



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones

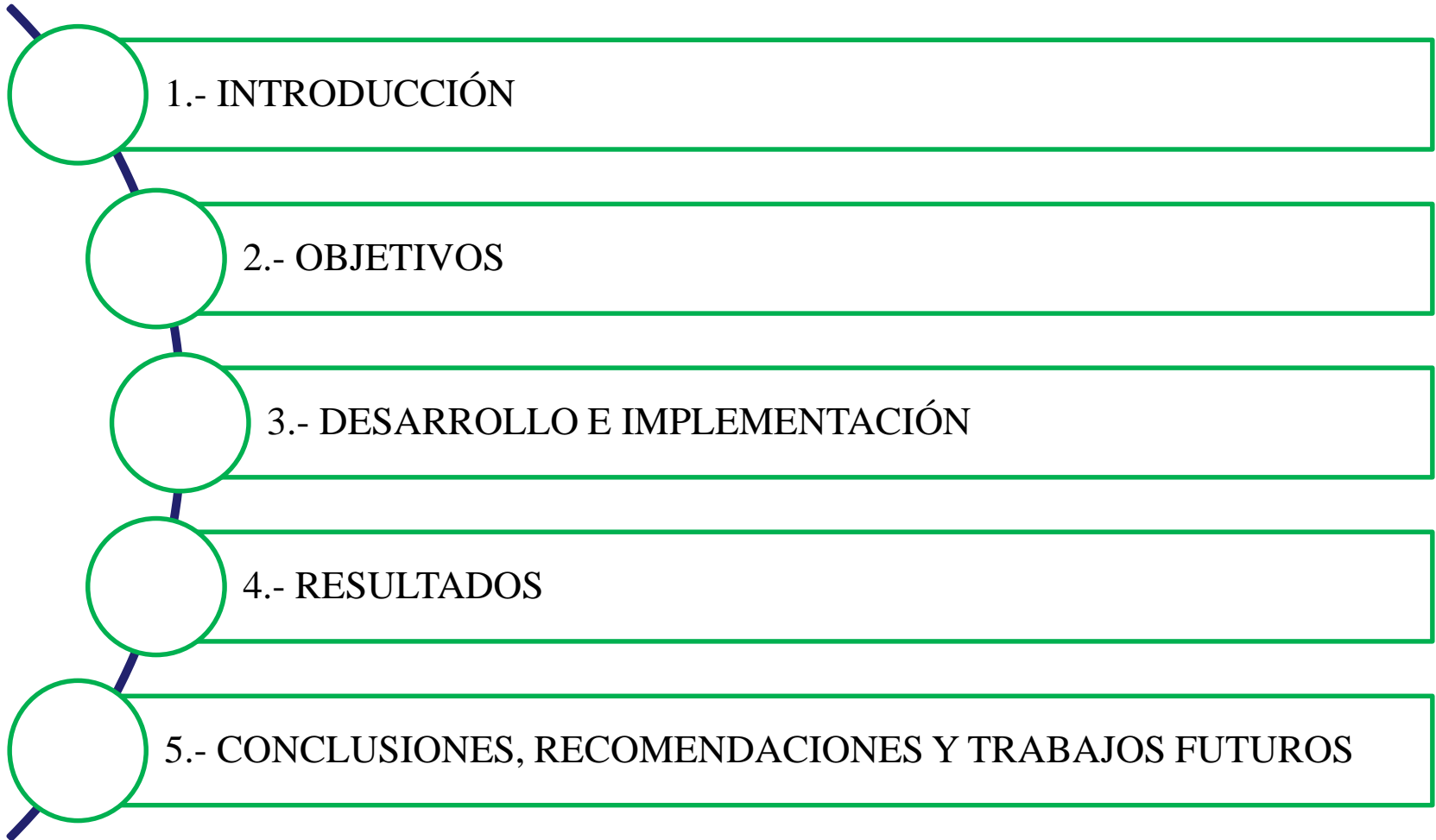
Diseño e implementación de un sistema prototipo para el rastreo y monitoreo del ganado lechero utilizando tecnologías IoT en la ciudad de San Gabriel provincia del Carchi.

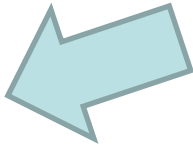
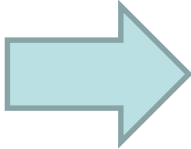
Autores: Bastidas Cevallos Yomira Marisol,
Cortez Ayala Yuleidy Dayanna

Director: Ing. Sáenz Enderica Fabián
Oponente: Ing. Romero Gallardo Carlos



AGENDA







El promedio de ganado bovino en el período de 2014 a 2019, representó el **66%**.

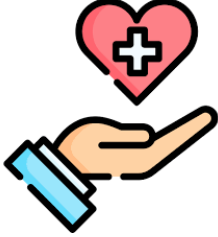
Digitalización



Seguridad



Salud



Productividad



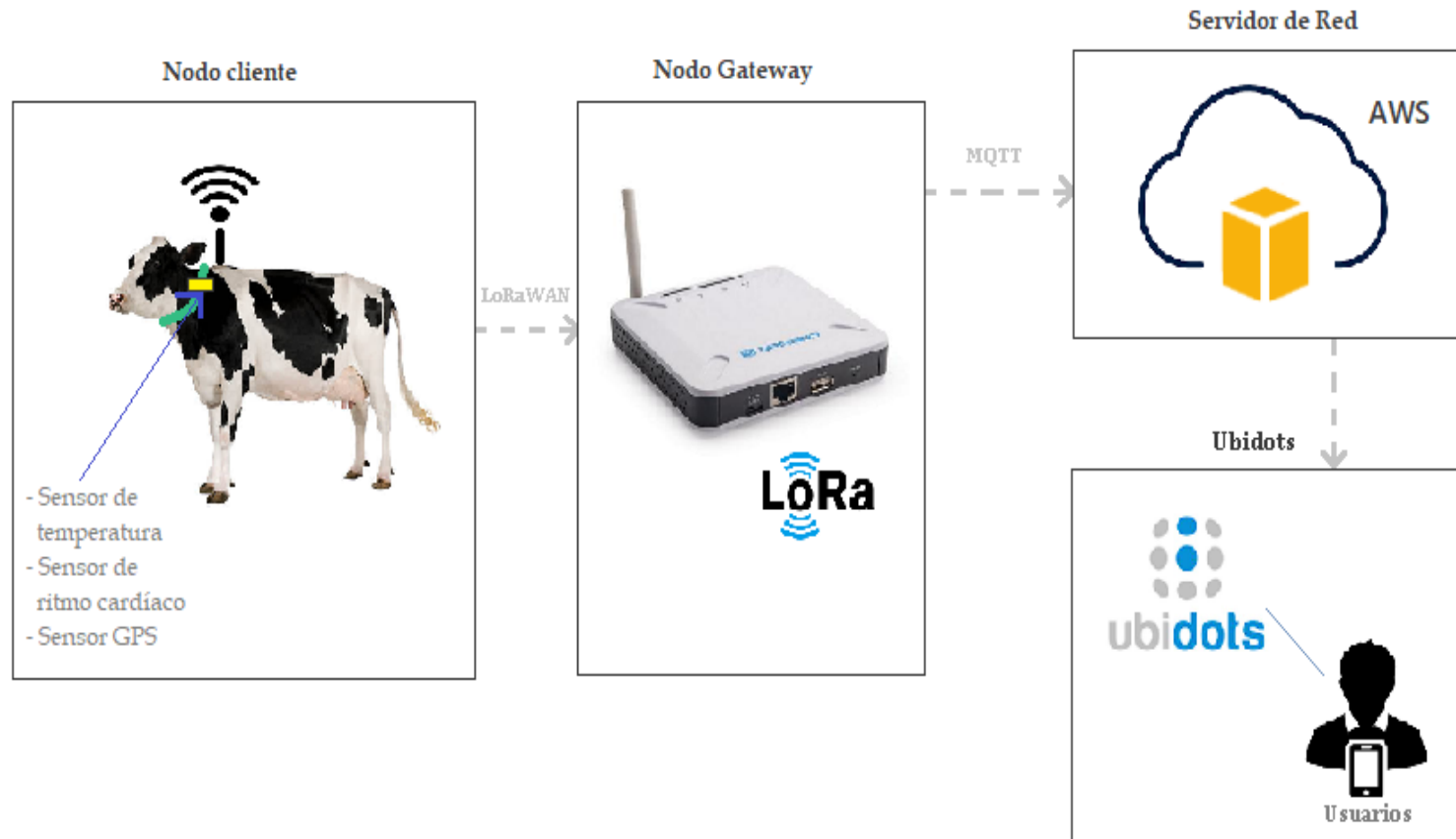
Objetivo General

Desarrollar un sistema prototipo capaz de monitorear y transmitir información de variables fisiológicas como la posición, velocidad de movimiento, desplazamiento, temperatura corporal y ritmo cardíaco de un animal bovino, con interacción al usuario mediante una aplicación móvil.

Objetivos Específicos

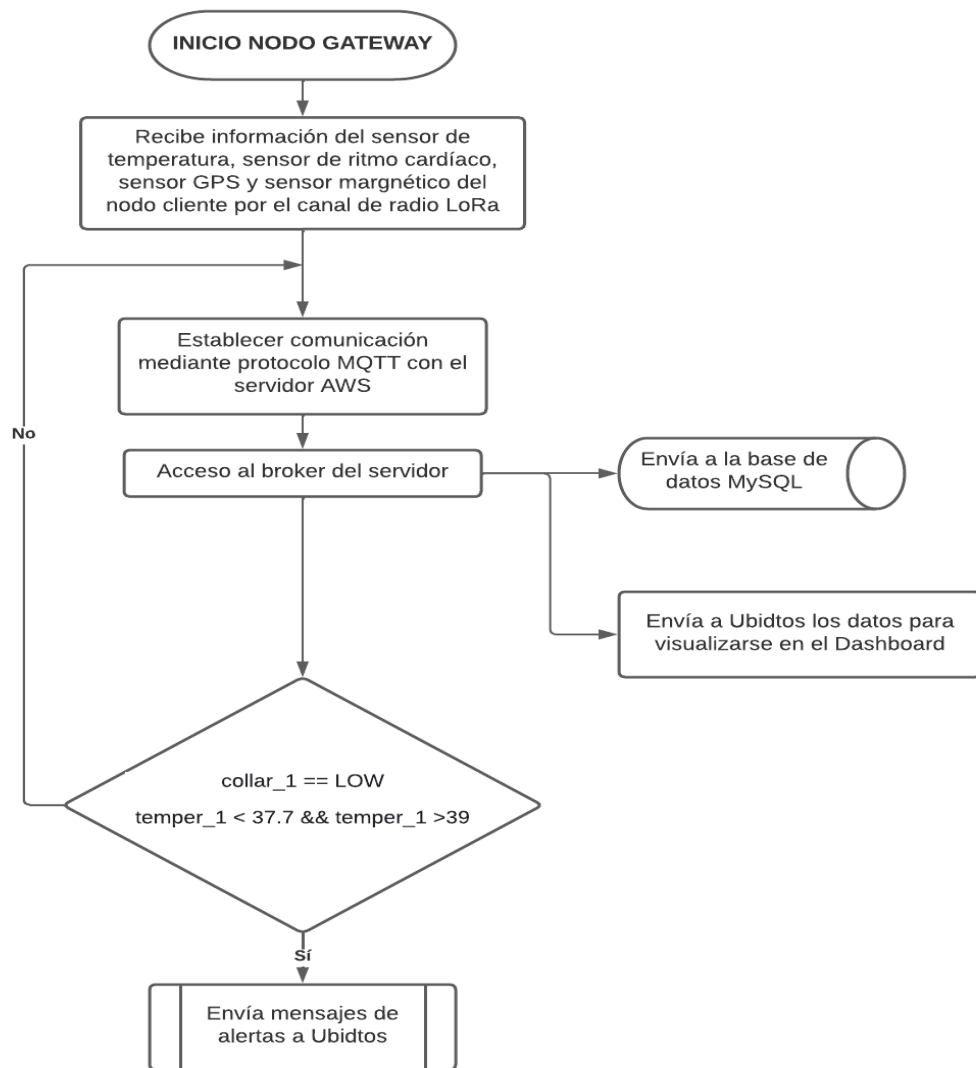
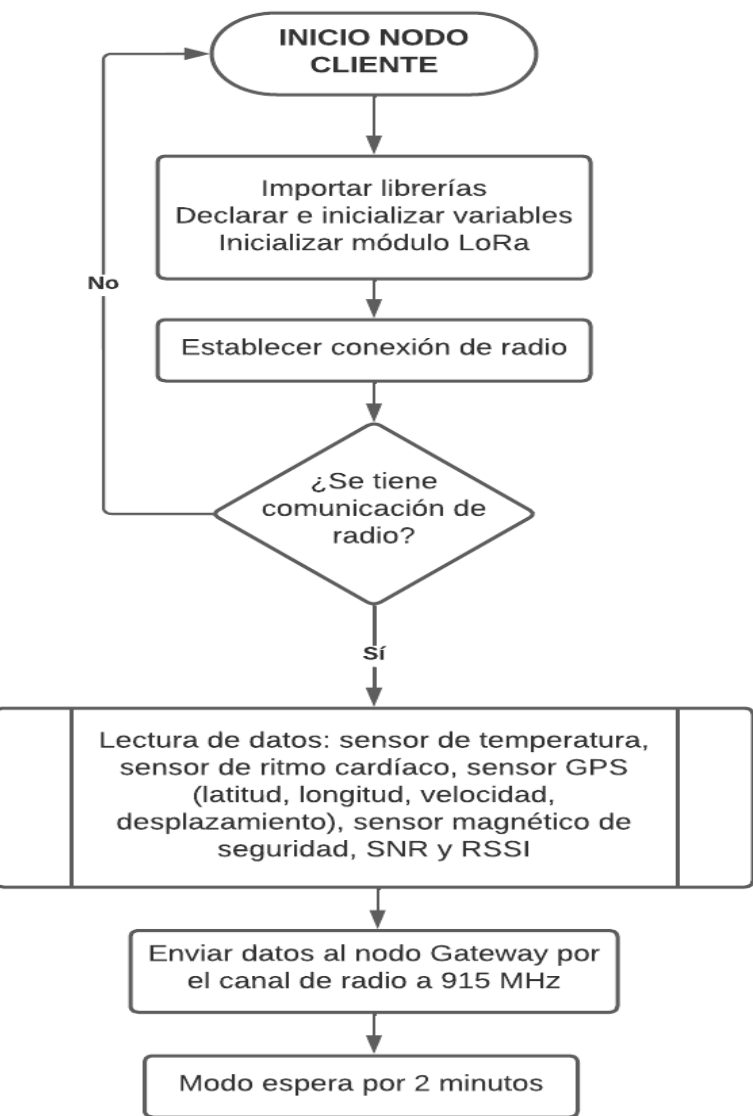
- Realizar un estudio del arte para recopilar información sobre la productividad y especificaciones de salud en bovinos.
- Investigar y seleccionar un servicio de tecnologías IoT que se usará para la aplicación móvil.
- Investigar y seleccionar los sensores y demás elementos electrónicos necesarios para la medición de las variables fisiológicas.
- Diseñar e implementar el sistema electrónico que permita monitorear las variables fisiológicas específicas determinadas para ser visualizadas desde una aplicación móvil.
- Realizar pruebas y mediciones para verificar el correcto funcionamiento del prototipo.

Diagrama de Bloques de la Arquitectura del Sistema



Diagramas de flujo para la programación del prototipo

Desarrollo e Implementación



Estructura del payload

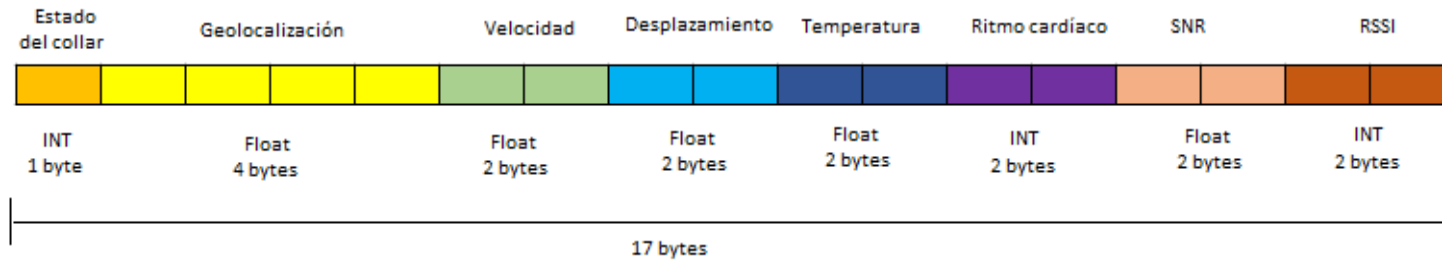
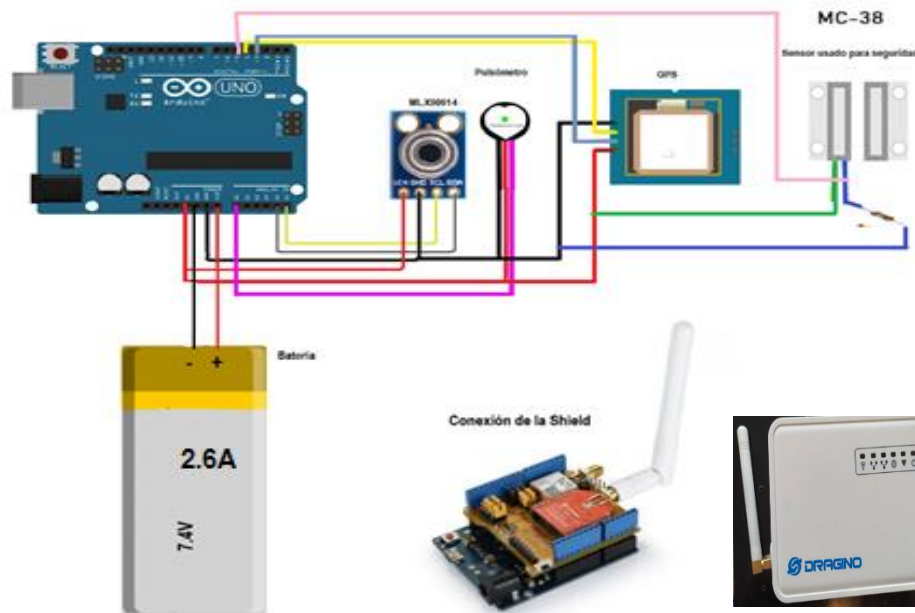


Diagrama de conexión de los sensores utilizados



- Arduino UNO
- Sensor de temperatura MLX90614
- Sensor Pulso Cardíaco XD-58C
- Sensor Magnético
- GPS Neo-6M
- LoRa Shield
- Gateway LoRa LG01-N

Diagrama de Dispersión

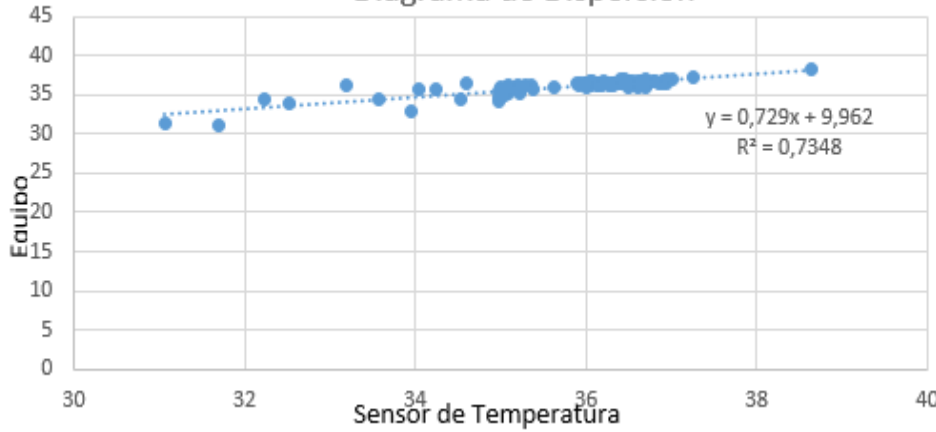
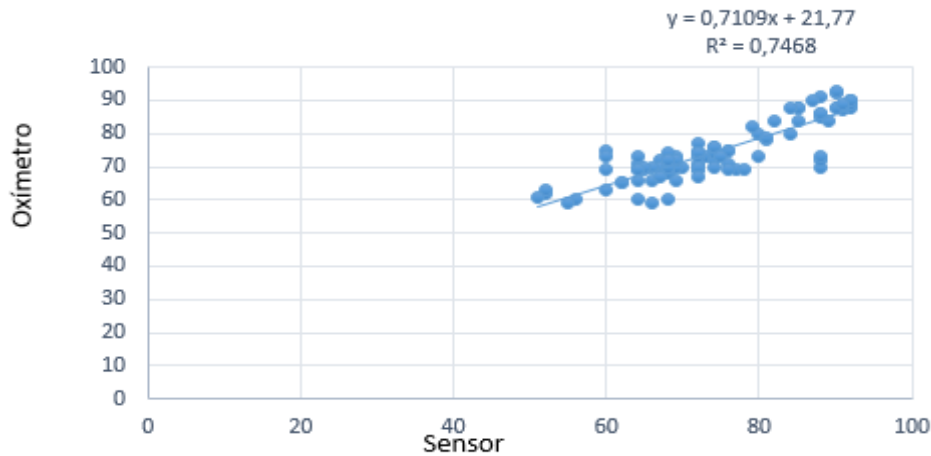


Diagrama de Dispersión del Pulso Cardíaco



Termómetro GP-300



Oxímetro Teaisiy C101H1



Google Maps



Coordenadas Google Maps		Coordenadas GPS-NEO		Error Absoluto	
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
0.59053	-77.82845	0.59057	-77.82841	-0.00004	-0.00004
0.59073	-77.82870	0.59073	-77.82874	0.00000	0.00004
0.59056	-77.82844	0.59054	-77.82846	0.00002	0.00002
0.59042	-77.82846	0.59041	-77.82836	0.00001	-0.00010
0.59035	-77.82839	0.59035	-77.82829	0.00000	-0.00010
0.59049	-77.82841	0.59040	-77.82830	0.00009	-0.00011
0.59038	-77.82830	0.59041	-77.82830	-0.00030	-0.00000
0.59049	-77.82834	0.59041	-77.82827	0.00008	-0.00007
0.59035	-77.82826	0.59039	-77.82828	-0.00004	0.00002
0.59053	-77.82833	0.59043	-77.82844	0.00010	0.00011



Modelo Okumura-Extendido

Fórmula para las pérdidas por propagación

$$L(dB) = 46.3 + 33.9 * \log_{10}(f) - 13.82 * \log_{10}(h_b) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 * \log_{10}(h_b)) * \log_{10}(d) + C_m$$

$$L(dB) = 140.754 + 42.237 * \log_{10}(d)$$

$$L(dB) = P_{Tx} - P_{Rx} + G_{AT} + G_{AR} - L_{conectores}$$

Potencia de recepción

$$P_{Rx} = S(dBm) + MD$$

Sensibilidad del equipo

$$S(dBm) = -174 + 10 \log(BW) + SNR + NF$$

$$P_{Rx} = -154.531 + 30$$

$$P_{Rx} = -124.53 \text{ dB}$$

$$L(dB) = 20 + 124.53 + 4 - 1.5 - 15$$

$$L(dB) = 132.03 \text{ dB}$$

$$132.03 = 140.754 + 42.237 * \log_{10}(d)$$

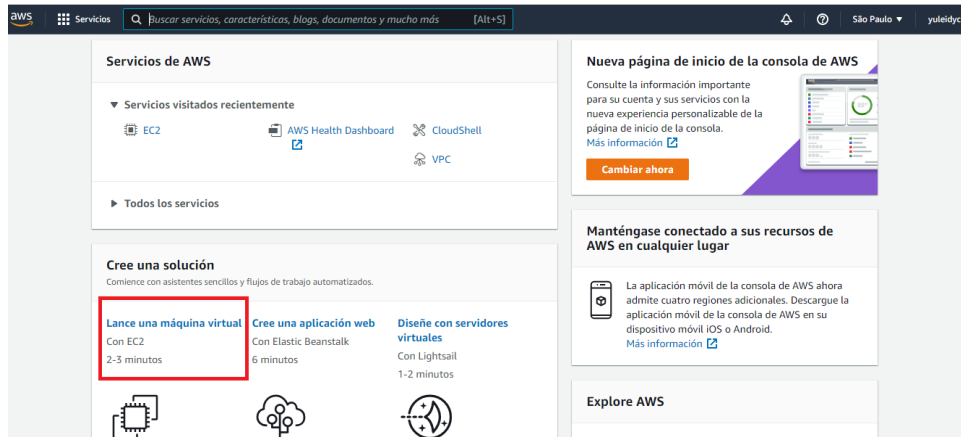
$$d = 0.622 \text{ km}$$

$$A = 1.215 \text{ km}^2$$

Parámetro	Valor
f	915 MHz
P_{TX}	20 dBm
G_{AT}, G_{AR}	2 dBi
BW	125 kHz
SNR	7,5 dB
NF	6 dB
MD	30 dB
Disponibilidad	99,9% (364,64 días)



Creación y configuración de la instancia en AWS



Nombre del par de claves

LLAVES_SERVIDOR2

El nombre puede incluir hasta 255 caracteres ASCII. No puede incluir espacios al principio ni al final.

Tipo de par de claves

RSA

Par de claves públicas y privadas cifradas por RSA

ED25519

Los pares de claves privadas y públicas cifradas ED25519 (no se admite para instancias de Windows)

Formato de archivo de clave privada

.pem

Para usar con OpenSSH

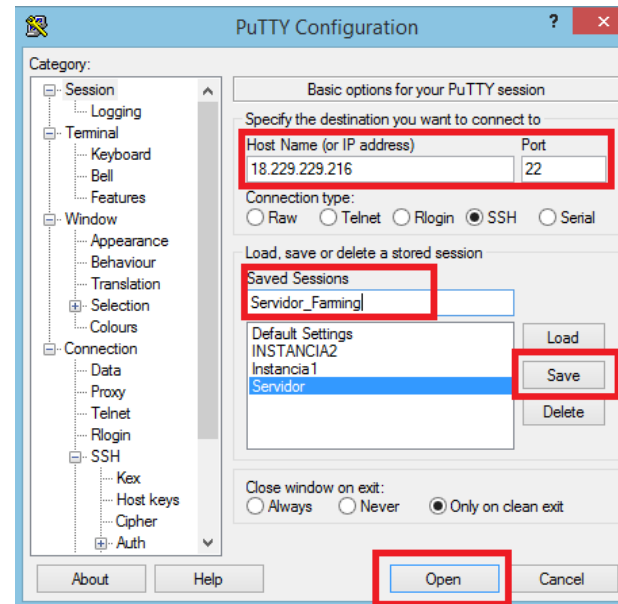
.ppk

Para usar con PuTTY

Cancelar

Crear par de claves

Tipo	Protocolo	Puertos	Especificación
HTTP	TCP	80	HTTP
TCP	TCP	8083	Vesta
TCP	TCP	18093	MQXs
TCP	TCP	18083	MQX
TCP	TCP	8883, 8090, 1883, 8093, 8094	EMQ
HTTPS	TCP	443	HTTPS
TCP	TCP	12000 a 12100	FTP PASIVO
SSH	TCP	22	SSH
TCP	TCP	21	FTP
MYSQL	TCP	3306	SQL



1. Creación de Instancia
2. Habilitación de puertos
3. Acceso por SSH.
4. Creación de Dominio y asignación de IP
5. Instalación de SSL.

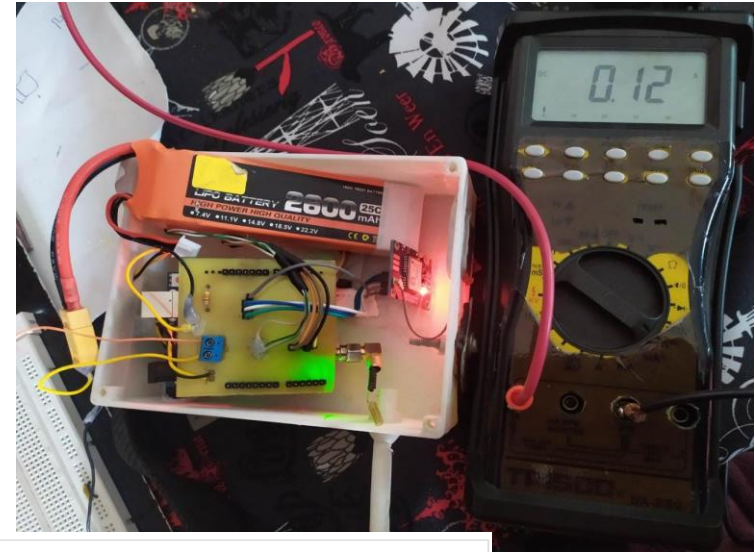




Consumo energético del nodo cliente

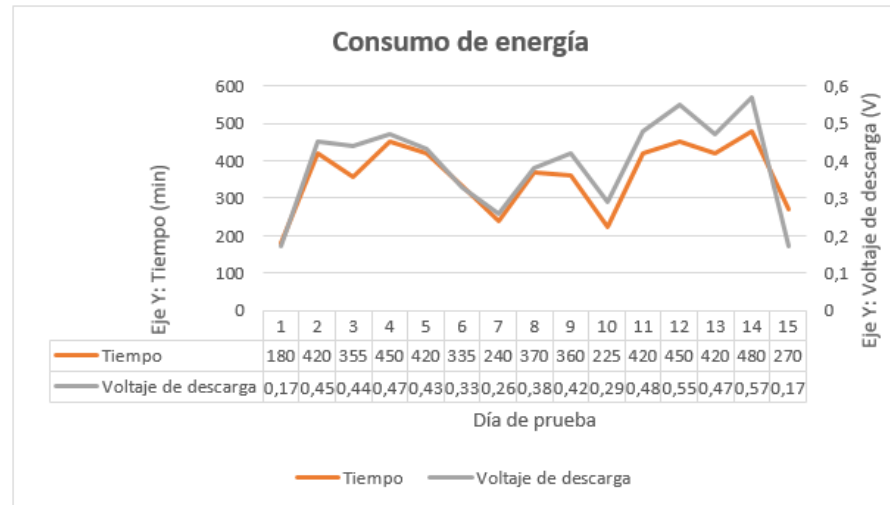
Desarrollo e Implementación

Componente	Consumo de corriente DC
Arduino UNO	50 mA
Módulo LoRa Shield	25 mA
Sensor de temperatura MLX 90614	2 mA
Sensor de ritmo cardíaco XD-58C	4 mA
Módulo GPS NEO6-M	37 mA
Total	118 mA



$$t = \frac{7.4V * 2600mA}{5V * 118mA}$$

$$t = \frac{19.24}{0.59} = 32.61 h$$



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



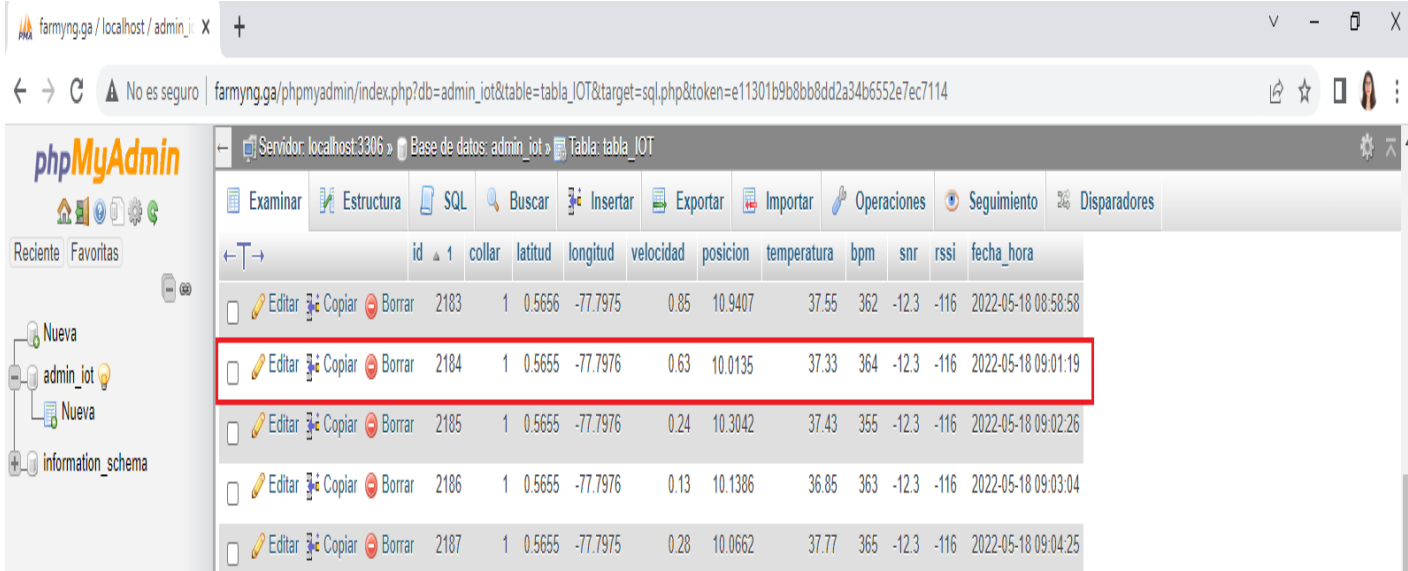
Coordenadas	Gateway	Punto A	Punto B	Punto C	Punto D
Latitud	0.5645235	0.5652	0.5673	0.5647	0.5626
Longitud	-77.7975418	-77.7996	-77.7975	-77.7944	-77.7972

```
COM3
Enviar
El monitoreo de la vaca Nua ha empezado
---- COMUNICACIÓN LISTA----
---- TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE LoRa LISTA
---- INFORMACIÓN ENVIADA CORECTAMENTE:
1
-----
Adquiriendo Datos GPS:
-----
Lat/Long(float): 0.59044, -77.82849 Fijar: 637ms.
Alt(cm): 285510 Course(10^-2 deg): 9836 Speed(10^-2 knots): 95
Alt(float): 2855.10
Velocidad: (mps): 0.49 (kmph): 1.76
Temp. ambiente => 23.45°C
Temp. objeto => 20.15°C
♥ A HeartBeat Happened !
BPM: 689
COLLAR CONECTADO --> Estatus:1
0.00
-157
Autoscroll Mostrar marca temporal Nueva línea 9600 baudio Limpiar salida
```

Comunicación LoRa

```
Previous Log:
Mon May 9 11:46:33 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:pub_qos[-q]: 0
Mon May 9 11:46:33 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:cafile[--cafile]:
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:cert[--cert]: /etc/iot/cert/
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:key[--key]: /etc/iot/cert/
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:clientID[-i]: dragino_gateway
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:remote_id: 4567
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:pub_topic[-t]: sensores
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:username: Not set
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:mqtt_data[-n]: 1.0,0.5655,-77.7968,0.06,0.02,37.01,355.0,-11.8,-117.0
Mon May 9 11:46:34 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:-----
Mon May 9 11:46:43 2022 user.notice iot_keep_alive: Internet Access OK: via wlan0-2
Mon May 9 11:46:43 2022 user.notice iot_keep_alive: use WAN or WiFi for internet access now
Mon May 9 11:46:47 2022 daemon.info lg01_pkt_fwd[24734]:
Mon May 9 11:46:47 2022 daemon.info lg01_pkt_fwd[24734]: RRTX-
Receive(HEX):3c343536373e312e302c302e353635352c2d37372e373936382c20302e30362c302e30322c33372e31332c3335362e302c2d31312e302c2d3131372e30
Mon May 9 11:46:47 2022 daemon.info mqtt_process.sh[1614]: /var/iot/channels/ CREATE 4567
Mon May 9 11:46:47 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]: Find Watch Entry for 4567
Mon May 9 11:46:48 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]: DECODER 4567
Mon May 9 11:46:50 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:
Mon May 9 11:46:50 2022 user.notice root: [IoT.MQTT]:-----
```

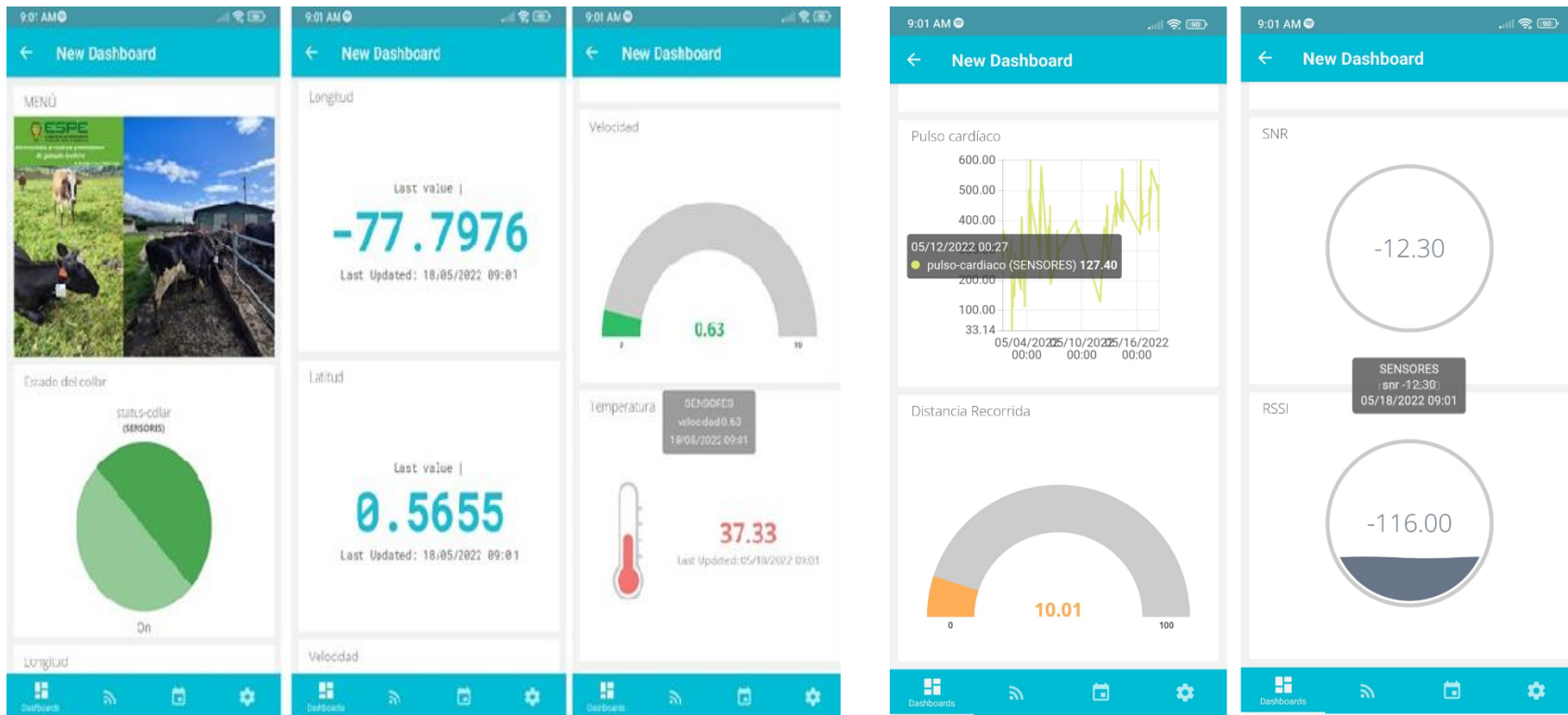

Comunicación con la Base de Datos



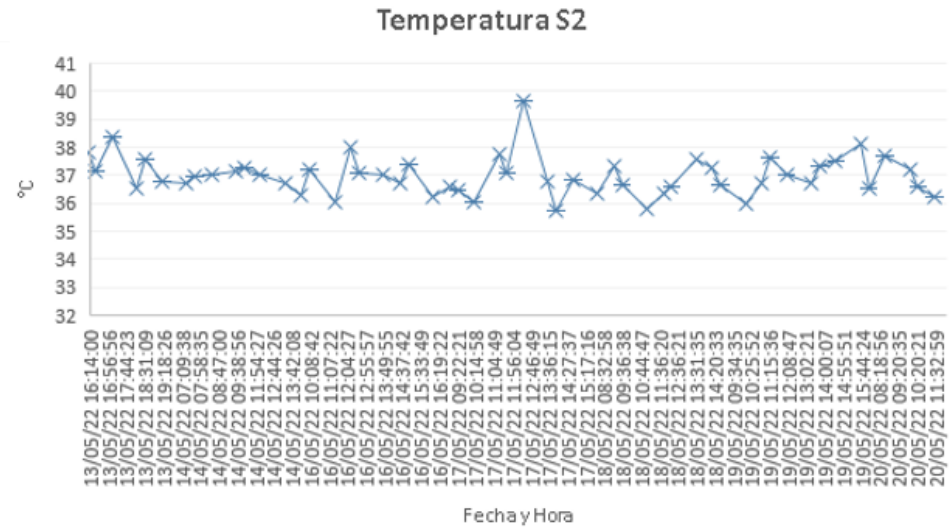
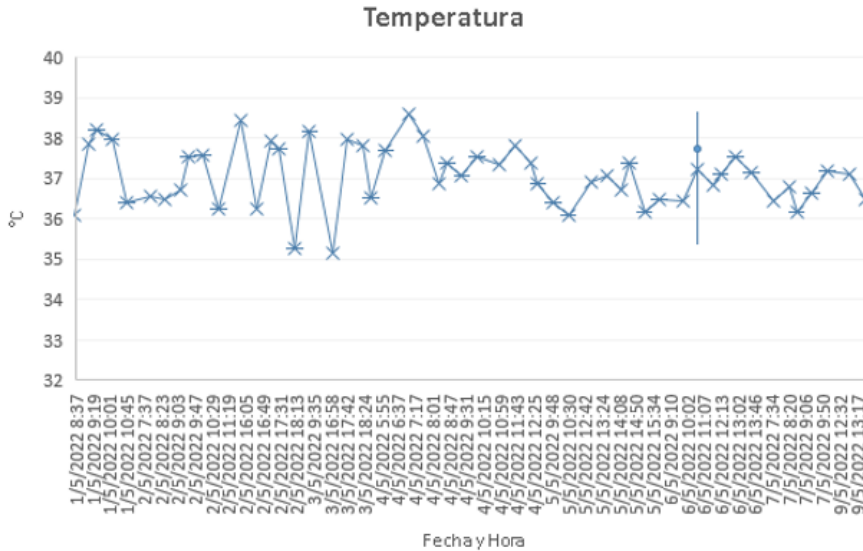
The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'admin_iot'. The table 'tabla_IOT' is displayed with the following columns: id, collar, latitud, longitud, velocidad, posicion, temperatura, bpm, snr, rssi, and fecha_hora. The data rows are as follows:

	id	collar	latitud	longitud	velocidad	posicion	temperatura	bpm	snr	rssi	fecha_hora
<input type="checkbox"/>	2183	1	0.5656	-77.7975	0.85	10.9407	37.55	362	-12.3	-116	2022-05-18 08:58:58
<input type="checkbox"/>	2184	1	0.5655	-77.7976	0.63	10.0135	37.33	364	-12.3	-116	2022-05-18 09:01:19
<input type="checkbox"/>	2185	1	0.5655	-77.7976	0.24	10.3042	37.43	355	-12.3	-116	2022-05-18 09:02:26
<input type="checkbox"/>	2186	1	0.5655	-77.7976	0.13	10.1386	36.85	363	-12.3	-116	2022-05-18 09:03:04
<input type="checkbox"/>	2187	1	0.5655	-77.7975	0.28	10.0662	37.77	365	-12.3	-116	2022-05-18 09:04:25

Visualización de la interfaz en Ubidots



Datos Temperatura



$$\%error_{temp} = \frac{t_{esperada} - t_{obtenida}}{t_{esperada}} * 100\%$$

$$\%error_{temp} = \frac{38.5 - 37.02}{38.5} * 100\%$$

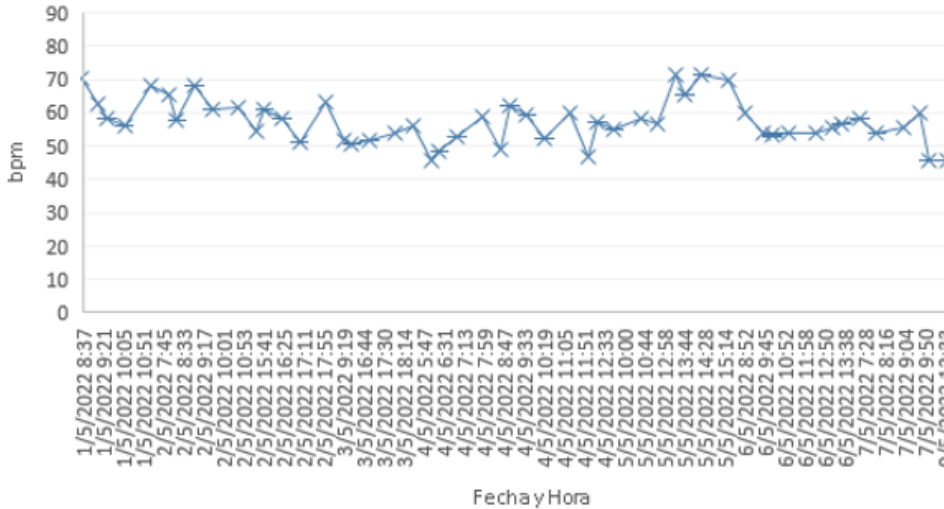
$$\%error_{temp} = 3.84\%$$



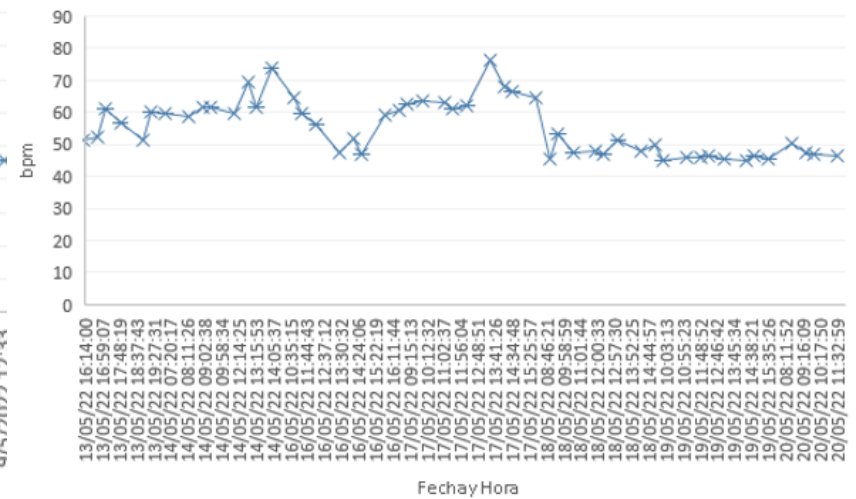
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Datos Pulso Cardíaco

Ritmo cardíaco S1



Ritmo cardíaco S2



$$\%error_{bpm} = \frac{BPM_{esperado} - BPM_{obtenido}}{BPM_{esperado}} * 100\%$$

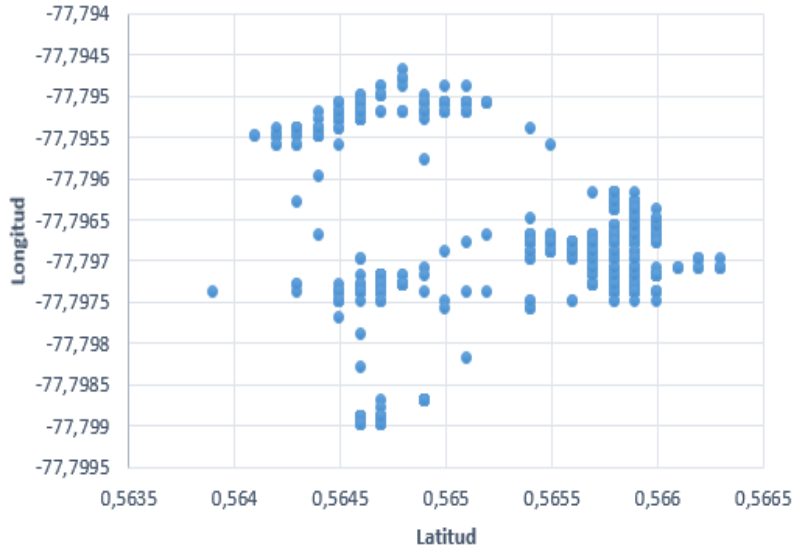
$$\%error_{temp} = \frac{60 - 57}{60} * 100\%$$

$$\%error_{temp} = 5\%$$

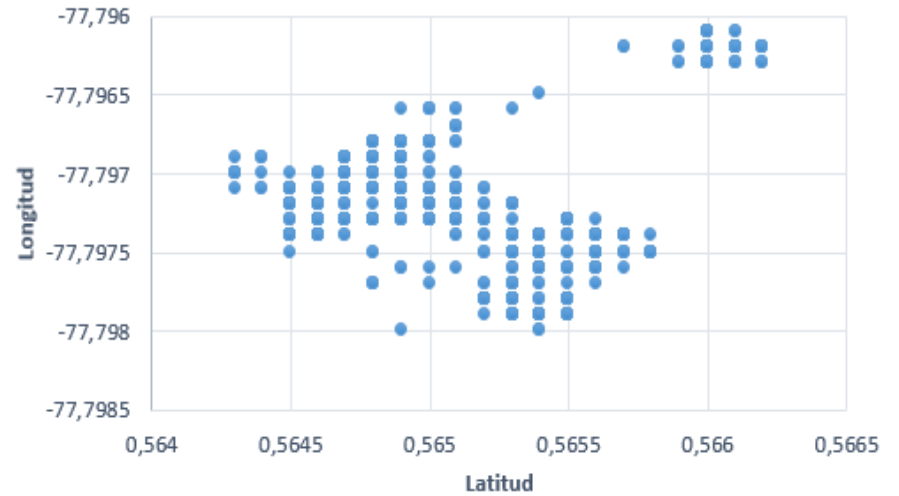


Datos Latitud y Longitud

Latitud vs Longitud S1

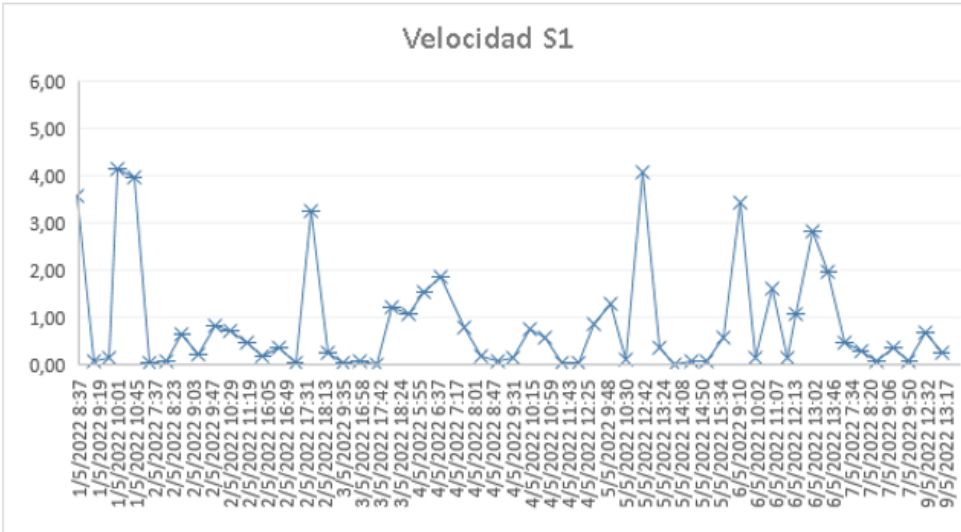


Latitud vs Longitud S2

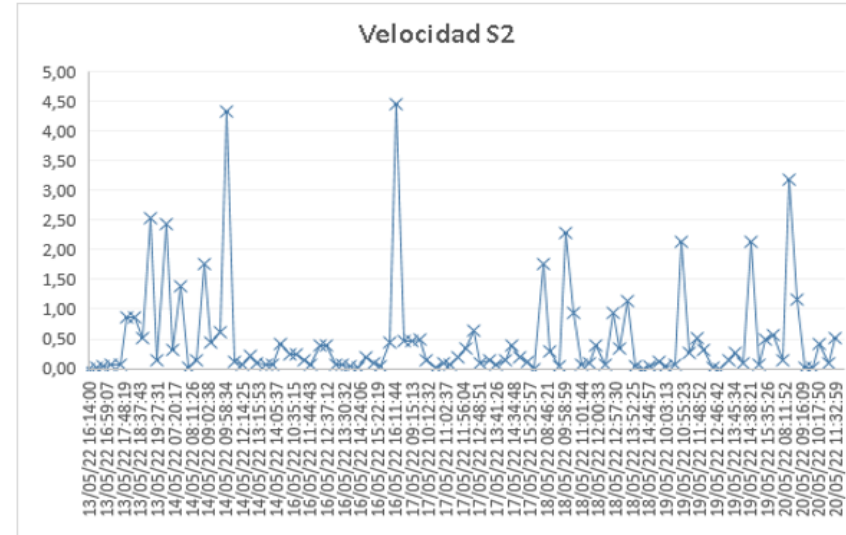


Datos Velocidad

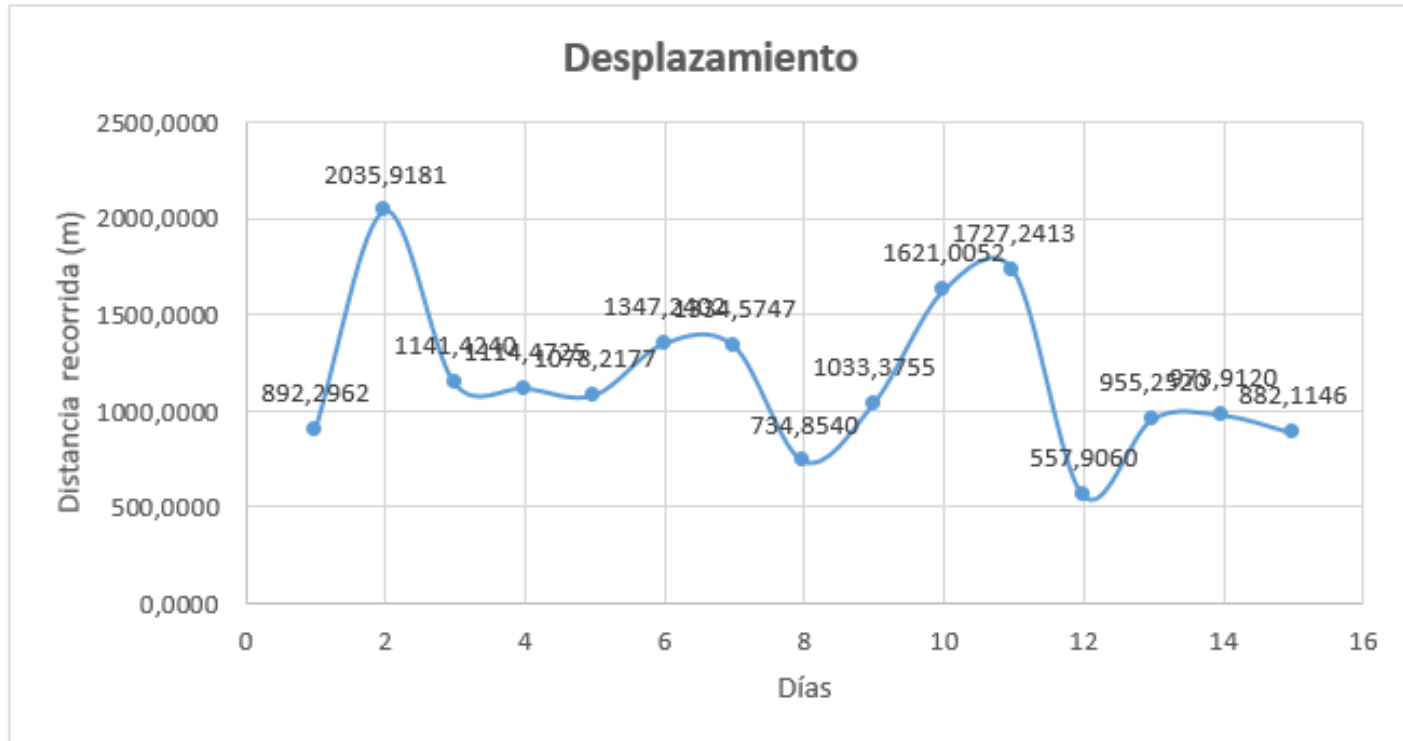
Velocidad S1



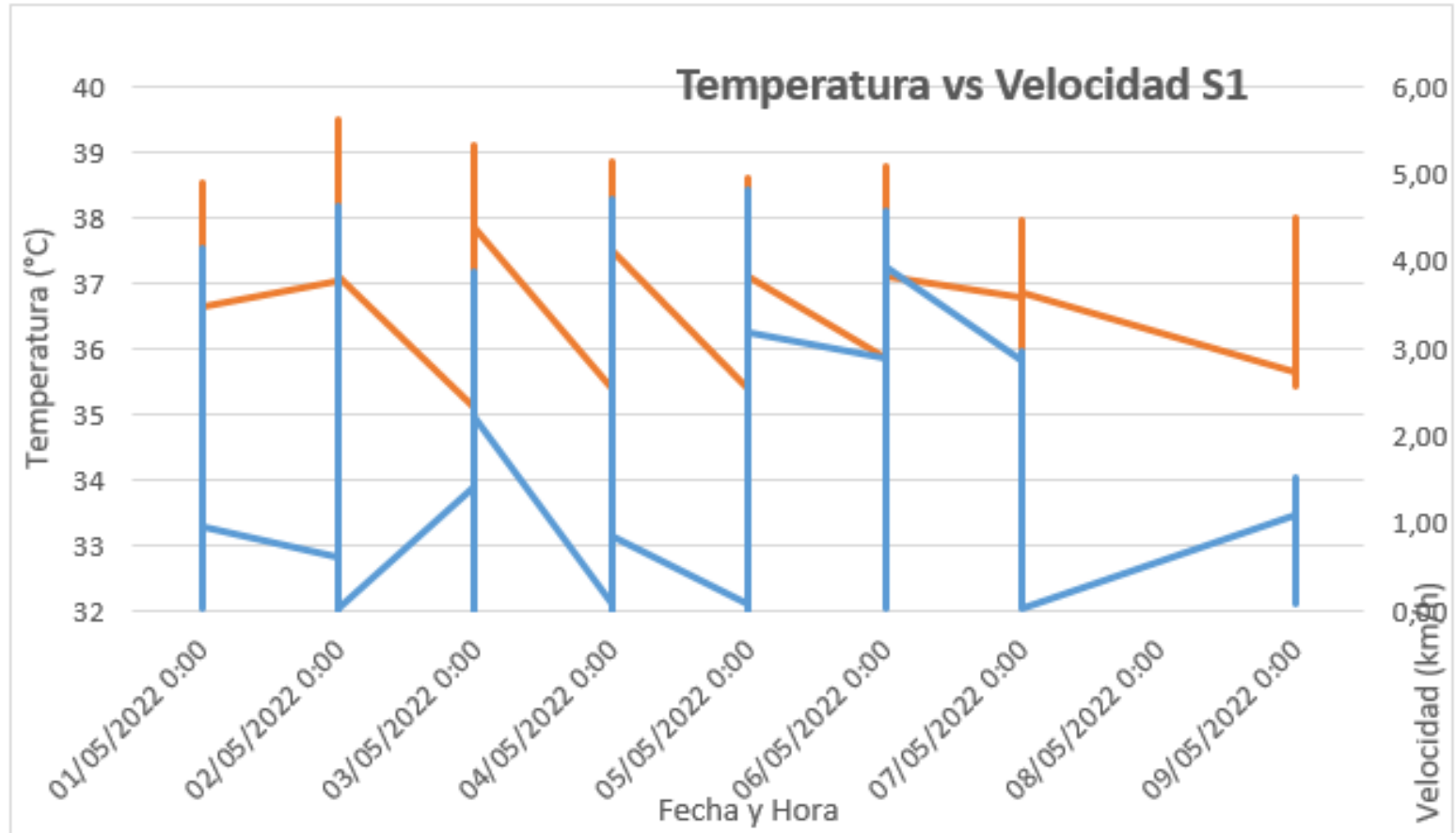
Velocidad S2



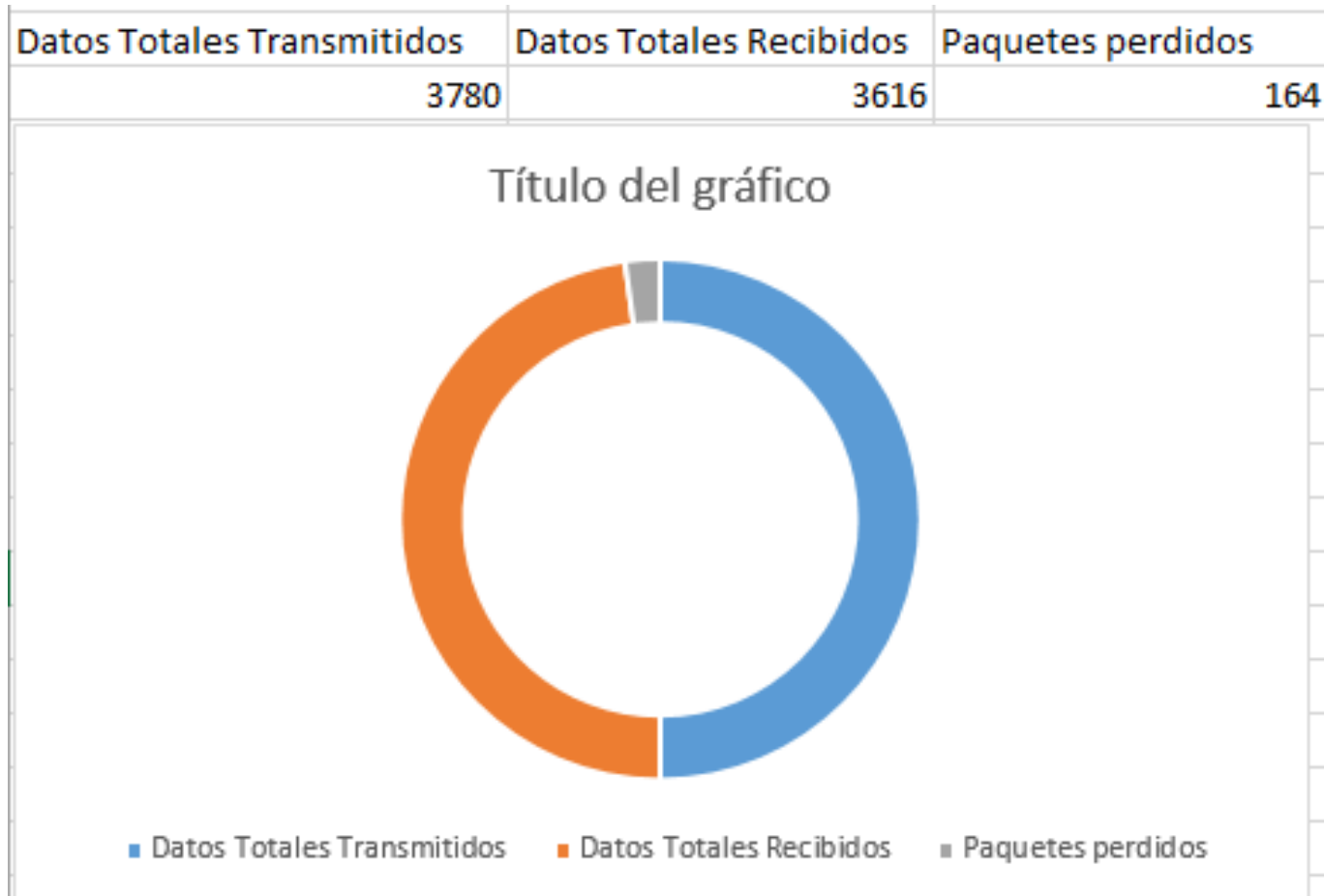
Datos Desplazamiento



Datos Temperatura y Velocidad




Datos enviados y recibidos



Alarmas

← Event log


 SMS 07:52

Date
2022-05-20 07:52 -05:00

Status
SMS not send to +593 0983283035. Reason: Not allowed event send-sms for user with username IOT_Wirelbits with STEM Plan

Receiver(s)
+593 0983283035

Message
Revisar urgentemente, el status del collar, se ha detectado que ha sido desconectado.... Animal en peligro!!!.


 SMS 08:27

Date
2022-05-22 08:27 -05:00

Status
SMS not send to +593 983283035. Reason: Not allowed event send-sms for user with username IOT_Wirelbits with STEM Plan

Receiver(s)
+593 983283035

Message
La temperatura, ha superado el umbral revisar el sensor de manera inmediata, se verifica Hipertermia!!!!.

 EMAIL 11:38

Date
2022-06-04 11:38 -05:00

Status
Email sent to yuli_daya@yahoo.com

Receiver(s)
yuli_daya@yahoo.com

Subject
Temperatura Hipotermia

Message
Hola, Revisar sensor de temperatura Urgente, se verifica Hipotermia. Animal en peligro!!!!



Detalle	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
MLX90614 sensor infrarrojo	1	14,50	14,50
Arduino Uno Genérico	1	16,00	16,00
Sensor ritmo cardíaco	1	4,50	4,50
Sensor contacto Magnético	1	2,00	2,00
GPS UBLOX NEO 2019	1	18,50	18,50
Batería LIPO 7.4V-1A	1	15,25	15,25
Cargador	1	17,00	17,00
Batería LIPO 7.4V-2.5 ^a	1	34,00	32,00
Panel Solar 5.5V-160mA	1	9,50	9,50

Cable USB para arduino	1	2,50	2,50
Dragino LORA Shield	1	30,00	30,00
Dragino LORA Gateway	1	130,00	130,00
Collar	1	4,50	4,50
Transporte para realizar pruebas	-	65,00	65,00
Cable de timbre	2m	2,00	2,00
Diseño e impresión de la caja	1	85,50	85,50
Placa final y soldadura	1	22,50	22,50
Otros		86,00	86,50
		Total	557,75



- Realizar el estudio del arte sobre los parámetros que indican el estado de salud de una vaca en condiciones normales, permitió definir las variables a medir, mismas que se usaron para realizar el monitoreo del animal, y además establecer los rangos límites mínimos y máximos que puede tener la vaca en la temperatura y frecuencia cardíaca, también fue de gran ayuda en la orientación del trabajo de titulación.
- Realizar la comparación de cada elemento que forma parte del prototipo, fue de gran ayuda, gracias a esto se pudo definir los sensores, el tipo de batería, el tipo de comunicación que se usó para poder diseñar e implementar este proyecto, es útil esta parte ya que se conoce los beneficios de cada componente y con ello se puede aprovechar al máximo las características de los mismos.
- La tecnología LoRa fue la indicada para el desarrollo de este proyecto, además de que permite comunicar dispositivos hasta 30km, uno de los beneficios más sobresalientes es que permite el envío de información de forma ilimitada y con un nivel de seguridad muy bueno y un consumo mínimo de energía.
- En base al cálculo de propagación que se realizó para definir el alcance que tiene el enlace, se concluye que de forma teórica el dispositivo Gateway y el prototipo, pueden colocarse a una distancia no mayor a 600m, sin embargo después de realizar las pruebas de cobertura, a una distancia de 345m se tienen un RSSI de -157dBm que representa a una señal débil, por lo tanto el rango máximo de este enlace es de 300m para que la transmisión de información no se vea afectada y con respecto al SNR de acuerdo a los datos que se tomaron, se determina que la señal no ha sufrido muchos cambios debido a las señales interferentes.

- El objetivo de este proyecto es desarrollar un dispositivo electrónico capaz de monitorear y transmitir variables fisiológicas de un bovino, ante lo que se puede afirmar que se ha logrado gracias al uso de herramientas Open Source; que facilitaron la conexión del hardware y software, logrando una vinculación exitosa entre el nodo final, nodo Gateway, servidor web e interfaz gráfica. En cuanto a la interfaz de usuario se considera que cumple con los requisitos funcionales de diseño, esto es, contar con una herramienta de aplicación móvil facilitando la visualización de manera rápida y dinámica de los cambios fisiológicos al usuario y al mismo tiempo ser alertados en caso de presentarse anomalías en la temperatura y la posición del bovino.
- En base a la discusión de los resultados, se concluye que el tiempo de recolección de datos ha sido el adecuado, para realizar la valoración en cuanto a funcionalidad y efectividad del prototipo de rastreo y monitoreo de ganado bovino; se determinó que el dispositivo consigue una autonomía de 8 horas. Además, se ha conseguido evidenciar las variaciones de las cinco variables fisiológicas en estudio, de lo que se pudo determinar que la ubicación del dispositivo en el animal, juega un papel importante a tener en cuenta, ya que al ser colocado en el cuello y por algún movimiento del animal este puede separarse centímetros lo que cambiará los valores de los datos de temperatura y ritmo cardíaco, sin embargo, esto no sucede a menudo y la diferencia en la toma de datos no es tan grande, lo que no representa un inconveniente.

- Es recomendable realizar el análisis y pruebas del enlace de propagación, con ellos se puede determinar a qué distancia máxima y mínima se puede colocar el dispositivo prototipo y evitar pérdida de información.
- Es recomendable realizar un cálculo del consumo energético que va a tener todo el dispositivo prototipo, con lo cual se puede escoger la batería adecuada y determinar cuántas horas va a funcionar el equipo de forma continua.
- Procurar que la ubicación del dispositivo Gateway LoRa tenga una línea de vista adecuada para asegurar la recepción de los datos y evitar así pérdida de paquetes y retardos.

- Es recomendable realizar el análisis y pruebas del enlace de propagación, con ellos se puede determinar a qué distancia máxima y mínima se puede colocar el dispositivo prototipo y evitar pérdida de información.
- Es recomendable realizar un cálculo del consumo energético que va a tener todo el dispositivo prototipo, con lo cual se puede escoger la batería adecuada y determinar cuántas horas va a funcionar el equipo de forma continua.
- Procurar que la ubicación del dispositivo Gateway LoRa tenga una línea de vista adecuada para asegurar la recepción de los datos y evitar así pérdida de paquetes y retardos.

- Se propone el desarrollo de un dispositivo prototipo que permita monitorear y rastrear vacas lecheras, pero con un sistema energético que le brinde al dispositivo la capacidad de ser autónomo, por ejemplo, hacer uso de paneles solares, teniendo en cuenta que ninguno de los elementos que forman parte del prototipo se vea afectado por las variaciones bruscas de voltaje.
- La creación de modelos matemáticos para predecir enfermedades en estos animales por medio de las variables que se ha medido es uno de los retos a mejorar para investigaciones futuras.
- Por otro lado, la cobertura de este proyecto fue lo suficiente para el área que ese tiempo están usando para pastear a las vacas, pero al terminar el alimento en dichas zonas serán movilizadas a áreas en las que ya no existe cobertura. Por ello se propone adquirir un Gateway LoRa de mayor alcance y de preferencia que sea de exterior y realizar pruebas de campo para determinar el nuevo rango de alcance de la red y analizar la fidelidad de la información obtenida de las variables fisiológicas.