ANEXO X.- MODELO DE LA PORTADA PARA LA ENTREGA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (DIGITAL).

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

AUTORES: BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN

ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN

TUTOR: ING. EDUARDO FLORES MORÁN, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022 – 2023

ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA				
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN				
TÍTULO:	DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL			
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN			
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	ING. MANUEL EDUARDO FLORES MORÁN, MSc.			
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil			
FACULTAD:	Ciencias Matemáticas y Físicas			
CARRERA:	Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones			
FECHA DE PUBLICACIÓN		**No. DE PÁGINAS:**	137	
ÁREAS TEMÁTICAS:	Microcontroladores y Robótica			
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	IoT, ThingSpeak, Deslizamientos de tierra, ESP8266, Vibración			
RESUMEN/ABSTRACT: El presente proyecto de titulación consiste en el diseño y desarrollo de un prototipo IoT para la detección temprana de deslizamientos de tierra en las zonas de riesgo encontradas en la ciudad de Guayaquil con el objetivo de alarmar a las autoridades y personas de las zonas anteriormente mencionadas. Se tomará en cuenta a una zona de riesgo y, tras haber realizado análisis de ocurrencias de deslizamientos de tierra, se determinó que Mapasingue es la zona adecuada, debido a que han ocurrido una cantidad alarmante de estos incidentes. El prototipo está compuesto por un nodo con sensores de vibración, temperatura y humedad. Cabe recalcar que el presente sistema de alerta temprana recolectará los datos de las variables abordadas en una estación de monitoreo con el propósito de determinar el degaste de los suelos a lo largo del tiempo, lo que puede dar lugar a este fenómeno natural. Con la asesoría de ingenieros civiles, se definieron los parámetros adecuados al tipo de suelo de Mapasingue, y así poder emplear un semáforo que sirva para informar, tanto visual como sonoramente cuando las variables crucen los umbrales definidos.				
ADJUNTO PDF:	X	**SI**		**NO**
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono**: 0960189570 0998915231		**E-Mail:** francis.benitesr@ug.edu.ec kevin.zunigar@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	**Nombre:**			
	Teléfono:			
	E-Mail:			

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación, **"DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL"** elaborado por la Srta. BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN y el Sr. ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN, Alumnos no titulado de la Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la Apruebo en todas sus partes.

Atentamente

ING. EDUARDO FLORES MORÁN, MSc.

TUTOR

DEDICATORIA

Esto va dedicado a Dios, el cual me ha guiado hasta estas instancias.

A mi hermano Christian, mi ángel guardián, sé que me cuidas desde el cielo.

A mi familia, que los amo muchísimo.

A mi novio y ahora colega Stalin, que me ha brindado todo su apoyo y amor.

Francis Benites Ramirez

AGRADECIMIENTOS

Gracias Dios, por darme motivación y sabiduría.

Gracias a mi familia, que siempre se preocupan por mí, en especial mi mamá Patricia.

Gracias a mi novio Stalin por darme aliento, alegría y sobre todo paz en los momentos que más necesito.

Gracias a los ingenieros civiles que avalaron el proyecto de titulación, porque fueron un pilar fundamental por sus consejos y puntos de vista.

Gracias a nuestro tutor Eduardo Flores, por estar siempre para apoyarnos y guiarnos.

Francis Benites Ramírez

DEDICATORIA

Dedicado a Jehová mi Dios por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos suficientes para poder ayudar y servir dentro de su comunidad y a las demás personas.

Dedicado con mucho cariño para mis abuelos Roberto, Esperanza y Rosa. Para mis padres Jorge y Maryuri. Para mis tías/os Mercedes, Margoth, Luis y Maria. A mis hermanas María y Anahí que me dieron ánimos en todo momento. A mi novia Shirley por su cariño y apoyo. Por último a todos aquellos que luchan a diario por un mejor mañana, por un mundo de paz y seguridad.

Kevin Adrián Zuñiga Rodriguez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jehová mi Dios, por darme la vida, la sabiduría, la guía, la fortaleza mental y emocional por darme la oportunidad de llegar hasta estas instancias. Estoy eternamente agradecido por todas sus bendiciones. Agradezco a mis abuelos, a mis padres, a mis hermanas, a mis tíos por todo su apoyo en todo este proceso.

Agradezco a mi equipo “Los Vengadores” mi grupo de amigos por su amistad y su apoyo moral incondicional durante todo este proceso universitario.

Agradezco a nuestro tutor el ingeniero Eduardo Flores Morán por su orientación.

Agradezco por los años, por las risas, por las lágrimas.

Kevin Adrián Zuñiga Rodriguez

TRIBUNAL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ing. Daniel Douglas Iturburu Salvador, M.Sc
DECANO DE LA FACULTAD CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

Ing. Francisco Palacios Ortiz, M.Sc
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

Ing. María Fernanda Molina Miranda, M.Sc
PROFESOR REVISOR TRIBUNAL

Ing. IVETTE CARRERA MANOSALVAS, M.Sc
PRESIDENTE DEL ÁREA TRIBUNAL

Ing. FABIAN ESPINOZA BAZAN, M.SC
PROFESOR DEL ÁREA TRIBUNAL

Ing. Eduardo Flores Morán, M.Sc
PROFESOR TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ab. Juan Chávez Atocha, Esp.
SECRETARIO (E) FACULTAD

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL"

Francis Mayerlin Benites Ramirez

Kevin Adrian Zuñiga Rodriguez

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERRA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Proyecto de Titulación que se presenta como requisito para optar por el título de **INGENIERO EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES**

Autor(es): Francis Mayerlin Benites Ramirez

C.I. 1729362127

Kevin Adrian Zuñiga Rodriguez

C.I. 0941355216

Tutor: Ing. Manuel Flores Morán, MSc.

Guayaquil, octubre 2022

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del proyecto de titulación, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

CERTIFICO:

Que he analizado el Proyecto de Titulación presentado por los estudiantes BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN y ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN, como requisito previo para optar por el título de Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones cuyo tema es:

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Considero aprobado el trabajo en su totalidad.

Presentado por:

Francis Mayerlin Benites Ramirez C.I. 1729362127

Kevin Adrian Zuñiga Rodriguez C.I. 0941355216

Tutor: Ing. Eduardo Flores Morán, MSc.

Guayaquil, octubre 2022

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERRA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

Autorización para Publicación de Proyecto de Titulación en Formato Digital

1. Identificación del Proyecto de Titulación

Nombre: Francis Mayerlin Benites Ramirez	
Dirección: Mucho Lote 2	
Teléfono: 0960189570	**E-mail:** francis.benitesr@ug.edu.ec

Nombre: Kevin Adrián Zuñiga Rodriguez	
Dirección: Mucho Lote 2	
Teléfono: 0998915231	**E-mail:** kevin.zunigar@ug.edu.ec

Facultad: Ciencias Matemáticas y Físicas
Carrera: Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones
Proyecto de titulación al que opta: Ingeniero en Networking y Telecomunicaciones
Profesor tutor: Ing. Manuel Eduardo Flores Morán, MSc.

Título del Proyecto de titulación: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE

DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

Tema del Proyecto de Titulación: IoT, ThingSpeak, Deslizamientos de tierra, ESP8266, Vibración.

2. Autorización de Publicación de Versión Electrónica del Proyecto de Titulación

A través de este medio autorizo a la Biblioteca de la Universidad de Guayaquil y a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas a publicar la versión electrónica de este Proyecto de titulación.

Publicación electrónica:

Inmediata	x	Después de 1 año	

Francis Mayerlin Benites Ramirez

Kevin Adrian Zuñiga Rodriguez

3. Forma de envío

El texto del proyecto de titulación debe ser enviado en formato Word, como archivo .Doc. O .RTF y .Puf para PC. Las imágenes que la acompañen pueden ser: .gif, .jpg o .TIFF.

DVDROM	x	CDROM	

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR III
DEDICATORIA IV
AGRADECIMIENTOS V
DEDICATORIA VI
AGRADECIMIENTOS VII
TRIBUNAL PROYECTO DE TITULACIÓN VIII
DECLARACIÓN EXPRESA IX
CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR XI
ÍNDICE DE FIGURAS XX
ÍNDICE DE TABLAS XXIII
ÍNDICE DE ECUACIONES XXIV
RESUMEN XXV
ABSTRACT XXVI
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I 4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4
UBICACIÓN DEL PROBLEMA EN UN CONTEXTO 4
SITUACIÓN CONFLICTOS NUDOS CRÍTICOS 6
CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA 7
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA 8
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 8
EVALUACIÓN DEL PROBLEMA 8
OBJETIVOS 10
OBJETIVO GENERAL 10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
ALCANCES DEL PROBLEMA 10
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 11
METODOLOGÍA DEL PROYECTO 12
CAPÍTULO II 13

MARCO TEÓRICO 13
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 13
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 16
Suelo 16
Tipos de suelo 16
Ladera 18
Deslizamientos de tierra 19
Tipos de deslizamiento de tierra 20
Causas de un deslizamiento de tierra 21
Consecuencias de un deslizamiento de tierra 21
Temperatura 23
Humedad 23
Precipitaciones 24
Gravimetría 24
Ecuación 1. Fórmula para obtener la humedad del suelo con el método gravimétrico 25
Vibración 25
Aceleración y velocidad sísmica 25
Aceleración Total 26
Ecuación 2. Fórmula de la aceleración total en los ejes x, y, z. 26
Meteorización 27
Meteorización física 27
Meteorización química 27
Límites de Atterberg 28
Tecnología de la Información 29
Tecnología Open Source 29
Protocolos de comunicación 30
HTTP 30
MQTT 30
Plataformas IoT 30
Ubidots 30
Microsoft Azure 31

My Devices 31
ThingSpeak 32
Redes Inalámbricas 33
Tipos de redes inalámbricas 33
Tarjetas de desarrollo 33
Arduino 33
NodeMCU ESP8266 34
ESP32 35
Arduino IDE 36
Redes de sensores inalámbricos 36
Arquitectura WSN 37
Aplicaciones WSN 38
Sensores inalámbricos 40
Escala de Mercalli 43
FUNDAMENTACIÓN LEGAL 44
ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 44
CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL 48
AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE TELECOMUNICACIONES 51
LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES 52
PREGUNTA CIENTÍFICA A CONTESTARSE 54
DEFINICIONES CONCEPTUALES 54
IoT 54
WSN 54
Wi-Fi 55
Prototipo 56
Sensor 56
Espectro radioeléctrico 57
CAPÍTULO III 58
PROPUESTA TECNOLÓGICA 58
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD 58
Factibilidad Operacional 60
Factibilidad Técnica 60

Factibilidad Legal 62
Factibilidad Económica 63
ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO 64
Preparar 64
Planear 65
Zonas de riesgo de deslizamiento de tierra en la ciudad de Guayaquil 65
Comparación con otros equipos, métodos o aplicaciones. 72
Diseñar 74
Hardware 74
Software 79
Diseño de la arquitectura del prototipo 82
Diagrama de red 84
Implementar 84
Instalación y ensamblaje de hardware 84
Instalación y ejecución del software 86
Operar 87
Verde 90
Amarillo 91
Rojo 92
Todas las condiciones 92
Pruebas de funcionamiento de los sensores, el semáforo y la alarma 93
30 de agosto 110
31 de agosto 112
1 de septiembre 114
2 de septiembre 116
3 de septiembre 118
Análisis Operacional 120
Optimizar 121
ENTREGABLES DEL PROYECTOS 124
CRITERIOS DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA 124
PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS 125
Ecuación 3. Fórmula para obtener el número de la muestra 125

ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS 126
Primera encuesta (entrevista) 126
Segunda encuesta 127
CAPÍTULO IV 133
CRITERIO DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO 133
CONCLUSIONES 134
RECOMENDACIONES 135
BIBLIOGRAFÍA 136
ANEXOS 139
Anexo I: Cronograma de actividades 139
Anexo II: Evaluación Visual del Suelo 141
Anexo III: Preguntas de la entrevista y encuesta 144
Anexo IV: Respuestas de preguntas a ingenieros civiles 146
4.1 Ingeniero Zumba 146
4.2 Ingeniero Vizueta 146
4.3 Ingeniero Pacheco 147
4.4 Ingeniero Suasnavas 148
4.5 Ingeniero Díaz 149
4.6 Ingeniero Oswaldo Bravo 149
Anexo V: Manual de Usuario del prototipo 151
5.1 Instalación de Entorno de programación Arduino IDE 151
5.2 Instalación de la placa ESP8266 e instalación de librerías 154
5.3 Configuración IDE 157
5.4 Configuración de la estacion de monitoreo en ThingSpeak 163
Anexo VI: Código del prototipo 165
Anexo VII: Orientación de uso del prototipo IoT 173
OBJETIVOS DEL DISEÑO 173
Anexo VIII: Constancia de validación por parte de los ingenieros civiles 176
Anexo IX: Reuniones con los ingenieros civiles 182
9.1 Ingeniero Zumba 182
9.2 Ingeniero Díaz 182
9.3 Ingeniero Oswaldo Bravo 183

Anexo X: Registro de Senescyt de los ingenieros civiles que validaron el proyecto de titulación 184
Anexo XI: Implementación y operación del prototipo 187
11.1 Nodo 187
Anexo XII: Calibración de prototipo..... 191
12.1 Antes de calibración 191
12.2 Después de calibración 194
Anexo XIII: Puesta en producción del prototipo 198

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamiento de tierra 5
Figura 2. Ladera 19
Figura 3. Ejemplo de deslizamiento de tierra 20
Figura 4. Humedad en el suelo 23
Figura 5. Ciclo del agua 24
Figura 6. Meteorización física 27
Figura 7. Meteorización química 27
Figura 8. Límites de Atterberg 28
Figura 9. Tecnología Open Source 29
Figura 10. Ubidots 30
Figura 11. Microsoft Azure 31
Figura 12. My Devices 32
Figura 13. ThingSpeak 32
Figura 14. Arduino 34
Figura 15. NodeMCU ESP8266 35
Figura 16. ESP32 35
Figura 17. Arduino IDE 36
Figura 18. Redes de sensores inalámbricos 37
Figura 19. Arquitectura WSN 38
Figura 20. Escala de Mercalli 43
Figura 21. IoT 54
Figura 22. WSN 55
Figura 23. Wi-Fi 55
Figura 24. Sensor 56
Figura 25. Metodología PPDIOO 64
Figura 26. Topología de red 65
Figura 27. Bellavista 66
Figura 28. Cerro Azul 66
Figura 29. El Paraíso 67
Figura 30. Bosque Protector Chongón – Colonche 68
Figura 31. San Eduardo 68
Figura 32. Mapasingue 69
Figura 33. Bastión Popular 69
Figura 34. Cerro Santa Ana 70
Figura 35. Suelo en Mapasingue 72
Figura 36. Termómetro Digital 72
Figura 37. Accelerometer APK 73
Figura 38. NodeMCU ESP8266 en el protoboard 74
Figura 39. MLX90614 75
Figura 40. YL69 76
Figura 41. MPU6050 77

Figura 42. Fuente de alimentación 78
Figura 43. Cable Jumpers 78
Figura 44. Plataforma ThingSpeak 79
Figura 45. Plataforma ThingSpeak 80
Figura 46. Plataforma ThingSpeak 80
Figura 47. Plataforma ThingSpeak 81
Figura 48. Plataforma ThingSpeak 81
Figura 49. Nodo 82
Figura 50. Diagrama de red 84
Figura 51. Ensamblaje de nodo 85
Figura 52. Ensamblaje de nodo 85
Figura 53. Codificación de las credenciales en la placa ESP8266 86
Figura 54. Verificación de la conexión a WiFi en el Monitor Serial 86
Figura 55. Conexión de la placa ESP8266 al Access Point 87
Figura 56. Punto de Acceso 87
Figura 57. Gráfica de interpretación de colores 90
Figura 58. Gráfica de interpretación de colores 91
Figura 59. Gráfica de interpretación de colores 92
Figura 60. Gráfica de interpretación de colores 93
Figura 61. Vibración en verde 94
Figura 62. Vibración en verde 95
Figura 63. Vibración en amarillo 95
Figura 64. Vibración en amarillo 96
Figura 65. Vibración en rojo 97
Figura 66. Vibración en rojo 97
Figura 67. Humedad en verde 98
Figura 68. Humedad en verde 99
Figura 69. Humedad en amarillo 99
Figura 70. Humedad en amarillo 100
Figura 71. Humedad en rojo 101
Figura 72. Humedad en rojo 101
Figura 73. Temperatura en verde 102
Figura 74. Temperatura en verde 103
Figura 75. Temperatura en amarillo 104
Figura 76. Temperatura en amarillo 104
Figura 77. Temperatura en amarillo 105
Figura 78. Temperatura en rojo 106
Figura 79. Temperatura en rojo 106
Figura 80. Temperatura en rojo 107
Figura 81. Estación de monitoreo 108
Figura 82. Envío de temperatura del suelo a ThingSpeak 108
Figura 83. Envío de Humedad del suelo a ThingSpeak 109
Figura 84. Envío de Vibraciones a ThingSpeak 109

Figura 85. Temperatura del suelo del día 1 110
Figura 86. Humedad del suelo del día 1 111
Figura 87. Vibraciones en el suelo del día 1 111
Figura 88. Temperatura del suelo del día 2 112
Figura 89. Humedad del suelo del día 2 113
Figura 90. Vibraciones en el suelo del día 2 113
Figura 91. Temperatura del suelo del día 3 114
Figura 92. Humedad del suelo del día 3 115
Figura 93. Vibraciones en el suelo del día 3 115
Figura 94. Temperatura del suelo del día 4 116
Figura 95. Humedad del suelo del día 4 117
Figura 96. Vibraciones en el suelo del día 4 117
Figura 97. Temperatura del suelo del día 5 118
Figura 98. Humedad del suelo del día 5 119
Figura 99. Vibraciones en el suelo del día 5 119
Figura 100. Estación de monitoreo 120
Figura 101. Estación de monitoreo 121
Figura 102. Estación de monitoreo 121
Figura 103. Código fuente 122
Figura 104. Código fuente 122
Figura 105. Widgets 123
Figura 106. Código QR para acceso a estación de monitoreo 123
Figura 107. Pregunta 1 127
Figura 108. Pregunta 2 128
Figura 109. Pregunta 3 128
Figura 110. Pregunta 4 129
Figura 111. Pregunta 5 130
Figura 112. Pregunta 6 130
Figura 113. Pregunta 7 131
Figura 114. Pregunta 8 132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Causas y Consecuencias del Problema 7
Tabla 2. Delimitación del Problema 8
Tabla 3. Tipos de suelo 16
Tabla 4. Causas de un deslizamiento de tierra 21
Tabla 5. Consecuencias de un deslizamiento de tierra 21
Tabla 6. Escala de Mercalli con respecto a la velocidad y aceleración sísmica 26
Tabla 7. Tipos de redes inalámbricas 33
Tabla 8. Aplicaciones WSN 38
Tabla 9. Sensores inalámbricos 40
Tabla 10. Recursos de hardware 61
Tabla 11. Recursos de software 62
Tabla 12. Factibilidad económica 63
Tabla 13. Incidencias de deslizamientos de tierra en los últimos 2 años 70
Tabla 14. Conexión de pines del sensor mpu650 a la placa esp8266 82
Tabla 15. Conexión de pines del sensor mlx90614 a la placa esp8266 83
Tabla 16. Conexión de pines del sensor yl69 a la placa esp8266 83
Tabla 17. Conexión de pines de los leds a la placa esp8266 83
Tabla 18. Conexión de pines del buzzer a la placa esp8266 84
Tabla 19. Condiciones de deslizamientos de tierra 87
Tabla 20. Interpretación de colores 88
Tabla 21. Informe de pruebas 124
Tabla 22. Respuestas resumidas 126
Tabla 23. Criterio de aceptación del proyecto 133

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para obtener la humedad del suelo con el método gravimétrico 25

Ecuación 2. Fórmula de la aceleración total en los ejes x, y, z. 26

Ecuación 3. Fórmula para obtener el número de la muestra 125

ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

Autores: Benites Ramírez Francis Mayerlin
Zuñiga Rodriguez Kevin Adrián
Tutor: Ing. Eduardo Flores Morán, MSc.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación consiste en el diseño y desarrollo de un prototipo IoT para la detección temprana de deslizamientos de tierra en las zonas de riesgo encontradas en la ciudad de Guayaquil con el objetivo de alarmar a las autoridades y personas de las zonas anteriormente mencionadas. Se tomará en cuenta a una zona de riesgo y, tras haber realizado análisis de ocurrencias de deslizamientos de tierra, se determinó que Mapasingue es la zona adecuada, debido a que han ocurrido una cantidad alarmante de estos incidentes. El prototipo está compuesto por un nodo con sensores de vibración, temperatura y humedad. Cabe recalcar que el presente sistema de alerta temprana recolectará los datos de las variables abordadas en una estación de monitoreo con el propósito de determinar el degaste de los suelos a lo largo del tiempo, lo que puede dar lugar a este fenómeno natural. Con la asesoría de ingenieros civiles, se definieron los parámetros adecuados al tipo de suelo de Mapasingue, y así poder emplear un semáforo que sirva para informar, tanto visual como sonoramente cuando las variables crucen los umbrales definidos.

ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN NETWORKING Y TELECOMUNICACIONES

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IoT PROTOTYPE FOR THE EARLY DETECTION OF LANDSLIDES IN GUAYAQUIL' S CITY RISK ZONES.

Authors: Benites Ramírez Francis Mayerlin
Zuñiga Rodriguez Kevin Adrián
Tutor: Ing. Eduardo Flores Morán, MSc.

ABSTRACT

This titling project consists of the design and development of an IoT prototype for the early detection of landslides in the risk areas found in the city of Guayaquil with the aim of alarming the authorities and inhabitants of the aforementioned areas. A risk zone will be taken into account and, after having carried out an analysis of the occurrence of landslides, it was determined that Mapasingue is the appropriate zone, due to the fact that an alarming number of these incidents have occurred.The prototype is composed of a node with vibration, temperature and humidity sensors. It should be noted that this early warning system will collect the data of the variables taken care of in a monitoring station in order to determine the wear of the soil over time, which can give rise to this natural phenomenon. With the advice of civil engineers, the appropriate parameters were defined for the type of soil of Mapasingue, and thus be able to use a traffic light that serves to inform, both visually and sonically, when the variables cross the defined thresholds.

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, los deslizamientos de tierras o movimientos en masas han sido considerados dentro de la categoría de los fenómenos naturales, teniendo repercusiones graves en los lugares que ocurren. Estos pueden ser causados por diferentes factores que inciden en estos sucesos de manera conjunta y relacional con el transcurso del tiempo, pocas veces estos son provocados por un agente en particular, sin embargo, el hecho de que una sola variable puede desencadenar este evento no es descartable.

Ecuador es un país que no está exento de este fenómeno natural, en los últimos años en la ciudad de Guayaquil se han presentado incidentes con respecto a deslizamientos de tierra, dejando a su paso pérdidas humanas y daños irreparables sobre estructuras públicas y privadas.

Las tecnologías basadas en IoT (Internet of Things) tienen la capacidad de implementarse a diferentes escalas y, por lo tanto, permiten supervisar esta problemática en tiempo real. Una red de sensores da lugar a la posibilidad de dar un seguimiento del suelo y la inestabilidad en los taludes. El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) cada vez se vuelve imprescindible en el análisis y resolución de problemas por lo que la integración de estas en la alerta y detección de eventos se vuelve cada vez necesario.

Por lo tanto, a través del uso del Internet de las Cosas (Internet of Things o IoT) y de las TICs, se busca diseñar y desarrollar un prototipo para la detección temprana de deslizamientos de tierras en zonas de riesgos en la ciudad de Guayaquil a través del monitoreo de las condiciones y factores a lo largo del tiempo las cuales provocan estos fenómenos, obteniendo de esta manera datos reales y accesibles en todo momento, es decir, tener como factor principal de causas deslizamiento de tierra y correlacionar los factores de temperatura, humedad del suelo y vibraciones para conocer qué sucede en estos antes, durante y después de dicho fenómeno natural. La tecnología basada en redes de sensores inalámbricos y la tecnología Open Source

será aprovechada al máximo para tener un dispositivo final que pueda ser calibrado y escalado en la medida que se requiera a nivel de arquitectura y programación. Por consiguiente, el presente proyecto de titulación cuenta con 4 capítulos, los cuales se explican brevemente a continuación:

Capítulo I

Desarrollo de la problemática del deslizamiento de tierras en zonas de riesgo en la ciudad de Guayaquil, detallando causas y consecuencias de esta, la situación de conflicto, delimitación, evaluación y formulación del problema con respecto a este fenómeno de movimientos en masa. Así mismo se planteará el objetivo general y los objetivos específicos a resolverse en el presente proyecto de titulación y su respectiva metodología para el desarrollo de este

Capitulo II

Elaboración del marco teórico a través del análisis de diferentes fuentes que sustenten el presente proyecto de titulación. En este capítulo se analizará el marco legal con relación a los diferentes artículos de la constitución que sirvan de respaldo y soporte en este trabajo de titulación.

Capítulo III

De acuerdo con la metodología seleccionada en el capítulo I, en este capítulo se diseñará y desarrollará el prototipo IoT para la detección temprana de deslizamientos de tierras en las zonas de riesgo de la ciudad de Guayaquil, con el propósito de monitorear las variables seleccionadas y de esta manera alertar de forma comunitaria a los habitantes que residen a los alrededores de estos lugares. Además, como método de recolección de datos se elaborará una encuesta a los habitantes de una de las zonas de riesgo para evaluar la viabilidad del prototipo. Asimismo, se realizarán entrevistas a especialistas en el área.

Capítulo IV

En base y en relación con los datos y resultados obtenidos en el capítulo anterior, se analizará y evaluará la viabilidad del prototipo, por consiguiente, se concluirá el proyecto de titulación con sus respectivas recomendaciones finales.

CAPÍTULO I
EL PROBLLEMA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

UBICACIÓN DEL PROBLEMA EN UN CONTEXTO

Los deslizamientos de tierra son fenómenos de movimientos de masas caracterizados por ser uno de los peligros naturales propensos en dejar repercusiones y consecuencias graves en cuanto a víctimas y daños materiales.

(Casamitjana & Carl, 2019) dicen que su ocurrencia es el producto de la función de los factores tales como la meteorización y la pendiente que determinan la distribución espacial de los movimientos y un estímulo externo denominado factor detonante determina el patrón temporal de los movimientos. Es por esta razón que cuantificar los factores detonantes en términos de tiempo es un paso esencial hacia la predicción de la ocurrencia en movimientos en masa.

Los autores (Medina, 2017) indican que, bajo el efecto del cambio climático global, la probabilidad de ocurrencia de fenómenos meteorológicos de índole extremo ha aumentado. Estos eventos actúan como factores desencadenantes de deslizamientos en laderas inestables. Por lo tanto, la frecuencia de deslizamientos de tierra ha aumentado con el tiempo. El ciclo de degradación de la tierra y la alta incertidumbre con las características recurrentes de los deslizamientos de tierra ha llevado a la formación de grandes cantidades de sedimentos inestables depositados en las laderas que fácilmente podrían conducir a otros desastres secundarios (p. ej.,

represas de deslizamientos de tierra y flujos de escombros). Además, los procesos de deslizamientos de tierra comprenden un mecanismo que se complica debido a los diversos factores desencadenantes combinados con factores causales (p. ej., factores ambientales) según las características locales de una región específica o una escala de cuenca determinada. A través del análisis espacial de los mapas de inventario de deslizamientos de eventos múltiples, se puede deducir que el área potencial de deslizamiento estimada/pronosticada hereda una combinación de factores causales del deslizamiento histórico experimentado en la cuenca/talud.

Los efectos o consecuencias de los deslizamientos de tierra pueden ser directos o indirectos. Los efectos directos hacen alusión a muertes y lesiones seres vivos, además de los daños físicos por escombros que bloquean carreteras. Los efectos indirectos se refieren a inundaciones provocadas por el movimiento de grandes masas de suelo hacia zonas habitables en la mayoría de las ocasiones. Los deslizamientos de tierra causan la pérdida de vidas, propiedades, infraestructura, asentamientos humanos, agricultura, tierras forestales y dan lugar a daños en las vías de comunicación.

Figura 1. Deslizamiento de tierra

Autor: Cerebralia. 2017

Fuente: https://cerebralia.com/peligros/deslizamientos

SITUACIÓN CONFLICTOS NUDOS CRÍTICOS

Según con diferentes artículos periodísticos en la ciudad de Guayaquil se han realizado varios reportajes sobre esta problemática los cuales se mencionan a continuación:

> En Lomas de Urdesa, específicamente en la calle Leonor Sana ocurrió un deslizamiento de tierra en el presente año. En una casa de Urdesa Norte cayó dicho material, afortunadamente, esta casa ha estado abandonada por severos años. (El Universo, 2022)
>
> Se reportó un deslave en la via Perimetral, específicamente en el km 25.5. El material del deslizamiento de tierra cayó en una construcción, resultando así el fallecimiento de dos personas. (Que!, 2019)
>
> Lomas de la Nueva Prosperina es considerado un lugar no habitable, y aun así existen en promedio cien hogares de diversos tipos de construcción (caña, hormigón, etc.). Siendo este un lugar destinado a que en cualquier momento ocurra un deslizamiento de tierra. (El Universo, 2022)
>
> En la parte de atrás de un colegio ubicado en Mapasingue Este ocurrió un deslizamiento de tierra. Tras esto, se reportaron daños, fugas y erosión del cerro. (Expreso, 2022)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, con respecto a causas y consecuencias de los deslizamientos de tierras, la problemática tiene su origen a partir de la necesidad de detectar de manera temprana futuros posibles deslizamientos de tierra para de esta forma prevenir accidentes a los moradores que habitan y que transitan a los alrededores de zonas de riesgo a darse estos sucesos y generar alertas en derrumbe en vivo. Las zonas propensas a tener deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil son: Bellavista, Cerro Azul, El Paraíso, Chongón - Colonche, San Eduardo, Mapasingue (Este y Oeste), Bastión Popular y el cerro Santa Ana.

Una vez definida la problemática, surge la propuesta de diseñar y desarrollar un prototipo IoT para detectar de forma temprana deslizamientos de tierras a través del análisis de los datos provenientes de los sensores inalámbricos que monitoreen las

condiciones del lugar dada la falta de instrumentos, sistemas y otros prototipos que realicen esta labor de forma específica para de esta manera informar y alertar a los habitantes sobre estos eventos.

CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA

Tabla 1. Causas y Consecuencias del Problema

CAUSAS	CONSECUENCIAS
Poca información sobre el origen de los deslizamientos de tierra	Desconocimiento de los factores que provocan los deslizamientos de tierra por parte de los habitantes en zonas de riesgo.
Falta de un prototipo de detección temprana de deslizamiento de tierra	Autoridades o entidades encargadas no cuentan con un prototipo de deslizamientos de tierra para fines de monitoreo de las condiciones en las zonas de riesgo.
Desconocimiento de las zonas propensas a deslizamientos en Guayaquil	Alto número de personas, animales, casa y caminos expuestos a peligro en lugares que ha sido declarados zonas de riesgo.
Falta de un plan de acción integral que permita verificar, mitigar ante estos fenómenos naturales	Al no existir un prototipo de alerta temprana y tampoco un plan de acción, no permitirá tomar medidas preventivas.

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Con el desarrollo del presente proyecto de titulación se busca detectar de manera temprana los deslizamientos de tierra ubicados en las zonas de riesgo de Guayaquil a través del monitoreo de las condiciones donde sea predispuesto a ocurrir, esto con el fin de evitar accidentes y/o pérdidas humanas y la simulación de un evento de estos en vivo para la generación de alertas a los moradores. A continuación, se detallará a fondo:

Tabla 2. Delimitación del Problema

DELIMITADOR	**DESCRIPCIÓN**
CAMPO	Desarrollo Biotecnológico, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y adaptación del cambio climático.
ÁREA	Gestión de los recursos naturales, biodiversidad y ambiente.
ASPECTO	Diseño y desarrollo de un prototipo para la alerta temprana de detección de deslizamientos de tierra.
TEMA	Diseño y desarrollo de un prototipo IoT para la detección temprana de deslizamientos de tierra en zonas de riesgo de la ciudad de Guayaquil.

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el impacto de un prototipo de detección temprana de deslizamiento de tierra en zonas de riesgo de la ciudad de Guayaquil para alertar, y, de esta forma evitar accidentes y/o pérdidas humanas en las mismas?

EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

- ✓ **Claro:** El diseño y desarrollo del prototipo IoT permitirá dar seguimiento al estado a lo largo del tiempo de los taludes de las zonas con alto riesgo de deslizamientos de tierras lo cual resultará conveniente para los habitantes de

la comunidad para tomar decisiones de prevención o evacuación.

- ✓ **Evidente:** En las zonas de riesgos a deslizamientos de tierras en la ciudad de Guayaquil no hay tecnología, prototipos o sistemas que monitoreen las condiciones del lugar y/o sus alrededores.
- ✓ **Concreto:** Prototipo IoT que detectará de forma temprana posibles deslizamientos de tierras a través de la observación y seguimiento de las variables temperatura del suelo, humedad del suelo y vibraciones en la zona de riesgo mediante una estación de monitoreo implementada en ThingSpeak. También se contará con un semáforo y una alarma de acuerdo la tabla de condiciones elaborado desde el punto de vista técnico de ingenieros civiles.
- ✓ **Relevante:** Contar con un prototipo que emita información importante por medio de sensores inalámbricos sobre las condiciones del lugar de riesgo de deslizamiento de tierras es importante para la comunidad, porque permitirá alertar de forma temprana a los habitantes por medio de la estación de monitoreo, el semáforo y la alarma audible.
- ✓ **Factible:** Este proyecto de titulación es factible y viable debido a que los recursos tecnológicos a emplearse para el diseño y desarrollo de este son de bajo costo. Adicionalmente, el acceso a esta información sobre los mismos está al alcance para su respectivo análisis y estudio.
- ✓ **Variables:**

  - Independientes: temperatura del suelo, humedad del suelo, vibraciones sísmicas.

  - Dependientes: Sistema de monitoreo de alerta temprana.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un prototipo IoT para la detección temprana de deslizamiento de tierra en las zonas de riesgo en la ciudad de Guayaquil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar mediante la elaboración de un marco teórico los agentes causales que desencadenan un deslizamiento de tierra.
- Procesar la información recolectada por medio de los sensores inalámbricos del nodo del prototipo de deslizamiento de tierra.
- Validar la efectividad y funcionalidad de un prototipo de bajo costo de sistema de detección temprana de deslizamiento de tierra en zonas de riesgo.

ALCANCES DEL PROBLEMA

Como se ha mencionado anteriormente, el desastre por movimientos de masas de tierra tiene un gran impacto en el ser humano y sus alrededores. El presente proyecto de titulación se desarrollará en una de las áreas propensas a este desastre natural, el cual tiene la intención de monitorear y recolectar datos a través de los sensores que sirvan para ser analizados como método para detectar de forma temprana deslizamientos de tierras en zonas de riesgo. Este prototipo no pretende alamar desmedidamente, más bien servir como estimación para poder tomar decisiones a largo y corto plazo en zonas pobladas. Este prototipo pretende servir como una herramienta más para el estudio del degaste de suelos (por parte de profesionales expertos en el tema) a partir de las variables seleccionadas, las cuales intervienen en conjunto con la problemática abordada.

La propiedad de los suelos para soportar cargas y conservar su estabilidad, depende de la resistencia al corte de los suelos. Cualquier masa de suelo se rompe cuando esta resistencia es superada. Por lo tanto, el presente prototipo enviara los datos a una estación de monitoreo con respecto a cada uno de los factores a abordar como lo son temperatura del suelo, humedad del suelo y vibraciones para que de esta forma puedan ser correlacionarlos a lo largo del tiempo por parte de autoridades o

profesionales en el análisis de suelos de los taludes o pendientes peligrosas de tierras en las zonas de riesgo de la ciudad de Guayaquil.

Mediante el uso de tecnología basada en redes de sensores inalámbricos, IoT y el uso de plataformas en la nube, se puede abordar el presente proyecto de titulación. Por lo tanto, este sistema se puede instalar fácilmente en lugares donde se producen principalmente deslizamientos de tierra. La implementación del sistema es factible y de bajo costo.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Una vez analizada la problemática con respecto a los deslizamiento de tierras en zonas de riesgo en la ciudad de Guayaquil, la propuesta de titulación a partir del uso de las Tecnologías de Información recolectará parámetros con respecto a las variables de temperatura del suelo, humedad del suelo y vibraciones por medios de sensores inalámbricos que realizarán estas funciones los cuales, según análisis bibliográficos de fuentes primarias, indican que mantienen relación que será procesada por medio del prototipo.

La importancia y utilidad de este prototipo radica en que su desarrollo es beneficioso a corto y largo plazo para prevenir accidentes, daños a la propiedad que, en última instancia, resulten en pérdidas financieras o incluso peor como lo son las pérdidas humanas mediante la monitorización constante y continua de los parámetros en zonas de riesgo y mayor incidencia a darse estos eventos.

Esto surge como iniciativa ante la falta de un prototipo IoT que recolecte esta información para ser procesada y consultada de forma comunitaria por los habitantes de los sectores. Se utilizará la tecnología basada en redes de sensores inalámbricos para la recolección de datos y para el procesamiento de estos se realizará con tecnología Open Source. Así mismo se desarrollará un semáforo y una alarma audible de acuerdo con una serie de condiciones sugeridas por ingenieros civiles.

Los deslizamientos, movimientos, deslaves o derrumbes de tierra es un asunto alarmante por lo sucedido en otras ciudades del país, en la ciudad de Guayaquil los casos presentados muestran que la población no está exenta de sufrir daños

causados por estos fenómenos por lo que el desarrollo de este prototipo ayudaría en gran medida para la planificación de procesos de prevención y evacuación.

METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología que se utilizará para el desarrollo e implementación de este prototipo será la metodología PPDIOO (Prepare, Plan, Design, Implement, Operate y Optimize), la cual permitirá definir todas las actividades que se llevarán a cabo para el desarrollo ordenado y óptimo del prototipo, así como de la administración de este. Esta metodología contiene 6 fases:

- **Preparación**: se analizarán los componentes tecnológicos a utilizar para el desarrollo de la arquitectura del prototipo a nivel de hardware y software, así como de sus costos identificando las tecnologías que mejor pueden respaldar la arquitectura.
- **Planeación**: evalúa el sitio o el área donde se implementará el prototipo, y realiza un análisis de brechas para determinar si la infraestructura del sistema existente, los sitios y el entorno operativo pueden soportar el sistema propuesto.
- **Diseño**: realización del diseño de la arquitectura de red con los equipos técnicos pertinentes. Esta especificación de diseño proporciona la base para las actividades de implementación.
- **Implementación**: se realizará la implementación a nivel de hardware y software del prototipo.
- **Operación**: se pondrá en marcha el prototipo para realizar sus respectivas pruebas de funcionamiento y operatividad.
- **Optimización**: realización de las correcciones de los posibles errores en cuanto a calibración del prototipo y programación del código fuente según lo amerite. Se basa en la gestión proactiva de la red, cuyo objetivo es identificar y resolver problemas antes de que surjan problemas reales y el nodo se vea afectados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En este mundo globalizado, el Internet de las Cosas cada vez toma relevancia a medida que transcurre el tiempo, desde un punto de vista social la necesidad de la población a estar conectada e interesa por la digitalización, por otra parte, en cuanto a lo económico, las empresas de diferente tamaño se han visto en la necesidad de controlar y simplificar procesos y salvaguardar su seguridad. Es aquí donde radica la importancia de los sensores inalámbricos destinado a los extensos campos de la ingeniería, medicina y agricultura en cuanto a la resolución y simplificación de procesos o problemas que se presentan en la vida cotidiana.

No todos los sitios tienen sensores de movimiento del suelo, pero de acuerdo con (Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2018) se puede hacer uso de diversos instrumentos con el fin de monitorear el movimiento del suelo:

- Pluviómetros sentados en la superficie del suelo.
- Sensores de contenido de agua sepultados a diferentes honduras verticalmente debajo de la superficie del suelo que miden cuánto del espacio poroso del suelo está lleno de agua.
- Dos o tres tensiómetros (poco profundos, medios, profundos) ubicados en pozos cerca de los sensores de volumen de agua que miden la cantidad de succión en el suelo, la succión del agua del suelo es lo que permite que la arena húmeda mantenga su forma en un castillo de arena y ayuda a sostener

suelo en una ladera. Las puntas de detección de los tensiómetros se depositan a profundidades para componer una matriz vertical.

- Piezómetros instalados en pozos profundidades limitadas revestidos con PVC en algunos sitios donde se encuentre un nivel freático no tan profundo. Los piezómetros indican la presión por debajo del nivel freático y pueden usarse con el fin de observar alteraciones en la profundidad del nivel freático.
- Inclinómetros colocados en los pozos indican cuando el suelo se está empezando a desnivelar.
- Láseres pueden indicar el movimiento de los flujos de escombros que viajan por los canales.
- Sismómetros, que descubren las vibraciones del pavimento producidas cuando ocurre un deslizamiento de tierra.

De acuerdo con el proyecto de titulación desarrollado por (Quintanilla, 2022) destinado a las zonas dentro del Distrito Metropolitano de Quito, se propone presentar una posible solución ante los daños ocasionados por los deslizamientos de tierra, para ello trata de identificar una serie de factores que los originan que son: erosión, suelo aluvial, lluvia, sedimentos y la estructura del área geográfica. Estos factores deben tener la capacidad de comunicarse inalámbricamente para su fácil monitoreo, cuyos datos estarán en una base de datos, sin mencionar que este prototipo tiene una alerta sonora. El sensor es conectado inalámbricamente junto con un servidor en donde se ejecuta la base de datos anteriormente mencionada, de esta manera se mantiene una constante observación de la zona y del funcionamiento del sistema.

El monitoreo con la utilización de instrumentos brinda mejores datos acerca de la cantidad de lluvia que causa deslizamientos de tierra y cuándo ocurren. Es importante decir que el monitoreo permite a los científicos aprender cómo se mueve el agua en la ladera antes y durante un deslizamiento de tierra. Saber qué hace el agua en las laderas antes y durante los deslizamientos de tierra puede conducir a mejores herramientas para predecir cuándo podrían ocurrir deslaves.

La tesis propuesta por los autores (Cordova & Bonilla, 2018) muestra que la red de sensores inalámbricos para la rastrear los deslizamientos de tierra es una de las áreas

de investigación desafiantes disponibles en la actualidad en el campo de la geofísica. El sistema de dicha tesis utiliza una red heterogénea compuesta por un nodo de sensores inalámbricos, tecnología Wi-Fi y terminales satelitales para la entrega eficaz de datos en ese preciso instante al centro de administración de datos. El centro de gestión de datos está equipado con software y hardware necesarios para un análisis sofisticado de los datos. Es importante ya que comprueba que, para detectar deslizamientos de tierra, WSN es una excelente alternativa de bajo costo.

Por otra parte, los autores (Moreno, Veloz, Moreno, & Santacruz, 2020) proponen la utilización de tecnología SDRadar, con el fin de la detección temprana de los deslizamientos de tierra. Dicho sistema fue elaborado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Se concluyó que el macadam es el material perfecto para un área de deslave, esto debido a que presenta un menor índice de permitividad, es decir, menos índice riesgo.

Los proyectos de investigación anteriormente mencionados tienen algo en común: poseen datos de monitoreo recopilados en los sitios casi o en tiempo real, permitiendo que se tengan amplios detalles sobre las interacciones del suelo y las laderas, por lo que, acorde a su tecnología, se puede proporcionar información para un sistema de alerta en tiempo real.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Suelo

El suelo es la capa suelta de tierra que cubre la superficie del planeta, donde posee roca desintegrada, humus, materiales inorgánicos y orgánicos y, generalmente, se forma cuando las rocas se rompen en sus partes constituyentes. Cuando una variedad de fuerzas diferentes actúa sobre las rocas, se rompen en partes pequeñas para formar el suelo. (Caballero, 2018)

Tipos de suelo

Hay varios tipos de suelo que sufren diversas presiones ambientales:

Tabla 3. Tipos de suelo

Nombre	Características	Imagen
Suelo arenoso	- Es liviano, cálido, seco y tiende a ser ácido y bajo en nutrientes. Tienen alta proporción de arena y poca arcilla. - Tienen rápido drenaje de agua y son fáciles de trabajar.	
Suelo arcilloso	- Es un suelo pesado que se beneficia de altos nutrientes. Permanecen húmedos y fríos en invierno y se secan en verano. - Están hechos de más del 25 por ciento de arcilla y retienen una gran cantidad de agua.	

Suelo limoso	- Es ligero y retiene la humedad con un alto índice de fertilidad. - Como las partículas son finas, pueden compactarse fácilmente y son propensas a ser arrastradas por la lluvia.	
Suelo de turba	- Tiene un alto contenido de materia orgánica y retiene una gran cantidad de humedad.	
Suelo de tiza	- Puede ser liviano o pesado, pero siempre altamente alcalino debido a la cal dentro de su estructura.	

Suelo franco	- Es una mezcla de arena, limo y arcilla que se combinan para evitar los efectos negativos de cada tipo. - Son fértiles, fáciles de trabajar y tienen un buen drenaje. Pueden ser franco arcillosos o arenosos.	

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

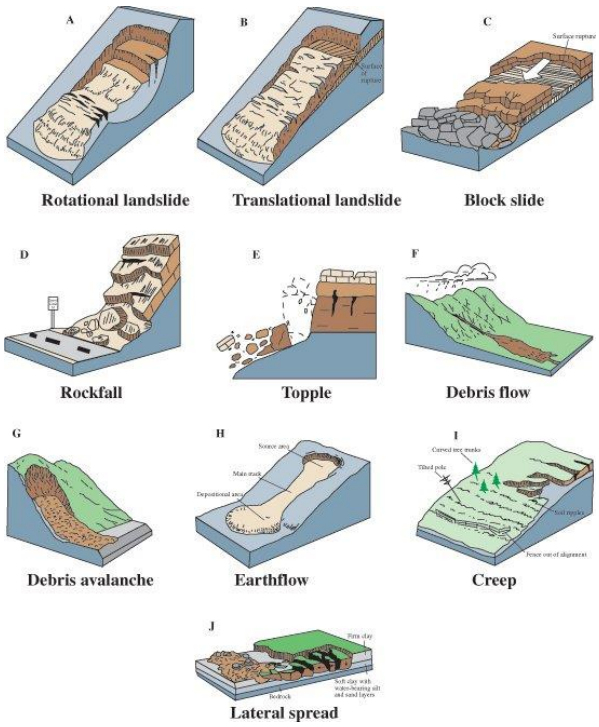
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. (2018). Caracterización de los Suelos y las Tierras. Colombia: IDEAM.

Ladera

Es la medida en que la superficie del suelo tiene una inclinación con respecto a la horizontal. En otras palabras, representa la elevación que se produce entre dos puntos diferentes. Tiene importancia porque influye en el potencial de deslizamiento. Cuando la precipitación llega al suelo, su velocidad y la medida en que la escorrentía se acumula en la superficie del suelo se fortalecen cuando las pendientes son pronunciadas y largas. El agua acumulada que se mueve rápidamente por una superficie inclinada, acelerando el deslizamiento.

Para pendientes largas, las terrazas, las desviaciones y los cultivos en franjas pueden abordar las preocupaciones de conservación del suelo. Para pendientes cortas y picadas, implementar tales prácticas puede ser difícil. En estos casos, se debe considerar combinar prácticas de conservación con sistemas de drenaje para abordar la escorrentía y el deslizamiento.

Figura 2. Ladera



Autor: Geotecnia, 2020

Fuente: https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/deposito-de-ladera/

Deslizamientos de tierra

Los autores (Gómez & González, 2018) establecieron que el término "deslizamiento" abarca cinco modos de movimiento de taludes: caídas, derrumbes, deslizamientos, extensiones y flujos. Estos se subdividen además según el tipo de material geológico (lecho rocoso, escombros o tierra).

Casi todos los deslizamientos de tierra tienen múltiples causas. El movimiento de taludes ocurre cuando las fuerzas que actúan cuesta abajo la resistencia de los materiales de la tierra que componen el talud. Los temblores de tierra y otros factores también pueden inducir deslizamientos de tierra bajo el agua. Estos deslizamientos de tierra se llaman deslizamientos de tierra submarinos. Los deslizamientos de tierra submarinos a veces provocan tsunamis que dañan las zonas costeras.

Figura 3. Ejemplo de deslizamiento de tierra

Autor: Servicio Digital RD, 2022

Fuente: https://www.diariodigital.com.do/2022/02/01/once-muertos-y-15-heridos-en-un-deslizamiento-de-tierra-en-ecuador.html

Tipos de deslizamiento de tierra

Los deslizamientos son fenómenos diversos en forma y tamaño, velocidad de movimiento y otras características. De acuerdo a la estructura geológica en la que ocurren los deslizamientos, se pueden distinguir la inestabilidad en el suelo y la masa rocosa. De acuerdo con el informe presentado por (Gómez & González, 2018), los tipos de deslizamiento de tierra son los siguientes:

- Deslizamiento de tierra rotacional.
- Deslizamiento de tierra traslacional.
- Flujo de escombros.
- Avalancha de escombros.
- Flujo de tierra.
- Extensión lateral.

En el macizo rocoso se distinguen los siguientes mecanismos desencadenantes de rotura de taludes rocosos:

- Movimiento de bloque.
- Deslizamiento de montaña.

Causas de un deslizamiento de tierra

Tabla 4. Causas de un deslizamiento de tierra

Causa	Descripción
Causas geológicas	- Materiales débiles o sensibles y desgastados. - Materiales cortados, articulados o fisurados. - Discontinuidad orientada adversamente (lecho, esquistosidad, falla, discordancia, contacto, etc.) - Contraste en la permeabilidad y/o rigidez de los materiales. -Meteorización del suelo o las rocas
Causas morfológicas	- Levantamiento tectónico o volcánico. - Erosión fluvial, undimotriz o glacial del talud o de los márgenes laterales. - Pendiente de carga de deposición o su cresta. - Eliminación de vegetación (por fuego, sequía)
Causas humanas	- Excavación del talud o su base. - Drenaje (de embalses) - Irrigación. - Minería. - Vibraciones artificiales. - Fuga de agua de los servicios públicos.

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Instituto Internacional de Estudios Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra. (2017). Introducción a los deslizamientos. Holanda: UNESCO

Consecuencias de un deslizamiento de tierra

Tabla 5. Consecuencias de un deslizamiento de tierra

Consecuencia	Descripción
Declive económico	Los deslizamientos de tierra han resultado en la destrucción de la propiedad. Si el deslizamiento de tierra es significativo, podría agotar la economía de la región o el país. Después de un deslizamiento de tierra, el área afectada normalmente se somete a rehabilitación con capital masivo.
Daños en infraestructuras	El flujo forzado de lodo, escombros y rocas como resultado de un deslizamiento de tierra puede causar daños graves a la propiedad.
Pérdida de vida	Las comunidades que viven al pie de cerros y montañas tienen un mayor riesgo de muerte por deslizamientos. Un derrumbe sustancial arrastra consigo enormes rocas, escombros pesados y tierra pesada. Este tipo de deslizamiento de tierra tiene la capacidad de matar a muchas personas en el impacto.
Afecta a los paisajes	La erosión que dejan los derrumbes deja paisajes agrestes y antiestéticos. La pila de tierra, rocas y escombros cuesta abajo puede cubrir tierras utilizadas por la comunidad con fines agrícolas o sociales.
Impacto en ecosistemas fluviales	Muchos hábitats fluviales, como los peces, pueden morir debido a la interferencia del flujo natural del agua. Las comunidades que dependen del agua del río para las actividades domésticas y el riego sufrirán si se bloquea el flujo de agua.

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Instituto Internacional de Estudios Aeroespaciales y Ciencias de la Tierra. (2017). Introducción a los deslizamientos. Holanda: UNESCO

Temperatura

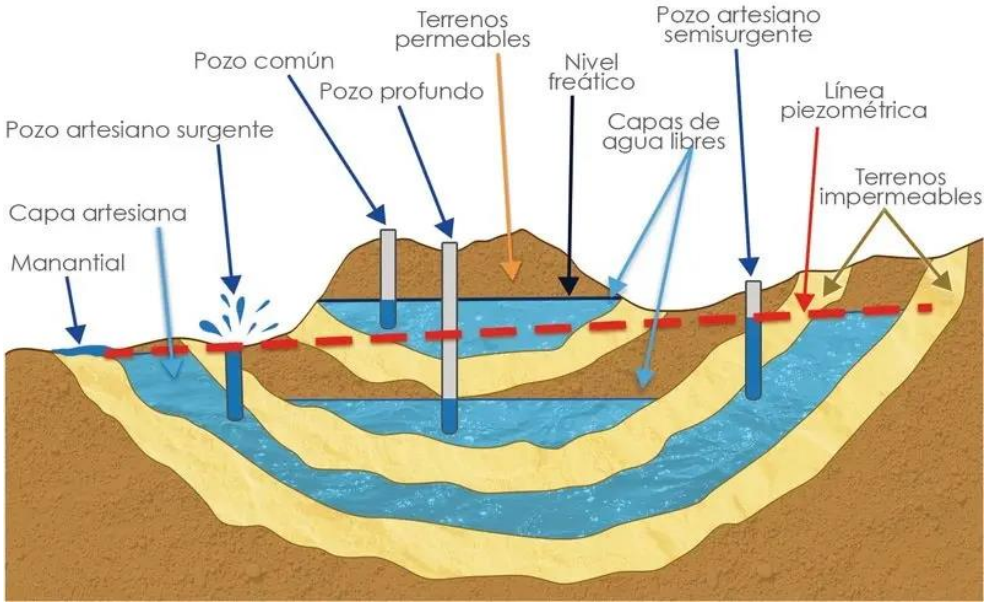
Es la medida de calor o frialdad expresada en términos de cualquiera de varias escalas arbitrarias e indicando la dirección en la que la energía térmica fluirá espontáneamente, es decir, de un cuerpo caliente (uno a una temperatura alta) a un cuerpo frío (uno a una temperatura baja). (Beléndez, 2017)

La temperatura, similar a la presión o la densidad, se denomina propiedad intensiva, que es independiente de la cantidad de materia que se está considerando, a diferencia de las propiedades extensivas, como la masa o el volumen.

Humedad

La humedad es una medida de la cantidad de vapor de agua en el aire. La humedad relativa mide la cantidad de agua en el aire en relación con la cantidad máxima de vapor de agua. Cuanta más alta es la temperatura, más vapor de agua puede contener el aire. En el caso de la humedad del suelo esta puede darse por precipitaciones, aumento de los niveles freáticos o infiltraciones de aguas subterráneas y superficiales.

Figura 4. Humedad en el suelo



Autor: Diccionario Geotecnia, 2021

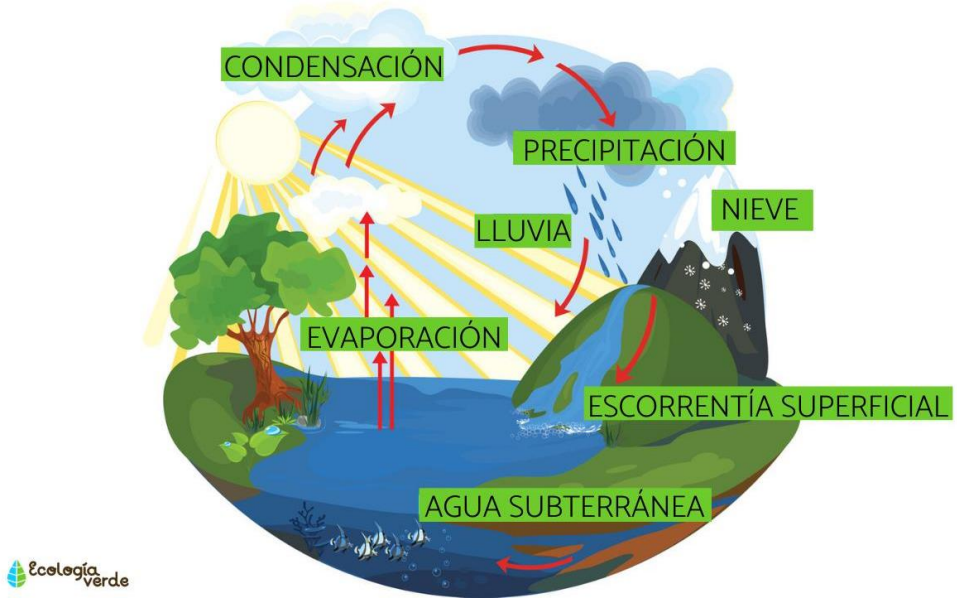
Fuente: https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/nivel-freatico/

Precipitaciones

De acuerdo con los autores (Ruíz, 2021): la precipitación es cualquier tipo de forma formada por partículas de agua líquida o sólida que caen de la atmósfera y alcanzan la superficie de la Tierra. Las diferentes estaciones y ubicaciones geográficas ven cantidades variables de precipitación en cantidad e intensidad.

La precipitación se produce cuando una masa de aire cálido y húmedo golpea una masa de aire frío. La condensación hace que la humedad forme gotitas que se convierten en lluvia o cristales que se convierten en nieve o hielo.

Figura 5. Ciclo del agua



Autor: EcologíaVerde. 2022

Fuente: https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html

Gravimetría

En los estudios de mecánica de suelos el método de gravimetría corresponde a las técnicas usadas en los laboratorios para determinar la humedad de los suelos, esto

involucra la recolección de muestras, un proceso de desecado y a partir de esto calcular su porcentaje de humedad. (Quichimbo, José, Cajamarca, & Aguirre, 2016)

A continuación, la fórmula para obtener humedad del suelo con el método gravimétrico:

Ecuación 1. Fórmula para obtener la humedad del suelo con el método gravimétrico

$$Humedad\ \% = \frac{Ww}{Ws}\ (100)$$

Donde:

Ww: Peso de suelo

Ws: Peso del agua

Vibración

En el capítulo 50 de la Enciclopedia de Salud y Seguridad de España (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2021) dice que la vibración son las oscilaciones mecánicas de un objeto alrededor de un punto de equilibrio. Las oscilaciones pueden ser regulares, como el movimiento de un péndulo, o aleatorias, como el movimiento de una llanta en un camino de grava. El estudio de los efectos de la vibración en la salud requiere medidas de las "ondas de presión" (energía de vibración) generales generadas por el equipo o la estructura que vibra.

El riesgo de lesiones inducidas por vibraciones depende de la exposición diaria promedio. Una evaluación del riesgo tiene en cuenta la intensidad y frecuencia de la vibración, la duración (años) de exposición y la parte del cuerpo que recibe la energía de la vibración.

Aceleración y velocidad sísmica

Durante un sismo o terremoto la energía liberada genera ondas primarias que se pueden correlacionar con la Escala de Mercalli para determinar la intensidad en la superficie del suelo en una zona específica por lo que la aceleración sísmica es una medida usada para este fenómeno natural. La escala de Richter y de Mercalli

mantienen una estrecha relación sin embargo esta última es usada para determinar los niveles de daños en determinadas localizaciones (NC Arquitectura, 2022)

Tabla 6. Escala de Mercalli con respecto a la velocidad y aceleración sísmica

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (g)	Velocidad sísmica (cm/s2)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	0.1 – 1.1	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	1.1 – 3.4	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.092	3.4 – 8.1	Moderado	Ninguno
VI	0.092 – 0.18	8.1 – 16	Fuerte	Leve
VII	0.18 – 0.34	16 – 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	31 – 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	60 – 116	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Servicio Geológico de los Estados Unidos, 2022

Aceleración Total

A continuación, la fórmula de aceleración total la cual corresponde a la raíz de la suma de los cuadrados de cada uno de los ejes x, y, z.

Ecuación 2. Fórmula de la aceleración total en los ejes x, y, z.

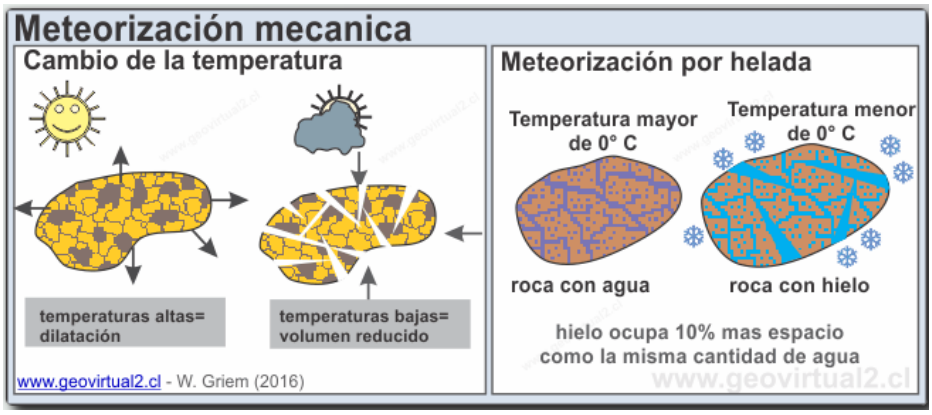
$$a_{total} = \sqrt{ax^2 + ay^2 + az^2}$$

Meteorización

La meteorización engloba todos aquellos procesos físicos y químicos mediante los cuales las rocas o los suelos se degradan, erosionan o deterioran a lo largo del tiempo. Este proceso de degradación de las rocas o el suelo comprende dos tipos:

Meteorización física

Figura 6. Meteorización física

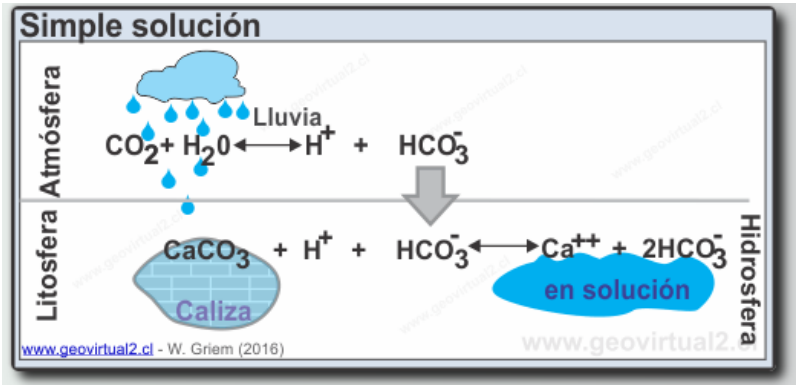


Autor: Griem, 2016

Fuente: https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05-2.htm

Meteorización química

Figura 7. Meteorización química



Autor: Griem, 2016

Fuente**:** https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05-2.htm

La meteorización forma parte de las causas de los deslizamientos de tierra por lo que la temperatura y humedad relativa ambiental, así como los niveles de humedad del suelo indicen en gran medida en este proceso corrosión en las laderas o pendientes en zonas de riesgo. (Colegial; Forero & Fuentes, 2017)

Límites de Atterberg

Los autores (Gadea, Rodriguez, & Junco, 2019) definen a los límites de Atterberg como los diferentes niveles de humedad en donde un terreno cambia de consistencia y que actualmente es una técnica usada en las prácticas y en los laboratorios de mecánica de suelos; la utilidad de los mismos, radican en que la información recolectada mediante muestras es lo suficiente como para conocer los valores precisos y determinar el tipo de suelo y sus propiedades. Esto sumado a los cambios constantes de temperatura a corto y largo plazo produce desgaste en los suelos

Figura 8. Límites de Atterberg

Autor: GeologíaWeb, 2017

Fuente**:** https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/limites-atterberg/

Tecnología de la Información

La Tecnología de la Información (TI) es la utilización de cualquier dispositivo tecnológico como computadora, almacenamiento, red y otros dispositivos físicos, infraestructura y procesos para crear, procesar, almacenar, asegurar e intercambiar todas las formas de datos electrónicos. El uso comercial de TI abarca tanto la tecnología informática como las telecomunicaciones.

Tecnología Open Source

Se refiere a un software en el que el código fuente utilizado para crear el programa está disponible gratuitamente para que el público lo vea, edite y redistribuya. Cualquier tipo de programa de software puede ser de código abierto, incluidos los sistemas operativos como Linux, bases de datos como PostgreSQL, aplicaciones como OpenOffice.org, juegos e incluso lenguajes de programación como lo es Python.

Figura 9. Tecnología Open Source

Autor: Tung Thanh, 2018.

Fuente: https://medium.com/tableplus/open-source-vs-closed-source-4f60a09dc96f

Protocolos de comunicación

HTTP

El Protocolo de transferencia de hipertexto es un protocolo de aplicación que sirve para los sistemas de información distribuidos, permitiendo así al usuario a comunicarse. Hoy en día, el protocolo sigue siendo uno de los principales medios de uso de Internet.

MQTT

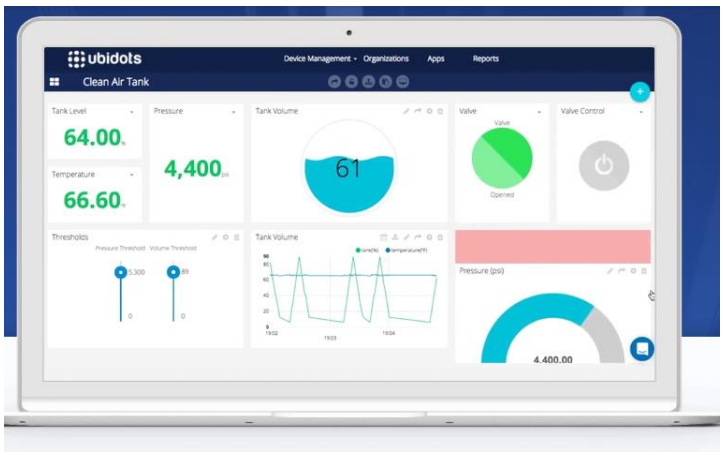
El protocolo MQTT es el estándar de facto para la mensajería IoT, el cual proporciona una forma escalable y confiable de conectar dispositivos a través de Internet. Hoy en día, muchas empresas utilizan MQTT para conectar millones de dispositivos a Internet.

Plataformas IoT

Ubidots

Es una plataforma en donde los prototipos con sensores inalámbricos pueden ser enlazados a la nube de manera fácil, teniendo una cartera de bibliotecas, SDK y guías paso a paso para su integración por medio de protocolos tales como HTTP, TCP, UDP o a través de la implementación de protocolos desarrollados por los propios usuarios. (Ubidots, 2022).

Figura 10. Ubidots



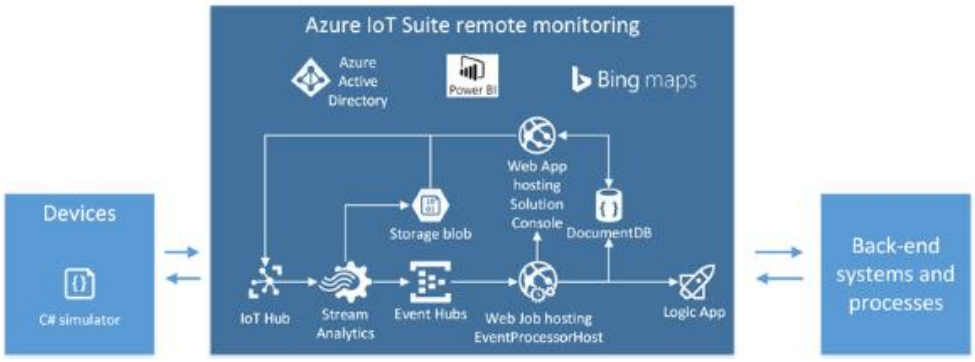
Autor: Ubidots,2022

Fuente: https://ubidots.com

Microsoft Azure

Azure ofrece un apartado con respecto al Internet de las Cosas en donde ofrecen entornos de creación estructurada para que las organizaciones procesen sus soluciones, esta solución es recomendada para aquellas empresas que manejan frecuentemente tecnología y soluciones que van a la nube teniendo en cuenta componentes de administración, precio y control. (Microsoft, 2022)

Figura 11. Microsoft Azure



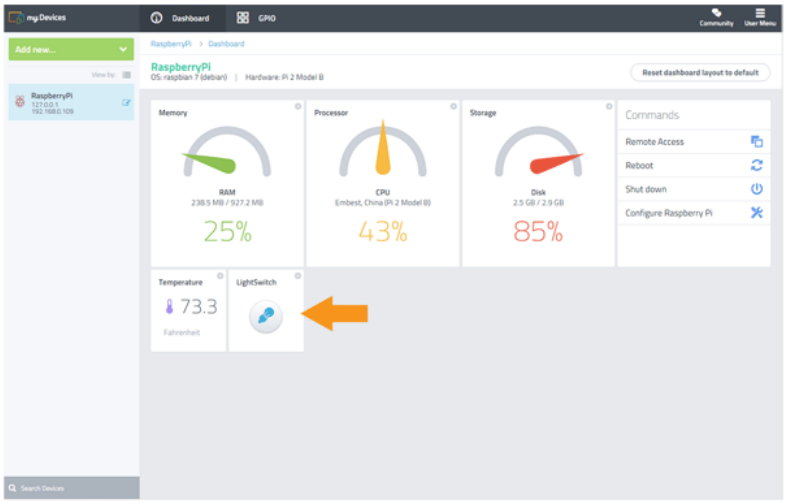
Autor: Microsoft, 2022

Fuente: https://azure.microsoft.com/es-es/services/iot-hub/#features

My Devices

Es una plataforma que usa tecnología IoT que no compromete la seguridad al momento de establecer algún protocolo de conectividad entre dispositivos, la encriptación es una característica notoria para proteger el proceso de comunicación y la conexión a la base de datos. Esta garantiza la protección en todo momento de los datos al tener implementado protocolos de solicitudes a las API. (Mydevices, 2020)

Figura 12. My Devices



Autor: Programar Facil,2022

Fuente: https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/cayenne-mydevices-arduino-sensores-iot/

ThingSpeak

Es una plataforma que tiene como propósito ofrecer servicios de procesamiento de información proveniente de IoT, esta permite añadir, analizar y visualizar todos los datos provenientes de sensores inalámbricos en vivo en la nube. (Thingspeak, 2022)

Figura 13. ThingSpeak

Autor: Thingspeak,2022

Fuente: https://thingspeak.com/

Redes Inalámbricas

La comunicación inalámbrica es aquella en donde la información que se trasmite no viaja por ningún tipo de medio físico, más bien, esta se transporta a través de ondas electromagnéticas que se mueven por el aire. En los extremos de una comunicación inalámbrica no existen conectores físicos, sino que la distancia es la característica notable para que las ondas puedan fluir sin intermitencias. (Molina & Polo, 2015)

Tipos de redes inalámbricas

Tabla 7. Tipos de redes inalámbricas

Tipo de red inalámbrica	Característica
WWAN **Wireless Wide Area Network**	Red caracterizada por abarcar extensiones territoriales grandes del tamaño de una nación o de un continente.
WMAN **Wireless Metropolitan Area Network**	Esta red es usada por organizaciones con extensiones cercanas debido a que tienen un alcance territorial pequeño.
WLAN **Wireless Local Area Network**	Redes usadas en oficinas y edificios por caracterizarse en tener alcances a cortas distancias.
WPAN **Wireless Personal Area Network**	Este tipo de red inalámbrica necesita alcances cortos para realizar comunicaciones efectivas.

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Riso, H.; Saibene, O. (2020). Redes de telecomunicaciones. Argentina: Universitas.

Tarjetas de desarrollo

Arduino

Según (Moreno & Córcoles, 2018) Arduino es la unificación de una placa que comprende un hardware libre, un software de carácter libre, accesible y gratis a todo tipo de público, multiplataforma y por último, un lenguaje de

programación libre, esta modulo está integrada por un microcontrolador con pines hembra analógicos y digitales que pueden ser reprogramados ilimitadamente.

Figura 14. Arduino

Autor: Arduino, 2022

Fuente: https://www.arduino.cc/

NodeMCU ESP8266

Es un pequeño módulo que tiene adjunta una placa WIFI la cual tiene características relevantes de compatibilidad con el IDE de Arduino y multiplataforma al codificar o programar mediante diferentes lenguajes de programación para hacer uso de la IoT. La tecnología usada en este módulo de desarrollo permite hacer uso de sus pines para la integración de sensores inalámbricos y de esta forma procesar información constante en bases de datos locales o en la nube integrando los conceptos de tecnología del internet de las cosas. (Naylampmechatronics, 2022)

Figura 15. NodeMCU ESP8266

Autor: naylampmechatronic, 2022

Fuente: https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html

ESP32

Es un módulo genérico potente integrado con Wifi y Bluetooth el cual tiene una amplia cantidad de periféricos la cual es una ventaja para el procesamiento de señales, es una buena opción a la hora de ser aplicable para proyectos de inteligencia artificial e internet de las cosas siendo usado en muchos campos. (Espressif Systems, 2022).

Figura 16. ESP32

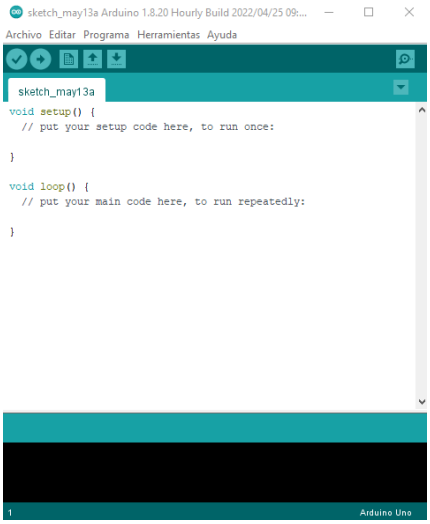
Autor: Espressif, 2022

Fuente: https://www.espressif.com/en/products/devkits

Arduino IDE

Es un entorno Open Source, es decir, de código abierto, el cual permite la estructuración del código fuente de manera ordenada y así mismo en cuanto al hardware con respecto a la carga de la placa, este es compatible con otros módulos. Las últimas actualizaciones han optimizado la plataforma dando lugar a una IDE veloz y con una interfaz didáctica. (Arduino, 2022)

Figura 17. Arduino IDE



Autor: Arduino, 2022

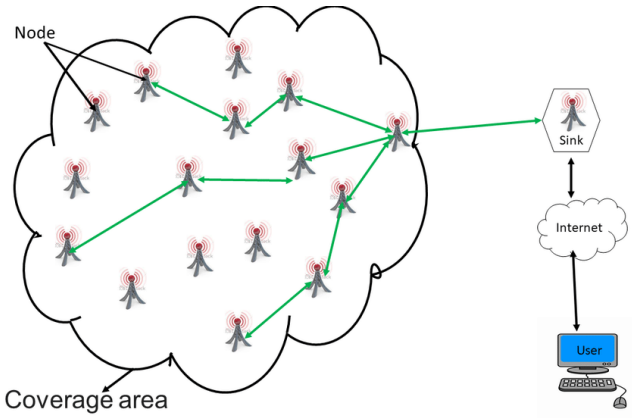
Fuente: https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/

Redes de sensores inalámbricos

El proceso de obtener energía del medio ambiente para ser transformada en otros tipos de energía se ha vuelto en una necesidad, todo esto con el fin de ser de beneficio para los seres humanos, esto ha sido una antesala en la historia de la humanidad para la evolución de la tecnología y de aquellos métodos que corresponden a conversión de energía y mediante la constitución de un sistema variables físicas o ambientales son observadas, procesadas y usadas para diferentes propósitos. (Corona, Abarca, & Mares, 2016).

Wireless Sensor Network o redes de sensores inalámbricas comprende una tecnología con mucho potencial a futuro debido al desarrollo progresivo y constante de la tecnología, así mismo, la disponibilidad y accesibilidad de los sensores inteligentes dan lugar a que su uso sea rentable en términos económicos y sencilla de usar. La unión de WSN con otras tecnologías permite su funcionabilidad en todo momento, esto conlleva un desarrollo inteligente asemejado a la forma en la que piensa una persona. (Chandrakant & Suresh, 2020).

Figura 18. Redes de sensores inalámbricos



Autor: Asside Christian Djedouboum, 2018

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/General-architecture-of-a-wireless-sensor-network-WSN_fig1_329012374

Arquitectura WSN

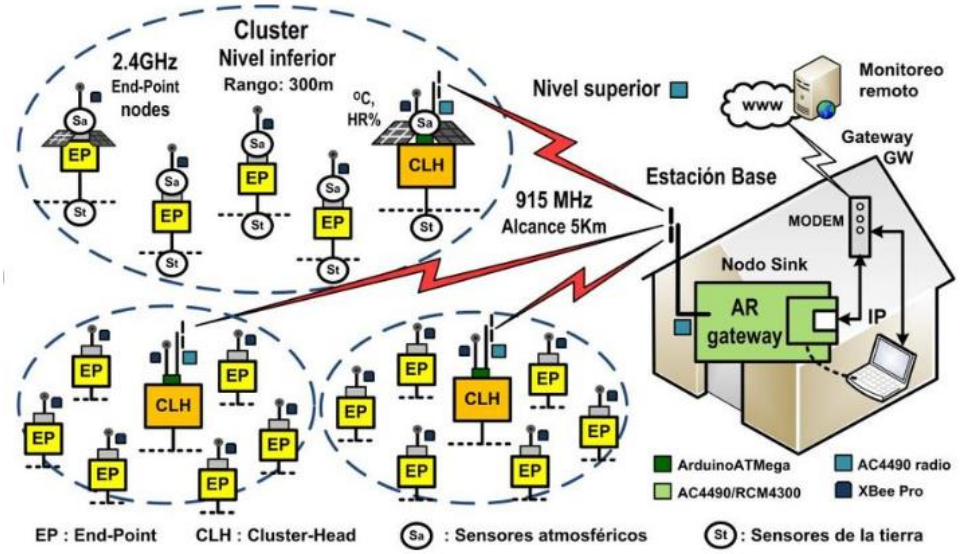
El autor (Hossam, 2016) describe la arquitectura de las redes de sensores inalámbricas de la siguiente forma:

- **Nodos sensores:** El objetivo de estos nodos consiste en realizar el procedimiento de mediciones directamente sobre las variables a analizar, estos forman una topología inalámbrica la cual se comunica por medio de un protocolo de comunicación y se encarga de las funciones de recolección y enrutamiento de datos hacia la estación base.
- **Estación base:** Esta es la encargada de comunicar al usuario final a través

del Internet o la comunicación destinada por los prototipos. Está ubicada en una distancia próxima a los nodos sensores. Lo datos recogidos por los nodos sensores son enviados a la estación base para su posterior procesado de información.

- **Variables:** Estas corresponden a los fenómenos a analizar los cuales son de interés por parte del usuario final.
- **Usuario:** Es el agente o la persona que pretende obtener información a través del monitoreo de los nodos inalámbricos.

Figura 19. Arquitectura WSN



Autor: Hossam, 2016

Fuente: Wireless Sensor Network, 2016

Aplicaciones WSN

Tabla 8. Aplicaciones WSN

Campos o áreas de aplicación	Características
Transporte	El uso de WSN es importante en la transporte y logística, gran parte de los prototipos desarrollados se centran en analizar el nivel de tráfico y su incidencia en grandes y pequeñas ciudades.
Medio ambiente	En el medio ambiente hay muchas variables o parámetros que son analizados por prototipos, más aún, en estos tiempos de calentamiento global donde se busca tomar medidas en base a la recolección de datos de los sensores.
Estructuras	WSN es utilizado en el campo de la ingeniería y la arquitectura relacionadas con el levantamiento de estructuras las cuales son controladas y monitoreadas por medio de esta tecnología
Industrias	En la actualidad, pequeñas, medianas y grandes estructuras se ven en la necesidad de implementar prototipos de redes de sensores inalámbricas para regular, vigilar y controlar procesos de manufactura para la obtención de productos o servicios finales.
Agricultura	En la agricultura esta tecnología es usada como forma de ahorrar recursos y supervisar sembríos los cuales requieren una monitorización constante.
Medicina	La medicina se ha visto beneficiada por las redes de sensores inalámbricas, en este campo las variables y las problemáticas a analizar son muchas, por lo que varios proyectos han sido implementados en el área de la salud.

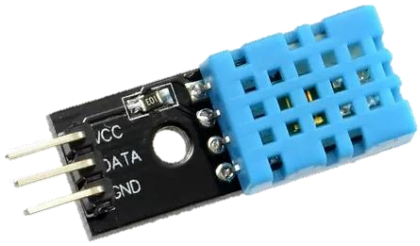
Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

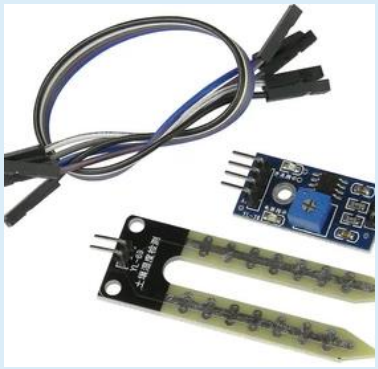
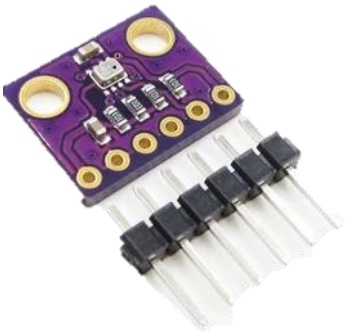
Fuente: Yellampalli, S. (2019). Wireless Sensor Networks: Design, Deployment and Applications. Inglaterra: IntechOpen.

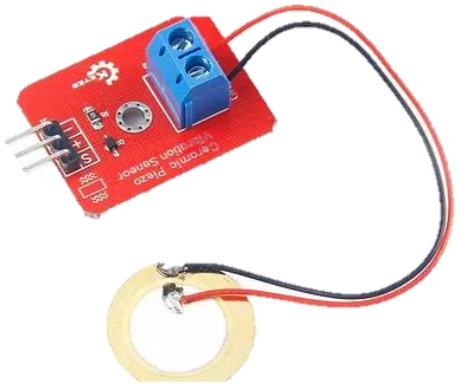
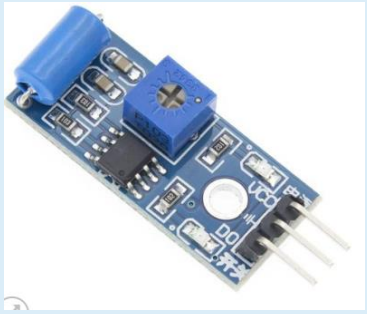
Sensores inalámbricos

Estos son los encargados de medir los parámetros de las variables a través de la recepción de señales digitales y analógicas. En la tabla 7 se detallan los sensores que se pueden utilizar para monitorear las condiciones de los lugares propensos a darse un deslizamiento de tierra.

Tabla 9. Sensores inalámbricos

Sensor	Características
Sensor infrarrojo de temperatura mlx90614	Sensor infrarrojo que mide la temperatura de superficies.
Sensor temperatura y humedad relativa DHT11 	Sensor que tiene como principal función medir las variables con respecto a temperatura y humedad del medio ambiente.

Sensor de Humedad YL69 	Este sensor tiene como función analizar los parámetros con respecto a la humedad del suelo.
Sensor BMP280 	Este sensor mide los parámetros en cuanto a altitud, presión atmosférica y temperatura.
Sensor de lluvia YL83 	Este sensor como su nombre lo indica sirve para la detección de lluvia sin embargo puede ser calibrado para detectar agua.
Sensor piezoeléctrico de vibración	Este sensor puede detectar vibraciones, cuenta con una salida analógica y para su funcionamiento necesita 5V.

	
Sensor de Vibración SW-420 	Este sensor digital sirve para detectar vibraciones provocadas por actividad sísmica, movimientos y o golpes.
Sensor MPU6050 	Sensor que procesa las aceleraciones en los ejes de las x, y, z.

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Escala de Mercalli

Él (Servicio Geológico Mexicano, 2017) dice que la escala de Mercalli se basa en el daño observable del movimiento en la tierra. Sin embargo, se utiliza para comparar los daños causados por terremotos en diferentes áreas.

Figura 20. Escala de Mercalli

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general.
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien construidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada queda en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

Autor: Pin, Johan. 2017

Fuente: https://sites.ipleiria.pt/seismicknowledge/tag/escala-de-mercalli/

FUNDAMENTACIÓN LEGAL

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

TÍTULO II

DERECHOS

Capítulo segundo: Derechos del buen vivir

Sección segunda

Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Sección tercera

Comunicación e información

Art. 18.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

1. Buscar, recibir, intercambiar, producir y difundir información veraz, verificada, oportuna, contextualizada, plural, sin censura previa acerca de los hechos, acontecimientos y procesos de interés general, y con responsabilidad ulterior.

2. Acceder libremente a la información generada en entidades públicas, o en las privadas que manejen fondos del Estado o realicen funciones públicas. No existirá reserva de información excepto en los casos expresamente establecidos en la ley. En

caso de violación a los derechos humanos, ninguna entidad pública negará la información.

Sección cuarta

Cultura y ciencia

Art. 25.- Las personas tienen derecho a gozar de los beneficios y aplicaciones del progreso científico y de los saberes ancestrales.

TÍTULO VII

RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo primero: Inclusión y equidad

Sección octava

Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.

2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.

3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Sección novena

Gestión del riesgo

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento

de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y

financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

Capitulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera

Naturaleza y ambiente

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

Sección quinta Suelo

Art. 409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

Sección séptima

Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL

TÍTULO IV

INFRACCIONES EN PARTICULAR

Capítulo segundo: Delitos contra los derechos de libertad

Sección Novena

Delitos contra el derecho a la propiedad

Art. 190.- Apropiación fraudulenta por medios electrónicos.- La persona que utilice fraudulentamente un sistema informático o redes electrónicas y de telecomunicaciones para facilitar la apropiación de un bien ajeno o que procure la transferencia no consentida de bienes, valores o derechos en perjuicio de esta o de una tercera, en beneficio suyo o de otra persona alterando, manipulando o modificando el funcionamiento de redes electrónicas, programas, sistemas informáticos, telemáticos y equipos terminales de telecomunicaciones, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

La misma sanción se impondrá si la infracción se comete con inutilización de sistemas de alarma o guarda, descubrimiento o descifrado de claves secretas o encriptadas, utilización de tarjetas magnéticas o perforadas, utilización de controles o instrumentos de apertura a distancia, o violación de seguridades electrónicas, informáticas u otras semejantes.

Capítulo tercero: Delitos contra los derechos del buen vivir

Sección Tercera

Delitos contra la seguridad de los activos de los sistemas de información y comunicación

Art. 232.- Ataque a la integridad de sistemas informáticos. - La persona que destruya, dañe, borre, deteriore, altere, suspenda, trabe, cause mal funcionamiento, comportamiento no deseado o suprima datos informáticos, mensajes de correo electrónico, de sistemas de tratamiento de información, telemático o de

telecomunicaciones a todo o partes de sus componentes lógicos que lo rigen, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años.

Con igual pena será sancionada la persona que:

1. Diseñe, desarrolle, programe, adquiera, envíe, introduzca, ejecute, venda o distribuya de cualquier manera, dispositivos o programas informáticos maliciosos o programas destinados a causar los efectos señalados en el primer inciso de este artículo.
2. Destruya o altere sin la autorización de su titular, la infraestructura tecnológica necesaria para la transmisión, recepción o procesamiento de información en general.

Si la infracción se comete sobre bienes informáticos destinados a la prestación de un servicio público o vinculado con la seguridad ciudadana, la pena será de cinco a siete años de privación de libertad.

Capítulo cuarto: Delitos contra el ambiente y la naturaleza o Pacha Mama

Sección Primera

Delitos contra la biodiversidad

Art. 247.- Delitos contra la flora y fauna silvestres.- La persona que cace, pesque, tale, capture, recolecte, extraiga, tenga, transporte, introduzca, almacene, trafique, provea, maltrate, se beneficie, permute o comercialice, especímenes o sus partes, sus elementos constitutivos, productos y derivados, de flora o fauna silvestre terrestre, marina o acuática, de especies listadas como protegidas por la Autoridad Ambiental Nacional o por instrumentos o tratados internacionales ratificados por el Estado, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

Se aplicará el máximo de la pena prevista si concurre alguna de las siguientes circunstancias:

1. El hecho se cometa en período o zona de producción de semilla o de reproducción o de incubación, anidación, parto, crianza o crecimiento de las especies; o, en veda.

2. El hecho se realiza sobre especies amenazadas, en peligro de extinción, endémicas, transfronterizas o migratorias.
3. El hecho se realice dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, áreas especiales para la conservación de la biodiversidad, patrimonio forestal nacional o en ecosistemas frágiles.
4. El hecho produzca daños graves a la biodiversidad o los recursos naturales.
5. El hecho se cometa utilizando técnicas o medios no permitidos por la normativa nacional.

Si se determina la participación y responsabilidad de una persona jurídica en el cometimiento de la infracción; o, si el hecho se atribuye al incorrecto ejercicio de su derecho para actividades de caza, pesca, marisqueo o investigación, la sanción comprenderá además la clausura temporal por un tiempo igual al de la privación de la libertad dispuesta para la persona natural. La misma inhabilitación será dispuesta para los socios o accionistas de la persona jurídica.

Se exceptúan de la presente disposición, únicamente la cacería, la pesca o captura por subsistencia, las prácticas de medicina tradicional, así como el uso y consumo doméstico de la madera realizada por las comunidades, pueblos y nacionalidades en sus territorios, cuyos fines no sean comerciales ni de lucro, los cuales deberán ser regulados por la Autoridad Ambiental Nacional.

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE TELECOMUNICACIONES

RESOLUCIÓN DE 2018

La nota nacional EQA.45 del Plan Nacional de Frecuencias aprobado mediante Resolución No. 12-09-ARCOTEL-2017 del 13 de diciembre de 2017, publicada en la Edición Especial No. 250 del Registro Oficial el 31 de enero de 2018, establece que:

> “En las bandas 915 – 928 MHz, 2 400 – 2 483,5 MHz, 5 150 – 5 350 MHz, 5 470 – 5 725 MHz y 5 725 – 5 850 MHz y 24,05 – 24,25 GHz operan, a título secundario, sistemas que ocupan espectro radioeléctrico para Uso Determinado en Bandas Libres (UDBL), para los servicios fijos y móviles”.

LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES

TÍTULO V

TÍTULOS HABILITANTES

Capítulo II: Uso y Explotación del Espectro Radioeléctrico

Art. 50.- Otorgamiento. Se otorgará títulos habilitantes para el uso y explotación de frecuencias del espectro radioeléctrico, conforme lo dispuesto en la presente Ley, sus reglamentos y los requisitos técnicos, económicos y legales exigidos a tales efectos.

A los fines del otorgamiento de títulos habilitantes de frecuencias del espectro radioeléctrico, el Estado atenderá al interés público, promoverá el uso racional y eficiente del referido recurso limitado, garantizará el acceso igualitario, equitativo y la asignación en condiciones de transparencia. Podrá negar el otorgamiento de títulos habilitantes de uso de espectro cuando prevalezca el interés público o general.

El Estado permitirá el acceso a bandas calificadas como de uso libre, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución, esta Ley, su Reglamento General, el Plan Nacional de Frecuencias y las normas que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

La habilitación para el uso y explotación de frecuencias no esenciales para prestación de servicios de telecomunicaciones se instrumentará mediante marginación en el título habilitante inscrito en el Registro Público de Telecomunicaciones. Dicha marginación se realizará por disposición del director de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones y consecuentemente será parte integrante del título habilitante.

El otorgamiento de títulos habilitantes de frecuencias del espectro radioeléctrico, observando el principio rector de eficiencia técnica, social y económica, podrá realizarse a través de adjudicación directa, proceso (concurso) público competitivo de ofertas, de conformidad con lo que establezca el Reglamento para Otorgar Títulos

Habilitantes que emita la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

Dicho otorgamiento considerará la idoneidad técnica, económica y legal del solicitante.

Para el caso del otorgamiento de frecuencias de los servicios de radiodifusión, se observará lo establecido en la Ley Orgánica de Comunicación.

PREGUNTA CIENTÍFICA A CONTESTARSE

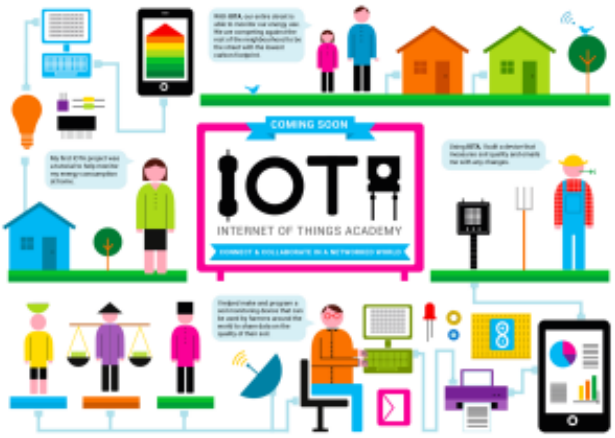
¿En qué aportaría un prototipo de detección temprana de los deslizamientos de tierra a los habitantes y alrededores de las zonas de riesgo en Guayaquil?

DEFINICIONES CONCEPTUALES

IoT

Internet de las cosas (IoT) es un término general para el creciente número de dispositivos electrónicos que no son dispositivos informáticos tradicionales, pero que están conectados a Internet para enviar datos, recibir instrucciones o ambos. (Salazar & Silvestre, 2016)

Figura 21. IoT



Autor: Solo Electrónicos, 2015.

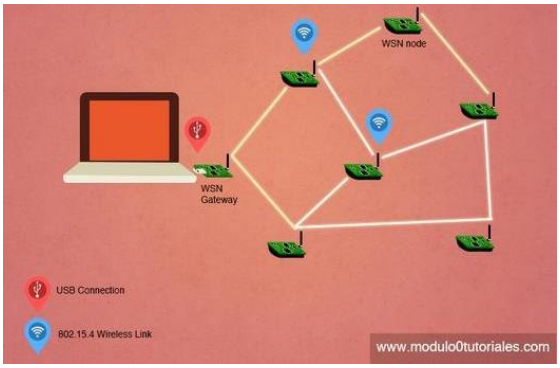
Fuente: https://soloelectronicos.com/tag/que-es-iot/

WSN

Es una red inalámbrica autoconfigurada y sin infraestructura para observar condiciones físicas o ambientales, como temperatura, presión, movimiento, sonido, vibración o contaminantes, y para pasar directamente los datos o información a través de la red a un sumidero que también se denomina la ubicación principal donde la información a menudo se observa y analiza.

Los nodos sensoriales pueden comunicarse entre sí mediante señales de radio. Los nodos de sensores inalámbricos están equipados con sensores y transceptores de radio, dispositivos informáticos y componentes de potencia.

Figura 22. WSN



Autor: tecnologíainalambrica01, 2020.

Fuente: https://sites.google.com/site/tecnologiainalambrica01/red-inalambrica-de-sensores-wsn

Wi-Fi

Una red inalámbrica o WiFi utiliza una señal de radiofrecuencia en lugar de cables para conectar sus dispositivos, como computadoras, impresoras y teléfonos inteligentes, a Internet y entre sí. La señal WiFi puede ser captada por cualquier dispositivo con capacidad inalámbrica, como una computadora portátil o una tableta, dentro de una cierta distancia en todas las direcciones.

Figura 23. Wi-Fi

Autor: Definicion.de, 2022

Fuente: https://definicion.de/wifi/

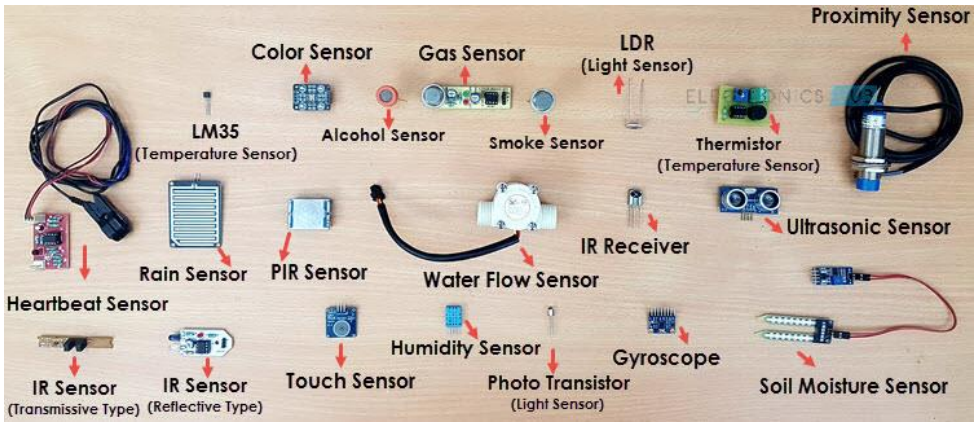
Prototipo

Un prototipo es una versión operativa de una solución. A menudo se fabrica con materiales diferentes (baratos y fáciles de trabajar) que la versión final. (Ruales, 2017). Los prototipos permiten probar cómo funcionará alguna solución e incluso mostrarla a los usuarios para recibir comentarios.

Sensor

Los sensores son dispositivos con características mecánicas, eléctricas o químicas incorporadas. Su funcionamiento depende principalmente del principio de transducción. El principio se basa en la conversión de energía de una forma a otra. (Chawan; et al, 2020). Los sensores pueden mejorar el mundo a través del diagnóstico en aplicaciones médicas; rendimiento mejorado de fuentes de energía como pilas de combustible y baterías y energía solar; mejora de la salud y la seguridad y la protección de las personas; sensores para explorar el espacio y la universidad conocida; y una mejor vigilancia ambiental.

Figura 24. Sensor



Autor: prototipadoLAB

Fuente: https://prototipadolab.com/2018/05/05/que-son-los-sensores/

Espectro radioeléctrico

Comprende el alcance de toda la radiación radioeléctrico y consta de muchos subrangos, comúnmente denominados porciones, como la luz visible o la radiación ultravioleta. Las diversas porciones llevan diferentes nombres en función de las diferencias de comportamiento en la emisión, transmisión y absorción de las ondas correspondientes y también en función de sus diferentes aplicaciones prácticas.

CAPÍTULO III

PROPUESTA TECNOLÓGICA

El presente capítulo aborda lo referente prototipo de detección temprana de deslizamientos de tierra en zonas de riesgo de la ciudad de Guayaquil, con el fin de prevenir accidentes y pérdidas (tanto humanas como materiales). El prototipo es diseñado y desarrollado empleando la metodología PPDIO como un conjunto de fases para la realización del mismo, el cual está basado en la tecnología de redes de sensores inalámbricos, el uso de tecnología Open Source, el procesamiento y la visualización de datos en la nube a través de la plataforma ThingSpeak. Esto ayudará a monitorear los datos en tiempo real las vibraciones, así mismo, permitirá analizar y estudiar los mismos para poder tomar acciones a corto o largo plazo en cuanto a las variables de temperatura y humedad.

La estación de monitoreo cuenta con un prototipo formado por un nodo, el cual funcionan como nodo receptor y Gateway. Dicho nodo está conformado por la tarjeta de desarrollo y sus respectivos sensores, además cuenta con un semáforo y una alarma audible para la determinación de umbrales, sean estos bajos, normales o altos; generando así una alerta audible y visible para las personas.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Para determinar la factibilidad del presente trabajo de titulación sobre la detección temprana de los deslizamientos de tierra con el fin de evitar pérdidas de vidas y daños en los alrededores de la zona, se debe tener en cuenta la realización de una encuesta

dirigida a los habitantes de una de las zonas de riesgo, esto con el fin de conocer su aceptación y otros puntos de vista sobre posibles soluciones óptimas; así como realizar una entrevista a ingenieros civiles, con el fin de que estos verifiquen y analicen el funcionamiento del prototipo, con el fin de validarlo. También es importante que el prototipo brinde resultados que sean de fácil interpretación para el usuario final.

Los deslizamientos de tierra en regiones montañosas con frecuencia se figuran como una amenaza para la infraestructura, los asentamientos y las personas. Las autoridades regionales, los encargados del mantenimiento de la infraestructura y las agencias de protección civil, por lo tanto, también necesitan información actualizada sobre deslizamientos de tierra para las alertas tempranas con el fin de estar mejor preparados para eventos de deslizamientos de tierra.

Si bien los métodos de observación de la Tierra son capaces de cubrir grandes regiones, carecen del tiempo de respuesta necesario para cualquier sistema de alerta. Los sistemas de alerta basados en técnicas de detección de corto alcance pueden lograr tiempos de respuesta cortos y, por lo tanto, a menudo se instalan para monitorear deslizamientos de tierra a escala local. Dado que la detección de corto alcance también se puede realizar con sensores de costo relativamente bajo, como lo son los sensores inalámbricos, donde se pueden combinar múltiples sensores en una red, dando como resultado la oportunidad de un sistema de alerta basado en tecnología IoT con una cobertura a escala local.

En la actualidad, la mayoría de los proyectos hacen uso de Lora y Xbee para la construcción de redes de sensores inalámbricos, que pueden ser muy costosos y requieren una programación compleja, ya que los datos deben enviarse de un nodo a otro, luego a otro, y esto antes de que lleguen al módulo receptor final. Dado que la tecnología ha evolucionado con el paso de los años, se pueden usar tarjetas de desarrollo de bajo costo, como lo es la ESP8266, que sirve para crear una red completa en lugar de los anteriormente mencionados. Los datos se transmiten desde el nodo a la nube, la cual puede ser observada desde cualquier dispositivo inteligente u ordenador.

Hay una variedad de técnicas de detección y sensores para el monitoreo de deslizamientos que pueden detectar el movimiento del suelo y son importantes en el desarrollo de sistemas de monitoreo de deslizamientos. El monitor de humedad, el piezómetro, el geófono y el medidor de tensión son ejemplos de estos sensores. Cada sensor cumple una función específica en términos de monitoreo, predicción y análisis de posibles deslizamientos. El sensor de humedad se puede usar para medir la humedad del suelo tanto como para infiltraciones de aguas subterráneas y superficiales, así como la provocada por climas lluviosos.

Factibilidad Operacional

El presente prototipo busca recolectar información sobre temperatura del suelo, humedad del suelo y vibraciones (variables analizadas en el marco teórico que son aquellas que influyen en los deslizamientos de tierras) mediante sensores inalámbricos implementando una estación de monitoreo en ThingSpeak donde estos parámetros puedan ser observados por autoridades, y la población en general en tiempo real, por lo cual será un beneficio tanto para los usuarios finales y el entorno con el fin de evitar accidentes y daños, siendo así necesario encuestar a los habitantes de una de las zonas de riesgo con el fin de conocer su aceptación con respecto al diseño y desarrollo de este prototipo. Asimismo, la falta de un sistema que monitoree en tiempo de real las variables incidentes en un deslizamiento de tierras para análisis estadísticos posteriores vuelve a este prototipo factible, así como beneficioso para la comunidad.

La encuesta constará de 10 preguntas las cuales, donde las 2 primeras son de información del encuestado, y los 8 restantes tratarán sobre el sistema de detección temprana de deslizamiento de tierra y sobre conocimiento de este fenómeno.

Factibilidad Técnica

Al ser un prototipo, se establece que los materiales a utilizar en el presente trabajo de titulación se dividen en hardware y software, considerando aquellos que sean necesarios para que el prototipo funcione de manera óptima y así poder cumplir con los objetivos establecidos.

Tabla 10. Recursos de hardware

RECURSOS DE HARDWARE	
Nombre	**Descripción**
NodeMCU ESP8266	Plataforma de código abierto basada en ESP8266 que puede conectar objetos y permitir la transferencia de datos mediante el protocolo Wi-Fi.
Sensor MLX90614	Este sensor se encarga de tomar lecturas con respecto a la temperatura del suelo.
Sensor de humedad del suelo YL69	Este sensor tendrá la función de lectura de los niveles de humedad del suelo calibrado en función de porcentajes.
Sensor mpu6050	Este sensor se encargará de tomar la lectura de las aceleraciones en x, y, z útiles para analizar vibraciones.
Buzzer	Alarma que será usada para la programación de los umbrales.
LEDs	Serán usados para elaborar un semáforo visual en donde puedan observar los habitantes el nivel de riesgo arrojados por los sensores.

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Asimismo, los recursos de software se obtienen al ver la noción de los recursos de hardware base como algo que está más orientado a un propósito en el nivel de la aplicación.

Tabla 11. Recursos de software

RECURSOS DE SOFTWARE	
Nombre	Descripción
Arduino IDE	El ESP8266 al ser un módulo Wi-Fi de bajo costo, su popularidad ha ido creciendo entre la comunidad de hardware gracias a sus buenas características y estabilidad, hasta el punto de que se puede programar fácilmente usando IDE de Arduino.
ThingsSpeak	Es una plataforma de aplicaciones para el Internet de las Cosas. Permite crear una aplicación en torno a los datos recopilados por los sensores. Recopila datos en tiempo real, procesa datos, visualizaciones, aplicaciones y complementos. Esta será la estación de monitoreo

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Factibilidad Legal

Al utilizar materiales de índole Open Source, los cuales son conocidos por no tener licenciamiento para su uso. En otras palabras, al ser Open Source o de código abierto, esto no será un obstáculo para la implementación del prototipo, tanto de hardware como de software. Adicionalmente, es importante mencionar que la presente propuesta no recolectará de ninguna manera cualquier dato sensible de los usuarios. Es por ello que no vulnera las leyes de la Asamblea Nacional del Ecuador, el Código Orgánico Integral Penal y la Ley Orgánica de Telecomunicaciones; haciendo su uso respectivo de la resolución de ARCOTEL establecida en el Capítulo II.

Factibilidad Económica

El presente trabajo de titulación pretende diseñar y desarrollar prototipo de monitoreo de bajo coste, tomando en cuenta la calidad de los materiales de estos mismos, por lo que no se tiene destinado costos elevados mediante la utilización de software y hardware Open Source, sin costo alguno de licencia.

Si se toman en cuenta las pérdidas materiales causadas por un deslizamiento de tierra a falta de un sistema que monitorice las variables de temperatura y humedad del suelo y vibraciones, hacen que el presente trabajo de titulación sea económicamente factible si se habla de una relación costo-beneficio.

En la tabla 12 se brindará información sobre los costos realizados a lo largo del trabajo de titulación.

Tabla 12. Factibilidad económica

Detalle	Valor Unitario	Cantidad	Total
NodeMCU ESP8266	10.00	1	10.00
Sensor infrarrojo de temperatura mlx90614	20.00	1	20.00
Sensor de humedad del suelo YL69	3.50	1	3.50
Sensor MPU6050	6.00	1	6.00
Buzzer	1.00	2	2.00
Protoboard pequeño	2.50	2	5.00
Jumpers	0.10	50	5.00
LEDs	0.10	3	0.30
Resistencias	0.05	3	0.15
Fuente Regulada para Protoboard	3.50	2	7.00
Cable mini USB de trasmisión de datos	1	7.50	7.50
Adaptador de 12V	2	6.00	12.00
Plataforma ThingSpeak	0.00	1	0.00
TOTAL			**78.45**

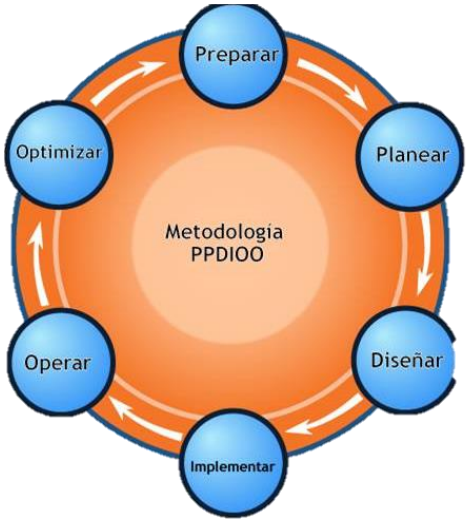
Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología realizada para el presente trabajo de investigación es la metodología Prepare, Plan, Design, Implement, Operate y Optimize (PPDIOO) de Cisco, que refleja el ciclo de vida de una red.

Figura 25. Metodología PPDIOO



Autor: Isidro, W., et al. 2012

Fuente: http://redplataformabibliotecakatherinebrech.blogspot.com/2012/10/normal-0-21-false-false-false-es-x-none_27.html

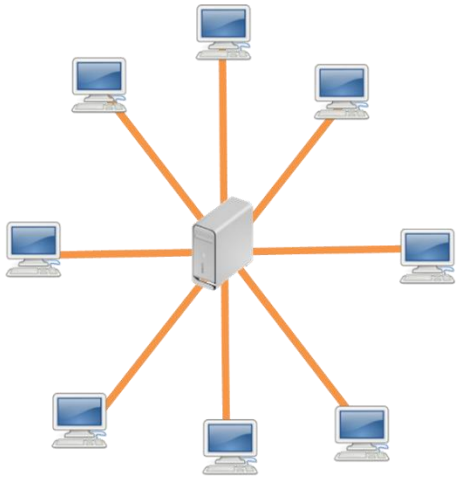
A continuación, se describen las fases de PPDIOO.

Preparar

En esta fase, se obtiene una comprensión de la situación de las necesidades del cliente y la infraestructura existente. En el caso del presente proyecto de investigación, el levantamiento de información determina aquellos parámetros o variables que se van a considerar para el prototipo (vibraciones, con las variables de temperatura y humedad correlacionadas). Además de lo anteriormente mencionado, es preciso que en esta etapa se deba escoger la mejor topología que se logre adaptar al prototipo, en este caso se estableció que la topología de tipo estrella es la mejor

debido a que presenta beneficios como: es muy confiable, si un cable o dispositivo falla, todos los demás seguirán funcionando; es de alto rendimiento ya que no pueden ocurrir colisiones de datos; es menos costosa porque cada dispositivo solo necesita un puerto de E/S; es fácil de instalar y es de naturaleza robusta. Además, el nodo funciona como receptor y Gateway, donde se envían los datos a la estación base y a la nube de forma independiente.

Figura 26. Topología de red



Autor: Clasificaciondelasredesblog, 2017.

Fuente: https://clasificaciondelasredesblog.wordpress.com/2017/05/09/topologia-estrella/

Planear

En la fase de planificación de PPDIOO, se traducen los requisitos planteados en la fase de preparación en requisitos técnicos. Tras haber hecho el levantamiento de información, se procede a realizar una investigación y análisis de la ubicación donde se encontrará la red.

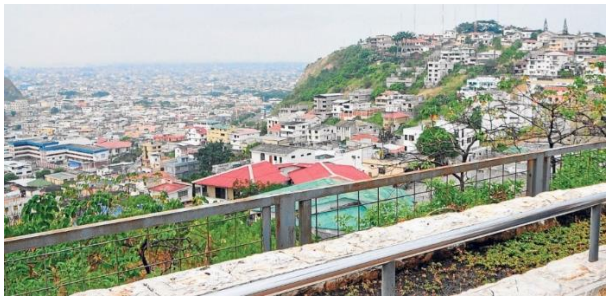
Zonas de riesgo de deslizamiento de tierra en la ciudad de Guayaquil

Como se estableció en el Capítulo I, las zonas de riesgo de la ciudad de Guayaquil son: Bellavista, Cerro Azul, El Paraíso, Chongón - Colonche, San Eduardo, Mapasingue, Bastión Popular y el cerro Santa Ana.

Bellavista

Ubicado al norte de la ciudad, fue considerado como un sitio elitista por muchos años, y fue la primera ciudadela que presentaba características de alto nivel en el país. En esta ciudadela hay un mirador que permite tener la vista de todo Guayaquil.

Figura 27. Bellavista



Autor: El Universo, 2013.

Fuente: https://www.eluniverso.com/vida-estilo/2013/09/20/nota/1465211/ver-ciudad-mas-alto/

Cerro Azul

También conocido como Cerro 507, se encuentra ubicado en el norte de Guayaquil. Este cerro es principalmente utilizado para usos deportivos, donde se puede lograr tener una vista parcial del norte de la ciudad. En esta zona hay una gran variedad de aves.

Figura 28. Cerro Azul

Autor: viveviajando, 2017.

Fuente: https://www.viveviajando.ec/experiencias/ascenso-a-las-antenas-del-cerro-azul-507

El Paraíso

Está ubicada en el norte de la ciudad, específicamente debajo del cerro San Eduardo. El punto más representativo de esta zona es la Gruta de la Virgen, además de tener un bosque seco.

Figura 29. El Paraíso

Autor: El Universo, 2014.

Fuente: https://www.eluniverso.com/noticias/2014/10/30/nota/4163796/historia-paraiso/

Bosque Protector Chongón – Colonche

Está localizado en el occidente de la ciudad de Guayaquil. Es un bosque de característica húmeda y tropical, además de seco en ciertas partes. Su vegetación es importante para poder abastecer agua.

Figura 30. Bosque Protector Chongón – Colonche

Autor: El Universo, 2018.

Fuente: https://www.eluniverso.com/guayaquil/2018/04/26/nota/6732027/cerros-pierden-vegetacion/

San Eduardo

Ubicado en el centro sur de la ciudad, San Eduardo da un ligero recorrido pasando Mapasingue Oeste hasta la 29 y Portete.

Figura 31. San Eduardo

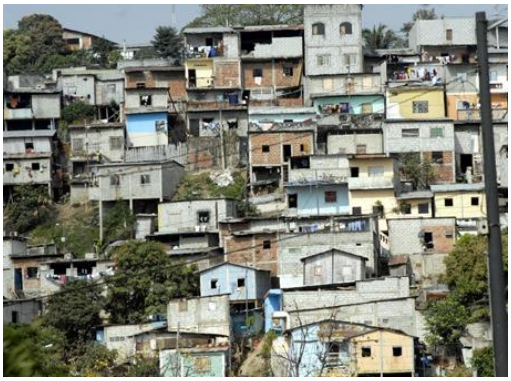
Autor: Mapio, 2020

Fuente: https://mapio.net/pic/p-100153337/

Mapasingue

Este barrio se encuentra ubicado en el norte de Guayaquil. Se distingue principalmente de las escalinatas y colinas, y es uno de los barrios más poblados en Guayaquil.

Figura 32. Mapasingue



Autor: El Universo, 2010.

Fuente: https://www.eluniverso.com/2010/08/22/1/1445/suelo-guayaquil-incrementa-vulnerabilidad-ante-un-sismo.html/

Bastión Popular

Barrio ubicado en el norte de Guayaquil, es conocido por ser producto de la invasión de tierra y mal drenaje.

Figura 33. Bastión Popular

Autor: Quenoticias, 2021.

Fuente: https://quenoticias.com/comunidad/alrededor-de-141-mil-habitantes-de-bastion-popular-se-benefician-con-obras-publicas-municipales/

Cerro Santa Ana

Ubicado en el noroeste de la ciudad, es uno de los sitios más turísticos e históricos de Guayaquil. Su punto turístico más conocido es el mirador tras subir 444 escalones, que brinda una vista total de Guayaquil. Está al pie del río Guayas.

Figura 34. Cerro Santa Ana

Autor: Goraymi, 2019.

Fuente: https://www.goraymi.com/es-ec/guayas/guayaquil/calles-barrios/cerro-santa-ana-guayaquil-ad7a813a1

Para escoger la zona de enfoque para la presente propuesta de titulación, se tomaron en cuenta el número de deslizamientos de tierra ocurridos en los últimos 2 años basado en las publicaciones de los noticieros, tal como se observa en la tabla 13.

Tabla 13. Incidencias de deslizamientos de tierra en los últimos 2 años

Zona	¿Cuántos deslizamientos de tierra han ocurrido en los últimos 2 años?
Bellavista	3
Cerro Azul	2
El Paraíso	6
Chongón - Colonche	3
San Eduardo	2
Mapasingue	8
Bastión Popular	2
Cerro Santa Ana	3

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Se determinó basar el trabajo de titulación en la zona de Mapasingue, esto debido a que el número de deslizamientos de tierra que han ocurrido desde el 2020 hasta lo que va del 2022 es alarmante.

El área a analizar es una pendiente con una extensión de alrededor de 20 metros cuadrados. Una vez determinada la zona de riesgo en la zona de Mapasingue se procede a realizar un análisis técnico de los suelos haciendo uso del método de Evaluación Visual de los Suelos para conocer las condiciones del mismo en donde se colocará el prototipo para su funcionamiento, el cual se adjunta en el Anexo II. De acuerdo a esta evaluación, el suelo es moderado. Además, es necesario señalar que en la zona estudiada el paso de vehículos pesado es constante lo cual genera vibraciones en el suelo y por otra parte existen infiltraciones de agua proveniente del sistema de alcantarillado.

Figura 35. Suelo en Mapasingue

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Comparación con otros equipos, métodos o aplicaciones.

Termómetro Digital

Este equipo toma lecturas referentes a la temperatura de superficies, por lo que se comparó este equipo para calibrar el sensor de temperatura infrarroja mlx90614.

Figura 36. Termómetro Digital

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Gravimetría

El sensor yl69 buscar ser un apoyo para los procesos de gravimetría por lo que de acuerdo con la sugerencia técnica del ingeniero civil Mario Pacheco Cabrera el sensor de humedad del suelo se calibró en una escala del 0 al 100%.

Accelerometer apk

Actualmente los dispositivos móviles cuentan con acelerómetros por lo que a partir de esta aplicación se calibró el sensor mpu650. En el anexo XII se explica a detalle el proceso de calibración.

Figura 37. Accelerometer APK

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Diseñar

Dado que PPDIOO tiene que ver con el diseño de la red, la presente etapa es de importancia alta. En esta etapa se realizó el diseño del prototipo seleccionando los elementos correspondientes para la elaboración de la arquitectura en cuanto a hardware y software para el funcionamiento del mismo.

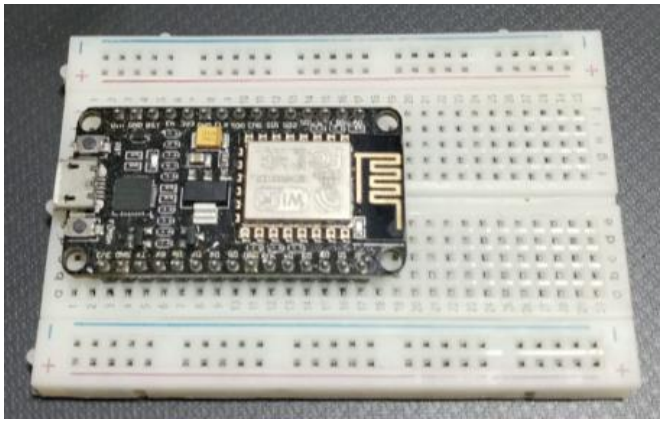
Hardware

Tarjeta de desarrollo

NodeMCU ESP8266

Es una placa o tarjeta de desarrollo que tiene integrada un chip Wi-Fi, la cual será utilizada para su respectiva configuración y programación en el entorno de Arduino IDE, esta funcionará como Gateway y receptor de los sensores inalámbricos.

Figura 38. NodeMCU ESP8266 en el protoboard



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

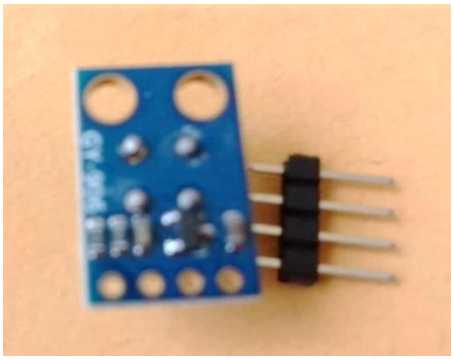
Sensores inalámbricos

Sensor temperatura MLX90614

Este sensor recolectará datos en relación a la temperatura del suelo, este cuenta con los pines correspondientes a VCC, GND y los pines de salidas para su respectiva programación. A su vez, será alimentado con un voltaje de

3.3V el cual será obtenido desde la tarjeta de desarrollo. El sensor fue calibrado comparando un termómetro digital de superficies mencionado en la etapa de Planeación.

Figura 39. MLX90614



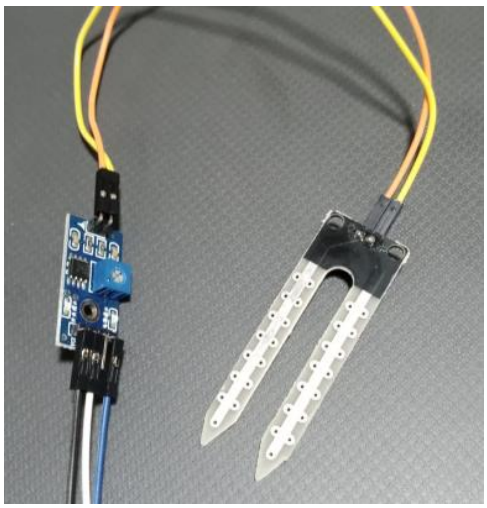
Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Sensor de humedad del suelo YL69

Este sensor tomará las lecturas con respecto a la humedad del suelo, cuenta con un pin A0 (analógico) y un pin Do (salida digital). Este módulo será alimentado con los 3.3V provenientes de la tarjeta de desarrollo. El sensor fue calibrado bajo la sugerencia técnica del ingeniero civil Manuel Pacheco Cabrera con el propósito de tener un sensor alternativo al proceso de gravimetría usado en ingeniería civil.

Figura 40. YL69



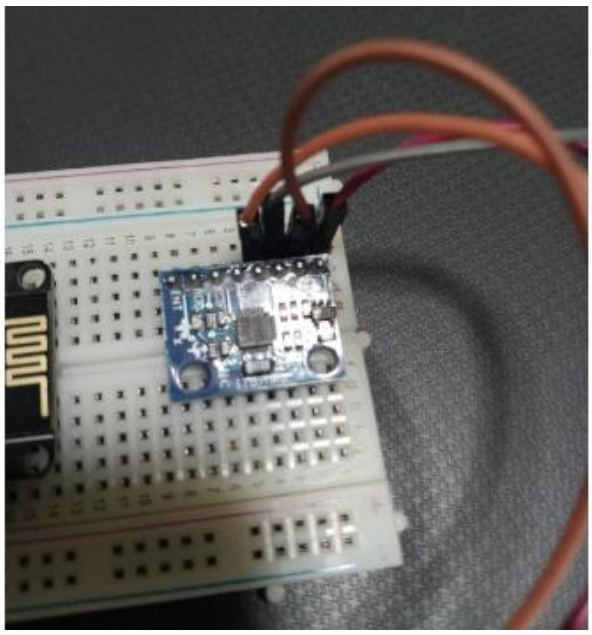
Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Sensor MPU6050

Este sensor recolectará las aceleraciones en los ejes x, y, z para análisis vibratorios. Cuenta con sus respectivos pines para la programación en la tarjeta de desarrollo. El voltaje de operación de este sensor es de 3.3V a 5V. El acelerómetro fue calibrado comparando una aplicación móvil.

Figura 41. MPU6050



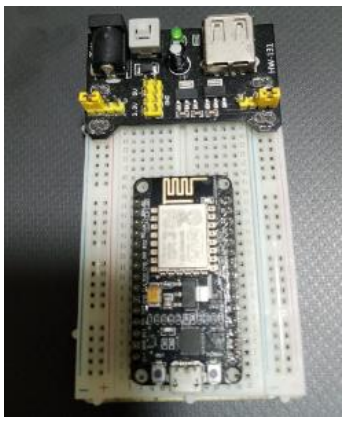
Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Fuente de Alimentación Regulable de entrada 12V con salidas a 3.3V y 5V

Los voltajes de alimentación son muy importantes a tener en cuenta, esto debido a que la placa de desarrollo NodeMCU ESP8266 y los respectivos sensores inalámbricos solo pueden usar 3.3V o 5V, un voltaje superior a este podría causar sobrecargas ocasionando daños irreversibles a la arquitectura del prototipo.

Figura 42. Fuente de alimentación



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Cables Jumpers

Son los encargados de realizar las conexiones entre la tarjeta de desarrollo y los sensores inalámbricos en los protoboards. Se utilizaron jumpers de tipo macho a macho y macho a hembra.

Figura 43. Cable Jumpers

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

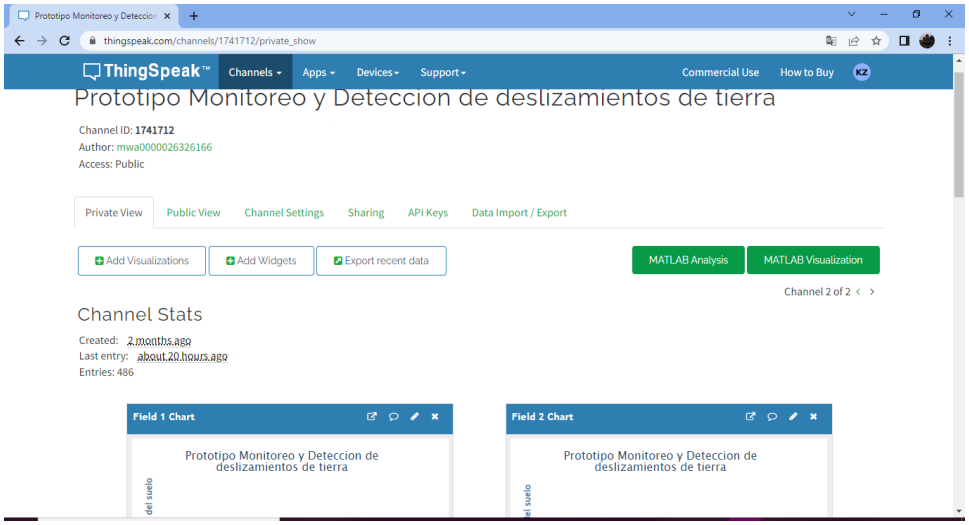
Fuente: Trabajo de titulación.

Software

Estación de monitoreo

Diseño de la estación de monitorización en la plataforma ThingSpeak. Los datos receptados por el nodo sensor son enviados a un canal en específico. Permite observar los parámetros de temperatura y humedad del suelo y las vibraciones.

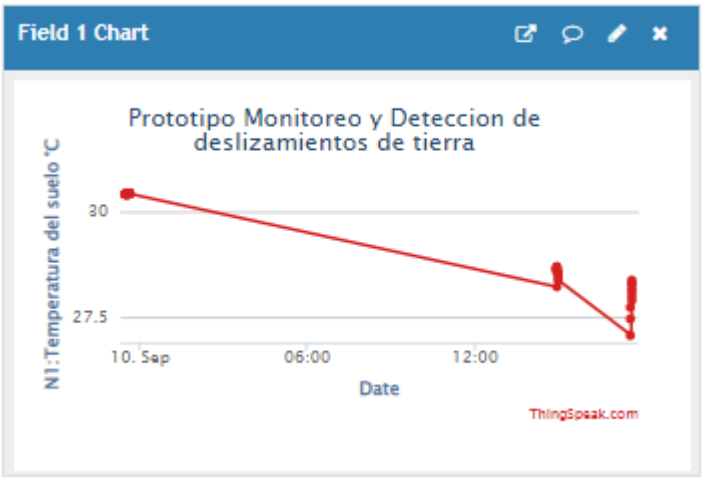
Figura 44. Plataforma ThingSpeak



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

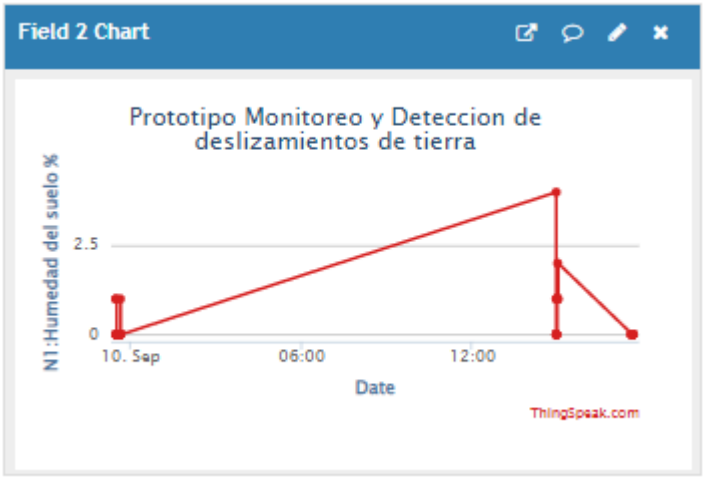
Figura 45. Plataforma ThingSpeak



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

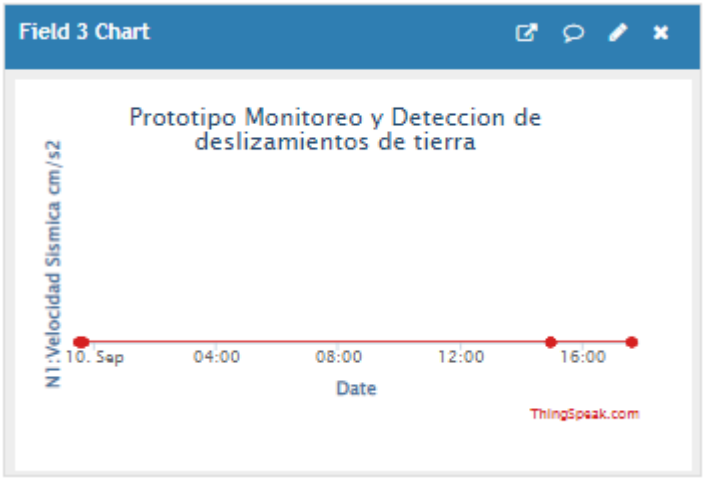
Figura 46. Plataforma ThingSpeak



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

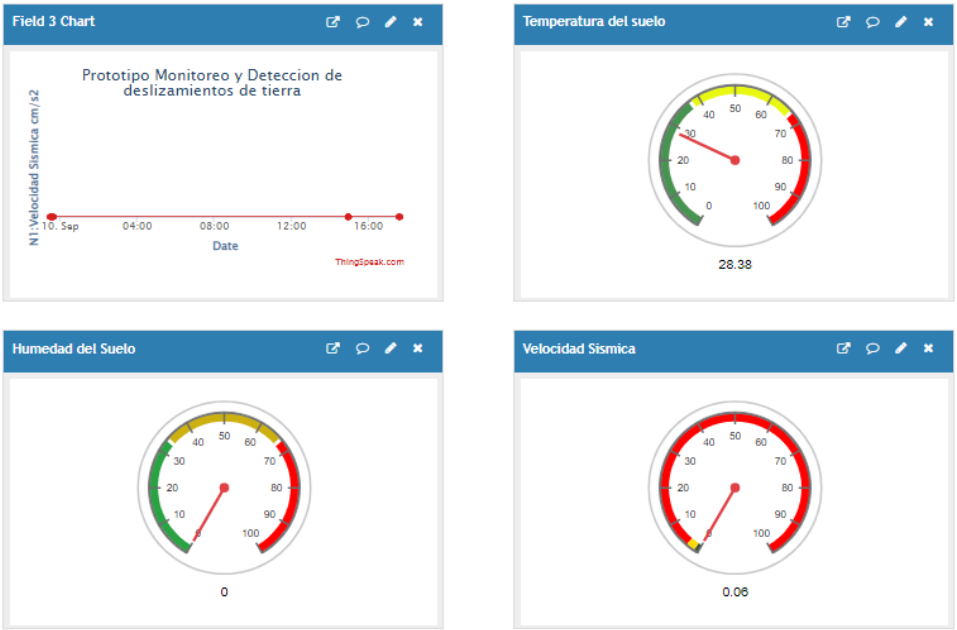
Figura 47. Plataforma ThingSpeak



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Figura 48. Plataforma ThingSpeak



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

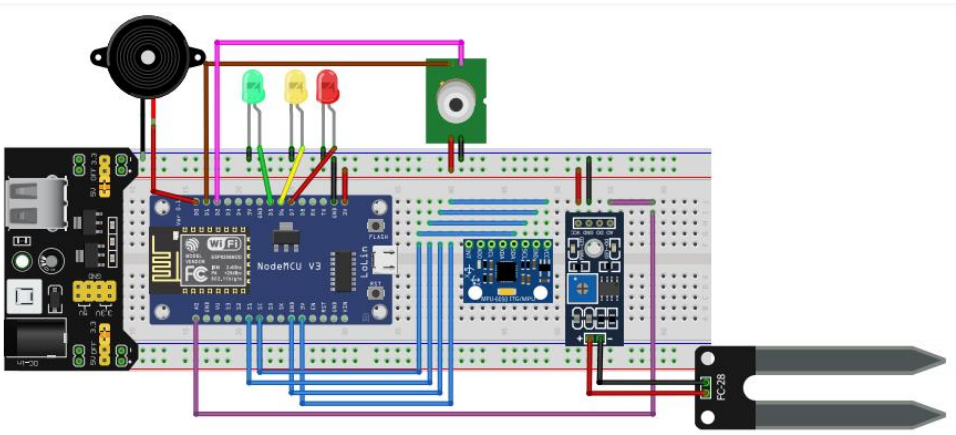
Diseño de la arquitectura del prototipo

Se representará de forma gráfica la arquitectura del prototipo, el cual está organizado mediante un solo nodo con las placas de desarrollo NodeMCU ESP8266 y sus respectivos sensores.

Nodo

El nodo está conformado por la placa NodeMCU ESP8266 colocada en el protoboard en conjunto con el sensor de humedad del suelo YL69 calibrado en una escala de 0 a 100 y el sensor MLX90614 que a través de librerías predefinidas calcula la temperatura del suelo. El sensor mpu6050 el cual procesa las aceleraciones en los ejes de x,y,z para obtener un vector de aceleración y de esta forma obtener velocidades sísmicas en una superficie en particular. Los datos serán enviados a la central de monitoreo implementada en la plataforma ThingSpeak mediante el protocolo HTTP.

Figura 49. Nodo



Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Tabla 14. Conexión de pines del sensor mpu650 a la placa esp8266

Sensor mpu650	->	ESP8266
VCC	->	3.3V

GND	->	GND
SDLA	->	D1
SDA	->	D2

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Tabla 15. Conexión de pines del sensor mlx90614 a la placa esp8266

Sensor mlx90614	->	ESP8266
VCC	->	3.3V
GND	->	GND
SDLA	->	D1
SDA	->	D2

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Tabla 16. Conexión de pines del sensor yl69 a la placa esp8266

Sensor mlx90614	->	ESP8266
VCC	->	3.3V
GND	->	GND
A0	->	A0

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Tabla 17. Conexión de pines de los leds a la placa esp8266

Leds	->	ESP8266
VCC ROJO	->	D5
VCC AMARILLO	->	D6
VCC VERDE	->	D7
GND	->	GND

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Tabla 18. Conexión de pines del buzzer a la placa esp8266

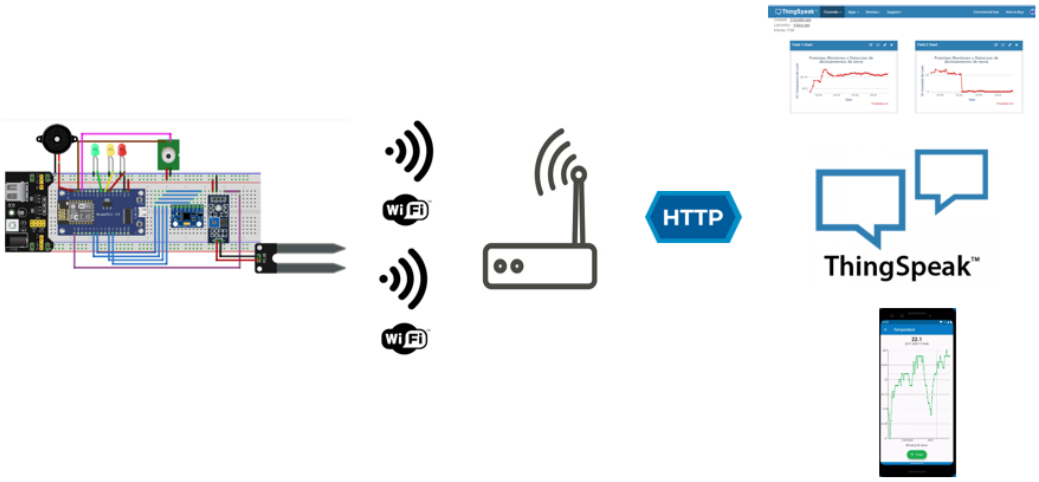
Buzzer	->	ESP8266
VCC	->	D3
GND	->	GND

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Diagrama de red

Figura 50. Diagrama de red



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

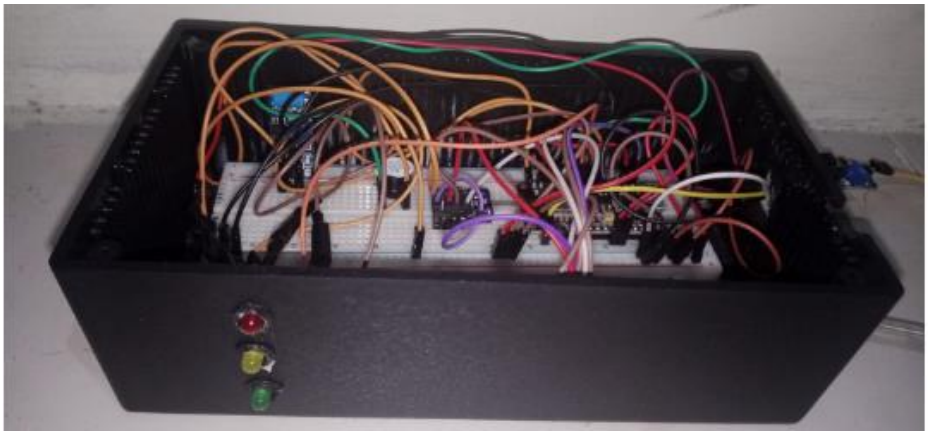
Implementar

Instalación y ensamblaje de hardware

De acuerdo a la etapa de diseño, a continuación, se realiza el ensamblaje del prototipo del nodo y sus respectivos sensores inalámbricos:

Nodo

Figura 51. Ensamblaje de nodo



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Figura 52. Ensamblaje de nodo

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Punto de Acceso

Se solicitaron las credenciales del Punto de Acceso inalámbrico más cercano del lugar en donde se puso en operación el prototipo para la conexión del nodo

inalámbrico a Internet, de tal forma que la señal para el envío de datos sea óptima.

Instalación y ejecución del software

Se carga la programación en la placa de desarrollo NodeMCU ESP8266, la cual se encuentra en el anexo VI.

Punto de Acceso

Se codificaron las líneas de programación en el Arduino IDE para ser subidas en la placa esp8266 con respecto a las credenciales del Access Point más cercano del lugar de operación el cual es un Modem de Internet Wifi 4GLTE Enrutador HUAWEI B612 (Compatible 4.5G).

Figura 53. Codificación de las credenciales en la placa ESP8266

```
const char* ssid     = "Huawei_Mora";
const char* password = "pinky3323";
WiFiClient  client;
const char* server = "api.thingspeak.com";
unsigned long numeroCanal =1741712;
```

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Se verificó la conexión al punto de Acceso como se ve en la figura 54.

Figura 54. Verificación de la conexión a WiFi en el Monitor Serial

```
..................
Conectado WiFi
Direccion IP: 192.168.1.25
8.8.8.8
```

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Figura 55. Conexión de la placa ESP8266 al Access Point

Wireless Devices (Wireless intruders also show up here)

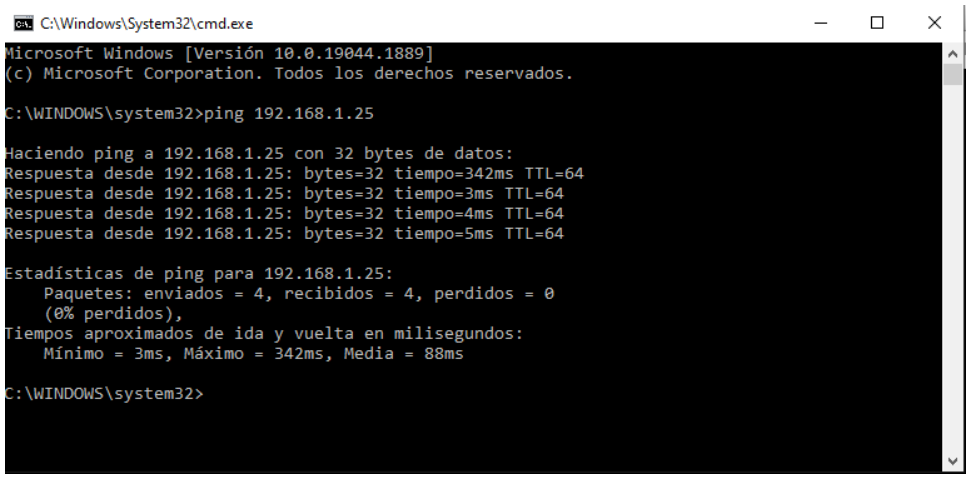
#	IP Address	MAC Address	Device Name
1	192.168.1.25	16:9A:79:15:CA:C4	<unknown>
2	192.168.1.7	AE:A5:0C:9F:BB:66	<unknown>
3	192.168.1.22	F8:1A:67:27:74:95	DESKTOP-J4K0160

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Por último, se realizó un ping a la dirección IP 192.168.1.25 a la que se conectó la placa ESP8266.

Figura 56. Punto de Acceso



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Operar

Para la operación del prototipo, en la tabla 19 se definió la matriz para la determinación de los umbrales, tomando en cuenta los parámetros de cada factor, todo esto de acuerdo con la sugerencia técnica por parte del ingeniero civil Ángel Vizueta. Cabe acotar que estas mediciones son en base al tipo de suelo tomada de la muestra de Mapasingue, el cual es moderado.

Tabla 19. Condiciones de deslizamientos de tierra

Parámetro	Luz verde	Luz amarilla	Luz roja
Vibración	>=0,0 y <=1,1	>=1,2 y <= 3,4	>3,4
Temperatura	>=0 y <=30º	>30º y <=40º	>40º y <= 100º
Humedad	>=0 y <=33%	>33% y <=66%	>66% y <= 100%

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

En base a la tabla 19, se determinó una interpretación de colores encontrada en la tabla 20.

Tabla 20. Interpretación de colores

PARÁMETROS A EVALUAR			
Vibración	Humedad	Temperatura	Resultado

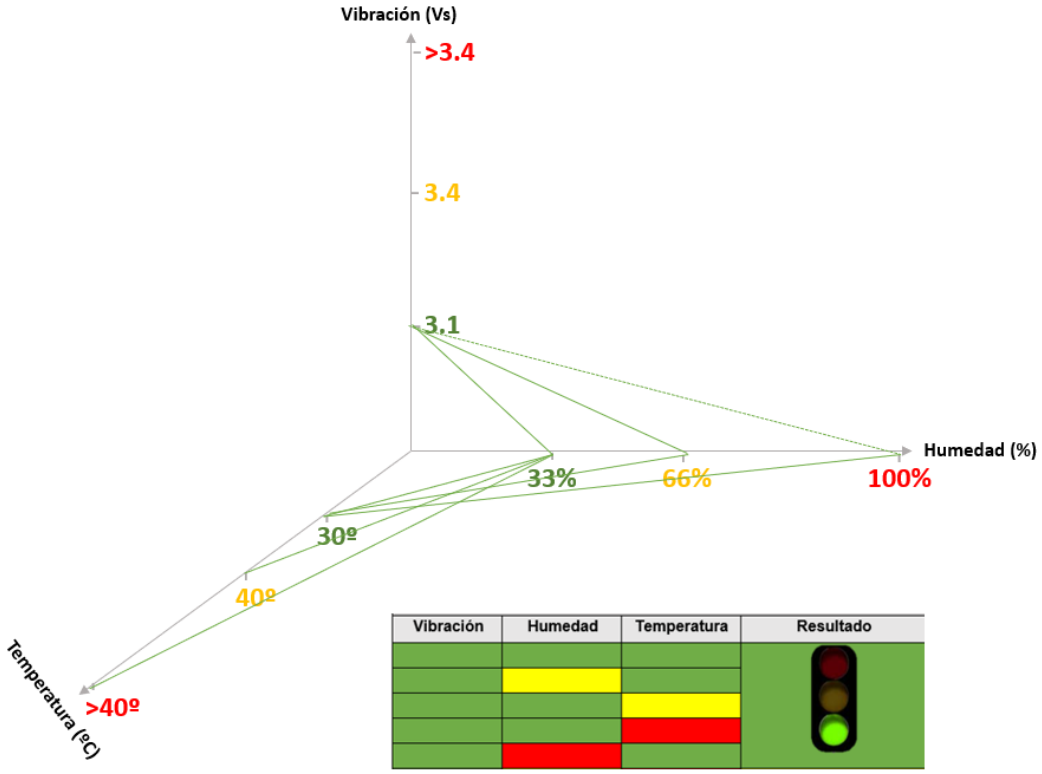
Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Dicha interpretación se puede graficar de la siguiente manera según cada color:

Verde

Figura 57. Gráfica de interpretación de colores

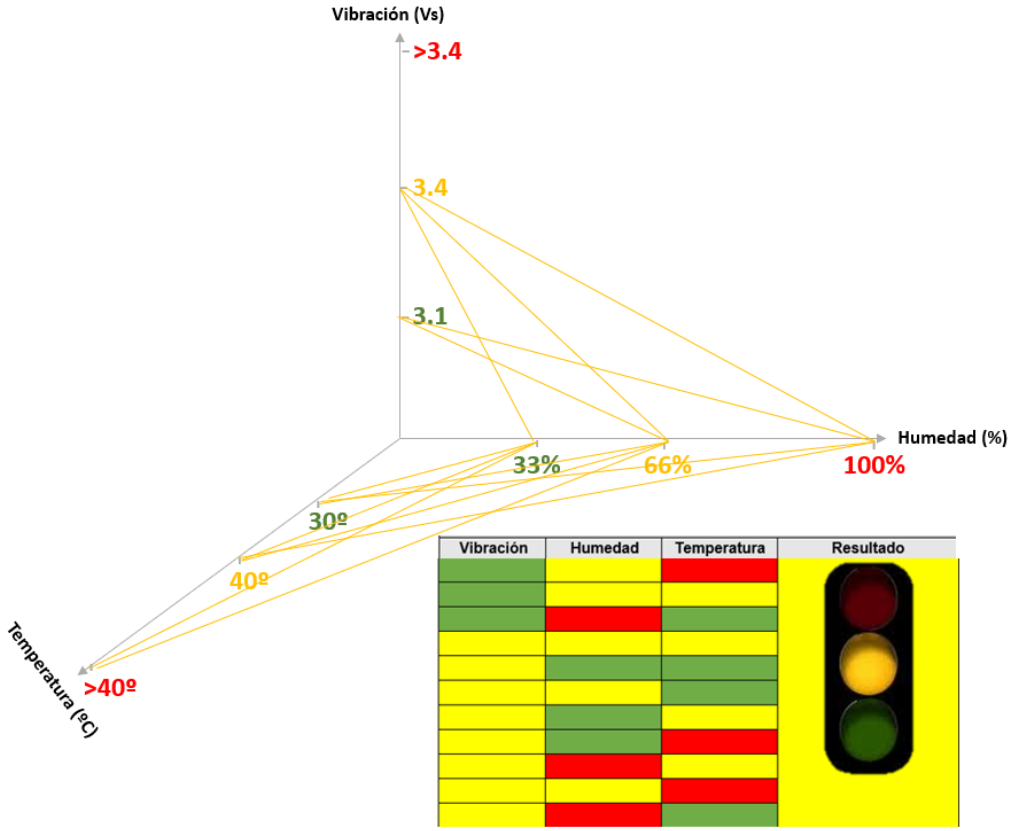


Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Amarillo

Figura 58. Gráfica de interpretación de colores

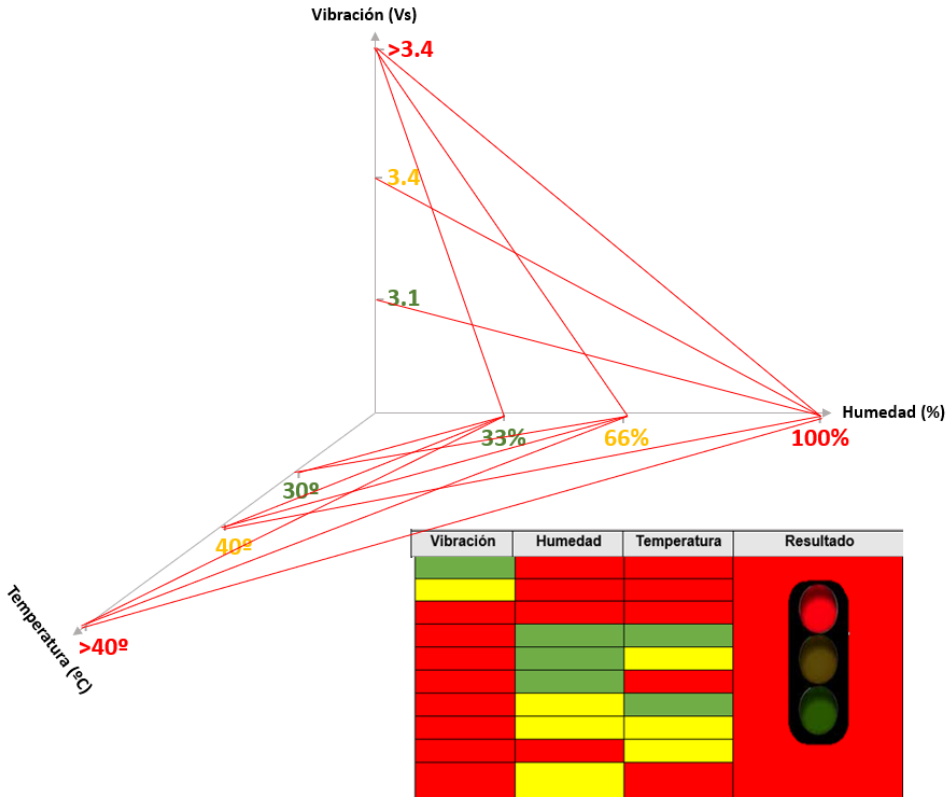


Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Rojo

Figura 59. Gráfica de interpretación de colores

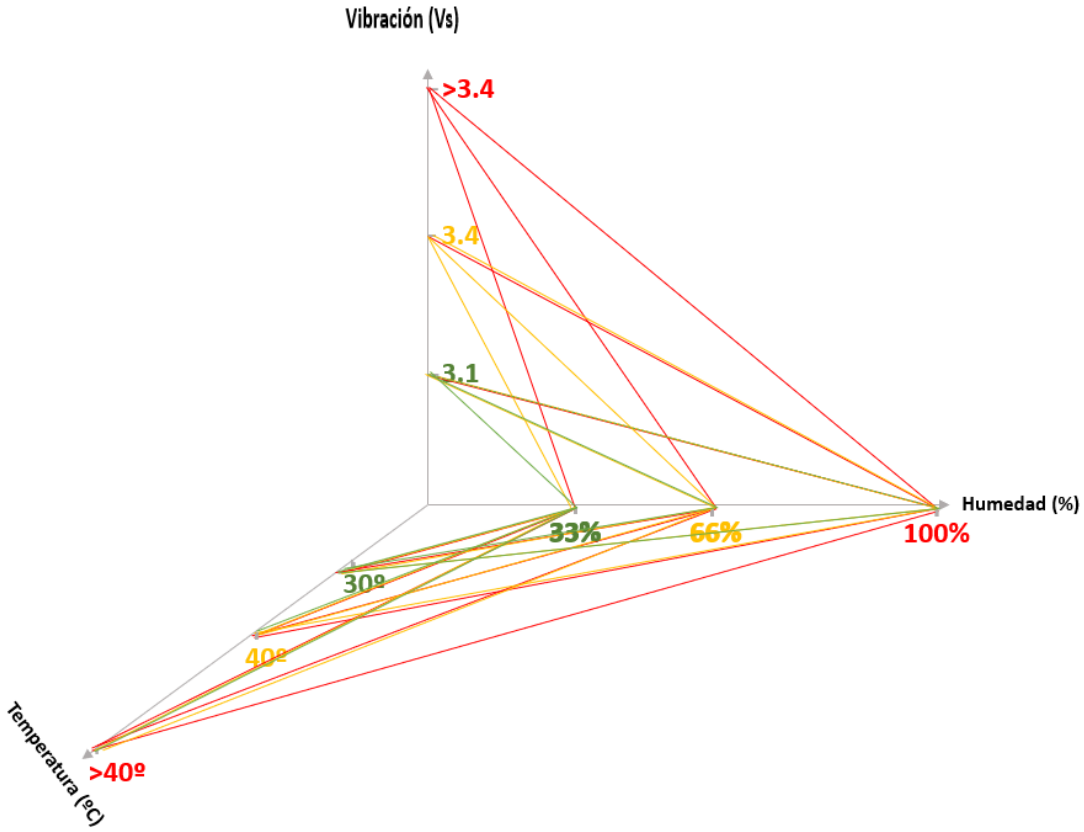


Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Todas las condiciones

Figura 60. Gráfica de interpretación de colores



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Pruebas de funcionamiento de los sensores, el semáforo y la alarma

Para demostrar el funcionamiento de los sensores en conjunto con el semáforo y la alarma se realizó un escenario de simulación donde se estimula cada uno.

Sensor MPU650

En esta prueba se demostró el funcionamiento del sensor mpu650 en donde inicialmente se encontró en estado de reposo por lo que el led verde se encuentra encendido tal como se observa en la figura 61, luego se generaron vibraciones moderadas donde se activó el semáforo amarillo mostrando el monitor serial valores entre 1.52 y 2.27 tal como se puede visualizar en la

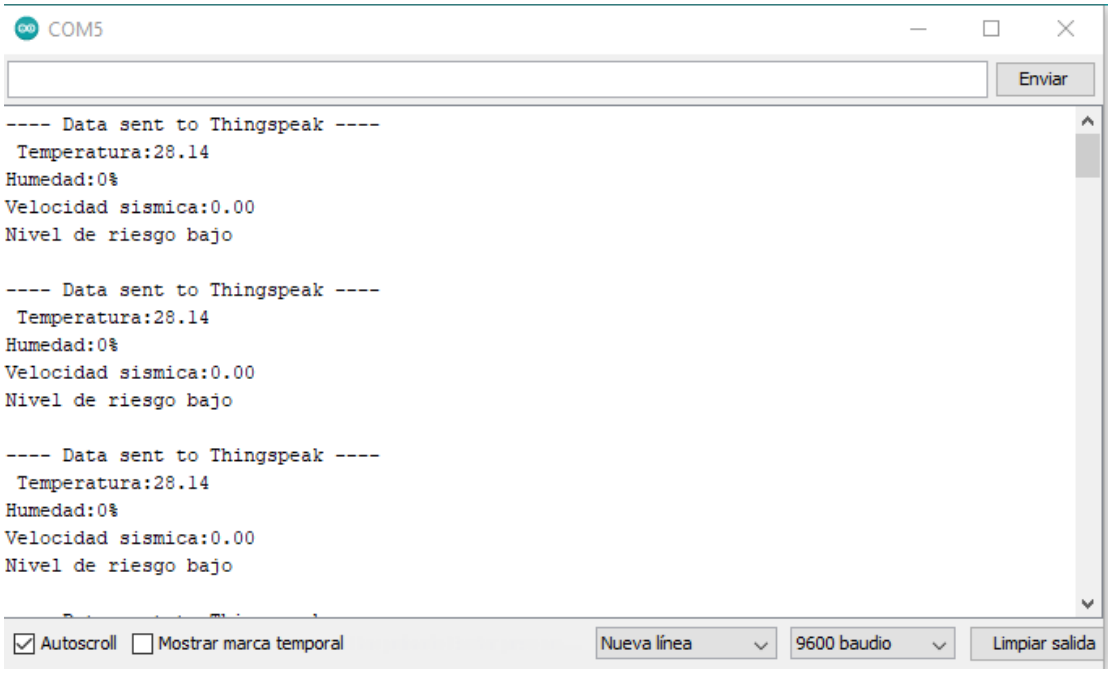
figura 64 y por último al generar vibraciones fuertes se activa el led rojo en conjunto con la alarma dando valores en el monitor serial entre 4.12 a 4.85 lo cual se puede visualizar en la figura 66.

Figura 61. Vibración en verde

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 62. Vibración en verde



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

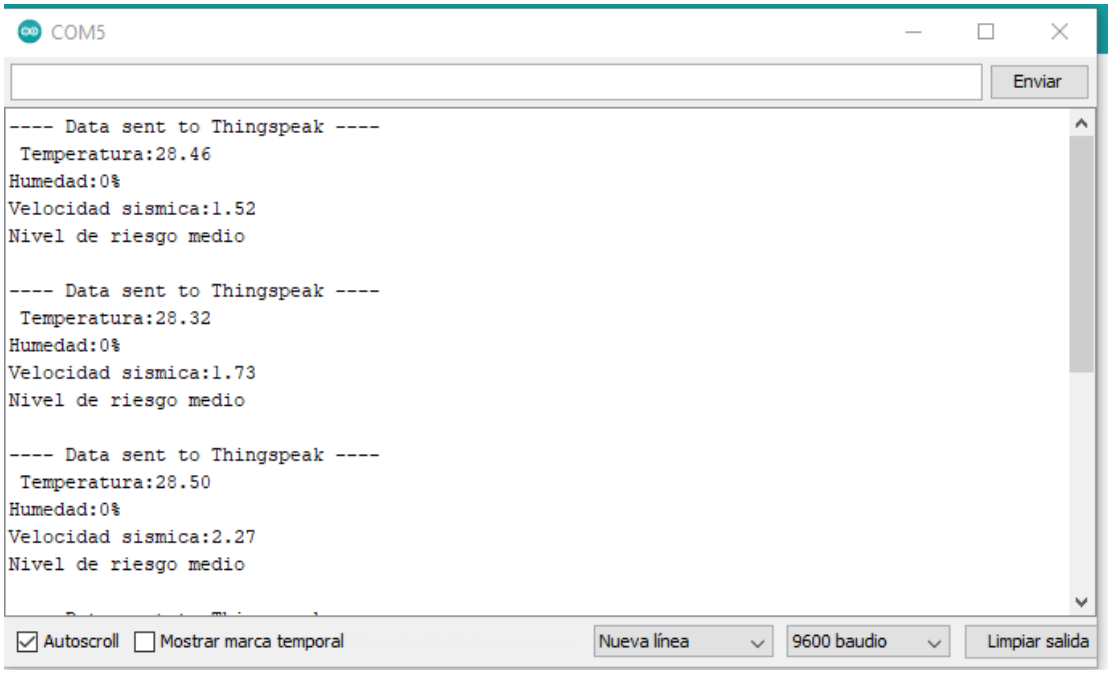
Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 63. Vibración en amarillo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 64. Vibración en amarillo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

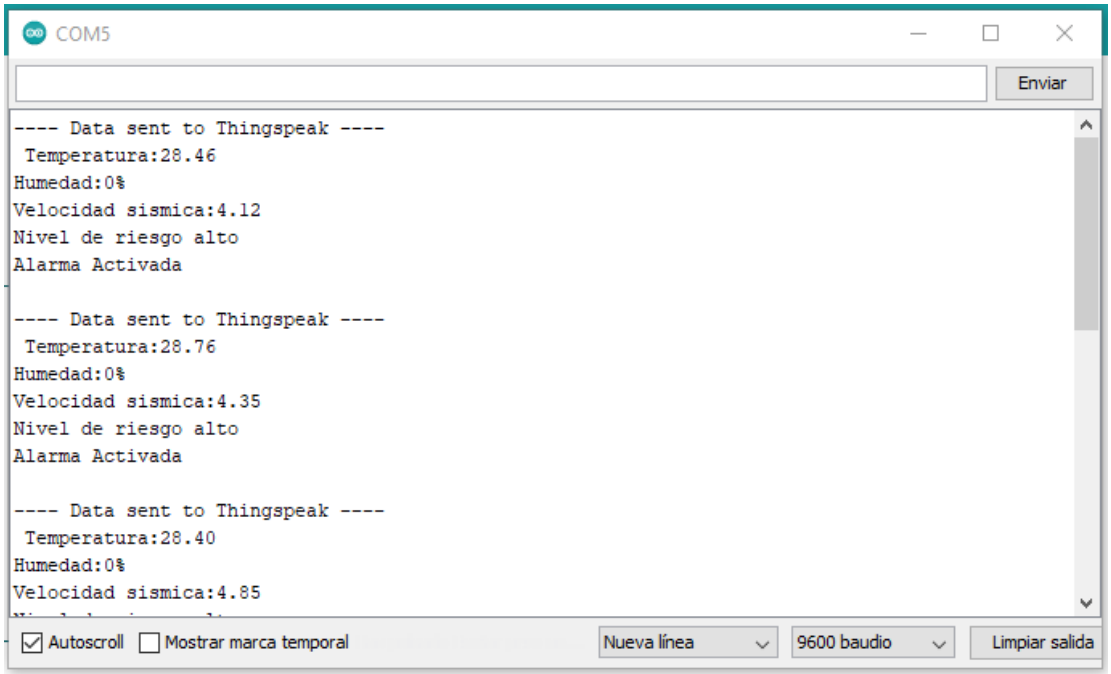
Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 65. Vibración en rojo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 66. Vibración en rojo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Sensor YL69 de humedad del suelo

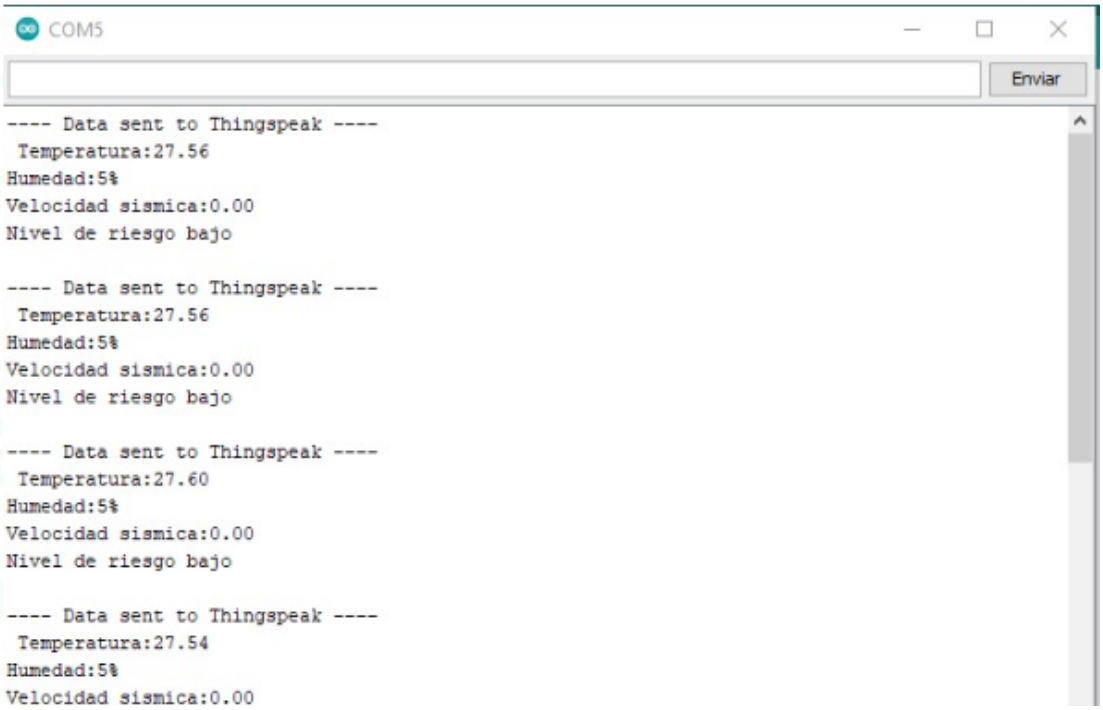
En esta prueba se demostró el funcionamiento del sensor yl69 para determinar la humedad del suelo en 3 diferentes muestras, la primera muestra corresponde a un suelo poco húmedo reflejando en el monitor serial un valor del 5% por lo que el led verde se encuentra encendido tal como se observa en la figura 67, en la segunda muestra el suelo se encuentra húmedo dando una lectura de 42% por lo que se activa el led amarillo visible en la figura 69 y la última muestra se encuentra muy húmeda dando un valor de 68% por lo que se enciende el led rojo y la alarma al mismo tiempo tal como se puede observar en la figura 71 y 72.

Figura 67. Humedad en verde

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 68. Humedad en verde



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

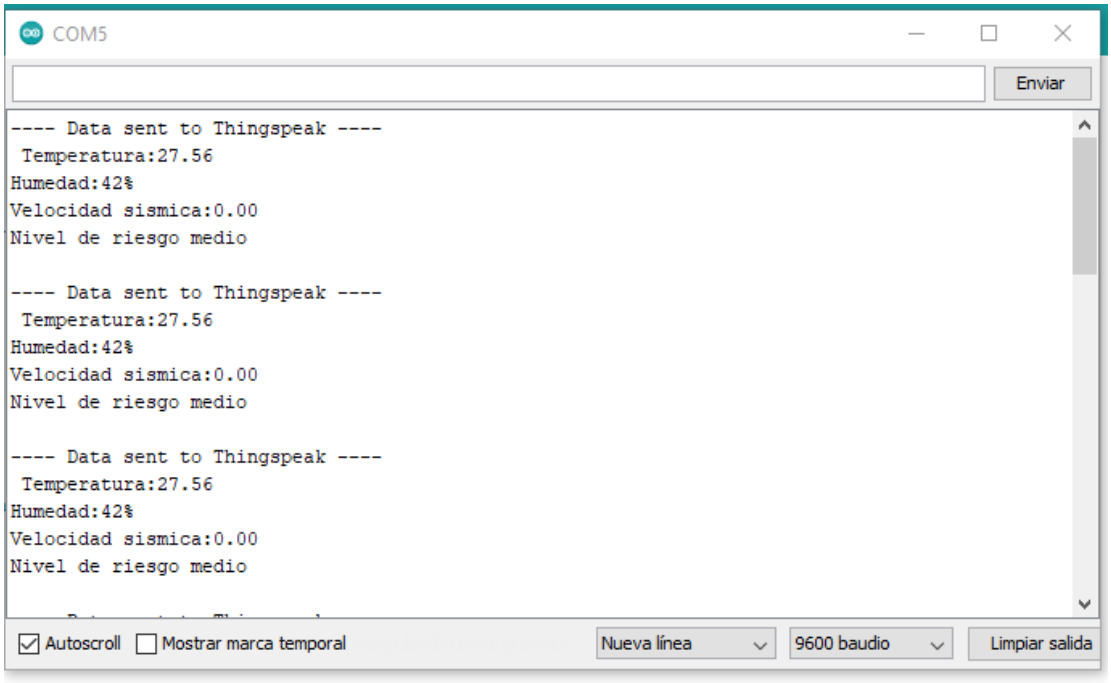
Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 69. Humedad en amarillo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 70. Humedad en amarillo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

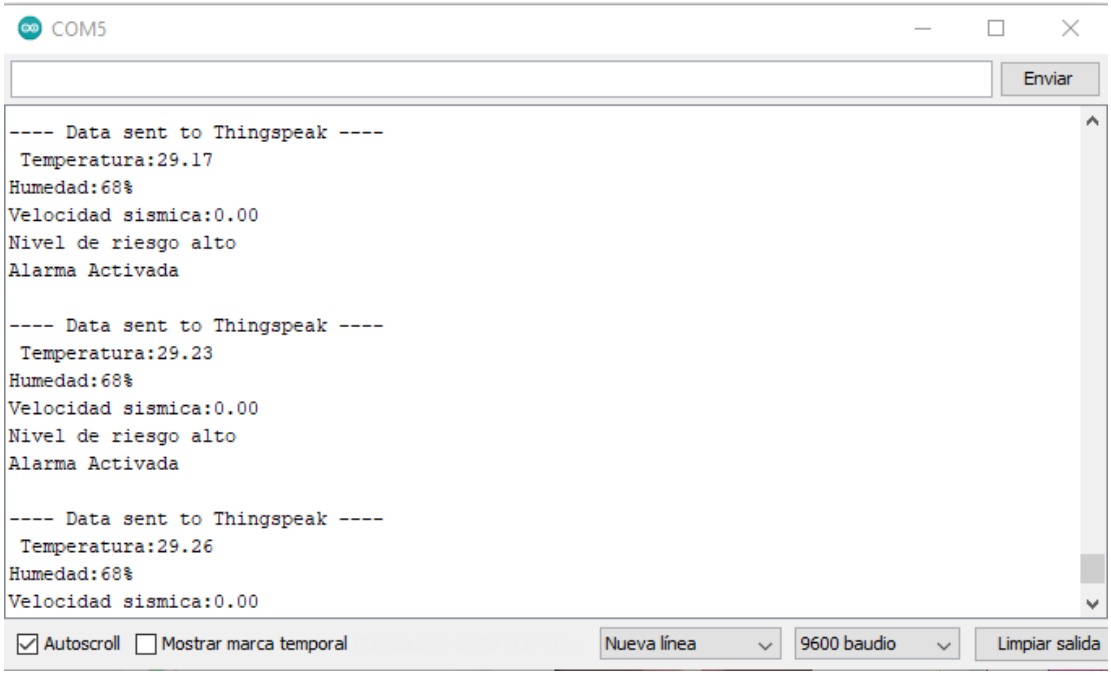
Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 71. Humedad en rojo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 72. Humedad en rojo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Sensor de temperatura del suelo

En esta prueba se demostró el funcionamiento del sensor de temperatura en 3 tipos de muestras del suelo. La primera muestra de suelo corresponde a un estado a temperatura ambiente reflejando en el monitor serial una temperatura de 27.35 ºC por lo que se encuentra encendido el led verde tal como se muestra en la figura 73 y 74. La segunda muestra del suelo fue colocada en un horno convencional a temperatura media, una vez retirada la muestra se tomó la temperatura con el sensor activándose el led amarillo mostrando en el monitor serial un valor de 39.20 ºC, tal como se muestra en la figura 76 y 77. Por último, la tercera muestra se calentó en el horno a temperatura alta, al retirar la muestra se tomó la temperatura con el sensor activándose el led rojo en conjunto con la alarma, en el monitor serial reflejó un valor de 64.12 ºC como se observa en la figura 79 y 80.

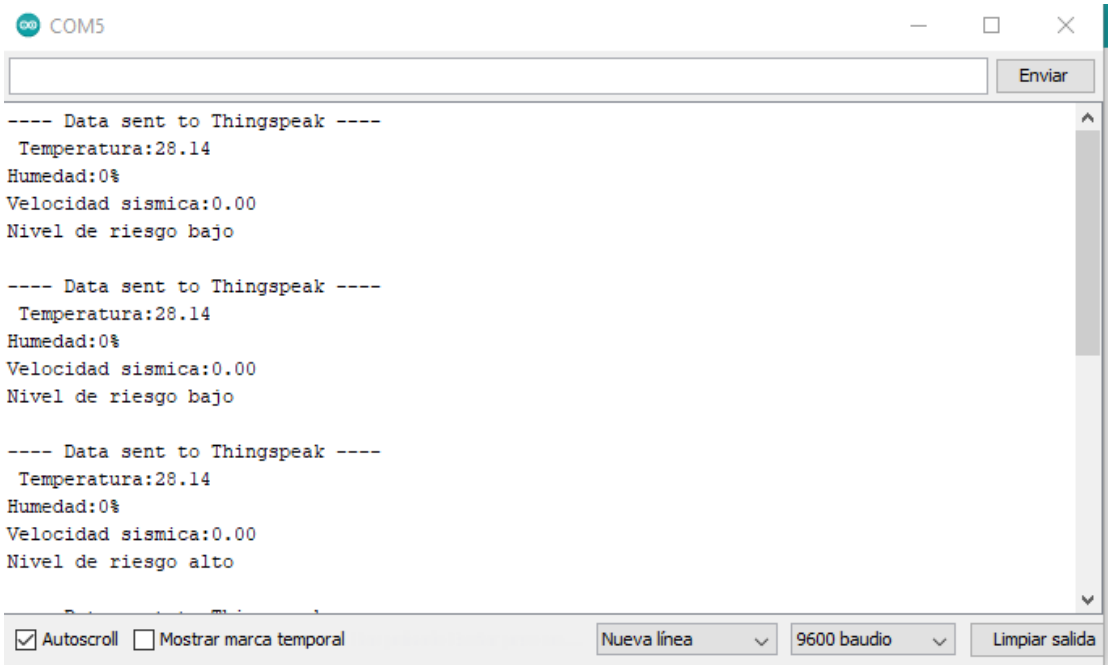
Figura 73. Temperatura en verde

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 80. Temperatura en verde

Figura 74. Temperatura en verde



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 75. Temperatura en amarillo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

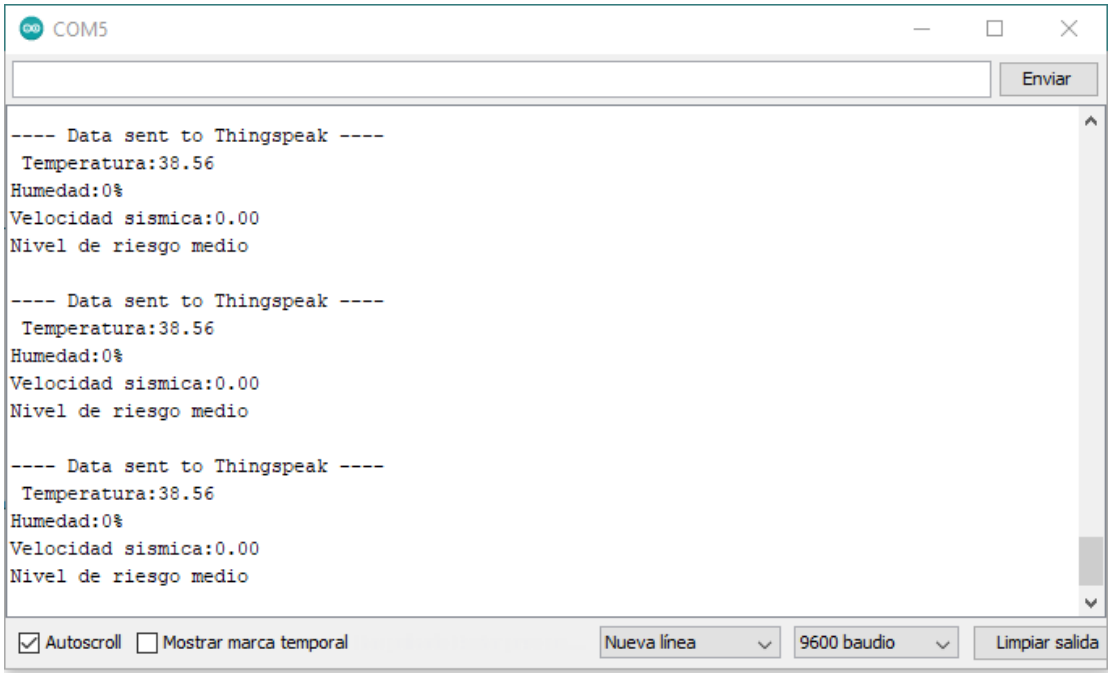
Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 76. Temperatura en amarillo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 77. Temperatura en amarillo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 78. Temperatura en rojo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

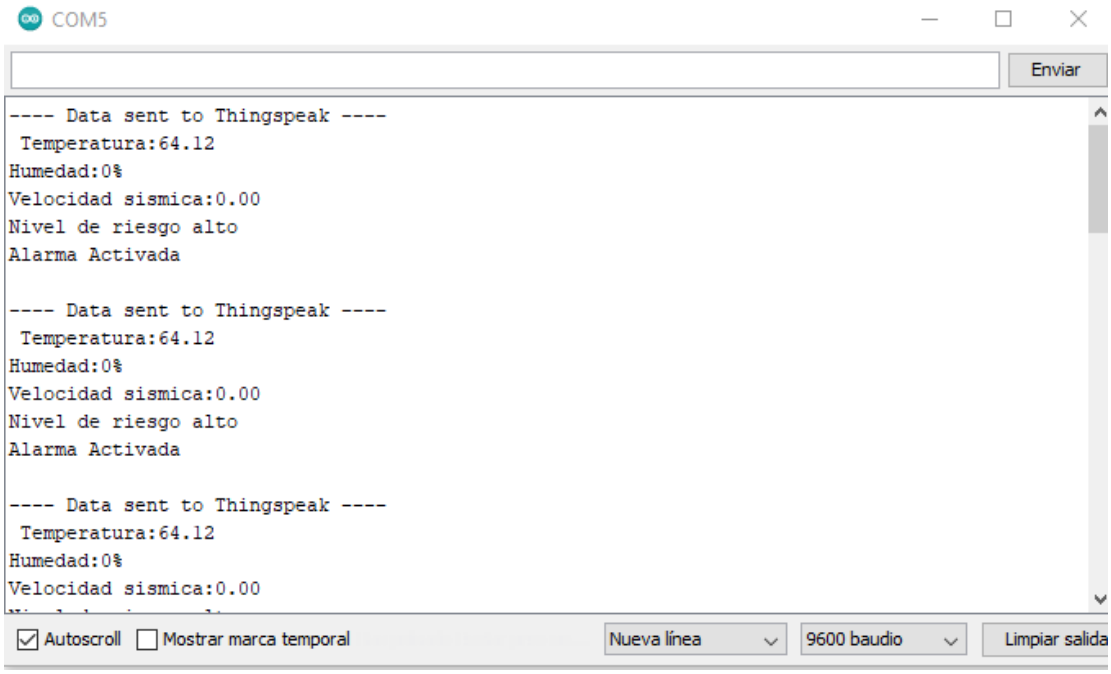
Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 79. Temperatura en rojo

Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 80. Temperatura en rojo



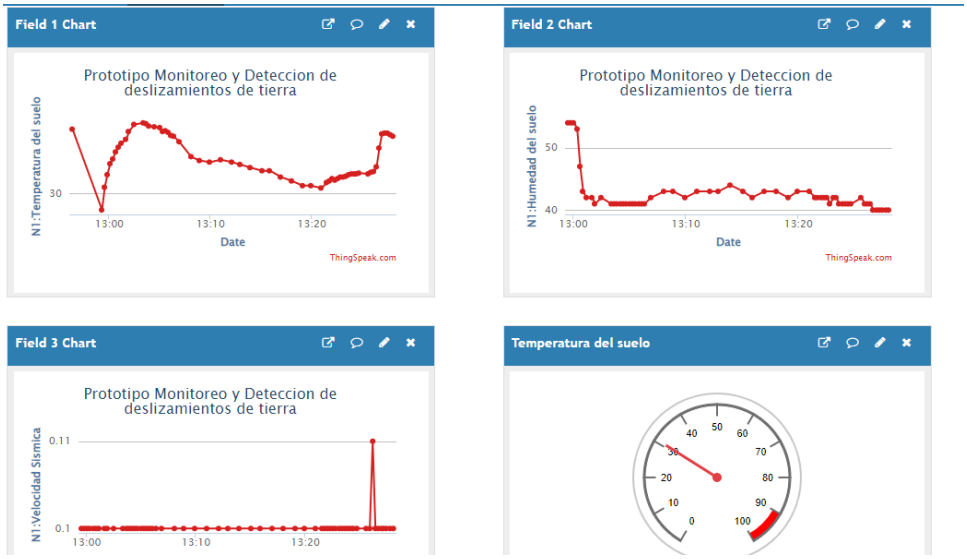
Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Pruebas funcionamiento de la estación de monitoreo

En el gráfico 84 se muestran los datos enviados a la estación de monitoreo de ThingSpeak obtenida por cada uno de los sensores inalámbricos que constituyen el nodo.

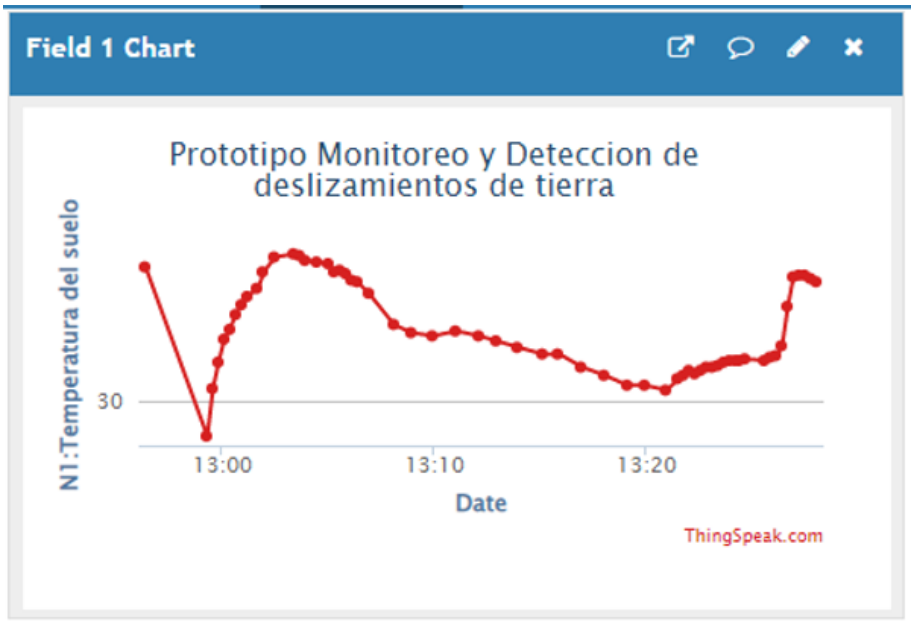
Figura 81. Estación de monitoreo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

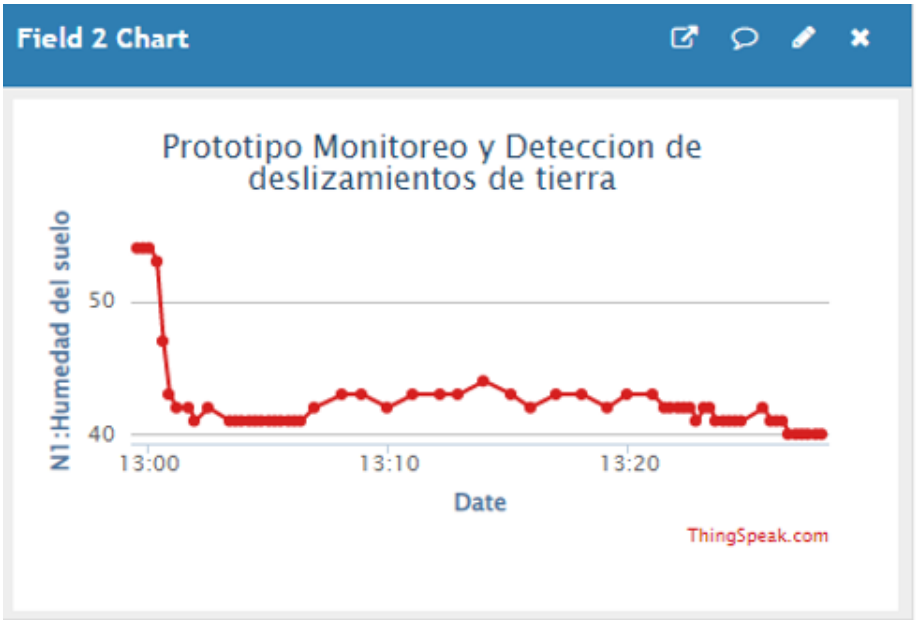
Figura 82. Envío de temperatura del suelo a ThingSpeak



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 83. Envío de Humedad del suelo a ThingSpeak



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 84. Envío de Vibraciones a ThingSpeak

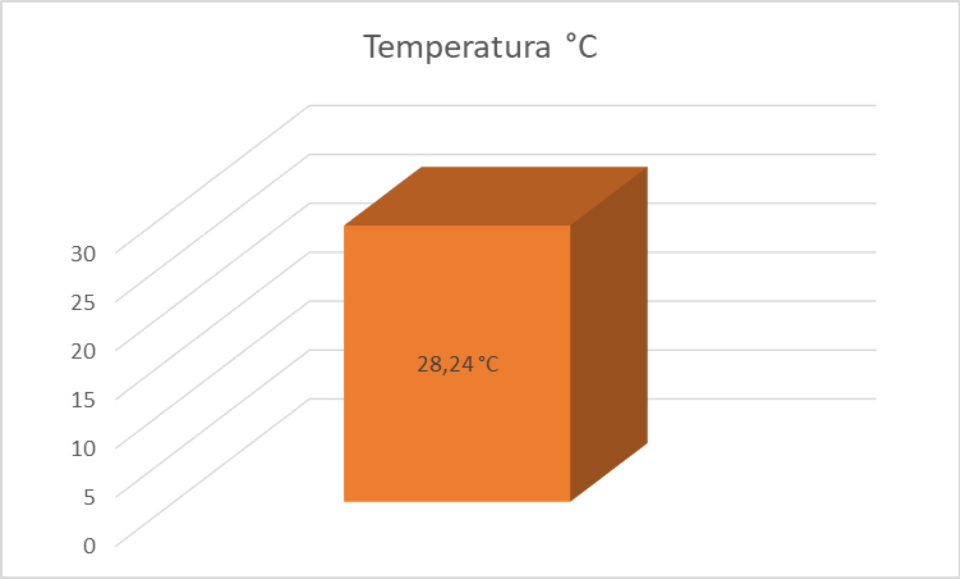
Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

En esta fase se puso en funcionamiento el prototipo para la respectiva toma de datos en la zona de riesgo en Mapasingue Este, la recolección de datos se realizó los días 30, 31 de agosto y 1,2 y 3 de septiembre. Desde la plataforma fue descargado el archivo CSV para su respectivo procesamiento estadístico.

30 de agosto

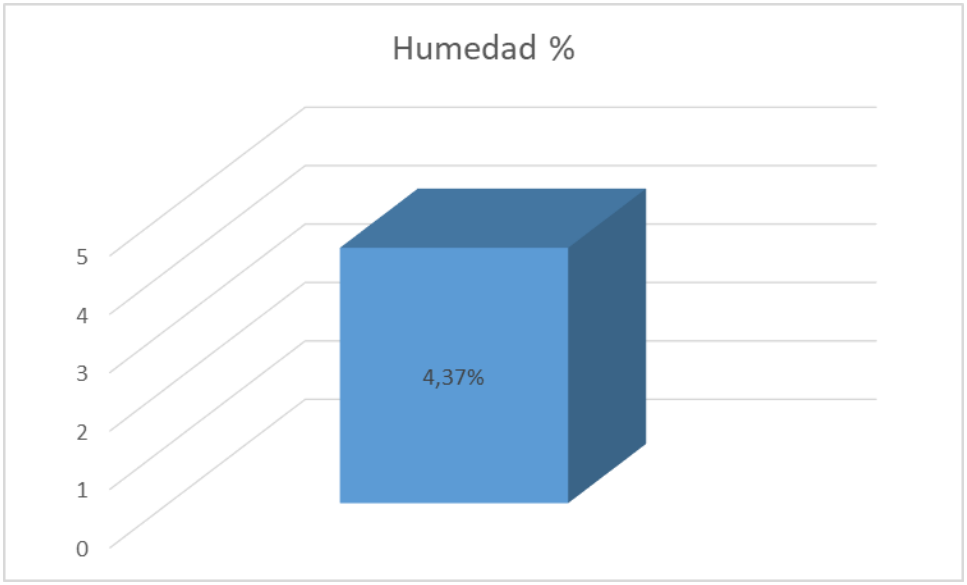
Figura 85. Temperatura del suelo del día 1



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

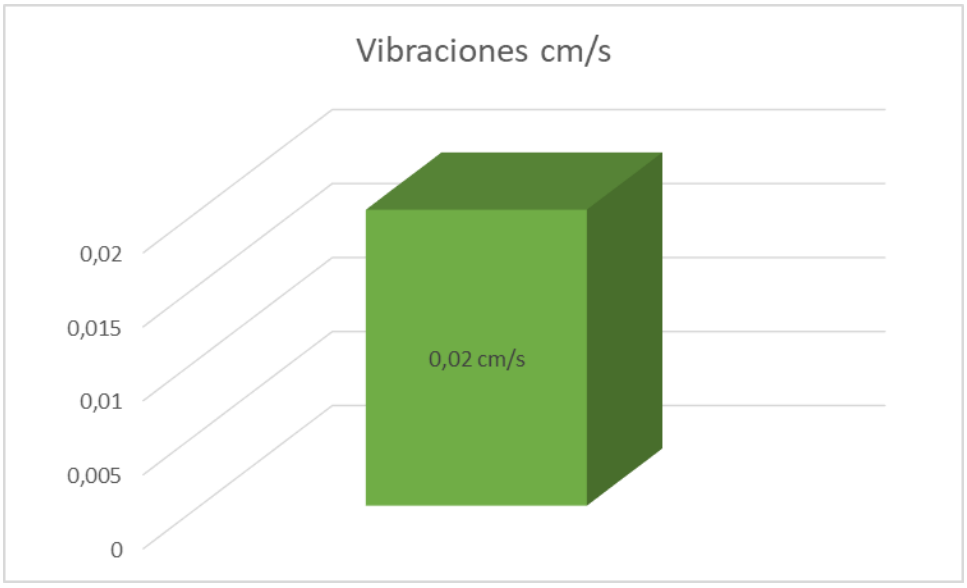
Figura 86. Humedad del suelo del día 1



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 87. Vibraciones en el suelo del día 1



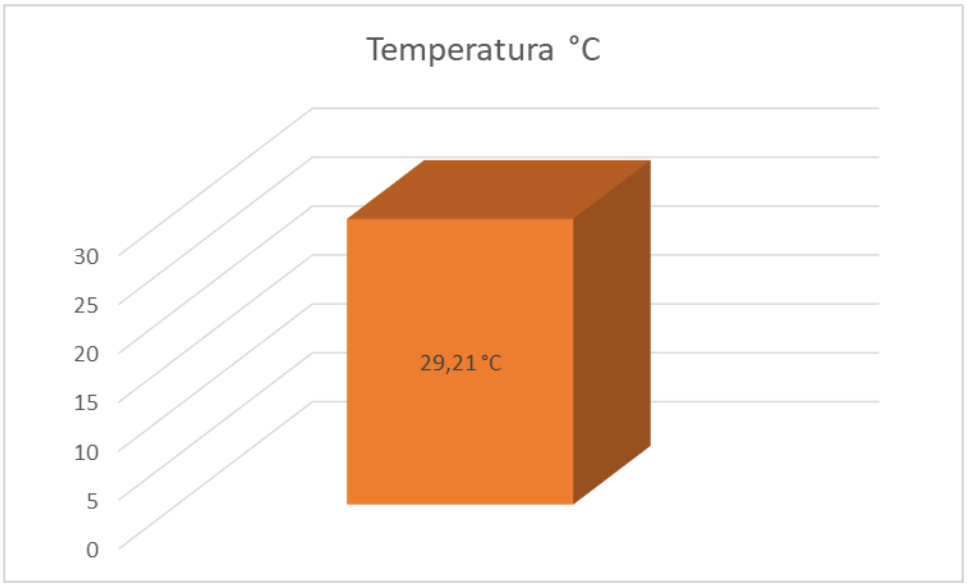
Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

El 30 de agosto la temperatura promedio del suelo fue de 28,24 ºC, la humedad del suelo un valor del 4,37% mientras que las vibraciones promedio un valor de 0.02 cm/s.

31 de agosto

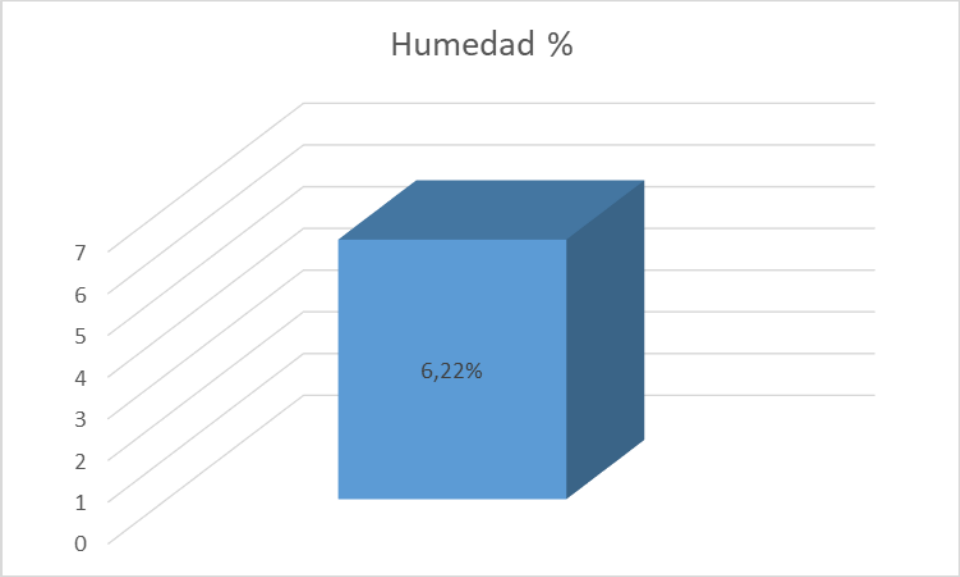
Figura 88. Temperatura del suelo del día 2



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

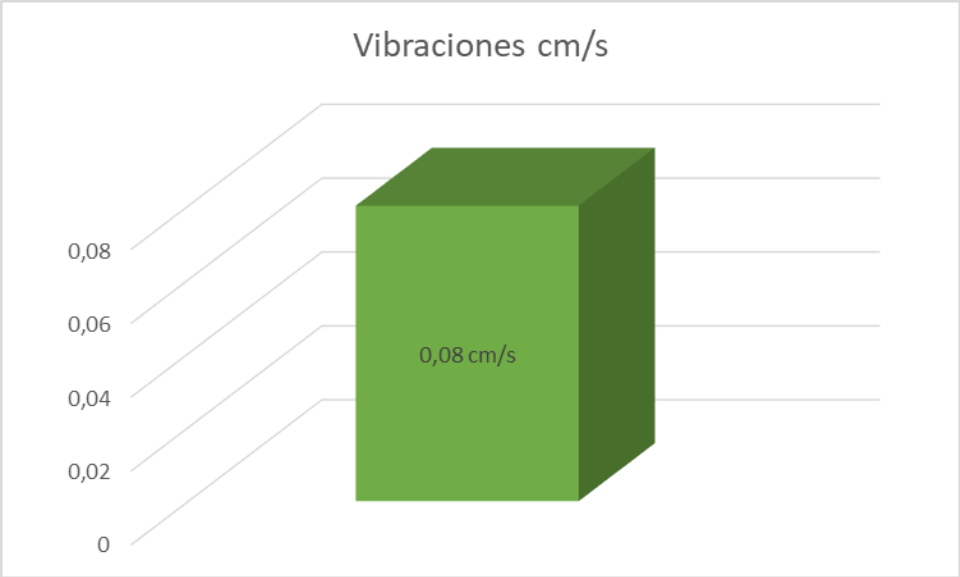
Figura 89. Humedad del suelo del día 2



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 90. Vibraciones en el suelo del día 2



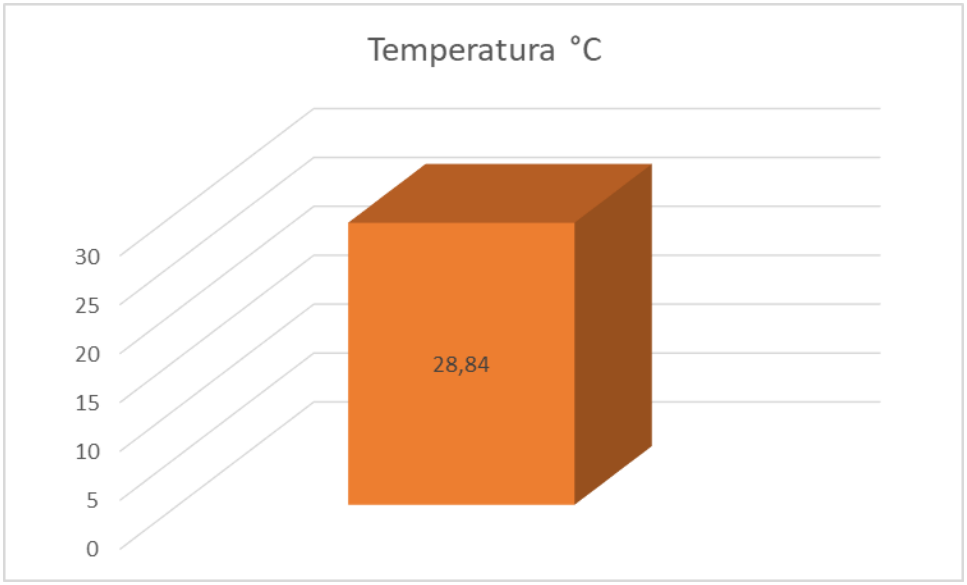
Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

El 31 de agosto la temperatura promedio del suelo fue de 29,21 ºC, la humedad del suelo un valor del 6,22% mientras que las vibraciones promedio un valor de 0.08 cm/s.

1 de septiembre

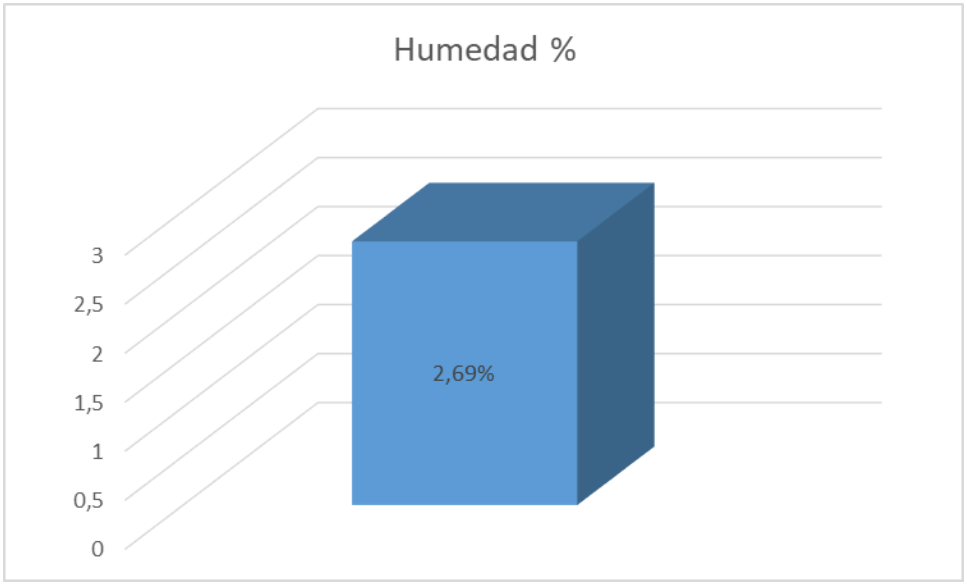
Figura 91. Temperatura del suelo del día 3



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

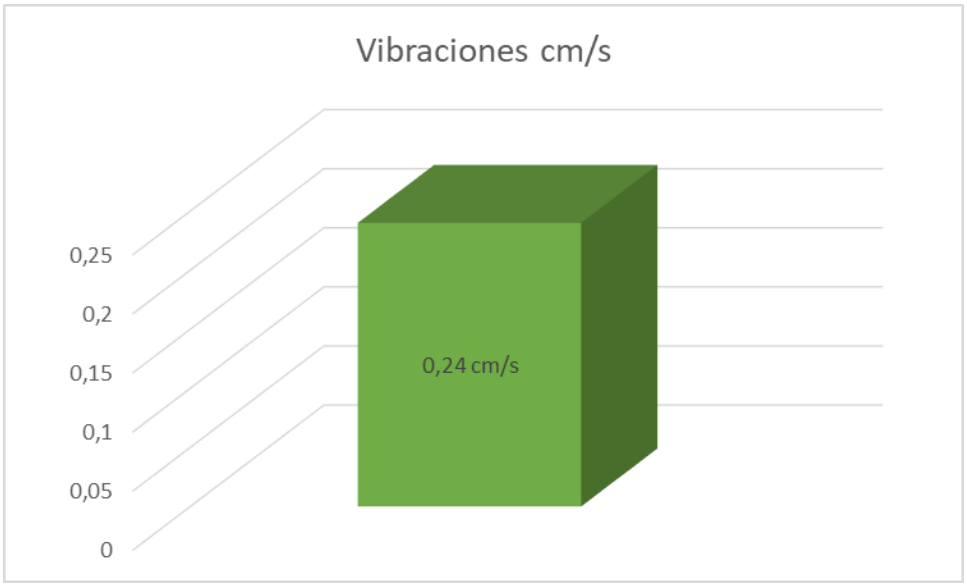
Figura 92. Humedad del suelo del día 3



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 93. Vibraciones en el suelo del día 3



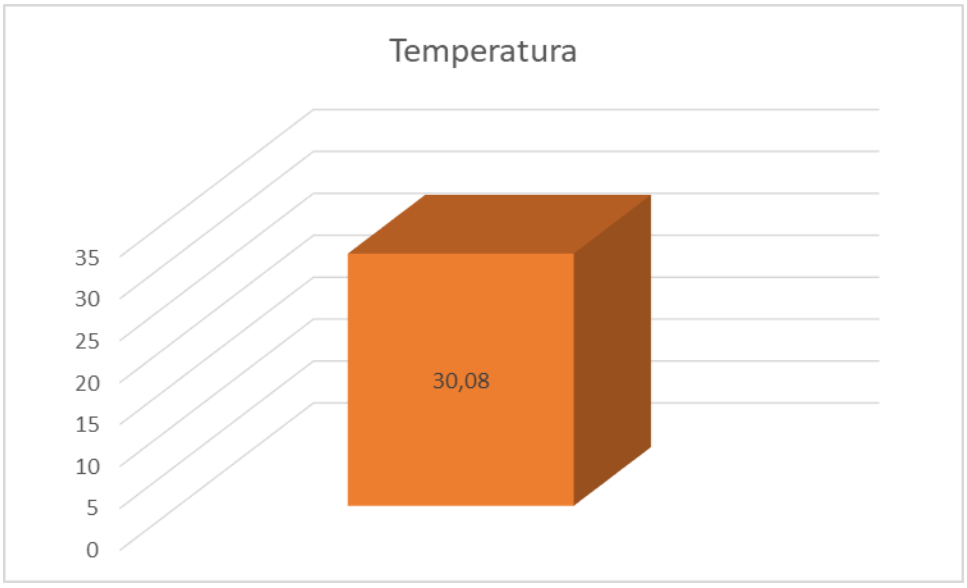
Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

El 1 de septiembre la temperatura promedio del suelo fue de 28,84 ºC, la humedad del suelo un valor del 2,69% mientras que las vibraciones promedio un valor de 0.24 cm/s.

2 de septiembre

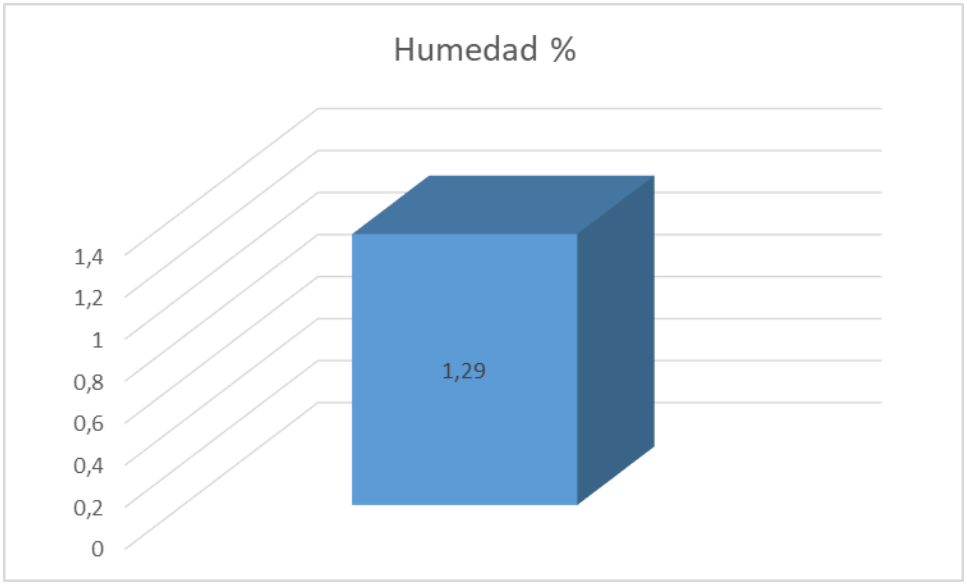
Figura 94. Temperatura del suelo del día 4



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

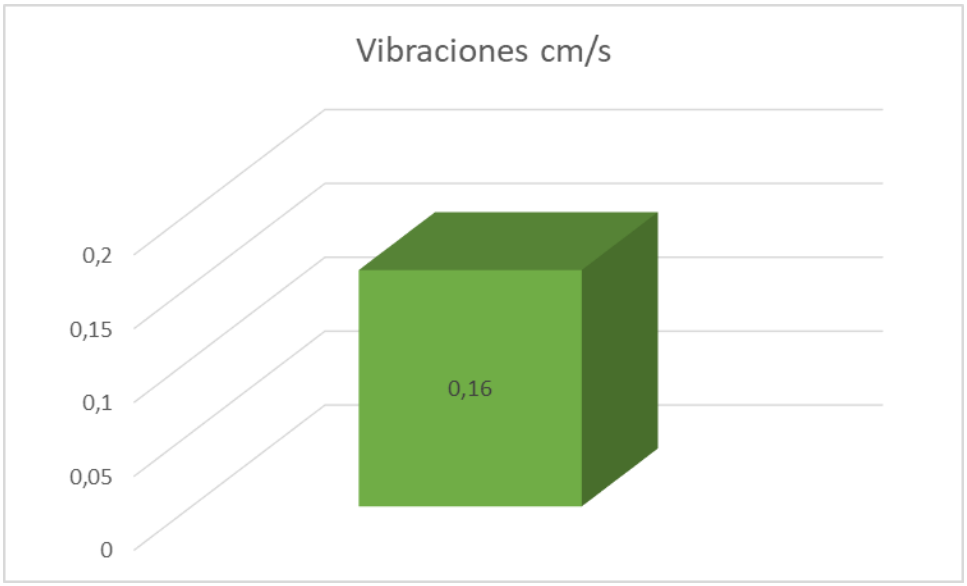
Figura 95. Humedad del suelo del día 4



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 96. Vibraciones en el suelo del día 4



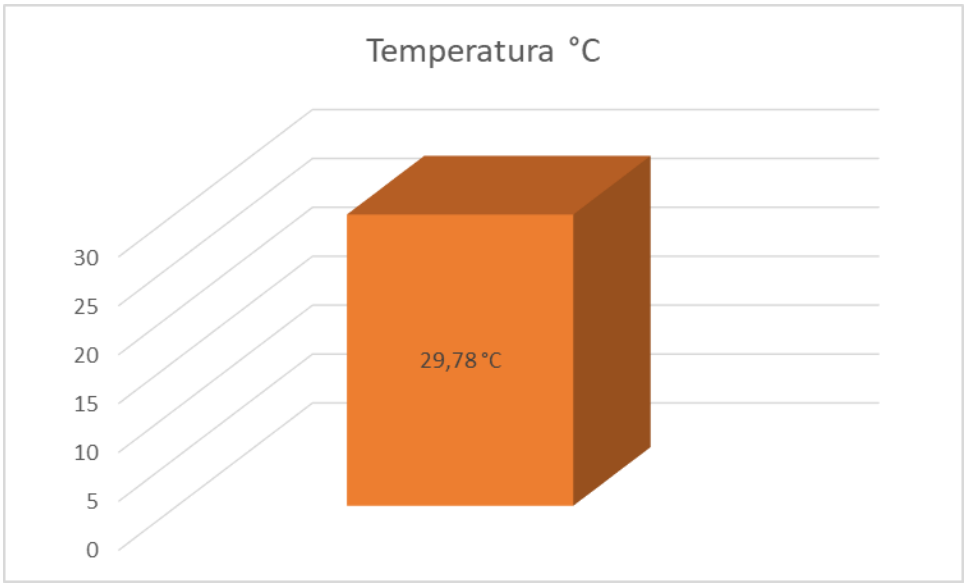
Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

El 2 de septiembre la temperatura promedio del suelo fue de 30,08 ºC, la humedad del suelo un valor del 1,29% mientras que las vibraciones promedio un valor de 0.16 cm/s.

3 de septiembre

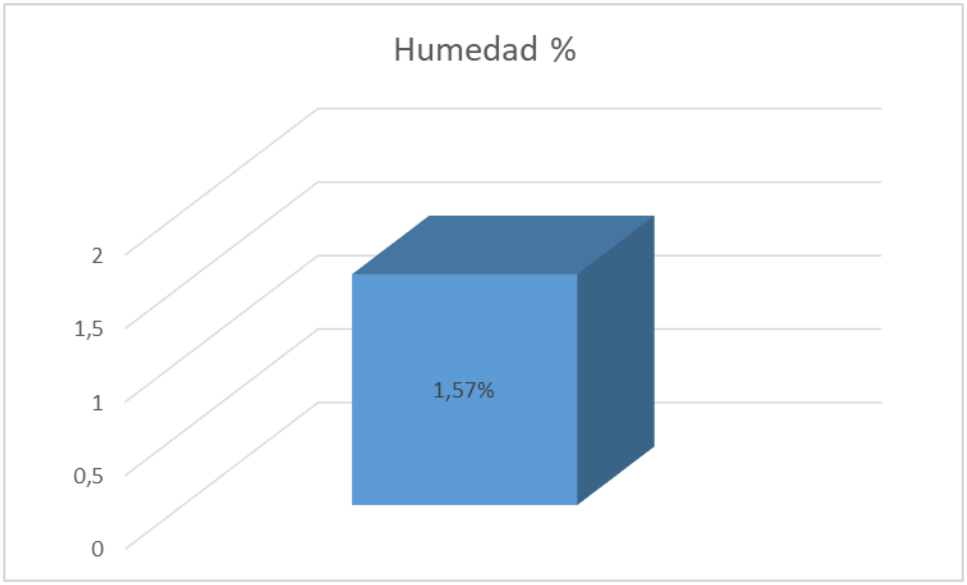
Figura 97. Temperatura del suelo del día 5



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

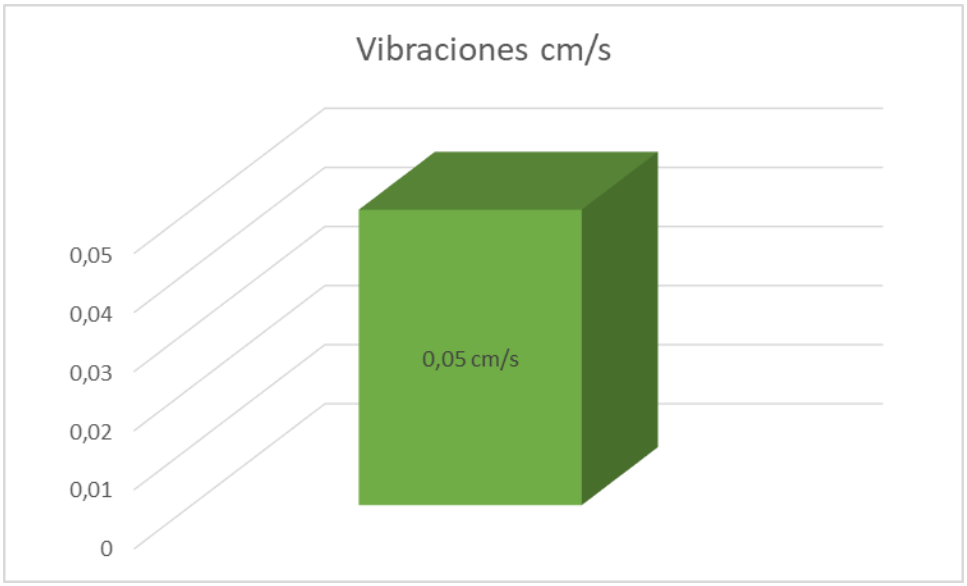
Figura 98. Humedad del suelo del día 5



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 99. Vibraciones en el suelo del día 5



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

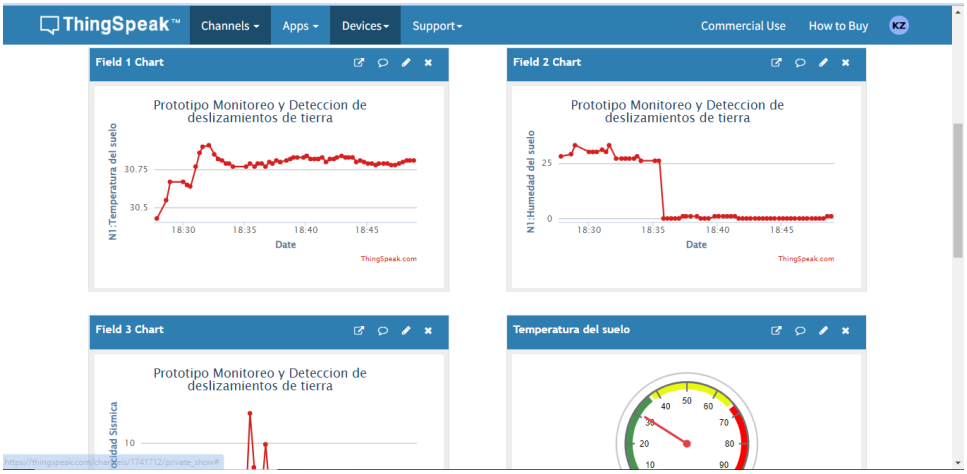
Fuente: Trabajo de Titulación

Finalmente, el 3 de septiembre la temperatura promedio del suelo fue de 29,78 ºC, la humedad del suelo un valor del 1,57% mientras que las vibraciones promedio un valor de 0.05 cm/s.

Análisis Operacional

Se realizó un procesamiento estadístico por 5 días de los datos obtenidos de la estación de monitoreo en ThingSpeak promediando el valor diario de la temperatura del suelo, humedad del suelo y vibraciones (velocidad sísmica) de la superficie del suelo escogida, cuyas variables correlacionadas servirán para realizar una proyección a corto o largo plazo del degaste del suelo en esta zona de riesgo y así de esta forma ser un apoyo adicional a los estudios de geotecnia a la resistencia de los suelos para determinar de forma temprana un deslizamiento de tierra. La puesta en producción para la realización de dicho procesamiento estadístico se encuentra en el anexo XIII.

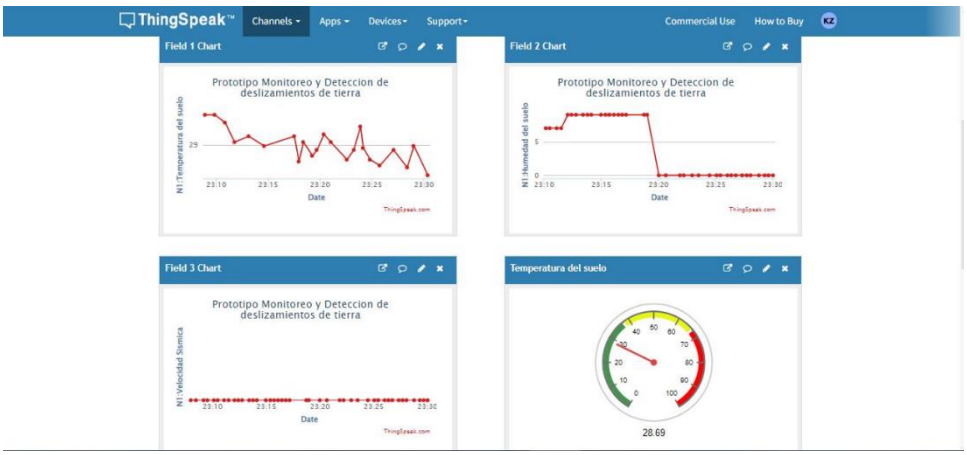
Figura 100. Estación de monitoreo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

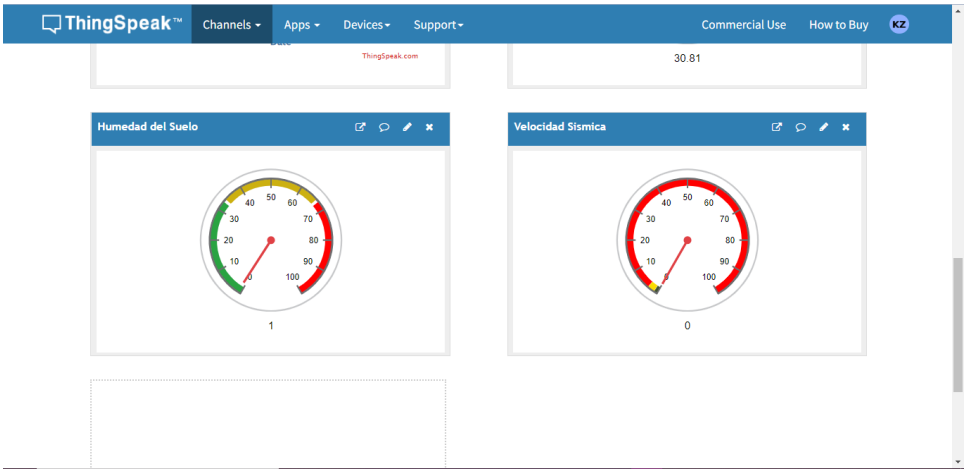
Figura 101. Estación de monitoreo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Figura 102. Estación de monitoreo



Autor: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de Titulación

Optimizar

En esta etapa de optimización, se realizaron mejoras en el código fuente con respecto al envío de datos al centro de monitoreo en ThingSpeak.

Figura 103. Código fuente

```
int x = ThingSpeak.writeFields(numeroCanal, WriteAPIKey);
delay(3000);
    if (x == 200) {
      Serial.println("Datos enviados a ThingSpeak Canal actualizado.");
    }
    else {
      Serial.println("Error codigo HTTP: " + String(x));
    }
  }
```

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Figura 104. Código fuente

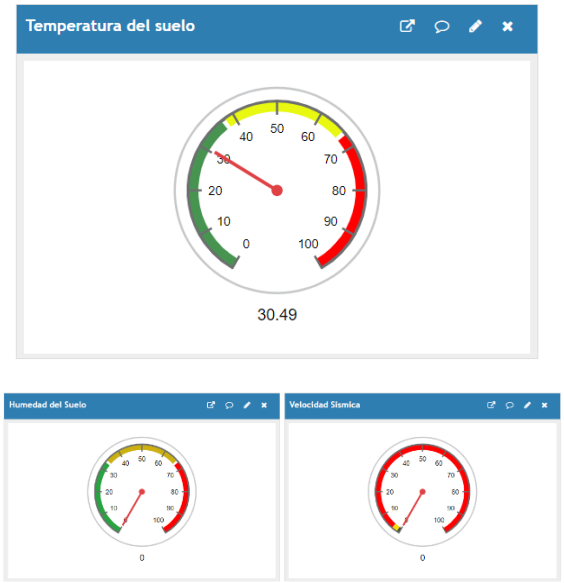
```
    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);

    Serial.println("---- Data sent to Thingspeak ----");
   /* Serial.print("Device ID: ");
    Serial.print(deviceID);*/
    Serial.println(" Temperatura:"+String(temperatura));
    //Serial.print(temperatura);
    Serial.println("Humedad:"+String(humedad));
    //Serial.print(humedad);
    Serial.println("Velocidad sismica:"+String(v));
    //Serial.print(v);
    Serial.println("");
  }
  delay(1000);
  client.stop();
 }
```

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Así mismo, se optimizaron los widgets presentados en la estación de monitoreo en ThingSpeak.

Figura 105. Widgets



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Para acceder a la estación de monitoreo se puede escanear el siguiente código QR.

Figura 106. Código QR para acceso a estación de monitoreo

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

ENTREGABLES DEL PROYECTOS

Para el presente trabajo de titulación los entregables son los siguientes puntos que se podrán encontrar en el apartado de Anexos:

- ✓ El cronograma de actividades, detallando las fechas y las respectivas tareas realizadas.
- ✓ Las preguntas realizadas a los usuarios correspondientes.
- ✓ Calibración del prototipo.
- ✓ Manual de Usuario del prototipo.
- ✓ Código del prototipo.
- ✓ Constancias de validación por parte de ingenieros civiles.

CRITERIOS DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Para determinar los criterios de validación de la presente propuesta, la cual consiste en el desarrollo de un prototipo de detección temprana de deslizamientos de tierra, se realizó mediante un informe de pruebas y una entrevista a profesionales como consulta con respecto a su criterio de expertos:

Tabla 21. Informe de pruebas

INFORME DE PRUEBAS	
Criterio o alcance	**Descripción**
Configuración y calibración de sensor MLX90614	99%
Configuración y calibración de sensor YL69	99%
Configuración y calibración del sensor MPU6050	99%
Comunicación del nodo sensor a la estación de monitoreo en ThingSpeak	100%

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

En el presente trabajo de titulación se aplica la investigación de campo, donde se realizaron 2 encuestas, la segunda siendo por medio de Microsoft Forms por su fácil manipulación. La primera es una entrevista, que tiene como función la recolección de datos de profesionales en el ámbito (ingenieros civiles), con el fin de conocer la factibilidad del prototipo presente.

La segunda encuesta está compuesta de 10 preguntas, donde hay preguntas específicas y generales de los deslizamientos de tierra, con el fin de conocer la perspectiva de las personas que habitan en Mapasingue con respecto al prototipo, ya que es fundamental tomar en cuenta la satisfacción de estos mismos. Dicha encuesta será realizada de manera online y así finalmente conocer el grado de aceptación y aprobación. En la ecuación 3 se usó la fórmula para obtener el número de personas encuestadas, donde se toma en cuenta al número de la población de la zona de riesgo seleccionada. Cabe recalcar que el tamaño de la población se obtuvo gracias al último censo realizado en el Ecuador:

Ecuación 3. Fórmula para obtener el número de la muestra

$$n = \frac{m}{e^2(m-1)+1|}$$

m = tamaño de la población (22.647)

***e* =** *error de estimación (0.06)*

n = tamaño de muestra (?)

$$\boldsymbol{n} = \frac{22.647}{(0.06)^2(22.647-1)+1}$$

$$\boldsymbol{n} = \frac{22.647}{(0{,}0036)(22.646)+1}$$

$$\boldsymbol{n} = \frac{22.647}{82{,}525} = 274{,}4$$

n = 274 habitantes de Mapasingue a encuestar

ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS

Primera encuesta (entrevista)

En el anexo IV se adjuntará la respuesta a detalle de los ingenieros civiles, con el fin de evitar redundancia en las mismas.

Tabla 22. Respuestas resumidas

Pregunta	**Ing. 1**	**Ing. 2**	**Ing. 3**	**Ing. 4**	**Ing. 5**	**Ing. 6**
1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?	No	No	No	No	No	No
5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar a variables temperatura, humedad, que	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?						

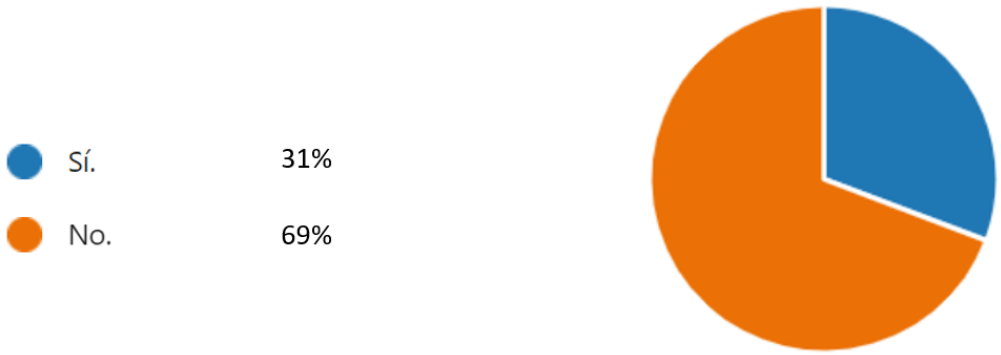
Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Segunda encuesta

1. ¿Conoce las razones por la cual se produce un deslizamiento de tierra o movimientos en masa?

Figura 107. Pregunta 1



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: El 31% de las personas que habitan en el sector de Mapasingue (Este u Oeste) no conocen las razones por las cuales se producen un deslizamiento de tierra. Mientras que, el 69% sí está al tanto.

2. ¿Tiene conocimiento de los deslizamientos de tierra suscitados en los últimos años en la ciudad de Guayaquil?

Figura 108. Pregunta 2

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: El 58% de la población de Mapasingue tienen conocimiento acerca de los casos de deslizamientos de tierra que ha ocurrido en los últimos años en la ciudad de Guayaquil. Por otra parte, el 43% no tiene conocimiento alguno.

3. ¿Ha escuchado sobre los deslizamientos de tierra provocados en el sector de Mapasingue?

Figura 109. Pregunta 3

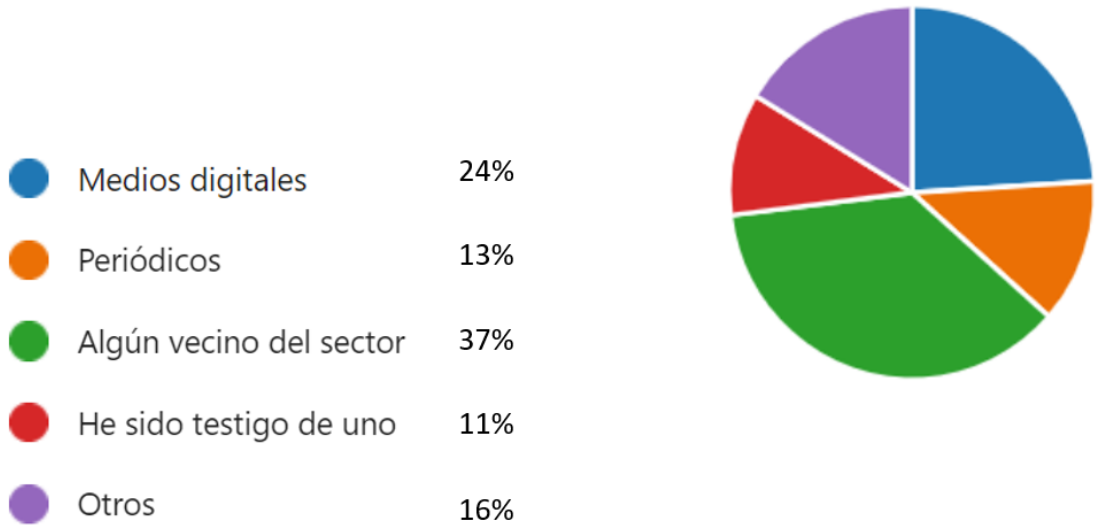
Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: El 78% de los habitantes del sector seleccionado han escuchado sobre deslizamientos de tierra que han ocurrido por la zona. Mientras tanto, un 22% no ha escuchado sobre algún. Este resultado es importante, ya que nos permite saber que las personas de Mapasingue tienen una noción sobre los deslizamientos de tierra.

4. ¿Por qué medio ha sido informado/a o notificado/a sobre estos incidentes?

Figura 110. Pregunta 4



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: Como se puede observar, el 37% de las personas encuestadas tienen noción de que haya ocurrido un deslizamiento de tierra por medio de vecinos del sector mismo. Además, también existe un porcentaje imprescindible que es que el 24% se ha enterado gracias a los medios digitales.

5. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra representan un peligro latente para la vida de las personas en el sector?

Figura 111. Pregunta 5

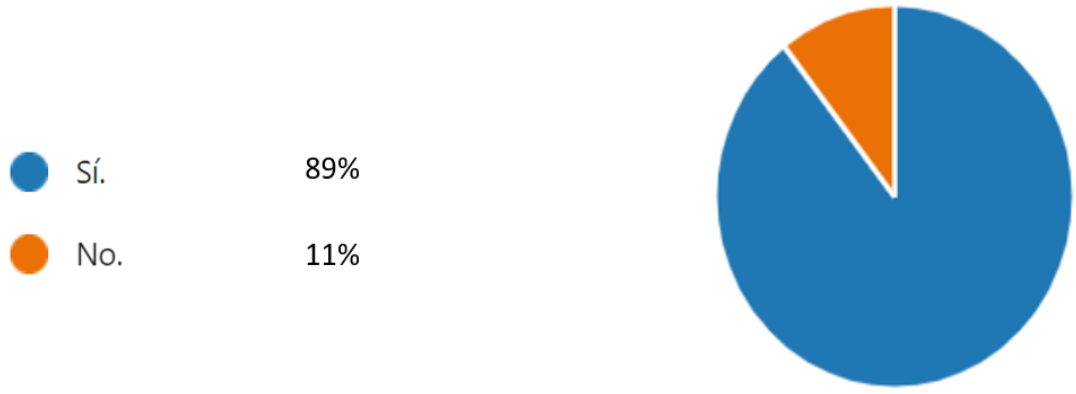
Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: Para esta pregunta se determina que, el 93% de la población encuestada considera que un deslizamiento de tierra representa un peligro para la vida de las personas que se encuentren cerca de una pendiente en un sector propenso a que ocurra este fenómeno.

6. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra son un problema a gran escala, donde vidas humanas podrían estar en peligro por vivir en zonas propensas a ocurrir este fenómeno?

Figura 112. Pregunta 6



Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: El 89% de los encuestados piensan que, en su sector, las personas se encuentran en situación de peligro por vivir en una zona propensa a deslizamientos de tierra. Sin embargo, el 11% considera que no.

7. ¿Conoce sobre algún sistema, dispositivo o prototipo que analice las condiciones en las zonas de riesgo de deslizamientos de tierra en el sector de Mapasingue?

Figura 113. Pregunta 7

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: El 93% con respecto a esta pregunta, no tienen conocimiento alguno de que exista algún sistema o dispositivo que permita analizar los deslizamientos de tierra de Mapasingue.

8. ¿Considera usted factible la implementación de un prototipo que recolecte información con respecto a las condiciones de las zonas de riesgo a darse deslizamientos de tierra para de esta forma determinar de forma temprana un posible evento a corto o largo plazo?

Figura 114. Pregunta 8

Autores: Benites, Francis & Zuñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Descripción: El 95% de las personas encuestadas consideran que la implementación de un prototipo que recolecte información con respecto a las condiciones de las zonas de riesgo propensas a los deslizamientos de tierra es factible. Mientras que, el 5% no piensa de esa manera.

CAPÍTULO IV

A continuación, mediante un proceso de evaluación, se estableció un porcentaje que va en la escala de 0 al 100% que sirve para determinar el cumplimiento del diseño y desarrollo del prototipo de detección temprana de deslizamientos de tierra en el presente proyecto de titulación.

CRITERIO DE ACEPTACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 23. Criterio de aceptación del proyecto

Criterio de aceptación	Porcentaje de cumplimiento
El prototipo cumple con los objetivos planteados en el capítulo I	100%
Monitoreo de la zona de riesgo de deslizamientos de tierra en el sector Mapasingue	100%
Diseño del prototipo con sus respectivos sensores	100%
Ensamblaje del prototipo con sus componentes	100%
Codificación, compilación y carga del código fuente del prototipo en el entorno de Arduino IDE	100%
Pruebas de funcionamiento y operación del prototipo	100%
Procesamiento y visualización de los datos en la plataforma de ThingSpeak	100%
Calibración de los sensores	100%

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

CONCLUSIONES

El estudio del marco teórico del presente trabajo de titulación permitió establecer que las variables fundamentales para el análisis en estudios de deslizamientos de tierra son: las vibraciones, la humedad y la temperatura, ya que el cambio drástico de las mismas puede dar lugar a un movimiento en masas, ocasionando pérdidas humanas y daños materiales irreversibles.

Con las variables anteriormente mencionadas, se determinó que tienen un alcance al momento de desarrollar un prototipo de monitoreo temprano de estas condiciones, debido a que permitió tener en cuenta estos factores para la toma de decisiones destinada a autoridades como el Cuerpo de Ingenieros del Ejército y la elaboración de planes de contingencia, emergencia y evacuación. Además, el prototipo servirá como un apoyo al estudio del degaste de suelo realizado por expertos del área.

Con la información obtenida, se elaboró una tendencia o un sistema que determinó la criticidad de las condiciones en el lugar, permitiendo a las autoridades y a las personas de la comunidad estar al tanto de las condiciones que puedan suceder bajo los criterios establecidos.

Se estableció que una estación de monitoreo facilita la interacción de la información obtenida con la toma de decisiones, siendo esta de gran ayuda para la población y autoridades de las zonas de riesgo debido a su fácil interpretación.

La calibración se realizó con equipos y métodos patrones dando lugar a que los datos sean acordes con respecto a los emitidos por el prototipo desarrollado, por lo tanto, permitió corroborar que los datos que se obtuvieron en el sitio de la zona de riesgo de Mapasingue Este son correctos y que este prototipo pueda ser implementado en otras localidades de Guayaquil que se presentan esta misma problemática.

RECOMENDACIONES

Una vez concretadas las conclusiones del presente proyecto de titulación, se recomienda:

- La implementación del proyecto con la integración de sensores de geolocalización a los demás sectores de la ciudad de Guayaquil que se encuentran en zonas de riesgo, y de esta manera tener un control a escala local de esta problemática, con el propósito de alertar masivamente de forma temprana posibles deslizamientos de tierra.
- Escalar el prototipo para una mayor cobertura geográfica.
- La implementación de un servidor web con su respectivo alojamiento hosting para la visualización de los datos o parámetros de los sensores inalámbricos del nodo.
- El uso o la implementación de métodos de seguridad informática para la protección de los datos emitidos por los sensores inalámbricos del nodo del prototipo.
- Analizar fuentes de energías sustentables para la alimentación del prototipo, haciendo hincapié en la energía eólica y solar, los cuales pueden ser aprovechadas mediante procesos de almacenamientos.
- El uso del sensor BMP280 en futuros proyectos para las lecturas conjuntas de datos con respecto a altitud, latitud y temperatura relativa.
- Capacitar a las autoridades encargadas del sistema de alerta temprana de deslizamientos de tierra en las zonas, con el fin de saber qué hacer en el caso de que ocurra este fenómeno.

BIBLIOGRAFÍA

Arduino. (2022). Arduino. Obtenido de Arduino IDE 1.8.19: https://www.arduino.cc/en/software

Belèndez, A. (2017). Calor y temperatura. España: Universidad de Alicante.

Caballero, C. (2018). Suelos. México: UNAM.

Carazo, N. (15 de marzo de 2015). NC Arquitectura. Obtenido de ¿Qué es la aceleración sísmica?: https://ncarquitectura.com/que-es-la-aceleracion-sismica/

Casamitjana, M; Carl, R. (2020). Movimientos en masa. Colombia: Fondo Editorial EIA.

Chandrakant, N., & Suresh, L. (2020). The today and future of WSN, AI and IOT. BPB Publications.

Colegial-Gutierrez, J.D., Forero-Quintero, M. C., Fuentes-Rueda, M. A. & Gómez-Isidro, S., Tipificación de perfiles de meteorización de rocas cristalinas al oriente de Bucaramanga y definición de propiedades hidrogeológicas. Boletín de Ciencias de la Tierra, (41), 16-30, 2017.

Corona, L., Abarca, G., & Mares, J. (2016). Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino. Mexico D.F.: Grupo Editorial Patria.

Gadea, J., Rodriguez, A., & Junco, C. (2019). Materiales de construccion: problemas de terreno. Universidad de Burgos.

Espressif Systems. (2022). Espressif Systems. Obtenido de ESP32-S3-WROOM-2: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3-wroom-2_datasheet_en.pdf

Hossam, A. (2016). Wireless Sensor Networks: Concepts, Applications, Experimentation and Analysis. Springer.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2021). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. España: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Medina, C.; Astudillo, J.; Romero, J. (2017). Ubicación e identificación de los principales deslizamientos de la vía Macará-Sabiango de la provincia de Loja. Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Microsoft. (2022). Microsoft. Obtenido de Azure: https://azure.microsoft.com/es-es/overview/iot/#overview

Molina, F., & Polo, E. (2015). Servicios en Red. Madrid: RA-MA Editorial.

Mydevices. (2020). Mydevices. Obtenido de platform: https://mydevices.com/platform/

Quichimbo, P., José, G., Cajamarca, M., & Aguirre, A. (2016). *Revista Ecuador es Calidad.* Obtenido de EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO POR GRAVIMETRÍA Y REFLECTOMETRÍA: https://revistaecuadorescalidad.agrocalidad.gob.ec/revistaecuadorescalidad/index.php/revista/article/view/25

Rodas, P. (2018). Construcción de un modelo matemático basado en programación lineal y lógica difusa para predicción de tiempos en industrias de ensamble de bicicletas. Ecuador: Universidad de Cuenca.

Ruiz. J.; Martínez, J.; Sillero, J. (2021). Incremento de la erosividad de la lluvia y sus efectos en la estimación de pérdida de suelo: comparación entre dos cuencas del sur de España. España: Universidad de Málaga.

Servicio Geológico de Estados Unidos. (2018). Deslizamientos de tierra y avalanchas de escombros. Recuperado de: https://www.ready.gov/es/deslizamientos-de-tierra-y-avalanchas

Servicio Geológico Mexicano. (2017). Escalas de los sismos. México: Servicio Geológico Mexicano.

Thingspeak. (2022). Thingspeak. Obtenido de About ThingSpeak: https://thingspeak.com/

Ubidots. (2022). Ubidots. Obtenido de Plataform: https://ubidots.com/platform/

ANEXOS

Anexo I: Cronograma de actividades

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL	67 días	lun 13/6/22	mar 13/9/22
Inicio Trabajo de Titulación	**1 día**	**lun 13/6/22**	**lun 13/6/22**
Fase 1: Planeación.	**19 días**	**mar 14/6/22**	**vie 8/7/22**
Análisis del proyecto de titulación	5 días	mar 14/6/22	lun 20/6/22
Determinación de requisitos financieros	5 días	mar 21/6/22	lun 27/6/22
Estudio de viabilidad	7 días	mar 28/6/22	mié 6/7/22
Recopilación de datos	6 días	mar 28/6/22	mar 5/7/22
Entrega Capítulo I	3 días	mar 5/7/22	jue 7/7/22
Cierre Fase 1	1 día	vie 8/7/22	vie 8/7/22
Fase 2: Obtención materiales y recursos.	**25 días**	**lun 11/7/22**	**vie 12/8/22**
Selección y definición de los materiales requeridos	6 días	lun 11/7/22	lun 18/7/22
Identificar recursos necesarios	4 días	mar 19/7/22	vie 22/7/22
Identificar costos de operación	14 días	sáb 23/7/22	mié 10/8/22
Análisis y toma de decisiones	5 días	vie 22/7/22	jue 28/7/22
Entrega Capítulo II	2 días	mié 10/8/22	jue 11/8/22
Cierre Fase 2	1 día	vie 12/8/22	vie 12/8/22
Fase 3: Implementación y Recopilación de Información.	**18 días**	**lun 15/8/22**	**mié 7/9/22**
Diseño del hardware	15 días	lun 15/8/22	vie 2/9/22
Obtención de información de parámetros del suelo	3 días	mar 16/8/22	jue 18/8/22
Desarrollo de encuesta	10 días	vie 19/8/22	jue 1/9/22
Implementación del prototipo	14 días	mié 17/8/22	lun 5/9/22
Pruebas de funcionamiento	9 días	jue 25/8/22	mar 6/9/22
Corrección de fallos	17 días	lun 15/8/22	mar 6/9/22
Entrega Capítulo III	5 días	mié 31/8/22	mar 6/9/22
Cierre Fase 3	0 días	mié 7/9/22	mié 7/9/22
Fase 4: Documentación.	**4 días**	**jue 8/9/22**	**mar 13/9/22**
Entrega de hardware	4 días	jue 8/9/22	mar 13/9/22

Entrega de Capítulo IV	1 día	lun 12/9/22	lun 12/9/22
Cierre Fase 4	1 día	mar 13/9/22	mar 13/9/22
Fin Trabajo de Titulación	**1 día**	**mar 13/9/22**	**mar 13/9/22**

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Anexo II: Evaluación Visual del Suelo

Este método de evaluación se divide en varios pasos: extracción de la muestra del suelo, examinación y el agregado de agua para determinar la erosión. Se realiza mediante puntuaciones, para poder determinar si es un suelo pobre, moderado, o bueno.

2.1 Extracción de la muestra

2.2 Examinación

2.3 Agregado de agua

2.4 Ficha de Evaluación

Evaluación Visual del Suelo para la detección de deslizamientos de tierra			
Tipo de suelo			
Textura	***Humedad***	***Estación***	***pH***
Franco arcilloso	Seco	Verano	6
Indicadores visuales			
Indicador	***Calificación***	***Factor***	***Calificación total***
Estructura y consistencia	1	X3	3
Porosidad	3	X2	6
Color	1	X2	2
Erosión	1	X3	3
		Suma de indicadores	14

Autores: Benites, Francis & Zúñiga, Kevin. 2022

Fuente: Trabajo de titulación.

Donde en calificación:

- 0 – Suelo pobre
- 1 – Suelo moderado

- 2 – Suelo bueno

Y, si la suma de indicadores:

- Menos de 7 – Suelo pobre
- 8 hasta 15 – Suelo moderado
- 16 en adelante – Suelo bueno

Anexo III: Preguntas de la entrevista y encuesta

3.1 Preguntas de la entrevista a ingenieros civiles

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?
2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?
3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?
4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?
5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

3.2 Preguntas a moradores de Mapasingue

1. ¿Conoce las razones por la cual se produce un deslizamiento de tierra o movimientos en masa?

2. ¿Tiene conocimiento de los deslizamientos de tierra suscitados en los últimos años en la ciudad de Guayaquil?

3. ¿Ha escuchado sobre los deslizamientos de tierra provocados en el sector de Mapasingue?

4. ¿Por qué medio ha sido informado/a o notificado/a sobre estos incidentes?

5. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra representan un peligro latente para la vida de las personas en el sector?

6. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra son un problema a gran escala, donde vidas humanas podrían estar en peligro por vivir en zonas propensas a ocurrir este fenómeno?

7. ¿Conoce sobre algún sistema, dispositivo o prototipo que analice las condiciones en las zonas de riesgo de deslizamientos de tierra en el sector de Mapasingue?

8. ¿Considera usted factible la implementación de un prototipo que recolecte información con respecto a las condiciones de las zonas de riesgo a darse deslizamientos de tierra para de esta forma determinar de forma temprana un posible evento a corto o largo plazo?

Anexo IV: Respuestas de preguntas a ingenieros civiles

4.1 Ingeniero Zumba

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?

Tengo entendido que corresponden a dispositivos que pueden transmitir datos en tiempos reales mediante el uso de dispositivos o sensores.

2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?

Si tengo conocimiento con respecto a los deslizamientos en el Cerro del Carmen y en el sector de Mapasingue Este.

3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?

Si, los deslizamientos de tierras representan un peligro significativo para los habitantes que residen cerca de taludes y pendientes peligrosas.

4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?

No tengo conocimiento sobre sistemas o prototipos que monitoreen variables específicas en tiempo real. En mi experiencia laboral no he observado que esta problemática sea atendida desde el área de las redes y telecomunicaciones.

5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

Me parece viable el desarrollo de este prototipo al considerar las variables a la que está expuesto el suelo, lo cual será beneficio para la comunidad ya que a partir de los datos tomados se pueden hacer estudios estadísticos para determinar las condiciones de las zonas de riesgo en la ciudad de Guayaquil.

4.2 Ingeniero Vizueta

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?

Sí, es cómo describimos el universo conectado digitalmente de los dispositivos físicos cotidianos. Estos dispositivos están integrados con conectividad a Internet, sensores y otro hardware que permite la comunicación y el control a través de la web.

2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?

Sí, he tenido conocimiento de que han ocurrido deslizamientos de tierra, sobre todo cuando es invierno.

3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?

Considero que sí lo son, ya que los peligros para la salud asociados con deslizamientos de tierra y flujos de lodo incluyen: agua y escombros que se mueven rápidamente y que pueden provocar traumatismos; líneas eléctricas, de agua, gas y alcantarillado rotas que pueden provocar lesiones o enfermedades; entre otros.

4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?

En lo personal no he conocido que haya en el país, pero sí tengo conocimiento de que estos existen en países como México e India.

5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

Los deslizamientos de tierra, después de los terremotos, causan el mayor número de víctimas y daños en áreas edificadas, infraestructuras y bienes ambientales; por lo que sí es viable.

4.3 Ingeniero Pacheco

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?

Sí tengo conocimiento sobre este tipo de tecnología.

2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?

Sí conozco sobre incidencias que han ocurrido en Guayaquil.

3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?

Sí, efectivamente lo son.

4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?

La verdad que no.

5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

Sí, ya que son una amenaza inminente.

4.4 Ingeniero Suasnavas

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?

Sí, el Internet de las Cosas es el concepto de conectar cualquier dispositivo a Internet y a otros dispositivos conectados.

2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?

No, la verdad que no.

3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?

Los deslizamientos de tierra son un fenómeno infravalorado, y es por ello que no se toma con tanta importancia como lo son otros fenómenos naturales. Por lo que sí, son un peligro inminente.

4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?

No, pero sí he conocido la aplicación de esto en otros países.

5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que

desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

Sí, ya que los deslizamientos de tierra pueden tener graves consecuencias.

4.5 Ingeniero Díaz

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?

Sí, se refiere a los miles de millones de dispositivos físicos en todo el mundo que ahora están conectados a Internet, todos recopilando y compartiendo datos.

2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?

Sí, este fenómeno ocurre en temporada de precipitaciones.

3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?

De hecho, sí lo son, porque puede llevar a cabo terribles accidentes y pérdidas humanas y materiales.

4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?

No, no conozco.

5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

Sí es viable, y será de gran aporte para la ingeniería.

4.6 Ingeniero Oswaldo Bravo

1. ¿Conoce sobre el Internet de las Cosas?

Sí, he realizado diversos proyectos con respecto a IoT.

2. ¿Conoce sobre los casos de deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil en los últimos años?

Así es, por medio de las noticias he estado al tanto de los deslizamientos de tierra. Inclusive, a inicios del año ocurrieron algunos.

3. ¿Considera usted que los deslizamientos de tierra o movimientos en masa son un peligro inminente en zonas habitables en la ciudad de Guayaquil?

Claro que lo son, pero como no son tan reconocidos al igual que fenómenos como los terremotos, no se le da la relevancia que realmente merecen.

4. ¿Conoce sobre sistemas, prototipos o medidas de monitorización en las zonas específicas donde han sucedido anteriores deslizamientos de tierra en la ciudad de Guayaquil?

Desconozco en su totalidad que haya este tipo de sistemas en el país.

5. ¿Considera usted viable el desarrollo de un prototipo IoT que, a través del análisis de las vibraciones y correlacionar variables como temperatura y humedad, que desencadenan un deslizamiento de tierra, permitan detectar uno de forma temprana a largo o corto plazo?

Por supuesto, ayuda a solventar una problemática que se ha ido acarreando a lo largo de los años.

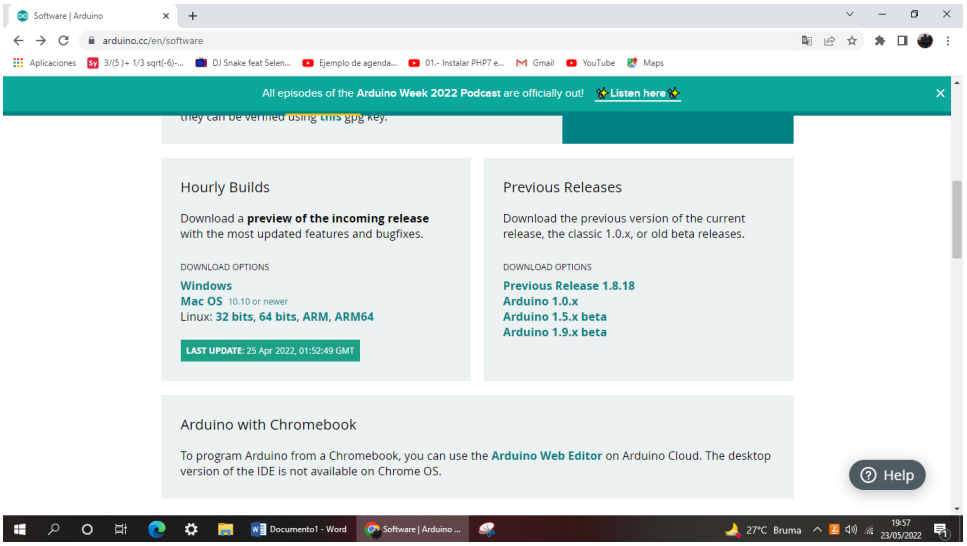
Anexo V: Manual de Usuario del prototipo

5.1 Instalación de Entorno de programación Arduino IDE

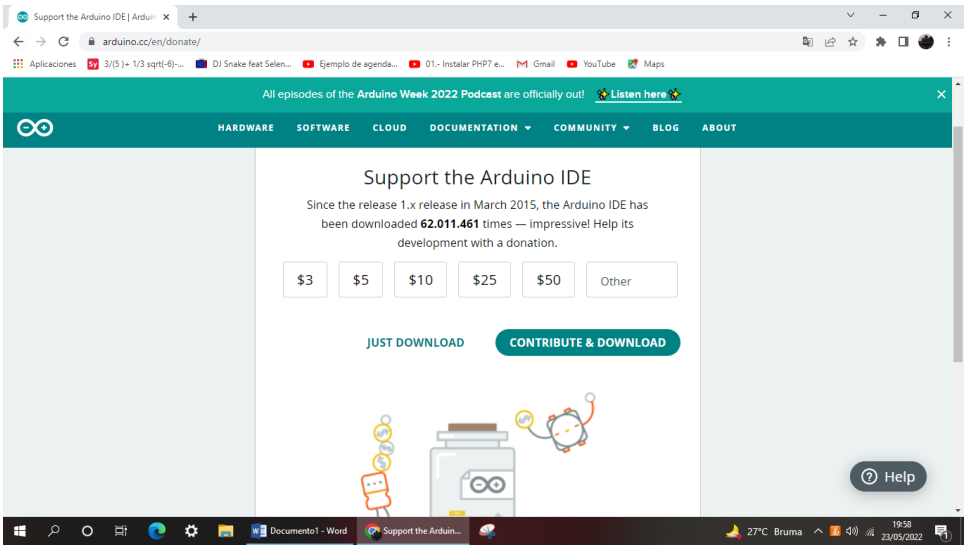
1.- Acceder al siguiente link https://www.arduino.cc/en/software/

2.-Una vez ingresado al correspondiente el link se mostrará lo siguiente

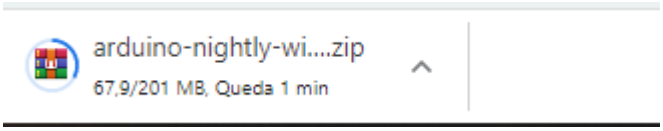
3.-Situarse en Hourly Builds y dar click en DOWNLOAD OPTIONS opción Windows



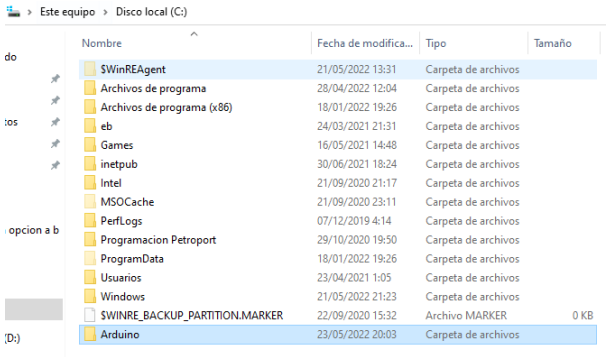
4.-Click en just download



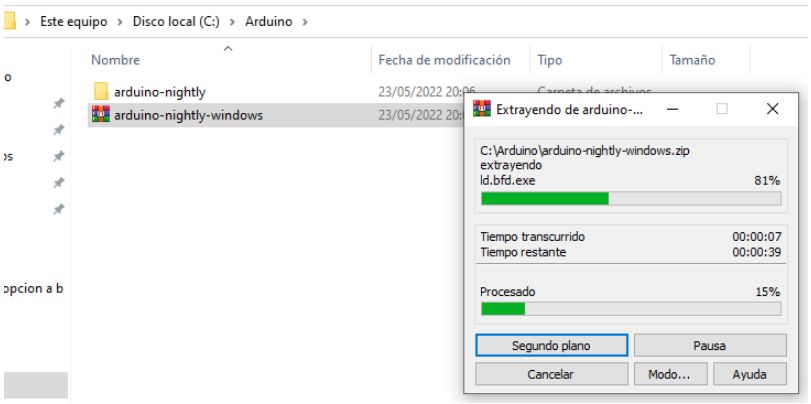
5.- Se descargará un fichero de tipo zip.



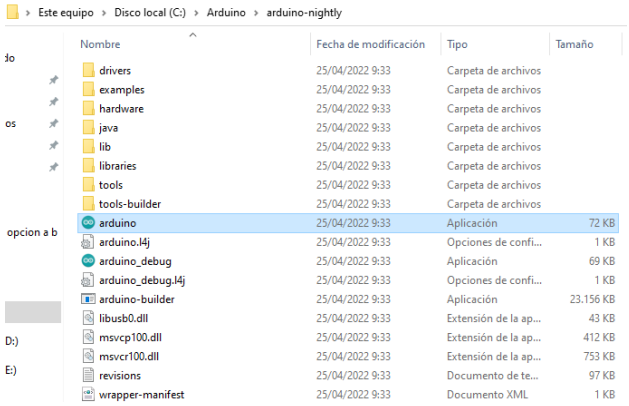
6.-Crear una carpeta en el disco C con el nombre “Arduino”



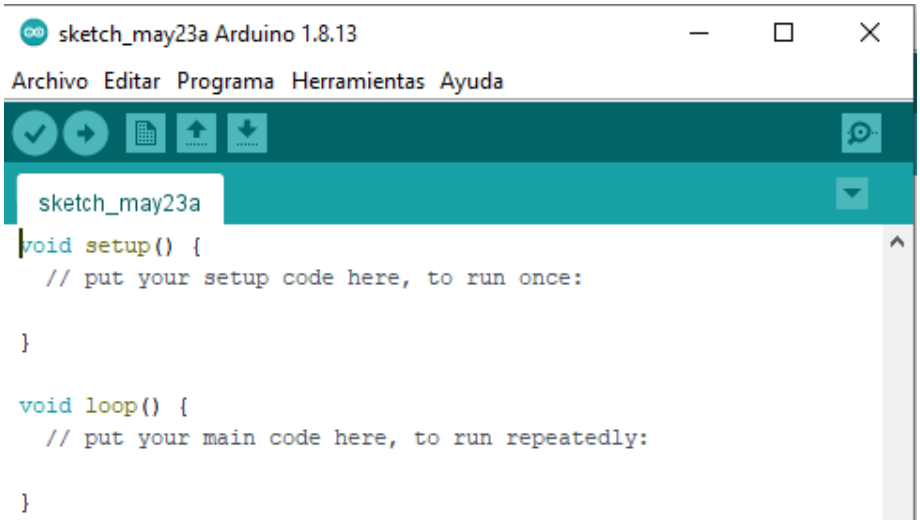
7.- Copiar, pegar y descomprimir el fichero



8.-Acceder a la carpeta “Arduino-nightly” y enviar al escritorio el archivo “Arduino”



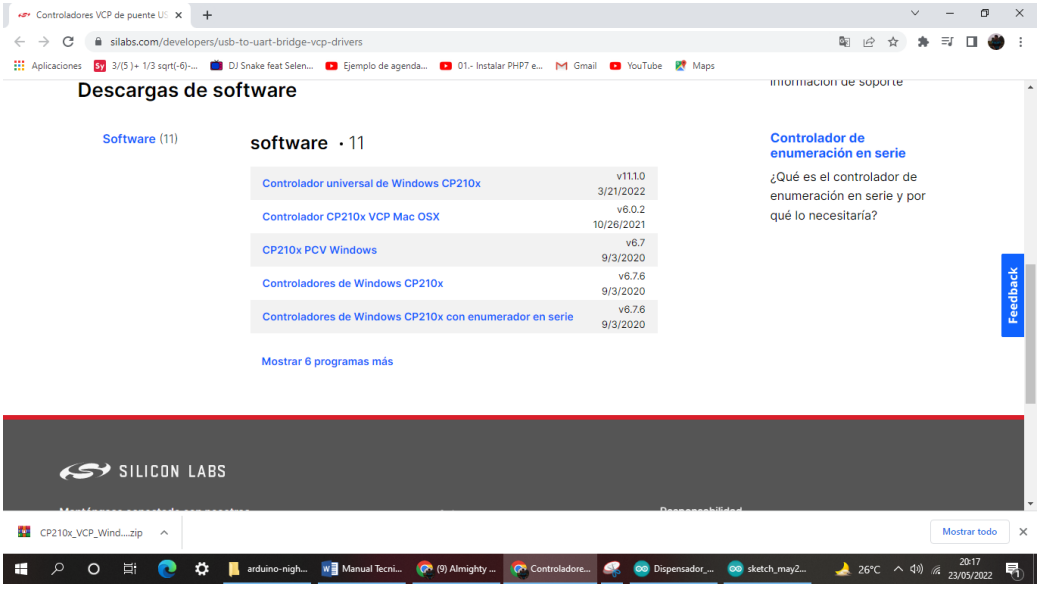
8.-Abrir Arduino IDE

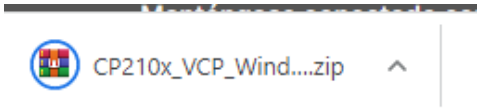


5.2 Instalación de la placa ESP8266 e instalación de librerías

1.- Acceder al siguiente link https://www.silabs.com/developers/usb-to-uart-bridge-vcp-drivers y dar click en descargas

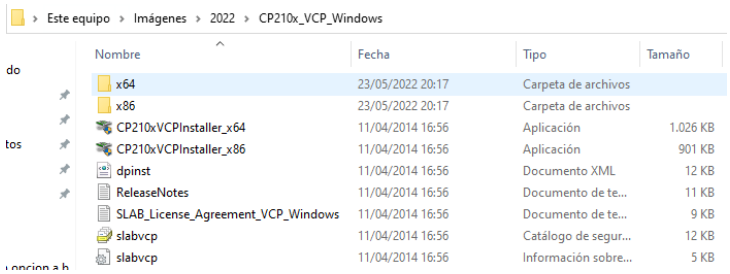
2.-Click en CP210x PCV Windows



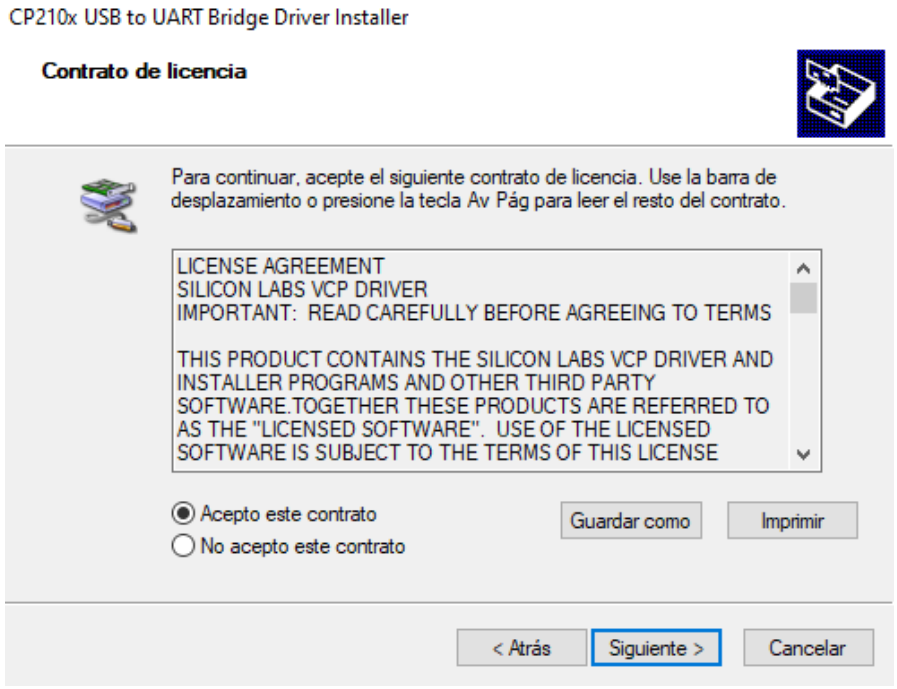


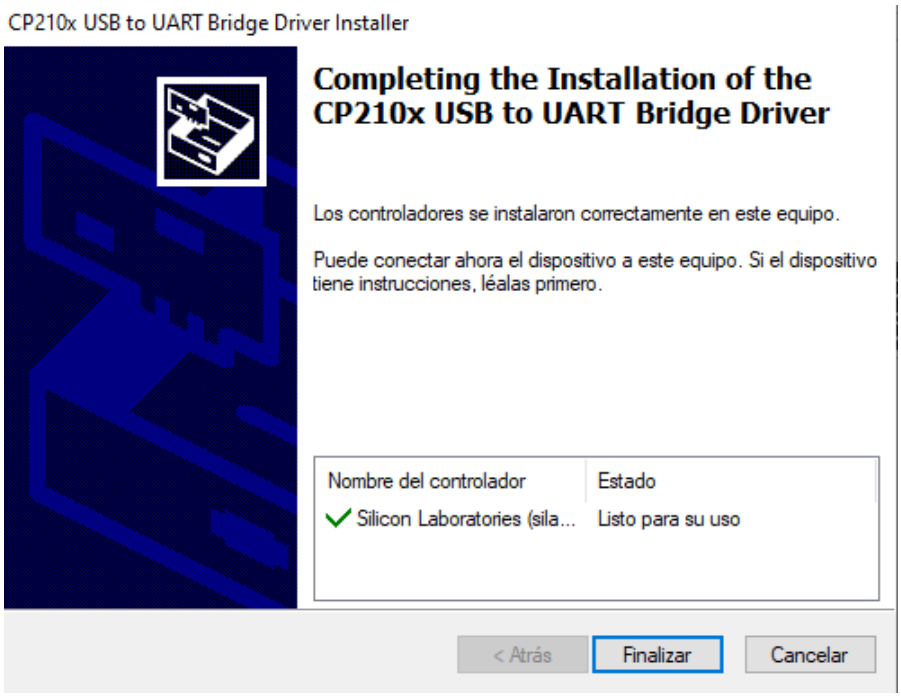
3.-Se descargará un archivo .zip, extraer la información.

4.- Click en “CP210xVCPInstaller_x64”



5.-Seguir los pasos de instalación

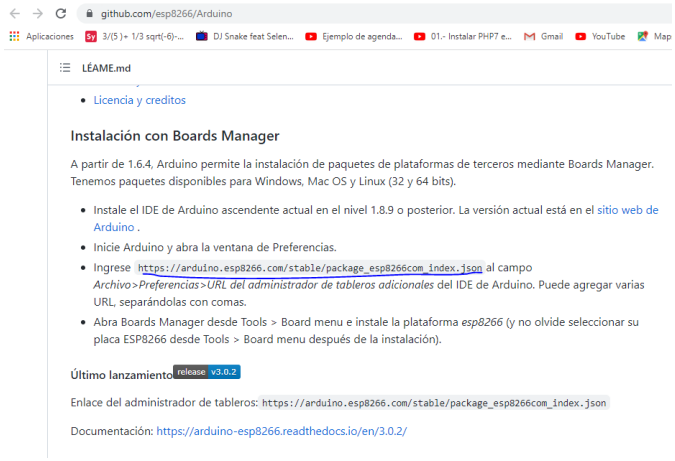




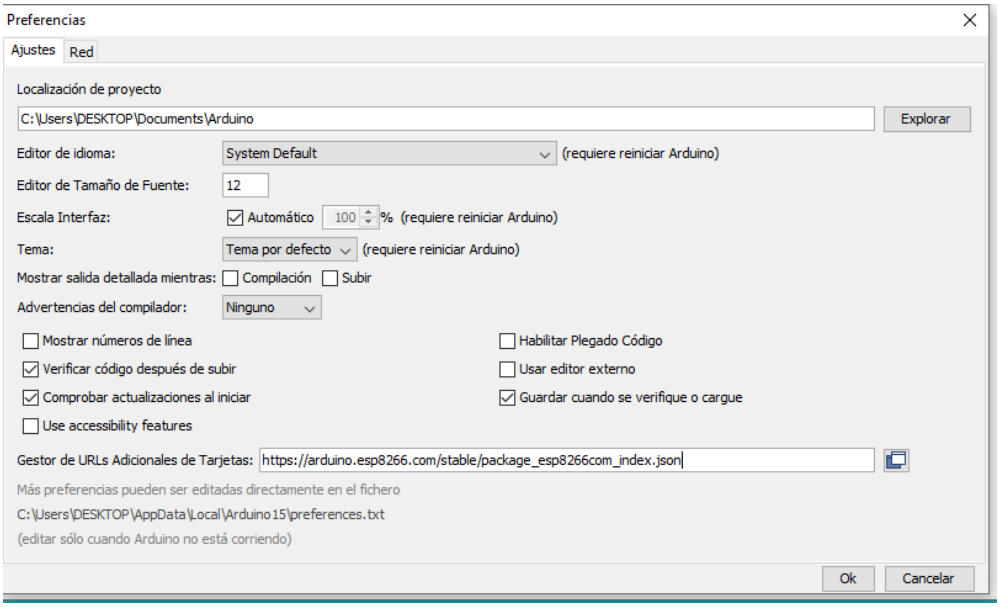
6.- Una vez finalizada la instalación el puesto de trabajo o la estación base reconocerá la placa esp8266

5.3 Configuración IDE

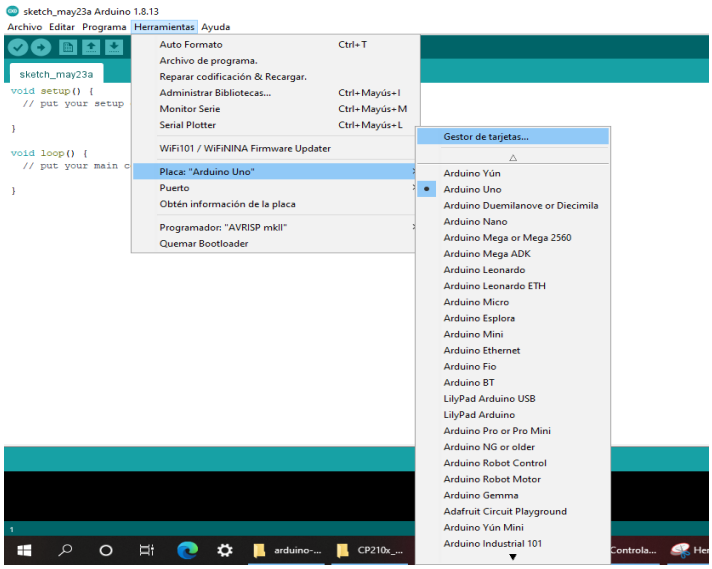
1.-Abrir el siguiente link https://github.com/esp8266/Arduino para instalar esp8266 en el IDE de Arduino



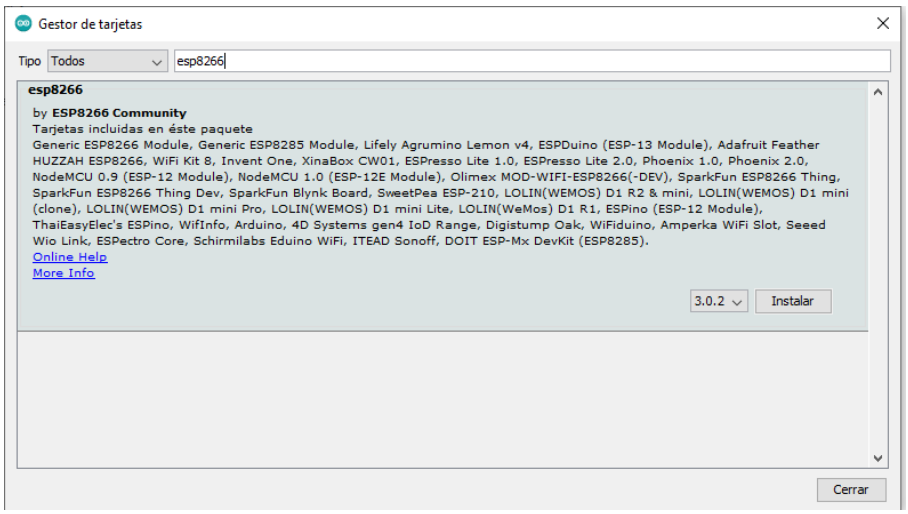
2.- Copiar el siguiente link https://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json dando click en Archivo Preferencias y luego adjuntarlo en Gestores de URL.

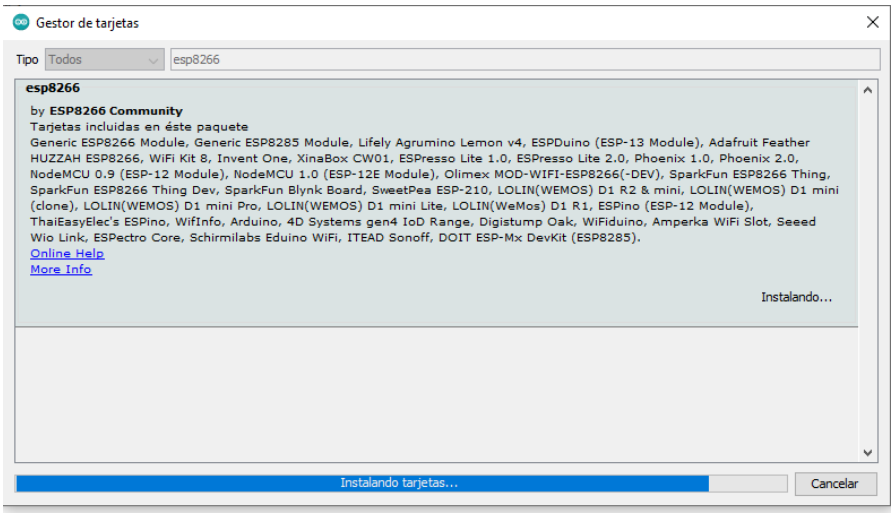


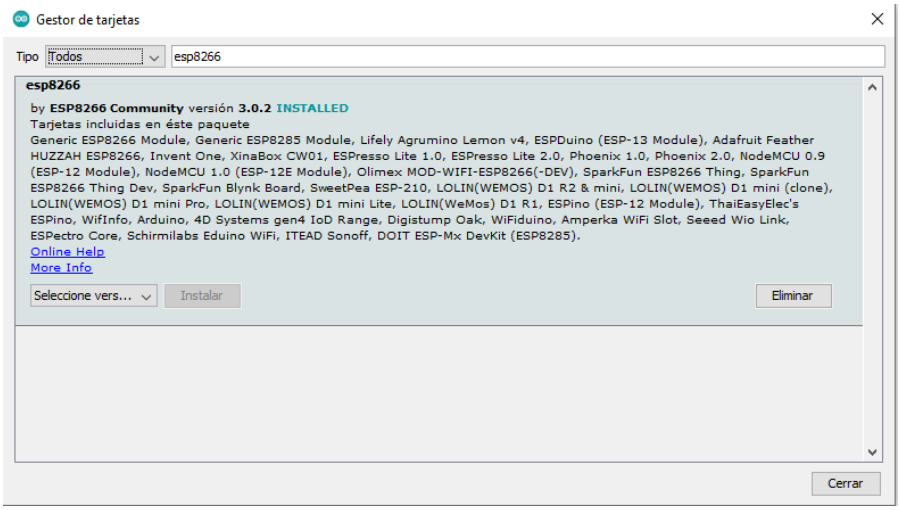
3.- Acceder a Placa Arduino, Gestor de Tarjetas



4.- Buscar la placa esp8266 e instalarla

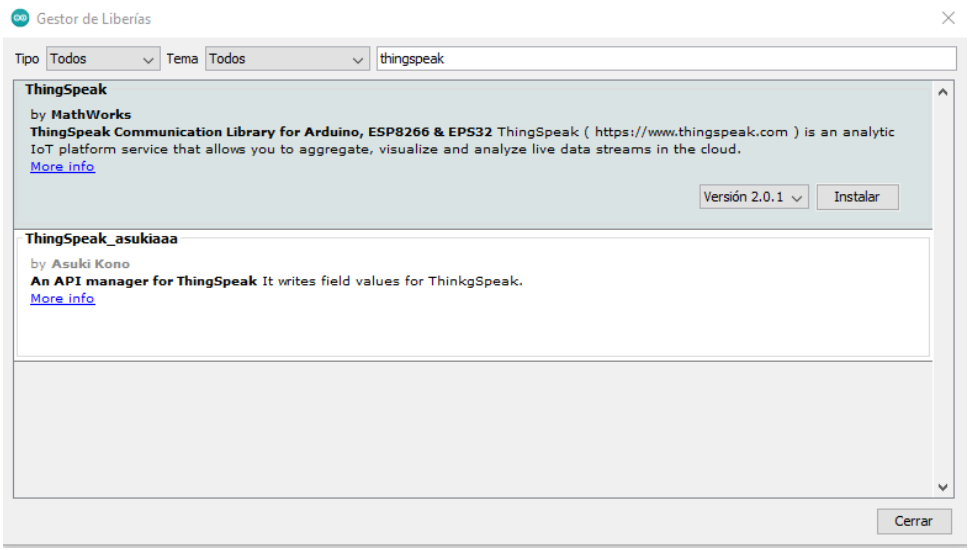




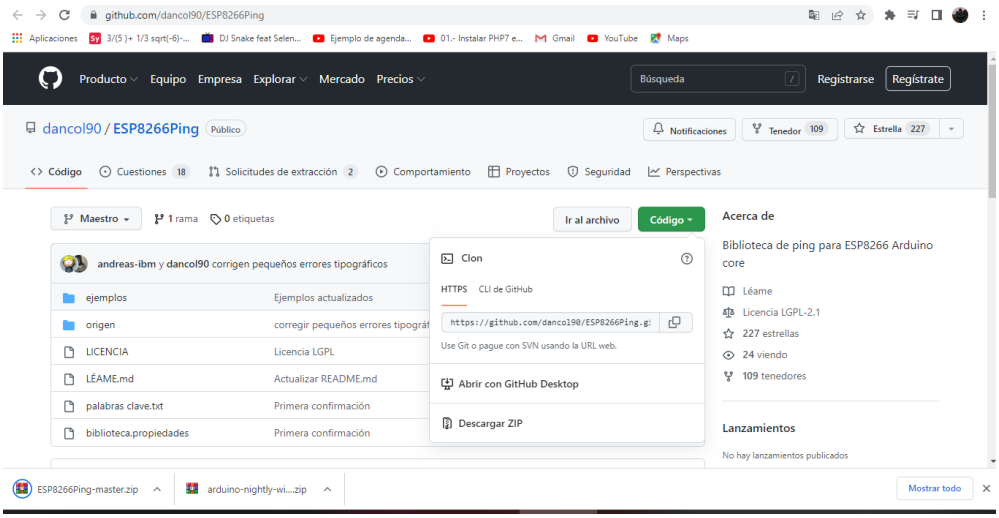


5.- Una vez terminado este paso ya se puede utilizar la placa esp8266 en el IDE de Arduino

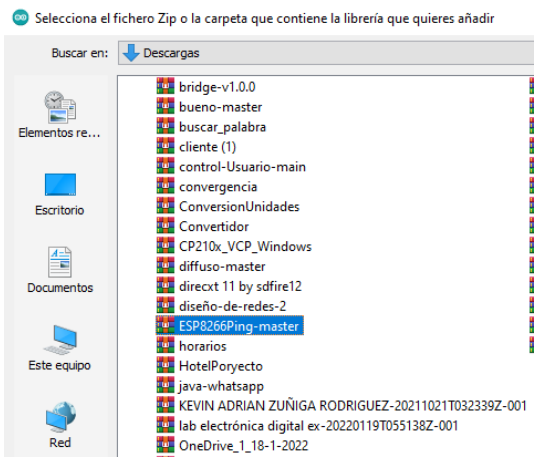
6.-Buscar “ThingSpeak” en gestor de librerías e instalar



7.- Acceder al siguiente https://github.com/dancol90/ESP8266Ping y descargar las librerías para WiFi

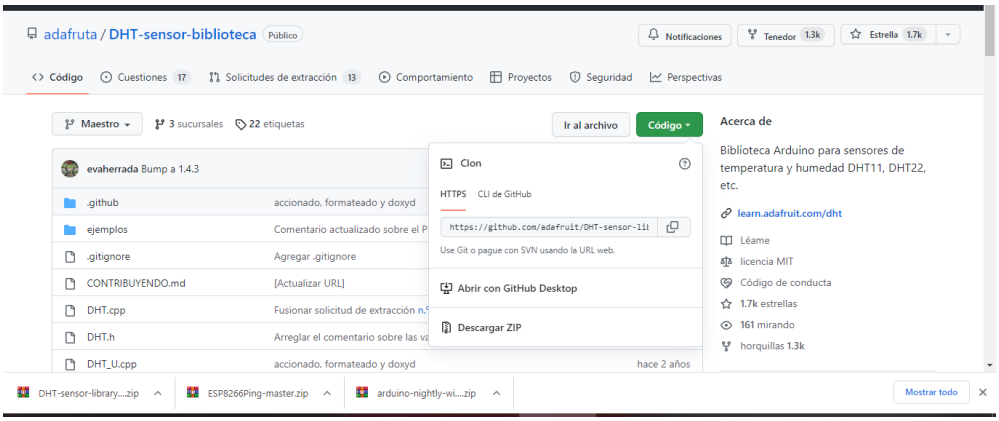


8.- Situarse en Añadir Librerías y escoger el zip descargado

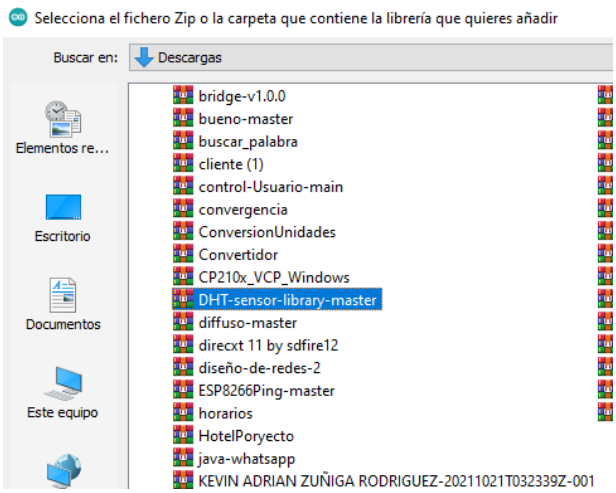


9.- La librería ha sido añadida

10.- Para añadir librerías DTH acceder al siguiente link
https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library



11.- Añadir librería

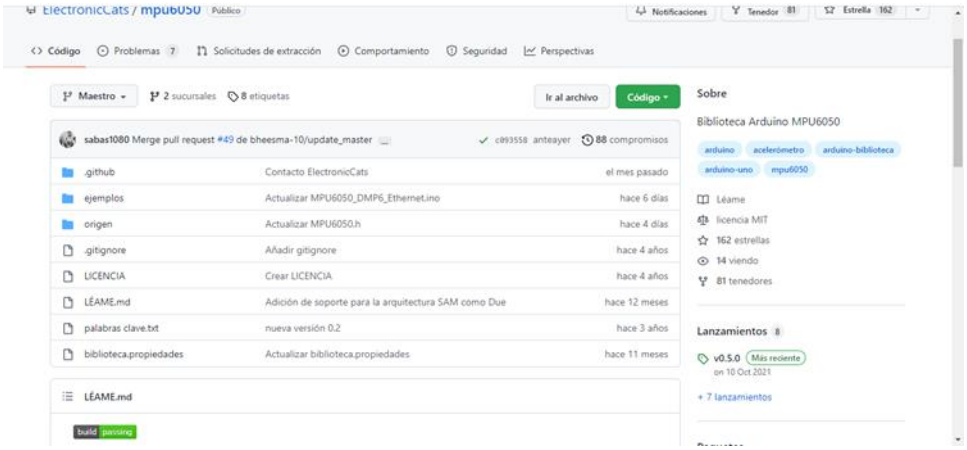


12.- Verificar librería añadida

Librería añadida a sus librerías. Revise el menú "Incluir Librería"

Librería añadida a sus librerías. Revise el menú "Incluir Librería"

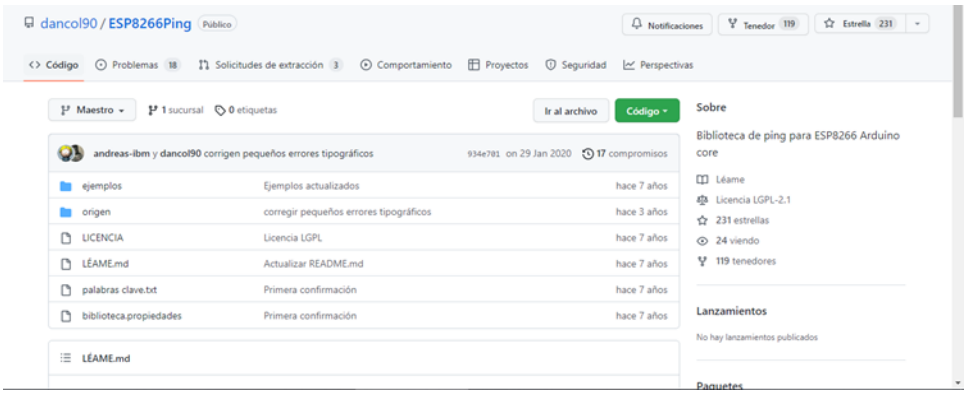
13.- Para añadir las librerías del sensor mpu650 acceder al siguiente link https://github.com/ElectronicCats/mpu6050



14.- Verificar librería añadida

Librería añadida a sus librerías. Revise el menú "Incluir Librería"

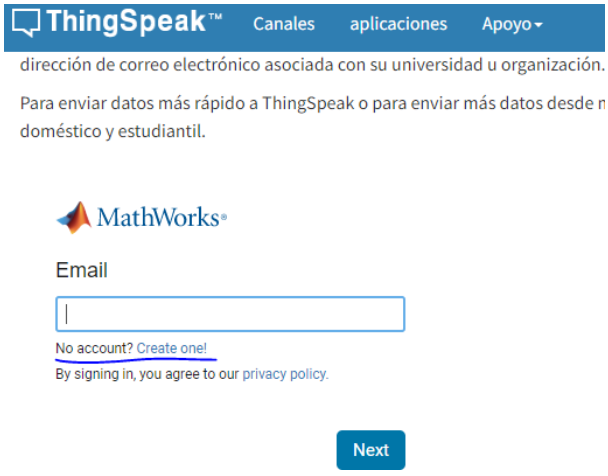
15.- Añadir librería WiFi, acceder al siguiente link https://github.com/dancol90/ESP8266Ping



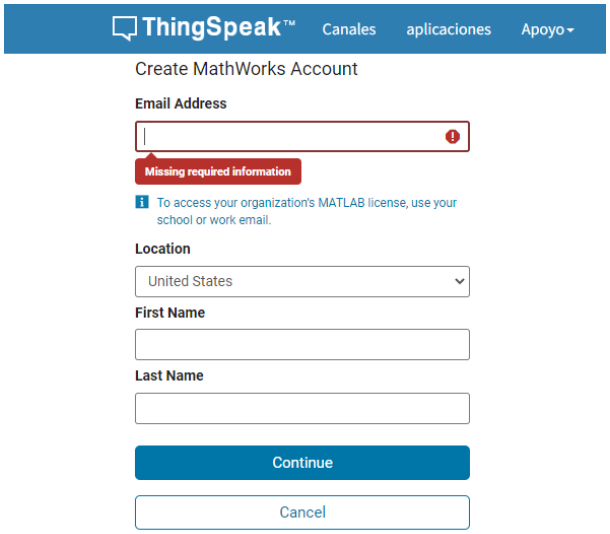
5.4 Configuración de la estacion de monitoreo en ThingSpeak

1.- Acceder al siguiente link https://thingspeak.com/

2.-Click en https://thingspeak.com/login?skipSSOCheck=true luego situarse en “Create One”

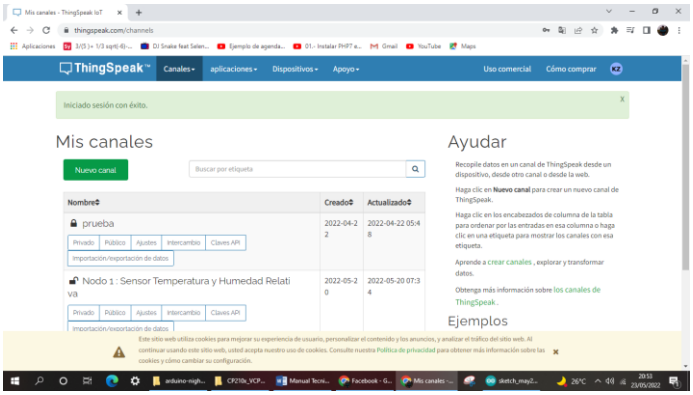


3.-Llenar los campos



4.-Una vez creada la cuenta, confirmar vía correo electrónico e iniciar sesión

5.-Una vez iniciada ya se puede comenzar a trabajar con esta plataforma



Anexo VI: Código del prototipo

```
#include <Adafruit_MPU6050.h>// librería para acelerómetro mpu650

#include <Adafruit_Sensor.h>//librería para sensors en general

#include <Wire.h>

#include <ESP8266WiFi.h>//libreria para conexion a WiFi

#include <ESP8266Ping.h>

#include <ThingSpeak.h>// libreria para la estación de monitoreo en ThingSpeak

#define LEDVERDE D5  //Semáforo

#define LEDAMARILLO D6

#define LEDROJO D7

#define BUZZER D3 //Alarma

Adafruit_MPU6050 mpu; //declaracion variable mpu

const char* ssid     = " Huawei-Mora"; //credenciales de acceso del Ap

const char* password = "master1020.";

WiFiClient  client;

const char* server = "api.thingspeak.com";

unsigned long numeroCanal =1741712; // numero de Canal de ThingSpeak

//const char * WriteAPIKey = "N3FHF94R35H3G4CX"; //codigo para enlazar los datos a ThingSpeak

String apiKey = "N3FHF94R35H3G4CX";

unsigned long ultimoTiempo = 0;

unsigned long intervaloEnvio = 20000;

Adafruit_MLX90614 termometroIR = Adafruit_MLX90614();  //creacion de objeto para el sensor de temperatura del suelo

//declaración de variables globales

int avg_time_ms;

float v;

float v2;

float temporal;

int vsensor1 =D0;

float segundos;
```

```
int lectura;
int humedad;
float temperatura;
float temperaturaSuelo;
float temperaturaAmbiente;
int sensorMin = 1023;
int sensorMax = 0;
const IPAddress remote_ip(8, 8, 8, 8);//ping hacia Google
void setup(void) {
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial)
    delay(10);
  Serial.println("Adafruit MPU6050 test!");
  // Filtro para obtener aceleraciones
  if (!mpu.begin()) {
    Serial.println("Failed to find MPU6050 chip");
    while (1) {
      delay(10); }}
  Serial.println("MPU6050 Found!");
  mpu.setAccelerometerRange(MPU6050_RANGE_8_G);
  Serial.print("Accelerometer range set to: ");
  switch (mpu.getAccelerometerRange()) {
  case MPU6050_RANGE_2_G:
    Serial.println("+-2G");
    break;
  case MPU6050_RANGE_4_G:
    Serial.println("+-4G");
    break;
  case MPU6050_RANGE_8_G:
    Serial.println("+-8G");
```

```
  break;
case MPU6050_RANGE_16_G:
  Serial.println("+-16G");
  break;}
mpu.setGyroRange(MPU6050_RANGE_500_DEG);
Serial.print("Gyro range set to: ");
switch (mpu.getGyroRange()) {
case MPU6050_RANGE_250_DEG:
  Serial.println("+- 250 deg/s");
  break;
case MPU6050_RANGE_500_DEG:
  Serial.println("+- 500 deg/s");
  break;
case MPU6050_RANGE_1000_DEG:
  Serial.println("+- 1000 deg/s");
  break;
case MPU6050_RANGE_2000_DEG:
  Serial.println("+- 2000 deg/s");
  break;  }
mpu.setFilterBandwidth(MPU6050_BAND_5_HZ);
Serial.print("Filter bandwidth set to: ");
switch (mpu.getFilterBandwidth()) {
case MPU6050_BAND_260_HZ:
  Serial.println("260 Hz");
  break;
case MPU6050_BAND_184_HZ:
  Serial.println("184 Hz");
  break;
case MPU6050_BAND_94_HZ:
  Serial.println("94 Hz");
```

```
    break;
  case MPU6050_BAND_44_HZ:
    Serial.println("44 Hz");
    break;
  case MPU6050_BAND_21_HZ:
    Serial.println("21 Hz");
    break;
  case MPU6050_BAND_10_HZ:
    Serial.println("10 Hz");
    break;
  case MPU6050_BAND_5_HZ:
    Serial.println("5 Hz");
    break;}
  Serial.println("");
  delay(100);
  Serial.print("Conectando ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");}
  Serial.println("");
 //Conexión al Ap
  Serial.println("Conectado WiFi");
  Serial.print("Direccion IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.print("Pinging ip ");
  Serial.println(remote_ip);
  ThingSpeak.begin(client);  //conexion a ThingSpeak
```

```
  pinMode(LEDVERDE, OUTPUT);
  pinMode(LEDAMARILLO, OUTPUT);
  pinMode(LEDROJO, OUTPUT);
  apagarLEDS();// inicialmente los leds se encontraran apagados
  termometroIR.begin()//iniciar sensor de temperatura;}
void loop() {
leer_mpu();//llamado de función sensor mpu650
leer_humedad();//llamado de función sensor yl69
umbrales();//llamado a los condicionales
float measurement1 =vibration1();
v2 = (measurement1/1000);
delay(500);
//Envio de datos a ThingSpeak mediante el protocolo http
if (client.connect(server, 80)) { // "184.106.153.149" or api.thingspeak.com
        String postStr = apiKey;
        postStr += "&field1=";
        postStr += String(temperaturaSuelo);
        delay(5000);
        postStr += "&field2=";
        postStr += String(humedad);
        delay(1000);
        postStr += "&field3=";
        postStr += String(v);
        delay(500);
        /*  postStr += String(gatewayID);
        postStr += "&field4=";
        postStr += String(deviceID);
        postStr += "\r\n\r\n";*/
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
```

```
        client.print("Connection: close\n");
        client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + apiKey + "\n");
        client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
        client.print("Content-Length: ");
        client.print(postStr.length());
        client.print("\n\n");
        client.print(postStr);
        Serial.println("---- Data sent to Thingspeak ----");
       /* Serial.print("Device ID: ");
        Serial.print(deviceID);*/
        Serial.println(" Temperatura:"+String(temperaturaSuelo));
        //Serial.print(temperatura);
        Serial.println("Humedad:"+String(humedad));
        //Serial.print(humedad);
        Serial.println("Velocidad sismica:"+String(v));
        //Serial.print(v);
        Serial.println(""); }
      delay(1000);
      client.stop();}
void leer_mpu(){
  sensors_event_t a, g, temp;
  mpu.getEvent(&a, &g, &temp);
//Calibrando mpu650
 temporal = sqrt(pow((a.acceleration.x+0.30),2) + pow((a.acceleration.y)+0.04),2) +
pow((a.acceleration.z)+0.20),2));
 v=(temporal/100);//Factor de conversion
  delay(500);  }
void leer_temperatura(){
  temperaturaAmbiente = termometroIR.readAmbientTempC();
  temperaturaSuelo = termometroIR.readObjectTempC() -(0.10);//Calibrando mxl90614}
void leer_humedad(){
```

```
//Calibrando sensor yl69
while (millis() < 5000) {
 sensorValue = analogRead(analogRead(A0));
 if (sensorValue > sensorMax) {
sensorMax = sensorValue; }
 if (sensorValue < sensorMin) {
sensorMin = sensorValue; } }
lectura= analogRead(A0);
humedad = map(lectura, sensorMin, sensorMax,0,100);
delay(1000);  }
long vibration1(){
  long measurement1=pulseIn (vsensor1, HIGH);
  return measurement1;}
//Condicionales
void umbrales(){
   if((v>=0.00 && v<=1.1)||(temperatura>=0 && temperatura<37) || (humedad>=0 &&
humedad<=33) ){
     Serial.println("Nivel de riesgo bajo");
   digitalWrite(LEDVERDE, HIGH);
   digitalWrite(LEDAMARILLO,LOW);
   digitalWrite(LEDROJO, LOW);}
   if((v>=1.20 && v<3.4)||(temperatura>=38 && temperatura<66) || (humedad>33 &&
humedad<66) ){
     Serial.println("Nivel de riesgo medio");
    digitalWrite(LEDAMARILLO, HIGH);
   digitalWrite(LEDROJO, LOW);
   digitalWrite(LEDVERDE, LOW);    }
   if((v>=3.4)||(temperatura>=66 && temperatura<=100) || (humedad>=66 &&
humedad<100)){
   Serial.println("Nivel de riesgo alto");
   Serial.println("Alarma Activada");
   digitalWrite(LEDROJO, HIGH);
```

```
  tone(BUZZER, 4000, 5000);
  digitalWrite(LEDAMARILLO,LOW);
  digitalWrite(LEDVERDE, LOW);}  }
void apagarLEDS(){
digitalWrite(LEDVERDE, LOW);
digitalWrite(LEDAMARILLO, LOW);
digitalWrite(LEDROJO, LOW); }
```

Anexo VII: Orientación de uso del prototipo IoT

OBJETIVOS DEL DISEÑO

Aplicación en el campo de la ingeniería civil

El diseño ofrece ser un apoyo más a los estudios geotécnicos que permiten conocer la resistencia a la corte de un suelo mediante un prototipo IoT.

La propiedad de los suelos para soportar cargas y conservar su estabilidad, depende de la resistencia al corte de los suelos. Cualquier masa de suelo se rompe cuando esta resistencia es superada.

De acuerdo con la ecuación de Coulomb: t = c+s.tg f se puede afirmar que la resistencia al corte de un suelo se compone básicamente de dos componentes: la cohesión y el ángulo de rozamiento entre las partículas.

Se considera ángulo de rozamiento interno de un suelo, al ángulo que las partículas hacen entre sí debido a las fuerzas de rozamiento. La cohesión resulta de la presión capilar del agua contenida en los suelos. Puede también deberse a las fuerzas electroquímica de atracción de las partículas de arcilla.

Cohesión: Es la propiedad básica de un suelo fino de ofrecer resistencia a cambiar de forma, debido a la ligazón de las partículas, la cohesión determina la resistencia al corte de las masas de suelo.

En ensayos realizados en el laboratorio se ha demostrado que la cohesión se incrementa con el contenido de humedad hasta un punto máximo y luego decrece conforme aumenta el contenido de humedad.

El estudio de la mecánica de suelos en la estabilidad de taludes nos hace conocer que la resistencia al corte de un suelo depende de un parámetro como es la cohesión y que está a su vez está ligada a la humedad, nuestra investigación pretende en un futuro relacionar los datos de humedad del suelo arrojados por nuestro prototipo IoT con los analizados en un laboratorio de mecánica de suelos y poder llegar a una conclusión que permita monitorear quizá no de una manera exacta pero que sirva

para darnos una idea aproximada de lo que está sucediendo con esa masa de suelo y de esta manera poder alertar sobre un posible colapso.

El presente estudio también se proyecta a determinar a qué ritmo se produce el desgaste de los suelos por temperatura ya que nos encontramos en clima cálido.

La erosión por temperatura ocurre debido a temperaturas altas o bajas; el frío o el calor pueden agrietar las rocas y el suelo. Ante temperaturas altas, las rocas se expanden y se agrietan; cuando las rocas se congelan, la llamada gelifracción o gelivación, ocurre lo mismo. Las rocas se congelan cuando se filtra agua de lluvia, de rocío o procedente de deshielo en sus grietas y poros.

Los deslizamientos son causados cuando la fuerza de la gravedad moviliza la roca, el derrubio o los suelos por la pendiente. Son una de las formas de erosión que se llama desgaste de masas y que es definido, de manera general, como la erosión que involucra como agente causante del movimiento a la gravedad. Por lo que la aplicación de un acelerómetro usando el principio de aceleración total para obtener una velocidad sísmica en cm/s2 será de suma importancia.

El prototipo IoT, deberá monitorear las temperaturas del suelo a través del tiempo durante la estación seca que va de los meses de mayo a diciembre y observar a qué ritmo la temperatura está afectando al desgaste de los suelos que se obtendrán con los resultados obtenidos en laboratorio de mecánica de suelos. De esta manera se podrá obtener un dato estadístico que servirá como campo de estudio sobre el avance del desgate de los suelos por temperatura dependiendo de la zona y de la característica del suelo.

Aplicación en la detección de sismos de cualquier magnitud.

Los movimientos telúricos son causa de deslizamientos de tierra en taludes, por eso el diseño se proyecta a determinar la velocidad sísmica generada por bajas y altas vibraciones en un periodo de tiempo.

La escala de Richter (considerada según la energía liberada) y la escala de Mercalli (que estudia los daños provocados) son las populares.

Previamente se deberá hacer un estudio del tipo de material y las características geológicas del suelo a fin de que los profesionales puedan observar o determinar a qué daños podemos llegar en la escala de Mercalli si se produjera un sismo de intensidad variable medido por medio del prototipo IoT.

Ya que el dispositivo cuantifica la magnitud del temblor se plantea también el uso del prototipo IoT como un sistema de alerta temprana para dar aviso a la población por medio de una fuente sonora que la magnitud del sismo ha llegado a niveles que de ir creciendo podrían ocasionar colapso en la estructura mecánica del suelo, daños en la estructura de las edificaciones y accidentes mortales. De esta manera la ciudadanía tendrá un tiempo de respuesta para dirigirse a zonas establecidas como seguras.

Anexo VIII: Constancia de validación por parte de los ingenieros civiles

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien subscribe, Ing. Angel Vizueta con C.I. 0911810479, mediante la presente hago constar que el prototipo utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado denominado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**", (elaboración de un prototipo el cual, mediante el monitoreo de las vibraciones, temperatura y humedad del suelo se pueda alertar a las personas de un deslizamiento de tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el documento denominado: "***Orientación del uso del prototipo IoT***", en el que se detallan los objetivos a perseguir siendo un apoyo más para la ciencia y la técnica de la ingeniería civil así como un dispositivo que alerte a la ciudadanía de magnitudes de sismos que puedan afectar la integridad física de las personas) realizado por los estudiantes: **BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN** con C.I: 1729362127 y **ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN** con C.I: 0941355216, aspirantes al Título de Ingenieros en Networking y Telecomunicaciones en la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos planteados en el trabajo de titulación.

Atentamente,

Ing. Civil Angel Vizueta Taboada

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien subscribe, Ing. William Suasnavas con C.I. 0916633180 mediante la presente hago constar que el prototipo utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado denominado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**", (elaboración de un prototipo el cual, mediante el monitoreo de las vibraciones, temperatura y humedad del suelo se pueda alertar a las personas de un deslizamiento de tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el documento denominado: "***Orientación del uso del prototipo IoT***", en el que se detallan los objetivos a perseguir siendo un apoyo más para la ciencia y la técnica de la ingeniería civil así como un dispositivo que alerte a la ciudadanía de magnitudes de sismos que puedan afectar la integridad física de las personas) realizado por los estudiantes: **BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN** con C.I: 1729362127 y **ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN** con C.I: 0941355216, aspirantes al Título de Ingenieros en Networking y Telecomunicaciones en la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos planteados en el trabajo de titulación.

Atentamente,

Ing. William Suasnavas

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien subscribe, Ing. MARIO PACHECO con C.I. 0914257837, mediante la presente hago constar que el prototipo utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado denominado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**", (elaboración de un prototipo el cual, mediante el monitoreo de las vibraciones, temperatura y humedad del suelo se pueda alertar a las personas de un deslizamiento de tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el documento denominado: "***Orientación del uso del prototipo IoT***", en el que se detallan los objetivos a perseguir siendo un apoyo más para la ciencia y la técnica de la ingeniería civil así como un dispositivo que alerte a la ciudadanía de magnitudes de sismos que puedan afectar la integridad física de las personas) realizado por los estudiantes: **BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN** con C.I: 1729362127 y **ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN** con C.I: 0941355216, aspirantes al Título de Ingenieros en Networking y Telecomunicaciones en la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos planteados en el trabajo de titulación.

Atentamente,

Ing. Civil Mario Pacheco Cabrera

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien subscribe, Ing. Darwin Díaz con C.I 0704002144 mediante la presente hago constar que el prototipo utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado denominado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**", (elaboración de un prototipo el cual, mediante el monitoreo de las vibraciones, temperatura y humedad del suelo se pueda alertar a las personas de un deslizamiento de tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el documento denominado: "***Orientación del uso del prototipo IoT***", en el que se detallan los objetivos a perseguir siendo un apoyo más para la ciencia y la técnica de la ingeniería civil así como un dispositivo que alerte a la ciudadanía de magnitudes de sismos que puedan afectar la integridad física de las personas) realizado por los estudiantes: **BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN** con C.I: 1729362127 y **ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN** con C.I: 0941355216, aspirantes al Título de Ingenieros en Networking y Telecomunicaciones en la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos planteados en el trabajo de titulación.

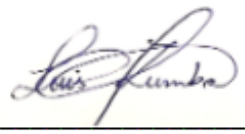
Atentamente,

Ing. Darwin Díaz Gordillo

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien subscribe, Ing. Zumba Quinde Luis Steveen con C.I. 0955705116, mediante la presente hago constar que el prototipo utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado denominado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**", (elaboración de un prototipo el cual, mediante el monitoreo de las vibraciones, temperatura y humedad del suelo se pueda alertar a las personas de un deslizamiento de tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el documento denominado: "***Orientación del uso del prototipo IoT***", en el que se detallan los objetivos a perseguir siendo un apoyo más para la ciencia y la técnica de la ingeniería civil así como un dispositivo que alerte a la ciudadanía de magnitudes de sismos que puedan afectar la integridad física de las personas) realizado por los estudiantes: **BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN** con C.I: 1729362127 y **ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN** con C.I: 0941355216, aspirantes al Título de Ingenieros en Networking y Telecomunicaciones en la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos planteados en el trabajo de titulación.

Atentamente,



Ing. Civil Luis Steveen Zumba Quinde

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Quien subscribe, Ing. Oswaldo Bravo con C.I. 0909052784, mediante la presente hago constar que el prototipo utilizado para la recolección de datos del trabajo de grado denominado: "**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN PROTOTIPO IoT PARA LA DETECCIÓN TEMPRANA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN ZONAS DE RIESGO DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**", (elaboración de un prototipo el cual, mediante el monitoreo de las vibraciones, temperatura y humedad del suelo se pueda alertar a las personas de un deslizamiento de tierra de acuerdo a los parámetros establecidos en el documento denominado: "***Orientación del uso del prototipo IoT***", en el que se detallan los objetivos a perseguir siendo un apoyo más para la ciencia y la técnica de la ingeniería civil así como un dispositivo que alerte a la ciudadanía de magnitudes de sismos que puedan afectar la integridad física de las personas) realizado por los estudiantes: **BENITES RAMIREZ FRANCIS MAYERLIN** con C.I: 1729362127 y **ZUÑIGA RODRIGUEZ KEVIN ADRIAN** con C.I: 0941355216, aspirantes al Título de Ingenieros en Networking y Telecomunicaciones en la Universidad de Guayaquil, reúnen los requisitos suficientes y necesarios para ser considerados válidos y confiables, y por lo tanto, aptos para ser aplicados en el logro de los objetivos planteados en el trabajo de titulación.

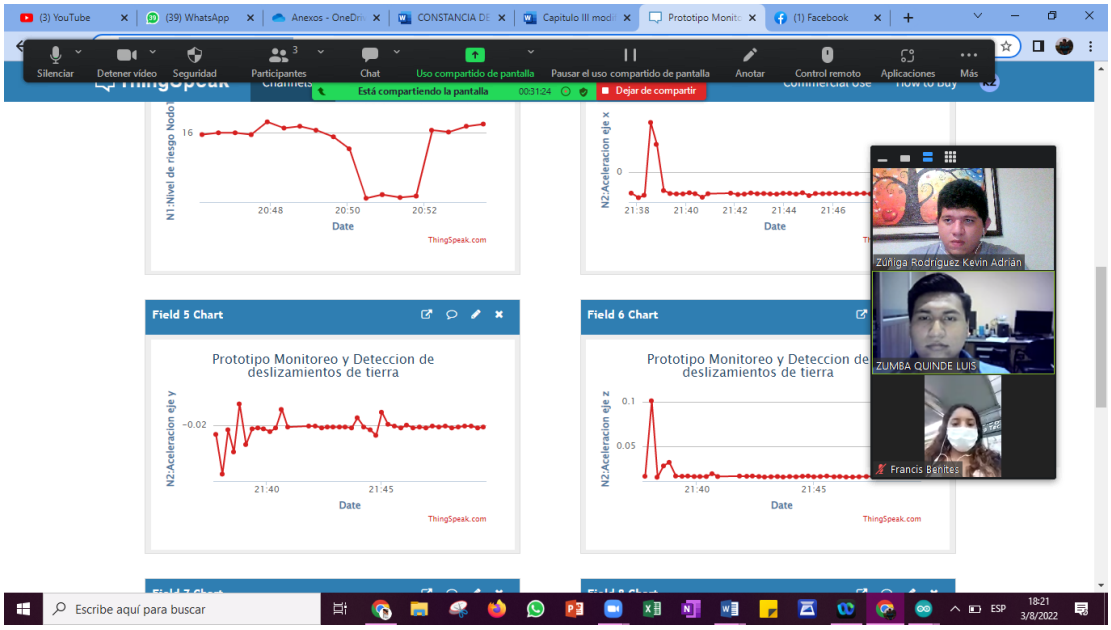
Atentamente,

Oswaldo Bravo

ING. Civil. Oswaldo Bravo.

Anexo IX: Reuniones con los ingenieros civiles

9.1 Ingeniero Zumba

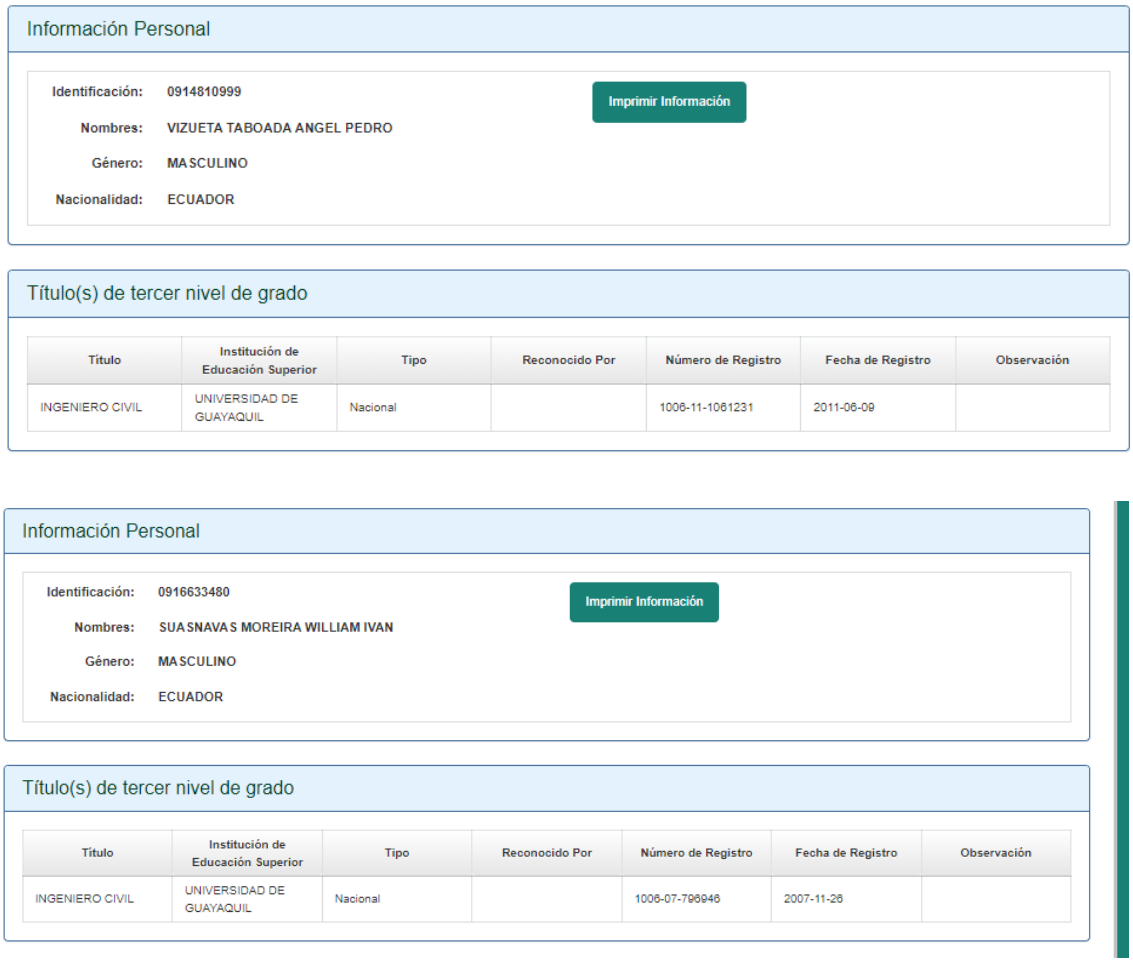


9.2 Ingeniero Díaz

9.3 Ingeniero Oswaldo Bravo

Anexo X: Registro de Senescyt de los ingenieros civiles que validaron el proyecto de titulación

.



Información Personal

Identificación: 0914810999
Nombres: VIZUETA TABOADA ANGEL PEDRO
Género: MASCULINO
Nacionalidad: ECUADOR

Imprimir Información

Título(s) de tercer nivel de grado

Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observación
INGENIERO CIVIL	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	Nacional		1006-11-1061231	2011-06-09	

Información Personal

Identificación: 0916633480
Nombres: SUASNAVAS MOREIRA WILLIAM IVAN
Género: MASCULINO
Nacionalidad: ECUADOR

Imprimir Información

Título(s) de tercer nivel de grado

Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observación
INGENIERO CIVIL	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	Nacional		1006-07-796946	2007-11-26	

Información Personal

Identificación: 0914257837
Nombres: PACHECO CABRERA MARIO EDGAR
Género: MASCULINO
Nacionalidad: ECUADOR

Imprimir Información

Título(s) de tercer nivel de grado

Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observación
INGENIERO CIVIL	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	Nacional		1006-11-1098401	2011-11-18	

Información Personal

Identificación: 0704002161
Nombres: DIAZ GORDILLO DARWIN GEOVANNY
Género: MASCULINO
Nacionalidad: ECUADOR

Imprimir Información

Título(s) de tercer nivel de grado

Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observación
INGENIERO CIVIL	UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA	Nacional		1011-16-1442975	2016-01-19	

Información Personal

Identificación: 0955705116
Nombres: ZUMBA QUINDE LUIS STEEVEN
Género: MASCULINO
Nacionalidad: ECUADOR

Imprimir Información

Título(s) de tercer nivel de grado

Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observación
INGENIERO CIVIL	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	Nacional		1006-2021-2316700	2021-06-23	

Información Personal

Identificación: 0909052284

Nombres: BRAVO MOREIRA OSWALDO DARWIN

Género: MASCULINO

Nacionalidad: ECUADOR

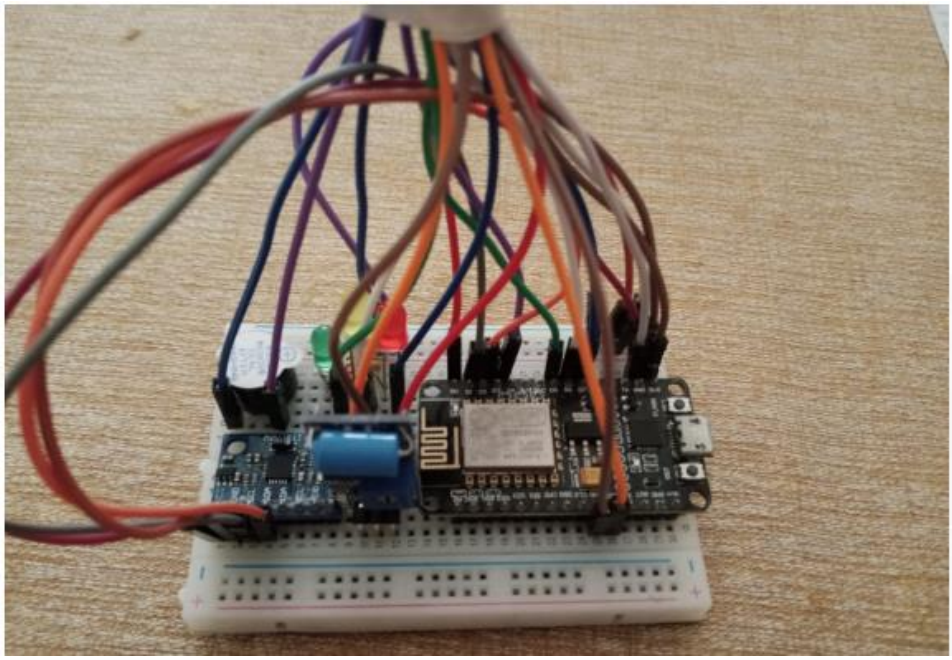
Imprimir Información

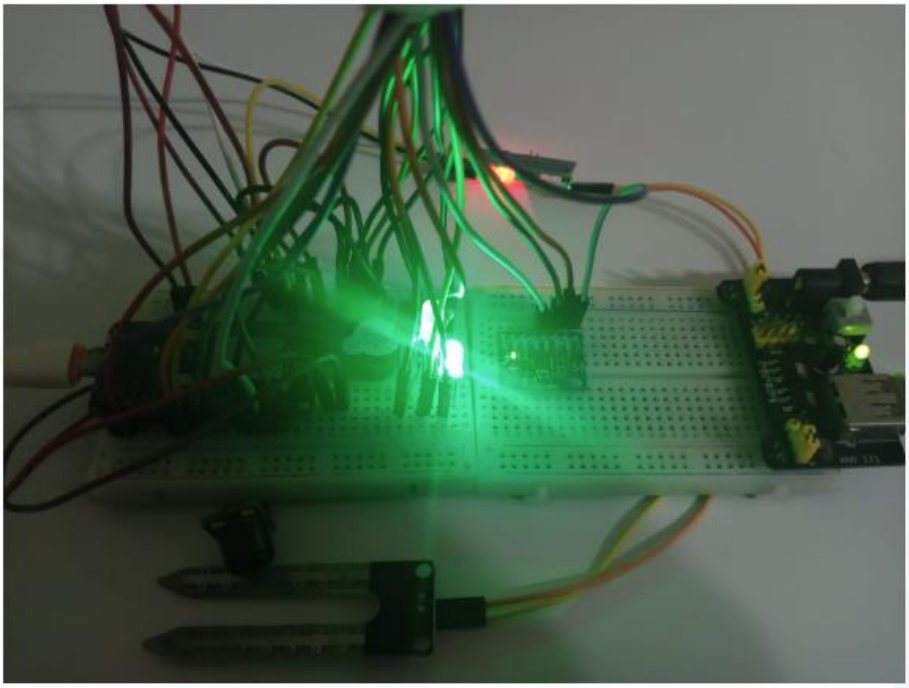
Título(s) de tercer nivel de grado

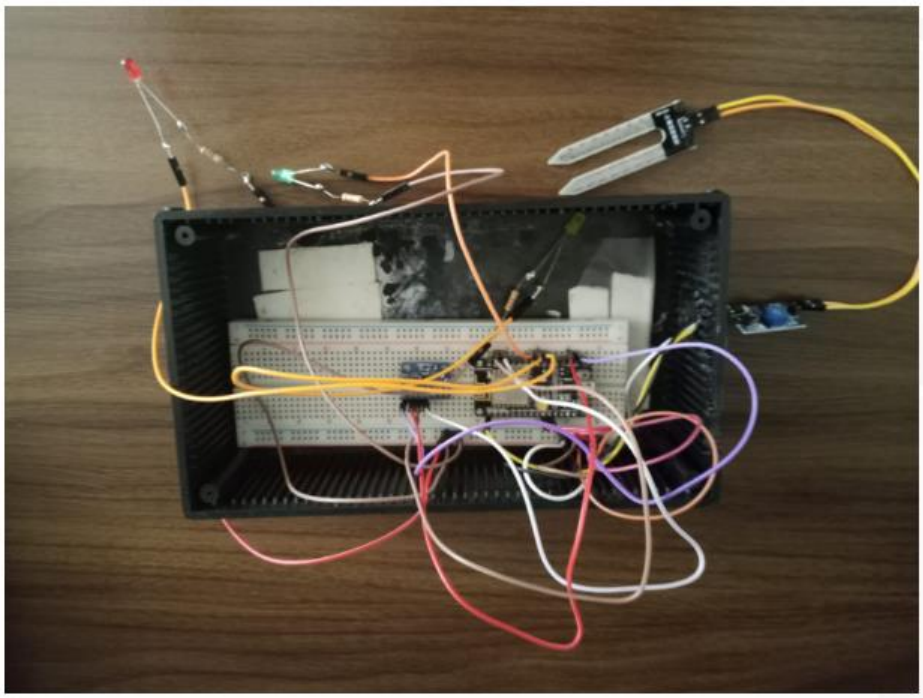
Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observación
INGENIERO CIVIL	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	Nacional		1006-11-1061237	2011-06-09	

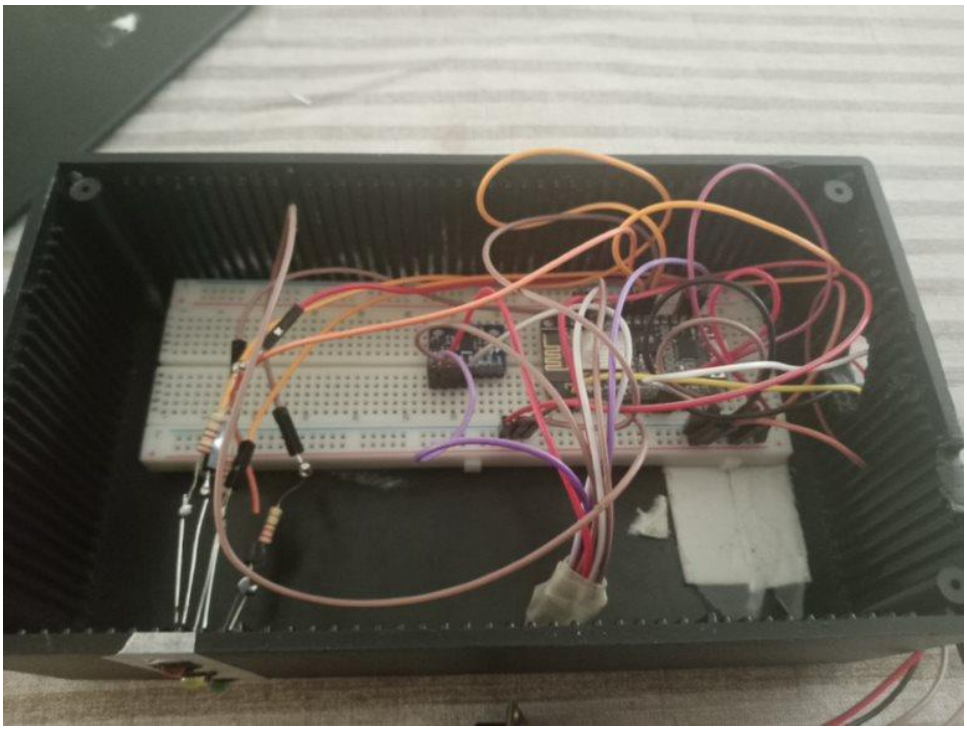
Anexo XI: Implementación y operación del prototipo

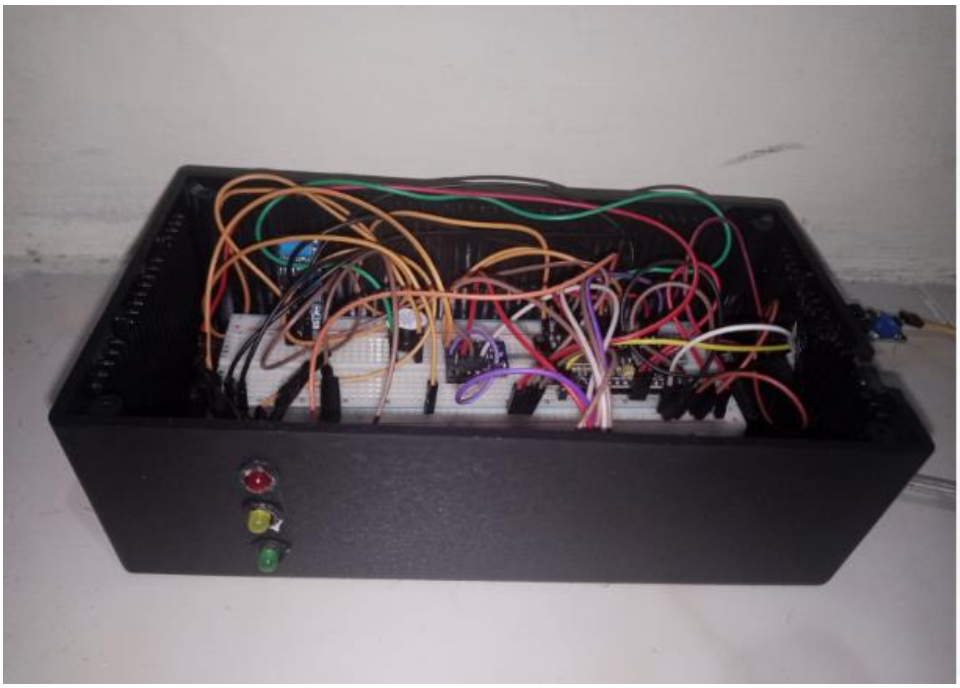
11.1 Nodo









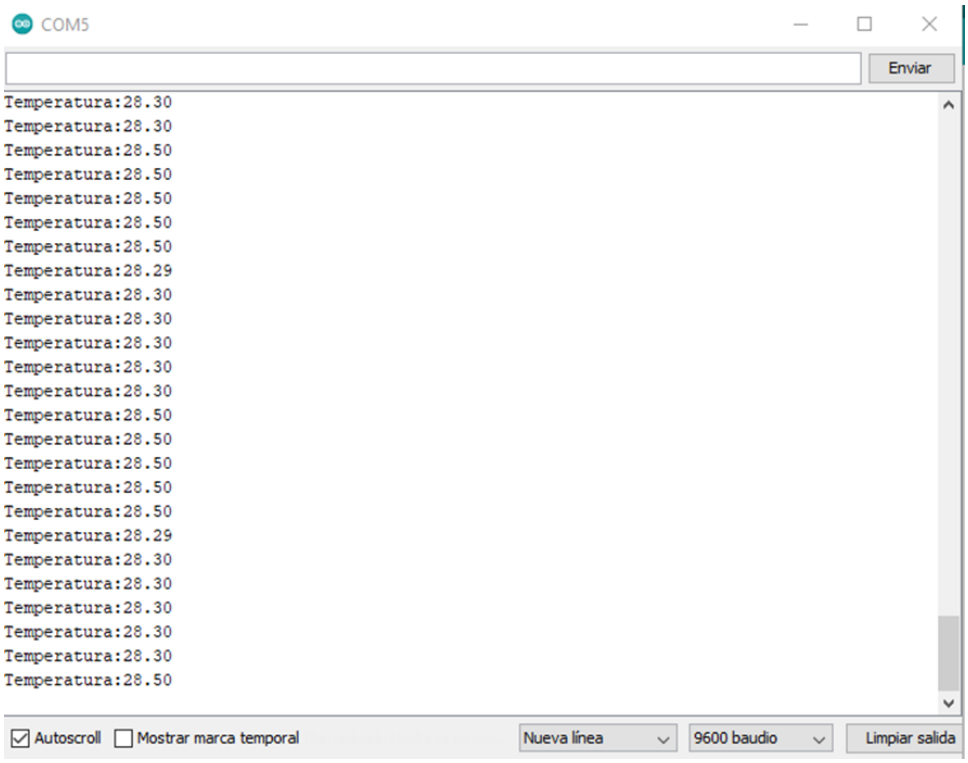


Anexo XII: Calibración de prototipo

12.1 Antes de calibración

12.1.1 Sensor de temperatura MLX90614

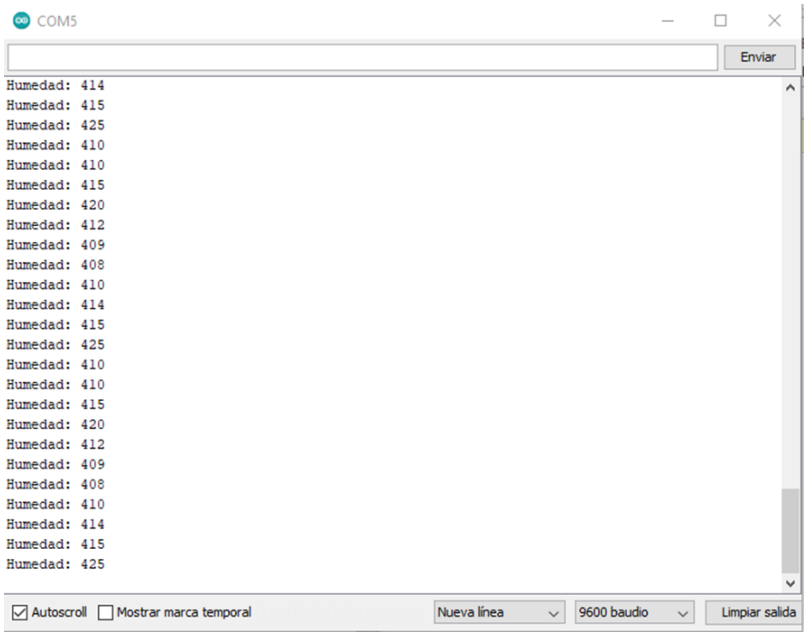
Inicialmente el sensor infrarrojo de temperatura mlx90614 mostraba las siguientes lecturas en una muestra del suelo a temperatura ambiente.



Las lecturas del termómetro digital mostraban un valor de 29.50

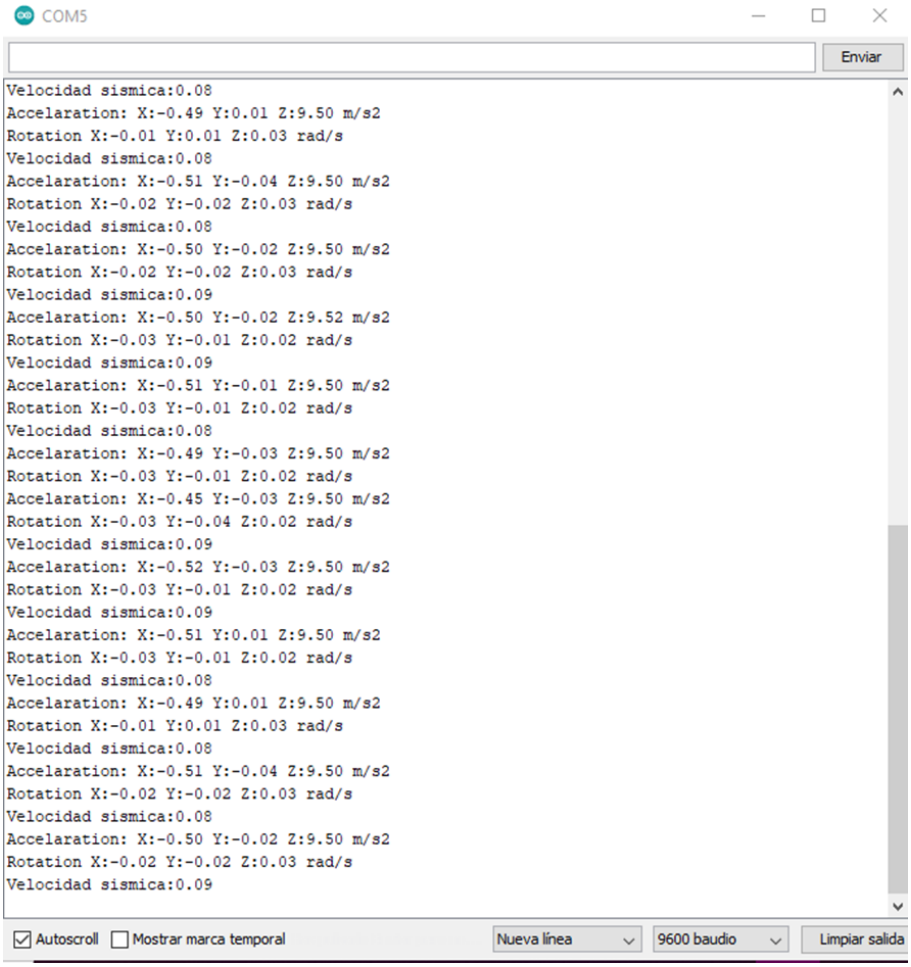
12.1.2 Sensor de humedad del suelo YL69

Las lecturas analógicas del sensor arrojan datos desde 1023 a 0 siendo el valor de 1023 el dato con menor humedad mientras que 0 el de mayor humedad. El sensor yl69 tomo medidas en 5 muestras de suelo mediante las lecturas analógicas en el pin A0.

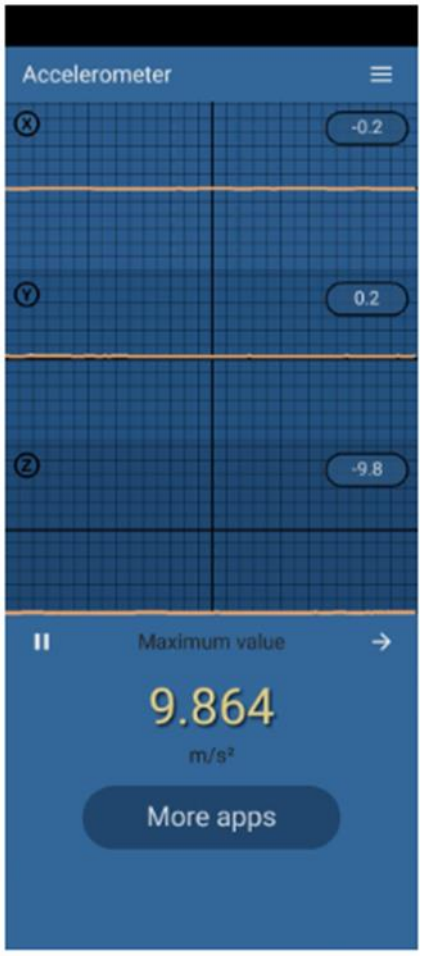


12.1.3 Sensor MPU650

Inicialmente las lecturas del sensor mpu650 en estado de reposo mostraban los siguientes valores.



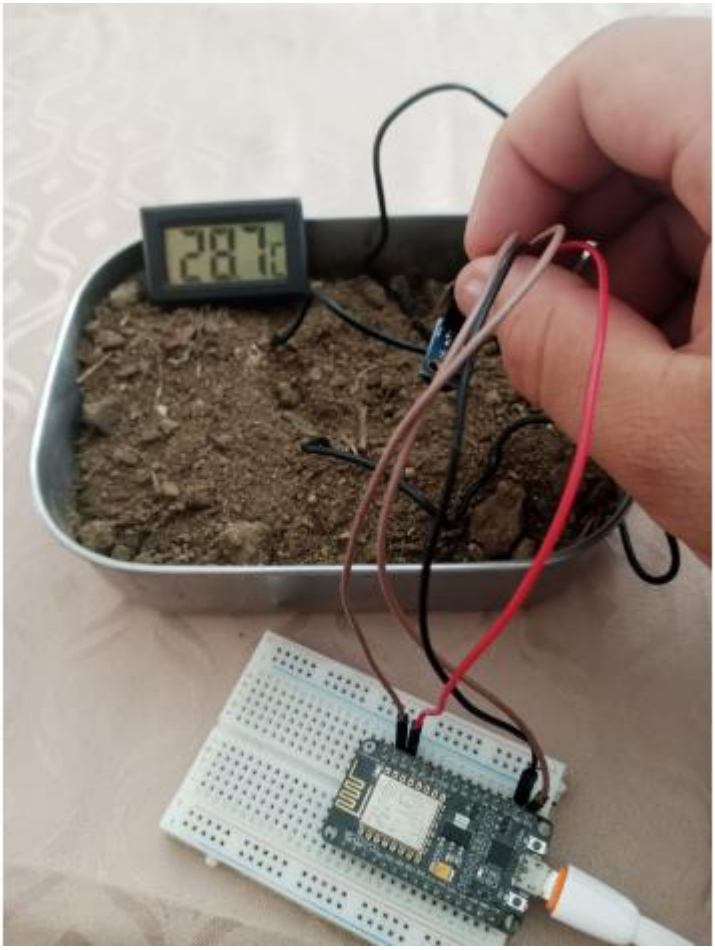
Mientras que las lecturas de la aplicación móvil del celular así mismo en estado de reposo mostraban los siguientes valores.

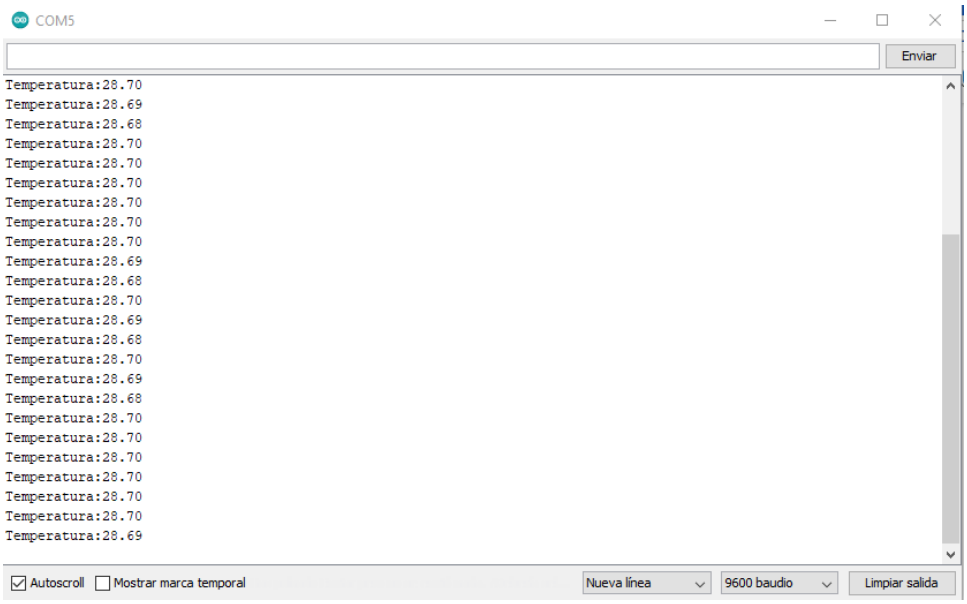


12.2 Después de calibración

12.2.1 Sensor de temperatura MLX90614

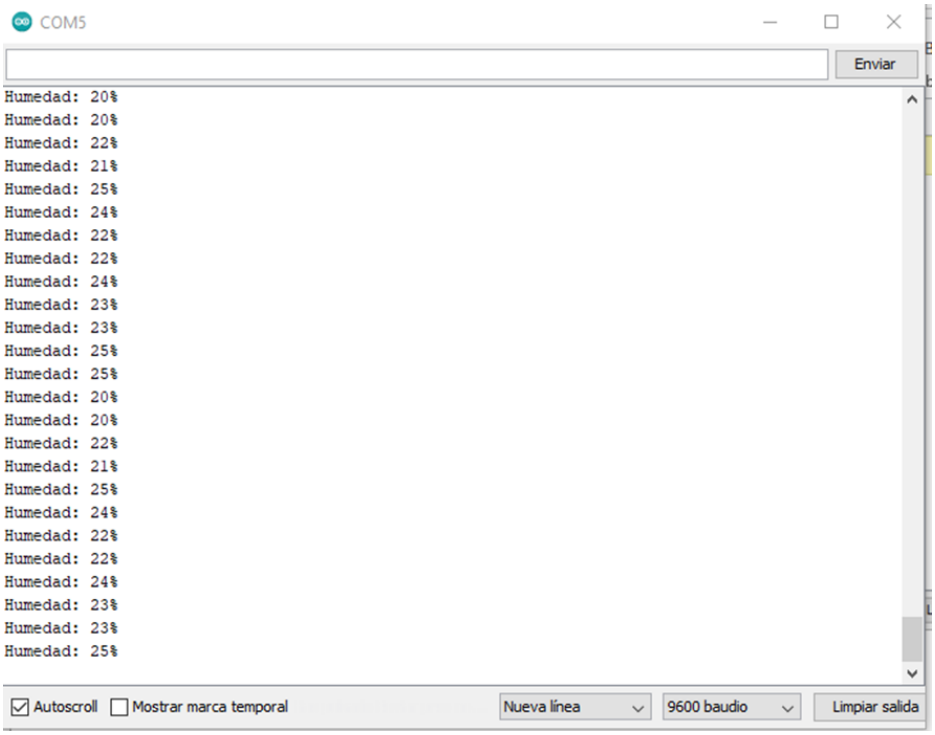
Una vez comparada las mediciones con el termómetro digital de superficies se realizó la respectiva calibración.





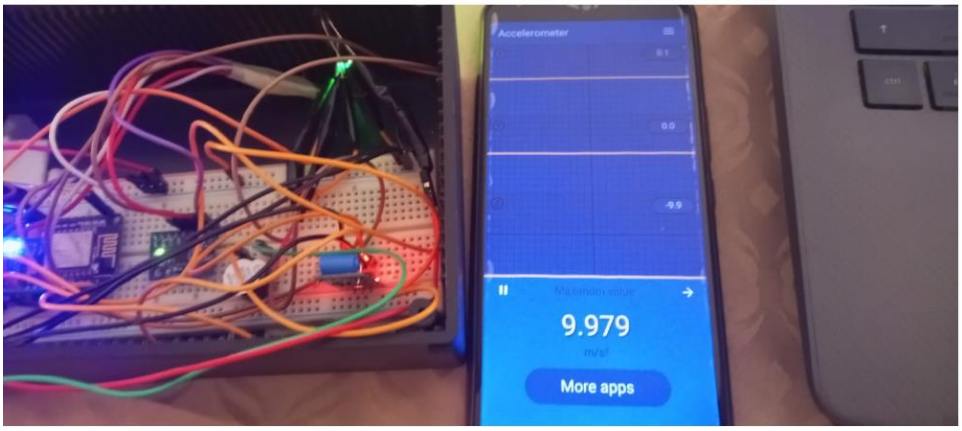
12.2.2 Sensor de humedad del suelo YL69

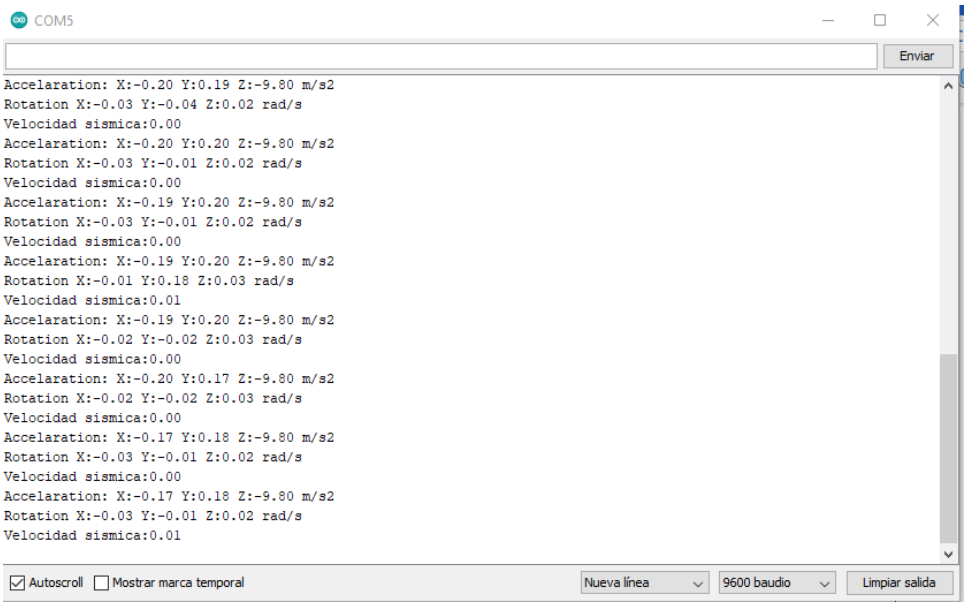
Al calibrar el sensor de humedad del suelo en relación al proceso gravimétrico con la función nmap en un rango de 0 a 100 la precisión en la humedad del suelo mejoro notablemente.



12.2.3 Sensor MPU650

Para una correcta calibración tanto el sensor mpu650 como el sensor de la aplicación móvil se mantuvieron en estado de reposo, por lo que a partir de esto se realizó la respectiva calibración.





Anexo XIII: Puesta en producción del prototipo