

Solución en la Nube para la Optimización de la Calidad del Café usando AWS Greengrass

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

Miguel Fernando Pardo Maldonado

Código: 2204126

Facultad Fisicomecánicas

Bucaramanga, Santander

miguel2204126@correo.uis.edu.co

Jhon Danilo Rincón Maldonado

Código: 2204134

Facultad Fisicomecánicas

Bucaramanga, Santander

jhon2204134@correo.uis.edu.co

Abstract—In the Colombian coffee industry there are multiple factors that affect the quality of the bean, although the production takes a long time, many coffee growers have critical situations when processing their coffee. technology has led to use different machines that optimize the systems of pulping, drying and roasting but having large machinery, the risks of damaging the fruit can harm the income received by the owner and even affect the economy of the country. This is why the idea of empowering the machines used in these fields through Cloud solutions is generated. AWS Greengrass allows running functions on edge devices to analyze these processes and dynamically adjust the conditions of the system to have a lower loss of product (inferior quality coffee).

Index Terms—Cloud, Coffee Growers, pulping, Greengrass, AWS

I. INTRODUCCIÓN

La industria del café en Colombia ha sido un pilar fundamental de la economía nacional, destacándose por la calidad de sus granos y la tradición cafetera que se ha mantenido a lo largo de los años. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos en el procesamiento del café, muchos caficultores aún enfrentan desafíos significativos en las etapas de despulpar, secar y tostar. La maquinaria de gran escala, aunque eficiente, presenta riesgos que pueden comprometer la calidad del producto final, resultando en pérdidas económicas y una afectación negativa en la economía local.

En este contexto, las soluciones basadas en tecnología Cloud emergen como una alternativa prometedora para mejorar la calidad del café y optimizar los procesos de producción. AWS Greengrass, en particular, permite la ejecución de funciones en dispositivos edge, posibilitando el análisis en tiempo real y el ajuste dinámico de las condiciones del sistema. Este enfoque no solo reduce la incidencia de pasilla o granos de baja calidad, sino que también incrementa la eficiencia operativa y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

Este trabajo explorará la implementación de soluciones cloud utilizando AWS Greengrass para mejorar los proce-

sos críticos de la producción cafetera. Se analizarán los antecedentes y desafíos actuales de la industria, se detallará el diseño y arquitectura de la solución propuesta, y se evaluarán los beneficios potenciales en términos de calidad del producto, reducción de pérdidas y impacto económico. Con esta propuesta, se busca demostrar cómo la integración de tecnologías avanzadas puede revolucionar la producción de café en Colombia, beneficiando tanto a los productores como a la economía del país en su conjunto.

II. ANTECEDENTES

A. Industria Cafetera en Colombia.

El café, originario de Etiopía y inicialmente consumido en infusiones o masticando sus hojas, fue ampliamente difundido por los árabes en el mundo árabe, llegando a Turquía en 1554. En el siglo XVII, ingresó a Europa a través de Venecia y se extendió por el continente, alcanzando finalmente América en el siglo XVIII. Los holandeses desempeñaron un papel crucial en esta expansión, liberándose de la dependencia árabe y convirtiéndose en líderes mundiales en la producción de café a principios del siglo XVIII.

La teoría sostiene que fueron los holandeses quienes introdujeron el café en Latinoamérica, inicialmente a través de Surinam, y posteriormente los franceses lo llevaron a Colombia y Brasil a principios del siglo XVIII. Para el siglo XIX, el café se había consolidado como un cultivo de gran importancia en la región, influido significativamente por la crisis de la roya del cafeto que afectó los cultivos de Ceilán (hoy Sri Lanka) a mediados de ese siglo, cuando Ceilán era el principal productor mundial de café[1].

B. Tecnología en la industria cafetera en Colombia

La mayoría de las fincas cafetaleras, independientemente de su tamaño, manejan procesos muy manuales. La fermentación de los - granos suele realizarse en canecas comunes, sin monitoreo adecuado de las condiciones ambientales como temperatura y humedad. El proceso de selección de granos de alta calidad es también mayormente mecánico y manual,

lo que resulta en inconsistencias y potenciales pérdidas de calidad.

En 2014, la gerencia tecnica de café, desarrolló un separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín capaz de eliminar impurezas y granos menos densos de los granos recién cosechados, marcando un avance en la automatización del procesamiento del café [2]. Sin embargo, no se ha implementado un sistema que utilice tecnología avanzada para monitorear y controlar las condiciones durante la fermentación, un proceso crucial para asegurar la calidad del producto final.

C. Propuesta de uso de Soluciones Cloud en la caficultura.

El café es un producto muy importante para el país pues tiene el 22% del PIB agrícola, lo que representa el sustento de 550.000 familias en Colombia. Al ser tan indispensable, existen multiples directorios y organizaciones que hacen investigacion a cada paso de su proceso. En el año 2015, el fondo nacional del cafe puso a disposicion de la comunidad cafetera un articulo donde se presentan estadísticas acerca del momento de mayor calidad a la hora de fermentar un grano de café; se puede evidenciar una tabla con datos de la calidad del café (Fig 1) y por otro lado se encuentra una grafica que distingue el protocolo de fermentación mas viable y conseguir cafe de calidad (Fig 2).

Calidad especial y superior			Calidad media			Rechazo		
9	8	7	6	5	4	3	2	1
La mejor	Muy buena	Buena	Tolerable	Media	Baja	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Tostado, avellana, frutal, dulce, almendra, citrico, malta, moras, caramelo, vino, clavos, vainilla, herbal			Fique	Verde, astringente, banano, césped	Acidez baja	Maiz, pronunciado amargo, madera, cereal, quemado	Fermento, flores, pulpa, sucio, plátano, grasa, áspero, cebolla, húmedo, agrio, coco	Vinagre, picante, tierra, ahumado, cuero, moho, podrido, hediondo, fénol

Fig. 1. Escala para la calificación y descripción de la calidad de la bebida de café

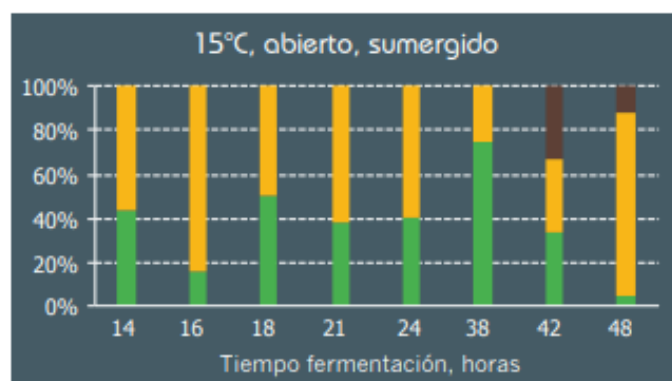


Fig. 2. Proporción de calidad especial, superior y rechazo de calidad del café fermentado a 15°C y tiempos entre 14 y 48 h en un sistema de fermentación abierto y sumergido (verde: café especial, amarillo: café superior, marrón: café rechazo)

III. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.

A. Componentes de Hardware

- **Sensores de Temperatura y Humedad:** BME280 (Bosch)
- **Dispositivo Edge:** Raspberry Pi 4 (8GB)
- **Panel Táctil:** Pantalla táctil TFT para Raspberry Pi 4 de 3.5" con caja, ventilador y disipador de calor
- **Conectividad:** Modulo WiFi para Raspberry Pi

B. Componentes de Software

- 1) **Sistema Operativo:** Linux (Raspbian)
- 2) **Servicio de nube:** AWS (Amazon Web Services)
- 3) **Soluciones AWS:**
 - **Amazon Greengrass:** Servicio en la nube y de tiempo de ejecución de periferia y código abierto para crear, implementar y administrar software de dispositivos.[3]
 - **Amazon IoT Core:** Transmite de forma segura mensajes hacia y desde todos los dispositivos y aplicaciones de IoT con baja latencia y alto rendimiento[4].
 - **Amazon SageMaker:** Servicio totalmente administrado que reúne un amplio conjunto de herramientas para permitir el machine learning (ML) de alto rendimiento y bajo costo para cualquier caso de uso [5].
 - **Amazon IoT Analytics:** Simplifica los difíciles pasos necesarios para analizar volúmenes masivos de datos de IoT, sin el costo ni la complejidad de crear una plataforma de análisis de IoT [6].
 - **AWS QuickSight:** Potencia a las organizaciones basadas en datos con inteligencia empresarial (BI) unificada a hiperscala [7].
 - **AWS CloudWatch:** Servicio que supervisa las aplicaciones, responde a los cambios de rendimiento, optimiza el uso de los recursos y proporciona información sobre el estado operativo [8] (Fig. 3).

IV. ANALISIS DE RESULTADOS.

A. Analisis Predictivo.

El objetivo del análisis predictivo es anticipar los resultados y beneficios potenciales de la implementación de la solución basada en AWS Greengrass en el proceso de producción de café en Colombia. Utilizando datos históricos y técnicas de aprendizaje automático, podemos prever mejoras en la calidad del café, la reducción de pasilla y la eficiencia operativa.

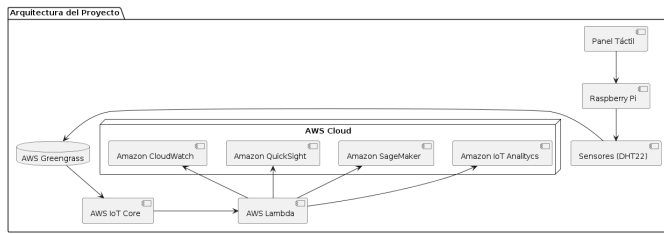


Fig. 3. Arquitectura del Proyecto

- 1) **Datos por recopilar:** Temperatura y humedad durante la fermentación del café, tiempo de procesamiento del café, calidad y cantidad de café por fermentar.
- 2) **Técnicas de Análisis:** **Análisis Exploratorio de Datos (EDA);** Para identificar patrones y relaciones entre variables. **Modelos Predictivos;** Uso de regresión lineal y modelos de machine learning (como Random Forest y Support Vector Machines) para predecir la calidad del café y la incidencia de pasilla basada en las condiciones de fermentación. **Serie Temporal;** Para analizar tendencias en los datos históricos y prever futuras condiciones óptimas de procesamiento.
- 3) **Resultados Esperados.**

Mejora en la Calidad del Café: Se anticipa que el monitoreo y ajuste dinámico de temperatura y humedad durante la fermentación resultará en una reducción significativa de granos de baja calidad (pasilla).

Eficiencia Operativa: La automatización y optimización de los procesos de despulpado, secado y tostado mediante el uso de datos en tiempo real mejorarán la eficiencia general del proceso.

Reducción de Pérdidas: Se espera una disminución de las pérdidas de producto debido a condiciones inadecuadas durante el procesamiento, aumentando así la rentabilidad para los productores de café.

V. EVALUACIÓN DE IMPACTO.

A. Impacto en la Calidad del Café

- **Monitoreo en Tiempo Real:** La capacidad de monitorear y ajustar las condiciones de fermentación en tiempo real permitirá mantener las condiciones óptimas, reduciendo la variabilidad en la calidad del café producido.
- **Reducción de Pasilla:** Con el control preciso de temperatura y humedad, se espera una reducción de hasta un 20-30% en la producción de pasilla, mejorando así la calidad del producto final.

B. Impacto en la Eficiencia Operativa

- **Automatización:** La implementación de sensores y la automatización de ajustes basados en datos permitirá a los productores reducir el tiempo y esfuerzo manual requerido en cada etapa del procesamiento.
- **Ahorro de Costos:** La reducción de pérdidas y la mejora en la eficiencia operativa resultarán en ahorros de costos significativos, estimados en un 15-25%.

C. Impacto Económico y Social

- **Beneficios Económicos:** Los productores de café verán un aumento en la rentabilidad debido a la mejora en la calidad y la reducción de pérdidas, lo que puede tener un impacto positivo en la economía local.
- **Sostenibilidad:** La optimización de los procesos de producción hará un uso más eficiente de los recursos, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles.
- **Transferencia de Tecnología:** La adopción de tecnologías avanzadas como AWS Greengrass y IoT puede impulsar la modernización de otras áreas de la agricultura, promoviendo la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector.

D. Desafíos y Consideraciones

- **Inversión Inicial:** La implementación de la tecnología requiere una inversión inicial significativa en sensores, dispositivos edge y configuración de AWS.
- **Capacitación:** Es necesario capacitar a los productores y trabajadores para el uso y mantenimiento de la nueva tecnología.
- **Mantenimiento y Soporte:** Asegurar el soporte técnico y el mantenimiento de los sistemas IoT y cloud es crucial para el éxito a largo plazo.

VI. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación de la solución en la nube para la optimización de la calidad del café utilizando AWS Greengrass, se han considerado los siguientes servicios y sus costos asociados:

- **AWS IoT Greengrass:**
 - Costo Inicial: 0.00 USD
 - Costo Mensual: 0.16 USD
 - Configuración: 1 dispositivo Greengrass Core, 1 periodo de actividad en minutos por mes.
- **Amazon CloudWatch:**
 - Costo Inicial: 0.00 USD
 - Costo Mensual: 0.90 USD
 - Configuración: 3 métricas (incluye métricas detalladas y personalizadas), 3 solicitudes GetMetricData, 1 solicitud GetMetricWidgetImage.
- **AWS IoT Analytics:**
 - Costo Inicial: 0.00 USD
 - Costo Mensual: 50.99 USD
 - Configuración: 1 dispositivo IoT (mensualmente), generación de datos por cada dispositivo (32 GB

Uplift cost
1.00 USD

Monthly cost
62.47 USD

Total 12 months cost
750.64 USD
Includes uplift cost

Get started for free

Contact Sales

My Estimate

First resource

Duplicate

Delete

Move to

Create group

Add support

Add resource

Service Name	Status	Uplift cost	Monthly cost	Description	Region	Config Summary
AWS IoT Greengrass	✓	0.00 USD	0.16 USD	Solución e...	US East L...	Number of greengrass core devices (1), Activity Period in minutes per month (1)
Amazon CloudWatch	✓	0.00 USD	0.90 USD	Solución e...	US East L...	Number of Metrics (includes detailed and custom metrics) (1), GetMetricData Number of metrics requested (2), GetMetricWidgetDimension...
AWS IoT Analytics	✓	0.00 USD	50.99 USD	Solución e...	US East L...	Number of IoT devices (monthly) (1), Data generation by each device (52 GB per month), Number of data pipelines (monthly) (1), Data s...
AWS IoT Core	✓	0.00 USD	0.42 USD	Solución e...	US East L...	Number of devices (MQTT) (1), Average size of each message (128 KB), Average size of each record (128 KB), Average size of each record...
Amazon SageMaker	✓	1.00 USD	10.00 USD	Solución e...	US East L...	Number of registered devices (1), Number of managed models (1)

Fig. 4. Enter Caption

por mes), 5 pipelines de datos (mensualmente), 1 conjunto de datos de consulta SQL, 1 conjunto de datos de salida de contenido.

• AWS IoT Core:

- Costo Inicial: 0.00 USD
- Costo Mensual: 0.42 USD
- Configuración: 1 dispositivo IoT (MQTT), tamaño promedio de cada mensaje (128 KB), tamaño promedio de cada registro (128 KB), tamaño promedio de cada reporte de dispositivo (1 MB).

• Amazon SageMaker:

- Costo Inicial: 1.00 USD
- Costo Mensual: 10.00 USD
- Configuración: 1 dispositivo registrado, 1 modelo gestionado.

El costo total estimado para la implementación de esta solución es de **750.64 USD** anuales, incluyendo costos iniciales y mensuales.

CONCLUSIONES

El análisis predictivo y la evaluación de impacto indican que la implementación de una solución basada en AWS Greengrass para optimizar los procesos de producción de café en Colombia tiene un gran potencial para mejorar la calidad del producto, aumentar la eficiencia operativa y proporcionar beneficios económicos significativos a los productores. Al mismo tiempo, es crucial considerar los desafíos asociados con la inversión inicial y la capacitación necesaria para garantizar una adopción exitosa y sostenible de la tecnología.

REFERENCIAS

[1] HISTORIA DEL CAFÉ DE COLOMBIA - Café de Colombia. (2021, 22 febrero). Café de Colombia. <https://www.cafedecolombia.com/particulares/historia-del-cafe-de-colombia/>

[2] GI, P. Q., & JG, E. M. (2015, 1 abril). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. <http://hdl.handle.net/10778/558>

[3] ¿Qué es AWS IoT Greengrass? - AWS IoT Greengrass. (s.f.).

https://docs.aws.amazon.com/es_es/greengrass/v1/developerguide/what-is-gg.html

[4] AWS IoT Core. (s.f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/iot-core/>

[5] Machine Learning: Amazon Web Services. (s.f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/sagemaker/>

[6] AWS IoT Analytics – Funcionamiento (3:01). (s.f.). [Vídeo]. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/iot-analytics/>

[7] Servicio de inteligencia empresarial — Amazon QuickSight — AWS. (s.f.). Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/quicksight/?amazon-quicksight-whats-new.sort-by=item.additionalFields.postDateTime&amazon-quicksight-whats-new.sort-order=desc>

[8] Introducción a Amazon CloudWatch. (s.f.-b). [Vídeo]. Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/cloudwatch/>