

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

Tema: “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.”

Trabajo de titulación previa la obtención del  
título de Ingeniero en Informática

AUTOR: Taramuel Escobar Jhon Andrés

TUTOR: Ing. Del Hierro Mosquera Milton Gabriel, MSc.


Tulcán, 2021




## CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Taramuel Escobar Jhon Andrés con el número de cédula 0401730833 ha elaborado el trabajo de titulación: “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

  
f.....  
Del Hierro Milton Gabriel, MSc.  
TUTOR

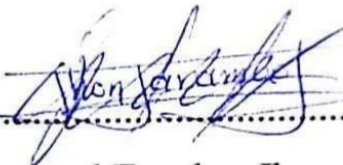
  
f.....  
Hidalgo Jairo Vladimir, MSc.  
LECTOR

Tulcán, 26 de febrero de 2021

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de ingeniería en informática de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Taramuel Escobar Jhon Andrés con cédula de identidad número 0401730833 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f. 

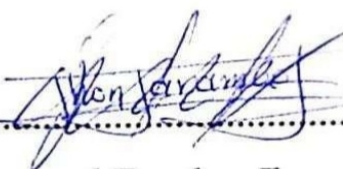
**Taramuel Escobar Jhon Andrés**

AUTOR

Tulcán, 26 de febrero de 2021

## **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Taramuel Escobar Jhon Andrés declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f. 

**Taramuel Escobar Jhon Andrés**

AUTOR

Tulcán, 26 de febrero de 2021

## **AGRADECIMIENTO**

Un profundo agradecimiento a mi madre Lucia y a mi hermano Jaime por ser los pilares fundamentales en mi vida, les agradezco el apoyo incondicional que me han brindado y por estar siempre presentes a lo largo de mi vida velando por mi bienestar y educación.

Agradezco a mis compañeros de la universidad con los que trabajamos y luchamos con el objetivo de lograr nuestra formación profesional, a ellos gracias por haber sido parte de esta aventura y haber compartido no solo en el ámbito académico, sino también en el de amistad y confraternidad.

De igual manera agradezco a cada uno de los docentes que trabajan y apoyan en el mejoramiento de la Carrera de Ingeniería en Computación, gracias por su esfuerzo y dedicación al enseñar la teoría, la ciencia y el conocimiento a sus estudiantes.

## DEDICATORIA

### *A Dios*

Por haberme permitido vivir la experiencia de cursar estudios universitarios, por haber puesto en mí camino a una linda familia para ser mi soporte durante todo el periodo de estudio universitario y por brindarme la fortaleza para afrontar los obstáculos y aprendizajes de la vida.

### *A mi madre*

Por su valiosa compañía y por haberme brindado siempre su comprensión, aliento y amor. Dios te bendiga siempre y gracias por creer en mi querida madre.

### *A mi hermano*

Por haberme apoyado en todo momento, por los consejos y valores que me ha inculcado y que me han permitido superarme día a día, buscando aquel anhelo de triunfo en la vida.

### *A mis familiares*

Por el cariño y apoyo que me brindaron y por estar directa o indirectamente pendientes de mi formación académica, con cariño especial a mi abuelo Sergio quien siempre estuvo pendiente sobre mi situación en la universidad y deseándome lo mejor a cada clase que asistía, abuelo espero que desde el cielo te sientas orgulloso por esta meta que si logré alcanzar. Y dedico este trabajo a mis tíos: Patricio, Rodrigo y a mis tías: Lilia y Sonia por su apoyo constante, y su inmenso cariño.

## ÍNDICE

I. PROBLEMA .....	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	21
1.4.1. Objetivo General.....	21
1.4.2. Objetivos Específicos .....	21
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	21
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	22
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	22
2.2. MARCO TEÓRICO .....	24
2.2.1. Sistemas de identificación en animales de producción. ....	24
2.2.2. Sistema de registro pecuario.....	26
2.2.3. Sistemas de monitoreo de ganado bovino. ....	27
2.2.4. Tecnologías inalámbricas. ....	28
2.2.5. Redes de sensores inalámbricos. ....	34
2.2.6. Programación de software. ....	42
2.2.7. Bases de datos.....	48
2.2.8. Fundamentos de ingeniería de software. ....	49
III. METODOLOGÍA.....	55
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....	55
3.1.1. Enfoque.....	55
3.1.2. Tipos de Investigación.....	55

3.2. IDEA A DEFENDER.....	57
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	57
3.3.1. Definición de Variables.....	57
3.3.2. Operacionalización de Variables.....	57
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....	59
3.4.1. Método inductivo.....	59
3.4.2. La metodología de desarrollo como método. ....	59
3.4.3. Técnicas para la recolección de datos.....	59
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	60
3.5.1. Población y Muestra.....	60
3.5.2. Instrumentos de investigación.....	62
3.5.3. Procesamiento y análisis de datos.....	63
3.5.4. Verificación de la idea a defender.....	68
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
4.1. RESULTADOS .....	69
4.1.1. Planteamiento de la propuesta.....	69
4.1.2. Requerimientos del sistema (Fase 1).....	69
4.1.3. Análisis del sistema (Fase 2).....	79
4.1.4. Diseño de hardware y software (Fase 3).....	86
4.1.5. Codificación e implementación (Fase 4).....	109
4.1.6. Pruebas unitarias.....	131
4.1.7. Pruebas de integración.....	138
4.1.8. Pruebas del sistema.....	148
4.1.9. Prueba de validación.....	150
4.1.10. Factibilidad técnica y económica.....	152

4.2. DISCUSIÓN .....	158
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	159
5.1. CONCLUSIONES .....	159
5.2. RECOMENDACIONES.....	160
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	162
V. ANEXOS .....	168

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las redes inalámbricas.....	29
Figura 2. Estructura de una red inalámbrica de sensores. ....	34
Figura 3. Estructura de un nodo sensor. ....	35
Figura 4. Topologías del estándar ZigBee.....	37
Figura 5. Pila de protocolos en Zigbee. ....	40
Figura 6. Arquitectura básica de una aplicación web.....	45
Figura 7. Modelo de desarrollo en V.....	51
Figura 8. Indagación sobre herramientas tecnológicas para monitorear ganado.....	63
Figura 9. Análisis de la estimación favorable al desarrollo del sistema.....	64
Figura 10. Análisis de las ventajas de un sistema de monitoreo de ganado bovino. ....	64
Figura 11. Análisis sobre el beneficio del sistema de monitoreo de ganado.....	65
Figura 12. Análisis del sistema como herramienta de apoyo contra el abigeato.....	66
Figura 13. Análisis sobre las características a considerar para el sistema de monitoreo. ....	67
Figura 14. Entrevista al administrador del Centro Experimental San Francisco.....	70
Figura 15. Centro Experimental San Francisco de la UPEC.....	71
Figura 16. Lote de ganado del Centro Experimental San Francisco .....	72
Figura 17. Mapa de cobertura de la operadora móvil Movistar .....	73
Figura 18. Mapa de cobertura de la operadora móvil Claro.....	74
Figura 19. Mapa de cobertura de la operadora móvil CNT.....	74
Figura 20. Dispositivo electrónico para monitoreo adaptado en collar.....	80

Figura 21. Modelo de la estructura del sistema propuesto. ....	82
Figura 22. Modelo de la arquitectura en capas del sistema propuesto .....	84
Figura 23. Topología en estrella para la red de sensores inalámbricos .....	84
Figura 24. Microcontrolador ATmega328P en placa arduino uno. ....	88
Figura 25. Microcontrolador ATmega328P en placa arduino nano. ....	88
Figura 26. Presentación del módulo XBee S2C. ....	89
Figura 27. Módulo GPS NEO 6M. ....	90
Figura 28. Sensor de temperatura LM35. ....	92
Figura 29. Módulo GSM SIM800L. ....	93
Figura 30. XBee Explorer USB. ....	94
Figura 31. Batería recargable GP 170mAh .....	94
Figura 32. Esquema en bloques del nodo sensor. ....	97
Figura 33. Diagrama electrónico del nodo sensor diseñado en Isis Proteus. ....	98
Figura 34. Diseño electrónico del nodo sensor realizado en Ares Proteus. ....	99
Figura 35. Esquema en bloques del nodo coordinador. ....	100
Figura 36. Diagrama electrónico del nodo coordinador diseñado en Isis Proteus. ....	101
Figura 37. Diseño electrónico del nodo coordinador realizado en Ares Proteus. ....	102
Figura 38. Prototipo de página de inicio de sesión. ....	103
Figura 39. Prototipo del menú de la aplicación .....	103
Figura 40. Prototipo de página de ingreso de registro. ....	104
Figura 41. Prototipo de página de edición de registro. ....	105
Figura 42. Prototipo de página de consulta de registro .....	106
Figura 43. Prototipo de página de consulta de mediciones .....	107
Figura 44. Prototipo de página de consulta de notificaciones .....	108
Figura 45. Prototipo de página de localización geográfica .....	109
Figura 46. Ventana principal del software XCTU. ....	110
Figura 47. Ventana selección de puertos donde se detecta módulos xbee. ....	111
Figura 48. Ventana de selección de parámetros de configuración de puertos. ....	112
Figura 49. Ventana de selección de módulos xbee encontrados. ....	112
Figura 50. Ventana de configuración de parámetros del módulo. ....	113
Figura 51. Parámetros de configuración del módulo. ....	115

Figura 52. Parámetros de configuración de firmware del módulo. ....	115
Figura 53. Ventana de parámetros de configuración de red del módulo coordinador.....	116
Figura 54. Ventana de parámetros de configuración de red del módulo coordinador.....	117
Figura 55. Ventana de parámetros de configuración de red del módulo sensor.....	118
Figura 56. Configuración para establecer parámetros de seguridad en los módulos .....	118
Figura 57. Ventana de administración de la base de datos en phpMyAdmin. ....	120
Figura 58. Programación del script en PHP para conexión con la base de datos. ....	121
Figura 59. Programación del script en PHP para realizar ingreso de datos.....	122
Figura 60. Programación del script en PHP para terminar la conexión a la DB. ....	122
Figura 61. Herramientas y plug-in usadas en la aplicación web .....	123
Figura 62. Simulación de la transmisión desde el nodo A al coordinador .....	126
Figura 63. Simulación de la transmisión desde el nodo B al coordinador .....	127
Figura 64. Prototipo del nodo sensor, vista de componentes. ....	128
Figura 65. Prototipo del nodo sensor, vista del impreso. ....	129
Figura 66. Prototipo del nodo coordinador, vista de componentes. ....	129
Figura 67. Prototipo del nodo sensor, vista interior. ....	130
Figura 68. Prototipo del nodo sensor, vista exterior.....	130
Figura 69. Prototipo del nodo coordinador, vista exterior.....	130
Figura 70. Toma de mediciones del nodo sensor. ....	132
Figura 71. Toma de mediciones del nodo coordinador. ....	133
Figura 72. Envío de SMS desde el nodo coordinador.....	133
Figura 73. Envío de datos hacia el webhost desde el nodo coordinador.....	134
Figura 74. Recepción de datos en la DataBase de MySQL.....	135
Figura 75. Prueba de comunicación inalámbrica del XBee .....	136
Figura 76. Dispositivo sensor adaptado como collar para el bovino.....	139
Figura 77. Reses a monitorear con los dispositivos sensores.....	140
Figura 78. Vivienda en la que se instauró en dispositivo coordinador.....	140
Figura 79. Dispositivo coordinador adecuado en una caja de protección. ....	141
Figura 80. Dispositivo sensor A colocado en el cuello del bovino. ....	141
Figura 81. Dispositivo sensor B colocado en el cuello del bovino. ....	142
Figura 82. Información registrada en la base de datos. ....	142

Figura 83. Ingreso a la interfaz de la aplicación web. ....	143
Figura 84. Registrar información sobre el lote en la aplicación web. ....	143
Figura 85. Registrar información de los bovinos en la aplicación web.....	144
Figura 86. Registrar información de los sensores en la aplicación web.....	144
Figura 87. Registrar información sobre el pastoreo en la aplicación web.....	144
Figura 88. Parámetros de temperatura enviados por los dispositivos sensores.....	145
Figura 89. Gráfica de los datos de temperatura presentados en la aplicación web. ....	145
Figura 90. Información registrada sobre notificaciones en la aplicación web. ....	146
Figura 91. Recepción del SMS en smartphone del cliente. ....	146
Figura 92. Parámetros de localización enviados por los dispositivos sensores.....	147

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables para la presente investigación. ....	58
Tabla 2. Población y muestra considerada en la investigación. ....	61
Tabla 3. Lista de Stakeholders.....	75
Tabla 4. Abreviaturas de los Requerimientos.....	75
Tabla 5. Requerimientos de stakeholders .....	76
Tabla 6. Requerimientos del Sistema. ....	77
Tabla 7. Requerimientos de arquitectura.....	78
Tabla 8. Especificaciones técnicas del ATmega328P. ....	87
Tabla 9. Especificaciones técnicas del módulo XBee S2C .....	89
Tabla 10. Especificaciones técnicas del módulo NEO 6M .....	91
Tabla 11. Especificaciones del sensor LM35 .....	92
Tabla 12. Especificaciones técnicas del módulo GSM SIM800L .....	93
Tabla 13. Parámetros de configuración de los módulos XBee S2C.....	114
Tabla 14. Descripción de las páginas que conforman la aplicación web. ....	124
Tabla 15. Información transmitida por el nodo sensor y recibida por el nodo coordinador ....	131
Tabla 16. Pruebas de funcionamiento de comunicación inalámbrica. ....	136
Tabla 17. Análisis de resultados del funcionamiento total del sistema. ....	148
Tabla 18. Test para la validación de la calidad de la aplicación web.....	150

Tabla 19. Costo de los prototipos del nodo sensor.....	152
Tabla 20. Costo del prototipo del nodo coordinador.....	153
Tabla 21. Costo de Infraestructura.....	153
Tabla 22. Costo de Software.....	154
Tabla 23. Costos de implementación.....	155
Tabla 24. Comparativa de soluciones tecnológicas enfocadas al monitoreo de ganado.....	156

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación.....	168
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	170
Anexo 3. Solicitud de aceptación del trabajo de investigación en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC.....	172
Anexo 4. Formato de la entrevista.....	174
Anexo 5. Formato de la encuesta.....	176
Anexo 6. Codificación de arduino para los nodos.....	178
Anexo 7. Diseño de las PCB y planos esquemáticos.....	186
Anexo 8. Plan de desarrollo de software.....	190
Anexo 9. Especificación de requerimientos.....	202
Anexo 10. Modelos de caso de uso.....	207
Anexo 11. Documento arquitectura del software.....	222
Anexo 12. Plan de pruebas del software.....	235
Anexo 13. Manual de usuario de la aplicación web.....	250
Anexo 14. Validación de la aplicación web.....	269

## RESUMEN

El proyecto de investigación denominado “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos” se llevó a cabo para el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi que está ubicado en el cantón San Pedro de Huaca, provincia del Carchi. El presente trabajo de investigación muestra la aplicación de técnicas de instrumentación electrónica, comunicación inalámbrica y desarrollo de software, donde se tiene por objetivo principal el desarrollo de una infraestructura de red de sensores inalámbricos basada en ZigBee que es un protocolo de comunicaciones inalámbricas basado en el estándar IEEE 802.15.4 para la creación de redes inalámbricas de área personal. La red inalámbrica está orientada al monitoreo de los parámetros de localización geográfica y temperatura corporal del ganado bovino, los datos recolectados por la red son almacenados en una base de datos y posteriormente usados y presentados en una aplicación web que fue desarrollada utilizando lenguajes como PHP, HTML, JavaScript y tecnologías tales como OpenStreetMap y MySQL. De manera que el productor ganadero pueda monitorear y localizar sus animales desde un navegador web utilizando un computador. Se tomó como metodología de desarrollo el Modelo en “V”, mismo que cuenta con cuatro fases bien definidas que permiten el análisis, diseño, elaboración y prueba de productos de software y/o hardware, se ha considerado adecuadas las fases de este modelo de desarrollo debido a que permiten el análisis de requerimientos, el diseño de una arquitectura de red inalámbrica, la elaboración de los prototipos para la aplicación de software y los dispositivos de la red y finalmente la realización de las pruebas de funcionamiento para analizar a partir de los resultados obtenidos que el sistema cumple con los requerimientos planteados, dando como resultado una herramienta de apoyo para el proceso de monitoreo ganadero.

**Palabras clave:** Monitoreo de ganado, Red de sensores inalámbricos, Tecnología Zigbee, Aplicación web.

## ABSTRACT

The research project called "Bovine cattle identification, registration and monitoring system based on a wireless sensor network" was carried out for the San Francisco Experimental Center of the State Polytechnic University of Carchi, which is located in the "San Pedro de Huaca" canton, Carchi province. This research work shows the application of electronic instrumentation techniques, wireless communication techniques and software development, where the main objective is the development of a wireless sensor network infrastructure based on ZigBee which is a communication protocol based on the IEEE 802.15.4 standard for creating wireless personal area networks. The wireless network is oriented to monitoring the parameters of geographical location and body temperature of cattle, the data collected by the network is stored in a database and later used and presented in a web application that was developed using languages like PHP, HTML, JavaScript and technologies such as OpenStreetMap and MySQL. So that the livestock producer can monitor and locate their animals from a web browser using a computer. The "V" Model was taken as the development methodology, which has four well-defined phases that allow the analysis, design, development and testing of software and / or hardware products. The phases of this development model have been considered appropriate because they allow the analysis of requirements, the design of a wireless network architecture, the elaboration of the prototypes for the software application and the network devices and finally the performance tests to analyze based on the results obtained, that the system complies with the requirements, resulting in a support tool for the livestock monitoring process.

**Keywords:** Livestock monitoring, Wireless sensor network, Zigbee technology, Web application.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación está orientada al desarrollo de un sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos que contribuya al monitoreo del ganado del Centro Experimental San Francisco de la UPEC, centro que está ubicado en el cantón San Pedro de Huaca, provincia del Carchi. La investigación surgió a partir de la problemática encontrada por la falta de innovación y mejoramiento tecnológico en el sector ganadero a nivel del cantón y la provincia, situación que impide que un productor ganadero pueda llevar a cabo un efectivo monitoreo de su hato ganadero, ya que no cuenta con una herramienta tecnológica que le brinde información respecto a la localización y estado de su ganado. Al tener la oportunidad de hacer un estudio investigativo en el centro antes mencionado, se ha considerado la posibilidad de desarrollar una alternativa tecnológica potencialmente viable que contribuya al mejoramiento del monitoreo del ganado bovino de manera tecnológica.

El trabajo investigativo se encuentra compuesto por varias secciones, la primera parte se enfoca en la fundamentación teórica relacionada a sistemas de identificación, monitoreo, seguimiento y control de ganado bovino e información teórica referente a las tecnologías inalámbricas. Una segunda parte enfocada al análisis de los requerimientos, donde se especifica las principales características operacionales del sistema. Como tercera parte se tiene el diseño y elaboración de una infraestructura de red de sensores inalámbricos. Finalmente se tiene una cuarta parte que hace referencia a la ingeniería de software, misma que permite diseñar y llevar a cabo el desarrollo de una aplicación de software apropiada para este sistema.

Considerando el actual avance de las tecnologías de comunicación inalámbrica, el avance de tecnologías informáticas y el surgimiento de diferentes soluciones electrónicas, son algunos de los factores que han motivado llevar a cabo el diseño y desarrollo de un sistema capaz de monitorear y localizar a ganado bovino. El sistema basado en el uso de tecnologías ZigBee, GPS, GSM/GPRS y elementos de hardware y software libre, han hecho posible elaborar una herramienta tecnológica que brinde al productor ganadero la capacidad de mejorar o incrementar la eficiencia en el monitoreo de su hato ganadero a un costo accesible.

## I. PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2016) manifiesta que la ganadería latinoamericana es uno de los sectores estratégicos para la seguridad alimentaria de la región y del mundo, especialmente en los países pobres, también es fundamental por su contribución a la generación de ingresos y empleo. Así mismo toma parte en la economía general de los países, ya que su explotación permite ahorrar divisas y fomentar la inversión y el ahorro. No obstante, este sector productivo atraviesa un crisis generada por diversos aspectos, “una parte de la problemática en la ganadería, está representada por los precios inadecuados, las otras giran en torno a mas variables como demanda, producción, tecnología, gestión, finanzas, economía, políticas, etc.” (Chacha, 2018).

En torno a la problemática que se presenta en la ganadería en el ámbito tecnológico, se puede manifestar que “sin la incorporación de tecnología, la ganadería en América Latina no se podría desarrollar de manera sostenible, por tanto es necesario crear conciencia para que los productores utilicen la información para desarrollar sistemas de mayor productividad y retorno económico” (Baruselli, 2018). Es evidente entonces que la incorporación de la tecnología es fundamental para la producción ganadera, más sin embargo esta problemática no ha sido tratada en la producción ganadera del Ecuador, como lo manifiesta el Ministerio de Agricultura en su Política Agropecuaria Ecuatoriana 2015 a 2025 en el acápite que hace referencia a los desafíos para la definición de una política agropecuaria transformadora para el Ecuador, donde se afirma que “la producción agropecuaria ecuatoriana es heterogénea respecto al desarrollo tecnológico: hay un gran segmento de productores con casi nulo uso de tecnología, un segmento intermedio con bajo uso de tecnología y un pequeño segmento de productores usan alta tecnología” (MAGAP, 2016). En lo referente a la situación ganadera en el ámbito tecnológico de nuestro sector, se puede manifestar que son pocos los productores de la provincia del Carchi que cuentan con tecnología adecuada y los que tienen un poco de tecnología en sus hatos no tienen otras alternativas que les permitan diversificar la producción en esta actividad (Guerrón, 2017).

Es evidente, que el sector ganadero requiere de soluciones que contribuyan al mejoramiento de sus ingresos, y una de las áreas que puede ayudar a potenciar la actividad ganadera, es la adopción de nuevas tecnologías, como lo menciona Torres (citada en Salgado, 2017)

La productividad de un sector se mejora en función del nivel tecnológico que posee, esto debido a que la mejora de los ingresos se encuentra asociada directamente al nivel tecnológico utilizado, afirma también que la implementación de nuevas tecnologías en la ganadería vacuna no debe considerarse aislada al entorno de explotación de esta, a pesar de que la incorporación de tecnologías se constituya un proceso complejo, pues conlleva la identificación, adopción e implementación de las nuevas tecnologías.

Con base en lo anterior se puede mencionar que un ámbito, que puede y requiere ser innovado es el monitoreo del ganado, pues en este, existen riesgos que directa e indirectamente tienden a afectar el desarrollo de productivo, entre los riesgos que actualmente se le presenta al productor ganadero, es el desconocimiento de información respecto a la localización del ganado, que representa uno de los principales riesgos en la actividad ganadera, pues al desconocer este factor se puede representar riesgos tales como el desplazamiento del ganado hacia zonas peligrosas o incluso pérdida del mismo siendo víctima de abigeato. Otro riesgo presente en el sector ganadero es de igual manera desconocimiento de información al respecto a variables fisiológicas como la temperatura, entre otras, que pueden considerarse importantes de monitorear para el productor ganadero, pues a partir de ellas se podría determinar situaciones peligrosas en el ganado como pueden ser; casos de enfermedad o en el peor de los casos muerte de algún bovino.

La actual falta de innovación y mejoramiento tecnológico en el sector ganadero de la provincia del Carchi, impide que los productores ganaderos puedan llevar a cabo un efectivo monitoreo del hato bovino, ya que no cuenta con una herramienta tecnológica que les brinde información respecto a la localización de cada bovino e información respecto a la temperatura corporal del mismo en un predio de forma frecuente. Una situación que ocasiona que los ganaderos no puedan tener alertas tempranas sobre su hato ganadero, y así poder tomar decisiones a la hora de atender el estado de salud de los bovinos o en su caso tomar las medidas correspondientes en cuanto a un caso de pérdida y/o abigeato de los bovinos.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿De qué manera se podría realizar el monitoreo de datos respecto a la localización geográfica y a la temperatura corporal del ganado bovino, a través del desarrollo de un sistema de monitoreo basado en una red de sensores inalámbricos?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente se puede identificar que las tecnologías de información y comunicación, juegan un rol importante en diversas actividades agrícolas y una de las áreas que están experimentando la incorporación de las nuevas tecnologías, es la actividad agropecuaria. Gallacher y Justo (2016) afirman. “En las últimas décadas las tecnologías de información y comunicación (TICs) han mostraron un crecimiento en el sector agropecuario. Innovaciones en captura, transmisión, almacenamiento y análisis de datos hace que se constituyan en un recurso cuyo potencial resulte urgente explorar”.

En lo que refiere a Latinoamérica, varios países están experimentando también en la implementación de las nuevas tecnologías, con la finalidad de mejorar la productividad agropecuaria y la ganadería no es la excepción. “Actualmente existen herramientas tecnológicas relacionadas con las TIC, como el uso de drones para monitorear campos, aplicaciones móviles para la captura, manejo y acceso a información, sistemas de alerta temprana y transferencia de tecnología a través de dispositivos electrónicos” (Pezo et al., 2018). Adicionalmente hoy en día existen sistemas que contribuyen a la actividad de monitoreo del ganado bovino, con la finalidad de permitir que este proceso pueda ser controlado de manera eficiente por los productores ganaderos, y por consiguiente lograr un mejor desarrollo productivo en lo que se refiere a la actividad ganadera, no obstante ese tipo de soluciones todavía no son aplicadas en el sector ganadero de la provincia del Carchi, y el desarrollo de un sistema de monitoreo electrónico aplicado a la ganadería constituiría en una herramienta de innovación y apoyo importante para el sector ganadero de nuestra región.

El desarrollo de un sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino, beneficiará directamente a los trabajadores que se dedican a la actividad ganadera, pues a través del uso de las nuevas tecnologías se logra dar solución a una serie de problemas los cuales no es posible resolverlos utilizando alternativas convencionales, en el presente caso un adecuado y efectivo monitoreo del hato ganadero, a través de la supervisión de la temperatura corporal en cada bovino e información respecto a la localización del mismo en un predio de forma frecuente, con la finalidad de evitar de riesgos en el ámbito de la salud y de la seguridad del ganado, y con ello minimizar pérdidas económicas para los productores ganaderos.

De igual manera es importante mencionar que el presente proyecto de investigación, contribuye al cumplimiento del estatuto establecido en el Art. 8. Literal i de la Ley Orgánica de Educación Superior (Asamblea Nacional, 2010) que afirma. “Impulsar la generación de programas, proyectos y mecanismos para fortalecer la innovación, producción y transferencia científica y tecnológica en todos los ámbitos del conocimiento”. Así como también se contribuye con el cumplimiento de la misión de la carrera de Informática de la UPEC, la misma que indica “Formar Ingenieros en Ciencias de la Computación capaces de proponer y generar soluciones tecnológicas innovadoras que contribuyan al desarrollo de la región”.

Por último es necesario indicar, que es posible ejecutar esta investigación, ya que se cuenta con la posibilidad económica para llevar a cabo la propuesta, además existe la factibilidad humana, pues se cuenta con el personal requerido para llevar a cabo el proyecto y así mismo, la existencia de usuarios finales dispuestos a brindar información necesaria para la ejecución del proyecto y dispuestos a emplear los servicios del sistema a desarrollarse, finalmente existe la factibilidad bibliográfica, pues se aprovecha fuentes literarias disponibles en libros, tesis, artículos científicos, publicaciones y revistas, entre otras.

## **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Fundamentar teóricamente los conceptos acerca del sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.
- Realizar un diagnóstico situacional sobre el proceso de control ganadero que se lleva a cabo en el hato de ganado bovino del Centro Experimental San Francisco de la UPEC.
- Definir la arquitectura tecnológica para el funcionamiento del sistema propuesto.
- Diseñar los prototipos de los dispositivos electrónicos que conforman la red de sensores inalámbricos.
- Proponer la creación de una aplicación informática que permita al usuario acceder a la información recopilada y almacenada por los nodos sensores desde una base de datos.

### **1.4.3. Preguntas de Investigación**

- ¿Qué conceptos teóricos pueden apoyar en la presente investigación?
- ¿Cuál es la situación real sobre el proceso de control ganadero que se lleva a cabo en el hato de ganado bovino del Centro Experimental San Francisco de la UPEC?
- ¿Qué arquitectura tecnológica es necesaria para el desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino?
- ¿Qué tecnologías y componentes electrónicos son utilizados y aplicados en una red de sensores inalámbricos?
- ¿Qué características debe tener una aplicación informática orientada al monitoreo de ganado bovino?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Se puede manifestar que el conocimiento y el desarrollo están estrechamente relacionados con la innovación tecnológica. “Para la ganadería, la innovación tecnológica se entiende como una forma de crear nuevas ideas y nuevos métodos para promover el cambio y aumentar la productividad en las fincas e industrias” (Pezo et al., 2018). Es así que los sistemas tecnológicos enfocados al monitoreo del ganado pueden considerarse una excelente herramienta para el control y manejo de los hatos ganaderos, permitiendo al productor ganadero conocer de manera práctica y comprensiva determinados indicadores que pueden ser empleados con la finalidad de mejorar la productividad.

En países como España, E.E.U.U y Chile, se ha desarrollado soluciones tecnológicas que contribuyan al sector ganadero, se ha lanzado al mercado soluciones tecnológicas que consisten en sistemas de monitoreo electrónico para ganado, que a más de ser presentados como una efectiva herramienta para enfrentar problemas tan comunes para el sector como el abigeato, permiten conocer datos fidedignos sobre el estado de salud de los animales. En la actualidad, existen productos a manera de collares inteligentes, en España se comercializa un producto denominado Digitanimal, para Estados Unidos un producto propiedad de COWLAR y para el caso de Argentina se comercializa un collar con tecnología GPS para monitoreo animal desarrollado por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), en los tres casos, el producto tecnológico consiste en dispositivos de monitoreo electrónico, que son capaces de detectar, transmitir y visualizar información referente a la localización y estado de salud de los animales.

Es así que indagando en repositorios digitales de universidades nacionales y extranjeras en lo que refiere a estudios sobre el monitoreo aplicado a la ganadería bovina, se tiene el trabajo de investigación de Andrea Alarcón Ortiz, del año 2018 con el título “Sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato”, que tiene por objetivo la construcción de un prototipo de sistema de monitoreo para ganado bovino, mediante tecnología wifi a fin de prevenir el abigeato, se obtuvo como resultado un sistema que ofrece ser una solución al problema de abigeato en las zonas ganaderas del país con un sistema que

puede generar alarmas y proporcionar el posicionamiento de los bovinos haciendo uso de tecnologías WiFi, GPRS y GPS. De igual manera se puede mencionar el trabajo de investigación de Dany Rosero Bravo, del año 2018 mencionado trabajo consiste en el estudio de “Soluciones tecnológicas de localización del ganado bovino en la parroquia lagarto”, donde se establece que herramienta tecnológica es la más efectiva para lograr determinar la localización de ganado bovino, mediante el análisis de tecnologías de localización que puedan ser adaptadas a la situación de la zona, teniendo como conclusión que los avances tecnológicos permiten facilitar las actividades y solucionar problemas en sectores como la ganadería.

En universidades extranjeras de igual manera se ha investigado soluciones tecnológicas para el sector ganadero, tal es el ejemplo del trabajo de investigación de Javier Ruiz Somoyar, en 2016 con el tema de “Monitoreo en la ganadería bovina a través de redes gsm/gprs”, cuyo objetivo general fue diseñar un dispositivo de comunicación inalámbrica, capaz de monitorear variables como la temperatura, ritmo cardiaco posición geográfica y transmitir las por medio de las redes de telefonía a un teléfono celular, teniendo como conclusión que la aplicación de las nuevas tecnologías al campo es necesario, para poder fortalecer el sector del agro.

De la información obtenida a partir de los trabajos de investigación consultados, se utilizará los aspectos relacionados con la forma de aplicación de la tecnologías inalámbricas en aspectos relacionados con la agropecuaria, buscando la creación y aplicación de redes de transmisión de datos que sean eficientes y que puedan conjuntamente con otras demás tecnologías inalámbricas actuales, llevar a cabo aplicaciones que aporten un determinado beneficio en actividades relacionadas al agro. De igual manera se toma en cuenta los medios y métodos que se pueden utilizar para llevar el desarrollo de aplicaciones tecnológicas en el ámbito del software, mostrando como se puede apoyar de manera tecnológica la producción en el agro. Así pues, el presente trabajo de investigación pretende aportar al estudio de aplicaciones de redes con tecnologías inalámbricas enfocadas a la producción ganadera mediante el desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino, que brinde la posibilidad de disponer de una herramienta tecnológica que pueda contribuir a este sector productivo en lo referente a cuidado del ganado.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Sistemas de identificación en animales de producción**

Desde la antigüedad, la identificación animal se considera como una actividad ganadera común, inicialmente se usaba para prevenir robos y garantizar la seguridad de la propiedad animal, ahora se usa para mantener la trazabilidad de los alimentos de origen animal. Según el tipo de manejo o crianza y el valor del animal, el método de identificación también es diferente, para las especies bovina, ovina, caprina y equina se utiliza la identificación individual buscando monitorear con precisión a cada animal e incluso determinar su descendencia. En lo referente a los elementos que componen el sistema de identificación se tiene: medios de identificación (aplicados a los animales según la especie), bases de datos informatizada (compuesta por registros), documentos de movimiento (datos de la explotación del ganado) y libros de registro (documentos de tipo manual o informatizados).

#### **2.2.1.1. Medios de identificación animal**

La identificación del ganado es vital para la ganadería moderna, con el tiempo se han desarrollado varios tipos y métodos de identificación para ser aplicarlos a las diferentes situaciones, entre los medios de identificación conocidos se tiene;

- El herrado por calor: Una de las formas de identificar los bovinos más antigua, consiste en quemar la piel del bovino dejando grabado el número o marca correspondiente.
- Tatuaje: El uso de tatuajes tiene el principio básico identificar a los animales, la cantidad de símbolos que se pueden utilizar no permite realizar una identificación única.
- Aretes visuales: Durante décadas se usaron los aretes de plástico para identificar animales, a inicios los productores usaban aretes escritos a mano, sin embargo estos presentaron desventajas en su durabilidad, debido a que se vuelven ilegibles, por tanto se han desarrollado aretes a prueba de manipulaciones e impresos con tecnología láser.
- Aretes con código de barras: Los códigos de barras tienen todas las ventajas de los aretes plásticos en términos de retención y legibilidad, excepto que su lectura y su registro se hace mediante un lector de código o un escáner electrónico.

**Medios de identificación electrónica.** Conforme al avance tecnológico, han surgido sistemas de identificación electrónica que operan mediante el uso de radiofrecuencia, permitiendo a los productores gestionar la información de registro de los animales de forma fácil y rápida, entre los sistemas de este tipo se tiene;

- Aretes RFID: Este sistema promueve al uso de dispositivos de identificación de radio frecuencia o radiofaros, estos dispositivos están disponibles en varios tipos y capacidades en términos de programación y de distancia de lectura. Este sistema necesita de una costosa infraestructura electrónica para trabajar con esta modalidad.
- Implantes RFID: En este tipo de identificación, se realiza una implantación subcutánea de dispositivos microradiofaros, haciendo posible identificar animales de manera invisible y permanentemente, por tanto los productores para identificar al animal deben usar un escáner electrónico.
- Bolos RFID: Los microradiofaros también pueden colocarse dentro de bolos de cerámica que pueden dosificarse a rumiantes jóvenes y quedar permanentemente en el retículo del animal. Si bien esto puede identificar de forma permanente e invisible al animal, debido a su alto costo, su implementación puede ser difícil para muchos productores.

Evidentemente existe una variedad de métodos de identificación, algunos de los cuales utilizan algún tipo de dispositivos, la selección del mejor método de identificación electrónica depende de los recursos y la inversión que un productor desea aplicar a su hato ganadero.

Es importante mencionar que gran parte de los dispositivos para identificación electrónica, son de tipo inactivos, es decir, emiten señal solo con la proximidad de alguna antena u otro sistema similar de transmisión de frecuencias. No están emitiendo señal todo el tiempo, porque hay un estudio que comprueba que aquellos dispositivos que emiten señal continuamente contaminan la carne. (Chávez, 2019)

### **2.2.2. Sistema de registro pecuario**

Los registros de producción pueden ser definidos como un formato ordenado de la captura de información, relacionada con el origen, manejo, comportamiento y destino de los animales, el objetivo principal es el de ayudar al productor a tomar decisiones (Mosquera, 2018). Los registros pecuarios ayudan a llevar de manera adecuada la información sobre diversos aspectos que se generan a lo largo de los procesos productivos y comerciales de una determinada actividad pecuaria. Generalmente la implementación de un sistema de registro también requiere de un sistema de identificación efectivo para todos los animales que integran un hato ganadero, donde el sistema generalmente debe tener las siguientes características: debe ser único, permanente, visible, fácil de usar y económico.

#### **2.2.2.1. Características de los registros**

Una de las principales cualidades de los registros pecuarios es brindar algún tipo de beneficio a los productores que los llevan a cabo, donde los registros generalmente son diseñados de acuerdo con las necesidades de la finca u organización ganadera. A su vez, los registros deben tener la cualidad de ser comprensibles para que cualquiera pueda interpretarlos. Su ventaja radica en recopilar datos sobre eventos que ocurren en la finca y darles su importancia. Un registro de ganado por lo general cuenta con las siguientes características;

- Información general: Este tipo de registro debe contener la siguiente información: identificación del animal, raza del animal, genealogía, sexo, fecha de nacimiento y el origen o procedencia del animal.
- Tipos de Registros: Los registros básicos que una empresa ganadera debe de llevar, se tiene: registros de reproducción, registros de nacimientos, registros de producción de leche, registros sanitarios, registros de alimentación, registros de compra y venta de animales, registros de muertes, registros administrativos.
- Formas de Registro: Existen diferentes formas de llevar los registros en una organización ganadera entre los que se pueden mencionar: cuadernos, hojas individuales, registros computarizados en hojas de cálculo, programas o software de registros.

En el proyecto realizado la identificación y el registro del ganado bovino constituye un aspecto fundamental para el control del hato ganadero, el registro del ganado permite llevar el asiento de la información principal sobre cada uno de los bovinos y para un correcto control del ganado es necesario identificar de manera individual a los animales mediante un código y así poder realizar la rastreabilidad de los animales y su vinculación al sistema desarrollado.

### **2.2.3. Sistemas de monitoreo de ganado bovino**

El avance tecnológico que se evidencia en los últimos tiempos han comenzado a ser aplicado en distintas áreas agropecuarias y una de ellas es el sector ganadero, actualmente es tema de interés el denominado “Internet de las Cosas” en la ganadería, donde se puede evidenciar el desarrollo de soluciones tecnológicas enfocadas al control del ganado, como es el caso de los collares electrónicos que mediante el uso de sensores y otros dispositivos, permiten recolectar y enviar información sobre el comportamiento de las vacas, su estado nutricional y de salud o su ubicación geográfica, permitiendo al productor llevar un monitoreo y control del bienestar y la salud de sus animales. Este tipo de soluciones son parte de las tendencias de agricultura de precisión, donde por medio de soluciones tecnológicas aplicadas a la industria ganadera se pueda ayudar a mejorar las condiciones de vida de los ganaderos aliados a esta actividad.

La ganadería de precisión para desarrollarse considera el uso de elementos como: elementos de hardware que son aquellos elementos y recursos que permitirán obtener información del área de estudio, elementos de software que son aquellos elementos que permitirán procesar los datos que se obtienen de los elementos hardware y se convierten en los medios que procesan esa información generalmente algún tipo de software. Cada elemento ayuda al desarrollo de actividades específicas que tienen por fin la obtención de resultados que pueden ayudar a mejorar la producción. (Vite, Vargas, Vargas, & Vargas, 2018)

### **2.2.3.1. Collar de control en las vacas**

El actual avance tecnológico ha hecho posible la aparición de dispositivos de monitorización cada vez más confiables y asequibles, tal es el ejemplo de los dispositivos de localización GPS, que colocados en forma de collar en las vacas permiten monitorear la ubicación de las mismas. Así como también “la tecnología GPS en el monitoreo de ganado permite obtener datos de interés en tiempo real; información sobre movimiento, distancia recorrida, áreas de pastoreo, áreas de ocurrencia más frecuente, patrones de comportamiento, entre otra información” (Lomillos, Alonso, García, & Gaudioso, 2017). En el proyecto realizado se planteó el diseño de un dispositivo electrónico que colocado a manera de collar, permite al ganadero comprobar si algún animal presenta algún estado anormal de temperatura o en su caso tener una alerta en caso de pérdida o robo.

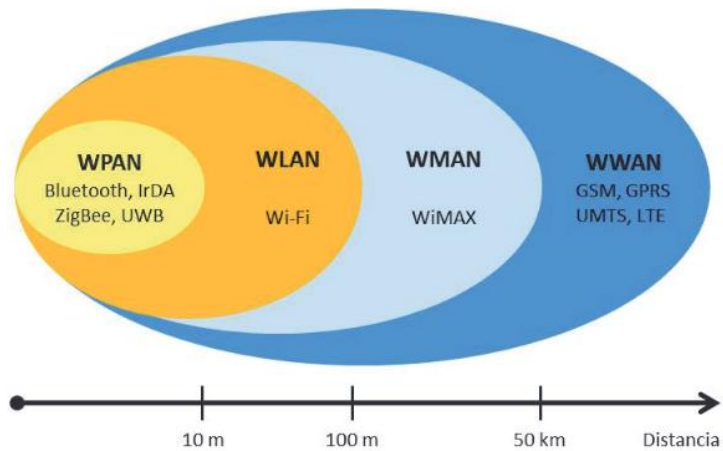
### **2.2.4. Tecnologías inalámbricas**

En los últimos años, la industria inalámbrica ha tenido una gran evolución, y como ejemplo de ello, se encuentra el desarrollo de varios protocolos y estándares que proveen mayor velocidad, mayor ancho de banda, así como la capacidad de transmitir diversos tipos de información como datos, voz y video a través de la red. La manera de clasificar las tecnologías inalámbricas es variada, ahora pueden ser clasificadas por el tipo de información que transmiten: voz, datos, video; o por la movilidad que ofrecen: fijas, móviles; o por la forma de transmisión de la información: microondas, infrarrojo, radio, etc. En el proyecto realizado fue necesario el uso de tecnologías inalámbricas por su alta importancia en el ámbito de las aplicaciones que requieren transmisión de datos, en favor de promover innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario.

#### **2.2.4.1. Clasificaciones de las tecnologías inalámbricas**

Debido al continuo desarrollo de la comunicación inalámbrica y la reducción de los costos de los equipos que utilizan esta tecnología, han propiciado la aparición de diversas tecnologías, donde la principal finalidad es permitir el intercambio de información entre dispositivos inalámbricos, los cuales se diferencian entre sí, por su tasa de transmisión y rango.

La tecnología inalámbrica es ampliamente usada para poder comunicar diferentes equipos sin la necesidad de utilizar redes cableadas. Es tipo de tecnologías pueden ser clasificadas en diferentes tipos. “Las tecnologías inalámbricas pueden ser clasificadas según el área de aplicación y el alcance de la señal, entre las principales se tiene: redes inalámbricas de área personal (WPAN), redes inalámbricas de área local (WLAN), redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN), y redes inalámbricas de área amplia (WWAN)” (Salazar, 2016). En la Figura 1 se presenta las tecnologías inalámbricas y sus estándares y tipos de comunicación.



*Figura 1.* Clasificación de las redes inalámbricas.

Recuperado de “Redes inalámbricas”, por Salazar, J. 2016, Revista TechPedia.

- a) **WPAN (Wireless Personal Area Network).** Las redes inalámbricas de área personal se basan en el estándar IEEE 802.15, donde se define tres clases de WPANs que se diferencian por su rango de datos, consumo de energía y calidad de servicio, las WPANs con un rango de velocidad elevada usan el estándar 802.15.3, las WPANs de rango medio se basan en el estándar 802.15.1 y las WPANs de baja transmisión (low rate) se basan en el estándar 802.15.4. Este tipo de tecnología inalámbrica procura hacer un uso eficiente de recursos y consumo de energía, por lo que se han diseñado para ser usadas con protocolos simples, con el objeto de ser aplicadas a diversas áreas donde haya necesidad de una comunicación eficiente.

Una red de área personal inalámbrica permite la comunicación dentro de una distancia muy corta y, por lo general, permite establecer la comunicación inalámbrica en varios dispositivos como teléfonos inteligentes, PDA, etc. Este tipo de redes se caracterizan por un bajo consumo energético y baja velocidad de transmisión, se basan en tecnologías como Bluetooth, IrDA, ZigBee o UWB. (Salazar, 2016)

Las tecnologías inalámbricas que permiten la construcción de redes WPAN son las siguientes;

- Bluetooth: esta tecnología pertenece al estándar IEEE 802.15.1. Fue diseñado para comunicaciones de dispositivos omnidireccionales, de baja potencia, corta distancia y de bajo costo, reemplazando así el uso de cables, no requiere una línea de vista, tiene poca interferencia y permite hasta 3 Mbps de velocidad de transmisión.
- UWB (Ultra Wide Band): Es una tecnología que se basa en el estándar IEEE 802.15.3. Puede transmitir archivos de datos grandes a alta velocidad, alcanzando una velocidad de transmisión de 110 Mbps hasta 480 Mbps a una distancia de varios metros, haciéndola viable en aplicaciones multimedia que requieran una comunicación inalámbrica estable.
- Zigbee: Es una tecnología que se basa en el estándar IEEE 802.15.4, Zigbee fue desarrollado como un estándar global abierto, usado principalmente para satisfacer las necesidades de demandas fácil aplicación, alta confiabilidad, bajo costo, bajo consumo energético y baja velocidad de datos en redes de dispositivos inalámbricos.
- RFID (Radio Frequency IDentification): Es una tecnología de operación simple y de bajo costo, la velocidad y el alcance se reducen considerablemente al usar RFID, razón por la cual se utiliza para lectores de códigos de barras en tiendas y empresas.
- NFC (Near field communication): Esta tecnología permite la transmisión de datos mediante un enlace de radiofrecuencia en la banda ISM de 13,56 MHz. La comunicación entre dispositivos se establece a menos de 20 cm por ello la comunicación es inherentemente segura.

**b) WLAN (Wireless Local Area Network).** Las WLAN se basan en el estándar 802.11 del IEEE. Salazar (2016) afirma:

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros, se utilizan generalmente en el hogar, la escuela, entornos de oficina, edificio corporativo, etc. Este tipo de red permite establecer una comunicación con cobertura limitada, bajo nivel de errores, administrada de forma privada y velocidad de transmisión alta, mediante las WLAN, se puede acceder a todos los recursos de una red LAN sin la necesidad de cables dando ventajas como: escalabilidad, instalación simple, movilidad y bajo costo.

Las tecnologías inalámbricas cuyas características permiten la construcción de redes WLAN son las siguientes:

- WiFi: Esta es la tecnología inalámbrica más famosa, tiene una tasa de transmisión de hasta 54 Mbps, alcance de hasta 100 metros, esta tecnología destaca por su simplicidad de uso, la movilidad ofertada, la compatibilidad entre dispositivos y su costo asequible, puede reemplazar cables en una red de área local y permite que las conexiones se realicen en diferentes ubicaciones dentro del alcance o cobertura de la red.
- HIPERLAN 2: Es la alternativa europea WiFi, es un estándar global de ancho Banda de LAN inalámbrica que funciona a una velocidad de datos de 54 Mbps, sin embargo su penetración e implantación comercial ha sido menor en comparación al wifi.

c) **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network).** Las WMAN basan su funcionamiento en el estándar IEEE 802.16, Salazar (2016) afirma:

La red de área metropolitana inalámbrica (WMAN) generalmente se llama WiMAX, es una tecnología similar a Wi-Fi, pero proporciona una cobertura mucho mayor, pudiendo alcanzar velocidades de transmisión próximas a 70 Mbps en una distancia de 50 km a miles de usuarios desde una única estación base.

Se pueden destacar dos familias de tecnologías WMAN;

- WiMAX (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas): Se trata de un método de transmisión de datos a través de ondas de radio, utiliza las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz. Cuando el entorno o la distancia no son propicios para las redes cableadas, la construcción

de una infraestructura de red con esta tecnología sería una de las mejores opciones para una comunicación inalámbrica.

- MBWA (Acceso inalámbrico de banda ancha móvil): Es una solución optimizada para la transmisión móvil de voz y datos sobre IP. Esta tecnología permite trabajar con velocidades por encima de 1 Mbps, aunque su mayor ventaja es su funcionamiento a altas velocidades de desplazamiento permitiendo incluso una movilidad por encima de los 250 km/h. Por tanto, es una tecnología apta para la comunicación móvil.

**d) WWAN (Wireless Wide Area Network).** Las redes inalámbricas de área extensa (WWAN) tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas, Salazar (2016) afirma:

La red inalámbrica de área amplia se extiende por más de 50 kilómetros, suelen utilizar frecuencias autorizadas. Este tipo de redes se pueden mantener en grandes áreas, tales como ciudades o países, a través de múltiples sistemas de satélites o ubicaciones de antenas proporcionados por proveedores de servicios de internet, existen principalmente dos tecnologías disponibles en este tipo de red: la telefonía móvil y los satélites.

Redes de telefonía móvil: Son redes donde el tráfico es encapsulado en tecnologías de comunicaciones móviles como; el sistema universal de telecomunicaciones móviles (UMTS), el acceso múltiple por división de código (CDMA) 2000, el sistema global para dispositivos móviles (GSM), el servicio general de paquetes vía radio (GPRS), entre otras. Estas tecnologías son brindadas por proveedores de telefonía móvil mismos que permiten mantener a los equipos móviles en contacto con la empresa mediante el empleo de una red de tipo celular, esta forma de telecomunicación permite a los usuarios navegar por la web, enviar y recibir correo electrónico. Las tecnologías para la telecomunicación móvil han venido surgiendo con diferentes mejoras, entre ellas se puede mencionar.

La primera generación de 1G era analógica, y su concepción y diseño era específicamente para llamadas de voz, casi sin considerar los servicios de datos, y la velocidad llega a los 2,4 kbps. El 2G de segunda generación se basa en tecnología digital e infraestructura de red GSM, lo que permite velocidades de datos de mensajes de texto de hasta 64 Kbps, mientras

que el 2.5G de segunda generación está entre 2G y 3G, también se llama 2G + GPRS que es un servicio que transmite la información a modo de paquetes, permitiendo alcanzar velocidades de hasta 144 Kbps. La generación 3G se lanzó en 2000 con velocidades de datos de hasta 2 Mbps. 3.5G que se puede considerar una versión mejorada del 3G logrando así aumentar la velocidad de transmisión de datos hasta un valor de 14 Mbps. Finalmente, el 4G de cuarta generación puede proporcionar velocidades de hasta 1 Gbps y cualquier tipo de servicio en cualquier momento y lugar según requiera el usuario. (Salazar, 2016)

Comunicación por satélite: La comunicación inalámbrica también se puede realizar vía satélite, debido a su gran altitud, la transmisión por satélite puede cubrir una amplia zona de la superficie terrestre, en función a la altitud del satélite, se pueden definir en varios tipos;

- Satélites de órbita media (MEO, Medium Earth Orbit): “Los satélites ubicados en esta órbita se encuentran a una altitud por encima de los LEO y por debajo de los GEO, esta órbita generalmente no se usa para la radio difusión de televisión, estando ocupada principalmente para el posicionamiento geográfico” (SanValero, 2016). Debido a que en estas órbitas se tiene varias constelaciones de satélites que se encuentran a la misma altitud, se puede realizar aplicaciones de comunicación o navegación, generalmente usada por satélites para sistemas de posicionamiento geográfico. Este tipo de sistemas utilizan un conjunto de satélites para determinar el posicionamiento y localización de un punto en cualquier parte de la superficie terrestre, marina o aire, estos sistemas se componen de satélites como tal y los receptores, entre las plataformas satelitales más potentes y usadas del mundo, se tiene las siguientes: GPS, GLONASS, Galileo.
- Satélites de baja órbita (LEO, Low Earth Orbit): “En esta orbita se puede encontrar amplias constelaciones de satélites, que son usadas principalmente por los teléfonos móviles, uno de los ejemplos más destacables es la flota de satélites Iridium que proporcionan cobertura de telefonía móvil vía satélite” (SanValero, 2016).
- Satélites geoestacionarios (GEO, Geostacionary Earth Orbit): “Esta órbita se caracteriza principalmente por tener una velocidad de rotación igual a la de la Tierra, lo que hace que los satélites parezcan estáticos en el cielo, por tal razón la órbita geoestacionaria es ideal para las telecomunicaciones” (SanValero, 2016). Generalmente su uso está orientada para proveer servicios de internet, transmisión de datos y televisión digital.

### 2.2.5. Redes de sensores inalámbricos

“Las redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Network - WSN) consisten en un conjunto de dispositivos llamados nodos sensores, que están distribuidos físicamente en un área geográfica para monitorizar condiciones físicas o ambientales y con capacidad de almacenar y comunicar datos en una red de forma inalámbrica” (Rueda & Talavera, 2017). Las redes de sensores inalámbricas permiten intercambiar datos mediante señales de radio, y por tanto utiliza un espectro de la señal electromagnética para lograr la comunicación entre los nodos de la red. El estándar que permite establecer las condiciones para este enlace inalámbrico es el estándar IEEE 802.15.4, en la Figura 2 se presenta el esquema básico de este tipo de red.

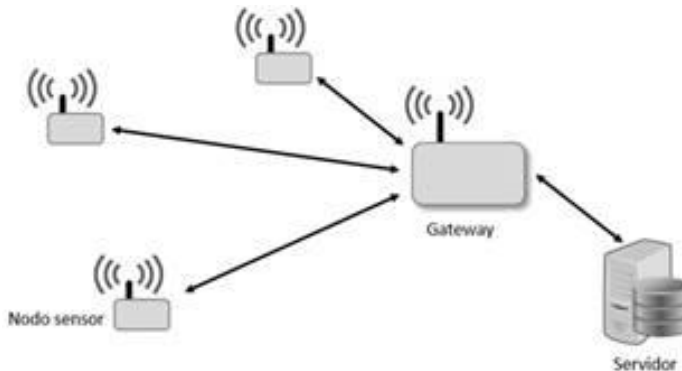


Figura 2. Estructura de una red inalámbrica de sensores.

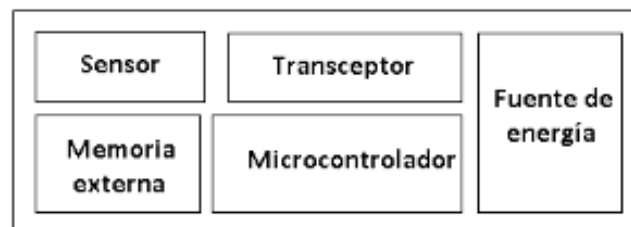
Recuperado de “Red inalámbrica de biosensores enzimáticos para la detección de contaminantes en aguas”, por Morales, D., Cano, J., y Londoño, N. 2019, Revista Politécnica, 15(29).

#### 2.2.5.1. Componentes de una red de sensores inalámbricos

En la forma más simple, la infraestructura de una red de sensores inalámbricos puede basarse en una estación base donde los datos recopilados de todos los nodos sensores que conforman la red se recopilan de manera sincronizada. Por su parte, un nodo sensor está compuesto por una unidad sensora, una unidad procesadora, una unidad transceptora y una unidad de energía, aunque pueden disponer de componentes adicionales dependiendo de su aplicación como elementos de localización, un generador o un actuador (Candia & Varela, 2017). Las principales unidades que componen al nodo sensor se tiene;

- La unidad sensora: Consiste en sensores, que son dispositivos que pueden detectar las propiedades físicas, biológicas y químicas del entorno que lo rodea y convertir estas propiedades en señales eléctricas.
- La unidad transceptora: Aquel dispositivo encargado de las comunicaciones, enviando y recibiendo paquetes de/hacia una red inalámbrica.
- La unidad procesadora: Esta unidad se encuentra compuesta por un microcontrolador o un microprocesador, que es un componente programable que se utiliza para controlar la funcionalidad de dispositivos conectados a este.
- La unidad de energía: Esta pueden ser abastecida por unidades de almacenamiento de energía como baterías o por medios receptores de energía tales como células solares.

Funcionamiento de una red de sensores inalámbrica: los dispositivos sensores detectan cambios en la magnitud física que están midiendo, la información capturada se transmite al transceptor de cada nodo, dicho el transceptor envía la información al microcontrolador, mismo que contiene el programa de la red y es responsable de determinar los eventos y acciones dentro de la red. Después de procesar esta información, el microcontrolador envía la señal de respuesta al transceptor de cada nodo, o en su lugar realiza una acción sobre algún dispositivo actuador.



*Figura 3.* Estructura de un nodo sensor. Recuperado de [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12099/fichero/Memoria%252FCapitulo\\_2.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12099/fichero/Memoria%252FCapitulo_2.pdf)

### 2.2.5.2. Parámetros de una red WSN

Los principales atributos que caracterizan a las redes de sensores inalámbricos son los siguientes: vida útil, cobertura de la red, costo de instalación y facilidad de uso, tiempo de respuesta, precisión y frecuencia de medición y seguridad.

Por su parte los atributos que caracterizan al nodo sensor son los siguientes: flexibilidad, robustez, seguridad, capacidad de comunicación, capacidad de computación, facilidad de sincronización, consumo de energía, tamaño y costo.

### **2.2.5.3. Aplicaciones de red WSN**

Entre las principales aplicaciones de las redes de sensores inalámbricos en el agro se tiene;

- Monitoreo ambiental: monitoreo meteorológico, análisis de factores ambientales.
- Agricultura de precisión: control de las condiciones climáticas, recolección de datos en áreas de producción, control de riego, cálculo consumo de agua.
- Agricultura ecológica: medición del contenido de contaminantes o análisis de sustancias no autorizadas en determinados productos.
- Sistemas de trazabilidad mediante identificación por radiofrecuencia (RFID): identificación y control sanitario de animales, movilización y transporte de animales.
- Sistemas de monitoreo, seguimiento y control de ganado en especies varias.

### **2.2.5.4. Topologías de red WSN**

Una red inalámbrica se puede definir como un grupo de nodos interconectados, la red inalámbrica se puede conectar en diferentes diseños dando origen a diferentes topologías, la topología es la que indica cómo debe ser la conexión lógica de los nodos y cómo debe ser su función.

Para conformar una red del tipo ZigBee se tienen tres tipos de dispositivos en una red independientemente de la topología. El dispositivo coordinador es el encargado de crear la red y enlazar los dispositivos finales y routers, generalmente solo existe uno por cada red WPAN. El dispositivo router, por su parte, es el que ayuda a enrutar los paquetes entre los nodos de la red y así extender la cobertura de la misma. Finalmente se tiene al dispositivo final, que puede ser uno o varios dispositivos que solo pueden enviar y recibir información, y por tanto debe estar conectado a un router o un coordinador. (Dávila, Pérez, Mantilla, & Moreno, 2016)

En redes inalámbricas con dispositivos Zigbee se puede montar diferentes tipos de topologías, entre las más conocidas se tiene las siguientes.

- Red punto a punto (Pair): Es la red más simple de ensamblar. Consta de dos dispositivos, uno como coordinador obligatorio y el otro como enrutador o dispositivo terminal.
- Red en estrella (Star): Es la más utilizada. En esta topología, el coordinador se ubica en el centro de la red, y los otros dispositivos generalmente dispositivos finales, se conectan directamente al coordinador, porque los mensajes primero deben pasar por el coordinador y luego ser encaminados al destino. En esta red, se recomienda conectar el coordinador a la red de energía eléctrica, porque su trabajo requiere más consumo.
- Red Mallada (Mesh): En esta topología la red se forma por un nodo coordinador y brinda la posibilidad de usar nodos routers para extender el alcance de la red, esta red permite la comunicación entre dos nodos, permite usar un enrutamiento dinámico, proporcionando así flexibilidad y confiabilidad en la red a cambio de complejidad.
- Red tipo árbol (Cluster Tree): Esta topología es una variante de la topología de malla, consta de varias subredes, donde el coordinador es responsable de formar el primer clúster. Cuando el dispositivo terminal está a punto de enviar información, su mensaje será procesado por el coordinador o enrutador intermedio.

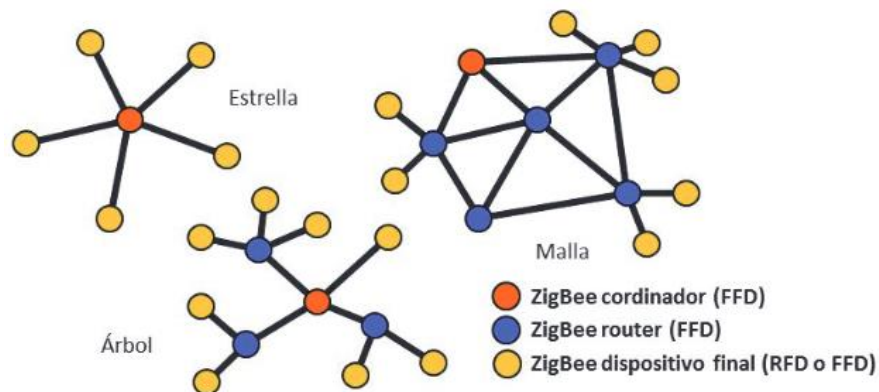


Figura 4. Topologías del estándar ZigBee.

Recuperado de “Redes Inalámbricas”, por Salazar, J. 2016, Revista Techpedia

### **2.2.5.5. Normatividad de red WSN**

Las redes de sensores inalámbricos están sujetas a normas y/o estándares, debido a que este tipo de sistemas se comunican a través de señales de radio frecuencia, razón por la cual este tipo de red tiene asignado un espectro de la señal electromagnética para conseguir el enlace y comunicación entre sus dispositivos, los estándares que establecen las condiciones para este enlace son IEEE 802.15.4 y 802.11.

### **2.2.5.6. El estándar 802.15.4**

Este estándar se especializó en la definición de redes inalámbricas de área personal o WPANs, a su vez especifica las capas de control de acceso al medio (MAC) y la capa física (PHY) de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (Low-Rate WPAN). “El estándar 802.15.4 se encuentra en el nivel 2 (enlace de datos) del modelo OSI, donde las unidades de la información digital (bits) son gestionados y organizados para convertirse en impulsos electromagnéticos (ondas) en el nivel inferior (físico)” (Vera, Barbosa, & Pabón, 2017). Además permite operar en las bandas de frecuencias libres ISM (Industrial, Scientific & Medical), que son bandas reservadas internacionalmente para uso de tipo no comercial de radiofrecuencia en áreas de carácter industrial, científica y médica. De estas bandas de frecuencias ISM una de las más utilizadas es la de 2.4GHz, la misma que brinda la capacidad de interconectar hasta 65536 dispositivos por red, admite una velocidad de transmisión de hasta 250 Kbps, entre otras características del estándar se puede destacar las siguientes;

- Operar en topologías de tipo estrella y punto a punto.
- Direccionamiento corto con 16 bits y extendido con 64 bits.
- Garantía del manejo de las ranuras de tiempo.
- Detección de los niveles de energía recibidos.
- Posibilidad de acceder a canales de radio mediante protocolos (CSMA-CA)
- Manejo de diferentes canales dependiendo de la banda de frecuencia a la que se opere.
- Capacidad para manejar protocolos con reconocimiento de mensajes.
- Valor de consumo de potencia bajo.
- Indicadores de la calidad de la señal.

### **2.2.5.7. El estándar Zigbee**

Zigbee es una tecnología inalámbrica que sigue la definición en capas del modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnection) para la interconexión de sistemas abiertos, es importante no confundir Xbee con ZigBee, porque Xbee es una solución de hardware integrado con diferentes protocolos (802.15.4, ZigBee, etc.) para construir redes inalámbricas.

Zigbee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, utiliza el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones con baja tasa de envío de datos para maximizar la vida útil de baterías. (Quezada, Chango, López, Pacheco, & Enciso, 2017)

En la tecnología ZigBee, el estándar IEEE 802.15.4 solo considera las capas PHY (capa física) y MAC (control de acceso medio). ZigBee Alliance por su parte estableció las capas NWK (capa de red) y APS (capa de aplicación). Se puede decir que la Alianza Zigbee es un ecosistema internacional de compañías sin ánimo de lucro, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, entre las industrias más conocidas se tiene; Motorola, Philips, Samsung, Honeywell, Siemens entre otras, mismas que tienen por finalidad lograr el desarrollo de redes inalámbricas que ofrezcan una capacidad confiable de control y monitoreo, bajo consumo de energía y a un costo tecnológico bajo, todas las soluciones tecnológicas desarrolladas en este ámbito se basan en estándares públicos globales que permiten a los fabricantes crear productos que sean compatibles entre sí.

En el proyecto realizado fue necesario el uso de la tecnología inalámbrica ZigBee, por la utilidad que brinda para realizar una conectividad segura y simple entre los dispositivos de una red que emplea esta tecnología, la finalidad de esta comunicación inalámbrica es monitorear los dispositivos sensores xbee, que se encuentran encargados de realizar las mediciones en los animales que se desea monitorear, logrando de esta manera promover innovaciones tecnológicas en el sector agropecuario con el uso de tecnologías actuales.

En lo referente a la arquitectura de Zigbee, se puede considerar como una pila de protocolos, y por tanto se encuentra compuesto por diferentes capas independientes entre sí, donde cada capa implementa funciones específicas, la Figura 5 se presenta la pila de protocolos en Zigbee.

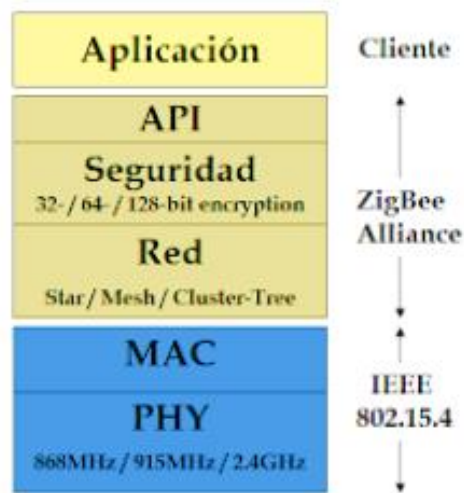


Figura 5. Pila de protocolos en Zigbee.

Recuperado de <https://zigbeebasics.weebly.com/how-does-zigbee-work.html>

#### a) Capas del estándar Zigbee

Cada capa se comunica con la capa inferior a través de la interfaz de datos y la interfaz de control, la capa superior solicita servicios de la capa inferior y la capa inferior informa el resultado a la capa superior, a continuación se da una breve descripción de las capas en Zigbee;

- La capa más baja es la capa física, que proporciona servicios de transmisión de datos aéreos junto con la capa de acceso a los medios.
- La capa de red proporciona los métodos necesarios para iniciar la red, unirse a la red, dirigir paquetes de datos a otros nodos de la red, proporcionar paquetes de datos garantizados, filtrar los paquetes de datos recibidos, cifrarlos y autenticarlos.
- La capa de soporte de la aplicación es responsable de mantener el rol de los nodos en la red, filtrar los paquetes de datos en la aplicación y mantener la relación entre los dispositivos que interactúan con la aplicación. Se pueden integrar otros módulos para realizar tareas

específicas, como el módulo de seguridad que proporciona servicios de encriptación y verificación para paquetes de datos.

- En el nivel más alto, se encuentra la capa de aplicación o la aplicación como tal.

#### **b) Funciones del estándar Zigbee**

- Búsqueda de red: La capacidad del dispositivo para explorar canales de comunicación.
- Creación de una red PAN: La capacidad para establecer la red.
- Descubrimiento de dispositivos: La capacidad de identificar otros dispositivos en la red.
- Descubrimiento de servicio: La capacidad de determinar los servicios soportados por los dispositivos que forman la red.
- Unión: La capacidad de comunicarse los diferentes dispositivos de la red.
- Asociación y Disociación de dispositivos: La habilidad de captar o abandonar dispositivos dentro de la red.
- Direccionamiento: La habilidad del nodo coordinador para asignar direcciones a los dispositivos de la red.
- Sincronización: La capacidad de los dispositivos para sincronizarse en la red.
- Seguridad: La capacidad de aplicar medidas de seguridad a las tramas que se transmiten.
- Asignación de ruta: La habilidad de enrutar las tramas a sus direcciones establecidas.

#### **c) Funcionalidad de los dispositivos**

En una red inalámbrica se tiene dos tipos de dispositivos; el dispositivo de funcionalidad completa (FFD) o también conocido como nodo activo, aquel dispositivo que se encarga de coordinar la red o sincronizar los nodos al inicio del proceso de comunicación, puede funcionar como Coordinador o Router Zigbee. El otro tipo de dispositivo es el dispositivo de funcionalidad reducida (RFD) o nodo pasivo, aquel dispositivo que se encargan de capturar los datos del medio o entorno donde se encuentra ubicado y envía los datos al nodo coordinador, estos dispositivos tienen un trabajo limitado y se suelen especificar en sólo lectura de los datos. (Campaña, Cabrera, Cervelion, & Aguirre, 2019).

## **2.2.6. Programación de software**

Actualmente la programación ejerce un rol importante en diversos campos de la sociedad, esto debido a que el desarrollo de software ha permitido ampliar y optimizar el trabajo donde se requiera aplicar una solución de tipo informática, es este aspecto un programa informático es el resultado final de un proceso que tiene por objetivo la solución de un determinado problema. Y en términos de programación, un programa se define como un conjunto de instrucciones escritas en un lenguaje de programación, dichas instrucciones conllevan un conjunto de pasos lógicos (algoritmos) que tienen por fin realizar una determinada tarea en un equipo informático.

### **2.2.6.1. Lenguajes de programación**

Para una mejor comprensión de lo que significa un lenguaje de programación, se puede recurrir en un principio a la definición de sus términos de manera individual, es así;

- Lenguaje: Se define como un conjunto de símbolos y palabras (vocabulario o diccionario) y un conjunto de reglas (gramática y semántica) que permiten agrupar los símbolos para formar frases de un lenguaje determinado.
- Programación: La manera usada para especificar algoritmos sobre un computador. Un programa se escribe como una secuencia de frases de un lenguaje determinado.

Se puede considerar a los lenguajes de programación como herramientas que permiten construir y adecuar aplicaciones, más no son aplicaciones. “Generalmente un lenguaje de programación está formado por un conjunto de símbolos y palabras que se basan en reglas para su uso. La instrumentación del algoritmo mediante estas reglas se denomina programar y el producto obtenido es el programa” (Rodríguez, 2017). De manera que un lenguaje de programación se encuentra definido por un léxico, una sintaxis y una semántica;

- Léxico: Conjunto de símbolos que pueden ser empleados en un lenguaje. Estos símbolos o elementos básicos pueden ser: variables, operadores, instrucciones, etc.
- Sintaxis: Consiste en definiciones llamadas reglas gramaticales, que especifican la secuencia de símbolos que componen las frases del lenguaje. Estas reglas pueden determinar si la frase está bien escrita o se encuentra errónea.

- Semántica: Define la estructura sintáctica del lenguaje y el significado de las expresiones y tipos de datos utilizados.
- a) **Clasificación de los lenguajes.** “Las dos clasificaciones principales de lenguajes de programación son: lenguajes de programación de bajo nivel y de alto nivel, esto depende de lo cerca o lejos que estén de la arquitectura de la máquina en la que van a funcionar” Olarte (2018). En el siguiente apartado se da una breve descripción de estos lenguajes;
- Lenguajes de bajo nivel: Aquellos lenguajes de programación que tienen cercanía a las operaciones de la máquina, por tanto es un lenguaje que sirve de interfaz y crea un vínculo entre el hardware y el software, este lenguaje hace uso de instrucciones directas y de fácil conversión que permiten trabajar a gran velocidad, en este tipo de lenguaje se distingue el lenguaje de máquina y el lenguaje ensamblador.
  - Lenguajes de alto nivel: Son los lenguajes que se caracterizan por expresar códigos de computadora usando instrucciones que se asemejan a la capacidad cognitiva humana, este tipo de lenguajes requieren de conocimientos en programación y conocimientos específicos del lenguaje (vocabulario, gramática y sintaxis) para implementar algoritmos. En lo que es los lenguajes de alto nivel, se puede encontrar subdivisiones como son los paradigmas y la forma de ejecución del código.
- b) **Paradigmas de programación.** Se refiere a la "filosofía" de programación, es decir, los lenguajes que utilizan el mismo paradigma de programación utilizarán los mismos conceptos básicos para su programación, se pueden definir en dos categorías fundamentales;
- Procedurales: Aquellos que describen los pasos a seguir para encontrar la solución, entre ellos se tiene; Imperativos y orientados a objetos.
  - Declarativos: Aquellos que describen el problema a solucionar, entre ellos se tiene; funcionales y lógicos.
- c) **Formas de ejecución.** Basándose en la forma de ejecución de un programa escrito en un lenguaje de alto nivel, se puede diferenciar dos tipos de lenguajes; el lenguaje compilado y el lenguaje interpretado, donde cada uno posee diferente proceso de traducción.

Los lenguajes compilados para poder traducir un programa escrito por un usuario en algún lenguaje de programación al lenguaje con el que opera la máquina, el programa debe estar completo y sin errores y debe emplearse adicionalmente un compilador. Y por su parte en los lenguajes interpretados, para traducir y ejecutar en forma progresiva las instrucciones de un programa escrito por un usuario se recurre al uso de un intérprete, mismo que detecta los errores a medida que se ejecuta la traducción del programa (Rodríguez, 2017).

### **2.2.6.2. Lenguajes de programación para la web**

Según IEEE Spectrum en su artículo de 2016 sobre los lenguajes de programación más utilizados, se evidencia el gran uso del lenguaje Python, PHP, Java, JavaScript, Ruby, C# y Perl en el desarrollo de aplicaciones web. A continuación se describe algunos de ellos;

- Lenguaje HTML (Hyper Text Markup Language): Un lenguaje ampliamente utilizado para el desarrollo y creación de páginas web, este se compone de una serie de etiquetas que cualquier navegador puede interpretar, las etiquetas sirven para definir el texto y otros elementos que compondrán una página web, como imágenes, listas, títulos, etc.
- Lenguaje JavaScript: Es un lenguaje interpretado, y por tanto no necesita ser compilado, se usa principalmente en páginas web y su formato es similar a Java. JavaScript es un lenguaje de programación robusto que se puede aplicar o agregar a archivos de tipo HTML para crear interactividad dinámica en los sitios web.
- Lenguaje PHP: Es un lenguaje, interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas, es un lenguaje de código abierto muy popular y generalmente se procesa del lado del servidor, es un lenguaje empleado en desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML, al ser código abierto significa que se puede usar libremente, y la incrustación en archivos HTML significa que el código PHP y el código HTML se pueden combinar en un mismo archivo de acuerdo con ciertas reglas.
- Lenguaje Python: Algunos usuarios lo consideran como un lenguaje de programación limpio, este lenguaje permite la creación de varios programas, incluidas páginas web, Python es un lenguaje de scripting que se caracteriza por ser orientado a objetos y por ser independiente de la plataforma. Es un lenguaje interpretado, lo que significa que no es necesario compilar el código fuente para ejecutarlo, en su lugar, necesita un intérprete.

### 2.2.6.3. Aplicación web

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías, ha surgido la necesidad de llevar un adecuado manejo de la información a través de herramientas tecnológicas y las aplicaciones web constituyen uno de estos recursos tecnológicos. Las aplicaciones web actualmente se han vuelto muy importantes debido a las ventajas que ofrecen, especialmente por permitir a usuarios utilizar estas aplicaciones sin necesidad de descargar la misma en el ordenador. De manera general se puede definir a “una aplicación web como aquel programa informático que se ejecuta en internet únicamente a través de un navegador y proporciona a los usuarios algunas ventajas como: acceder a la información de manera ágil y sencilla, recolectar y guardar información” (Valarezo, Honores, Gómez, & Vinces, 2018).

En el proyecto realizado el desarrollo de una aplicación web, permite que se pueda ofrecer al usuario final elementos tales como formularios que permitan tener una comunicación activa entre el usuario y la información, y de esta manera permitir que el usuario acceda a los datos de modo interactivo, la aplicación web propuesta se desarrolló en varios lenguajes de programación, tales como; PHP, HTML y JavaScript. En la Figura 6 se muestra la arquitectura básica de una aplicación web y en la que se basó la aplicación para el presente proyecto.

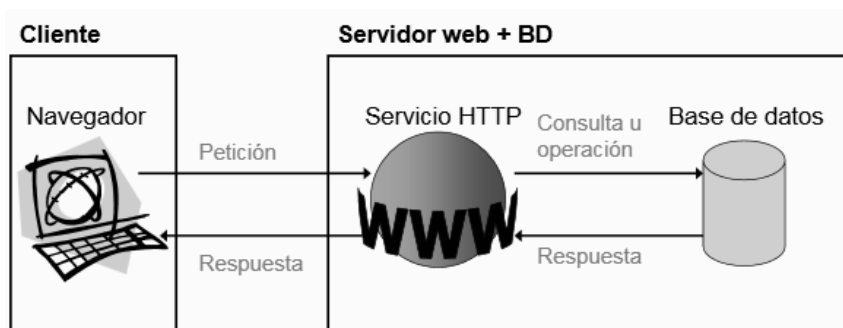


Figura 6. Arquitectura básica de una aplicación web. Recuperado de <https://www.fing.edu.uy/tecnoinf/mvd/cursos/ria/material/teorico/ria-01-introduccion.pdf>

Entre las principales características que se obtiene al usar una aplicación web, se tiene;

- Acceso inmediato: Se puede acceder a la aplicación desde cualquier lugar donde se tenga acceso internet y no es necesario instalar y configurar aplicaciones adicionales.
- Actualización: No requieren que los usuarios descarguen actualizaciones.
- Menos requisitos de hardware: Las aplicaciones web ocupan poco (o no ocupan) espacio en disco y de igual manera el uso de memoria RAM es mínimo.
- Seguridad de datos: Los datos de la aplicación web son alojados en un servidor web, mismo que sirve como un sistema de almacenamiento confiable y seguro.
- Compatibilidad multiplataforma: La misma aplicación web puede ejecutarse en diferentes sistemas operativos, debido a que la ejecución se delega al navegador.
- Interfaz simple: La aplicación web brinda a los usuarios una interfaz simple e intuitiva.
- Software gratuito: Lograr el desarrollo de software lo más completo posible sin el uso de licencias costosas, como en el caso de software propietario.

**Arquitectura básica de una aplicación web.** Para que un sitio o aplicación web funcione es necesario la aplicación como tal y una arquitectura que disponga de los siguientes elementos;

- a) **El navegador.** Es un software, por lo general gratuito, que permite a sus usuarios acceder a la web, dentro de sus funciones están la realización de peticiones solicitando recursos a diferentes servidores web a través de URL, la representación completa y adecuada del contenido de las páginas y gestión de posibles errores. Entre los navegadores más comunes en el internet se tiene: Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera, entre otros.
- b) **El Servidor Web.** “Almacena de forma organizada la estructura de la información del sitio web para servir los contenidos en relación a las peticiones del navegador” (W3C, 2019). Dependiendo del tipo de solicitud, el servidor web hace la búsqueda de páginas web y proporciona a los clientes acceso a la información contenida en bases de datos o ejecuta programas en el mismo servidor. Existen diversos servidores web entre los más destacados se encuentran: El servidor Apache y el servidor Internet Information Services (IIS) de Microsoft.

- Servidor Web Apache: Es uno de los mejores servidores web ya que fue diseñado para funcionar con el protocolo HTTP, es uno de los servidores web más utilizados a nivel mundial. Apache destaca entre los demás por ser un sistema Open Source totalmente gratuito, ya que se encuentra bajo licencia GNU, Entre sus principales características tenemos que es: estable, multiplataforma, adaptable y configurable.
- c) **Protocolo de comunicación HTTP.** “Es un protocolo de comunicación utilizado en las transacciones entre los elementos de la arquitectura web. Este protocolo se basa en TCP/IP a través del cual el navegador realiza peticiones al servidor para que este responda” (W3C, 2019). Los métodos de petición de este protocolo son;
- GET: El método GET devuelve un fichero, es decir, los campos de un formulario son incorporados a la dirección. No es recomendable si se envía datos delicados como contraseñas o cuentas privadas.
  - POST: El método POST regresa los datos a un servidor. Es el método apropiado para enviar datos a un formulario con diversos campos.
- d) **Dominio.** Un dominio es el nombre único y exclusivo que se le da a un sitio web en internet, los navegadores web para acceder a los sitios que se encuentra almacenados en los hostings requieren de una dirección IP para saber dónde se encuentra dicho servidor. Las partes de un dominio son las siguientes: Nombre (aquel nombre único y exclusivo que define al sitio), Extensión (indica el giro del sitio web, pudiendo ser este .net, .com, .org, entre otros).
- e) **Hosting o alojamiento web.** Aquel conjunto de servicios que pueden usarse con un dominio, los servicios de un hosting pueden comprender; alojar una página web, subir archivos (imágenes, videos, etc.) a la web por FTP, crear cuentas de correo o bases de datos, etc. De manera general “el hosting es un servicio que provee un sistema para almacenar archivos, con la finalidad de garantizar un respaldo y resguardo de información, así como la reducción de costos en la compra de hardware” (Castro, 2016). Se tiene dos tipos principales de alojamiento;

- Hosting gratuito: se caracteriza por no pagar por el alojamiento, por tanto solo permite utilizar herramientas básicas para crear y administrar sitios web.
- Hosting de pago: se caracteriza por pagar por el servicio de alojamiento web, y por tanto se dispone de varias herramientas para administrar un sitio web.

### **2.2.7. Bases de datos**

Para llevar a cabo la creación de aplicaciones web se debe considerar fundamental el análisis y diseño de una base de datos que permita el almacenamiento de la información que va a ser procesada; en este proyecto, el diseño y uso de una base de datos permitió asegurar el adecuado almacenamiento de los datos. De manera general se puede definir a una base de datos como “una colección de datos organizados y estructurados en función a un determinado modelo, mismo que establece una relación entre los datos almacenados, los datos pueden ser manipulados por distintos usuarios y aplicaciones, pero siempre manteniendo su integridad y seguridad” (Delgado, 2019).

#### **2.2.7.1. Sistema de gestión de bases de datos**

Un sistema gestor de bases de datos (SGBD) se puede definir como aquella aplicación que permite a usuarios definir, crear y mantener determinadas bases de datos. “Un SGBD se puede considerar como un sistema que permite la creación, gestión y administración de bases de datos, además sirve como interfaz de comunicación entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones” (Marín, 2019).

Los sistemas de gestión de bases de datos se pueden clasificar según las bases de datos que gestionan, la clasificación básica de los SGBD se basa en las capacidades y potencia del propio gestor, teniendo dos tipos; Los SGBD ofimáticos que pueden operar una pequeña base de datos diseñada para almacenar datos domésticos o de pequeñas empresas, tal es el ejemplo de Microsoft Access y LibreOffice Base. Y los SGBD corporativos que tienen la capacidad de gestionar base de datos, de pequeñas, medianas y grandes empresas con una carga de datos y transacciones que requieren de un servidor de gran capacidad. Entre los más conocidos se tiene: Microsoft SQL Server, Oracle, etc. (Vélez, 2019)

### **2.2.7.2. MySQL**

Para que un sistema funcione de manera eficiente, es necesario llevar a cabo el almacenamiento de toda la información de una manera ordenada, para lo cual se requiere el uso de una base de datos. En este proyecto para lograr la implementación de una base de datos fue necesario usar MySQL que es un sistema de administración de bases de datos que permite administrar bases de datos relacionales, y de donde el sistema puede acceder para buscar los datos requeridos.

MySQL es un sistema de gestión de base de datos multihilo y multiusuario utilizado en la gran parte de las páginas web, MySQL se encuentra basado en lenguaje de consulta estructurado SQL y es ampliamente usado en aplicaciones creadas a base de software libre, por ser confiable, escalable y rápido. Además de basar su funcionamiento en el clásico modelo cliente-servidor, MySQL es un componente esencial de la pila LAMP, XAMPP, que incluye Linux, Apache, MySQL y PHP. (Delgado, 2020)

Los procesos principales que tienen lugar en un entorno MySQL son:

- MySQL crea una base de datos para almacenar y manipular datos, definiendo la relación de cada tabla.
- El cliente puede emitir solicitudes y/o transacciones escribiendo declaraciones SQL específicas de MySQL, al usar este tipo de gestor el cliente generalmente usa una interfaz gráfica (GUI) para la gestión de la base de datos, entre las GUI de MySQL más populares son MySQL WorkBench, PhpMyAdmin, Sequel Pro, etc.
- La aplicación del servidor responde con la información solicitada y esta se presenta a los clientes del sistema.

### **2.2.8. Fundamentos de ingeniería de software**

En el contexto del desarrollo de software, la ingeniería de software se puede definir como un enfoque sistemático que utiliza técnicas y prácticas para el desarrollo, operación y mantenimiento de software.

### **2.2.8.1. Proceso de desarrollo de software**

Para los desarrolladores y/o programadores la ingeniería de software ayuda a entender que en la creación de software se deben considerar etapas que contribuyan a la correcta elaboración de un software y lograr que este cumpla con las funciones para las cuales se creó. El proceso que comprende estas etapas se denomina ciclo de vida del software.

El proceso de desarrollo de software considerado también como ciclo de vida de desarrollo de software es una estructura aplicada para desarrollar productos de software. Existen varios modelos a seguir para establecer un proceso de desarrollo de software, cada uno de los cuales describe un enfoque diferente, que define las actividades que tienen lugar durante el proceso. (Fernandez, 2019)

Un ciclo de vida del desarrollo del software se compone generalmente de las siguientes etapas;

- Requisitos: Se realiza un modelo basado en requisitos tomados desde una problemática.
- Diseño: Partiendo del modelo de análisis se deducen la estructura y la interfaz de usuario del sistema y los tipos de datos que se manejan en el mismo.
- Codificación: Conlleva la construcción del sistema cuyo resultado es un ejecutable.
- Pruebas: Tiene la finalidad de comprobar la calidad del software.
- Mantenimiento: Después de la entrega, esta etapa asegura que el sistema siga funcionando y adaptándose a los nuevos requisitos.

En el proyecto realizado definir un proceso de desarrollo de software o ciclo de vida ayudó a organizar el desarrollo del sistema en fases, con la finalidad de garantizar un adecuado funcionamiento y la calidad del sistema final, las fases definidas para este proyecto fueron la de análisis de requisitos, el diseño, la codificación y las pruebas, cada una de estas fases se desarrollan de forma ordenada, una detrás de otra. La fase de mantenimiento fue excluida por razón de que el sistema no se queda implantado y funcionando de manera permanente.

### 2.2.8.2. Modelos de proceso del software

Se puede definir a un modelo de procesos del software como una representación simplificada de un proceso de creación de software, generalmente este modelo de proceso conlleva el empleo de un conjunto de actividades, tareas y acciones para llevar a cabo el desarrollo completo de un proyecto de software. Actualmente se pueden encontrar diferentes modelos para la realización de software, como por ejemplo: modelo en cascada, modelo de proceso incremental, modelo de proceso evolutivo, modelo en V, desarrollo basado en prototipos, entre otros.

**Modelo en V.** Es un proceso que representa una secuencia de pasos en el desarrollo del ciclo de vida de un proyecto desde la concepción de una idea hasta la entrega y/o liberación del sistema. “El modelo en V es una variación del modelo en cascada, mientras que el modelo clásico centra su atención en los documentos y artefactos producidos, el modelo en V lo hace en la actividad y la exactitud” (García & García, 2018). El método en V en su representación gráfica, la parte izquierda de la V representa el flujo donde se definen las especificaciones del sistema y la parte derecha de la V representa el flujo donde se comprueba el sistema. La parte donde se encuentran ambas partes representa el proceso de desarrollo, la parte que forma la V significa validación y verificación. En la Figura 7 se muestra el modelo en V y la relación entre sus fases.

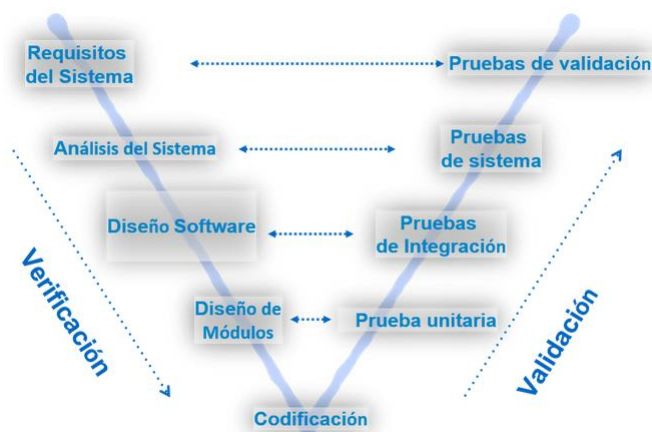


Figura 7. Modelo de desarrollo en V. Recuperado de [https://](https://www.tutorialspoint.com/sp/software_engineering/software_development_life_cycle.html)

[www.tutorialspoint.com/sp/software\\_engineering/software\\_development\\_life\\_cycle.html](https://www.tutorialspoint.com/sp/software_engineering/software_development_life_cycle.html)

En el presente proyecto se recurre al uso del modelo en V, por motivo que este modelo a más de emplear las fases del ciclo de vida de desarrollo de software clásico, incluye fases de validación y verificación, que tienen por fin obtener un resultado verificable en cada etapa, esto se puede lograr por medio de la aplicación de pruebas, en el siguiente apartado se detallan los niveles de prueba del modelo en V que se aplican al software para comprobar y validar su calidad.

**Niveles de prueba del software.** Las pruebas son muy importantes para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación, estas pruebas se integran a las diferentes fases del ciclo de vida del software y mediante técnicas experimentales se descubre posibles errores.

- a) **Pruebas unitarias:** El primer nivel de prueba es la prueba unitaria o prueba de componentes, que consiste en la verificación de una unidad de software de manera independiente, es decir, “las pruebas unitarias, son aquellas pruebas que solo comprueban la funcionalidad específica de una única clase, con la finalidad de comprobar las funcionalidades concretas de cada clase” (Turrado, 2020). Los pasos necesarios para las pruebas unitarias son los siguientes;
- Ejecutar todos los casos de prueba relacionados con cada verificación establecida en el plan de prueba y registrar los resultados. Los casos de prueba deben satisfacer tanto condiciones válidas como esperadas, así como condiciones no válidas e inesperadas.
  - El siguiente paso es corregir los errores o defectos encontrados y repetir la prueba que los detectó. Si se considera necesario, se repiten otros casos de prueba que se hayan ejecutado debido a su significado o importancia.
- b) **Pruebas de integración:** El segundo nivel de pruebas corresponde a las pruebas de integración, cuyo enfoque es verificar si las relaciones existentes entre las diferentes clases y servicios funcionan de manera adecuada. “Este tipo de pruebas lo que buscan es encontrar problemas que puedan surgir al mezclar las diferentes capas de la aplicación” (Turrado, 2020). Aunque los componentes funcionen bien individualmente, al juntar los diferentes componentes del sistema, pueden ocurrir errores que no fueron considerados al inicio del desarrollo.

- c) **Pruebas funcionales del sistema:** Una vez que probados los componentes y la correcta integración de los mismos, se procede a ingresar al nivel de pruebas funcionales del sistema. “Son pruebas que verifican el comportamiento del sistema para confirmar que cumple con todas sus funciones. Estas pruebas buscan confirmar el funcionamiento completo del sistema basándose en los requisitos y por tanto son pruebas más trabajosas” (Turrado, 2020). Este tipo de pruebas analiza los requisitos funcionales y no funcionales y por consiguiente dan una visión muy similar al comportamiento del sistema en el entorno de producción final.
- d) **Pruebas de validación o aceptación:** Las pruebas indicadas anteriormente son mayormente responsabilidad del desarrollador del programa o aplicación, por su parte la prueba de aceptación es responsabilidad del cliente o usuario. “El propósito de las pruebas de aceptación es verificar que el sistema cumple con la operación esperada y permitir a los usuarios del sistema determinar su aceptación desde la perspectiva de su función y desempeño” (Cillero, 2020). La validación del sistema se logra mediante la ejecución de pruebas que demuestran el cumplimiento de los requisitos, mismos que generalmente se incluyen en el plan de desarrollo de software.

### 2.2.8.3. Metodologías de desarrollo de software

Se consideran como un conjunto de procedimientos diseñados para dar forma y detalle al proceso de desarrollo de software, para lo cual la metodología proporciona las prácticas y técnicas que pueden ser utilizadas como guía para el desarrollo de software.

Actualmente existen dos grupos de metodologías para el desarrollo de software, las metodologías tradicionales que se caracterizan por su rigor en el proceso de desarrollo de software, estableciendo un seguimiento y planificación, uso de herramientas, documentación, etc. Y las metodologías ágiles que son un tipo de enfoque que se basan en la entrega frecuente de versiones de software funcionales, presta relevancia a la planificación, colaboración con el cliente y respuestas ante los cambios surgidos durante el desarrollo de software. (Boaventura, Peña, Verdecia, & Fustiel, 2016)

Entre las metodologías de desarrollo de software más conocidas se tiene: RUP (Rational Unified Process), SCRUM, Programación Extrema XP, Kanban, etc. En el proyecto realizado se recurrió al empleo de la metodología RUP que habitualmente es utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas de tipo software, esta metodología contribuye al manejo de requerimientos, el desarrollo de los diagramas de los casos de uso y el manejo de la arquitectura, que se consideran importantes analizar y desarrollar en este proyecto.

**Metodología RUP.** El Proceso Unificado Racional se define como el conjunto de actividades y procedimientos que se llevan a cabo para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas y/o aplicaciones de software. Su principal objetivo es producir software de alta calidad que cumpla con los requisitos de los usuarios finales en un tiempo y costo predecibles (Roselli, 2019). El proceso del ciclo de vida de RUP tiene cuatro características principales: se basa en casos de uso, se centra en la arquitectura, es iterativo e incremental y se usa efectivamente para el desarrollo del lenguaje unificado de modelación (UML) que es un lenguaje estándar que permite expresar claramente requerimientos, arquitectura y diseños.

Las fases e iteraciones de la metodología RUP se presentan en el siguiente apartado;

- Inicio: En esta etapa se define el alcance del proyecto con el patrocinador, se determina los riesgos asociados con el proyecto, se presenta una visión general de la arquitectura del software y se planifica las iteraciones posteriores.
- Elaboración: En esta fase se selecciona los casos de uso que permitan la definición de la estructura básica del sistema, se formula las especificaciones de los casos de uso seleccionados y se diseña un tipo de solución preliminar.
- Construcción: En esta fase se completa las funciones del sistema, en base a los requisitos y se planifica cambios o se realizar mejoras en el proyecto según evaluación del usuario.
- Transición: En esta etapa se asegura que el usuario final pueda utilizar el software, se corrige defectos encontrados en la prueba de aceptación, se brinda el soporte técnico necesario y se verifica que el producto cumpla con las especificaciones planteadas.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### **3.1.1. Enfoque**

La investigación realizada tiene un enfoque cuali-cuantitativo, a razón de que “los enfoques cualitativos y cuantitativos pueden ser complementarios, y pueden emplearse conjuntamente para evaluar diferentes tipos de objetivos, actividades y procesos, y contrastar los datos obtenidos a través de diferentes técnicas de observación, registros, análisis de indicadores, cuestionarios, entrevistas” (REUS, 2011).

La aplicación del enfoque cualitativo permitió determinar los datos y las características de cómo se lleva a cabo actualmente el proceso de control y monitoreo ganadero en el Centro Experimental San Francisco, y así poder definir las características que debe contar el sistema de monitoreo de ganado bovino propuesto, y se aplicó el enfoque cuantitativo, debido a que se realizó un análisis de los principales indicadores que pueden ser considerados importantes evaluar en el funcionamiento de la red de sensores inalámbricos, parte esencial del sistema de monitoreo de ganado propuesto. Entre estos indicadores se tiene distancia de cobertura, tiempos de frecuencia de medición, escalabilidad, tolerancia, tiempo de vida de las baterías, entre otros.

##### **3.1.2. Tipos de Investigación**

###### **3.1.2.1. Investigación descriptiva**

“Investigación que tiene como objetivo describir las características más importantes de una población, grupo, comunidad u otro fenómeno a analizar. Se enfoca en describir las situaciones, eventos o hechos, con objeto de recolectar datos sobre una serie de temas” (Cabezas, Naranjo, & Torres, 2018).

En la presente investigación se realizó un acercamiento al objeto de estudio, con la finalidad de obtener resultados y características sobre el proceso de control y monitoreo ganadero que se lleva a cabo en el hato bovino del Centro Experimental San Francisco. Sitio donde se tiene a disposición para el estudio un hato de ganado bovino, el mismo que se encuentra administrado por técnicos ganaderos pertenecientes al colectivo de trabajadores de la UPEC.

### **3.1.2.2. Investigación de campo**

“Aquella investigación que se realiza en el mismo lugar geográfico donde se desarrollan los hechos, sus estudios permiten verificar las verdaderas condiciones para la obtención de los datos, de manera que estos puedan ser revisados en caso de duda” (Cabezas et al., 2018). En la presente investigación se analizó la situación actual del proceso de control y monitoreo ganadero que se lleva a cabo en el hato bovino del Centro Experimental San Francisco, determinando así las características más relevantes en este tipo de actividad, a través de la recolección de opiniones y perspectivas de los trabajadores y otras personas a cargo del control del hato ganadero del centro antes mencionado. Por tal razón se empleó instrumentos como la entrevista, la encuesta y la observación, logrando al final del estudio determinar los requerimientos que son necesarios para el desarrollo del sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino propuesto.

### **3.1.2.3. Investigación documental**

“Es una investigación que se realiza para recopilar información para establecer los conceptos teóricos que apoyan la investigación de un determinado fenómeno y proceso. El propósito de la investigación bibliográfica es establecer un marco teórico conceptual” (Cabezas et al., 2018). Para la presente investigación se realizó una investigación documental, al llevar a cabo búsquedas, recuperaciones e indagaciones de información en fuentes documentales como: tesis, libros, artículos científicos, revistas, etc.

## 3.2. IDEA A DEFENDER

El desarrollo de un sistema que brinda información respecto a la localización geográfica y a la temperatura corporal del ganado bovino mediante el uso de una red de sensores inalámbricos, permitirá a los productores ganaderos tener un mejor cuidado de su ganado.

## 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### 3.3.1. Definición de Variables

- **Variable Independiente:** Desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.

Para el presente proyecto, se define como: El desarrollo de prototipos para el monitoreo de ganado bovino, que mediante la utilización de tecnologías de comunicación inalámbrica de baja tasa de transmisión de datos como lo es ZigBee, permita realizar la toma de datos frecuentes con la finalidad de mejorar el cuidado del ganado.

- **Variable Dependiente:** Monitoreo de datos respecto a la localización geográfica y la temperatura corporal del ganado bovino.

Para el presente proyecto, se define como: El tratamiento de las señales provenientes de los dispositivos sensores, mismos que aseguran la obtención de los datos involucrados en el estudio. El almacenamiento de información en una base de datos desarrollada en MySQL asegura que esta, sea analizada de manera sencilla a través de una aplicación informática.

### 3.3.2. Operacionalización de Variables

**Tabla 1.** Operacionalización de variables para la presente investigación.

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.</b>	Cobertura de la red	Distancia de cobertura de la red especificada en metros.	Resultados	Pruebas
	Fácil instalación	Fácil instalación de los dispositivos inalámbricos.	Resultados	Pruebas
	Escalabilidad	Cantidad de dispositivos sensores a implementar.	Resultados	Pruebas
	Frecuencia	Lapso de tiempo en que se toma las mediciones.	Resultados	Pruebas
	Eficacia	Efectividad en las mediciones tomadas.	Resultados	Pruebas
	Consumo energético	Tiempo de vida de las baterías.	Resultados	Pruebas
<b>Monitoreo de datos respecto a la localización geográfica y la temperatura corporal del ganado bovino.</b>	Costos del sistema	Costo rentable de los dispositivos que conforman la red inalámbrica.	Resultados	Cálculo costos
	Mediciones	-Temperatura en grados centígrados (°C). -Localización geográfica (latitud, longitud)	-Observación	Pruebas
			-Transmisión y recepción de datos.	
	Monitoreo	Presentación comprensible de la información	-Observación	Pruebas
			-Procesamiento de datos	
	Calidad de la aplicación de software	Cumplimiento de los requerimientos	Entrevista	Cuestionario

### **3.4. MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **3.4.1. Método inductivo**

En la realización de una investigación cualitativa, generalmente se asocia a la aplicación del método inductivo. “El método inductivo busca observar, estudiar y conocer las características comunes o genéricas que se manifiestan en un conjunto de realidades, es un proceso por medio del cual, a partir del estudio de casos particulares, se obtienen conclusiones” (Sánchez, Reyes, & Mejía, 2018). La aplicación de este método en la presente investigación permitió establecer un razonamiento ascendente que fluye de lo particular hacia lo general, en el presente caso se pudo determinar las particularidades que se presentan en el proceso de control y monitoreo que se lleva a cabo en el hato bovino del Centro Experimental San Francisco (CESF).

#### **3.4.2. La metodología de desarrollo como método**

Para el presente proyecto al momento del desarrollo de software, se consideró aplicar el proceso de desarrollo Modelo en V que es un proceso de desarrollo basado en una serie de buenas prácticas que se adapta a cambios durante el desarrollo de un producto de software. La programación de Modelo en V tiene un funcionamiento cíclico y reconoce que cada nivel o fase tiene por objetivo lograr la entrega de un avance del software propuesto.

#### **3.4.3. Técnicas para la recolección de datos**

Las técnicas de investigación se conciben como las operaciones, procedimientos o actividades que se utilizaron para la obtención de información de manera directa de los sujetos involucrados en esta investigación, para el presente trabajo investigativo se aplicaron las siguientes técnicas.

- **Observación**

Mediante la observación se analizó y se identificó las características relevantes que se desarrollan en el proceso de control y monitoreo ganadero que se lleva a cabo en el hato bovino del Centro Experimental San Francisco, mediante esta técnica se determinó claramente cómo se presentan los hechos o eventos.

#### - **Entrevista**

Permite recoger las opiniones y puntos de vista de los principales participantes, donde se pretende llevar a cabo el trabajo investigativo. Esta técnica de investigación se aplicó a las personas que tienen influencia directa en el hato ganadero del Centro Experimental San Francisco, con objeto de recolectar información sobre el proceso de control y monitoreo del ganado que actualmente se aplica en el hato ganadero del centro antes mencionado.

#### - **Encuesta**

Permite la recopilación de información proporcionada por individuos de la muestra de una población determinada. Esta técnica de investigación se aplicó a individuos que tienen algún grado de participación en el hato de ganado del Centro Experimental de San Francisco, con objeto de recabar opiniones sobre el proceso de control y monitoreo del ganado bovino mediante la formulación de preguntas a personas que puedan proporcionar datos de interés a este trabajo de investigación.

### **3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

#### **3.5.1. Población y Muestra**

##### **3.5.1.1. Población**

Para el presente trabajo el universo poblacional está representado por las personas que tiene influencia en la administración y gestión del Centro Experimental San Francisco y en el hato ganadero del mismo, de igual manera se consideró la opinión de docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Desarrollo Integral Agropecuario. A continuación se muestra una tabla que indica las personas a las que se realizó un acercamiento para la obtención de información que contribuyó en la presente investigación.

**Tabla 2.** Población y muestra considerada en la investigación.

<b>Población y muestra para la presente investigación</b>		
<b>Función</b>	<b>Responsable</b>	<b>Tarea</b>
Decano de la FIACA	MSc. Jorge Mina	Gestión del CESF.
Administración del CESF	Ing. Romeo Paredes	Administrador
Manejo del hato bovino del CESF	Sr. Fernando Jaramillo	Trabajador encargado
Dirección de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria.	MSc. David Herrera	Director
Docencia de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria.	Docentes Titulares	Docentes
Estudiantes últimos niveles de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria.	Estudiantes de 7mo, 8vo, 9no, 10mo nivel.	Estudiantes

### 3.5.1.2. Muestra

Para la toma de datos de la encuesta se la realizó a una muestra considerable del universo poblacional antes mencionado, siendo el tamaño poblacional de 113 personas. La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$$

En donde:

N= tamaño de la población

n= Tamaño de la Muestra.

e= Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

Z= Nivel de confianza, para este caso el 95% (0,95), Z= 1,96

p= probabilidad de ocurrencia, en este caso es de 0,5

q= es la probabilidad de no ocurrencia, en este caso es de 0,5.

Cálculo:

$$n = \frac{113 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.1^2 \times (113 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5} = 53$$

Resultado

De acuerdo al tamaño de la población, y en función del análisis estadístico se determinó que el tamaño de la muestra es de 53 muestras.

### **3.5.2. Instrumentos de investigación**

Los instrumentos son los elementos o materiales que permiten la realización y aplicación de las técnicas de investigación planteadas, los instrumentos que se utilizaron para el levantamiento de información fueron el cuestionario y la observación, instrumentos que permitieron obtener información relevante para esta investigación.

#### **3.5.2.1. El cuestionario en la técnica de la encuesta**

El cuestionario se puede definir como “una técnica de recopilación de datos indirecta. Es un formato escrito en forma de interrogatorio para obtener información sobre las variables a estudiar, esta es una herramienta de investigación utilizada principalmente para recopilar datos” (Sánchez et al., 2018). Es por tanto necesario que el cuestionario este compuesto por un conjunto de preguntas prediseñadas usadas para conseguir la información necesaria para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto de investigación. En el apartado de anexos se indica el formulario que fue aplicado, el formulario consta de preguntas de tipo cerradas y están enfocadas a indagar información relevante, que ayude en el desarrollo de la investigación.

#### **3.5.2.2. La observación simple**

La observación se puede definir como “un proceso de recopilación de datos e información, que incluye el uso de los sentidos para observar los eventos actuales y la realidad social, así como el entorno real en el que las personas realizan actividades en circunstancias normales” (Sánchez et al., 2018). La observación como instrumento de investigación ayudó a identificar las características más relevantes sobre el control y monitoreo que se aplican en el hato bovino y de igual manera se aplicó la observación para determinar ciertos factores necesarios para el desarrollo de la propuesta, factores tales como cobertura celular, relieve de los terrenos, etc.

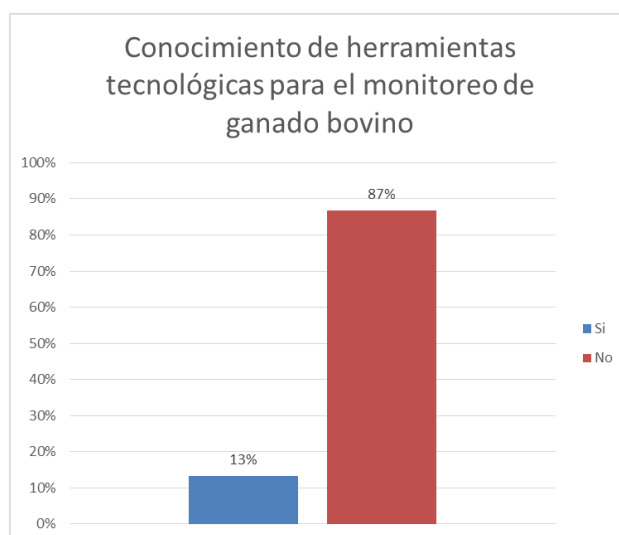
### 3.5.3. Procesamiento y análisis de datos

Una vez efectuada la recolección y procesamiento de datos, viene la próxima etapa que consiste en el análisis de los datos, que generalmente se realiza a través de una herramienta de análisis estadístico. Para el análisis de los datos se empleó el programa informático Excel, que es una herramienta de cálculo y estadística que ayuda en la tabulación de datos.

#### 3.5.3.1. Resultados de la encuesta

A continuación, se muestra los resultados de las personas encuestadas;

Pregunta 1: ¿Usted conoce alguna herramienta tecnológica que permita a los ganaderos monitorear la localización y el estado en el que se encuentra el ganado bovino?



*Figura 8.* Indagación sobre herramientas tecnológicas para monitorear ganado.

En el gráfico se puede observar los porcentajes obtenidos para la indagación sobre el conocimiento de herramientas tecnológicas para el monitoreo de ganado bovino, el 87% de los encuestados manifiestan que desconocen este tipo de herramientas aplicadas a la ganadería, y tan solo el 13% de los encuestados tienen conocimiento o han evidenciado de algún tipo herramienta tecnológica para el monitoreo de ganado, tales como chips electrónicos a modo de collar o manillas y en algún caso el uso de drones.

Pregunta 2: ¿Considera usted favorable el desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino para el hato ganadero de la finca San Francisco?

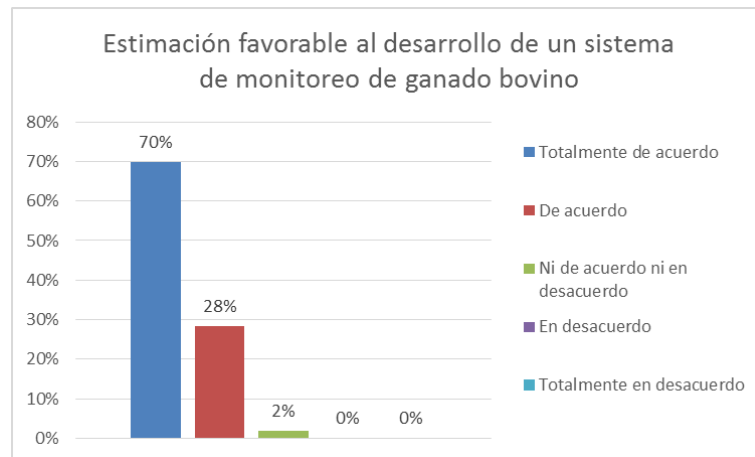


Figura 9. Análisis de la estimación favorable al desarrollo del sistema

En el gráfico se puede observar los porcentajes obtenidos sobre la indagación a los encuestados si consideran favorable al desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino para el hato ganadero del Centro Experimental San Francisco, teniendo el 70% como totalmente de acuerdo, el 28% como de acuerdo y un 2% como indeciso.

Pregunta 3: ¿Cuáles son las ventajas que usted podría identificar, si se implementa un sistema de monitoreo de ganado bovino de forma inalámbrica en la finca San Francisco?

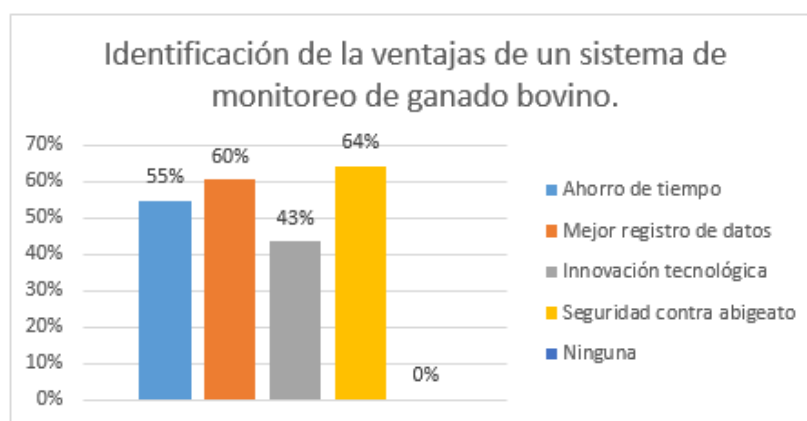


Figura 10. Análisis de las ventajas de un sistema de monitoreo de ganado bovino.

En el gráfico se puede observar los porcentajes obtenidos sobre la opinión de los encuestados sobre las ventajas que se obtendrían, si se implementa un sistema de monitoreo de ganado bovino de forma inalámbrica en el Centro Experimental San Francisco, indicando en los resultados que la ventaja más importante es la seguridad contra posibles casos de abigeato con un 64%, un mejor registro de datos importantes sobre el ganado con un 60%, un ahorro de tiempo al monitorear al ganado con un 55% y finalmente una innovación tecnológica para el monitoreo del ganado con un 43%.

Pregunta 4: ¿Considera usted que un sistema de monitoreo de ganado bovino ayudaría a los productores ganaderos a conocer información sobre la localización y el estado en que se encuentran los bovinos?

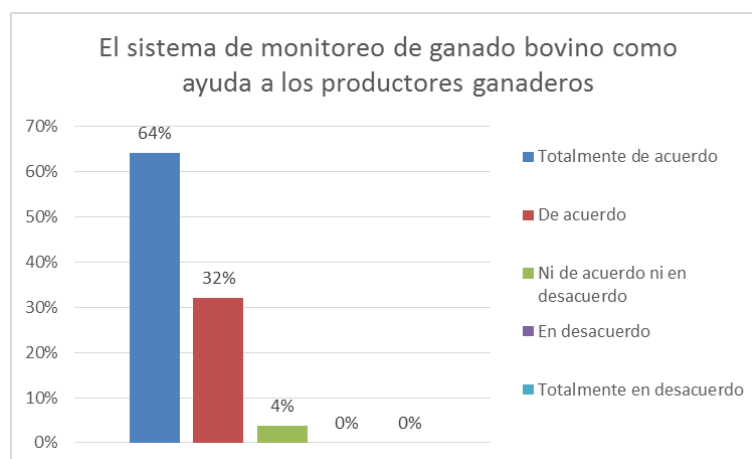


Figura 11. Análisis sobre el beneficio del sistema de monitoreo de ganado.

En el gráfico se puede observar los porcentajes obtenidos sobre la indagación a los encuestados si consideran que un sistema de monitoreo de ganado bovino ayudaría a los productores ganaderos a conocer información sobre la localización y el estado en que se encuentran los bovinos, teniendo el 64% como totalmente de acuerdo, el 32% como de acuerdo y un 4% como indeciso. Es importante mencionar que el 36% de la población de Carchi se dedica a la ganadería y donde el número de ganaderos existentes suma 11939, mostrando la evidente vocación por esta actividad productiva, siendo esta la segunda actividad más importante en la provincia (Terán & Cobo, 2017).

Pregunta 5: ¿Considera usted que un sistema de monitoreo de ganado bovino sería una herramienta de apoyo para enfrentar problemas tan comunes para el sector ganadero como el robo de ganado?

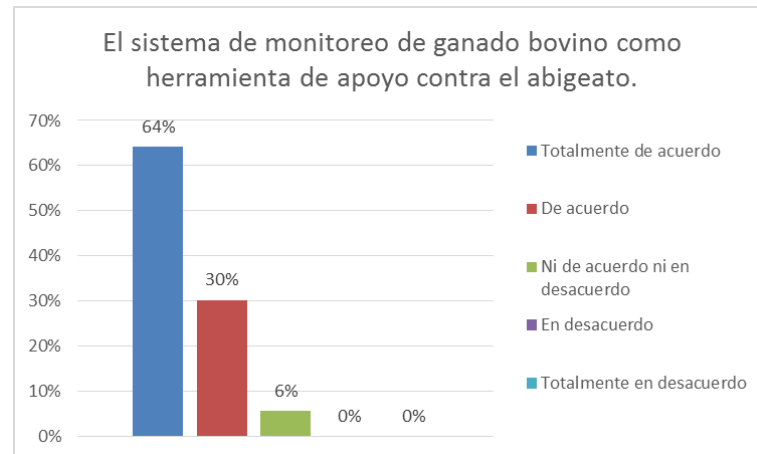
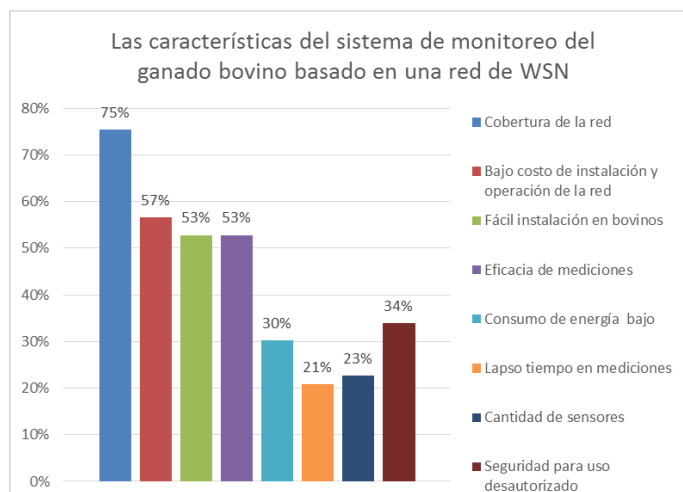


Figura 12. Análisis del sistema como herramienta de apoyo contra el abigeato.

En el gráfico se puede observar los porcentajes obtenidos sobre la indagación a los encuestados si consideran a un sistema de monitoreo de ganado bovino como una herramienta de apoyo para enfrentar problemas comunes para el sector ganadero como el abigeato, teniendo el 64% como totalmente de acuerdo, el 30% como de acuerdo y un 6% como indeciso. Con respecto a este tema del hurto de ganado, Velasco (2020) señala que entre el 2014 y el 2020, las denuncias de abigeato en el país sumaron 11 167 casos, según los registros de la Policía Nacional. Y en lo referente a la provincia del Carchi, el abigeato es uno de los delitos que se cometen con frecuencia en una tasa anual aproximada del 3%, siendo uno de los delitos comunes que afectan a la provincia.

Pregunta 6: ¿Qué características cree que deba tener la alternativa tecnológica propuesta para el monitoreo del ganado bovino de forma inalámbrica en la finca San Francisco?



*Figura 13.* Análisis sobre las características a considerar para el sistema de monitoreo.

En el gráfico se puede observar los porcentajes obtenidos sobre la opinión de los encuestados sobre las características o factores que debería tener el sistema de monitoreo basado en una red de sensores inalámbricos, mismo a ser desarrollado en el Centro Experimental San Francisco, indicando en los resultados que el factor más importante es la distancia de cobertura de la red con un 75%, el bajo costo de instalación y operación de la red con un 57%, la fácil instalación en los bovinos y la eficacia en las mediciones con igual porcentaje de 53%, la seguridad para prevenir el uso desautorizado con un 34%, el bajo consumo de energía con un 30%, la posibilidad de agregar varios dispositivos sensores con un 23% y finalmente la toma frecuente de las mediciones o lapso de mediciones con un 21%.

#### **3.5.4. Verificación de la idea a defender**

Mediante los datos recopilados en la encuesta que fue aplicada a las personas que tiene influencia en la administración y gestión del Centro Experimental San Francisco, de igual manera considerando la opinión de docentes y estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Desarrollo Integral Agropecuario, se pudo determinar que desconocen de herramientas tecnológicas enfocadas al monitoreo de la ganadería. En términos generales los encuestados consideran favorable al desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino y consideran que este tipo de sistemas ayudaría a los productores ganaderos, pues el monitoreo de información sobre la localización y la temperatura del ganado ayudaría a saber el estado en que se encuentran los bovinos. Y con el desarrollo del sistema se contribuye en aspectos como seguridad contra posibles casos de abigeato, mejor registro de datos importantes sobre el ganado, ahorro de tiempo en el monitoreo del ganado e innovación tecnológica para el sector ganadero. Los resultados de la encuesta realizada validan el desarrollo de un sistema que brinde información respecto a la localización geográfica y a la temperatura corporal del ganado bovino mediante el uso de una red de sensores inalámbricos, y por tanto se procedió a desarrollar la propuesta.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. RESULTADOS**

#### **4.1.1. Planteamiento de la propuesta**

A partir del análisis realizado se logró determinar que existe la posibilidad de desarrollar una alternativa tecnológica potencialmente viable que contribuya al monitoreo de ganado bovino, por tanto se planteó el desarrollo de un sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino, sistema se propuso desarrollar en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC. Para lograr cumplir con este objetivo, fue necesario la ejecución de una serie de fases debidamente ordenadas que lleven a cumplir el desarrollo del sistema propuesto, para el presente proyecto se empleó el “Modelo en V”.

##### **4.1.1.1. Método informático**

El Modelo en V es un proceso que permite establecer una adecuada planificación de actividades y tareas, las mismas que se realizan progresivamente a lo largo de las fases que conforman este modelo de desarrollo: análisis de requerimientos, análisis del sistema, diseño, codificación y pruebas. En todas sus fases coexiste una fase de validación y verificación, donde se obtiene un resultado verificable en cada fase del desarrollo del sistema. Cabe indicar que en la fase de diseño para este proyecto se consideró el diseño tanto del software como del hardware.

#### **4.1.2. Requerimientos del sistema (Fase 1)**

Como punto de inicio para el desarrollo del sistema de monitoreo de ganado bovino propuesto, se consideró importante la recolección y análisis de la información procedente de los interesados o los denominados stakeholders del proyecto. Por tal motivo se empleó técnicas para la recopilación de datos e información para identificar la situación actual del Centro Experimental San Francisco, por tanto se aplicó una entrevista al administrador del centro antes mencionado y así poder identificar los requerimientos necesarios para el desarrollo del sistema.



*Figura 14.* Entrevista al administrador del Centro Experimental San Francisco

#### **4.1.2.1. Situación actual**

En primera instancia se presenta información referente al Centro Experimental San Francisco. El Centro se encuentra ubicada a 24 Km de la ciudad de Tulcán, capital de la provincia del Carchi; a 4 Km de la ciudad San Pedro de Huaca y a 16 Km de San Gabriel, parroquia Santa Martha de Cuba, sector La Calera, cuenta con una extensión territorial de 45 hectáreas, de las cuales 30 hectáreas son dedicadas a la producción ganadera, lugar donde la finca a implementando un establo cuya área es de 93 m<sup>2</sup>, en lo referente al hato ganadero de la finca existen 45 animales bovinos y cuenta con un equipo de ordeño mecánico para dos puestos. Las carreras de la facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales de la UPEC en el Centro Experimental San Francisco, realizan investigaciones como parte de la formación académica de sus estudiantes a través del trabajo práctico e investigativo en búsqueda de alternativas que puedan mejorar el desarrollo agropecuario de la región.



*Figura 15.* Centro Experimental San Francisco de la UPEC.

- a) **Diagnóstico situacional.** El diagnóstico referente al proceso de control y monitoreo del ganado bovino del Centro Experimental San Francisco, se realizó a partir de la información obtenida de la entrevista aplicada al administrador y al trabajador encargado del hato bovino del centro antes mencionado.

La entrevista reveló los siguientes datos; la principal y única forma de identificación animal que se lleva en el hato bovino de la finca, es de tipo caravana numérica, donde cada número pertenece exclusivamente a un animal bovino. En lo referente al registro de datos generales del ganado, tales como; nombre, edad, raza, vacunas, etc., son registrados en físico y de manera manual en un cuaderno de apuntes, para posteriormente estos datos ser registrados en un computador en el aplicativo de Excel. Entre los principales registros que se llevan a cabo para el control del ganado bovino, se tiene: registro sanitario, registro de producción de leche, registro de reproducción. Los datos del ganado bovino llevados en los diferentes registros se controlan diariamente, con el objeto de llevar un adecuado control y seguimiento de los animales y así poder realizar el respectivo chequeo veterinario cada dos meses, chequeo que lo realizan los docentes veterinarios en coordinación con el administrador y trabajador del Centro Experimental San Francisco, además del trabajo colaborativo con estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Agropecuaria.

Adicionalmente se tiene que el Centro Experimental San Francisco no cuenta con una herramienta tecnológica que permita monitorear la localización y el estado del ganado de manera remota. Es así que el control y monitoreo del ganado se realiza mediante la revisión directa, donde el encargado del hato ganadero realiza un conteo directo de los animales trasladándose al sitio donde se encuentran los animales una o dos veces al día, y así descartar el extravío de algún bovino y verificar que se encuentren los animales en adecuado estado, sin embargo al existir un lapso de tiempo potencialmente extenso entre cada conteo o revisión del ganado, se produce una brecha de inseguridad por no tener un reporte frecuente sobre la localización y el estado en que se encuentren los bovinos.

- b) Diagnóstico observacional.** Mediante observación en los predios del Centro Experimental San Francisco, se pudo determinar las siguientes características; los terrenos que dispone el centro no cuentan con planicies muy extensas, pues el terreno es bastante irregular con algunas inclinaciones, así mismo la mayoría de terrenos son despejados casi no tienen vegetación o bosque que los obstaculice, además de ello, se pudo comprobar que los encargados mantienen los predios numerados y adecuadamente delimitados o cercados con alambre de púas o alambre de cercado eléctrico, principalmente en los terrenos donde el ganado se encuentre pastando.



*Figura 16.* Lote de ganado del Centro Experimental San Francisco

Como información adicional se evaluó también factores que puedan tener influencia en el desarrollo de la alternativa tecnológica propuesta para el monitoreo del ganado bovino, por tal razón se procedió a verificar en los predios la disponibilidad de diferentes servicios de comunicación sobre todo la telefonía móvil, considerando que una de las tecnologías que se adapta a la alternativa tecnológica propuesta es la comunicación mediante GSM. Se identificó que existía disponibilidad de cobertura telefónica móvil en la mayor parte de las áreas observadas, en cuanto a la señal de cobertura móvil obtenida en dichas áreas, la red con mayor disponibilidad corresponde a la empresa Movistar seguida de la empresa CNT y luego Claro. La comprobación de la señal de las operadoras de telefonía se pudo realizar mediante la consulta a los mapas de cobertura que ofrece cada empresa de telefonía en sus portales web en el área de servicios, con los diversos análisis de cobertura de cada operadora se logró hacer una comparativa a partir de mapas y estadísticas de cobertura de las operadoras móviles Claro, Movistar y CNT.



Figura 17. Mapa de cobertura de la operadora móvil Movistar

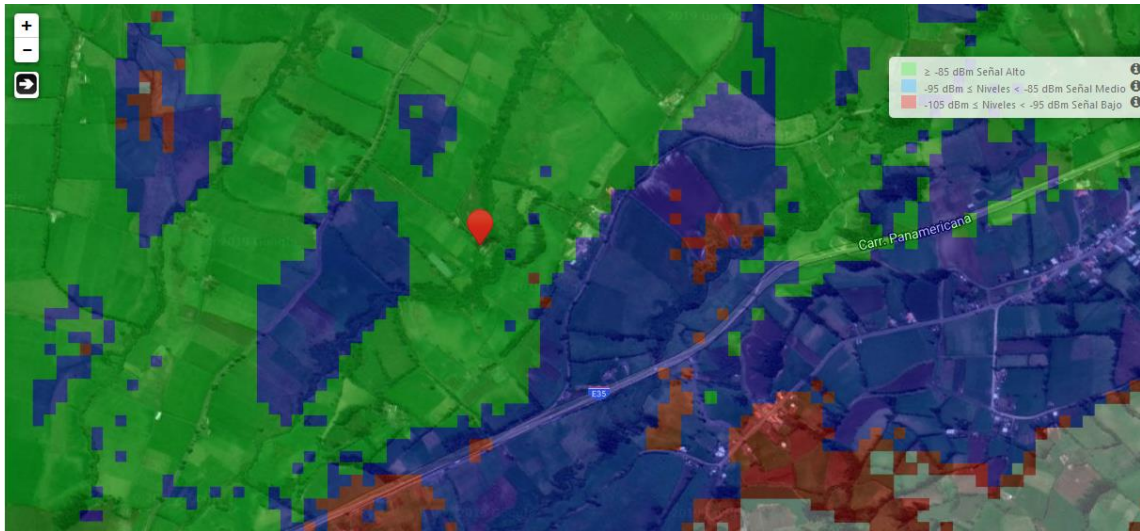


Figura 18. Mapa de cobertura de la operadora móvil Claro

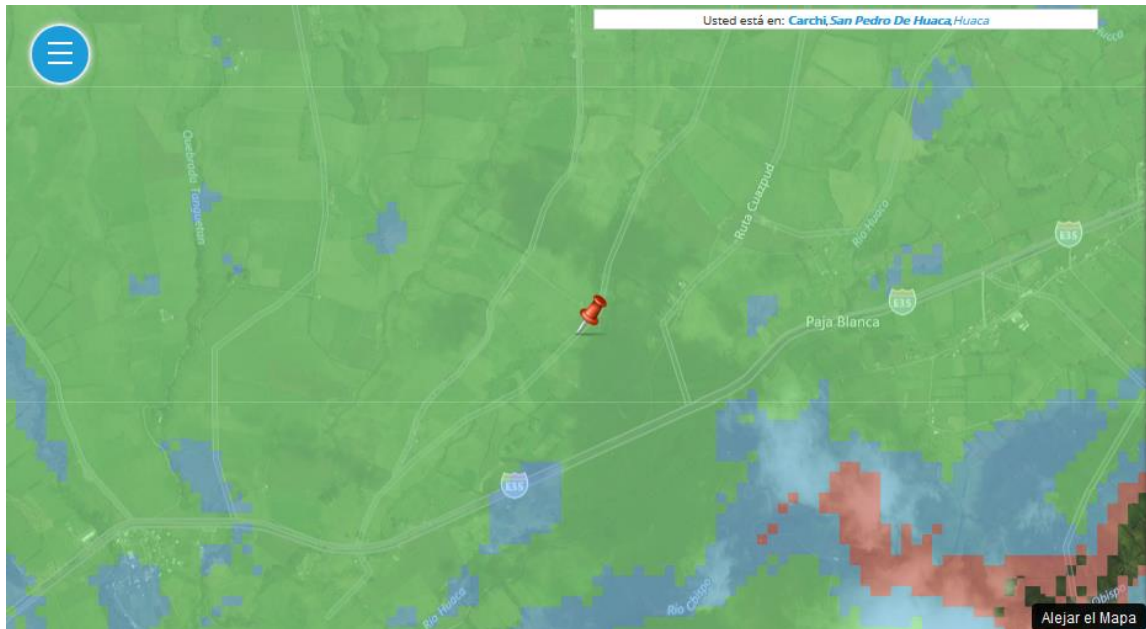


Figura 19. Mapa de cobertura de la operadora móvil CNT.

#### 4.1.2.2. Requerimientos

Para el desarrollo de este proyecto se buscó relacionar los requerimientos tanto de la necesidad del usuario como los requerimientos de la solución tecnológica planteada. Los requerimientos ayudaron a establecer los parámetros que el sistema debe cumplir para su funcionamiento, para la definición de los requerimientos fue necesario como punto principal establecer a los interesados o stakeholders.

Los stakeholders se considera a aquellas personas o entidades que participan directa o indirectamente en el desarrollo del sistema, en el presente proyecto de investigación se tomó en consideración al personal encargado del funcionamiento del Centro Experimental San Francisco y al personal encargado del hato ganadero del centro antes mencionado. En la Tabla 3 se muestran los stakeholders que participaron en el diseño del sistema.

**Tabla 3.** Lista de Stakeholders

<b>Lista de Stakeholders</b>
1. Centro Experimental San Francisco ( CESF )
2. Ing. Romeo Paredes (Administrador del CESF)
3. Sr. Fernando Jaramillo (Trabajador del CESF)
4. MSc. Milton Del Hierro (Tutor de Tesis)
5. Sr. Jhon Taramuel (Desarrollador del Proyecto)

La asociación mundial IEEE, establece que los requerimientos según el estándar (ISO/IEC/IEEE 29148) deben cumplir con características y atributos; correctas, verificables, que se puedan cumplir, que se puedan clasificar por importancia y que las condiciones sean medibles. Para una mejor síntesis de los requerimientos se presenta una nomenclatura de los tipos de requerimientos, los mismos son presentados con abreviaciones para mejor comprensión del tipo de requerimiento.

**Tabla 4.** Abreviaturas de los Requerimientos

<b>Requerimiento</b>	<b>Abreviatura</b>
De Stakeholders	STSR
De Sistema	SYSR
De Arquitectura	SRSR

- a) **Requerimientos de stakeholders.** En este tipo de requerimientos se definen las necesidades que debe cubrir del sistema, estos están basados en las necesidades de los usuarios, la definición de estos requerimientos garantizan que el prototipo cumpla con las perspectivas del cliente.

**Tabla 5.** Requerimientos de stakeholders

STSR - REQUERIMIENTOS DE STAKEHOLDERS						
Nº	Requerimiento	Prioridad			Relación	
		Alta	Media	Baja		
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES						
STSR 1	Comunicación Inalámbrica con adecuada cobertura en el área a monitorear.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
STSR 2	Comunicación Inalámbrica usando red celular.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
STSR 3	Costo de instalación y operación conveniente de la red WSN .	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
STSR 4	Tamaño portable de los dispositivos sensores.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SYSR 9	
REQUERIMIENTOS DE USUARIOS						
STSR 5	Presentación visual y comprensible de datos	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
STSR 6	Seguridad para prevenir el uso desautorizado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
STSR 7	Eficacia y veracidad de la información.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
STSR 8	Toma frecuente de las mediciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Los puntos analizados en la tabla son provenientes de las respuestas de la encuesta y de la observación directa en el lugar de estudio, esta información prevé las características que el sistema final debe cumplir en su funcionamiento.

**b) Requerimientos del sistema.** En los requerimientos del sistema se definen los límites funcionales del sistema en términos de comportamiento y propiedades de funcionamiento del mismo. La Tabla 6 presenta los requerimientos de uso, interfaces, performance, físicos y estados para el sistema propuesto, estos requerimientos van de la mano con los requisitos de los stakeholders.

**Tabla 6.** Requerimientos del Sistema.

<b>SYSR - REQUERIMIENTOS DE SISTEMA</b>					
Nº	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
REQUERIMIENTOS DE USO					
SYSR 1	Adaptable al cuello del bovino para fácil colocación	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SRSH 2
SYSR 2	Posibilidad de agregar varios dispositivos sensores a la red WSN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SYSR 3	Alimentación portable para los nodos sensores.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SRSH 9
SYSR 4	Consumo energético de la red WSN.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
REQUERIMIENTOS DE PERFORMANCE					
SYSR 5	Monitoreo de temperatura y localización geográfica frecuente del ganado.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	STSR 8
REQUERIMIENTOS DE INTERFACE					
SYSR 6	Comunicación del nodo coordinador a la base de datos.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	STSR 2
SYSR 7	Comunicación Inalámbrica usando red celular.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	STSR 2
SYSR 8	Realizar un sensado a todos los nodos de la red.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	STSR 1
REQUERIMIENTOS DE FÍSICOS					
SYSR 9	Tamaño reducido de los dispositivos sensores (8x5 cm).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	STSR 4

Los puntos analizados en la tabla son provenientes de las respuestas de la encuesta y de la observación directa en el lugar que es objeto de estudio, de los requerimientos establecidos en la tabla se concluye que es indispensable la comunicación a través de la red celular además de ser importante el tamaño de los dispositivos para su colocación en el bovino.

c) **Requerimientos de arquitectura.** Estos requerimientos, permiten definir el software y hardware necesario para la red de inalámbrica y establecer las necesidades para la aplicación informática, los requerimientos que se detallan en la Tabla 7 se refieren a los componentes que son tomados en cuenta para la red de sensores, donde el hardware a usar debe ser en función de características que el sistema demande. A continuación, se muestra los requerimientos de arquitectura.

**Tabla 7.** Requerimientos de arquitectura.

<b>SRSH - REQUERIMIENTOS DE ARQUITECTURA</b>					
N°	Requerimiento	Prioridad			Relación
		Alta	Media	Baja	
<b>REQUERIMIENTOS DE LÓGICOS</b>					
SRSH 1	Vinculación del dispositivo coordinador con un hosting web.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SYSR 6
<b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b>					
SRSH 2	Ubicación adecuada de los dispositivos en el bovino	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SYSR 1
<b>REQUERIMIENTOS DE HARDWARE</b>					
SRSH 3	Computador con disponibilidad de internet para acceder a la aplicación de software.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 4	Dispositivos prototipos tanto de los nodos sensores y coordinador de la red WSN.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE</b>					
SRSH 5	Lenguaje de Programación libre para la base de datos.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 6	Lenguaje de Programación modificable y libre para la aplicación de software.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 7	Sistema operativo (SO).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SRSH 8	Navegador web (web browser).	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

---

## REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS

Alimentación por medio de  
SRSH 9 baterías para los diferentes nodos    SYSR 3  
de la red WSN.

---

Los requerimientos expuestos en la tabla guardan una relación con los requerimientos expuestos en la tabla de los stakeholders y del sistema. Una adecuada definición de los requerimientos de arquitectura conlleva al correcto funcionamiento del sistema.

### 4.1.3. Análisis del sistema (Fase 2)

Una vez culminadas la fase de análisis de requerimiento para el sistema, se da paso a la siguiente fase del modelo en V. La fase de análisis del sistema permitió establecer y representar el funcionamiento del sistema de una forma estructurada. A continuación, se menciona algunos conceptos que se deben considerar en esta fase.

#### 4.1.3.1. Propósito y ámbito del sistema

Se propuso el desarrollo de un sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino de forma inalámbrica usando una red de sensores. Este sistema para la toma de datos utilizó dispositivos electrónicos capaces de realizar las mediciones sobre la localización y temperatura corporal de las reses y mediante una aplicación informática permitir al usuario acceder a la información recopilada y almacenada, con la finalidad de conocer algún tipo de suceso o anomalía en cuanto al estado de los bovinos, este sistema busca ser una herramienta de apoyo para los productores ganaderos.

#### 4.1.3.2. Descripción general del funcionamiento del sistema

El funcionamiento de la alternativa tecnológica planteada para el monitoreo del ganado bovino, consistió en la colocación de un nodo sensor encargado de realizar las mediciones sobre la localización y temperatura corporal de los bovinos, este dispositivo electrónico usa la tecnología de comunicación Zigbee y va colocado en el bovino a manera de collar, el modelo del producto final se representa en la siguiente imagen.



*Figura 20.* Dispositivo electrónico para monitoreo adaptado en collar.

Recuperado de <http://agroelectronica.inta.gob.ar>

El dispositivo electrónico se encuentra protegido por una carcasa plástica, además por cuestiones de seguridad el nodo coordinador realiza una detección constante de los nodos sensores y así detectar si los dispositivos se encuentran activos y funcionales, esta función permite que el nodo coordinador detecte algún incidente y este a su vez envíe un mensaje SMS de alerta al teléfono móvil del administrador y/o trabajador y de igual manera se notifica la alerta en la aplicación informática del sistema propuesto para el monitoreo de ganado. El dispositivo electrónico se conecta mediante la banda de 2.4 Ghz al nodo coordinador, únicamente en el lapso de tiempo establecido enviando la medición sobre la temperatura corporal y la localización del bovino confirmando su estado. Por su parte, el nodo coordinador hace él envío de la información recolectada a una base de datos y también se encarga de enviar las alertas por medio de un mensaje al usuario final, ambas funciones las realiza haciendo uso de uso de la red de telefonía celular por medio de un módulo de comunicación GSM. De esta manera el usuario se mantiene informado sobre la localización y el estado de su ganado y poder tomar decisiones inmediatas al presentarse alguna anomalía con uno o varios animales.

#### **4.1.3.3. Características de sistema de monitoreo**

El desarrollo de un sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino de forma inalámbrica usando una red de sensores, también debe considerar determinadas especificaciones, restricciones y riesgos que abarca el desarrollo de un sistema de este tipo.

### **a) Especificaciones**

- Los dispositivos sensores de la red deben medir la localización y temperatura corporal de los bovinos con un margen de error aceptable en las pruebas.
- Los dispositivos sensores de la red deben realizar la estimación de la temperatura corporal del bovino de forma no invasiva.
- Los dispositivos sensores de la red deben proporcionar los datos de la localización y temperatura corporal de los bovinos en el momento de la toma de medidas.
- Se diseñó un dispositivo con un tamaño inferior a 8 x 5 centímetros y un peso no superior a 100 gramos, obteniendo un dispositivo de tamaño adaptable para usarse como collar.
- Como adicional, se busca que los dispositivos que conforman la red sean de costo asequible, de manera que permita la fabricación de varias unidades para el monitoreo de los bovinos.

### **b) Restricciones**

- Es un sistema limitado a una zona específica, por el hecho de que la red de sensores se basa en el protocolo de comunicación Zigbee y de igual manera la cobertura está definida por las características técnicas de los transmisores inalámbricos.
- La red de sensores inalámbricos tiene una estructura bien definida, que dispone de al menos un nodo coordinador que permita el sensado de los nodos finales, mismos que realizan la toma de datos de cada bovino monitoreado, los nodos coordinadores cuentan con la característica de no ser estáticos y pueden ser colocados estratégicamente en el rebaño a monitorear.
- Para la puesta en marcha de la red de sensores, se debe realizar inicialmente una configuración de los dispositivos electrónicos, para su posterior uso en el collar.
- El prototipo electrónico funciona mientras las baterías estén activas, una vez culminada la carga de la batería, se puede recurrir a la recarga de la misma.

### **c) Riesgos**

- Puede existir ruptura del dispositivo por parte de los mismos animales.

- Dadas las condiciones climáticas y que los prototipos se encontraran a la intemperie, puede sufrir algún tipo de daño por humedad.
- El tiempo de duración de las baterías en cada dispositivo, depende del consumo energético de los prototipos electrónicos.
- Los dispositivos de la red tanto nodos sensores como nodos coordinadores, pueden estar propensos a robos por personas externas.

#### 4.1.3.4. Estructura del sistema

Para poder cumplir con los requisitos planteados en el sistema, se especificó una estructura que presenta de manera clara el funcionamiento del sistema desde la recolección y el envío de la información desde el rebaño a monitorear hasta el usuario final. En la Figura 21 se muestra el funcionamiento de la solución tecnológica planteada.

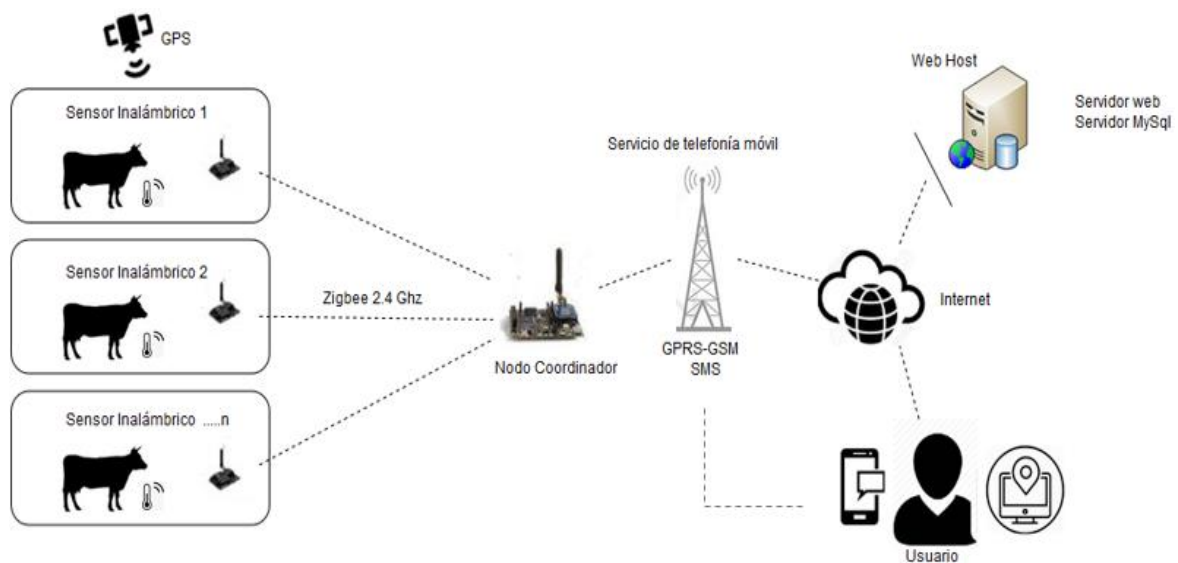


Figura 21. Modelo de la estructura del sistema propuesto.

El sistema dispone para la toma de datos de prototipos electrónicos encargados de realizar las mediciones sobre la localización y temperatura corporal de los bovinos, los prototipos electrónicos cumplen con la función de nodos sensores y van colocados a manera de collar a cada bovino a monitorear, estos deben ir alojados en una carcasa que proteja al dispositivo electrónico de condiciones climáticas o de daños exteriores como posibles rupturas debido al contacto con los animales.

Los datos obtenidos por los denominados nodos sensores se envían al nodo coordinador, dicho dispositivo coordinador debe estar ubicado en un lugar estratégico dentro del perímetro de pastoreo del ganado, para que el perímetro de pastoreo esté dentro de la cobertura del nodo coordinador. El dispositivo coordinador cumple con la función de recolectar los datos de los dispositivos terminales y enviarlos a una base de datos a un web host a través de la red de telefonía celular, de igual manera se recurre al uso de la red celular por hacer posible la generación de alarmas, las mismas que son enviadas a los usuarios del sistema dando una advertencia en su dispositivo móvil sobre algún suceso ocurrido en el rebaño. Los datos que sean enviados satisfactoriamente a la base de datos principal, son almacenados en un histórico de datos que va a contener la información sobre la posición y la medición de la temperatura corporal de los bovinos, finalmente mediante el uso de la aplicación informática el o los usuarios pueden acceder a la información recopilada y almacenada en la base de datos y realizar búsquedas sobre información que pueda ser de interés, así como el ingreso, actualización o eliminación de información adicional sobre los bovinos, información que es importante almacenar a modo de registros en la misma base de datos empleada en el sistema.

#### **4.1.3.5. Arquitectura en capas del sistema**

En la Figura 22 se puede apreciar la arquitectura básica del sistema para su funcionamiento, en este esquema se evidencia la existencia de tres capas o subdivisiones esenciales: la infraestructura WSN, el servicio de web hosting responsable del almacenamiento de datos y finalmente la aplicación informática web que permite al usuario visualizar el estado del rebaño que se encuentra en monitoreo por parte del sistema. Con esta infraestructura se establece que solo las funciones que son críticamente necesarias para la recopilación de datos sean llevadas a cabo por la red WSN, dejando el procesamiento y el almacenamiento de la data en el servicio de hosting y finalmente mediante la aplicación informática el usuario poder acceder a la información y poder visualizar el último estado del sistema y de los nodos de la red, así mismo poder consultar información histórica que se haya guardado e interactuar con el sistema. En la Figura 22 se presenta los tres componentes principales mencionados anteriormente, así como sus subcomponentes.

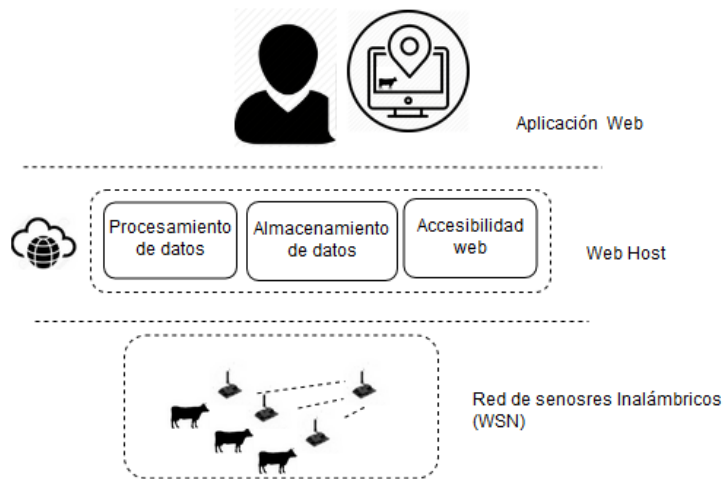


Figura 22. Modelo de la arquitectura en capas del sistema propuesto

#### 4.1.3.6. Diseño topología de red inalámbrica

Existen varias topologías que pueden ser usadas para implementar una red WSN, tales como: estrella, malla, árbol. La topología determina la configuración de los componentes (hardware) y como los datos van a ser transmitidos, para el presente trabajo se optó por usar la topología de red en estrella, debido a que todos los dispositivos se comunican a través de un dispositivo coordinador, que al activarse selecciona un identificador de red único dentro de su alcance de radio y establece la red en su totalidad, a continuación se ilustra el diseño de la topología.

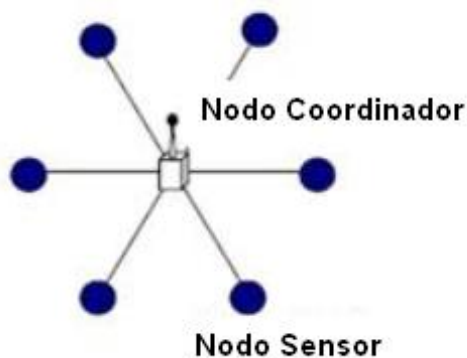


Figura 23. Topología en estrella para la red de sensores inalámbricos

Al tener la red una topología tipo estrella, se determina ciertas características en cada uno de sus elementos, a continuación se describen las funciones principales para cada uno;

- Nodo Coordinador: Obligatorio tener un (único) nodo coordinador en la red, encargado de inicializar la red y hacer función de gateway, selecciona el canal y el pan id y puede permitir que otros nodos participen, no puede entrar en estado sleep.
- Nodo Final (Sensor): Debe unirse a la red WSN antes de recibir o transmitir datos, no puede permitir que otros dispositivos se unan a la red, no puede encaminar datos, puede entrar en estado sleep.

#### **4.1.3.7. Diseño del modelo de direccionamiento**

Cada nodo en una red debe tener una dirección que lo identifique, en una red de sensores inalámbricos basada en dispositivos XBee existen dos posibilidades de direccionamiento;

- a) La primera consiste en un número de serie de 64 bits que es único en el mundo similar a una dirección MAC en una tarjeta de red. El valor de 64 bits está compuesto por los parámetros Serial Number High (SH) y Serial Number Low (SL), que vienen impresas en los módulos. El valor SH es generalmente el mismo para todos los módulos XBee (0013A200) e identifica los módulos de Digi. La dirección 000000000000FFFF está reservada para mandar un mensaje de broadcast.
- b) La segunda es mediante una cadena de texto o un nombre único humanamente más entendible que se asigna a cada nodo XBee que conforman la red. Cada red cuenta con una dirección PAN, se la conoce como dirección PAN por sus siglas en inglés que significan red de área personal esta dirección está compuesta por 16 bits. De igual manera existe la posibilidad de establecer un identificador de nodo, que es una cadena corta que permite identificar fácilmente un módulo con un nombre. Para leer o escribir el node identifier se hace a través del parámetro NI.

#### **4.1.3.8. Selección protocolos**

Los dispositivos Zigbee basan su funcionamiento en el estándar de WPAN (wireless personal area network) de baja tasa de transmisión IEEE 802.15.4, este estándar define los niveles más bajos: el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal, zigbee incluye la especificación de la norma IEEE802.15.4 y adiciona dos capas: una de especificación de red y otra para la interfaz de la aplicación.

#### **4.1.3.9. Desarrollo estrategias de seguridad**

Es importante mencionar que una red de sensores inalámbricos debe cubrir requisitos de seguridad, por tal razón ZigBee proporciona mecanismos para garantizar la confidencialidad y autenticidad de los datos enviados mediante el uso del cifrado AES, que es un algoritmo que codifica el mensaje con una cadena de bits la cual se la conoce como clave de seguridad que solamente el destinatario puede descifrar y leer el mensaje de origen. Para habilitar la seguridad AES se debe configurar los mismos parámetros con el mismo valor en todos los dispositivos que conforman la red, la clave de cifrado debe ser una cadena de 32 caracteres hexadecimales. Para usar el cifrado en la comunicación se debe habilitar los siguientes parámetros: EE (AES Encryption Enable) y KY (AES Encryption key).

#### **4.1.4. Diseño de hardware y software (Fase 3)**

La fase de diseño permite llevar a cabo la construcción de los prototipos electrónicos y el desarrollo del aplicativo informático. El diseño toma en cuenta los aspectos fundamentales para el desarrollo de los dispositivos electrónicos, dentro del diseño se toma en consideración los materiales a usarse, así como los módulos electrónicos requeridos y que son indispensables para el funcionamiento de la red. En lo referente a la aplicación de software en este apartado de diseño se seleccionan las herramientas informáticas necesarias para el desarrollo de las interfaces y la programación de las mismas.

##### **4.1.4.1. Elección de hardware y software**

###### **Elección de hardware**

**a) Selección de la unidad central.** Dentro de las plataformas de hardware libre más reconocidas se encuentran Raspberry Pi, Arduino, BeagleBoard. Estas plataformas constituyen un recurso de bajo costo y de fácil uso que permiten el desarrollo de múltiples aplicaciones relacionadas con la electrónica, con el objetivo de crear e innovar en productos tecnológicos.

Microcontrolador Atmega328p de Arduino Uno: La plataforma de desarrollo de Arduino ha crecido notablemente en los últimos años, esto se debe a su fácil manejo y costo accesible, de igual manera las contribuciones de empresas como Intel, Microsoft, Texas Instruments, entre otro, que desarrollan productos de hardware y software que se puedan adaptar esta plataforma han logrado contribuir al amplio uso de la plataforma arduino. Una de las tarjetas más usadas es la Arduino Uno cuyo hardware es abierto, cuyo microcontrolador núcleo es el ATmega328P, que es un microcontrolador fabricado por Atmel (Microchip) pertenece a la familia AVR con arquitectura de 8 bits, brinda un alto desempeño, bajo consumo y esta optimizado para compiladores C.

La Tabla 8 detalla las especificaciones técnicas más significativas del microcontrolador.

**Tabla 8.** Especificaciones técnicas del ATmega328P.

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>
Voltaje de alimentación	2.7 a 5.5 VDC
Temperatura de operación	-40°C hasta 125°C
Arquitectura de CPU	8 bit AVR
Memoria RAM	2 KB
Memoria FLASH	32 KB
Memoria EEPROM	2 KB
Frecuencia de operación	20 Mhz
Pines de Entrada/ Salida	23
Canales ADC	10
Interfaces de comunicación	UART, TWI, SPI.
Timers/comparadores/contadores	3
Canales PWM	6
Ciclos de borrado/escritura en memoria flash	10,000
Ciclos de borrado/escritura en memoria EEPROM	100,000

Fuente: Ficha técnica disponible en [datasheetspdf.com](https://datasheetspdf.com)

El microcontrolador ATmega328P se ha empleado en placas de desarrollo de Arduino, para que los desarrolladores tanto iniciales como experimentados puedan utilizarlos de forma flexible y cómoda.

Arduino Uno es una placa electrónica que basa su funcionamiento en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (6 de los cuales se pueden usar con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, un puerto de conexión USB, toma de corriente tipo Jack, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio. Tiene toda la electrónica necesaria para el funcionamiento del microcontrolador. (Arduino, 2018)



*Figura 24.* Microcontrolador ATmega328P en placa arduino uno.  
Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/uno-r3/>

Arduino Nano es una placa electrónica que basa su funcionamiento en el microcontrolador ATmega328P, es compatible para ser usada en protoboards. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (6 de los cuales se pueden usar con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, dispone de conexión Mini-USB, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio. En términos de potencia y conectividad es semejante a la placa arduino UNO. (Arduino, 2018).



*Figura 25.* Microcontrolador ATmega328P en placa arduino nano.  
Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/nano-v3/>

**b) Selección del transmisor receptor RF.** Para el desarrollo del sistema se seleccionó un módulo Transceiver (transmisor/receptor) de radiofrecuencia, frecuencia de operación de 2.4 GHz y que soporte Zigbee, el receptor XBee S2C permite una fácil conexión y comunicación con el microcontrolador seleccionado para este proyecto.

XBee S2C Zigbee: El XBee S2C es un módulo de RF (radio frecuencia) diseñado para la comunicación inalámbrica o el intercambio de datos y funciona en protocolos de comunicación ZigBee, es un módulo de bajo costo diseñado por "DiGi", trabaja con una frecuencia de 2.4Ghz y utiliza el protocolo de red llamado IEEE 802.15.4 para crear redes de conexión punto a punto, punto a multipunto, broadcast y mesh, la nueva serie 2C presenta mejoras en la salida de potencia y el protocolo de datos en los módulos de este tipo. El módulo de la serie 2C permite crear tipos de redes de malla compleja basada en el firmware de malla ZB ZigBee logrando comunicaciones confiables y simples entre microcontroladores. Los módulos RF XBee 802.15.4 son ideales para aplicaciones que requieren baja latencia y tiempo de comunicación predecibles, proporcionan comunicación rápida, robusta en las distintas configuraciones.



*Figura 26.* Presentación del módulo XBee S2C.

Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/xbee-2mw-wire-antenna/>

A continuación se detalla las especificaciones técnicas más significativas del módulo.

**Tabla 9.** Especificaciones técnicas del módulo XBee S2C

Ítem	Descripción
Frecuencia de trabajo	2.4 GHz
Velocidad de datos (máx)	250 kbps
Rango de alcance	90m (Interiores), hasta 1200 metros (exteriores)

Sensibilidad	-96 dBm
Voltaje de la fuente	2.7 V - 3.6 V
Corriente – Recepción	31 mA
Corriente – Transmisión	120 mA
Interfaz de comunicación	SPI, UART
Capacidad de memoria	32kB Flash, 2kB RAM
Tipo de montaje	Through Hole
Temperatura de operación	-40°C - 85°C
Conjunto de comandos	AT, API
Pines disponibles	10 pines I/O, 4 entradas analógicas

Fuente: Ficha técnica disponible en digi.com

- c) **Selección del receptor GPS.** Para el desarrollo del sistema se seleccionó el receptor GPS modelo NEO-6M que permite una fácil conexión y comunicación con el microcontrolador seleccionado para este proyecto.

Módulo GPS NEO-6M: Módulo GPS basado familia de receptores de u-blox NEO-6M con eeprom incluido e incluye antena externa que suprime las interferencias y permite encontrar satélites al instante, posee un bajo consumo de energía y es accesible a bajos costos. Estos receptores combinan un alto nivel de capacidad de integración con opciones de conectividad flexibles en un pequeño dispositivo, y por tanto son adecuados para productos electrónicos finales. Todos los módulos NEO-6M se fabrican en sitios certificados ISO / TS 16949, son módulos empleados en proyectos de electrónica y pueden ser conectados con facilidad a un microcontrolador o procesador.



*Figura 27. Módulo GPS NEO 6M.*

Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/modulo-gps-neo-6m/>

A continuación se detalla las especificaciones técnicas más significativas del módulo.

**Tabla 10.** Especificaciones técnicas del módulo NEO 6M

Ítem	Descripción
Alimentación	2.7-3.6 V
Interfaces de comunicación	UART, USB, SPI, DDC
Sensibilidad	-147 dBm a -156 dBm
Precisión de posición horizontal	2.5m
Protocolos	NMEA, UBX, RTCM
Velocidad de comunicación	9600 Baudrate
Tamaño del módulo	25mm x 35mm
Tamaño de la antena	25mm x 25mm
Temperatura de operación	-40°C - 85°C
Corriente de operación	45mA

Fuente: Ficha técnica disponible en [u-blox.com](http://u-blox.com)

- d) Selección de sensores.** Para el desarrollo del sistema se opta por utilizar el sensor LM35, considerando sus ventajas al usarse este sensor de costo relativamente bajo, con la finalidad de detectar magnitudes físicas y transformarlas en variables eléctricas.

Sensor de temperatura LM35: El LM35 es un circuito electrónico sensor que puede medir temperatura con una precisión calibrada de 1 °C. Su rango de medición abarca desde -55 °C hasta 150 °C. Este sensor no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente, este sensor está calibrado directamente en grados centígrados y genera un voltaje de 10 mV por cada grado centígrado medido. La baja impedancia de salida, la salida lineal y la calibración precisa hacen posible la integración de lm35 en circuitos electrónicos. Es uno de los componentes más utilizados para medir cambios térmicos del cuerpo humano, los objetos o el entorno.



*Figura 28.* Sensor de temperatura LM35.

Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/sensor-temperatura-lm35dz/>

A continuación se detalla las especificaciones técnicas más significativas del sensor.

**Tabla 11.** Especificaciones del sensor LM35

Ítem	Descripción
Alimentación	4-30 V
Precisión garantizada	0.5°C a 25°C.
Rango de medición	-55° a +150°C
Baja impedancia de salida	0,1Ω para 1mA.
Corriente de alimentación	60μA.
Pines	3 pines, GND, VCC y VSalida.
Encapsulado	TO-92.
Bajo auto calentamiento	0.08 °C con aire en reposo

Fuente: Ficha técnica disponible en [datasheetspdf.com](https://datasheetspdf.com)

- e) **Selección del módulo de telefonía celular.** Para el desarrollo del sistema se seleccionó el módulo GSM SIM800L debido a la facilidad de conexión y comunicación con el microcontrolador seleccionado para este proyecto.

Módulo GSM SIM800L: El módulo SIM800L es un dispositivo quad-band GSM/GPRS, este módulo de telefonía celular de SIMCOM permite añadir voz, texto, datos y SMS a un determinado proyecto electrónico, para su uso requiere de un microcontrolador con interface UART puede enviar y recibir comandos a través de los pines tx-rx, funciona mediante comandos AT y así poder controlar el módulo GSM, también es necesario el uso de un chip SIM.



Figura 29. Módulo GSM SIM800L.

Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/mini-modulo-sim800l-gprs-gsm-v2/>

A continuación se detalla las especificaciones técnicas más significativas del módulo.

**Tabla 12.** Especificaciones técnicas del módulo GSM SIM800L

Ítem	Descripción
Alimentación	3.4V ~ 4.4V DC
Interfaces de comunicación	UART
Bandas	850/900/1800/1900MHz
Envío y recepción de datos	GPRS (TCP/IP, HTTP, etc)
Comandos	AT Commands
Reloj en tiempo real	RTC
Envío y recepción de mensajes SMS	SI
Envío y recepción de llamadas	SI
Velocidades de transmisión serial	1200bps hasta 115200bps
Rango de temperatura	-40°C ~ +85°C
Datos GPRS	Tranferencia de datos: max 85.6kbps
Antena	Tipo PAD

Fuente: Ficha técnica disponible en [datasheetspdf.com](https://datasheetspdf.com)

- f) **Selección del módulo de configuración.** Para la configuración de los módulos Xbee S2C, se seleccionó el módulo XBee Explorer debido a la facilidad de conexión y comunicación con los módulos de Xbee de Digi.

XBee Explorer USB: Este dispositivo permite conectar y usar directamente cualquier módulo XBee a través del puerto USB. Este tipo de módulo es compatible con todos los módulos XBee, incluyendo la Serie 1 y la Serie 2, versiones estándar y Pro. Esta placa tiene un convertidor USB a serie integrado, razón por la cual permite convertir o traducir los datos que se comparten entre la computadora y el módulo XBee.



*Figura 30.* XBee Explorer USB.

Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/xbee-usb-adapter/>

- g) **Selección de la fuente de alimentación.** Para la alimentación a los dispositivos de la red, se optó por usar una pila recargable de tipo NiMH, debido a la facilidad de recarga y por su pequeño tamaño.

Pila recargable GP 170mAh: Batería GP recargable de tipo níquel-metal hidruro (NiMH), es un tipo de batería potente y adecuada para una amplia gama de aplicaciones, permiten un elevado número de recargas y son recomendadas para la alimentación de toda clase de dispositivos electrónicos de bajo consumo energético, tiene un voltaje nominal de 8.4 voltios, una capacidad de corriente de 170mAh y tiene un peso de 32g.



*Figura 31.* Batería recargable GP 170mAh

Recuperado de <https://avelectronics.cc/producto/bateria-gp-greencell-9v/>

## Elección de software

- a) **El entorno de desarrollo integrado.** También conocido como IDE, es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Es posible que un mismo IDE pueda funcionar con varios lenguajes de programación, el IDE es un entorno que viene generalmente ya empaquetado como una aplicación final, una aplicación que puede disponer de varias herramientas como; el editor de código, un compilador, un depurador y la interfaz gráfica misma.

Editor Atom: Atom es un editor de código de uso gratuito para macOS, Linux y Windows, con soporte de plug in. El entorno de desarrollo de Atom es una aplicación de escritorio creada con tecnología web, la mayoría de los paquetes de software tienen licencias de software gratuitas y son creados y mantenidos por su comunidad. Atom es compatible la mayoría de lenguajes de programación: HTML, CSS, C, C++, C#, Java, Javascript, Python, PHP, Ruby, Perl, XML, JSON, SQL, etc.

Arduino Software (IDE): El entorno de desarrollo (IDE) de arduino software es un entorno de programación de código abierto que permite una fácil escritura de código y brinda una amplia variedad de librerías para facilitar la programación, se ejecuta en sistemas operativos como Windows, Mac OS y Linux, el entorno está escrito en Java y el código fuente para el IDE se encuentra publicado bajo la licencia GNU, el IDE de Arduino se puede considerar como un editor de texto y compilador que permite programar y transferir de manera simple el conjunto de instrucciones a las placas de arduino en su lenguaje máquina, admite los lenguajes C y C ++.

- b) **Etapa de Almacenamiento.** Para el proceso de almacenamiento, el proyecto requiere de una base de datos que se encargue de almacenar los datos transmitidos por medio del dispositivo coordinador que se encuentra en la estructura de la red de sensores inalámbricos (WSN), los datos que se deben almacenar en la base de datos corresponden a las coordenadas GPS, la temperatura, el identificador del dispositivo y se requiere también de un campo para almacenar el estado o condición de cada sensor indicando si está activo o inactivo, por tanto se empleó una base de datos tipo MySQL.

PhpMyAdmin: Se trata de una herramienta escrita en PHP, diseñada para gestionar la gestión de MySQL a través de una página web a través de un navegador web, y de esta manera gestionar una base de datos de una manera visual y muy intuitiva. Entre las principales funcionalidades que ofrece phpMyAdmin se tiene la creación bases de datos; crear, eliminar y cambiar tablas; agregar, editar y eliminar campos; ejecutar cualquier declaración SQL; administrar claves en campos; administrar privilegios; exportar datos en varios formatos, entre otras. PhpMyAdmin es una herramienta que ofrece un panel de control cPanel para alojamientos web de tipo Host.

- c) **Etapa de Monitoreo.** Para esta etapa se empleó el servicio de un hosting web que disponga de MySQL como gestor de bases de datos, y así mismo que permita alojar todos los archivos que se encarguen del procesamiento y visualización de la información a ser presentada en la aplicación informática por medio de internet, por tanto se empleó el alojamiento web ofrecido por 000webhost.

Hosting Web: 000webhost es un servicio de alojamiento web gratuito que le permite configurar un sitio web con su propio cPanel, PHP y MySQL, de igual manera funciona como un host de pago, actualmente en este hosting web se puede instalar WordPress, conectarse a través de FTP y dispone de las funciones elementales para una aplicación informática básica, las características que ofrece 000webhost en su hosting gratuito son: 1 GB de almacenamiento de archivos, 10 GB de ancho de banda, hosting para 2 sitios web, soporte de PHP y MySQL, Soporte FTP y un autoinstalador de aplicaciones como WordPress.

#### **4.1.4.2. Diseño de hardware**

Para el proceso de diseño de hardware para la red de sensores, se requiere el uso de un software para diseñar y simular circuitos electrónicos. Para este proyecto se recurrió al uso del software Proteus Design Suite un software desarrollado por Labcenter Electronics Ltd, este software es ampliamente usado para la simulación de distintos tipos de diseños electrónicos relacionados con microcontroladores, la denominación de Suite se atribuye a que es un software que se compone de cuatro elementos integrados que son;

- Módulo ISIS: Es una herramienta encargada de realizar modelos esquemáticos de circuitos electrónicos.
- Módulo ARES: Su función es la fabricación de las placas de circuito impreso o denominada en inglés como PCB.
- PROSPICE: Es una herramienta encargada de simular circuitos electrónicos.
- VSM: Es una herramienta que permite simular el comportamiento de PIC, AVR y otras series de micro controladores.

### a) Diagrama de bloques de nodo sensor

Nodos sensores: El diagrama de bloques que se presenta a continuación es la representación gráfica del funcionamiento de los nodos sensores de la red inalámbrica propuesta, los nodos sensores haciendo uso de sus capacidades de hardware y software hacen posible las siguientes funciones: recolección de información, comunicación inalámbrica, procesamiento de la información y la disposición de una fuente de alimentación.

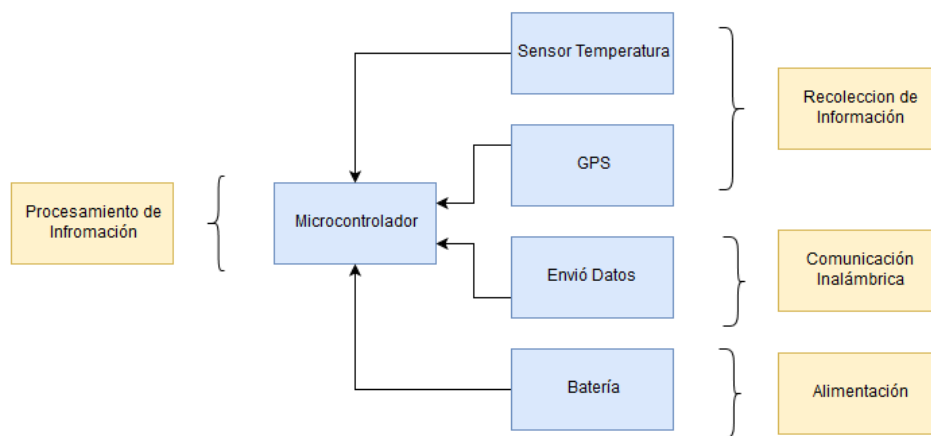


Figura 32. Esquema en bloques del nodo sensor.

El diagrama de bloques permite representar los elementos que conforman al nodo sensor, destacando el tipo de hardware y cómo este se conecta entre sí, a continuación una breve descripción: el bloque de sensor posee un sensor de temperatura que es el encargado de determinar la temperatura corporal del bovino, esta tarea la cumple el sensor LM35, el bloque del GPS es el encargado de determinar la posición del bovino en un predio, esta tarea la cumple el módulo GPS NEO-6M, el bloque del micro controlador cumple con la operación de coordinar la recogida de datos de los sensores, así como habilitar sus puertos para la comunicación con

los dispositivos conectados a este, la tarea de procesamiento la realiza el microcontrolador ATmega328P, el bloque de envío de datos es el encargado de la transmisión de los datos recolectados por los sensores de forma inalámbrica al nodo coordinador, esta tarea la cumple el módulo Xbee S2C y el bloque de batería es el encargado de proporcionar la corriente necesaria para la alimentación de los dispositivos del nodo sensor.

Diseño de nodo sensor: Como etapa inicial en el diseño del hardware, se debe realizar el diagrama electrónico o esquema electrónico, que es una representación gráfica de un circuito eléctrico. Los modelos del módulo Xbee y del módulo GPS para la simulación en Proteus son adaptados de [www.TheEngineeringProjects.com](http://www.TheEngineeringProjects.com).

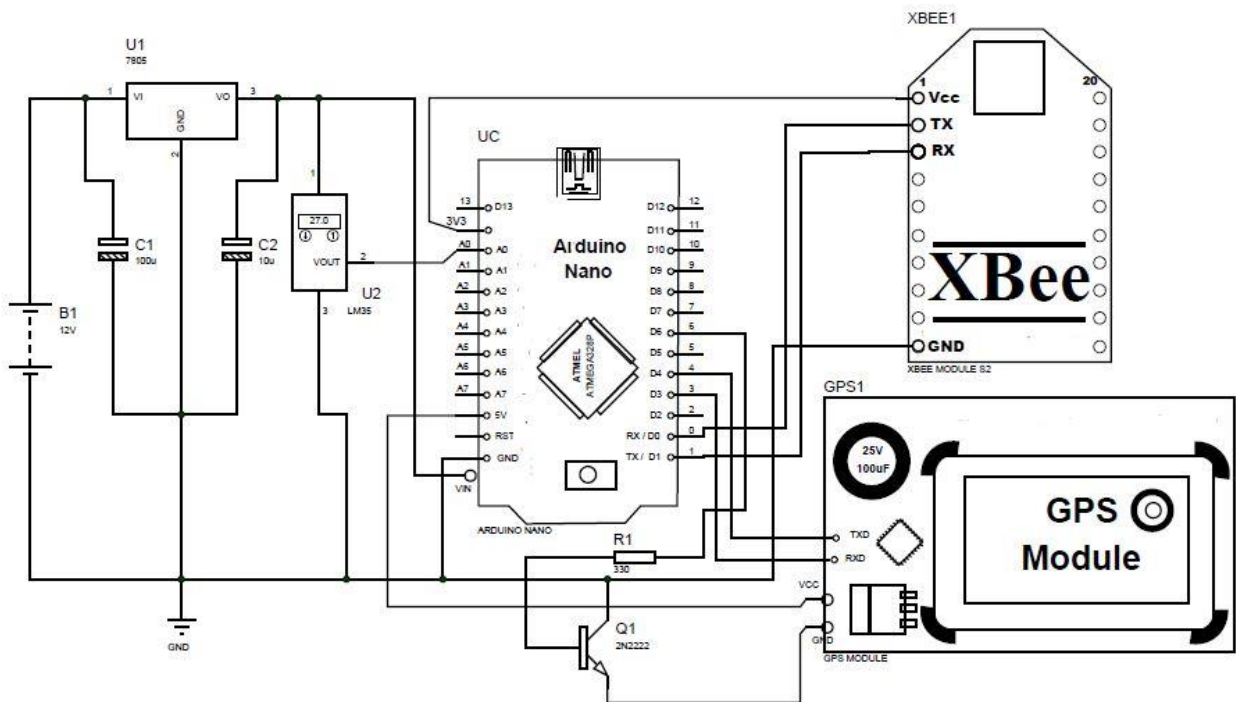


Figura 33. Diagrama electrónico del nodo sensor diseñado en Isis Proteus.

Una vez realizado el diagrama electrónico en el módulo ISIS de Proteus, se procedió a la realización del diseño en el entorno gráfico del módulo ARES de Proteus que es una herramienta dedicada al diseño para la realización de placas de circuito impreso (PCB).

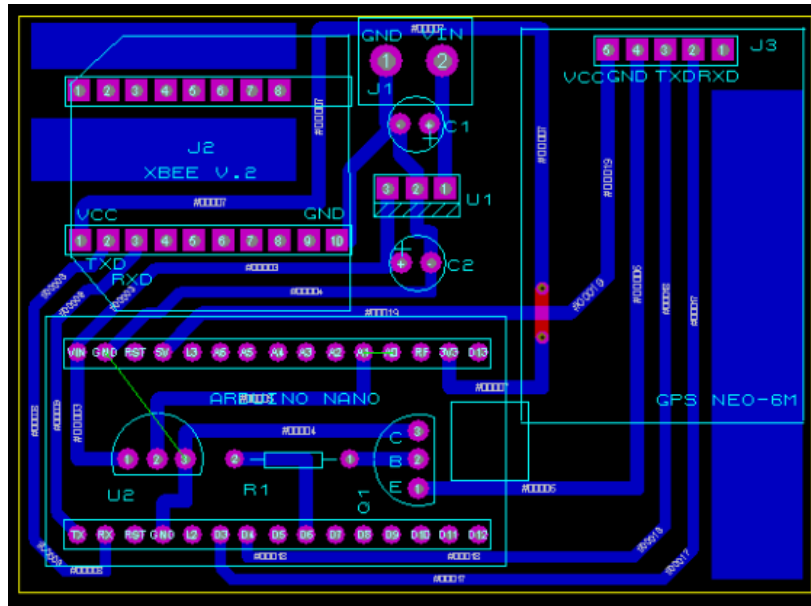


Figura 34. Diseño electrónico del nodo sensor realizado en Ares Proteus.

### b) Diagrama de bloques de nodo coordinador

Nodo coordinador: El diagrama de bloques que se presenta a continuación es la representación gráfica del funcionamiento del nodo coordinador de la red inalámbrica propuesta, el nodo coordinador haciendo uso de sus capacidades de hardware y software cumple con las siguientes funciones: transmisión de información, comunicación inalámbrica, procesamiento de la información y la disposición de una fuente de alimentación.

El nodo coordinador tiene idénticas características de hardware que los nodos sensores, pero se dedica exclusivamente a la recolección de información de los nodos sensores. Mediante la tecnología de comunicación Zigbee recepta toda la información proveniente de los nodos sensores de la red WSN y la transmite hacia una base de datos disponible y habilitada en el webhost mediante el servicio general de paquetes vía radio o GPRS, en periodos de tiempo administrados por la red WSN.

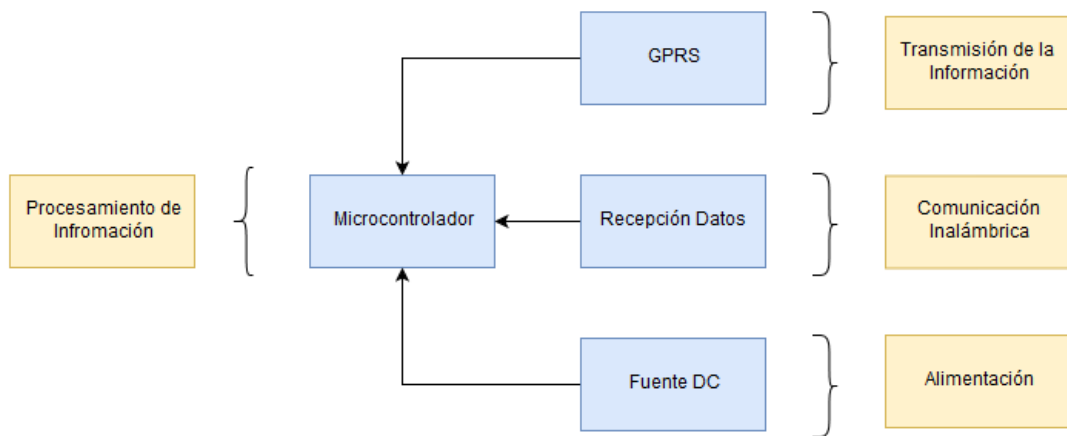


Figura 35. Esquema en bloques del nodo coordinador.

El diagrama de bloques permite representar los elementos que conforman al nodo coordinador, destacando el tipo de hardware y cómo este se conecta entre sí, a continuación una breve descripción: El bloque GPRS es el encargado de la transmisión de la información recolectada por los sensores de la red, esta tarea la cumple el módulo de comunicación SIM800L, el bloque del microcontrolador cumple con la operación de coordinar la recepción de datos de los sensores y su transmisión mediante comunicación GPRS, la tarea de procesamiento la realiza el microcontrolador ATmega328P, el bloque de recepción de datos es el encargado de recibir la transferencia de los datos recolectados por los nodos sensores hasta el nodo coordinador, esta tarea la cumple el módulo Xbee S2C y el bloque de fuente de alimentación es el encargado de proporcionar la corriente necesaria para la alimentación de los dispositivos del nodo coordinador.

Diseño de nodo coordinador: Una vez realizado el diseño del nodo sensor, se debe realizar el diagrama electrónico o esquema electrónico del nodo coordinador. Los modelos del módulo Xbee y del módulo SIM para la simulación en Proteus son adaptados de [www.TheEngineeringProjects.com](http://www.TheEngineeringProjects.com).

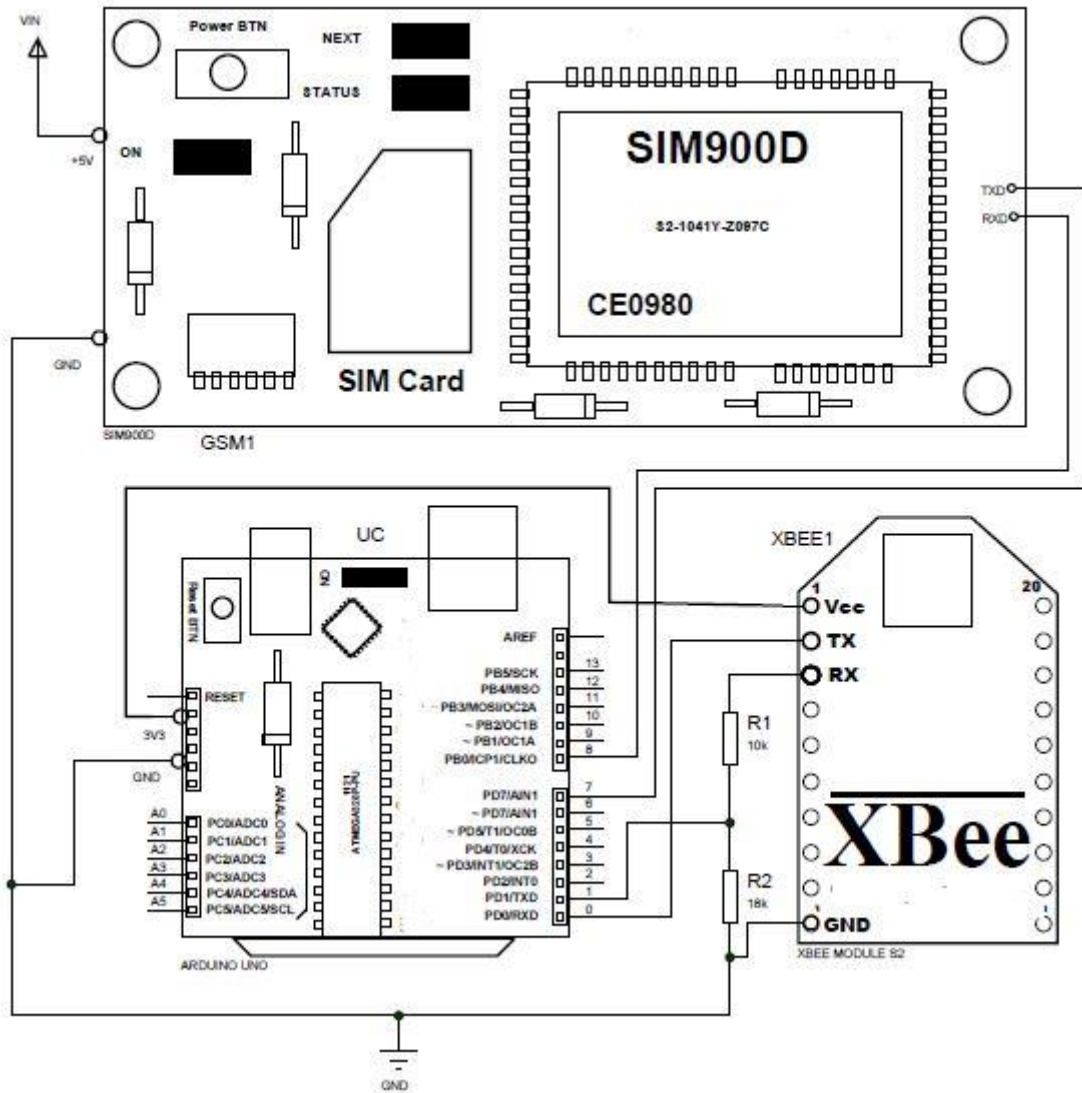


Figura 36. Diagrama electrónico del nodo coordinador diseñado en Isis Proteus.

Una vez realizado el diagrama electrónico, se procedió a la realización del diseño del nodo coordinador en el entorno gráfico del módulo ARES para la realización de su placa de circuito impreso (PCB), cabe indicar que esta placa es de tipo escudo (Shield) para ser acoplada al arduino uno.

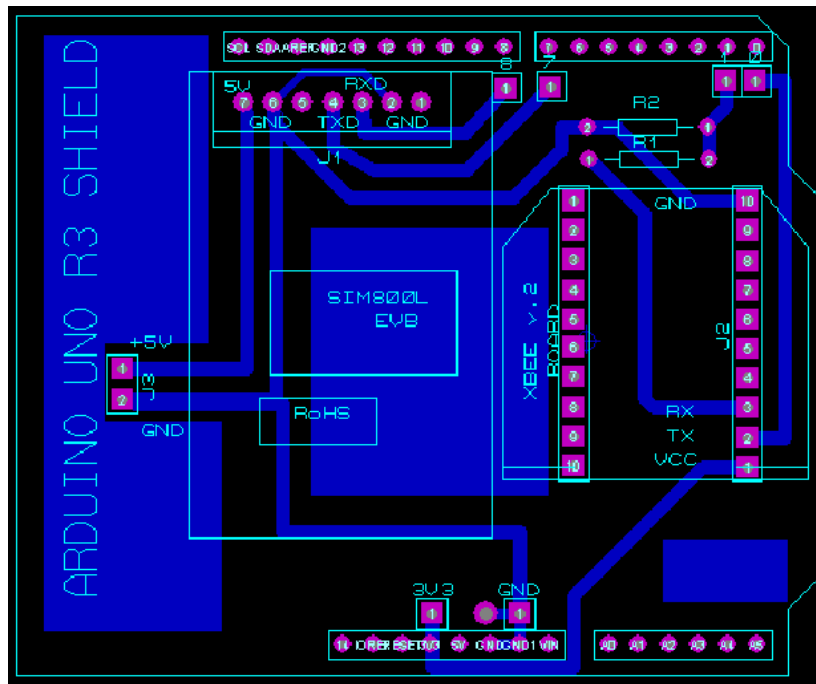


Figura 37. Diseño electrónico del nodo coordinador realizado en Ares Proteus.

#### 4.1.4.3. Diseño de software

Para este proyecto se desarrolló una aplicación web para que los usuarios puedan utilizarla accediendo a un hosting web a través de internet, la aplicación web se diseñó y programó en un lenguaje soportado por los navegadores web en la que se confía la ejecución al navegador, para la presente aplicación se consideró el uso del lenguaje de programación PHP.

**Diseño de interfaces.** Como se indicó anteriormente establecer el desarrollo de una aplicación web permite una dinámica interacción entre el usuario y el sistema, facilitando la visualización de los datos recolectados por la red de sensores inalámbricos, mismos que son almacenados en una base de datos. Al requerir el uso de una aplicación se debe establecer y diseñar interfaces de usuarios que faciliten el acceso de una forma ágil, fácil y segura a la información almacenada en el sistema.

A continuación se presenta las interfaces que se adaptaron a la aplicación web, entre ellas la interfaz de página de inicio, la interfaz de página de login, etc. Al ser una aplicación web que maneja información de tipo privado, se debe implementar una página de inicio de sesión (log in), con la finalidad de comenzar una sesión de un usuario autorizado, permitiendo así identificar al usuario frente al sistema.



Figura 38. Prototipo de página de inicio de sesión

Uno de los factores más importantes en una aplicación web es la disposición de un menú de navegación que brinda enlaces a las diferentes páginas de la aplicación, por tal motivo se consideró el diseño de un menú de navegación vertical y buscar de esta manera hacer un menú amigable y de fácil uso para el usuario.

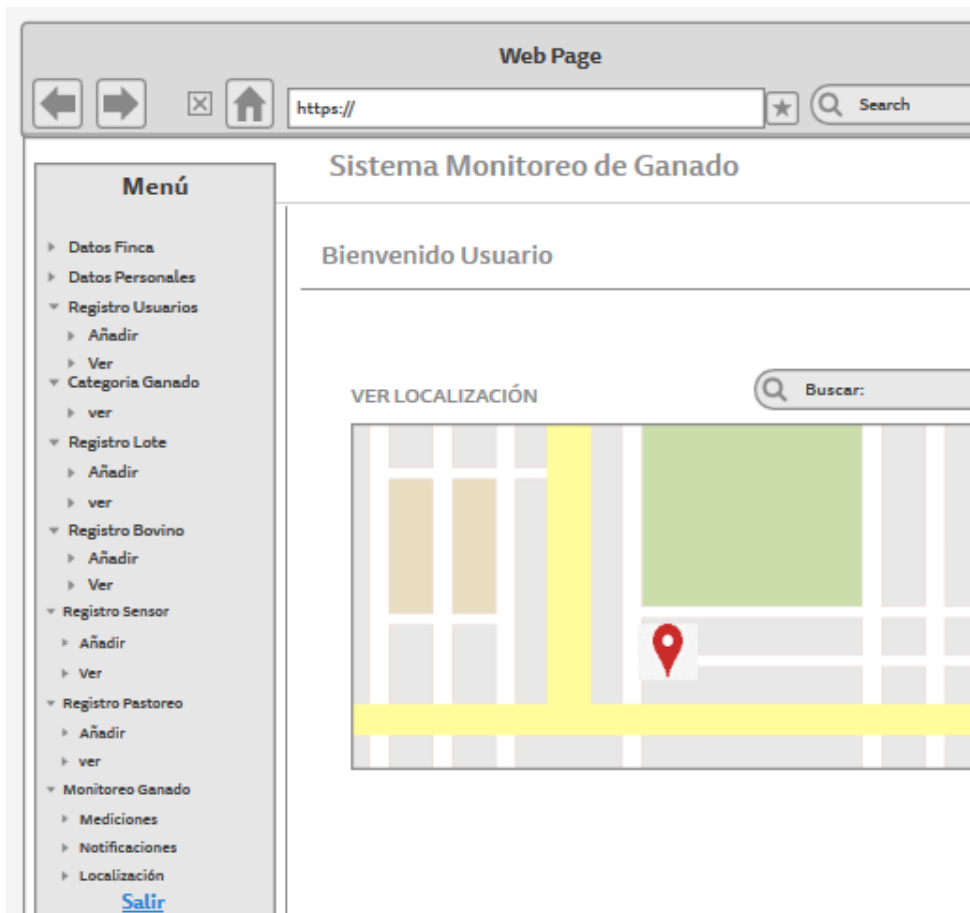


Figura 39. Prototipo del menú de la aplicación

Una de las funciones de la aplicación web es el requerimiento de ingreso de información al sistema, por tal motivo se consideró una interfaz de usuario que proporcione el espacio a los usuarios para que pueda realizar el registro de datos de interés, siendo estos datos particulares en cada registro, tal es el ejemplo de datos de usuario, datos de bovino, datos de sensor, datos de finca, etc.

Web Page

https:// Search

### Sistema Monitoreo de Ganado

#### Menú

- ▶ Datos Finca
- ▶ Datos Personales
- ▼ Registro Usuarios
  - ▶ Añadir
  - ▶ Ver
- ▼ Categoría Ganado
  - ▶ ver
- ▼ Registro Lote
  - ▶ Añadir
  - ▶ ver
- ▼ Registro Bovino
  - ▶ Añadir
  - ▶ Ver
- ▼ Registro Sensor
  - ▶ Añadir
  - ▶ Ver
- ▼ Registro Pastoreo
  - ▶ Añadir
  - ▶ ver
- ▼ Monitoreo Ganado
  - ▶ Mediciones
  - ▶ Notificaciones
  - ▶ Localización

[Salir](#)

#### Bienvenido Usuario

#### Agregar Registro

Campo 1:

Campo 2:

Campo 3:

Campo Fecha:

Campo Selección:

Figura 40. Prototipo de página de ingreso de registro

Otra de las funciones de la aplicación web es el requerimiento de editar y/o modificar información existente en el sistema, por tal motivo se consideró una interfaz de usuario que proporcione el espacio a los usuarios para que puedan realizar la modificación de datos de interés, siendo estos datos particulares en cada registro, tal es el ejemplo la modificación de datos de usuario, datos de bovino, datos de sensor, datos de finca, etc.



Figura 41. Prototipo de página de edición de registro

Para poder acceder a la información contenida en el sistema es indispensable que exista una interfaz visual que permita al usuario acceder a la información registrada y gestionada por el mismo y otros usuarios que interviene en el sistema. De igual manera debe existir la posibilidad de que la información consultada pueda ser almacenada en un reporte en un archivo de tipo digital, por tal motivo se agregó la opción de generar reportes en este tipo de interfaces.

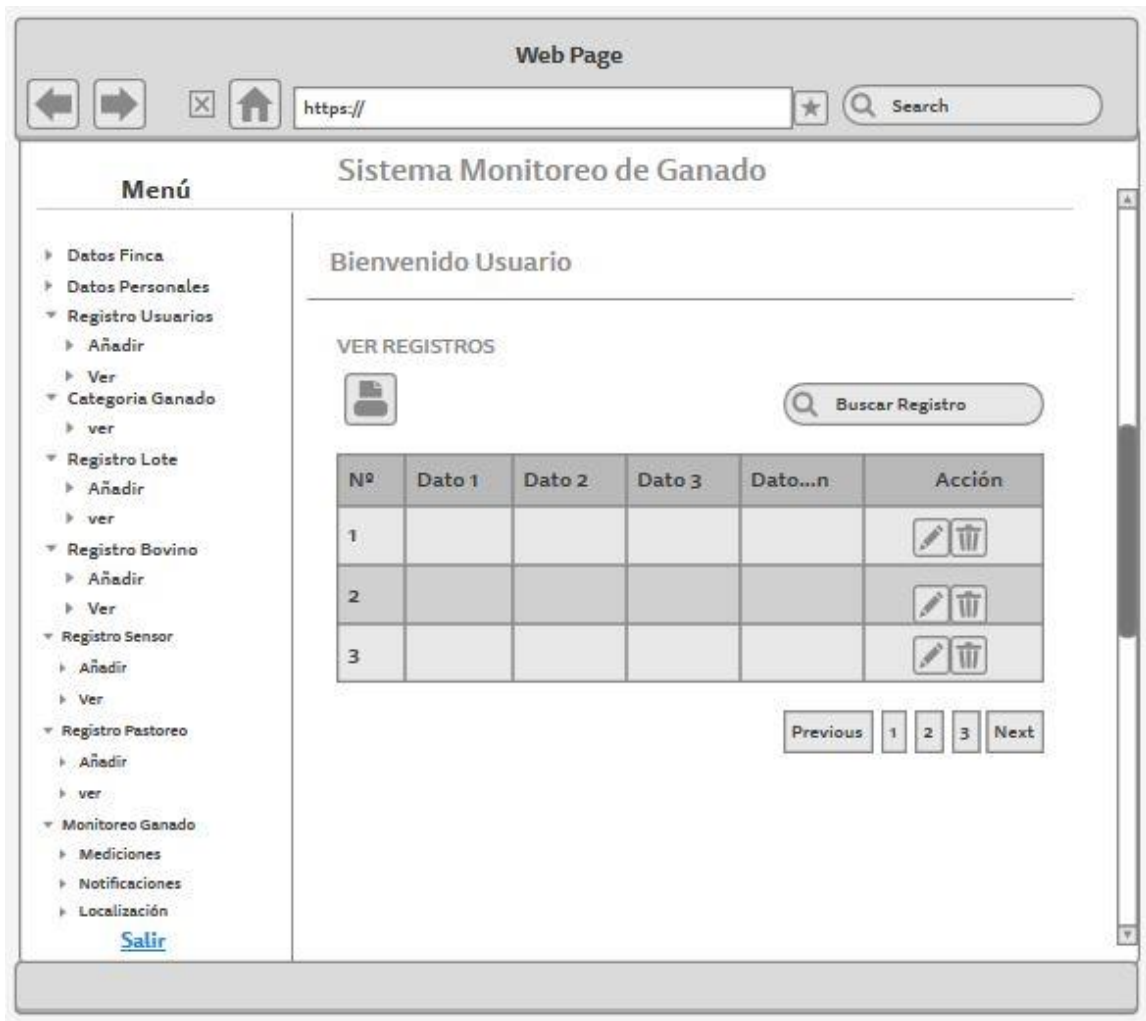


Figura 42. Prototipo de página de consulta de registro

Para poder acceder a la información almacenada en el sistema referente a los datos de temperatura es indispensable que exista una interfaz visual que permita mostrar al usuario los datos sobre la temperatura de manera comprensible, y por tanto se consideró presentar una gráfica lineal con los datos de temperatura al usuario, usando una ventana emergente simple.

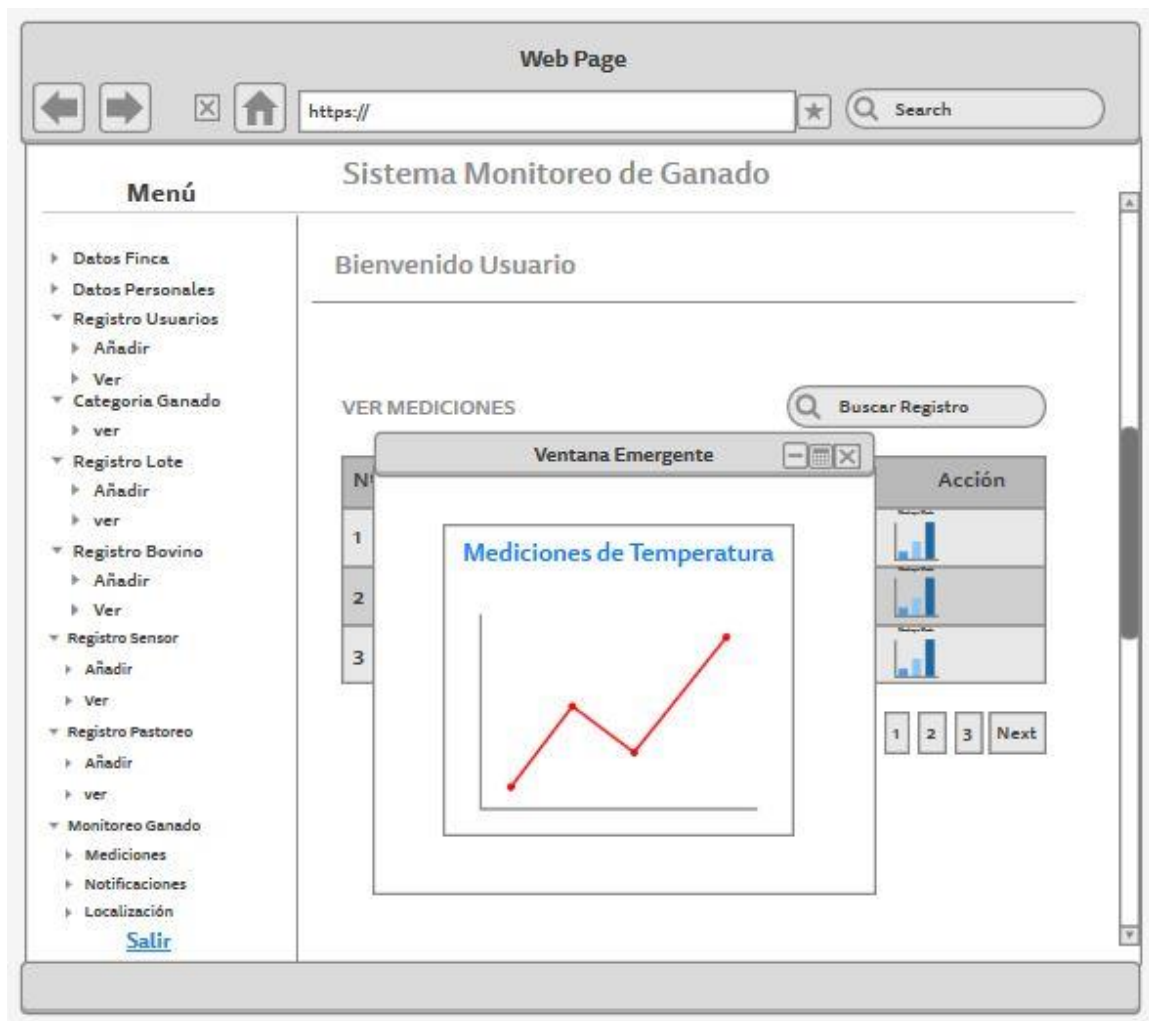


Figura 43. Prototipo de página de consulta de mediciones

La aplicación debe tener la función de gestionar alertas que se presente durante el monitoreo, es por tanto necesario una interfaz visual que permita mostrar notificaciones al usuario y otra información sobre otros atributos de interés, esta interfaz sirve como espacio para el manejo de todo tipo de alertas y eventos que acontecen durante el monitoreo de los bovinos.

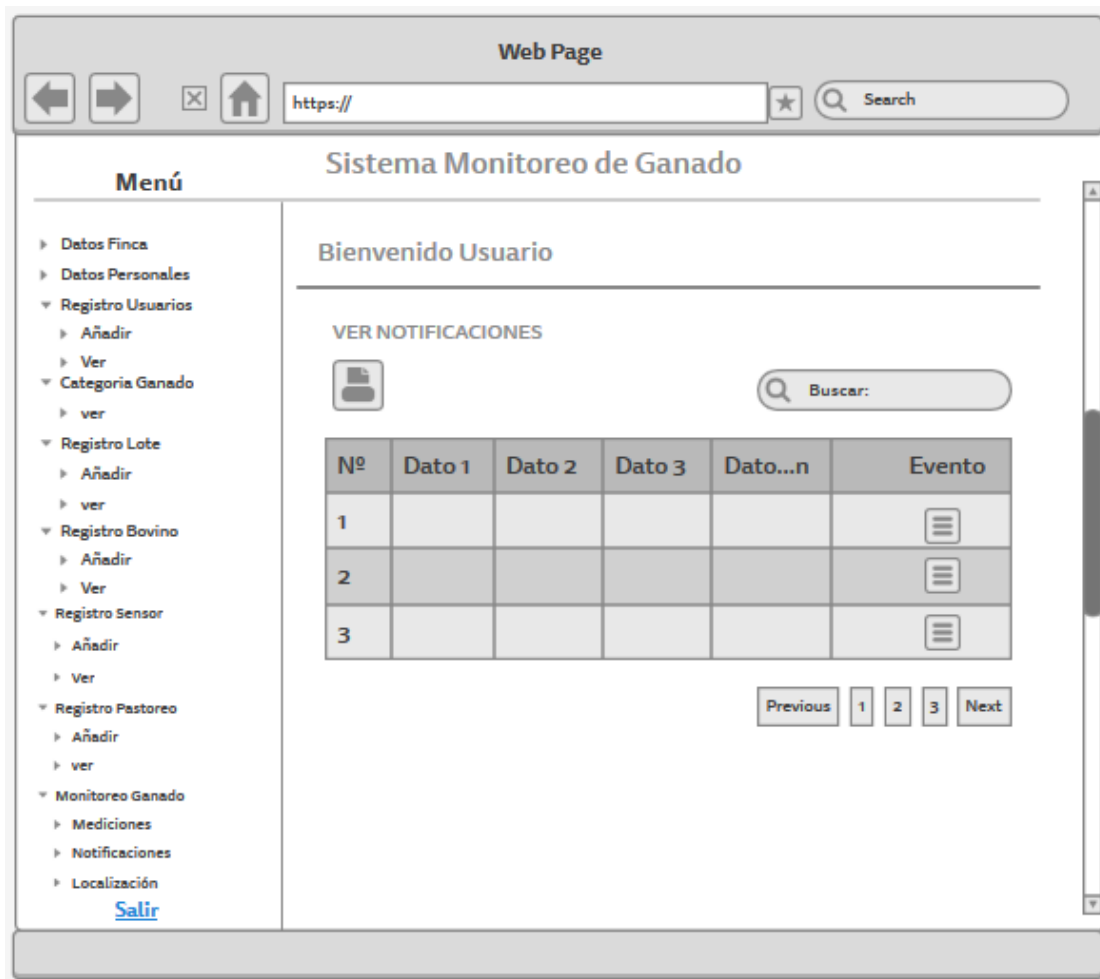


Figura 44. Prototipo de página de consulta de notificaciones

Para poder acceder a la información almacenada en el sistema referente a la localización geográfica de los animales que se encuentran en monitoreo, es indispensable que exista una interfaz visual que permita mostrar al usuario los datos sobre la localización de manera comprensible, y por tanto se consideró presentar una ventana donde se carga un mapa con vista de tipo satelital que indica a través de marcadores la localización de los bovinos.

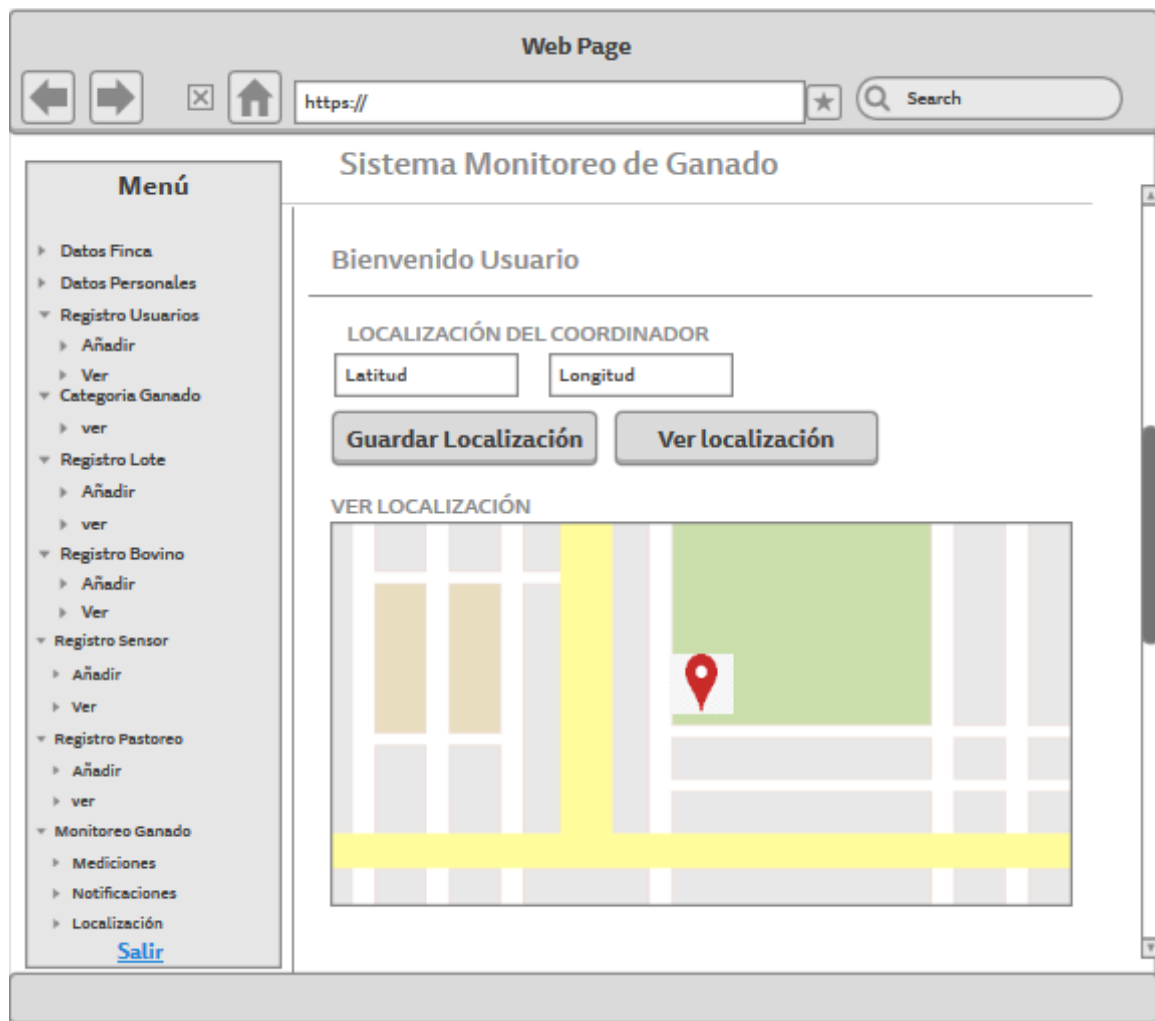


Figura 45. Prototipo de página de localización geográfica

#### 4.1.5. Codificación e implementación (Fase 4)

##### 4.1.5.1. Implementación de hardware

**Configuración de módulos.** Este proceso permite configurar el direccionamiento de red en todos los equipos que componen la red como tal. Además de seleccionar los diferentes roles de cada dispositivo y configurar el rol que va a desempeñar dentro de la red, para la configuración de los módulos XBee se utilizó el software XCTU.

X-CTU es un software multiplataforma de distribución libre suministrado por Digi International que permite interactuar fácilmente con los módulos de radio frecuencia de Digi mediante el uso de una interfaz gráfica, la aplicación de software incluye herramientas que facilitan la configuración y prueba de los módulos XBee.

Para configurar los módulos XBee, se emplea un modulo explorer USB (Universal Serial Bus), el cual permite conectar y utilizar el módulo XBee directamente mediante un puerto USB. (Digi, 2019)

Esta herramienta cuenta con un entorno gráfico que permite realizar la configuración, pruebas de conexión y la representación gráfica de los elementos de la red.

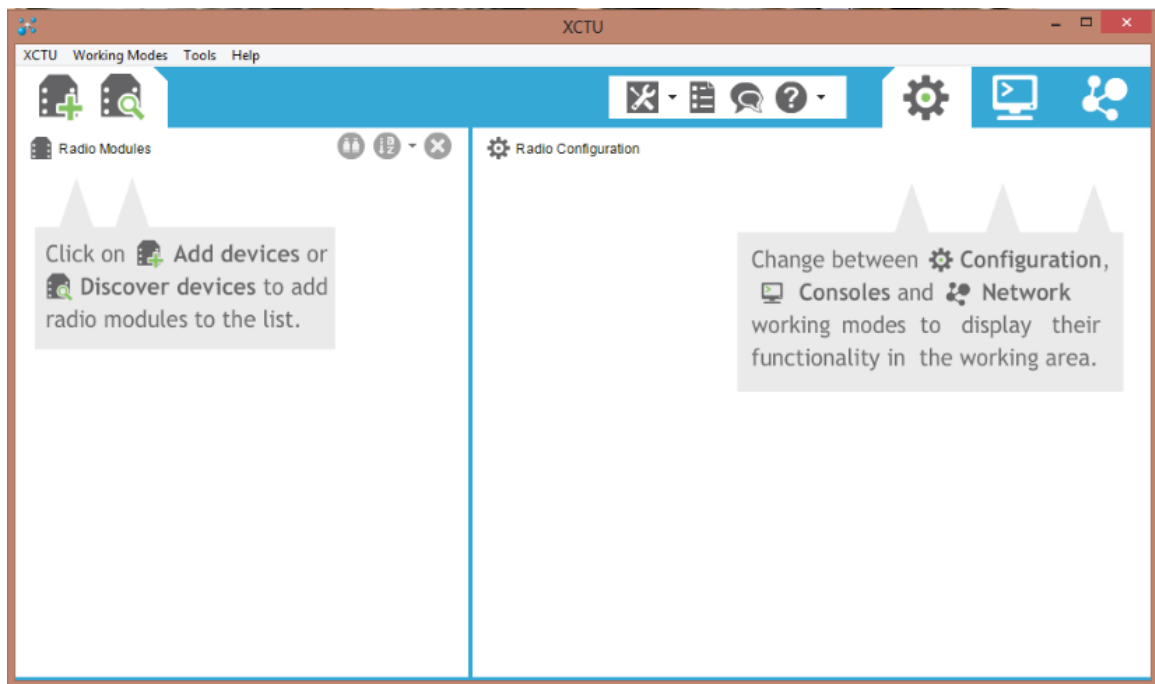


Figura 46. Ventana principal del software XCTU.

- Instalación XBee Explorer USB.

Este dispositivo permite conectar y utilizar directamente cualquier módulo XBee a través del puerto USB. Se utiliza principalmente para configurar el módulo XBee desde el ordenador. Hay que considerar que el o los controladores (drivers) se instalan automáticamente según la versión de Windows, o en su caso los controladores también pueden ser manualmente instalados y configurados a través del administrador de dispositivos por usuarios que deseen personalizar la instalación.

- Iniciando los módulos XBee S2C.

Una vez abierto el programa XCTU y realizado el proceso anterior de conexión con el XBee Explorer USB, se observa el puerto que se acaba de instalar en la lista de puertos COM y aparece en el entorno gráfico del software el módulo XBee que se ha reconocido en el programa.

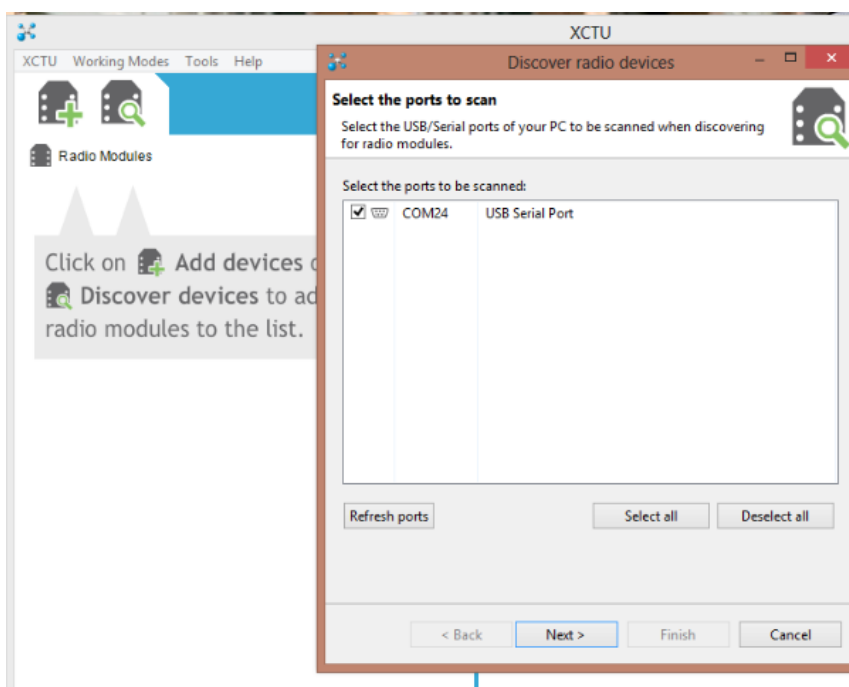


Figura 47. Ventana selección de puertos donde se detecta módulos xbee.

Se selecciona siguiente y se acepta los parámetros de puerto predeterminados; 9600 es la velocidad de transmisión, 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de parada.

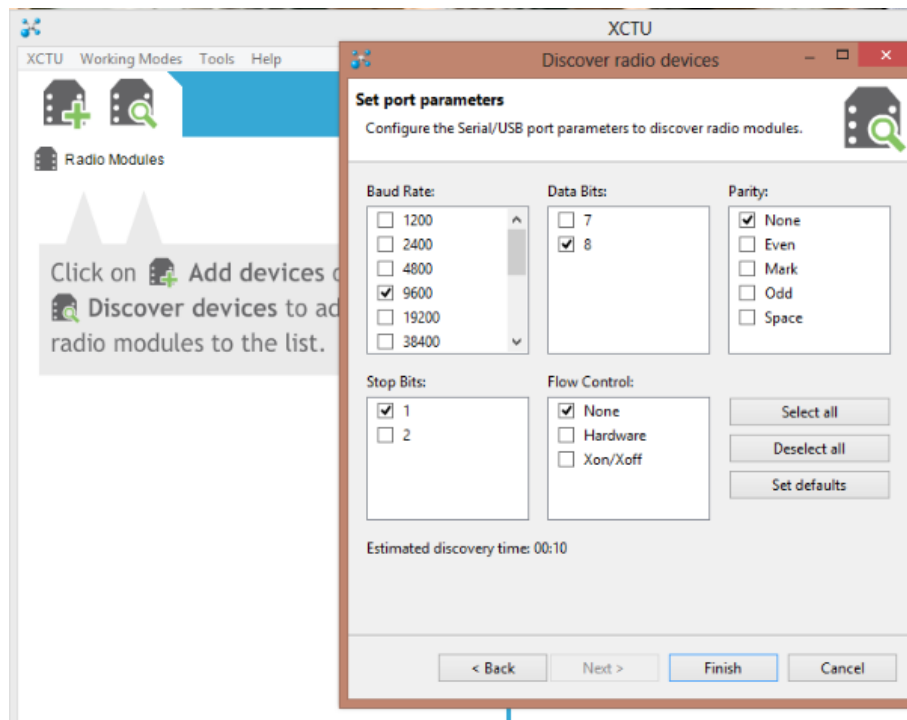


Figura 48. Ventana de selección de parámetros de configuración de puertos.

Una vez finalizado lo anterior el programa XCTU escanea los puertos USB seleccionados y enumera las XBee encontradas con su dirección única de 64 bits.

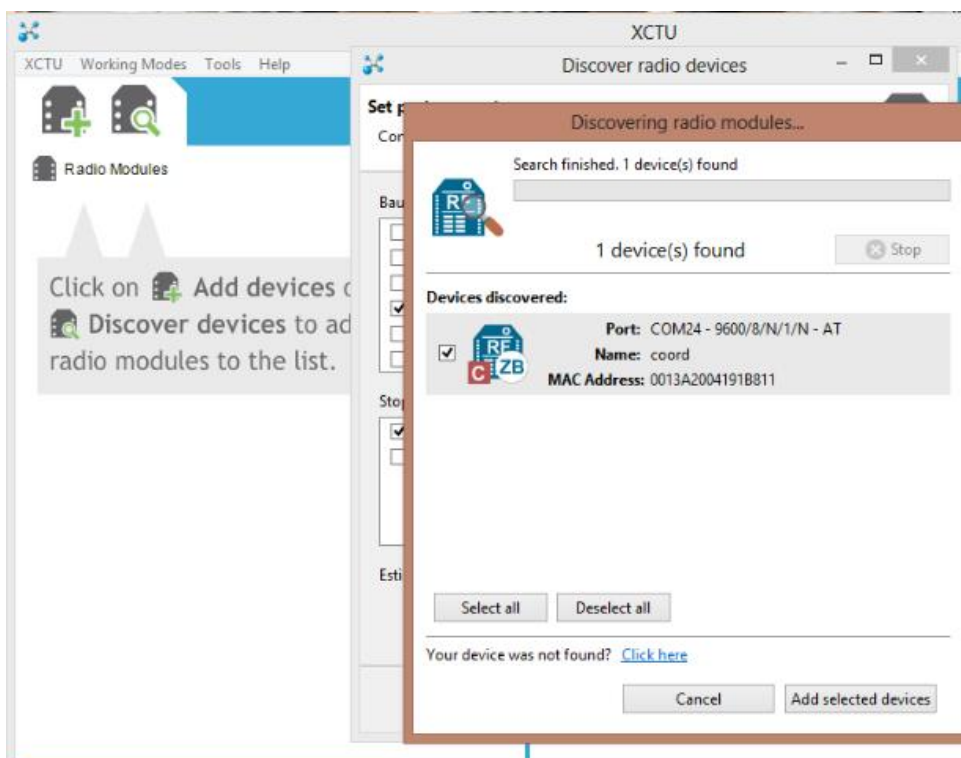


Figura 49. Ventana de selección de módulos xbee encontrados.

Una vez que se cargan los parámetros, se puede ver la familia del producto, que en este caso es XB24C (en el caso de S2 anterior es XB24-ZB y S1 es 802.15.4) y se presenta también el conjunto de funciones del firmware es ZIGBEE TH Reg , el Reg significa Regular y no PRO. TH significa a través del agujero y no SMD.

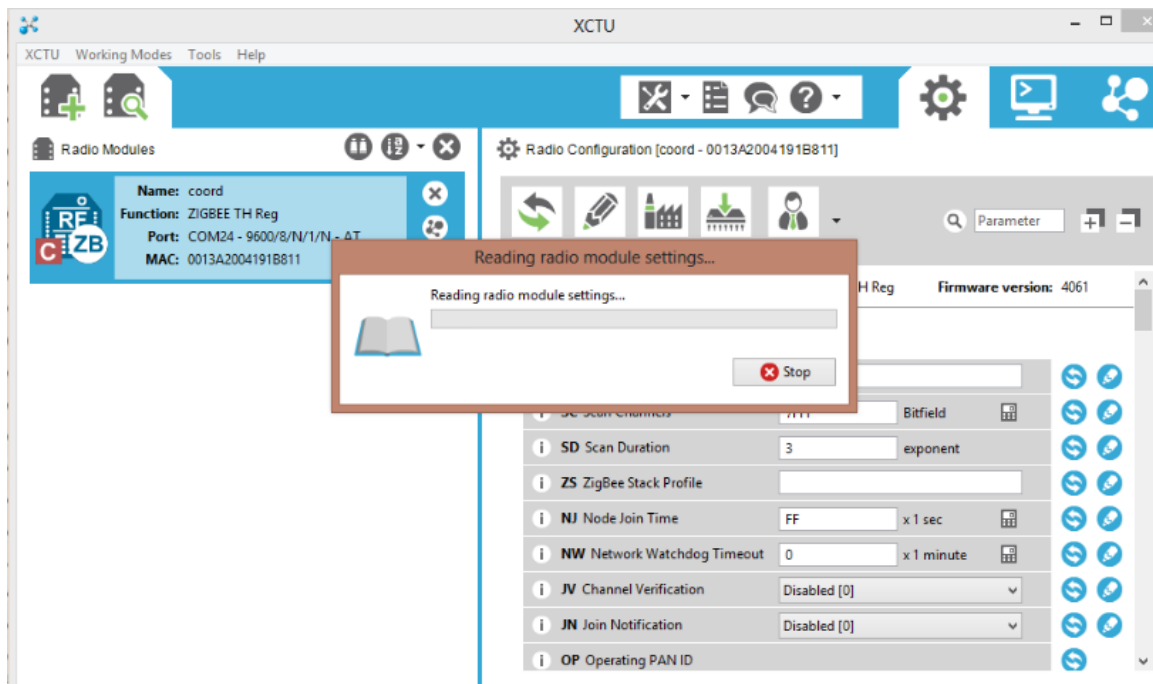


Figura 50. Ventana de configuración de parámetros del módulo.

- Configuración de los módulos XBee S2C.

Para el presente trabajo se optó por la implementación de una red inalámbrica de tipo punto-multipunto, donde la comunicación va a ser unidireccional, lo que significa que únicamente los nodos finales envían información al coordinador, este último es el encargado de procesar la información recibida. Antes de iniciar la configuración de los módulos, es necesario determinar en qué tipo de modo de comunicación los módulos Xbee van a trabajar, los módulos Xbee serie 2 de Digi soportan varios modos de operación;

En el modo transparente los módulos XBee funcionan de forma que todo lo recibido por el puerto serie es enviado inmediatamente al aire y todo lo recibido por el módulo radio se envía tal cual al puerto serie. De hecho, el efecto de la comunicación en modo transparente es el mismo que el de conectar dos módulos a través de un cable, pero la comunicación inalámbrica hace que el cable físico sea innecesario. (Digi, 2018)

El modo comando es una variación del modo transparente, la diferencia radica que en este modo se puede ingresar comandos AT al módulo Xbee, para configurar, ajustar o modificar parámetros, ajustar parámetros como la dirección propia o la de destino, así como su modo de operación, cuando se encuentra en este modo de operación el modulo escucha la entrada del usuario durante un tiempo. Si pasan 10 segundos sin que el usuario ingrese nada, el dispositivo sale automáticamente del modo de comando y vuelve al modo transparente. (Digi, 2018)

Por su parte el modo API se considera una alternativa a la operación en transparente, el modo API proporciona una interfaz estructurada donde los datos se comunican a través de la interfaz serial en paquetes organizados y en un orden determinado, esto permite establecer una comunicación compleja entre módulos. En modo API, se puede transmitir o recibir del coordinador o cualquier elemento de la red, y la información recibida en cada frame es más detallada. (Digi, 2018)

La configuración para los módulos XBee S2C tanto de transmisión, como de recepción, fue en modo transparente. La Tabla 13 presenta la descripción de los campos y los valores que se debe asignar a cada uno para configurar los Xbee Serie 2 en “modo transparente”.

**Tabla 13.** Parámetros de configuración de los módulos XBee S2C

<b>Indicador</b>	<b>Coordinador</b>	<b>Dispositivo Final</b>	<b>XBee Valores</b>
PAN ID	123	123	Operating PAN ID
DH	0	0	Destination Address High
DL	FFFF	0	Destination Address Low
SH	13A200	13A200	Serial Number High (viene por defecto)
SL	4191A132	4191A143	Serial Number Low (viene por defecto)
NI	coord	node1	Node Identifier

En el panel derecho de configuración de radio, se enumera el conjunto de funciones actual, este debería ser ZIGBEE TH REG.

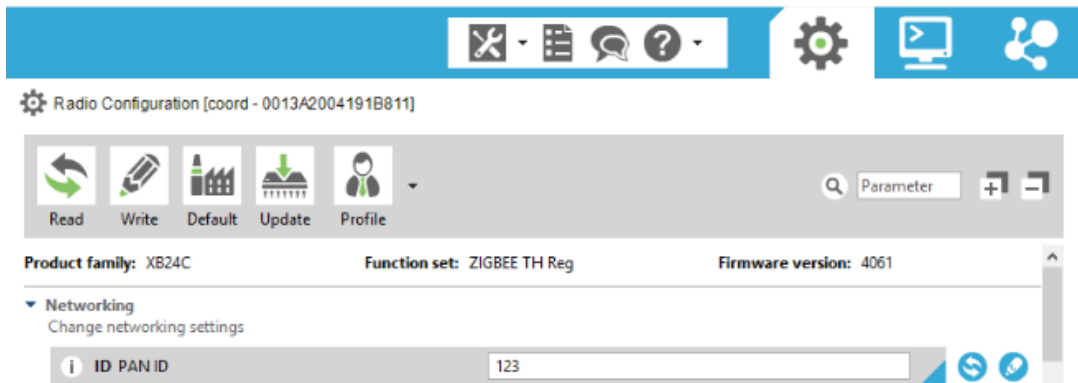


Figura 51. Parámetros de configuración del módulo.

Para cambiar el conjunto de funciones, seleccione el icono Actualizar. Donde aparece una lista emergente del firmware disponible. Seleccione ZIGBEE TH REG y haga clic en el botón Actualizar (Update) de la ventana principal para cargar el nuevo firmware.

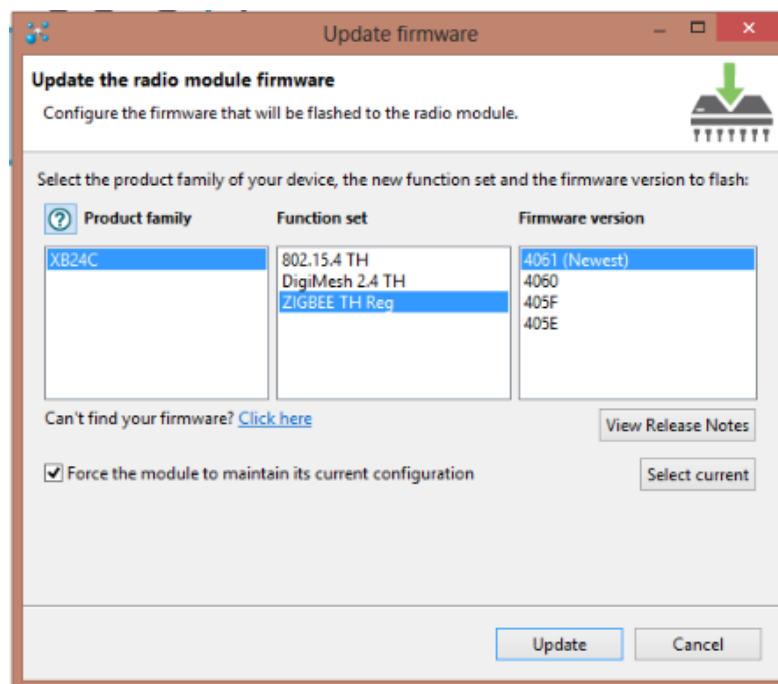


Figura 52. Parámetros de configuración de firmware del módulo.

- Configuración del dispositivo coordinador.

Un módulo siempre debe configurarse como coordinador, el PAN ID es un número exclusivo de la configuración de la red y debe ser el mismo en todos los módulos XBee.

Para evitar posibles conflictos con otras radios XBee, se cambia esto a cualquier número hexadecimal entre 0 y FFFF, en este caso se ha seleccionado 123 como ID. Más abajo, en la configuración CE Coordinator Enable, se debe cambiar esto para que este módulo sea un coordinador.

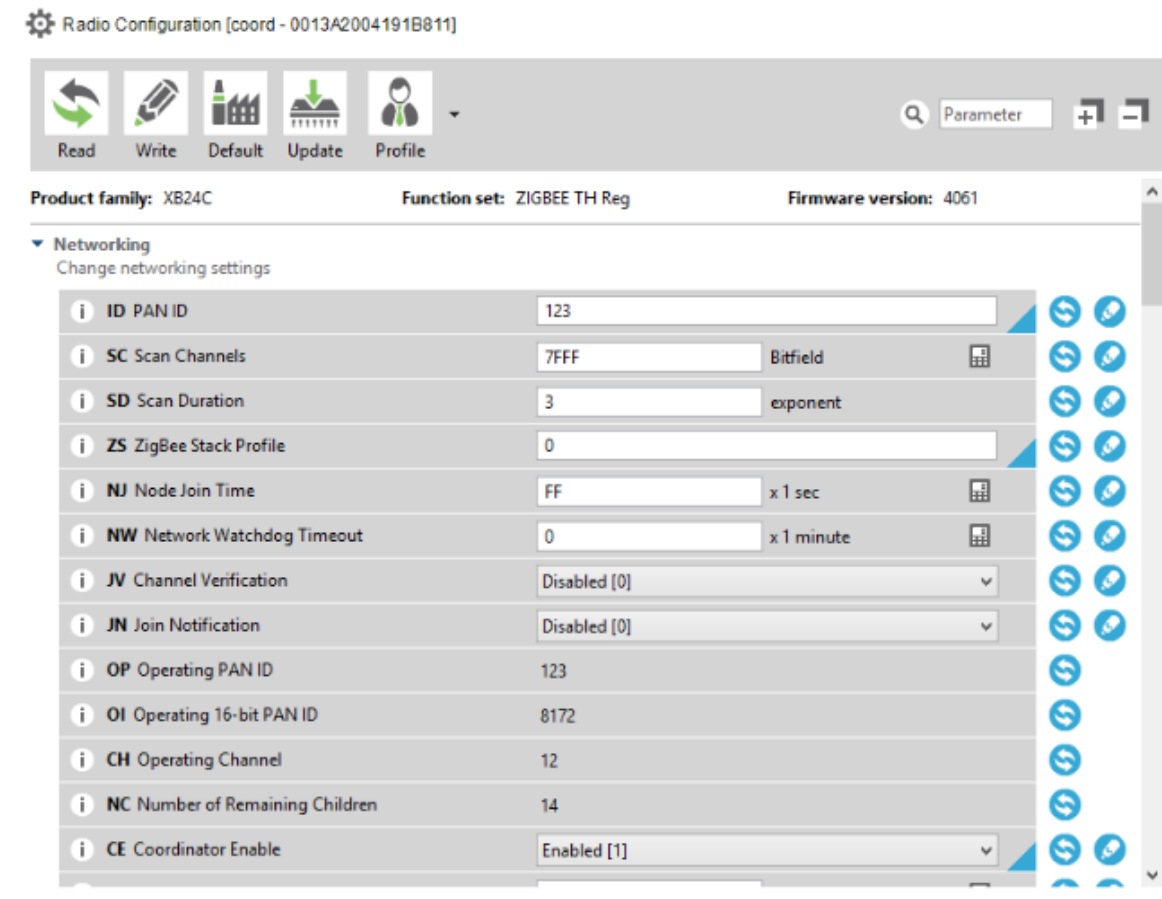


Figura 53. Ventana de parámetros de configuración de red del módulo coordinador.

Para que el coordinador se comunice con otros módulos, se configura la dirección de destino DL en FFFF, que es la dirección de transmisión de modo que pueda comunicarse con todos los dispositivos en el mismo PAN ID, la dirección de destino DH se deja por defecto 0.

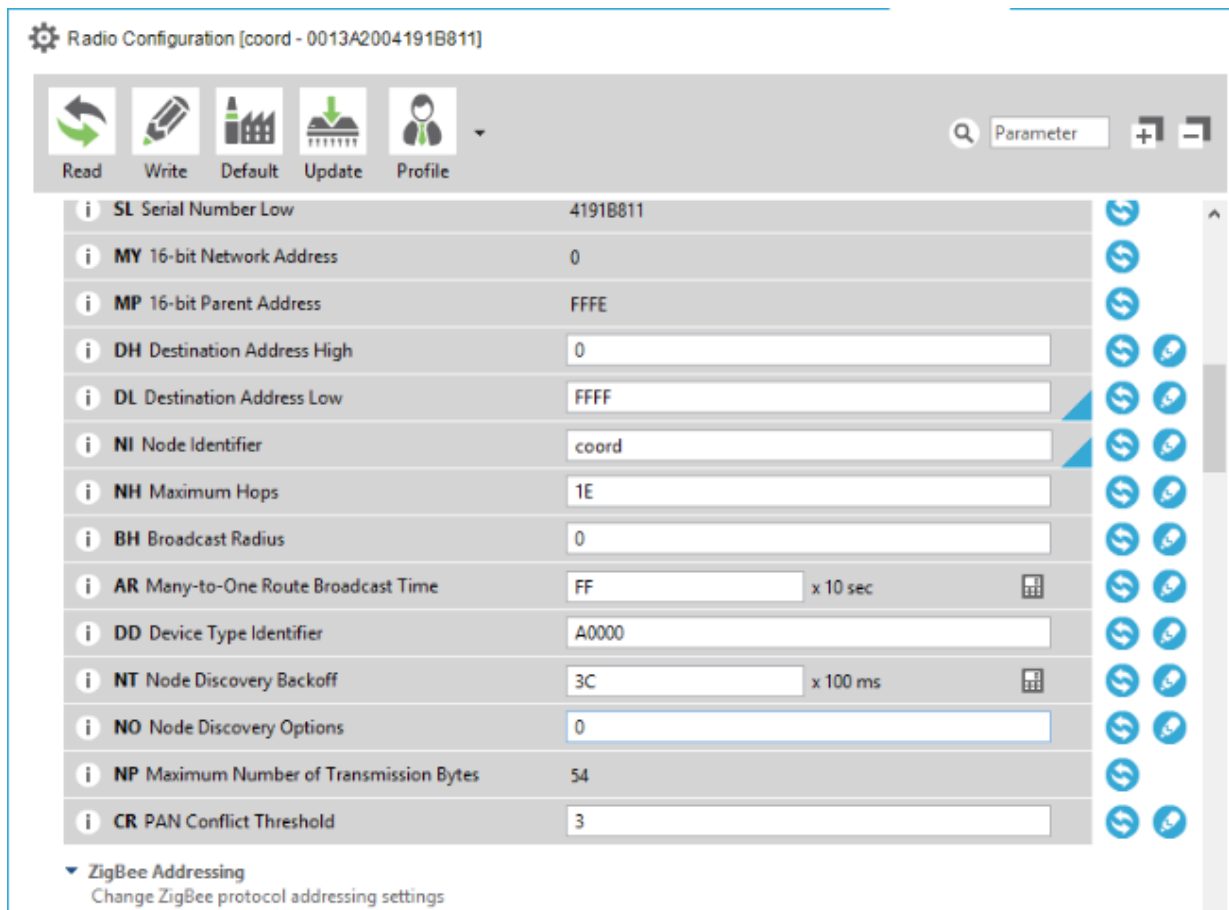


Figura 54. Ventana de parámetros de configuración de red del módulo coordinador.

El identificador de nodo NI puede recibir cualquier nombre como "Coordinador". Este nombre es opcional, finalmente se hace clic en el botón Escribir (Write) para almacenar la configuración.

- Configuración del dispositivo sensor final.

Para la configuración para el dispositivo final o enrutador se necesita configurar la misma ID del PAN para que coincida con la establecida en el coordinador. Todas las demás configuraciones consistirían en habilitar la verificación de canal JV, desactivar el coordinador de CE y las direcciones de destino DH y DL se dejan por defecto 0.

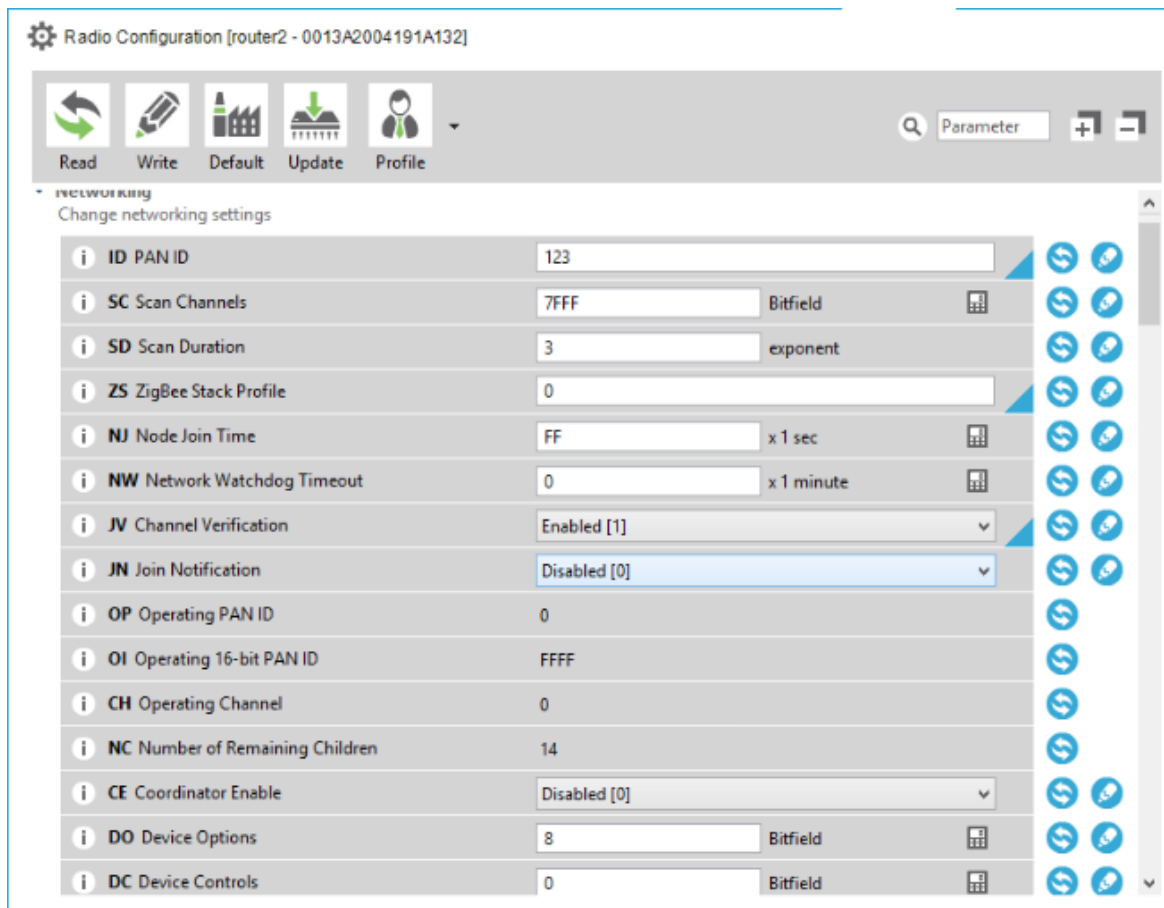


Figura 55. Ventana de parámetros de configuración de red del módulo sensor

- Configuración de seguridad.

Para habilitar la comunicación segura, los siguientes parámetros deben configurarse con el mismo valor en todos los dispositivos de red;

- EE = 1: cifrado habilitado
- KY: La clave de cifrado que debe ser una cadena de 32 caracteres hexadecimales, una vez configurado el valor, no se puede restaurar.

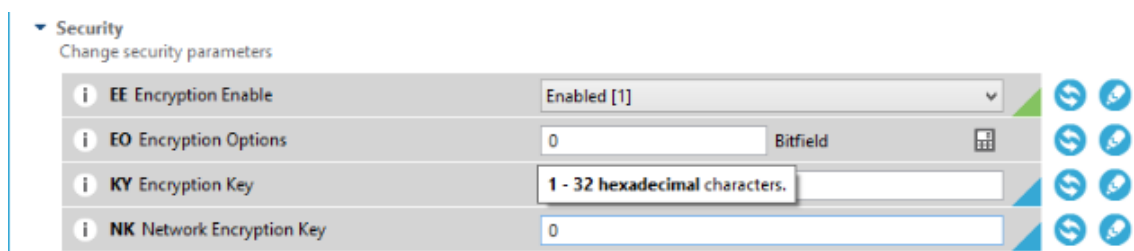


Figura 56. Configuración para establecer parámetros de seguridad en los módulos

**Programación de arduino.** Para programar el arduino, se usó el entorno de desarrollo integrado de Arduino disponible en su plataforma en la web, este entorno permite el desarrollo de la programación a utilizarse en un archivo denominado sketch, este tipo de archivo tiene la extensión .ino y se puede denominar como la unidad de código que se carga y ejecuta en una placa arduino, este código se encuentra basado en lenguaje de programación de alto nivel y tiene un cierto grado de semejanza al código de programación en C++.

La estructura básica de un proyecto en arduino y que se desarrolla en un sketch es simple, se compone de al menos dos partes, setup() que es la parte encargada de recoger la configuración principal para la placa y el loop() es la parte que contiene el programa que se ejecuta periódicamente, ambas funciones son necesarias en un programa para arduino, otras partes que componen un sketch de arduino son;

- Variables: aquellos espacios de memoria que almacenan datos sean fijos o variables.
- Librerías: que son archivos que el compilador puede leer, se denomina también bibliotecas y contienen distintos métodos y funciones utilizables en las placas de arduino, generalmente son llamadas al iniciar un sketch.
- Funciones: Son segmentos de código que pueden ser usados desde cualquier parte del sketch, y que cumplen alguna acción determinada, estas funciones pueden manejar parámetros que se les envíe y devolver un resultado de acuerdo a como este programada.

La programación de arduino para el presente proyecto se encuentra desarrollada en un único sketch, uno específico para el arduino uno que es usado como unidad de procesamiento en el nodo coordinador y otro sketch para el arduino nano que es usado como unidad de procesamiento en el nodo sensor, en el apartado de Anexos se puede apreciar la descripción del código para los dos sketch a usarse para la programación de las placas.

#### **4.1.5.2. Implementación de software**

**Creación de la base de datos.** Para poder realizar el almacenamiento de datos en el sistema, se empleó una base de datos de tipo MySQL, la mayoría de hosting web compatibles PHP permiten la creación de este tipo de base de datos en el mismo host en que se aloja el sitio, para el presente proyecto se optó por usar el servicio de 000webhost que es una herramienta que brinda cPanel, PHP y MySQL.

Es así que en este webhost empleado al ingresar al panel de control, se ofrece la opción de crear una base de datos y administrarla con phpMyAdmin. Al crearla el webhost brinda las claves (datos de conexión) necesarias para trabajar en la programación de la aplicación, como también brinda el enlace o url hacia el gestor de base de datos.

Al poder tener la herramienta phpMyAdmin, se puede seleccionar la base directamente y trabajar con esta, la base de datos recibe un nombre proporcionado por el host, en lo referente a los usuarios y sus permisos se pueden configurar desde la opción privilegios de la herramienta phpMyAdmin. Finalmente, para la creación de tablas, se puede emplear un lenguaje de definición de datos SQL (Data Definition Language, DDL) que define la estructura de la base de datos para el almacenamiento de la información. Y para las operaciones sobre los datos de las tablas, se puede emplear el lenguaje de manipulación de datos (Data Manipulation Language, DML). Una vez creada la base de datos se ejecuta el script sql incluido en el plan de desarrollo de software para este proyecto, este script realiza la creación de las tablas necesarias y sus relaciones, dando como resultado una base de datos lista para trabajar con ella, y realizar acciones como: añadir, borrar, cambiar, buscar o cualquier otra operación en la base de datos, en la siguiente ilustración se muestra la base de datos para la aplicación web.

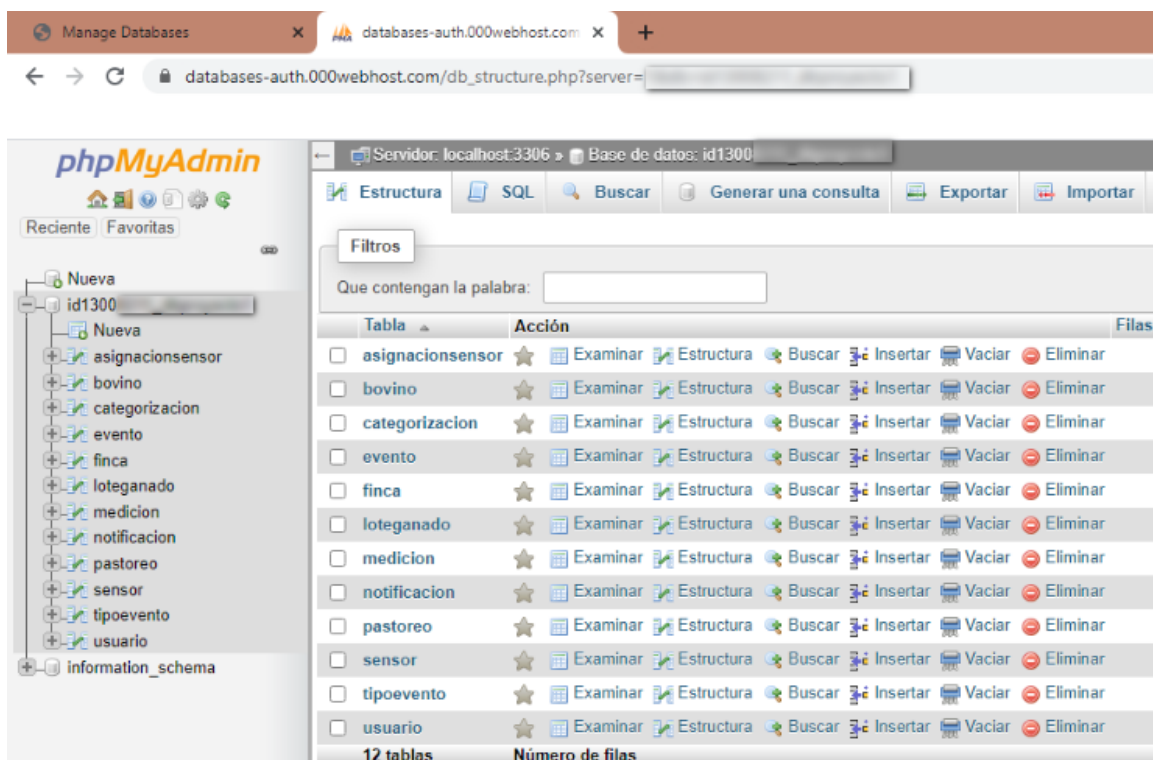


Figura 57. Ventana de administración de la base de datos en phpMyAdmin.

**Script PHP para ingreso de datos.** En el hosting web que se ha habilitado para la aplicación web se implementó un Script PHP, que es un segmento de código del lado del servidor que se utiliza para una función determinada, concretamente: testing.php este archivo se encuentra ubicado en la carpeta principal del host y cumple con la función de tomar los valores de la orden http request que ejecuta el nodo coordinador, enviando los datos tomados por la red y que necesitan ser almacenados, este script en PHP toma los datos de manera ordenada e inserta los valores en la tabla medición de la base de datos de la aplicación.

En la estructura de este script en PHP, se especifica las variables para almacenar la información de la base de datos a utilizar, por lo general, se emplea cuatro variables para establecer una conexión adecuada: \$servername, \$dbname, \$username y \$password, a continuación se crea la conexión con el servidor de la base de datos mediante la función de conexión de tipo mysqli() y los datos o variables con la información de la base de datos y se crea una variable \$conn que contiene la conexión como tal.

```
/public_html/testing.php
1 <?php
2 // set default timezone
3 date_default_timezone_set('America/Bogota');
4
5 $timestamp = date("d-m-Y - H:i:s");
6
7 function conecta_bd(){
8
9     $servername = "localhost";
10    $username = "id1300";
11    $password = "id1300";
12    $dbname = "id1300";
13
14    // Create connection
15    $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
16    // Check connection
17    if ($conn->connect_error)
18    {
19        echo '<p>Connection failed</p>';
20        die("Connection failed: " . $conn->connect_error);
21    }
22
23    echo "Connected successfully";
24    return $conn;
25 }
```

Figura 58. Programación del script en PHP para conexión con la base de datos.

Este script PHP puede administrar una base de datos online, debido a que se encuentra en el mismo hosting web, en el código del script se incluye instrucciones que toman la información que llega a través del método GET, se toma la información que ha llegado y se almacena en una variable, la variable \$opcion permite el uso de un condicional switch que evalúa un valor

de la expresión recibida y ejecuta las instrucciones dependiendo del caso. Los datos tomados en el caso 1 son almacenados en variables nombradas como \$datastring, a continuación se hace una petición de conexión a la base de datos y se ejecuta la instrucción SQL de tipo “INSERT INTO”, esta orden hace el ingreso de los valores en la tabla mediciones. Como ya se ha terminado la acción y ya no se necesita la conexión a la base de datos se cierra y libera la conexión.

```

/public_html/testing.php
26
27 $opcion = $_GET["caso"];
28 switch ($opcion) {
29     case '1':
30
31         $datastring1 = $_GET["data1"];
32         $datastring2 = $_GET["data2"];
33         $datastring3 = $_GET["data3"];
34         $datastring4 = $_GET["data4"];
35         $datastring5 = $_GET["data5"];
36         $myfile = fopen("file.txt", "w") or die("Unable to open file!");
37         $txt = $timestamp . " - " . $datastring1 . " - " . $datastring2 . " - " . $datastring3 . " - " . $datastring4 . " - " . $datastring5 . "\n";
38         fwrite($myfile, $txt);
39         fclose($myfile);
40         echo $txt;
41
42
43         $conn = conecta_bd();
44         $sql = "INSERT INTO `medicion` (`idRed`,`idNodo`,`Temperatura`,`Latitud`,`longitud`,`Fecha`) VALUES ('"
         . $_GET["data1"]."', '" . $_GET["data2"]."', '" . $_GET["data3"]."', '" . $_GET["data4"]."', '" . $_GET["data5"]."', '$timestamp'
         )";
45         $result = $conn->query($sql);
46         $conn->close();
47
48         break;

```

Figura 59. Programación del script en PHP para realizar ingreso de datos.

En el caso 2 los datos son almacenados en variables nombradas como \$datastring, a continuación se hace una petición de conexión a la base de datos y se ejecuta la instrucción SQL de tipo “INSERT INTO”, esta orden en cambio hace el ingreso de los valores en la tabla notificación. Como ya se ha terminado la acción y ya no se necesita la conexión a la base de datos se cierra y libera la conexión.

```

/public_html/testing.php
49
50     case '2':
51
52         $datastring1 = $_GET["data1"];
53         $datastring2 = $_GET["data2"];
54         $datastring3 = $_GET["data3"];
55         $myfile = fopen("file.txt", "w") or die("Unable to open file!");
56         $txt = $timestamp . " - " . $datastring1 . " - " . $datastring2 . " - " . $datastring3 . "\n";
57         fwrite($myfile, $txt);
58         fclose($myfile);
59         echo $txt;
60
61         $conn = conecta_bd();
62         $sql = "INSERT INTO `notificacion` (`idRed`,`idNodo`,`Alerta`,`Fecha`) VALUES ('" . $_GET["data1"]."', '" . $_GET["data2"]
         . "', '" . $_GET["data3"]."', '$timestamp)";
63         $result = $conn->query($sql);
64         $conn->close();
65
66         break;
67
68     default:
69         # code...
70         break;
71 }
72 }

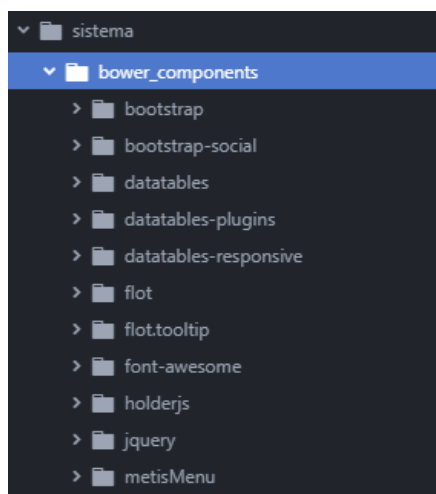
```

Figura 60. Programación del script en PHP para terminar la conexión a la DB.

Una vez conectada la base de datos y esta se encuentra recibiendo datos de la red de sensores, ya se puede trabajar con ella en la aplicación web y manejar la información desde las interfaces de la aplicación, realizando acciones como; añadir, borrar, cambiar, buscar o cualquier otra operación que se quiera realizar en la base de datos.

**Desarrollo de software.** Para el desarrollo del software se optó por usar el lenguaje de programación PHP, con este lenguaje de programación se realizó el backend de la aplicación web, el motivo de uso de PHP es por las prestaciones que este brinda, tales como; PHP permite desarrollar páginas web ampliamente funcionales y de igual manera por su capacidad de ser compatible con las tecnologías más habitual en internet (Linux, Apache, MySQL).

Estructura de las páginas: Para poder desarrollar la aplicación web se utilizó páginas de tipo php y para el diseño en general de las páginas, se utilizó hojas de estilo de tipo css de Bootstrap, fuentes e iconos de tipo css de font-awesome, para expandir menús se usó la herramienta metisMenu y el plug-in dataTables para la presentación de tablas con paginado, todo las funciones antes mencionadas se encuentran incorporadas en todas las páginas desarrolladas en PHP.



*Figura 61.* Herramientas y plug-in usadas en la aplicación web

En la Tabla 14 se describe brevemente cada página y su funcionalidad en el aplicativo web, las mismas se encuentran organizadas de acuerdo a su nivel de operatividad.

**Tabla 14.** Descripción de las páginas que conforman la aplicación web.

<b>Operatividad</b>	<b>Página</b>	<b>Descripción</b>
Autenticación	login.php	Página de log in para inicio de sesión
	logout.php	Página para dar finalización a la sesión
	leftbar.php	Página que contiene el menú principal para el usuario admin
	leftbar2.php	Página que contiene el menú principal para el usuario normal
	funtion-vail.php	Página que valida información de los campos al realizar registros.
Administración	errors.php	Página que maneja los errores de respuesta.
	Database.php	Página que maneja la instancia de conexión a la base de datos.
	DbFunction.php	Página que maneja las diversas funciones que se ejecutan en la DB.
	add-bovino.php	Página para realizar ingreso de los animales.
	add-lote.php	Página para realizar ingreso de los lotes.
Registro	add-pastoreo.php	Página para realizar ingreso de los animales a un pastoreo determinado.
	add-sensor.php	Página para realizar ingreso de los sensores.
	add-user.php	Página para realizar ingreso de los usuarios integrantes del sistema.
	view-bovino.php	Página para visualizar y sacar los reportes del inventario de animales.
	view-categoria.php	Página para visualizar información sobre las categorías.
Consulta	view-lote.php	Página para visualizar información sobre los lotes.
	view-mapasom.php	Página para visualizar la localización de los animales en monitoreo.
	view-medicion.php	Página para visualizar información sobre las mediciones obtenidas.
	view-notificacion.php	Página para visualizar información sobre las notificaciones presentadas.

---

	view-pastoreo.php	Página para visualizar información sobre el pastoreo de los animales.
	view-sensor.php	Página para visualizar y sacar los reportes de los sensores.
	view-user.php	Página para visualizar y sacar los reportes de los usuarios.
	edit-bovino.php	Página que contiene los campos para editar información de un bovino.
	edit -categoria.php	Página que contiene los campos para editar información de una categoría.
	edit -lote.php	Página que contiene los campos para editar información de un lote.
	edit -notificacion.php	Página que contiene los campos para editar información de una notificación.
Modificación	edit -pastoreo.php	Página que contiene los campos para editar información del pastoreo.
	edit -sensor.php	Página que contiene los campos para editar información de un sensor.
	edit -user.php	Página que contiene los campos para administrar a un usuario (solo admin).
	register-perfil.php	Página para editar información personal del usuario.
	register-finca.php	Página que contiene los campos para editar información de la finca.
Presentación	get-geodata.php	Página para permite presentar la información de localización en json.
	graph-temperatura.php	Página que presenta la información de temperatura en una gráfica lineal.

---

Las páginas están organizadas en carpetas, lo cual sirve para agruparlas según la operatividad que tienen en el sistema, para ver la página de inicio se escribe la siguiente dirección en el navegador <http://sistemacesf.000webhostapp.com>. Una vez ya finalizado todo el proceso de diseño e integración tanto de software como hardware se puede continuar con las pruebas de funcionamiento del sistema.

### 4.1.5.3. Simulación de la red inalámbrica

Para evaluar la comunicación inalámbrica de la red de sensores, se utilizó el software gratuito CupCarbon versión 4.1, herramienta que permite simular enlaces de radio microondas que operan a 2.4 GHz, de igual manera permite visualizar modelados de las redes en planos de relieve del lugar donde se desea realizar la prueba o estudio. Se obtuvo como resultados una simulación con valores bastante similares a los que se obtienen en las pruebas reales de campo.

Este software permite emular las características de la red de comunicación inalámbrica incluyendo los parámetros en cada dispositivo de la red, por ejemplo en este modelo de la red se pudo establecer que los nodos sensores (transmisores) obtienen el posicionamiento geográfico igual a los del sitio donde se pretende aplicar la red, por tanto se puede afirmar su funcionamiento en situaciones reales, de igual manera se puede especificar la identificación de los nodos, para esta simulación se tiene el nodo sensor A y el nodo sensor B, mostrando el ciclo de comunicación con el nodo coordinador.

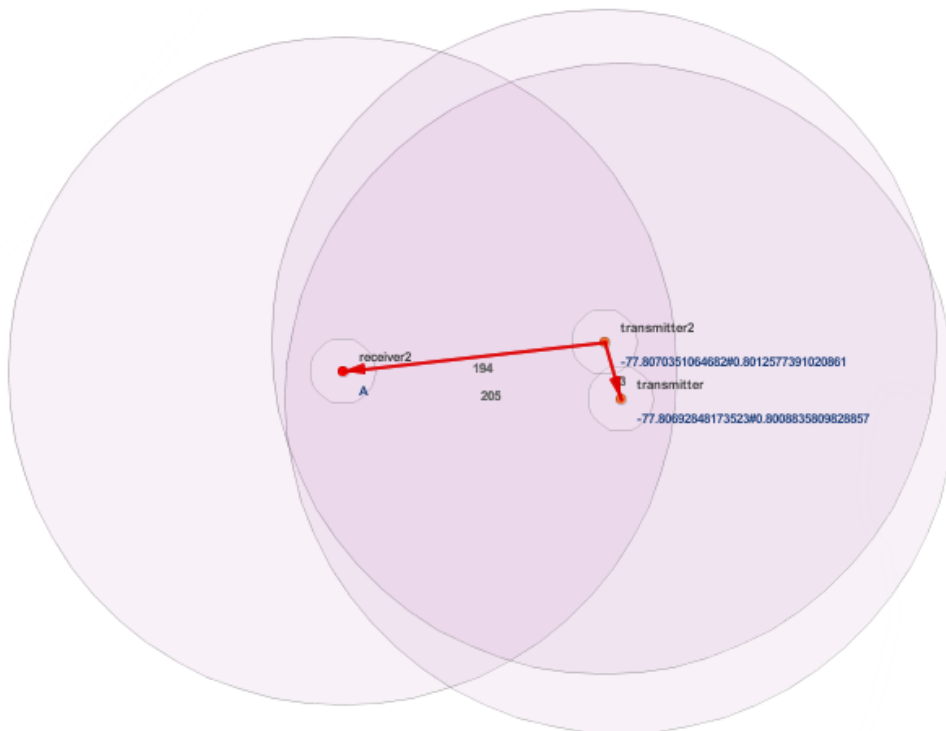
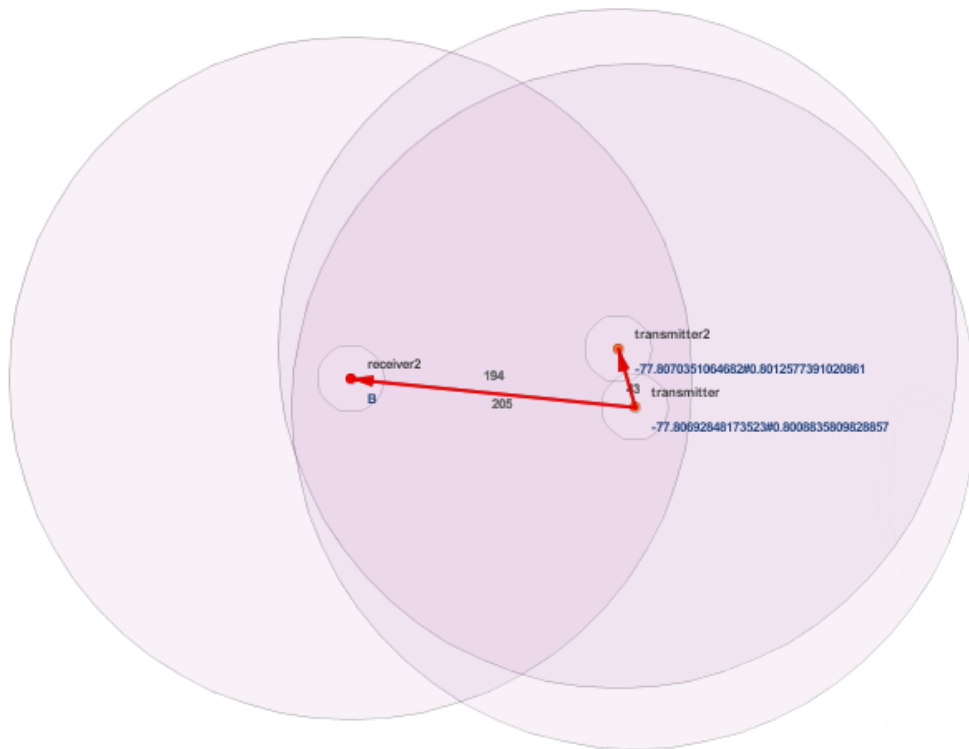


Figura 62. Simulación de la transmisión desde el nodo A al coordinador

En la simulación se puede apreciar la forma de comunicación entre el dispositivo coordinador (receiver) y el nodo sensor A (transmitter), donde se transmite datos con información respecto a la ubicación geográfica del nodo transmisor y su respectivo identificador que es la letra A, de igual manera se puede apreciar la distancia de comunicación entre los dos dispositivos, para el presente caso se ha alcanzado una comunicación inalámbrica de 194 metros.



*Figura 63.* Simulación de la transmisión desde el nodo B al coordinador

En la simulación se puede apreciar la forma de comunicación entre el dispositivo coordinador (receiver) y el nodo sensor B (transmitter), donde se transmite datos con información respecto a la ubicación geográfica del nodo transmisor y su respectivo identificador que es la letra B, de igual manera se puede apreciar la distancia de comunicación entre los dos dispositivos, para el presente caso se alcanzó una comunicación inalámbrica de 205 metros. Al realizar las simulaciones de los enlaces entre los dos nodos sensores y el coordinador, se puede determinar que tanto la transmisión, como la recepción de información en la red mantienen una comunicación inalámbrica estable.

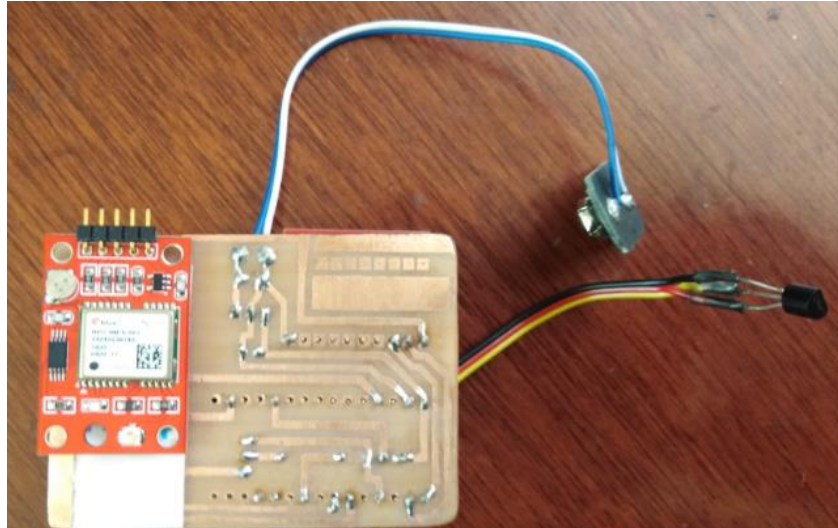
#### 4.1.5.4. Adecuación de los dispositivos de la red

Esta etapa se enfoca en la integración de los elementos y componentes electrónicos en un solo dispositivo con la finalidad que el circuito electrónico tenga un óptimo desempeño y funcionamiento. Al tratarse de una red de sensores inalámbricos, se tiene que realizar la construcción de dos dispositivos electrónicos principales, uno que desempeña como nodo coordinador y el otro como nodo sensor, la unión de estos dispositivos permite que la red de sensores realice un trabajo adecuado.

En las siguientes imágenes se presenta la construcción de los dispositivos que conforman la red, la Figura 64 presenta la integración de todos los componentes que conforman el prototipo del nodo sensor, la placa se compone de un arduino Nano, un módulo GPS, un módulo XBee, el sensor de temperatura y otros dispositivos como resistores, condensadores, regulador de voltaje.

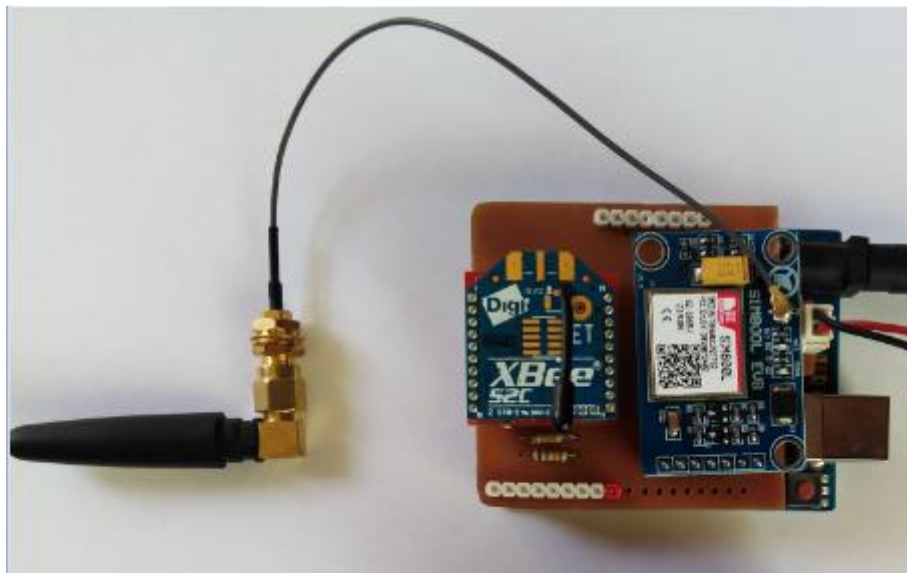


Figura 64. Prototipo del nodo sensor, vista de componentes.



*Figura 65.* Prototipo del nodo sensor, vista del impreso.

La Figura 66 presenta la integración interna de todos los componentes que conforman el nodo coordinador, cabe indicar que esta placa es adaptada a un arduino uno en forma de escudo (Shield), permitiendo que esta placa sea adaptable y de fácil manipulación, esto debido a que el módulo SIM800L necesita la colocación de una tarjeta SIM de telefonía móvil y por consiguiente necesita ser manipulada la placa por el usuario.



*Figura 66.* Prototipo del nodo coordinador, vista de componentes.

La Figura 67 muestra el prototipo del nodo sensor en su respectiva carcasa de plástico.



*Figura 67.* Prototipo del nodo sensor, vista interior.



*Figura 68.* Prototipo del nodo sensor, vista exterior.

La Figura 69, muestra el prototipo del nodo coordinador en su respectiva carcasa de plástico.



*Figura 69.* Prototipo del nodo coordinador, vista exterior.

#### 4.1.6. Pruebas unitarias

En este apartado del proyecto se realizó las pruebas a cada uno de los bloques que conforman el sistema, con el objetivo de verificar su correcto funcionamiento.

##### 4.1.6.1. Test bloque de envío de datos

Para realizar el test de este bloque se realizó una simulación para obtener los valores de las mediciones provenientes del nodo sensor, estos datos son transmitidos por comunicaciones serial del arduino nano, garantizando que todas las mediciones tomadas del dispositivo GPS y del sensor de temperatura están siendo recibidas y enviadas de correctamente. La Figura 70 muestra la obtención de las mediciones en el nodo sensor, en la trama de la información recibida por el nodo sensor se puede apreciar la siguiente información;

**Tabla 15.** Información transmitida por el nodo sensor y recibida por el nodo coordinador

<b>Ejemplo de la trama &lt;A,24.51,0.80120-77.80841&gt;</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Característica</b>
<	Inicio de la trama de información
A	Identificación del nodo con una letra del abecedario
24.51	Medición de temperatura en grados centígrados
0.80120	Valor de la Latitud
-77.80841	Valor de la Longitud
>	Fin de la trama de información

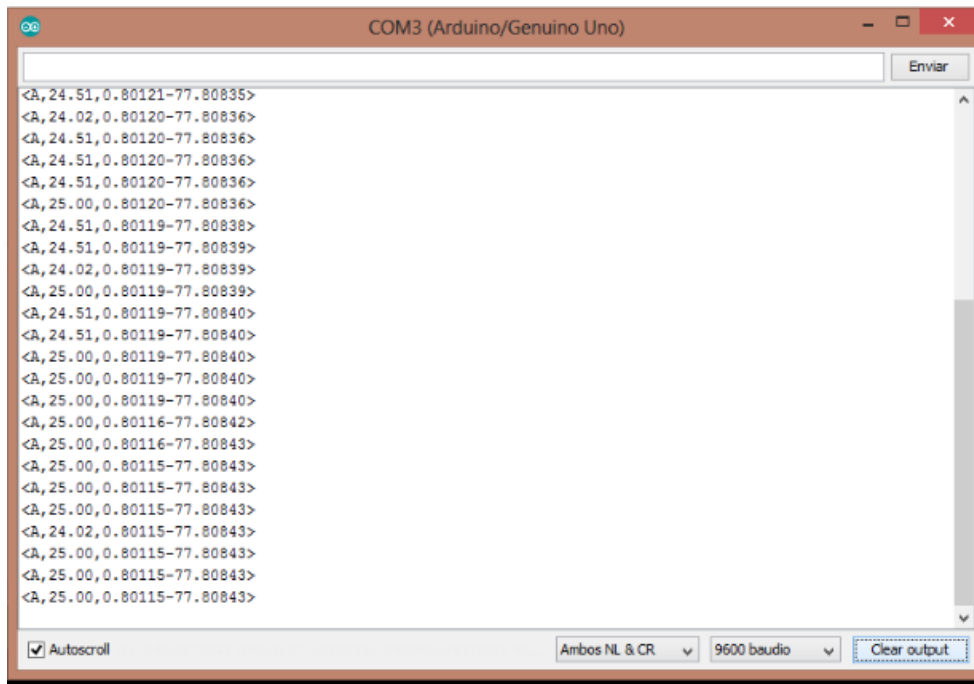


Figura 70. Toma de mediciones del nodo sensor.

#### 4.1.6.2. Test bloque de recopilación de datos

La prueba de funcionamiento del bloque de recopilación de datos, permite comprobar la recepción de los datos por parte del nodo coordinador. Los datos son recibidos por comunicación serial del arduino uno, la Figura 71 muestra que la recepción de datos en el nodo coordinador fue adecuada.

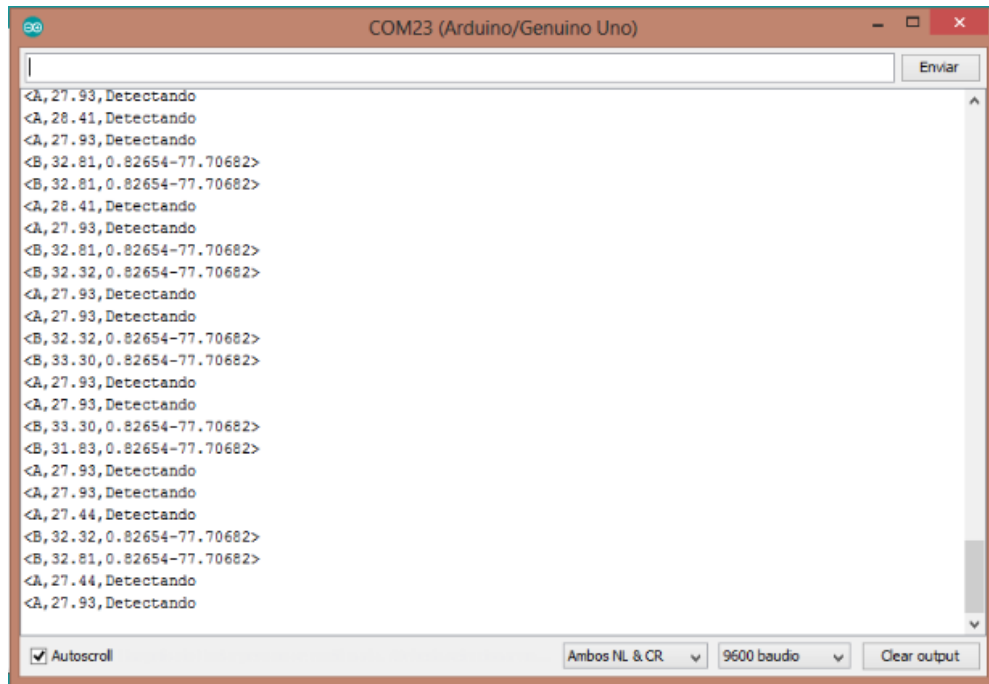


Figura 71. Toma de mediciones del nodo coordinador.

#### 4.1.6.3. Test bloque de comunicación y envío de SMS

Para verificar el funcionamiento del bloque de comunicación a través del módulo GSM/GPRS, se realizó un envío de un mensaje de texto con una alerta determinada hacia un usuario específico, la alerta se genera en el nodo coordinador cuando este procesa una medición errónea u otro inconveniente en la red de sensores, esta comunicación tiene como finalidad dar una notificación al usuario.

```
Alerta nodo: A no encontrado
Enviada Data
AT+CSQ
+CSQ: 28,0

OK
AT+CGATT?
+CGATT: 1

OK
AT+SAPBAT+CMGS="+593987956728"
> Alerta nodo: A no encontrado
>
> Enviado SMS
```

Figura 72. Envío de SMS desde el nodo coordinador.

#### 4.1.6.4. Test bloque de comunicación y envío de datos

De igual manera para verificar el funcionamiento del bloque de comunicación a través del módulo GSM/GPRS, se realizó una conexión a internet a través de datos móviles, posteriormente se inició el servicio de tipo HTTP, se especificó la URL de destino y se realizó el envío de datos a través de una petición HTTP al webhost.

```
B
Presente
123B40.5.8013377.80776
AT+CSQ
+CSQ: 25,0

OK
AT+CGATT?
+CGATT: 1

OK
AT+SAPBAT+SAPBR=1,1
)
---
AT+HTTPINIT
OK
AT+HTTPPARA="URL","http://sistemacesf.000webhostapp.com/testingAT+HTTPREAD
+HTTPREAD: 319
08-08-2020 - 14:35:25 - 123 - B -3/211/13008211/public_html/testing.php:30
Stt$A??
#0 {main}
  thrown in <b>/storage/ssd3/211/13008211/pEnviada Data
```

Figura 73. Envío de datos hacia el webhost desde el nodo coordinador.

#### 4.1.6.5. Test bloque de almacenamiento de datos

Para verificar el almacenamiento de los datos que son transmitidos desde el nodo coordinador a través de una conexión de datos GPRS a internet, se debe tener adecuado el alojamiento web y un script PHP, el programa en PHP recibe los datos y los almacena en una base de datos de tipo MySQL, la misma que se encuentra alojada y configurada en el mismo alojamiento web.

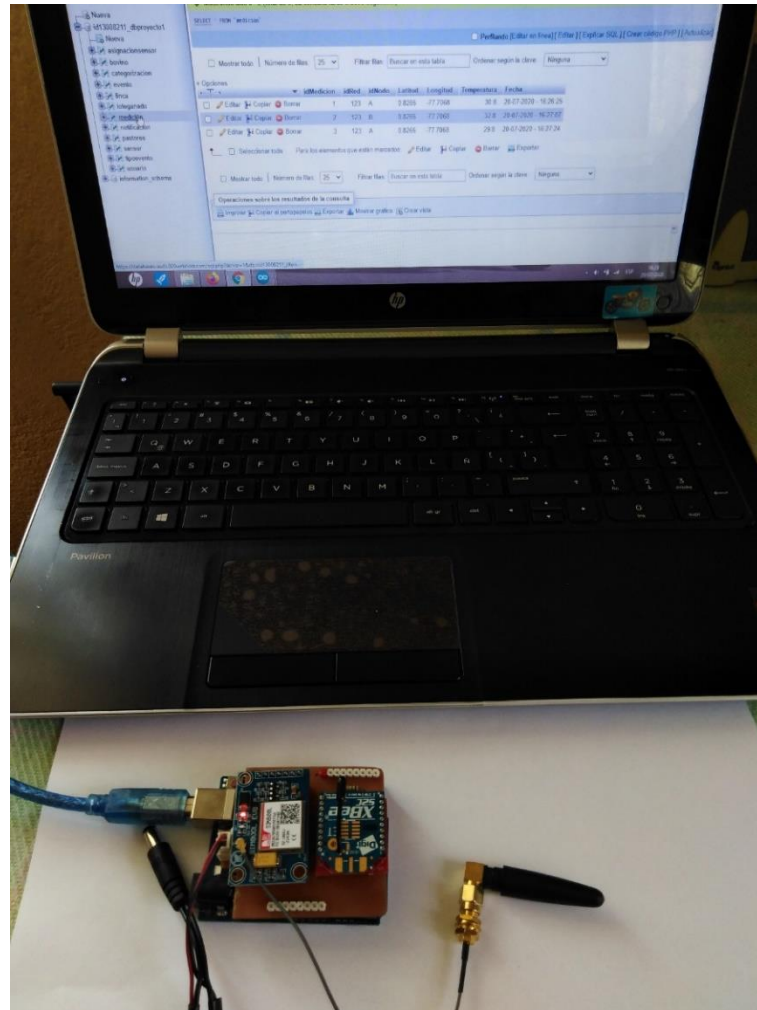


Figura 74. Recepción de datos en la DataBase de MySQL

## Resultado

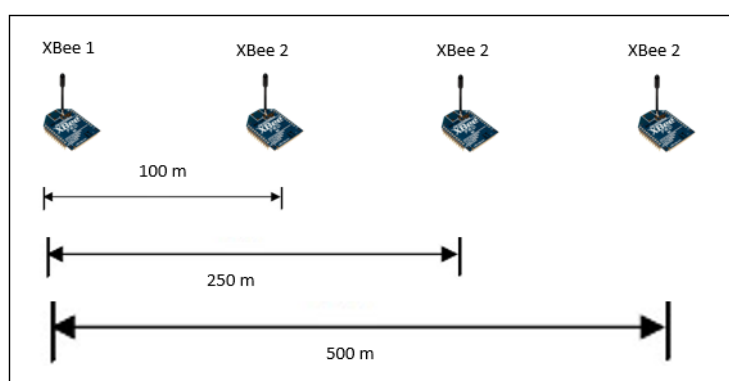
Los datos tomados son enviados por el dispositivo sensor hacia el dispositivo coordinador, donde el microcontrolador de la placa arduino cumple con la función de descifrar la trama enviada en la red XBee, el microcontrolador procesa los datos y los envía a una base de datos para que sean gestionados por la aplicación web.

### 4.1.6.6. Test de comunicación inalámbrica del XBee

Las pruebas realizadas a los módulos XBee permitieron comprobar la comunicación entre estos módulos y de igual manera se pudo comprobar la intensidad y alcance de la comunicación a través de mediciones en decibelios y la distancia a la que se comunican, los datos de estas pruebas se pueden apreciar en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Pruebas de funcionamiento de comunicación inalámbrica.

Pruebas	Distancia	Resultados en decibelios (dBm)	Tiempo de respuesta
Distancia mínima de Tx y Rx de datos	$\geq 100$ [cm]	$\leq -69$ dBm	$\leq 1$ [segundo]
Distancia media de Tx y Rx de datos.	$\leq 250$ [m]	$\leq -78$ dBm	$\leq 1.5$ [segundo]
Distancia máxima de Tx y Rx de datos.	$\leq 500$ [m]	$\geq -85$ dBm	$\leq 2$ [segundo]



*Figura 75.* Prueba de comunicación inalámbrica del XBee

#### Resultado

La prueba con línea de vista demuestra que a la distancia de 100m, se mantiene un 100% de recepción de paquetes y con un nivel de recepción de -65 dBm. A la distancia de 250m, se mantiene un 90% de recepción de paquetes con un nivel de recepción de -73dBm y a la distancia de 500m, la recepción de paquetes es fluctuante y con un buen nivel de recepción de -83dBm. Pasado esta distancia, la comunicación se mantiene con pérdida de paquetes posiblemente por la pérdida de la línea de vista. En el caso de colocarse un obstáculo (como arbustos) y se obstruye la línea de vista la recepción se presenta con pérdidas.

#### 4.1.6.7. Análisis del consumo eléctrico del sistema

Un requerimiento de la red de sensores es tener una fuente de alimentación compatible a la demanda de consumo de los dispositivos.

Por tanto se toma en cuenta que todas las placas de los dispositivos sensores disponen de un arduino, el mismo que debe estar alimentado a un voltaje de 5v, a su vez los módulos XBee se deben alimentar a un voltaje de 3.3 voltios. En este sentido el uso de una batería de 9 voltios satisface la demanda de energía de los dispositivos sensores de la red. Por su parte la relación de consumo de corriente depende de los periféricos y sensores que sean conectados a la placa, mismos que incrementan el consumo de corriente. Para el caso del dispositivo sensor se tiene los siguientes módulos y sensores: el módulo XBee, el módulo GPS, el sensor LM35 y otros componentes como resistores y condensadores, los elementos antes mencionados hacen que el consumo de corriente del dispositivo sensor varíe en base a su funcionamiento, obteniendo;

- Intensidad en funcionamiento ( $I_{run}$ ): 90 miliamperios.
- Intensidad en espera ( $I_{standby}$ ): 50 miliamperios.
- Intensidad en reposo ( $I_{idle}$ ): 25 miliamperios

En la siguiente fórmula se designa los valores de consumo de corriente, dependiendo del estado del nodo sensor y el tiempo de funcionamiento.

$$Corriente Promedio = \frac{(I_{run} * T_{run} + I_{standby} * T_{standby} + I_{idle} * T_{idle})}{(T_{run} + T_{standby} + T_{idle})}$$

$$Corriente Promedio = \frac{(90mA * 120s + 50mA * 1s + 25mA * 120s)}{(120s + 1s + 120s)}$$

$$Corriente Promedio = \frac{(0.090A * 120s + 0.050A * 1s + 0.025A * 120s)}{(120s + 1s + 120s)}$$

$$Corriente Promedio = 0.057A$$

Al aplicar se obtiene el valor de corriente promedio de consumo de los dispositivos, con este valor se puede calcular la vida útil de la batería con la siguiente fórmula.

$$Vida de Batería = \frac{Capacidad de la batería}{Corriente promedio}$$

$$Vida de Batería = \frac{170 mAh}{0.057 A}$$

$$Vida de Batería = \frac{0.17A}{0.057 A}$$

$$Vida de Batería = 2.98$$

En lo que refiere al consumo del nodo coordinador, se puede mencionar que este dispositivo se diseñó para ser alimentado por una fuente externa desde la red eléctrica convencional, la única consideración es que la fuente de alimentación sea un cargador con un voltaje de 5v pero con una capacidad de corriente de 1.5 a 2 amperios, esto debido a que el dispositivo coordinador dispone de un módulo SIM800L, mismo que tiene un consumo de intensidad de 500 mA un valor algo elevado, por tanto requiere de una fuente que brinde la suficiente capacidad de corriente para el adecuado funcionamiento.

## Resultado

Para el prototipo del nodo sensor con los tiempos que se han dispuesto para su funcionamiento, se consiguió un tiempo de vida de la batería de 2 horas con 0.98 minutos lo que equivale a 58.8 segundos. Este tiempo de vida de la batería puede ser optimizado, si se desea alargar el tiempo de vida de la batería se puede hacer pruebas alargando el tiempo de reposo (Tidle) del arduino nano y reduciendo el tiempo de encendido del GPS, aplicando los valores en la fórmula que se indicó anteriormente, se puede poner tiempos que permitan mayor autosuficiencia energética en el nodo sensor, por ejemplo: si se configura el tiempo de funcionamiento  $T_{run}=30\text{seg}$  y el tiempo de reposo  $T_{idle}=1800\text{seg}$  (30min) se puede lograr alcanzar una duración de la batería de aproximadamente 7 horas.

### 4.1.7. Pruebas de integración

Una vez realizadas las pruebas de integración y funcionamiento de los prototipos de los nodos de la red de sensores y comprobado la integración de la red con la base de datos y la aplicación de software para el cliente, se procedió a comprobar el sistema en un entorno de estudio real, en este caso la aplicación de la red de sensores al monitoreo de un hato bovino determinado. Al inicio del proyecto se planteó la aplicación de la red de sensores inalámbricos al monitoreo del hato bovino del Centro Experimental San Francisco, sin embargo por la situación actual de la pandemia surgida por el virus del SARS-CoV-2 en el Ecuador, que a partir del mes de marzo puso a la población en confinamiento y distanciamiento social, haciendo que se dificulte las interacciones sociales e impidiendo que se pueda hacer las pruebas en el lugar antes indicado.

Por tal motivo las pruebas del sistema fueron realizadas en otro hato ganadero, donde se tuvo la posibilidad y el consentimiento del dueño de un hato ganadero para realizar la aplicación del sistema y comprobar su funcionamiento, en el siguiente apartado se expone los resultados que se obtuvieron de la prueba del sistema.

Para iniciar las pruebas en el hato ganadero de prueba, se adaptó las placas electrónicas de los nodos sensores en sus correspondientes cajas plásticas, el dispositivo final del nodo sensor fue adaptado al cuello del bovino mediante una correa hecha en un material de tela y la caja de plástico permite la protección contra la humedad o lluvia y para brindar una protección al circuito electrónico.



*Figura 76.* Dispositivo sensor adaptado como collar para el bovino.



*Figura 77.* Reses a monitorear con los dispositivos sensores.

Posteriormente se adecuó la placa electrónica del nodo coordinador en su correspondiente caja, el dispositivo final del nodo coordinador fue ubicado en un lugar que sea visible a los dispositivos sensores, con la finalidad de que exista una línea de vista entre los dispositivos y lograr así una comunicación inalámbrica entre estos, al igual que el dispositivo sensor, el uso de una caja permite la protección del circuito electrónico.

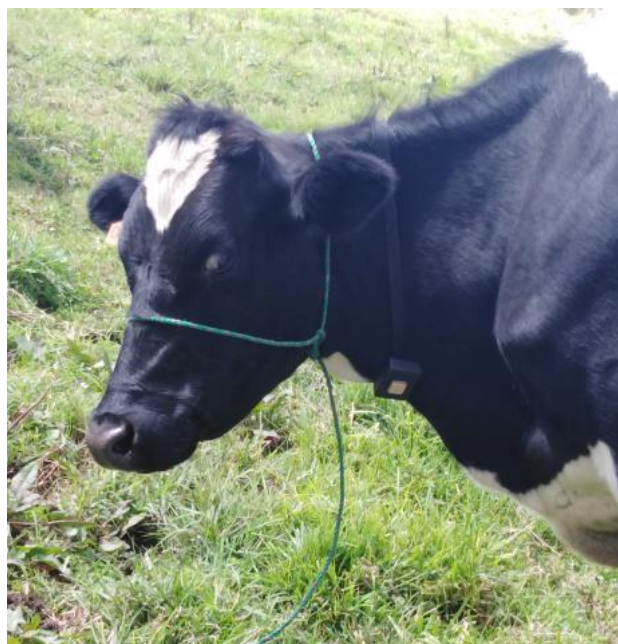


*Figura 78.* Vivienda en la que se instauró en dispositivo coordinador.



*Figura 79.* Dispositivo coordinador adecuado en una caja de protección.

El envío de información desde dispositivo sensor a la base de datos es la primera prueba, para esto se utilizó los dos dispositivos sensores adaptados como collar y se colocaron en dos bovinos para realizarles un monitoreo remoto.



*Figura 80.* Dispositivo sensor A colocado en el cuello del bovino.



Figura 81. Dispositivo sensor B colocado en el cuello del bovino.

Las primeras pruebas realizadas a los prototipos consistieron en la lectura de los datos de temperatura por parte del sensor LM35 y el posicionamiento por parte del dispositivo GPS, probar el envío de estas coordenadas a la base de datos y verificar que se estén guardando los datos en la base de datos que le corresponde.

idMedicion	idRed	idNodo	Latitud	Longitud	Temperatura	Fecha
1	123	A	0.8013	-77.8077	31.3	27-07-2020 - 12:35:09
2	123	B	0.8014	-77.8076	30.7	27-07-2020 - 12:36:51
3	123	A	0.8013	-77.8077	32.8	27-07-2020 - 12:38:47
4	123	B	0.8015	-77.8077	34.6	27-07-2020 - 12:40:51
5	123	A	0.8013	-77.8076	33.3	27-07-2020 - 12:43:12
6	123	B	0.8015	-77.8077	33.6	27-07-2020 - 12:45:18
7	123	A	0.8013	-77.8077	33.7	27-07-2020 - 12:47:49
8	123	B	0.8015	-77.8076	33.6	27-07-2020 - 12:49:43
9	123	A	0.8014	-77.8077	42	27-07-2020 - 12:51:55
10	123	B	0.8014	-77.8077	43.5	27-07-2020 - 12:53:16
11	123	A	0.8014	-77.8077	45.9	27-07-2020 - 12:57:09
12	123	B	0.8015	-77.8076	39	27-07-2020 - 12:58:33
13	123	A	0.8014	-77.8077	44	27-07-2020 - 13:00:52
14	123	B	0.8014	-77.8076	40	27-07-2020 - 13:03:00
15	123	A	0.8014	-77.8076	44.5	27-07-2020 - 13:05:16

Figura 82. Información registrada en la base de datos.

A continuación se realizó las pruebas en las interfaces de la aplicación de software, por tanto se realizó el ingreso de la información necesaria para poder realizar un monitoreo remoto del ganado.

Primeramente se hizo el ingreso a la aplicación web, luego se ingresó la información del lote al que se va a asignar un grupo de animales, y también se ingresó la información de los sensores y los bovinos empleados en las pruebas. Finalmente en el registro de pastoreo se designó los bovinos a un lote en específico y se designó a cada bovino un dispositivo sensor para su monitoreo.



BIENVENIDO ADMINCESF

Datos Generales de la Finca

Nombre\*

Dirección\*

Teléfono\*

[Actualizar Datos Finca](#)

Figura 83. Ingreso a la interfaz de la aplicación web.

BIENVENIDO ADMINCESF

Ver Lotes Ganado

Mostrar  registros Buscar:

N°	Lote Ganado	Detalle	Acción
1	LACTANTE	MAXIMO 9 MESES	<a href="#">✎</a> <a href="#">✖</a>
2	CRECIMIENTO I-DESTETE	MUY JOVENES	<a href="#">✎</a> <a href="#">✖</a>
3	VACA-TORO	ADULTOS	<a href="#">✎</a> <a href="#">✖</a>
4	LOTEPRUEBA	LOTE PARA REALIZAR PRUEBAS	<a href="#">✎</a> <a href="#">✖</a>

Mostrando registros del 1 al 4 de un total de 4 registros Anterior **1** Siguiente

Figura 84. Registrar información sobre el lote en la aplicación web.

Ver Bovinos

Reporte Columnas

Buscar:

N° ^	Codificación ⇅	Nombre ⇅	Sexo ⇅	Edad ⇅	Raza ⇅	Categoría ⇅	Color ⇅	Peso ⇅	Acción ⇅
1	JC101	ESPERANZA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	400Kg	
2	JC102	BLANCA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	390Kg	
3	JC103	SERRANO	M	3	Jersey	Torete	Marron	450Kg	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior **1** Siguiente

*Figura 85.* Registrar información de los bovinos en la aplicación web.

Ver Sensores Disponibles

Reporte Columnas

Buscar:

N° ^	Identificación del sensor ⇅	Identificación de la red ⇅	Fecha de activación sensor ⇅	Estado ⇅	Acción ⇅
1	A	123	27-07-2020	ACTIVO	
2	B	123	27-07-2020	ACTIVO	
3	C	123	27-07-2020	INACTIVO	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior **1** Siguiente

*Figura 86.* Registrar información de los sensores en la aplicación web.

Ver Bovinos en Pastoreo

Reporte Columnas

Buscar:

N° ^	Lote ⇅	Fecha ingreso a pastoreo ⇅	Bovino ⇅	id. Sensor ⇅	Fecha asignación del sensor ⇅	Acción ⇅
1	LOTEPRUEBA	20-07-2020	ESPERANZA	A	27-07-2020	
2	LOTEPRUEBA	20-07-2020	BLANCA	NO SENSOR	20-07-2020	
3	LOTEPRUEBA	20-07-2020	SERRANO	B	27-07-2020	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior **1** Siguiente

*Figura 87.* Registrar información sobre el pastoreo en la aplicación web.

Para comprobar que las mediciones están siendo realizadas por los dispositivos sensores, el usuario dispone de una interfaz gráfica, que le permite visualizar las mediciones y comprobar que estas son correctas.

BIENVENIDO ADMINCESF

Ver Mediciones

Mostrar 10 registros Buscar:

N°	Red	Sensor	Bovino	Medición	Fecha	Mostrar gráfica
1	123	B	SERRANO	34.6	27-07-2020 - 14:37:55	
2	123	A	ESPERANZA	40.6	27-07-2020 - 14:36:40	
3	123	B	SERRANO	34.1	27-07-2020 - 14:35:21	
4	123	A	ESPERANZA	33.3	27-07-2020 - 14:34:01	
5	123	B	SERRANO	35.1	27-07-2020 - 14:32:58	

Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 5 registros Anterior 1 Siguiente

Figura 88. Parámetros de temperatura enviados por los dispositivos sensores.

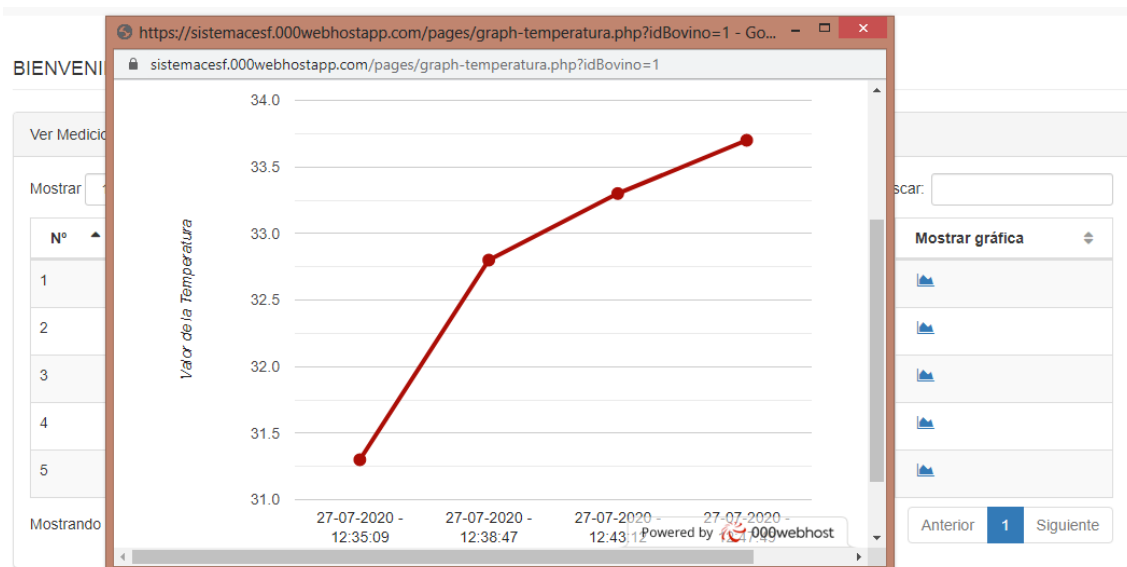


Figura 89. Gráfica de los datos de temperatura presentados en la aplicación web.

La aplicación web también dispone de una interfaz que informa al usuario sobre notificaciones que se presenten durante el monitoreo del ganado, esta ventana permite llevar un registro sobre los eventos presentados y almacenar estos en la base de datos del sistema, las alertas también se notifican al usuario por mensaje de texto, como se indica más adelante.

Ver Notificaciones del Monitoreo

Reporte

Buscar:

Nº	Red	Bovino	Alerta Presentada	Fecha de la Notificación	Motivo de la Alerta	Observación	Solución
1	123	ESPERANZA	ALERTA NODO: A NO ENCONTRADO	27-07-2020 - 14:39:32	Bateria del sensor agotada	Cambio de batería	
2	123	SERRANO	ALERTA EN EL NODO: B TEMP: 50.3	27-07-2020 - 13:51:53	Temperatura inadecuada en el animal	posible enfermedad	
3	123	SERRANO	ALERTA EN EL NODO: B TEMP: 51.5	27-07-2020 - 13:54:33	Temperatura inadecuada en el animal	Posible día caluroso	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior **1** Siguiente

*Figura 90.* Información registrada sobre notificaciones en la aplicación web.

En la ilustración se puede observar que la hora del evento fue a las 13:57 pm del día lunes 27 de julio, momento en el que la temperatura tomada por el dispositivo sensor (con identificador B) alcanzó un valor elevado y generó una alerta, la misma que se notificó al usuario por medio del envío de un SMS al teléfono del propietario, también se puede observar el momento en el que el dispositivo coordinador no encontró lecturas desde el dispositivo sensor (con identificador A), lo que generó una alerta, la misma que se notificó al usuario por medio del envío de un SMS al teléfono del propietario.



*Figura 91.* Recepción del SMS en smartphone del cliente.

Finalmente para comprobar que las ubicaciones que envían los dispositivos sensores son correctas, se realizó el ingreso a la interfaz gráfica, misma que emplea una capa de mapa perteneciente a OpenStreetMap y se confirma que la información arrojada por los dispositivos en lo referente a la localización geográfica es apropiada.

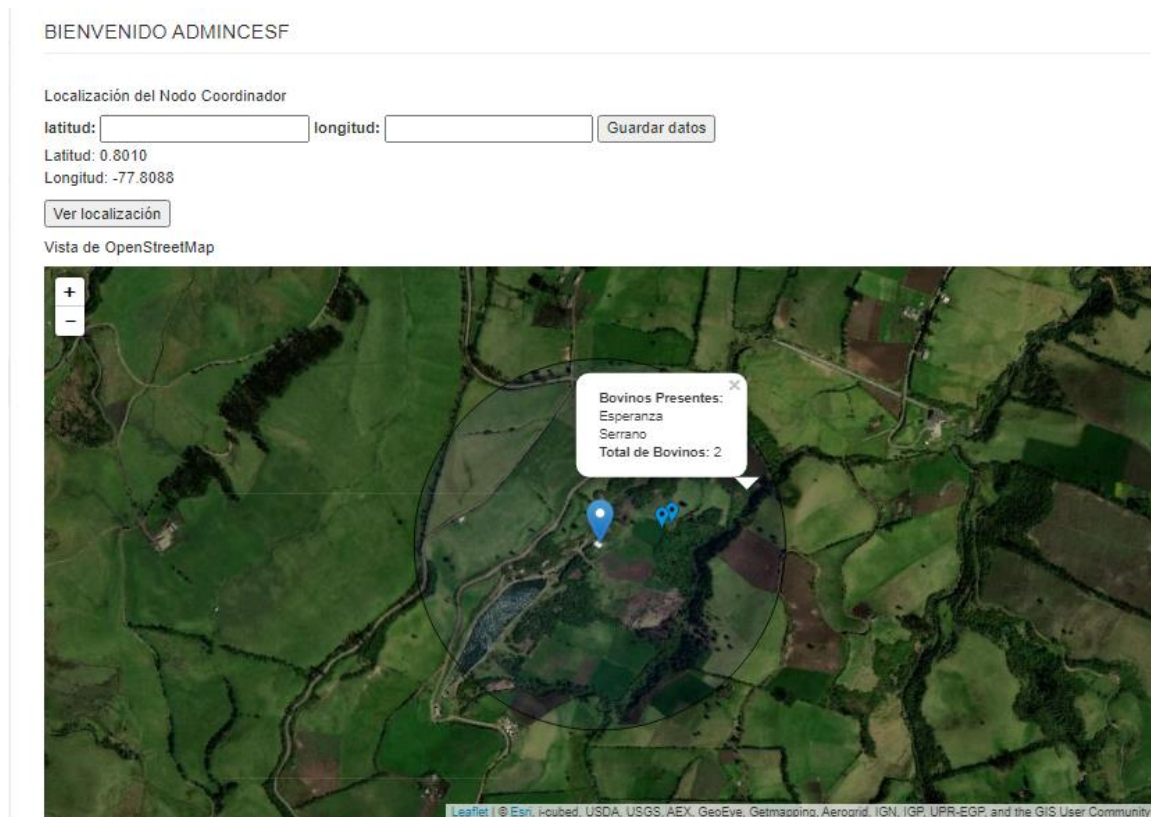


Figura 92. Parámetros de localización enviados por los dispositivos sensores.

## Resultado

De acuerdo a los resultados de las pruebas efectuadas a la aplicación web, usando las diferentes interfaces para el manejo de la información, se puede afirmar que la aplicación cumplió adecuadamente con las funciones principales en cuanto al manejo de la información, tales como el ingreso, la consulta, la modificación y la eliminación de información desde la aplicación web, la misma que sirve de medio entre el usuario y la base de datos.

#### 4.1.8. Pruebas del sistema

##### 4.1.8.1. Análisis de resultados del funcionamiento del sistema

Al haber realizado las pruebas unitarias y obtenido un resultado satisfactorio en su funcionamiento, se procedió a analizar los diferentes componentes que conforman el sistema; como la red de sensores inalámbricos y la aplicación web. Así como también las principales características que se presentan durante su funcionamiento.

Para este análisis se tomó en consideración los aspectos considerados en el levantamiento de requerimientos que se realizó al inicio del proyecto, el análisis se detalla en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Análisis de resultados del funcionamiento total del sistema.

Característica	Resultado		
	Bueno	Regular	Malo
GENERAL			
Empleo de Software y hardware de uso libre	✓		
Disponibilidad y acceso al sistema desde internet	✓		
Presentación visual y comprensible de datos	✓		
Costo de instalación y operación conveniente		✓	
DISEÑO HARDWARE			
Placa prototipo para el nodo coordinador	✓		
Placa prototipos para el nodo sensor	✓		
CONFIGURACIÓN DE DISPOSITIVOS			
Configuración del nodo coordinador	✓		
Configuración del nodo sensor	✓		
TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS			
Transmisión mediante modo terminal	✓		
Recepción mediante modo terminal	✓		
Transmisión de la trama de datos	✓		
Recepción de la trama de datos	✓		

---

## COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Comunicación entre nodos inalámbricos	✓
Comunicación Inalámbrica usando red celular	✓
Realizar un sensado a todos los nodos de la red	✓
Cobertura de la red	✓
Escalabilidad de la red	✓
Confiabilidad de la red	✓
Seguridad de la red	✓

## APLICACIÓN SOFTWARE

Implementación de las páginas en el webhost	✓
Conexión entre la aplicación y la base de datos	✓
Funcionamiento de la base de datos	✓
Funcionamiento de Interfaces	✓
Funcionamiento desde la Web	✓
Seguridad ante uso desautorizado	✓

## DESEMPEÑO (PERFORMANCE)

Toma de la temperatura corporal del animal	✓
Adquisición de la localización por GPS	✓
Alimentación portable para dispositivos sensores	✓
Consumo optimizado de energía	✓

## DISEÑO FÍSICO

Tamaño reducido de los dispositivos	✓
Dispositivo sensor adaptable al bovino	✓

---

### Resultado

Las pruebas realizadas a las partes que integran al sistema, tales como la red de sensores inalámbricos, la base de datos y la aplicación de software, muestran que su funcionamiento es adecuado para su implementación dentro del proceso de monitoreo de ganado bovino, las pruebas determinaron que las lecturas de la red fueron estables y al ejecutar la aplicación web para gestionar y visualizar la información se obtuvo resultados favorables.

Por tanto se afirma que el sistema cumplió con los requerimientos planteados en el proyecto como es la identificación, el registro y el monitoreo del ganado bovino. También en el apartado de Anexos se presenta el plan de pruebas que se realizó a la aplicación web, donde se evaluó el rendimiento y la estabilidad de la aplicación en función a peticiones de tipo HTTP, simulando un escenario de uso simultáneo de usuarios.

#### 4.1.9. Prueba de validación

##### 4.1.9.1. Test para la validación de la calidad de la aplicación web

Para obtener la validación de la aplicación web, se aplicó un cuestionario al administrador del Centro Experimental San Francisco, pues fue la persona con quien se inició el desarrollo del proyecto y se encuentra al corriente sobre los requerimientos que se consideraron para el desarrollo de la aplicación de software, en el apartado de Anexos se presenta el formato del cuestionario que se aplicó. Para poder realizar la validación de la aplicación web, se debe considerar los diversos indicadores de calidad, los mismos que sirven para conocer o valorar las características principales que se pueden evaluar en el funcionamiento de la aplicación web, entre los indicadores evaluados se tiene; usabilidad, confiabilidad, seguridad, entre otros. A continuación se detalla el resultado obtenido del test para la validación de la calidad de la aplicación web.

**Tabla 18.** Test para la validación de la calidad de la aplicación web

Cualidad	Importancia	Preguntas para evaluar el atributo	Respuesta	
			Si	No
Correctitud	fundamental	¿Cumple la aplicación web con los objetivos por los cuales fue desarrollada?	X	
		¿Es sencilla de entender y manejar la aplicación web?	X	
		¿Es sencillo buscar y filtrar información dentro de la aplicación web?	X	
Usabilidad	fundamental			

---

		¿Son intuitivos y cómodos los menús, los botones, los cuadros de diálogo, los formularios y las ventanas de las interfaces de la aplicación web?	X
Documentación	esperable	¿La documentación de ayuda al usuario de la aplicación web es adecuada?	X
Compatibilidad	esperable	¿Los reportes que genera la aplicación están en archivos compatibles con aplicaciones de uso común y popular (por ejemplo: pdf, doc, xls)?	X
Comprensibilidad	esperable	¿Puede comprender fácilmente las funciones que realiza la aplicación web?	X
Confiabilidad	fundamental	¿Cómo usuario final considera que la aplicación web es confiable?	X
Eficiencia	fundamental	¿Es capaz la aplicación web de procesar/almacenar datos de manera eficiente?	X
Funcionalidad	fundamental	¿La aplicación web brinda las funciones necesarias para llevar un registro básico del ganado y un monitoreo del mismo?	X
Portabilidad	esperable	¿Es fácil el acceso a la aplicación web mediante internet?	X
Recuperabilidad	fundamental	¿Reacciona bien la aplicación web ante situaciones o casos no previstos durante su uso?	X
Seguridad	fundamental	¿Los datos que almacena la aplicación web se encuentran alojados en un sitio o sistema seguro?	X

---

#### Resultado

Los resultados obtenidos del test para la validación de la calidad de la aplicación web, muestran que el funcionamiento de la aplicación de software que ha sido desarrollada para el registro y monitoreo del ganado bovino presenta un alto grado de efectividad en su funcionamiento.

Demostrando que la aplicación web cumple con las expectativas para la cual fue diseñada, en lo referente al acceso de información recolectada por la red de sensores, al acceso y registro de información correspondiente al control del ganado bovino y una facilidad de uso para el usuario.

#### 4.1.10. Factibilidad técnica y económica

En este apartado se analizó el costo económico que conlleva el desarrollo del sistema, para este fin se divide el costo en varias secciones, en una sección se detalla los costos tanto de hardware como de software y en otra los costos para la implementación, posteriormente se analizó el costo beneficio final que conlleva el desarrollo de este sistema.

##### 4.1.10.1. Costo de hardware de los dispositivos

El prototipo electrónico del nodo sensor requiere de varios componentes y/o módulos, a continuación se detalla en una tabla los componentes utilizados, donde se presenta el costo unitario de cada uno para posteriormente calcular el costo total.

**Tabla 19.** Costo de los prototipos del nodo sensor.

<b>Componentes electrónicos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Subtotal</b>
Arduino Nano	2	\$10.00	\$20.00
Módulo XBee	2	\$40.00	\$80.00
Módulo GPS NEO-6M	2	\$15.10	\$30.20
Sensor LM35	2	\$2.00	\$4.00
Regulador LM7805	2	\$0.63	\$1.26
Batería Recargable 170mAh - 8.4V	2	\$10.00	\$20.00
Pines Header	2	\$0.50	\$1.00
Resistores	2	\$0.05	\$0.10
Condensadores	4	\$0.14	\$0.56
Transistor NPN	1	\$0.46	\$0.46
Adaptador XBee	2	\$4.50	\$9.00
<b>SUB-TOTAL</b>			<b>\$166.58</b>
<b>IVA</b>			<b>\$19.98</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$186.56</b>

A partir de la tabla anterior se puede determinar que el costo individual del nodo sensor es de **\$93.28**. Para el prototipo electrónico del nodo coordinador de igual manera requiere de varios componentes y/o módulos, a continuación se detalla en una tabla los componentes utilizados, donde se presenta el costo unitario de cada uno para posteriormente calcular el costo total.

**Tabla 20.** Costo del prototipo del nodo coordinador.

<b>Componentes electrónicos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Subtotal</b>
Arduino Uno	1	\$10.00	\$10.00
Módulo XBee	1	\$40.00	\$40.00
Módulo Usb Xplorer Para Xbee	1	\$8.00	\$8.00
Módulo SIM800L	1	\$19.00	\$19.00
Bornera 2 pines	1	\$0.22	\$0.22
Pines Header	1	\$0.50	\$0.50
Adaptador XBee	1	\$4.50	\$4.50
Resistores	2	\$0.05	\$0.10
Cargador de 5v – 2A	1	\$3.50	\$3.50
SUB-TOTAL			\$85.82
IVA			\$10.29
TOTAL			\$96.11

#### 4.1.10.2. Costo de infraestructura

Estos costos toman en cuenta los elementos que fueron necesarios para la construcción e instalación de los prototipos de los nodos empleados para el funcionamiento de la red, en la Tabla 21 se puede observar más detalladamente los costos.

**Tabla 21.** Costo de Infraestructura.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Carcasas de plástico para prototipo del nodo sensor.	2	\$2.00	\$4.00
Carcaza de plástico para prototipo del nodo sensor.	1	\$2.00	\$2.00
Cinturón de tela para collares	2	\$3.00	\$6.00

Elaboración de la PCB para prototipo del nodo sensor.	2	\$4.00	\$8.00
Elaboración de la PCB para prototipo del nodo sensor.	1	\$4.00	\$4.00
Kit para soldadura blanda (estaño, pasta, cautín, desoldador)	1	\$12.00	\$12.00
Consumo energía eléctrica	1	\$1.00	\$1.00
Consumo internet	1	\$1.00	\$1.00
Imprevistos	1	\$4.00	\$4.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$30.00</b>

#### 4.1.10.3. Costo de software

Para el desarrollo del sistema planteado, se usó varios tipos de software, unos enfocados al diseño electrónico, al desarrollo de programación, al procesamiento de texto, etc. Por tal motivo se consideró utilizar software de código abierto y también de libre descarga, en la Tabla 22 se detalla el costo del software empleado en este proyecto.

**Tabla 22.** Costo de Software.

<b>Elementos de Software</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Proteus Design Suite	1	\$0.00	\$0.00
IDE Arduino	1	\$0.00	\$0.00
Atom Editor	1	\$0.00	\$0.00
X-CTU	1	\$0.00	\$0.00
CupCarbon	1	\$0.00	\$0.00
PHP	1	\$0.00	\$0.00
MySQL	1	\$0.00	\$0.00
MySQL Workbench	1	\$0.00	\$0.00
Microsoft Office Suite	1	\$0.00	\$0.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$0.00</b>

#### 4.1.10.4. Costo de implementación del sistema

En la Tabla 23 se presenta en resumen la inversión total para la elaboración e implementación del sistema propuesto, considerando los aspectos tanto de hardware, software e infraestructura, además en estos costos se considera adicional el costo de telefonía móvil para el envío de los datos a través de internet móvil y el envío de los mensajes SMS.

**Tabla 23.** Costos de implementación.

<b>Descripción</b>	<b>Subtotal</b>
Costo de hardware (2 nodos sensores y 1 nodo coordinador)	\$282.67
Costo de Infraestructura	\$30.00
Costo de Software	\$0.00
Tarjeta SIM (movistar)	\$2.50
Recarga de saldo a celular	\$5.00
Servicio de WebHost	\$0.00
Servicios Profesionales	\$400.00
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>\$720.17</b>

#### 4.1.10.5. Relación costo beneficio (RBC)

Este parámetro es útil para la evaluación de proyectos. Si el proyecto es rentable la relación costo-beneficio es mayor a la unidad. A continuación, se indica la fórmula utilizada;

$$\frac{RB}{C} = \frac{\text{valor actualizado de los beneficios}}{\text{valor actualizado de los costos}}$$

El valor actualizado de los beneficios corresponde al precio del ganado a proteger, el número de cabezas de ganado para la prueba del sistema propuesto fue de 2 bovinos, donde cada animal tiene un valor estimado de \$750 dólares, por tanto el valor del ganado a proteger es de \$1500 dólares. El valor actualizado de los costos del sistema diseñado que previene el robo de ganado es de \$720.17 dólares.

$$\frac{RB}{C} = \frac{1500}{720} = 2.08$$

La relación costo-beneficio del proyecto tiene un valor de 2,08. Por consiguiente el resultado es mayor que 1, lo que significa que los beneficios son mayores a los sacrificios (costos) y, en consecuencia, el proyecto trae consigo un beneficio social. El análisis de VAN y TIR no se calcula debido a que el proyecto no genera una nueva fuente de ingresos para el negocio.

#### 4.1.10.6. Comparación con otros sistemas

La actividad ganadera aporta en el desarrollo de los países, y un importante porcentaje de la población en cada país se vincula a este sector y lo ejerce como actividad económica, más aún, en territorios con potenciales aptitudes de dedicación agropecuaria. Y es por tal razón que varios países han emprendido avances tecnológicos que buscan mejorar la producción ganadera, estos avances tecnológicos han permitido diseñar mecanismos y herramientas innovadoras que pueden servir de apoyo al sector agropecuario.

Hoy en día se han desarrollado varios sistemas monitoreo aplicados a la ganadería, varios de estos hacen uso de tecnologías como radiofrecuencia y localización GPS para llevar un control del ganado y su producción, las ventajas de este tipo de sistemas de monitoreo y seguimiento del ganado han llevado a la aparición de varias soluciones comerciales. Algunos ejemplos relevantes son Digitanimal, Traxto y Cowlar, soluciones comerciales que tienen como objetivo monitorear el ganado buscando de esta manera mejorar la productividad del mismo. Cabe indicar que estos productos son escasos en detalles y solo es posible tener detalles generales del producto o servicio, la Tabla 24 presenta un resumen de las soluciones tecnológicas antes mencionadas.

**Tabla 24.** Comparativa de soluciones tecnológicas enfocadas al monitoreo de ganado.

<b>Atributos</b>	<b>Sistema de control GPS</b>	<b>Contratación de Servicio rastreo satelital</b>	<b>Sistema de control de mediante radio frecuencia</b>
<b>Solución tecnológica</b>	Localizador solar de ganado de MOVILTECNO	Localizador GPS para ganado de TRAXTO	Collar de monitoreo de Inteligente de COWLAR

<b>Característica de funcionamiento</b>	Cada localizador requiere sim GSM.	Costo anual para conectividad a la red.	El router principal usa conectividad celular para pasar los datos a los servidores.
<b>Toma de datos</b>	SI	SI	SI
<b>Cobertura</b>	Tecnología 2G de amplia cobertura.	Tecnología 2G de amplia cobertura.	2 Millas de Rango
<b>GPS</b>	SI	SI	SI
<b>SMS</b>	SI	SI	SI
<b>Registro de datos</b>	SI	SI	SI
<b>Almacenamiento en Nube</b>	NO	SI	SI
<b>Disponibilidad</b>	España	España	Estados Unidos
<b>Costo en país de origen</b>	€159,60 (Cada unidad)	€130,00 (Cada unidad) + €50 anuales	\$99 (Cada unidad)

Los sistemas analizados prestan servicios de monitoreo y localización utilizando radiofrecuencia o GPS, además la aplicación de software y las bases de datos que registran la información forman parte de plataformas digitales que son administradas por las mismas empresas que ofertan el producto y por tanto también son encargadas del soporte del producto tanto del software como de los dispositivos hardware, en cuanto a costos el valor depende de la cantidad y calidad de servicio que el cliente acuerda con la empresa. Actualmente en el Ecuador este tipo de soluciones tecnológicas no se comercializan, y en el caso de importar el producto representaría una gran inversión para el productor ganadero.

## 4.2. DISCUSIÓN

En los últimos tiempos con el avance tecnológico han surgido diversas soluciones tecnológicas tanto en el ámbito académico como comercial, que tienen como objetivo implementar un monitoreo remoto en el ganado utilizando las últimas tecnologías. Por lo general, estas soluciones se dividen en tres tipos principales de monitoreo, que pueden ser; Contratación de servicio de rastreo satelital, Sistema de seguimiento GPS y Sistema de control mediante radiofrecuencia, si bien cada una cumple con su objetivo de monitorear la localización de un objeto o entidad, cada una tiene sus ventajas y desventajas, donde queda a criterio del usuario cual se adapta más a su requerimiento.

Considerando que en esta investigación se desarrolló una alternativa tecnológica potencialmente viable para afrontar el problema del monitoreo y seguimiento del ganado bovino. Por tanto se estudió, seleccionó y evaluó tecnologías tales como ZigBee, GPS, GSM/GPRS y elementos de hardware y software de código abierto, para hacer posible el desarrollo de una herramienta tecnológica que brinde al usuario la capacidad de registrar de manera eficiente los datos de importancia de los animales y le permita también realizar un monitoreo frecuente de datos respecto a la localización geográfica del ganado a través de un seguimiento GPS y un monitoreo de la temperatura corporal de los bovinos mediante el uso de un sensor de temperatura. Si bien los elementos que se emplearon para la monitorización de la temperatura y la localización, no son elementos alta precisión y rendimiento. En general, estos elementos tienen un adecuado y estable comportamiento en su funcionamiento, además de entregar mediciones razonablemente precisas, para el sensor de temperatura LM35 mediciones obtenidas en grados centígrados y para el receptor GPS NEO-6M mediciones obtenidas en coordenadas geográficas de latitud y longitud.

Al finalizar el presente trabajo de investigación se puede afirmar que un sistema de monitoreo basado en una red de sensores inalámbricos, representa una buena solución para implementar un monitoreo electrónico a costos accesibles. Y de esta manera contribuir a problemas tan comunes para el sector ganadero como el abigeato, de igual manera se apoya a mejorar la producción ganadera mediante el ahorro de recursos y tiempo. Y se aporta con una herramienta tecnológica que permita realizar un monitoreo remoto con el objetivo de llevar a cabo un mejor cuidado del ganado.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

La realización del análisis bibliográfico permitió tener en consideración los conceptos teóricos y los criterios técnicos necesarios para el correcto diseño y desarrollo de un sistema que considere el registro de ganado bovino y la vinculación de una red de sensores inalámbricos para la identificación y monitoreo individual de los animales.

Durante el análisis de información en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC, se encontró la posibilidad de desarrollar una herramienta tecnológica alternativa, que mediante el uso de tecnologías actuales pueda brindar solución a problemas o en su caso mejorar a procesos efectuados de manera tradicional, para el presente caso la mejora del monitoreo del ganado bovino.

El uso de la metodología Modelo en V en el desarrollo del proyecto ayudó a diseñar la arquitectura tecnológica adecuada para el funcionamiento del sistema propuesto. El hecho de que el modelo en V conste de dos fases dedicadas al diseño exclusivamente, hizo posible determinar los elementos de hardware necesarios para la elaboración de los prototipos electrónicos de la red de inalámbrica. Así como también determinar las herramientas de software necesarias para la elaboración de la aplicación informática, y de esta manera cumplir con los requerimientos planteados.

Se diseñó y construyó los prototipos electrónicos que conformarán la red de sensores inalámbricos, la misma que utiliza una topología tipo estrella y basa su funcionamiento en la tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee. La red de sensores inalámbricos permitió llevar a cabo un adecuado y efectivo monitoreo del hato ganadero, a través de la supervisión de la temperatura corporal en cada bovino e información respecto a la localización del mismo en un predio de forma frecuente, y de esta manera poder prevenir riesgos en el ámbito de la salud y de la seguridad del ganado.

Se diseñó una aplicación informática que permite al usuario acceder a la información recopilada y almacenada por los nodos sensores desde una base de datos. La integración de la aplicación informática con la red de sensores forman un sistema capaz de monitorear los parámetros de localización y temperatura corporal del ganado bovino, dando como resultado una herramienta de apoyo para el proceso de monitoreo ganadero.

Las pruebas realizadas al sistema, con respecto a la red de sensores y a la aplicación informática determinan que el sistema cumple con los fines para los cuales fue desarrollado. En cuanto a la red de sensores, se obtiene de manera satisfactoria la medición de datos relacionados con la ubicación geográfica y temperatura corporal del ganado bovino. Por su parte la aplicación web permite la adecuada recolección, almacenamiento y procesamiento de la información necesaria para llevar a cabo el registro y monitoreo de los bovinos. A partir de los resultados de las pruebas, se determina que el sistema pudo satisfacer los requerimientos propuestos para el desarrollo del proyecto.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

El uso de herramientas de uso libre, tanto en hardware como en software es recomendable para la creación de este tipo de prototipos, debido a que el uso de herramientas y tecnologías de código abierto no representan un costo elevado en el desarrollo de cualquier proyecto tecnológico, lo que conlleva que sea accesible la implementación del proyecto a futuro.

Para la implementación de la red de sensores inalámbricos en un entorno determinado, se debe tomar en cuenta obstáculos u otras interferencias que puedan existir, se debe ubicar los dispositivos XBee a una distancia aceptable y tratando que tengan la mayor línea de vista posible, con la finalidad de lograr que las comunicaciones sean eficientes. Además los dispositivos electrónicos deben ser colocarlos en cajas resistentes para protegerlos del ambiente exterior.

Antes de implementar el prototipo de la red es necesario realizar una evaluación de la cobertura móvil en la zona donde se va a implementar el prototipo de la red, debido a que el nodo coordinador debe contar con este medio de comunicación para establecer una conexión con el webhost y así realizar el envío de datos a través de peticiones http y el posterior almacenamiento de estos en la base de datos. A partir de la disposición de la cobertura móvil en la zona, se podría determinar la operadora (Claro, Movistar, CNT) y el tipo de SIM que se usara en el módulo GSM/GPRS del nodo coordinador.

El tiempo de vida de la batería usada en el prototipo del nodo sensor puede ser optimizada, lo que lleva a un futuro análisis técnico en lo referente a su consumo energético, debido a que la batería con las configuraciones actuales en el nodo sensor brinda una autonomía de energía de 2 horas con 58 segundos. Si se desea alargar el tiempo de vida de la batería se recomienda hacer pruebas alargando el tiempo de reposo (Tidle) del arduino nano y reduciendo el tiempo de encendido (Trun) del GPS del dispositivo sensor. Modificando estos tiempos y aplicando los valores en la fórmula que se indicó en el documento, se podría obtener mayor autosuficiencia energética en el dispositivo sensor o en su caso se recomienda probar con una batería de capacidad de corriente mayor a 170mAh, que es la batería que se utilizó en los dispositivos sensores de la red inalámbrica para este presente trabajo investigativo.

El prototipo del dispositivo sensor ha sido elaborado para ser adaptado al cuello del bovino a manera de collar, por tanto existe el riesgo que la correa de tela o cuero pueda ser cortada por terceras personas, haciendo que el dispositivo sensor pierda en cierto grado su funcionalidad. En este sentido se puede optar por la estrategia de implementar una cinta electroplástica como correa de sujeción del collar, con la finalidad de lograr realizar una prolongación de una de las conexiones del sensor de temperatura, haciendo posible que el dispositivo sensor detecte el corte de la señal del sensor de temperatura, y por tanto pueda darse la alerta de temperatura desde el nodo coordinador hacia el usuario correspondiente, logrando minimizar el riesgo de desprender el collar del bovino por personas no autorizadas.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. (2018). *Sistema de monitorización y control de ganado vacuno por medio de tecnología inalámbrica para prevención de abigeato* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica De Ambato. Recuperado de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28807/1/Tesis\\_t1484ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28807/1/Tesis_t1484ec.pdf)
- Arduino. (2018). ¿Que es Arduino? Recuperado 18 de julio de 2019, de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Asamblea Nacional de Ecuador. (2010). *Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)*, Quito: Asamblea Nacional del Ecuador.
- Baruselli, P. (2018). Sin tecnología, la ganadería no es sustentable. Recuperado 6 de octubre de 2020, de <https://www.contextoganadero.com/blog/sin-tecnologia-la-ganaderia-no-es-sustentable>
- Boaventura, C., Peña, E., Verdecia, P., & Fustiel, Y. (2016). Elección entre una metodología ágil y tradicional basado en técnicas de soft computing. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10, 145-158. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992016000500011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000500011)
- Cabezas, E., Naranjo, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica* (1.ª ed.; D. Aguirre, Ed.). Sangolquí: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado de [http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion a la Metodologia de la investigacion cientifica.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion_a_la_Metodologia_de_la_investigacion_cientifica.pdf)
- Campaña, S., Cabrera, H., Cervelion, A., & Aguirre, A. (2019). Capítulo 1: Las redes de sensores inalámbricas, arquitectura y aplicaciones. En *Redes de sensores inalámbricas (WSN)* (pp. 1-76). E - Libros Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/3191>

- Candia, A., & Varela, L. (2017). *WSN para servicios públicos metropolitanos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de La Plata. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/75748>
- Castro, A. (2016). Diferencias entre Cloud Computing, Hosting y Hospedaje Coubicado. Recuperado 8 de octubre de 2020, de <https://www.inbest.cloud/comunidad/diferencias-entre-cloud-computing-hosting-y-hospedaje-coubicado>
- Chacha, K. (2018). *Rendimiento de producción en el desarrollo económico de las pequeñas empresas ganaderas del Cantón Mejía* (tesis de pregrado). Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14747>
- Chávez, D. (2019). Dispositivo de identificación electrónica, una herramienta ideal para la administración y trazabilidad efectiva del ganado. Recuperado 18 de agosto de 2019, de <https://infonegocios.com.py/infoganaderia/dispositivo-de-identificacion-electronica-una-herramienta-ideal-para-la-administracion-y-trazabilidad-efectiva-del-ganado>
- Cillero, M. (2020). Pruebas. Recuperado 10 de agosto de 2020, de Mi Circunstancia Digital website: <https://manuel.cillero.es/doc/metodologia/metrica-3/tecnicas/pruebas>
- Dávila, M., Pérez, J., Mantilla, W., & Moreno, J. (2016). Diseño de una red inalámbrica con tecnología zigbee para la implementación de un sistema domótico. *Revista de ciencia e ingeniería del Instituto Tecnológico Superior De Coatzacoalcos*, 3, 415-420. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/311207799\\_Disenio\\_de\\_una\\_red\\_inalambrica\\_tipo\\_ZigBee\\_para\\_la\\_implementacion\\_de\\_un\\_sistema\\_domotico](https://www.researchgate.net/publication/311207799_Disenio_de_una_red_inalambrica_tipo_ZigBee_para_la_implementacion_de_un_sistema_domotico)
- Delgado, H. (2019). Bases de datos ¿Qué son? - Tipos, modelos y ejemplos. Recuperado 10 de octubre de 2020, de <https://disenowebakus.net/bases-de-datos.php>
- Delgado, H. (2020). ¿Qué es MySQL? la base de datos más popular del mundo. Recuperado 12 de octubre de 2020, de <https://disenowebakus.net/mysql.php>

- Digi. (2018). Digi XBee / XBee-PRO DigiMesh 2.4 Modules. Recuperado 8 de agosto de 2019, de <https://www.digi.com/support/supporttype?type=documentation>
- Digi. (2019). XCTU Next Generation Configuration Platform for XBee/RF Solutions. Recuperado de <https://www.digi.com/products/embedded-systems/digi-xbee/digi-xbee-tools/xctu>
- Fernandez, P. (2019). Identificación de etapas del ciclo de desarrollo de software donde la implementación de medidas de seguridad es crítica. *Next International Business School*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12409.01126>
- Gallacher, M., & Justo, A. (2016). Uso de TICs en el sector agropecuario con énfasis en el subsector agrícola de Argentina, Uruguay, República Dominicana y Costa Rica. *Inta*. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_uso\\_tics\\_sector\\_agropecuario\\_énfasis\\_subsector\\_agricola\\_argentina\\_uruguay\\_dominicana\\_costarica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_uso_tics_sector_agropecuario_énfasis_subsector_agricola_argentina_uruguay_dominicana_costarica.pdf)
- García, F., & García, A. (2018). *Ingeniería de Software I, Tema 3: Modelos de Proceso*. Research Group University of Salamanca. Recuperado de [https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/1142/1/IS\\_I Tema 3 - Modelos de Proceso.pdf](https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/1142/1/IS_I Tema 3 - Modelos de Proceso.pdf)
- Grupo SanValero. (2016). UD3 Sistemas de Comunicaciones. En *Radiofrecuencia*. Grupo SanValero. Recuperado de [http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Radiofrecuencia/UD3\\_SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES/UD3\\_1\\_SISTEMAS DE COMUNICACIONES.pdf](http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Radiofrecuencia/UD3_SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES/UD3_1_SISTEMAS DE COMUNICACIONES.pdf)
- Guerrón, J. (2017). *Análisis del desarrollo tecnológico y su incidencia en la productividad lechera en el Cantón San Pedro de Huaca de la Provincia del Carchi durante el periodo 2015-2016*. (tesis de postgrado). Universidad Tecnológica Indoamérica. Recuperado de <http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/705/1/TESIS GUERRÓN REASCOS JOSÉ MARÍA.pdf>

- Lomillos, J., Alonso, M., García, J., & Gaudioso, V. (2017). Monitorización del ganado lidia con tecnología GPS-GPRS; estudio del comportamiento en pastoreo y la distribución espacial. *Veterinaria México OA*, 4(4). <https://doi.org/10.21753/vmoa.4.4.405>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP]. (2016). *La Política Agropecuaria Ecuatoriana: Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*. Quito. Recuperado de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/05/01PPP2016-POLITICA01.pdf>
- Marín, R. (2019). Los gestores de bases de datos más usados en la actualidad. Recuperado 9 de septiembre de 2020, de <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>
- Mosquera, M. (2018). *Sistema de registro de la Raza Carora*. Recuperado de <https://es.calameo.com/read/005199328e471cda31b52>
- Olarte, L. (2018). Lenguaje de Programación. Recuperado 10 de octubre de 2019, de <http://conogasi.org/articulos/lenguaje-de-programacion/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2016). La ganadería, fuerza impulsora de la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Recuperado 8 de octubre de 2020, de <http://www.fao.org/3/v8180t/v8180T09.htm#TopOfPage>
- Pezo, D. (2018). *Plataforma Latinoamericana y del Caribe para la Intensificación Sostenible de la Ganadería*. Costa Rica. Recuperado de <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2019/10/Plataforma-Ganadera-FINAL-con-ediciónsep2019.pdf>
- Quezada, P., Chango, P., López, J., Pacheco, F., & Enciso, L. (2017). Diseño de una red de sensores inalámbricos de temperatura e iluminación para laboratorios gastronómicos bajo principios de la metodología ágil Scrum. *Revista Espacios*, 14. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n46/a17v38n46p14.pdf>

- Red Española de Universidades Saludables [REUS]. (2011). *Propuesta de documento de marco de actuación*. España. Recuperado de <https://servicios.unileon.es/reus/files/2011/07/Documento-Marco-REUS.pdf>
- Rodríguez, L. (2017). *Python Programación* (3.<sup>a</sup> ed.). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de [http://blog.espol.edu.ec/ccpg1001/files/2017/05/PYTHON\\_PROGRAMACION\\_V3\\_0.pdf](http://blog.espol.edu.ec/ccpg1001/files/2017/05/PYTHON_PROGRAMACION_V3_0.pdf)
- Rosero, D. (2018). *Soluciones tecnológicas de localización del ganado bovino en la parroquia lagarto* (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Esmeraldas. Recuperado de <https://repositorio.pucese.edu.ec/handle/123456789/1464>
- Rueda, J., & Talabera, J. (2017). Similitudes y diferencias entre Redes de Sensores Inalámbricas e Internet de las Cosas: Hacia una postura clarificadora. *Revista Colombiana de Computación*, 18(2), 58-74. <https://doi.org/10.29375/25392115.3218>
- Ruiz, J. (2016). *Monitoreo en la ganadería bovina a través de redes gsm/gprs* (tesis de pregrado). Universidad Santo Tomas De Aquino. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/1126?mode=full>
- Salazar, J. (2016). Redes Inalámbricas. *TechPedia*, 40. Recuperado de <http://techpedia.fel.cvut.cz/es/single/?objectId=9>
- Salgado, T. (2017). *Costos económicos de emplear buenas prácticas ambientales en la actividad ganadera primaria bovina de producción de leche*. Recuperado de [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14486/Disertación Tania Salgado.pdf](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14486/Disertación_Tania_Salgado.pdf)
- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.

- Terán, G., & Cobo, R. (2017). Factores de gestión determinantes en las explotaciones lecheras de la provincia de Carchi, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(2). Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v51n2/cjas02217.pdf>
- Turrado, J. (2020). ¿Qué tipos de pruebas de software son habituales para un desarrollador? Recuperado 10 de agosto de 2020, de <https://www.campusmvp.es/recursos/post/que-tipos-de-pruebas-de-software-son-habituales-para-un-desarrollador.aspx>
- Valarezo, M., Honores, J., Gómez, A., & Vines, L. (2018). Comparación de tendencias tecnológicas en aplicaciones web. *3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 7(3), 28-49. <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n3e27.28-49/>
- Velasco, B. (12 de febrero de 2020). El robo de ganado deja un perjuicio millonario en el sector. *El Comercio*. Recuperado de <https://www.elcomercio.com/actualidad/robo-ganado-perdidas-litoral-produccion.html>
- Vélez, L. (2019). *Gestión de Bases de Datos* (1.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de [https://gestionbasesdatos.readthedocs.io/\\_/downloads/es/latest/pdf/](https://gestionbasesdatos.readthedocs.io/_/downloads/es/latest/pdf/)
- Vera, C., Barbosa, J., & Pabón, D. (2017). La Tecnología ZigBee estudio de las características de la capa física. *Scientia et Technica*, 22(3), 241.
- Vite, H., Vargas, O., Vargas, L., & Vargas, J. (2018). Internet de las cosas aplicado a la producción agropecuaria. *Grupo Compás*, 63-77. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/329921429\\_INTERNET\\_DE\\_LAS\\_COSAS\\_APLICADO\\_A\\_LA\\_PRODUCCION\\_AGROPECUARIA](https://www.researchgate.net/publication/329921429_INTERNET_DE_LAS_COSAS_APLICADO_A_LA_PRODUCCION_AGROPECUARIA)
- W3C. (2019). Modelos de desarrollo web y estándar W3C. Recuperado 10 de octubre de 2019, de <https://es.calameo.com/read/005883772f7a1a55c9f41>

## V. ANEXOS

### Anexo 1: Certificado o Acta del Perfil de Investigación.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**  
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERIA EN INFORMATICA



## ACTA

### DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR:

**NOMBRE** Taramuel Escobar Jhon Andrés  
**NIVEL/PARALELO:** 0

**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 0401730833  
**PERIODO ACADÉMICO:** 11/2020 - 03/2021

**TEMA DEL TIC:** Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

**PRESIDENTE:** MSC. Guano Cárdenas Carlitos Alberto  
**DOCENTE TUTOR:** MSC. Del Hierro Mosquera Milton Gabriel  
**DOCENTE:** MSC. Hidalgo Guijarro Jairo Vladimir

De acuerdo al artículo 32: Una vez entregados los documentos; y, cumplidos los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director/a de Carrera designará el Tribunal, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

**EDIFICIO DE AULAS 0** **AULA:** 0

**FECHA:** miércoles, 23 de diciembre de 2020

**HORA:** 09H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,92

2) Trabajo escrito 2,55

**Nota final de PRE DEFENSA 8,47**

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **miércoles, 23 de diciembre de 2020**

Firmado digitalmente por  
CARLITOS ALBERTO  
GUANO CARDENAS  
MSC. Guano Cárdenas Carlitos Alberto



**PRESIDENTE**

MILTON GABRIEL  
DEL HIERRO  
MOSQUERA

Firmado digitalmente por  
MILTON GABRIEL DEL  
HIERRO MOSQUERA  
Fecha: 2020.12.23 14:59:24  
-05'00'

MSC. Del Hierro Mosquera Milton Gabriel  
**DOCENTE TUTOR**



Firmado electrónicamente por:  
JAIRO VLADIMIR  
HIDALGO  
GUIJARRO

MSC. Hidalgo Guijarro Jairo Vladimir  
**DOCENTE**

Adj.: Observaciones y recomendaciones

## Tesis Jhon Taramuel

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>2%</b>	<b>3%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>oa.upm.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>techpedia.fel.cvut.cz</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.utn.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

---

Excluir citas      Apagado      Excluir coincidencias      < 1%  
Excluir bibliografía      Apagado



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ESSAY EVALUATION SHEET				
NAME: Taramuel Escobar Jhon Andrés		DATE: 04 de septiembre de 2020		
TOPIC: Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos.				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	<b>TOTAL 9</b>		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.**

**Autor:** Taramuel Escobar Jhon Andrés

**Fecha de recepción del abstract:** 04 de septiembre de 2020

**Fecha de entrega del informe:** 04 de septiembre de 2020

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.



Revisor: Ing. Edison Peñafiel Arcos



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

Creada mediante Ley No.2006-36. Publicada en el Segundo Suplemento

Del Registro oficial No. 244 del 5 de abril del 2006

Fecha: 09 de Noviembre de 2018

Señor:

Dr. Hugo Ruiz

Rector de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi

Presente.

De mi consideración:

Yo, Jhon Andrés Taramuel Escobar CC 0401730833

Estudiante de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales Escuela

de Ingeniería en Informática Semestre 8 Octavo Paralelo A

Jornada Vespertina, a usted comedidamente solicito: me permita realizar el

proyecto de titulación denominado "Sistema de identificación, registro y monitoreo

de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos", proyecto a ser desarrollado y aplicado en la finca pedagógica experimental "San Francisco".

Por la favorable atención que se digna dar a la presente, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,

Observaciones: Se autoriza la solicitud del Sr. Jhon Andrés

Taramuel Escobar.

Manteneño



Resolución: \_\_\_\_\_

A petición del estudiante Sr. Taramuel Escobar Jhon Andres, para realizar el proyecto de titulación denominado **"Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos"**, proyecto a ser desarrollado y aplicado en la Finca Pedagógica Experimental "San Francisco".

Atentamente,



Msc. Jorge Mina Ortega.

**DECANO FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES.**

Presente.

De mi consideración:

Yo, Jhon Andres Taramuel Escobar

Estudiante de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias

del semestre 8 de la Paralela A

presento a usted como estudiante de la carrera de Ingeniería en Industrias Agropecuarias

el proyecto de titulación denominado **"Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos"**, proyecto a ser desarrollado y aplicado en la Finca Pedagógica Experimental "San Francisco".

Por la favorable atención que se digna dar a la presente, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,

Observaciones: Se autoriza la salida del Sr. Jhon Andres

Taramuel Escobar



Resolución:

## **Anexo 4:** Formato de la entrevista

### **TEMA**

“Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en sensores inalámbricos”

### **INTRODUCCIÓN**

La presente entrevista tiene por fin, indagar información sobre el proceso de control y monitoreo del hato bovino de la finca San Francisco y de igual manera obtener los requerimientos necesarios para el desarrollo del sistema propuesto, la información que proporcione constituye una parte esencial para el desarrollo de este trabajo de investigación.

### **INFORMACIÓN GENERAL**

Nombre del entrevistador: \_\_\_\_\_

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Cargo que ocupa: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

### **PREGUNTAS**

1.- ¿De qué forma se lleva la identificación del ganado en la finca San Francisco?

- ( ) Marca de Fuego
- ( ) Tatuaje (en oreja)
- ( ) Caravana numérica
- ( ) Caravana con código de barras
- ( ) Caravana con identificación RFID
- ( ) Bolos Intrarumiales
- ( ) Dispositivo subcutáneo
- ( ) Ninguna

2.- ¿De qué forma se lleva el registro de datos generales del ganado, tales como; raza, edad, vacunas, etc., del hato bovino de la finca San Francisco?

.....

3.- ¿Cuáles son los datos más relevantes del ganado que usted consideraría necesario llevar en un registro histórico? (**varias opciones de selección**)

- Identificación (ID)
- Nombre
- Fecha de nacimiento
- Sexo
- Genotipo o raza,
- ID del padre
- Genotipo o raza del padre
- ID de la madre
- Genotipo o raza de la madre
- Peso
- Color
- Otros Datos.....

4.- ¿Usted maneja alguna herramienta tecnológica que le ayude a estar informado sobre la localización y el estado en el que se encuentra el ganado bovino?

- Si
- No
- Si la respuesta es afirmativa nombre la herramienta.....

5.- ¿De qué manera usted se mantiene informado sobre la localización y el estado en el que se encuentra el ganado bovino?

.....

6.- ¿Qué funcionalidades adicionales usted cree necesarias tomar en cuenta, para incorporar al “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino” propuesto a realizarse en la finca San Francisco? (**varias opciones de selección**)

- Interfaz de bienvenida al sistema
- Validación de usuarios
- Ingreso de registro inicial del bovino (UG).
- Eliminación de registro inicial
- Modificación de registro inicial
- Consultas de registro inicial
- Reportes de registro inicial
- Alertas y/o notificaciones en caso de inconvenientes
- Otras funciones.....

## **Anexo 5:** Formato de la encuesta

Estimado(a) Participante:

Deseo invitarle a responder el siguiente cuestionario, que tienen por finalidad obtener su opinión sobre el desarrollo de un “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos” mismo que se pretende desarrollar en la finca pedagógica San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal Del Carchi, la información que proporcione será de carácter confidencial y será usada con fines estadísticos en el trabajo de investigación.

¡Gracias por su valiosa colaboración!

### **DATOS GENERALES**

Cargo o función: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### **CUESTIONARIO**

Instrucciones: Las siguientes preguntas tienen diferentes respuestas posibles y usted debe escoger únicamente aquella que considere adecuada. Marque una sola respuesta a cada pregunta, a no ser que se le indique en la pregunta la posibilidad de elegir varias opciones.

Listado de Preguntas:

1.- ¿Usted conoce alguna herramienta tecnológica que permita a los ganaderos monitorear la localización y el estado en el que se encuentra el ganado bovino?

( ) Si

( ) No

Si la respuesta es afirmativa nombre la herramienta.....

2.- ¿Considera usted favorable el desarrollo de un sistema de monitoreo de ganado bovino para el hato ganadero de la finca San Francisco?

( ) Totalmente de acuerdo

( ) De acuerdo

( ) Ni de acuerdo ni en desacuerdo

( ) En desacuerdo

( ) Totalmente en desacuerdo

3.- ¿Cuáles son las ventajas que usted podría identificar, si se implementa un sistema de monitoreo de ganado bovino de forma inalámbrica en la finca San Francisco?

**(Varias opciones de selección)**

- Ahorro de tiempo al monitorear el ganado.
- Un mejor registro de datos importantes sobre el ganado.
- Innovación tecnológica para el control del ganado de la finca
- Mayor seguridad contra posibles casos de abigeato (robo de ganado)
- Ninguna de las anteriores
- Otras Ventajas.....

4.- ¿Considera usted que un sistema de monitoreo de ganado bovino ayudaría a los productores ganaderos a conocer información sobre la localización y el estado en que se encuentran los bovinos?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

5.- ¿Considera usted que un sistema de monitoreo de ganado bovino sería una herramienta de apoyo para enfrentar problemas tan comunes para el sector ganadero como el robo de ganado?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

6.- ¿Qué características cree que deba tener la alternativa tecnológica propuesta para el monitoreo del ganado bovino de forma inalámbrica en la finca San Francisco?

**(Varias opciones de selección)**

- Buena distancia de cobertura de la red
- Bajos Costos de instalación y operación
- Fácil instalación para el hato bovino a monitorear
- Eficacia en las mediciones (localización y temperatura)
- Bajo consumo de energía
- Toma frecuente de las mediciones (lapso de tiempo)
- Posibilidad de agregar varios dispositivos sensores
- Seguridad para prevenir el uso desautorizado
- Otras Características.....

## Anexo 6: Codificación de arduino para los nodos

**Código del coordinador:** Para este nodo será necesario el uso de diversas funciones, por los cual se considera necesario la división del código en bloques de acuerdo a la funcionalidad que desempeña, a continuación se muestra el código en diferentes bloques:

1. Un primer bloque donde se inicializan las variables y las librerías necesarias para llevar a cabo el programa, se importa la librería SoftwareSerial que es una biblioteca que permite fácilmente leer y escribir datos a través del puerto serial por software, para el uso de esta librería se debe indicar los pines de lectura para transmisión y recepción.

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
SoftwareSerial mySerial(7, 8); // RX(8), TX(9) Pins

//Variables
bool started= false;
bool ended  = false;
char incomingByte ;

String red = "123";
//variable numérica que identifica a la red (longitud de 3 dígitos)
char arreglo[]={ 'A', 'B' };
//letras de identificación de los nodos sensores activos que forman la red

String nodo, temperatura, latitud, longitud;
String string="";
byte index;

int i=0;
int j=0;
int cont=0;
int caso=1;

int tempVariable;
String tempNodo="";
boolean alerta = false;
String alertaNodo="";
String idNodo="";

String number = "+593987956728";
String SMS="";
boolean envio = false;
```

Ilustración: Bloque 1 del código de arduino para el nodo coordinador.

2. El bloque de setup (), donde se inicia la transmisión de datos desde la placa Arduino a Xbee a 9600 baudios de velocidad. También se inicia la transmisión de datos desde la placa Arduino al módulo SIM800L a 9600 baudios de velocidad.

```

void setup() {
  //Start the serial communication
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Espere un momento...");
  mySerial.begin(9600);
  delay(1000);
}

```

Ilustración: Bloque 2 del código de arduino para el nodo coordinador.

3. El bloque de loop (), se ejecutara indefinidamente y establece la funcionalidad del nodo.

```

void loop() {
  delay(500);
  //Ciclo infinito
  if(Serial.available()>0) {
    //informacion disponible
    ReceiveInfo();
  }else{
    Serial.println("no datos");
  }
}
//loop

```

Ilustración: Bloque 3 del código de arduino para el nodo coordinador.

4. La función ReceiveInfo(), que se ejecuta cada vez que se hace un llamado a esta, su función es la de verificar la entrada de un paquete de datos, teniendo este paquete un inicio y final, si se recibe un paquete completo, se procede a tomar los datos y dividirlos de acuerdo a su tipo, teniendo de datos el nodo, la temperatura, la latitud y longitud.

```

void ReceiveInfo() {
  while (Serial.available()>0) {
    incomingByte = Serial.read();
    if(incomingByte == '<') {
      started = true;
      index = 0;
      string="";
    }
    else if(incomingByte == '>') {
      ended = true;
      break;
    }else{
      if(index < 24) {
        string+=incomingByte;
        index++;
      }
    }
  }
}

```

```

if(started && ended){

    nodo = String(string.substring(0,1));
    temperatura = String(string.substring(2,6));
    latitud = String(string.substring(8,14));
    longitud = String(string.substring(15,23));

//envia a la funcion de eventos nodo
    SerialEvent();
//Borra la variable string para almacenar nuevos datos
    string="";
    index = 0;
    started = false;
    ended = false;
}
} //ReceiveInfo

```

Ilustración: Bloque 4 del código de arduino para el nodo coordinador.

5. La función `SerialEvent()`, que se ejecuta cada vez que se hace un llamado a esta, su función es la de verificar que cada paquete de datos recibido corresponda a un nodo determinado, llevando así un registro de los paquetes de cada nodo, si por algún caso falta un paquete desde algún nodo, se procede al envío de una alerta indicando que existe inconvenientes de envío desde ese nodo.

```

void SerialEvent() {

String Entrada = nodo;
int numNodos = sizeof(arreglo);
    if(i < numNodos){
int indice = Entrada.indexOf(arreglo[i]);
Serial.println(arreglo[i]);
if(indice != -1){
Serial.println("Presente");
caso=1;
TempEvent();
SendInfo();
//contadores
i++;
j=0;
}else{
    Serial.println("No encontrado");
    alertaNodo = arreglo[i];
    Serial.println(alertaNodo);
    j++;
    Serial.println(j);
    delay(500);
    if(j>140){
        SendAlerta();
        i++;
    }
}
}
} //serialEvent

```

Ilustración: Bloque 5 del código de arduino para el nodo coordinador.

6. La función TempEvent(), que se ejecuta cada vez que se hace un llamado a esta, su función es la de verificar que el dato de temperatura obtenido de un paquete de datos recibido, cumpla con los parámetros de aceptación, teniendo como parámetros un valor máximo y un valor mínimo, si por algún caso el valor de la temperatura no está entre estos parámetros de control se procede al envío de una alerta indicando que existe inconvenientes en la temperatura tomada a un animal determinado.

```
void TempEvent() {  
  
    tempVariable = temperatura.toInt();  
  
    if(tempVariable > 50){  
        alerta = true;  
    } else if(tempVariable < 20) {  
        alerta = true;  
    }  
  
    if (alerta) {  
        alertaNodo = temperatura;  
        SendAlerta();  
        alerta = false; //Limpiar la bandera  
    }  
} //void temp
```

Ilustración: Bloque 6 del código de arduino para el nodo coordinador.

7. La función SendAlert(), que se ejecuta cada vez que se hace un llamado a esta, su función es la de enviar la alerta mediante un mensaje de texto aun numero en específico, y así mismo establecer un envío de la alerta a la base de datos alojada en el web host configurado en el sistema, antes de iniciar una nueva alerta se limpia las variables para asegurar que no queden datos que podrían provocar errores.

```
void SendAlerta() {  
  
    if(alertaNodo.toInt()>0){  
        idNodo = nodo;  
        SMS = "Alerta en el nodo: " + idNodo + " temp: " + alertaNodo;  
    }else if(alertaNodo != "") {  
        idNodo = alertaNodo;  
        SMS = "Alerta nodo: " + alertaNodo +" no encontrado ";  
    }else{  
        SMS = "Alerta en la red!!!";  
    }  
  
    //imprime mensaje  
    Serial.println(SMS);  
    //envio mensaje de texto
```

```

if(cont<2){
  envio = true;
  //envio al caso 2 por http
  caso=2;
  SendInfo();

}else{
  envio = false;
}
cont++;

//variable de envio verdadera
if (envio){
  mySerial.println("AT+CMGF=1");
  delay(1000);
  mySerial.println("AT+CMGS=\"" + number + "\"\r");
  delay(500);
  mySerial.println(SMS);
  delay(500);
  mySerial.println((char)26);
  delay(1000);
  Serial.println("Enviado SMS");
}
j=0;
SMS="";
} //SendAlerta

```

Ilustración: Bloque 7 del código de arduino para el nodo coordinador.

8. La función SendInfo(), que se ejecuta cada vez que se hace un llamado a esta, su función es la de enviar los datos usando comandos AT hacia el sitio web, donde un archivo PHP gestiona la información recibida para ingresarla a la base de datos configurada en el sistema, antes de iniciar un nuevo envío de datos se limpia las variables para asegurar que no queden datos que podrían provocar errores.

```

void SendInfo() {

  mySerial.println("AT+CSQ");
  delay(100);
  mySerial.println("AT+CGATT?");
  delay(100);
  mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"CONTYPE\", \"GPRS\"");
  delay(1000);
  mySerial.println("AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.movistar.com.ec\"");
  delay(2000);
  mySerial.println("AT+SAPBR=1,1");
  delay(2000);
  mySerial.println("AT+HTTPIPINIT");
  delay(2000);
  switch (caso) {

```

```

    case 1:

mySerial.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://sistemacesf.000webhostapp.com/testing.php?caso=1&data1="+red+"&data2="+nodo+"&data3="+temperatura+"&data4="+latitud+"&data5="+longitud+"&location=1\"");
    break;
    case 2:

mySerial.println("AT+HTTTPARA=\"URL\", \"http://sistemacesf.000webhostapp.com/testing.php?caso=2&data1="+red+"&data2="+idNodo+"&data3="+SMS+"&location=1\"");
    break;
}
delay(1000);
mySerial.println("AT+HTTTPACTION=0");
delay(8000);
mySerial.println("AT+HTTTPREAD");
delay(200);
mySerial.println("");
delay(100);
mySerial.println("AT+HTTTPTERM");
delay(200);
Serial.println("Enviada Data");

//limpiar variables
caso=1;
//nodo="";
temperatura="";
latitud="";
longitud="";
alertaNodo="";
idNodo="";
} //SendInfo

```

Ilustración: Bloque 8 del código de arduino para el nodo coordinador.

**Código del Nodo Sensor:** Al igual que en el código del coordinador, el código se encuentra dividido en bloques diferenciados de acuerdo a las funciones que cumplen.

1. El primer bloque donde se inicializan las variables a utilizar, se carga las librerías, para este nodo se necesita cargar la librería TinyGPS que es una nueva biblioteca de arduino para analizar flujos de datos NMEA proporcionados por módulos GPS, que en este caso es el módulo GPS NEO-6M, esta biblioteca proporciona métodos compactos y fáciles de usar para extraer la posición, fecha, hora, altitud, etc. de los dispositivos GPS. También se usa la librería SoftwareSerial que es una biblioteca que permite fácilmente leer y escribir datos a través del puerto serial por software, para el uso de esta librería se debe indicar los pines de lectura para transmisión y recepción, por último se tiene la librería LowPower que es una biblioteca que gestiona el modo sleep en placas arduino.

```

#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LowPower.h>

static const int RXPin = 4, TXPin = 3;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;
String longitude,latitude;
int pinLM35 = 1; //pin analogo A0
float tempC;

char Nodo='A';
//variable que identifica al nodo con una letra del alfabeto (A,B,C,D,...,Z)
String string="";
const int ledPIN = 6;

TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);

```

Ilustración: Bloque 1 del código de arduino para el nodo sensor.

2. El bloque de setup (), donde se inicia la transmisión de datos desde la placa Arduino a Xbee a 9600 baudios de velocidad. Se ha decidido usar algunos pines digitales del Arduino para alimentar al módulo GPS, con el fin de establecer tiempos de encendido de este.

```

void setup(){
Serial.begin(9600);
ss.begin(GPSBaud);
pinMode(ledPIN , OUTPUT);
}

```

Ilustración: Bloque 2 del código de arduino para el nodo sensor.

3. El bloque de loop (), que se ejecutará indefinidamente y donde reside la funcionalidad del nodo. En primer lugar se activa el pin para alimentar el modulo GPS y se incluye un delay de unos segundos que permitirá la estabilización de la señal del sensor y así evitar lecturas erróneas. Posteriormente se realizara la toma de datos de temperatura, aquí es necesario usar una fórmula para el sensor de temperatura, ya que el valor que se lee por el pin de entrada son los voltios que indican la temperatura, por lo que necesita traducirse con una fórmula para devolver los grados de temperatura del entorno, la información tomada se envía a través del puerto serial, por último, se desactiva el pin de alimentación del GPS y se hace el llamado a la función sleep.

```

void loop(){

digitalWrite(ledPIN , HIGH);
for (int i=0; i<240; i++){
delay(500);
}
}

```

```

while (ss.available() > 0){
  if (gps.encode(ss.read())){
    Serial.print(F("<"));
    Serial.print(Nodo);
    Serial.print(F(", "));
    tempC = analogRead(pinLM35);
    tempC = (5.0 * tempC * 100.0)/1024.0;
    Serial.print(tempC);
    Serial.print(F(", "));
    if (gps.location.isValid()) {
      latitude=String(gps.location.lat(),5);
      longitude=String(gps.location.lng(),5);
      Serial.print(latitude);
      Serial.print(longitude);
      Serial.print(F(">"));
    } else {
      Serial.print(F("Detectando"));
    }
    Serial.println();
  }}

digitalWrite(ledPIN , LOW);
sleep();
}

```

Ilustración: Bloque 3 del código de arduino para el nodo sensor.

4. Este bloque hace uso de las funciones LowPower para ayudar al arduino a consumir menos energía poniéndolo en suspensión.

```

void sleep(){
  for (int i = 0 ; i < 2 ; i++){
    for (int j = 0 ; j < 16 ; j++){
      LowPower.powerDown(SLEEP_4S, ADC_OFF, BOD_OFF);
    }
  }
} //sleep

```

Ilustración: Bloque 4 del código de arduino para el nodo sensor.

**Anexo 7:** Diseño de las PCB y planos esquemáticos.

El plano del circuito esquemático fue elaborado y diseñado en el módulo ISIS de la suite de Proteus y el diseño de la placa de circuito impreso denominada PCB, se la desarrollo en el módulo ARES de la suite de Proteus. Se puede observar los planos esquemáticos completos de los dos nodos en las siguientes ilustraciones.

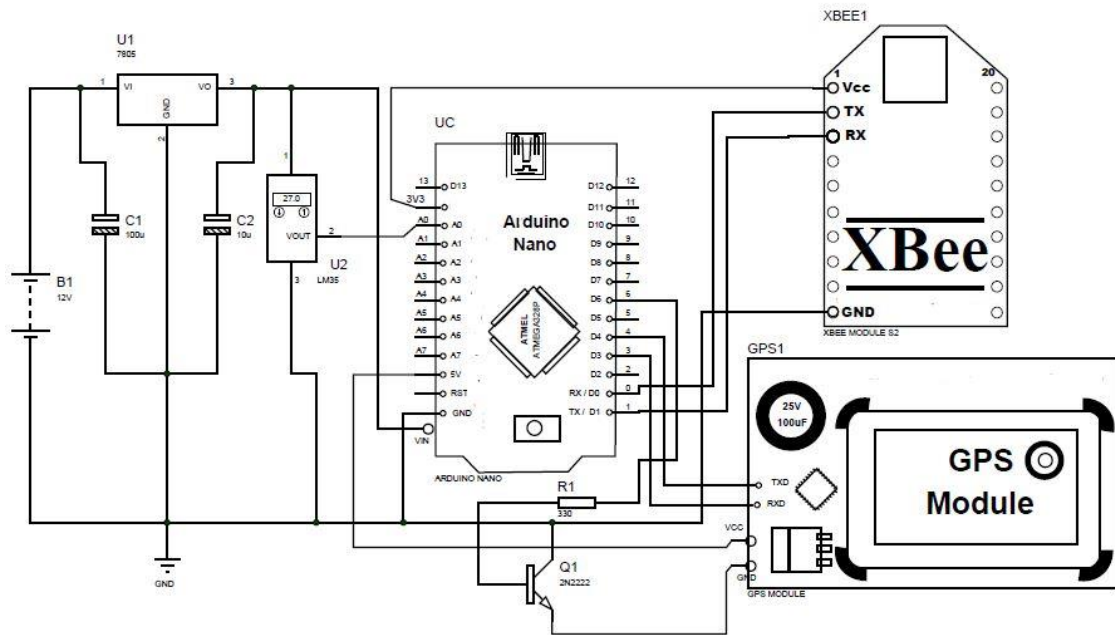


Ilustración: Diseño del plano esquemático del nodo sensor.

**Tabla.** Componentes electrónicos del circuito del nodo sensor.

Componente electrónico	Descripción
UC	Arduino Nano
U1	LM7805
U2	LM35
C1	100uf / 16v
C2	10uf/ 10v
R1	330 Ohmios
Q1	2N2222 (NPN)
XBEE	XBEE S2C
GPS	UBLOX NEO-6M
B1	Batería recargable GP 170mAh

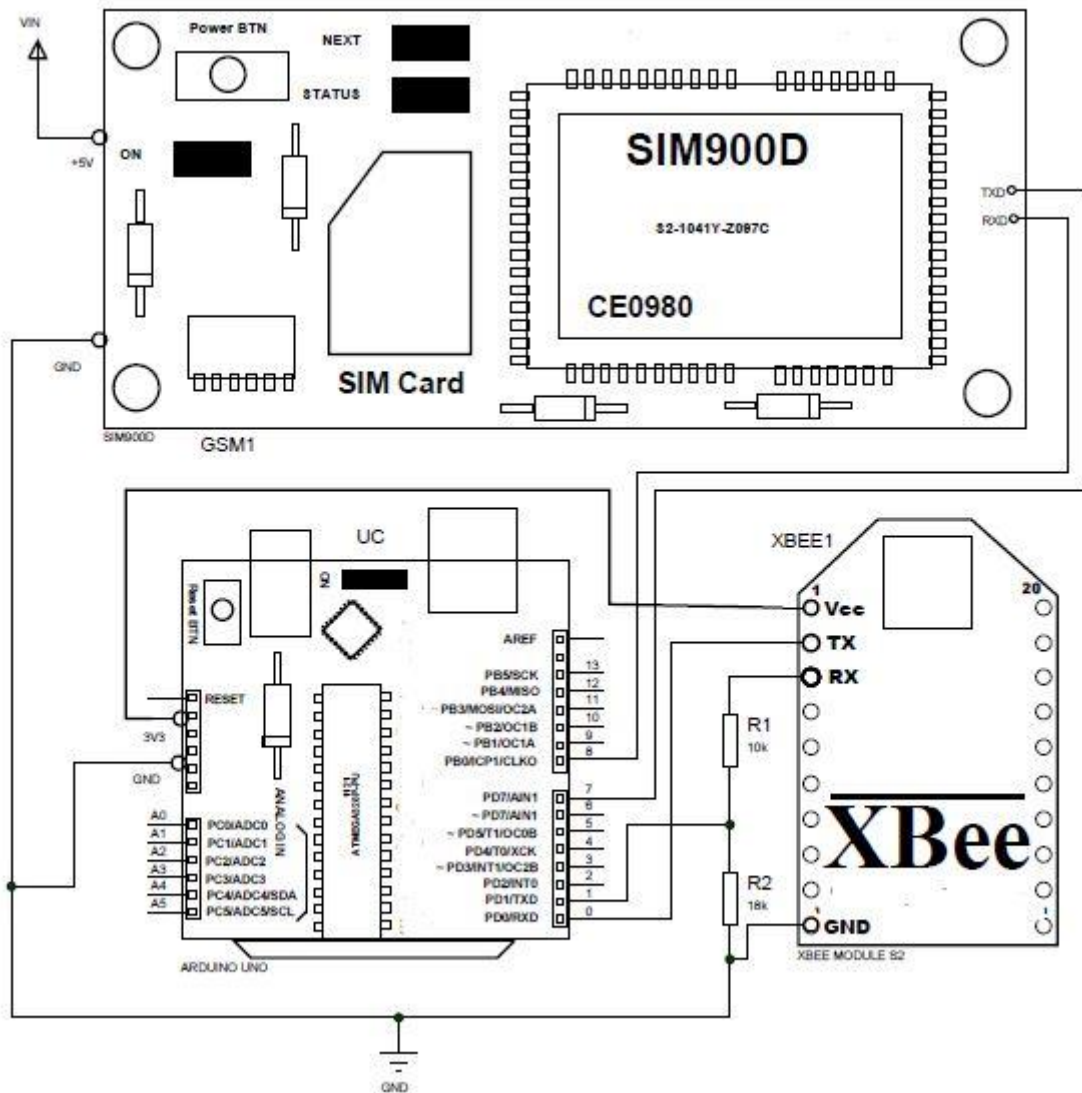


Ilustración: Diseño del plano esquemático del nodo coordinador.

**Tabla.** Componentes electrónicos del circuito del nodo coordinador.

Componente electrónico	Descripción
UC	Arduino Uno
R1	10K Ohmios
R2	18K Ohmios
XBEE	XBEE S2C
GSM	SIM800L o SIM900
VIN	Fuente de 5V – 2Amp

En las siguientes ilustraciones se observa las capas para la placa de circuito impreso, tanto del nodo sensor como del nodo coordinador.

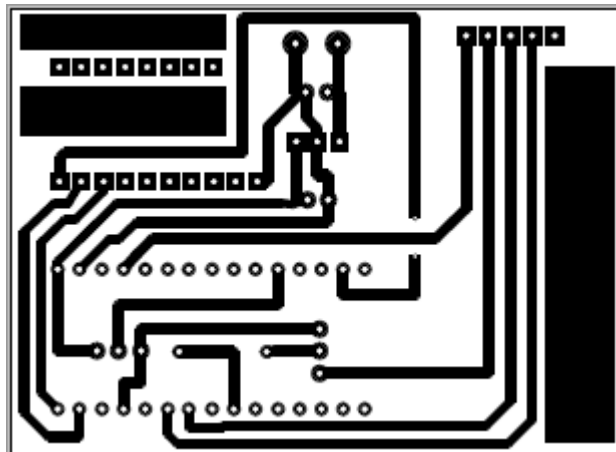


Ilustración: Capa inferior del nodo sensor.

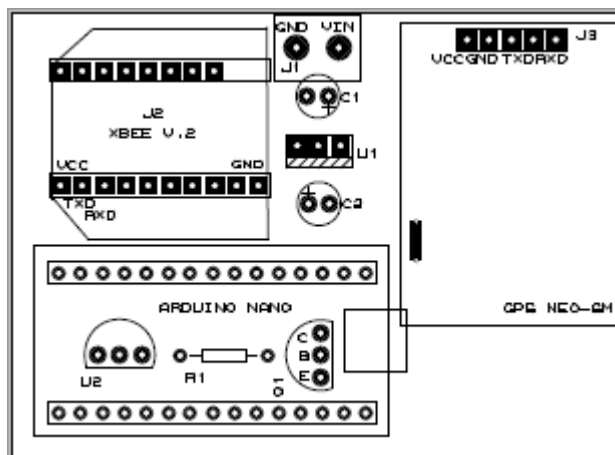


Ilustración: Capa superior del nodo sensor.

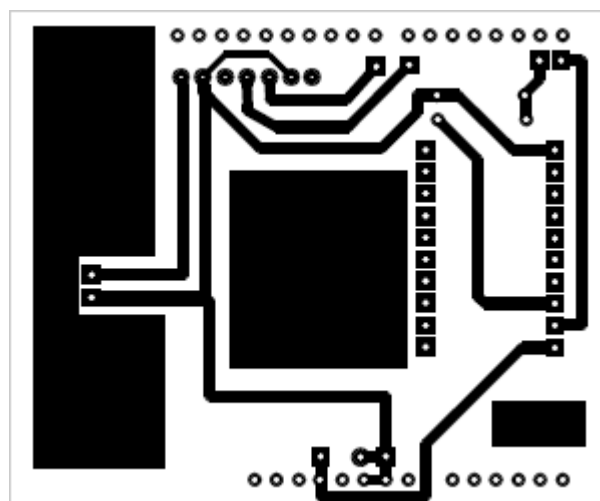


Ilustración: Button layer o capa inferior del nodo coordinador.

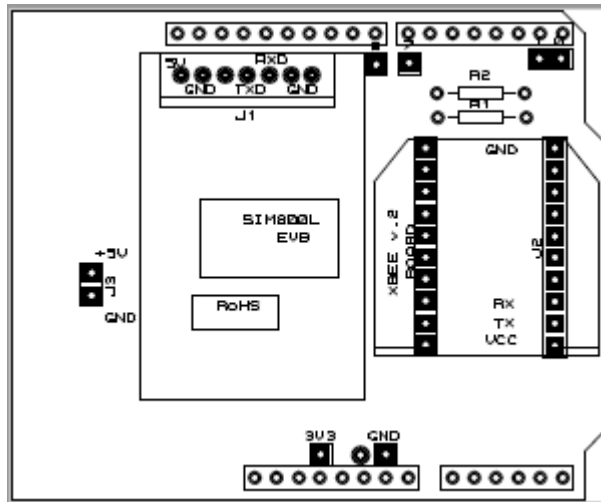


Ilustración: Top layer o capa superior del nodo coordinador.

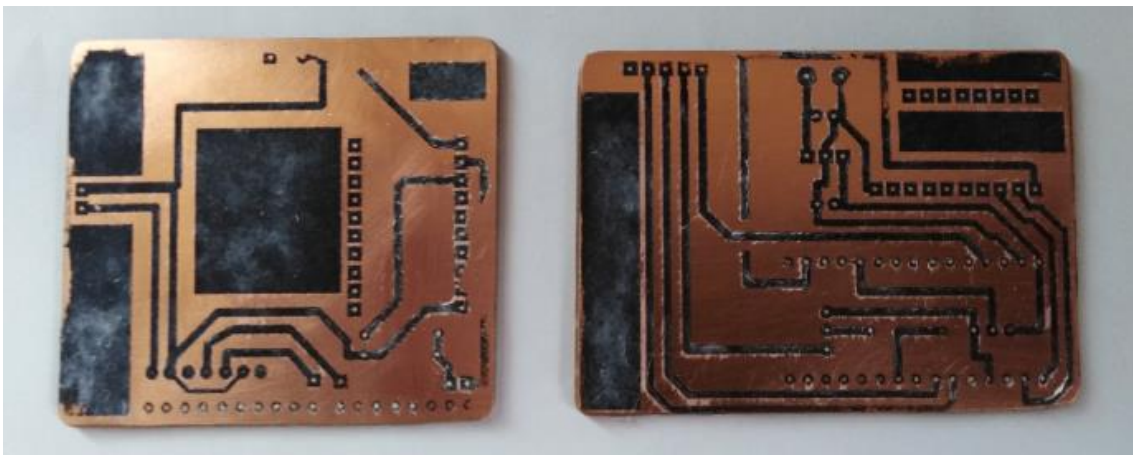


Ilustración: Capa inferior transmitida a baquelita.

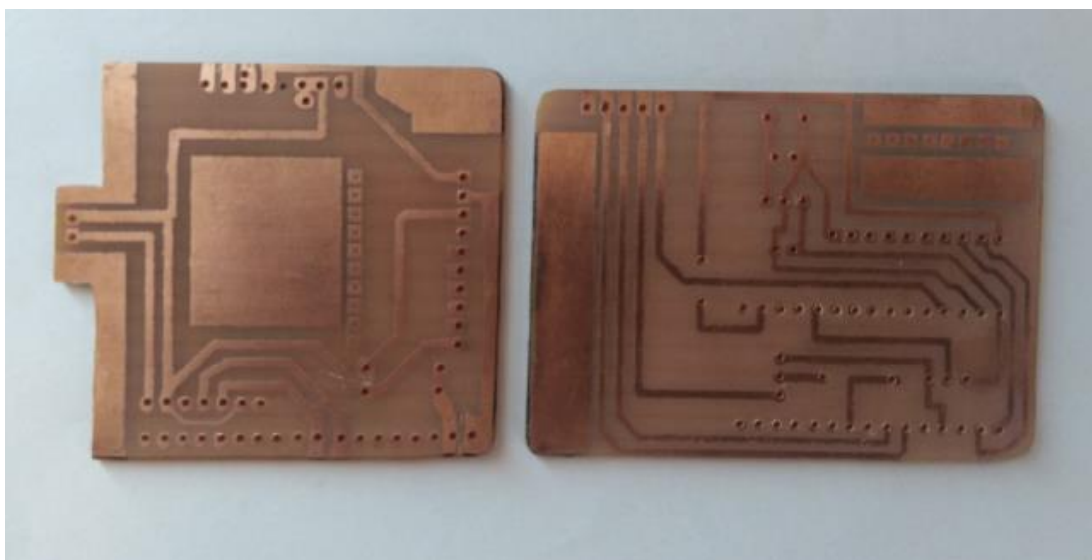


Ilustración: Capa inferior de la placa de circuito impreso final.

**Sistema de identificación, registro y monitoreo de  
ganado bovino basado en una red de sensores  
inalámbricos**

**Plan de Desarrollo de Software**

# PLAN DE DESARROLLO DE SOFTWARE

## 1. Introducción

Este plan de desarrollo del software es una versión desarrollada en base al proyecto de investigación denominado “Sistema de identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos”. Este documento provee una visión global del enfoque de desarrollo propuesto a ser seguido por los próximos 6 meses para llevar a cabo el desarrollo del sistema antes mencionado.

### 1.1 Propósito

El propósito de este plan de desarrollo de software es proporcionar la información necesaria para monitorear el progreso del proyecto. Este documento describe de manera general como se lleva a cabo el desarrollo del software, propuesto para el proyecto.

### 1.2 Alcance

Este documento es un enfoque preliminar del plan para el desarrollo del sistema propuesto, este documento no establece un calendario rígido para la realización del proyecto, sino más bien pretende ser un documento dinámico el cual se irá adaptando al desarrollo del sistema según las necesidades y estado en que se encuentre el sistema.

### 1.3 Definiciones, acrónimos, y abreviaturas

Ver el Glosario (opcional).

Release: Término en inglés para nombrar el lanzamiento de una versión del producto de software, en terminología RUP.

RUP: El Proceso Unificado de Rational.

Stakeholder: Parte interesada en el proceso de desarrollo del proyecto, denominado como cliente o CL.

CL: Actor que realiza el papel de delegado interesado o “cliente”.

UML: El lenguaje unificado de modelado

Workflow: denominación de flujo de trabajo o aquel estudio de los aspectos operacionales de una actividad de trabajo.

xDSL: Línea de abonado digital o línea de suscriptor digital, tecnología que soporta un gran ancho de banda.

FTTH: Tecnología de telecomunicaciones también conocida como fibra hasta la casa o fibra hasta el hogar

## **1.4 Referencias**

Formato y Guía para el Plan de desarrollo de software

[https://cgrw01.cgr.go.cr/rup/RUP.es/LargeProjects/core.base\\_rup/workproducts/rup\\_project\\_plan\\_D89CA030.html](https://cgrw01.cgr.go.cr/rup/RUP.es/LargeProjects/core.base_rup/workproducts/rup_project_plan_D89CA030.html)

## **1.5 Resumen**

Este plan de desarrollo de software contiene la siguiente información:

- Descripción del Proyecto - proporciona una descripción del propósito del proyecto, alcance y objetivos. También define los productos de trabajo a elaborar.
- Organización del Proyecto - describe la estructura organizacional del equipo del proyecto.
- Gestión de Procesos - explica el costo estimado y el calendario, define las fases más importantes e hitos del proyecto y describe cómo el proyecto será objeto de seguimiento.
- Planes Técnicos de Proceso - ofrece una visión general del proceso de desarrollo de software, incluyendo métodos, herramientas y técnicas a seguir.

## **2. Descripción del proyecto**

### **2.1 Propósito, alcance y objetivos**

El propósito de este proyecto es poner en marcha un sistema que permita realizar la identificación, registro y monitoreo de ganado bovino basado en una red de sensores inalámbricos, el sistema contempla el análisis, diseño e implementación del sistema y las pruebas respectivas para las etapas antes mencionadas, de forma tal que se cumplan con los requerimientos definidos por los stakeholders, los mismos que se detallan en los artefactos de casos de uso.

El alcance del proyecto de investigación consiste en el desarrollo de una red WSN (Wireless Sensor Networks) con el protocolo de comunicación Zigbee. Además, se va realizar el diseño de una aplicación de software, la integración de la aplicación y la red

de sensores permitirán al usuario mediante interfaces graficas visualizar la información y los datos obtenidos del monitoreo del ganado desde los diferentes nodos sensores, los mismos que se ubican remotamente en cada animal. Para finalizar se realizó el análisis de resultados obtenidos en la simulación y prueba del diseño de la red y la aplicación de software, y se emite las respectivas recomendaciones y conclusiones del proyecto.

Los objetivos del proyecto son:

- Planificar el proceso de desarrollo de la aplicación software.
- Elaborar los diagramas y elementos de modelado UML.
- Realizar cambios a la aplicación software para mejorar su implementación con la red de sensores.
- Realizar las respectivas pruebas a la aplicación software.

## **2.2 Supuestos y limitaciones**

Al momento de haber realizado el análisis de requerimientos de los stakeholders podemos citar las siguientes limitaciones:

- Debe diseñarse un sistema en base a una arquitectura flexible, lo que permita la adaptación de módulos y prestaciones adicionales a futuro.
- El desarrollo del sistema propuesto debe realizarse en el menor tiempo posible, de manera que pueda ser utilizado en menos de 6 meses.
- El sistema propuesta cumplirá con los requerimientos y expectativas del cliente

## **2.3 Productos del proyecto**

A continuación se indican y describen cada uno de los artefactos que son generados y utilizados por el proyecto y que constituyen los entregables. Es preciso destacar que estos artefactos son modificados a lo largo del proceso de desarrollo, de manera que al finalizar el proyecto se obtendrá una versión definitiva y completa de cada uno de ellos.

Sin embargo, el resultado de cada iteración del proyecto está enfocado a conseguir un nivel aceptable de estabilidad de los artefactos. A continuación se presenta la lista de artefactos propuesta para el proyecto:

### **a) Plan de Desarrollo del Software**

Es el presente documento.

**b) Visión**

Este documento define la visión del producto desde la perspectiva del cliente, especificando las necesidades y características del producto. Constituye una base de acuerdo en cuanto a los requisitos del sistema.

**c) Lista de Riesgos**

Este documento presenta una lista de los riesgos conocidos que implica el desarrollo del proyecto, escritos en orden de importancia y asociados con sus respectivas acciones de contingencia.

**d) Glosario**

Es un documento que define los principales términos usados en el proyecto. Permite establecer una terminología común.

**e) Modelo de Casos de Uso**

El modelo de Casos de Uso presenta las funciones del sistema y los actores que hacen uso de ellas. Se representa mediante Diagramas de Casos de Uso

**f) Especificaciones de Casos de Uso**

Para los casos de uso que lo requieran se realiza una descripción detallada utilizando una plantilla de documento, donde se incluyen: precondiciones, post-condiciones, flujo de eventos, requisitos no-funcionales asociados.

**g) Prototipos de Interfaces de Usuario**

Se trata de prototipos que permiten al usuario hacerse una idea más o menos precisa de las interfaces que proveerá el sistema a través de su aplicación de software. Estos prototipos se realizarán como: dibujos a mano en papel, dibujos con alguna herramienta gráfica o prototipos usando algún tipo de herramienta de software, siguiendo ese orden de acuerdo al avance del proyecto. Sólo los prototipos del último tipo serán entregados al final de la fase de diseño del software.

**h) Modelo de Datos**

Previendo que la información que maneje el sistema será soportada y almacenada por una base de datos relacional, se realiza este tipo de modelo que describe la representación lógica de los datos, de acuerdo con el enfoque para modelado relacional de datos.

Para expresar este modelo se utiliza un Diagrama de Clases (Modelado de Datos tipo UML, para conseguir la representación de tablas, campos, claves, relaciones, etc.).

- Modelo de Datos
- Diseño del modelo
- Diseño de la Base de datos

**i) Modelos de Arquitectura**

Este tipo de modelos establecen la representación de los casos de uso en términos de análisis, para pasar hacia una etapa de diseño conforme al avance del proyecto. También describe la representación lógica del manejo de los datos, estos modelos pueden incluir; Modelo Conceptual, Diagramas de Clase, Diagrama de Secuencia.

**j) Modelo de Implementación**

Este modelo es una colección de componentes y los subsistemas que los contienen. Estos componentes incluyen: ficheros ejecutables, ficheros de código fuente, y todo otro tipo de ficheros necesarios para la implantación y despliegue del sistema.

**k) Casos de Prueba**

Cada prueba es especificada mediante un documento que establece las condiciones de ejecución, las entradas de la prueba, y los resultados esperados. Estos casos de prueba son aplicados como pruebas de regresión en cada iteración. Cada caso de prueba llevará asociado un procedimiento de prueba con las instrucciones para realizar la prueba.

**l) Material de Apoyo al Usuario Final**

Corresponde a un conjunto de documentos y facilidades de uso del sistema, incluyendo: Guías del Usuario, Guías de Operación.

**m) Producto**

Los archivos del sistema deben empaquetados y almacenadas en un CD con los mecanismos apropiados para facilitar su instalación. El producto, a partir de la primera iteración de la fase de Construcción es desarrollado incremental e iterativamente, obteniéndose una nueva versión al final de cada iteración.

### 3. Organización del proyecto

#### 3.1 Estructura

#### 3.2 Interfaces Externas

Se define los participantes del proyecto que proporcionarán los requisitos del sistema, y entre ellos quiénes serán los encargados de evaluar los artefactos de acuerdo a cada módulo y según el plan establecido.

#### 3.3 Recursos Humanos y Profesionales

Aquel personal que es considerado a lo largo de las etapas de desarrollo del sistema propuesto, el personal considerado en este plan de desarrollo del software es:

El jefe del proyecto; encargado de asignar los recursos, establecer las prioridades, coordinar las interacciones con el usuario final, también se encarga de establecer el conjunto de prácticas para garantizar la integridad y la calidad de los artefactos del proyecto.

#### 3.4 Roles y Responsabilidades

**Tabla.** Especificación de roles y responsabilidades.

<b>Rol</b>	<b>Responsabilidad</b>
Coordinador	Es quien se relaciona con el stakeholder para listar sus necesidades y encargo de coordinar las actividades para llevar a cabo el desarrollo del sistema.
Analista	Responsable de analizar los procesos para el desarrollo del sistema, analizar los requisitos y diseño de la aplicación de software para el usuario.
Diseñador	Encargado de dirigir y coordinar la creación de prototipos y el diseño de las interfaces web, mediante la captura de los requisitos del sistema en general, incluidos los requisitos de usabilidad, la creación de prototipos de páginas Web, con la participación de otros actores como los usuarios finales.
Programador	Construcción de prototipos, colaboración en la elaboración de las pruebas funcionales, modelo de datos, codificación de las interfaces y validaciones con el usuario.

## 4. Gestión de Procesos

### 4.1 Estimaciones del Proyecto

Para el desarrollo del proyecto se tomará en cuenta un total de quince semanas correspondiente al periodo de prórroga para entrega del trabajo de investigación luego de haber egresado y/o culminado el pensum académico de la carrera.

### 4.2 Plan de Proyecto

#### 4.2.1 Plan de Fase

**Tabla.** Resumen de línea de tiempo

Fase	Iteración	Semana de trabajo	Inicia	Finaliza
Inicio	1	1,2,3,4	06/04/2020	01/05/2020
Elaboración	2,3	5,6,7,8	04/05/2020	29/05/2020
Construcción	4,5	9,10,11,12,13	01/06/2020	03/07/2020
Implementación	6	14,15 y 16	06/07/2020	24/07/2020

**Tabla.** Fases del proyecto y los principales hitos

Fase	Descripción	Hito
Inicio	Permite planificar el proceso de desarrollo a seguir durante el proyecto. También se logra capturar y analizar los requisitos relevantes para el sistema.	Al finalizar la fase, se deben tener los artefactos: Plan de Desarrollo de Software y el diagrama de Casos de Uso. En esta fase desarrollará los requisitos del producto desde la perspectiva del usuario.

Elaboración	En esta fase se analizan los requisitos y se desarrolla un prototipo de arquitectura del sistema. La revisión y aceptación del prototipo de la arquitectura del sistema marca el final de esta fase. La primera iteración tendrá como objetivo la identificación y especificación de los principales casos de uso, así como su realización preliminar de la arquitectura necesaria para el sistema, también permitirá hacer una revisión general del estado de los artefactos elaborados.	Al finalizar esta fase, se deben tener los artefactos: Modelo de Diseño de la Arquitectura en N-capas, El modelo principal de la base de datos (MySQL) y la aplicación de software en su primera versión (conexión con la BD).
Construcción	Permite completar la programación de la aplicación de software. El producto se va construyendo en base a iteraciones, donde se obtienen versiones mejores del software a las cuales se va aplicando pruebas.	Al finalizar la fase, se deben tener los artefactos: software en versiones más estables (releases), junto a las pruebas y validaciones realizadas.
Transición	Permite corregir cualquier falla detectada en el software antes de la entrega final y se tiene preparada para versión final para la distribución y así asegurar su implantación.	Al finalizar la fase, se deben tener todos los artefactos requeridos para el proyecto en su última versión, manuales de apoyo al usuario.

#### 4.2.2 Objetivos de iteración

Iteración 1:

- Elaborar el Plan de Desarrollo de Software.
- Elaborar el Diagrama de Casos de Uso.

Iteración 2:

- Especificar dos Casos de Uso principales.
- Elaborar el Modelo de Diseño.
- Implementar el software para el Caso de Uso más significativo.
- Desarrollo del Prototipo de la Arquitectura

Iteración 3:

- Completar la implementación del software con los casos de uso faltantes.

- Realización de la programación de la aplicación de software, junto a cambios y pruebas de la misma.
- Implementar y probar los casos de uso para proveer la versión Beta.
- Corregir los defectos de la versión Beta e incorporar la retroalimentación para una versión más estable.

Iteración 4:

- El sistema provee todas las funcionalidades requeridas por el usuario.
- Empaquetar, distribuir e instalar la versión final.
- Se contempla manuales de apoyo al usuario.

### 4.2.3 Versiones

Se tiene las versiones de los artefactos elaborados al finalizar cada iteración, siendo la última versión la presentada y documentada.

### 4.2.4 Cronograma del Proyecto

A continuación se presenta un calendario de las principales tareas del proyecto.

#### Flujos de Trabajo de Procesos

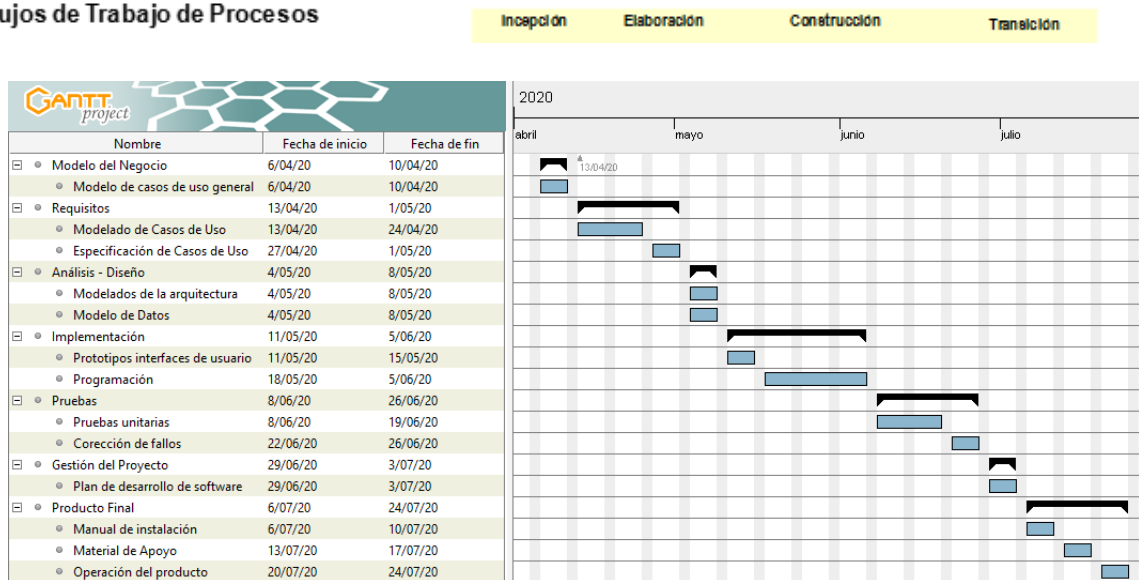


Ilustración: Cronograma de proyecto

### 4.3 Planes de Iteración

A continuación se presenta una tabla donde se resume las iteraciones de cada fase, así como las principales tareas y actividades programadas para el desarrollo del software.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto sigue un patrón de proceso iterativo e incremental propio de RUP, donde se van desarrollando las actividades y se van generando los artefactos.

**Tabla.** Definición de actividades planificadas para las Iteraciones.

<b>Iteraciones</b>	<b>Nombre de la actividad</b>	<b>Artefacto generado</b>
1	<b>Modelado de negocio</b> - Desarrollar el modelo.	Modelo de casos de uso general
2	<b>Ingeniería de requisitos</b> - Determinar y priorizar requisitos	Especificación de requisitos
3	<b>Análisis y diseño</b> - Especificar casos de uso - Realizar diagramas de procesos, secuencias, etc. - Realizar modelo de datos - Realizar prototipos	Modelado de casos de uso Diagramas de procesos, secuencias, etc. Modelo de datos Prototipos de interfaces
4	<b>Implementación</b> - Estructurar modelo de implementación - Implementar componentes	Modelo de implementación
5	<b>Pruebas</b> - Validar estabilidad de componentes	Pruebas
6	<b>Implantación</b> - Desarrollar material adicional	Instalación del sistema Documentación y manual de usuario

#### **4.4 Monitoreo y control por áreas**

##### **4.4.1 Seguimiento de avance**

La temporalización dispone de seguimiento y evaluación quincenal por parte de Supervisor (tutor) y Desarrollador (Investigador).

#### **5. Gestión del proceso técnico**

##### **5.1 Infraestructura**

En lo referente a la infraestructura usada en el lado cliente/servidor, se ha optado por los siguientes elementos.

**Tabla.** Definición de infraestructura

Actor del sistema	Equipamiento	Características
Lado Cliente	Hardware	Equipo informático con cualquier sistema operativo capaz de soportar conexiones a internet (Mac, Windows, Linux).
	Software	Navegador (Google Chrome, Safari, Firefox, etc).
	Conectividad	Conexión de banda ancha a la red (xDSL, FTTH,...).
Lado Servidor	Alojamiento	Hosting web (000webhost) 300 MB de almacenamiento. 10 GB de Ancho de banda. Hosting para 2 sitios web. Soporte de PHP y MySQL. 2 Bases de datos MySQL.
	Software	Sistema operativo Linux, con acceso root. SGBD MySQL. Intérprete de scripts PHP.
	Conectividad	Conexión de alta velocidad a Internet. Dominio Internet de tipo “.com”

## 6. Procesos de soporte

### 6.1 Criterio de Evaluación

La meta principal en esta iteración es finalizar todas aquellas modificaciones que se hayan realizado durante la fase de inicio y de elaboración, y empezar con la fase de construcción cuya etapa finalizará mediante un prototipo con el 70% funcionalidad del sistema.

**Sistema de identificación, registro y monitoreo de  
ganado bovino basado en una red de sensores  
inalámbricos**

**Especificación de Requerimientos**

**Versión: 0.1**

# ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS

## 1. Introducción

En este documento se detalla la especificación de requerimientos del sistema, esta es la parte esencial en la construcción de un sistema, ya que es aquí donde se define cómo se va a construir el software. Es por esta razón que la especificación de requerimientos debe ser elaborada con la participación de todas las partes que intervienen en el uso del sistema.

### 1.1. Propósito

El propósito es definir de manera clara y precisa las funcionalidades, características y condicionantes técnicas del sistema a desarrollar.

### 1.2 Alcance

Este documento especifica los requerimientos básicos a ser considerados para el desarrollo de la aplicación de software.

## 2. Descripción General

Perspectiva del Producto: Que cumpla con las expectativas del cliente en lo referente al manejo y visualización de la información que ha sido recolectada por la red de sensores inalámbricos.

### 2.1. Funciones de uso del Producto:

- Ingreso mediante la autenticación
- Registrar Usuarios (Empleados)
- Registrar Finca
- Registrar ganado de la Finca
- Registrar lotes de ganado
- Registrar pastoreos existentes
- Registro de los dispositivos sensores
- Monitoreo de temperatura de los bovinos
- Localización del hato bovino
- Consultar eventos de los bovinos
- Registrar eventos de los bovinos
- Consulta reportes

## **2.2. Características del Usuario:**

- Administrador del CESF: maneja los datos de los empleados y tiene conocimiento de toda la información referente a la administración de la finca, incluyendo manejo del ganado de la misma.
- Empleado del CESF: maneja los datos referentes al ganado y lleva el control y monitoreo del mismo.

## **2.3. Restricciones**

- Siempre existirá un usuario que tenga acceso a todo el sistema, en este caso, corresponde al Administrador del sistema.
- La aplicación de software para que funcione adecuadamente, tiene la restricción de depender a nivel de hardware de la red de sensores inalámbricos, pues esta es la que recolecta cierta parte de la información que maneja el sistema.

## **2.4. Suposiciones**

- El usuario debe tener conocimientos de computación básica.
- Los usuarios conocen al detalle el proceso de control y monitoreo del hato ganadero.

## **3. Especificación de Requerimientos**

### **3.1 Requisitos Funcionales**

- R1: El sistema se diseñara como una interfaz web.
- R2: El sistema gestionara (insertar, modificar, listar) la información de los usuarios.
- R3: El sistema gestionara (insertar, modificar, listar) la información básica de la finca.
- R4: El sistema gestionara (insertar, modificar, listar) la información del ganado.
- R5: El sistema gestionara (insertar, modificar, listar) la información de los lotes de ganado
- R6: El sistema gestionara (insertar, modificar, listar) la información del pastoreo
- R7: El sistema gestionará (insertar, modificar, listar) la información de los dispositivos sensores
- R8: El ingreso al sistema se realizará mediante usuario y contraseña.
- R9: Monitoreo de temperatura de los bovinos
- R10: Localización del hato bovino
- R11: Consultar eventos de los bovinos

R12: Registrar eventos de los bovinos

R13: El sistema deberá generar reportes.

R14: El sistema usará una base de datos relacional

## **3.2 Requisitos No Funcionales**

### **3.2.1 Usabilidad**

R1: El sistema contara con manual de usuario para ir guiando en el manejo del sistema.

El sistema debe proporcionar mensajes que sean informativos y orientados al usuario final, estos pueden ser de error, confirmación, de ayuda, etc.

R2: La aplicación web debe poseer un diseño “Responsive” a fin de garantizar la adecuada visualización en diversos dispositivos.

R3: El sistema debe poseer interfaces gráficas formadas y estructuradas.

### **3.2.2 Compatibilidad**

R1: El sistema deberá de adaptarse a cambios futuros, ya que si la administración del CESF decide invertir en tecnología este tendrá que aplicarse a estos cambios.

### **3.2.3 Rendimiento**

R1: Toda funcionalidad del sistema y transacción de a nivel de capas del sistema debe responder al usuario en menos de 5 segundos.

### **3.2.4 Seguridad**

R1: Al momento que un usuario intente utilizar el sistema deberá introducir su nombre y clave de acceso, y el sistema deberá comprobar que se trata de un usuario autorizado. Caso contrario si los datos ingresados no corresponden a un usuario autorizado o la clave no coincide con la almacenada, se dará una indicación de error y no permitirá a este usuario ingresar al sistema.

### **3.2.5 Restricciones**

R1: Hacer uso de un lenguaje de programación de licencia libre.

R2: Utilizar un gestor de base de datos de licencia libre.

R3: Utilizar herramientas de código abierto para el diseño de aplicaciones web.

### **3.3 Interfaces**

#### **3.3.1 Interfaces de Usuario**

R1: Las interfaces de usuario deben representar un fácil uso, de forma que el usuario se familiarice rápidamente al sistema, las interfaces gráficas deben ser amigables y fáciles de utilizar.

R2: La aplicación debe poder utilizarse sin necesidad de instalar ningún software adicional además de un navegador web, puede usarse navegadores web como Chrome, Firefox e Internet Explorer.

#### **3.3.2 Interfaces Externas (Software)**

R1: Se hará uso del lenguaje de programación PHP y el Gestor de Base de Datos MySQL

R2: Se hará uso de un Hosting Web para el alojamiento de la base de datos Mysql y Scripts PHP y otros archivos necesarios para el sistema.

R3: Como servidor web se utilizara Apache.

#### **3.3.3 Interfaces Externas (Hardware)**

R1: El sistema se ejecutara en un equipo que disponga de los recursos mínimos para ejecutar un navegador web.

**Sistema de identificación, registro y monitoreo de  
ganado bovino basado en una red de sensores  
inalámbricos**

**Modelos de Casos de Uso**

**Versión: 0.1**

## MODELOS DE CASOS DE USO

### 1. Introducción

En los siguientes apartados se mostrará la representación de procesos, mediante esquemas, diagramas y documentación relativa al desarrollo del sistema de monitoreo, para realizar este tipo de representación se hará uso del Lenguaje Unificado de Modelado o UML. El UML está compuesto por diversos elementos gráficos que cumplen con la finalidad de presentar las funcionalidades incluidas en el sistema. Antes de proceder a la realización de los diagramas de caso de uso es necesario la identificación de los actores involucrados en el sistema.

#### 1.1. Propósito

El propósito del documento es describir los diagramas de caso de uso, los mismos que se componen del caso de uso general y los casos de uso expandidos.

### 2. Identificación de Actores

Los actores que intervienen en el manejo y gestión del sistema propuesto para la identificación, el registro y el monitoreo del ganado bovino, se tiene:

Administrador: Es el actor responsable de gestionar el sistema como tal, los usuarios, manejo de registros de la finca, registros de los animales, visualización de notificaciones, consulta de reportes, etc.

Empleado CESF: Es el actor responsable de registrar y actualizar todos los datos del ganado, visualización de notificaciones, etc.

Otros usuarios CESF: Son los actores responsables de obtener, actualizar, consultar información sobre el ganado que se encuentra en monitoreo.

### 3. Modelado de casos de uso

Entre los principales diagramas que se realiza para representar las perspectivas del sistema, se tiene el modelado de los casos de uso, dicho modelado permitirá tener una visión muy general sobre las funcionalidades del sistema de monitoreo propuesto. En el modelado UML de los casos de uso del sistema se consideró los elementos siguientes:

**Tabla.** Especificación de Caso de Uso

No	Especificaciones para Caso de Uso
1	Ingresar a la aplicación web mediante la autenticación
2	Registrar Usuarios (Empleados)
3	Registrar Finca
4	Registrar ganado de la Finca
5	Registrar lotes de ganado
6	Registrar pastoreos existentes
7	Registro de los dispositivos sensores
8	Monitoreo de temperatura de los bovinos
9	Localización de los bovinos
10	Consultar eventos de los bovinos
11	Registrar eventos de los bovinos
12	Consulta reportes

### **3.1 Casos de uso general**

El caso de uso genera muestra todas las funciones con las que cuenta el sistema así como los autores que en el intervienen:

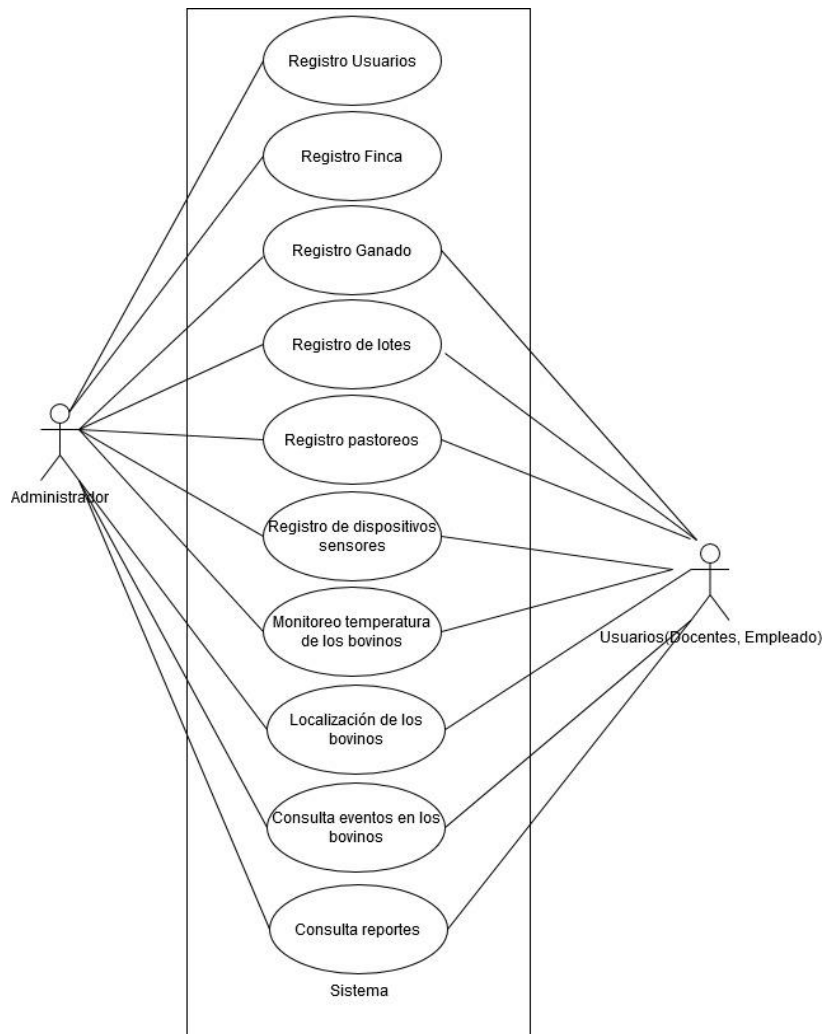


Ilustración. Diagrama casos de uso general.

### 3.2 Inicio de sesión

El caso de uso inicio de sesión muestra las acciones que hay que realizar para iniciar sesión en la aplicación web.

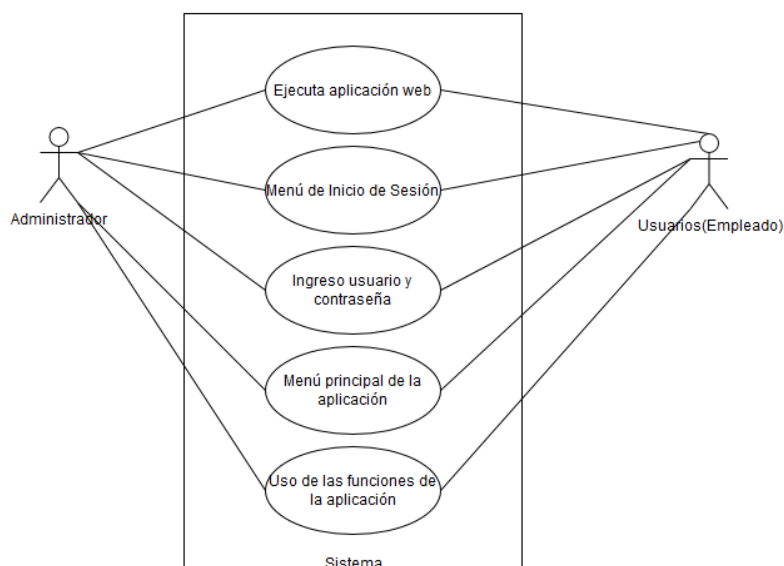


Ilustración. Diagrama caso de uso de inicio de sesión.

Descripción de caso de uso de inicio de sesión.

**Tabla.** Caso De Uso Inicio De Sesión

Identificador: CU-001	Nombre: Inicio de sesión
Descripción: Caso de uso donde los usuarios acceden al sistema.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar previamente registrado en el sistema.</li> <li>• El usuario deberá tener un tipo de usuario y permiso de uso.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- Ejecuta la aplicación web 3.- Ingresa datos de usuario. 6.- Accede al sistema.	2.- Muestra la pantalla de inicio 4.- Valida información ingresada. 5.- El sistema muestra el menú principal de la aplicación web.
Post-condiciones: Usuario visualiza el menú y la interface de la aplicación web.	

### 3.3 Registrar usuarios

Este caso de uso sigue las acciones necesarias para realizar el ingreso de un usuario por parte del administrador del sistema.

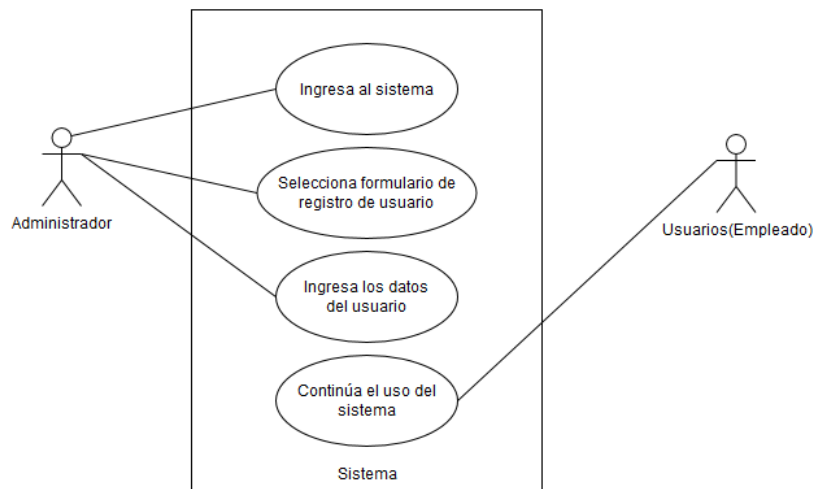


Ilustración. Diagrama caso de uso de registro de usuarios.

Descripción de caso de uso de registro de usuarios.

**Tabla.** Registrar usuarios

Identificador: CU-002	Nombre: Registrar usuarios
Descripción: Caso de uso donde se registran los datos del usuario	
Actores: Administrador finca	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador desea registrar un usuario en el sistema para su utilización.</li> <li>• El usuario no está registrado en el sistema</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El administrador inicia sesión y selecciona la opción registro de usuario.	2.- Muestra el formulario de registro de usuario.
3.- El administrador ingresa los datos del nuevo usuario.	4.- Valida información ingresada.
	5.- El sistema almacena los datos y muestra un mensaje de confirmación.
Post-condiciones: El sistema guarda datos del usuario para posterior ingreso a la aplicación web.	

### 3.4 Registrar datos de Finca

El caso de uso registrar datos finca permite el ingreso general de los datos de la finca.

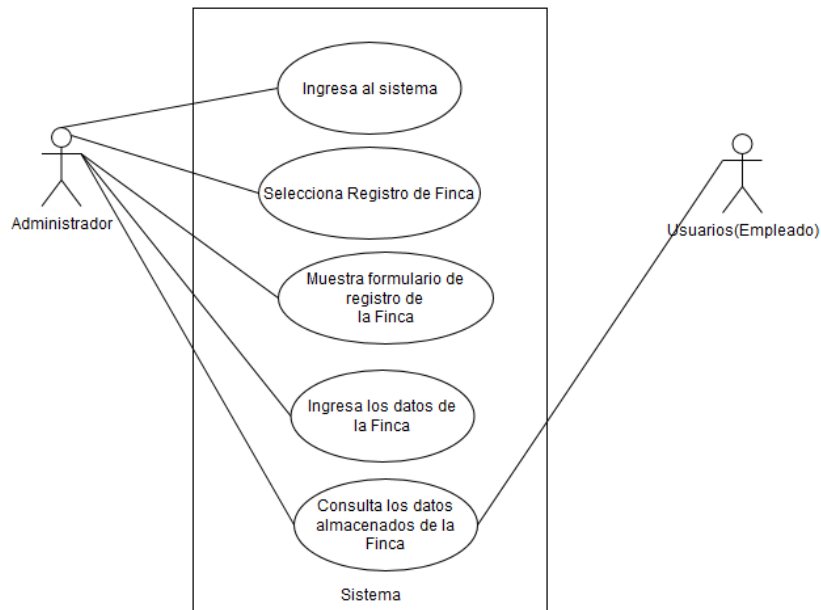


Ilustración. Diagrama caso de uso de registro de finca.

Descripción de caso de uso de registro de finca.

**Tabla.** Registrar datos de Finca

Identificador: CU-003	Nombre: Registrar datos de Finca
Descripción: Caso de uso donde se registran los datos de la Finca	
Actores: Administrador finca	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La finca no está registrada en el sistema</li> <li>• Los datos de la finca necesitan ser actualizados.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El administrador inicia sesión y selecciona la opción registro de usuario 3.- El administrador ingresa los datos de la finca o actualiza algún dato específico de la misma.	2.- Muestra el formulario de registro de datos de la finca. 4.- Valida información ingresada. 5.- El sistema almacena los datos y muestra un mensaje de confirmación.
Post-condiciones: El sistema guarda datos de la finca.	

### 3.5 Registrar ganado

El caso de uso registrar ganado muestra la acción para almacenamiento de los datos generales del ganado.

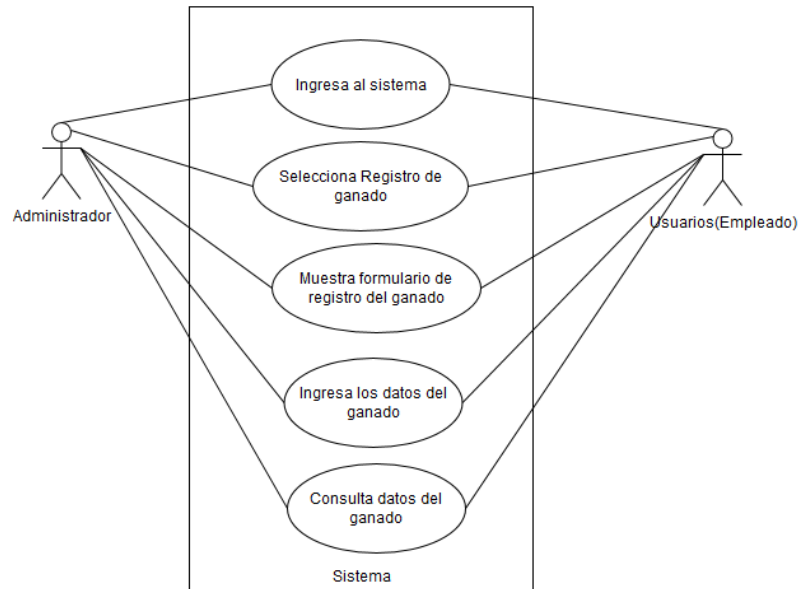


Ilustración. Diagrama caso de uso de registro de ganado.

Descripción de caso de uso de registro de ganado.

**Tabla.** Registrar datos de ganado.

Identificador: CU-004	Nombre: Registrar datos del ganado
Descripción: Caso de uso donde se registran los datos generales del ganado.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• Los datos del ganado no están registrados en el sistema</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona la opción registro de ganado. 3.- El usuario ingresa los datos del ganado o actualiza algún dato específico de algún bovino.	2.- Muestra el formulario de registro de datos del ganado. 4.- Valida información ingresada. 5.- El sistema almacena los datos y muestra un mensaje de confirmación.
Post-condiciones: El sistema guarda datos de un bovino.	

### 3.6 Registrar sensor

El caso de uso registrar sensor realiza la acción de ingresar datos informativos de un sensor y la acción de asignación de un sensor a un animal a monitorear.

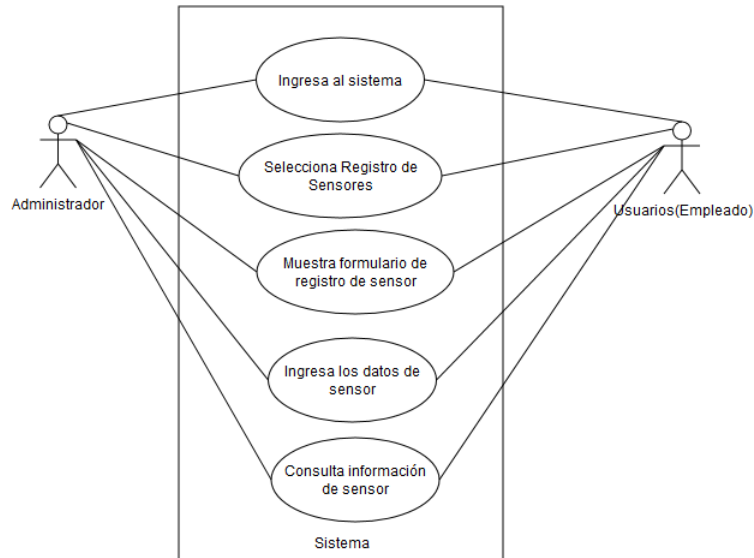


Ilustración. Diagrama caso de uso de registro de sensor

Descripción de caso de uso de registro de sensor

**Tabla.** Registrar datos de sensor

Identificador: CU-005		Nombre: Registrar datos de sensor	
Descripción: Caso de uso donde se registran los datos de los sensores y su asignación a un bovino.			
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería			
Pre-condiciones:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• Los datos del sensor no están registrados en el sistema.</li> <li>• El ganado debe estar registrado en el sistema</li> </ul>			
Flujo normal de eventos			
Acción actor		Sistema	
1.- El usuario inicia sesión y selecciona la opción registro de sensor.		2.- Muestra el formulario de registro de datos del sensor.	
3.- El usuario ingresa los datos del sensor o actualiza algún dato específico de un determinado sensor.		4.- Valida información ingresada.	
		5.- El sistema almacena los datos y muestra un mensaje de confirmación.	
Post-condiciones: El sistema guarda datos del sensor.			

### 3.7 Registrar lote de ganado

El caso de uso registrar lote de ganado realiza la acción de crear una categoría o grupo de bovinos con características comunes y que se agrupan con un fin determinado, como pueden ser lote de bovinos para engorde, producción, etc.

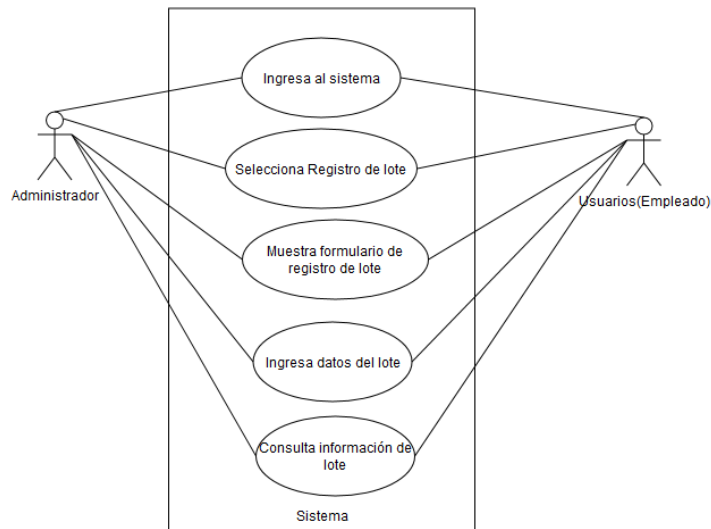


Ilustración. Diagrama caso de uso de registro de lote.

Descripción de caso de uso de registro de lote.

**Tabla.** Registrar datos de lote

Identificador: CU-006	Nombre: Registrar datos de lote ganadero
Descripción: Caso de uso donde se registra un lote o grupo, al cual se va a asignar varios bovinos.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• Los datos del lote no están registrados en el sistema.</li> <li>• El ganado debe estar registrado en el sistema para asignar a un lote específico.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona la opción registro de lote. 3.- El usuario ingresa los datos del lote o actualiza algún dato específico del lote.	2.- Muestra el formulario de registro de datos del sensor. 4.- Valida información ingresada. 5.- El sistema almacena los datos y muestra un mensaje de confirmación.
Post-condiciones: El sistema guarda datos del lote.	

### 3.8 Registrar pastoreo

El caso de uso registrar pastoreo realiza la acción de crear un registro específico para guardar información sobre la asignación de lote y sensor a cada animal para su posterior monitoreo.

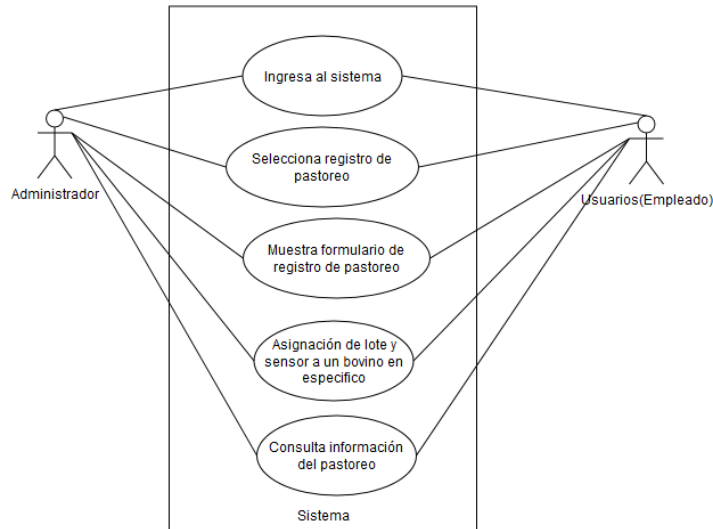


Ilustración. Diagrama caso de uso para registro de pastoreo.

Descripción de caso de uso para registro de pastoreo.

**Tabla.** Registrar datos de pastoreo

Identificador: CU-007	Nombre: Registrar datos de pastoreo
Descripción: Caso de uso donde se registra la información de los bovinos en base a la asignación de lote y sensor a cada animal para su posterior monitoreo.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• Los datos del pastoreo no están registrados en el sistema.</li> <li>• El lote y sensor debe estar registrado en el sistema para su asignación a un bovino en específico.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona la opción registro de Pastoreo.	2.- Muestra el formulario de registro de datos del pastoreo.
3.- El usuario selecciona el lote, bovino y sensor como un registro específico en el sistema.	4.- Valida información ingresada.
	5.- El sistema almacena los datos y muestra un mensaje de confirmación.
Post-condiciones: El sistema guarda datos de la asignación de lote, sensor y bovino.	

### 3.9 Monitoreo de temperatura

En este caso de uso se indica y visualiza toda la información que ha sido recolectada por los dispositivos sensores durante el proceso de monitoreo de cada bovino.

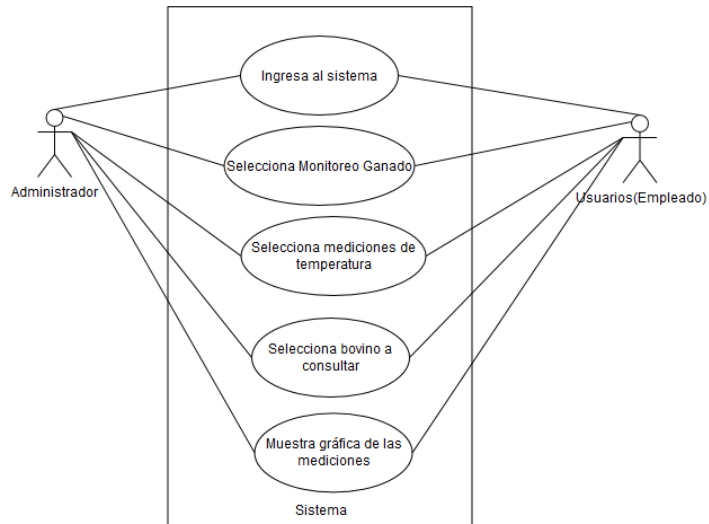


Ilustración. Diagrama caso de uso para monitoreo de temperatura.

Descripción de caso de uso para monitoreo de temperatura.

**Tabla.** Monitoreo de temperatura

Identificador: CU-008	Nombre: Monitoreo de temperatura
Descripción: Caso de uso donde se realiza el monitoreo de la temperatura del ganado.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• El ganado debe estar registrado en el sistema y debe tener asignado un lote y sensor para el monitoreo.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona monitoreo de ganado. 2.- Se despliega menú de opciones, donde se selecciona la opción mediciones temperatura. 4.- El usuario puede seleccionar el bovino para una consulta individual de los datos.	3.- Muestra el formulario de consulta de las mediciones de temperatura tomadas del ganado.  5.- Muestra una gráfica con los datos referentes a la temperatura de un bovino en específico.
Post-condiciones: El sistema muestra la información presentada durante el monitoreo.	

### 3.10 Registrar notificaciones

En este caso de uso de acuerdo a la notificación se registra el evento y observación que se haya generado durante el proceso de monitoreo.

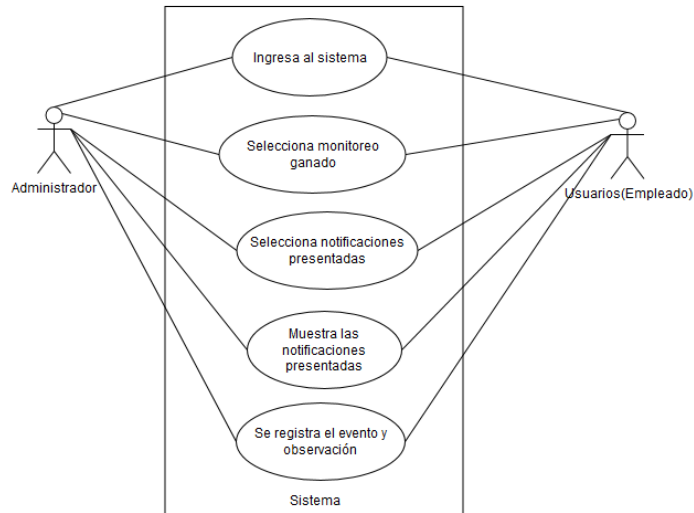


Ilustración. Diagrama caso de uso para registro de notificación

Descripción de caso de uso para registro de notificación

**Tabla.** Registro de eventos y notificaciones

Identificador: CU-009	Nombre: Registrar eventos de los bovinos
Descripción: Caso de uso donde se realiza el registro de eventos presentados en el monitoreo del ganado.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• El ganado debe estar registrado en el sistema y debe tener asignado un sensor para el monitoreo.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona monitoreo de ganado. 2.- Se despliega menú de opciones, donde se selecciona la opción notificaciones. 4.- El usuario selecciona el tipo evento que ha generado la notificación e ingresa alguna observación adicional que se haya presentado.	3.- Muestra el formulario de registro de eventos del ganado.  5.- El sistema almacena los datos del evento y observación y muestra un mensaje de confirmación.
Post-condiciones: El sistema guarda datos del evento.	

### 3.11 Monitoreo de la localización

En este caso de uso se visualiza toda la información sobre la localización geográfica que ha sido recolectada por los dispositivos sensores durante el proceso de monitoreo de cada bovino.

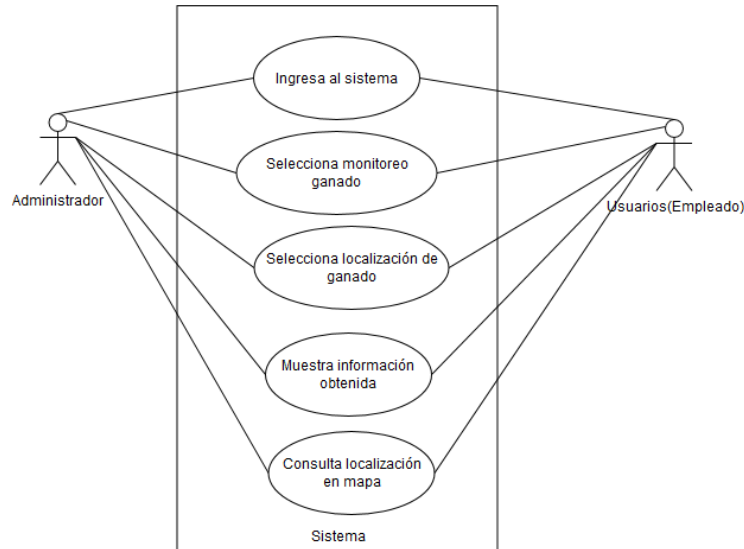


Ilustración. Diagrama caso de uso para monitorear localización.

Descripción de caso de uso para monitorear localización.

**Tabla.** Monitoreo de la localización

Identificador: CU-010	Nombre: Monitoreo de la localización
Descripción: Caso de uso donde se realiza el monitoreo de la localización del ganado.	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• El ganado debe estar registrado en el sistema y debe tener asignado un lote y sensor para el monitoreo.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona la opción monitoreo de ganado.	3.- Muestra la ventana de localización del ganado en mapa por medio de marcadores.
2.- Se despliega menú de opciones, donde se selecciona la opción localización.	4.- Muestra la información recolectada.
Post-condiciones: El sistema muestra la información presentada durante el monitoreo.	

### 3.12 Generar reportes

Este caso de uso muestra y genera un reporte en un determinado tipo de archivo, con información de interés que el usuario desea guardar en un documento digital.

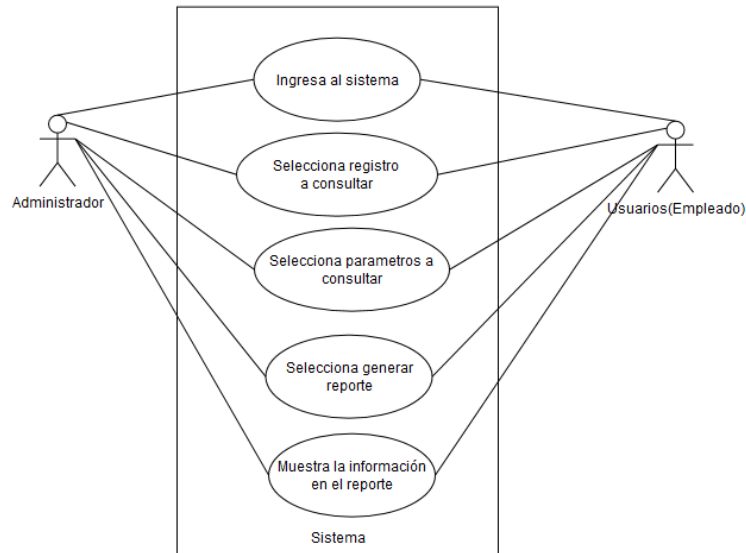


Ilustración. Diagrama caso de uso para los reportes

Descripción de caso de uso para generar reportes

**Tabla.** Caso de uso generar reportes

Identificador: CU-011	Nombre: generar reportes
Descripción: Caso de uso donde se genera reportes	
Actores: Administrador finca, Operario de la ganadería	
Pre-condiciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe estar registrado y debe poder ingresar al sistema.</li> <li>• Se debe tener registrado con anterioridad en el sistema, información de los bovinos, sensores, lotes y el correspondiente registro de pastoreo.</li> </ul>	
Flujo normal de eventos	
Acción actor	Sistema
1.- El usuario inicia sesión y selecciona la opción registro que se desea consultar.	2.- Muestra el formulario con la información almacenada en el sistema.
3.- El usuario ingresa o selecciona datos a consultar para generar reporte.	4.- Muestra la información consultada por el usuario.
5.- Se selecciona la opción de Reporte	5.- El sistema genera un reporte.
Post-condiciones: El sistema genera un reporte en formato digital.	

**Anexo 11:** Documento arquitectura del software

**Sistema de identificación, registro y monitoreo de  
ganado bovino basado en una red de sensores  
inalámbricos**

**Documento Arquitectura del Software**

**Versión: 0.1**

# ARQUITECTURA DEL SOFTWARE

## 1. Introducción

En los siguientes apartados se mostrará la representación de procesos, mediante esquemas, diagramas y documentación relativa al desarrollo del sistema se monitoreo, para realizar este tipo de representación se hará uso del Lenguaje Unificado de Modelado o UML. El UML está compuesto por diversos elementos gráficos que cumplen con la finalidad de presentar las funcionalidades incluidas en el sistema. Entre los diagramas se tiene: diagramas de secuencia, diagramas de clases, diagramas de estado, diagramas de arquitectura, etc.

### 1.1. Propósito

El propósito del documento es describir los diagramas de la arquitectura del software, haciendo uso de diferentes vistas arquitectónicas para así poder ilustrar las características más importantes del sistema, de manera que el usuario tenga una idea general de la futura implementación del sistema.

### 1.2. Vista General

La arquitectura en capas se subdivide en 3 capas esenciales:

- Capa de presentación (Vista): En esta capa se desarrolla toda la parte gráfica con la cual interactúa el usuario.
- Capa de procesamiento de datos (Control o Negocio): La capa lógica encargada de realizar todas las operaciones, aquí se encuentra todo el código de programación desarrollado en PHP.
- Capa de almacenamiento de datos: La capa lógica encargada de realizar todas las solicitudes necesarias a la Base de Datos (MySQL).

## 2. Modelo en Capas

### 2.1 Capa de presentación (vista)

#### 2.1.1 Organización de la capa de presentación

Contiene las ventanas que utiliza el usuario para comunicarse con el sistema para una adecuada y fácil utilización de los paquetes de información.

## **2.1.2 Tecnologías usadas en la capa de presentación**

Atom: software para la creación y edición de páginas web lo cual dará mayor facilidad ya que proporciona una interfaz intuitiva para la creación de entornos webs

WampServer: nos permite crear un entorno de desarrollo web para Windows con el que se puede crear aplicaciones web con Apache, PHP y bases de datos.

Hosting: alojamiento web para almacenar el sistema en la nube y así brindar al usuario la posibilidad de realizar operaciones todo el tiempo que él requiera.

## **2.2. Capa de procesamiento de datos (negocio)**

### **2.2.1. Organización de la capa de procesamiento de datos**

Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y resultados, y con la capa de almacenamiento de datos para interactuar con el gestor de bases de datos, es la parte lógica y se dedica a hacer procesos internos dentro del sistema.

### **2.2.2. Tecnologías usadas en la capa de presentación**

Apache: Nos permite crear un servidor local para realizar las pruebas de las páginas webs y luego alojarlas a un hosting.

Hosting: alojamiento web para almacenar el sistema en la nube y así brindar al usuario la posibilidad de realizar operaciones todo el tiempo que él requiera.

## **2.3. Capa de almacenamiento de datos (persistencia)**

### **2.3.1. Organización de la capa de almacenamiento de datos**

Esta capa contendrá la conexión al gestor de base de datos como también las sentencias a utilizar para manejar los datos, esta capa recibe las solicitudes de consultas, manejo, almacenamiento de información.

### **2.3.2. Tecnologías usadas en la capa de almacenamiento de datos**

Hosting: alojamiento web para almacenar el sistema en la nube y así brindar al usuario la posibilidad de realizar operaciones todo el tiempo que él requiera.

Mysql: Gestor de base de datos que contendrá todas las tablas y sus registros para consultar los datos mediante peticiones desde la aplicación web.

phpMyAdmin: Herramienta utilizada para manejar la administración de MySQL a través de páginas web.

### 3. Modelado Vista de Implementación

#### 3.1. Diagramas de secuencia

Con la finalidad de identificar las funciones que se pueden realizar dentro del sistema propuesto y dependiendo del caso o tipo de función, se procede a detallar los diagramas de secuencia a continuación:

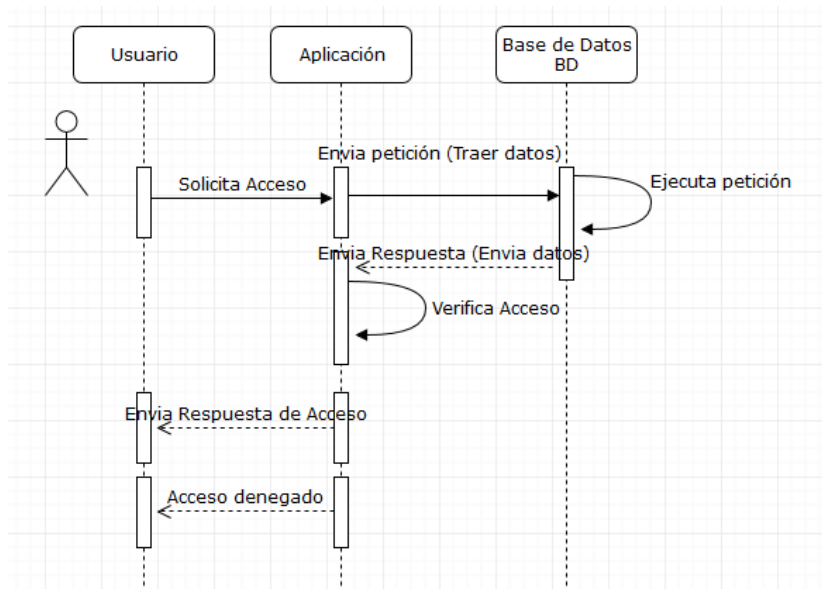


Ilustración. Diagrama de secuencia autenticar usuario

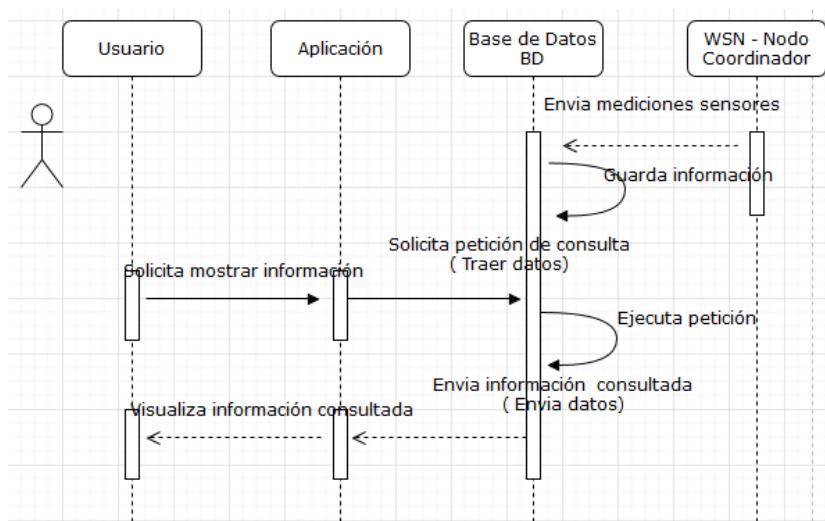


Ilustración. Diagrama de secuencia manejo de información de la red de sensores.

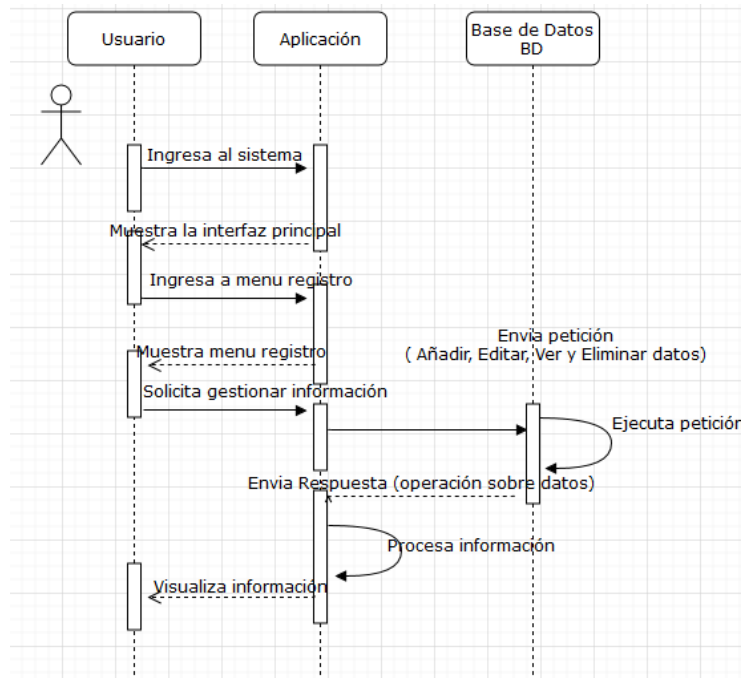


Ilustración. Diagrama de secuencia de la gestión de información

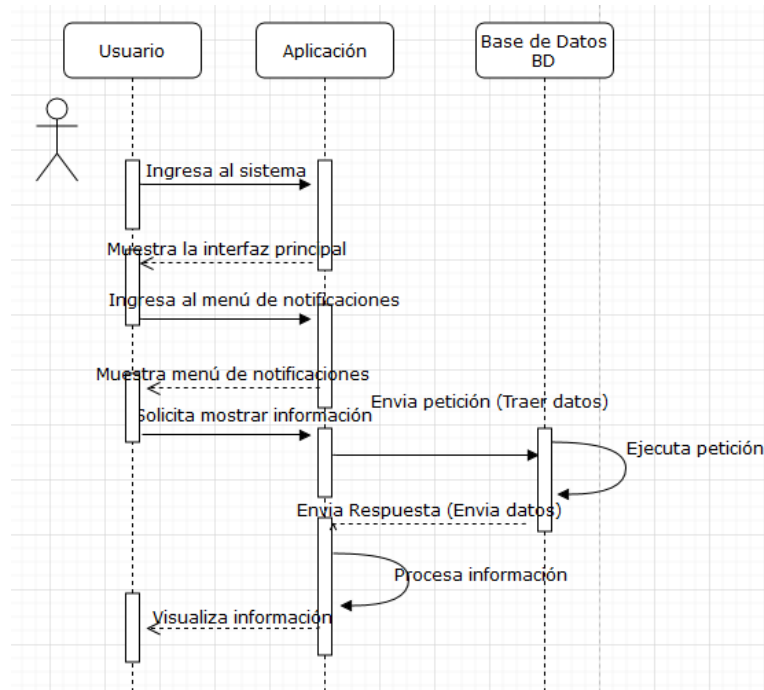


Ilustración. Diagrama de secuencia sobre eventos presentados en el monitoreo.

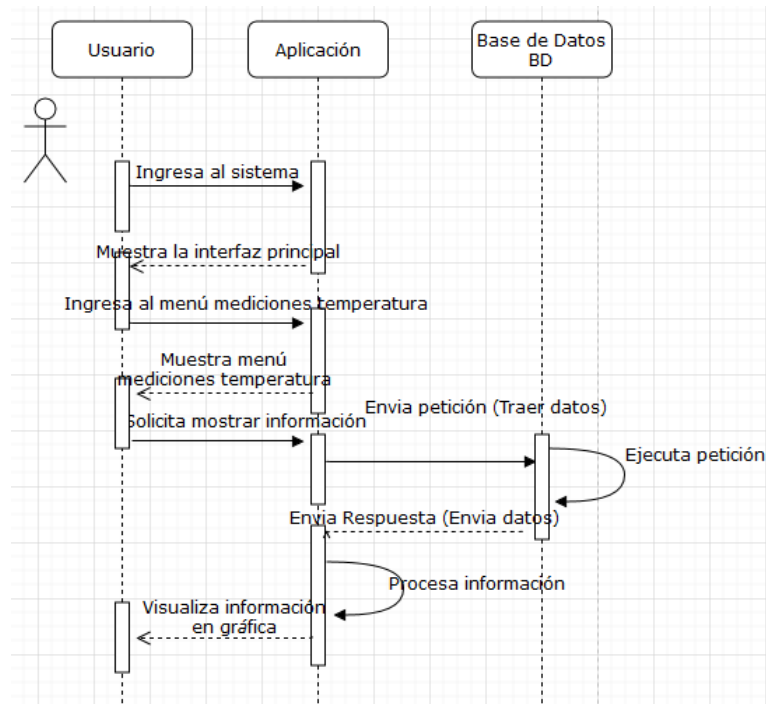


Ilustración. Diagrama de secuencia del monitoreo de temperatura del ganado.

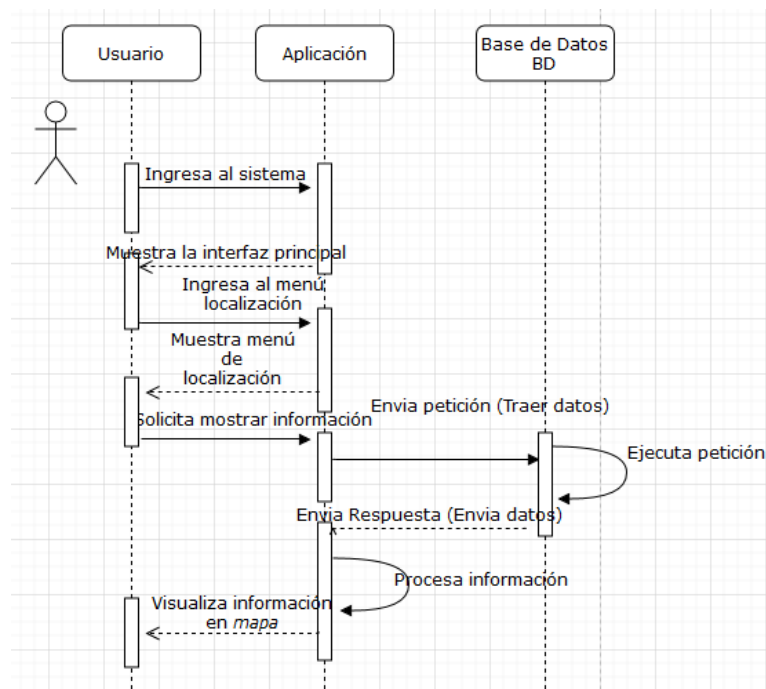


Ilustración. Diagrama de secuencia de la localización del ganado.

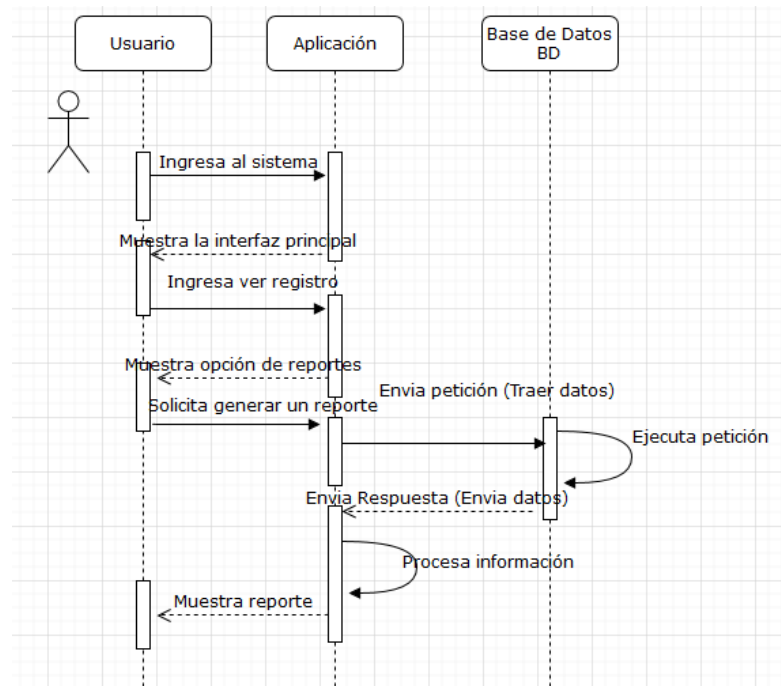


Ilustración. Diagrama de secuencia de los reportes

#### 4. Modelado Vista lógica

##### 4.1. Diagrama de clases

En el diagrama de clase se va presentar las relaciones entre las clases que componen el sistema, las funciones y procedimientos que se utilizan para el tratamiento de la información antes de ingresarlas a la base de datos.

Se propone el siguiente diagrama de clases donde se detallan todos los objetivos que van a conformar el desarrollo de la página web.

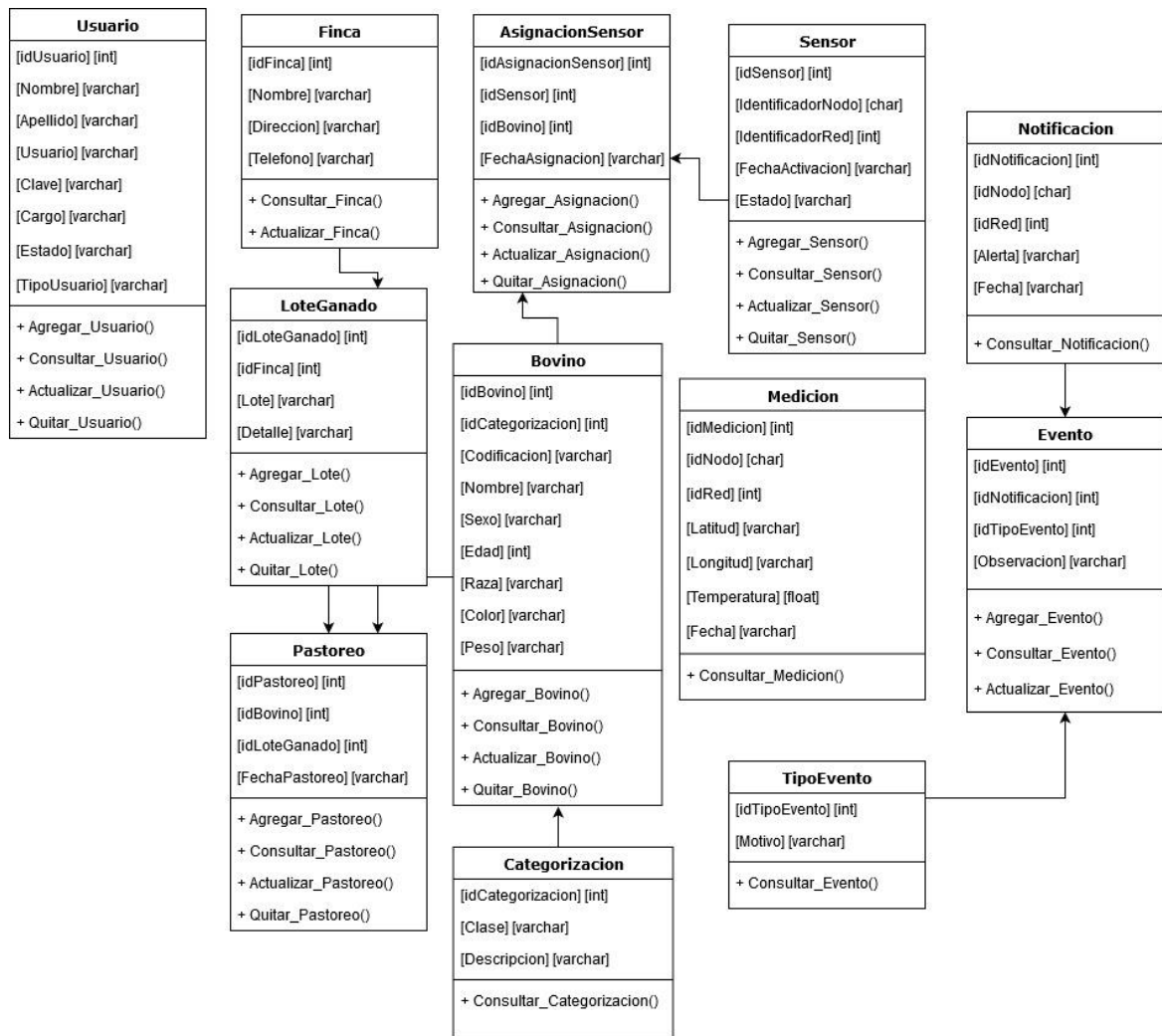


Ilustración. Diagrama de clases

### Diccionario de la base de datos

A continuación se detalla la estructura de las tablas a emplear para formar la base de datos:

**Tabla.** Diccionario de la tabla usuario

Tabla Usuario			
Descripción: Registro datos generales del usuario			
Descripción de los campos			
Campo	Tipo	Tamaño	Descripción
idUsuario	Int	10	Código del usuario
Nombre	Varchar	25	Nombre del usuario
Apellido	Varchar	25	Apellido del usuario
Usuario	Varchar	25	Nombre del usuario para loguearse
Clave	Varchar	25	Clave del usuario para loguearse

Cargo	Varchar	25	Cargo actual del usuario
Estado	Varchar	25	Estado del usuario (activo o inactivo)
TipoUsuario	Varchar	25	Rol actual del usuario (administrador o trabajador)

**Tabla.** Diccionario de la tabla bovino

<b>Tabla Bovino</b>			
<b>Descripción: Registro datos generales del bovino</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idBovino	Int	10	Código del animal
Codificacion	Varchar	25	Código de la caravana del animal
Nombre	Varchar	25	Nombre del animal
Sexo	Varchar	10	Categoría de genero del animal
Edad	Int	10	Edad del animal en el registro
Raza	Int	10	Raza a la que pertenece el animal
Color	Varchar	25	Color del animal en el registro
Peso	Float	25	Peso del animal en el registro
Categorizacion	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "Categorizacion"

**Tabla.** Diccionario de la tabla categorización

<b>Tabla Categorización</b>			
<b>Descripción: Registro datos de la categorización de los bovinos</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idCategorización	Int	10	Código del tipo de categoría para el ganado.
Clase	Varchar	25	Nombre de la clase a la que pertenece el animal
Descripción	Varchar	25	Descripción breve de la clase

**Tabla.** Diccionario de la tabla Finca

<b>Tabla Finca</b>
<b>Descripción: Registro datos de la Finca</b>

<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idFinca	Int	10	Código de identificación de la finca
Nombre	Varchar	25	Nombre de la finca
Dirección	Varchar	25	Dirección de la finca
Telefono	Varchar	25	Teléfono de la finca

**Tabla.** Diccionario de la tabla Lote Ganado

<b>Tabla LoteGanado</b>			
<b>Descripción: Registro datos del Lote Ganado</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idLoteGanado	Int	10	Código de identificación del lote de ganado.
Lote	Varchar	25	Nombre del lote a la que pertenece el animal
Detalle	Varchar	25	Descripción breve del lote.
Finca	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "Finca"

**Tabla.** Diccionario de la tabla Pastoreo

<b>Tabla Pastoreo</b>			
<b>Descripción: Registro datos de la tabla Pastoreo</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idPastoreo	Int	10	Código de identificación de la finca
LoteGanado	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "LoteGanado"
Bovino	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "Bovino"
FechaPastoreo	Varchar	25	Fecha en la que se realizó el ingreso del ganado en el registro de pastoreo.

**Tabla.** Diccionario de la tabla Sensor

<b>Tabla Sensor</b>			
<b>Descripción: Registro datos de la tabla Sensor</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idSensor	Int	10	Código de identificación del dispositivo.
IdentificadorNodo	Char	10	Letra que identifica al sensor
IdentificadorRed	Int	10	Número de red a la que pertenece el sensor.
FechaActivacion	Varchar	25	Fecha en la que se realizó el ingreso del sensor
Estado	Varchar	25	Descripción para identificar la condición del sensor (activo, inactivo).

**Tabla.** Diccionario de la tabla Asignación Sensor

<b>Tabla AsignacionSensor</b>			
<b>Descripción: Registro datos de la tabla Asignación Sensor</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idAsignacionSensor	Int	10	Código de identificación del dispositivo.
Sensor	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "Sensor"
Bovino	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "Bovino"
FechaAsignacion	Varchar	25	Fecha en la que se realizó la asignación de un sensor a un bovino.

**Tabla.** Diccionario de la tabla Medición

<b>Tabla Medicion</b>			
<b>Descripción: Registro datos de la tabla Medición</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idMedicion	Int	10	Código de la medición.
idRed	Int	10	Número de red a la que pertenece el sensor.
idNodo	Char	10	Letra que identifica al sensor.
Latitud	Varchar	25	Medición para identificar la latitud
Longitud	Varchar	25	Medición para identificar la longitud
Temperatura	Float	10	Medición para identificar la temperatura.
Fecha	Varchar	25	Fecha en la que se ingresó una medición.

**Tabla.** Diccionario de la tabla Tipo de Evento

<b>Tabla TipoEvento</b>			
<b>Descripción: Registro datos del Tipo de Evento</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idTipoEvento	Int	10	Código del tipo de evento.
Motivo	Varchar	25	Detalle del motivo de un evento.

**Tabla.** Diccionario de la tabla Evento

<b>Tabla Evento</b>			
<b>Descripción: Registro datos de un Evento</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idEvento	Int	10	Código del evento.
Notificacion	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "Notificacion"
TipoEvento	Int	10	Clave foránea que relaciona con la tabla "TipoEvento"
Observacion	Varchar	45	Opinión del evento efectuado

**Tabla.** Diccionario de la tabla Notificación

<b>Tabla Evento Notificacion</b>			
<b>Descripción: Registro datos de la tabla Notificación</b>			
<b>Descripción de los campos</b>			
<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Descripción</b>
idNotificacion	Int	10	Código del evento.
idRed	Int	10	Número de red a la que pertenece el sensor.
idNodo	Char	10	Letra que identifica al sensor.
Alerta	Varchar	45	Aviso sobre un evento presentado
Fecha	Varchar	25	Fecha en que acontece un evento

## 4.2. Modelo Entidad Relación

Este modelo muestra las tablas, las claves primarias y foráneas y las relaciones entre ellas.

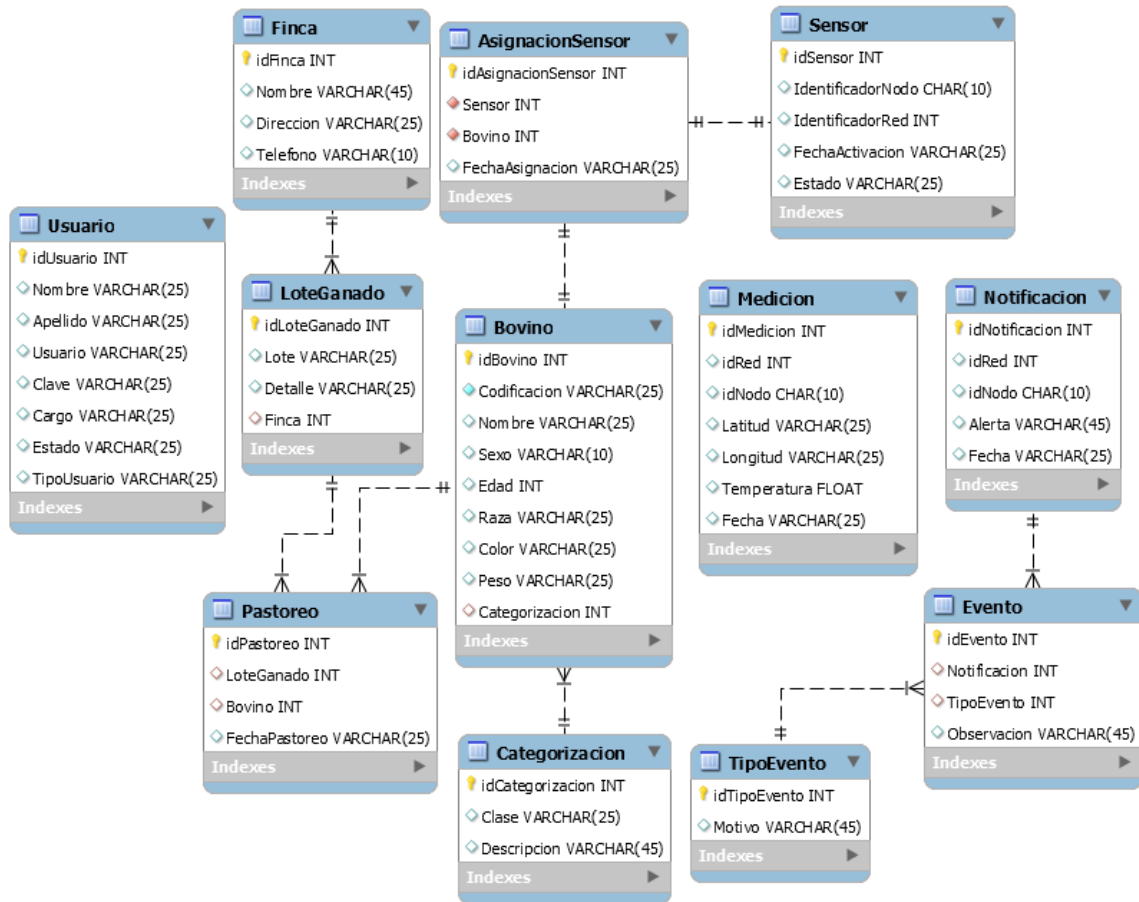


Ilustración. Modelo Entidad Relación E-R

**Sistema de identificación, registro y monitoreo de  
ganado bovino basado en una red de sensores  
inalámbricos**

**Plan de pruebas del Software**

**Versión: 0.1**

# PLAN DE PRUEBAS

## 1. Introducción

### 1.1. Alcance

El objetivo principal de la evaluación es encontrar los errores y defectos que puedan existir al utilizar el sistema para poder corregirlos. Así mismo la comprobación que funcionan correctamente los validadores de datos en el ingreso de información en los formularios de la aplicación, para que no se puedan ingresar datos que no estén permitidos (por ejemplo, solo números en un campo numérico). También se quiere comprobar si el sistema cumple con los requisitos establecidos por los usuarios y mostrar que el sistema tiene un rendimiento adecuado en un entorno de funcionamiento real. Otro aspecto importante de la evaluación son las características de seguridad relacionadas con el acceso no autorizado de los usuarios y comprobar que no se puede realizar modificaciones en lugares no permitidos o no autorizados en la aplicación.

### 1.2. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

Requerimientos: algo que se le pide o solicita a alguien, las características que desea que tenga el sistema o software.

login: término que se usa en informática para referirse al ingreso a las cuentas de usuario para sistemas o servicios.

Transferencia: se denomina al volumen de datos que fluye a través de uno o varios medios de conectividad.

Relacional: colección de elementos de datos organizados en un conjunto de tablas formalmente descritas.

Estructurado: adjetivo calificativo que sirve para indicar que una cosa o elemento tiene estructura y por tanto tiene firmeza o donde apoyarse, ya sea simbólico o concreto.

Validación: proceso de revisión que verifica y confirmar que el sistema de software producido cumple con el propósito de su diseño.

## 2. Antecedentes y Propósito

### 2.1. Antecedentes

Esta es la primera versión del plan de prueba existente, por lo que no hay historial de este documento.

## 2.2. Propósito de la Evaluación

El objetivo principal del documento es organizar las actividades necesarias para encontrar errores y defectos, para ello es necesario hacer pruebas para garantizar la calidad del software, y por tanto se ponen a evaluación todas las ventanas involucradas en los casos de uso del sistema. Basándose en los casos de uso, se puede desarrollar casos de prueba para verificar el rendimiento y la capacidad del software.

## 3. Herramientas para las Pruebas

La principal herramienta utilizada será Apache JMeter, que es una aplicación de software de tipo escritorio de código abierto diseñada en java para comprobar el comportamiento y medir el rendimiento de aplicaciones de software. Originalmente fue diseñado para probar aplicaciones web.

### 3.1. Software

**Tabla:** Herramientas de software para pruebas

Nombre	Versión	Tipo de uso
JMETER	5.4	Diseñado para cargar el comportamiento de pruebas funcionales y medir el rendimiento.

### 3.2. Hardware

**Tabla:** Especificación de elementos de hardware

Nombre	Cantidad	Para que se usa
Laptop	1	HP Pavilion con procesador Intel Core i7 de sexta generación. pantalla de 12 pulgadas con resolución Full HD (1,920x1,280 pixeles), Sistema Operativo Windows 10, disco de 500GB de almacenamiento, Memoria Ram 8 Gb, 2 Puertos USB, Puerto HDMI, Audio HD con altavoces estéreo.
Red de sensores Inalámbricos	2 dispositivos sensores y 1 dispositivo coordinador.	Dispositivos autónomos que trabajan de manera colaborativa para recolectar información sobre la localización y temperatura en animales bovinos.

### 3.3. Configuraciones de pruebas de ambiente

**Tabla:** Especificación de Componentes

Requerimiento	Versión	Fabricante	Características
Sistema Operativo	Windows Versión 8.1	Microsoft Windows	Software básico de una computadora que provee una interfaz entre el resto de programas de los dispositivos hardware y el usuario.
Servidor Web Apache HTTP Sever	Versión 2.4.23.	Fundación Apache	Permite acceder a una página web y responde a peticiones, enviando código HTML mediante una transferencia de datos en red.
MySQL Server	Versión 5.7.14	Sun Microsystems (hasta febrero de 2008 MySQL AB)	MySQL es un sistema de gestión de base de datos relacional de código abierto, basado en lenguaje de consulta estructurado (SQL).
PHP	Versión 5.6.25	Rasmus Lerdorf 1994	Lenguaje de programación del lado del servidor gratuito e independiente de plataforma, utilizado en desarrollo web.
Notepad++	Versión 7.8	Don HO	Editor gratuito de código fuente que soporta varios lenguajes de programación.
Mozilla Firefox	Versión 84.0.1	Corporación Mozilla, Fundación Mozilla	Es un navegador web libre y de código abierto descendiente de Mozilla Application Suite

## 4. Pruebas aplicación web

En el caso de la aplicación que estamos tratando se han realizado tres tipos de pruebas.

### 4.1. Pruebas unitarias

Se han realizado pruebas de cada componente de cada una de las aplicaciones desarrolladas individualmente.

**Tabla:** Prueba de inicio de sesión (login)

id	Descripción	Resultados	Funcionamiento
1	Ingreso de datos en campos de usuario y contraseña. Además se selecciona el tipo del usuario	El sistema accede a la aplicación correctamente	Correcto
2	Intentos de registro dejando en blanco cada uno de los campos cada vez para comprobar la validación	Validación de la aplicación informando que falta completar campos.	Correcto
3	Se ingresan datos erróneos en los campos de usuario y contraseña o en su caso un tipo de usuario erróneo.	El sistema muestra el mensaje el nombre de usuario o contraseña no son correctos	Correcto

**Tabla:** Prueba creación de un usuario nuevo

id	Descripción	Resultados	Funcionamiento
1	Crear un nuevo usuario con todos los datos llenados correctamente.	El sistema muestra un mensaje que el usuario se ha creado exitosamente.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos o con valores incorrectos	El sistema muestra el error debe insertar datos adecuados en los campos o seleccionar una opción sugerida	Correcto
3	Se registra un usuario que ya se ha registrado	El sistema muestra el mensaje no se debe registrar un usuario que ya esté registrado	Correcto

**Tabla:** Prueba modificación del registro de la finca

id	Descripción	Resultados	Funcionamiento
1	Modificar la información de los campos del formulario de la finca con datos válidos.	El sistema muestra que los datos se han actualizado mediante un mensaje de éxito.	Correcto

2	Se envía el formulario con campos vacíos o con valores incorrectos.	El sistema muestra el error debe insertar datos adecuados en los campos o completar los campos del formulario.	Correcto
---	---	--	----------

**Tabla:** Prueba creación de un registro nuevo de ganado

id	Descripción	Resultados	Funcionamiento
1	Crear un nuevo registro de bovino con todos los datos llenados correctamente.	El sistema muestra un mensaje que el registro se ha creado exitosamente.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos o con valores incorrectos	El sistema muestra el error debe insertar datos adecuados en los campos o seleccionar una opción sugerida	Correcto
3	Se registra el código de un bovino que ya se ha registrado	El sistema muestra el mensaje no se debe registrar un bovino que ya esté registrado	Correcto

**Tabla:** Prueba creación de un registro nuevo de sensor

id	Descripción	Resultados	Funcionamiento
1	Crear un nuevo registro de sensor con todos los datos llenados correctamente.	El sistema muestra un mensaje que el registro se ha creado exitosamente.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos o con valores incorrectos	El sistema muestra el error debe insertar datos adecuados en los campos o seleccionar una opción sugerida	Correcto
3	Se registra un sensor que ya se ha registrado	El sistema muestra el mensaje no se debe registrar un sensor que ya esté registrado	Correcto

**Tabla:** Prueba creación de un registro nuevo de lote

<b>id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Funcionamiento</b>
1	Crear un nuevo registro de lote con todos los datos llenados correctamente.	El sistema muestra un mensaje que el registro se ha creado exitosamente.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos	El sistema muestra el error debe insertar datos en todos los campos	Correcto
3	Se registra un lote que ya se ha registrado	El sistema muestra el mensaje no se debe registrar un sensor que ya esté registrado	Correcto

**Tabla:** Prueba creación de un registro nuevo de pastoreo

<b>id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Funcionamiento</b>
1	Crear un nuevo registro de pastoreo con todos los datos llenados correctamente.	El sistema muestra un mensaje que el registro se ha creado exitosamente.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos o con valores incorrectos	El sistema muestra el error debe insertar datos adecuados en los campos o seleccionar una opción sugerida	Correcto

**Tabla:** Prueba modificación del registro de las categorías del ganado

<b>id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Funcionamiento</b>
1	Modificar la información de los campos del registro de una categoría del ganado con datos válidos.	El sistema muestra que los datos se han actualizado mediante un mensaje de éxito.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos.	El sistema muestra el error debe insertar y completar los campos del formulario.	Correcto

**Tabla:** Prueba modificación del registro de las notificaciones

<b>id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Funcionamiento</b>
1	Modificar la información de los campos de las notificaciones con datos válidos.	El sistema muestra que los datos se han actualizado mediante un mensaje de éxito.	Correcto
2	Se envía el formulario con campos vacíos o con valores incorrectos.	El sistema muestra el error debe insertar datos adecuados en los campos o seleccionar una opción sugerida	Correcto

**Tabla:** Prueba modificación datos personales del usuario

<b>id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Funcionamiento</b>
1	Modificar perfil introduciendo caracteres no válidos en cada uno de los campos	Impedir modificación e informar al usuario.	Correcto
2	Modificar perfil proporcionando valores correctos.	Se actualiza la información e informar al usuario.	Correcto
3	Se envía el formulario con campos vacíos	El sistema muestra el error debe insertar datos en todos los campos	Correcto
4	Se registra un usuario que ya se ha registrado	El sistema muestra el mensaje no se debe registrar un usuario que ya esté registrado	Correcto

**Tabla:** Prueba de la función de monitoreo

<b>id</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>	<b>Funcionamiento</b>
1	Pulsar en la opción de mediciones	Se comprueba que aparecen datos sobre las mediciones de temperatura recibidas en el proceso de monitoreo y además se visualiza un gráfico de la temperatura del animal.	Correcto

2	Pulsar en la opción de localización	Se verifica que accede correctamente a esta zona de la web y que carga la capa de vista del mapa en la que se visualiza la localización del ganado.	Correcto
---	-------------------------------------	---	----------

**Tabla:** Prueba de la función cerrar sesión

id	Descripción	Resultados	Funcionamiento
1	Pulsar en la opción de cerrar sesión.	Se cierra la sesión y el sistema redirige a la ventana de login.	Correcto
2	Tras cerrar sesión intentar navegar hacia atrás (backspace o atrás en el navegador)	Al haber eliminado la variable de sesión, el sistema impide acceder a la aplicación hasta iniciar una nueva sesión.	Correcto

## 4.2. Pruebas integradas

Se han realizado pruebas en conjunto de cada una de las aplicaciones, Estas pruebas se han realizado una vez que se ha completado la implementación de todos los componentes de cada una de las aplicaciones, el plan de pruebas queda del siguiente modo:

**4.2.1. Plan de pruebas de la aplicación web:** En este caso, se ha realizado una prueba de ciclo completo de la aplicación en la que se han comprobado los siguientes parámetros:

- Se realiza el inicio de sesión para un usuario valido, se procede a ingresar registros de manera correcta de las siguientes entidades; un registro de un bovino, un registro de un sensor, un registro de un lote.
- Se procede a realizar un registro de un pastoreo, donde se asigna el bovino seleccionado para monitoreo a un lote de ganado, y de igual manera se asigna a este bovino el correspondiente sensor que monitoreara su temperatura y localización.

**4.2.2. Plan de pruebas de la red de sensores inalámbricos:** En este caso, se ha realizado una prueba de funcionamiento completo de la red inalámbrica en la que se han comprobado los siguientes parámetros:

- Se ha comprobado que el dispositivo sensor envía de manera correcta la información de la localización y temperatura tomada del bovino, y esta se almacena de manera correcta en la base de datos del sistema.

**4.2.3. Pruebas del sistema:** Estas pruebas pretenden la correcta integración de todo el sistema desarrollado en este proyecto. Es decir, el correcto funcionamiento de la aplicación web y la red de sensores inalámbricos en conjunto. De este modo el plan de pruebas queda del siguiente modo:

- Se pone en funcionamiento la red inalámbrica y se verifica que se ha almacenado la información recolectada por los dispositivos sensores correctamente en la base de datos del sistema.
- Se lanza el proceso de creación de registros (bovino, sensor, lote) y asignación de dispositivos y lote (pastoreo) que se creó anteriormente en la aplicación.
- Tras el paso anterior, se verifica las mediciones que se almacenan en el sistema y las notificaciones que son recibidas en el dispositivo móvil.
- El usuario comprueba la información recolectada por la red inalámbrica y lleva el monitoreo de la localización y temperatura del bovino seleccionado.

## **5. Criterios para el Lanzamiento**

### **5.1. Criterios de Evaluación**

- No existen errores sin solucionar de Gravedad ALTA.
- No existen errores sin solucionar de Prioridad ALTA.
- Todos los casos de prueba del sistema, basándose en el funcionamiento de los formularios de la aplicación web dieron un resultado satisfactorio.

### **5.2. Pruebas de desempeño**

El objetivo de las pruebas de rendimiento es evaluar el tiempo de respuesta de la aplicación, en base al rendimiento y funcionalidad de las páginas que forman parte de la aplicación.

Para ello se comprueba el comportamiento del sistema ante diferentes situaciones en el software JMeter, que es una herramienta que facilita la gestión de procesos de pruebas de rendimiento para diversos tipo de aplicación de software.

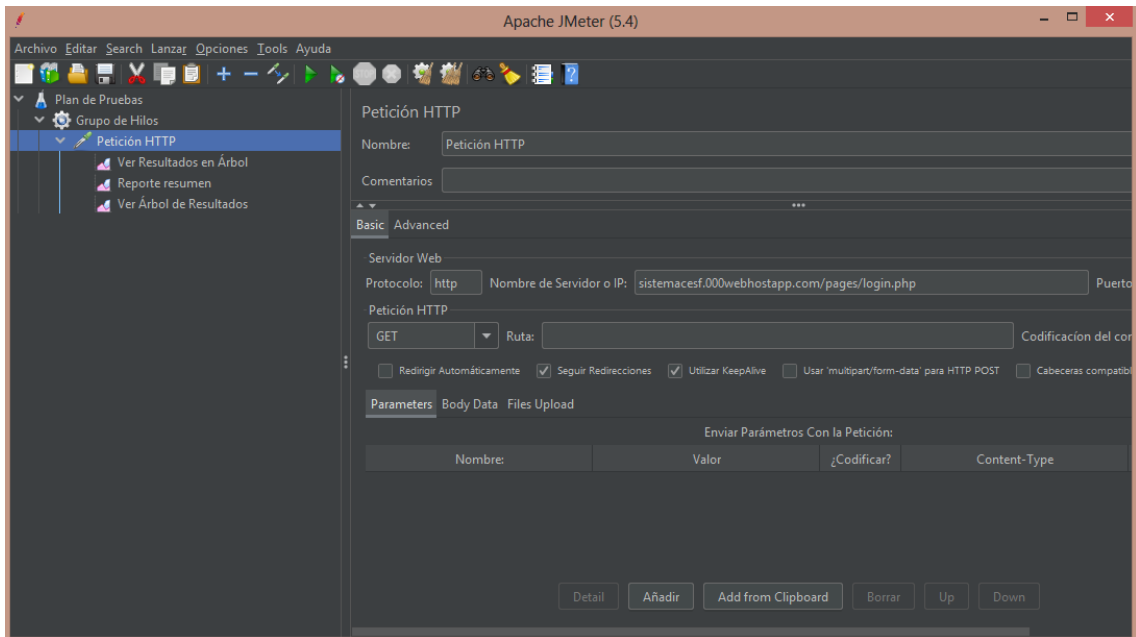


Ilustración: Configuración para realizar una petición HTTP a la aplicación web.

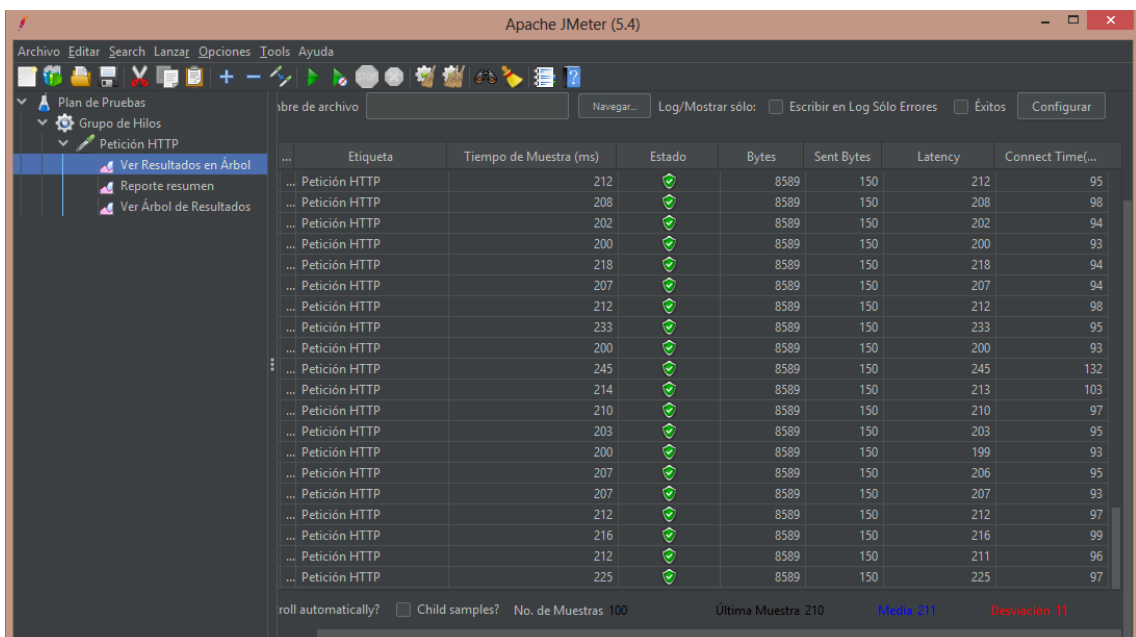


Ilustración: Resultados satisfactorios obtenido de la prueba de peticiones HTTP.

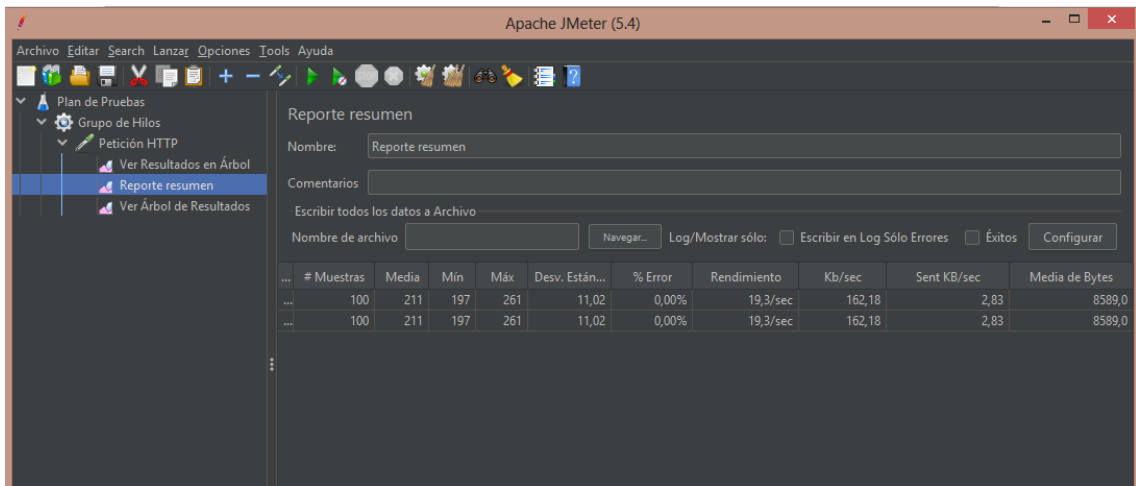


Ilustración: Resumen del resultado obtenido de la pruebas de las peticiones HTTP.

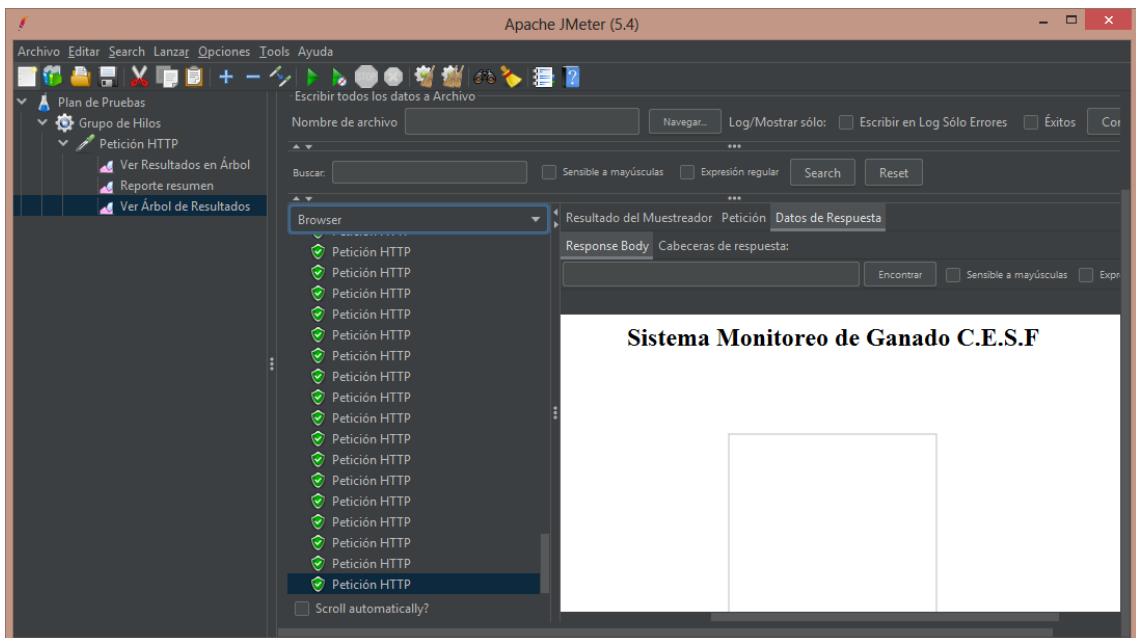


Ilustración: Resultados obtenido en el buscador de las peticiones HTTP

Resultado: Realizar peticiones HTTP (GET, POST) a la dirección web de nuestro servidor es de gran utilidad para testear nuestro propio desarrollo web, Por ejemplo, al solicitar 100 peticiones con un nivel de concurrencia de 5 la página web, nos permite comprobar que la aplicación web cumple con los requisitos de funcionamiento, puesto que da un porcentaje de 0% de error, mostrando que las peticiones llegan y se responden satisfactoriamente, se aceptan las peticiones en milisegundos mostrando que la velocidad de respuesta del servidor es apropiada.

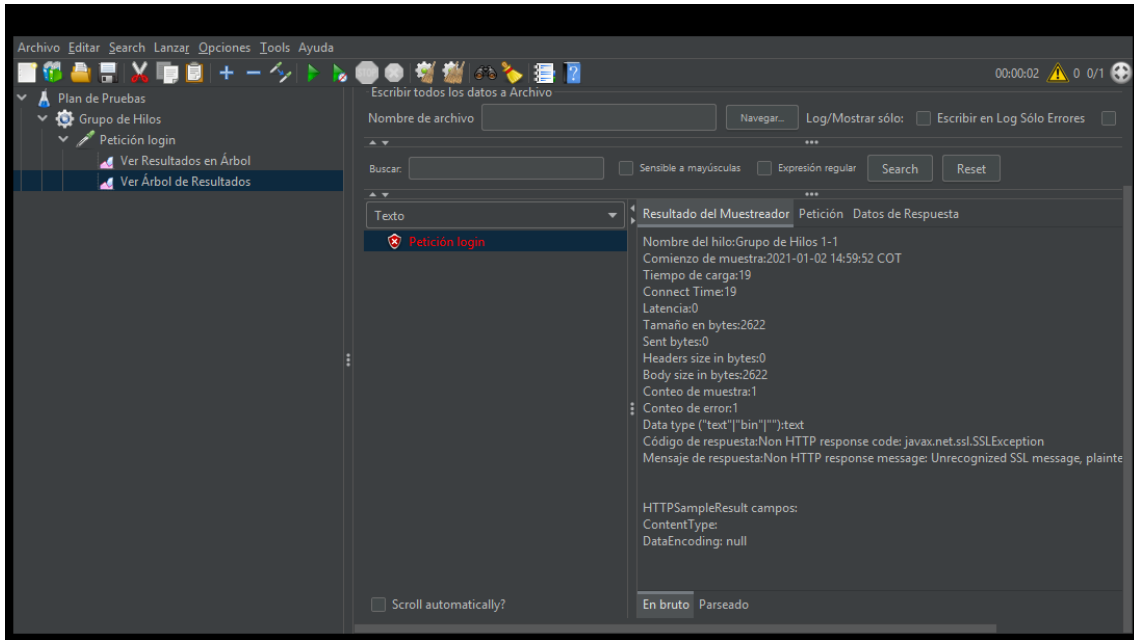


Ilustración: Resultado al realizar una petición de autenticación a la aplicación web, sin configuración de parámetros.

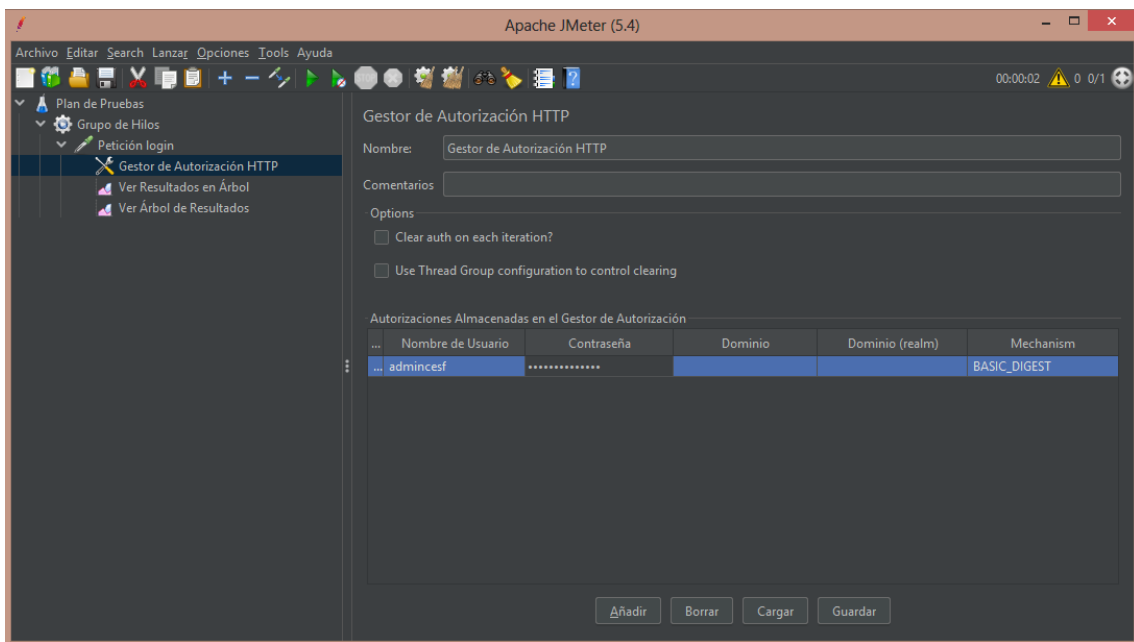


Ilustración: Configuración para realizar una petición de autenticación a la aplicación web.

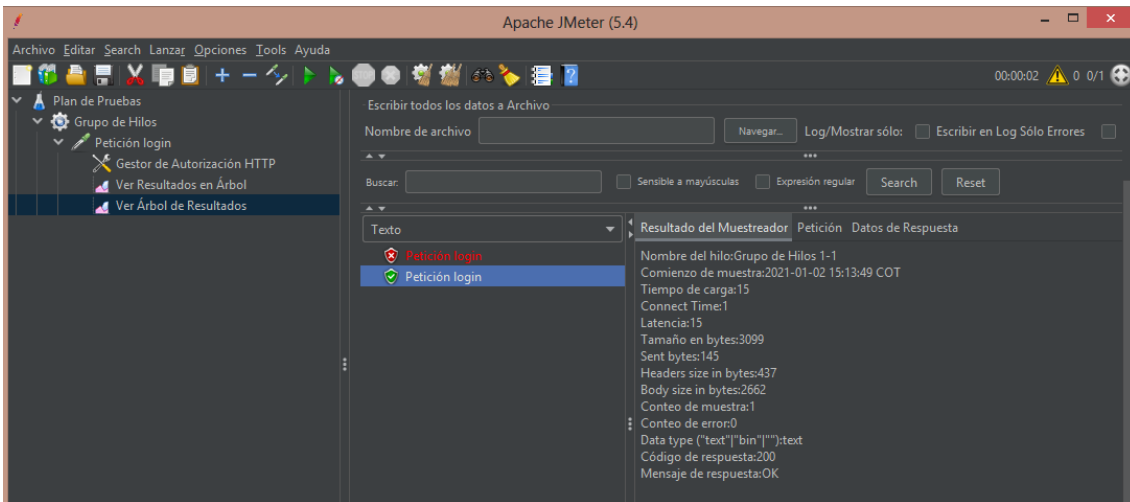


Ilustración: Resultado al realizar una petición de autenticación a la aplicación web, con la adecuada configuración de parámetros.

Resultado: Al realizar peticiones de autenticación a la página de inicio de sesión de la aplicación web de nuestro servidor permite testear el adecuado funcionamiento de la configuración de la página para permitir el ingreso solo a usuarios autorizados. Por ejemplo, al hacer una petición sin los parámetros de autenticación de un usuario el sistema impide responde con una petición de respuesta errónea, por el contrario al configurar los parámetros adecuados de autenticación y hacer una petición al mismo tiempo, se recibe una respuesta satisfactoria a la petición http y se obtiene la respuesta correcta.

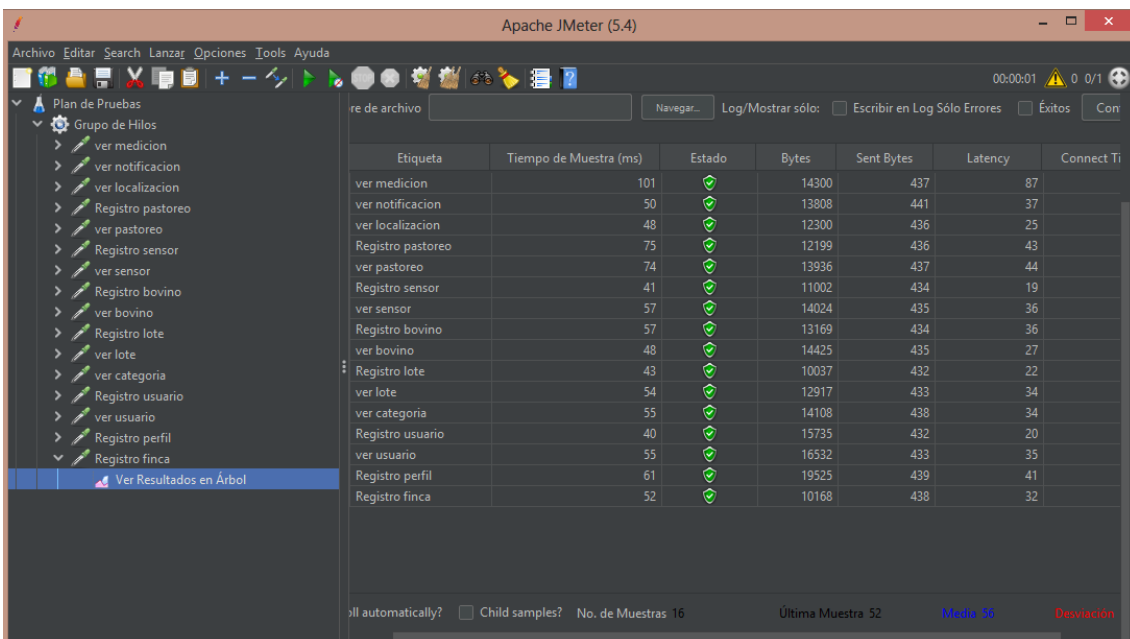


Ilustración: Resultado obtenido al realizar peticiones HTTP a la aplicación web.

Resultado: Al realizar peticiones HTTP (GET, POST) a todas las páginas que conforman la aplicación web es de gran utilidad para testear nuestro propio desarrollo web, Por ejemplo, al solicitar una petición http a las diferentes páginas de la aplicación web, nos permite comprobar que la aplicación web cumple con los requisitos de funcionamiento, puesto que da un porcentaje de 0% de error, mostrando que las peticiones llegan y se responden satisfactoriamente por cada página de la aplicación y se aceptan las peticiones en milisegundos mostrando que la velocidad de respuesta de la aplicación es apropiada.

## **6. Resultados de las pruebas**

Se obtuvieron resultados positivos de todos los casos de prueba realizados en la aplicación web, sin errores de gravedad y prioridad ALTA sin resolver. La aplicación presenta buenos resultados en la evaluación en lo referente a rendimiento, concurrencia e inexistencia de fallas de seguridad. Esto demuestra la realización del objetivo de la prueba y el sistema diseñado está listo para comenzar la prueba.

## **Anexo 13:** Manual de usuario de la aplicación web.

### **MANUAL DE USUARIO**

La siguiente guía ha sido elaborada con el fin de ayudar a entender las funcionalidades que brindara el sistema, entre las que se tiene el registro de usuarios, bovinos, sensores, lotes, etc. Así como la capacidad de listar y modificar los registros almacenados y la opción de generar reportes de los mismos. Este sistema propone llevar un control de las diversas áreas de producción que tiene la Carrera de Agrícola, entre ellas están el registro de las siembras, boletines relacionados con los mismos.

#### **OBJETIVOS**

- Dar a conocer a los usuarios las características y las formas de funcionamiento del aplicativo web.
- Proporcionar al usuario la información necesaria para un eficiente manejo del aplicativo web y la adecuada operación de la red de sensores inalámbricos.
- Brindar una descripción detallada de la información que se maneja en las ventanas del aplicativo web.

#### **DESARROLLO**

##### **Acceso al Sistema**

El ingreso a la aplicación web se realizará desde la siguiente dirección electrónica <http://sistemacesf.000webhostapp.com> una vez que el usuario se autentifique como usuario autorizado podrá ingresar al sistema.

##### **Inicio del sesión**

El inicio de sesión involucra que el usuario deba está registrado en el sistema por parte del administrador de la finca para poder acceder a su cuenta, ya que internamente en la organización se produce el ingreso y autorización a los usuarios. A continuación se muestra la página de inicio del sistema.

Ilustración: Ventana de ingreso al sistema

- 1) Ventana de ingreso: ventana donde se ingresa los datos de autenticación.
- 2) Ingreso de usuario: en este cuadro se debe ingresar el nombre de usuario.
- 3) Ingreso de contraseña: en este cuadro se ingresa la contraseña para el respectivo ingreso.
- 4) Tipo de usuario: en este cuadro se selecciona el cargo que ejerce el usuario en el sistema.
- 5) Botón de ingreso: una vez ingresado el usuario, contraseña y tipo de usuario, dar clic en el botón inicio de sesión y se ingresa al sistema.

NOTA: Cabe indicar que el inicio de sesión tiene verificación de los intentos de un usuario al loguearse, la implementación de un límite de intentos en la aplicación web son para evitar el intento de ingreso de usuarios no autorizados y evitar ataques al aplicativo por parte de algún tipo de hacker. Normalmente, la posibilidad de intentos para ingreso de un usuario es de 3 intentos, a cabo después de estos intentos consecutivos, se deniega el acceso al sistema obligando a un usuario a ponerse en tiempo de espera específicamente 5 minutos para volver a intentar el inicio de sesión al sistema.

### Sección de Menú Principal

La sección del menú es un área de la interfaz de usuario que indica y presenta las opciones o funcionalidades que tiene la aplicación informática. A continuación se muestra el área del menú principal del sistema.



Ilustración: Área del menú principal

- 1) Menú principal: direcciona a las ventanas de la aplicación informática.
- 2) Opción de registro de finca: direcciona a la página de registro de la finca.
- 3) Opción de registro personal: direcciona a la página de registro de los datos del usuario.
- 4) Opción de registro de usuarios: direcciona a la página de registro de usuarios.
- 5) Opción de registro de categoría: direcciona a la página de registro de categorías.
- 6) Opción de registro de lotes: direcciona a la página de registro de lotes.
- 7) Opción de registro de bovinos: direcciona a la página de registro de los bovinos.
- 8) Opción de registro de sensores: direcciona a la página de registro de sensores.
- 9) Opción de registro de pastoreo: direcciona a la página de registro para los pastoreos.
- 10) Opción de monitoreo: direcciona a la página para monitorear el ganado.
- 11) Opción salir: para cerrar sesión se debe dar clic en el botón Salir.

### **Registro de Finca**

Para poder ver y editar los datos generales de la finca, un usuario debe estar registrado dentro del sistema por el correspondiente administrador. A continuación se muestra la página de registro de finca.

Datos Generales de la Finca

Nombre\*  1

Direccion\*  2

Telefono\*  3

4

Powered by 000webhost

Ilustración: Ventana de registro de datos de la finca

- 1) Nombres: ingreso del nombre de la finca u organización ganadera.
- 2) Dirección: ingreso de la dirección de la finca u organización ganadera.
- 3) Teléfono: ingreso del número de teléfono de la finca u organización ganadera.
- 4) Botón actualizar: permite modificar los datos generales de la finca.

### Registro de datos personales

Esta ventana posee todos los campos con los datos que se han registrado de un usuario, estos pueden modificarse dentro del sistema por el usuario de la sesión activa. A continuación se muestra la página de registro de datos personales.

Editar Mis Datos

Nombre\*  1

Apellido\*  2

Usuario\*  3

Clave\*  4  
Mostrar Contraseña

Cargo  5

6

Ilustración: Ventana de registro de datos personales

- 1) Nombre: ingreso del nombre de la persona.
- 2) Apellido: ingreso del apellido de la persona.
- 3) Usuario: ingresa el nombre del usuario para iniciar sesión.
- 4) Clave: ingresa la contraseña para el nombre de usuario

- 5) Cargo: ingreso del cargo que tiene la persona en la finca.
- 6) Botón guardar: al dar clic se guardan y/o actualizan los datos ingresados.

### Creación de usuario nuevo

Para poder otorgar los permisos para un usuario nuevo, se debe primero crear su registro de usuario en el sistema por parte del administrador del sistema, el administrador le debe crear el usuario y la contraseña correspondiente, y le debe habilitar el acceso al sistema con el tipo de usuario o rol que desempeña y con la opción de activo para ingresar al sistema, el usuario nuevo podrá ingresar al sistema y cambiar su contraseña y usuario si él lo requiere. A continuación se muestra la página de registro de usuarios.

BIENVENIDO ADMINCESF

Añadir Usuario

Nombre*	<input type="text"/>	1
Apellido*	<input type="text"/>	2
Usuario*	<input type="text"/>	3
Clave*	<input type="text"/>	4
Cargo*	<input type="text" value="Seleccione"/>	5
Estado*	<input type="text" value="Seleccione"/>	6
Rol de Usuario*	<input type="text" value="Seleccione rol"/>	7

8

Ilustración: Ventana de registro de usuarios

- 1) Nombre: ingreso del nombre de la persona.
- 3) Apellido: ingreso del apellido de la persona.
- 3) Usuario: ingresa el nombre del usuario para iniciar sesión.
- 4) Clave: ingresa la contraseña para el nombre de usuario.
- 5) Cargo: ingreso del cargo o rol que tiene la persona en la finca.
- 6) Estado: atributo que indica si el usuario está habilitado (activo, inactivo) a ingresar.
- 7) Botón crear: al dar clic se guardan los datos ingresados para el usuario.

NOTA: Este tipo de ventana tiene la misma estructura que la ventana de modificación de algún registro de usuario.

## Ver usuarios

La página ver usuarios permite visualizar la información contenida referente a los usuarios dentro de la base de datos, los cuales son registrados por el usuario administrador de la finca.

BIENVENIDO ADMINCESF

Ver Usuarios

Reporte Columnas

Buscar:

N°	Nombre	Apellido	Cargo	Estado	TipoUsuario	Acción
1	ROMEO	PAREDES	administrador	activo	admin	<a href="#">✎</a> <a href="#">✖</a>
2	JHON	TARAMUEL	Trabajador	activo	user	<a href="#">✎</a> <a href="#">✖</a>

Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros

[Anterior](#) [1](#) [Siguiente](#)

Ilustración: Ventana de listar usuarios

- 1) Tabla de datos: es una representación de datos que contiene la estructura de una tabla con los campos del usuario (Nombre, Apellido, Cargo, Estado, Tipo Usuario, etc).
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como modificar y eliminar un determinado registro.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

## Ver categorías

La página ver usuarios permite visualizar la información referente a las categorías para el ganado, las cuales son registrados por los usuarios activos en el sistema. A continuación se muestra la página ver categorías.

Ver Categorías

Mostrar  registros

Buscar:

N°	Clase	Descripción	Acción
1	TERNERO (A)	Bovino menor a 8 meses	<a href="#">✎</a>
2	VAQUILLA	Ternera de año a 18 meses.	<a href="#">✎</a>
3	NOVILLO	Ternero de año a 18 meses.	<a href="#">✎</a>
4	VAQUILLONA	vaca joven que tiene entre dos y tres años.	<a href="#">✎</a>
5	TORETE	Animal entero de 18 meses o más de edad.	<a href="#">✎</a>
6	VACA	Hembra destinada para cría, ceba u ordeño.	<a href="#">✎</a>
7	TORO	Macho para reproducción o entoramiento.	<a href="#">✎</a>

Mostrando registros del 1 al 7 de un total de 7 registros

[Anterior](#) [1](#) [Siguiente](#)

Ilustración: Ventana de listar categorías

- 1) Tabla de datos: es una representación de datos que contiene la estructura de una tabla con los campos de la categoría (Clase, Descripción).
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como modificar un determinado registro.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

## Editar categorías

Esta ventana posee todos los campos con los datos que se han registrado de una categoría, estos pueden modificarse dentro del sistema por el usuario del sistema. A continuación se muestra la página de registro de categoría.

BIENVENIDO ADMINCESF

### Editar Categoría

Clase\*  1

Descripción\*  2

3

Ilustración: Ventana de registro de categoría

- 1) Clase: nombre de la categoría (este campo no es editable)
- 2) Descripción: ingreso de una breve descripción de la categoría.
- 3) Botón actualizar: al dar clic se guardan y/o actualizan los datos ingresados.

## Registro de Lotes

Esta ventana posee todos los campos para poder ingresar un nuevo registro referente a un lote, para posteriormente asignarle un grupo de animales.

BIENVENIDO ADMINCESF

### Añadir Lote

Lote Ganado\*  1

Detalle\*  2

3

Ilustración: Ventana de registro de lote

- 1) Lote: nombre del lote de ganado a crearse.
- 2) Detalle: ingreso de una breve descripción del lote.
- 3) Botón crear: al dar clic se guardan los datos ingresados.

NOTA: Este tipo de ventana tiene la misma estructura que la ventana de modificación de algún registro de lote.

## Ver lotes

La página ver usuarios permite visualizar la información contenida dentro de la base de datos referente a los lotes, los cuales son registrados por los usuarios del sistema. A continuación se muestra la página ver lotes.

BIENVENIDO ADMINCESF

Ver Lotes Ganado

Mostrar 10 registros Buscar:

Nº	Lote Ganado	Detalle	Acción
1	LACTANTE	Máximo 9 MESES	
2	CRECIMIENTO I	MUY JÓVENES	
3	VACA-TORO	ADULTOS	
4	LOTEPRUEBA	LOTE PARA REALIZAR PRUEBAS	

Mostrando registros del 1 al 4 de un total de 4 registros

Anterior
1
Siguiete

Ilustración: Ventana de listar lotes

- 1) Tabla de datos: es una representación de datos que contiene la estructura de una tabla con los campos de los lotes (Lote, Detalle).
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como modificar y eliminar un determinado registro.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

## Registro de bovino

Esta ventana posee todos los campos para poder ingresar un nuevo registro referente a un bovino, a fin de mantener el inventario de los animales existentes dentro de la finca. A continuación se muestra la página de registro de bovinos.

Añadir Bovino

Codificación Caravana\*  1

Nombre Bovino\*  2

Sexo\*  3

Edad  4

Raza\*  5

Categoría\*  6

Color  7

Peso  8

9

Ilustración: Ventana de registro de bovino

- 1) Codificación: ingreso del código de la caravana del animal.
- 2) Nombre: ingreso del nombre del animal.
- 3) Seleccionar Sexo: Al dar clic se muestra los atributos de género del animal.
- 4) Edad: ingreso de la edad del animal en el registro.
- 5) Raza: Al dar clic se muestra los atributos donde se selecciona la raza del animal.
- 6) Categoría: Al dar clic se muestra los atributos donde se selecciona la categoría del animal.
- 7) Color: ingreso del color del animal.
- 8) Peso: ingreso del peso del animal.
- 9) Botón añadir: al dar clic se guardan los datos ingresados.

NOTA: Este tipo de ventana tiene la misma estructura que la ventana de modificación de algún registro de un bovino.

### Ver bovinos

La página ver bovinos permite visualizar la información contenida dentro de la base de datos referente a los bovinos, los cuales están registrados en el inventario del sistema. A continuación se muestra la página ver bovinos.

Ver Bovinos

Reporte

Buscar:

N°	Codificación	Nombre	Sexo	Edad	Raza	Categoría	Color	Peso	Acción
1	JC101	ESPERANZA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	400Kg	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="✕"/>
2	JC102	BLANCA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	390Kg	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="✕"/>
3	JC103	SERRANO	M	3	Jersey	Torete	Marron	450Kg	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="✕"/>

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Ilustración: Ventana de listar bovinos

- 1) Tabla de datos: es una representación de datos que contiene la estructura de una tabla con los campos del bovino (Codificación, Nombre, Sexo, Edad, raza, Categoría, Color, Peso).
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como modificar y eliminar un determinado registro.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

### Registro de sensores

Esta ventana posee todos los campos para poder ingresar un nuevo registro referente a dispositivos sensores, para posteriormente asignarle al bovino un sensor determinado. A continuación se muestra la página de registro de un sensor.

Añadir Sensor

Letra de Identificación del Sensor

Numero de Identificación de la Red

Fecha de activación del sensor

Estado

Ilustración: Ventana de registro de sensor

- 1) Letra de identificación: ingreso de la letra que identifica al dispositivo sensor. Teniendo en consideración que esta letra debe pertenecer al alfabeto español, por tanto se puede seleccionar cualquier letra de las 27 letras del alfabeto.

- 2) Número de identificación: ingreso del número que identifica la red a la que pertenece el sensor, de preferencia este número puede ser una combinación de tres dígitos, a fin de establecer una apropiada autenticidad a la red.
- 3) Fecha de activación: campo que se autocompleta con la fecha actual.
- 4) Estado: muestra los atributos donde se selecciona el estado del sensor (activo, inactivo).
- 5) Botón crear: al dar clic se guardan los datos ingresados.

NOTA:

- Al implementar una red que tiene un número de identificación, se tiene la posibilidad de agregar 27 nodos sensores, al momento de requerir uno o más nodos sensores ya no existe la posibilidad de implementar más sensores a la red inicial, por lo que la solución es implementar otra red para abrir la posibilidad de agregar otros 27 nodos más.
- Este tipo de ventana tiene la misma estructura que la ventana de modificación de algún registro de un sensor.

## Ver sensores

La página ver sensores permite visualizar la información contenida dentro de la base de datos referente a los dispositivos sensores, los cuales están registrados para el monitoreo de los bovinos. A continuación se muestra la página ver sensores.

BIENVENIDO ADMINCESF

Ver Sensores Disponibles

Reporte

Buscar:

Nº	Identificación del sensor	Identificación de la red	Fecha de activación sensor	Estado	Acción
1	A	123	27-07-2020	ACTIVO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	B	123	27-07-2020	ACTIVO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	C	123	27-07-2020	INACTIVO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Ilustración: Ventana de listar sensores

- 1) Tabla de datos: es una representación de datos que contiene la estructura de una tabla con los campos del dispositivo sensor.
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten modificar y eliminar un determinado registro.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

## Registro de pastoreos

Esta ventana posee todos los campos para poder ingresar un nuevo registro referente al pastoreo del ganado, en este registro se asocia un determinado bovino a un lote de ganado y en el caso de requerir su monitoreo, se le asigna un sensor que se encuentre activo. A continuación se muestra la página de registro de pastoreo.

BIENVENIDO ADMINCESF

Añadir Bovino-Pastoreo

Seleccione lote de ganado*	Seleccione	1
Seleccione Bovino*	Seleccione	2
Fecha de ingreso a pastoreo	22-08-2020	3
Seleccione sensor a bovino*	Seleccione	4
Fecha de asignacion del sensor	22-08-2020	5

Añadir Bovino 6

Ilustración: Ventana de registro de pastoreo

- 1) Lote de ganado: Al dar clic se muestra el listado de lotes donde se selecciona el lote al que va a asociarse aquel registro de pastoreo.
- 2) Bovino: Al dar clic se muestra el listado de bovinos donde se selecciona el animal al que va a asociarse un lote determinado.
- 3) Fecha de ingreso: campo que se autocompleta con la fecha actual.
- 4) Sensor: Al dar clic se muestra el listado de sensores donde se selecciona el sensor al que va a asociarse un animal determinado.
- 3) Fecha de ingreso: campo que se autocompleta con la fecha actual.
- 5) Botón añadir: al dar clic se guardan los datos ingresados.

NOTA: Este tipo de ventana tiene la misma estructura que la ventana de modificación de algún registro de pastoreo.

## Ver pastoreos

La página ver pastoreos permite visualizar la información contenida dentro de la base de datos referente al pastoreo del ganado, se presenta información del bovino, lote y sensor que se asociaron para el monitoreo del ganado.

Ver Bovinos en Pastoreo

Reporte Columnas

Buscar:

N°	Lote	Fecha ingreso a pastoreo	Bovino	id. Sensor	Fecha asignación del sensor	Acción
1	LOTEPRUEBA	20-07-2020	ESPERANZA	A	27-07-2020	
2	LOTEPRUEBA	20-07-2020	BLANCA	NO SENSOR	27-07-2020	
3	LOTEPRUEBA	20-07-2020	SERRANO	B	27-07-2020	

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

**1**

Ilustración: Ventana de listar pastoreos

- 1) Tabla de datos: contiene la estructura de una tabla con los campos del pastoreo del ganado (lote, fecha de ingreso, bovino, sensor, fecha de asignación).
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como modificar y eliminar un determinado registro.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

### Ventana de monitoreo de temperatura

Esta ventana muestra a manera de estructura de una tabla las mediciones que están almacenadas dentro de la base de datos, las mismas que han sido tomadas por los dispositivos sensores, el usuario dispone de una gráfica que le permite visualizar de manera más comprensiva las mediciones haciendo clic en el botón de mostrar gráfica.

Ver Mediciones

Mostrar 10 registros

Buscar:

N°	Red	Sensor	Bovino	Medición	Fecha	Mostrar gráfica
1	123	B	SERRANO	34.6	27-07-2020 - 14:37:55	
2	123	A	ESPERANZA	40.6	27-07-2020 - 14:36:40	
3	123	B	SERRANO	34.1	27-07-2020 - 14:35:21	
4	123	A	ESPERANZA	33.3	27-07-2020 - 14:34:01	
5	123	B	SERRANO	35.1	27-07-2020 - 14:32:58	

Mostrando registros del 1 al 5 de un total de 5 registros

**1**

Ilustración: Parámetros de temperatura enviados por los dispositivos sensores.

- 1) Tabla de datos: contiene la estructura de una tabla con los campos de las mediciones tomadas del ganado (red, sensor, bovino, medición, fecha de la lectura).

- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como mostrar la grafica de la temperatura de un determinado registro. Al hacer clic en el boton aparece una ventana emergente con la gráfica.

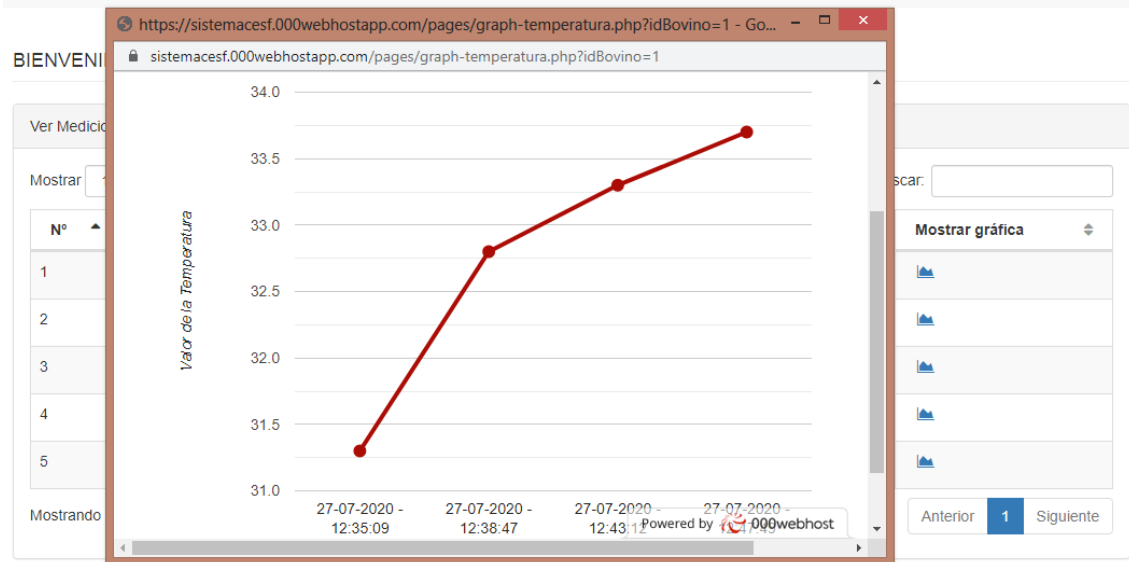


Ilustración: Gráfica de los datos de temperatura

- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

### Ventana de notificaciones

La aplicación también dispone de una ventana que informa al usuario sobre notificaciones que se presenten durante el monitoreo del ganado, esta ventana permite llevar un registro sobre los eventos presentados y almacenar estos en la base de datos del sistema.

BIENVENIDO ADMINCESF

Ver Notificaciones del Monitoreo

Reporte

Buscar:

Nº	Red	Bovino	Alerta Presentada	Fecha de la Notificación	Motivo de la Alerta	Observación	Solución
1	123	ESPERANZA	ALERTA NODO: A NO ENCONTRADO	27-07-2020 - 14:39:32	Bateria del sensor agotada	Cambio de batería	<input type="button" value="✎"/>
2	123	SERRANO	ALERTA EN EL NODO: B TEMP: 50.3	27-07-2020 - 13:51:53	Temperatura inadecuada en el animal	Posible enfermedad	<input type="button" value="✎"/>
3	123	SERRANO	ALERTA EN EL NODO: B TEMP: 51.5	27-07-2020 - 13:54:33	Temperatura inadecuada en el animal	Posible dia caluroso	<input type="button" value="✎"/>

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Ilustración: Información registrada sobre notificaciones

- 1) Tabla de datos: contiene la estructura de una tabla con los campos de la notificación (red, bovino, alerta presentada, fecha de la notificación, motivo de la alerta y observación).
- 2) Buscar registro: permite buscar un registro determinado mediante ingreso de texto.
- 3) Botones adicionales: permiten realizar funcionalidades avanzadas como responder a la alerta y especificar el motivo de su aparición.
- 4) Botones de página: permiten navegar en las tablas con paginado desde más de 10 registros.

### Ventana de respuesta a notificación

Esta ventana informa al usuario sobre las notificaciones que se presentan durante el monitoreo del ganado, esta ventana permite dar respuesta a los eventos presentados y almacenar los motivos y observaciones en la base de datos del sistema.

BIENVENIDO ADMINCESF

Responder Notificación

Red	<input type="text" value="123"/>	1
Bovino	<input type="text" value="Esperanza"/>	2
Alerta Presentada	<input type="text" value="Alerta nodo: A no encontrado"/>	3
Fecha de la Notificación	<input type="text" value="27-07-2020 - 14:39:32"/>	4
Motivo de la Alerta *	<input type="text" value="Seleccione"/>	5
Observación *	<input type="text" value="Cambio de batería"/>	6

7

Ilustración: Ventana de registro de notificación.

- 1) Red: el número que identifica la red a la que pertenece el sensor que genero la alerta. (Campo no editable)
- 2) Bovino: bovino al que está asociado la alerta enviada por el dispositivo sensor. (Campo no editable)
- 3) Alerta: breve descripción sobre la alerta que se generó por el sensor asignado al animal. (Campo no editable)
- 4) Fecha de notificación: campo que indica la fecha en que se generó la alerta.
- 5) Motivo: Al dar clic se muestra un listado de motivos donde se selecciona aquel que haya sido el causante de la alerta.
- 6) Observación: ingreso de una breve descripción sobre el evento efectuado.
- 7) Botón actualizar: al dar clic se guardan los datos ingresados.

### SMS de alerta al usuario

Cuando existe una nueva alerta en el sistema y esta se registra en la base de datos, las alertas también se notifican al usuario por medio del envío de un SMS al teléfono del propietario, a continuación se observan los avisos.

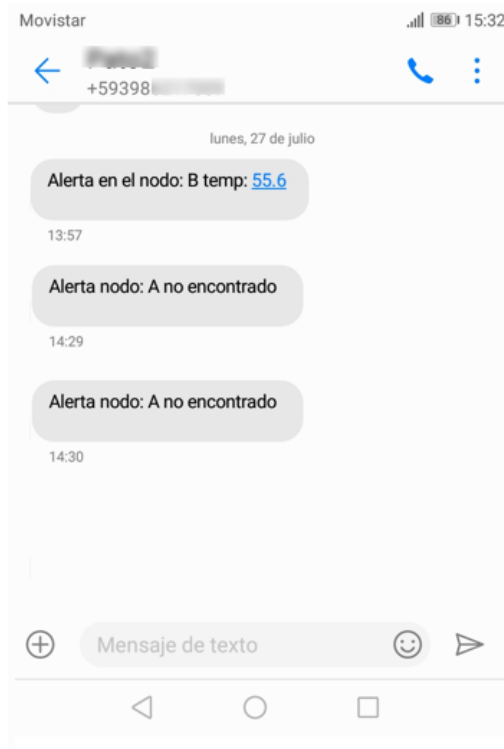


Ilustración: Recepción del SMS en smartphone del cliente

### Ventana de localización

Finalmente para comprobar que las ubicaciones que envían los dispositivos sensores son correctas, el sistema dispone de una interfaz gráfica que hace uso de una capa de mapa perteneciente a OpenStreetMap, esta ventana permite confirmar que la información enviada por los dispositivos sensores en lo referente a la localización geográfica es adecuada.

Localización del Nodo Coordinador

latitud:  longitud:   5

Latitud: 0.8010  
Longitud: -77.8088

Vista de OpenStreetMap

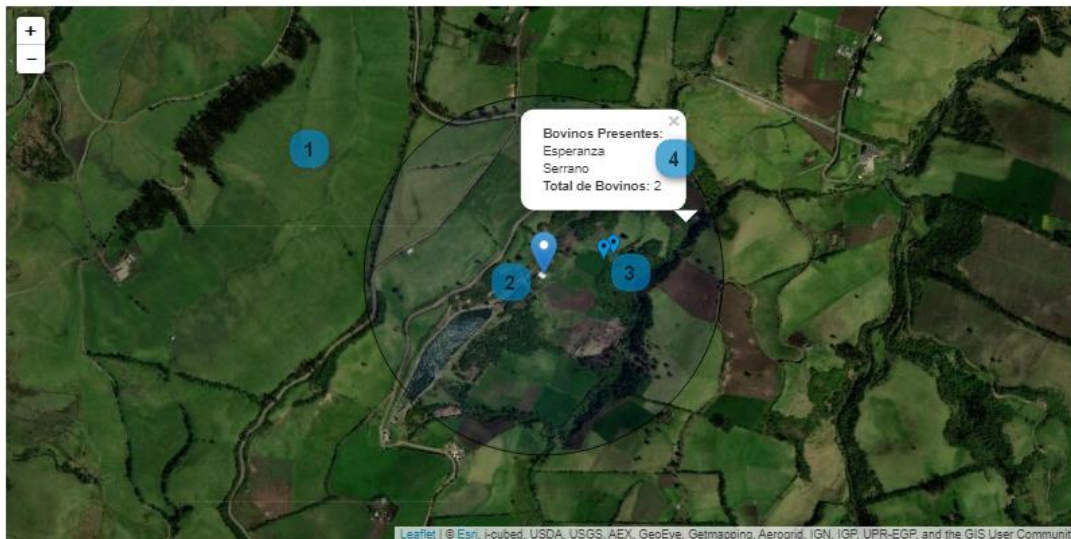


Ilustración: Parámetros de localización enviados por los dispositivos sensores.

- 1) Capa de mapa: Una capa que presenta datos y áreas geográficas de OSM y Leaflet
- 2) Marcador del nodo coordinador: es el icono que muestran la localización del nodo coordinador para la toma de datos de los sensores.
- 3) Marcadores de los dispositivos sensores: son los iconos que muestran la localización de los dispositivos de acuerdo a la longitud y latitud.
- 4) Notificación emergente: ventana emergente que brinda una breve información acerca de los dispositivos sensores ubicados en los bovinos.
- 5) Campos de la ubicación del nodo coordinador: campos para la latitud y longitud.



Ilustración: Parámetros de localización del nodo coordinador.

- 1) Notificación emergente: ventana emergente que brinda información acerca de la localización (latitud, longitud) de algún punto en el mapa, al hacer clic en el mismo.
- 2) Botón guardar: al dar clic se guardan los datos de la localización para el nodo coordinador.
- 3) Botón ver localización: al dar clic se muestra la última localización (latitud, longitud) guardada del nodo coordinador.
- 4) Botones del mapa: este tipo de botones permiten acercar o alejar el nivel de zoom en el mapa.

### Sección de reportes

En varias ventanas existe la posibilidad de generar reportes, este se genera en un archivo tipo PDF y permite consultar la información contenida dentro de la base de datos sobre un determinado registro, Se puede generar reportes con información seleccionada, para ello existe la funcionalidad de selección de columnas, esto a fin de suprimir del reporte alguna información en especial.

Reporte Columns

N° Codificación Nombre Sexo Edad Raza Categoría Color Peso Acción

N°	Codificación	Nombre	Sexo	Edad	Raza	Categoría	Color	Peso	Acción
1	JC101	ESPERANZA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	400Kg	🗑️ ⚙️
2	JC102	BLANCA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	390Kg	🗑️ ⚙️
3	JC103	SERRANO	M	3	Jersey	Torete	Marron	450Kg	🗑️ ⚙️

Mostrando registros del 1 al 3 de un total de 3 registros

Anterior 1 Siguiente

Ilustración: Módulo de opciones de reporte

- 1) Opción de reporte: al hacer clic en este botón se genera el reporte en pdf.
  - 2) Opción de columnas: al hacer clic en este botón se genera un submenú para seleccionar las columnas que se quiere suprimir del reporte.
  - 3) Submenú de columnas: este se genera de acuerdo a la información de la tabla del registro.
- En la siguiente ilustración se puede apreciar el tipo de presentación que va a tener la información en el reporte generado en PDF.

Nº	Codificación	Nombre	Sexo	Edad	Raza	Categoría	Color	Peso
1	JC101	ESPERANZA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	400Kg
2	JC102	BLANCA	H	2	Holstein	Vaquillona	Negro-Blanco	390Kg
3	JC103	SERRANO	M	3	Jersey	Torete	Marron	450Kg

Ilustración: Presentación del reporte en pdf



Estimado(a) Participante:

Deseo invitarle a responder el siguiente cuestionario, que tienen por fin, indagar información sobre el funcionamiento de la aplicación web, que ha sido desarrollada para llevar a cabo un registro y monitoreo del ganado bovino, la información que proporcione constituye una parte esencial para poder validar y verificar la operatividad de la aplicación web, antes mencionada.

¡Gracias por su valiosa colaboración!

### CUESTIONARIO

Instrucciones: A continuación usted encuentra una serie de preguntas enfocadas en validar el funcionamiento de la aplicación web. Marque con una X una sola respuesta a cada pregunta.

Listado de Preguntas:

Nº	Preguntas para evaluar la aplicación de software	Respuesta		
		SI	NO	N/A
1	¿Cumple la aplicación web con los objetivos por la cual fue desarrollada?	✓		
2	¿Es sencilla de entender y manejar la aplicación web?	✓		
3	¿Son intuitivos y cómodos los menús, los botones, los cuadros de diálogo, los formularios y las ventanas de las interfaces de la aplicación web?	✓		
4	¿Es sencillo buscar y filtrar información dentro de la aplicación web?	✓		
5	¿La documentación de ayuda al usuario de la aplicación web es adecuada?	✓		
6	¿Los reportes que genera la aplicación están en archivos compatibles con aplicaciones de uso común y popular (por ejemplo: Pdf, Word)?	✓		
7	¿Puede comprender fácilmente las funciones que realiza la aplicación web?	✓		
8	¿Cómo usuario final considera que la aplicación web es confiable?	✓		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**  
**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**INGENIERÍA EN INFORMÁTICA**

9	¿Es capaz la aplicación web de procesar/almacenar datos de manera eficiente?	✓	
10	¿La aplicación web brinda las funciones necesarias para llevar un registro básico del ganado y un monitoreo del mismo?	✓	
11	¿Es fácil el acceso a la aplicación web mediante internet?	✓	
12	¿La aplicación web presenta mensajes de alerta ante situaciones o casos no previstos durante su uso?	✓	

**COMENTARIOS Y OBSERVACIONES**

Si tiene algún comentario u observación en cuanto a la aplicación web, favor detallarla.

.....  
 .....  
 .....

Elaborado por: ..... <i>Juan Taramuel</i> .....	Fecha: ..... <i>18-09-2020</i> .....	Firma: ..... <i>[Firma]</i> .....
Nombre del Entrevistado: ..... <i>Berardo Parada</i> .....	Fecha: ..... <i>18-09-2020</i> .....	Firma: ..... <i>[Firma]</i> .....