 – 14
Precisión	± 0.1pH (25 °C)	± 0.1pH (25 °C)

En la tabla 11, muestra dos sensores de pH, con los mismos parámetros, su diferencia es su estructura física, el que se encontró en el mercado dentro del país es el SEN0161 compatible con la plataforma Arduino por poseer una tarjeta electrónica de acondicionamiento de la señal.

Conductividad eléctrica

Tabla 12. Sensor de conductividad eléctrica
Elaborado por investigador

Parámetros	MEC10
Rango de voltajes	12-30 V

Salida de señal	4-20mA Resistencia de carga menores a 500Ω
Rango de temperaturas	5 – 40
Resolución conductividad eléctrica	Rango: 0-5000us/cm 10000us/cm 20000us/cm Resolución: 0-10000us/cm(10us/cm) 100000-20000us/cm(50us/cm) Precisión: 0-10000us/cm(± 3%); 10000-20000us/cm(± 5%)
Clase de protección	IP68 en entornos de inmersión en el agua.

Un parámetro fundamental para determinar la fertilidad del suelo, es su conductividad eléctrica del mismo ya que permite establecer su salinidad. Como adicional se usará el sensor de conductividad eléctrica MEC10 que contiene los parámetros ideales para cualquier tipo de suelo y compatible con la plataforma Arduino ya que contiene una placa de acondicionamiento de la señal. Existe una variedad de sensores para medir la conductividad eléctrica del suelo, en la tabla 12 muestra un solo modelo debido a que fue el que se encontró dentro del país.

Selección de microcontroladores para acondicionamiento de las señales adquiridas

Los sensores seleccionados anteriormente requieren de microcontrolador que permita acondicionar las señales para interpretar sus magnitudes físicas en su unidad correspondiente. En la tabla 13, 14 y 15 se muestra varios microcontroladores y tarjetas Arduino y se seleccionara el más adecuado para el proyecto.

Tabla 13. Microcontroladores de la familia PIC16F88X
Elaborado por investigador

Microcontrolador	Flash (words)	EEPROM (byte)	SRAM (bytes)	F.Max (MHz)
PIC16F882	2048	128	128	20
PIC16F884	4096	256	256	20
PIC16F886	8192	256	368	20
PIC16F887	8192	256	368	20

**Tabla 14. Microcontroladores Atmel AVR 8 bits
Elaborado por investigador**

Microcontrolador	Flash (Kbyte)	EEPROM (Kbyte)	SRAM (bytes)	F.Max (MHz)
ATmega128	128	4	4096	16
ATmega64	64	2	4096	16
ATmega32	32	1	2048	16
ATmega16	16	0.5	1024	16

**Tabla 15. Características de la tarjeta Arduino
Elaborado por investigador**

Parámetros de Arduino	UNO
Velocidad de reloj (MHz)	16
Pines digitales I/O	14
Entradas análogas	6
Memoria de programa (Kbyte)	32
Memoria de datos (Kbyte)	2
Memoria auxiliar (Kbyte)	1

La tarjeta Arduino UNO se la utilizara para la adquisición de datos mediante los sensores ya seleccionados que también son partes del Kit de selección.

Selección de comunicación inalámbrica

Para realizar él envío de la información recolectada a través de los sensores y acondicionadas en el microcontrolador seleccionado ARDUINO UNO, se lo hará usando tecnología inalámbrica. A continuación, se menciona varias tecnologías inalámbricas que se consideran para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 16. Comparación de Tecnologías Inalámbricas
Elaborado por investigador

Parámetros	LoRa	WiFi	Sigfox	ZigBee
Frecuencia	433/868/780/915 MHz ISM	2.4 GHz – 5 GHz	900 MHz	2.4 GHz
Consumo de potencia	Bajo consumo	400 mA	Bajo consumo	30 mA
Alcance	Urbano: 2-5 Km Rural: 15Km	<100 m	Urbano: 3 – 10 Km Rural: 30 – 50 Km	Urbano: 10-100 m Rural: 10Km
Velocidad de transmisión	0.3 bps – 50 Kbps	54 Mbps	10-1000 bps	250Kbps
Topología	Estrella	Malla, Estrella	Estrella	Malla
Estándar	LoRa Alliance	IEEE 802.11	Sigfox	IEEE 802.15.4

La tecnología inalámbrica más óptima para el proyecto es LoRa mencionada en el capítulo 1, las frecuencias mostradas en la tabla 16 son frecuencias libres de la banda ISM aceptadas dentro del Ecuador, también cumple con parámetros bajo LPWAN y a su vez es una tecnología orientada para IoT ambientadas en aplicaciones en el sector agrario, como agricultura.

Selección de modulo Shield LoRa

Este módulo Shield LoRa para Arduino fue seleccionada por un kit completo que se menciona en el apartado de Kit de selección LoRa. Está basado en la tecnología LoRa basado en código abierto y en el chip Semtech SX1276/SX128 que opera en las frecuencias 433/868/780/915, su función es compartir pin Arduino al pin LoRa para intercambiar la conexión mediante el estándar de comunicación SPI que permite la transmisión de datos.

Tabla 17. Modulo Shield Lora
Elaborado por investigador

Especificaciones técnicas	
Compatibilidad de fuente	3.3 V o 5 V

Banda de frecuencia [MHz]	433/868/780/915
Consumo de energía	Baja
Antena	Externa a través del conector I-Pex
Compatibilidad con Placa Arduino	UNO, LEONARDO, MEGA

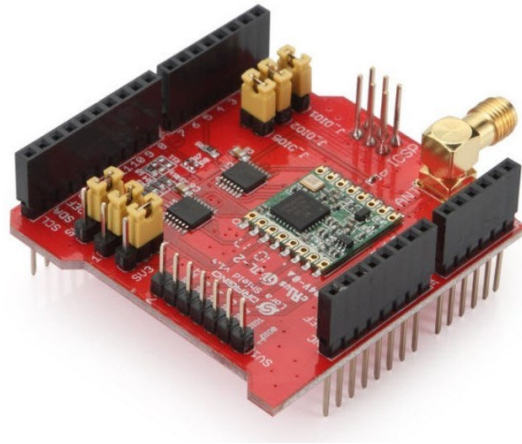


Fig. 8. Shield LoRa Arduino

A continuación, se da a conocer acerca de LoRa tanto en conceptos como su funcionalidad en la capa física.

LORA

Long Range (LoRa) que en español significa de Largo Alcance, es un protocolo de comunicación de capa física para tecnologías LPWAN y en la arquitectura IoT, que cuenta con ventajas para aplicaciones de IoT con dispositivos alimentados por baterías que optimizan el consumo de energía para dar más duración de vida. LoRa utiliza un tipo de modulación en radiofrecuencia patentado por Semtech llamado Chirp Spread Spectrum, o CSS que opera en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) en las frecuencias de 433[Mhz], 868[Mhz] o 915[MHz] [38]. La ventaja que ofrece esta modulación es que puede lograr comunicaciones a largo alcance, optimiza el consumo de energía y sólido frente a interferencia.

Arquitectura de red

LoRa es de topología estrella, son redes de fácil implementación y gestión por que no usan equipos de enrutamiento. Las redes están formadas por los siguientes elementos:

- **Dispositivos finales:** Recolectan la información de los objetos de la red LoRa y la transmiten al Gateway [39, p. 26].
- **Gateway:** Son estaciones base LoRa, que actúan como puente que retransmiten de forma bidireccional las transmisiones realizadas por múltiples dispositivos finales y los servidores de red [39, p. 26].
- **Servidores de red:** Los servidores de red se conectan a varias puertas de enlace a través de una conexión TCP/IP ya sea alámbrica y/o inalámbrica. Reciben y procesan la información de los dispositivos finales [39, p. 26].
- **Servidor de aplicaciones:** Estos servidores de aplicación son encargados de recopilar y analizar los datos recibidos de los nodos finales y determinan las acciones del nodo final [39, p. 26].

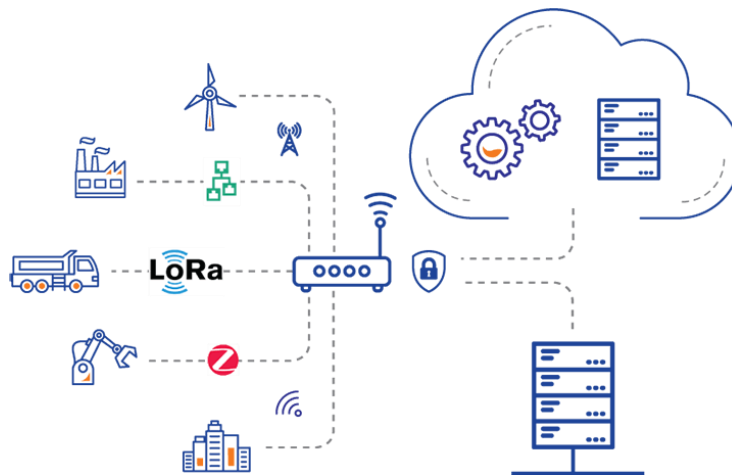


Fig. 9. Arquitectura LoRa [39, p. 26].

Trama Física

La trama física también llamada la trama de radio LoRa está formada por:

Preámbulo: Su funcionalidad principal es la sincronización, posibilita conceptualizar los límites de manera individualizada para cada paquete. Permitiendo de esta forma

indicar el esquema de transmisión para cada paquete en funcionalidad de la distancia al Gateway y, por consiguiente, ajustar el rendimiento y consumo eléctrico según las situaciones. El preámbulo acaba con un byte de sincronización que posibilita distinguir en medio de las redes LoRa que permanecen emitiendo en la misma banda de frecuencia de manera que cada dispositivo solo escucha las emisiones del mismo byte de sincronización. Esto causa concurrencia de diversas redes LoRa en un mismo espacio [39, p. 26].

Cabecera: Formada por el PHDR y el PHDR_CRC. Su función es añadir información adicional sobre la trama y control de errores. Encargado de configurar el número de bytes de la carga útil, informar de la existencia de CRC para la carga útil y el código CRC propio de la cabecera [39, p. 27].

Carga útil: Formada por el PHYPayload y el CRC. Contiene la trama de la capa de acceso al medio LoRaWAN. Es el elemento donde se encuentra los datos proporcionados por los sensores y que se pretenden enviar hacia el servidor. De acuerdo con el estándar LoRaWAN 1.1 la longitud máxima de esta parte de la trama en número de bytes depende del tipo de configuración de SF que se utilice [39, p. 27].

Modulación de radio y LoRa

Una técnica de modulación de espectro ensanchado patentada derivada de la tecnología Chirp Spread Spectrum (CSS) existente, LoRa es responsable entre sensibilidad y velocidad de datos, mientras opera en un canal de ancho de banda fijo de 125 KHz para uplink y/o 500 KHz para downlink. Además, LoRa utiliza factores de dispersión ortogonales. Esto posibilita que la red conserve la vida de la batería de forma eficaz de los nodos finales conectados al hacer optimizaciones adaptativas de los niveles de energía y las velocidades de datos de un nodo final personal. Ejemplo, un dispositivo final localizado alrededor de un gateway debe transmitir datos con un componente de dispersión bajo, debido a que es necesario bastante poco presupuesto de enlace. No obstante, un dispositivo final localizado a numerosas millas de una puerta de enlace tendrá que transmitir con un componente de difusión muchísimo más elevado. Este elemento de

dispersión máximo otorga una más grande ganancia de procesamiento y una más grande sensibilidad de recepción, aun cuando la tasa de datos va a ser precisamente menor [39].

LoRa es una implementación de capa puramente física (PHY) o de "bits", según lo definido por el modelo de red de siete capas OSI, que se muestra en la Figura En lugar de cableado, el aire se utiliza como medio para transportar ondas de radio LoRa desde un Transmisor de RF en un dispositivo IoT a un receptor de RF en una puerta de enlace, y viceversa[39].

2.1.1.2 Capa de Red

En esta capa de red de la arquitectura IoT mostrada en la figura 3, pertenece a las tecnologías de comunicación alámbricas y comunicaciones inalámbricas para el transporte de los datos recibidos desde la capa física. El protocolo para este proyecto es LoRaWAN que se define como el protocolo MAC usando el dispositivo Gateway LoRa. En la capa de red que se usara para el transporte de los datos es LoRaWAN. Para ello se debe conocer ciertos conceptos mostrados a continuación:

LoRaWAN

Se define como el protocolo MAC que pertenece a la segunda capa del modelo OSI con un mayor número de conectividad de nodos y gateway y arquitectura del sistema de la red, mientras que LoRa pertenece a la capa física que permite el enlace de comunicación de mayor alcance. El protocolo y la arquitectura de la red tienen la mayor influencia en la determinación de la vida útil de la batería de un nodo, la capacidad de la red, la calidad del servicio, la seguridad y la variedad de aplicaciones que atiende la red [29].

Clases LoRaWAN

La especificación LoRaWAN define tres tipos de dispositivos. Todos los dispositivos LoRaWAN deben implementar la Clase A, mientras que la Clase B y la Clase C son extensiones de la especificación de los dispositivos Clase A [40].

Clase A: es la clase de mayor eficiencia energética en la que el downlink está disponible solo cuando el sensor desea enviar los datos; de lo contrario, el dispositivo permanece en modo de suspensión. Todos los dispositivos de LoRaWAN admiten esta clase.

Clase B: la única diferencia es que abre ranuras adicionales para recibir datos de la red a sensores distintos al que está transmitiendo. Por lo tanto, requiere de tramas sincronizadas de tiempo desde las puertas de enlace.

Clase C: esta clase utiliza la máxima energía manteniendo el receptor encendido todo el tiempo, excepto durante la transmisión [41].

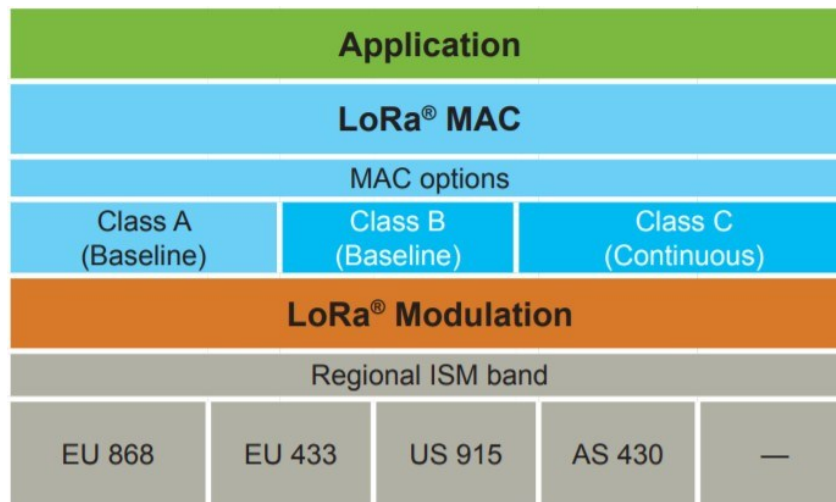


Fig. 10. Red LoRaWAN [41].

Modulación y velocidad de datos

En la mayoría de los casos, LoRaWAN usa modulación LoRa. La modulación LoRa se basa en la tecnología de espectro ensanchado Chirp, que hace que evite el ruido de canal, desvanecimiento multitrayecto y efecto Doppler, incluso a baja potencia.

La velocidad de datos depende del ancho de banda utilizado y del spreading factor (SF). LoRaWAN puede utilizar canales con un ancho de banda de 125 kHz, 250 kHz o 500 kHz, según la región o el plan de frecuencias. El spreading factor lo elige el dispositivo final e influye en el tiempo que se tarda en transmitir una trama [42].

En términos de LoRa, la cantidad de código de ensanchamiento aplicado a la señal de datos original se denomina SF. La modulación LoRa tiene un total de seis SF (SF7 a SF12). El SF entre más sea el valor mayor, más lejos podrá viajar la señal y aún ser recibida sin errores por el receptor de RF [43]. En la tabla 18 muestra los SF en el rango de SF7 A SF12 para línea de vista directa, en el proyecto presente el Gateway LG01-N es de un solo canal por lo cual solo permite uplink de datos 125 KHz de ancho de banda.

Tabla 18. Spreading Factor LoRa
Elaborado por Investigador

SF	BIT RATE (bps)	DISTANCIA (Km)	TOA (ms)
12	293	12-15	1483
11	537	10	741
10	980	8	371
9	1760	6	185
8	3125	4	103
7	5470	2	61

También da a conocer la tasa de bits equivalente, así como el rango estimado (depende la ubicación del terreno, se lograrán distancias más largas en sector rural que a un sector urbano). También muestra el tiempo en el aire (TOA), valores para una carga útil de 11 bytes para cada uno de los cuatro SF. En la figura muestra la relación entre el SF y el TOA para la modulación LoRa.

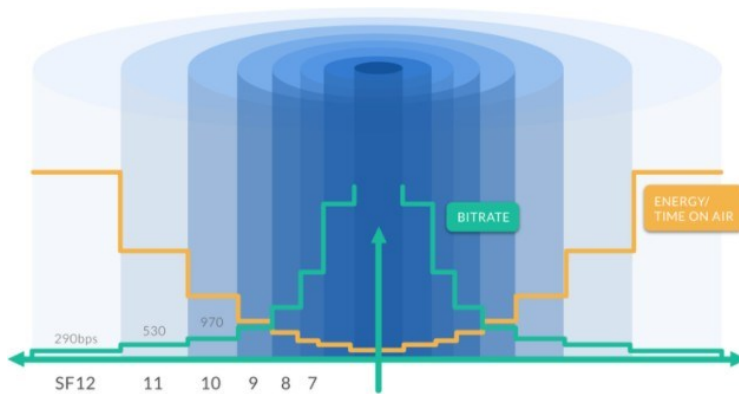


Fig. 11. Relación entre el spreading factor y TOA [44]

Ventajas LoRaWAN

LoRaWAN proporciona una variedad de beneficios sobre otros protocolos de comunicación inalámbrica, lo cual lo hace un protocolo con algunas ventajas como son:

- Comunicación Unidireccional y Bidireccional
- Seguridad de extremo a extremo mediante estándar de cifrado AES (Advanced Encryption Standard).
- Conexión de nodos mayores a 100
- Bajo consumo de potencia
- Velocidad de datos adaptables
- De largo alcance
- Bajos Costos

Red LoRaWAN

La red LoRaWAN se extienden en una topología de estrella donde los gateways retransmiten mensajes entre los nodos y un servidor de red. El servidor de red y los concentradores/Gateway usan el estándar TCP/IP para el enrutamiento de la información. Mientras que, los nodos y el gateway lo hacen mediante una la tecnología de comunicación inalámbrica LoRa de forma directa en la capa física. La comunicación puede ser unidireccional o bidireccional.

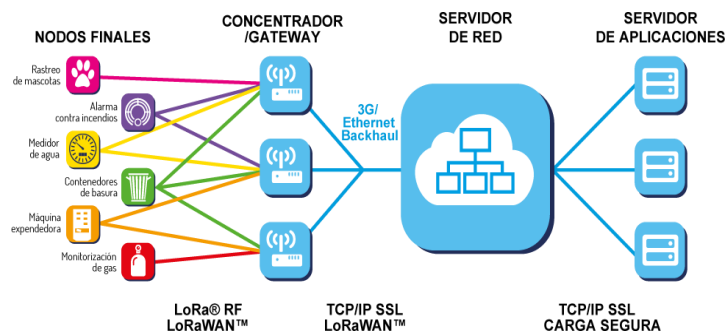


Fig. 12. Red LoRaWAN [41]

Kit de Selección de LoRaWAN

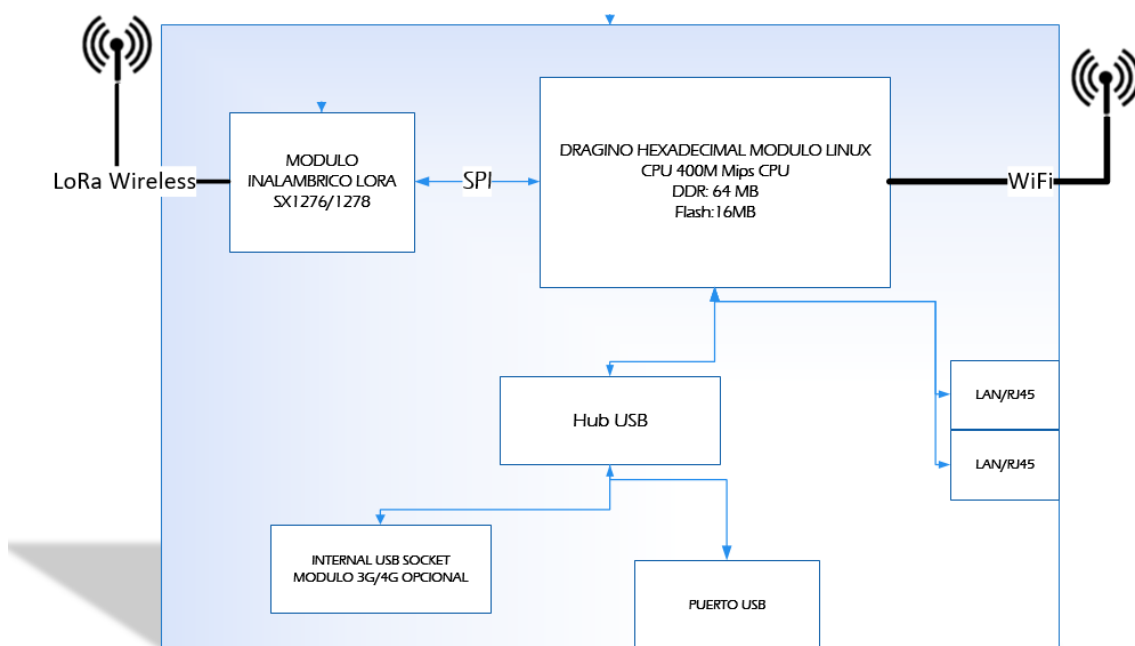
El kit de comunicación LoRa contiene una shield LoRa para Arduino basado en el chip Semtech SX1276/SX128 que opera en las frecuencias 433/868/780/915 MHz con una antena externa. Tiene el Gateway LoRa de marca *Dragino LG-01N* tiene la función de traducir información de dos protocolos diferentes, recibe la información transmitida por radio frecuencia y sube los datos a la nube mediante Ethernet, LTE y WiFi bajo el protocolo LoRaWAN Nota: No requiere de otro modulo LoRa para recibir los datos enviados con el uso de un Gateway LoRa. Se escogió el kit completo con el GATEWAY LG-01N por sus características en comparaciones a los demás como muestra en la tabla de comparaciones.

Gateway LoRa LG-01N de simple canal

Es un dispositivo creado por la empresa DRAGINO de código abierto que tiene como objetivo hacer un puente de la red LoRa a una red IP a través de las tecnologías WiFi, Ethernet y redes celulares como 3/G Y LTE. Soporta de 10 a 100 nodos sensores con soluciones IoT de bajo costo. En la figura muestra un resumen del sistema del Gateway LG01-N [45].



Fig. 13. Gateway LoRa Dragino LG01-N[46]



**Fig. 14. Sistema Gateway LG01-N
Elaborado por investigador**

Tabla 19. Comparativas de Gateway LoRa de marca Dragino[46]

Artículo	LG01-P	LG01-N	LG02	LG308
Solución Chip	Basada en módulos LoRa Semtech SX1276/SX1278			Basada en solución de concentrador LoRa SX1301/SX1308
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> Debido a las limitaciones de hardware del chip, estas soluciones solo trabajan para: Nodos de transmisión ABP LoRaWAN en una frecuencia Limitación OTAA Protocolo Privado LoRa			SX1301/SX1308 es la solución estándar LoRaWAN, puede trabajar con: 1) Dispositivos estándar LoRaWAN 2) Protocolo LoRa privado.
Descripción	Gateway Lora de 1 canal	Gateway Lora de 1 canal	Gateway Lora de 2 canales	Gateway Lora de 8+1 canales
Código abierto	Sí	Sí	Sí	Sí
Módulo LoRa	1 x SX127x	1 x SX127x	2 x SX127x	1 x SX1308/SX1301 + 2 x SX1257
Canales TX/RX	1 x TX o 1 RX, half duplex	1 x TX o 1 RX, half duplex	1 x RX + 1 TX, Full duplex	8 x RX + 1 TX, Full duplex
Controlador LoRa	Atmega328P MCU	AR9331 24K MIPS / Linux	AR9331 24K MIPS / Linux	AR9331 24K MIPS / Linux
CPU	AR9331 24K MIPS	AR9331 24K MIPS	AR9331 24K MIPS	AR9331 24K MIPS
Sistema Operativo	OpenWrt	OpenWrt	OpenWrt	OpenWrt
Soporte LoRaWAN	Solo ABP (no OTAA)	Solo ABP (no OTAA)	Solo ABP (no OTAA)	Standard LoRaWAN
Compatibilidad con Nodos Finales	El Nodo Final debe trabajar en una única frecuencia y tener un tiempo mayor RX	El Nodo Final debe trabajar en una única frecuencia y tener un tiempo mayor RX	El Nodo Final debe trabajar en una única frecuencia y tener un tiempo mayor RX	Cualquier Nodo Final compatible LoRaWAN
Protocolo LoRa	LoRa Privado o Packet Forward	LoRa Privado o Packet Forward	LoRa Privado o Packet Forward Repetidor LoRa	LoRa Privado o Packet Forward
Capacidad: 3 Nodos LoRa Nodes enviando paquetes ABP en modo SF7 cada 10 segundos. 3 paquetes cada 10 segundos	10% de los paquetes perdidos	1% de los paquetes perdidos	1% de los paquetes perdidos	Sin pérdida de paquetes
Método de programación de LoRa	Arduino	OpenWrt/ Linux	OpenWrt/ Linux	OpenWrt/ Linux

2.1.1.3 Capa de servicio

Hace referencia a los servicios de cloud computing. En el presente proyecto se usará THE THING NETWORK (TTN) una plataforma de aplicación IoT de LoRaWAN para el alojamiento de datos enviados desde el Gateway. Permite también la integración de datos a otros servicios en este caso a AMAZON WEB SERVICES (AWS) para ordenar la información en la base de datos no SQL DYNAMO DB servicio de AWS.

2.1.1.4 Capa de Aplicación

La monitorización de los datos está orientados a los agrícolas que estudian sus suelos para su utilizad. Los datos son mostrados en mapas digitales desde internet, en la tabla 8 muestra las características de dichos mapas. Para este proyecto se usará MAPBOX que con la herramienta MAPBOX STUDIO permite generar códigos en formato JSON para el intercambio de datos a JavaScript para que posteriormente se los renderiza en MAPBOX dentro de un archivo HTML.

2.2 Métodos

2.1.2 Modalidad de investigación

El presente proyecto fue una investigación aplicada, porque se empleó los conocimientos adquiridos durante la carrera de electrónica en microcontroladores para la adquisición de datos del suelo que ayude a la agricultura mediante sensores, así como la creación de una red LoRa que permitió monitorear los datos en un servidor y así mapificarlos en mapas digitales.

Investigación bibliográfica, ya que el proyecto de investigación se basará en consultas de revistas técnicas, libros, artículos científicos, publicaciones en internet y en proyectos de tesis similar referente a temas de IoT para determinar la fertilidad del suelo mediante su mapificación.

Además, se trata de una investigación experimental y de campo, ya que se realizarán varias pruebas de funcionamiento del sistema y a si comparar técnicas tradicionales con el sistema propuesto referente al uso de sensores basados en IoT.

2.1.3 Recolección de la Información

Para lograr la recolección de información se empleará libros, revistas, fuentes online y proyectos desarrollados, así como guías prácticas y manuales de construcción por lo que se tomará en cuenta bases de datos confiables que permitan el desarrollo del proyecto.

2.1.4 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de datos se realizarán los siguientes pasos:

- Revisión de la información recopilada.
- Estudio de las características más importantes para momento del diseño.
- Realizar una lectura comprensiva de la información recolectada
- Interpretación de resultados.
- Planteamiento de la propuesta de solución.

2.1.5 Desarrollo del proyecto

- Estudiar la fertilidad del suelo como sus componentes.
- Análisis de componentes del suelo para determinar su fertilidad.
- Análisis de redes inalámbrica con la tecnología IoT.
- Estudiar sobre mapas digitales: Software ARCGIS y QGIS u otros.
- Selección de los sensores usando microcontrolador y/o basados en IoT que permita la recolección de datos del suelo.
- Determinar los nodos de sensores para la recolección de datos.
- Seleccionar los componentes electrónicos y comunicaciones inalámbricas.
- Seleccionar el servidor en la nube.
- Seleccionar la plataforma de mapificación.
- Elaboración de los mapas digitales en la plataforma de mapa seleccionada
- Ejecutar pruebas, detección y corrección de errores del sistema de mapificación de suelos para determinar su fertilidad basado en IoT.
- Analizar resultados y la obtención de conclusiones del sistema en los centros agrícolas de la ciudad de Ambato.
- Elaboración del informe final de la propuesta proyecto.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Análisis de suelos y agricultura en el canto Ambato

Estudio de suelos

En la provincia de Tungurahua, cantón Ambato los suelos que predominan son los suelos Molisoles, Inceptisoles y Entisoles compuestos por cenizas volcánicas con una textura fina media y ligeramente gruesa. El suelo Molisol es un suelo fundamental para la agricultura dentro del cantón debido a sus competentes físicos, químicos y orgánicos que dan una buena fertilidad para cultivos. La agricultura en la provincia corresponde a una mayor importancia en la economía debido a que esta actividad posee un 40% de la población. Entre los principales cultivos que abundan son los cultivos de papas, maíz, hortalizas y frutales de hoja caduca como la manzana, claudia, durazno, peras, mora, haba y sus derivados. La cobertura de cultivos corresponde a una superficie en unidades de hectárea de 10792, en mosaico agropecuario con 4503 y en pastizal 16200 en parcelas pequeñas, medianas y grandes con riego y sin riego entre los productos que se mencionaron también pastizales, pastos entre otros dentro del cantón Ambato. El tamaño de la parcela que predomina en el desarrollo de los cultivos son las parcelas pequeñas con un aproximado total de 30738 ha con un tamaño de cada parcela de menor igual a 5 ha. Luego están las parcelas grandes que corresponde a la cobertura agropecuaria que son mayores a 25 ha con una superficie y parcelas medianas entre 5 y 25 ha.

Sistemas Productivos

Dentro del cantón existen varios sistemas productivos que influyen en la economía del mismo lo cual para el desarrollo del presente proyecto se enfoca en el sistema productivo agrícola lo cual se divide en empresarial, combinado, mercantil y marginal.

Sistema agrícola empresarial

Este sistema tiene como característica por aplicarse en grandes propiedades con uso de capital y tecnología. La economía que sustenta dentro de este sistema con destino a exportación y local son los siguientes productos:

- Brócoli con 63 ha
- Rosas con 4 ha

Sistema agrícola combinado

En este sistema su característica es usar semillas certificadas y también registradas con asistencia técnica pública y su producción se vende a intermediarios. Su actividad agrícola cubre una superficie de 83 ha con los siguientes productos:

- Brócoli con 53 ha
- Maíz suave con 30 ha

Sistema agrícola mercantil

El sistema agrícola mercantil se caracteriza por poseer micro y pequeñas parcelas con terrenos propios, arrendados y con riego, pero limitado con prácticas tradicionales y semi técnicos. Sus principales productos son los siguientes:

- Maíz suave, misceláneo de hortalizas, papa, misceláneos frutales, haba, otras frutas, aguacate, mora, tomate riñón y frutilla conjuntamente con un área de 12088 ha.

Sistema agrícola marginal

En este sistema la agricultura tiene como características a una agricultura totalmente tradicional sin riego, obra familiar, autoconsumo y escaso capital también por sus escasas en asistencia técnica para el estudio de sus propiedades al suelo con un área de 3058 ha de uso agropecuario[47]. La producción también se comercializa a intermediarios y consumidores de ferias en la ciudad de Ambato. La parroquia Unamuncho, la agricultura tiene este sistema debido a que sus actividades agrícolas son tradicionales y ancestrales[48].

3.1.2 Desarrollo e implementación del sistema

La implementación del sistema para determinar la fertilidad del suelo mediante la monitorización de sus variables físicas como humedad, temperatura, pH y conductividad está basada en la arquitectura IoT;

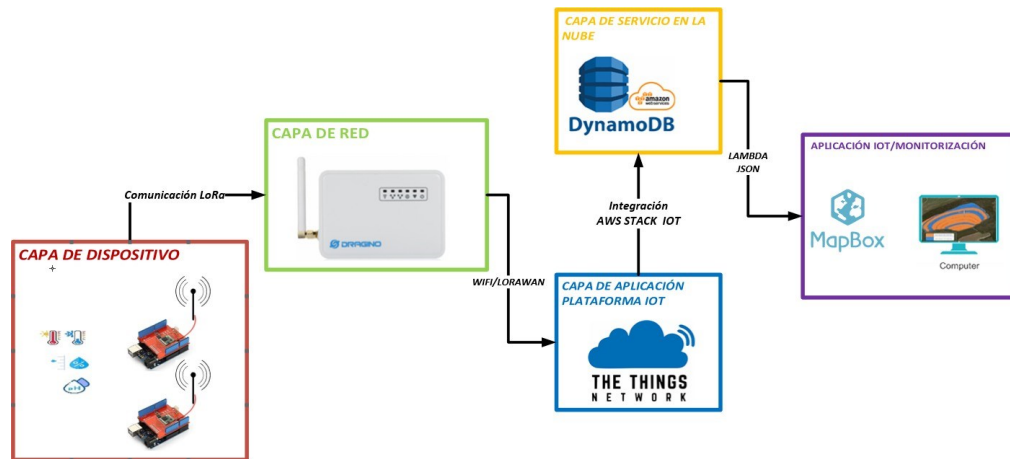


Fig. 15. Arquitectura del sistema de mapeo para determinar la fertilidad del suelo
Elaborado por investigador

Capa de dispositivo

Para la lectura de datos de humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica del suelo se usaron los sensores seleccionados en el apartado 2.1 con el Arduino UNO y el módulo shield LoRa, se ocuparon dos nodos, donde se realizará muestro de todo el terreno.

El primero nodo corresponde a la lectura de humedad, temperatura y pH que fueron programados en el Arduino IDE. En la figura 16 se muestra el esquema de conexión con el módulo shield LoRa Arduino.

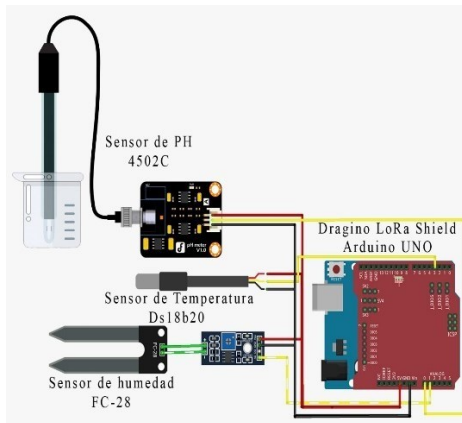


Fig. 16. Circuito de adquisición de datos nodo 1
Elaborado por investigador

Sensor de humedad YL-69

```

void sensor_humedad(){
  int lectura = analogRead(A1);
  Serial.print("La lectura es: ");
  Serial.println(lectura);
  int lecturaPorcentaje = map(lectura, 290, 1023, 100, 0);
  Serial.print("La Humedad es del: ");
  Serial.print(lecturaPorcentaje);
  Serial.println("%");
  if(lecturaPorcentaje>290){
lecturaPorcentaje=100;

```

Sensor de temperatura DS18B20

```

#include <DallasTemperature.h>
OneWire ourWire(3); //Se establece el pin 3 como bus OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se declara una variable u objeto para nuestro sensor

void sensor_tempds18b20() {
  int tempaux;
  sensors.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
  temp = sensors.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C
  Serial.println(temp);

```

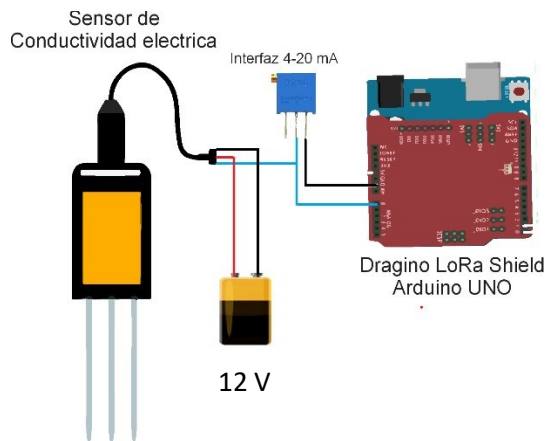
Sensor de Ph SEN0161


```

void sensor_ph()
{
  int Pol;
  int measure = analogRead(ph_pin);
  Serial.print("Measure: ");
  Serial.print(measure);
  double voltage = 5 / 1024.0 * measure;
  Serial.print("\tVoltage: ");
  Serial.print(voltage, 3);
  float Po = 7 + ((2.5 - voltage) / 0.18);
  Serial.print("\tPH: ");
  Serial.print(Po, 3);
  Serial.println("");
  Pol= Po* 10;
  LPP_data[1] = Pol >> 8;
  LPP_data[2] = Pol;
}

```

El segundo nodo corresponde a la lectura de la conductividad eléctrica del suelo que permitió conocer la salinidad del suelo, en la tabla 12 muestra su resolución y su interfaz y a partir de ello se acondiciona la señal.



**Fig. 17. Circuito de conexión de sensor de conductividad eléctrica con Shield LoRa Arduino
Elaborado por investigador**

Sensor de conductividad eléctrica MEC 10

```

void sensor_conductividad()
{
  m = analogRead(A0);
  volt = m * 5 / 1023;
  i = volt / 250;
  iaux = (1000 * i);
  c = (1250 * (iaux - 4));
  Serial.println(c);
  Col = c * 10;
  LPP_data[6] = Col >> 8;
  LPP_data[7] = Col;
}

```

Una vez realizada la adquisición de datos, se establece la comunicación entre el Arduino UNO y el módulo Shield LoRa mediante el protocolo SPI para luego ser transmitida por el chip Semtech SX1276/SX128, para ello se agrega la librería en el IDE del Arduino para establecer la comunicación entre los dispositivos mencionados. En la figura 18 muestra una forma sencilla de agregar la librería que viene por defecto en el directorio de librerías del Arduino.

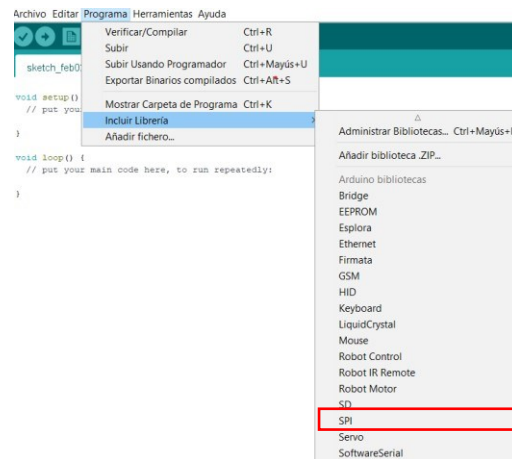


Fig. 18. Incluyendo librería SPI
Elaborado por investigador

```
#include <SPI.h>
```

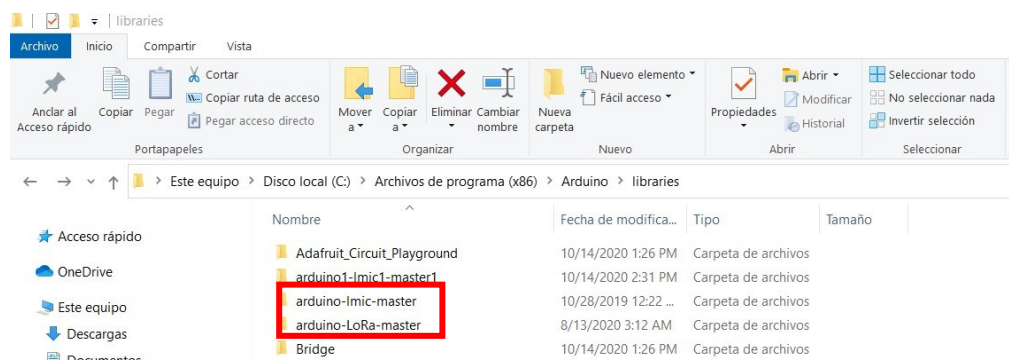
Configuración de librerías del módulo shield LoRa

El Kit Dragino LG01-N seleccionado de frecuencia 433MHz, el módulo Shield LoRa mediante la librería SPI se pudo conectar la tarjeta Arduino UNO para la adquisición de

datos y a su vez el envío mediante el chip Semtech SX1276/SX128 se tuvo que realizar previamente las siguientes configuraciones y descargas de librerías para el módulo Shield LoRa.

Descargas de librerías para shield LoRa para Arduino

La librería ARDUINO-LMIC permite la configuración del nodo final y la librería LoRa-raw permite transmitir y recibir LoRa, todas las transferencias de datos sin ID control, cifrado. Si el usuario desea desarrollar una red LoRa con protocolo LoRa privado, él puede modificar la base en esta biblioteca. Una vez descargada las librerías se las copia en la carpeta ARDUINO en librerías como muestra en la figura 19.



**Fig. 19. Directorio de librerías LMIC y LoRa master
Elaborado por investigador**

Una vez la descarga, para usar el protocolo LoRaWAN se editó la librería LMIC, el archivo `arduino\libraries\arduino-lmic\src\lmic\lorabase.h`. La frecuencia de operación del Kit de selección de DRAGINO LG01-N es de frecuencia 433 MHz por tanto el nodo final como el GATEWAY su estándar son las frecuencias desde 470 a 870 MHz, según el manual de DRAGINO LG01-N se recomienda por defecto usar la frecuencia 505.3 MHz dentro del rango mencionado para evitar interferencia con otras frecuencias dentro del mismo rango. Nota: Las frecuencias mencionadas son libres en el Ecuador. Los cambios son los siguientes:

```

lorabase.h * lmic.h
67 // Default frequency plan for ASI 433MHz
68 // Bands:
69 // g1 : 1% 14dBm
70 // g2 : 0.1% 14dBm
71 // g3 : 10% 27dBm
72 //
73 //      freq      band
74 enum { EU868_F1 = 505300000, // g1
75        EU868_F2 = 505300000, // g1
76        EU868_F3 = 505300000, // g1
77        EU868_F4 = 505300000, // g2
78        EU868_F5 = 505300000, // g2
79        EU868_F6 = 505300000, // g3
80        EU868_J4 = 864100000, // g2
81        EU868_J5 = 864300000, // g2
82        EU868_J6 = 864500000, // g2
83 };
84 enum { EU868_FREQ_MIN = 470000000,
85        EU868_FREQ_MAX = 870000000 };

```

Fig. 20. Configuración de librería lorabase.h de frecuencia del módulo Shield LoRa
Elaborado por investigador

Capa de red

Configuración de Dragino lg-01n

Para la configuración del Gateway se toma una serie de pasos, previamente en la figura 21 muestra el diagrama de acceso a internet mediante la red LAN.

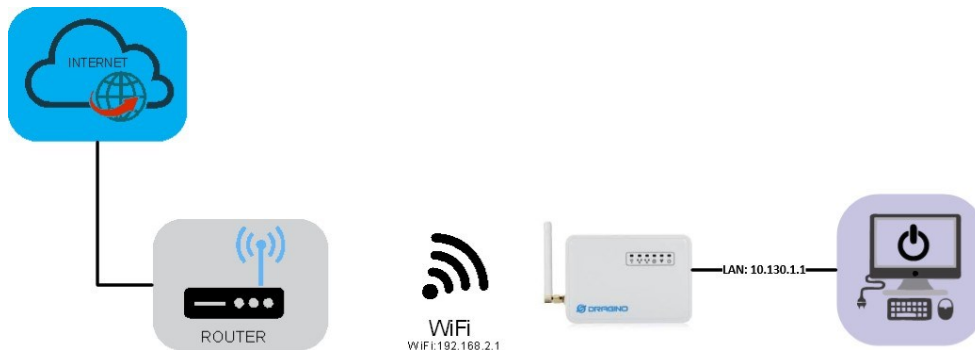


Fig. 21. Acceso a Internet desde Gateway LG01-N
Elaborado por investigador

Dado que necesitamos conectarnos a Internet IoT Server, debemos configurar el LG01-N para que tenga acceso a Internet. A continuación, los pasos para la configuración del LG01-N para tener acceso a internet:

- Conectar la PC o laptop al puerto LAN del LG01-N mediante cable RJ45 y configurar el puerto Ethernet de la PC a DHCP. La PC obtendrá la IP de LG01-N.

El rango de IP es 10.130.1.1 y luego usar un navegador para acceder a la interfaz gráfica del Gateway.

- Abrir un navegador en la laptop y escriba <http://10.130.1.1/cgi-bin/luci/admin> y se observa la interfaz de inicio de sesión de LG01-N en la figura 22. El usuario es: root y el Password: dragino.

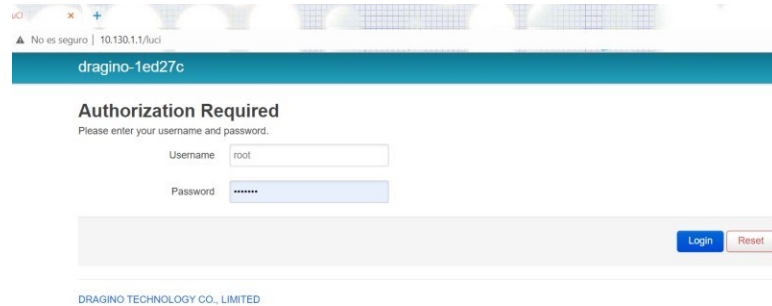


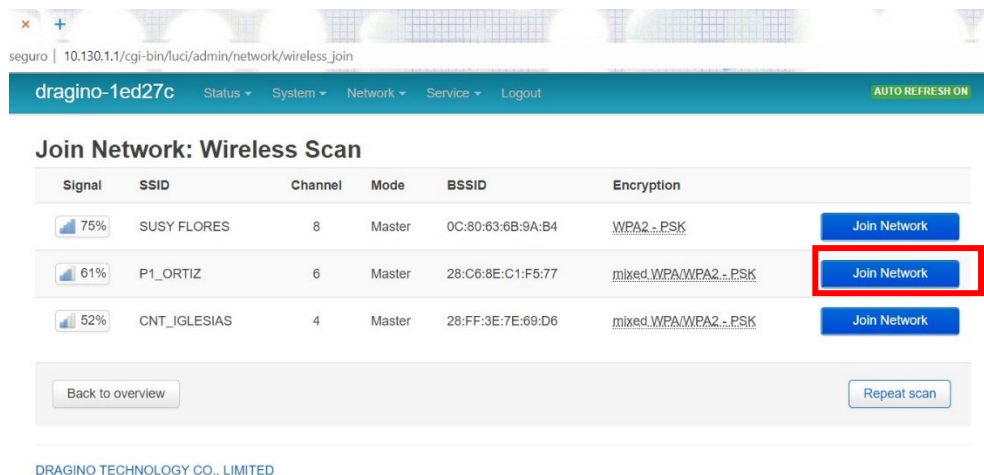
Fig. 22. Interfaz de usuario y contraseña del Dragino LG01-N
Elaborado por investigador

- En network, se selecciona Wireless para el escaneo de la red en la que se desea conectar en radio0.



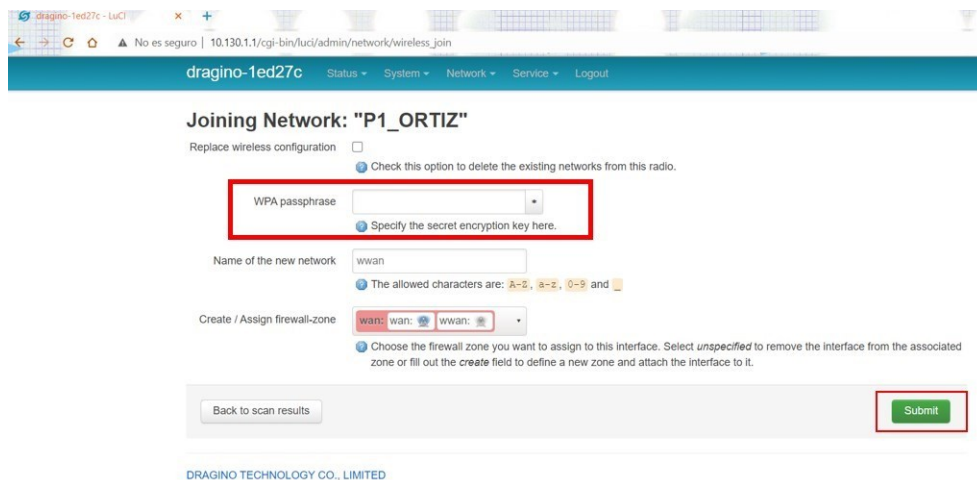
Fig. 23. Escaneo de redes WiFi disponible
Elaborado por investigador

- Seleccionar la red inalámbrica para que el Dragino sea usado como un Access Point y tenga acceso a internet. En la figura muestra varias redes y agregamos la red la que sabemos a contraseña de WiFi



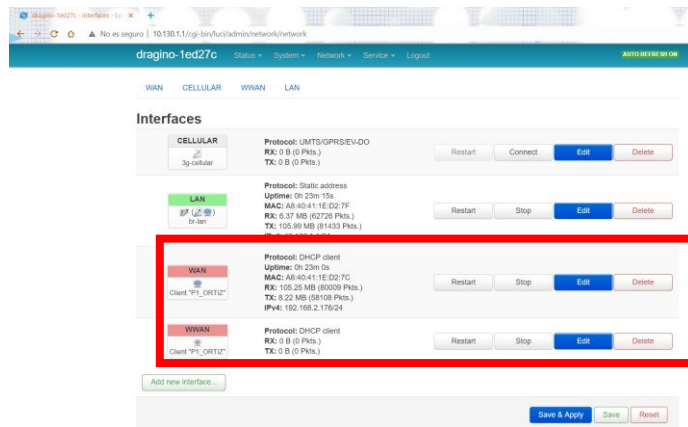
**Fig. 24. Red WiFi seleccionada
Elaborado por investigador**

- Una vez seleccionado, escribir la contraseña WIFI de router de la red que fue seleccionada y guardar (Submit).



**Fig. 25. Contraseña de Red WiFi seleccionada
Elaborado por investigador**

- Para verificar la conectividad probamos en network e interfaces la red que se escogió. Se observa la conectividad LAN y WAN el estado de conectividad.



**Fig. 26. Verificación de red WiFi agregada al Dragino
Elaborado por investigador**

Recepción de datos en la plataforma THE THING NETWORK (TTN) LoRaWAN Server.

Configuración en la interfaz Gateway

Para la recepción de datos enviados desde el shield LoRa bajo el soporte del protocolo LoRaWAN se ingresa a la interfaz del Gateway LG01-N al menú de servicios e ingresamos a la opción LoRaWAN GateWay como muestra en la figura. 27



**Fig. 27. Configuración LoRaWAN Gateway
Elaborado por investigador**

Una vez dentro de la interfaz seleccionada se realiza la siguiente configuración para la activación del protocolo LoRaWAN con el servicio IoT para almacenar la información a la plataforma TTN.

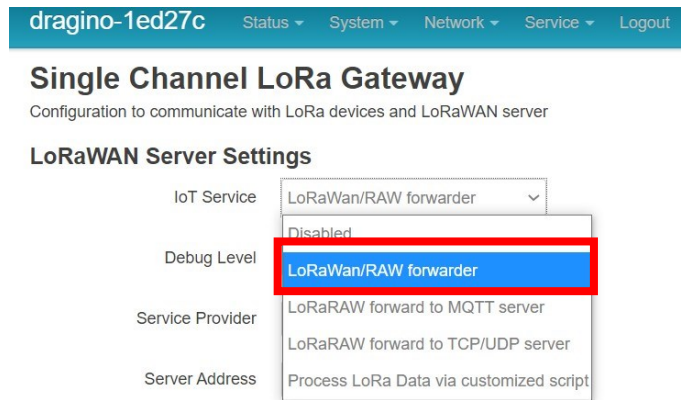


Fig. 28. Selección de servicio IoT LoRaWAN
Elaborado por investigador

Una vez escogido el servicio LoRaWAN IoT, se va a seleccionar la plataforma IoT TTN donde los datos receptados serán mostrados, como se muestra en la figura 29.

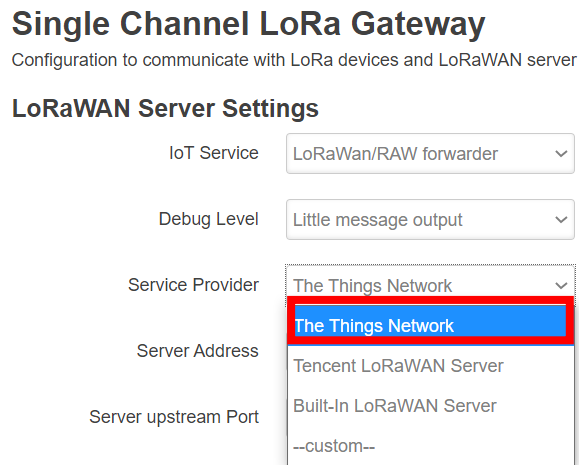


Fig. 29. Selección de plataforma IoT TTN
Elaborado por investigador

Recordando que se está usando el LG01-N con la frecuencia 433MHz el server address se usa el estándar ttn-router-asia-se y cada Gateway tiene su propio ID único configurado de tal forma como indica la figura 30.

Server Address	ltn-router-asia-se
Server upstream Port	1700
Server downstream Port	1700
Gateway ID	a840411ed27c4150

Fig. 30. Selección de estándar de la frecuencia 433 MHz
Elaborado por investigador

Configuración de radio LoRa

Para la primera prueba de funcionamiento se realizó la configuración de radio y se probó un spreading factor SF7 según la tabla 18 alcanza para un rango de 2 Km con un ancho de banda de 125 KHz a la frecuencia de 505.3 MHz la misma que se configuro en la librería LMIC dentro del Arduino con un coding rate de 4/5 que corresponde al protocolo LoRaWAN a la proporción de bits transmitidos que realmente transportan los datos. En la figura 31 se muestra la configuración de radio LoRa.

Radio Settings
Radio settings for Channel

Frequency (Unit:Hz)	505300000
Spreading Factor	SF7
Coding Rate	4/5
Signal Bandwidth	125 kHz

Fig. 31. Configuración de radio LoRa del Dragino LG01-N
Elaborado por investigador

Una vez configurado y guardado los parámetros anteriormente verificamos en la interfaz en el menú en la opción Dragino Menu.

Nota: La configuración es solo para uplink, el proyecto solo hace referencia a la monitorización de las variables del suelo mencionadas anteriormente.

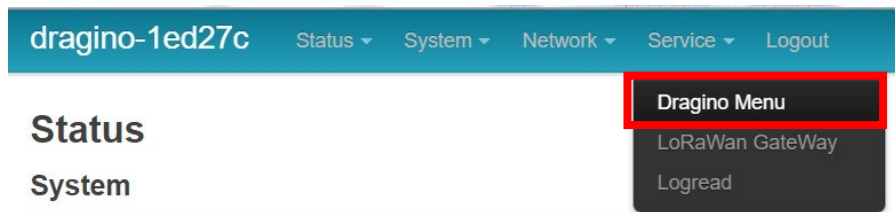


Fig. 32. Selección del estado de configuraciones del Dragino
Elaborado por investigador

En la figura 33, se observa que ya están activados todos los servicios de LoRa, LoRaWAN y a su vez la activación de internet para el servicio de IoT para la gestión y administración de datos en TTN.

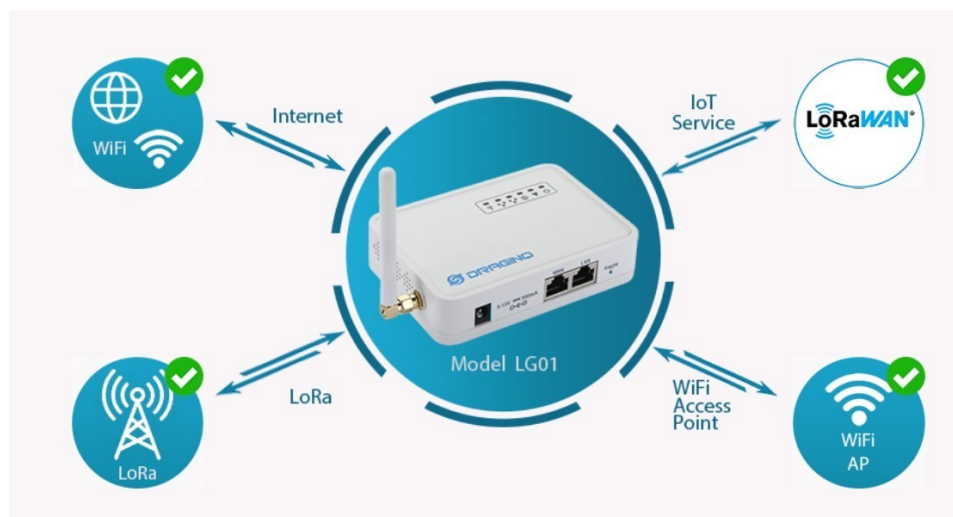
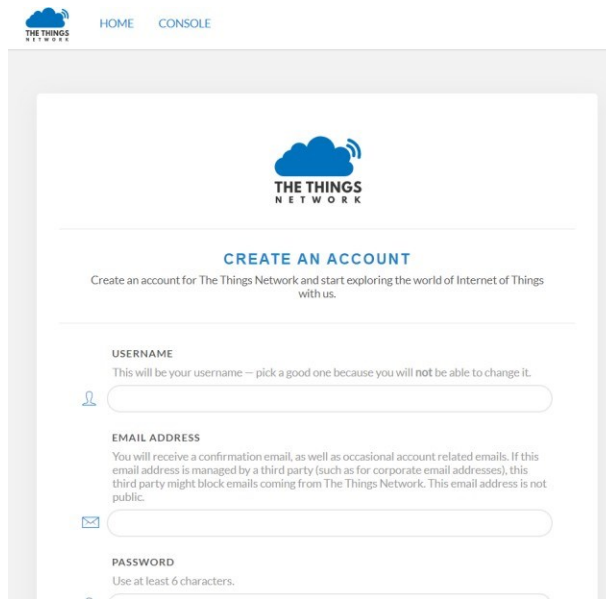


Fig. 33. Estado de activación de los servicios IoT y de comunicación LoRa
Elaborado por investigador

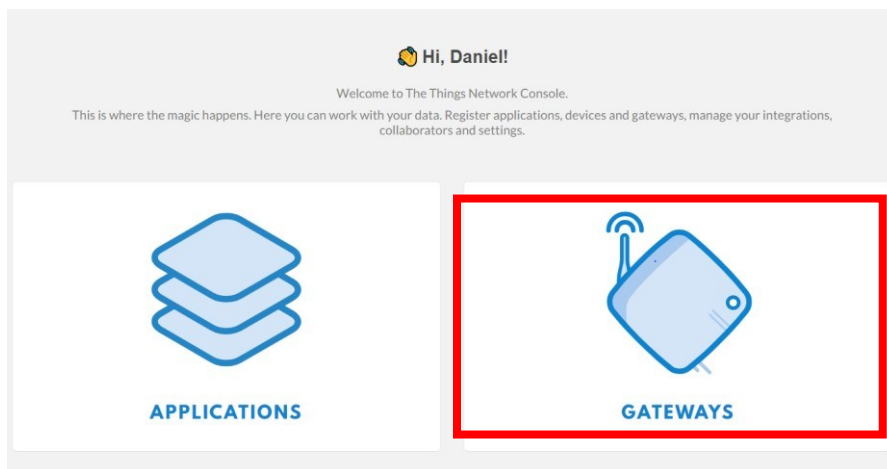
Configuración en la plataforma TTN

Primero se crea una cuenta en TTN ingresando al siguiente link <https://www.thethingsnetwork.org/register>, en la figura 34 da a conocer las indicaciones para tener la cuenta para posteriormente iniciar sesión y realizar las configuraciones dentro de la consola que proporciona TTN.



**Fig. 34. Interfaz de registro a la plataforma TTN
Elaborado por investigador**

Una vez iniciada la sesión, se agrega el Gateway LG01-N dentro de la consola TTN ingresando al link <https://console.thethingsnetwork.org/gateways>.



**Fig. 35. Registro del Gateway a la plataforma TTN
Elaborado por investigador**

Registrar el Gateway en TTN con el ID que viene de fábrica mostrado en la figura 30 y el estándar acorde al plan de frecuencia del dispositivo.

Gateways > Register

REGISTER GATEWAY

Gateway EUI
The EUI of the gateway as read from the LoRa module

A8 40 41 1E D2 7C 41 50

I'm using the legacy packet forwarder
Select this if you are using the legacy [Semtech packet forwarder](#).

Description
A human-readable description of the gateway

Frequency Plan
The [frequency plan](#) this gateway will use

China 470-510MHz

Router
The router this gateway will connect to. To reduce latency, pick a router that is in a region which is close to the location of the gateway.

ttn-router-asia-se

ID del Gateway único del LG01-N

FRECUENCIA DEL DISPOSITIVO Y ROUTER

**Fig. 36. Registro del Gateway Dragino LG01-N
Elaborado por investigador**

Ya registrado el GATEWAY en la consola TTN, en la figura 36 muestra el estado del Gateway conectado.

GATEWAY OVERVIEW

Gateway ID eui-a840411ed27c4150

Description LG-01-GATEWAY-1

Owner DannyDaniel [Transfer ownership](#)

Status ● connected

Frequency Plan China 470-510MHz

Router ttn-router-asia-se

Gateway Key

**Fig. 37. Estado activo del Gateway
Elaborado por investigador**

En el actual proyecto se seleccionó dos Nodos para la adquisición de datos, una vez registrado el Gateway, se añade los nodos como dispositivo en TTN para poder comunicarse con la aplicación mediante la forma de Integración. Para ello primero se crea

la aplicación en TTN ingresando al link <https://console.thethingsnetwork.org/applications>.

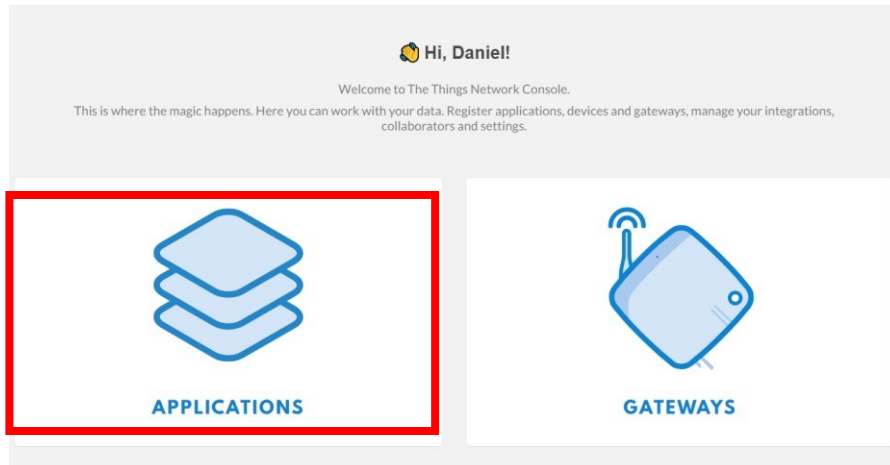
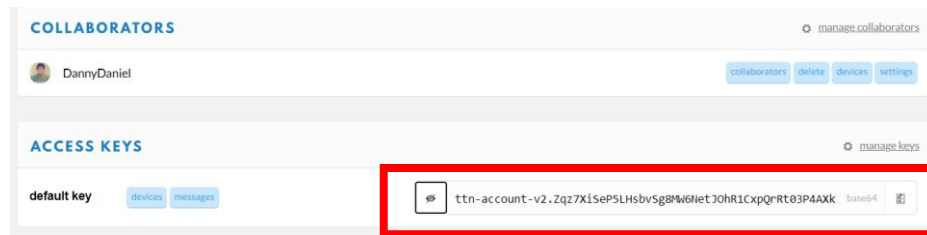


Fig. 38. Interfaz TTN para crear la aplicación
Elaborado por investigador

Se crea un APP ID para identificar la aplicación, puede ser cualquier nombre usado una sola vez y colocar el estándar y automáticamente de acuerdo a la configuración del Gateway se registra la aplicación acorde a la región. Una vez creada la aplicación se genera una clave de acceso para integraciones con otros servidores como muestra en la figura 40.

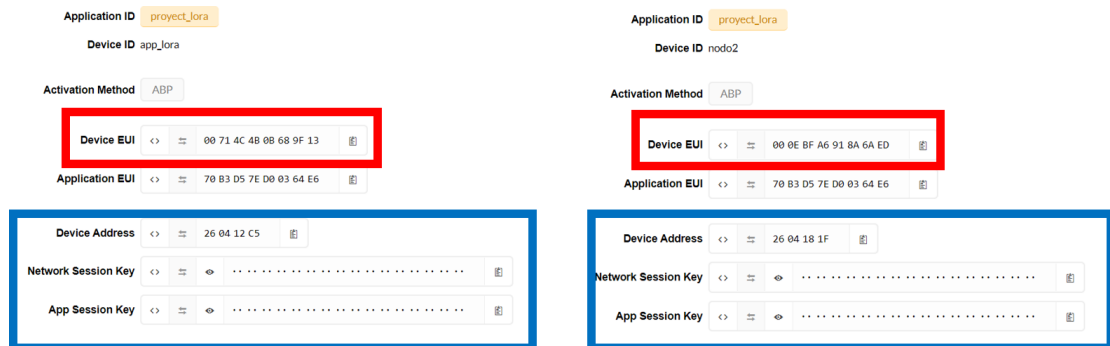
The image shows a screenshot of the "Add Application" form in the TTN console. The form has four sections: "Application ID" with a text input field; "Description" with a text input field containing "Eg. My sensor network application" and a green checkmark; "Application EUI" with a text input field containing "EUI issued by The Things Network"; and "Handler registration" with a dropdown menu showing "ttn-handler-asia-se" and a green checkmark.

Fig. 39. Creación de la APP ID
Elaborado por investigador



**Fig. 40. Clave de acceso de la aplicación en TTN
Elaborado por investigador**

Una vez elaborada la aplicación, se generan las claves de acceso y la EUI de la aplicación que permitirán la conectividad con los dispositivos finales que se van a crear dentro de la aplicación, en este caso son dos nodos con 4 magnitudes físicas. Para que los dispositivos finales se enlacen a la plataforma TTN existen dos métodos de activación. Activación por aire (OTAA) y activación por personalización (ABP), según los parámetros mencionados en la tabla 19 del Gateway Dragino LG01-N posee el método de activación ABP. Este método genera 3 claves de conexión el Device Address, Network Session Key y App Session Key. Las llaves son colocadas en el IDE del Arduino para enlazar poder enlazar con TTN mediante el Shield LoRa. Este método permite que los nodos envíen la información al Gateway y valida si están en la sesión correcta y si lo está, la información será procesada caso contrario será rechazada.



**Fig. 41. Claves generadas de los dispositivos por método de activación ABP
Elaborado por investigador**

Transmisión de datos desde shield lora Arduino a TTN

La información recolectada mediante los sensores de cada nodo, mediante SPI los datos pasan al chip de transmisión semtech LoRa desde el Arduino para ser transportados al Gateway que también internamente posee un chip de recepción semtech LoRa como muestra la figura 14. En el Arduino IDE se establece la librería `#include <lmic.h>` modificas como muestra en la figura 19 el rango de frecuencia que los dispositivos de comunicación LoRa operan. Las claves generadas en el TTN de los 2 dispositivos creados son colocadas en el Arduino IDE de la forma:

```
// LoRaWAN NwkSKey, network session key
// This is the default Semtech key, which is used by the early prototype TTN
// network.
static const PROGMEM ul_t NwksKey[16] = { 0x4F, 0xCE, 0xC0, 0xF6, 0xEC, 0x9D, 0x6C, 0x08, 0xC7, 0x52, 0xFC, 0xF9, 0x65, 0x07, 0x61, 0x6C };

// LoRaWAN AppSKey, application session key
// This is the default Semtech key, which is used by the early prototype TTN
// network.
static const ul_t PROGMEM AppSKey[16] = { 0xA1, 0xBB, 0x7F, 0x33, 0x64, 0xD8, 0x80, 0xB4, 0x51, 0x12, 0x06, 0xCC, 0xD1, 0xB9, 0x27, 0x9B };

// LoRaWAN end-device address (DevAddr)
static const ul_t DevAddr = 0x260412C5 ; // <-- Change this address for every node!
```

Los datos llegados en cada dispositivo en TTN en tiempo real desde la modulo Shield LoRa Arduino se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 20. Datos del suelo receptados en TTN
Elaborado por investigador

The screenshot shows the TTN Application Data interface for an application named 'project_lora'. It displays two tables of received data. The left table shows data received between 11:15:26 and 11:14:06, and the right table shows data received between 11:16:41 and 11:15:19. Each entry includes a timestamp, counter, port, and a payload of sensor data.

time	counter	port	payload
11:15:26	38	1	payload: 01 00 43 00 BA 48 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 72 ph: "h_70" temp: "19.48"
11:15:19	37	1	payload: 01 00 43 00 BA 48 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 72 ph: "h_70" temp: "19.48"
11:15:13	36	1	payload: 01 00 43 00 BA 48 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 72 ph: "h_70" temp: "19.48"
11:14:59	34	1	payload: 01 00 42 00 BA 47 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 71 ph: "h_68" temp: "19.48"
11:14:52	33	1	payload: 01 00 43 00 BA 47 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 71 ph: "h_70" temp: "19.48"
11:14:44	32	1	payload: 01 00 43 00 BA 47 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 71 ph: "h_70" temp: "19.48"
11:14:38	31	1	payload: 01 00 42 00 BA 47 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 71 ph: "h_68" temp: "19.48"
11:14:32	30	1	payload: 01 00 42 00 BA 47 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 71 ph: "h_68" temp: "19.48"
11:14:19	28	1	payload: 01 00 41 00 BA 29 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 41 ph: "h_58" temp: "19.48"
11:14:06	26	1	payload: 01 00 41 00 BF 46 00 03 01 00 04 00 00 cond: "h_30" hum: 19 ph: "h_58" temp: "19.34"

time	counter	port	payload
11:16:41	57	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_48"
11:16:35	56	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 05 01 00 04 00 00 cond: "h_58"
11:16:28	55	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_68"
11:16:21	54	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 05 01 00 04 00 00 cond: "h_58"
11:16:14	53	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_48"
11:15:53	50	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_68"
11:15:46	49	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_48"
11:15:32	47	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_48"
11:15:19	45	1	payload: 01 67 00 00 02 68 00 04 01 00 04 00 00 cond: "h_48"

Capa de aplicación

Integración de TTN con AMAZON WED SERVICES (AWS)

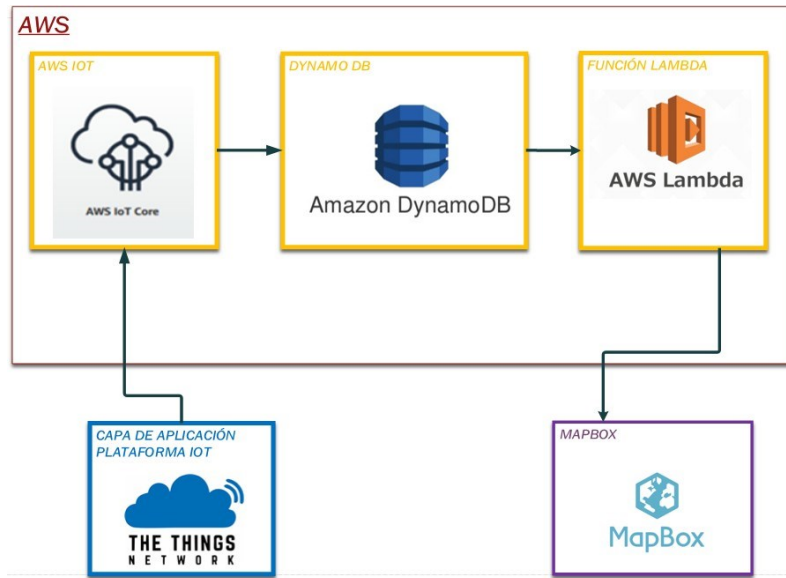


Fig. 42. Representación de bloques de la integración de TTN con el servicio AWS
Elaborado por investigador

Los datos que llegan a la aplicación de TTN desde los dispositivos son monitorizados en tiempo real, la información recolectada en la aplicación no se guarda en su totalidad, se truncan cada cierto tiempo como muestra en la figura 43, para ello es necesario hacer una integración con una base de datos para almacenarlos, procesarlos y posteriormente usarlos en MAPBOX STUDIO.

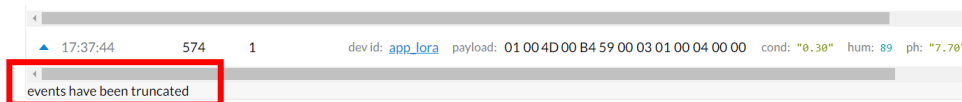


Fig. 43. Datos truncados en los dispositivos dentro de la aplicación
Elaborado por investigador

Para hacer la integración de TTN con AWS se realiza las siguientes configuraciones dentro de AWS, previamente se seleccionó AWS por el costo del servicio que es de 1.22 USD y los servicios que ofrece gratuitamente mostrados en la figura 44, los cuales se harán uso para la integración de la información recolectada en TTN aplicación.



Dear Amazon Web Services Customer,

We have successfully charged the amount of **\$1.22 USD**

Principales servicios de capa gratuita por uso		Ver todos
Servicio	Limite de uso de capa gratuita	Uso mensual hasta la fecha
Amazon Elastic Compute Cloud	750 hours per month of Amazon EC2 Linux, RHEL, or SLES t2.micro or t3.micro instance dependent on region	5.20% (39.00/750 Hrs)
Amazon Elastic Compute Cloud	30 GB of Amazon Elastic Block Storage in any combination of General Purpose (SSD) or Magnetic	1.11% (0.33/30 GB-Mo)
AmazonCloudWatch	1,000,000 API requests for Amazon Cloudwatch	0.48% (4,800.00/1,000,000 Requests)
AWS Data Transfer	15 GB of bandwidth out aggregated across all AWS services	0.03% (0.00/15 GB)
Amazon Simple Storage Service	5 GB of Amazon S3 standard storage	0.01% (0.00/5 GB-Mo)

**Fig. 44. Membresía de AWS y servicios gratuitos anual
Elaborado por investigador**

Para la integración de datos que llegan a la aplicación TTN basado en el protocolo LoRaWAN se lo hace mediante la integración AWS IoT para sincronizar el registro de cada dispositivo (Cosa) en la subida de datos, recordando que el proyecto presente es de monitoreo sobre los mapas digitales. La sincronización de cada nodo de la red LoRaWAN serán administrados en AWS IoT para posteriormente guardarlos sobre la base de datos AWS DYNAMO DB usando MQTT proporcionado por Amazon ya preconfigurado y mediante la función lambda tomar desde DYNAMO DB los últimos datos de la tabla para ser monitorizados en formato JSON. Para realizar toda esta acción se procesó hacer lo siguiente:

- Primero se entra a los servicios de AWS y se selecciona Cloud Formation. Tener en cuenta la región en la que se está trabajando. Los servicios AWS no tienen soporte para la región de América latina por ende se selecciona la región OHIO de EEUU que coinciden con el huso horario de Ecuador.

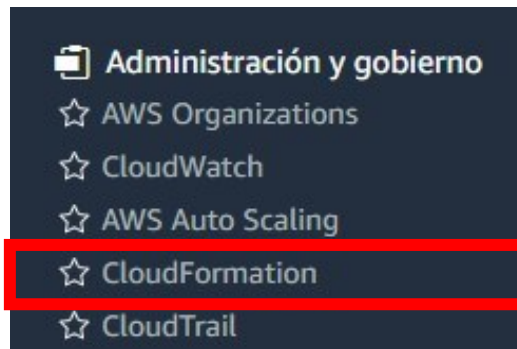


Fig. 45. Servicio CloudFormation AWS
Elaborado por investigador

- La documentación que ofrece TTN, nos brinda esta plantilla de pila <https://s3.amazonaws.com/thethingsnetwork/builds/integration-aws/dist/cloudformation.template> para realizar la integración con AWS que permitirá la sincronización de los dispositivos como su registro, así como la subida de información. Dentro de la plantilla toca hacer una modificación (Se puede ser en cualquier editor de texto como bloc de notas) en cuanto a la versión ya que esta plantilla es de versiones anteriores. En la figura 46 se cambia únicamente la versión SolutionStackName: "64bit Amazon Linux 2 v3.1.4 running Go 1" por la versión SolutionStackName: "64bit Amazon Linux 2 v3.1.5 running Go 1".

```
TTNConfigurationTemplate:
  Type: "AWS::ElasticBeanstalk::ConfigurationTemplate"
  Properties:
    ApplicationName:
      Ref: TTNIntegration
    Description: "The Things Network Integration Configuration Template"
    OptionSettings:
      - Namespace: "aws:elasticbeanstalk:environment"
        OptionName: "EnvironmentType"
        Value: "SingleInstance"
    SolutionStackName: "64bit Amazon Linux 2 v3.1.4 running Go 1"
```

Fig. 46. Versión de plantilla de pila
Elaborado por investigador

- Una vez realizada la modificación, se carga la plantilla de pila en formato .txt en crear Stack (pila) como se muestra en la figura 47.

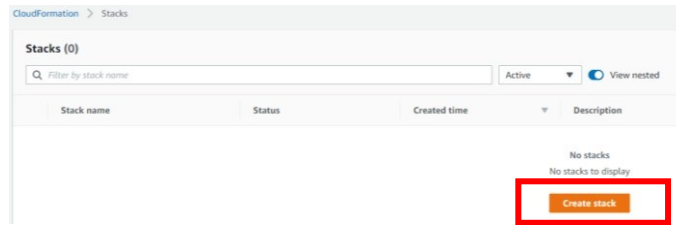


Fig. 47. Interfaz para crear Stacks
Elaborado por investigador

- Ahora se carga la plantilla modificada su versión. Nota: La plantilla ya está preparada solo para ser usada. Para eso, se realiza tal como está en la figura 47. En el recuadro color rojo, se escoge la plantilla. Una vez cargada se refleja en un URL.

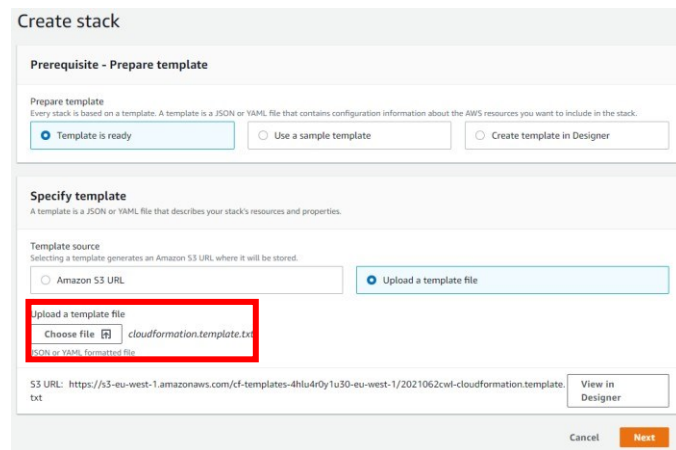
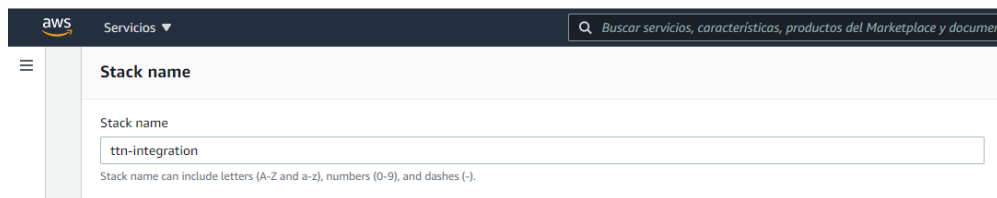


Fig. 48. Plantilla de pila cargada al Stack
Elaborado por investigador

- Una vez cargada, se le da nombre a la pila y llenar los parámetros de la pila con respecto a los parámetros de TTN. Se coloca el mismo nombre de la APP ID de TTN, así como la clave de acceso generada cuando se creó la aplicación mostrada en la figura 49.



Parameters
Parameters are defined in your template and allow you to input custom values when you create or update a stack.

The Things Network Settings

App ID
App ID

project_lora

App Access Key
App Access Key

ttn-account-v2.Zqz7XlSeP5LHsbv5g8MW6NetJOhR1CxpQrRt03P4AXk

Account Server
Account Server address

https://account.thethingsnetwork.org

**Fig. 49. Configuración de parámetros del Stack
Elaborado por investigador**

- Se configura AWS ELASTIC BEANSTALK, es un requerimiento obligatorio para este proceso de integración. El servicio mencionado permite la administración de la aplicación en la nube de manera automáticamente, así como el monitoreo del estado de la aplicación. Se le da un nombre al servicio, el tipo de instancia que brinda recursos informáticos, de memoria y de red. En el ANEXO C tal indica las características de cada instancia. y llave SSH.

AWS Elastic Beanstalk Settings

Environment Name
Elastic Beanstalk environment name

ttnproyectlora

Instance Type
EC2 instance type

t3.micro

SSH Key
Name of an existing EC2 KeyPair to enable SSH access to the instance

clave1

**Fig. 50. Parámetros del AWS ELASTIC BEANSTALK
Elaborado por investigador**

- Por último, para completar la pila, se configura el AWS IOT para la sincronización de los dispositivos con los siguientes parámetros mostrados en la figura 51. Se recomienda dejar los mismos parámetros, solo considerar el nombre del tipo de cosa para sincronización al momento de crear luego los dispositivos en AWS IOT CORE.

AWS IoT Settings

Enable Syncing Things
Enables AWS IoT things synchronization and thing shadow deltas

true

Sync Interval
Interval for AWS IoT things synchronization

10m

Thing Type Name
AWS IoT thing type name. Requires AWS IoT things synchronization

lorawan

LoRaWAN FPort
LoRaWAN FPort for thing shadow delta downlink messages. Requires AWS IoT things synchronization

1

CloudWatch metrics
Push metrics to CloudWatch for monitoring

true

Fig. 51. Parámetros de AWS IOT
Elaborado por investigador

- El tiempo de proceso para la creación completa de la pila es de aproximadamente 6 minutos. Una vez creada debe aparecer de color verde como estado activo y listo para su funcionamiento tal cual muestra la figura 52.

CloudFormation > Stacks

Stacks (2)

Filter by stack name

Active View nested

Stack name	Status	Created time	Description
awseb-e-83en6xy3ny-stack	CREATE_COMPLETE	2021-02-23 22:31:10 UTC-0500	AWS Elastic Beanstalk environment (Name: 'ttn-lora' Id: 'e-83en6xy3ny')
ttn-integration-1	CREATE_COMPLETE	2021-02-23 22:28:33 UTC-0500	The Things Network AWS IoT integration: sync thing registry, sync thing sha

Fig. 52. Estado del Stack creado
Elaborado por investigador

- Ya completado la pila, se va ser el registro de los dispositivos con sus parámetros respectivo. Para ello se selecciona IoT Core en los servicios de AWS

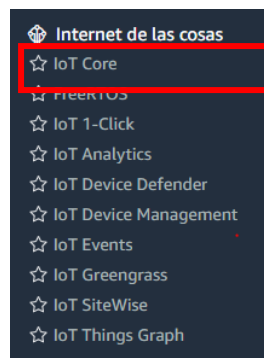


Fig. 53. Interfaz de servicios AWS IoT
Elaborado por investigador

- Dentro del servicio IoT Core, si las configuraciones y bien ingresado los parámetros de TTN en la pila para la integración, automáticamente se registran los dos dispositivos como indica la figura 54. Se abre la administración de IoT Core y en objeto revisamos los dispositivos como esta en la figura 55.

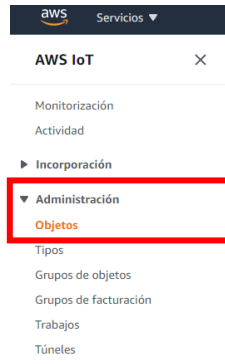


Fig. 54. Parámetros de AWS IoT
Elaborado por investigador

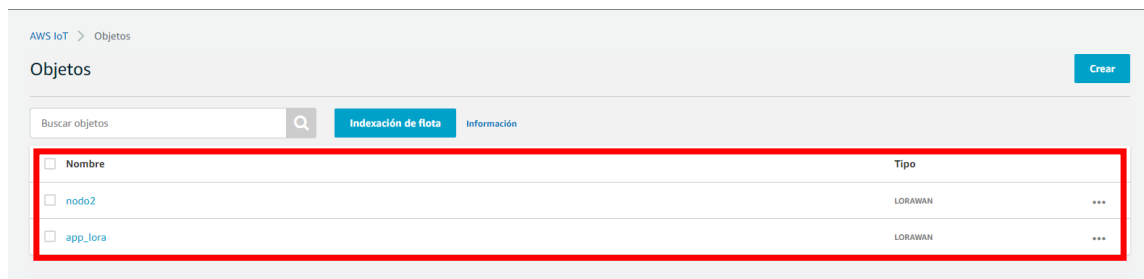


Fig. 55. Objetos creados en AWS IoT
Elaborado por investigador

- En la figura 56 se muestran los parámetros de cada dispositivo, es decir cada nodo con sus claves de acceso y su tipo de objeto que permitió el enlace con TTN.

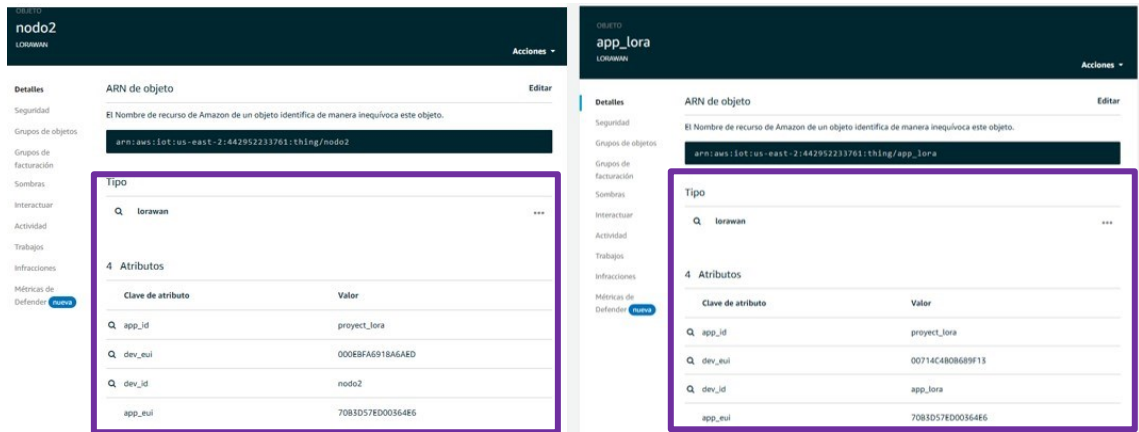


Fig. 56. Atributos de cada objeto creado
Elaborado por investigador

- Para comprobar que la integración se realizó correctamente, en AWS IOT proporciona el servicio de AWS IOT MQTT CLIENT. Permite verificar que los datos que llegan a TTN desde los nodos, lleguen al servidor de AWS IoT. Primero toca colocar una suscripción de la siguiente forma: El nombre de la aplicación, luego la palabra devices, el nombre de cada objeto creado y por último la palabra up (significa UPLINK) En la figura 57 se muestra los datos tomados del suelo gracias al servicio y la forma en que queda la suscripción. Nota: El signo + permite que los dos objetos se integren en la misma suscripción para que llegue la información de los dos nodos finales.

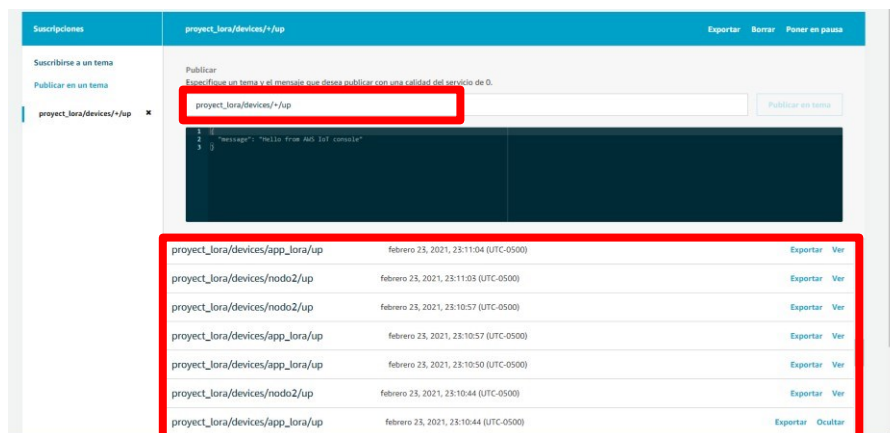


Fig. 57. Comprobación de recepción de datos en AWS IoT mediante la utilización de MQTT Client
Elaborado por investigador

- Para ver los datos de cada nodo, dar click en ‘ver’ en cada dato tomado, y llegan los datos tal cual están en TTN, que posteriormente es importante para almacenarlos en DYNAMO DB. En la figura 58 se observa como los datos llegan en AWS IOT y como están en cada dispositivo de la aplicación en TTN.

```

project_lora/devices/+/up

1 |
2 | "message": "Hello from AWS IoT console"
3 |

{
  "app_id": "proyect_lora",
  "dev_id": "app_lora",
  "hardware_serial": "00714C4808689F13",
  "port": 1,
  "counter": 294,
  "payload_fields": {
    "cond": "0.30",
    "hum": "70",
    "ph": "6.40",
    "temp2": "19.60"
  },
  "metadata": {
    "time": "2021-02-24T04:10:43.542385962Z",
    "frequency": 505.3,
    "modulation": "LORA",
    "data_rate": "SF7BW125",
    "airtime": 61696000,
    "coding_rate": "4/5",
    "gateways": [
      {
        "gtw_id": "eui-a840411ed27c4150",
        "timestamp": 939205687,
        "time": "2021-02-24T04:10:43.35564Z",
        "channel": 0,
        "rssi": -56
      }
    ]
  }
}

```

**Fig. 58. Visualización de datos de la comprobación mediante MQTT Client
Elaborado por investigador**

ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS DYNAMO DB EN AWS

Con la comprobación de la integración de TTN con AWS IoT MQTT, se crea la base de datos DYNAMO DB donde toda la información recolectada será almacenada. Se procede a crear la base DYNAMO DB siguiendo los pasos que se muestran a continuación:

- Dentro del servicio AWS IoT Core, en la acción Acto, se selecciona Reglas como se muestra en la figura 58. En esta sección se va a crear dos reglas, una para cada nodo con la misma tabla, pero con ID diferentes.



Fig. 59. Parámetro Reglas
Elaborado por investigador

- Cada Regla se le asigna un nombre distinto entre sí. Es opcional la descripción, para el proyecto actual no se omitió el paso, sino que se colocó las variables de cada nodo indica la figura 60.

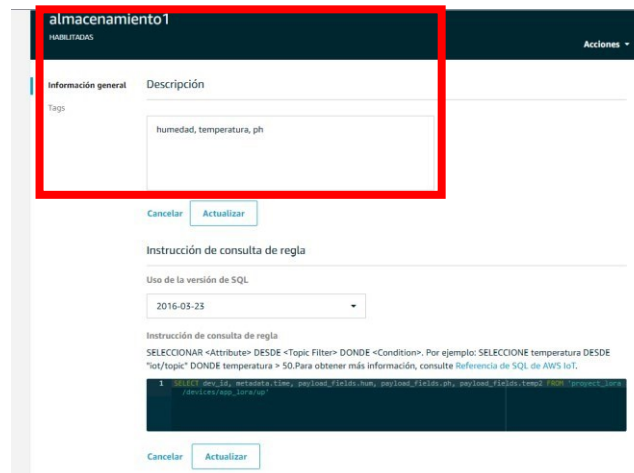


Fig. 60. Creación de reglas para su consulta
Elaborado por investigador

- Ahora se realiza la consulta de base de datos basada en SQL, para lo siguiente tomar en cuenta la figura 61, el *metadata* y el *fields* que el primero extrae el tiempo real en que se toma los datos y el *fields* es el que llama a cada variable de cada dato de los nodos. Los datos son tomados de AWS IoT MQTT mediante formato de suscripción en las pruebas realizadas indicada en la figura 57.

Instrucción de consulta de regla

SELECCIONAR <Attribute> DESDE <Topic Filter> DONDE <Condition>. Por ejemplo: SELECCIONE temperatura DESDE "iot/topic" DONDE temperatura > 50. Para obtener más información, consulte [Referencia de SQL de AWS IoT](#).

```
1 SELECT dev_id, metadata.time, payload_fields.hum, payload_fields.ph, payload_fields.temp2 FROM 'proyect_lora'
```

Fig. 61. Consulta de base de datos basado en SQL
Elaborado por investigador

- Ahora los datos serán almacenados en la tabla en DYNAMO DB, pero previamente se va a crear la tabla añadiendo una acción, dentro de esta opción aparece la base de datos DYNAMO DBv2 como se muestra en la figura 62. Se toma esa acción por el motivo que se tiene 4 variables indicadas en la descripción de cada regla creada.

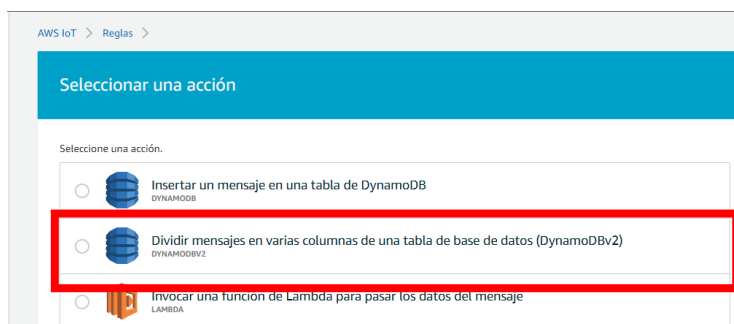


Fig. 62. Creación de tabla de varias variables en DynamoDBv2
Elaborado por investigador

- Al seleccionar la acción, aparece las casillas de configuración de la misma, en esta se va a crear la tabla y el rol. Considerar que el nombre de la tabla puede ir cualquier nombre, pero se recomienda colocar el mismo nombre de la aplicación ID de TTN. Para la tabla Dynamo DB solo se requiere como inicio crear dos claves principales, que es el ID de cada nodo y el tiempo. Las variables ya fueron configuradas en la consulta de la base de datos mediante el *fields* y la *suscripción* de cada nodo mostrada en la figura 63.



Fig. 63. Configuración de cada acción y creación de rol
Elaborado por investigador

- Se crea la primera regla de un nodo, realizar el mismo procedimiento para el otro nodo. En la figura 64 se observa la regla del nodo 2 ya creada con sus parámetros y su consulta de base de datos, así como la elección de la acción de Dynamo DBv2

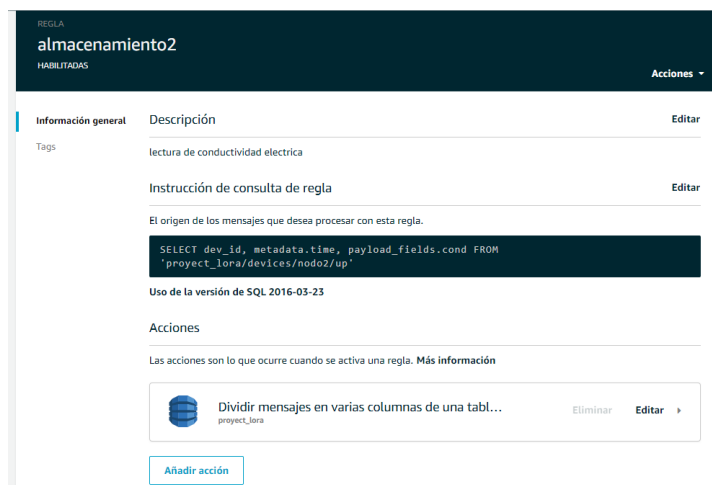


Fig. 64. Visualización de consulta de regla del nodo 2
Elaborado por investigador

- Para ver los datos en la tabla, se va a los servicios de AWS y se selecciona la base de datos Dynamo DB con indica la figura 65,

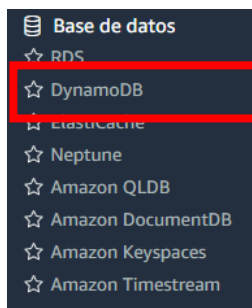
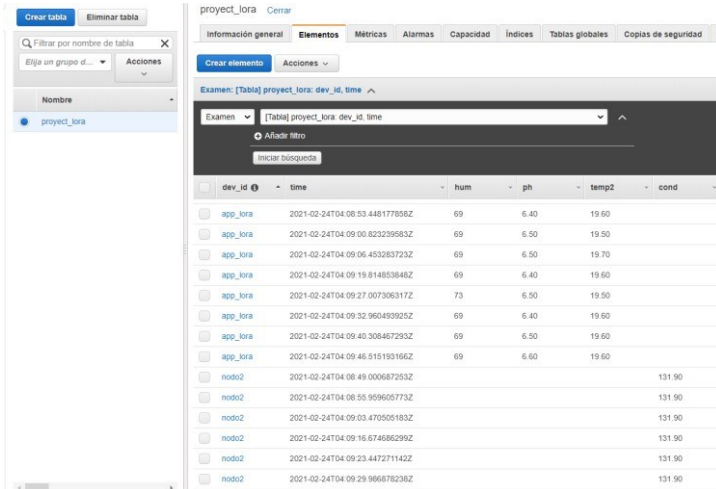


Fig. 65. Interfaz de servicios de AWS de base de datos
Elaborado por investigador

y una vez dentro de ella se observa los elementos(datos) que se van almacenando con indica la figura.



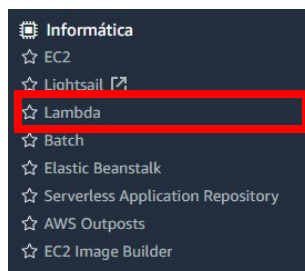
dev_id	time	hum	ph	temp2	cond
app_lora	2021-02-24T04:08:53.448177858Z	69	6.40	19.60	
app_lora	2021-02-24T04:09:00.823239583Z	69	6.50	19.50	
app_lora	2021-02-24T04:09:06.453263723Z	69	6.50	19.70	
app_lora	2021-02-24T04:09:19.814853848Z	69	6.40	19.60	
app_lora	2021-02-24T04:09:27.007306317Z	73	6.50	19.50	
app_lora	2021-02-24T04:09:32.960493925Z	69	6.40	19.60	
app_lora	2021-02-24T04:09:40.308467293Z	69	6.50	19.60	
app_lora	2021-02-24T04:09:46.515189166Z	69	6.60	19.60	
nodo2	2021-02-24T04:08:49.000687253Z				131.90
nodo2	2021-02-24T04:08:55.999626773Z				131.90
nodo2	2021-02-24T04:09:03.470505183Z				131.90
nodo2	2021-02-24T04:09:16.674686299Z				131.90
nodo2	2021-02-24T04:09:23.447271142Z				131.90
nodo2	2021-02-24T04:09:29.966878236Z				131.90

Fig. 66. Datos almacenados del nodo 1 y nodo 2 en la tabla creada en Dynamo DB
Elaborado por investigador

Función Lambda

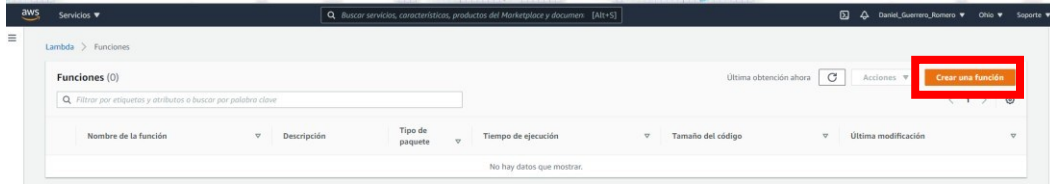
Este servicio informático que proporciona AWS permitirá obtener la información almacenada en la base de datos Dynamo DB para que sea ejecutada mediante una API Gateway. Esto permitirá que cada vez que llegue un elemento a la tabla, tome estos datos para ser utilizados en este caso al mapa elaborado en Mapbox. Para realizar este proceso se sigue los siguientes pasos:

- Abrir los servicios de AWS en la sección informática y escoger el servicio Lambda.



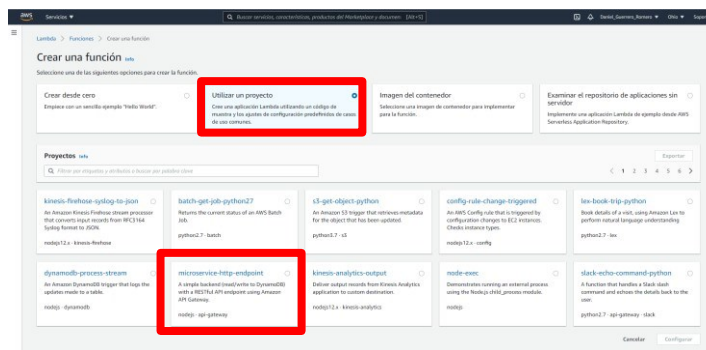
**Fig. 67. Servicio de Informática de AWS
Elaborado por investigador**

- Una vez ingresado a Lambda, se crea la función



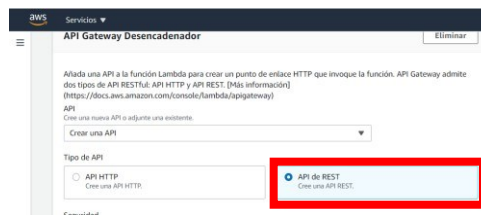
**Fig. 68. Creación de función Lambda
Elaborado por investigador**

- Para crear la función, se observa en la figura 69 las diferentes opciones, como se va usar los datos de la tabla Dynamo DB se busca la opción *microservice-http-endpoint* dentro de *Utilizar un proyecto*.



**Fig. 69. Acciones de la función Lambda
Elaborado por investigador**

- Para la API Gateway se usa el tipo de API *API de REST*



**Fig. 70. Creación y tipo de API
Elaborado por investigador**

- Se le da un nombre a la función y en rol de ejecución se selecciona creación de un rol desde la política de AWS templates y así mismo se le da un nombre al rol. Se observa el permiso del servicio Dynamo DB para la obtención de sus datos. Una vez realizado se crea el código de la función lambda en formato node.js

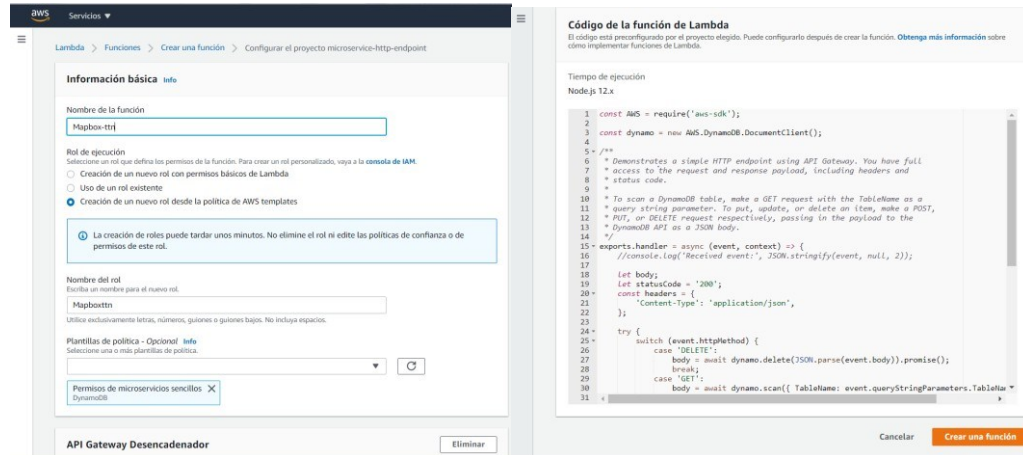


Fig. 71. Información y código de la función lambda
Elaborado por investigador

- En la figura 72 muestra la creación de la función con el nombre que se le asigno y ciertos parámetros que lo describen. Se ingresa dentro de la función para observar la API Gateway que toma los datos de Dynamo DB.

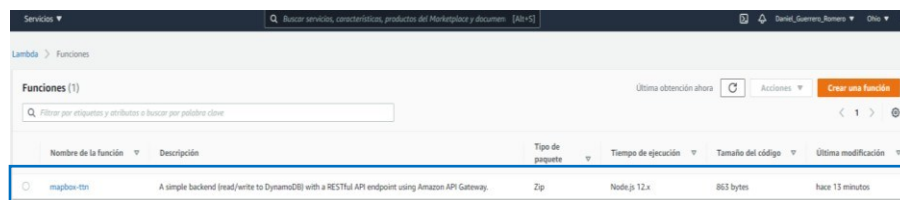


Fig. 72. Parámetros de la función lambda
Elaborado por investigador

- Ya ingresado a la función, el código de la función lambda se realiza cierto ajuste, se copia lo siguiente en: *Content-Type*: 'application/json', *Access-Control-Allow-Headers*: 'x-requested-with', *Access-Control-Allow-Origin*: "*", *Access-Control-Allow-Credentials* en la cabecera que permite dar el acceso a la consulta de la base de datos tal como se muestra en la figura 73.

```

1 const AWS = require('aws-sdk');
2 const dynamo = new AWS.DynamoDB.DocumentClient();
3
4
5 /**
6  * Demonstrates a simple HTTP endpoint using API Gateway. You have full
7  * access to the request and response payload, including headers and
8  * status code.
9  *
10 * To scan a DynamoDB table, make a GET request with the TableName as a
11 * query string parameter. To put, update, or delete an item, make a POST,
12 * PUT, or DELETE request respectively, passing in the payload to the
13 * DynamoDB API as a JSON body.
14
15 exports.handler = async (event, context) => {
16   //console.log('Received event:', JSON.stringify(event, null, 2));
17
18   let body;
19
20   const headers = {
21     'Content-Type': 'application/json', 'Access-Control-Allow-Headers': 'x-requested-with',
22     'Access-Control-Allow-Origin': '*', 'Access-Control-Allow-Credentials': true,
23   };
24
25   switch (event.httpMethod) {
26     case 'DELETE':
27       body = await dynamo.delete(JSON.parse(event.body)).promise();
28       break;
29     case 'GET':
30       body = await dynamo.scan({ TableName: event.queryStringParameters.TableName }).promise();
31       break;
32     case 'POST':
33       body = await dynamo.put(JSON.parse(event.body)).promise();
34       break;
35     case 'PUT':
36       body = await dynamo.update(JSON.parse(event.body)).promise();
37

```

Fig. 73. Ajuste en el código de la función para acceso a los datos
Elaborado por investigador

- En la figura indica los detalles de la API Gateway creada. Se observa el punto de enlace de API en forma de URL. Para abrirlo y observar los datos de la tabla en Dynamo DB, se copia el URL y al final se coloca el nombre de la tabla tal cual indicado en el siguiente URL la parte de negrita: *https://oqbokhpac8.execute-api.us-east2.amazonaws.com/default/mapbox-ttn?TableName=proyect_lora*.

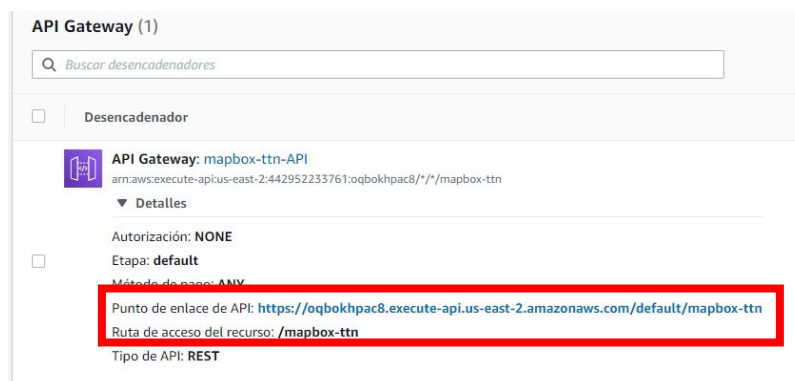


Fig. 74. Punto de enlace de API
Elaborado por investigador

- Para verificar los datos tomados de la tabla mediante la función lambda con el API Gateway, se abre el URL y se observa la información lista para ser utilizada en el mapa de Mapbox. La figura 75 muestra los datos tomados.

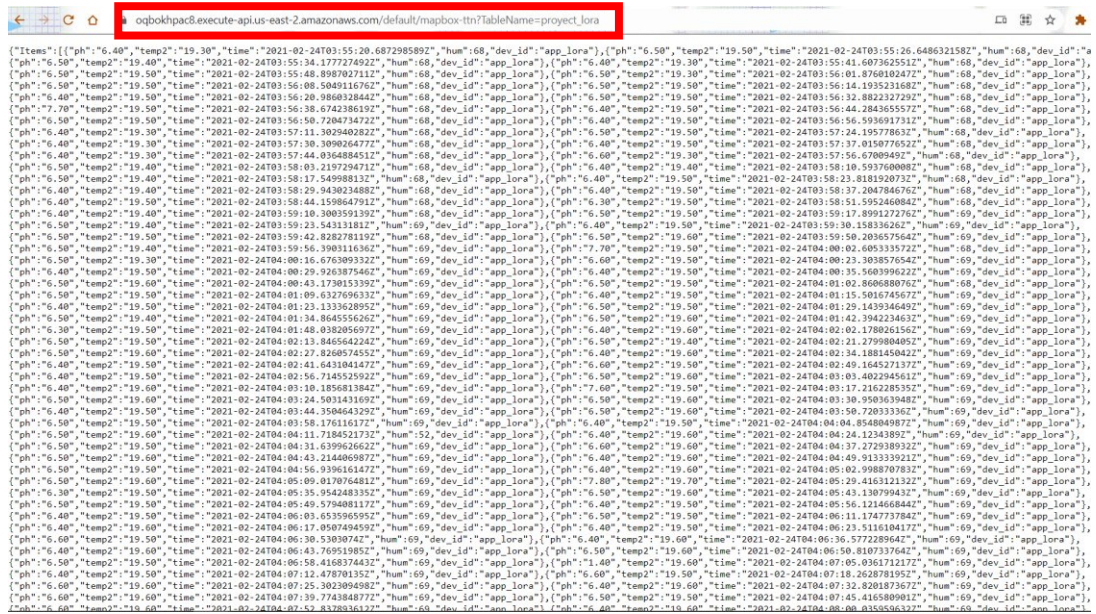


Fig. 75. Datos tomados desde DynamoDB mediante la función lambda mostrados en la API
Elaborado por investigador

Integración de datos mediante el API Gateway en el mapa MAPBOX

Para integrar los datos en los mapas de Mapbox, primero crear una cuenta en Mapbox. La herramienta en la que se va desarrollar los mapas es en la aplicación Mapbox Studio como muestra en la figura 75.

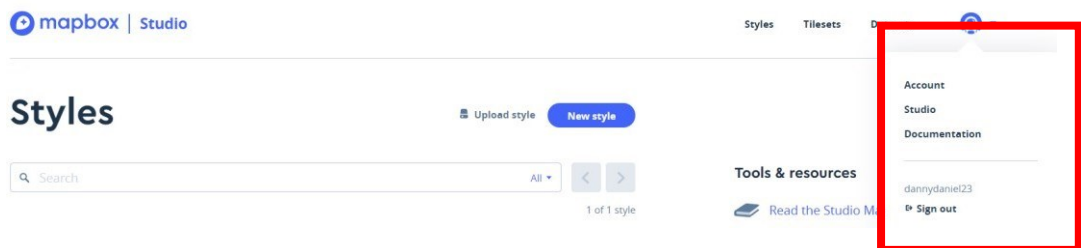


Fig. 76. Interfaz de mapbox studio
Elaborado por investigador

Para crear un nuevo mapa en mapbox se selecciona para la plataforma que este estará disponible en este caso será una app Web.

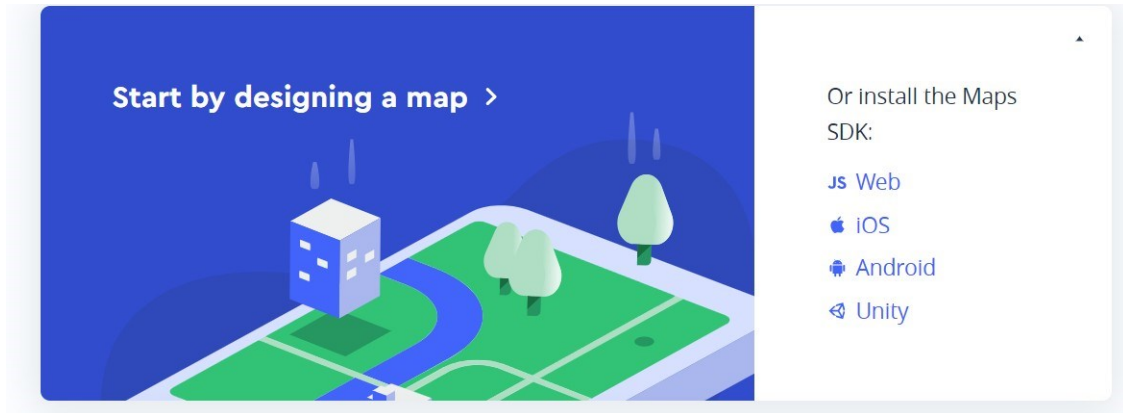


Fig. 77. Diseño de mapa en app WEB
Elaborado por investigador

Se escoge el método Mapbox CDN que permitirá editar un archivo HTML.



Fig. 78. Método para crear mapa
Elaborado por investigador

Incluya los archivos GL JS JavaScript y CSS en el <head> del archivo HTML.

```
<script src="https://api.mapbox.com/mapbox-gl-js/v1.13.0/mapbox-gl.js"></script>  
<link href="https://api.mapbox.com/mapbox-gl-js/v1.13.0/mapbox-gl.css" rel="stylesheet" />
```

Para iniciar el mapa se lo hace por medio de un script en donde en `Mpboxgl.accessToken` se establece el token que ha sido generado por mapbox a nuestra cuneta de usuario, se crea un nuevo mapa en donde en `container` se selecciona un identificador de mapa, el estilo de mapa, las coordenadas las cuales estarán centradas el mapa y el zoom al que iniciara el

mapa al abrirse es decir se abrirá en el terreno donde fueron tomadas las muestras del mismo.

```
mapboxgl.accessToken = "pk.eyJ1Ijoib3NrcmVsdmFnbyIsImEiOiJja2hkamZwNW4wN3M3MnhyejhiOXdpYnA0In0.69nJQZQOVmXKFywtcFy0kw"; //Mapbox token
var map = new mapboxgl.Map({
  container: "map", // container id
  style: "mapbox://styles/mapbox/satellite-v9", //stylesheet location
  center: [-78.607274, -1.170170], // starting position
  zoom: 20, // starting zoom
  transformRequest: transformRequest,
});
```

Fig. 79. Código de coordenadas en la posición inicial
Elaborado por investigador

Ventanas emergentes

Obtenemos los datos de AWS por medio de la función getJSON y el link del archivo JSON generado por lambda, para después proceder a guardarlos en variables para utilizar

```
function updateChart() {
$.getJSON("https://33xerfym00.execute-api.eu-west-1.amazonaws.com/default11/cvbnj?TableName=project_lora", function(csvData, status) {

  for (var i = dataLength; i < csvData.Items.length; i++) {
    datagrafico.push({
      x: i,
      y: parseInt(csvData.Items[i].hum)
    });
    datagrafico2.push({
      x: i,
      y: parseInt(csvData.Items[i].temp2)
    });
    datagrafico3.push({
      x: i,
      y: parseInt(csvData.Items[i].ph)
    });
    datagrafico4.push({
      x: i,
      y: parseInt(csvData.Items[i].cond)
    });

    if (csvData.Items[i].dev_id == "nodo2") {
      cond = csvData.Items[i].cond;
      temp2 = csvData.Items[i].temp2;
      id2 = "Nodo 2";
    }

    if (csvData.Items[i].dev_id == "app_lora") {
      hum = csvData.Items[i].hum;
      temp = csvData.Items[i].temp2;
      ph = csvData.Items[i].ph;
      id = "Nodo 1";
    }
  }
})
}
```

Fig. 80. Obtención de datos por la función getJSON
Elaborado por investigador

Se crea una función para añadir marcadores y crear pop ups cada vez que se dé un click sobre los marcadores en donde se encuentran cada uno de nodos que están sensando, cada uno de estos popups (ventanas emergentes) tendrán la identificación del nodo y sus variables.

```

function addPoints(nuevi) {
  nuevi.forEach(function(row) {
    var popup = new mapboxgl.Popup().setHTML('<h3>' + row.id + '</h3>' + "<h4>" + "<b>" + "Humedad: "
      "<b>" + " PH:" + "</b>" + row.PH + "</h4>");
    var marker = new mapboxgl.Marker({
      scale: 0.5,
      color: "black",
    })
      .setLngLat([row.longi, row.lati])
      .setPopup(popup)
      .addTo(map); // add the marker to the map
  });
}

```

**Fig. 81. Ventanas emergentes que muestra los datos
Elaborado por investigador**

Mapas de calor

Teniendo el estilo del mapa satelital como su APIs de javascript para el mapa WEB elaborado en MAPBOX, se crea mapas de calor para representar la información de cada variable en puntos densos y la interpolación de los mismos en una superficie para formar la digitalización de los mapas. Para ser posible dicha digitalización se fue tomando muestras del terreno cada dos metros hasta completar toda la superficie.

ADDLAYER: Es la función que permite agregar capas al mapa. Las propiedades que se usan para formar el mapa de calor en MAPBOX dentro de la capa son las siguientes:

- HEATMAP-WEIGHT: Permite que el dato de una variable tenga un peso en el mapa de calor de acuerdo al rango de la magnitud tomada por los sensores.

```
"heatmap-weight": ["interpolate", ["linear"], ["get", "temperatura"], 17.7, 0, 19.9, 1],
```

- HEATMAP-INTENSITY: Ajusta el zoom del mapa establecido para dar la apariencia de los mapas de calor.

```
"heatmap-intensity": ["interpolate", ["linear"], ["zoom"], 18, 0, 22, 3],
```

- HEARTMAP-COLOR: Permite el degradado del color del mapa de calor, el color depende de la densidad del mapa de calor y los colores trabajan en formato rgba y hexadecimal.

```

"heatmap-color": [
  "interpolate",
  ["linear"],
  ["heatmap-density"],
  0,
  "rgba(0, 25, 247, 0)",
  0.05,
  "rgb(26, 173, 68)",
  0.5,
  "rgb(225, 255, 0)",
  0.9,
  "rgb(255, 0, 0)",
],

```

- HEATMAP-RADIUS: Establece el radio de cada punto del mapa de calor, si es más grande el radio más suave será el mapa de calor, se ajusta al zoom del mapa preestablecido.

```

"heatmap-radius": ["interpolate", ["linear"], ["zoom"], 20, 49, 22, 80],

```

- HEATMAP-OPACITY: Controla la opacidad de todo el mapa de calor en general.

```

"heatmap-opacity": 1,

```

El resultado del mapa de calor con la función ADDLAYER y sus propiedades se muestra en la figura 82 de un solo punto donde se tomo las primeras muestras. Este proceso se lo hace en cada magnitud



**Fig. 82. Mapa de calor de un solo punto
Elaborado por investigador**

Se crea un menú de selección de la variable la cual se desea observar el mapa de calor.



**Fig. 83. Menú para selección de cada variable
Elaborado por investigador**

Se añade una capa nueva de forma rectangular que indica el área donde se tomaron los datos con la misma función ADDLAYER.



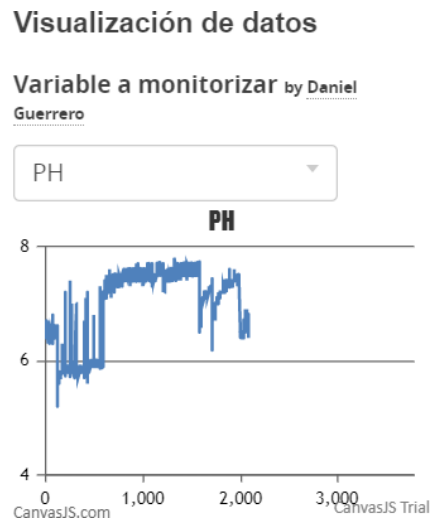
**Fig. 84. Capa del área del terreno
Elaborado por investigador**

El resultado de todos los puntos tomados por los sensores, se puede observar que los mapas de calor permiten digitalizar los datos sobre el mapa del terreno.



**Fig. 85. Resultado de mapa con su respectiva variable
Elaborado por investigador**

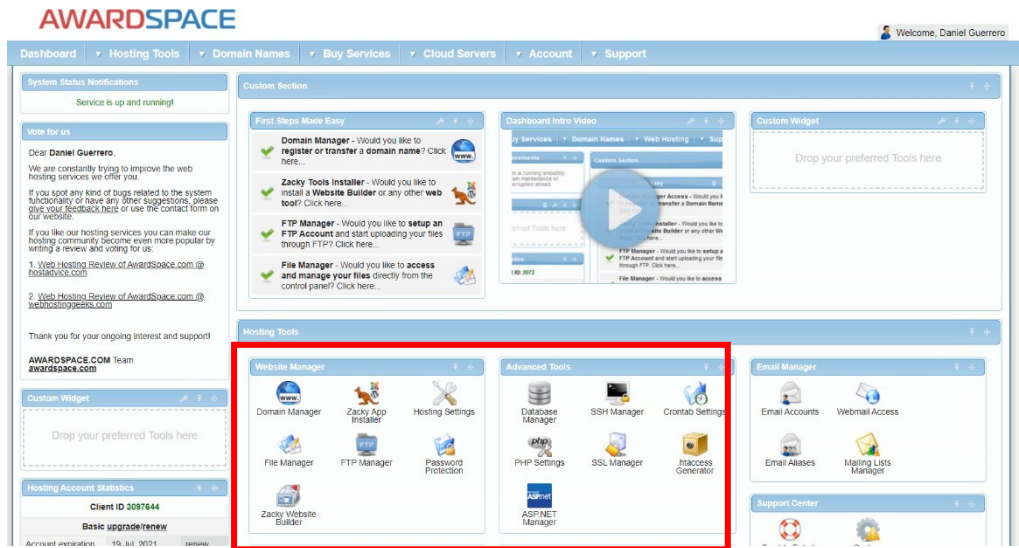
Utilizando la librería canvas de js para realizar el grafico tipo chart de las variables obtenidas por medio de los sensores.



**Fig. 86. Monitorización de datos mediante graficas
Elaborado por investigador**

Servidor Web

Para el servidor web se usó la plataforma AWARSPACE, proveedor de alojamientos de sitios web. Se Crea una cuenta dentro de la plataforma y se escoge el servicio hosting, que contiene el servidor LAMP, DNS y transferencia de archivos los cuales se usaron para el proyecto actual como muestra en la figura 86.



**Fig. 87. Plataforma de alojamiento de servidor Web AWARDSPACE
Elaborado por investigador**

Registro de usuarios

Una vez creada la cuenta, se crea archivos con formato php para un Login al que ingresa a la visualización del mapa. Previamente se realiza un registro de los usuarios quien ingresan al monitoreo del mapa el cual no está para disponible para el público sino solo para el administrador. (En ANEXO I se visualiza el código de programación)

MAPA REGISTRO DE DATOS SALIR

Registro

Nombre de usuario

Nombre Completo

Correo Electronico

Contraseña

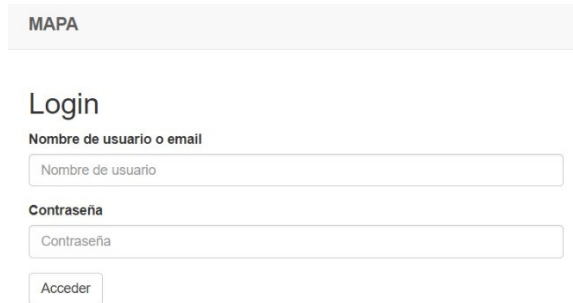
Confirmar Contraseña

**Fig. 88. Registro de usuarios
Elaborado por investigador**

Login

Ya creado el registro de usuarios, se ingresa con el usuario y contraseña que se registró.

Nota: En el servicio hosting, se guardará los registros en la base de datos SQL. (En el ANEXO I indica la programación)



MAPA

Login

Nombre de usuario o email

Contraseña

Acceder

Fig. 89. Login
Elaborado por investigador

En la interfaz del mapa de calor, también contiene un historial de datos tomados desde los sensores mostrados en un formulario, así como una acción de salir de la cuenta del usuario que ingreso. (Ver en ANEXO I el código de programación)

Tabla 21. Registro de datos del mapa
Elaborado por investigador

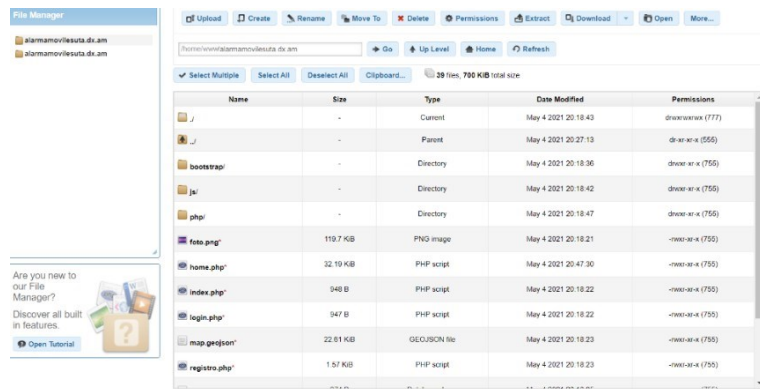
ID	Temperatura	PH	Humedad	Conductividad Eléctrica
1	17.8	88	6.2	0.3
2	17.8	88	6.2	0.3
3	17.8	85	6.2	0.3
4	17.8	83	6.2	0.3
5	17.7	85	6.2	0.3
6	17.8	85	6.3	0.2
7	17.8	88	6.4	0.2
8	17.9	88	6.2	0.3
9	17.7	85	6.2	0.3
10	17.7	85	6.3	0.3
11	17.7	85	6.3	0.2
12	17.5	83	6.3	0.3
13	17.7	85	6.3	0.3
14	17.8	88	6.2	0.3
15	17.5	83	6.3	0.3
16	17.9	88	6.4	0.2
--	--	--	--	--

Ahora se integra los archivos del registro de usuarios, login y registro de datos en el archivo principal del mapa de tal manera que se visualiza como en la figura 90. (Ver ANEXO H)



**Fig. 90. Interfaz web del mapa en MAPBOX completa
Elaborado por investigador**

Ya teniendo todos los archivos en formato php del mapa con su login, registro de usuarios, registro de datos y la opción salir, se adjuntan los archivos en el hosting como muestra la figura 91.



**Fig. 91. Alojamiento de los archivos del mapa de MAPBOX
Elaborado por investigador**

3.2 Análisis de información obtenida

Para la obtención de datos del suelo en el sector Unamuncho San Jose se toma en cuenta que el lugar de prueba es netamente tradicional en cuanto a la agricultura y labrado de suelos, no está tecnificado. Así que se colocó los dos nodos sensores en puntos estratégicos según bibliografía investigada y con la ayuda de una persona agrónoma sobre el terreno. La central fue introducida en un espacio con acceso a internet. En la figura 92 muestra la distribución de cada nodo y la central usando la herramienta Google Earth que facilito las distancias, considerando que existe visibilidad directa entre los nodos y el Gateway o la central (En el ANEXO C, muestra las distancias dadas por Google Earth) de:

NODO 1-CENTRAL: 52.3 m

NODO 2-CENTRAL: 51.1 m



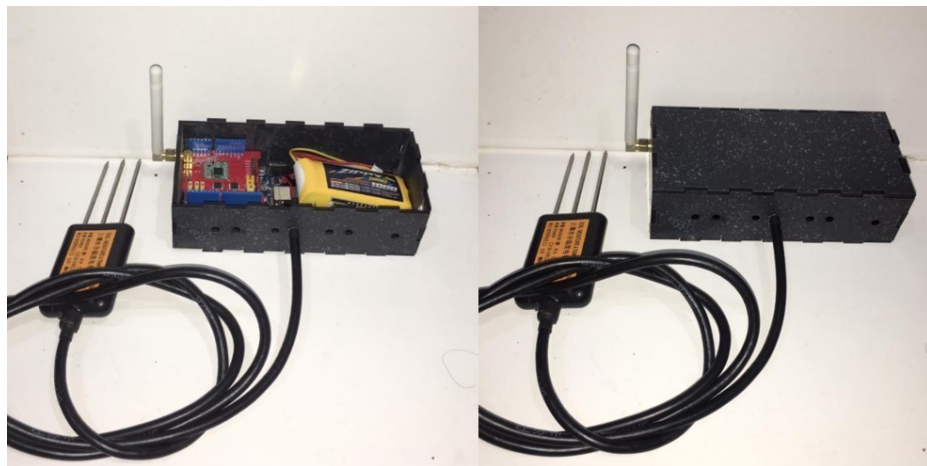
**Fig. 92. Ubicación de nodos y central
Elaborado por investigador**

Con las respectivas distancias, se hace la configuración de radio de LoRa del spreading factor de SF7 por la razón que logra distancia hasta de 2 Km dada por la tabla 18 y configurada en la interfaz del Gateway como muestra en la figura 31. Los datos fueron tomados cada 5 segundos, dado por protocolo de LoRaWAN, que ayuda el rendimiento de las baterías con mayor duración y no exista perdidas de datos. La distancia entre los nodos y la central son cortas por lo que el sistema no hubo ningún tipo de inconvenientes ni interferencias.

El diseño del prototipo del nodo 1, se lo elaboro en solidwork con las medidas exactas, donde entre los circuitos de sensores y su batería. El prototipo está diseñado a prueba de polvo, sin embargo, para una lluvia no tiene, es recomendable usarlo durante el evento. Por tal razón, la toma de muestra de datos, se la realiza sin lluvias o después de la lluvia para mantener el concepto de la humedad de campo que posteriormente se menciona. Para el nodo 2, es exactamente lo mismo como se muestra en las figuras 93 y 94.



**Fig. 93. Prototipo de nodo 1
Elaborado por investigador**



**Fig. 94. Prototipo de nodo 2
Elaborado por investigador**

Utilización de sensores en el terreno para la toma de datos.

Nodo 1

Sensor de pH

El uso del sensor de pH sobre el terreno no fue de tanta dificultad, se lo introdujo al terreno verticalmente aproximadamente 15 a 20 cm, ya que cuando realizan muestras en laboratorios escogen terreno a esa profundidad o existen medidores de pH digitales como el PCE-PH20S que se trabaja bajo ese estándar y recomienda la medición de pH hasta los 20 cm para suelos agrícolas.

Sensor de humedad

La colocación del sensor de humedad sobre el suelo fue aproximadamente entre los 6 a 12 cm debido a que sobre la superficie del terreno se retiene tanta la humedad, lo recomendable fue a esas distancias verticalmente como mejor opción.

Sensor de temperatura

El sensor de temperatura se colocó a la misma distancia del sensor de humedad, el sensor de temperatura no tiene mucha importancia en cuanto a la fertilidad del suelo, pero si tiene un mayor impacto a la hora de la toma de datos de un terreno cultivado.

Nodo 2

Conductividad Eléctrica.

El sensor de conductividad eléctrica acorde al manual y su estándar MEC10, existen dos métodos para la recolección de información, el primer método de recolección rápida y el segundo método de medición enterrado. En la toma de muestra que se hizo en el terreno de este proyecto fue el lapso de tres días, en cierto tiempo. Por ello se usaron los dos métodos para realizar su diferencia, en sí, los datos fueron los mismos, pero para tomar datos a largos tiempos como días, meses incluso tiempos más prolongados se recomienda el segundo método.

Tabla 22. Características del terreno

Elaborado por investigador

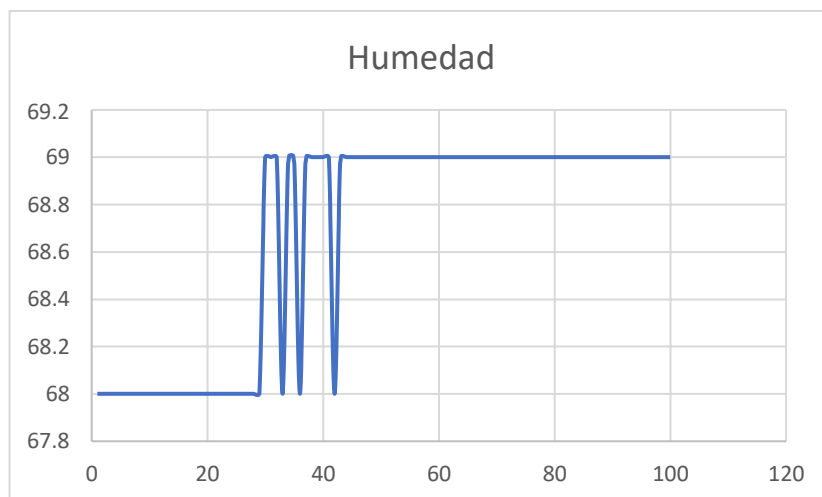
Características del terreno muestreado

Área de aproximadamente 500 m ² – 12 * 40 (ancho-largo) m	Terreno labrado	Condiciones climáticas de lluvia y ligeramente soleado	Nota: Para las primeras muestras de los parámetros del suelo se lo realizó en 3 días
---	-----------------	--	--

Análisis de las variables del nodo 1

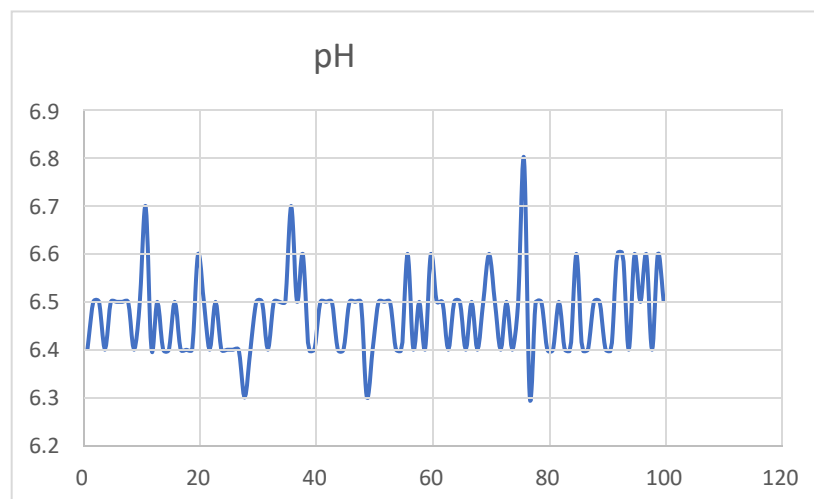
Se realizó una toma de muestra de 300 datos de 2000 datos en total recolectados de cada variable por tres días para observar las variaciones de cada una de ellas en cuanto a las condiciones climáticas, para este caso la lluvia. La humedad del suelo es uno de las variables que permite determinar la textura del suelo en cuanto a la retención de humedad tanto de riegos como de la lluvia. A continuación, el análisis de datos de humedad y pH por día:

Para el primer día, en la figura 95, la toma de muestras indica una humedad promedio de 68.68% de 100 datos (Ver tabla de datos de humedad en ANEXO E) en un tiempo de 23 minutos.



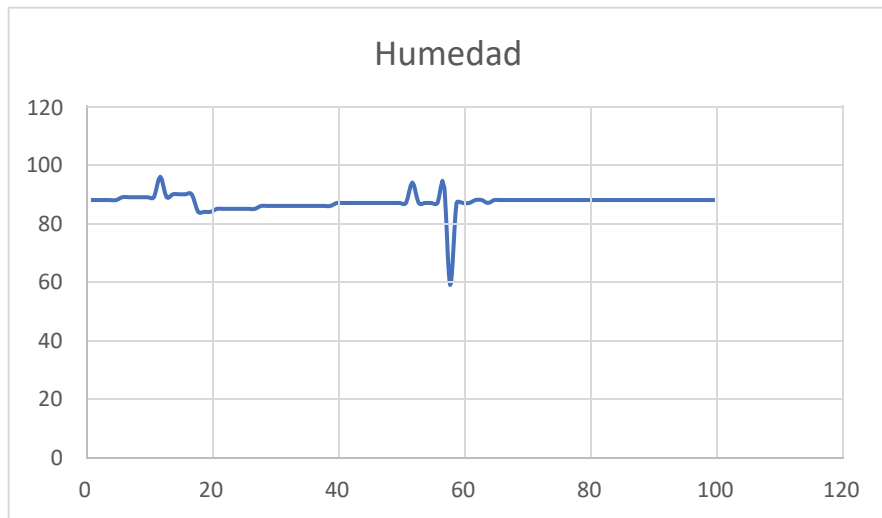
**Fig. 95. Muestra de humedad del primer día
Elaborado por investigador**

Para la variable de pH, de obtuvo un promedio de 6.472 de pH con 100 datos de la misma manera para el primer día tal como indica la figura 96.



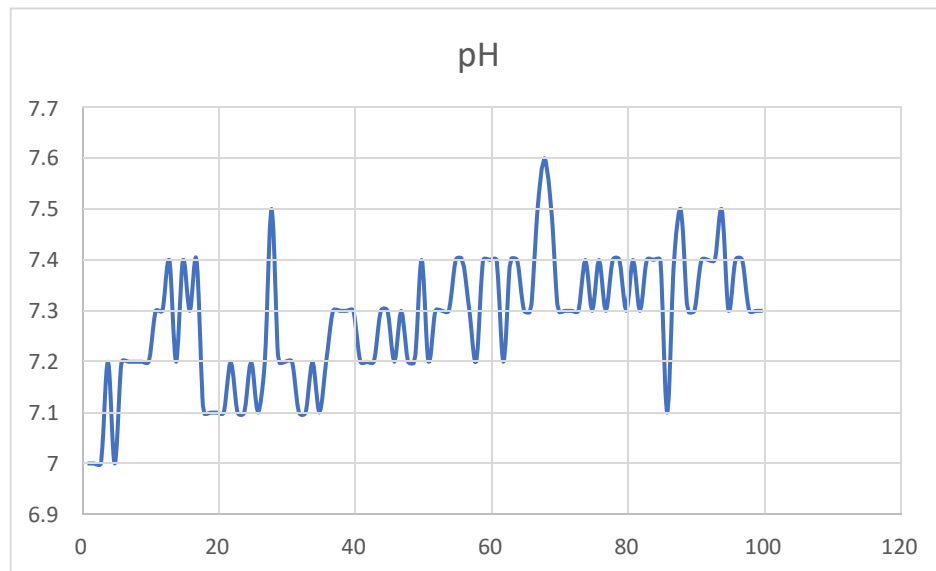
**Fig. 96. Muestra de pH del primer día
Elaborado por investigador**

En el segundo día, en la toma de información del suelo cambia debido al cambio climático de una lluvia ligeramente leve, En la figura 97 se ve dicho cambio con respecto a los datos anteriores de humedad. Con un promedio de 87.29% de humedad con 100 datos recolectados en lapso de 22 minutos. (Ver ANEXO F)



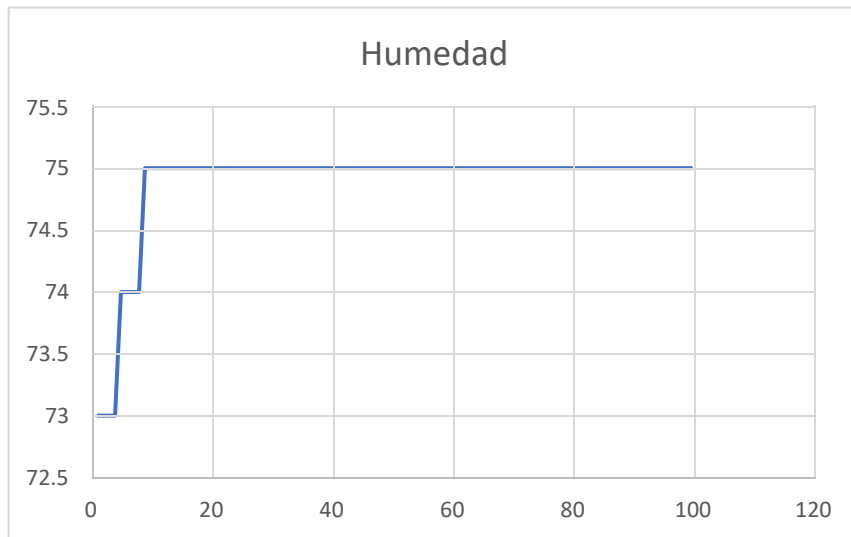
**Fig. 97. Muestra de humedad del segundo día.
Elaborado por investigador**

El pH obtuvo un promedio 7.28 de pH con el mismo número de datos y tiempo de la humedad del segundo día y se observa variación debido a la lluvia que se produjo.



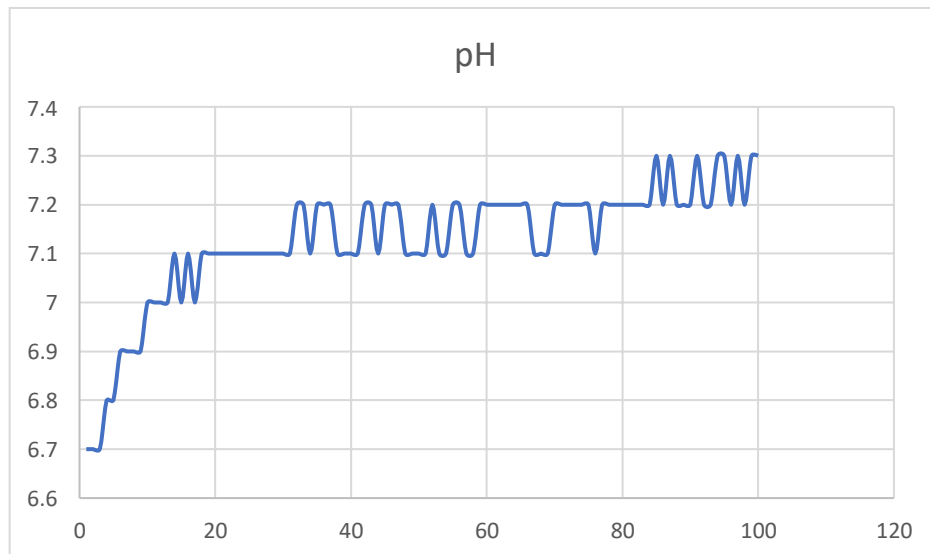
**Fig. 98. Muestra de datos de pH del segundo día
Elaborado por investigador**

Para el tercer día, en la toma de datos, se obtuvo un promedio 74.87% de humedad, la condición climática, no se presentó lluvia durante día, con una toma de datos de 100 en un lapso de 25 minutos. En la figura 99 muestra el cambio de humedad con respecto al día anterior. (Ver ANEXO G)



**Fig. 99. Muestra de humedad del tercer día
Elaborado por investigador**

El pH dentro del tercer día, de la misma forma del dato de humedad alcanzo un promedio de 7.12 de pH como se muestra los datos en la figura 100.



**Fig. 100. Muestra de pH del tercer día
Elaborado por investigador**

En la siguiente tabla 22 se observa el resumen de la información analizada de la variable de humedad y pH:

Tabla 23. Resumen de datos de humedad y pH
Elaborado por investigador

	<i>Humedad (%)</i>	<i>pH</i>
<i>Dia 1</i>	68.68	6.47
<i>Dia 2</i>	87.29	7.28
<i>Dia 3</i>	74.87	7.12

La condición de clima del día 2 fue lluvioso mientras que el día 3 la condición climática fue despejado sin síntomas de lluvia, lo cual implica el comportamiento del suelo en el lapso de estos dos días. El primer comportamiento fue la retención de humedad que alcanzo de un 87.29% a 74.87% con la diferencia de 12.42% con una muestra de 200 datos. De acuerdo a la tabla 5, el rango de retención de humedad de campo, el valor medido entra en dicho rango dando como resultado a la textura del suelo franco arcilloso, que cumple con las características indicadas en la figura 2, que son suelos que retienen nutrientes y humedad adecuadamente.

El segundo comportamiento, fue que el pH cambia cuando el suelo tiende a ser afectado por el agua, como se aprecia en la tabla resumen del dato en los tres días. Para la validez de este dato, se hizo una investigación de campo con una persona agrónoma representante de “**ORGANIC GARDEN**” que compartió su promedio de datos de pH de sus suelos cultivados mostrados en la tabla 23. (Ver ANEXO D)

Tabla 24. Rangos de pH para la fertilización orgánica
Elaborado por investigador

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	Riego con agua de lluvia	6,5-6.9 pH
	Riego con agua potable	6.8-7 pH

Dentro del rango mencionado cuando existe un riego sobre el terreno de agua de lluvia, existe una fertilidad orgánica del suelo y óptimo para el sembrío de un cultivo, en especial hortalizas. En la table 3, la valoración que se le da al suelo acorde al rango de pH del

terreno es un suelo neutro, que, en teoría, tiene buena fertilidad con nutrientes para cualquier cultivo.

En la figura 101 indica el mapa del nodo 1 de la primera variable analizada, es decir, de la humedad donde se condiciono los rangos de humedad de campo donde se pudo determinar la textura del suelo franco arcilloso a si mismo visualizando los cambios del dato en el dashboard y en el mapa donde representa el color rojo la humedad entre 77-88%, lo cual indica que se toma en el día lluvioso, el color naranja y verde se ve como la humedad decreció levemente en un día despejado, indicando como el suelo tiene la capacidad de retener el agua lo cual permitió determinar su textura como se mencionó anteriormente.

Tabla 25. Tabla de rangos de humedad
Elaborado por investigador

Leyenda	Rango humedad (%)	INDICACIONES
Rojo	77-68	Concentra pH eficiente para la fertilización orgánica
Amarillo	65-75	Buena retención de agua Buena retención de raíces
Verde	53-75	Control de riego para mantener el suelo sin erosión cuando la humedad del suelo está por debajo del valor umbral



**Fig. 101. Monitoreo de humedad mostrado en el mapa
Elaborado por investigador**

Para la visualización del dato del pH, se lo selecciona en el check list de las variables y así mismo en el dashboard, donde, indica el estado de terreno acorde a su valor del pH el cual representa el valor mínimo de 6.2 hasta el valor máximo de 7.5. El valor óptimo de pH entra el color amarillo de 6.5 a 6.8 de acidez, que es el rango donde existe fertilidad orgánica mostrada en la tabla 23.



**Fig. 102. Monitoreo de pH mostrado en el mapa
Elaborado por investigador**

En la tabla muestra los productos que pueden cultivarse en el terreno analizado por los mapas, estos entran en el rango de la fertilidad orgánica del terreno.

Tabla 26. Rango de pH óptimo para algunos cultivos
Elaborado por investigador

CULTIVOS	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
Acelga									
Brócoli									
Col									
Lechuga									
Coliflor									
Maíz									
Papa									
Haba									

Análisis de la variable del nodo 2

La información recolectada del nodo 2 de la variable de conductividad eléctrica mantuvo encendido al mismo tiempo del nodo 1 en los tres días con total de datos aproximado de 1500, donde se observó que, las variaciones fueron mínimas, así que se realizó un promedio por los cambios climáticos del segundo y tercer día con unos 700 datos como se muestra en la figura 103. (VER ANEXO H)

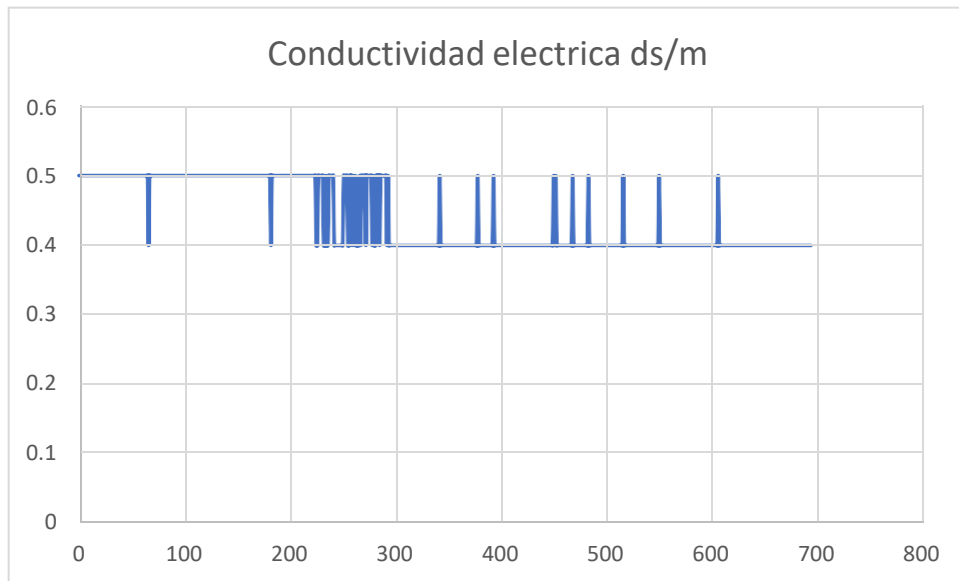


Fig. 103. Muestra de conductividad eléctrica
Elaborado por investigador

El promedio de la conductividad eléctrica es de 0.439 ds/m que entra en el rango mostrado en la tabla 4, que indica que el suelo es no salino lo que significa que no afecta a los cultivos y no produce el fenómeno de fitotoxicidad.

Los resultados también fueron monitorizados en el mapa con su dashboard en el rango de 0.2 a 0.5 ds/m, que representa en color verde como el máximo y amarillo el mínimo, no existe variaciones ya que la conductividad del terreno es uniforme dando como resultado un suelo no salino.



Fig. 104. Monitoreo de conductividad eléctrica mostrado en el mapa
Elaborado por investigado

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se implementó el sistema de mapificación en dos terrenos en San José con tecnología de comunicación LoRa basado en IoT monitorizando sus parámetros químicos y físicos mediante sensores, determinando su fertilidad de cada terreno visualizados en los mapas digitales, aportando la disminución de la brecha tecnológica que existen con los agricultores en sector.
- Se realizó el estudio de suelos y agricultura en la ciudad de Ambato en especial en el sector San José, lo cual se observó que son terrenos no tecnificados y se dedican a una agricultura tradicional, no obstante, son suelos fértiles para cultivos de papa, maíz, haba, hortalizas como lechuga, col, brócoli, acelga entre sus derivados. por otro lado, se investigó que dentro del cantón Ambato el 40% de la población se dedica a la actividad agrícola, dando importancia a la economía en la ciudad. Los cultivos que más predominan son las hortalizas, papa y maíz suave con un 76.39% de los cultivos.
- Se elaboraron dos circuitos portables para la adquisición de datos de las variables de temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica. El primer circuito se elaboró con la shield loRa Arduino, sensor de temperatura DS18B20, sensor de humedad YL-69 y sensor de pH SEN016, alimentados por una batería de 5V como primer nodo sensor para la transmisión con LoRa; el segundo circuito con el sensor SOIL MESAASURE SENSOR que corresponde a la conductividad eléctrica alimentado con una batería de 12V con la tecnología LoRa logrando la conectividad con el Gateway LoRa IoT con tiempo de llegada de la información entre 5 y 7 segundos tanto a la plataforma IoT como en los mapas, a un distancia de aproximadamente 55 a 100 metros en espacio libre desde el terreno hasta la central.

- Se comprobó que el Gateway LoRa Dragino y la plataforma IoT TTN son escalables permitiendo la conectividad de 2 nodos sensores ya que el Gateway y la plataforma tiene soporte hasta 100 nodos, por ende, también conecta una gran cantidad de sensores en la shield LoRa Arduino.
- Se formaron dos mapas digitales en MAPBOX de dos terrenos con características diferentes. Los rangos de las magnitudes para la fertilización de suelos están basados según la FAO y por libros de fertilización e irrigación de varios autores mostrados en la tabla 3, tabla4 y tabla 5. El primer terreno muestreado obtuvo un rango de humedad entre 53-88 % dando como resultado buena retención de agua que determinó su textura del suelo franco arcilloso, para la magnitud de pH se obtuvo un rango de 6.1 a 7.1 que determinó su fertilidad orgánica y que esta apto para cultivos de acelga, brócoli, col, lechuga maíz, papa y haba. La conductividad eléctrica obtuvo un rango de 0.2 – 0.5 ds/m, que determinó que es un terreno no salino, que indica que no afecta a los cultivos por la deficiencia de sales. En el segundo terreno obtuvo los mismos rangos de humedad y conductividad eléctrica, donde se difirió en el pH, el rango fue de 4.8 a 6 lo cual indica que debe ser tratado con un labrado de tierra para mantener el rango de la fertilización orgánica.

4.2 Recomendaciones

- La información tomada por los nodos se realizó cada dos metros hasta cubrir el área del terreno, se lo hizo de forma manual lo cual es pesado extraer los sensores de los nodos hasta terminar la toma de muestras, para ser posible esto de forma automática y precisión, es necesario la construcción de un robot móvil que tome datos de todo el terreno cada cierta distancia y así no colocar sensores sobre todo el terreno.
- El sistema implementado tiene varias aplicaciones, es decir, mide el grado de fertilidad del suelo, pero a su vez es capaz de medir el estado de un cultivo de cualquier producto como hortaliza, para ello se puede implementar un sistema de riego conjuntamente con la tecnología LoRa basado en IoT con un Gateway de doble canal para un control del mismo riego ya que el que se uso es de un solo canal por ende solo permite la monitorización no más bien el control.
- La plataforma TTN se puede integrar no solo a los servicios de AWS, sino que tiene más plataformas de integración con soporte IoT como NODERED, CAYENNE, THING SPEAK entre otros, lo cual se podría tener mejor visualización de muchas maneras.
- Para los mapas hechos en MapBox, se requiere de conocimiento en JSON, GEOJSON, JAVASCRIPTS para poder renderizar datos de cualquier magnitud, no obstante, existen más plataformas como ARCGIS y QGIS con un grado empresarial que tiene soporte con los servicios de AMAZON.
- El segundo terreno debe ser tratado, debido a que es un terreno que no está labrado y requiere de fertilizantes para llegar al rango de pH y alcanzar su fertilización orgánica. Para ello es necesario trabajar con especialista sobre agronomía para que el análisis de los suelos de los terrenos muestreado sea más eficiente y exista buena toma de decisiones.

Referencias Bibliográficas

- [1] P. Sharma, “Design And Implementation Soil Analyser Using IoT,” 2017.
- [2] I. G. Sig and D. E. L. Cantón, “SUELOS , MEDIANTE LOS SISTEMAS DE,” 2014.
- [3] J. E. Gómez, S. Castaño, T. Mercado, A. Fernandez, and J. Garcia, “Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos,” *Ing. e Innovación*, vol. 5, no. 1, 2018, doi: 10.21897/23460466.1101.
- [4] R. Dagar, S. Som, and S. K. Khatri, “Smart Farming – IoT in Agriculture,” *2018 Int. Conf. Inven. Res. Comput. Appl.*, no. Icirca, pp. 1052–1056, 2018.
- [5] G. S. Nagaraja, A. B. Soppimath, T. Soumya, and A. Abhinith, “IOT BASED SMART AGRICULTURE,” *2019 4th Int. Conf. Comput. Syst. Inf. Technol. Sustain. Solut.*, vol. 4, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/CSITSS47250.2019.9031025.
- [6] M. Y. F. D. E. Suelos, “de Papa,” 2011.
- [7] J. A. O. Prendes, E. A. Khouri, and M. M. López, *Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado*. Universidad de Oviedo, 2006.
- [8] E. Bascónes Merino, “Análisis de suelo y consejos de abonado,” p. 65, 2004.
- [9] J. Gisbert, S. Ibáñez, and H. Moreno, “La textura de un suelo,” *Univ. Politécnica Val.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2008.
- [10] J. Espinosa and E. Molina, “Acidez y encalado de los suelos,” *Accs*, vol. 1, pp. 1–46, 1999, [Online]. Available: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez y encalado de suelos>.
- [11] Fertilab, “Entendiendo el pH del Suelo,” no. 2847, pp. 7–9, 2000.
- [12] C. El, “Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas.”
- [13] A. Ec, U. States, and S. Ec, “Inherent Factors Affecting Soil EC,” pp. 1–7.
- [14] I. D. E. L. M. Natural, “como indicador de la capacidad de,” pp. 2017–2018, 2018.
- [15] E. L. Agua, “Los suelos.”
- [16] S. M. De Tierras, “FIHRTILIE EL SU-Fi (01.”
- [17] “Interpretacion de resultados de textura y humedad del suelo.”
- [18] H. R. Editoras, E. F. A. S. Lucia, C. Título, and E. L. Gran, “Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos.”
- [19] D. Martino, A. Morón, and J. Sawchik, “Manejo y Fertilida de de suelos,” *INIA Ser. Técnica N°76*, p. 187, 1996.

- [20] “Internet of things (IoT) en la transformación digital de las empresas 2015,” 2015.
- [21] J. Höller, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Karnouskos, S. Avesand, and D. Boyle, *From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence*. 2014.
- [22] K. Shafique, B. A. Khawaja, F. Sabir, S. Qazi, and M. Mustaqim, “Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems : A Review of Current Challenges , Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios,” vol. 8, 2021.
- [23] U. February *et al.*, “The Internet of Things (IoT): An Overview,” vol. 2019, 2020.
- [24] N. Technical and S. Report, “INTERNET OF THINGS (IoT),” no. June, 2020.
- [25] “INTERNET DE.”
- [26] S. Chaudhary, “CRAIoT : Concept , Review and Application (s) of IoT,” *2019 4th Int. Conf. Internet Things Smart Innov. Usages*, pp. 1–4, 2019.
- [27] V. Puranik, “Automation in Agriculture and IoT,” *2019 4th Int. Conf. Internet Things Smart Innov. Usages*, pp. 1–6, 2019.
- [28] “IoT Cloud Platforms : an Application Development Perspective Investigating IoT Middleware Platforms for Smart Application Development The advancement in sensor , actuator , computing and storage technologies has given,” no. April, 2020.
- [29] S. Tyagi, “Internet of Things using LPWAN,” no. January, 2019.
- [30] T. M. Workgroup, “A technical overview of LoRa ® and LoRaWAN ™ What is it?,” no. November, 2015, [Online]. Available: <https://loro-alliance.org/resource-hub/what-lorawantm>.
- [31] E. L. Estado, *LA AGRICULTURA Y*. 2019.
- [32] S. R. Prathibha, A. Hongal, and M. P. Jyothi, “IOT BASED MONITORING SYSTEM IN SMART AGRICULTURE,” pp. 5–8, 2017, doi: 10.1109/ICRAECT.2017.52.
- [33] A. Nayyar, “Smart Farming : IoT Based Smart Sensors Agriculture Stick for Live Temperature and Moisture Monitoring using Arduino , Cloud Computing & Solar Technology,” no. October, 2017, doi: 10.1201/9781315364094-121.
- [34] P. Tomaszuk, “Soil sampling mobile platform for,” 2019.
- [35] “Mapas digitales urbanos, nuevas miradas a las ciudades | UNIBA.” <https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/noticias/mapas-digitales-urbanos-nuevas-miradas-las-ciudades> (accessed Jan. 28, 2021).
- [36] “Mapas y fertilidad de suelos agrícolas - AGQ Labs Chile.”

- <https://agqlabs.cl/2020/03/04/mapas-fertilidad-de-suelos-agricolas/> (accessed Jan. 28, 2021).
- [37] “10 aplicaciones GIS en la nube para publicar mapas - MappingGIS.”
<https://mappinggis.com/2017/01/10-aplicaciones-gis-en-la-nube-para-publicar-mapas-en-la-web/> (accessed Jan. 29, 2021).
- [38] “Long Range, Low Power RF Transceiver with LoRa Technology | Semtech.”
<https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-transceivers> (accessed Jan. 30, 2021).
- [39] H. C. Salvia, “Estudio en detalles de LoraWan y comparacion con otras tecnologias LPWAN considerando diferentes patrones de trafico,” 2020, pp. 1–89, 2020, [Online]. Available:
<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/106369/7/shernandezc6TFM0120memoria.pdf>.
- [40] “Classes | The Things Network.”
<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/classes.html> (accessed Feb. 01, 2021).
- [41] D. Shaviv, A. Ozgur, and A. Arbabian, “Communication with crystal-free radios,” *IEEE Trans. Commun.*, vol. 66, no. 10, pp. 4513–4520, 2018, doi: 10.1109/TCOMM.2018.2840713.
- [42] “Modulation & Data Rate | The Things Network.”
<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/modulation-data-rate.html> (accessed Feb. 01, 2021).
- [43] “LoRa and LoRaWAN: Technical overview | DEVELOPER PORTAL.”
<https://lora-developers.semtech.com/library/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/> (accessed Jan. 30, 2021).
- [44] “How Spreading Factor affects LoRaWAN device battery life.”
<https://www.thethingsnetwork.org/article/how-spreading-factor-affects-lorawan-device-battery-life> (accessed Feb. 01, 2021).
- [45] “LG01-N Single Channel LoRa IoT Gateway.”
<https://www.dragino.com/products/lora/item/143-lg01n.html> (accessed Jan. 30, 2021).
- [46] “LG01-N Single Channel LoRa IoT Gateway.”
<https://www.dragino.com/products/lora/item/143-lg01n.html> (accessed Feb. 02, 2021).
- [47] “CANTÓN AMBATO / BLOQUE 1 . 1 PROYECTO : “ LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA,” 2014.
- [48] “TUNGURAHUA CANTON AMBATO PARROQUIA RURAL UNAMUNCHO ABRIL 2015 - 2019 PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PLAN DE DESARROLLO Y

ORDENAMIENTO UNAMUNCHO El gobierno autónomo descentralizado rural de Unamuncho , con el objeto de realizar un estudio d,” 2019.

Anexo A

Lugar de toma de muestra











ANEXO B

Se uso el software GOOGLE EARTH para determinar la distancia entre los nodos y la central y la visibilidad directa que existe



Nombre:

Descripción

Estilo, color

Ver

Altitud

Medidas

Longitud:

52,3

Aceptar

Cancelar



Nombre: CENTRAL - NODO 2

Descripción

Estilo, color

Ver

Altitud

Medidas

Longitud:

51,1

Metros



Aceptar

Cancelar

ANEXO C

Las instancias de AWS del servicio EC2, permite dar facilidad en el manejo de recursos del CPU, memoria y de la red. En el presente proyecto se hizo uso la instancia t3. micro ya que no se hizo una gran cantidad de recursos en la integración de TTN con AWS.

Instancia	CPU virtual*	Créditos por hora de CPU	Memoria (GiB)	Almacenamiento	Rendimiento de red (Gbps)
t3.nano	2	6	0,5	Solo EBS	Hasta 5
t3.micro	2	12	1	Solo EBS	Hasta 5
t3.small	2	24	2	Solo EBS	Hasta 5
t3.medium	2	24	4	Solo EBS	Hasta 5
t3.large	2	36	8	Solo EBS	Hasta 5
t3.xlarge	4	96	16	Solo EBS	Hasta 5
t3.2xlarge	8	192	32	Solo EBS	Hasta 5

ANEXO D

Certificado de validación de dato de pH



Calle Córdova y Bsj, Pontevedra-Ambato

Ambato 24 de marzo del 2021

Christian Santiago Llambo Villacrés con cédula de identidad 1805192430 como representante de la empresa *Organic*.

CERTIFICA,

Que el señor Gicson Daniel Guerrero Romero con cédula de identidad 2100670385 ha pedido comedidamente le facilitemos los datos correspondientes al pH de nuestros suelos de cultivo.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	Riego con agua de lluvia	6,5-6,7 pH
	Riego con agua potable	6.8-7 pH

Es todo en cuanto podemos certificar, pudiendo el interesado hacer usos de presente documento en lo que estimare conveniente.


Christian Llambo Villacrés
Propietario

ANEXO E

Datos de las variables del nodo 1 del píimeí día

ID	TIEMPO	HUMEDAD	PH	TEMPERATURA
app_lora	2021-02-24T03:55:20.687298589Z	68	6.4	19.3
app_lora	2021-02-24T03:55:26.648632158Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:55:34.177727492Z	68	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T03:55:41.607362551Z	68	6.4	19.3
app_lora	2021-02-24T03:55:48.898702711Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:01.876010247Z	68	6.5	19.3
app_lora	2021-02-24T03:56:08.504911676Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:14.193523168Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:20.986032844Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:32.882232729Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:38.674238619Z	68	6.7	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:44.284365557Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:50.720473472Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:56:56.593691731Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:57:11.302940282Z	68	6.4	19.3
app_lora	2021-02-24T03:57:24.19577863Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:57:30.309026477Z	68	6.4	19.3
app_lora	2021-02-24T03:57:37.015077652Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:57:44.036488451Z	68	6.4	19.3
app_lora	2021-02-24T03:57:56.6700949Z	68	6.6	19.3
app_lora	2021-02-24T03:58:03.219729471Z	68	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T03:58:10.593760008Z	68	6.4	19.4
app_lora	2021-02-24T03:58:17.54998813Z	68	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T03:58:23.818192073Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:58:29.943023488Z	68	6.4	19.4
app_lora	2021-02-24T03:58:37.204784676Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:58:44.159864791Z	68	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:58:51.595246084Z	68	6.3	19.5
app_lora	2021-02-24T03:59:10.300359139Z	68	6.4	19.4
app_lora	2021-02-24T03:59:17.899127276Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:59:23.54313181Z	69	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T03:59:30.15833626Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T03:59:42.828278119Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T03:59:50.203657564Z	69	6.5	19.6

app_lora	2021-02-24T03:59:56.390311636Z	69	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T04:00:02.605333572Z	68	6.7	19.5
app_lora	2021-02-24T04:00:16.676309332Z	69	6.5	19.3
app_lora	2021-02-24T04:00:23.303857654Z	69	6.6	19.5
app_lora	2021-02-24T04:00:29.926387546Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:00:35.560399622Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:00:43.173015339Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:01:02.860688076Z	68	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:01:09.632769633Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:01:15.501674567Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:01:23.133362895Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:01:29.143934649Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:01:34.864555626Z	69	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T04:01:42.394223463Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:01:48.038205697Z	69	6.3	19.5
app_lora	2021-02-24T04:02:02.178026156Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:02:13.846564224Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:02:21.279980405Z	69	6.5	19.4
app_lora	2021-02-24T04:02:27.826057455Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:02:34.188145042Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:02:41.643104147Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:02:49.164527137Z	69	6.6	19.5
app_lora	2021-02-24T04:02:56.714552592Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:03:03.402294561Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:03:10.185681384Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:03:17.216228535Z	69	6.6	19.5
app_lora	2021-02-24T04:03:24.503143169Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:03:30.950363948Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:03:44.350464329Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:03:50.72033336Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:03:58.17611617Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:04:04.854804987Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:04:11.718452173Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:04:24.1234389Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:04:31.639962662Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:04:37.272938932Z	69	6.6	19.6
app_lora	2021-02-24T04:04:43.214406987Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:04:49.913333921Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:04:56.939616147Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:05:02.998870783Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:05:09.017076481Z	69	6.5	19.6

app_lora	2021-02-24T04:05:29.416312132Z	69	6.8	19.7
app_lora	2021-02-24T04:05:35.954248335Z	69	6.3	19.5
app_lora	2021-02-24T04:05:43.13079943Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:05:49.579408117Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:05:56.121466844Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:06:03.653596595Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:06:11.174773784Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:06:17.050749459Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:06:23.511610417Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:06:30.5303074Z	69	6.6	19.5
app_lora	2021-02-24T04:06:36.577228964Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:06:43.76951985Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:06:50.810733764Z	69	6.5	19.6
app_lora	2021-02-24T04:06:58.416837443Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:07:05.036171217Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:07:12.47870135Z	69	6.4	19.5
app_lora	2021-02-24T04:07:18.262878195Z	69	6.6	19.5
app_lora	2021-02-24T04:07:25.302309498Z	69	6.6	19.6
app_lora	2021-02-24T04:07:32.820187367Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:07:39.774384877Z	69	6.6	19.6
app_lora	2021-02-24T04:07:45.416580901Z	69	6.5	19.5
app_lora	2021-02-24T04:07:52.837893612Z	69	6.6	19.6
app_lora	2021-02-24T04:08:00.035959632Z	69	6.4	19.6
app_lora	2021-02-24T04:08:06.916964819Z	69	6.6	19.5
app_lora	2021-02-24T04:08:14.110884203Z	69	6.5	19.5

ANEXO F

Datos de las variables del nodo 1 en el segundo día

ID	TIEMPO	HUMEDAD	PH	TEMPERATURA
app_lora	2021-02-25T21:32:00.73191552Z	88	7	17.8
app_lora	2021-02-25T21:32:07.657964336Z	88	7	17.8
app_lora	2021-02-25T21:32:21.304658476Z	88	7	17.8
app_lora	2021-02-25T21:32:28.012293725Z	88	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:32:34.056751022Z	88	7	17.8
app_lora	2021-02-25T21:32:53.821915589Z	89	7.2	17.7
app_lora	2021-02-25T21:33:07.452414235Z	89	7.2	17.8

app_lora	2021-02-25T21:33:14.976885927Z	89	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:33:22.576789456Z	89	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:33:29.927584239Z	89	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:33:36.151342977Z	89	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:33:42.763870173Z	96	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:33:49.787086254Z	89	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:33:55.437401862Z	90	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:34:08.397321015Z	90	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:34:14.048330028Z	90	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:34:21.135293978Z	90	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:37:37.107080198Z	84	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:37:44.555057445Z	84	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:37:51.248329809Z	84	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:37:58.539539946Z	85	7.1	17.9
app_lora	2021-02-25T21:38:05.481983358Z	85	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:38:12.692833228Z	85	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:38:33.368670983Z	85	7.1	17.9
app_lora	2021-02-25T21:38:40.731856338Z	85	7.2	17.9
app_lora	2021-02-25T21:38:48.186418623Z	85	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:39:00.832369952Z	85	7.2	17.9
app_lora	2021-02-25T21:39:07.042335511Z	86	7.5	17.8
app_lora	2021-02-25T21:39:14.412015903Z	86	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:39:20.513679333Z	86	7.2	17.7
app_lora	2021-02-25T21:39:26.477892464Z	86	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:39:33.088875951Z	86	7.1	17.9
app_lora	2021-02-25T21:39:38.71511262Z	86	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:39:51.270413523Z	86	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:40:03.447710831Z	86	7.1	17.9
app_lora	2021-02-25T21:40:09.331267194Z	86	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:40:16.254489194Z	86	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:40:23.725673876Z	86	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:40:36.968630072Z	86	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:40:43.297856523Z	87	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:40:50.90775751Z	87	7.2	17.9
app_lora	2021-02-25T21:40:57.027109142Z	87	7.2	17.7
app_lora	2021-02-25T21:41:03.079845888Z	87	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:41:09.772378748Z	87	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:41:15.895879405Z	87	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:41:22.919444287Z	87	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:41:28.5876689Z	87	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:41:35.156558043Z	87	7.2	17.9

app_lora	2021-02-25T21:41:41.876507063Z	87	7.2	17.8
app_lora	2021-02-25T21:41:48.314763947Z	87	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:41:54.867570396Z	87	7.2	17.9
app_lora	2021-02-25T21:42:00.758388101Z	94	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:42:08.360905945Z	87	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:42:15.001591405Z	87	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:42:21.518979148Z	87	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:42:43.097261644Z	87	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:42:50.049737814Z	94	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:42:57.495026745Z	59	7.2	17.9
app_lora	2021-02-25T21:43:10.000550059Z	87	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:43:15.635438978Z	87	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:43:21.509821488Z	87	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:43:27.656852581Z	88	7.2	18
app_lora	2021-02-25T21:43:34.110625655Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:43:46.099371268Z	87	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:43:52.871861393Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:43:59.8135681Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:44:13.131787533Z	88	7.5	17.9
app_lora	2021-02-25T21:44:20.084657005Z	88	7.6	17.9
app_lora	2021-02-25T21:44:27.274774055Z	88	7.5	17.8
app_lora	2021-02-25T21:44:34.887861061Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:44:41.592604392Z	88	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:44:47.396514093Z	88	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:44:54.854608699Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:45:01.965443988Z	88	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:45:14.786224133Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:45:21.91224491Z	88	7.4	17.7
app_lora	2021-02-25T21:45:28.947135059Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:45:34.899433421Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:45:41.872359209Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:45:48.484912506Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:45:54.265722472Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:46:01.806534658Z	88	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:46:08.424117083Z	88	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:46:15.147705024Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:46:21.179176546Z	88	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:46:27.073053569Z	88	7.1	17.8
app_lora	2021-02-25T21:46:34.663799945Z	88	7.4	18
app_lora	2021-02-25T21:46:41.870815193Z	88	7.5	17.9
app_lora	2021-02-25T21:46:48.658495606Z	88	7.3	17.9

app_lora	2021-02-25T21:46:54.7884178Z	88	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:47:01.759621179Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:47:09.203615302Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:47:15.570411272Z	88	7.4	17.8
app_lora	2021-02-25T21:47:21.361745999Z	88	7.5	17.9
app_lora	2021-02-25T21:47:28.562056708Z	88	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:47:35.679766837Z	88	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:47:41.541886276Z	88	7.4	17.9
app_lora	2021-02-25T21:47:48.768390337Z	88	7.3	17.8
app_lora	2021-02-25T21:47:56.34997226Z	88	7.3	17.9
app_lora	2021-02-25T21:48:03.796268097Z	88	7.3	18

ANEXO G

Datos de las variables del nodo 1 en el tercer día

ID	TIEMPO	HUMEDAD	PH	TEMPERATURA
app_lora	2021-02-26T16:15:45.743489789Z	73	6.7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:15:52.035464678Z	73	6.7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:15:58.323852745Z	73	6.7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:10.615687338Z	73	6.8	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:17.649889307Z	74	6.8	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:24.442129781Z	74	6.9	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:31.98432578Z	74	6.9	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:39.095611894Z	74	6.9	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:45.226686055Z	75	6.9	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:52.65726081Z	75	7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:16:58.368410049Z	75	7	18.5
app_lora	2021-02-26T16:17:05.480889269Z	75	7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:12.352994504Z	75	7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:18.891003011Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:24.839208917Z	75	7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:31.872892184Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:44.827343598Z	75	7	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:52.206798758Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:17:59.133773409Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:05.921827259Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:12.798200618Z	75	7.1	18.6

app_lora	2021-02-26T16:18:18.421944953Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:24.526323159Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:31.323376861Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:37.196004731Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:44.146159115Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:18:50.755497834Z	75	7.1	18.5
app_lora	2021-02-26T16:18:56.398040677Z	75	7.1	18.5
app_lora	2021-02-26T16:19:02.842380745Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:19:08.729409798Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:19:20.711311103Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:19:26.500952394Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:19:33.455492604Z	75	7.2	18.5
app_lora	2021-02-26T16:19:40.79774775Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:19:54.436244609Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:01.626647379Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:08.230958969Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:14.116718615Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:21.315959436Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:34.948725562Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:41.399552567Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:48.33732638Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:20:54.219182003Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:00.263078361Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:06.211181367Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:27.777290448Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:34.797503436Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:40.822964588Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:47.693505513Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:21:53.818127737Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:00.683841834Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:07.053910573Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:13.333730592Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:26.902630349Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:33.34581531Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:40.951327174Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:22:46.574659207Z	75	7.1	18.5
app_lora	2021-02-26T16:22:54.102463923Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:00.971348139Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:08.003894898Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:14.541891606Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:21.923215077Z	75	7.2	18.6

app_lora	2021-02-26T16:23:29.258269582Z	75	7.2	18.5
app_lora	2021-02-26T16:23:36.627518083Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:43.670754305Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:49.884619943Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:23:55.496888211Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:24:01.550973528Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:24:14.977030962Z	75	7.1	18.6
app_lora	2021-02-26T16:24:29.190673638Z	75	7.2	18.5
app_lora	2021-02-26T16:24:41.08885266Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:24:48.08499111Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:24:55.304614349Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:01.003669518Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:07.471759022Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:13.831855903Z	75	7.1	18.5
app_lora	2021-02-26T16:25:20.621784964Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:28.241118908Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:34.61690918Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:41.129805543Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:48.097129926Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:25:55.539856052Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:09.50234678Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:15.229663611Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:22.591312569Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:28.794537446Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:36.396384589Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:42.872095037Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:50.223821238Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:26:57.744393213Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:05.020816679Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:12.292060715Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:18.832273736Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:32.002515994Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:37.690324298Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:44.986312677Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:27:52.609188442Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:28:00.117150344Z	75	7.2	18.6
app_lora	2021-02-26T16:28:07.402793863Z	75	7.3	18.6
app_lora	2021-02-26T16:28:13.202710414Z	75	7.3	18.6

ANEXO H

Datos de la variable del nodo 2

nodo2	2021-02-25T21:31:46.344014576Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:31:53.694790558Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:00.912444968Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:13.856338127Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:20.471868541Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:26.92828463Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:33.963297879Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:39.683777296Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:32:53.992132278Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:07.207031611Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:14.14385079Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:21.002842517Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:32.827547077Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:40.182234383Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:47.301498721Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:33:53.595421767Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:34:07.800298448Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:34:13.940964604Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:37:23.514369571Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:37:29.147294879Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:37:35.282576704Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:37:48.097883216Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:37:53.734795847Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:00.942392398Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:08.222735372Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:14.511019885Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:21.14223859Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:28.478331687Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:36.016090556Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:43.636722305Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:49.765974995Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:38:55.948086792Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:39:02.827107435Z	0.5

nodo2	2021-02-25T21:39:21.359597245Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:39:28.633034178Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:39:41.451319108Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:39:53.758882673Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:01.113527878Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:08.308680057Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:14.70210978Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:21.961610933Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:28.749692948Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:35.200631406Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:42.632111757Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:49.90887911Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:40:55.855187938Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:02.423671378Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:08.689572961Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:14.566548886Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:27.722089074Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:35.246850067Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:41.208526684Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:48.667540695Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:41:56.211213498Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:03.396463819Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:09.123902176Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:23.016393043Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:29.454115024Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:37.042385286Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:44.19017149Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:51.387019079Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:42:58.247603115Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:43:05.438490569Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:43:11.575792906Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:43:18.542013755Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:43:24.330497166Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:43:31.772992882Z	0.4
nodo2	2021-02-25T21:43:39.402355982Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:43:46.606855315Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:44:01.472085731Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:44:08.346176945Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:44:14.213849316Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:44:35.869937963Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:44:42.513968642Z	0.5

nodo2	2021-02-25T21:44:49.884381439Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:44:56.929242745Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:02.878028487Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:08.672234031Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:15.294593684Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:21.660613549Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:27.452204878Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:39.701988107Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:45:47.341357565Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:01.299301913Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:07.262361338Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:14.228411186Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:20.927916887Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:35.174717812Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:41.969946669Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:46:55.212939165Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:00.84372346Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:13.821915619Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:20.695871533Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:27.979642226Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:34.679344028Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:42.12982339Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:48.085832074Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:47:54.773010403Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:01.803471126Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:14.535349354Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:20.488573422Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:33.542071518Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:40.832321849Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:46.960328534Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:48:53.411803696Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:00.288353328Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:07.33207973Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:14.930636453Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:20.969741422Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:28.157204558Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:35.389476455Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:42.317988888Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:48.276021686Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:49:55.567345625Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:50:09.707390135Z	0.5

nodo2	2021-02-25T21:50:16.32799098Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:50:29.14040268Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:50:36.503157934Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:50:49.642326632Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:50:55.363644354Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:02.223359688Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:09.090176163Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:14.882149596Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:29.597545646Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:36.071064937Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:43.278398489Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:51:49.633415492Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:01.535872808Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:07.996280322Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:21.642816266Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:27.593010318Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:33.315535648Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:40.850642403Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:46.79814264Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:52:54.331429384Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:53:12.586440489Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:53:19.054254047Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:53:24.750940527Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:53:31.394772706Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:53:51.735239021Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:53:58.876500889Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:05.39995247Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:11.233591745Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:17.264589866Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:29.328961022Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:36.783220108Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:51.583540452Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:54:57.792365706Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:05.091077688Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:11.86436912Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:18.635449039Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:25.496759081Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:37.331676905Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:49.514062947Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:55:55.13896201Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:56:08.182897554Z	0.5

nodo2	2021-02-25T21:56:14.228388959Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:56:20.932830591Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:56:27.561916285Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:56:35.163705528Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:56:48.885586209Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:01.446871851Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:08.06308857Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:15.266974202Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:21.55400841Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:28.836300498Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:36.359502984Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:42.153098626Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:48.944416363Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:57:55.073772355Z	0.5
nodo2	2021-02-25T21:58:00.782346004Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:02:14.529117094Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:02:21.150472845Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:02:27.2042837Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:02:40.066626593Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:02:47.3003312Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:02:53.583683789Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:05.500993594Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:11.299243665Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:17.009806027Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:30.915210677Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:37.614562081Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:43.499820158Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:03:49.873060068Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:03:56.837467011Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:04.044140261Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:16.951604717Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:22.742171943Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:29.712224619Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:36.650743512Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:43.360673877Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:49.485974148Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:04:57.022851415Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:02.740539619Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:10.11110432Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:16.322842093Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:22.605764379Z	0.5

nodo2	2021-02-25T23:05:29.819062667Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:35.952848187Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:41.839722473Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:48.949803062Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:05:55.576590844Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:01.874439017Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:09.250713652Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:16.702216023Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:22.666954261Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:29.207503043Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:35.505770918Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:42.1152867Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:49.070818992Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:06:55.52293366Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:09.24060382Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:15.123935986Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:22.483960626Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:35.396719512Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:43.000346668Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:49.642219138Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:07:56.997054848Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:04.045905982Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:10.00208087Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:17.201087876Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:22.902142282Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:29.467533108Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:36.79505096Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:42.851848033Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:08:49.211262863Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:08:56.349864017Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:09:02.382257148Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:09:08.350923909Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:09:20.683060123Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:09:34.717448823Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:09:41.745935738Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:09:48.126192289Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:10:02.25202362Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:10:08.21550095Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:10:14.852759194Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:10:35.620529095Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:10:41.921860987Z	0.5

nodo2	2021-02-25T23:10:48.298770719Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:10:55.270097802Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:11:01.879889586Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:11:07.525137669Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:11:14.38941173Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:11:21.442455388Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:11:34.896543118Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:11:40.914389764Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:11:54.080540722Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:12:06.123741658Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:12:46.249581374Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:12:52.695105304Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:12:59.305592892Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:13:17.261454564Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:13:24.951473021Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:13:31.252576612Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:13:37.522882324Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:13:45.146030093Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:13:51.779996117Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:13:59.005158775Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:14:11.55785407Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:14:17.691261987Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:14:24.226657439Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:14:30.193115587Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:14:36.732843164Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:14:43.036164768Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:14:49.317125143Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:14:56.666878424Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:15:02.380606305Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:15:08.860091333Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:15:15.132657559Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:15:22.592108878Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:15:28.303387945Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:15:34.176515752Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:15:47.011454787Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:15:53.451204184Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:01.054247337Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:07.497036152Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:13.126363042Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:20.061874419Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:26.111198948Z	0.4

nodo2	2021-02-25T23:16:32.071005358Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:38.61662527Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:16:44.322975308Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:16:51.28700915Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:16:58.65028371Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:05.526260141Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:12.805750114Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:17:18.868872024Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:26.043385588Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:32.684984158Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:40.127351677Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:47.670659883Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:17:55.201010714Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:18:01.076772936Z	0.4
nodo2	2021-02-25T23:18:07.556711866Z	0.5
nodo2	2021-02-25T23:18:26.717087035Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:24:36.132914377Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:24:49.262167999Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:24:55.83891943Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:25:02.338597717Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:25:22.036151721Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:25:29.490527114Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:25:42.872288292Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:25:48.594698296Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:25:54.302088413Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:08.339973076Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:14.135923203Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:19.774196022Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:33.019522913Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:39.721046564Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:47.323633211Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:26:54.359167988Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:00.96900211Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:07.349293508Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:13.70431816Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:19.503379006Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:25.120567303Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:31.737666367Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:38.688213453Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:45.067041243Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:27:51.182339813Z	0.4

nodo2	2021-02-26T16:28:04.010940501Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:11.202067075Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:17.971009615Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:25.499099632Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:32.279297137Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:45.11221435Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:51.832269907Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:28:58.185053647Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:29:05.229760277Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:29:30.022876469Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:29:35.799117983Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:29:41.517774865Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:29:48.976458683Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:29:56.580172337Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:04.085346123Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:11.302745151Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:17.819270636Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:24.35992176Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:31.645606081Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:38.510061473Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:44.221038211Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:30:56.881544633Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:31:03.503803727Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:31:10.27998531Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:31:17.147117317Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:31:28.970212208Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:31:41.94981047Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:31:49.371285674Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:31:55.002611354Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:32:16.168497531Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:32:22.798073468Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:32:30.063379172Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:32:36.610704134Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:32:49.021183913Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:32:55.313541305Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:33:02.415686768Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:33:09.524928571Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:33:23.564379846Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:33:29.690481279Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:33:44.014645196Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:33:50.714651339Z	0.4

nodo2	2021-02-26T16:33:56.774762191Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:34:04.297363779Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:34:10.499617551Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:34:31.092989926Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:34:38.202813633Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:34:43.847172688Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:34:57.566671717Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:04.268628171Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:10.548060689Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:16.437031054Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:28.996587193Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:43.214482297Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:48.833938508Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:35:55.697673695Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:36:01.559726106Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:36:08.115856919Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:36:26.622123856Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:36:41.088974396Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:36:46.715152246Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:00.095563519Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:06.211231492Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:12.502710079Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:25.312627362Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:32.668954091Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:39.642103709Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:45.66906717Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:53.036923966Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:37:58.741721169Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:05.203343337Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:12.316092561Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:18.360623223Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:25.078697671Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:31.218194081Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:38:37.325390705Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:43.394278308Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:38:58.34869076Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:05.043917876Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:11.24989907Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:17.97188084Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:25.259979175Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:31.370659919Z	0.4

nodo2	2021-02-26T16:39:37.075940525Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:43.694551099Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:39:56.673128154Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:40:03.37006758Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:40:10.574246931Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:40:17.878203657Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:40:24.389864714Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:40:43.6674674Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:40:56.561057066Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:03.67045597Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:09.952195501Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:17.237092618Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:23.032694045Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:29.384402779Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:41.879141644Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:48.503570852Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:41:56.04533475Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:42:16.113467795Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:42:29.268448869Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:42:36.744296487Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:42:42.849367198Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:42:50.082542717Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:42:55.862866355Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:02.88039333Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:09.107718947Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:15.14880189Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:21.853649961Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:27.456175674Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:34.251141665Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:40.557146436Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:47.091065221Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:43:54.616120723Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:00.913338243Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:07.596274388Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:13.89042989Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:20.566481895Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:26.376463805Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:38.355595996Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:44:52.219388658Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:06.280227155Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:12.717696484Z	0.4

nodo2	2021-02-26T16:45:19.340189081Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:26.205481277Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:32.012706171Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:37.78964269Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:43.82157718Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:51.194141903Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:45:57.494241639Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:46:03.949587471Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:46:10.633523222Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:46:22.619982355Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:46:28.664396417Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:46:34.368651617Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:46:40.922182316Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:46:48.284813681Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:46:54.901924946Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:01.757645387Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:07.804638264Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:14.599580645Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:21.062379681Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:27.664021916Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:33.475082896Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:45.80246992Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:51.396454649Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:47:58.540391109Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:04.155194359Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:11.437217414Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:48:18.291986907Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:25.080550919Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:32.606997983Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:39.150670084Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:46.267238186Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:48:53.718772318Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:00.898508984Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:07.838066066Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:14.132782232Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:20.173154934Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:26.868785711Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:33.407126881Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:39.104399206Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:46.736407577Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:49:53.097856129Z	0.5

nodo2	2021-02-26T16:49:58.974610487Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:05.255252873Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:12.802217855Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:19.841712613Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:25.621820815Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:32.568307537Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:40.095584905Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:46.82055585Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:53.364979456Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:50:59.732850344Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:51:06.711600452Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:51:19.66978321Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:51:38.518666808Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:51:44.314198898Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:51:57.303132534Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:52:04.421597147Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:52:11.620412922Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:52:17.310886408Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:52:49.315925704Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:02.47857654Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:09.90188401Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:15.703751437Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:22.248721545Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:29.026682797Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:35.628360032Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:41.832352576Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:49.260377972Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:53:55.542750768Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:54:01.412943289Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:54:08.042717786Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:54:21.829674119Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:54:27.785037531Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:54:34.082705815Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:54:40.775994578Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:54:53.777378285Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:01.126356526Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:07.495675223Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:14.147540547Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:20.315513384Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:26.438064459Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:32.303999455Z	0.4

nodo2	2021-02-26T16:55:38.593304491Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:44.797093534Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:51.332748089Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:55:57.214488376Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:04.566105333Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:11.36773032Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:17.900349157Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:24.943428136Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:31.072975051Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:37.785655926Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:44.075317364Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:56:57.149980193Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:03.514984065Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:17.154116246Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:22.878766429Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:29.579018832Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:37.202874657Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:43.08563405Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:48.71273897Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:57:55.588068782Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:02.050493016Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:08.410405758Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:14.783105474Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:22.06182211Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:35.658388246Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:41.345963715Z	0.5
nodo2	2021-02-26T16:58:47.950696968Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:58:55.38309439Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:16.321050123Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:21.877134035Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:28.745346406Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:35.847935427Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:41.633058958Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:48.488102353Z	0.4
nodo2	2021-02-26T16:59:55.775815441Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:02.960712336Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:08.671578939Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:15.93199577Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:23.384612508Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:30.000046123Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:36.201855454Z	0.4

nodo2	2021-02-26T17:00:41.907061825Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:00:55.705203422Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:03.057585583Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:10.408684136Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:17.510667554Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:23.96844026Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:37.10572225Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:43.56585917Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:50.614532081Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:01:56.480310576Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:02.339723635Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:08.221701724Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:15.251052223Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:21.462949513Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:28.755992232Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:36.252534723Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:42.047097608Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:47.676964544Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:02:54.381511673Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:00.49935892Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:06.978436749Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:13.908129375Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:33.705775538Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:40.08294398Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:54.204670342Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:03:59.893434718Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:05.682916074Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:19.075629033Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:31.8673897Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:38.308802596Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:45.69112981Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:52.62105672Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:04:58.257437579Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:05:04.93756245Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:05:17.838678647Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:05:31.575243855Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:05:37.201786658Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:05:48.760850226Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:05:55.20368473Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:01.333731433Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:07.868230765Z	0.5

nodo2	2021-02-26T17:06:14.555371775Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:29.519076851Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:35.639576298Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:41.758044034Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:48.290457254Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:06:54.578609567Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:00.854802312Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:07.243029601Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:14.267423554Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:20.228495084Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:33.444343093Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:39.399977292Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:46.345580991Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:07:53.864759594Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:00.158452139Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:07.577001762Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:14.019882966Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:20.154739096Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:33.944613712Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:40.789475231Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:47.486357698Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:08:54.264561033Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:01.793965295Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:07.655977554Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:14.025418835Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:20.638936922Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:28.155405009Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:34.383442876Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:40.156576123Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:46.012031445Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:52.36660784Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:09:58.81393937Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:10:11.12684078Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:10:23.852186264Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:10:30.051194264Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:10:37.249278018Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:10:43.523858453Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:10:57.409762921Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:03.928040059Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:16.309188062Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:21.949461144Z	0.4

nodo2	2021-02-26T17:11:28.371213427Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:34.405078575Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:40.263986116Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:46.13712074Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:11:53.315117077Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:00.343387653Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:14.819364719Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:21.989956114Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:34.619446847Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:41.549936159Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:47.264758971Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:12:54.466744747Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:01.580239313Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:08.117852563Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:15.460553749Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:21.069464351Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:26.852247653Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:32.487558807Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:39.104845616Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:46.469137626Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:53.234544188Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:13:59.034827291Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:04.991723597Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:18.925826943Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:25.556379828Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:31.744636666Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:38.467295981Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:45.063348468Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:52.273853293Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:14:58.282146294Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:05.387787015Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:12.079894455Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:19.375287168Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:25.878280419Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:32.409410631Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:38.200331381Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:43.900283507Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:51.480657962Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:15:57.712800152Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:04.729363161Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:11.828816446Z	0.4

nodo2	2021-02-26T17:16:18.031105465Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:25.215870641Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:31.576887474Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:38.615959312Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:46.217195187Z	0.4
nodo2	2021-02-26T17:16:52.907809918Z	0.4

ANEXO I

Este archivo en formato php, en el hosting que se usó, permite guardar el registro de los usuarios para posteriormente ingresen con su usuario y contraseña y a su vez permite que se guarden en la base de datos SQL en la plataforma AWARSDPACE.

```
1 <?php
2
3 if(!empty($_POST)){
4     if(isset($_POST["username"]) &&isset($_POST["fullname"]) &&isset($_POST["email"]) &&isset($_POST["password"]) &&isset($_POST["confirm_password"])){
5         if($_POST["username"]!="" && $_POST["fullname"]!="" && $_POST["email"]!="" && $_POST["password"]!="" && $_POST["confirm_password"]!=""){
6             include "conexion.php";
7
8             $found=false;
9             $sql= "select * from user where username='".$_POST[username]'" or email='".$_POST[email]'"";
10            $query = $con->query($sql);
11            $query = $con->query($sql);
12            while ($r=$query->fetch_array()) {
13                $found=true;
14                break;
15            }
16            if($found){
17                print "<script>alert('Nombre de usuario o email ya estan registrados.\\');window.location='../registro.php';</script>";
18            }
19            $sql = "insert into user(username,fullname,email,password,created_at) value ('".$_POST[username]'",\\"".$_POST[fullname]'",\\"".$_POST[email]'",\\"".$_POST[password]'",NOW())";
20            $query = $con->query($sql);
21            if($query==null){
22                print "<script>alert('Registro exitoso. Proceda a logearse\\');window.location='../login.php';</script>";
23            }
24        }
25    }
26 }
27 }
28 }
29 }
30 }
31 }
32 }
33 }
34 }
35 }
36 }
37 }
38 }
39 }
40 }
41 }
42 }
43 }
44 }
45 }
46 }
47 }
48 }
49 }
50 }
51 }
52 }
53 }
54 }
55 }
56 }
57 }
58 }
59 }
60 }
61 }
62 }
63 }
64 }
65 }
66 }
67 }
68 }
69 }
70 }
71 }
72 }
73 }
74 }
75 }
76 }
77 }
78 }
79 }
80 }
81 }
82 }
83 }
84 }
85 }
86 }
87 }
88 }
89 }
90 }
91 }
92 }
93 }
94 }
95 }
96 }
97 }
98 }
99 }
100 }
```

Este archivo php permite para el ingreso de LOGIN

```
<?php
$host="localhost";
$user="root";
$password="";
$db="myapp";
$con = new mysqli ($host, $user, $password, $db);
?>
```

Este archivo es de la acción cerrar, el cual permite salir del mapa web.

```
<?php
session_start();
session_destroy();
print "<script>window.location='../index.php';</script>";
?>
```