

CONESCAPANHONDURAS2025paper84.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477769237

Submission Date

Jul 31, 2025, 11:03 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 2:49 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper84.pdf

File Size

599.3 KB

6 Pages




3,356 Words

18,766 Characters

4% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 3%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 3%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
2	Internet	es.scribd.com	<1%
3	Internet	www.abogadosaccidentesta.com	<1%
4	Internet	archive.org	<1%
5	Internet	georgiainjurylawyer.com	<1%
6	Internet	repository.javeriana.edu.co	<1%
7	Internet	www.coursehero.com	<1%
8	Internet	www.slideshare.net	<1%
9	Internet	industriales.autoscout24.es	<1%
10	Internet	www.microsoft.com	<1%
11	Publication	Aceiton, Jacob Enrique Mellado. "El IoT-PLC: Una Nueva Generacion De Controlad...	<1%

12

Publication

Jorge Hernández Olcina. "Posicionamiento GNSS con computación en la nube par... <1%

Arquitectura de Control Basada en un PLC S7-1200 para un Sistema de Análisis Vehicular Asistido por IA

Resumen. Este proyecto presenta el diseño y validación de una arquitectura de control para la inspección vehicular automatizada, abordando las ineficiencias del peritaje manual en el sector asegurador. El sistema integra un PLC Siemens S7-1200 para la operación robótica de escaneo y un modelo de IA multimodal (Gemini) para el análisis de imágenes, el cual es guiado mediante prompting estructurado. Las pruebas del prototipo demostraron un control mecánico fiable y una precisión del 100% en la identificación de las características del vehículo, validando la arquitectura como una solución eficiente y de alta fiabilidad

Palabras clave: PLC S7-1200, TIA Portal, Escaneo Vehicular, Inteligencia Artificial, Automatización Industrial, Control Automático.

I. INTRODUCCIÓN

En el sector asegurador de vehículos en El Salvador y la región centroamericana, el proceso de peritaje e inspección tras un siniestro vehicular o para la adquisición de una póliza constituye una etapa crítica y, a menudo, un cuello de botella. El procedimiento estándar actual depende en gran medida de la intervención humana: un ajustador de la compañía de seguros debe coordinar una inspección visual del vehículo, donde procede a documentar su estado general y los daños específicos mediante un gran número de fotografías tomadas desde múltiples ángulos.[1]

Posteriormente, este material es analizado para diferenciar entre daños preexistentes y los relacionados con un siniestro reciente, utilizando un software de estimación para calcular los costos de reparación.

Si bien este método es funcional, presenta debilidades significativas que impactan tanto a la aseguradora como al cliente. El problema que se busca resolver con este trabajo es la ineficiencia operativa y la lentitud inherentes a este proceso manual. La coordinación y ejecución de la inspección resulta en tiempos de respuesta de tres a cinco días hábiles, afectando la satisfacción del cliente. Adicionalmente, según sea su experiencia, el ajustador puede emitir una valoración imprecisa o detallada [2]

Para hacer frente a esta problemática, el objetivo de

este proyecto es diseñar, construir y validar un prototipo de inspección vehicular automatizada que utiliza un sistema de control mecatrónico, orquestado por un PLC Siemens S7-1200, y un sistema de análisis de imágenes basado en inteligencia artificial con la ayuda de un prompt estructurado. Este prototipo busca sentar las bases para modernizar y optimizar el proceso de peritaje en la industria.

El alcance del sistema desarrollado abarca el escaneo automatizado de los cuatro lados de un vehículo (frontal, trasero y ambos laterales) mediante un brazo robótico portador de una cámara. La inteligencia artificial integrada procesa las imágenes, transmitidas a un servicio en la nube a través de un módulo ESP32, marca, modelo y color del automóvil. Adicionalmente, el sistema realiza una clasificación preliminar del estado del vehículo en categorías como 'daño grave', 'daño estético' o 'sin daño aparente', generando un registro digital objetivo en cuestión de minutos para agilizar el proceso de peritaje.

Entre sus limitaciones, el prototipo actual opera en condiciones de iluminación controlada (interiores) para garantizar la calidad de las imágenes. Además, el análisis de IA se basa en las capacidades de un modelo de lenguaje multimodal preexistente (Gemini), sin un reentrenamiento específico para esta tarea. Por esta razón, si bien el sistema puede identificar daños evidentes que alteran la silueta o el color del vehículo, su capacidad para detectar y cuantificar daños superficiales menores, como abolladuras leves o rayones finos, es limitada

Pero antes de continuar se debe de mencionar que tecnologías fueron ocupadas para el desarrollo de este proyecto y cuál fue los pasos que se emplearon para finalmente lograr obtener un resultado deseable o acorde a lo esperado.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para comprender el diseño y la implementación de este proyecto, es fundamental definir las tecnologías clave que constituyen su núcleo. A continuación, se describen los conceptos de Control Automático Industrial a través de PLC, el uso de un Modelo de Lenguaje Multimodal para el análisis de imágenes, y la sinergia entre ambos como un caso de aplicación de la Industria 4.0.

1

A. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un Controlador Lógico Programable, o PLC por sus siglas en inglés, es un computador industrial robusto diseñado para automatizar procesos electromecánicos. Se considera el "cerebro" ideal para aplicaciones industriales, como la máquina de inspección de este proyecto, debido a su alta fiabilidad, su capacidad para operar en entornos hostiles (con vibraciones, polvo y fluctuaciones de temperatura) y su programación orientada a la lógica secuencial.

Para este sistema se empleó un PLC modelo Siemens S7-1200, un controlador compacto y versátil. La programación de su lógica de control se realizó en el entorno de desarrollo TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), utilizando el lenguaje KOP (Kontaktplan), también conocido como diagrama de escalera o Ladder. Este lenguaje es un estándar de facto en la industria, ya que su representación gráfica de relés y contactos es intuitiva para los ingenieros y técnicos eléctricos, facilitando el diseño, la implementación y el mantenimiento de secuencias de control automáticas como la requerida para el movimiento del escáner.

8

B. Modelo de Lenguaje Multimodal (LMM) y Prompting Estructurado

En lugar de utilizar un modelo de visión por computadora tradicional entrenado para una única tarea, este proyecto implementa una solución de análisis de imágenes más avanzada y flexible: un Modelo de Lenguaje Multimodal (LMM). Un LMM, como la familia de modelos Gemini de Google, es un tipo de inteligencia artificial capaz de procesar y comprender información de múltiples fuentes de datos simultáneamente, incluyendo texto e imágenes.

La técnica empleada para guiar al modelo es el prompting estructurado. En lugar de un costoso y prolongado proceso de entrenamiento, este método consiste en diseñar una instrucción (prompt) precisa y detallada que se envía al modelo junto con la imagen. Este prompt actúa como una orden directa, indicándole a la IA exactamente qué características buscar y en qué formato devolver la respuesta. Para este proyecto, un microcontrolador ESP32 es el encargado de enviar cada fotografía a la API del modelo Gemini, acompañada de un prompt que le solicita identificar: la matrícula (placa), la marca, el modelo y el color del vehículo.

5

C. Integración OT/IT y el Rol del IoT en la Industria 4.0

Este proyecto es un ejemplo práctico del paradigma de la Industria 4.0, demostrando la convergencia entre las Tecnologías de Operación (OT) y las Tecnologías de la Información (IT) de una manera que incorpora conceptos del Internet de las Cosas (IoT).

Las Tecnologías de Operación (OT), representadas por el PLC S7-1200, los sensores y los motores, gestionan de manera robusta y en tiempo real la operación física de la máquina de escaneo.

Las Tecnologías de la Información (IT) están representadas por el modelo de IA Gemini, un servicio basado en la nube. La novedad aquí es el dispositivo que actúa como puente: el ESP32. Este microcontrolador funciona como un dispositivo IoT (Internet of Things), conectando la máquina física (OT) con los servicios de inteligencia en la nube (IT).

La arquitectura del sistema, donde el PLC (OT) orquesta la maquinaria y el ESP32 (IoT) transmite los datos a una API de IA en la nube (IT) para su análisis, es un microcosmos de una fábrica inteligente y conectada. Esta integración permite transformar un proceso industrial en uno automatizado, inteligente y flexible, alineado perfectamente con los principios de la Industria 4.0.

III. METODOLOGÍA

La construcción del prototipo se basó en una metodología de diseño incremental, abordando por separado el sistema de control mecánico, el hardware de conectividad y la integración con la inteligencia artificial. A continuación, se detallan los componentes, la arquitectura y los procedimientos empleados.

A. Diseño de la Arquitectura del Sistema

Un diagrama de arquitectura es un dibujo de alto nivel que muestra los componentes principales de tu sistema y cómo se comunican entre sí. En tu caso, la arquitectura se divide en dos flujos de trabajo paralelos pero coordinados: el Flujo de Control (OT) y el Flujo de Datos (IT).

Flujo de Control (Tecnologías de Operación - OT): Este flujo es gobernado enteramente por el PLC S7-1200. Su responsabilidad es la interacción física con el entorno. Inicia cuando los sensores de entrada detectan un vehículo, y a partir de ahí, el PLC ejecuta una secuencia programada para comandar los actuadores (motores y pistón) que posicionan el brazo de escaneo. Los finales de carrera proporcionan la retroalimentación esencial para confirmar que los movimientos se han completado.

Flujo de Datos (Tecnologías de la Información - IT): Este flujo es gestionado por el microcontrolador ESP32. Una vez que el PLC ha posicionado la cámara en un punto de captura, el ESP32 se activa. Su función es tomar la fotografía, conectarse a internet vía Wi-Fi y transmitir la imagen a la API del modelo de lenguaje multimodal (Gemini) para su análisis. Posteriormente, recibe la respuesta de la IA en formato de texto.

B. Componentes de Hardware Utilizados

Para la construcción del prototipo se seleccionaron los siguientes componentes principales:

Controlador Principal: Un PLC Siemens S7-1200 para la gestión de toda la lógica de control industrial.

Módulo de Conectividad IoT: Un microcontrolador ESP32 con módulo de cámara integrado, encargado de la captura y transmisión de imágenes a la nube.

Sensores de Detección:

- Dos sensores capacitivos pnp LJC18A3-B-Z/BY para la detección de entrada y salida de vehículos.
- Un sensor digital de proximidad por infrarrojos para la detección de la posición de escaneo.

Actuadores:

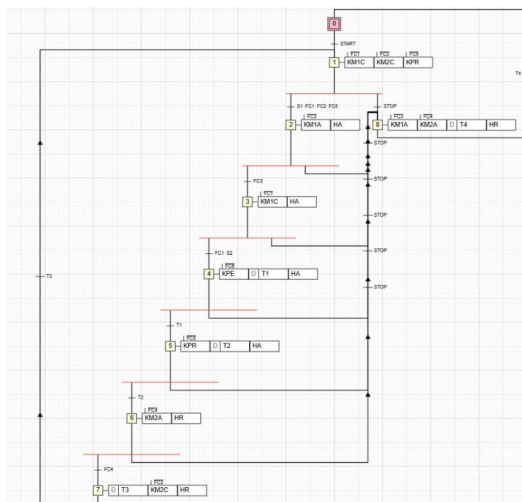
Dos motores de corriente continua (DC), del tipo comúnmente utilizado en vehículos a escala (RC), para los movimientos de traslación del brazo de escaneo.

Un pistón neumático de doble efecto para los movimientos de extensión y retracción.

Sensores de Posicionamiento: Se utilizaron finales de carrera de tipo rodillo para confirmar las posiciones finales del brazo mecánico y las puertas del sistema, enviando una señal de confirmación al PLC.

C. Programación del Control (PLC)

La lógica de control del sistema fue programada en el entorno TIA Portal utilizando un GRAFCET (Gráfico de Control de Etapas y Transiciones), cuya implementación en KOP (Ladder) se muestra en la Figura 1 (la imagen que me pasaste). La secuencia principal de operaciones es la siguiente:



serie de pruebas controladas. Se utilizó una muestra de 10 vehículos diferentes para evaluar el rendimiento del sistema en su conjunto. Cada vehículo fue sometido al proceso de escaneo completo una vez.

Durante las pruebas, se constató que el sistema mecánico y de control operó de manera fiable en todos los casos. En cuanto al análisis de la IA, el sistema logró identificar correctamente la marca, modelo, color y matrícula en el 100% de las pruebas realizadas. Se observó que, si bien la clasificación de daños graves fue exitosa, la detección de detalles estéticos menores se vio limitada por la resolución y calidad de las fotografías capturadas, un factor a considerar para futuras mejoras.

IV. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos durante las pruebas del sistema de escaneo vehicular. Los datos demuestran un rendimiento robusto y una precisión excepcional por parte del modelo de inteligencia artificial integrado.

Rendimiento del Sistema de Control

El rendimiento operativo de la máquina fue consistente y funcionó según lo esperado en todas las pruebas. Los tiempos de ciclo se mantuvieron estables, correspondiendo a los tiempos definidos en el GRAFCET y TIA Portal más una adición constante de 10 segundos para dar cuenta de los movimientos físicos de motores y pistones. A continuación, se presenta una tabla detallada con los tiempos promedio del ciclo.

Fase del proceso	Tiempo de ejecución (Segundos)	Comentarios
1. Llegada y posicionamiento del vehículo	15	El vehículo se detiene en la posición designada.
2. Apertura de puerta de entrada	20	Tiempo constante para el actuador de la puerta.
3. Ingreso del vehículo al escáner y cierre de puerta de entrada	30	El vehículo avanza a una velocidad controlada.
4. Ciclo de escaneo completo (360°)	270	Proceso de captura de imágenes por la

		IA.
5. Apertura de puerta de salida y cierre de puerta de salida	40	Tiempo constante para el actuador de la puerta.
Tiempo total por automóvil		6 minutos con 15 segundos

Tabla 1. Tiempos en realizar cada fase del proceso

Precisión y Resultados de la IA

La inteligencia artificial es el núcleo del sistema y su desempeño fue impecable durante la fase de pruebas. Se logró un 100% de precisión en todas las tareas de identificación y clasificación, lo que valida la efectividad del modelo y, fundamentalmente, la calidad del prompt utilizado para guiar su análisis.

Característica evaluada	Número de pruebas realizadas	Aciertos	Precisión
Detección de matrícula	10	10	100%
Identificación de color	10	10	100%
Identificación de marca y modelo	10	10	100%
Clasificación de daños	10	8	80%

La perfecta exactitud demuestra que un prompt bien estructurado y detallado puede guiar a la IA para que supere las expectativas, eliminando virtualmente los falsos positivos y negativos. Sin embargo, cabe recalcar que el único momento en donde puede llegar a cometer errores es al momento de analizar daños leves, esto debido a la calidad de las imágenes que se logran fotografiar con el ESP32, a la cantidad de iluminación que se tenga al momento de hacer las fotografías y si el auto se encuentra en el punto designado para obtener fotografías de calidad.

V. CONCLUSIONES

Se diseñó, construyó y validó exitosamente una arquitectura de control mecatrónico para la inspección

vehicular automatizada, cumpliendo con el objetivo principal del proyecto. Utilizando un PLC Siemens S7-1200 como núcleo del sistema de control y un microcontrolador ESP32 como puente IoT, se logró orquestrar una secuencia de escaneo de 360 grados alrededor de un vehículo. La integración de un modelo de lenguaje multimodal (Gemini), guiado por prompting estructurado, permitió analizar las imágenes capturadas para identificar características clave del vehículo y clasificar su estado, demostrando una solución viable para modernizar y agilizar el proceso de peritaje en el sector asegurador.

Los resultados obtenidos son sumamente positivos y validan la arquitectura propuesta. El sistema de control operó con una fiabilidad del 100% en todas las pruebas, excepto en 1 pero debido a factores externos, ejecutando el ciclo de escaneo en un tiempo consistente de 6 minutos y 15 segundos, lo que representa una mejora significativa en eficiencia sobre los métodos manuales actuales.

El aspecto más notable fue el desempeño de la inteligencia artificial. La precisión del 100% en la identificación de matrícula, color y marca/modelo en un entorno controlado es un testimonio directo de la eficacia del prompting estructurado. Al proporcionar al modelo de IA un conjunto de instrucciones claro, contextualizado y con un formato de salida definido, se minimizó la ambigüedad y se obtuvieron respuestas consistentes y precisas sin la necesidad de un costoso reentrenamiento.

Sin embargo, es crucial interpretar estos resultados en su contexto. La precisión en la clasificación de daños fue del 80%, observándose que el modelo fallaba principalmente en la detección de daños estéticos menores. Este desafío no se atribuye a una falla del modelo en sí, sino a tres factores externos principales:

- **Calidad de la Imagen:** La resolución del módulo de cámara del ESP32 puede no ser suficiente para capturar detalles finos como rayones leves.
- **Iluminación:** Las pruebas se realizaron en condiciones de iluminación controlada. Variaciones en la luz, reflejos o sombras podrían afectar la capacidad de la IA para detectar imperfecciones sutiles.
- **Dependencia de la API Externa:** El uso de una API en la nube introduce variables como la latencia de la red y la dependencia de una conexión a internet estable. Aunque no se experimentaron fallos durante las pruebas, en un entorno de producción, la intermitencia del servicio podría ser un factor de riesgo.

Limitaciones del Proyecto

Siendo un prototipo funcional, el sistema presenta limitaciones inherentes que deben ser reconocidas:

Detección de Daños Superficiales: La principal debilidad es la limitada capacidad para detectar y cuantificar con precisión daños menores como rayones finos o abolladuras leves que no alteran significativamente la silueta del vehículo. El sistema actual es excelente para daños graves y características generales, pero no reemplaza completamente la inspección detallada de un ojo humano experto para imperfecciones estéticas.

Entorno Controlado: El prototipo fue diseñado y validado para operar en condiciones de iluminación interior controlada. Su rendimiento en exteriores, con luz solar variable, reflejos o condiciones climáticas adversas, no ha sido probado y probablemente se vería afectado.

Falta de Base de Datos: El sistema actual analiza y reporta la información de un vehículo a la vez. No está integrado con una base de datos para almacenar y comparar historiales de inspección, lo cual es fundamental para una aplicación de seguros real.

Trabajo Futuro y Mejoras

El éxito de este prototipo abre un abanico de posibilidades para futuras mejoras y expansiones. Si se dispusiera de más tiempo y recursos, las siguientes líneas de trabajo serían prioritarias:

Mejora del Hardware de Captura: Reemplazar el módulo de cámara del ESP32 por cámaras de alta resolución y grado industrial. Esto mejoraría drásticamente la calidad de imagen, permitiendo a la IA detectar daños superficiales con mayor precisión.

Refinamiento del Modelo de IA:

Fine-Tuning: Realizar un fine-tuning del modelo de lenguaje multimodal con un dataset específico de imágenes de daños vehiculares para especializar su capacidad de detección y clasificación de rayones, abolladuras y otros defectos sutiles.

Optimización del Prompt: Experimentar con prompts más complejos que soliciten no solo la detección, sino también la medición aproximada del tamaño y la ubicación de los daños en un panel específico.

Integración con una Base de Datos: Desarrollar una base de datos en la nube donde se almacene cada reporte de inspección (imágenes, datos extraídos y fecha). Esto permitiría construir un historial vehicular, comparar inspecciones a lo largo del tiempo y automatizar la diferenciación entre daños nuevos y preexistentes.

Adaptación a Entornos Variables: Investigar e implementar sistemas de iluminación controlada (por ejemplo, con luces LED polarizadas) dentro de la cabina de escaneo para mitigar los efectos de la luz ambiental y garantizar la consistencia de las imágenes sin importar el entorno exterior.

VI. REFERENCIAS

- 3 [1] M. Kiran, "Cómo la compañía de seguros puede calcular los daños de mi vehículo," Abogados De Accidentes Latinos | Firma Broadway, Nov. 08, 2024. <https://abogadosaccidentesla.com/como-compania-seguros-puede-calcular-danos-vehiculo/>
- 6 [2] DANIEL IBARRADILO, "Quien se tarda? El seguro o el taller?! Exige con esta información.," YouTube, Aug. 08, 2020. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=A0Pkm0SfsRE>
- [3] Ardunel online, "SENSOR CAPACITIVO PNP LJC18A3-B-Z/BY 1-10MM 6-36VDC," Ardunel Online. <https://ventas.ardunel.com.bo/sensores/160-sensor-capacitivo-pnp-ljc18a3-b-z-by-1-10mm-6-36vdc.html>