

Smart Dairy Farming: Health care

Farinango Salazar Pedro

Medina Chalen Lissette

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP)

Notas del autor

Farinango Salazar Pedro, Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, contacto: farinang@espol.edu.ec

Medina Chalen Lissette, Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, contacto: liselmed@espol.edu.ec

Profesor Teórico: Allison Constantine

Profesor Práctico: Federico Domínguez

2021-1S

Introducción

Actualmente se buscan mejoras en los diferentes procesos industriales que realiza el ser humano, una de ellas es la automatización, que surge debido a la gran demanda de los productos que se consumen diariamente. En el caso de la industria lechera, gestionar una gran cantidad de vacas supone algunos problemas para los encargados del ganado, debido a que se debe mantener un control sobre el animal en diferentes aspectos, principalmente la salud. En este presente proyecto se trata de detectar a través de parámetros como el pH y temperatura del rumen de la vaca la enfermedad denominada Acidosis ruminal subclínica (SARA) que produce un decaimiento en la digestibilidad de la fibra del rumen, y a su vez, tiene efectos negativos en el rendimiento de la leche, como por ejemplo, la disminución de producción y su contenido de grasa, de la misma manera se produce un costo elevado en la alimentación debido a la deficiencia alimenticia producida por la SARA y, en el peor de los casos, la muerte del bovino.

La solución de este proyecto se basa en un sensor de pH y temperatura que estarán envueltos en una resina a prueba de ácidos, la cual será insertada mediante una fístula ruminal hasta llegar al rumen de la vaca, a través de eso se recopilan datos de los sensores frecuentemente y son enviados mediante una conexión inalámbrica Zigbee hasta un Gateway, que posteriormente traslada los valores a una nube y por medio de una aplicación móvil se observan gráficas de temperatura y pH del rumen en función del tiempo, con la finalidad de prevenir la SARA y así monitorear la salud de la vaca de forma precisa y eficiente.

Antecedentes

En la actualidad, la demanda de productos lácteos ha aumentado debido al crecimiento poblacional. Según estudios anteriores, el consumo de productos lácteos está creciendo en países subdesarrollados, donde el 80% de estos proviene de pequeños agricultores, los cuales no cuentan con la tecnología necesaria para afrontar la mayor demanda del mundo.

Los productores de leche atraviesan limitaciones en cuanto a la gestión, capacidad de producción y labores agrícolas correspondientes al ganado bovino, las cuales suponen un gran costo. De acuerdo con estas limitaciones y desafíos, es necesario que el productor de leche aumente su productividad y eficiencia abarcando recursos tecnológicos avanzados que le permitan un monitoreo inteligente del manejo del ganado y así prevenir enfermedades, detectar problemas de salud, entre otros.

Dentro de las investigaciones realizadas para el desarrollo de granjas lecheras inteligentes se han considerado diferentes ontologías para permitir el análisis de datos y han implementado proyectos que involucran sensores para monitorear diferentes actividades de las vacas, como es el caso de SmartHerd, el cual analiza el comportamiento animal y control de la salud de la vaca, los cuales constituyen el principal desafío para los productores de leche. Los autores describieron diferentes áreas clave para el manejo de la fertilidad con ayuda de los sensores, ya que un buen manejo de la fertilidad permitiría una mayor reproducción para de esa forma satisfacer la creciente demanda del mercado.

Finalmente, las técnicas automatizadas en el ordeño, la alimentación y salud del bovino son técnicas clave que pueden ser el futuro de una granja lechera inteligente y, a su vez, la razón de una mayor producción de leche.

Objetivos

Objetivo General

Monitorear la salud y optimizar la alimentación de las vacas a través de la medición de temperatura y pH dentro del rumen para la detección de SARA.

Objetivos Específicos

- Representar el funcionamiento de un sensor bolus mediante el uso de dos sensores de temperatura y pH para la medición de los parámetros respectivos y el control de la salud de la vaca.
- Registrar y transmitir los datos de temperatura y pH del rumen mediante el protocolo de comunicación inalámbrica ZigBee para su visualización en una aplicación móvil.
- Determinar el efecto en la eficiencia alimenticia de tres vacas a través de la variación en el aporte de nutrientes utilizando los datos obtenidos de un sensor de temperatura y de pH en una aplicación móvil.

Smart Dairy Farming: Health care

Problemática

La ganadería lechera puede estar expuesta a enfermedades y por ende controlar cada animal de forma continua es complicado, debido a que requiere mucho tiempo, y esto, es un factor determinante en el cuidado de las vacas. Una de las enfermedades más comunes y que repercute en la producción de la leche es la acidosis ruminal subclínica (SARA) (Osama, 2020), la cual es un trastorno metabólico y nutricional difícil de diagnosticar que provoca la disminución del pH del rumen con valores menores a 5.6 y un aumento en la temperatura mayor a 42 °C (Omar Araujo, 2007). Dicha enfermedad afecta la eficiencia alimenticia y disminuye la producción de leche y su contenido de grasa, por lo que los costos de alimentación incrementan debido a que cada disminución de pH de 0.1 reduce la digestibilidad de la fibra en 3.6% (Cardo, 2020), cabe recalcar que episodios breves de 30 minutos de SARA no influyen directamente en la reducción de la digestibilidad de la fibra sino en intervalos de 3 o 4 horas.

Descripción de por qué escogió la solución

En el Ecuador, la creciente demanda de productos lácteos ha generado complicaciones en la gestión del ganado dentro del sector de ganadería lechera, donde los pequeños productores de leche no cuentan con las herramientas necesarias para satisfacer dicha demanda, por lo que un control inteligente de la vaca supone un gran aporte para estas personas, las cuales podrían monitorear de forma continua la temperatura y pH de sus vacas para detectar tempranamente enfermedades como el SARA, y de esa forma evitar gastos en los costos alimenticios y pérdidas que afecten la producción lechera, ya que el SARA conlleva a otras enfermedades y también pérdidas económicas en la industria lechera, con costos estimados en alrededor de USD 1.12 por día y por vaca afectada (Nutrex, 2021).

De esta manera se podría ayudar a los productores a obtener un historial de la salud de sus vacas y a tomar las medidas necesarias para evitar consecuencias graves, ya que actualmente se aplican métodos tradicionales que implican mayores gastos y recursos, además de provocar estrés e incomodidad en el bovino.

Finalmente, el proyecto como tal no se ha implementado en el país, por lo que sería una propuesta innovadora.

Descripción de los elementos

Selección

De acuerdo con los elementos seleccionados, los cuales se encuentran detallados en la *Tabla 1* de la sección *Tablas*, se pretende diseñar dos tipos de carcassas que estarán ubicadas dentro del rumen de la vaca y otra en la estación base (Gateway). La carcassa dentro de la vaca consiste en un dispositivo cilíndrico (bolus) hecho de polioximetileno (POM) y recubierto con una resina a prueba de ácidos (moonsyst International, 2021), esta carcassa tendría una protección IP57, ya que los elementos estarán encapsulados, pero los sensores de temperatura y pH no estarán completamente cubiertos.

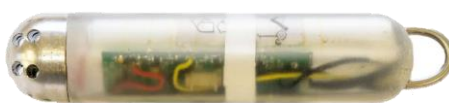


Ilustración 1. Representación del dispositivo Bolus.

La carcassa ubicada en la estación base para la comunicación inalámbrica consiste en un termoplástico de material ASA con una protección IP51, debido a que el dispositivo no estará completamente cubierto porque tendría puertos abiertos para la alimentación de la Raspberry Pi y la conexión ethernet.



Ilustración 2. Carcasa para Raspberry Pi.

Componentes de hardware y software

Componentes de hardware:

El bolus, el cual será insertado en el rumen de la vaca, contiene los sensores de temperatura y de pH, el atmega328P, el módulo XBee y la batería recargable de 5V de material Litio-polímero.

Los sensores se encargarán de medir la temperatura y el pH del rumen en intervalos de 15 minutos, tiempo determinado según un estudio previamente hecho sobre la relación entre pH y la temperatura en el fluido ruminal para detectar cambios sobre una acidosis ruminal inducida (Pedro García, 2015).

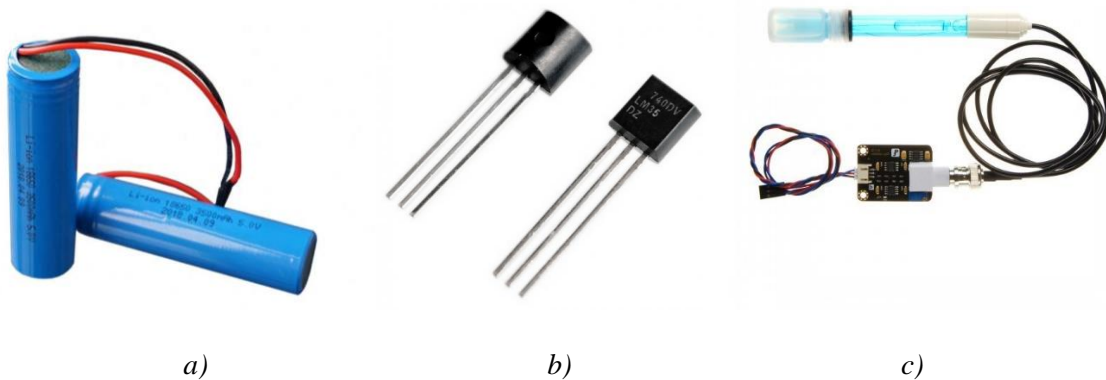


Ilustración 3. a) Batería de 5V, b) Sensor LM35, c) Sensor pH SEN0161.

Los valores analógicos de los sensores serán procesados por el microcontrolador Atmega328P para luego ser receptados por el módulo XBee End Device.

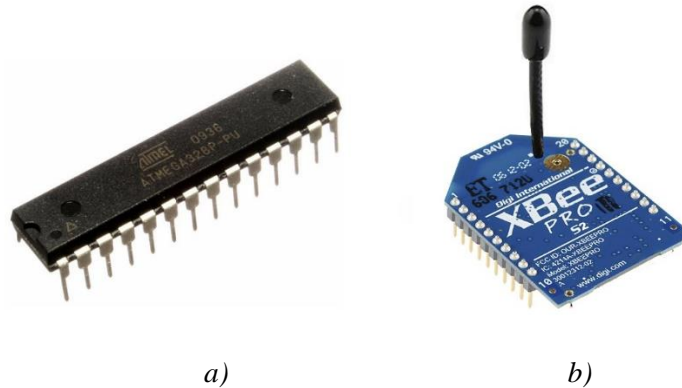


Ilustración 4. Microcontrolador ATmega328P, b) Módulo Xbee End Device.

Posteriormente se da la comunicación Zigbee entre el dispositivo final y un módulo XBee Coordinador que servirá para almacenar los datos enviados, este estará en la estación base conectado a una Raspberry Pi para transmitir la información de los sensores a una base de datos.

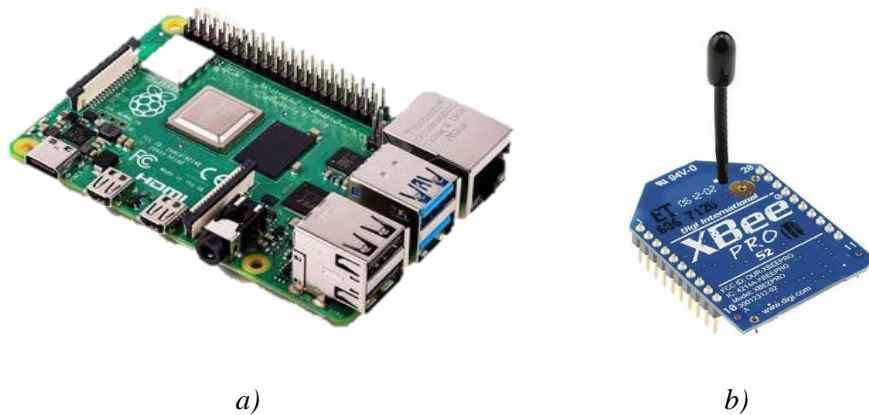


Ilustración 5. a) Raspberry Pi 4, b) Módulo Xbee Coordinador.

Componentes de software:

Para la simulación del sistema de monitoreo y transmisión de datos se usará el software Proteus, con el inconveniente de que se tendrá que utilizar un potenciómetro para representar el sensor de pH con su respectivo acondicionamiento, debido a que en Proteus no se encuentra ningún sensor de este tipo.

Para la gestión de base de datos se usará phpMyAdmin en la página 000WebHost.com, posteriormente la información será enviada a una aplicación móvil creada en el software Android Studio para el monitoreo de las condiciones del rumen de la vaca mediante la visualización de los datos de temperatura y pH en tiempo real.

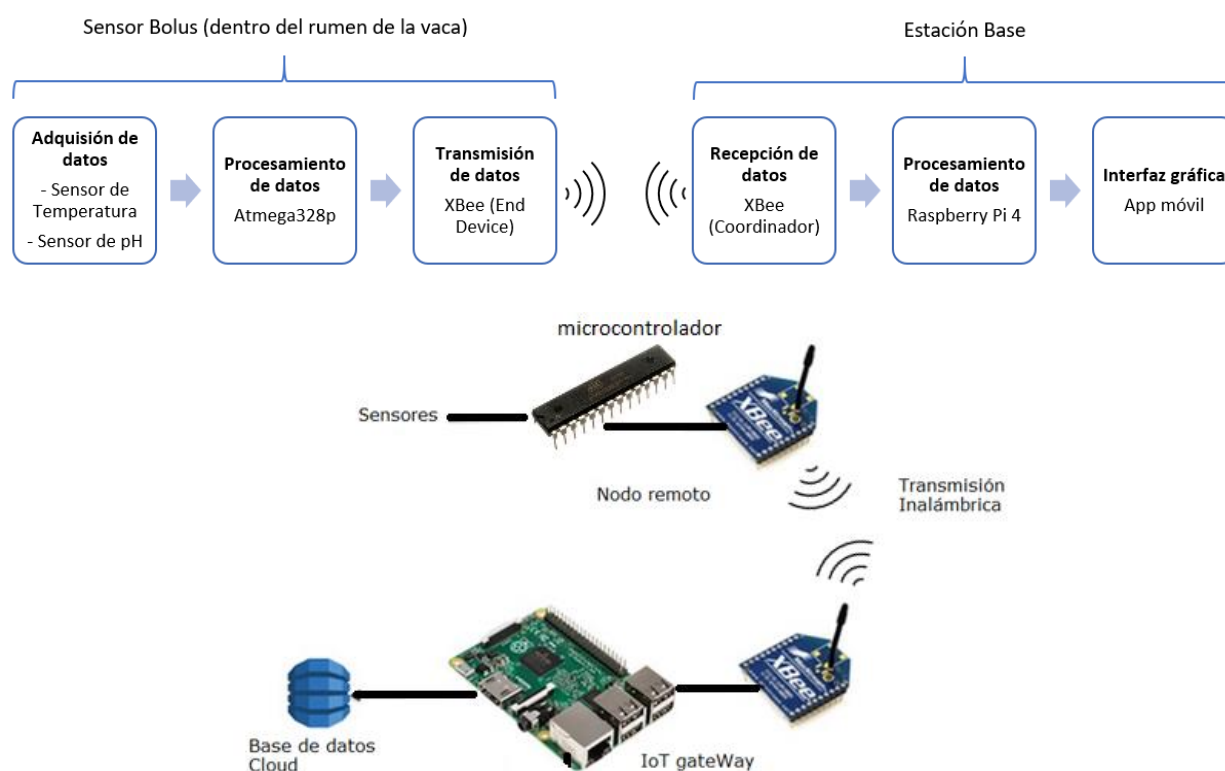


Ilustración 6. Diagrama de bloques del monitoreo y transmisión de datos.

Tabla de componentes y precios

La lista de los componentes con sus precios se encuentra en la *Tabla 1* de la sección *Tablas*.

Instalación y diseño

La fabricación de las carcasas para el sensor Bolus y la estación de base podrían hacerse en <https://www.plastinmega.com/>.

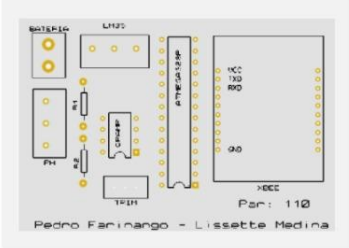
Además, de acuerdo con el diseño de los PBCs realizados, la impresión de los mismos se cotizó en la página JLCPCB (<https://jlcpcb.com/>) y su obtuvieron los siguientes precios:

PCB: Sensor bolus (Sensor de pH y temperatura, XBee End Device, ATmega328P, batería)

PCB

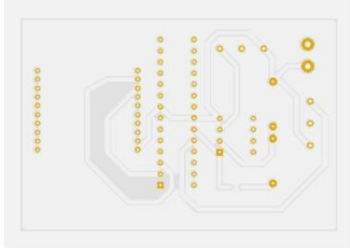
Detected 2 layer board of 49x72mm(1.91x2.85 inches) .

Your upload has finished processing. Enter the project details below and we'll move on to checking all the individual layers to make sure that they're correct.



Par: 110
Pedro Farinango - Lissette Medina

SMT-Stencil



Charge Details

Special Offer \$2.00

Build Time 3 days \$0.00

PCB: 3 days \$0.00

Calculated Price \$4.00 **\$2.00**
Additional charges may apply for special cases

Weight 0.06kg

SAVE TO CART

Shipping Estimate \$20.87

✓ FedEx International Packet 9-11 business days

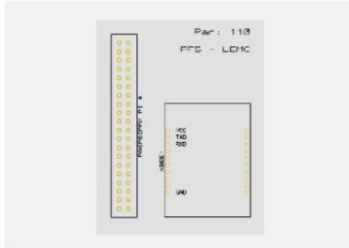
[Back to Upload File](#)
[Success, this file has been saved to your File Manager](#)
[Gerber Viewer](#)

PCB: Estación base (Raspberry Pi 4, XBee coordinador)

PCB

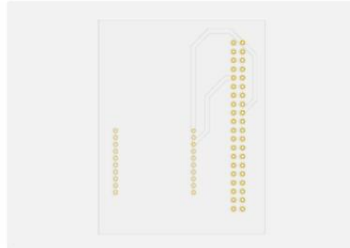
Detected 2 layer board of 63x49mm(2.48x1.93 inches) .

Your upload has finished processing. Enter the project details below and we'll move on to checking all the individual layers to make sure that they're correct.



Par: 110
PFC - LDMC

SMT-Stencil



Charge Details

Special Offer \$2.00

Build Time 3 days \$0.00

PCB: 3 days \$0.00

Calculated Price \$4.00 **\$2.00**
Additional charges may apply for special cases

Weight 0.05kg

SAVE TO CART

Shipping Estimate \$20.87

✓ FedEx International Packet 9-11 business days

[Back to Upload File](#)
[Success, this file has been saved to your File Manager](#)
[Gerber Viewer](#)

Aplicaciones a futuro

Se pretende realizar mejoras como:

- Ampliar la cobertura inalámbrica a través de repetidores de señal para el caso de granjas con terrenos amplios.
- Suplir la batería recargable actual por una de mayor capacidad para una larga duración dentro del rumen de la vaca.
- Compatibilidad con iOS e implementación en la web.

- Implementar una base de datos local en granjas lecheras que no tengan acceso a internet.

Conclusiones

Se representó el funcionamiento de un sensor bolus mediante el uso de sensores de temperatura y pH para la obtención de dichos parámetros y por ende controlar la salud de la vaca, de manera que se midieron los valores analógicos de ambos sensores mediante el microcontrolador ATmega328P para posteriormente realizar una comunicación serial con un módulo XBee y enviar la información a una estación base.

Se realizó el acondicionamiento de las señales analógicas de los sensores de pH y temperatura para la correcta lectura y conversión de dichos valores en el ATmega328P.

Se representó una estación base mediante la Raspberry PI 4 y un módulo XBee coordinador para el registro y transmisión de los datos de temperatura y pH del rumen de la vaca hacia una base de datos y visualizarlos en una aplicación móvil.

Se obtuvieron las gráficas de temperatura y pH del rumen de la vaca en función del tiempo mediante una aplicación móvil que permitió el análisis del efecto en la eficiencia alimenticia de tres vacas a través de una disminución del pH.

Recomendaciones

Es recomendable que, al realizar las mediciones de temperatura y pH mediante los sensores, se analice correctamente los puertos analógicos a utilizar en el ATmega328P para de esa forma habilitar los registros correspondientes que permitan la lectura y conversión analógica de dichos valores.

Es importante entender que, en la vida real, el registro de lectura se cada 15 minutos y el período de tiempo para determinar si existe o no la enfermedad de SARA requiere que las

condiciones se presentan al menos durante 3 horas, por lo que es recomendable que en la simulación se evidencie dicho tiempo para realizar el respectivo análisis.

Para el funcionamiento de la aplicación móvil, es importante que se realicen correctamente las peticiones POST y GET en la Raspberry Pi y en la aplicación Android respectivamente para obtener los datos de pH y temperatura y realizar las gráficas sin ningún error.

Es recomendable establecer correctamente la ganancia necesaria en el acondicionamiento de las señales analógicas para obtener una buena resolución en los valores medidos por el ATmega328P.

References

- Osama, M., Saad, M., Jamshaid, M., Qaiser, G. and Pasha, M., 2020. IoT for Development of Smart Dairy Farming. [online] Pakistan: Maria Rosaria Corbo. Available at: <<https://doi.org/10.1155/2020/4242805>> [Accessed 9 July 2021].
- Araujo, O. and Vergara, J., 2021. Propiedades físicas y químicas del rumen. [online] Bioline.org.br. Available at: <<http://www.bioline.org.br/pdf?la07044>> [Accessed 9 July 2021].
- Pardo, L., 2020. Cómo abordar la acidosis y los peligros de la SARA. [online] biomin.net. Available at: <<https://bmeditores.mx/ganaderia/como-abordar-la-acidosis-y-los-peligros-de-la-sara/>> [Accessed 9 July 2021].
- Real, L., 2019. Industria Láctea con mejores condiciones de producción. Gestión digital, [online] (226), pp.36-39. Available at: <https://revistagestion.ec/sites/default/files/import/legacy_pdfs/226_004.pdf> [Accessed 10 July 2021].
- Nogami, H., Arai, S., Okada, H., Zhan, L. and Itoh, T., 2017. Minimized Bolus-Type Wireless Sensor Node with a Built-In Three-Axis Acceleration Meter for Monitoring a Cow's Rumen Conditions. [online] MDPI. Available at: <<https://doi.org/10.3390/s17040687>> [Accessed 11 July 2021].
- Ibarra, N., 2015. Desarrollo de un sistema de monitoreo intra-rumial en tiempo real de variables fisiológicas para ser empleado en estudios sobre adaptación bovina ante el cambio climático en la ganadería tropical del sureste mexicano. [online] Repositorioinstitucional.buap.mx. Available at:

<<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/2283>> [Accessed 11 July 2021].

International, M., 2021. Moonsyst - Smart Rumen Bolus. [online] Moonsyst. Available at:

<<https://moonsyst.com/bolus>> [Accessed 15 July 2021].

Wiki.dfrobot.com. 2021. Gravity__Analog_pH_Sensor_Meter_Kit_V2_SKU_SEN0161-V2-

DFRobot. [online] Available at:

<https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_pH_Sensor_Meter_Kit_V2_SKU_SEN0161-V2#More_Documents> [Accessed 15 July 2021].

García, P., Hernández, A., Zamora, A. and Díaz, H., 2021. Diseño de un sistema de

comunicación inalámbrica para ser usado en el monitoreo de temperatura y pH del rumen de bovinos. [online] ResearchGate. Available at:

<https://www.researchgate.net/publication/284721391_DISENO_DE_UN_SISTEMA_DE_COMUNICACION_INALAMBRICA_PARA_SER_USADO_EN_EL_MONITOREO_DE_TEMPERATURA_Y_PH_DEL_RUMEN_DE_BOVINOS> [Accessed 15 July 2021].

Nutrex, 2021. Endotoxinas y sara en las vacas lecheras - un círculo vicioso. Nutrex. Available at:

<https://www.nutrex.eu/es/articulos/endotoxinas-y-sara-en-las-vacas-lecheras-un-circulo-vicioso/> [Accessed August 29, 2021].

Tablas

Tabla 1

Lista de Componentes

Elemento	Marca	Modelo	Precio
Sensor de temperatura	Texas Instruments	LM35	\$3
Sensor pH	DFRobot	SEN0161	\$29.5
Microcontrolador AVR	Microchip Technology / Atmel	Atmega328	\$6
Raspberry Pi	Raspberry Pi Foundation	Pi 4 Model B	\$67.5
Módulo XBee	DIGI	S2C 802.15.4 RF	\$38
Batería	DTP		\$12.6

Links de compra:

<https://www.sigmagye.net/>

<https://ecuarobotics.com/>

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/5-volt-rechargeable-lithium-polymer-battery-pack-6000mah-for-gateway-w35044lb-laptop-1595484911.html>

<https://www.dfrobot.com/product-1025.html>