

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título
de Ingeniero Electrónico*

PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE GENERAL:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE POSICIONAMIENTO Y
DE LA TEMPERATURA DEL ENTORNO PARA GANADO BOVINO
UTILIZANDO UNA RED DE ÁREA LOCAL”**

AUTORES:

ALEX FERNANDO LOJA AGUILAR

EDWIN MAURICIO NAULA CEDACERO

TUTOR:

ING. FREDDY LEONARDO BUENO PALOMEQUE, MSc.

CUENCA - ECUADOR

2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Alex Fernando Loja Aguilar con documento de identificación N° 0105407548 y Edwin Mauricio Naula Cedacero con documento de identificación N° 0107049199, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE POSICIONAMIENTO Y DE LA TEMPERATURA DEL ENTORNO PARA GANADO BOVINO UTILIZANDO UNA RED DE ÁREA LOCAL”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Electrónico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero de 2022.



Alex Fernando Loja Aguilar

C.I. 0105407548



Edwin Mauricio Naula Cedacero

C.I. 0107049199

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE POSICIONAMIENTO Y DE LA TEMPERATURA DEL ENTORNO PARA GANADO BOVINO UTILIZANDO UNA RED DE ÁREA LOCAL”**, realizado por Alex Fernando Loja Aguilar y Edwin Mauricio Naula Cedacero, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque general*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero de 2022.



Ing. Freddy Leonardo Bueno Palomeque, MsC.

C.I 0103217659

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Alex Fernando Loja Aguilar con documento de identificación N° 0105407548 y Edwin Mauricio Naula Cedacero con documento de identificación N° 0107049199, autores del trabajo de titulación: “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE POSICIONAMIENTO Y DE LA TEMPERATURA DEL ENTORNO PARA GANADO BOVINO UTILIZANDO UNA RED DE ÁREA LOCAL**”, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con enfoque general* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero de 2022.



Alex Fernando Loja Aguilar

C.I. 0105407548



Edwin Mauricio Naula Cedacero

C.I. 0107049199

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especial a mis grandes amigos Edwin Naula y Francisco Brito quienes han sido parte en mi trayectoria de aprendizaje compartiendo conocimientos y aportando en proyectos llevados a cabo en la vida Universitaria.

Alex Fernando Loja Aguilar

Agradecimientos especial a dos grandes amigos Alex Fernando Loja y Patricio Francisco Brito quienes compartieron gran parte de la vida Universitaria y con quienes se llevó a cabo grandes proyectos. Familiares y demás amigos.

Edwin Mauricio Naula Cedacero

DEDICATORIAS

A mis padres y mi hermana por ser parte fundamental en mi formación académica, por su incondicional apoyo, todo esto ha sido posible gracias a ellos.

De igual manera dedico este trabajo a todas las personas que formaron parte de mi vida universitaria quienes estuvieron durante toda la trayectoria de aprendizaje y formación a mis amigos, docentes que gracias al apoyo y consejos todo esto ha sido posible.

Alex Fernando Loja Aguilar

Este trabajo dedico primeramente a DIOS, a mis Padres y de manera muy especial a mi hermano JAVIER ALEXANDER NAULA CEDACERO, quienes dedicaron su tiempo en mi para formarme académicamente guiándome siempre por un buen camino, inculcándome valores de responsabilidad, honestidad, respeto, amabilidad hacia las demás personas. Es por esto por lo que este logro no hubiera sido posible sin su apoyo incondicional.

De igual manera dedico este trabajo a todas las personas que formaron parte de vida Universitaria a quienes estuvieron en presentes en los más gratos momentos amigos, familia ya que sin su apoyo esto no sería posible. Y de manera grata a una persona a quien considero que del aprendí mucho mi hermano † JAVIER NAULA ya que con su forma de ser me sirvió para mi desarrollo personal y en la vida diaria con todo el amor del mundo esto va para ti hermano donde quiera que te encuentres.

Edwin Mauricio Naula Cedacero

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN	IX
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	X
JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES).....	XII
OBJETIVOS.....	XIII
OBJETIVO GENERAL	XIII
OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	XIII
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1 La ganadería en el Ecuador.....	1
1.2 Distribución de ganado vacuno dentro del Ecuador.	1
1.3 Cuidado del ganado	2
1.4 Pirámide de Producción	2
1.5 Dispositivos de rastreo dentro del mercado	4
CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO	6
2.1 Estructuración del dispositivo de rastreo	6
2.2 Sistema de adquisición de datos con microprocesador ESP32.....	6
2.3 Etapa de Alimentación.....	7
2.4 Etapa de Comunicación USB-UART	8
2.5 Etapa de Control	8
2.6 Etapa de Sensores	9

2.7	Estructura general de funcionamiento del dispositivo	10
2.8	Sensor de Temperatura HDC1080	10
2.9	Módulo GPS (NEO-6M-001)	11
2.10	Procesamiento de datos con ESP32.	11
2.11	Envío de datos a MYSQL comandos para cargar los datos.....	12
2.12	Almacenamiento de información, como se almacenan los datos	13
2.13	Diseño de la página Web	14
2.14	Procesamiento y visualización en tiempo real	14
CAPÍTULO 3: PRUEBAS Y RESULTADOS.....		16
3.1	Prototipo final	16
3.2	Implementación	18
3.3	Modo de funcionamiento de la página web	19
3.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	22
3.5	Pruebas del sensor de temperatura.....	23
3.6	Prueba de sensor de localización GPS	24
3.7	Pruebas de durabilidad de batería	26
3.8	Costo de la creación del dispositivo	26
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		28
4.1	CONCLUSIONES.....	28
4.2	RECOMENDACIONES	30
4.3	TRABAJOS FUTUROS	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		32
APÉNDICES		38
APÉNDICE A:		38
IMÁGENES SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN Y TEMPERATURA IMPLEMENTADO.....		38
APÉNDICE B		39
CÓDIGO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS CON EL PROCESADOR ESP32.....		39

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 1 DISTRIBUCIÓN DE GANADO VACUNO DENTRO DEL ECUADOR.	1
FIG 2 PARTICIÓN DE GANADO VACUNO.	3
FIG 3 DISPOSITIVOS DE RASTREO COMUNES.	5
FIG 4 ESTRUCTURA GENERAL DEL DISPOSITIVO DE MONITORIZACIÓN DE GANADO BOVINO.	6
FIG 5 DIAGRAMA DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL DISPOSITIVO DE RASTREO.	6
FIG 6 ETAPAS DE ALIMENTACIÓN, COMUNICACIÓN, CONTROL Y SENSORES.	7
FIG 7 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN.	7
FIG 8 CIRCUITO DE COMUNICACIÓN.	8
FIG 9 CIRCUITO DE CONTROL.	8
FIG 10 CIRCUITO DE CONEXIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA Y GPS.	9
FIG 11 PROTOTIPO DISEÑADO EN EASY EDA EN 3D.	10
FIG 12 SENSOR DE TEMPERATURA HDC1080.	10
FIG 13 ESTRUCTURA DE PROGRAMACIÓN PARA PROCESAMIENTO DE DATOS.	12
FIG 14 PROTOTIPO FINAL ENSAMBLADO Y FUNCIONAL.	16
FIG 15 DISEÑO 3D CASE PARA PROTOTIPO.	17
FIG 16 CASE ENSAMBLADO CON TARJETA DEL PROTOTIPO.	17
FIG 17 DISPOSITIVO IMPLEMENTADO EN ANIMALES.	18
FIG 18 INTERFAZ PARA MONITOREO DESDE DISPOSITIVO INTELIGENTE.	19
FIG 19 INTERFAZ CREADA MEDIANTE DISEÑO DE PÁGINA WEB.	20
FIG 20 MUESTRA EL ÚLTIMO REGISTRO DE UBICACIÓN.	21
FIG 21 GRÁFICA DE TEMPERATURA DEL ANIMAL SELECCIONADO, REGISTRADO DURANTE 5 HORAS.	21
FIG 22 VENTANA DE ÁREA ADMINISTRATIVA.	22
FIG 23 ARCHIVO EXCEL EXPORTADO CON LOS DATOS DEL ANIMAL SELECCIONADO.	22
FIG 24 DISTRIBUCIÓN DE FISHER.	23
FIG 25 CURVAS DE DATOS DE TEMPERATURA (PROTOTIPO VS TERMOCUPLA).	24
FIG 26 GRÁFICA DE LOCALIZACIÓN DE PROTOTIPO VS DISPOSITIVO INTELIGENTE (SAMSUNG GALAXY S9).	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 CARACTERÍSTICAS SENSOR DE TEMPERATURA.....	11
TABLA 2 DATOS GPS DISPOSITIVO CREADO Y DISPOSITIVO INTELIGENTE.	25
TABLA 3 DATOS DE VALOR MEDIO, DESVIACIÓN Y ERROR ESTÁNDAR.	25
TABLA 4 AUTONOMÍA DEL DISPOSITIVO SIN UTILIZAR EL MÓDULO GPS.....	26
TABLA 5 AUTONOMÍA DEL DISPOSITIVO UTILIZANDO EL MÓDULO GPS.	26
TABLA 6 COSTO DEL PROTOTIPO.	27

GLOSARIO

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Hato: Grupo o conjunto grande de animales.

Zoonosis: Enfermedades de animales transmisibles al hombre.

ESPAC: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.

BVD: Diarrea viral bovina.

VRSB: Virus respiratorio sincitial bovino.

INEC: Instituto Nacional de estadísticas y censos.

Saiku: Actividad dedicada a la cría y reproducción de ganado bovino.

MySQL: Mi lenguaje de consulta estructurado.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

GSM: Sistema Global de Comunicaciones Móviles.

WCDMA: Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha.

IoT: Internet de las cosas.

Case: Carcasa impreso en 3D con material Plástico ABS.

IC: Circuito Integrado.

PCB: Placa de Circuito Impreso.

NMEA: Asociación Nacional de Electrónica Marina.

HTTP: Protocolo de Transferencia de Hipertexto.

RESUMEN

Dentro de la actividad ganadera en el Ecuador existen parámetros poco controlados en un bovino, así como el descuido y la falta de control de los animales o que estos estén fuera de un área establecida. En base a lo mencionado se plantea diseñar un sistema embebido que permita contrarrestar estos problemas mencionados facilitando un correcto monitoreo de todos los bovinos.

Para solventar la falta de control de los animales se plantea colocar dentro del dispositivo sensores de temperatura y posicionamiento GPS servirá para analizar el ambiente en el que se está criando al bovino teniendo en cuenta que este se debe encontrar en condiciones favorables para una crianza adecuada y para garantizar que todos los productos que se generen sean de buena calidad. En el caso de la posición, esta servirá para controlar el perímetro en donde se encuentra el animal y así conocer su ubicación.

Dentro de la metodología a aplicar, se construirá una placa PCB que albergará todos los elementos electrónicos de recolección de datos mediante el microprocesador, para la interpretación de datos se utilizará un microprocesador ESP32 que procesa la información de todos los sensores y los envía mediante una conexión inalámbrica WIFI hacia una base de datos creada en MySQL, que almacenará toda esta información mediante un ID de cada animal. Dentro de esta plataforma se podrá apreciar la información generada por cada bovino (localización y temperatura), actualizándose de forma periódica.

Dentro de los resultados se espera obtener una correcta lectura de datos y una interpretación de información adecuada, para enviar hacia la base de datos. Dentro de la plataforma de almacenamiento se organizará de forma adecuada toda la información que se recibe durante el tiempo de funcionamiento y presentarla de forma ordenada y simple.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de monitoreo son dispositivos electrónicos de bajo alcance conectados a los teléfonos móviles a través de Bluetooth, que buscan evitar la pérdida o extravió de animales u objetos, siendo en la mayor parte usados para rastrear objetos de uso diario. Actualmente estos dispositivos (como pueden ser: TrackR – Pixel, Tile – Azulejo, ReachFar – RF V26) se ven afectados por el poco alcance que proporcionan ya que se requiere una conexión bluetooth para su rastreo. Este tipo de dispositivos se han convertido en un objeto de uso diario, por su alto nivel de penetración en la sociedad y su interacción con los usuarios para su funcionamiento [3,11,12].

Una forma de evitar el animal se aleje fuera de un área es mediante el uso de dispositivos con mayor alcance de conectividad, al obtener un alcance mayor se puede verificar en tiempo real la ubicación del animal y otros parámetros que se requieran monitorizar. El uso de dispositivos con poco alcance y baja autonomía tiene múltiples limitaciones cuando se requiere la monitorización de grandes cantidades de animales.

Una monitorización en tiempo real permite notificar al propietario un evento en ese instante y así permita resolver ese inconveniente. Si bien el presente proyecto se limita al monitoreo de animales bovinos, el mismo se podría aplicar al monitoreo de otros animales que estén dentro de un área establecida.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

Durante los últimos 10 años, la actividad ganadera ha sido considerada una de las más importantes para el país, porque genera el 29.4% de empleos a nivel nacional [2,8], y de sus actividades se derivan varios productos indispensables para la alimentación del ser humano, centrándose en la crianza de animales de doble propósito que es leche y carne, conformando un elemento muy importante en la economía del Ecuador [27].

Según la “*Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO por sus siglas en inglés, Food and Agriculture Organization)*”, la contribución de la ganadería a escala mundial no solamente se limita a generar productos de primera necesidad de manera directa, sino también a la producción de pieles, fibra o estiércol; enfocándose directamente al cuidado de animales, cuyo propósito general se centra en el desarrollo sostenible de la producción pecuaria tradicional y estabilizando los frágiles sistemas agrícolas. Según lo dicho anteriormente se puede asegurar que la ganadería cubre una amplia gama de necesidades humanas, sabiéndola explotar de una manera adecuada y responsable [19].

La limitada aplicación de dispositivos tecnológicos electrónicos a los hatos conlleva a generar competencias a nivel nacional buscando el desarrollo de diferentes sistemas electrónicos que ayuden a realizar de forma más sencilla, segura y confiable algunas actividades de los ganaderos. Por ello se plantea la creación de un dispositivo electrónico que permita monitorizar el ganado bovino si llegase a presentarse algún tipo de problema; entre ellos, que no se encuentre dentro de un perímetro establecido para la monitorización. La creación de este prototipo permitirá a la actividad ganadera tener información detallada de la ubicación geográfica de cada animal obteniendo registros de su cuidado que permitan mejorar la calidad de sus productos dentro del Ecuador, debido a que el cuidado del animal no está generando ningún impacto que conlleve a pérdidas económicas [23].

Algunos dispositivos comerciales realizan tareas similares, como las marcas TrackR, Tile y Reachfar que obtienen la ubicación de diferentes objetos tales como: llaves, vehículos, animales, etc. El método de comunicación de los dispositivos puede cambiar; algunos utilizan tecnologías: Bluetooth o Redes GSM en función de los requerimientos del usuario. Los dispositivos son pequeños, de fácil colocación y manejo en los animales, utilizando como fuentes de alimentación una batería o paneles solares. Entre las marcas

importantes, sobresale Reachfar que lleva en el mercado más de 13 años en la venta de dispositivos de rastreo para diferentes segmentos de mercado, desde rastrear objetos a personas, además de contar con su propia plataforma a nivel mundial para el fácil uso del usuario [3,11,12].

Teniendo en el mercado internacional tecnologías similares, se pretende considerar las pruebas y resultados que estos han generado como una referencia de lo que se debería mejorar en el cuidado y bienestar de los animales. En este contexto, la aplicación de tecnologías electrónicas permitiría a los propietarios contar con una herramienta útil para procurar mantener la sanidad del ganado, monitoreándolos en tiempo real, adquiriendo la trayectoria en el campo y generando una base de datos de movilidad. Estos datos permitirán obtener información importante del comportamiento del ganado lo que permitiría tomar decisiones de manera temprana para corregir alguna anomalía que se presente. En caso de que exista algún percance con el animal que afecte la producción de todos sus derivados, se podrá revisar sus registro de actividad reciente que permita detectar si existió algún cambio en su comportamiento reciente que indique que el animal no presenta actividad, debido a que existe enfermedades alrededor del mundo que están en constante crecimiento, siendo las principales problemáticas dentro de la actividad ganadera por la reaparición de enfermedades como la zoonosis puedan afectar directamente a sus cuidadores [17].

JUSTIFICACIÓN (IMPORTANCIA Y ALCANCES)

La electrónica como tal es una rama práctica de las ciencias que tiene gran impacto dentro de casi todo ámbito en la actualidad. La actividad ganadera que existe en el Ecuador se presenta como un área sumamente grande que tiene la capacidad y la potencialidad de introducir diversos tipos de tecnología para modernizar la cultura empresarial ganadera que permita tener información de los animales, ya que la electrónica nos facilitará la automatización de sistemas que permitan la monitorización en tiempo real del ganado disminuyendo el costo en personal requerido para realizar la misma actividad de manera tradicional.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un sistema embebido para monitorear parámetros de geolocalización y de la temperatura del entorno en la que se encuentra el ganado bovino.

OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Diseñar un sistema embebido para la adquisición de datos de posicionamiento y de la temperatura del entorno de ganado bovino.
- Construir un sistema embebido que transmita los datos de cada dispositivo hacia la nube.
- Desarrollar una aplicación web con MySQL para el registro de la ubicación y de la temperatura del entorno de ganado bovino.
- Realizar pruebas del sistema para verificar el funcionamiento.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 LA GANADERÍA EN EL ECUADOR.

Esta es una de las actividades con mayor potencial dentro del Ecuador que actualmente no cuenta con ayudas gubernamentales directas; sin embargo, existen programas piloto que ayudan al sector ganadero. Por otro lado, existen diferentes escenarios socioeconómicos, como en Europa, donde el estado proporciona ayudas económicas directa a los ganaderos durante cada año [24]. Para la producción de derivados como: queso, leche, carne, yogurt, etc.

Se debe considerar que el sector ganadero es importante para el desarrollo de la economía del país, ya que se generan plazas de microemprendimientos, microindustrias, etc. Tomando datos del Banco Central del Ecuador [10], en el año 2020, la ganadería y pesca aportaron al PIB un 9.63%, esto quiere decir, cerca de 10 millones de dólares anuales. Según el análisis del sector ganadero expuesto entre los años 2014-2019 existen alrededor de 160.000 números de RUC que se dedican a la actividad ganadera, de los cuales un 63.000 están activos.

Dentro de la distribución total del ganado vacuno en el Ecuador en el año 2019 existe un 69% que corresponde a hembras y el 31% a machos. La región sierra tiene la mayor cantidad de ganado con un 52% a nivel nacional, la región costa en un 12% al igual que la amazonia con un 12%. Ver figura 1.

1.2 DISTRIBUCIÓN DE GANADO VACUNO DENTRO DEL ECUADOR.

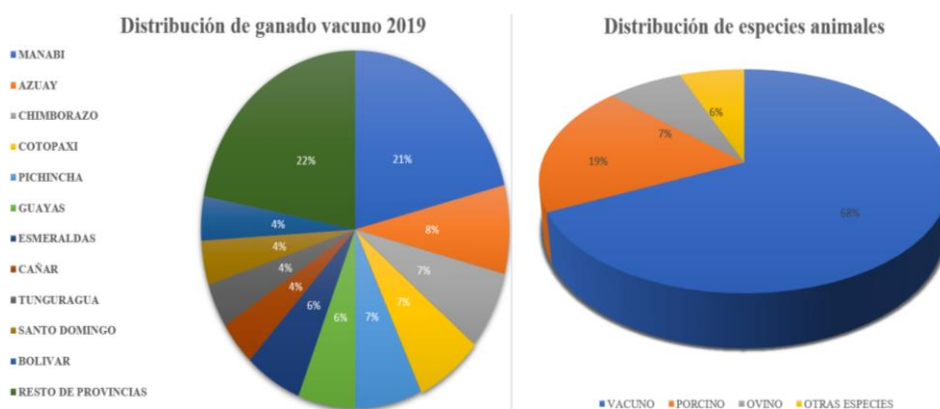


Fig 1 Distribución de ganado vacuno dentro del Ecuador [10].

La gran cantidad de dinero que genera según el sistema Saiku dentro del formulario 101 con un aproximado de 32600000 USD con ingresos totales dentro del año 2019 [23] se deduce que si aporta a la economía del país para un desarrollo sustentable que a lo largo de los años se podrá enfocarse de manera directa con un mayor presupuesto.

1.3 CUIDADO DEL GANADO

Para tener un cuidado general del ganado bovino existen varias formas y una de las más aplicadas dentro de la actividad ganadera es la pirámide de producción ganadera. Esta pirámide abarca varios aspectos dentro de los cuales se encuentra: la genética, instalaciones, sanidad, alimento y el cuidado del animal. Todos estos aspectos tienen un objetivo en común que es el de garantizar un animal saludable y que sus productos sean de buena calidad. Otro punto para considerar es el tener un conocimiento sobre las enfermedades comunes que existen dentro del sector ganadero, con el conocimiento adecuado, se puede tomar medidas para mitigarlas de forma inmediata y evitar que se propaguen a los demás animales [22].

1.4 PIRÁMIDE DE PRODUCCIÓN

La genética, cuidado, instalaciones, sanidad y alimento pueden llevar a tener un control eficiente de lo que sucede alrededor de la producción ganadera ya que cada escalón de la pirámide cumple una función específica, partiendo de lo más elemental hasta lo complejo para lograr tener una administración correcta [29].

Sanidad: Lo que se quiere evitar con esto son pérdidas debido a un bajo cuidado, es por ello que los tratamientos preventivos son una inversión, los curativos son un gasto [20].

Alimentación: La forma más económica para tener animales de calidad es la alimentación de un buen pasto, donde cada sitio de pastoreo es diferente ya que las condiciones son variadas como: tipo de suelo, calidad del pasto. Estas condiciones mencionadas hacen que cada ganadero tome decisiones basándose en un criterio personal

sobre la cantidad de animales que puede sostener antes de implementar cambios que afecten en la alimentación del animal [31].

Instalaciones: Se enfoca en tener espacios adecuados para la crianza de los bovinos basándose en las áreas disponibles de producción para evitar realizar inversiones innecesarias [32].

Manejo: Este parámetro se centra en tener personas con conocimiento en ganado, partiendo de una visión general de todo el ambiente en el que se produce los hatos, logrando evitar cualquier riesgo dentro de las instalaciones que causen problemas mayores [30].

Genética: El cumplimiento de todos los escalones conlleva al último peldaño, cumpliendo con las normas de alimentación, instalaciones, manejo, sanidad de los animales se logrará tener una buena genética. Considerando que se puede tener al mejor bovino del mundo, pero si no se cumple los requerimientos de la pirámide el manejo será insostenible.

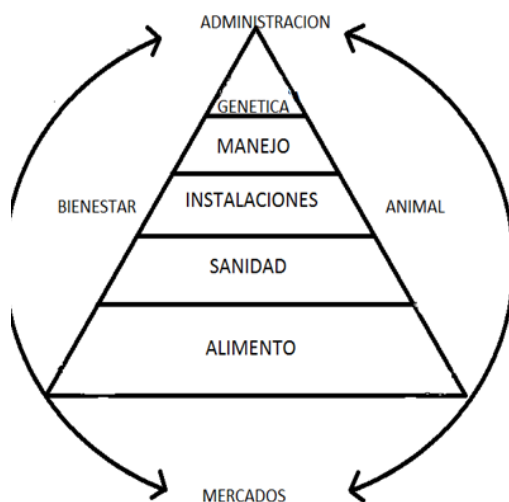


Fig 2 Partición de ganado vacuno [31].

Dentro de los varios parámetros que influyen de manera directa al buen crecimiento del ganado bovino, se destacan: la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento, precipitación, presión atmosférica, luz ultravioleta y polvo [35].

Estos parámetros son los que se deben considerar al momento de criar ganado porque los animales pueden padecer enfermedades.

La influencia del clima dentro de la producción y crianza de ganado juega un rol muy importante debido a que si los animales sufren cambios de clima bruscos estos se ven afectados dentro del desempeño productivo del ganado para lo cual se debe tener en cuenta el rango de temperatura de 38 a 39 grados Celsius para bovinos lo cual reflejará un estado en el que el animal se desarrollará normalmente, esto dependerá mucho de la raza del bovino que se pueden acoplar a los diversos climas que existen en el Ecuador.

1.5 DISPOSITIVOS DE RASTREO DENTRO DEL MERCADO

TrackR-Píxel: Las tecnologías de rastreo presentes están basadas en conexión inalámbrica desde un dispositivo portátil a un teléfono móvil, es un rastreador del tamaño de una moneda que permite conexión por bluetooth con un dispositivo móvil permitiendo una interacción mediante aplicación móvil para rastrear cosas pequeñas, siendo un dispositivo pequeño que tiene un peso aproximado de 4g, alcance de 50m y batería reemplazable por el usuario [11]. Ver figura 3-a.

Tile-Azulejo: Dispositivo que permite encontrar cosas fácilmente que destaca por su diseño delgado, liviano y se adhiere a cualquier objeto que requiera ser localizado. Este dispositivo ha logrado encontrar más de 6 millones de objetos diariamente con gran acogida dentro del mercado mundial, siendo uno de los más vendidos en tiendas online. Cuenta con dispositivos de rastreo basados en conexión inalámbrica Bluetooth dando un alcance de 100 m, tamaño de 4x4 cm y batería reemplazable por usuario [18]. Ver figura 3-b.

ReachFar – RF V26: Tecnología de rastreo para animales especializada en investigación y venta de dispositivos de rastreo GPS trabajan en la implementación de la tecnología GSM, WCDMA y 4G para el rastreo de animales en cualquier lugar permitiendo una conexión inalámbrica de los dispositivos con el móvil para rastreo en tiempo real y generación de alarmas cuando se requiera, tienen un alto grado de aceptación en la ganadería por su gran alcance, fácil uso y gran autonomía ya que cuenta con panel solar

para una carga automática, busca convertirse en fabricante de un sistema en posicionamiento GPS en la explotación ganadera ecológica [9]. Ver figura 3-c.



Fig 3 Dispositivos de rastreo comunes [9, 11, 18].

Tecnologías IoT: El Internet of Things están innovando la industria ganadera ya que estos sectores están comenzando a apostar por los avances tecnológicos, se pronostica que para 2024 habrán más de 2 millones de granjas y más de 36 millones de bovinos conectados permitiendo mejorar la gestión de explotaciones, costos mediante la monitorización del clima, la automatización del riego, el abonado del suelo, la localización utilizando sensores para controlar su nutrición e incluso la capacidad reproductiva [15]

CAPÍTULO 2: MARCO METODOLÓGICO

2.1 ESTRUCTURACIÓN DEL DISPOSITIVO DE RASTREO

Para el desarrollo del dispositivo electrónico de rastreo se trabajó por etapas de construcción teniendo en cuenta: alimentación del dispositivo, sensores de adquisición de datos, transmisión de datos hacia la nube, desarrollo de la interfaz web, ensamblaje del prototipo, diseño e impresión del CASE.

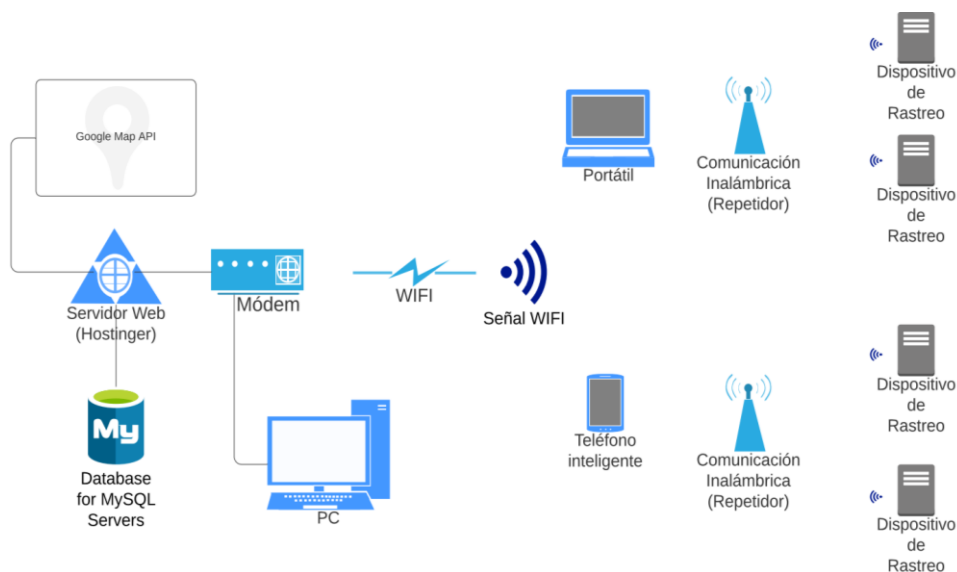


Fig 4 Estructura general del dispositivo de monitorización de ganado bovino.

2.2 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON MICROPROCESADOR ESP32

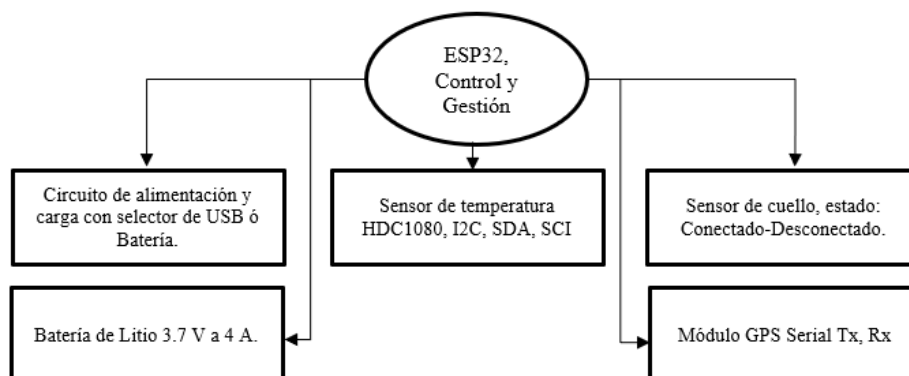


Fig 5 Diagrama de procesamiento de datos del dispositivo de rastreo.

La organización de los diagramas electrónicos del sistema se puede observar en la figura 6. Dentro de cada bloque de diseño se establece la circuitería propia para cada una de las etapas.

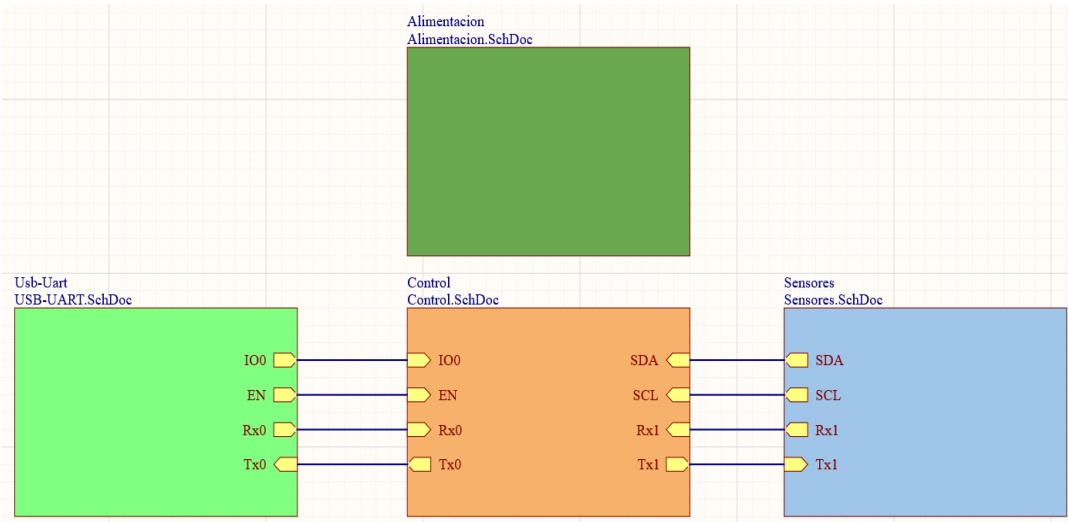


Fig 6 Etapas de alimentación, comunicación, control y sensores.

2.3 ETAPA DE ALIMENTACIÓN

Este circuito consta de varios IC como para la gestión de carga de batería utilizando un integrado SMD TP4056, transistor de potencia FS8205 o un protector de batería DW01 que permitirá la protección de sobretensión que ingresa a la placa del prototipo. El voltaje de ingreso a través del puerto USB es de 5 voltios, 1 a 1.5A con un voltaje continuo de salida de 3.3 V.

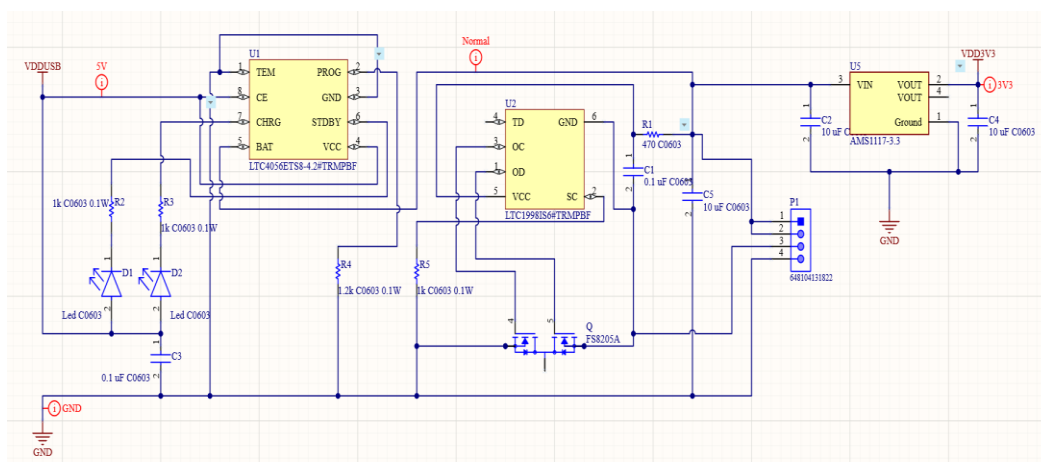


Fig 7 Circuito de alimentación.

2.6 ETAPA DE SENSORES

Esta etapa alberga una circuitería dentro de la placa que consta de los sensores de temperatura (HDC1080) y localización GPS (NEO-6M-001) cuya función es la adquisición de datos para el envío hacia la etapa de control.

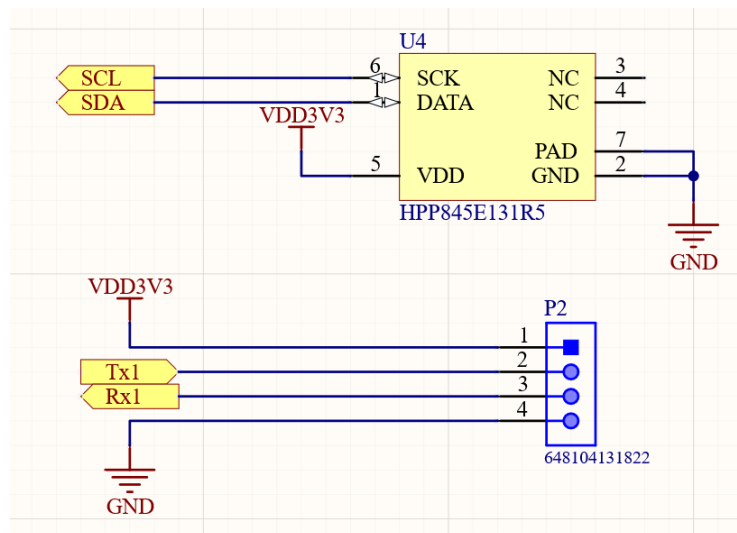


Fig 10 Circuito de conexión de sensores de temperatura y GPS.

Verificando el funcionamiento mediante el armado del circuito en un protoboard se procede con el diseño de la tarjeta PCB mediante un software (AltiumDesigner), Considerando el voltaje y corriente requerido por el sistema y el entorno donde funcionará el mismo, se decidió desarrollar la tarjeta electrónica con 2 capas conductoras. Los componentes electrónicos, en su mayoría son de tecnología de montaje superficial, ya que permite un menor consumo de potencia y un encapsulado reducido. Una vez verificado el diseño del circuito, se continuó con el proceso de fabricación realizado en China a través de la empresa JLCPCB; además, se adquirieron los componentes electrónicos dentro del mismo país para posteriormente ensamblar el PCB (tarjeta de circuito impreso) en Ecuador.

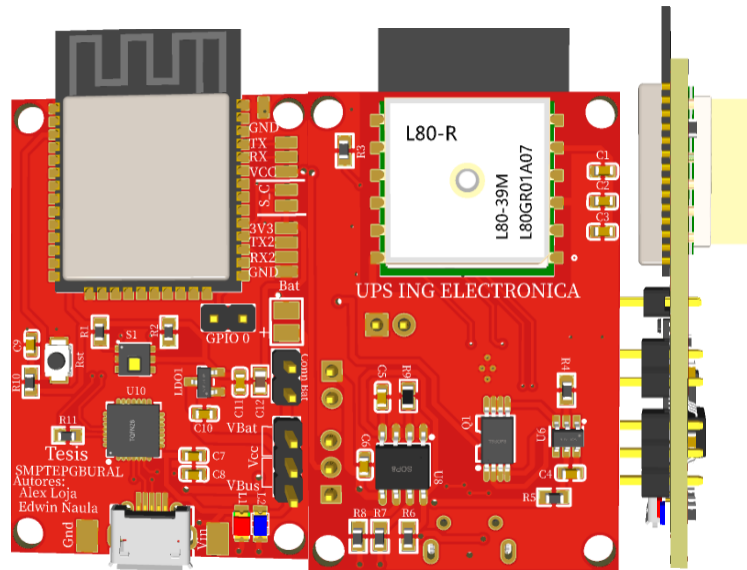


Fig 11 Prototipo diseñado en Easy EDA en 3D.

2.7 ESTRUCTURA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

En esta parte se detalla la estructura general de funcionamiento del dispositivo de rastreo que contempla todas las etapas para una eficiente adquisición, procesamiento y envío de datos hacia un centro de monitoreo.

2.8 SENSOR DE TEMPERATURA HDC1080

- Digital Humidity Sensor
- PWSON (6-PIN) Package
- I2C Interface
 - Easy to Use
 - Requires Pull-up Resistors
- 2.7 – 5.5V Supply
- 14 Bit Resolution
- Low Power
- Extremely Accurate

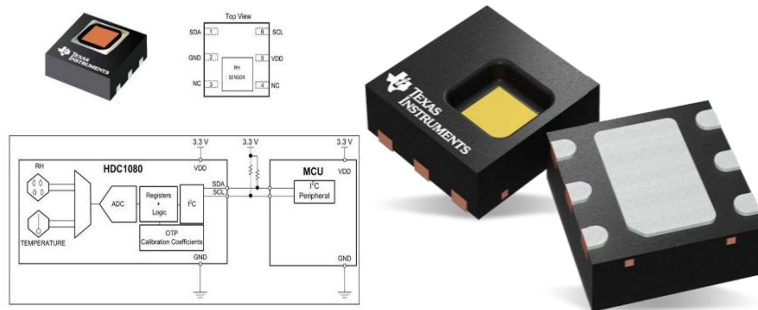


Fig 12 Sensor de temperatura HDC1080.

El HDC1080 es un dispositivo de Texas Instruments que integra un sensor digital de Humedad y sensor de Temperatura y permite una adecuada tasa de adquisición de datos a baja potencia, en la siguiente tabla 1 se tiene los datos más importantes.

Características	Especificaciones
Precisión	0,2 ° C
Dimensiones	3 mm x 3 mm
Amperaje	1.3uA

Tipo de Comunicación	I2C
Cadena de datos	16 bits

Tabla 1 Características sensor de temperatura.

2.9 MÓDULO GPS (NEO-6M-001)

Este dispositivo cuenta con comunicación serial, memoria EEPROM, indicador Led, Antena. Para la transferencia de datos se usa el protocolo NMEA que contiene cadenas de datos, entre ellas la más usada es la cadena \$GPRMC que se trata de tramas que contiene la hora, longitud, latitud, orientación y fecha.

2.10 PROCESAMIENTO DE DATOS CON ESP32.

Para el procesamiento de datos se realizó la interpretación con los sensores utilizados (temperatura HDC1080, GPS NEO-6M-001) dentro del software Arduino, en este caso cada uno de estos sensores dispone de una librería que es implementado dentro del programa diseñado mediante una lectura y envío hacia el microprocesador ESP32 que este a su vez realizará el procesamiento de datos y enviará la lectura de estos hacia MySQL. Para ello se tiene el siguiente diagrama de flujo. Ver figura 13.

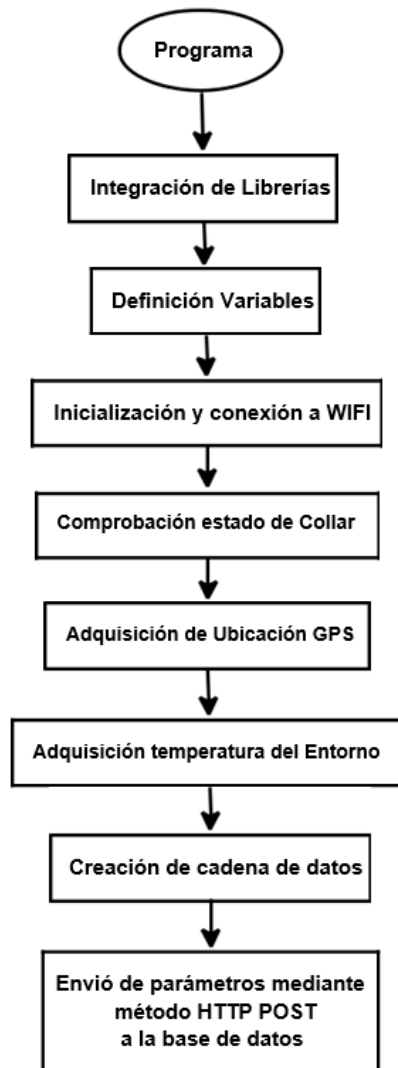


Fig 13 Estructura de programación para procesamiento de datos.

Además de estas librerías se utilizó otras adicionales que permiten el envío de los datos (HardwareSerial.h), librería que permite reconocer el dispositivo de temperatura (ClosedCube_HDC1080.h), librería para conectarse a la red y envío de datos hacia el dispositivo ESP32 (Wifi.h y HTTPCliente.h).

Para el procesamiento de datos se configura los pines de transmisión de datos, como también declaración de variables que se utiliza para procesamiento de información.

2.11 ENVÍO DE DATOS A MYSQL COMANDOS PARA CARGAR LOS DATOS

El envío de los datos procesados por el microprocesador ESP32 se utiliza una red Wifi de área donde está ubicado el sistema, para el programa que ejecuta el procesamiento de

datos de los sensores a utilizar se tiene que añadir una red WIFI, así como también la contraseña para que el microprocesador ESP32 se conecte y envíe la información que está receptando.

Adicional a esta configuración se tiene que redirigir la información que estará enviando y se almacene dentro de una base de datos para eso se establece un enlace que almacene todos los datos para su posterior interpretación mediante gráficas, tablas, etc.

Para la adquisición de datos se utiliza las variables generadas dentro del procesamiento, es decir, una variable como identificador de usuario, Cada tarjeta tendrá un número único de señalización para ser identificado, mediante variables se almacenan los datos de latitud, longitud, sensor GPS, una variable que será de utilidad para verificar el estado de la conexión del collar y una variable que albergará los datos de temperatura.

El envío de los datos almacenados en las variables se utiliza la librería (HTTPCliente) que permite realizar solicitudes HTTP a un servidor web para ingresar dentro del servidor y colocar los datos generados mediante el prototipo de desarrollo.

Se coloca la dirección del fichero que permite recibir datos del microprocesador ESP32. Para la posterior interpretación de la solicitud HTTP mediante el método POST (envía datos a un servidor para crear/actualizar un recurso), es decir, se genera una cadena de datos de tipo "String" donde se especificará las variables que alberga los datos tomados de las lecturas de sensores.

El envío de la solicitud HTTP contiene los datos requeridos para el método POST que almacena en el cuerpo de la solicitud HTTP generando una variable de tipo entero requerida en la estructura que representa la salida para una respuesta del (httpResponseCode) que verifica que el método de envío de datos generado sea el correcto.

2.12 ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN, COMO SE ALMACENAN LOS DATOS

La información generada por los sensores de temperatura y ubicación GPS está almacenada dentro de una base de datos ya sea de forma local, es decir, dentro de una base creada en un ordenador propio utilizando "XAMP" (es un sistema relacional de

gestión de base de datos en lenguaje php/MySQL, sirve para el almacenamiento de datos de servicios web generados por cualquier tipo de sensor del cual se requiera interpretar o analizar los respectivos datos generados).

Esta opción de almacenamiento se utilizó para realizar las primeras pruebas y verificar la funcionalidad de la tarjeta de adquisición de datos. Posteriormente, se podría obtener un espacio más amplio para almacenar los datos dentro de un propio servidor en el caso actual se utiliza un dominio y un hosting para el alojamiento web de los datos.

2.13 DISEÑO DE LA PÁGINA WEB

Para el diseño de la página web se contempla una estructura que está dividida en diferentes ventanas que muestra la información que se requiera visualizar dentro de la monitorización que se está efectuando en tiempo real de los dispositivos conectados dentro del campo de aplicación.

El diseño general de la página web fue creado mediante código en archivos html y php. Mediante código html se realizó la creación de tablas, obtención de datos desde la base de datos de MySQL, visualización de forma real de la ubicación de cada dispositivo dentro de Google maps. Se puede además visualizar el historial de conexión del dispositivo, visualización del rango de temperatura que alcanza el animal durante un día completo, semana, mes o año y se puede descargar la información a través de un archivo descargable .xlsx.

2.14 PROCESAMIENTO Y VISUALIZACIÓN EN TIEMPO REAL

Los parámetros procesados mediante las tarjetas de adquisición requieren un almacenamiento en la nube para posteriormente ser visualizados. Para ello, se desarrolló una página web que permite monitorear a cada dispositivo enlazado a la red y se tiene un entorno interactivo en el cual el usuario que desea monitorizar a sus animales de manera eficiente y rápida.

La programación mediante HTML utiliza la función (ajax), un tipo de función que permite la ejecución en segundo plano para la actualización de los datos a mostrar en la página, eso permite sobrescribir toda la información almacenada en MySQL en la

interfaz. El tiempo de actualización de datos variará dependiendo de lo que se requiera visualizar.

CAPÍTULO 3: PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 PROTOTIPO FINAL

En la figura 14 se puede observar el dispositivo diseñado en Altium Designer y el dispositivo final ensamblado con todos los componentes de montaje superficial requeridos para posteriormente ser colocado en el case diseñado mediante el software de Autodesk Inventor, para realizar una impresión 3D.

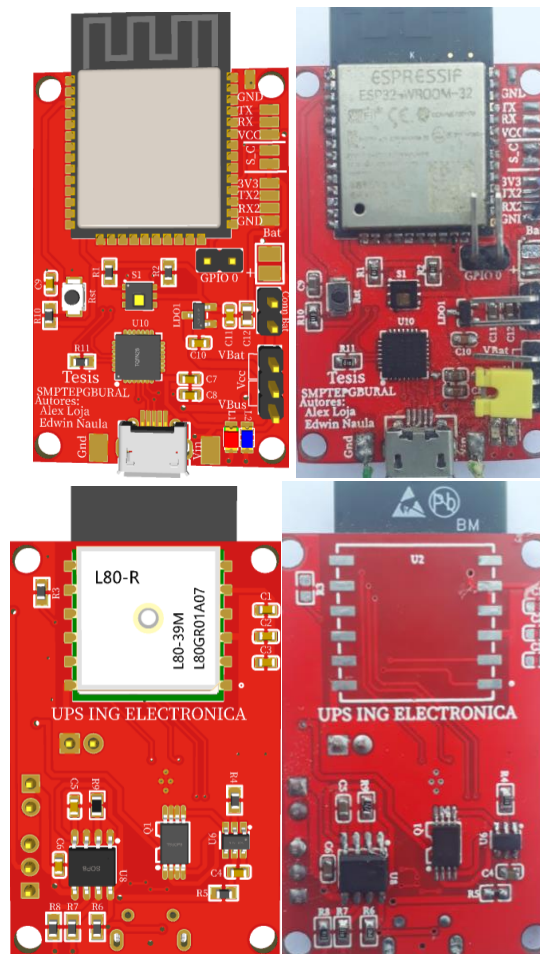


Fig 14 Prototipo final ensamblado y funcional.

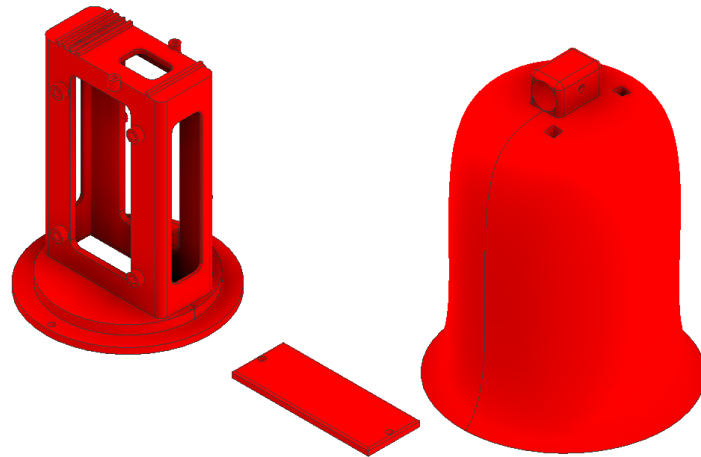


Fig 15 Diseño 3D CASE para prototipo.

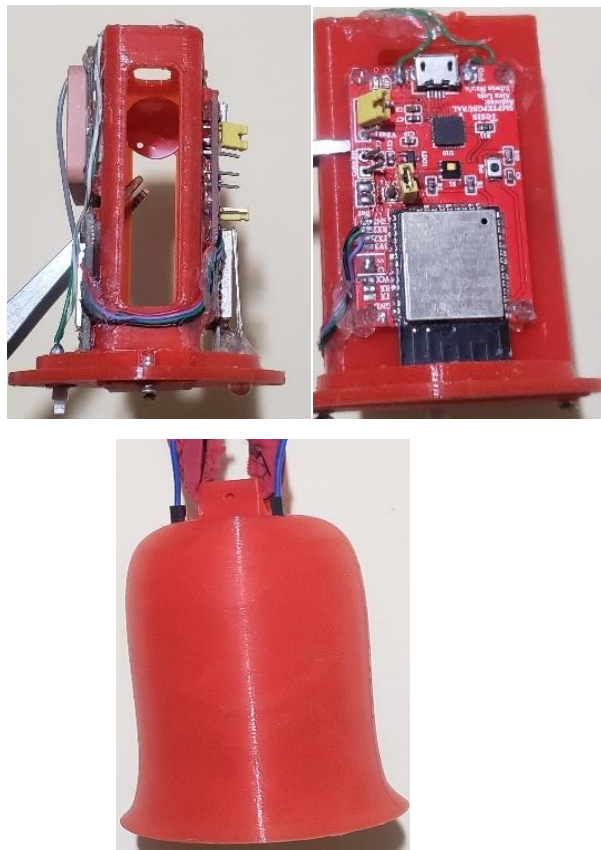


Fig 16 CASE ensamblado con tarjeta del prototipo.

Para las pruebas de campo se utilizaron 2 dispositivos en 8 animales de diferentes razas: Jersey, Holstein y Normando, de diferente estatura y edad probando la robustez y eficiencia del sistema. Ver figura 17



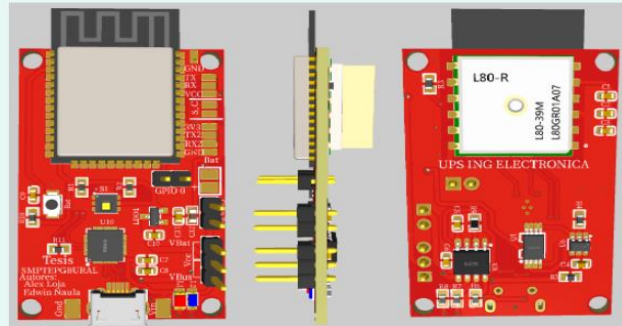
Fig 17 Dispositivo implementado en animales.

3.2 IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del prototipo final se realizaron pruebas de campo para determinar la eficiencia de los diversos componentes electrónicos que se utilizaron en el diseño de la tarjeta electrónica. En estas pruebas se comprobó la autonomía de la batería. También se realizaron 10 pruebas entre un instrumento patrón y el sistema desarrollado. Se contrastan los datos obtenidos por el sensor de temperatura (HDC1080) y el módulo GPS para medir los márgenes de errores que presenta el prototipo final. Para verificar el funcionamiento de la Página Web con los datos obtenidos se utilizó una base de datos local para recopilar los datos enviados por los prototipos requeridos dentro de la configuración, prueba de almacenamiento y manejo de datos.

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE
POSICIONAMIENTO Y DE LA TEMPERATURA DEL ENTORNO
PARA GANADO BOVINO UTILIZANDO UNA RED DE ÁREA LOCAL



AUTORES

Alex Fernando Loja Aguilar

Edwin Mauricio Naula Cedacero

Empezar

Fig 18 Interfaz para monitoreo desde dispositivo inteligente.

3.3 MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PÁGINA WEB

En base a la cantidad de datos adquiridos con el prototipo ensamblado, es necesario realizar una segmentación de los parámetros almacenados dentro de la base de datos para poder ser interpretados, considerando que los tiempos de registro para todos los parámetros fueron establecidos en base a cuanta información es necesaria para generar un análisis correcto.

Sistema de Monitoreo Bovino

Dispositivos Registrados

Usuario	Temp	Collar
If:001	30.9	desconectado
If:004	12.5	conectado
disp01	27.92	conectado
disp012	29.71	conectado
SEO	25.89	conectado
ZUYU	33.69	conectado

Monitorizar un dispositivo conectado

Elegir Dispositivo

Ver Historial de un dispositivo

Elegir Dispositivo

Gráfica de la variación de Temperatura

Escala : . Usuario :

Monitorización de los Dispositivos Registrados

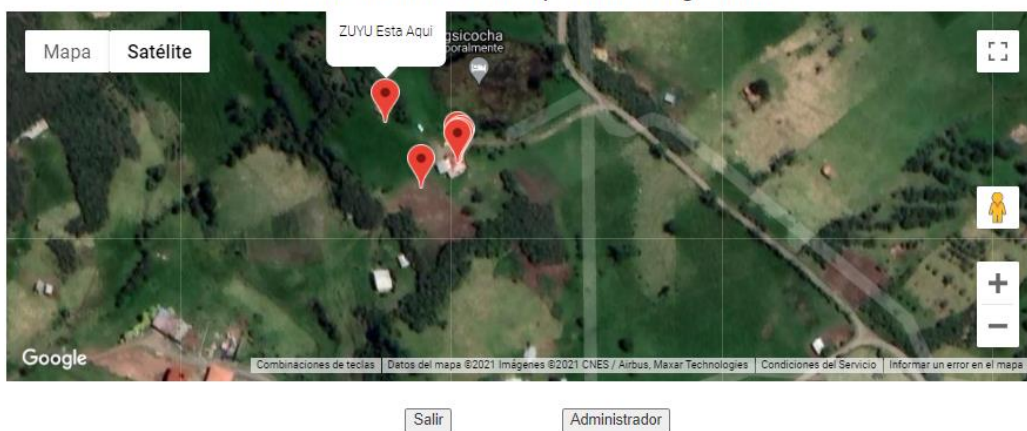


Fig 19 Interfaz creada mediante diseño de página web.

La interfaz permite la visualización de los dispositivos registrados por parte de los usuarios agregados dentro del sistema, dando acceso a los parámetros de temperatura y posicionamiento (Ver figuras 22 y 23). Se dispone de secciones en el cual el usuario puede analizar el comportamiento de cada parámetro seleccionando en el dispositivo que fue colocado al animal, teniendo en cuenta que el dato de posicionamiento GPS se lo podrá ver en tiempo real (este dato variará de acuerdo a la tiempo de adquisición que se lo configure para cada tarjeta) y el dato de temperatura se lo podrá analizar mediante una gráfica con diferentes rangos: día, semana, mes o todo el registro de los parámetros que el prototipo registró. mediante la escala que el usuario elije para el monitoreo. Ver figuras 20 y 21.

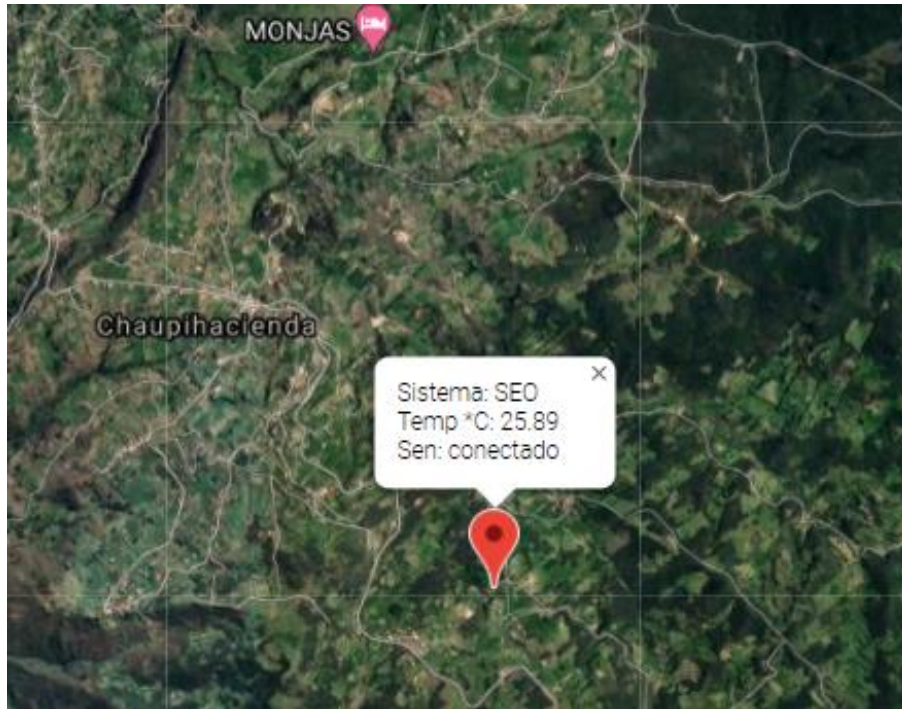


Fig 20 Muestra el último registro de ubicación.

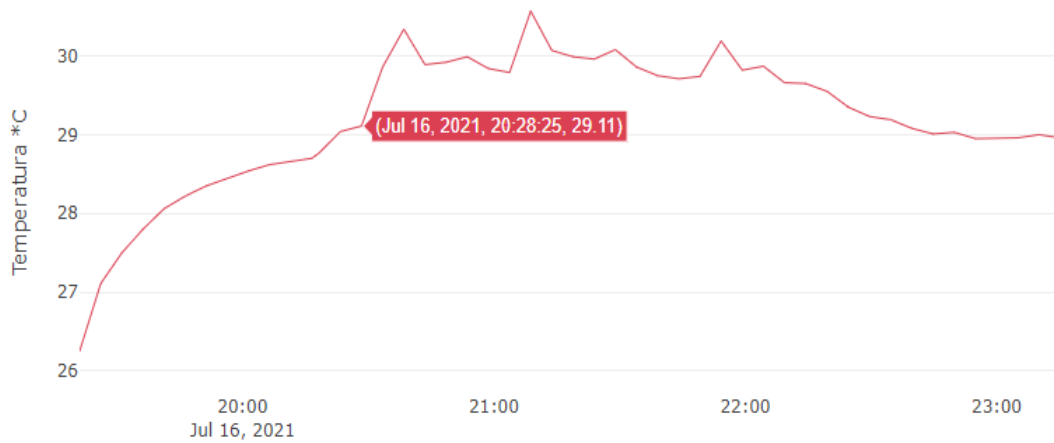


Fig 21 Gráfica de temperatura del animal seleccionado, registrado durante 5 horas.

Sistema de Monitoreo Bovino						
Area Administrativa						
Listado de personal Registrado						
Usuario	Password	Cargo	Email	Telefono	Edad	Accion
alex	3801	admin	aleex144loja@gmail.com	0969453783	23	<input type="button" value="Eliminar"/>
alkey	3802	user	aleex144loja@gmail.com	0969453754	23	<input type="button" value="Eliminar"/>
adrian	3801	user	aleex144loja@gmail.com	0969453783	23	<input type="button" value="Eliminar"/>
adrian	3802	user	aleex1as44loja@gmail.com	0969453783	12	<input type="button" value="Eliminar"/>

Listado Actualizado de Sistemas Registrados						
Usuario	Temp	Collar	Latitud	Longitud	Fecha	Historial
lf.001	30.9	desconectado	-2.986547	-78.88867	2021-05-07 04:31:32	<input type="button" value="Ver"/>
lf.004	12.5	conectado	-2.986677	-78.88864	2021-06-01 19:22:11	<input type="button" value="Ver"/>
disp01	27.92	conectado	-2.986507	-78.888668	2021-06-28 00:25:27	<input type="button" value="Ver"/>
disp012	29.71	conectado	-2.98653	-78.888649	2021-06-28 00:31:23	<input type="button" value="Ver"/>
SEO	25.89	conectado	-2.986542	-78.888659	2021-07-17 04:53:34	<input type="button" value="Ver"/>
ZUYU	33.69	conectado	-2.986346	-78.889034	2021-07-04 10:35:16	<input type="button" value="Ver"/>

Fig 22 Ventana de área administrativa.

1	Historial_SMB_20210817.xls >> Historial del Sistema: SEO					
2	usuario	temperatura	latitud	longitud	sensor	fecha
3	SEO	25.89	-2.986.542	-78.888.659	conectado	17/7/2021 9:53
4	SEO	25.97	-2.986.542	-78.888.659	conectado	17/7/2021 9:48
5	SEO	26.04	-2.986.549	-78.888.652	conectado	17/7/2021 9:43
6	SEO	26.12	-2.986.549	-78.888.652	conectado	17/7/2021 9:38
7	SEO	26.22	-2.986.549	-78.888.652	conectado	17/7/2021 9:33
8	SEO	26.27	-2.986.549	-78.888.652	conectado	17/7/2021 9:28
9	SEO	26.36	-2.986.549	-78.888.652	conectado	17/7/2021 9:23
10	SEO	26.44	-2.986.549	-78.888.652	conectado	17/7/2021 9:18
11	SEO	26.5	-2.986.551	-78.888.654	conectado	17/7/2021 9:13

Fig 23 Archivo Excel exportado con los datos del animal seleccionado.

3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las pruebas de campo se realizó el montaje de los dispositivos reales en cada uno de los animales dentro de la “HACIENDA LS-LAAF”. Se realizaron diferentes pruebas para evaluar los siguientes parámetros: verificar la funcionabilidad del dispositivo, la durabilidad de la batería y la robustez bajo condiciones climáticas (polvo, agua, sol, humedad).

Para el análisis de los datos de temperatura y posicionamiento se optó por comparar los parámetros registrados por el prototipo versus los valores registrados por equipos patrón.

3.5 PRUEBAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para realizar esta prueba, se colocó el dispositivo creado sobre los animales durante horas en donde se registró datos de temperatura utilizando una termocupla. Posterior a ello, se realizó la comparación de los datos registrados, analizando este resultado se calculó de la media a partir del cálculo de la desviación estándar de los datos de temperatura del prototipo y termocupla, posteriormente se realizó el cálculo para determinar error entre la termocupla y el prototipo obteniendo como resultado una diferencia de 7° entre estos 2 dispositivos.

El análisis de hipótesis comparando los datos obtenidos por el sistema vs los datos obtenidos por el instrumento patrón. Se plantea una hipótesis nula, que sostiene que la varianza de los datos del sistema es igual a la varianza de los datos del instrumento patrón. Al analizar el estadístico F, podemos ver que este cae en la región de NO rechazo de la hipótesis nula, es decir, se puede considerar que las varianzas son iguales. Se puede editar la gráfica y los cálculos e introducirlos al informe.

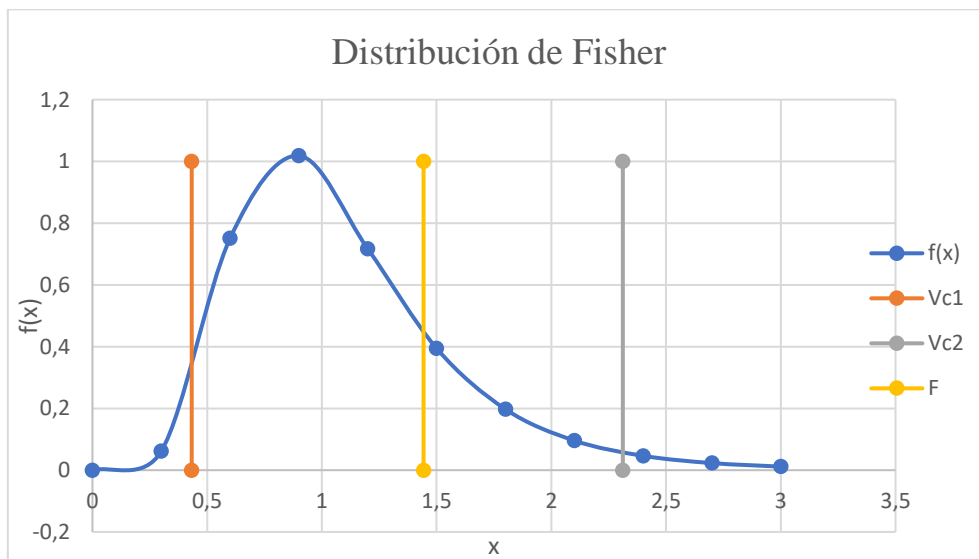


Fig 24 Distribución de Fisher.

Al analizar la figura 25 se puede constatar que el prototipo creado tiende a medir una temperatura con una margen de error respecto a la termocupla, debido a que el dispositivo

se ve afectado por temperaturas externas tales como: temperatura corporal del animal y disipación de calor de la tarjeta electrónica.

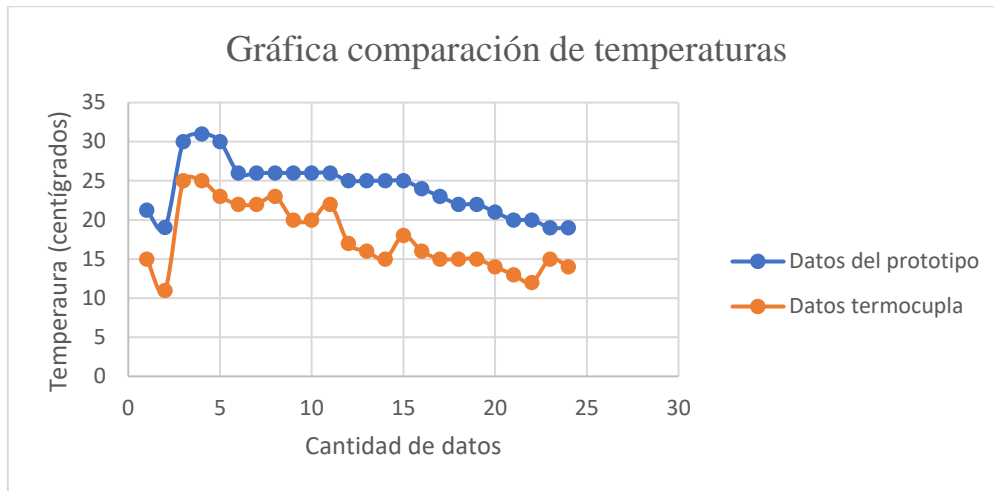


Fig 25 Curvas de datos de temperatura (prototipo vs termocupla).

3.6 PRUEBA DE SENSOR DE LOCALIZACIÓN GPS

Para las pruebas de localización GPS se realizó la adquisición de datos mediante el prototipo diseñado y un dispositivo inteligente (Samsung S9 con APP de localización GPS) que almacena la localización en el dispositivo móvil para posteriormente ser copiado al documento de comparación (archivo Excel). Los datos adquiridos se almacenaron en la base de datos por parte del prototipo, en los que datos de longitud y latitud fueron comparados entre el prototipo y el dispositivo inteligente, calculando una media de todos estos datos y un margen de error.

Al realizar un análisis de datos de las coordenadas de posicionamiento GPS obtenidas entre el prototipo creado y el dispositivo inteligente con un total de 11 mediciones se obtiene la tabla 2 expresada en grados (°), minutos (') y segundos (''), en la que se aprecia un valor promedio del total de las mediciones tomadas del prototipo creado dando 2°59'11.54'', 78°53'19.75''. De igual forma se obtuvieron los datos GPS del dispositivo inteligente dando 2°59'11.52'', 78°53'19.65''.

	Latitud			Longitud		
	Grados°	Min'	Seg''	Grados°	Min'	Seg''

Disp. Creado	2	59	11,54	78	53	19,76
Disp. Inteligente	2	59	11,52	78	53	19,65

Tabla 2 Datos GPS dispositivo creado y dispositivo inteligente.

En base a los datos obtenidos en la tabla 2 se puede apreciar una variación en el parámetro de segundos (s''), se realizará el cálculo de la desviación y el error estándar entre estos valores para determinar el margen de error que existe. Dando como resultado en la comparación de los datos de latitud entre el dispositivo creado y dispositivo inteligente un error del 0.211'', con los datos de longitud el error es 0.210''. Ver tabla 3. Con lo cual se establece que el margen de error es del 2%.

	Latitud			Longitud		
	Grados°	Min'	Seg''	Grados°	Min'	Seg''
Valor medio	2	59	11,535	78	53	19,706
Desv. Estándar			0,701			0,697
Error estándar			0,211			0,210

Tabla 3 Datos de valor medio, desviación y error estándar.

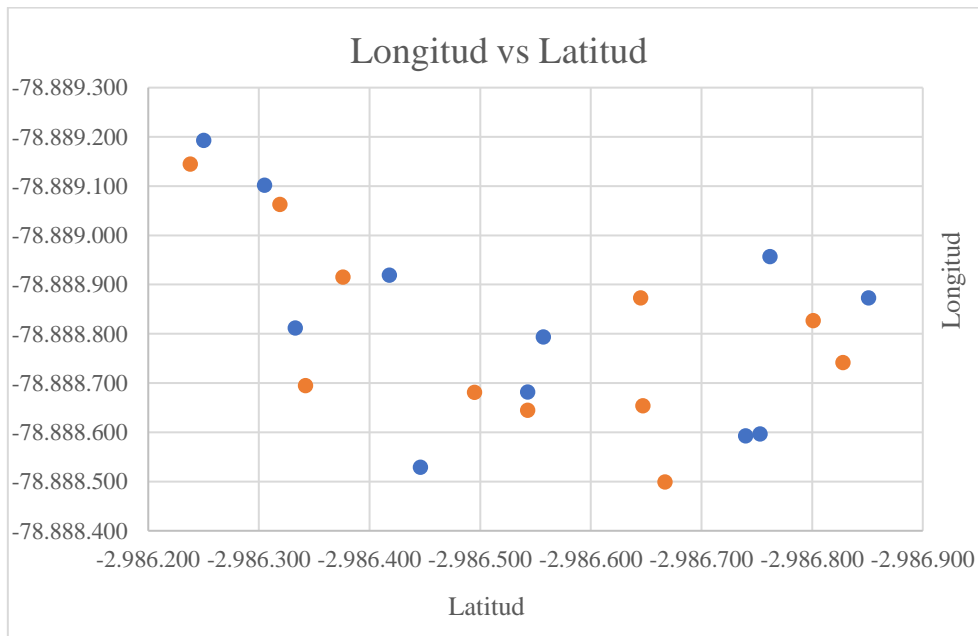


Fig 26 Gráfica de localización de Prototipo vs dispositivo inteligente (Samsung Galaxy S9).

3.7 PRUEBAS DE DURABILIDAD DE BATERÍA

La prueba se llevó a cabo utilizando 2 prototipos creados, con el propósito de conectar un tipo batería. Para el desarrollo de esta prueba se conectó una batería de 3.7 Voltios a 4 Amperios a ambos prototipos para determinar la autonomía de duración hasta la descarga total y verificar mediante el registro de adquisición de datos el tiempo de funcionamiento.

La duración de la batería utilizada en los dos dispositivos fue de 1 día (24 horas) con el prototipo completo, es decir, utilizando el módulo GPS, por otra parte, se realizó una prueba de autonomía de la misma batería a diferencia de que no se utilizó la conexión del módulo GPS dando como resultado una autonomía de 3 días (72 horas) para los dos dispositivos, este dato se obtuvo calculando un valor promedio de los valores adquiridos. Los datos se los puede visualizar en la tabla 4 y 5.

Sin conexión del módulo GPS				
Item	Dispositivo	Tiempo (Horas)	Dispositivo	Tiempo (Horas)
1	D1	72 H, 72 min	D2	73 H, 44min
2	D1	73 H, 44min	D2	72 H, 00 min
3	D1	72 H, 72 min	D2	72 H, 72 min
4	D1	72 H, 48 min	D2	72 H, 72 min
	Promedio	72 H, 68 min		72 H, 70 min

Tabla 4 Autonomía del dispositivo sin utilizar el módulo GPS.

Con conexión del módulo GPS				
Item	Dispositivo	Tiempo (Horas)	Dispositivo	Tiempo (Horas)
1	D1	24 H, 48 min	D2	24 H, 48 min
2	D1	24 H 00 min	D2	23 H, 78 min
3	D1	24 H, 48 min	D2	24 H, 30 min
4	D1	23 H, 86 min	D2	24 H, 50 min
	Promedio	24 H, 40 min		24 H, 30 min

Tabla 5 Autonomía del dispositivo utilizando el módulo GPS.

3.8 COSTO DE LA CREACIÓN DEL DISPOSITIVO

El desarrollo del sistema embebido está basado en la creación de una tarjeta de adquisición con alojamiento de la base de datos en la nube y el servidor de Google Maps,

para ello se contempla en la Tabla. 6 los rubros considerados para el costo estimado de un dispositivo de rastreo que incluye la plataforma y los servicios para la puesta en marca, considerando un valor estimado de \$150 por unidad para la comercialización en el mercado.

Descripción	Cantidad	P.Unitario \$	Total \$
Microprocesador ESP32	1	2,4	2,4
Sensor de temperatura	1	0,99	0,99
Módulo GPS	1	18	18
Impresión del CASE	1	20	20
Fabricación de PCB	1	5	5
Ensamblaje de tarjeta Electrónica	1	5	5
Componentes electrónicos SMD	1	6	6
Batería	1	15	15
Impuesto	1	4,2	4,2
Servicios de almacenamiento(mes)	1	10	10
Mano de Obra	1	150	150
		Total	236.59
		IVA 12%	28.39
		Total Final	264.98

Tabla 6 Costo del prototipo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

La construcción de la tarjeta PCB utilizada para este dispositivo satisface los requerimientos para la adquisición de los parámetros planteados para este proyecto, considerando que el diseño de la tarjeta puede ser mejorada y reducida para trabajo a futuro.

Las pruebas realizadas permitieron determinar que el case es el adecuado ya que es un diseño robusto y nocivo en la colocación del animal ya que la batería y las tarjetas PCB se encuentran completamente protegidas y ensambladas en el case interior, adicional a esto cuenta con el recubrimiento de un case externo que hace que el mantenimiento o revisión del dispositivo sea fácil.

La gestión de los parámetros recopilados mediante una base de datos en la Nube permite la visualización utilizando una página web mediante una conexión a internet, además de poder acceder a ellos en cualquier dispositivo ya que solo se requiere de un navegador, permitiendo accesibilidad a la información por parte de los usuarios sin ningún tipo de requerimientos (Es compatible con cualquier dispositivo móvil, sistema operativo, no requiere tener instalado ningún programa para su ejecución).

De acuerdo con la figura 25 de temperatura del prototipo y el instrumento de medición de temperatura se concluye que existe una variación entre los valores obtenidos de temperatura entre estos dispositivos, esta variación se debe a factores tales como: temperatura corporal del animal, ubicación del sensor de temperatura, disipación de calor del circuito de alimentación que integra la placa teniendo en cuenta el sensor utilizado dentro del prototipo es adecuado debido a que si estos factores se contrarrestaran su medición sería semejante a la del instrumento de medición.

El grado de tolerancia en la medición de la temperatura del entorno es acorde a la variación de la temperatura del exterior y la temperatura que emana el animal que presenta variaciones en comparación con un dispositivo que se encuentra en un solo punto fijo realizando la medición, por lo tanto no inciden en el rendimiento del dispositivo al realizar una medición diferente en el punto determinado considerando que el cambio de

temperatura es radical en el área donde se realizaron las pruebas de campo, recalcando que los animales llevaban puesto el dispositivo en el cuello mediante la sujeción de un collar.

Las tablas 4 y 5 presentan los resultados de la durabilidad de la batería utilizada en los prototipos creados en donde se puede observar que la autonomía de la batería variará dependiendo si se conecta o no se conecta el módulo GPS, en base a esto la batería utilizada es adecuada al ser colocada en un primer prototipo, se podrá mejorar la autonomía realizando un análisis sobre el módulo GPS a utilizar en versiones posteriores.

Para las pruebas de localización GPS del dispositivo en base a las gráficas 26 obtenidas se puede concluir que el dispositivo posee una eficiencia en un 98% ya que el error estándar calculado para el parámetro de latitud es de 0.211'', esto se lo puede comprobar comparando datos del dispositivo GPS común y el dispositivo inteligente, estos datos expuestos en las tablas 1 y 2 con lo cual se concluye que el módulo GPS utilizado es el adecuado.

La construcción del prototipo embebido para la monitorización de geolocalización y temperatura del entorno de bovinos, contribuye a mejorar el cuidado de los animales en las áreas de pastoreo a los ganaderos, mediante el uso de un dispositivo que permite adquirir los parámetros mencionados para realizar la transmisión de cada uno de los dispositivos hacia una base de datos, recopilando y monitoreando mediante una página web por los usuarios que obtienen acceso a toda la información almacenada en la base de datos de MySQL mediante una interfaz programada para este trabajo de titulación.

Al concluir las actividades realizadas se consiguió un dispositivo eficaz, mediante la construcción y pruebas del prototipo que fue mejorado. Luego de realizar modificaciones de la tarjeta de adquisición donde se tomó en cuenta factores que impidieron un ensamblaje y funcionamiento correcto en ensamblajes realizados, además de la implementación de una batería de mayor Amperaje para aumentar la autonomía del dispositivo realizaron varias pruebas en campo con condiciones cambiantes para comprobar la robustez del dispositivo.

4.2 RECOMENDACIONES

Establecidas las conclusiones en el trabajo se recomiendan: continuar aplicando interfaces que permitan el almacenamiento de datos en la Nube para una gestión y visualización de la información en una página web, considerando la implementación de herramientas permitan una gestión de información en segundo plano logrando que la página web siempre este mostrando la información actualizada.

Para la construcción de un dispositivo robusto es recomendable realizar pruebas y mejoras que permitan desarrollar un dispositivo eficiente para ser implementado en el campo de pruebas sin que presente problemas de funcionamiento constantemente.

Para la creación de una plataforma de gestión de los datos desde una tarjeta de adquisición portable hasta la visualización para los usuarios es recomendable realizar la programación y pruebas mediante un servidor local, ya que una vez terminado y concluido todo el trabajo se puede migrar a un servidor en la nube que sin duda permite mayores beneficios a los usuarios.

Se recomienda la implementación de un dispositivo con un sensor de temperatura externo a la tarjeta principal que permia realizar mediciones exactas debido que al estar colocado en la tarjeta principal esta puede llegar a tener mediciones con una variación respecto a una temperatura real por estar cerca de dispositivos que disipan calor o están en entornos cerrados como un case de alojamiento.

Al realizar un prototipo es recomendable que los dispositivos o componentes electrónicos que se utilizaran tengan el menor consumo en cada uno de los elementos, considerando que los dispositivos de montaje superficial son los recomendados para este tipo de tarjetas de adquisición y puede ayudar a alargar la autonomía del dispositivo.

Es recomendable el uso de módulo GPS de montaje superficial que tenga un bajo consumo y permitan la reducción del tamaño de la tarjeta de adquisición.

4.3 TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo a futuro se plantea la construcción e implementación de una tercera versión del dispositivo, donde se considera utilizar un módulo GPS de menor consumo y tamaño, como también extraer el sensor de temperatura de la tarjeta principal hacia una tarjeta secundaria que vaya colocado en un extremo del case.

Mejorar el diseño del case a uno más pequeño para reducir el peso y que permita la colocación en animales bovinos más pequeños para una mejor comodidad del animal como también la implementación de un conector robusto para el sensor de cuello como por ejemplo una correa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Sector ganadero nacional produce 5’000.000 de litros de leche al día,” El Telegrafo, Aug. 31, 2019. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/sector-ganadero-nacional-produccion-litros-leche> (accessed May. 11, 2021).
- [2] D. Salazar, W. Villafuerte, M. Cuichán, D. Orbe, and J. Márquez, “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2016.” (accessed May. 10, 2021).
- [3] Shenzhen, “Reachfar rf-v26 smallest mini solar powered gps tracker,” REACHFAR, 2019. <https://www.reachfargps.com/products/Pet-tracker/rf-v26.html> (accessed May. 10, 2021).
- [4] Banco Central, “Estadísticas Macroeconómicas Presentación Coyuntural,” Estadísticas Macroeconómicas Present. Coyunt., Apr. 2020. (accessed May. 12, 2021).
- [5] INEC, “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019,” May 2019. (accessed May. 08, 2021).
- [6] Harry Vite Cevallos, “Internet de las cosas aplicado a la producción agropecuaria,” Researchgate, Sep. 2018. https://www.researchgate.net/publication/329921429_internet_de_las_cosas_aplicado_a_la_produccion_agropecuaria (accessed May. 11, 2021).
- [7] “Tile y el dispositivo de seguimiento Bluetooth,” Tile. <https://www.thetileapp.com/en-us/> (accessed May. 08, 2021).
- [8] D. Salazar, M. Cuichán, C. Ballesteros, J. Márquez, and D. Orbe, “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria,” ESPAC, 2017. (accessed May. 11, 2021).
- [9] “RF-V26+ Sheep Horse Animal GPS Tracking,” Reachfar Technology, 2019. <https://www.reachfargps.com/products/Pet-tracker/RF-V26p.html> (accessed May. 08, 2021).

- [10] FAO Ecuador, “Buenas prácticas ganaderas impulsan la economía de pequeños productores en Ecuador,” FAO, Jun. 26, 2018. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1142999/> (accessed May. 08, 2021).
- [11] “Dispositivo TrackR,” TrackR, 2019. <https://www.thetrackr.com/features/> (accessed May. 18, 2021).
- [12] “Localizador GPS para animales y ganado,” Digitanimal, 2018. <https://digitanimal.co/> (accessed May. 18, 2021).
- [13] Córdova, “Monitorización de rebaños de bovinos a través de redes de sensores inalámbricos,” Scielo, Jun. 2019. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922009000200010 (accessed May. 18, 2021).
- [14] Ruiz Ángeles, “Ganadería de precisión y collares inteligentes,” Supercampo, Oct. 15, 2018. <https://supercampo.perfil.com/2018/10/ganaderia-de-precision-y-collares-inteligentes/> (accessed May. 16, 2021).
- [15] I. D. M. Group, “Crecen las implementaciones de IoT en el sector agrícola y ganadero,” <https://www.ittrends.es/infraestructura/2019/05/crecen-las-implementaciones-de-iot-en-el-sector-agricola-y-ganadero.> (accessed May. 18, 2021).
- [16] “El Internet de las Cosas IoT irrumpe en el sector agrícola,” Tecnovino, Oct. 2017. <https://www.tecnovino.com/el-internet-de-las-cosas-iot-irrumpe-en-el-sector-agricola-con-practicas-herramientas/> (accessed May. 28, 2021).
- [17] A. L. Alarcón Ortiz, “Sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato,” 2018. (accessed May. 14, 2021).
- [18] M. Scheffer and K. Markus, “No Subjective Title,” pp. 3345–3356, 2016. (accessed May. 18, 2021).
- [19] “La producción de Ganadería,” ministerio de agricultura y ganadería-Ecuador. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea32s/ch49.htm> (accessed May. 18, 2021).

- [20] “La sanidad en un hato ganadero,” Pronaca, 2020. <https://procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/105-la-sanidad-en-un-hato-ganadero> (accessed May. 21, 2021).
- [21] “Enfermedades de los animales,” Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2019. <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sanidad-animal/enfermedades/> (accessed May. 28, 2021).
- [22] “Algunas enfermedades que afectan fuertemente nuestra ganadería,” Laboratorios Provet, 2020. <http://laboratoriosprovet.com/2019/01/07/enfermedades-que-afectan-fuertemente-nuestra-ganaderia/> (accessed May. 18, 2021).
- [23] Ortiz Muñoz Pablo Fabian, “importancia de la ganadería en el desarrollo,” La Hora Noticias de Ecuador, 2017. <https://lahora.com.ec/loja/noticia/1102179287/importancia-de-la-ganaderia-en-el> (accessed Jun. 18, 2021).
- [24] “Monitoreo De Animales 100% IOT Gps,” Lain Holdings, 2020. <https://lainholding.com/gps-y-monitoreo-de-animales/> (accessed May. 18, 2021).
- [25] “Sector ganadero apunta a un desarrollo sostenible,” El Universo, Oct. 14, 2018. <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/11/14/nota/7048464/sector-ganadero-apunta-desarrollo-sostenible/> (accessed May. 8, 2021).
- [26] L. Ecuatoriano and M. J. Castillo Vélez, “Serie documentos de trabajo Análisis de la Productividad y Competitividad de la Ganadería de Carne en el,” 2015. (accessed May. 25, 2021).
- [27] Camara Maria, “Baterías Li-ion de montaje superficial,” Diario electronicohoy, May 12, 2020. <https://www.diarioelectronicohoy.com/protectores-de-baterias-li-ion-de-montaje-superficial/> (accessed May. 12, 2021).
- [28] Alcívar Janeth, “Proyecto de factibilidad para la cría y engorde de toretes,” facultad de ciencias administrativas, Quito, Oct. 2012 (accessed Jun. 18, 2021).
- [29] R. León, N. Bonifaz, and F. Gutiérrez, “Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción

de pasturas,” 21-oct-2018, 2018, <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>. (accessed Jun. 18, 2021).

[30] C. Guzmán and F. Valeriano, “Implementación de procesos óptimos y eficientes para incrementar la producción de leche en una hacienda ganadera,” ESPOL, Feb. 2011, <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14661>. (accessed Jun. 18, 2021).

[31] “Número de cabezas de ganado” Años Vacuno Porcino Ovino Asnal Caballar Mular Caprino,” 2014. (accessed Jun. 18, 2021).

[32] “Funciones vitales del organismo determinadas por constantes fisiológicas,” con texto ganadero, Apr. 30, 2019. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/vigile-las-constantes-fisiologicas-en-bovinos> (accessed Jun. 18, 2021).

[33] Camargo Camilo, “Cómo exportar datos a Excel con PHP sin librerías,” Pagina Web. <https://concamilo.com/como-exportar-datos-a-excel-con-php/> (accessed Aug. 9, 2021).

[34] Hermanos Carrero, “Exportar datos a Excel con PHP y MySQL,” Programacion.net. https://programacion.net/articulo/exportar_datos_a_excel_con_php_y_mysql_1906 (accessed Aug. 9, 2021).

[35] Rajkavinchetty, “API de Google Maps con PHP-MySQL,” GitHub, Apr. 12, 2017. <https://github.com/rajkavinchetty/Google-Maps-API-with-PHP-MySQL> (accessed Aug. 9, 2021).

[36] López Berto, “Cómo crear una página web en html,” Ciudadano 2.0, Sep. 03, 2020. <https://www.ciudadano2cero.com/como-crear-una-pagina-web-en-html/> (accessed Aug. 11, 2021).

[37] Florencia del Médico, “Cómo obtener la API key de Google Maps,” Maplink, Feb. 26, 2020. <https://maplink.global/blog/es/como-obtener-google-maps-api-key/> (accessed Aug. 11, 2021).

[38] Loja Alex, “Maps JavaScript API – API y servicios – tesisv1 – Google Cloud Platform,” Cuenca, Jul. 2021. <https://console.cloud.google.com/apis/library/maps->

backend.googleapis.com?id=fd73ab50-9916-4cde-a0f6-dc8be0a0d425&project=tesisv1-312317&pli=1. (accessed Aug. 15, 2021).

[39] “MySQL 5.6 Reference Manual,” MySQL.com. <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/select.html> (accessed Aug. 15, 2021).

[40] Efa David, “Malla inalámbrica ESP32 PainlessMesh,” Hackster.io, May 13, 2020. <https://www.hackster.io/davidefa/esp32-wireless-mesh-made-easy-with-painlessmesh-part-1-f716f5> (accessed Aug. 15, 2021).

[41] Tolocka Ernesto, “Programando el ESP 32 con el Arduino IDE,” Profe Tolocka, Jul. 09, 2020. <https://www.profetolocka.com.ar/2020/07/09/programando-el-esp-32-con-el-arduino-ide/> (accessed Aug. 18, 2021).

[42] Uriarte Ivan, “Instalando el ESP32,” Prometec. <https://www.prometec.net/instalando-esp32/> (accessed Aug. 18, 2021).

[43] Shenzhen Reachfar, “RF-V26 Sistema de seguimiento GPS,” Reachfargps.com, 2020. <https://www.reachfargps.com/products/Pet-tracker/RF-V26p.html> (accessed Aug. 18, 2021).

[44] Texas Instruments, “Sensor de temperatura y humedad HDC1080 con Arduino usando I2C,” Training.ti, Oct. 31, 2017. <https://training.ti.com/how-interface-hdc1080-humidity-and-temperature-sensor-arduino-using-i2c> (accessed Aug. 22, 2021).

[45] P. Robinson, “Tecnología IoT en la ganadería,” Envira IOT, Jan. 28, 2019. <https://enviraiot.es/tecnologia-en-la-ganaderia/> (accessed Aug. 22, 2021).

[46] “Funcionamiento ESP8266 Arduino Core,” Blog. <https://arduino.esp8266.com/Arduino/versions/2.0.0/doc/filesystem.html> (accessed Aug. 29, 2021).

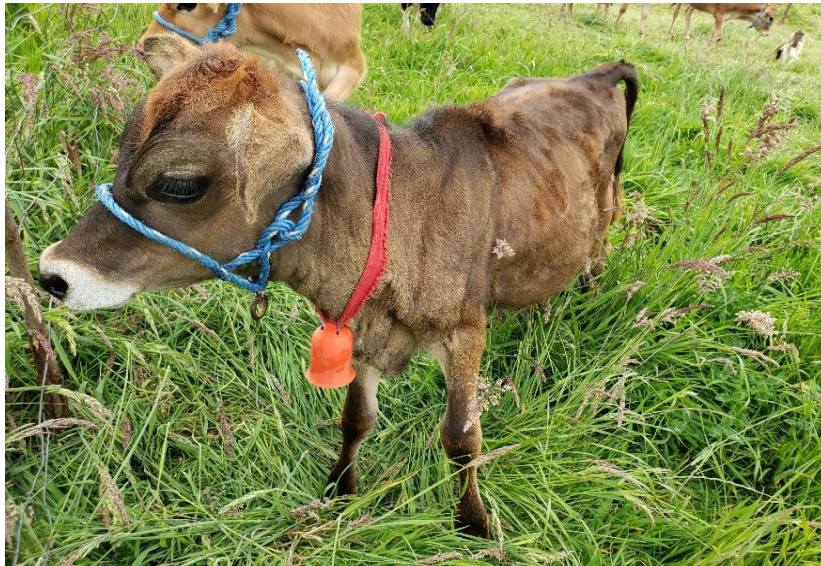
[47] Shanghai, “Módulos ESP32 Wi-Fi y Bluetooth,” Espressif. <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32> (accessed Aug. 29, 2021).

[48] Trujillo, “Tutorial Módulo GPS con Arduino,” Naylamp Mechatronics SAC, 2021. https://naylampmechatronics.com/blog/18_tutorial-modulo-gps-con-arduino.html (accessed Aug. 29, 2021).

APÉNDICES

APÉNDICE A:

IMÁGENES SISTEMA DE GEOLOCALIZACIÓN Y TEMPERATURA IMPLEMENTADO.





APÉNDICE B

CÓDIGO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS CON EL PROCESADOR ESP32.

```
// Repositorio Librerias  
// tinygps++: https://github.com/mikalhart/TinyGPSPlus  
// HDC1080: https://github.com/closedcube/ClosedCube\_HDC1080\_Arduino  
// EspSoftwareSerial: https://github.com/plerup/espsoftwareserial/
```



```

//          UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
//          TRABAJO DE TITULACION
// Estudiantes: Alex Loja, Edwin Naula
// Programacion de ESP32 con Arduino

//Librerias
#include <TinyGPS++.h> // Modulo GPS
#include <Wire.h> //Libreria I2C sensor HDC1080
#include <HardwareSerial.h>
#include "ClosedCube_HDC1080.h"
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>

// Declaracion de pines y variables.
#define RxGps 16
#define TxGps 17
HardwareSerial SerialGPS(2);
TinyGPSPlus gps;
ClosedCube_HDC1080 hdc1080;

int SC = 5;
const char* ssid = "Likenet-Flavio Naula";
const char* password = "EmncIyE072019";
const char* serverName = "https://laaf.site/Tesis/post-esp-mysql2.php";
String usuario = "EDWIN N";
String scoello, latitud, longitud;
float temperatura;

void setup() {
  // Presentacion
  Serial.println("Monitoreo de Ubicacion GPS y Temperatura");
  Serial.println("Proyecto de Titulacion");
  Serial.println("Alex Loja, Edwin Naula");
  Serial.println();

  pinMode(SC, INPUT); //Sensor de Cuello

  // Inicializacion de Puerto Serial
  Serial.begin(115200);
  SerialGPS.begin(9600, SERIAL_8N1, RxGps, TxGps); //(Rx, Tx)
  hdc1080.begin(0x40); // Configuracion de Modulo HDC1080

  // Conexion a WIFI
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.println("Connecting");

```

```

while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.print("Connected to WiFi network with IP Address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {
  Serial.println();
  Serial.println("Iniciando localizacion");

  // Si esta Conectado a WIFI
  if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){
    //Sensor de Cuello
    if (digitalRead(SC) == HIGH ) { //LOW HIGH
      Serial.println("Collar Conectado");
      scoello = "conectado";
    }
    else {
      Serial.println("Collar Desconectado");
      scoello = "desconectado";
    }
  }

  // Adquisicion de Ubicacion GPS
  while (SerialGPS.available() > 0){
    if (gps.encode(SerialGPS.read())){
      Serial.println(); Serial.print(F("Localizacion: "));
      if (gps.location.isValid()){
        Serial.print(gps.location.lat(), 6);
        latitud = String(gps.location.lat(),6);
        Serial.print(F(" "));
        Serial.println(gps.location.lng(), 6);
        longitud = String(gps.location.lng(),6);
      }
      else Serial.println(F("Error"));
    }
  }

  // Adquisicion de la Temperatura
  temperatura = hdc1080.readTemperature();
  double humedad = hdc1080.readHumidity();
  Serial.println();
  Serial.print("Temperatura: "); Serial.print(temperatura);

```

```

Serial.print("°C || Humedad: "); Serial.println(humedad);

// Envio de Datos a MySQL
HTTPClient http;
// Your Domain name with URL path or IP address with path
http.begin(serverName);
// Specify content-type header
http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

// Prepare your HTTP POST request data
//String httpRequestData = "&usuario=" + usuario + "&temperatura=" + temperatura
+ "&latitud=" + gps.location.lat() + "&longitud=" +
//          gps.location.lng() + "&scoello=" + scoello + "";
String httpRequestData = "&usuario=" + usuario + "&temperatura=" + temperatura +
"&latitud=" + latitud + "&longitud=" +
          longitud + "&scoello=" + scoello + "";
Serial.print("httpRequestData: ");
Serial.println(httpRequestData);

// Send HTTP POST request
int httpResponseCode = http.POST(httpRequestData);

if (httpResponseCode>0) {
Serial.print("HTTP Response code: ");
Serial.println(httpResponseCode);
}
else {
Serial.print("Error code: ");
Serial.println(httpResponseCode);
}
// Free resources
http.end();
}
else {
Serial.println("WiFi Disconectado");
}
//Send an HTTP POST request every 60 seconds
delay(60000);
}

```