

Desarrollo e implementación de una aplicación web para el monitoreo en tiempo real de temperatura, presión y humedad al interior de los galpones de aves de engorde utilizando redes de sensores inalámbricos.

Andrés Julián Osorio Betancur, Carlos Andrés González Salcedo

andres.osorio@javerianacali.edu.co, carlos.gonzalez@javerianacali.edu.co

Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Resumen— Se logra implementar un prototipo de una aplicación web que permitirá monitorear las variables de temperatura, presión y humedad relativa al interior de los galpones de aves de engorde medidas a través de una red inalámbrica de sensores. Por medio de la aplicación web es posible observar los distintos fenómenos que afectan el desarrollo y rendimiento del pollo como los cambios en temperatura y la humedad.

Para esto se creó una red inalámbrica de 5 nodos utilizando dispositivos X-Bee. Estos nodos estaban encargados de tomar las mediciones de la temperatura, presión y humedad y transmitirla inalámbricamente un nodo coordinador. Una vez los datos se encuentran en el nodo coordinador este almacena la información en una base de datos utilizando un servicio web creado.

También se creó una aplicación web que permitiera a los usuarios registrados ver en tiempo real el comportamiento de las variables medidas el interior de los galpones, llevar registro de los lotes de producción y visualizar un registro de alarmas de las veces en que la temperatura no se ha encontrado en el rango de la temperatura ideal.

La característica principal de esta aplicación es que le brindará información en tiempo real de como se está comportando su proceso, permitiéndole de esta manera tomar decisiones correctivas en tiempo real. Otra característica importante es la escalabilidad de la red lo que permitirá almacenar la información de más galpones.

Palabras clave – Prototipo, Redes inalámbrica de sensores, aplicación web, base de datos, aves de engorde.

I. INTRODUCCIÓN

La avicultura es una de las actividades económicas mas importantes de Colombia. De esta actividad se obtiene la carne de pollo que es la principal fuente de

proteínas de los colombianos. Según FENAVI (Federación Nacional de Avicultores) el consumo de carne de pollo per cápita fue de 32,2 Kg para el año 2017, siendo el mayor que los otros tipos de carne y continuando con la tendencia de los años anteriores. [1]

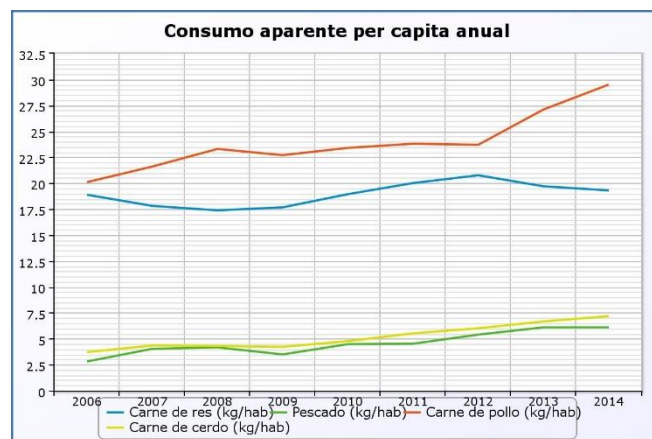


Figura 1. Consumo per cápita de carne de pollo, res, cerdo y pescado en Colombia FENAVI.

Dicho lo anterior, centrar la atención en su proceso y en cómo mejorarlo ayudará a hacer de este una actividad económica mucho más rentable y productiva.

El proceso de crianza de pollos de engorde consiste en albergar miles de pollos en estructuras grandes techadas llamadas galpones hasta que se desarrollen para su posterior procesamiento. En estos galpones se le proporciona a las aves las condiciones óptimas ambientales y de bioseguridad para que sobrevivan el tiempo necesario hasta que lleguen a su peso máximo.

Con los constantes avances en el campo de la genética se ha logrado elevar el ritmo de crecimiento y el rendimiento carnal del pollo, obteniendo de esta manera aves más grades y en menos tiempo. Sin embargo, esta carne adicional que se produce trae consigo la desventaja de que las aves sean más a la temperatura,

haciendo que sea necesario que sigan una curva de temperatura a lo largo de su vida. Lamentablemente, la calidad de las construcciones hace que el control de la temperatura al interior de los galpones sea una tarea imposible.

Por esta razón, se desea realizar una aplicación web que permita a los avicultores conocer en tiempo real el comportamiento de la temperatura, la presión y la humedad relativa de los galpones, medidas a través de una red inalámbrica de sensores y que estos puedan tomar acciones correctivas. De esta manera poder ofrecerles a las aves condiciones óptimas y que estas se puedan desarrollar en menor tiempo, mas grandes y disminuir el numero de aves muertas y enfermas por malas condiciones.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A. Avicultura en Colombia

La avicultura abarca las actividades de producción de huevos y de carne de pollo. La avicultura en Colombia ha tenido un crecimiento en los últimos 50 años al pasar de producir 30 mil toneladas de carne de pollo en 1961 a más de un millón de toneladas en el 2012. La Federación Nacional de Avicultores de Colombia FENAVI se encarga de representar el sector avícola nacional y asegurar su crecimiento, competitividad y sostenibilidad, mediante acompañamientos tecnológicos, sanitarios, de inocuidad, capacitación e investigación.

En el proceso de crianza de aves de engorde en Colombia, las aves llegan con un día de nacidas y se vacunan de acuerdo con un plan de vacunación diseñado por el médico veterinario encargado de la granja, según los factores de riesgo de la zona. Las aves se alojan en el piso sobre una cama de viruta de madera. El ciclo tiene una duración de 38 a 42 días, dependiendo del destino final de las aves (asaderos, supermercado o distribuidores exclusivos de carne de pollo).

B. Redes de sensores.

Es una tecnología inalámbrica que consiste en dispositivos distribuidos espacialmente en un área, autónomos que utilizan sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales. Este tipo de redes debe contar con un *Gateway* con el objetivo de mantener la red y proveer conectividad entre las conexiones inalámbricas y alámbricas.

Una red de sensores inalámbrica está conformada por un gran número de nodos, donde cada uno es equipado con sensores para la detección de fenómenos físicos como la intensidad lumínica, la temperatura, etc. Estas redes son consideradas un revolucionario método de

recolección de información para la construcción de sistemas de información y comunicación que mejoran grandiosamente la confiabilidad y eficiencia de los sistemas de infraestructura.[2]

C. Topologías de Red.

Los nodos en este tipo de red están organizados en 3 tipos diferentes de topologías, estrella, árbol y malla. En la topología estrella cada nodo se conecta al Gateway. En la Topología de árbol, cada nodo se conecta a un nodo de mayor jerarquía en el árbol y posteriormente al Gateway, los datos son ruteados desde el de menos jerarquía hasta el Gateway. Por último, para ofrecer mayor confiabilidad, las redes tipo malla, donde los nodos se pueden conectar a múltiples nodos en el sistema y pasar los datos por el camino disponible con mayor confiabilidad.[2]

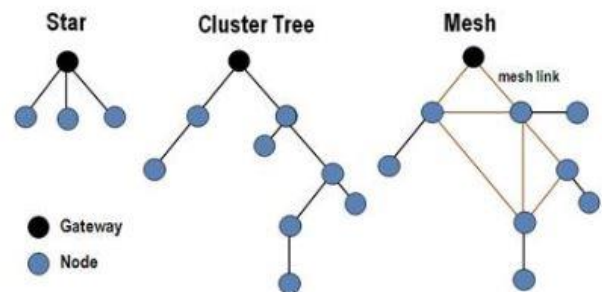


Figura 2. Topologías de redes inalámbricas de sensores.

D. ZigBee

ZigBee es una especificación de un conjunto de protocolos de las capas de alto nivel de comunicaciones inalámbricas, que permiten radiodifusión digital de bajo consumo en redes de área personal (PAN). Este estándar se caracteriza por tener una de las tasas de transmisión más bajas (40Kbps-250Kbps), lo que permite disminuir el consumo de potencia en los dispositivos que lo implementan. Para la transmisión de datos utiliza tres frecuencias de trabajo: 868 MHz, 915 MHz y 2,4 GHz[3]

E. Aplicación web

Una aplicación web es un sitio web que contiene páginas con contenido sin determinar, parcialmente o en su totalidad. El contenido final de una página se

determina sólo cuando el usuario solicita la página del servidor web. Dado que el contenido final de la página varía de una petición a otra en función de las acciones del visitante, este tipo de páginas se denominan páginas dinámicas

El funcionamiento de una aplicación web empieza con una petición http desde el navegador del cliente que va acompañada de un conjunto de datos en el body o el header de la petición si es necesario. El servidor procesa esta petición y dependiendo de los datos enviados genera un documento HTML y se lo envía de regreso al cliente para que este lo pueda mostrar a través de un navegador web. En la siguiente imagen se puede apreciar el comportamiento descrito anteriormente. [4]

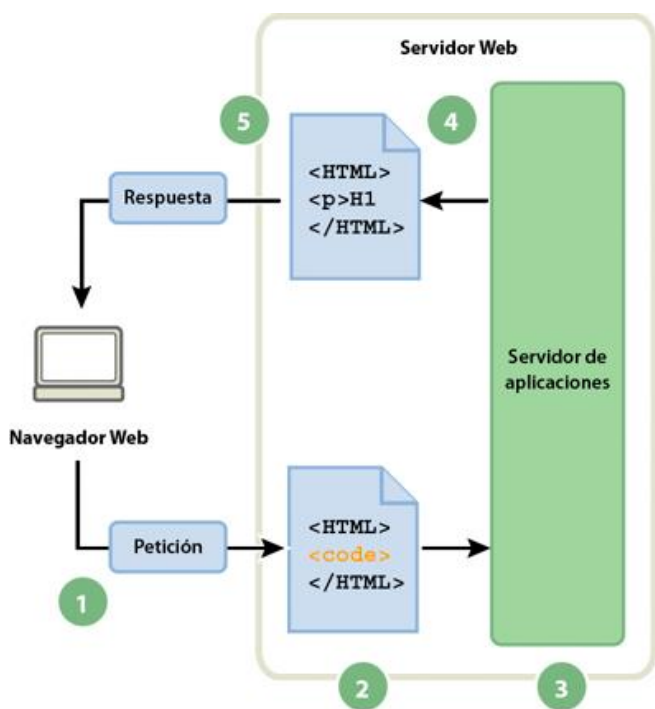


Figura 3. Procesamiento de páginas web dinámicas.[4]

F. Efecto del ambiente en la productividad de los pollos de engorde.

Avances en el campo de la genética han logrado elevar el ritmo de crecimiento y rendimiento carnal del pollo, logrando de esta manera obtener aves más grandes y en un tiempo más reducido. Sin embargo, la cantidad de carne adicional que producen las aves, cuya concentración principal esta en la pechuga, tiene como consecuencia que el que el pollo sea más sensible a la temperatura.

Las aves alcanzan la mayor eficiencia para convertir el alimento en carne cuando se les proporcionan las condiciones ambientales óptimas a lo largo de la vida del ave durante el proceso. Se ha evidenciado que la temperatura es la variable más crítica, ya que, diferencias en la temperatura del galpón con respecto a la temperatura ideal pueden hacer que el pollo no se desarrolle completamente, produciendo de esta manera efectos significativos en las ganancias del avicultor. En la siguiente gráfica se muestra los déficits de energía en las aves cuando estas se encuentran en alguna de las dos zonas de estrés térmico en las que el consumo de energía no es suficiente para suplir la energía necesaria por las aves para sentirse confortables. [5]

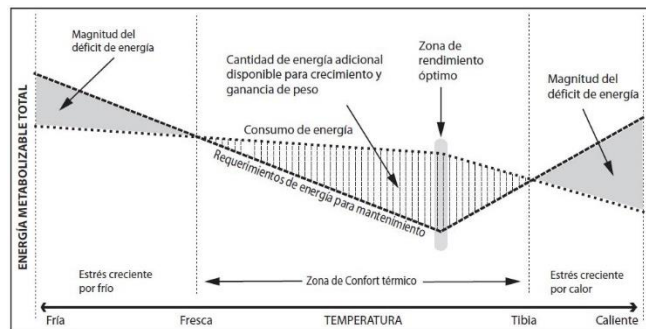


Figura 4. Zona de temperatura para rendimiento óptimo.[5]

En un estudio referenciado en *La importancia económica del manejo de la ventilación: la perspectiva estadounidense*, muestra las diferencias, en centavos de dólar por ave, resultantes del desarrollo a temperatura dentro y fuera del objetivo. De este estudio se determinó que dos horas diarias de una mala ventilación representan una pérdida potencial de 160 gramos al final del ciclo engorde.[6]

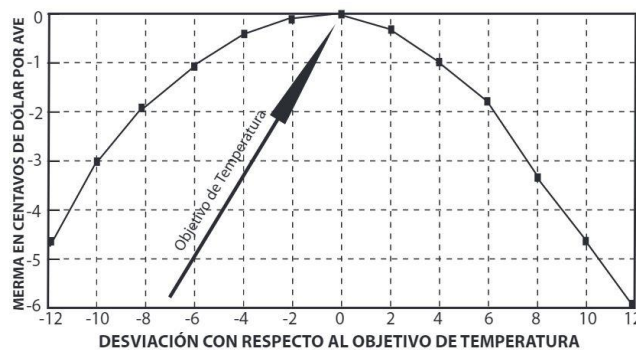


Figura 5. Costo de una temperatura equivocada[6]

III. RESULTADOS

Para dar solución al problema de monitorizar la temperatura al interior de los galpones de aves de engorde, se propuso una red inalámbrica de sensores que nos permita medir las variables de temperatura, presión y humedad relativa al interior de los galpones, transmitirla a un nodo coordinador en cargado de cargarlos a una base de datos en un servidor remoto y dejar la información accesible a través de una interfaz gráfica a través de una aplicación web que permita ver el comportamiento en tiempo real de estas tres variables tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen.

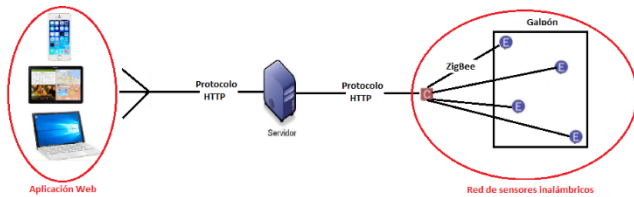


Figura 2. Diagrama general del sistema.

A. Red inalámbrica de sensores.

La red inalámbrica de sensores realiza la transmisión de las variables medidas a través del protocolo ZigBee, el cual soporta tres tipos de nodos: End Device, Router y Coordinador. En el caso del proyecto se utilizaron 4 nodos End Device que se distribuirán en el galpón, medirán las variables las enviarán al nodo coordinador, y un nodo coordinador encargado de recibir las mediciones de los nodos End Device y cargarlas en la base de datos.

1. Diagrama Nodo End Device

Los nodos end device tienen como objetivo medir y transmitir las mediciones de temperatura, presión y humedad relativa tomadas del interior de los galpones. Estos nodos cuentan con una batería de 6000mAh para garantizar la autonomía de los nodos por al menos 13.4 meses, tres sensores, (temperatura, presión y humedad relativa), encargados de medir las variables deseadas, una unidad de procesamiento que permite activar o desactivar el nodo para el ahorro de energía, además de interpretar las mediciones y armar un paquete de datos, y un módulo de radiofrecuencia Xbee que permite enviar la información entregada por la unidad de control.

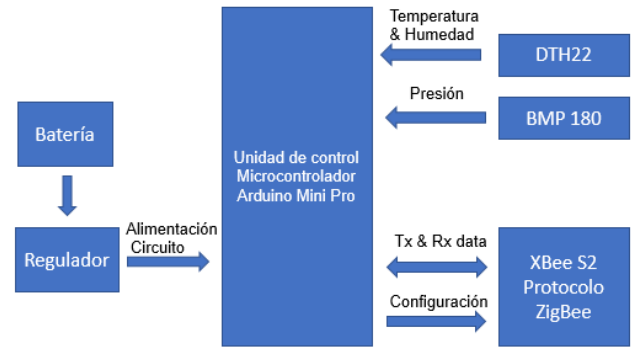


Figura 3. Diagrama hardware nodo End Device.

2. Diagrama Nodo Coordinador.

El nodo coordinador tiene como objetivo recibir la información con las mediciones de temperatura, presión y humedad enviadas por los nodos end device, para esto se utiliza un módulo de radiofrecuencia Xbee S2. Además, Utiliza una unidad de procesamiento Arduino Ethernet encargado de interpretar el paquete recibido por los módulos de radiofrecuencia y armar una petición http para consumir un servicio web que cargue esa información a la base de datos. Este nodo no usa una batería porque este se puede ubicar en sitio con una fuente accesible o alimentarse por medio de *Power Over Ethernet*.

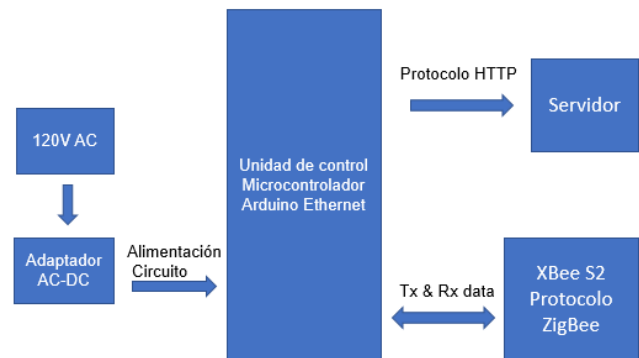


Figura 4. Diagrama hardware nodo Coordinador

B. Base de datos

La base de datos es la encargada de almacenar la información de las variables tomadas por los nodos y de la cual se alimentará la aplicación web. Además, en esta base de datos también se almacenará información necesaria para el correcto funcionamiento de la aplicación web, como los usuarios que tienen acceso a la aplicación y que privilegios tienen en ésta. La base de datos es de tipo dinámico ya que permite la actualización, edición y eliminación de datos.

Para el desarrollo de la base de datos se utilizó la herramienta Microsoft SQL server Express, que es un sistema de base de datos gratuito y que cuenta con un conjunto de características limitadas en comparación con su versión paga pero que es lo suficientemente completa para el desarrollo de la aplicación.

C. Servicio Web

El servicio web es la aplicación encargada de comunicar el nodo coordinador con la base de datos. Este servicio toma la información que se le envíe mediante una URL y usa un procedimiento almacenado para cargar la información en la base de datos. Este servicio web se creó utilizando el framework MVC de ASP.NET en el que todas las peticiones hechas al servidor son atendidas por el respectivo controlador.

El servicio web será consumido por el nodo coordinador mediante su conexión ethernet. El nodo coordinador deberá tomar los datos de identificador del nodo, identificador del galpón, temperatura, presión y humedad y crear una URL de la siguiente forma *192.168.1.101/CargarVariables/Cargar/IdNodo/Galpo n/Temperatura/Humedad/Presion* y realizar una petición *get* a ésta.

D. Aplicación Web

La aplicación web se encarga de interactuar con los usuarios y dependiendo de sus privilegios podrá ver o no ciertas páginas. La aplicación web se desarrolló usando el framework de ASP.NET Web Forms que permite crear contenido dinámico usando controladores de una manera similar a crear aplicaciones para Windows.

Esta aplicación está dividida en dos partes principalmente; la parte gráfica, que interactúa con el usuario final mediante la interpretación de HTML, CSS y JavaScript en el navegador del cliente, y la parte lógica que prepara la información que se va a mostrar en las páginas de la aplicación, interactúa con la base de datos y atiende a los eventos y peticiones que se presenten en el cliente mediante código en C#.

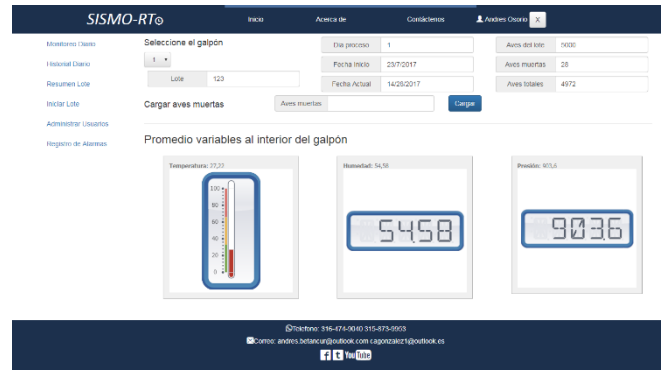


Figura 5. Página principal de la aplicación web.

En esta aplicación web el usuario verá tres indicadores con las variables de temperatura, presión y humedad relativa medidas por la red inalámbrica de sensores en el interior de los galpones de aves de engorde. Estos medidores se actualizarán constantemente para mostrar el promedio de las mediciones de todos los nodos distribuidos en el galpón.

También contará con una página para visualizar el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa de cada uno de los nodos durante el día, en donde se podrá apreciar si la temperatura estuvo en el rango de la temperatura ideal o no tal como se aprecia en la siguiente imagen.



Si la temperatura no estuvo en algún momento en el rango de la temperatura ideal se cargará un registro de alarmas indicando el galpón, el nodo, la desviación de la temperatura y la fecha en la que ocurrió la alarma.

CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se presenta el desarrollo y el montaje de una red de sensores inalámbricos capaz de medir las variables de temperatura, presión y humedad relativa, al interior de los galpones de aves de engorde, y almacenar la información en una base de datos SQL para que puedan ser consultados y visualizadas

mediante la aplicación web desarrollada utilizando un dispositivo electrónico con una conexión a internet.

Para esto, se desarrollaron 5 nodos que permitan la medición de temperatura, presión y humedad relativa mediante la conexión con los sensores BMP 180 y DTH22. Estos nodos cuentan con una batería de 6000mAh, un Arduino mini pro y un modulo de radiofrecuencia X-Bee S2.

La topología elegida para la red inalámbrica fue la topología estrella debido a que permite una mayor eficiencia energética debido a que los nodos end-device permanecen la mayor parte del tiempo en modo *sleep*.

La aplicación web funciona correctamente en computadores personales y dispositivos móviles que se encuentran conectados a la red, permitiendo restringir el acceso a usuarios no registrados y proporcionada información como las mediciones históricas, alarmas o mediciones en tiempo real, proporcionando a los avicultores un sistema valioso con información de las variables que afectan directamente su proceso.

IV. REFERENCIAS

- [1] FENAVI, «<http://www.fenavi.org/>», 19 Septiembre 2015 . [En línea]. Available: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2472&Itemid=1330
- [2] National Instruments, «<http://www.ni.com/>», 22 Abril 2009. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/white-paper/7142/es/#toc1>. [Último acceso: 15 Enero 2016].
- [3] Manual, P. 802.15. 4 Protocol XBee R /XBee-PRO R OEM RF Modules. Versión 1. xCx.[Archivo pdf en línea]. Digi International Inc. Publicado 04/09/2008.[citado febrero 10, 2009]. Disponible en <http://www.digi.com>
- [4] Adobe, Aspectos básicos de las aplicaciones Web”, [En línea],Disponible en: <https://helpx.adobe.com/es/dreamweaver/using/web-applications.html>, [Ultimo acceso: Julio 17 2016]
- [5] J. O. Donald, Aviagen Inc, ”Manejo del ambiente en el galp’ on del pollo de engorde”, 2009, [En l’inea], Disponible en: [http : //es.aviagen.com/assets/TechCenter/BBForeignLanguageDocs/SpanishTechDocs/Aviagen-Manejo-Ambiente-Galpn-Pollo-Engorde-2009.pdf](http://es.aviagen.com/assets/TechCenter/BBForeignLanguageDocs/SpanishTechDocs/Aviagen-Manejo-Ambiente-Galpn-Pollo-Engorde-2009.pdf)

- [6] J. Blakely and G. Simpson, ”La importancia económica del manejo de la ventilación: la perspectiva estadounidense”, ROSS, Agosto 2007