



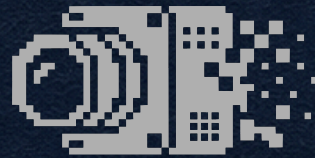
UTN
FRC

FACULTAD
REGIONAL
CÓRDOBA

PROYECTO FINAL 2026

Ingeniería en Sistemas de Información

5K4



SCA

SCA | SmartCheck-Automation

SmartCheck-Automation

Sistema de Supervisión Inteligente para Hornos Túnel basado en Industria 4.0

DATOS DEL PROYECTO

Fermar S.A. – Panificadora Industrial, Córdoba

Automatización Industrial / Inteligencia Artificial / IoT

INTEGRANTES

Benedetti, Angelo

81699

Dilewski, Ignacio Nicolás

97662

Chaile, Emmanuel Ricardo

89767

Gramaglia Sola, Santiago

90029

Gatica, Federico Sebastián

78733

Storello Chiofalo, Juan
Ignacio

85408

DOCENTES

Felipe Steffolani

María Natalia Jaime

SMARTCHECK-AUTOMATION

Benedetti, Angelo - Chaile, Emmanuel Ricardo - Dilewski, Ignacio Nicolás - Gatica, Federico Sebastián - Gramaglia Sola, Santiago - Storello Chiofalo, Juan Ignacio.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba

Abstract

La integración del Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) en la Industria 4.0 permitió optimizar procesos productivos y mitigar fallas operativas. En este trabajo se presentó SmartCheck-Automation, un sistema implementado en la panificadora industrial Fermal S.A. para erradicar las pérdidas económicas mensuales —estimadas en \$600 000 ARS— derivadas de errores humanos en el control de cocción. El objetivo principal fue automatizar la regulación de variables de fabricación y la inspección de calidad en hornos de túnel. La solución empleó una arquitectura de Edge Computing basada en Raspberry Pi, sensores industriales, cámaras y el modelo de visión por computadora YOLO, lo que permitió capturar, clasificar y etiquetar productos en tiempo real según su estado de cocción, además de alimentar un algoritmo de auto parametrización. Los resultados demostraron una detección inmediata de anomalías mediante alarmas físicas y la visualización de métricas de producción en un panel web que facilitó la toma de decisiones. Se concluyó que la solución eliminó la subjetividad del control manual, garantizó trazabilidad integral, redujo el desperdicio financiero y estableció un modelo tecnológico altamente escalable.

Palabras Clave

Solución de Negocio, Industria 4.0, Dispositivos IoT, Inteligencia Artificial, Merms, Control de Calidad, Edge Computing, YOLOv11, Dashboard Web.

Introducción

La transformación digital impulsada por la Industria 4.0 busca optimizar los procesos manufactureros mediante automatización y analítica en tiempo real. En la panificadora industrial Fermal S.A. (Córdoba, Argentina), la cocción continua

en hornos túnel de 40 metros representa la etapa crítica del proceso productivo. Actualmente, la parametrización térmica al ingreso depende de la configuración manual del operario y la inspección de calidad a la salida se realiza mediante auditorías visuales subjetivas. Esta dependencia del factor humano genera pérdidas económicas mensuales estimadas en \$600.000 ARS por merms de pan crudo o quemado, además de impedir una trazabilidad digitalizada de la producción.

Frente a alternativas tradicionales basadas en planillas manuales o sistemas de visión industrial propietarios de elevado costo —inviabiles para el sector PyME—, se propone *SmartCheck-Automation*. La solución integra *Edge Computing*, visión artificial con la red neuronal YOLOv11 e *Internet de las Cosas* (IoT) para identificar automáticamente el tipo de producto al ingresar al horno, aplicar la consigna térmica óptima sin intervención humana, clasificar la calidad a la salida y consolidar métricas clave (KPIs) en una plataforma web en la nube.

Elementos de Trabajo y Metodología

El desarrollo del proyecto se abordó mediante la metodología ágil Scrum, estructurando las actividades en iteraciones cortas. Se diseñó una arquitectura distribuida entre un entorno local (*Edge Computing*) y un servidor centralizado en la nube. En la planta industrial se instalaron nodos de procesamiento basados en placas Raspberry Pi 5 integradas con cámaras industriales y subsistemas de alarmas

físicas activadas. En el nodo de ingreso al horno túnel, un script en Python capturó imágenes sobre la cinta transportadora y ejecutó la red neuronal YOLOv11 para identificar la variedad de pan e imponderar la consigna técnica correspondiente. En el nodo de salida, la red clasificó cada unidad terminada en los estados correcto, crudo o quemado. Con el fin de optimizar el procesamiento en el borde, se aplicó un redimensionamiento matricial de video mediante OpenCV y un esquema de multi procesamiento concurrente en Python. La interfaz técnica de mantenimiento local se construyó en PySide 6 bajo el enfoque de Arquitectura Limpia. Por otra parte, en la capa central se desarrolló una API en Golang con arquitectura por capas, encargada de recibir la telemetría mediante protocolos HTTP y MQTT, gestionando la autenticación delegada con Google OAuth 2.0. La información histórica se almacenó en una base de datos PostgreSQL, mientras que la plataforma gerencial se implementó con Next.js desplegada en Vercel para visualizar métricas en tiempo real. Toda la infraestructura backend se empaquetó en contenedores Docker para estandarizar los entornos de ejecución.

Resultados

La puesta en marcha de *SmartCheck-Automation* en la línea de cocción de Fermar S.A. consolidó la automatización integral del proceso de horneado mediante el despliegue del lazo de control de doble nodo. Se logró la identificación autónoma del tipo de producto al ingreso de la cinta transportadora, enviando de forma instantánea la parametrización de temperatura y velocidad correspondiente a los quemadores del horno túnel.

A la salida de la línea, la red neuronal YOLOv11 clasificó continuamente cada unidad terminada en los estados *correcto*, *crudo* o *quemado*, alcanzando una precisión de detección superior al 90% sobre las variedades de panificados de la planta. Ante la presencia

reiterada de piezas defectuosas por encima del umbral tolerable, el subsistema local activó de manera automática las alertas sonoras y luminosas en fábrica en menos de 3 segundos, permitiendo una intervención operativa inmediata antes de generar desperdicios masivos de materia prima.

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que la integración de redes neuronales convolucionales (YOLOv11) en dispositivos de borde (*Edge Computing*) constituye una solución técnicamente robusta y económicamente viable para la industria alimenticia. Al comparar esta propuesta con los métodos tradicionales basados en planillas manuales y controles de calidad visuales, *SmartCheck-Automation* elimina por completo la subjetividad del operario y previene la propagación de lotes defectuosos en hornos de gran escala.

En términos de rendimiento del hardware, la combinación de una Raspberry Pi 5 con la librería OpenCV en Python y un esquema de multiprocesamiento permite alcanzar tiempos de respuesta satisfactorios, compitiendo favorablemente contra arquitecturas industriales cerradas de mayor costo. Asimismo, la separación de responsabilidades entre la nube (Go, Next.js) y el borde (Python, PySide6) asegura la operatividad local ante eventuales caídas en la conexión a internet.

No obstante, se identifican restricciones en el alcance del proyecto. La identificación automática se limita estrictamente a las 6 variedades de pan predefinidas y la clasificación de calidad cubre tres estados térmicos, excluyendo dimensiones físicas o contaminantes externos. Adicionalmente, por razones de seguridad en planta, el sistema opera como un lazo de alerta y recomendación térmica; no ejecuta una parada física de emergencia

de la cinta transportadora (*interlock*), responsabilidad que permanece a cargo del personal técnico.

Conclusión

El desarrollo de SmartCheck-Automation demostró superar con creces las expectativas sobre la utilidad de integrar arquitecturas Edge Computing con Inteligencia Artificial, resultando como una solución viable y altamente efectiva para la optimización de procesos en la industria 4.0. Se logró el objetivo principal planteado: automatizar el primer control de calidad y la configuración de los parámetros del horno de túnel para Fermar S.A, reduciendo así el error humano. Por otro lado, desde una perspectiva económica y operativa, el despliegue del modelo YOLO sobre dispositivos de bajo costo (Raspberry Pi) probó ser capaz de procesar inferencias en tiempo real con la robustez necesaria para el entorno industrial. Esto permitió transformar el proceso productivo lo suficiente para que el control de calidad abandone la subjetividad y migre a uno objetivo, continuo y basado en datos.

Finalmente, la arquitectura propuesta sentó un precedente de modernización tecnológica dentro de la organización. Al garantizar una trazabilidad total a través del sistema y lograr así una retroalimentación, el proyecto no solo resolvió una problemática puntual y económica, sino que estableció un modelo base escalable. Como lineamiento de trabajo futuro, esta infraestructura significa una base para comenzar a extender la modernización tecnológica en otras líneas de producción, integrar algoritmos predictivos de mantenimiento o implementarlo en otras plantas.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias y amigos por su constante acompañamiento y apoyo durante todo este proceso. Un especial reconocimiento a los profesores por su dedicación en nuestra formación académica, en particular al Ing. Felipe Steffolani por

su guía y colaboración clave en este proyecto final. Finalmente, expresamos nuestra gratitud al personal y directivos de Fermar S.A. por la confianza depositada en nosotros para el desarrollo de esta solución.

Referencias

- [1] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, y A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," en *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 779-788.
- [2] Ultralytics, "YOLOv11 Architecture and Usage Documentation," 2024. <https://docs.ultralytics.com>. [Accedido: mayo de 2026].
- [3] Vercel, "Next.js Documentation," 2026. <https://nextjs.org/docs>. [Accedido: mayo de 2026].
- [4] Go Team, "Documentation - The Go Programming Language," 2026. <https://go.dev/doc/>. [Accedido: mayo de 2026].
- [5] Raspberry Pi Foundation, "Raspberry Pi 5 Hardware Specifications," 2023. <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>. [Accedido: mayo de 2026].

Datos de Contacto:

Benedetti, Angelo. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. angelo.benedetti2910@gmail.com

Chaile, Emmanuel Ricardo. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. 3mmanuelch@gmail.com

Dilewski, Ignacio Nicolás. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. ignaciodilewski@gmail.com

Gatica, Federico Sebastián. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. gaticafederico4@gmail.com

Gramaglia Sola, Santiago. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. santigs211@gmail.com

Storello Chiofalo, Juan Ignacio. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba. nachochiofalo@gmail.com

AÑO	2026	CURSO Y NRO DE GRUPO	5K4 -G19
NOMBRE DEL SISTEMA / PROYECTO			
SmartCheck-Automation			
CATEGORÍA (Solución de Negocio / Producto / Proyecto de Impacto Social)			
Solución de Negocio			
HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS DE TRABAJO UTILIZADAS			
ÁMBITO DE APLICACIÓN	NOMBRE Y VERSIÓN		
ENTORNO DE DESARROLLO	Antigravity IDE - Visual Studio Code - OpenCode		
REPOSITORIOS Y VERSIONADO	GitHub - Google Drive		
PROGRAMACIÓN	GoLang - Python - NextJs		
BASE DE DATOS	PostgreSQL		
COMUNICACIÓN INTERNA	Whatsapp - Discord - Google Meet		
CAPACITACIÓN	Youtube - Documentación Oficial - Inteligencia Artificial		
PRUEBAS DE SISTEMA	Postman		
GESTIÓN DE PROYECTO	Jira		
DOCUMENTACIÓN	Google Docs - Google Drive		
MODELOS	Miro - Draw.io - Figma		