

MONITOREO PARA GRANJA INTELIGENTE: SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE USO DE SENSORES IoT PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO

Iván Felipe Pava Sánchez, ivan.pava@usantoto.edu.co

Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja

Facultad de Ingeniería de Sistemas

Diciembre, 2023

Resumen

En el marco de una simulación realizada en Microsoft Azure IoT, se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo del comportamiento de un panel solar, así como de un sensor de agua y un sensor de aire, dentro del contexto de una explotación agrícola moderna. La simulación se enfoca en identificar dispositivos fundamentales para el seguimiento del comportamiento de la granja, con el objetivo de lograr un circuito de monitoreo sostenible que verifique y controle la calidad de aire y el agua para su debido uso en la granja. En este contexto, se busca obtener análisis concluyentes que destaquen la eficiencia mejorada y los beneficios medioambientales derivados de la implementación de estas prácticas.

La implementación de tecnologías de Internet de las cosas (IoT) en la agricultura y ganadería es un tema de creciente relevancia, y esta simulación representa un avance significativo hacia la realización de prácticas inteligentes y eficientes. Para lograr una representación precisa de las operaciones, se han empleado dispositivos virtuales para simular el funcionamiento de un panel solar, así como para el monitoreo de la humedad del suelo y la medición de la calidad del aire.

La administración de los dispositivos IoT en la plataforma Azure se ha llevado a cabo de manera efectiva, posibilitando la recopilación de datos en tiempo real y su posterior análisis. Además, se ha hecho uso de Power BI para visualizar de manera significativa estos datos, facilitando así la toma de decisiones informadas.

PALABRAS CLAVE: Simulación, Microsoft Azure IoT, Gestión de recursos naturales, Energía solar, Eficiencia de la granja, Internet de las cosas (IoT), Agricultura y ganadería inteligentes, Power BI, Eficiencia operativa.

Abstract

As part of a simulation conducted in Microsoft Azure IoT, a comprehensive analysis of the behavior of a solar panel, as well as a water sensor and an air sensor, has been carried out within the context of a modern farm. The simulation focuses on identifying fundamental devices for monitoring the behavior of the farm, with the objective of achieving a sustainable monitoring circuit that verifies and controls the quality of air and water for its proper use on the farm. In this context, the aim is to obtain conclusive analyses that highlight the improved efficiency and environmental benefits derived from the implementation of these practices.

The implementation of Internet of Things (IoT) technologies in agriculture and animal husbandry is a topic of growing relevance, and this simulation represents a significant

advance towards the realization of smart and efficient practices. To achieve an accurate representation of operations, virtual devices have been used to simulate the operation of a solar panel, as well as to monitor soil moisture and measure air quality.

The management of IoT devices in the Azure platform has been carried out effectively, enabling real-time data collection and subsequent analysis. In addition, use has been made of Power BI to meaningfully visualize this data, thus facilitating informed decision making.

KEYWORDS: *Simulation, Microsoft Azure IoT, Natural resource management, Solar energy, Farm efficiency, Internet of Things (IoT), Smart farming and ranching, Power BI, Operational efficiency.*

1. Introducción

El sector agrícola, fundamental para la supervivencia y el bienestar humano, se enfrenta a la imperante necesidad de adoptar prácticas más eficientes y sostenibles en un mundo en constante crecimiento. En respuesta a este desafío, las tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) han emergido como una herramienta revolucionaria para transformar la agricultura (Stephens et al., 2022).

La simulación presentada en el espacio académico de *Servicios Cloud e IoT* impartido por la especialización de *Gestión de Servicios de Tecnología de la Información* de la *Universidad Santo Tomás*, se enfoca en la implementación de IoT en una granja, con especial énfasis en la monitorización y control de un panel solar, un sensor de agua y un sensor de aire. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial en la gestión de recursos agrícolas y la eficiencia energética en el entorno (Energy5, 2023).

El panel solar simula la generación de energía a partir de la luz solar, el sensor de agua mide la humedad del suelo y regula el riego, mientras que el sensor de aire monitoriza la calidad del aire y las condiciones ambientales. La combinación de estos dispositivos proporciona una visión integral de las condiciones en la granja.

La administración de dispositivos IoT se realizó mediante la plataforma Microsoft Azure IoT (*Azure IoT*, 2023), garantizando conectividad segura y una recopilación eficiente de datos en

tiempo real. La visualización y análisis de estos datos se llevan a cabo a través de Power BI.

Este proyecto tiene como objetivo analizar cómo la implementación de IoT puede impactar positivamente la agricultura y ganadería, la productividad y la sostenibilidad para fomentar la toma de decisiones basadas en datos. A través de esta breve introducción y del taller propuesto, se buscó abordar las cuatro etapas clave del Internet de las Cosas: captura de datos mediante sensores, carga de datos en la nube, procesamiento de datos y utilización de la información obtenida.

En el marco de este proyecto, la elección de utilizar la plataforma Azure IoT Central se fundamenta en la conveniencia que ofrece al proporcionar un entorno de simulación de dispositivos, combinado con una configuración detallada de los sensores presentes en cada uno. Estos dispositivos simulados han sido diseñados con un funcionamiento muy cercano a sus contrapartes reales.

La plataforma Azure IoT Central se erige como una herramienta integral para la simulación de dispositivos, permitiendo una representación fiel de las condiciones operativas de los sensores en un entorno controlado. Esta decisión estratégica facilita la generación de datos simulados que, a su vez, serán empleados en la construcción de un panel analítico que proporcionará perspectivas valiosas.

El enfoque en la simulación de dispositivos mediante Azure IoT Central no solo optimiza la

obtención de datos fidedignos, sino que también simplifica el proceso de configuración de los sensores en cada dispositivo. Esta elección estratégica respalda la eficiencia y la precisión en la recopilación de datos generados, contribuyendo de manera significativa al éxito general del proyecto.

Este artículo está estructurado con un marco teórico, donde se presentan conceptos clave importantes para la comprensión de la temática expuesta en este taller. La metodología detalla el procedimiento y herramientas utilizadas. La sección de visualización y análisis de datos ofrece gráficos informativos, mientras que el análisis, presenta hallazgos esenciales y sus implicaciones.

2. Marco Teórico

A través de este marco teórico se busca proporcionar una comprensión integral de la base conceptual de cada dispositivo y temáticas relacionadas, sentando las bases para la interpretación y análisis de los resultados obtenidos en la simulación.

2.1. Granja inteligente

Es un sistema avanzado que utiliza tecnología de vanguardia para optimizar la producción agropecuaria y garantizar el bienestar de los animales (Pérez Clemente, 2023). En este proyecto, se emplearon sensores y paneles solares para lograr estos objetivos.

2.2. Sensor de calidad del agua

Uno de los componentes clave de una granja inteligente son los sensores de calidad del agua. Estos sensores se sumergen en los cuerpos de agua utilizados para el ganado. Su función principal es medir parámetros críticos como la temperatura, el pH y la concentración de químicos como amonio, amoníaco, cloruro, nitrato y sodio (Conejeros et al., 2021).

Los datos generados son esenciales para garantizar que el agua sea segura y adecuada para el consumo. Si los sensores detectan condiciones adversas, se generan alertas

automáticas para que los agricultores puedan tomar medidas inmediatas.

2.3. Sensores de calidad del aire

Estos sensores monitorean constantemente la temperatura del aire y la humedad. Si la temperatura del aire alcanza niveles demasiado altos o bajos, los sensores generan alertas para advertir sobre condiciones climáticas extremas que podrían afectar negativamente los cultivos (Lucín Álvarez & Torres Lima, 2023). Esto permite a los agricultores tomar medidas preventivas, como proporcionar sombra o calefacción, según sea necesario.

2.4. Paneles solares

Estos dispositivos capturan la energía del sol y la convierten en electricidad. La energía generada se almacena en baterías para su uso durante la noche o en días nublados. Los paneles solares ofrecen una fuente de energía sostenible y autónoma, reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales (Martin, 2021).

La integración de estos componentes en una granja inteligente ofrece numerosos beneficios. Garantiza la calidad del agua para el ganado, lo que mejora su salud y bienestar. Además, el monitoreo constante del aire ayuda a prevenir problemas relacionados con el clima. La generación de energía mediante paneles solares reduce los costos y la huella de carbono de la granja, lo que la hace más sostenible.

2.5. Explotación Agrícola Moderna

La agricultura moderna ha experimentado transformaciones significativas en las últimas décadas, impulsadas por avances tecnológicos, cambios en la demanda del mercado y la necesidad de aumentar la productividad para alimentar a una población mundial en constante crecimiento (Tilman et al., 2011). La explotación agrícola moderna implica el uso de tecnologías avanzadas en todas las etapas del proceso agrícola, desde la siembra hasta la cosecha (Pretty, 2007).

2.6. Gestión de Recursos Naturales

La gestión eficiente de los recursos naturales en la agricultura es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo (Matson et al., 1997). Esto implica la optimización del uso del suelo, el agua y otros recursos para maximizar la producción sin comprometer la salud del ecosistema. Además, se aborda la gestión de residuos y la minimización de impactos ambientales negativos (Pretty & Bharucha, 2014).

2.7. Prácticas Sostenibles en la Agricultura

Las prácticas sostenibles en la agricultura buscan equilibrar la productividad con la conservación del medio ambiente y la promoción de comunidades agrícolas resilientes (Nicholls, 2018). Esto puede incluir la rotación de cultivos, el uso de fertilizantes orgánicos, la gestión integrada de plagas y la promoción de la biodiversidad en las explotaciones agrícolas (Pretty & Hine, 2001).

2.8. Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura

El Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una herramienta revolucionaria en la agricultura moderna (Xu et al., 2014). Implica la interconexión de dispositivos y sensores en la explotación agrícola para recopilar datos en tiempo real sobre condiciones ambientales, estado de los cultivos y otros parámetros relevantes (Foley et al., 2005). Esto permite una toma de decisiones más informada y una gestión más eficiente de los recursos (Gubbi et al., 2013).

2.9. Integración de las Tecnologías para la Sostenibilidad Agrícola

La integración de las tecnologías modernas, como la IoT, en la agricultura ofrece la oportunidad de mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad (Wolfert et al., 2017). La combinación de prácticas agrícolas sostenibles con datos en tiempo real puede conducir a un enfoque más preciso y personalizado para la gestión agrícola (Coble et al., 2018).

3. Metodología

Los dispositivos empleados en la presente simulación desempeñan un papel fundamental en la gestión de una granja moderna y sostenible.

3.1. Descripción de los Dispositivos

A continuación, se proporciona una descripción detallada de cada uno de estos dispositivos:

3.1.1. Panel Solar

La simulación se centra en monitorizar su rendimiento y evaluar la capacidad de generar energía de manera sostenible.

Es esencial para la generación de energía renovable. A través de celdas fotovoltaicas, convierte la luz solar en electricidad que puede ser utilizada para alimentar diversos sistemas en la granja (Alfredo, 2016). La simulación del panel solar se ha realizado con precisión para medir su eficiencia y producción de energía en función de la radiación solar incidente. Esta información es crucial para optimizar el uso de la energía solar y reducir la dependencia de fuentes no renovables.

3.1.2. Sensor de Agua

El sensor de agua cumple un papel crucial en la gestión hídrica de la granja. Su función principal radica en medir la humedad del suelo, proporcionando datos relevantes para regular el riego de manera óptima. La simulación se enfoca en la monitorización precisa de la humedad del suelo para garantizar un uso eficiente del agua.

Es un componente fundamental para la gestión hídrica en la agricultura. Mide la humedad del suelo en tiempo real y utiliza estos datos para controlar el riego de manera eficiente (Rosado Mérelo, 2023). La simulación de este sensor permite ajustar la cantidad de agua que se aplica al suelo de acuerdo con las necesidades de las plantas, evitando el desperdicio de agua y promoviendo un uso sostenible de este recurso vital.

3.1.3. Sensor de Aire

El sensor de aire está diseñado para monitorizar la calidad del aire y las condiciones ambientales en la granja. Este dispositivo proporciona datos esenciales sobre la presencia de contaminantes o condiciones climáticas adversas. La simulación se concentra en evaluar la calidad del aire y proporcionar información valiosa para mantener un entorno agrícola saludable.

El sensor de aire monitorea la calidad del aire y las condiciones ambientales en la granja. Esto incluye la medición de factores como la concentración de gases, la temperatura y la humedad del aire. La simulación de este sensor proporciona información crucial sobre la salud del entorno agrícola y permite tomar medidas para mantener condiciones óptimas para el crecimiento de cultivos y la salud del ganado (Giri et al., 2020).

Cada uno de estos dispositivos simulados representa un componente crítico para la gestión integral de la granja, abordando aspectos clave como la generación de energía renovable, la eficiencia en el uso del agua y la calidad ambiental.

La simulación precisa y detallada de estos dispositivos es esencial para obtener datos fiables y tomar decisiones informadas en la gestión de la granja. La integración de estos dispositivos en una plataforma IoT en Microsoft Azure permite una supervisión centralizada y un control efectivo de cada componente (Rehman, 2015).

3.2. Administración de dispositivos

La gestión efectiva de dispositivos IoT constituye un componente esencial de la simulación, facilitando un control seguro y eficiente de los dispositivos empleados en la operación de la granja. Con el propósito de

alcanzar este objetivo, se ha optado por la plataforma Microsoft Azure IoT, que proporciona un conjunto integral de herramientas y servicios diseñados específicamente para la administración de dispositivos IoT (Sivarajah et al., 2017). La primera fase de esta administración consiste en el registro y la conexión de cada dispositivo a la plataforma Azure IoT. Cada dispositivo se configura con identificadores únicos y credenciales de seguridad, asegurando así una transmisión de datos segura y protegiendo la integridad de la información recopilada.

La plataforma de IoT Central de Azure ofrece una interfaz que posibilita la visualización exhaustiva de cada dispositivo. A continuación, se presenta la administración y configuración detallada de cada componente utilizado en este proyecto:

3.2.1. Panel Solar – Sensor 1

El panel solar se utiliza para medir la producción de energía renovable en la granja. Proporciona datos sobre la cantidad de energía generada, la eficiencia de conversión y las condiciones ambientales.

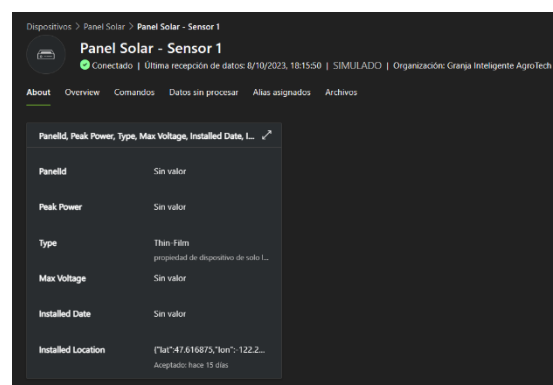


Figura 1. Estado Panel Solar – Sensor 1.

La Figura 1 muestra la información sobre el estado de los datos recopilados, incluyendo si han sido procesados, además de proporcionar la fecha y hora precisa en que se realizó la medición correspondiente.

MONITOREO PARA GRANJA INTELIGENTE: SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE USO DE SENSORES IOT PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO

Iván Felipe Pava Sánchez

Marca de tiempo	Tipo de mensaje	Hora de creación del evento	Efficiency	Energy Reading	Nominal Voltage	Panel Status	Power Reading	Temperature
8/10/2023, 18:19:01	Telemetría	8/10/2023, 18:19:01	34.1194070364104	36.673346343810195	55.42524087801331	Active	4.314248642433381	64.21147708412039
8/10/2023, 18:18:46	Dispositivo conectado							
8/10/2023, 18:18:30	Telemetría	8/10/2023, 18:16:44	28.66061979442161	58.61232429355264	63.049523589172765	Active	57.56768037843839	60.13433534102244
8/10/2023, 18:18:30	Telemetría	8/10/2023, 18:18:00	26.545395521309693	67.41182082077307	38.42595546156554	Out of Order	67.49771993135832	65.29948575384448
8/10/2023, 18:18:30	Dispositivo desconectado							
8/10/2023, 18:15:50	Propiedad							
8/10/2023, 18:15:29	Telemetría	8/10/2023, 18:15:29	30.166278750092538	68.45100547988281	70.3406253124802	Inactive	25.8453637680204	11.087344975340658
8/10/2023, 18:14:14	Telemetría	8/10/2023, 18:14:14	27.991356205769856	81.73884562113568	55.98496872769836	Out of Order	93.19944466283376	17.162874271660275
8/10/2023, 18:12:59	Telemetría	8/10/2023, 18:12:59	21.869709413451627	44.92714929524193	68.0473889254325	Active	56.00472191736854	40.83814281770485
8/10/2023, 18:11:43	Telemetría	8/10/2023, 18:11:43	31.887992280597737	33.906834921705345	28.8285649101261	Inactive	38.512654180874364	34.763999645685146
8/10/2023, 18:10:47	Propiedad							
8/10/2023, 18:10:28	Telemetría	8/10/2023, 18:10:28	26.429024773054553	38.54379886213775	42.32978541174489	Out of Order	80.8336316370878	67.59045776652363
8/10/2023, 18:09:13	Telemetría	8/10/2023, 18:09:13	20.0795379801411	36.91967446457048	21.705931440144646	Inactive	28.93651778204206	92.50025313630618
8/10/2023, 18:07:58	Telemetría	8/10/2023, 18:07:58	25.68181699466426	79.671680845778	54.00871230769747	Out of Order	28.847731648360337	67.37355530380897
8/10/2023, 18:06:42	Telemetría	8/10/2023, 18:06:42	33.56415925258002	93.5905851008642	36.829770200131776	Inactive	57.168510134293395	58.381204512548594
8/10/2023, 18:05:44	Propiedad							
8/10/2023, 18:05:27	Telemetría	8/10/2023, 18:05:27	21.080315314460236	53.25775971417317	86.97616307626907	Out of Order	25.679580724901317	48.649931013655824
8/10/2023, 18:04:12	Telemetría	8/10/2023, 18:04:12	21.17830064163425	41.52101654951301	34.88663020713857	Active	42.83912846767315	18.169660324030098

Figura 2. Telemetría y medición de datos Panel Solar – Sensor 1.

En la Figura 2 está la telemetría y medición de datos del panel solar (sección “Datos sin procesar”). Esta función brinda la capacidad de visualizar en las plantillas de dispositivos todos los sensores que se encuentren en uso, definir los límites inferiores y superiores de los valores, y especificar la unidad de medida correspondiente.

Figura 3. Configuración de eficiencia de Panel Solar – Sensor 1.

En la Figura 3 se presentan los parámetros clave que determinan la eficiencia de un panel solar, un componente esencial en la generación de energía a partir de la luz solar. Estos parámetros son fundamentales para evaluar el rendimiento y la capacidad de un panel solar en la conversión de la radiación solar en electricidad utilizable.

3.2.2. Sensor de Calidad del aire – Sensor 1

El sensor de aire en la simulación controla la calidad del ambiente en la granja. Proporciona información sobre las condiciones climáticas y la presencia de gases que pueden afectar la salud de los cultivos o el bienestar de los animales.

Voltage, Voltage	Battery low, Battery low
Voltage: 50,36 propiedad de dispositivo de solo L...	Battery low: verdadero propiedad de dispositivo de solo L...
Voltage: 58,72 propiedad de dispositivo de solo L...	Battery low: verdadero propiedad de dispositivo de solo L...

Figura 4. Estado de Sensor de calidad del aire – Sensor 1.

La Figura 4 muestra la información sobre el estado de los datos recopilados, incluyendo si han sido procesados, además de proporcionar la fecha y hora precisa en que se realizó la medición correspondiente.

MONITOREO PARA GRANJA INTELIGENTE: SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE USO DE SENSORES IOT PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y GANADERO

Iván Felipe Pava Sánchez

Marca de tiempo ↓	Tipo de mensaje	Hora de creación del evento	Air Quality Sensor / Humidity	Air Quality Sensor / Temperature	Fire	Heat Alarm / Temperature	Humidity Sensor / Humidity	Humidity Sensor / Temperature
> 8/10/2023, 18:44:09	Telemetría	8/10/2023, 18:44:09	51.662288611668544	5.26324111117733				
> 8/10/2023, 18:44:09	Telemetría	8/10/2023, 18:44:09			No Fuego	9.2		
> 8/10/2023, 18:44:09	Telemetría	8/10/2023, 18:44:09					50.95588443519838	2.4
> 8/10/2023, 18:43:17	Propiedad							
> 8/10/2023, 18:42:54	Telemetría	8/10/2023, 18:42:54	48.20414958116279	9.402154276415763				
> 8/10/2023, 18:42:54	Telemetría	8/10/2023, 18:42:54			Fuego	15.32		
> 8/10/2023, 18:42:54	Telemetría	8/10/2023, 18:42:54					57.13250315762931	11
> 8/10/2023, 18:41:39	Telemetría	8/10/2023, 18:41:39	52.44637324090204	18.079609709273786				
> 8/10/2023, 18:41:39	Telemetría	8/10/2023, 18:41:39			No Fuego	12.52		
> 8/10/2023, 18:41:39	Telemetría	8/10/2023, 18:41:39					48.90416555721166	1.2
> 8/10/2023, 18:40:24	Telemetría	8/10/2023, 18:40:24	56.83226630741713	6.51508039498675				
> 8/10/2023, 18:40:24	Telemetría	8/10/2023, 18:40:24			Fuego	14.96		
> 8/10/2023, 18:40:24	Telemetría	8/10/2023, 18:40:24					48.881631979964226	11.7
> 8/10/2023, 18:39:09	Telemetría	8/10/2023, 18:39:09	51.91972354463903	19.234925141940465				
> 8/10/2023, 18:39:09	Telemetría	8/10/2023, 18:39:09			No Fuego	13.62		
> 8/10/2023, 18:39:09	Telemetría	8/10/2023, 18:39:09					53.9173406876574	13.5
> 8/10/2023, 18:38:13	Propiedad							
> 8/10/2023, 18:37:54	Telemetría	8/10/2023, 18:37:54	55.83322764903589	13.163025417996993				
> 8/10/2023, 18:37:54	Telemetría	8/10/2023, 18:37:54			Fuego	8.7		
> 8/10/2023, 18:37:54	Telemetría	8/10/2023, 18:37:54					45.027578055450846	-1.3

Figura 5. Telemetría y medición de datos Sensor de calidad del aire – Sensor 1.

En la Figura 5 se muestra la configuración de los sensores de calidad del aire que se encuentren en uso, los límites inferiores y superiores de los valores (Humedad, temperatura, si hay presencia de fuego), y se especifica la unidad de medida correspondiente.

Nombre para mostrar

Humidity

Nombre

humidity

Tipo de funcionalidad

Telemetría

Tipo semántico

Humidity

Esquema

Double

Color

Valor mínimo

40

Valor máximo

60

Posiciones decimales

Unidad

Percent

Unidad de visualización

Comentario

Descripción

Humidity (%)

Voltage

voltage

Telemetría

Voltage

Esquema

Double

Color

Valor mínimo

1

Valor máximo

9

Posiciones decimales

2

Unidad

Volt

Unidad de visualización

Comentario

Descripción

Battery voltage

Temperature

temperature

Telemetría

Temperature

Esquema

Double

Color

Valor mínimo

-30

Valor máximo

27

Posiciones decimales

1

Unidad

Degree celsius

Unidad de visualización

Comentario

Descripción

Temperature

+ Agregar funcionalidad

Figura 6. Configuración de eficiencia de Sensor de Calidad del aire – Sensor 1.

En la Figura 6 se destacan tres mediciones esenciales: humedad, voltaje y temperatura. La **humedad** se visualiza en porcentaje, brindando información sobre la humedad relativa del entorno. El **voltaje** se presenta en voltios, indicando la energía del sistema. La **temperatura** se muestra en grados Celsius, proporcionando una lectura precisa de la temperatura ambiental. Esta información es crucial para el monitoreo y control de la calidad del aire en diversos entornos, como espacios interiores, laboratorios o instalaciones industriales.

3.2.3. Sensor de Calidad del agua – Sensor 1

El sensor de agua se encarga de monitorear los niveles de agua en los depósitos de la granja y evaluar la calidad del agua (Garrido-Cardenas et al., 2020). Esto es esencial para una gestión eficiente del riego y el uso del agua.

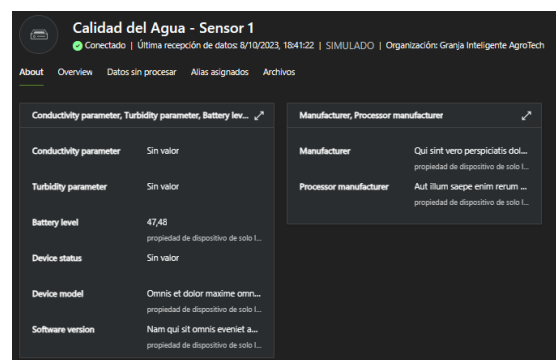


Figura 7. Estado de Sensor de calidad del agua – Sensor 1.

La Figura 7 muestra la información sobre el estado de los datos recopilados para el sensor de calidad del agua, incluyendo si han sido procesados, además de proporcionar la fecha y hora precisa en que se realizó la medición correspondiente.

Marca de tiempo	Tipo de mensaje	Hora de creación del evento	Acidity (pH)	Ammonia	Ammonium	Chloride	Conductivity	Location	Nitrate
> 8/10/2023, 18:42:20	Telemetría	8/10/2023, 18:42:20	6.829481778611749	-0.14	0.53	2.6	34.94919004536796	[lat">34.9281,lon">78.7862...	3.76
> 8/10/2023, 18:41:22	Propiedad								
> 8/10/2023, 18:41:05	Telemetría	8/10/2023, 18:41:05	6.670793790163742	-0.02	0.38	2.6	42.10072054046993	[lat">34.4919,lon">93.7231...	4.39
> 8/10/2023, 18:39:50	Telemetría	8/10/2023, 18:39:50	6.654913203538337	-0.1	0.41	3.1	31.559234021443068	[lat">34.7494,lon">80.3531...	4.05
> 8/10/2023, 18:38:35	Telemetría	8/10/2023, 18:38:35	6.42752138782785	-0.11	0.35	3	68.80857779145121	[lat">34.6823,lon">115.935...	6.91
> 8/10/2023, 18:37:20	Telemetría	8/10/2023, 18:37:20	6.59571377562047	-0.37	0	2.9	20.149750551925123	[lat">32.9803,lon">98.4445...	7.16
> 8/10/2023, 18:36:17	Propiedad								
> 8/10/2023, 18:36:04	Telemetría	8/10/2023, 18:36:04	6.56751166194463	-0.12	-0.07	3.4	41.70899122069032	[lat">35.3644,lon">105.087...	5.95
> 8/10/2023, 18:34:49	Telemetría	8/10/2023, 18:34:49	6.683479472694225	-0.11	0	3.2	83.37243144492187	[lat">34.65775,lon">110.503...	6.05
> 8/10/2023, 18:33:34	Telemetría	8/10/2023, 18:33:34	6.92524975442685	0	0.14	3	34.359611079013646	[lat">34.16297,lon">114.624...	8.33
> 8/10/2023, 18:32:19	Telemetría	8/10/2023, 18:32:19	6.857039114362545	-0.28	0.53	2.7	63.629101933582224	[lat">36.1473,lon">75.1378...	7.24
> 8/10/2023, 18:31:13	Propiedad								
> 8/10/2023, 18:31:04	Telemetría	8/10/2023, 18:31:04	7.06262026035248	-0.35	0.56	2.8	60.3683079949935	[lat">40.4603,lon">98.6629...	7.85
> 8/10/2023, 18:29:49	Telemetría	8/10/2023, 18:29:49	6.924619779888708	-0.28	0.42	2.9	54.253178946715984	[lat">34.6519,lon">70.4809...	4.76
> 8/10/2023, 18:28:34	Telemetría	8/10/2023, 18:28:34	6.856044991743926	-0.19	0.44	2.5	86.87315169865892	[lat">37.3848,lon">97.5655...	8.48
> 8/10/2023, 18:27:18	Telemetría	8/10/2023, 18:27:18	6.758490183521387	-0.13	0.16	2.9	34.48716894229306	[lat">39.538,lon">85.586,el...	6.33
> 8/10/2023, 18:26:08	Propiedad								
> 8/10/2023, 18:26:03	Telemetría	8/10/2023, 18:26:03	6.580745318180317	-0.34	-0.08	3.1	60.165483176177446	[lat">32.7667,lon">74.1231...	6.66
> 8/10/2023, 18:24:48	Telemetría	8/10/2023, 18:24:48	6.544248233261258	-0.17	-0.05	3.2	77.28320106888042	[lat">38.0211,lon">83.99,el...	3.42
> 8/10/2023, 18:23:33	Telemetría	8/10/2023, 18:23:33	6.489025794032834	-0.17	-0.03	3.2	28.26546902204054	[lat">34.3577,lon">103.203...	5.16

Figura 8. Telemetría y medición de datos Sensor de calidad del agua – Sensor 1.

La Figura 8 muestra la configuración de los sensores de calidad del agua que se encuentren en uso. Se visualizan datos como la composición del agua para lograr que sea potable. Algunos de los componentes son amonio, amoniaco, cloro y sal.

Nombre para mostrar	Nombre *	Tipo de funcionalidad *	Tipo semántico
Ammonium	Ammonium	Telemetría	Ninguno
Esquema *	Color		
Float			
Valor mínimo	Valor máximo	Posiciones decimales	
0	0.5	2	
Unidad	Unidad de visualización	Comentario	Descripción
Ninguno	ppm		
Ammonia	Ammonia	Telemetría	Ninguno
Esquema *	Color		
Double			
Valor mínimo	Valor máximo	Posiciones decimales	
0	0.02	2	
Unidad	Unidad de visualización	Comentario	Descripción
Ninguno	ppm		
Chloride	Chloride	Telemetría	Ninguno
Esquema *	Color		
Double			
Valor mínimo	Valor máximo	Posiciones decimales	
2	4	1	
Unidad	Unidad de visualización	Comentario	Descripción
Ninguno	ppm		
Nitrate	Nitrate	Telemetría	Ninguno
Esquema *	Color		
Double			
Valor mínimo	Valor máximo	Posiciones decimales	
0	10	2	
Unidad	Unidad de visualización	Comentario	Descripción
Ninguno	ppm		
Sodium	Sodium	Telemetría	Ninguno
Esquema *	Color		
Double			
Valor mínimo	Valor máximo	Posiciones decimales	
0	20	2	
Unidad	Unidad de visualización	Comentario	Descripción
Ninguno	ppm		

+ Agregar funcionalidad

Figura 9. Composición del agua.

La telemetría en la Figura 9 es esencial para evaluar la calidad del **agua potable**. Mediante sensores de vanguardia, se monitorean parámetros críticos. La concentración de **amonio** y **amoníaco** se verifica para garantizar la seguridad química. La cantidad de cloruro se mide para evitar la **salinidad excesiva**. Los **nitratos** se controlan para prevenir la contaminación por **nitrógeno**. Además, se evalúa el contenido de **sodio** para cumplir con los estándares de salud. Esta información en tiempo real es esencial para garantizar que el agua sea segura y cumpla con los requisitos de calidad para el consumo humano.

Una vez que los dispositivos se registraron y conectaron, se habilitó la comunicación bidireccional entre los dispositivos y la plataforma Azure IoT. Esto permitió que los dispositivos enviaran datos en tiempo real a la nube y, al mismo tiempo, recibieran comandos y actualizaciones de configuración desde la plataforma central.

Esta detallada administración de dispositivos a través de IoT Central no solo garantizó un

monitoreo efectivo, sino que también permitió ajustes y configuraciones específicas para cada componente, optimizando así la operación integral de la granja. Como sugerencia, se podría considerar la implementación de alertas automáticas basadas en umbrales predefinidos para notificar de manera proactiva sobre cualquier anomalía detectada en el funcionamiento de los dispositivos.

3.3. Organización de variables en IoT central

La visualización de cada sensor está distribuida en diferentes paneles donde se puede encontrar varias gráficas que ayudan a identificar y monitorear parámetros de la granja inteligente. Se encuentra la ubicación del predio, el logo de la empresa, gráfica de rendimiento del panel solar, la temperatura del aire y su humedad, la composición del agua en una gráfica de barras y un indicador de pH del agua (Ver Figura 10). “AgroTech Granja inteligente” es un nombre ficticio utilizado para este proyecto, no es una granja real.



Figura 10. Paneles IoT – “AgroTech Granja Inteligente”.

3.3.1. Panel 1: Telemetría de Componentes del Agua

En este panel, se presenta un diagrama de barras que muestra la telemetría detallada de los componentes del agua esenciales para determinar su calidad potable. Los parámetros monitoreados incluyen la cantidad de químicos como amonio, amoníaco, cloruro, nitrato y sodio.

Ión	% en masa	ppm
Cloro - Cl^-	55,03	19810,8
Sodio - Na^+	30,61	11019,6
Sulfato - $(\text{SO}_4)^{2-}$	7,68	2764,8
Magnesio - Mg^{+2}	3,69	1328,4
Calcio - Ca^{+2}	1,16	417,6
Potasio - K^+	1,16	417,6
Bicarbonatos - $(\text{HCO}_3)^-$	0,41	147,6
Bromuro - Br^-	0,19	68,4
Ácido Bórico - $(\text{H}_3\text{BO}_3)^-$	0,07	25,2
Estroncio - Sr^{+2}	0,04	14,4

Figura 11. Investigación de composición agua potable (Marino, 2017).

En la Figura 11 se ven los componentes que hacen el agua potable para el consumo de los seres vivos.

3.3.2. Panel 2: Monitoreo de Calidad del Agua

Este panel ofrece información vital sobre la calidad del agua. Muestra el promedio del pH del agua, lo que es crucial para controlar su acidez o alcalinidad. Además, presenta la temperatura mínima y máxima del agua, lo que ayuda a identificar cambios significativos de temperatura que podrían afectar la calidad.

El promedio del pH se actualiza regularmente para garantizar que el agua sea químicamente estable. Además, se muestra la ubicación de la granja en forma de mapa, lo que permite un seguimiento geoespacial de la fuente de agua (Zhu et al., 2022).

3.3.3. Panel 3: Eficiencia vs. Voltaje Nominal

En este panel, se representa la eficiencia del sistema en un diagrama circular en relación con el voltaje nominal. Esto proporciona una visión clara de cómo varía la eficiencia en función del voltaje aplicado. Esta información es esencial para optimizar el rendimiento del sistema y garantizar un suministro de energía confiable para todo el proceso de monitoreo y tratamiento del agua.

3.3.4. Panel 4: Telemetría del Aire

Este panel se enfoca en la telemetría del aire, que es fundamental para el control ambiental. Muestra la temperatura del aire, que puede afectar la calidad del agua, así como la humedad del aire. Un gráfico adicional representa la temperatura del aire a lo largo del tiempo, lo que permite detectar tendencias y cambios climáticos que podrían influir en la calidad del agua.

4. Visualización de datos

La visualización y análisis de datos desempeñan un papel crucial en el contexto de la simulación llevada a cabo en Microsoft Azure con IoT en una granja. En esta sección, se aborda el enfoque utilizado para representar y extraer información valiosa a partir de los datos recopilados de los dispositivos IoT.

Con el propósito de lograr una visualización efectiva de los datos, se ha empleado Power BI, una herramienta potente que posibilita la creación de paneles interactivos y gráficos informativos (Quevauvilliers, 2017). Los datos obtenidos de los dispositivos, tales como la generación de energía del panel solar, la humedad del suelo y la calidad del aire, han sido importados a Power BI para su análisis detallado.

Esta integración con Power BI permite la generación de paneles interactivos y gráficos informativos y facilita la realización de un análisis comparativo.

4.1. Generación de Paneles Interactivos

Se han creado paneles interactivos que permiten a los usuarios explorar y analizar datos específicos de cada dispositivo, proporcionando una comprensión detallada de su funcionamiento.

4.2. Gráficos Informativos

Se han diseñado gráficos informativos que visualizan de manera clara y comprensible la evolución de variables clave, como la generación de energía, la humedad del suelo y la calidad del aire a lo largo del tiempo.

4.3. Análisis Comparativo

Power BI facilita la comparación de datos entre diferentes dispositivos, lo que resulta crucial para evaluar el rendimiento relativo de cada componente y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia operativa de la granja.

La utilización de Power BI no solo simplifica la interpretación de datos, sino que también proporciona una plataforma flexible para adaptarse a las necesidades analíticas específicas del proyecto. Como sugerencia adicional, se podría explorar la posibilidad de implementar alertas visuales en Power BI para notificar de manera instantánea sobre condiciones fuera de los límites predefinidos, lo que permitiría una acción proactiva ante situaciones críticas.

Power BI ofrece una variedad de visualizaciones, desde gráficos de barras y líneas hasta mapas geoespaciales, lo que facilita la representación de datos complejos de manera comprensible. Esto es esencial para que los responsables de la granja puedan tomar decisiones informadas en tiempo real (Ver Figura 10).

Además de la visualización, se ha llevado a cabo un análisis detallado de los datos. Esto incluye la identificación de tendencias, patrones y relaciones entre las variables. Por ejemplo, se ha examinado cómo la generación

de energía solar se correlaciona con la humedad del suelo y la calidad del aire, lo que puede revelar información valiosa sobre la eficiencia de la granja y las áreas de mejora.

El análisis de datos también ha involucrado la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático (Machine Learning) para predecir comportamientos futuros en función de los datos históricos (Mitchell, 2013). Esto puede ayudar en la toma de decisiones anticipadas y en la optimización de recursos (Kussul et al., 2017).

5. Conclusiones

El proyecto logró implementar con éxito un entorno de simulación que emula el comportamiento de un panel solar, un sensor de agua y un sensor de aire en una granja. Esta simulación representa un paso significativo hacia la comprensión y gestión eficiente de los recursos agrícolas.

Teniendo en cuenta que el panel solar es vital para alimentar los sensores de calidad de aire y de agua, se reduce el gasto energético tradicional y como consecuencia se logra el ahorro de energía y la sostenibilidad del mismo en este contexto.

Los sensores de calidad de aire y agua permiten realizar un control del estado de estos recursos en la granja para un mejor desempeño en los cultivos y el ganado, si la verificación es negativa se puede tomar las medidas necesarias a través de las alertas generadas en la central de Microsoft Azure IoT.

La plataforma Azure IoT demostró ser una herramienta poderosa para crear modelos digitales y supervisar dispositivos IoT en tiempo real. Su versatilidad permite adaptarse a las necesidades específicas de la simulación, facilitando la integración y supervisión de los dispositivos simulados de manera efectiva.

La administración de dispositivos se llevó a cabo de manera eficiente a través de Azure IoT Central. Proporcionó una interfaz centralizada para el control y la gestión de los sensores y

paneles solares, simplificando las operaciones y garantizando una supervisión integral de los componentes IoT utilizados en la simulación.

La utilización de Power BI para la visualización y análisis de datos proporcionó información valiosa sobre la operación de la granja, generando paneles interactivos y gráficos informativos facilitó la interpretación de datos y apoyó la toma de decisiones informadas.

En conclusión, este proyecto resalta la capacidad de Azure IoT para aplicaciones en agricultura y gestión de recursos naturales. La implementación exitosa de un entorno simulado demuestra la relevancia de la plataforma en la creación de soluciones robustas para la monitorización y gestión de dispositivos IoT en entornos agrícolas y ganaderos.

Referencias

- Alfredo, P.-S. J. (2016). *La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable*.
- Azure IoT: Plataforma de Internet de las cosas* / Microsoft Azure. (2023).
<https://azure.microsoft.com/es-es/solutions/iot>
- Coble, K., Ferrell, S., & Griffin, T. (2018). Big Data in Agriculture: A Challenge for the Future. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 40, 79-96.
<https://doi.org/10.1093/aep/ppx056>
- Conejeros, A., Hueichaqueo Pichunman, C., Martinez-Jimenez, B. L., PlaceresRemior, A., Conejeros Molina, A., Hueichaqueo Pichunman, C., Martinez-Jimenez, B. L., & PlaceresRemior, A. (2021). Monitoreo de calidad del agua en sistema de

- agua potable rural. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 42(3), 60-70.
- Energy5. (2023). *La electrificación de la agricultura impulsa la eficiencia en la agricultura*. Energy5. <https://energy5.com/es/la-electrificacion-de-la-agricultura-impulsa-la-eficiencia-en-la-agricultura>
- Foley, J., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin III, F. S., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I., Ramankutty, N., & Snyder, P. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science (New York, N.Y.)*, 309, 570-574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Garrido-Cardenas, J. A., Esteban-García, B., Agüera, A., Sánchez-Pérez, J. A., & Manzano-Agugliaro, F. (2020). Wastewater Treatment by Advanced Oxidation Process and Their Worldwide Research Trends. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 170. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010170>
- Giri, A., Saxena, D., Saini, P., & Rawte, S. (2020). Role of artificial intelligence in advancement of agriculture. *International Journal of Chemical Studies*, 8, 375-380. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2f.8796>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Kussul, N., Lavreniuk, M., Skakun, S., & Shelestov, A. (2017). Deep Learning Classification of Land Cover and Crop Types Using Remote Sensing Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(5), 778-782. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2017.2681128>
- Lucín Álvarez, E. J., & Torres Lima, G. A. (2023). *Diseño e implementación de una estación de monitorización de parámetros ambientales y calidad de aire aplicados al cultivo de pitahaya utilizando internet de las cosas y hardware de bajo costo* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26381>
- Marino, I. (2017, noviembre 20). Generadores de Agua Dulce. Evaporador Sumergido y Tipo Flash. *Ingeniero Marino*. <https://ingenieromarino.com/generad>

- ores-de-agua-dulce-tubos-
sumergidotipo-flash-y-disposiciones-
multietapa/
Martin, P. F. G. (2021). *Energía solar
fotovoltaica para todos*. Marcombo.
- Matson, P. A., Parton, W. J., Power, A. G., &
Swift, M. J. (1997). Agricultural
Intensification and Ecosystem
Properties. *Science*, 277(5325), 504-
509.
<https://doi.org/10.1126/science.277.5325.504>
- Mitchell, T. (2013). *Machine learning*
(Nachdr.). McGraw-Hill.
<https://www.cin.ufpe.br/~cavmj/MachineLearning%20TomMitchell.pdf>
- Nicholls, M. A., Clara. (2018). *Biodiversity and
Pest Management in Agroecosystems*
(2.^a ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781482277937>
- Pérez Clemente, J. E. (2023). *Evaluación del
sistema de monitoreo inteligente con
IoT en granja avícola*.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5843>
- Pretty, J. (2007). Agricultural sustainability:
Concepts, principles and evidence.
*Philosophical Transactions of the
Royal Society B: Biological Sciences*,
363(1491), 447-465.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Pretty, J., & Bharucha, Z. (2014). Sustainable
intensification in agricultural systems.
Annals of Botany, 114(8), 1571-1596.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcu205>
- Pretty, J., & Hine, R. (2001). *Reducing Food
Poverty with Sustainable Agriculture:
A Summary of New Evidence*.
https://www.iatp.org/sites/default/files/Reducing_Food_Poverty_with_Sustainable_Agriculture.pdf
- Quevauvilliers, G. (2017). *Microsoft Power BI
Cookbook: Creating Business
Intelligence Solutions of Analytical
Data Models, Reports, and
Dashboards*.
<http://projanco.com/Library/MicrosoftPowerBI%20Cookbook.pdf>
- Rehman, A. (2015). *Smart Agriculture: An
Approach towards Better Agriculture
Management*.
<https://doi.org/10.4172/978-1-63278-023-2-024>
- Rosado Mérelo, A. O. (2023). *Control de
humedad utilizando sistemas de
apoyo de toma de decisiones en una
plantación de cacao en el sector de
Pueblo Nuevo Parroquia Febres
Cordero*. [bachelorThesis, Babahoyo:
UTB-FAFI. 2023].
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14785>
- Sivarajah, U., Kamal, M. M., Irani, Z., &
Weerakkody, V. (2017). Critical
analysis of Big Data challenges and

- analytical methods. *Journal of Business Research*, 70, 263-286. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.001> 116.
- Stephens, G. B., Cerda, A. J. J., Guerrero, J. A. L., & Retana, J. C. (2022). *Transformación de la agricultura mediante la implementación y uso del Internet de las cosas en Costa Rica*. 6.001
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>
- Xu, L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10, 2233-2243. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- Zhu, M., Wang, J., Yang, X., Zhang, Y., Zhang, L., Ren, H., Wu, B., & Ye, L. (2022). A review of the application of machine learning in water quality evaluation. *Eco-Environment & Health*, 1(2), 107-