



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Facultad de Informática

USO DE IoT y loNT EN ANIMALES: Estudio de herramientas de recolección de datos para el análisis y comparación de datos vinculados a la sanidad animal

Trabajo presentado para obtener el título de Especialista de Redes y Seguridad

Matias Nicolás Silva

Director: Javier Díaz

La Plata, Agosto de 2019

Índice de contenidos

Indice de Figuras

CAPÍTULO I. Introducción

- 1.1 Introducción**
- 1.2 Objetivo General**
- 1.3 Objetivos Específicos**
- 1.4 Motivación**
- 1.5 Temas de Investigación**

CAPÍTULO II. Definiciones y características de IoNT

- 2.1 Internet de las Nano-Cosas**
- 2.2 Qué es IoNT**
- 2.3 Aplicaciones de IoNT**
- 2.4 Nano-comunicación**
 - 2.4.1 Comunicación Electromagnética**
 - 2.4.2 Comunicación Molecular**
- 2.5 Arquitectura de la comunicación IoNT**
 - 2.5.1 Arquitectura de Red**
 - 2.5.2 Arquitectura de nano-máquinas**

CAPITULO III Tipo de Tecnologías LPWAN

- 3.1 Tecnologías LPWAN**
 - 3.1.1 Narrowband NB**
 - 3.1.2 LORA Long range Modulation**
 - 3.1.2.1 LoRaWan**

3.1.3 Sigfox

3.1.4 Cuál es la mejor tecnología que podemos utilizar

3.2 Seguridad en las comunicaciones

3.2.1 Amenazas y ataques contra sistemas IoNT.

3.2.3 Análisis comparativo de algoritmos de cifrado AES,RC5 y RC6

CAPÍTULO IV Algunas aplicaciones de Nanosensores en Bovinos

4.1 Aplicaciones más frecuentes

4.2 Estrés Térmico

4.3 Inseminación Artificial

CAPÍTULO V Conclusión y trabajo a futuro

5.1 Conclusión

5.2 Referencias Bibliográficas

ÍNDICE DE FIGURAS

- 1. Utilización de sensores en bovinos**
- 2. Tipos de Aplicaciones de loNT**
- 3. Tipos de comunicación**
- 4. Componentes de un sistema de comunicación electromagnético**
- 5. Componentes de un sistema de comunicación molecular**
- 6. Arquitectura de la comunicación en loNT**
- 7. Ejemplo de funcionamiento de aplicaciones sobre redes NB-Iot y LTE**
- 8. Arquitectura de LoraWAN**
- 9. Características de LoRaWAN**
- 10. Estructura de Red de LoraWAN**
- 11. Cuadro comparativo de consumo de energia con dif. tecnologías**
- 12. Comparativa de Tecnologías LPWAN**
- 13. Requerimientos energéticos para un algoritmo de cifrado de 128bits**
- 14. Requerimientos energéticos para un algoritmo de cifrado de 192bits**
- 15. Requerimientos energéticos para un algoritmo de cifrado de 256bits**
- 16. Indicadores que miden Estrés Térmico**
- 17. Sistema de detección de periodo de celo en bovinos**
- 18. Dispositivo Intravaginal**

CAPÍTULO I. Introducción

1.1 Introducción

En este último tiempo, con el avance de las nuevas tecnologías se ha logrado demostrar que no solo los dispositivos informáticos pueden ser los únicos que tengan acceso a internet, también existen pequeños sensores que a través de una red puede transmitir información para ser consultada de forma remota, de ahí existe el término de Internet de las Cosas (IoT) donde diversos dispositivos y objetos pueden ser capaces de identificación, detección, interconexión y procesamiento para comunicarse entre sí y con servicios de internet con la finalidad de automatizar actividades

Siendo más específicos en la definición de este concepto podemos decir que el internet de las cosas o IOT se fundamenta por entrelazar objetos de uso cotidiano con el internet, permitiendo así mayor facilidad para la obtención y manejo de la información. En esto consisten las redes de sensores, las cuales están compuestas por una cantidad específica de dispositivos y cuyos datos va a un nodo coordinador o router y de allí a un servidor web donde es posible almacenar y mantener la información de mayor relevancia.

Gracias a esto no es imposible pensar que a través de sensores podemos recolectar información precisa en forma automática sin necesidad de la intervención humana, por ejemplo, autos que se estacionan solos, heladeras que informan al celular qué alimentos hay que comprar, aires acondicionados que pueden ser regulados a través del celular, riego de cultivos en función a la humedad de la tierra, medir el estado de salud de los animales por medio de sensores de temperatura y acelerómetros, o incluso tachos de basuras que informan el nivel de llenado para que el camión recolector no pase de no ser necesario. Toda esta información puede ser subida a una nube lo que posibilitará ser consultada en forma remota y de esta manera tomar determinaciones o ejecutar acciones a distancia

En sintonía con esta corriente y a la nanotecnología se desprende un nuevo término denominado Internet de las Nano Cosas (IoNT) mediante el cual se intenta lograr a través de nano dispositivos interconectados mayor control y seguimiento de la información.

1.2 Objetivo General

En el presente trabajo se realizará un estudio de herramientas tecnológicas que forman parte de lo que se conoce como Internet of Things (IoT) e Internet of Nano Things (IoNT) que nos permitirá conocer rápidamente datos cuantitativos y cualitativos para predecir aspectos ligados a la producción en los campos. Estos datos serán arrojados de las variables analizadas principalmente

en animales, siendo posible también evaluar variables ambientales como humedad, temperatura, presión, etc.

El enfoque central del trabajo es investigar el estado del arte y realizar un análisis de herramientas de IoT y IoNT aplicables en animales de campo para automatizar un proceso de notificaciones sobre el comportamiento o estado de salud del animal. Finalmente se mencionarán las tendencias sobre esta temática y la seguridad que deben contemplar la conexión de estos dispositivos en cuanto a su comunicación

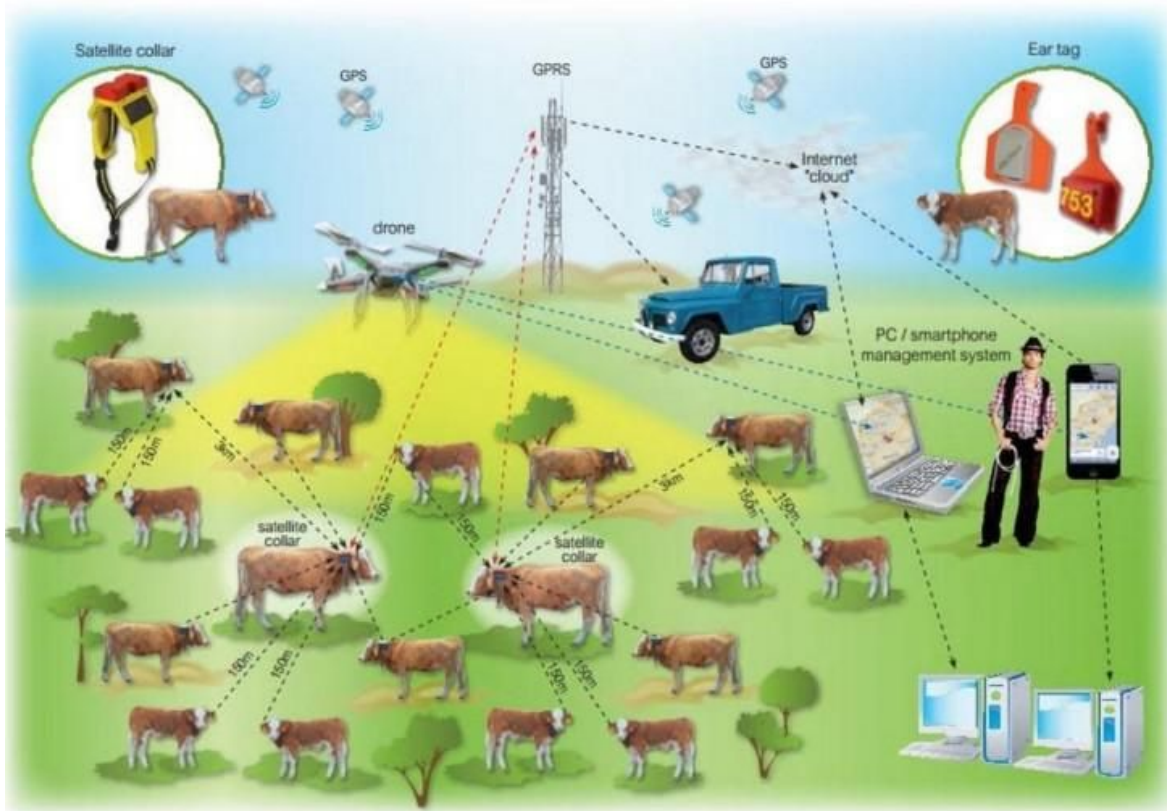
Se evaluará una red de objetos inteligentes, en la que los nodos, en este caso sensores, adquieren información de distinto tipo. Esta información pasa a través de las redes, de un nodo a otro, y finalmente, se envía por medio de un enlace a internet a una nube que actuará como central de datos consultada en forma remota.

Esto nos facilitará:

- 1. El control de parámetros medioambientales** mediante el uso de sensores, como explicamos anteriormente, donde registran minuto a minuto la temperatura, humedad, velocidad del viento e iluminación.
- 2. Monitoreo de la producción:** a través del uso de básculas inteligentes podremos monitorear el estado productivo de los animales en forma más precisa, estas básculas evaluarán variables tales como peso y consumo de alimento
- 3. Identificar patrones:** gracias al registro de este gran número de variables medio ambientales y productivas, es posible identificar patrones de comportamiento y su relación con las variables de producción, mediante el uso de herramientas analíticas, que permiten procesar grandes volúmenes de información y encontrar correlaciones de manera automática.
- 4. Tomar decisiones efectivas:** mediante la identificación previa de patrones, podemos tomar decisiones, día a día, sin necesidad de esperar semanas para obtener información. Hay algunos modelos de producción, como el caso del pollo, que toma apenas 40 días desde principio a fin, y es muy importante tener la información en el momento oportuno para tomar decisiones acertadas.
- 5. Optimizar el uso de recursos que usamos en la producción de proteína:** agua, luz, calentadores; manteniendo siempre un nivel óptimo de desempeño, contribuyendo con el desarrollo y la producción de proteína animal sostenible.

A continuación se muestra en forma gráfica de una estructura tipo de utilización de este tipo de sensores en vacas, en la misma se verá que cada vaca dispone de un sensor en la oreja que evaluará distintas variables de información como por ejemplo su temperatura y su movimiento, esta información es transportada a un collar satelital que tendrá una o dos vacas dependiendo de la cantidad que sean y de la dimensión del campo, y finalmente

esta información recolectada se enviará por GPRS a la nube lo que posibilitará conocer rápidamente desde cualquier equipo remoto, ya sea un teléfono celular, una portátil o una pc de escritorio toda aquella información relativa a su posición, su estado de nutrición, su salud y eficiencia reproductiva. Asimismo, es posible utilizar drones para el recuento del ganado para evitar robos o pérdidas



1. Utilizaciones de Sensores en bovinos [15]

1.3 Objetivos Específicos

Analizar las herramientas tecnológicas y nanotecnológicas que existen en el mercado para sensar parámetros vitales en bovinos ligados a la sanidad animal y determinar el estado de salud, posición geográfica en tiempo real y fertilidad en bovinos.

Evaluar factibilidad de Implementación en campos dentro del ámbito de trabajo (Facultad de Cs. Veterinarias – UNLP)

1.4 Motivación

A través de estos últimos años, el crecimiento continuo en materia de tecnología ha llevado a la automatización de actividades tanto en oficinas, hogares, ciudades, etc con el objetivo principal de mejorar y facilitar el trabajo de las personas. [1]

Esto es posible mediante la interconectividad de aplicaciones y el uso de internet por medio de sensores y dispositivos electrónicos de variadas dimensiones y capacidades, de ahí surge el termino de Internet de las Cosas (IoT) [2]

Luego de unos 10 años de investigación de esta corriente, y el avance de las nanotecnologías aparecen nuevos campos de investigación que combinan a las personas, los datos, los procesos y las cosas, por ellos a partir de esto, se comienza a hablar en el Internet del Todo (IoE)

Durante este último tiempo el IoE se fue ampliando con la implementación de IoNT (Internet de las Nano Cosas) que trata de la capacidad de crear sensores y dispositivos que puedan transmitir información mediante su interconexión a nano escala

El primer concepto de IoNT fue propuesto por Ian Akyildiz y Josep Jornet en un trabajo titulado "The Internet of Nano-Things". El mismo indica lo siguiente: "La interconexión de dispositivos de nanoescala con las redes de comunicación existentes y, en última instancia, la Internet define un nuevo paradigma de redes que también se conoce como la Internet de Nano-Cosas" (Akyildiz & Jornet, 2010) [4]

"Esta es una red futurista donde los nano-objetos individuales realizan cálculos simples, comunicación, detección y actuación para llevar a cabo funciones intrincadas" (Raut & Sarwade, 2016) [5]

"La Internet de Nano-Cosas puede ser descrita como la interconexión de dispositivos de nanoescala con redes de comunicación e Internet" (Whitmore, Agarwal & Da Xu, 2015) [6]

Algunos ejemplos de aplicación de IoNT puede ser monitoreo de la salud intracorporal, suministro de medicamentos, plagas en agricultura, control de contaminación por ataques biológicos o químicos, etc [3].

A partir de lo descrito anteriormente es importante investigar las prestaciones y las funcionalidades de esta nueva tendencia que se presenta de manera prometedora y revolucionaria especialmente para mejorar el campo de la salud y sanidad animal.

Cuando hablamos de sanidad animal nos referimos a mejorar la producción y el manejo de los campos siendo necesario implementar estrategias que fomenten un mayor crecimiento y por lo tanto mayor competitividad a nivel mundial. Uno de los casos de mayor importancia, y el cual requiere ser observado con detenimiento, es el subsector de la ganadería bovina.

La ganadería bovina no solo está generando impacto, sino que al mismo tiempo se está viendo afectada por la falta de innovación y mejoramiento tecnológicos de los hatos, hecho que atribuye dificultades al momento de generar competencias con países de mayor desarrollo tanto tecnológico como económico

1.5 Temas de Investigación

El trabajo consistirá en la revisión y análisis bibliográfica relacionados con IoT e loNT y su aplicación en bovinos con el objetivo de automatizar la recolección de datos cuantitativos, entre ellos, vinculados a su posición, a parámetros medibles relacionados a la sanidad del animal, entre otros. Como producto de la investigación se espera conocer el estado del arte del tema propuesto y definir posibles líneas de investigación y/o desarrollo.

CAPÍTULO II. Definiciones y características de IoNT

2.1 Internet de las Nano-Cosas

Internet de las nanocosas ha surgido a través de los avances en las nuevas corrientes tecnológicas que se han presentado en los últimos años, esto fue producto de la búsqueda de mejorar las soluciones de IoT en cuanto a la creación de sensores que puedan transmitir información información y cuyo tamaño sea a nano escala

Para comprender el concepto de IoNT, es preciso conocer las principales definiciones, entender su comunicación, describir su arquitectura para el funcionamiento y presentar los dominios de aplicación.

2.2 ¿Qué es IoNT?

El Internet de las Nanocosas surge de los avances de la tecnología en materia de sensores del tamaño de una micra, capaces de ser colocados dentro de seres vivos, ya sean plantas, animales y hasta los mismos humanos.

De esta manera existiría la posibilidad de estudiar dichos organismos y sus diferentes estados y comportamientos desde ángulos nunca antes pensados

Los campos en los que se aplica el Internet de las Nanocosas se dan principalmente en la salud, el monitoreo ambiental, en la agricultura de precisión pero este también se puede aplicar en el ámbito militar, espacial, en la robótica, biónica, en drones y en la producción industrial.

El propósito de IoNT consiste en la capacidad interconectar diversos tipos de dispositivos desarrollados a nano-escala en una red de comunicaciones, en vista de que permita realizar recolección de datos en lugares de acceso complejo.

2.3 Aplicaciones de IoNT

Existen numerosas aplicaciones en las que puede ser utilizada esta tecnología, entre las principales están:



2. Tipo de Aplicaciones IoNT[23]

a) Multimedia

Se enfoca en la construcción de dispositivos como son los fotodetectores[7] y nano-transductores acústicos[24] para la producción de contenido multimedia con altas resoluciones y precisión en comparación a los dispositivos actuales [25]. Los sistemas nano-multimedia tienen su enfoque en diversos campos en los que podría ser de gran utilidad tales como vigilancia de salud, ataques biológicos, ciencia forense y control de procesos industriales [26].

b) Petróleo y gas

Los nanosensores se pueden utilizar para mejorar las tasas de descubrimiento del petróleo. Pueden viajar a través de los poros de las rocas y ayudar a encontrar el petróleo que se encuentra entre las rocas. Aunque las herramientas de imágenes de pozos cruzados agregan más impacto al campo, su resolución proporcionada es muy baja, por lo que la ubicación del aceite se identifica mediante una enorme fuente magnética y un receptor para mapear las nanopartículas que se insertan con agua reciclada [27]. En IoNT, los nanosensores interactúan y se comunican entre sí mediante comunicación molecular y la información recopilada se puede transmitir en tiempo real utilizando una puerta de enlace cercana. Esto permite hacer un mapa eficiente de la ubicación del petróleo sin necesidad de una fuente magnética y un receptor específicos[28]

c) Biomédicas

El uso de nano-sensores con la capacidad de entregar algún tipo de medicamento en alguna parte específica del cuerpo humano. Permiten a los médicos controlar y monitorear de forma remota los nano-sensores para la recolección de información [7]. Ejemplos de estos nano-sensores pueden ser el monitoreo de salud intracorporal y el suministro de fármacos [29].

d) Agricultura

Hay muchos escenarios exitosos en los que loNT puede mejorar la productividad de la agricultura. Por ejemplo, existen numerosos tipos de nanopartículas que han demostrado su eficacia en el manejo de plagas. Las nanopartículas también se pueden usar para controlar los hongos en las plantas [30]. Estas partículas se pueden incrustar en un nanosensor y usarse para controlar y monitorear el proceso de siembra utilizando la loNT. Por ejemplo, el fertilizante se puede enviar a la planta según las condiciones de monitoreo de la planta [31]. Además, la información recopilada sobre la planta infectada se puede transmitir al propietario para verificar el estado de las plantas y desencadenar la liberación de nanosensores. En resumen, loNT puede habilitar la agricultura de precisión que utiliza instalaciones de comunicación por satélite, sistemas de información geográfica y sensores remotos para mejorar la eficiencia y la productividad de la agricultura [32]

e) Smart Cities

La implementación de una ciudad inteligente proporciona una interacción y comunicación fluidas con los electrodomésticos, sensores de monitoreo, cámaras de vigilancia, actuadores, vehículos y otros. La hoja de ruta de la ciudad inteligente depende de los entornos geográficos y el estilo de vida de las personas. Todas las tecnologías de comunicación proporcionadas por la ciudad inteligente pueden ser utilizadas por cualquier persona, independientemente de su condición económica [33]. Con loNT, los nanosensores se pueden usar para monitorear e identificar ubicaciones de contaminación descubierta en el aire en alta concentración y hacer que los nanosensores limpien esa ubicación específica [34]. Además, con la existencia de innumerables nanosensores, se puede utilizar para recopilar grandes cantidades de información en tiempo real para mejorar la calidad de vida y proporcionar nuevos servicios y aplicaciones.

f) Militares

En el campo militar, loNT surge con la capacidad de detectar la presencia de compuestos químicos a través de los nano-sensores [35]. La extensión de las nano-redes en este campo pueden ser de variados tamaños, por ejemplo, en un campo de batalla la exigencia de una interconexión de nano-redes es densa [36], mientras que el monitoreo del estado de salud de los soldados por medio de nano-sensores corporales el área es mucho más pequeña [37].

g) Industrial

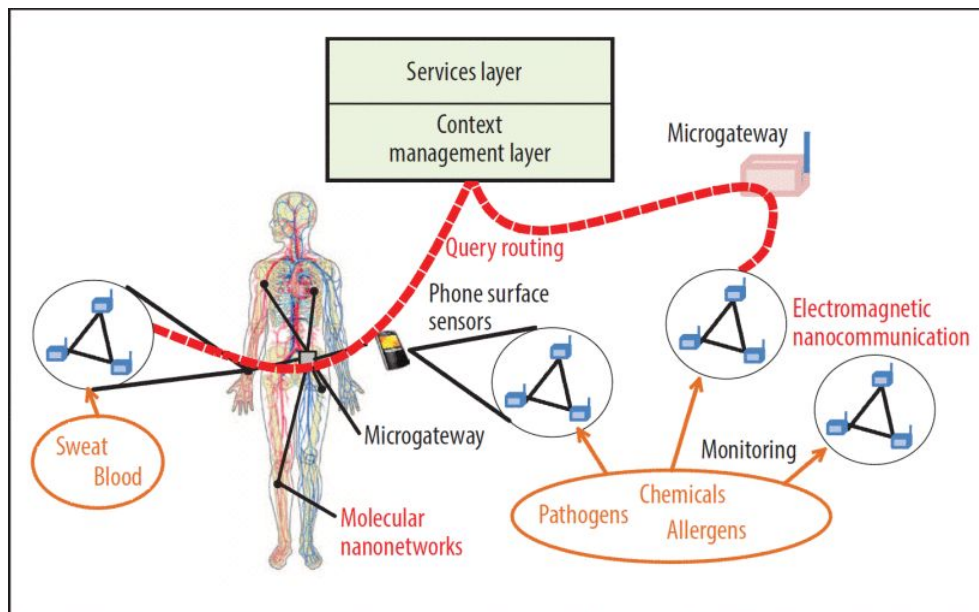
En este dominio, loNT podría colaborar con el desarrollo de materiales, mejorar los procesos de fabricación y los procedimientos de control de calidad de muchas empresas u organizaciones [36]. Una de las tendencias por parte de la nanotecnología se basa en la tecnología táctil. Por tanto, loNT se podría aplicar para impulsar la sensibilidad del tacto en superficies de aire por medio de nano-sensores que detecten los movimientos y los conviertan en señales [35].

Para ser más precisos, el loNT según **Sasitharan Balasubramaniam y Jussi Kangasharju [7]**, especialistas en la materia, el Internet de las Nanocosas se está aplicando en el monitoreo y colecta de actividad biológica vital y en procesos de enfermedades de pacientes

Este tipo de aplicaciones se pueden extender para el rastreo de propagación de enfermedades virales como hospitales, aeropuertos y restaurantes. Asimismo, se monitorea el ambiente para determinar los niveles de contaminación de gases de efecto invernadero o de radiación. En el sector agrícola, con el Internet de las Nanocosas se puede determinar si el ganado ha sido afectado por alguna bacteria, virus o infección, al introducir nanosensores al interior de los animales. Asimismo, esto se puede implementar en sembradíos y cosechas

Estos nanosensores en el cuerpo humano podrían suministrar signos vitales y los nano-sensores ambientales podrían recolectar información de patógenos y alérgenos. Estas fuentes de datos permitirían diagnosticar y monitorear con mayor precisión las condiciones en las que se encuentra un paciente [7].

A continuación se ilustra el funcionamiento de las definiciones presentadas de loNT, mostrando la interconexión que se establece entre los diferentes dispositivos como lo son nano-sensores a través de nano-redes, con la finalidad de proporcionar información importante dentro de áreas de difícil acceso.



2.4 Nano-Comunicación

Para que el Internet de las Nanocosas sea posible, la comunicación se debe dar a niveles de nanoescala y esto sólo es posible, hasta el momento, por medio de la comunicación molecular y la comunicación nano-electromagnética.

En la comunicación molecular, la transmisión y recepción de información son codificadas en moléculas. Mientras que en la comunicación nano-electromagnética, es definida como la transmisión y recepción de radiación electromagnética (EM) de los componentes basados en nuevos nanomateriales.

2.4.1 Comunicación Electromagnética

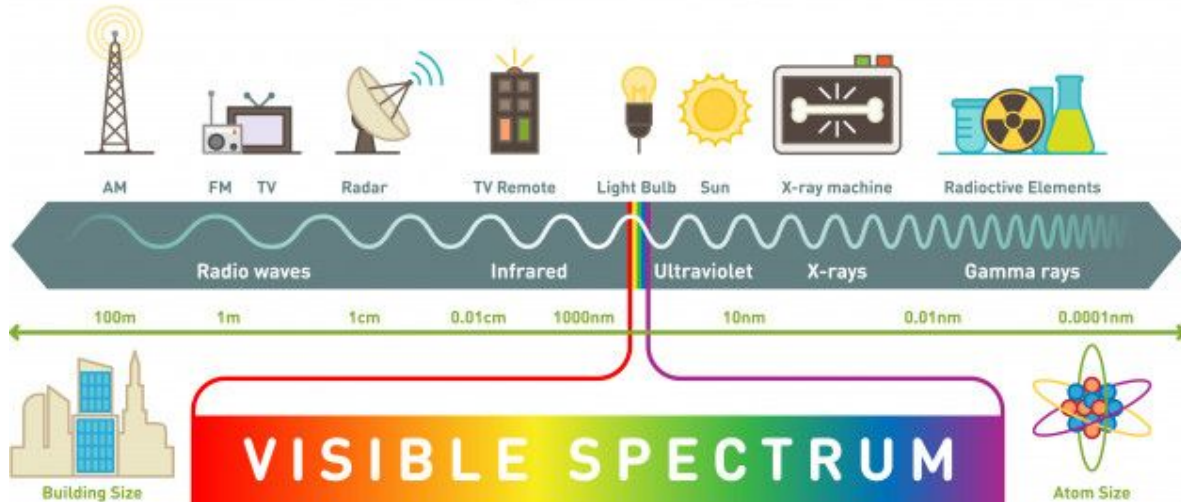
Se le define como transmisión y recepción de radiación electromagnética entre componentes basados en nuevos nanomateriales. Los avances recientes en electrónica molecular con el carbono han abierto la puerta a una nueva generación de componentes electrónicos a nanoescala, tales como nano baterías sistemas de recogida de energía en nanoescala, nanomemorias, circuitos lógicos en nanoescala e incluso nanoantenas.

Desde la perspectiva de la comunicación, las propiedades únicas observadas en los nanomateriales serán las que determinen la anchura de banda adecuada para la emisión de radiación electromagnética, los rangos temporales o la potencia de la señal emitida.

Según Lehtomäki [16, p. 1] dice que “La comunicación electromagnética (EM) ha sido sugerida como uno de los posibles enfoques para la comunicación entre nano-dispositivos. Algunos ejemplos de los enfoques de comunicación EM propuestos incluyen la comunicación en la banda de frecuencia muy alta (VHF) (30-300 MHz) con receptores que utilizan nanotubos de carbono mecánicamente oscilantes (radio de nanotubos) y comunicación en la banda Terahertz (THz) (0,1-10 THz) con receptores que utilizan, por ejemplo: Antenas plasmónicas basadas en grafeno”

El diseño de nuevos nanodispositivos como nano-transceptores y nano-antenas basadas en grafeno en combinación con la banda terahertz hace de una herramienta indispensable en las nano-comunicaciones

Electromagnetic Spectrum



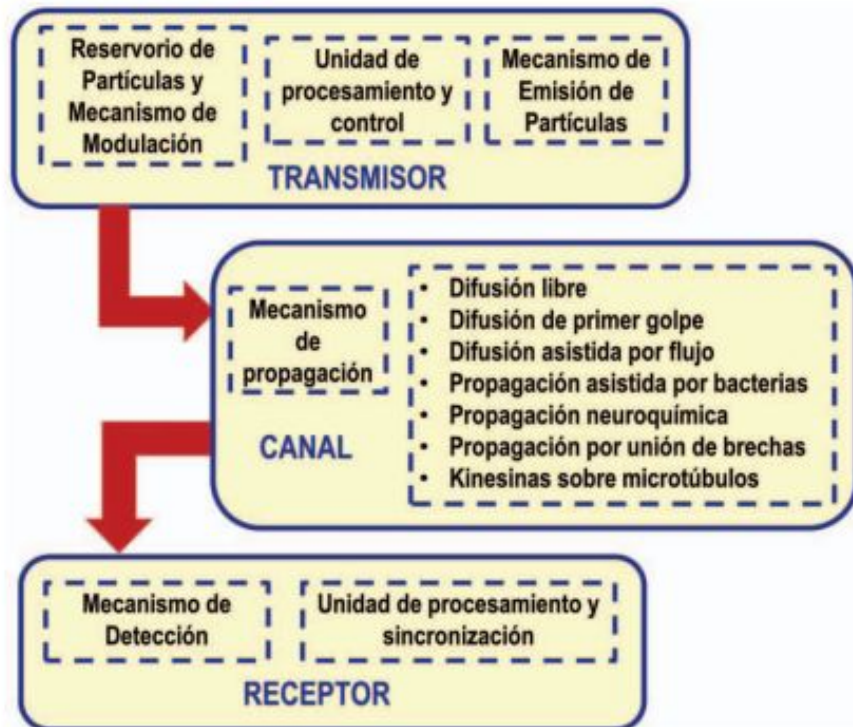
4. Espectro de la comunicación electromagnética[22]

2.4.2 Comunicación Molecular

Existen aplicaciones en las cuales la comunicación electromagnética es ineficiente e inapropiado, como por ejemplo en dimensiones extremadamente pequeñas. Este es el caso de la comunicación entre robots de escala micro o nano debido a restricciones en el tamaño de las antenas y la longitud de onda de la señal electromagnética. De estas limitaciones de los sistemas por propagación electromagnética surge la necesidad de buscar sistemas de comunicación innovadores que utilicen otro tipo de propagación

Los avances en nanotecnología, que hacen posible la miniaturización de muchos dispositivos, el desarrollo en biotecnología y los adelantos de la micro-robótica, donde el diseño de dispositivos que realizan ciertas tareas ha comenzado a mostrar resultados positivos, crean las condiciones favorables para reducir el tamaño de los sistemas de información. De toda esta sinergia surge la idea de los sistemas moleculares a escala de micrómetros a nanómetros basados en la comunicación existente en sistemas vivos a nivel molecular

La comunicación molecular se inspira en la comunicación a través de señales químicas que usan los seres vivos donde la información es llevada por partículas pequeñas como: moléculas, bacterias y aquellas que usan como transporte medios acuosos o gaseosos. Una vez que la partícula de información llega al receptor, esta es detectada y decodificada por un proceso bioquímico para descifrar la información previamente codificada en el transmisor



5. Componentes de un sistema de comunicación molecular [8]

Ventajas de la Comunicación Molecular:

- Factibilidad: sistema sencillo de implementar en corto plazo.
- Escala: tamaño apropiado para utilizar nano-máquinas.
- Bio-compatibilidad: integración con sistemas vivos.
- Eficiencia energética: reacciones bioquímicas de alta eficiencia.

Desventajas de la Comunicación Molecular:

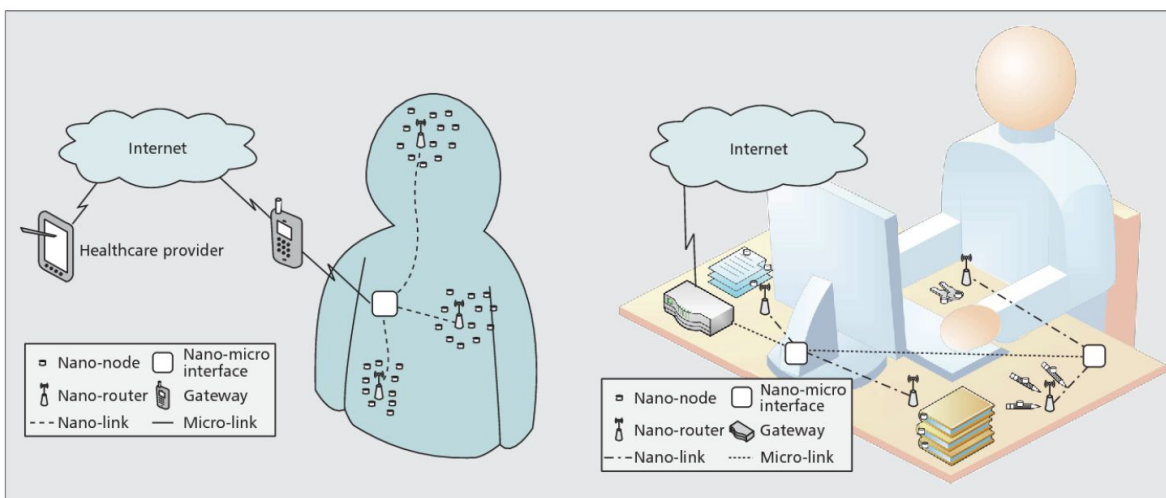
- Aleatoriedad: propagación aleatoria de las moléculas.
- Retardo: los tiempos de propagación son muy largos comparados con la velocidad de la luz.
- Alcance o cobertura: algunas técnicas tienen rangos prácticos y cortos.
- Fragilidad: los componentes biológicos pueden ser sensitivos a su ambiente.

2.5 Arquitectura de la comunicación IoNT

Este nuevo paradigma de redes basado en la intercomunicación de nano-dispositivos, requiere de una serie de componentes para conformar un modelo de arquitectura de IoNT.

En la siguiente figura se presentan dos modelos de arquitectura de IoNT propuestos por **I. F. Akyildiz y J. Jornet** [4]; del lado izquierdo de la figura las nanotecnologías intracorporales para aplicaciones sanitarias y del lado derecho la arquitectura para oficinas interconectadas.

De esta forma es posible pensarlo tanto para las personas como para los animales, objeto de estudio de este trabajo



6. Arquitectura de la comunicación en IoNT [4]

2.5.1 Arquitecturas de Red

Estos nano-componentes son independientes del tipo de aplicación para los cuales se utilicen pero aun así son parte de la arquitectura de IoNT por eso merecen ser descritos:

Los **Nano-Nodos** que son capaces de realizar tareas de cómputo y transmisión de datos

Los **Nano-Routers** que son los que tienen la capacidad de controlar el comportamiento de los nano-nodos a través del intercambio de comandos de control muy simples (on / off, sleep, read value, etc.), funcionan como agregadores de información que proviene de ellos.

Los **Nano-Micro Interface** son aquellos que gozan de la capacidad de agregar la información que proviene de los nano-routers para transmitirla a micro escala, y viceversa

Y por último los **Gateways** son aquellos que permiten comunicar la información de las nano-cosas con internet, por eso es posible por ejemplo recibir información de signos vitales de una persona o un animal en el smartphone o laptop emitida por una nano-micro interface

2.5.2 Arquitecturas de nano-máquinas

Una nanomáquina se define como un dispositivo mecánico compuesto por diferentes elementos a nano-escala

Los siguientes son componentes que conforman una nanomáquina:

a) **Control Unit.** Se encarga de ejecutar cada una de las instrucciones para la elaboración de las tareas previstas, y controlar los demás componentes de la nanomáquina.

Señala que esta unidad de control se encarga de gestionar todas las demás partes que componen a las nanomáquinas.

b) **Communication Unit.** Consiste en un transceptor con la capacidad de funcionar como emisor y receptor de mensajes a nivel nano.

c) **Reproduction Unit.** Realiza la creación de los componentes de las nano-máquinas a partir de elementos externos, ensamblando cada uno de ellos de forma efectiva para la fabricación de la nanomáquina.

d) **Power Unit.** Permite suministrar la energía. Recolecta la energía de fuentes externas, por ejemplo, la temperatura y la luz, y alimenta a partir de ellos todos los componentes de la nanomáquina.

CAPITULO III Tipo de Tecnologías LPWAN

3.1 Tecnologías LPWAN

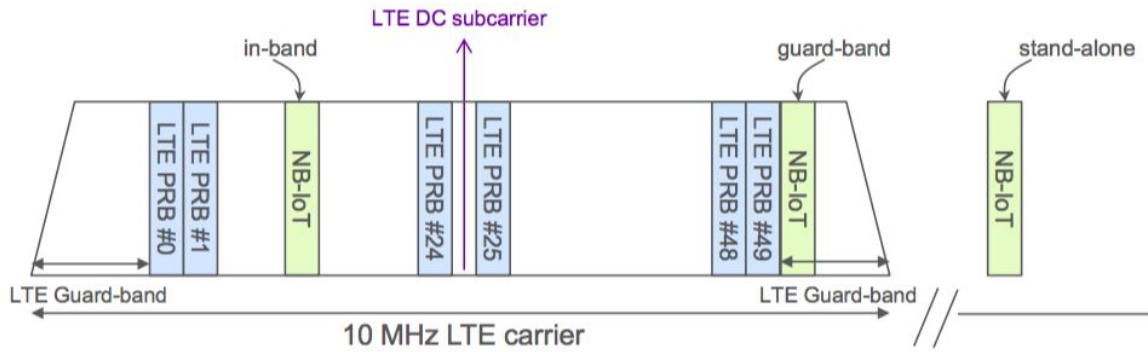
Si bien la cantidad de dispositivos conectados continúa aumentando (y se espera que alcance los 125 mil millones para 2030), las tecnologías inalámbricas maduras que las soportan también continúan recibiendo una gran atención a nivel mundial. NB-IOT (Narrowband IOT), LoRa y Sigfox, todas las tecnologías de red de área amplia (LPWAN) de baja potencia, a menudo se enfrentan entre sí en lo que se describe como una carrera hacia la cima. Pero esa no es necesariamente una imagen precisa del ecosistema de conectividad. Es probable que cada una de estas tecnologías (o al menos LoRa y NB-IoT) desempeñen un papel importante en el espacio de IoT según el caso de uso, por lo que es fundamental comprender las características y las diferencias de cada una. [10]

3.1.1 Narrowband NB

Como estándar celular, el objetivo de NB-IoT es estandarizar los dispositivos IoT para que sean interoperables y más confiables.

Debido a que NB-IoT es una tecnología inalámbrica que utiliza modulación OFDM, los chips son más complejos, pero los presupuestos de enlace son mejores. Eso significa que los usuarios obtienen el alto nivel de rendimiento asociado con las conexiones celulares, pero a costa de una mayor complejidad y un mayor consumo de energía.

NB-IoT está destinado a ser utilizado para enviar y recibir pequeñas cantidades de datos, unas pocas decenas o cientos de bytes por día generados por dispositivos IoT de baja producción de datos. Está basado en mensajes, similar a Sigfox y LoRa, pero con una tasa de modulación mucho más rápida que puede manejar muchos más datos que esas tecnologías. Pero NB-IoT no es un protocolo de comunicación basado en IP como LTE-M (otra tecnología celular LPWA asociada con las aplicaciones IoT). En realidad, no puede conectarse a una red IP y espera usarla como lo haría con un teléfono inteligente. Fue diseñado para aplicaciones IoT simples y es más eficiente en cuanto a energía que LTE-M (que es más adecuado para aplicaciones de mayor ancho de banda o móviles y de itinerancia) pero está diseñado para propósitos de comunicación más infrecuentes



7. Ejemplo de funcionamiento de aplicaciones sobre redes NB-IoT y LTE [10]

Ventajas de Implementación con tecnología Narrowband

- La cobertura sería muy buena. Los dispositivos NB-IoT dependen de la cobertura 4G, por lo que funcionan bien en interiores y en áreas urbanas densas.
- Tiene tiempos de respuesta más rápidos que LoRa y puede garantizar una mejor calidad de servicio.

Desventajas de Implementación con tecnología Narrowband

- Es difícil implementar el firmware a través del aire (FOTA) o las transferencias de archivos. Algunas de las especificaciones de diseño para NB-IoT hacen que sea difícil enviar grandes cantidades de datos a un dispositivo.
- NB-IoT es más adecuado para activos principalmente estáticos, como medidores y sensores en una ubicación fija, en lugar de activos de roaming.

3.1.2 LORA (Long Range Modulation)

En los últimos años se ha investigado diferentes formas de comunicación entre sensores que faciliten algunas cuestiones como

- Alta tolerancia a las interferencias
- Alta sensibilidad para recibir datos (-168dB)
- Basado en modulación chirp
- Bajo Consumo (hasta 10 años con una batería*)
- Largo alcance 10 a 20km
- Baja transferencia de datos (hasta 255 bytes)
- Conexión punto a punto

De ahí se conoce a LORA, una tecnología de modulación en radiofrecuencia patentado por Semtech que proporciona todas las características antes mencionadas. Esta tecnología permite el envío y recepción de información punto-a-punto. Lo que caracteriza a un dispositivo LoRa es su largo alcance con un mínimo dispositivo (en condiciones favorables se habla de un alcance de 20km). Para ello emplea la técnica de espectro ensanchado, donde la señal a mandar utiliza más ancho de banda que el necesario teóricamente pero que permite una recepción de múltiples señales a la vez que tengan distinta velocidad.

Las frecuencias de comunicaciones que LoRa usan son principalmente las de la banda ISM, aunque la tecnología puede operar en cualquier frecuencia por debajo del 1 GHz.

El uso de estas frecuencias se debe a que mientras se respete los valores de emisión, cualquier persona o empresa puede hacer uso de ella sin necesidad de licencia. LoRa suele operar en las bandas 433 MHz, 868 MHz y 915 MHz. Según el país, estas bandas pueden estar restringidas. Por ejemplo en Europa no se puede usar la 915 Mhz.

Establecer una comunicación punto-a-punto con LoRa es relativamente sencillo. Para distancias muy cortas (menos 1 KM) no suele haber mucho problema.

La cosa se complica para distancias más grandes. Porque además de usar unas antenas con mayor ganancia y que sean visibles directamente unas a las otras sin obstáculos de por medio, es necesario una correcta configuración de canal, velocidad, etc.

Aquí es donde entra en escena LoRaWAN, subiendo de nivel y encargándose también de cifrar los datos para que ajenos no hagan uso de ellos.

Lo único de lo que debemos preocuparnos es de registrar e identificar nuestro dispositivo dentro de la red.

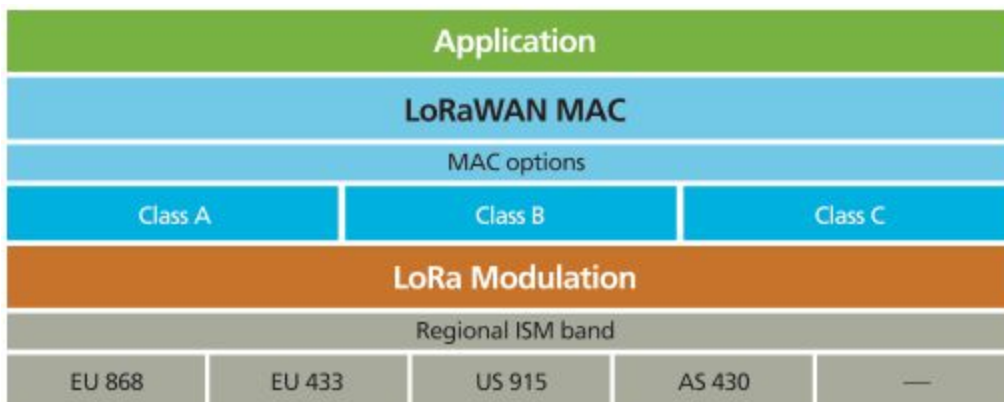
Esto hace a la tecnología ideal para conexiones a grandes distancias y para redes de IoT que se pueden utilizar en ciudades inteligentes, lugares con poca cobertura celular o redes privadas de sensores o actuadores

3.1.2.1 Que es LoRaWAN

LoRaWAN es un protocolo de red que usa la tecnología LoRa para comunicar y administrar dispositivos LoRa, se compone de dos partes principalmente: gateways y nodos, los primeros son los encargados de recibir y enviar información a los nodos y los segundos, son los dispositivos finales que envían y reciben información hacia el gateway.

Digamos que LoRaWAN se encarga de unir diferentes dispositivos LoRa gestionando sus canales y parámetros de conexión: canal, ancho de banda, cifrado de datos, etc.

Su arquitectura está compuesta de la siguiente manera.



8. Arquitectura de LoRAWAN [17]

Las principales características de LoRaWAN son:

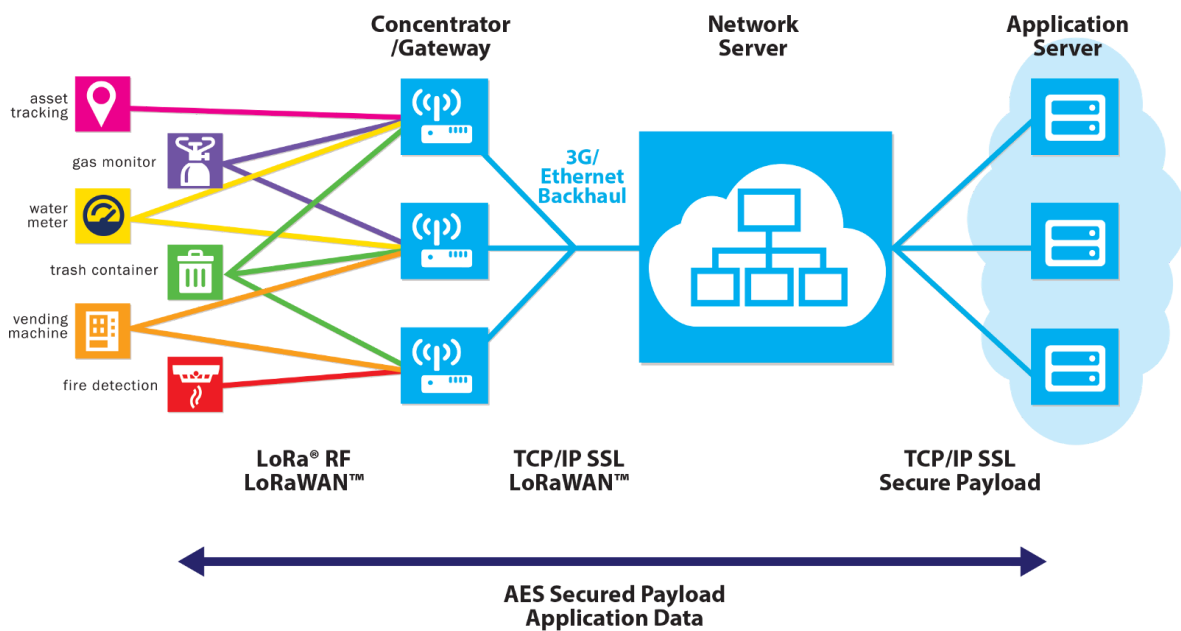
- Topología estrella
- Alcance de 2-5km en áreas urbanas, 15km en áreas suburbanas y 45km en zonas rurales, incluso aún más dependiendo de las condiciones
- Encriptación AES 128
- Soporte para 3 clases de nodos
- Administración de dispositivos
- Redes públicas y privadas
- Bajo consumo y largo alcance
- Baja transferencia de datos (hasta 242 bytes)

El enlace de largo alcance, el número de antenas (estaciones base) y la duración de la batería del dispositivo son mejoras relacionadas con una arquitectura de red en estrella. Las comunicaciones con diferentes velocidades de datos no tienen interferencia entre 300bps y 5kbps a 125kHz de ancho de banda, y estas se distribuyen en diferentes canales para realizar la comunicación entre los dispositivos conectados y las puertas de enlace. La siguiente tabla muestran algunos de estos parámetros

| Characteristic | LoRaWAN |
|-------------------------|---|
| Topology | Star on Star |
| Modulation | SS Chirp |
| Data Rate | 290bps - 50kbps |
| Link Budget | 154 dB |
| Packet Size | 154 dB |
| Battery lifetime | 8 ~ 10 years |
| Power Efficiency | Very High |
| Security/Authentication | Yes (32 bits) |
| Range | 2-5 km urban 15 km suburban 45 km rural |
| Interference Immunity | Very High |
| Scalability | Yes |
| Mobility/Localization | Yes |

9. Características de LoRAWAN [38]

El siguiente gráfico representa la estructura de red LoRaWAN



10. Estructura de Red de LoraWAN [17]

De acuerdo con la Fig. 10, se definen varios componentes en este tipo de estructura LoRaWAN como dispositivos finales, puertas de enlace (es decir, estaciones base), servidor de red y aplicaciones.

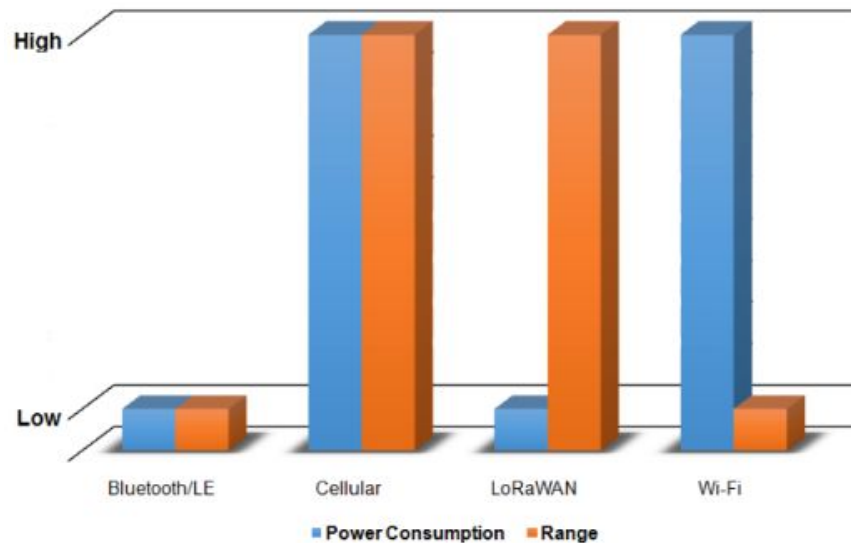
1. Los dispositivos finales realizan las puertas de enlace de comunicación utilizando Tecnologías LoRa y LoRaWAN.
2. Las puertas de enlace envían las tramas LoRaWAN desde los dispositivos finales a un servidor de red utilizando una interfaz de transporte de retorno con mayor rendimiento, generalmente Ethernet, 3G / 4G, satélite o Wi-Fi.
3. El servidor de red decodifica los paquetes enviados por los dispositivos, realiza comprobaciones de seguridad y velocidad de datos adaptativa, generando así los paquetes que deben enviarse de vuelta a los dispositivos.
4. Cada aplicación recibe datos del servidor de red, decodifica los paquetes de seguridad y utiliza la información para decidir la acción en la aplicación

Capacidad de la Red

Cuando hablamos de una red de largo alcance, los gateways deben estar siempre disponibles como para recibir mensajes de una gran cantidad de nodos, para ello se utiliza una velocidad adaptativa y un transmisor multicanal de tal manera que puedan ser recibidos varios mensajes de forma simultánea. Los factores críticos que pueden influir en esto son: el número de canales simultáneos; la velocidad de datos; la longitud del payload; y la frecuencia en que transmiten los nodos

Consumo de Bateria

Considerando el método ALOHA como referencia [39], los nodos deben estar disponibles para sincronizarse con una red mallada o con una red síncrona, es decir, una red móvil, y verificar los mensajes. Esta sincronización consumirá una cantidad significativa de energía y reducirá el tiempo de vida de la batería. Los nodos son asincrónicos y comunicarse con la red LoRaWAN a través de eventos o programación previa. Esta observación se confirma en la figura 11.



11. Cuadro comparativo de consumo de energía con dif. tecnologías [38]

Esta imagen presenta el consumo de energía de algunas tecnologías de comunicación inalámbrica tratadas en este estudio en función al rango de cobertura y, como se puede ver, LoRaWAN cubre la gama más grande con menos consumo de energía, en comparación con Bluetooth / LE, Wi-Fi y redes celulares.

Una de las características importantes que tiene LoraWan es la distribución de la potencia de las antenas en forma colaborativa con sus nodos vecinos que son agrupados en función a algún criterio. Recientemente han habido estudios en los cuales se logró extender el tiempo de vida de la batería y la eficiencia energética

3.1.3 Sigfox

Para Sigfox, sin embargo, parece ser el principio del fin. No ha desplegado redes significativas en los EE. UU. A partir de este momento, y está luchando como compañía. Su modelo de negocio es un tanto ambicioso, ya que la compañía ya ha gastado cientos de millones de dólares para desplegar una red a la que la gente está pagando centavos para acceder. Sigfox cree que mantener el costo de la aplicación bajo es la manera de llevar a las personas a su mercado, pero esta línea de pensamiento ha hecho que sea difícil obtener ingresos suficientes. Al final, parece que Sigfox está fallando (o al menos está luchando) en sus esfuerzos por implementar una red celular alternativa para dispositivos IoT.

Ventajas de Implementación con tecnología Sigfox

- Consume una baja cantidad de energía.
- Funciona bien para dispositivos simples que transmiten con poca frecuencia, ya que envía cantidades muy pequeñas de datos muy lentamente.
- Es compatible con un área de amplia cobertura en las áreas donde se encuentra.

Desventajas de Implementación con tecnología Sigfox

- No se implementa en todas partes, por lo que no funcionará para un gran número de casos de uso actualmente.
- La comunicación se dirige mejor desde el punto final a la estación base. Tiene una funcionalidad bidireccional, pero su capacidad desde la estación base hasta el punto final está restringida, y tendrá menos presupuesto de enlaces que hacia abajo.
- La movilidad es difícil con los dispositivos Sigfox.

A continuación se presenta un resumen del tipo cuadro comparativo de las diferentes tecnologías de comunicación:

LPWAN technologies in the market

| | LoRa | SIGFOX | LTE-M | NB-IoT |
|------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|------------------------|
| Coverage | ~ 10 Km | ~ 12 Km | ~ 11 Km | ~ 15 Km |
| Frequency Band | Unlicensed | Unlicensed | Licensed (LTE) | Licensed (LTE) |
| Data Rate | 10 Kbps | ~ 100 bps | ~ 10 Mbps | 100 Kbps |
| Standardization | De-facto Standard | De-facto Standard | 3GPP Rel. 8 | 3GPP Rel. 13 (planned) |
| Battery Life | ~ 10 years | ~ 10 years | ~ 10 years | ~ 10 years |
| Commercialization (in Korea) | 2016 | Not defined | 2016 | 2017 (planned) |

3.1.4 ¿Cuál es la mejor tecnología a utilizar?

Cada una de estas tecnologías ofrece un conjunto interesante de capacidades, aunque se debe enfatizar que hoy en día no hay ninguna disponible a escala en la mayor parte del mundo. En 2017, LTE Cat-M1 fue la primera tecnología de LPWAN a nivel nacional que se implementó en los EE. UU.

Lo más probable es que las tecnologías como LoRa se utilicen mejor para aplicaciones "discretas" como edificios inteligentes o campus, donde no se necesita conectividad de red móvil.

En el caso del presente trabajo se plantea utilizar a LoRaWAN como tecnología óptima para la comunicación de los sensores o nanosensores que implementaremos en bovinos. Esta elección se ha justificado por el trabajo de instalación y prueba de esta tecnología en varios puntos de nuestra ciudad y zonas aledañas por parte de la facultad de informática, que se encuentra trabajando en la comunicación de sensores IoT para diferentes propósitos. Por ello la cercanía, la facilidad de uso y las ventajas que nos da LoRaWAN, juegan un papel preponderante a la hora de elegir esta tecnología como medio de comunicación de datos en tiempo real en los campos de la facultad de Ciencias Veterinarias.

3.2 Seguridad en las comunicaciones

Cuando hablamos de seguridad hablamos de tres pilares esenciales que deben preservarse. La integridad, la confidencialidad y la disponibilidad de los datos que se comunican. Nos referimos a la integridad cuando debemos asegurarnos que un atacante no pueda alterar ni modificar el contenido del dato que se comunica. En segunda instancia, la confidencialidad habla sobre la protección de que el dato sea visto por el atacante y por último la disponibilidad es garantizar que ese dato siempre esté disponible para ser consultado.

IoT se encuentra vulnerable a todo tipo de ataques, ya sean físicos o por medio de las tecnologías inalámbricas, dado que este tipo de dispositivos no se encuentran con una constante vigilancia. Los ataques pueden producirse para adquirir datos privados a través del robo de sensores, interrumpir aplicaciones controladas por medio de ordenadores o modificar los enlaces de comunicación en las nano-redes. Se plantea la existencia de tres dimensiones por investigar con el fin de encontrar una mayor seguridad y privacidad en IoT.

Estas dimensiones consideran: nuevos mecanismos de autenticación, para garantizar la integridad de los datos y para garantizar la privacidad del usuario. Existen nuevos métodos de seguridad entre las nano comunicaciones, sobre todo la conexiones entre IoT e IoT.

3.2.1 Amenazas y ataques contra sistemas IoT.

Divulgación: Evento donde una entidad consigue acceso a datos para los cuales no está autorizada [14]; Ataque de espionaje que se realiza en los canales de comunicaciones inalámbricos

[12]. **Engaño:** Evento donde una entidad autorizada recibe datos falsos y cree que son verdaderos [14] ; Ataques de falsificación o enmascaramiento [13].

Interrupción: Eventos que impiden el correcto funcionamiento de los servicios del sistema [14]. • Valorar el control físico y los accesos que podría tener un atacante en el nano-sistema, con el objetivo de evaluar los riesgos de ataque [13].

Usurpación: Evento en donde un entidad autorizada toma el control de los servicios de los nano-sistemas [14]; Además de darte la interrupción, el atacante toma control total de el nano-sistema [13].

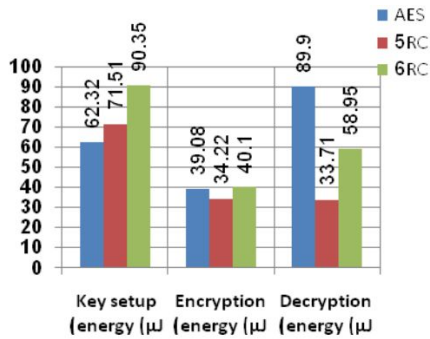
Con respecto a la seguridad en las nano-comunicaciones debemos mencionar que todas las técnicas de seguridad existentes para las redes de comunicaciones tradicionales no son aplicables en su totalidad para las nano-comunicaciones debido al tamaño de sus dispositivos en lo que refiere a el consumo de energía, el tamaño de la memoria, la velocidad de procesamiento y el ancho de banda. Una de estas técnicas es la criptografía, sobre todo cuando se utilizan algoritmos del tipo AES o RSA en los que se necesita un poder computacional más elevado del que pueden entregar los nano dispositivos.

No obstante aunque la criptografía sea una limitación, es posible la securización de la comunicación mediante la gestión de claves o el establecimiento de claves simétricas. La distribución de estas claves se puede hacer antes del establecimiento de la comunicación. El reto de esto es cómo establecer las claves compartidas y de qué manera pueden ser revocadas en caso de ser necesario.

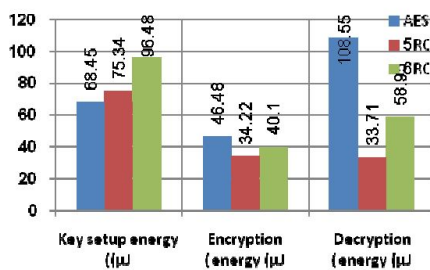
3.2.2 Análisis comparativo de Algoritmos de encriptación AES,RC5 y RC6

La evaluación del rendimiento de los algoritmos criptográficos es vital para el desarrollo seguro y eficiente del sistema de cifrado en una red inalámbrica de sensores (WSN)[9]. Para ello, en el artículo se describe una evaluación del rendimiento y la eficiencia energética de los cifrados en bloque para los algoritmos criptográficos AES, RC5 y RC6 aplicados sobre un sensor Mica2. El sensor cuenta con un procesador MPR400CB que está basado en el procesador Atmel ATmega128L[40]. Se lleva a cabo una evaluación con implementaciones de software livianas optimizadas para escasos recursos como son el tamaño y el reducido espacio de memoria. Los resultados proporcionaron información sobre la idoneidad de diferentes algoritmos de seguridad para su uso en los entornos WSN. Esto permitirá a los diseñadores de la WSN construir la arquitectura de seguridad de sus sistemas de modo que satisfaga los requisitos de la aplicación y utilice racionalmente los recursos limitados del sensor. Los resultados de la experimentación muestran que RC5 es el cifrado de bloque más eficiente en tiempo y energía y, por lo tanto, la mejor solución de cifrado para dispositivos con recursos limitados. Una investigación futura es explorar mecanismos criptográficos adaptativos para optimizar el consumo de energía variando los parámetros de cifrado con la adquisición de recursos en el entorno WSN. La adaptabilidad del sistema de seguridad mejorará la vida útil de la batería de los nodos sensores

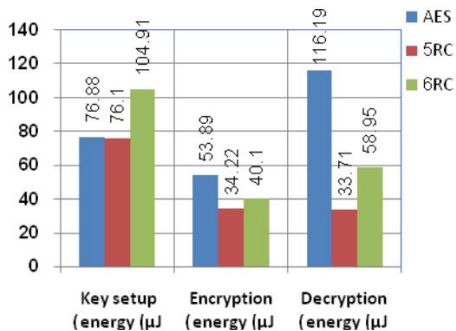
Uno de los aspectos importantes que fue evaluado fue el consumo de energía, aquí se muestran algunos gráficos comparativos



13. Requerimientos energéticos para un algoritmo de cifrado de 128 bits [9]



14. Requerimientos energéticos para un algoritmo de cifrado de 192bits [9]



15. Requerimientos energéticos para un algoritmo de cifrado de 256 bits [9]

Las figuras 11, 12 y 13 ilustran el consumo de energía de AES, RC5 y RC6 cuando cada algoritmo criptográfico se ejecuta en una mota Mica2 con clave de 128 bits, clave de 192 bits y clave de 256 bits respectivamente.

Estas cifras muestran que AES es el peor algoritmo criptográfico de bajo consumo de energía para las operaciones de cifrado y descifrado. RC5 es mejor que RC6 en el aspecto de consumo de energía. Aunque RC5 presenta un rendimiento relativamente bueno, no proporciona suficiente seguridad. Sin embargo, estos resultados podrían cambiar según el modo de operación que se utilice. Algunos métodos permiten que el descifrado se realice sin utilizar un bloque de descifrado, lo que puede acelerar significativamente la ejecución

CAPITULO IV Algunas aplicaciones de Nanosensores en Bovinos

4.1 Aplicaciones más frecuentes

Como hemos visto, existen diferentes formas de medir múltiples parámetros a través de sensores que en la actualidad no son tan pequeños como para ubicarlos en el interior del animal. Sería deseable poder contar con estos sensores a nano escala para evitar el deterioro del sensor y mejorar la precisión de los datos que se evalúan, pero asimismo se deben tener en cuenta otras cuestiones como por ejemplo el lugar donde se insertarán estos sensores en el animal porque según lo que se sense pueden arrojar datos erróneos. Un ejemplo de esto es si se desea medir la temperatura, al insertarlo dentro del animal (ya sea subcutáneo o intramuscular) no sabríamos si el dato que nos arroja es producto de su temperatura real o la temperatura de una posible inflamación que puede darse por la reacción del injerto del sensor. Se están estudiando varias cuestiones en ese sentido.

El lugar donde se injerte debería darnos la posibilidad de recuperar el sensor en cualquier momento y esto a veces se hace difícil por el desplazamiento del mismo que tiene en el tiempo, salvo que contemos con un medio de escaneo que nos de la posición exacta del sensor dentro del animal.

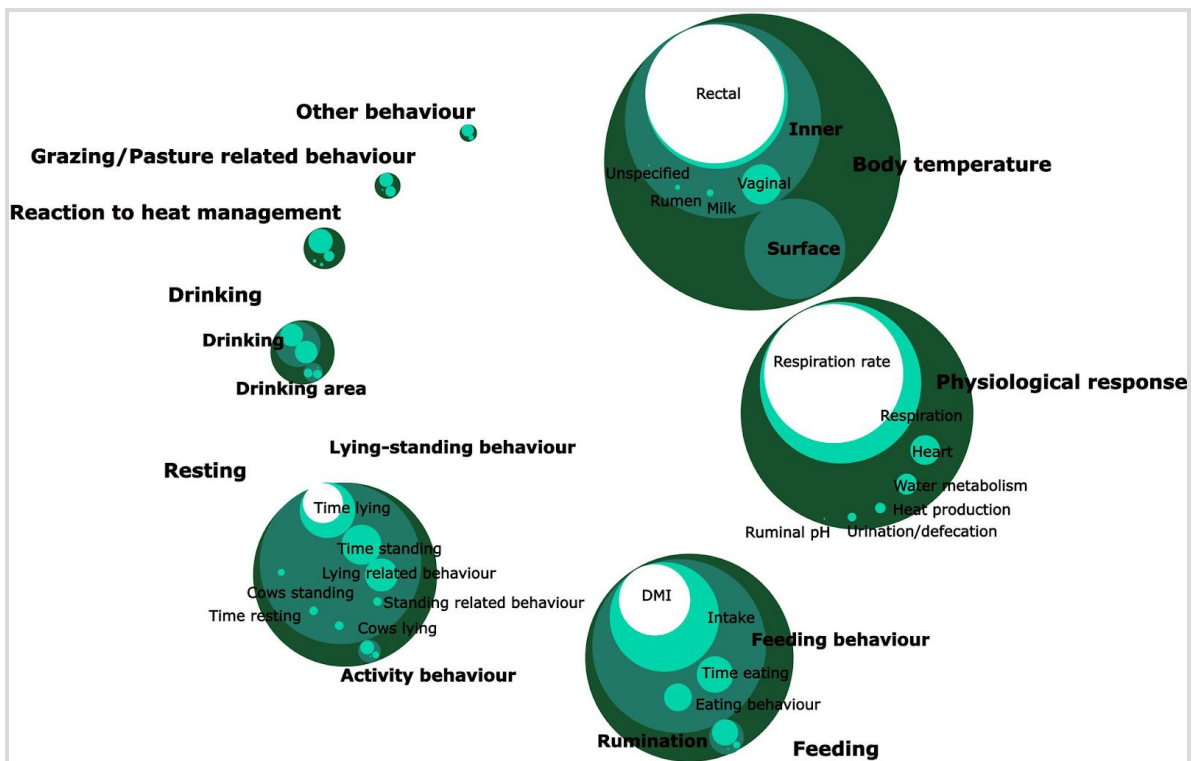
Entre los diferentes parámetros que podrían ser sensados encontramos a la temperatura, el desplazamiento del animal, pulsaciones, calorías consumidas, horas de sueño, el monitoreo del momento justo para la inseminación, el monitoreo de la digestión, entre otros. Con el cambio climático de estos últimos años se vio afectada la productividad de los bovinos de leche, es por ello que es interesante analizar uno de los parámetros directamente relacionados con esto, el Estrés Térmico

4.2 Estrés Térmico

El aumento de la temperatura proyectado en los próximos años debido al cambio climático ha aumentado el interés en estudiar los efectos del estrés por calor en las vacas lecheras. Los índices ambientales se usan comúnmente para detectarlo, pero se han usado principalmente en estudios centrados en los efectos del estrés por calor relacionados con la productividad. El enfoque de bienestar implica la identificación de medidas fisiológicas y de comportamiento para iniciar los protocolos de mitigación del estrés térmico antes de que aparezcan problemas de salud o de producción inminentes. Por lo tanto, hay un interés creciente en estudiar los efectos que pueden impactar en el bienestar. Esta revisión sistemática busca resumir las respuestas basadas en

animales al estrés por calor (fisiológico y de comportamiento, excluyendo la productividad) que se han utilizado en la literatura científica.

Según algunos estudios existen 212 indicadores diferentes basados en animales que pueden agregarse a la temperatura corporal, la alimentación, la respuesta fisiológica, el descanso, la bebida, el pastoreo y el comportamiento relacionado con los pastos, las reacciones al manejo del calor y otros. Los indicadores fisiológicos basados en animales más comunes son la temperatura rectal, la tasa de respiración y la ingesta de materia seca, mientras que los indicadores de comportamiento más comunes son el tiempo que pasan acostados, de pie y alimentándose.

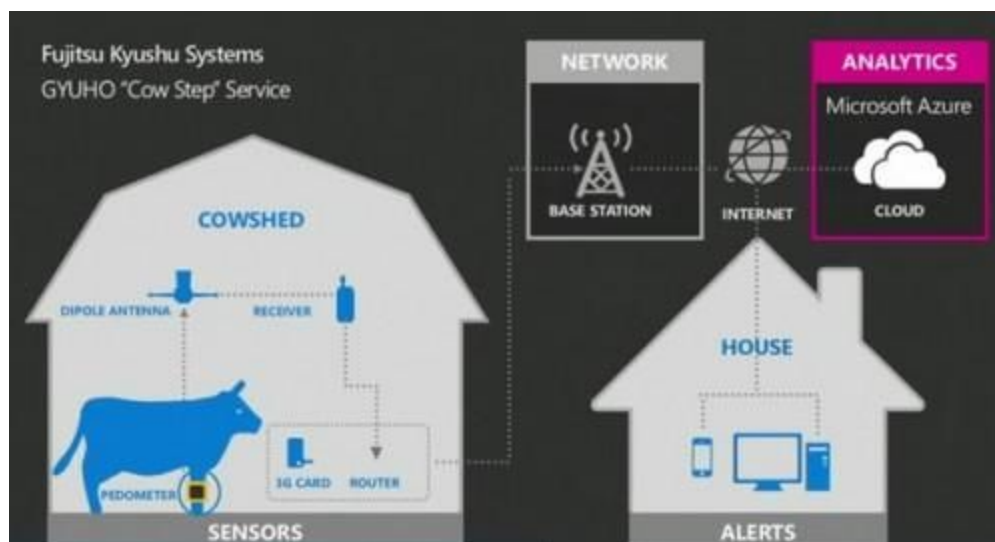


16. Indicadores que miden Estrés Térmico[21]

Si bien la temperatura corporal y la tasa de respiración son los indicadores basados en animales que se utilizan con mayor frecuencia para evaluar el estrés por calor en el ganado lechero, al elegir un indicador basado en animales, las características que influyen son por ejemplo, raza, etapa de lactancia, producción de leche, tipo de sistema, región climática, tipo de cama, dieta y estrategias de manejo del enfriamiento.

4.3 Inseminación artificial

Uno de los parámetros deseables de medir y es el nivel de fertilidad. Los investigadores han observado que cuando la vaca entra en celo, se mueve y se agita de forma particular. Pero este periodo apenas dura 12-18 horas cada 21 días. Para identificar el mejor momento de preñar a una vaca, una empresa japonesa llamada **Fujitsu** ha desarrollado un sistema, que también usa un podómetro. Esta actividad, registrada y monitorizada ha permitido a los usuarios de este sistema elevar el ratio de detección de celo desde un 55% hasta un 95% ,y mejorar las tasas de embarazo desde el 40% hasta el 67%. Cuando un animal entra en periodo de celo, se envía una alerta al Smartphone o al ordenador del ganadero para que prepare la inseminación. El sistema llega a tal precisión que es capaz de indicar el momento óptimo para conseguir el embarazo, e incluso cuándo hacerlo para conseguir un macho o una hembra.



17. Sistema de detección de periodo de celo en bovinos [19]

Uno de los protocolos más importantes que se realizan antes de realizar la inseminación es la colocación de un dispositivo intravaginal con progesterona [11] que tiene como finalidad mejorar la preñez en vacas con cría y servicio natural. Se han observado mejoras en los primeros 23 días de servicio con el uso de dispositivos de 1 g; no así, cuando se utilizaron dispositivos de tercer uso.

Por otro lado, el benzoato de estradiol (BE) es utilizado luego de retirado los dispositivos intravaginales para inducir ovulaciones sincrónicas para realizar una Inseminación Artificial a Tiempo Fijo.



18. . Dispositivo intravaginal [20]



18.. Dispositivo intravaginal [20]

CAPÍTULO V Conclusión y trabajo a futuro

5.1 Conclusión y trabajo a futuro

Luego de haber explicado los diferentes sensores y nanosensores que existen en el mercado, sus tipos posibles de comunicación, las tecnologías que posibilitan su interconexión, y los parámetros posibles a medir, podemos concluir que aún no existen implementaciones de sensores a nano escala en bovinos ya que, como mencionamos antes, se debe determinar el método de inserción en el animal contando también con los efectos colaterales que pueden causarles y en la falta de precisión del dato que se recupera a través del sensor.

Por otra parte, dada la importancia económica de tener alguna forma de exactitud del momento en que la vaca llega a su estado más fértil para ser fecundada, podemos decir que, una buena implementación como trabajo a futuro que podría llegar a ser revolucionario es la automatización de un dispositivo intravaginal donde se alojen y se liberen las hormonas automáticamente en el periodo de tiempo indicado, no solo la progesterona sino también el benzoato de estradiol, el cipionato de estradiol y la prostaglandina f2alfa. De esta forma liberaría al ganadero de hacer el trabajo en forma manual y podría saber en tiempo real desde un dispositivo remoto las hormonas liberadas y quizás también algunos datos relevante vinculados como el nivel de temperatura.

El ciclo hormonal aplicado actualmente es el siguiente: normalmente los fármacos se aplican en forma manual por el ganadero. Al momento de iniciar el ciclo, el ganadero inyecta benzoato de estradiol antes de la colocación del dispositivo intravaginal, el cual liberará la progesterona durante 7 días. Luego al 8vo día el ganadero retira el dispositivo y le inyecta cipionato de estradiol y prostaglandina f2alfa.

En resumen, aunque no contemos con nanosensores en el mercado, se podría investigar e implementar algún prototipo loNT aprovechando el uso de la tecnología LORA de comunicación que ya se encuentra disponible donde cuyo del rango de cobertura alcanza a los campos de la facultad de ciencias veterinarias

5.2 Referencias Bibliograficas

- [1] E. Sosa, D. Godoy, R. Neis, y G. Motta, «Internet del Futuro y Ciudades Inteligentes», Cent. Investigación en Tecnologías la Inf. y Comun. CITIC- Univ. Gatón Dachary, n.o 2, pp. 21-27, 2013
- [2] M. Miraz, M. Ali, P. Excell, y R. Picking, «A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT)», en Internet Technologies and Applications, ITA 2015, 2015, pp. 219-224
- [3] N. Akkari et al., «Distributed Timely Throughput Optimal Scheduling for the Internet of NanoThings», IEEE Internet Things J., vol. 3, n.o 6, pp. 1202-1212, 2016.
- [4] I. F. Akyildiz y J. Jornet, «The Internet of nano-things», IEEE Wirel. Commun., vol. 17, n.o 6, pp. 58-63, 2010.
- [5] P. Raut y N. Sarwade, «Study of environmental effects on the connectivity of molecular communication based Internet of Nano things», Proc. IEEE WISPNET, pp. 1123-1128, 2016.
- [6] A. Whitmore, A. Agarwal, y L. Da Xu, «The Internet of Things - A survey of topics and trends», Inf. Syst. Front., vol. 17, n.o 2, pp. 261-274, 2015
- [7] S. Balasubramaniam y J. Kangasharju, «Realizing the internet of nano things: Challenges, solutions, and applications», Computer (Long. Beach. Calif)., vol. 46, n.o 2, pp. 62-68, 2013
- [8] http://www.utp.ac.pa/documentos/2016/pdf/04-Comunicacion_molecular.pdf
- [9] Performance Trade-offs of Encryption Algorithms For Wireless Sensor Networks https://www.researchgate.net/publication/267924897_Performance_trade-offs_of_encryption_algorithms_for_Wireless_Sensor_Networks
- [10] NB-IoT vs Lora vs Sigfox <https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox>
- [11] Callejas , S.; Maresca , S.; De Dominicis , M. y Schang , S. <<Uso de un dispositivo intravaginal con progesterona y benzoato de estradiol para mejorar los porcentajes de preñez en vacas con cría y servicio natural>> <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-dispositivo.pdf>
- [12] F. Dressler y S. Fischer, «Connecting in-body nano communication with body area networks: Challenges and opportunities of the Internet of Nano Things», Nano Commun. Netw., vol. 6, n.o 2, pp. 29-38, 2015.
- [13] F. Dressler y F. Kargl, «Towards security in nano-communication: Challenges and opportunities», Nano Commun. Netw., vol. 3, n.o 3, pp. 151-160, 2012.
- [14] R. Shirey, «Internet Security Glossary, Version 2», IETF, 2007. [En línea]. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc4949?ref=driverlayer.com>
- [15] Ganaderos de america latina y eeuu que usan lot para manejar su ganado <https://www.innovaspain.com/los-ganaderos-de-america-latina-y-ee-uu-se-conectan-al-iot-con-telefonica-y-cattle-watch/>

- [16] J. Lehtomäki, M. Hassan, y Y. Hao, «Electromagnetic Communication in Nano-scale», Nano Commun. Netw., vol. 8, p. 1, 2016.
- [17] LoraWAN, <https://medium.com/pruebas-de-laboratorio-de-la-modulaci%C3%B3n-lora/lorawan-d00f48384160>
- [18] IoST era begins with initiatives for a nationwide IoT network deployment <https://www.netmanias.com/en/post/blog/8738/iost-iot-korea-ict-service-lte-lte-m-lora-nb-iot/who-will-be-the-world-s-first-operator-to-deploy-a-nationwide-iot-network>
- [19] Connected Cattle: How wearables and the cloud help farmers get their cows pregnant <https://www.ibtimes.co.uk/connected-cattle-how-wearables-cloud-help-farmers-get-their-cows-pregnant-1499220>
- [20] Manejo de la colocación de la progesterona en bovinos <https://www.ourofinosaudeanimal.com/ourofinoemcampo/categoria/artigos/modulo-2-texto-2-manejo-de-colocacao-do-sincrogest/>
- [21] Elena Galán and others <<A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle >> <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0206520>
- [22] The Electromagnetic Spectrum <https://www.defendershield.com/learn/electromagnetic-spectrum/>
- [23] Hany F. Atlam, Robert J. Walters, Gary B. Wills <<Internet of Nano Things: Security Issues and Applications>> https://www.researchgate.net/publication/326804073_Internet_of_Nano_Things_Security_Issues_and_Applications
- [24] N. Rikhtegar and M. Keshtgary, “A Brief Survey on Molecular and Electromagnetic communications in Nano-Networks,” Int. J. Comput. Appl., vol. 79, no. 3, pp. 16–28, 2013.
- [25] H. F. Atlam, M. O. Alassafi, A. Alenezi, R. J. Walters, and G. B. Wills, “XACML for Building Access control Policies in Internet of Things,” in in Proceedings of the 3rd International Conference on Internet of Things, Big Data and Security (IoT BDS 2018), 2018, pp. 253–260.
- [26] I. F. Akyildiz and J. M. Jornet, “Electromagnetic wireless nanosensor networks,” Nano Commun. Netw., vol. 1, no. 1, pp. 3–19, 2010.
- [27] B. Usibe and A. Menkiti, “Development and Analysis of a Potential Nanosensor communication Network Using Carbon Nanotubes,” Int. J. ..., vol. 3, no. 1, pp. 4–10, 2013.
- [28] P. Kethineni, “Applications of internet of nano things: A survey,” 2017 2nd Int. Conf. converg. Technol., pp. 371–375, 2017
- [29] I. F. Akyildiz, J. Jornet, y M. Pierobon, «Nanonetworks: A New Frontier in Communications», Commun. ACM, vol. 54, n.o 11, p. 84, 2011.
- [30] H. T. Gul, S. Saeed, F. Zafar, A. Khan, and S. A. Manzoor, “Potential of Nanotechnology in Agriculture and Crop Protection : A Review,” Appl. Sci. Bus. Econ., vol. 1, no. 2, pp. 23–28, 2014

- [31]F. Dressler and S. Fischer, "Connecting in-body nano communication with body area networks: Challenges and opportunities of the Internet of Nano Things," *Nano Commun. Netw.*, vol. 6, no. 2, pp. 29–38, 2015.
- [32]P. Kethineni, "Applications of internet of nano things: A survey," 2017 2nd Int. Conf. *Converg. Technol.*, pp. 371–375, 2017.
- [33]a Zanella, N. Bui, a Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014.
- [34]M. N. Kamel Boulos and N. M. Al-Shorbaji, "On the Internet of Things, smart cities and the WHO Healthy Cities," *Int. J. Health Geogr.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [35]H. El-din y D. Manjaiah, «Internet of Nano Things and Industrial Internet of Things», en *Internet of Things: Novel Advances and Envisioned Applications*, vol. 25, D. P. Acharjya y M. Kalaiselvi Geetha, Eds. Springer, 2017, pp. 109-123.
- [36]I. F. Akyildiz, F. Brunetti, y C. Blázquez, «Nanonetworks: A new communication paradigm», *Comput. Networks*, vol. 52, n.o 12, pp. 2260-2279, 2008.
- [37]J. Jarmakiewicz, K. Parobczak, y K. Maslanka, «On the Internet of Nano Things in healthcare network», 2016 Int. Conf. *Mil. Commun. Inf. Syst. ICMCIS 2016*, 2016.
- [38]Jonathan de Carvalho Silva ; Joel J. P. C. Rodrigues ; Antonio M. Alberti ; Petar Solic ; Andre L. L. Aquino, «LoRaWAN — A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities», 2016 Int. Conf. *Mil. Commun. Inf. Syst. ICMCIS 2016*, 2016.
- [39]LoRa Alliance, "White Paper: A Technical Overview of Lora and Lorawan," The LoRa Alliance, San Ramon, USA, 2015.
- [40] Datasheet Mica2 mote MPR400CB
<https://www.thermofisher.com.au/Uploads/file/Environmental-Industrial/Process-Monitoring-Industrial-Instruments/Data-Acquisition/Wireless-Sensors/Memsic/MICA2-WIRELESS-MEASUREMENT-SYSTEM.pdf>