

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE ESMERALDAS**



**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS Y
COMPUTACIÓN**

INFORME ESTUDIO DE CASO

**SOLUCIONES TECNOLÓGICAS DE LOCALIZACIÓN DEL
GANADO BOVINO EN LA PARROQUIA LAGARTO**

**PREVIO AL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO EN
SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR:

ROSERO BRAVO DANY PASTOR

ASESOR:

MGT. VÍCTOR FABIÁN MARTÍNEZ ESTUPIÑÁN

ESMERALDAS, NOVIEMBRE 2017

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Título: “SOLUCIONES TECNOLÓGICAS DE LOCALIZACIÓN DEL GANADO BOVINO EN LA PARROQUIA LAGARTO”

Autor: DANY PASTOR ROSERO BRAVO

Mgt. Fabián Martínez Estupiñan f.-.....
Asesor

Mgt. Juan Casierra Cavada f.-.....
Lector #1

Mgt. Cesar Godoy Rosero f.-.....
Lector #2

Director de Escuela
Mgt. Xavier Quiñonez Ku f.-.....

Secretaria general PUCESE
Mgt. Maritza Demera Mejía f.-

Esmeraldas, 24 de Noviembre del 2017

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, **DANY PASTOR ROSERO BRAVO** portador de la cédula de identidad No. **0803995091** declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del título de **“INGENIERO EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN”** son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento, son y serán solo de mí desempeño académico.

DANY PASTOR ROSERO BRAVO

CI. 0803995091

CERTIFICACIÓN

Yo Fabián Martínez Estupiñan, Docente investigador de la PUCESE, certifico que:

El estudio de caso realizado por DANY PASTOR ROSERO BRAVO bajo el título “SOLUCIONES TECNOLÓGICAS DE LOCALIZACIÓN DEL GANADO BOVINO EN LA PARROQUIA LAGARTO” reúne los requisitos de calidad, originalidad y presentación exigibles a una investigación científica y que han sido incorporadas al documento final, las sugerencias realizadas, en consecuencia, está en condiciones de ser sometida a la valoración del Tribunal encargada de juzgarla.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma la presente en Esmeraldas, el 24 de Noviembre del 2017.

Mgt. Fabián Martínez E

Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a mi madre y a mi padre ya que gracias a ellos he llegado a cumplir una meta más en mi vida.

Agradezco a mis amigos y compañeros de universidad por formar parte de una fabulosa experiencia académica en esta institución.

A mis compañeros y compañera de clases, gracias por formar parte de esa fraternal familia que a pesar de existir diferencias individuales, siempre compartimos un mismo objetivo el cual era llegar todos a la meta.

Agradezco a todas y cada una de las personas que depositaron su confianza en mí y que de una u otra manera han sido parte de este logro académico.

RESUMEN

La utilización de soluciones tecnológicas en diferentes áreas productivas ha permitido que se cuente con procesos mejor controlados y por ende más seguros, permitiendo que los productos o servicios que se proporcionan sean de buena calidad.

La explotación bovina es una de las principales actividades que se desarrollan en el sector pecuario del país, el mismo que constituye uno de las primordiales fuentes de ingreso para los ciudadanos de las zonas rurales; al igual que en la mayoría de las áreas productivas existen riesgos que afectan de manera directa o indirecta el correcto desarrollo de la misma, uno de los principales que se pueden presentar en dicha actividad es la falta de información al respecto de la ubicación del ganado, ya que de no conocer esta variable se pueden presentar riesgos aún mayores como la desaparición definitiva del mismo ya sea a causa de desplazamiento a zonas peligrosas o incluso por presencia de cuatreros.

La presente investigación fue llevada a cabo en los alrededores de la parroquia Lagarto perteneciente al cantón Rioverde y se desarrolló en base al método cualitativo, de tal manera que se pudiera conocer la experiencia vivida por los actores de la misma y poder llegar a obtener una pauta al respecto de las necesidades y limitaciones que se tienen en las zonas ganaderas de la región enfocándose directamente a la falta de información sobre la ubicación del ganado bovino.

Una vez conocidas las necesidades y limitaciones latentes en la zona estudiada, se pudo llegar a analizar varias de las posibles soluciones a tan importante problema de tal manera que se pudo plantear como alternativa ideal la adecuación de una red de nodos sensores Zigbee sincronizada con módulos PIC y GSM para poder tener información inmediata en caso de que un bovino abandone el predio.

Palabras clave: Ganado bovino, ubicación, nodos sensores,

ABSTRACT

The use of technological solutions in different productive areas has allowed to have better controlled processes and therefore more secure, allowing the products or services that are provided are of good quality.

The bovine exploitation is one of the main activities in the livestock sector of the country, the same which constitutes one of the primary sources of income for the citizens of rural areas; as well as in the majority of the productive areas there are risks that directly or indirectly affect the proper development of the same, one of the main that can be present in this activity is the lack of information regarding the location of the livestock, because of not knowing this variable may occur at even greater risk as the definitive disappearance of the same either because of travel to dangerous areas or even by the presence of cattle rustlers.

The present investigation was carried out in around the parish Lagarto belonging to the canton Rioverde and developed on the basis of the qualitative method, so that they could know the lived experience of the actors of the same and be able to obtain a pattern with respect to the needs and constraints that are in the pastoral areas of the region focusing directly to the lack of information on the location of the cattle.

Once known the latent needs and constraints in the studied area, it could be to analyze several possible solutions to this important problem in such a way that it was possible to pose as an alternative ideal the adequacy of a network of nodes synchronized Zigbee sensors with packed and GSM modules to be able to have immediate information in the event of a bovine animal leaves the farm. Once known the latent needs and constraints in the studied area, it could be to analyze several possible solutions to this important problem in such a way that it was possible to pose as an alternative ideal the adequacy of a network of nodes synchronized Zigbee sensors with PIC and GSM modules to be able to have immediate information in the event of a bovine animal leaves the farm.

Keywords: Cattle, Location, Sensor Nodes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINAS

1. Introducción	1
2. Objetivos	2
2.1. General	2
2.2. Específicos	2
3. Informe del caso.....	3
3.1. Definición del caso.....	3
3.2. Metodología	8
3.3. Diagnóstico.....	11
3.4. Discusión	18
4. Propuesta de intervención.....	23
4.1. Título	23
4.2. Descripción.....	23
4.3. Diseño.....	27
4.3.1. Funcionamiento.....	27
4.3.2. Especificaciones.....	34
4.3.3. Presupuesto	38
4.3.4. Incorporación al sector estudiado.	39
4.3.5. Relación costo beneficio	39
4.3.6. Riesgos a presentarse aún con la utilización de la herramienta.	43
4.3.7. Posibles mejoras a aplicar en la herramienta planteada.	44
5. Conclusiones	49
6. Referencias.....	50
7. Anexos	52

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINAS

FIGURA 1. COMPARACIÓN ENTRE TECNOLOGÍA ZIGBEE Y WIFI.	24
FIGURA 2. DISPOSITIVO TERMINAL ACOPLADO EN BOVINO.	27
FIGURA 3. DISEÑO GENERAL DE LA PROPUESTA.	28
FIGURA 4. GOOGLE EARTH - IMAGEN GEO REFERENCIADA DE LA HERRAMIENTA INSTALADA EN UN PREDIO PILOTO.	30
FIGURA 5. RADIOMOBILE - IMAGEN GEO REFERENCIADA DE LA RED ZIGBEE LLEVADA A LA APLICACIÓN.	31
FIGURA 6. RADIOMOBILE - COMUNICACIÓN ENTRE EL ROUTER #1 Y EL COORDINADOR.	32
FIGURA 7. RADIOMOBILE - COMUNICACIÓN ENTRE EL ROUTER #2 Y EL COORDINADOR.	32
FIGURA 8. RADIOMOBILE - COMUNICACIÓN ENTRE EL ROUTER #3 Y EL COORDINADOR.	33
FIGURA 9. RADIOMOBILE - COMUNICACIÓN ENTRE EL ROUTER #4 Y EL COORDINADOR.	33
FIGURA 10. VIRTUAL BREADBOARD - CONECTIVIDAD ACTIVA DE EXTREMO A EXTREMO.	36
FIGURA 11. VIRTUAL BREADBOARD - CONECTIVIDAD INTERRUMPIDA DEBIDO A DESCONEXIÓN DE UN EXTREMO.	37
FIGURA 12. DRAW.IO - SIMULACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN BOVINO; TIEMPO 1.	45
FIGURA 13. DRAW.IO - SIMULACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN BOVINO; TIEMPO 2.	46
FIGURA 14. DRAW.IO - SIMULACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN BOVINO; TIEMPO 3.	46
FIGURA 15. DRAW.IO - SIMULACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE UN BOVINO; TIEMPO 4.	47
FIGURA 16. DRAW.IO - TRAYECTORIA TRAZADA EN BASE A LAS LECTURAS DE LOS ROUTERS.	48
FIGURA 17. CARTA DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DE LA ASOGAN LAGARTO PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	53
FIGURA 18. OBTENIENDO INFORMACIÓN POR PARTE DE LA FUNCIONARIA DE A ASOGAN LAGARTO.	54
FIGURA 19. ENTREVISTA A GANADEROS DE LA ZONA.	55
FIGURA 20. ELABORACIÓN DE FICHA TÉCNICA EN LOS PREDIOS SELECCIONADOS.	55

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINAS

TABLA 1. NIVELES DE PRODUCCIÓN GANADERA SEGÚN EL TIPO DE GANADO	3
TABLA 2. TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	11
TABLA 3. COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOCALIZACIÓN BOVINA.....	20
TABLA 4. DETALLE DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN LA RED ZIGBEE	35
TABLA 5. PRESUPUESTO NECESARIO PARA IMPLEMENTAR LA HERRAMIENTA DE CONTROL BOVINO. ..	38
TABLA 6. TIPOS DE PRODUCCIÓN BOVINA EN LA ZONA.	40
TABLA 7. COSTO BENEFICIO GANADO DE CRÍA Y ENGORDE.....	41
TABLA 8. RELACIÓN COSTO BENEFICIO GANADO LECHERO.....	42
TABLA 9. DETALLO DE RIESGOS A PRESENTARSE PESE A CONTAR CON LA RED ZIGBEE.....	43
TABLA 10. DETALLE DE POSIBLES MEJORAS APLICABLES A LA HERRAMIENTA.....	44

1. Introducción

La parroquia Lagarto perteneciente al Cantón Rioverde ubicada al norte de la provincia Esmeraldas es una zona altamente productiva de ganado bovino y sus derivados (leche, quesos, mantequilla, carnes, etcétera), los mismos que son reconocidos como productos de alta calidad a nivel provincial cuyo comercio representa una de las principales fuentes de ingreso para sus habitantes. Al igual que en la mayoría de las actividades económicamente productivas suelen presentarse riesgos, los mismos que afectan de manera directa el desarrollo productivo y por tanto económico de la población dedicada a esta práctica; uno de los principales factores negativos que se manifiestan en este sector productivo y potencialmente en la parroquia Lagarto es la falta de información inmediata por parte de los ganaderos en relación al hato bovino que administran; las situaciones que generan este tipo de acontecimientos radican en el sistema de manejo bovino que se utiliza en la zona el cual es extensivo.

Los avances tecnológicos aplicados a diferentes áreas de producción han logrado superar una serie de problemas los cuales no era posible resolverlos utilizando alternativas convencionales; en el presente estudio se busca plantear una alternativa de solución al problema de la falta de información inmediata por parte de los ganaderos de la Parroquia Lagarto al momento de suscitarse una anomalía en cuanto a ubicación se refiere dentro del rebaño de bovinos.

2. Objetivos

2.1.General

Establecer la herramienta tecnológica más efectiva para la localización de ganado bovino en la parroquia Lagarto del cantón Rioverde, mediante el análisis de tecnologías de localización que puedan ser adaptadas a la situación de las ganaderías de la zona.

2.2.Específicos

- Identificar las tecnologías de localización de objetos en movimiento mediante la revisión teórica de estudios científicos.
- Comparar alternativas tecnológicas de localización que puedan ser adaptadas a la situación de los ganaderos de la parroquia Lagarto.
- Determinar la alternativa más conveniente para localización de bovinos a través de un análisis técnico considerando la factibilidad técnica y económica.

3. Informe del caso

3.1. Definición del caso

- **Presentación**

La ganadería bovina en Ecuador ha llegado a ser considerada como uno de los motores que impulsan la economía del sector agropecuario creando múltiples plazas de trabajo y fomentando la creación de microempresas familiares; debido a la importancia de este sector para el desarrollo económico del agro ecuatoriano, las autoridades competentes están siempre a la vanguardia de nuevas alternativas de mejora aplicables a dicho sector, un ejemplo de ello son los proyectos de importación entre Ecuador y Paraguay para traer ganado en pie que ayude con el mejoramiento de razas bovinas en el país (Zambrano A., 2016).

Tabla 1. Niveles de producción ganadera según el tipo de ganado

TIPO DE GANADO	BOVINO O VACUNO	PORCINO	OVINO	OTROS
NIVEL DE PRODUCCIÓN	ALTO	MEDIO	BAJO	MUY BAJO

(INEC, 2016)

Según se muestra en la *Tabla 1*, la producción de ganado bovino o vacuno es alta en comparación con las demás producciones ganaderas del país, la ganadería bovina representa la principal actividad agropecuaria productiva después de la agricultura.

A pesar de que se considera teóricamente imposible mantener un registro exacto del total de bovinos en las regiones del Ecuador debido a que diariamente existen nacimientos y sacrificios de las de UGs como se conoce a las Unidades Ganaderas o individuo de la especie bovina.

En el año 2015 se realizó un censo agropecuario en el país donde se pudo constatar que la costa se encuentra en segundo lugar de entre las regiones ecuatorianas en cuanto a producción bovina se refiere con un total aproximado de 1.770.142 UGs; Esmeraldas por su parte en ese entonces constaba con alrededor de 331.028 UGs colocándola en segundo lugar de la región costa después de Manabí cuya cantidad es de 893.088 UGs (INEC, 2016).

En la región Costa, la ganadería bovina juega un papel importante en la reducción de la desocupación, considerando que el manejo ganadero en esta zona se da mayoritariamente a modo de ganadería extensiva, se requiere de una mayor cantidad de mano de obra para lograr el correcto manejo. De acuerdo a los datos recogidos durante la primera fase de vacunación de 2014, existen entre las provincias de la Costa más de 64 mil unidades de producción de ganado vacuno, las cuales representan el 22% de las UPAs o Unidades de Producción Agropecuaria a nivel nacional pero contienen 41% de las reses del país (Castillo, 2015).

El contar con 41% de las UPAs del país, ubica a la zona con mayor cantidad de ganado bovino promedio por provincia, más allá de considerar los criterios de producción bovina que se tenga por cada zona, el número de UG es el elemento que define si se producirá más o se producirá menos, es decir que la producción ganadera será directamente proporcional a la cantidad de UGs con las que se cuente en cada UPA.

La provincia de esmeraldas a pesar de contar con terrenos no muy planos y uniformes, ha logrado desarrollar un sistema ganadero de calidad y de mucha importancia para el crecimiento económico de las personas dedicadas a esta labor; la parroquia Lagarto, perteneciente al cantón Rioverde está ubicada 98 km hacia el norte de la capital esmeraldeña, es considerada como una zona ganadera-comercial de gran concurrencia y reconocida por la calidad de sus productos derivados de la ganadería sobre todo sus quesos frescos (La Hora, 2009).

- **Ámbito de estudio**

La presente investigación tuvo lugar en la cabecera parroquial Lagarto y en sectores aledaños a la misma. Esta investigación se desarrolló en un ámbito ganadero considerando que la zona es reconocida a nivel provincial por la calidad de sus productos obtenidos de esta actividad; además se contó con el apoyo de la ASOGAN Lagarto para obtener la información necesaria y poder acudir a cada uno de los predios seleccionados con el objetivo de recolectar datos relevantes.

En el presente estudio se analizan los factores de seguridad que influyen en la producción bovina de los predios aledaños a la parroquia Lagarto del cantón Rioverde; (Marcillo, 2016) afirma que “la parroquia Lagarto cuenta con alrededor de 27000 UGs quizás por ello es considerada como una de las zonas más vulnerables en cuanto a pérdida de ganado bovino se refiere”.

- **Actores implicados**

Para el desarrollo de la presente investigación se contó con la participación de 10 ganaderos de la zona, lo equivalente al 25% de ganaderos que cuentan con un número de UGs superior a 100 unidades. Se pudo contar con la participación de un ganadero en cuyo predio ganadero se implementó tiempo atrás una alternativa tecnológica pensada para frenar el abigeato al menos en dicho predio, también participo en la investigación un funcionario de la ASOGAN Lagarto.

- **Identificación del problema**

La pérdida de ganado en general es un factor que afecta de manera directa a la producción de áreas dedicadas a la explotación ganadera, este tipo de inconvenientes se presenta con mayor frecuencia cuando en el predio se practica la ganadería extensiva, ya que el ganado se desplaza en extensiones de terreno mucho mayores que cuando se practica la ganadería intensiva.

En Ecuador el sistema de ganadería extensiva es el que predomina en las zonas con mayor número de UGs, ya que implica una inversión económica mínima en comparación con la ganadería intensiva lo que permite poder extenderse en número de UGs de una manera bastante económica. Según (Zambrano R. , 2015) en su escrito destaca que “al año 2013, la ganadería bovina representa el mayor número de cabezas de ganado en 23 de las 24 provincias del Ecuador, siendo una excepción la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas donde el ganado porcino supera al bovino” (p. 2).

La ganadería bovina ha representado desde hace varios años una de las principales fuentes de ingreso para el campesino ecuatoriano, a pesar de los riesgos que conlleva su seguimiento, es una alternativa viable que se va popularizando cada vez más con la adquisición de animales potencialmente óptimos.

Además de los riesgos por algún tipo de enfermedad en general que pueda afectar el hato como se le conoce al rebaño de bovinos que se manejan en un determinado predio ganadero, existen también otros tipos de riesgos que pueden llegar a afectar de una manera u otra la correcta producción. La pérdida del ganado bovino se considera como uno de los principales inconvenientes al momento de mantener una producción ganadera con sistema extensivo.

Cuando no se tiene la completa certeza que las UGs se encuentran dentro del predio, se corren varios riesgos que pueden llegar a desencadenar una serie de pérdidas económicas en la producción del hato; dichos riesgos van desde pérdida en cultivos aledaños o dentro del predio debido al daño que puedan ocasionar los animales, inclusive la pérdida del mismo animal ya sea por desplazamiento lejano o por abigeato.

La parroquia Lagarto perteneciente al Cantón Rioverde es considerada como una de las principales productoras ganaderas de la zona y al igual que en parroquias aledañas de producción similar, se maneja la ganadería mediante el sistema extensivo. Pese a que la parroquia Lagarto no depende totalmente de la ganadería, según (Sol, 2016), quien es brigadista de la campaña Ecuador Libre de Aftosa, afirma que “en la primera campaña de vacunación del 2017, se prevé vacunar cerca de 30000 bovinos en lo que corresponde a la parroquia Lagarto y sus alrededores, considerando que hay predios ganaderos ubicados en lugares remotos donde no llega la campaña”.

El problema que se trató en la presente investigación radica en la falta de información inmediata que presentan los encargados de los hatos ganaderos correspondientes a la parroquia Lagarto, en base a la presencia de inconvenientes con su ubicación sobre todo cuando se produce una fuga de bovinos u otro motivo por el cual los mismos abandonan el predio.

A pesar de existir una institución que apoya el desarrollo de los ganaderos de la zona como es la ASOGAN Lagarto, no existe un sistema de seguridad que le brinde tranquilidad al ganadero por lo tanto existe un alto porcentaje de probabilidad que el ganado salga del predio sin que el propietario o el encargado se enteren del suceso. Es por eso que se busca dar una posible solución a los problemas mencionados anteriormente, utilizando como herramienta fundamental alternativas tecnológicas que se puedan adaptar al entorno establecido.

3.2. Metodología

- **Tipo de investigación**

Considerando fundamental el criterio de (Hernández, 2014) al detallar que el estudio descriptivo “únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas” (p. 92); se manifiesta que el presente estudio está orientado a las soluciones tecnológicas de localización de ganado, por lo tanto tiene un carácter descriptivo de acuerdo al nivel de investigación, con un enfoque cualitativo, puesto que se pretende llegar al planteamiento de una entre varias alternativas tecnológicas que puedan servir como solución a la problemática de estudio, considerando los factores influyentes en la población indicada.

Considerando que en la zona hasta el momento no se ha realizado un estudio previo similar al presente, se realizó un diagnóstico mediante la utilización de entrevistas y fichas técnicas de observación, cuyos resultados permitieron realizar el análisis de las herramientas tecnológicas de localización ajustado exclusivamente al área diagnosticada y a los factores que influyan en la toma de decisiones.

Para lograr un mayor nivel de eficacia en los resultados presentados al finalizar el estudio, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta fundamental para obtener una mayor precisión durante los procesos de obtención de la información sobre todo los datos técnicos del terreno.

- **Listado de preguntas**

Teniendo en cuenta que el presente estudio es de tipo descriptivo y cualitativo, se ha decidido utilizar entre otras herramientas de levantamiento de información a la entrevista, por lo que se han planteado las siguientes preguntas a una muestra de 7 personas:

- ✓ ¿De qué manera usted se mantiene informado del sitio en el que esta su ganado bovino?
- ✓ En caso de presentarse una anomalía en cuanto a la ubicación del ganado ¿Qué acciones ejecuta en ese momento?
- ✓ ¿Qué alternativas considera que deberían aplicar las autoridades para facilitar el manejo ganadero en la zona?
- ✓ ¿Conoce usted alguna herramienta tecnológica que podría ayudar a solucionar el problema de localización de bovinos?
- ✓ ¿Qué características cree que deba tener una alternativa tecnológica potencialmente conveniente para la localización de bovinos en base a su situación actual?

Con el objetivo de evaluar de manera directa una de las alternativas de geo localización bovina instalada en un predio cercano a la parroquia Lagarto, se elaboró un banco de preguntas para efectuarlas al administrador de dicho predio, además se diseñó una ficha técnica para tener en cuenta los factores bajo los cuales fue posible la implementación de dicho sistema; las preguntas son:

- ✓ ¿Cuáles fueron las dificultades que se presentaron al momento de implementar el sistema en su predio?
- ✓ ¿Cuáles son las ventajas que usted identifica en el manejo del ganado bovino dentro de su predio?
- ✓ Aparte de conocer la ubicación exacta del ganado, ¿Qué otros beneficios le ha otorgado su sistema de rastreo ganadero?

- **Fuentes de información**

Para lograr el levantamiento de información mediante las herramientas ya mencionadas, se acudió a los predios aledaños a la cabecera parroquial de Lagarto cuyo número de UGs superaba las 100 unidades, con el fin de aplicar las entrevistas a sus propietarios y recorrer el perímetro del predio para aplicar una observación directa y lograr llenar la ficha técnica.

Se procedió a acudir a un predio situado a las afueras de la parroquia Lagarto en el cual su propietario ha implementado una alternativa tecnológica que permite de una manera u otra controlar el hato ganadero, con el afán de llenar una ficha de observación y constatar los pormenores de dicha alternativa.

Considerando que la investigación es la razón de ser del presente estudio, se ha llevado a cabo mediante revisiones bibliográficas de diferentes autores en base a las alternativas tecnológicas de geo localización existente y que puedan ser adaptadas a la población establecida.

- **Técnicas para la recolección de información**

Tabla 2. Técnicas para recolección de información

Fuente	Técnicas aplicadas
Propietarios de predios para los cuales se plantearía la alternativa tecnológica	Entrevista
Propietario del predio en el cual se probó previamente una solución tecnológica de control bovino	Entrevista Relato
Funcionario de la ASOGAN Lagarto	Relato
Brigadista de la campaña Ecuador Libre de Aftosa	Relato
Predios para los que se plantea las alternativas tecnológicas	Ficha técnica de observación

3.3.Diagnóstico

En la mayoría de predios dedicados a la ganadería que se encuentra ubicados en los alrededores de la parroquia Lagarto, el sistema de producción empleado es el de ganadería extensiva, por lo que se torna complicado realizar un diagnóstico al predio, sobre todo al intentar diagnosticar problemas directos que afecten la correcta producción; el principal inconveniente es la gran dimensión de los predios, así mismo como las condiciones en las que se encuentran las vías de acceso a dichos lugares.

A pesar de los inconvenientes presentados, sobre todo al momento de aplicar las debidas técnicas de recolección de datos, se logró aplicar todas las técnicas consideradas en el apartado anterior, logrando de esta manera obtener datos con un alto porcentaje de valides ya que las técnicas aplicadas a los actores implicados, fueron respaldadas por fichas de observación en las que se adquirió información técnica sobre el estado de los predios además de reforzar la información obtenida en la aplicación de las técnicas directas.

- **Diagnóstico de la ASOGAN Lagarto sobre el problema de localización del ganado bovino en la zona**

Los datos obtenidos en la técnica aplicada al funcionario de la ASOGAN Lagarto denotan que en los predios ganaderos aledaños a la parroquia Lagarto nunca se ha contado con una alternativa, ya sea tecnológica o de otra índole que permita llevar un manejo adecuado en cuanto a la localización del ganado bovino.

La ASOGAN Lagarto fue despojada de la emisión de guías de movilización de ganado en la zona debido al reglamento establecido por la institución competente, el cual especifica que las guías de movilización de ganado serán descargadas del sitio web SIFAE, en el cual el ganadero o comerciante debe estar registrado y el inventario de UGs estará actualizado según la última campaña de vacunación contra la fiebre aftosa (Marcillo, 2016).

Al dejar la movilización del ganado a potestad del ganadero y del comerciante, se da oportunidad a que puedan aparecer nuevas maneras de delinquir a tal manera que se sobre marquen según la identificación estipulada en la guía, las UGs extraídas de un predio ajeno a lo detallado en la misma; puesto que no existe una alternativa que permita mantener el control exacto de las UGs en el predio (Moreira, 2017).

- **Diagnóstico basado en el relato de brigadista de la campaña Ecuador Libre de Aftosa**

La brigada de vacunación Ecuador Libre de Aftosa se realiza de manera general a todos los predios dedicados a la cría de ganado bovino cada seis meses; en la parroquia Lagarto este proceso se encuentra centralizado y es manejado por la ASOGAN Lagarto, donde se reciben las dosis que serán aplicadas durante toda la campaña y se las entrega a cada uno de los brigadistas en base a su ruta de cobertura (Moreira, 2017).

El objetivo de este actor implicado, es dar a conocer cómo se maneja el problema de la ubicación bovina en todos los predios de la zona, considerando que el área de cobertura de vacunación asignada a esta persona corresponde a alrededor de cincuenta predios ganaderos.

Las campañas de vacunación efectuadas a nivel nacional permiten tener “actualizadas” las bases de datos de Agrocalidad, institución encargada de emitir las guías de movilización mediante el sistema SIFAE, este proceso no es lo suficientemente eficaz para mantener información exacta del hato ganadero, ya que no existe un patrón de comportamiento que permita mantener un control de reproducción y mortalidad en cada predio.

La falta de conocimiento sobre la ubicación del ganado no solo ha representado un problema para el encargado del predio, también proporciona inconvenientes a terceros, es el caso de los brigadistas encargados de llevar a cabo las campañas de vacunación. El rápido manejo del ganado en épocas de vacunación es fundamental para dicho proceso, según (Sol, 2016) relata que “en ocasiones hay ganaderos que hacen perder mucho tiempo buscando reses que no se encuentran dentro del predio, incluso en una ocasión un propietario el día de la vacunación se dio cuenta que le habían extraído tres animales del predio”.

- **Diagnóstico en base a información recolectada del grupo de ganaderos selecto.**

Considerando la situación actual en cuanto al manejo del hato ganadero en los predios aledaños a la parroquia lagarto, se ha llegado a la conclusión de que en la zona existe una homogenización en cuanto a los datos levantados, ya que la situación y las técnicas aplicadas para el manejo del hato ganadero son similares.

Los datos obtenidos en base a la entrevista aplicada a los ganaderos de la zona reveló que:

- No se cuenta en la zona con una alternativa que permita monitorear el ganado de manera asistida, en todos los predios visitados, se realiza el control del ganado mediante la revisión directa; es decir, el encargado del hato ganadero realiza un conteo directo de los animales trasladándose al perímetro en el que estos se encuentran (potrero) una vez al día, dependiendo la distancia hasta dos veces en el día, no más. Al dejar un lapso de tiempo potencialmente extenso entre cada conteo del ganado, se produce una brecha de inseguridad ya que durante ese tiempo no se tiene un reporte del estado del hato ganadero.
- Las acciones que se toman en los predios estudiados al momento de percatarse de la falta de una o varias UGs en el hato ganadero, son potencialmente similares; en cuanto se conoce la novedad, lo primero que se hace es una revisión minuciosa en todo el predio para encontrar las UGs extraviadas, en caso de no tener éxito se procede a recurrir a predios vecinos esperando que se encuentren allí, finalmente en caso de no encontrarlos se asume que se ha producido abigeato y se comunica a las autoridades competentes, las mismas que dependiendo la situación logran recuperar las UGs, o como ocurre en la mayoría de los casos que la pérdida es eminente.

- En cuanto a las medidas que deberían llevarse a cabo para garantizar el correcto manejo del ganado bovino en cuanto a incidencias por pérdida del mismo, los ganaderos confían en que se debería volver a dotar de la autoridad de emitir guías de movilización únicamente a la ASOGAN Lagarto, ya que cuando el proceso se llevaba a cabo por dicha institución, se tenía un control más estricto de la movilización del ganado, evitando en gran proporción las probabilidades de pérdida debido al abigeato.
 - Los ganaderos de la zona se quejan de la falta de capacitación sobre tecnologías aplicables a procesos ganaderos por parte de las autoridades competentes, pues existe una brecha tecnológica en el sector, a pesar de que la mayoría de los ganaderos tienen acceso a la televisión, consideran que debería impartirse charlas con la finalidad de buscar la mejora en procesos ganaderos. Debido a esta falta de información los ganaderos entrevistados no supieron dar una respuesta concreta acerca de las características que debía tener una posible alternativa tecnológica aplicada a la localización de ganado, sin embargo, luego de breves explicaciones sobre posibles alternativas tecnológicas aplicables, supieron responder que en caso de implementarse una alternativa de ese tipo, debe estar disponible todo el tiempo y ser segura.
- **Diagnóstico según la ficha de observación realizada en los predios de la zona.**

La ficha de observación realizada en los predios ganaderos de la parroquia Lagarto se realizó con la finalidad de conocer las características de los mismos en cuanto a detalles técnicos, ya que las alternativas tecnológicas que serán evaluadas tendrán como parámetros los detalles técnicos de los terrenos tales como: inclinación, áreas inaccesibles, etcétera.

Una de las principales características de los terrenos en los alrededores de la parroquia Lagarto es que no se cuenta con planicies muy extensas, pues el terreno es bastante irregular con muchas inclinaciones la mayoría de ellas totalmente transitables y en casos excepcionales quebradas de difícil acceso, además de ello, se pudo comprobar que los propietarios de los predios mantienen las cercas de alambre de púas en perfecto estado, principalmente en los lugares donde se encuentra hospedado el rebaño.

Con la finalidad de evaluar los diferentes factores que convergen al momento de proyectar una alternativa tecnológica a los predios anteriormente nombrados, se procedió a verificar la disponibilidad de diferentes servicios de comunicación sobre todo la telefonía móvil, considerando que varias de las alternativas tecnológicas que puedan llegar a ajustarse al medio tienen como base la comunicación mediante GSM o telefonía móvil.

Se identificó que existía disponibilidad de cobertura telefónica móvil en la mayor parte de las áreas observadas, ubicándose la mayor cobertura en colinas considerablemente elevadas; en cuanto a la señal de cobertura móvil obtenida en dichas áreas, la red con mayor disponibilidad corresponde a la empresa CLARO seguida de la empresa CNT.

- **Experiencia del propietario del predio en el cual se implementó una alternativa de control ganadero.**

En las afueras de la cabecera parroquial Lagarto (zona norte), se encuentra instaurado el rancho ganadero CARLOS ANDRES en el cual se mantienen los procesos a la vanguardia de los avances tecnológicos aplicables a la ganadería.

Con la finalidad de obtener información relevante en base a las técnicas de control aplicadas al control del hato ganadero en el sitio mencionado, se procedió a realizar una entrevista al administrador del mismo y una ficha técnica de observación al terreno.

El administrador del lugar supo destacar que los gastos de todos los sistemas implementados en el lugar habían corrido por cuenta propia, dando a entender que no ha existido proyecto alguno por parte de las autoridades competentes de alternativas tecnológicas aplicadas a la optimización del manejo ganadero en la zona.

El sistema estudiado consta de dos módulos uno emisor y otro receptor, el emisor consiste en una capsula de cerámica con un chip identificador en su interior el cual es ingerido vía oral por el animal, debido al peso de la capsula esta se ubica en la parte inferior del primer estómago del bovino conocido como rumen evitando así que pueda ser evacuada por el animal; en cuanto al módulo receptor, consiste en una especie de espada de material sintético con interior metálico de aproximadamente cincuenta centímetros de longitud, este aparato se puede emplear únicamente estando cerca del animal, pues es una manera de manejar el registro del mismo y en casos de producirse salida del animal de manera ilegal, las autoridades de control estarían al tanto de lo acontecido ya que la lectura del animal daría información sobre el mismo y sobre el propietario.

Sin embargo, el administrador del predio califico esta alternativa como poco viable ya que el costo del módulo receptor es sumamente elevado en relación a los beneficios que brinda, por lo que se estaba evaluando la opción de migrar a sistemas más viables tanto funcional como económicamente. El entrevistado supo expresar que el costo aproximado de la implementación local de dicho sistema aplicado a cien UGs rondaba los \$4000 usd considerando la obtención de cuatro dispositivos receptores para agilizar el proceso de lectura.

3.4. Discusión

El desarrollo de la presente investigación da a conocer los factores influyentes y la viabilidad al momento de elegir una alternativa tecnológica que permita mantener informado al administrador del predio en caso de presentarse anomalías en cuanto la ubicación del o los animales; el resultado de las técnicas de recolección de datos aplicadas a ganaderos pertenecientes a Lagarto y sus alrededores, determinó que en la zona no existe una alternativa sea tecnológica o no, que permita al administrador del hato tener notificaciones instantáneas en caso de presentarse alguna anomalía en el mismo, razón por la cual se desea plantear una alternativa adaptada a los factores que intervienen de manera directa en la producción del hato y sobre todo a sus necesidades prioritarias.

Considerando que en el presente estudio se busca determinar una alternativa tecnológica potencialmente viable para afrontar el problema de ubicación y control del ganado en la parroquia Lagarto, se pretende evaluar varias opciones que permitan mantener el control en el hato ganadero; el manejo de ganado mediante el sistema extensivo tiene características similares sin importar la ubicación geográfica del mismo, razón por la cual se ha dado validez en esta investigación a la opinión de (Huircan, y otros, 2009) donde afirman que “hay un número importante de productos comerciales utilizados en forma de un simple collar que es capaz de aplicar una descarga eléctrica cuando el animal se aproxima a un perímetro cercado con alambre” (p. 6). Al realizar la ficha técnica de observación se notó que existían varios sectores de ciertos predios ganaderos en los cuales en lugar de utilizar alambre de púas para su delimitación, utilizaban otro tipo de delimitantes como es la siembra de una planta similar a la piña con rígidas púas conocida como piñuela con la finalidad de mantener el ganado en un solo lugar; motivo por el cual existe discrepancia con la anterior opinión, además se considera que hasta lograr un comportamiento adaptado a este sistema por parte de las UGs que conforman el hato, se debe hacer una gran inversión de tiempo y dinero ya que los dispositivos perderían su carga rápidamente le tocaría al encargado estar al tanto de ello, situación no muy viable cuando se tienen grandes cantidades de UGs en un solo hato y cuyo espacio es relativamente extenso.

La localización es uno de los principales factores que se busca tomar como base en el presente estudio, debido a la carencia de estudios predios relacionados directamente con la localización bovina, se ha tomado un como objeto de debate el estudio de (Reyes & Cesar, s.f) aplicado a una biblioteca, el cual tiene como objetivo “diseñar una red inalámbrica cuyos dispositivos puedan comunicarse entre sí para poder ubicar a un libro en tiempo real” (pág. 1).

Dado que la relación entre el presente estudio y el estudio objeto anteriormente mencionado es distante en base a los objetivos, se han considerado factores claves al relacionar dichas investigaciones, como es el caso de la localización; la localización de un objeto puede ser realizada por medio de la trilateración, la cual consiste en calcular la posición del terminal en base a las señales que emite y son receptadas por varios nodos fijos, calculando la distancia entre señales y entre nodos se determina la posición en la que se encuentra el terminal por ende también el objeto (Reyes & Cesar, s.f).

Teniendo en cuenta la manera de cómo funciona la trilateración se ha determinado que esta técnica puede ser tomada en la alternativa que se proponga para afrontar el problema de ubicación de bovinos en la parroquia Lagarto, puesto que, a diferencia del caso en el que el libro es el objeto a posicionar no se mueve, el animal se mantiene en constante movimiento, sin embargo al contar con varios nodos fijos se puede determinar la posición del mismo con un margen de error mínimo.

Tabla 3. Comparación de alternativas de localización bovina.

	Descripción	Ventajas	Desventajas
Sistema de control GPS	Mediante la adquisición de un equipo de tipo GPS/GSM y un sistema de geo localización se puede conocer la ubicación exacta de cada animal; el equipo funciona con un chip de operadora móvil a través del cual se envían y reciben mensajes de texto en una comunicación entre el dispositivo y el propietario, en el mensaje que es enviado desde el dispositivo GPS/GSM al teléfono móvil del propietario se encuentran las coordenadas del dispositivo las cuales al ser ingresadas en un sistema de geo localización muestran la ubicación del animal en el mapa.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se obtienen las coordenadas exactas con un minúsculo margen de error. ✓ No es necesario comprar más dispositivos además del rastreador GPS. ✓ Basta con tener cobertura GSM para conocer la ubicación del ganado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ El tamaño del dispositivo es demasiado grande como para pasar desapercibido en el animal. ✗ Gasto excesivo en cuanto a la comunicación entre el dispositivo y el propietario del ganado debido a que hay que recargar constantemente con saldo en mensajes escritos. ✗ Falta de cobertura GSM en los pastizales lo que impide la comunicación.

<p>Sistema de control mediante Bluetooth</p>	<p>El objetivo no es necesariamente conocer la ubicación exacta del animal, sino saber si este se encuentra en el predio o ha salido del mismo, mediante un emisor bluetooth por animal y varias antenas receptoras de bluetooth se traza un perímetro que sería el equivalente a las dimensiones del predio, una vez que se pierde la señal de uno o varios emisores, se envía una alerta vía SMS al propietario informando la novedad para que de esta manera se evite la pérdida del animal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Respuesta inmediata sin necesidad de enviar peticiones al dispositivo. ✓ Bajos costos de dispositivos. ✓ Dispositivo emisor ideal para la seguridad ya que es de tamaño pequeño. 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Falta de información exacta sobre la ubicación de cada animal. ✗ Varios dispositivos receptores de señal ya que el terreno es irregular. ✗ Necesidad de varios routers para completar el ciclo de comunicación.
<p>Contratación mensual de servicio de rastreo satelital</p>	<p>Existen varias empresas tecnológicas que prestan el servicio de rastreo satelital para la detección del ganado, mediante un chip que es incrustado de manera subcutánea (debajo de la piel) se tiene información en tiempo real sobre la ubicación y otros factores como temperatura corporal y presión arterial del</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Disponibilidad de la información sobre la ubicación del ganado las 24 horas del día. ✓ Información sobre otros factores que se 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Este tipo de empresas no se encuentra en Ecuador. ✗ Los costos mensuales pueden tornarse demasiado altos debido a la gran cantidad de ganado por predio.

	ganado, brindando así la oportunidad de evitar la pérdida y prevenir enfermedades del ganado.	presentan en el ganado.	✗ Falta de respuesta inmediata en caso de existir fallos en el sistema de monitorización.
Sistema de control de ubicación ganadero mediante tecnología de nodos Zigbee	En el control ganadero Zigbee se puede implementar añadiendo un dispositivo terminal en el cuello del animal mediante un cordel metálico conectado de extremo a extremo en la placa sensor el cual a su vez en caso de ser desconectado activa una alarma en el nodo controlador, el mismo que envía una notificación mediante un mensaje GSM al celular del usuario. De igual manera existen nodos supervisores que constantemente evalúan la disponibilidad del terminal trazando un posible radio de localización del mismo.	<p>✓ Poca inversión puesto que los componentes son relativamente económicos.</p> <p>✓ Mayor autonomía de baterías en los terminales ya que las lecturas son parciales.</p>	<p>✗ Necesidad de mayor alimentación en el módulo coordinador y en los enrutadores.</p> <p>✗ A pesar de contar con alerta inmediata, no se puede camuflar el dispositivo en el animal.</p> <p>✗ Necesidad de varios routers para completar el ciclo de comunicación.</p>

4. Propuesta de intervención

4.1. Título

Diseño de una infraestructura inalámbrica orientada a conocer la ubicación del ganado bovino mediante la utilización de las tecnologías GSM y Zigbee.

4.2. Descripción

La implementación de redes de nodos sensores mediante tecnologías inalámbricas se ha popularizado a tal punto que sus aplicaciones han ido creciendo de manera acelerada, motivo por el cual se ha ampliado las posibilidades de trabajar con esta tecnología en varias áreas. A pesar de no contar con una velocidad relativamente alta en la transmisión de datos, Zigbee con su máxima velocidad de hasta 250kbps es una alternativa viable para procesos de control y transmisión de datos esenciales para la ejecución de un proceso. Zigbee trabaja bajo la frecuencia 2.4Ghz, en la que cuenta con 16 canales los cuales alcanzan un ancho de banda de 5Mhz relativamente aceptable considerando que la transmisión de datos entre dispositivos es baja (Iraceburu & Goicoechea, 2014).

Zigbee es una plataforma libre cuenta con una estructura similar al modelo OSI ya que igual que este consta de siete capas, Zigbee trabaja bajo el estándar IEEE 802.15.4 mediante el cual maneja dos de sus capas como son: la capa física y la subcapa de acceso al medio (Dignani, 2011).

Conocido principalmente por su utilización en la domótica, Zigbee es mucho más que solo controlador de dispositivos, pues permite la creación de redes con nodos sensores interconectados de forma paralela lo que permite darle varios usos, como es el caso de la localización de objetos mediante algoritmos de aproximación entre nodos fijos.

La tecnología Zigbee posee varias ventajas sobre tecnologías que tienen el mismo fin, como lo es wifi; la tecnología wifi al poseer una mayor capacidad de transmisión de datos necesita un mayor espectro de radio lo que la convierte en innecesaria al menos cuando lo que se busca es una transmisión de pocos datos a mayor velocidad, en la *figura 1* se muestra una comparativa entre la tecnología Zigbee (canal 808.15.4) y la tecnología Wifi (canal 802.11b) en cuanto al consumo del espectro.

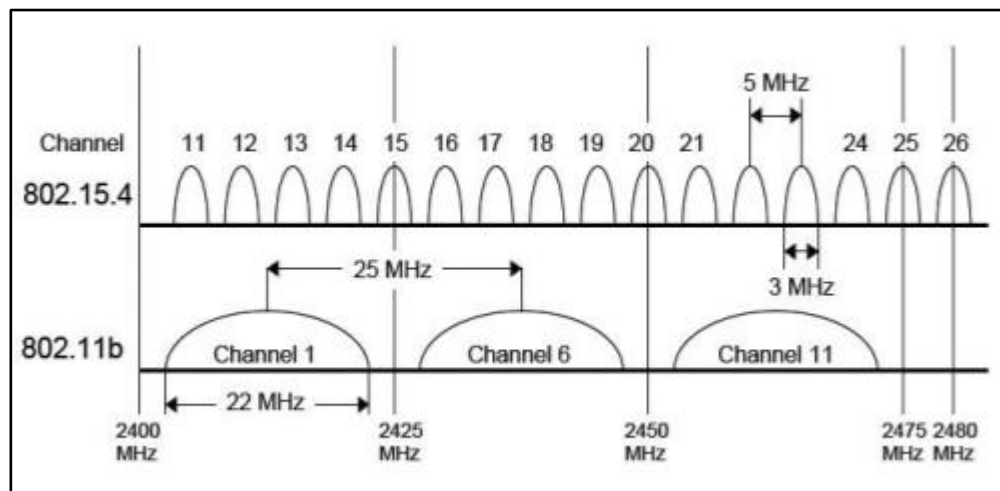


Figura 1. Comparación entre tecnología Zigbee y Wifi.

Fuente. (Fernández, y otros, 2009, pág. 31)

La tecnología Zigbee aplicada a nodos sensores consta de tres partes fundamentales como son:

- Coordinador Zigbee: Es considerado como el cerebro de la red, es aquel que da las órdenes a ser ejecutadas por los nodos sensores.
- Router Zigbee: Es el encargado de la comunicación entre los nodos y el coordinador de la red.

- Dispositivo final: Corresponde al terminal de la red, es el elemento encargado de enviar datos al router para que lleguen al controlador o recibir datos desde el controlador, se debe tener en cuenta que entre dispositivos finales no existe comunicación (Sánchez, s.f).

La alternativa que se plantea para mitigar los riesgos por la falta de información sobre la ubicación del hato bovino, consiste en la creación de una red de nodos sensores mediante la utilización de la plataforma Zigbee en coordinación con un módulo GSM.

La red constaría de tres módulos fundamentales, un coordinador Zigbee, varios routers Zigbee (dependiendo las dimensiones del perímetro) y dispositivos terminales (uno por cada bovino que se desee localizar); la conexión de dichos módulos se realizará mediante el diseño de una red cuya topología es la de árbol en la que el módulo coordinador es el tronco del árbol, los routers serían las ramas y los dispositivos terminales las hojas.

La razón por la que se ha optado por la utilización de Zigbee consiste en el ahorro económico que implica su implementación en comparación con otro tipo de tecnologías como wifi o bluetooth; además de considerar que la tasa de autonomía de la batería de los dispositivos terminales es potencialmente mayor ya que la tasa de transferencia de datos es baja, la batería de dichos dispositivos puede durar más de un año en funcionamiento.

La alternativa tecnológica aquí planteada comienza desde la lectura de los módulos terminales por parte del router, hasta la recepción de un mensaje de texto en el teléfono celular del propietario con un mensaje de alerta en caso de presentarse una anomalía en el rebaño o simplemente un mensaje de confirmación de que todo está en orden.

Como alternativa a la comunicación con el usuario vía SMS, (Arce, Silva, & Costa, 2009) en su proyecto de control ganadero afirma que “el sistema consta de dos módulos principales; el primero es responsable del acondicionamiento y transmisión de la señal recolectada (nodos sensores) y el segundo recibe los datos y los transfiere a un sistema informatizado” (pág. 3).

En la propuesta realizada en el presente estudio se utiliza la comunicación vía SMS con el ente humano debido a que:

- El área de aplicación es demasiado extensa y resulta más costosa la comunicación vía cableada con la red de sensores.
- Existe una brecha tecnológica en la zona por lo que resultaría complicado el monitoreo de esta manera.

4.3. Diseño

4.3.1. Funcionamiento

El funcionamiento de la alternativa planteada consiste en la colocación de un módulo terminal Zigbee a manera de collar en el cuello del animal, dicho dispositivo estará recubierto por una carcasa plástica impermeable para su protección del agua; además por cuestiones de seguridad el collar estará conectado en el dispositivo de extremo a extremo por un hilo metálico de tal manera que en caso de desconectarse dicho lazo se enviará un mensaje de alerta inmediatamente mediante SMS al teléfono móvil del encargado. En la *figura 2* se muestra cómo va el dispositivo terminal acoplado al animal.



Figura 2. *Dispositivo terminal acoplado en bovino.*

Fuente. (Dr. Elfes, 2016)

El dispositivo terminal se conecta mediante la banda de 2.4Ghz al router, únicamente en el laxo de tiempo establecido enviando un mensaje de confirmación para notificar que se encuentra activo y dentro del perímetro; el router por su parte envía al coordinador la información recolectada, este último, según el resultado envía un mensaje al usuario por medio del módulo GSM; de esta manera se ahorra energía en los módulos terminales debido a que entran en funcionamiento únicamente el instante en que envían su reporte de conexión.

De esta manera el usuario se mantiene informado sobre la ubicación de su ganado y puede tomar decisiones inmediatas al presentarse la salida de uno o varios de los miembros del rebaño; en la *figura 3* se muestra el diseño de manera general de cómo funciona cada uno de los módulos que conforman la alternativa tecnológica planteada.

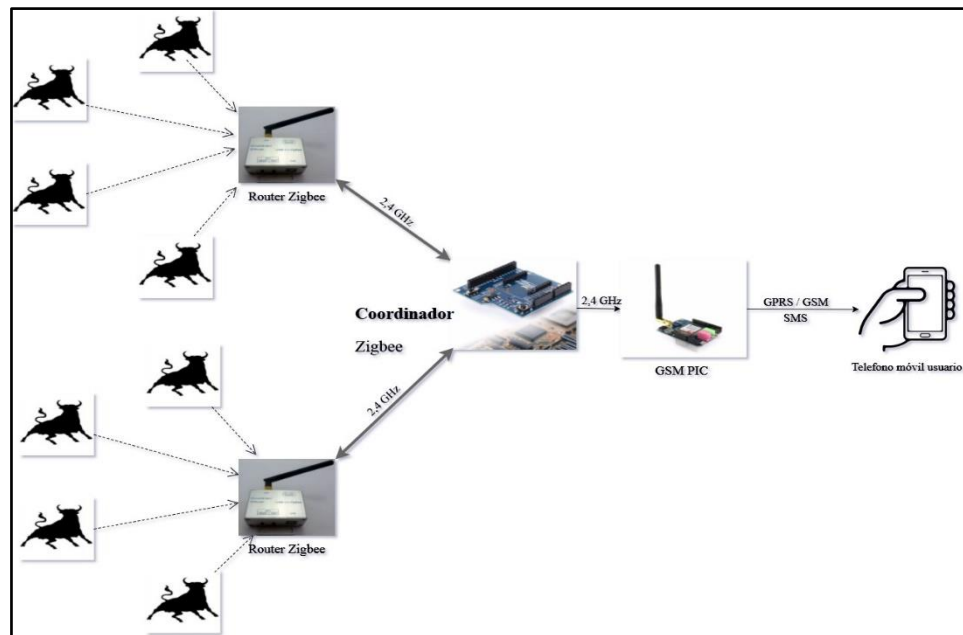


Figura 3. *Diseño general de la propuesta.*

El proceso de control del hato bovino mediante la tecnología Zigbee y PIC GSM, comienza cuando el dispositivo terminal ubicado en el collar que deben llevar cada uno de los bovinos, se enciende y envía un mensaje de confirmación hacia el router bajo la banda 2.4Ghz, el mismo que estará ubicado en lugares estratégicos dentro del perímetro de pastoreo del ganado, de tal manera que el perímetro de pastoreo se encuentre dentro del área de cobertura del router; una vez que todos los terminales se han comunicado con el router, este envía la señal obtenida hacia el dispositivo coordinador, el mismo que en base al inventario cargado realiza la comparación para detectar si todos los bovinos se encuentran en el perímetro establecido, luego de ello envía un SMS al usuario en el cual se notifica que todo está en orden si es el caso, de otro modo se enviara una alerta.

De esta manera se pretende mantener informado al encargado del hato ganadero acerca de las anomalías de que se presenten en el mismo, reduciendo así los riesgos de pérdida en la producción y evitando posibles daños en producciones aledañas.

Con la finalidad de explicar de manera gráfica el funcionamiento de la herramienta propuesta, se ha procedido a simular el comportamiento de la misma bajo la utilización de las herramientas de posicionamiento geográfico Google Earth y RadioMobile; a continuación se muestra de manera detallada el posible funcionamiento de la herramienta en un predio piloto.



Figura 4. Google Earth - Imagen geo referenciada de la herramienta instalada en un predio piloto.

Con la finalidad de mostrar una de las posibles ubicaciones de los componentes de la red Zigbee en un perímetro establecido, se procedió a tomar como referencia un predio de aproximadamente tres hectáreas; como se puede apreciar en la *figura 4* los dispositivos marcados como antenas corresponden a la ubicación de los routers de la red los cuales son los intermediarios entre el controlador y los dispositivos terminales. Hay que considerar que los routers de la red deben ser ubicados de tal manera que se cubra todo el perímetro establecido, sin el riesgo que existan puntos ciegos que afecten la comunicación entre dispositivos.

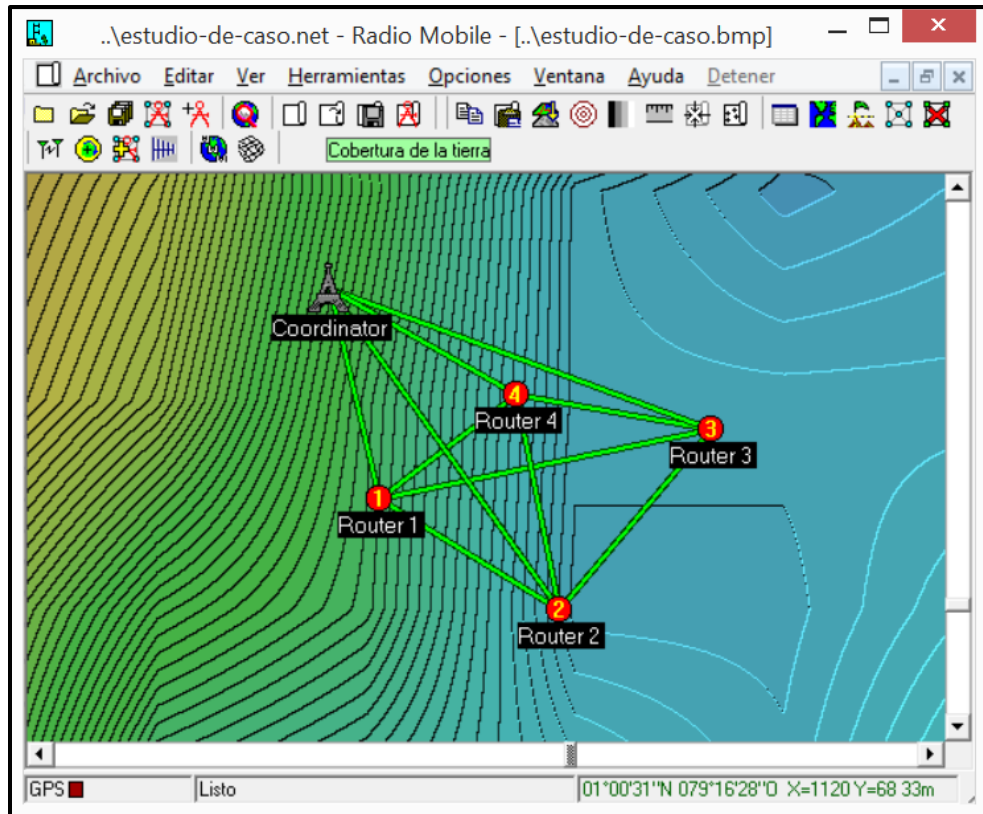


Figura 5. RadioMobile - Imagen geo referenciada de la red Zigbee llevada a la aplicación.

En el desarrollo del presente estudio se procedió a utilizar los medios necesarios para dar a conocer los pormenores de la herramienta planteada y de su funcionalidad en las áreas estudiadas; para lo cual se ha optado por la utilización de la herramienta RadioMobile y por medio de esta poder simular el comportamiento en cuanto a las comunicaciones entre los diferentes dispositivos de la red.

La *figura 5* es la interpretación de la *figura 4* llevada a la herramienta RadioMobile utilizando las mismas coordenadas de los puntos establecidos para cada uno de los dispositivos, denotando la interconexión entre routers y entre routers y coordinador.

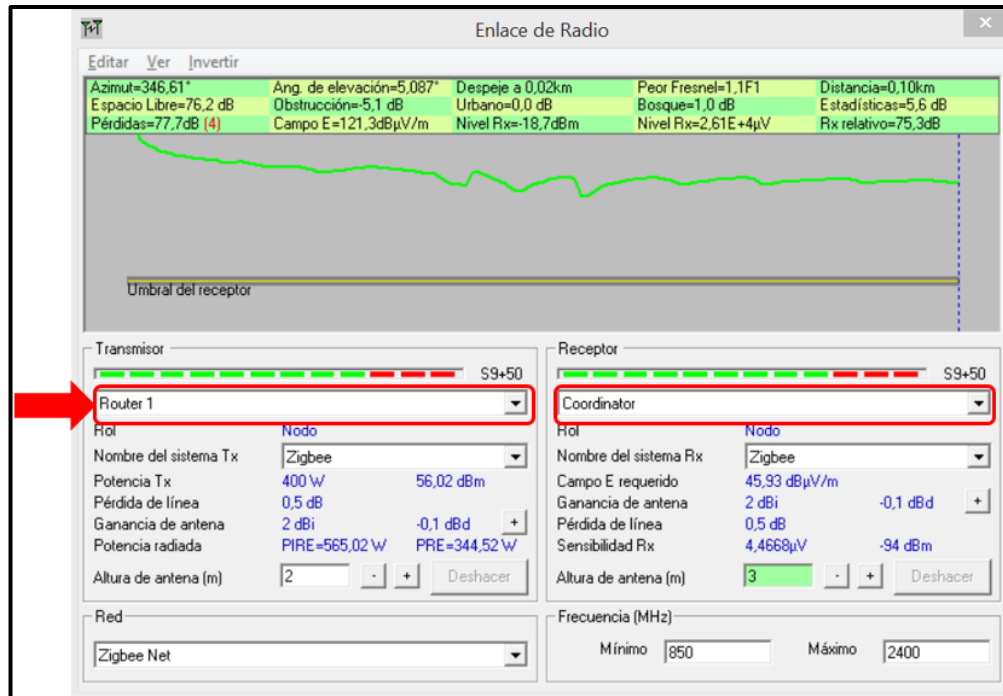


Figura 6. RadioMobile - Comunicación entre el router #1 y el coordinador.

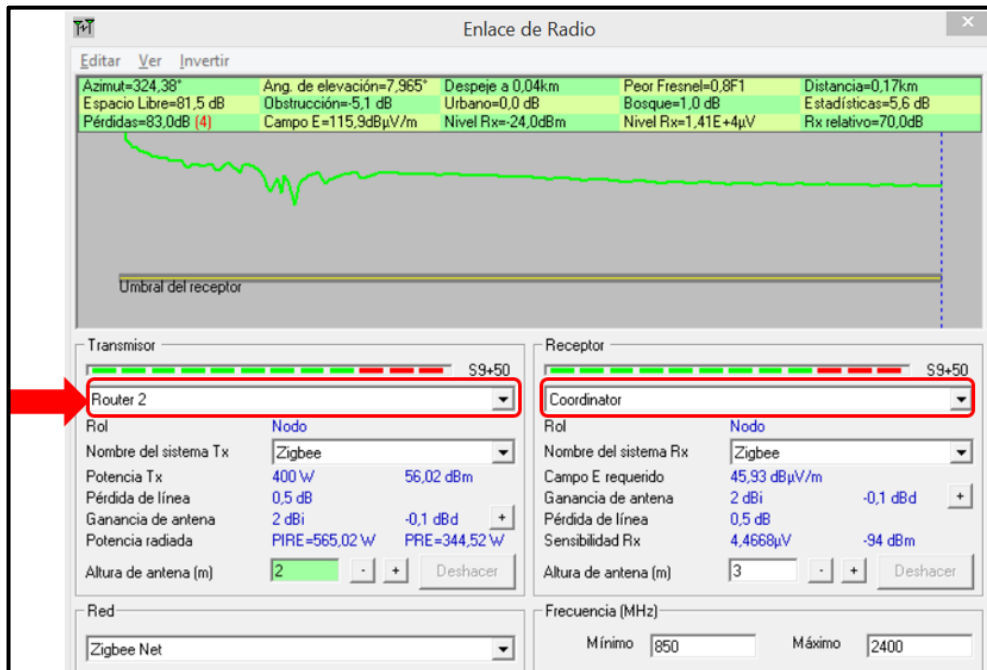


Figura 7. RadioMobile - Comunicación entre el router #2 y el coordinador.

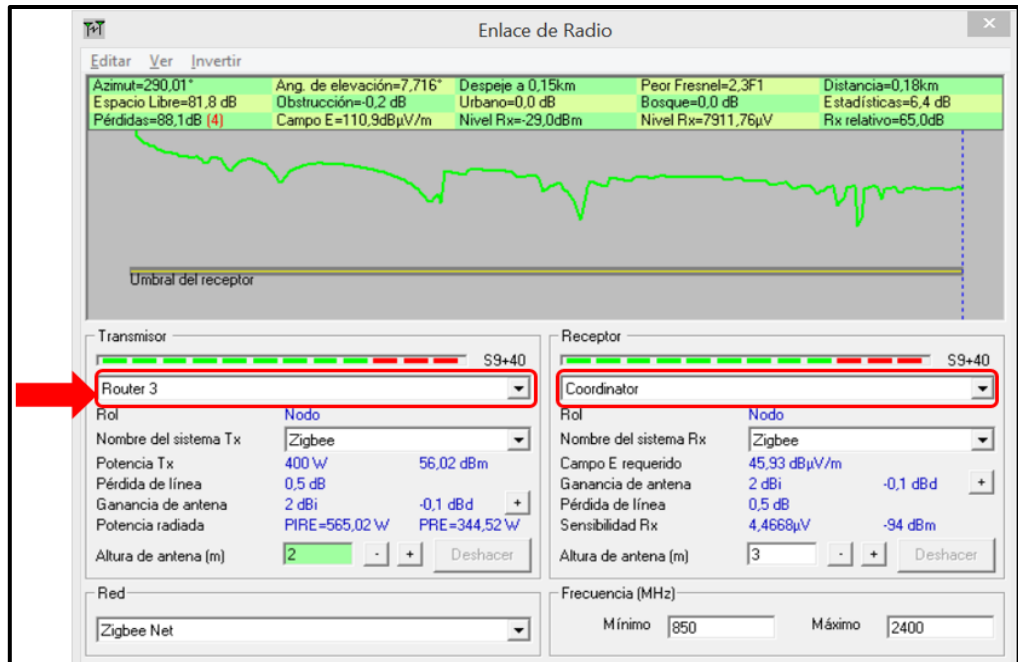


Figura 8. RadioMobile - Comunicación entre el router #3 y el coordinador.

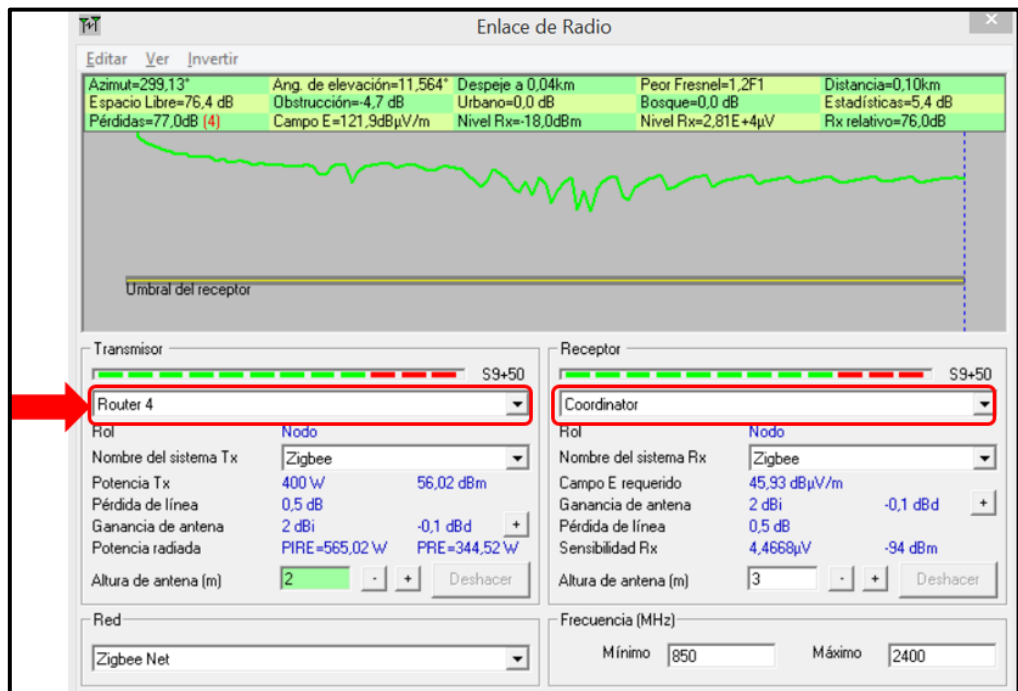


Figura 9. RadioMobile - Comunicación entre el router #4 y el coordinador.

La herramienta RadioMobile permite recrear entornos de conectividad entre dispositivos inalámbricos brindando una aproximación casi exacta en comparación con la realidad, de tal manera que los datos técnicos que esta brinda pueden ser tomados como referencia para realizar redes de conectividad inalámbrica.

Al utilizar la herramienta RadioMobile para la simulación de las funcionalidades de la herramienta planteada, los detalles técnicos en cuanto a conectividad son uno de los principales puntos de observación ya que de no contar con una eficaz conectividad en la red, se puede dar paso a que se generen vulnerabilidades en dicha herramienta; por ello se han tomado en consideración los detalles de conexión al momento de efectuar la simulación, en las *figuras 6 – 9* se presentan detalles técnicos en cuanto a la conectividad entre cada uno de los routers con el dispositivo coordinador. Demostrando que las lecturas de conectividad de cada uno de los routers con el dispositivo coordinador están por encima del umbral mínimo establecido para este tipo de redes.

4.3.2. Especificaciones

Los dispositivos incorporados en la herramienta tecnológica que se plantea forman un sistema compacto que permitirá a los ganaderos tener un mayor control en su hato ganadero. A continuación se detallan las características y funcionalidades de cada uno de los módulos de la red Zigbee que se propone como alternativa al problema antes planteado.

Tabla 4. Detalle de los dispositivos utilizados en la red Zigbee.

DISPOSITIVO	CARÁCTERÍSTICAS
Zigbee Coordinator Device	<p>El dispositivo coordinador en una red Zigbee es considerado el cerebro de la red Zigbee ya que es el que se encarga de centralizar la información recolectada de los demás dispositivos de la red y tomar una decisión en base a lo que se le haya sido programado, en una red Zigbee debe existir solo un dispositivo coordinador; en una red Zigbee el coordinador comparte características similares con el dispositivo router, ya que este también se puede comunicar directamente con los dispositivos terminales.</p>
Zigbee Router Device	<p>Los routers dentro de una red Zigbee cumplen la función de intermediarios entre el coordinador y los dispositivos terminales, ya que este es quien da la orden de despertar a los dispositivos terminales, recoger la información que estos proporcionan y enviar al coordinador para que este haga su labor. Los routers ZR que son utilizados en la presente propuesta tienen un alcance de hasta 100 metros de radio utilizando la banda ISM (6) de 2,4 GHz con un ancho de banda de 250 KBPS lo suficiente para transmitir la cantidad de datos que transitan por la red.</p>
Zigbee Terminal Device	<p>Los dispositivos terminales de una red Zigbee son los encargados de la transmisión de información basada en la ubicación del bovino, ya que este dispositivo es el que se encontrará ubicado en el cuello del mismo. Constituye un alto índice de ahorro energético ya que pasa la mayoría del tiempo en estado apagado (OFF) y en cuestión de milisegundos puede pasar a estado encendido (ON) y comenzar con la transmisión de información correspondiente.</p>

(Haslam, 2011)

Con la finalidad de brindar una mayor integridad en el proceso de control del hato ganadero por medio de la herramienta planteada, se propone dotar al dispositivo terminal de la herramienta antes mencionada con un contacto de cobre conectado de extremo a extremo, esto ayudará a controlar que el collar instalado en el semoviente no sea cortado o arrancado por motivos varios; a continuación se muestra mediante un proceso de simulación un diagrama similar al utilizarse en la funcionalidad antes mencionada.

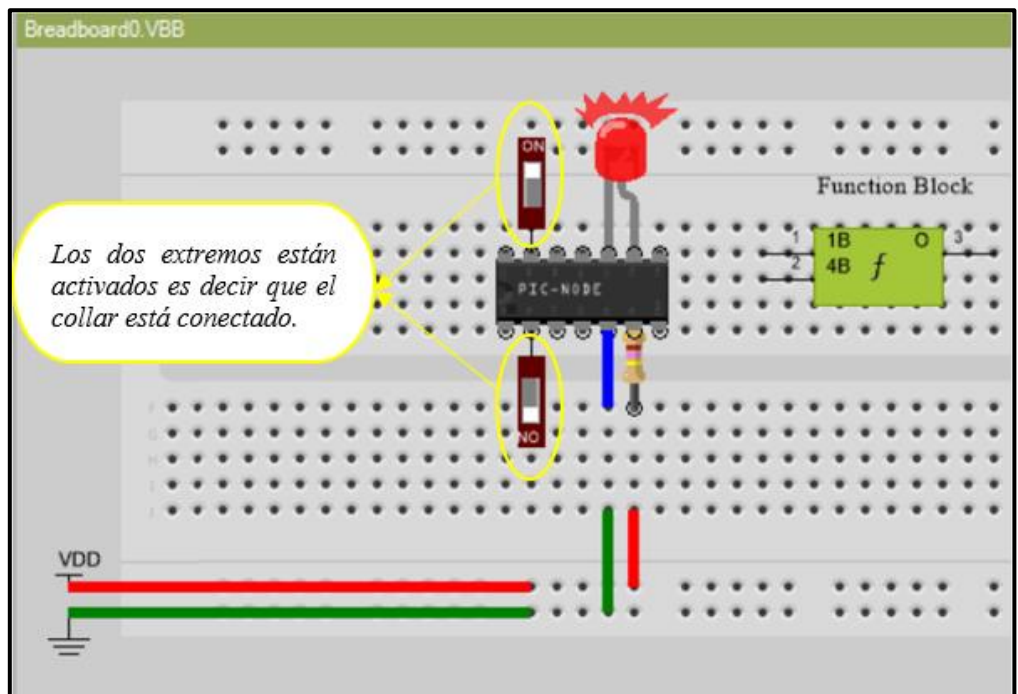


Figura 10. Virtual BreadBoard - Conectividad activa de extremo a extremo.

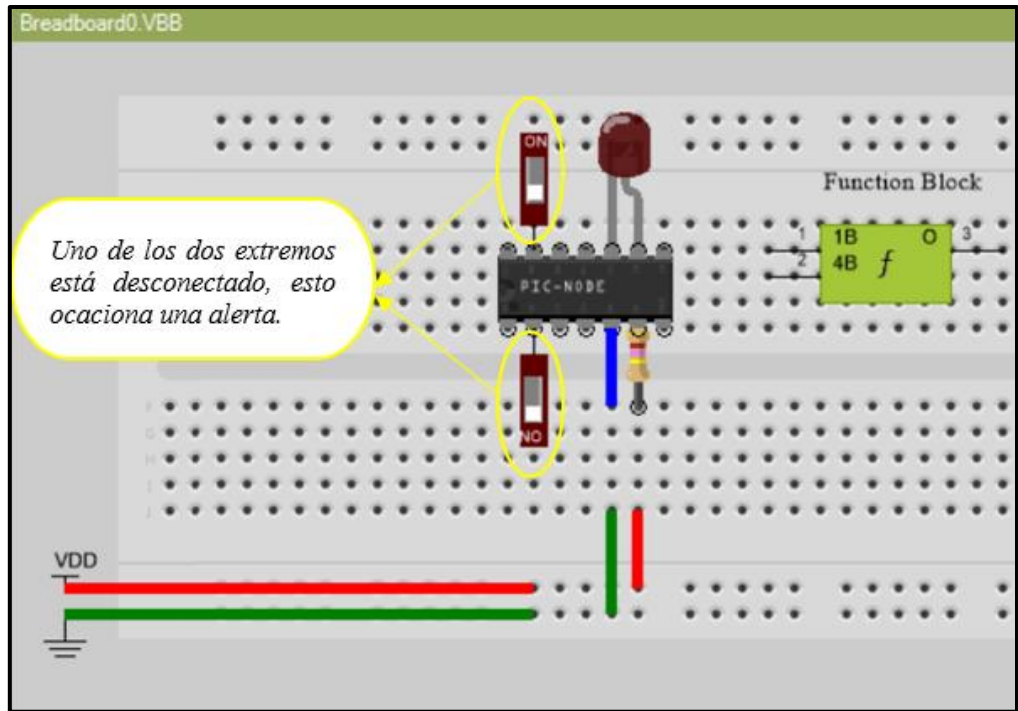


Figura 11. Virtual BreadBoard - Conectividad interrumpida debido a desconexión de un extremo.

En la *figura 10* y *figura 11* se presentan los casos por los cuales se controla la permanencia de la conectividad de extremo a extremo en el cordel de cobre ubicado en el collar de los bovinos.

En la *figura 10* se nota la presencia de luz en el led del circuito lo que representa que el collar se encuentra correctamente conectado de extremo a extremo, sin embargo en la *figura 11* se nota la ausencia de luz en el circuito esto representa ausencia de conectividad en uno de los extremos del collar.

4.3.3. Presupuesto

Considerando las características de los hatos ganaderos en los predios a los que se realizó la debida entrevista, se ajustó la cantidad de dispositivos a un número relativamente ideal; para lo cual se ha detalla en la *tabla 3* el presupuesto requerido para la implementación de dicha alternativa en un rebaño de 100 UGs.

Tabla 5. Presupuesto necesario para implementar la herramienta de control bovino.

Detalle	Cantidad	Precio Unidad	Precio Total
Zigbee Coordinator, EER 21200	1	50	50
Zigbee Router, ZR	4	20	80
Zigbee terminal, Core 2530	100	10	1000
Módulo GSM GPRS Sim900A	1	18	18
Protector transparente plástico	100	3	300
Cable 1.8mm centro de cobre	100	0.30	30
Carcasas de circuitos para exteriores	5	5	25
Cinturón plástico y metal para collares	100	2	200
Rollo De Cable Utp Categoría 6 Next Cat6 305 Mts	1	200	200
Rollo Estaño para Soldar BGA Hilo De 0.6mm Flux 2%	2	15	30
Cautín Pro'sKit 8PK-S120NAD-60 (110V)	2	25	50
Baku Bk-051g Pasta Para Soldar	2	4.5	9
Fuente Potenciador de Suelda Rma-223	1	5	5
Chupa Suelda Baku BK-106	2	7.5	15
Servicios profesionales	2	375.0	750
Contingencia	276.2
Total		\$ 3038.2	

4.3.4. Incorporación al sector estudiado.

Considerando que la propuesta de intervención conlleva una inversión económica considerable, se pretende trabajar paralelamente con la Asociación de Ganaderos de la Parroquia Lagarto para que por medio de esta institución se pueda capacitar a los ganaderos y se logre plantear y llevar a cabo un proyecto de mejora a los procesos de control ganadero, en el que se incluya la obtención de la herramienta planteada, inicialmente para ganaderos que cuenten con grandes cantidades de bovinos (superior a 100) teniendo en cuenta que son los principales afectados según la problemática tratada en el presente estudio.

Con la finalidad de incentivar a los ganaderos a adquirir la herramienta de control ganadero que se plantea en el presente estudio, se pretende realizar la instalación de la misma en un predio inicialmente a razón de prueba y mediante la cual se pueda mostrar a los demás propietarios cuales son las características funcionales de la solución planteada.

4.3.5. Relación costo beneficio

Son numerosos los beneficios que proporciona la herramienta planteada en el presente estudio en relación al costo que conlleva su implementación; además de proporcionar un nivel de tranquilidad mayor al ganadero de una manera u otra garantiza que la producción se lleve a cabo de manera regular.

La relación costo – beneficio presente en la alternativa tecnológica planteada debe ser analizada en base al tipo de propósito que se tiene en la producción ganadera del predio, a pesar de esto uno de los beneficios que convergen en cualquier propósito de producción ganadera, es el hecho de reducir el porcentaje de desaparición del mismo.

Tabla 6. Tipos de producción bovina en la zona.

Tipo de producción	Beneficios
Ganado de ordeño	<ul style="list-style-type: none">• Garantía de producción diaria con la cantidad completa de animales y en el tiempo preciso.
Toros de engorde y terneras de cría	<ul style="list-style-type: none">• Evitar la pérdida de los animales, ya sea por daño en las cercas e incluso por abigeato.

Para el análisis de los beneficios otorgados por parte de la solución planteada en este estudio, se realizó una entrevista a los mismos propietarios de los predios con los que se trabajó para conocer la problemática del sector, el objetivo específico de este proceso es conocer los detalles de producción en dichos lugares para que de esta manera se pueda realizar las comparaciones respectivas entre pérdida y gasto de implementación de la herramienta de control bovino aquí planteada.

Los beneficios en la aplicación de la herramienta tecnológica al sector ganadero pueden ser determinados también en cifras dependiendo del tipo de explotación ganadera que se realice en el predio, considerando los datos obtenidos en la observación realizada a los mismos, se pudo identificar que en varios de dichos lugares se realizaban dos tipos de producción bovina mencionados en la *tabla 4* y en los demás predios se maneja la ganadería mixta y sobre todo ganado de ordeño.

- **Ganado de producción de engorde y de cría.**

Según la entrevista realizada para conocer los detalles en la producción de los predios ganaderos, el ganado de engorde y cría que se produce en estos sirve para abastecer en gran porcentaje a la feria ganadera EXPOGAN llevada a cabo en la ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas, además de surtir con su carne a las tercenas en la localidad. El precio del ganado de cría y engorde en la feria EXPOGAN tiende a ser muy variable, sin embargo siempre ronda un promedio de \$0.75 por cada libra de peso bruto (EXPOGAN, 2017). A partir de los precios señalados anteriormente se muestra en la *tabla 5* la relación costo – beneficio entre la producción de ganado de engorde/cría y la herramienta planteada aplicada a los primeros 12 meses de funcionamiento de la misma.

Tabla 7. Costo beneficio ganado de cría y engorde.

Promedio de pérdida de bovinos (año)	Peso promedio de bovinos vulnerables (libras)	Pérdida total bovina	Costo promedio de la herramienta planteada
6	750	\$ 3375	\$ 3038.20

En la *tabla 5* se puede notar que existe un inminente beneficio económico al momento de implementar la herramienta propuesta a un hato de engorde y cría de bovinos; en la tabla mencionada se ha tomado un número promedio de bovinos sustraídos de los predios con un peso ideal de venta al mercado del mismo, en el caso planteado se ha llegado a obtener una rentabilidad económica de \$ 336.80 en relación al precio de la herramienta.

- **Ganado de producción de leche**

En la zona estudiada una de las principales actividades dentro de la explotación ganadera en general es el ordeño y obtención de leche, la misma que se convierte en el factor determinante para establecer el precio de venta que tiene una vaca así mismo como el aporte monetario que esta contribuirá al ganadero; en los predios estudiados existe un promedio de producción lechera de **10 litros** diarios por vaca, en cuanto al momento de vender o comprar una vaca con fines de producción lechera se comercializa a **\$ 100** por cada litro de leche que el animal produzca, es decir que el precio por cada vaca en los predios estudiados está rondando los **\$ 1000**. En base a estos datos se ha procedido a realizar la *tabla 6* en la que se detalla la relación costo beneficio de la aplicación de la herramienta planteada en la producción lechera de un predio ganadero.

Tabla 8. Relación costo beneficio ganado lechero.

Promedio de perdida de vacas lecheras (año)	Precio por unidad de cada vaca	Pérdida total bovina	Costo promedio de la herramienta planteada
4	\$ 1000	\$ 4000	\$ 3038.20

El beneficio al aplicar la herramienta planteada en la ganadería lechera es mayor en comparación a la ganadería de cría y engorde; a pesar de existir un menor porcentaje de pérdida anual en esta modalidad de producción debido a que el ganado se encuentra más cerca del corral, el costo por unidad es mucho mayor debido a que las vacas lecheras se comercializan en base a su producción de leche y no a su peso.

4.3.6. Riesgos a presentarse aún con la utilización de la herramienta.

Se considera que la herramienta planteada ayudaría en gran porcentaje al control del ganado bovino en sistemas de manejo extensivo, sin embargo existen aspectos que no pueden ser controlados con la herramienta, a continuación se detallan riesgos que pueden presentarse en el hato a pesar de contar con la herramienta.

Tabla 9. Detallo de riesgos a presentarse pese a contar con la red Zigbee.

RIESGO	DESCRIPCIÓN
Faenamiento del bovino en el predio	El riesgo se da en el caso de que exista la presencia de cuatrereros en el predio y procedan a faenar el bovino sin cortar el collar, de esta manera no existirá una alerta ya que el collar seguiría transmitiendo su ubicación dentro del predio y sin ser cortada la comunicación de extremo a extremo.
Fallecimiento del bovino	A pesar de que la herramienta ayuda con el control del ganado, no se puede prescindir de realizar la visita respectiva diaria al predio ya que la herramienta no controla la vitalidad del semoviente.

4.3.7. Posibles mejoras a aplicar en la herramienta planteada.

La herramienta que se propone en el presente estudio cuenta con un amplio porcentaje de posibles mejoras en diferentes aspectos, de tal manera que se deja una brecha de innovación para futuros proyectos orientados a la solución de problemas actuales o futuros a presentarse en el sector ganadero, en la *tabla 10* se detallan varias tentativas de innovación para la herramienta propuesta:

Tabla 10. Detalle de posibles mejoras aplicables a la herramienta.

CARACTERISTICA A MEJORAR	OPCIÓN DE MEJORA
Seguridad de la herramienta	Implementación de un algoritmo de triangulación dirigido a casos en los que uno o varios de los bovinos salgan del perímetro establecido.
	Implementación de un sensor de pulso en cada uno de los dispositivos terminales para así poder controlar la vitalidad del bovino.
Optimización energética	Incorporar un panel solar para cada uno de los dispositivos en la red, con la finalidad de brindar una mayor autonomía a la red.

- Se propone la implementación de un algoritmo de búsqueda basado en el método de recorrido de grafos de Dijkstra; consiste en la trazabilidad de una trayectoria a partir de la medición de distancias en base a la potencia en la frecuencia del bovino con respecto a la lectura de los diferentes routers, es decir entre mayor intensidad en la lectura de la frecuencia, más cerca está el bovino del router y a menor frecuencia más lejos del punto de lectura se encuentra, de esta manera se puede simular una triangulación y poder determinar la posible ubicación del semoviente.

Para hacer que esta funcionalidad tenga un mayor beneficio para los ganaderos se pretende que exista una centralización de varias redes Zigbee aledañas, al existir un ente que controle las redes de varios predios se puede realizar una búsqueda más extensa y exhaustiva en caso de existir alguna anomalía en el hato, esto debido a que al contar con un espectro más amplio de búsqueda existen menos probabilidades de producirse la pérdida de uno o varios bovinos.

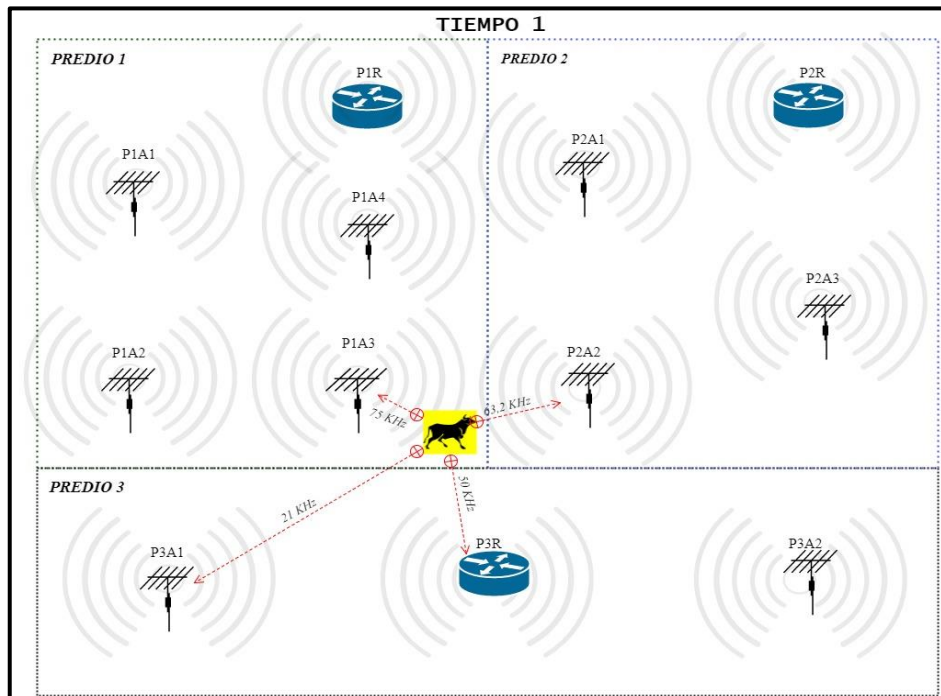


Figura 12. Draw.io - Simulación de la localización de un bovino; Tiempo 1.

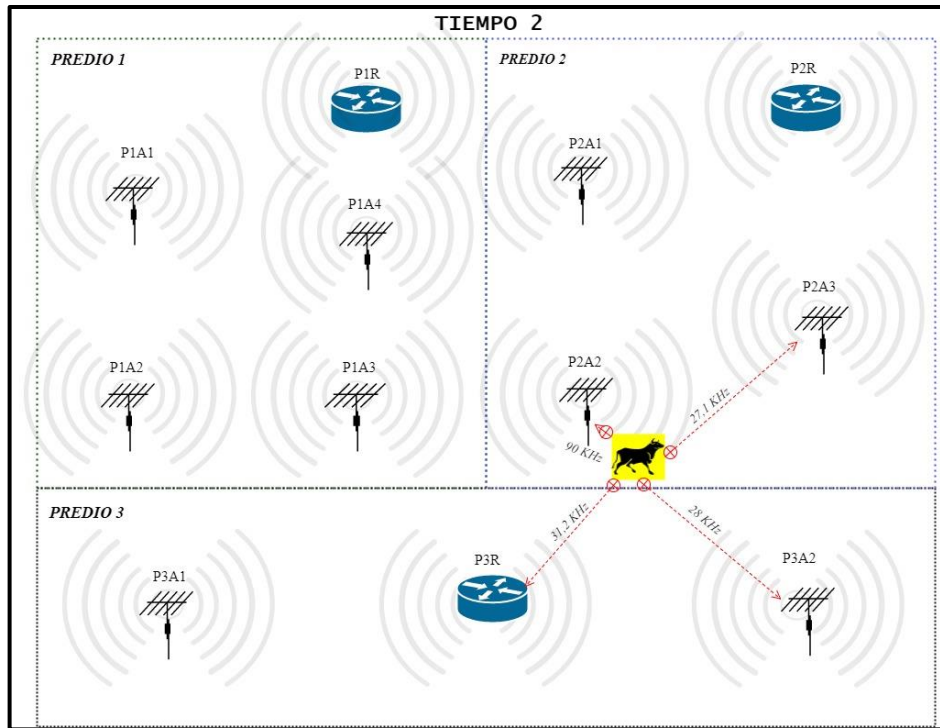


Figura 13. Draw.io - Simulación de la localización de un bovino; Tiempo 2.

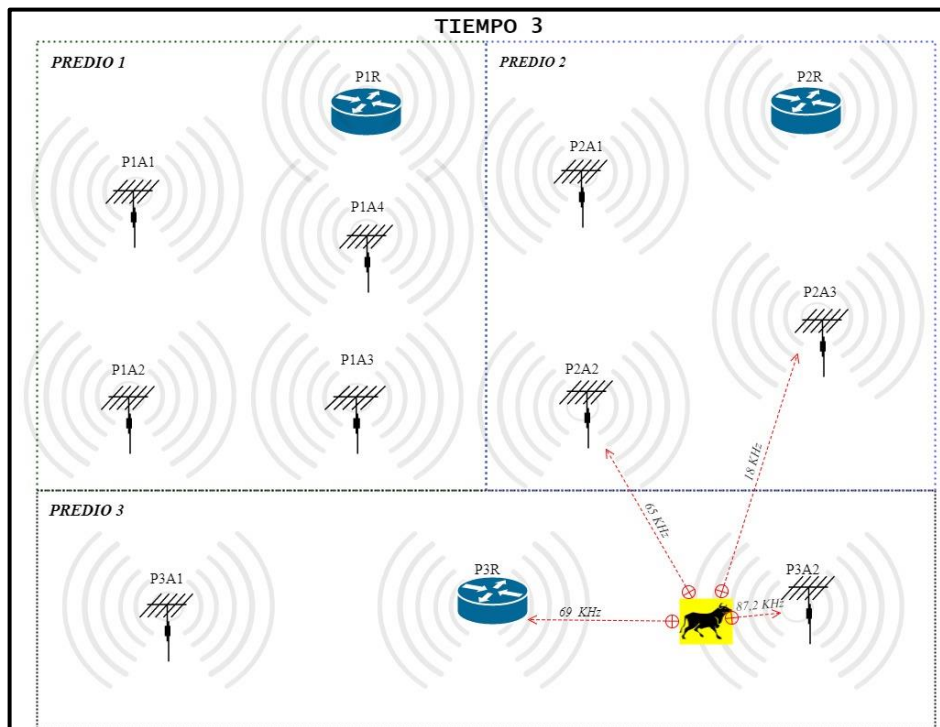


Figura 14. Draw.io - Simulación de la localización de un bovino; Tiempo 3.

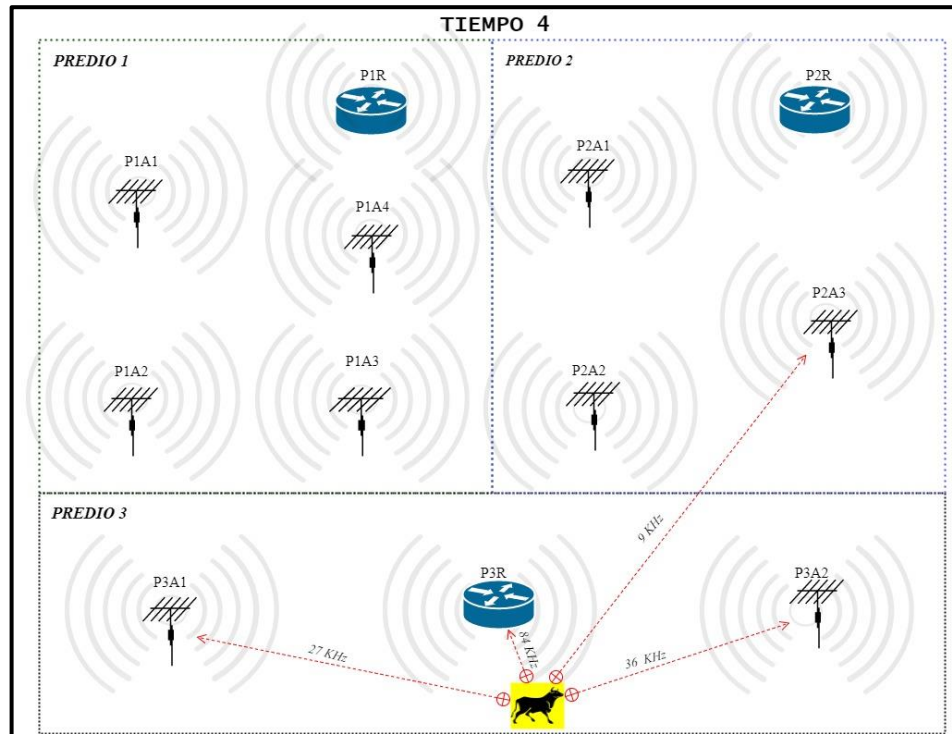


Figura 15. Draw.io - Simulación de la localización de un bovino; Tiempo 4.

La herramienta que se plantea en el presente estudio da cabida a opciones de mejora en diferentes áreas, una de ellas es la localización de objetos mediante algoritmos basados en triangulación; en la *figura 12* - *figura 15* se muestra gráficamente un posible caso a presentarse en el que se aplicaría el algoritmo de búsqueda, hay que considerar que los semovientes para los cuales está diseñada la herramienta no tienen un patrón de desplazamiento predeterminado, razón por la cual es necesario trazar una posible trayectoria en base a varias lecturas realizadas por los dispositivos receptores de la red.

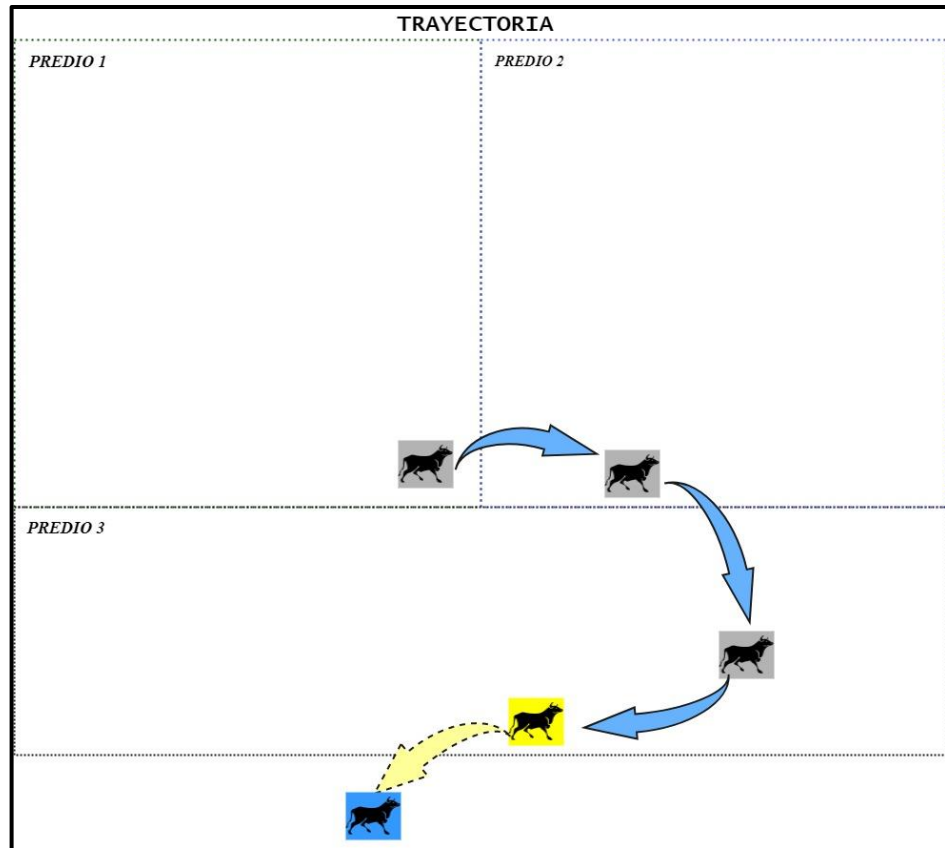


Figura 16. Draw.io - Trayectoria trazada en base a las lecturas de los routers.

Al contar con una trayectoria previa, es posible hacer predicciones de posibles trayectorias que haya seguido el semoviente después de las últimas lecturas, de esta manera se reduce el área de búsqueda.

5. Conclusiones

Una vez finalizado el presente estudio y analizado los aspectos influyentes en la actividad ganadera de la zona estudiada, podemos llegar a concluir qué:

- El desarrollo de herramientas que puedan solucionar problemas en diferentes áreas productivas permite, además de brindar ayuda a dicho sector, conocer los detalles de dicho sector y proyectar posibles herramientas de mejoras a varios problemas presentes en dicho sector.
- La explotación ganadera, al igual que los demás sectores productivos del país deben estar a la vanguardia de los avances tecnológicos que permitan facilitar la actividad y solucionar problemas presentes en dicha actividad.
- La creación de una red Zigbee para la localización de objetos puede ser implementada para la solución de varios problemas para los cuales se requiera una herramienta de control de localización.
- El sector ganadero ecuatoriano se mantiene en constante actualización tanto en términos técnicos como en innovaciones tecnológicas, razón por la cual se requiere que se desarrollen proyectos alternativos pensados en la solución de problemas y mejoras a procesos efectuados de manera tradicional.

6. Referencias

- Arce, A., Silva, A., & Costa, E. (1 de Junio de 2009). *Scielo*. Obtenido de <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v58n222/art10.pdf>
- Castillo, M. (Febrero de 2015). *Biotech-Global*. Obtenido de <http://biotech-global.com/fumiga/files/Competitividad%20de%20la%20ganaderia.pdf>
- Dignani, J. (2011). *Repositorio UNPL Argentina*. Obtenido de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf
- Dr. Elfes, A. (12 de Julio de 2016). *CSIRO*. Obtenido de <https://research.csiro.au/robotics/cow-tracking/>
- EXPOGAN. (7 de Marzo de 2017). *ASOGAN Santo Domingo de los Tsáchilas*. Obtenido de <http://asogansd.com/bascula/>
- Fernández, R., Ordieres, J., Martínez, F., Gonzáles, A., Alba, F., Lostado, R., & Pernía, V. (2009). *Repositorio Universidad de la Rioja*. La Rioja: Repositorio Universidad de la Rioja.
- Haslam, D. (Julio de 2011). *Old Dominion University*. Obtenido de <http://www.cs.odu.edu/~cs752/papers/zigbee-001.pdf>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mexico D.F.: Mc Graw Hill Education.
- Huircan, J., Bustos, J., Muñoz, C., Vivallo, G., Barriga, V., Donoso, G., & Toneatti, M. (4 de Diciembre de 2009). *TICs y Ganadería: Manejo Electrónico de Ganado*. Temuco, Araucanía, Chile.
- INEC, I. N. (7 de Enero de 2016). *Ámbar Team*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2015/Indice%20de%20publicacion%20ESPAC%202015.xlsx

Iraceburu, J., & Goicoechea, J. (18 de Junio de 2014). *Universidad de Navarra*. Obtenido de http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11846/TFG_IraceburuGonzalezJulen2014.pdf?sequence=1

La Hora. (12 de Agosto de 2009). Lagarto, tierra de deliciosos quesos. pág. 12.

Marcillo, T. (12 de 11 de 2016). Extencion ganadera en la parroquia Lagarto. (D. Rosero, Entrevistador)

Moreira, J. (14 de Enero de 2017). Situacion actual de la movilización de ganado. (D. Rosero, Entrevistador)

Reyes, C., & Cesar, M. (s.f de s.f de s.f). *DSPACE Espol*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16080/3/SISTEMA%20PROTOTIPO%20DE%20POSICIONAMIENTO%20LOCAL%20DESTINADO%20A%20LA%20B%20C%20ASQUEDA%20DE%20LIBROS%20UTILIZANDO%20TECNOLOG%20DA%20ZIGBEE.pdf>

Sánchez, T. (s.f de s.f de s.f). *Repositorio Universidad de Sevilla*. Obtenido de <http://0-bibing.us.es.fama.us.es/proyectos/abreproy/11759/fichero/PFC+Tamara+S%20A1nchez+%252F3.-Tecnolog%20ADa+Zigbee.pdf>

Sol, A. (17 de Diciembre de 2016). Número de UGs en la parroquia Lagarto. (D. Rosero, Entrevistador)

Zambrano, A. (2016). Reses de alta genética repoblando hato ganadero. *Revista el Agro*, 62.

Zambrano, R. (9 de Julio de 2015). La ganaderia bovina. Quito, Pichincha, Ecuador.

7. Anexos

Tabla 1. Ficha de observación técnica aplicada a los predios ganaderos de la zona.

Propietario:	
Dirección/Sector:	
Aspectos	Resultados
<i>Dimensiones por potrero:</i>	
<i>Carga ganadera promedio por potrero:</i>	
<i>Tipo de delimitación de potreros:</i>	
<i>Presencia de quebradas en el predio:</i>	
<i>Elevación máxima de pendientes:</i>	
<i>Disponibilidad de telefonía móvil:</i>	
<i>Red de telefonía predominante en el predio:</i>	
<i>Disponibilidad de telefonía móvil en el hogar del encargado:</i>	
<i>Observaciones:</i>	

Lagarto, 21 de Noviembre del 2016

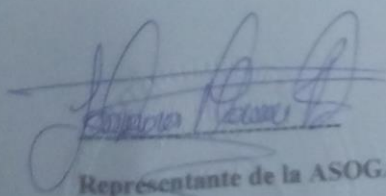
CARTA DE AUTORIZACIÓN

A QUIEN CORRESPONDA

Yo, **JOMAIRA MOREIRA ROJAS**, con C.I.0803029214 y en representación de la Asociación de ganaderos de la parroquia Lagarto (ASOGAN Lagarto) autorizo al Sr. **Dany Rosero Bravo** portador de la C.I 0803995091 a que pueda contar con el apoyo de esta institución para aplicar las técnicas de recolección de datos necesarias a los asociados de la institución y poder utilizar dichos datos con fines académicos, como lo solicitó en el documento presentado en la fecha correspondiente al 7 de Noviembre del 2016.

El solicitante puede hacer uso de este documento como estime conveniente, siempre y cuando no se desvíe de los fines solicitados.

Atentamente:



Jomaira Moreira Rojas

Representante de la ASOGAN Lagarto

Figura 17. Carta de autorización por parte de la ASOGAN Lagarto para el levantamiento de la información.



Figura 18. *Obteniendo información por parte de la funcionaria de a ASOGAN Lagarto.*



Figura 19. *Entrevista a ganaderos de la zona.*



Figura 20. *Elaboración de ficha técnica en los predios seleccionados.*