

Diseño de un sistema de detección de Equipos de Protección Personal en el taller de la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila mediante Inteligencia Artificial para simulaciones en Seguridad Industrial**Design of a Personal Protective Equipment detection system in the Industrial Mechanics program at the Tsáchila Higher Technological Institute using Artificial Intelligence for Industrial Safety simulations**

Raffo Quiñonez Silvana Elizabeth, Vera Borrero José Andrés, Ing. Luis Paul Núñez Naranjo.

PUNTO CIENCIA

Julio - diciembre, V°6 - N°2; 2025

Recibido: 30-06-2025

Aceptado: 01-07-2025

Publicado: 30-12-2025

PAIS

- Santo Domingo de los Tsáchilas
- Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas
- Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas
- Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas

INSTITUCION

- Instituto Superior Tecnológico Tsá' Chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsá' Chila
- Instituto Superior Tecnológico Tsá' Chila

CORREO:

- ✉ silvanaraffoquinonez@tsachila.edu.ec
- ✉ joseveraborrero@tsachila.edu.ec
- ✉ luisnunez@tsachila.edu.ec

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-8349-2371>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0006-8141-4716>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-6768-0341>

FORMATO DE CITA APA.

Raffo, S. Vera, J. Núñez, L. (2025). Diseño de un sistema de detección de Equipos de Protección Personal en el taller de la carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila mediante Inteligencia Artificial para simulaciones en Seguridad Industrial. *Revista G-ner@ndo*, V°6 (N°1.), p. 69 - 88.

Resumen

El presente trabajo de titulación abordó la necesidad de fortalecer y mejorar los sistemas de seguridad industrial mediante el uso de tecnologías emergentes, específicamente frente a las limitaciones de la supervisión tradicional del uso de Equipos de Protección Personal (EPP), que ha demostrado ser ineficiente en ambientes críticos para la seguridad. El objetivo fue diseñar un sistema automatizado para la detección del uso correcto de EPP, aplicando visión por computadora como una herramienta de inteligencia artificial en ambientes simulados. La metodología empleada fue de tipo descriptiva, con enfoque mixto, sustentada en el análisis documental, la observación directa y el desarrollo de un sistema entrenado con aprendizaje profundo. Se incorporaron tecnologías como cámaras de video de computador y algoritmos de detección, lo cual permitió un reconocimiento en tiempo real y la generación de alertas preventivas. Los resultados demostraron una mejora significativa en la identificación del incumplimiento del uso de EPP, facilitando una respuesta inmediata y la reducción de incidentes en simulaciones. Se concluyó que la aplicación de inteligencia artificial en los protocolos de seguridad industrial no solo aumenta la eficiencia operativa, sino que representa un avance significativo en la construcción de ambientes laborales más seguros, predecibles y sostenibles. Se recomienda su implementación progresiva en organizaciones con altos niveles de exposición a riesgos físicos o mecánicos.

Palabras Clave: Inteligencia artificial, visión por computadora, equipos de protección personal, seguridad industrial, aprendizaje profundo, prevención de riesgos.

Abstract

This degree project addressed the need to strengthen and improve industrial safety systems through the use of emerging technologies, specifically in response to the limitations of traditional supervision of Personal Protective Equipment (PPE) usage, which has proven inefficient in safety-critical environments. The objective was to design an automated system to detect the correct use of PPE by applying computer vision as a tool of artificial intelligence in simulated environments. The methodology used was descriptive, with a mixed approach, supported by documentary analysis, direct observation, and the development of a system trained with deep learning. Technologies such as computer video cameras and detection algorithms were incorporated, enabling real-time recognition and the generation of preventive alerts. The results showed a significant improvement in the identification of non-compliance with PPE usage, facilitating immediate response and reducing incidents during simulations. It was concluded that the application of artificial intelligence in industrial safety protocols not only increases operational efficiency but also represents a significant step toward the construction of safer, more predictable, and sustainable work environments. Its progressive implementation is recommended in organizations with high exposure to physical or mechanical risks.

Keywords: Artificial intelligence, computer vision, personal protective equipment, industrial safety, deep learning, risk prevention.

Introducción

En el ámbito de la seguridad industrial, el uso adecuado y correcto de los Equipos de Protección Personal (EPP) es primordial para minimizar riesgos y garantizar la integridad de los trabajadores. Sin embargo, la supervisión de su adecuada implementación durante capacitaciones y simulaciones suele realizarse mediante métodos manuales, lo que puede llevar a una falsa realidad, y una menor eficiencia en la identificación de incumplimientos, exponiendo a riesgos reales al trabajador. En este contexto, el avance de la inteligencia artificial (IA) y la visión por computadora presenta nuevas oportunidades y alcances para mejorar y optimizar la detección y evaluación del uso de EPP en tiempo real, permitiendo así una supervisión automatizada, más clara y objetiva.

En este sentido, un sistema basado en inteligencia artificial nos permite no solo identificar de forma visual si los trabajadores están cumpliendo utilizando el EPP de manera correcta, sino también analizar patrones de comportamiento, comprobar el cumplimiento de protocolos específicos y generar reportes automáticos sobre eventuales incumplimientos. Además, la incorporación de sensores y cámaras inteligentes en los entornos de simulación puede facilitar la recolección de datos relevantes para entrenar algoritmos de aprendizaje automático, mejorando continuamente la precisión del sistema. Dicho enfoque no solo disminuye la carga laboral de los supervisores, sino que también contribuye a estandarizar los procesos de evaluación, eliminando subjetividades y garantizando una mayor transparencia. Esto resulta especialmente valioso en escenarios donde el tiempo de respuesta ante un error crítico puede marcar la diferencia en materia de prevención. Asimismo, el uso de inteligencia artificial (IA) puede adaptarse a diferentes tipos de simulaciones y actividades industriales, proporcionando una herramienta de fácil operación y escalable. Todo ello apunta a un objetivo fundamental: aumentar la seguridad operativa mientras se refuerzan las estrategias educativas en la formación de los futuros profesionales de la industria.

Existe la necesidad de mejorar los procesos de verificación del uso de equipos de protección personal (EPP) durante simulaciones de seguridad industrial, evitando las limitaciones de la supervisión manual y reduciendo la posibilidad de errores humanos. Por lo tanto, la interrogante que se plantea: ¿Cómo puede un sistema basado en inteligencia artificial optimizar la detección del uso correcto de los equipos de protección personal en simulaciones de seguridad industrial, mejorando la precisión y eficiencia de la supervisión? Con este enfoque, se busca fortalecer las estrategias preventivas y maximizar los estándares de seguridad mediante el uso de tecnología avanzada en la Carrera de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila.

El uso adecuado del EPP es una parte vital y fundamental de la seguridad en el ambiente de trabajo, de forma particular en entornos laborales peligrosos donde la seguridad de los trabajadores está en riesgo. Sin embargo, en la formación y simulación, la verificación del uso correcto de estos instrumentos a menudo se determina mediante inspecciones tradicionales, lo que resulta en una falta de precisión, eficiencia y seguimiento.

Con este propósito, los avances recientes con el uso de inteligencia artificial (IA) y, particularmente, en visión por computadora permiten la optimización de estos procesos de manera novedosa. Gracias a estas nuevas herramientas, es posible crear y diseñar un sistema automático para la verificación del uso adecuado de los Equipos de Protección Personal que ofrece objetividad y refuerzo a las medidas de prevención en el trabajo de seguridad industrial.

Este es un método que no solo puede contribuir a la reducción de riesgos en el lugar de trabajo, sino también a la imposición y regulación del control, disseminación e introducción de buenas prácticas en el entorno laboral de una manera más eficiente. Después de todo, la automatización intensificada del control de Equipos de Protección Personal junto con la Inteligencia Artificial (IA), es simplemente un siguiente nivel de digitalización y nivel de seguridad para cada industria. Además, baja el criterio del servidor, es económicamente barato, así como valioso operativamente establecer un sistema de IA y automatización para la seguridad industrial.

Como consecuencia, el manual de inspección y los recursos humanos podrían centrarse en trabajos de mayor valor añadido, y los errores de operación y trabajos peligrosos pueden minimizarse.

Además, estos pueden combinarse con tecnologías existentes, como sistemas de monitoreo y plataformas de análisis de datos, para crear informes integrales e indicadores clave de rendimiento (KPIs) en tiempo real. Esto crea un lugar de trabajo más seguro, más inteligente y más fácil, continuando demostrando que las industrias priorizan la seguridad de los trabajadores y la operatividad. Por último, pero no menos importante, el efecto beneficioso de tales desarrollos se refleja en el cumplimiento de estándares internacionales y la buena imagen de la industria, características de otros sectores que también adoptan dichas tecnologías. Al introducir IA, no se trata solo de desempeñar un papel de liderazgo en seguridad en la industria, también existe un deber social de crear entornos de trabajo más seguros y navegar el camino hacia la seguridad de una manera más empática y por algún tiempo en adelante.

La investigación y la creación sobre la aplicación de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (IA), en procesos de capacitación y simulación industrial nace del interés por familiarizarse con nuevas herramientas que optimicen la seguridad laboral y refuercen las prácticas empresariales. En un entorno donde la prevención de riesgos es una prioridad, el uso de IA para automatizar la detección del equipo de protección personal (EPP) introduce una mejora significativa con impactos medibles.

En un enfoque teórico y práctico, esta investigación no solo impulsa el desarrollo tecnológico, sino que también realza y prioriza la importancia de contar con evaluaciones precisas y automatizadas para reducir la posibilidad de errores humanos.

Desde el punto de vista de su utilidad, los principales beneficiarios de esta investigación comprenden organizaciones pertenecientes al ámbito industrial, trabajadores expuestos a riesgos laborales, Instituciones académicas y profesionales encargados de supervisar la seguridad ocupacional. Con la creación de este sistema tecnológico no solo mejora los procesos

internos, sino que también contribuye a crear entornos de trabajo más seguros y eficientes y a entender la importancia de la seguridad y el impacto puede llegar a ser significativo, pues al garantizar un monitoreo claro, objetivo y constante del uso de Equipos de Protección Personal (EPP), se incentiva a una cultura de prevención basada en datos comprobables. Esto fortalece la conciencia sobre la seguridad laboral y facilita la adopción de acciones más rigurosas en las distintas industrias.

La factibilidad de la creación de este sistema es alta, ya que las herramientas de IA para el reconocimiento de imágenes y automatización de procesos están en constante evolución y crecimiento siendo cada vez más accesibles. Con una adecuada planificación, organización e inversión, es viable implementar soluciones que evolucionen la manera de gestionar los riesgos laborales y mejoren la protección de los trabajadores.

Métodos y Materiales

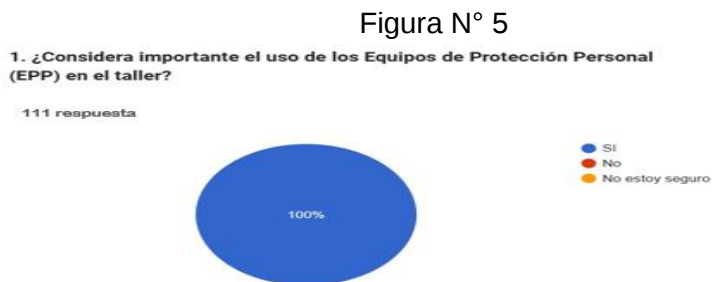
La presente investigación adoptó un enfoque mixto, integrando técnicas cualitativas y cuantitativas para lograr una comprensión más robusta del fenómeno estudiado: el diseño e implementación de un sistema de detección de Equipos de Protección Personal (EPP) mediante inteligencia artificial (IA) en entornos de simulación de seguridad industrial. El alcance fue de tipo descriptivo, permitiendo caracterizar tanto las tecnologías existentes como los elementos normativos relacionados con el uso adecuado de EPP.

El estudio se desarrolló en el Instituto Superior Tecnológico Tsáchila, con una muestra representativa de 111 estudiantes de la carrera de Mecánica Industrial, seleccionados mediante una fórmula estadística basada en una población finita de 157 estudiantes, con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %. Se trató de una investigación de corte transversal, recolectando información en un único punto temporal. Las técnicas utilizadas para la recolección de datos incluyeron la observación directa y la encuesta estructurada, dirigidas a los estudiantes en prácticas de laboratorio, con el fin de identificar la necesidad de incorporar mecanismos tecnológicos de detección de EPP.

En cuanto a los resultados técnicos, se desarrolló un sistema funcional utilizando herramientas como Roboflow para el etiquetado del dataset y YOLOv8n para el entrenamiento del modelo de IA, configurado para identificar cascos, guantes y gafas. La interfaz de usuario fue programada en Python con TKINTER, permitiendo detección en tiempo real y emisión de alertas auditivas según la presencia o ausencia de los elementos de protección. El sistema demostró ser efectivo durante las pruebas en campo simulado, gracias a su capacidad para operar de forma autónoma y emitir decisiones inmediatas sobre el cumplimiento de normas de seguridad, representando un avance significativo para fortalecer la cultura preventiva en contextos educativos y técnicos.

Análisis de Resultados

A partir de los datos obtenidos en la encuesta aplicada a 111 estudiantes de la Carrera de Mecánica Industrial quienes usan el taller para prácticas y trabajo, se evidencian importantes brechas entre la percepción sobre el uso de Equipos de Protección Personal y su aplicación práctica.



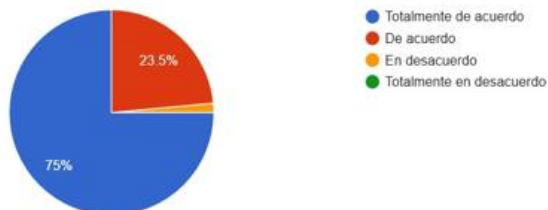
Fuente: Autores

El 100% de los encuestados respondió afirmativamente, lo que evidencia un alto nivel de conciencia sobre la relevancia del uso de EPP en entornos de riesgo. Este resultado refleja que los estudiantes reconocen los beneficios de protección y prevención que ofrece el EPP. Sin embargo, esta percepción positiva no garantiza su uso efectivo o constante. Se confirma la existencia de conocimiento, aunque es necesario fortalecer la cultura preventiva con acciones prácticas.

Figura N° 6

2. ¿Qué tan de acuerdo está con la siguiente afirmación?: "El uso de EPP previene lesiones y accidentes en el taller".

111 respuesta



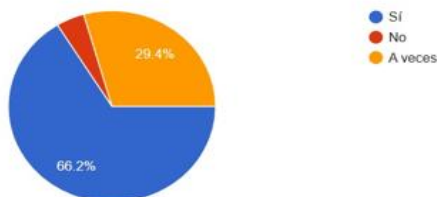
Fuente: Autores

El 75% de los encuestados manifestó estar totalmente de acuerdo con la afirmación, lo cual refuerza la percepción de que el EPP no solo es obligatorio, sino eficaz. Esta respuesta indica un nivel aceptable de comprensión del vínculo entre el uso del EPP y la prevención de accidentes. Aun así, es importante identificar si este conocimiento se traduce en prácticas reales, especialmente en situaciones rutinarias o de baja supervisión. El reconocimiento del valor del EPP es un punto de partida clave para estrategias formativas y de control.

Figura N° 7

3. ¿Usas siempre los EPP al trabajar en el taller de mecánica?

111 respuesta



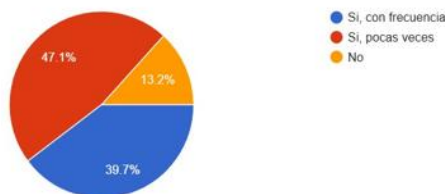
Fuente: Autores

Las respuestas a esta pregunta mostraron una diferencia significativa con un 65 % que conoce y utiliza en la práctica. Aunque los encuestados reconocen la importancia del EPP, no todos lo usan de forma constante. Esto puede deberse a factores como incomodidad, olvido o falta de control. El resultado sugiere que es necesario reforzar la supervisión y fomentar hábitos de uso sostenido mediante campañas, rutinas y sanciones educativas.

Figura N° 8

4. ¿Has visto a compañeros trabajar sin EPP dentro del taller?

111 respuesta



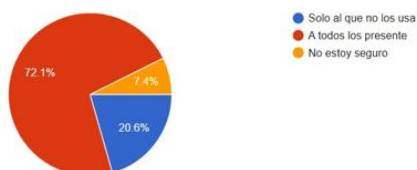
Fuente: Autores

Una parte importante que representa el 47,1% de los encuestados admitió haber observado en ciertas ocasiones a compañeros trabajando sin EPP, y un 39,7 % afirma que, si ha visualizado compañeros sin el uso adecuado de los EPP, lo cual evidencia una debilidad en el cumplimiento colectivo de las normas de seguridad. Esta situación revela tanto fallas en la supervisión como posibles conductas normalizadas de riesgo. El dato es preocupante, ya que la presencia de testigos sin acción correctiva sugiere una cultura preventiva débil. Es clave reforzar la corresponsabilidad y el reporte inmediato de estas conductas.

Figura N° 9

5. ¿Crees que el no usar EPP pone en riesgo solo a quien no los usa o también a otros?

111 respuesta



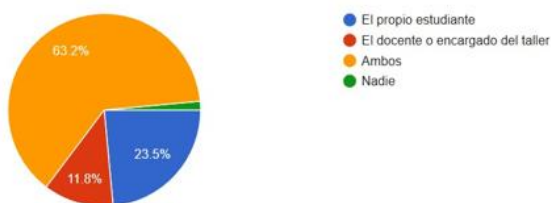
Fuente: Autores

La mayoría de los participantes que representan un 72,1%, reconoció que la omisión del EPP no solo afecta al individuo, sino que también pone en riesgo a sus compañeros. Este resultado demuestra una comprensión colectiva del riesgo compartido en ambientes laborales. Identificar el impacto grupal del comportamiento inseguro permite diseñar estrategias de concienciación más efectivas y colaborativas. Fomentar el autocuidado con enfoque en la protección mutua fortalece la cultura de seguridad.

Figura N° 10

6. ¿Quién es responsable de garantizar el uso de EPP en el taller?

111 respuesta



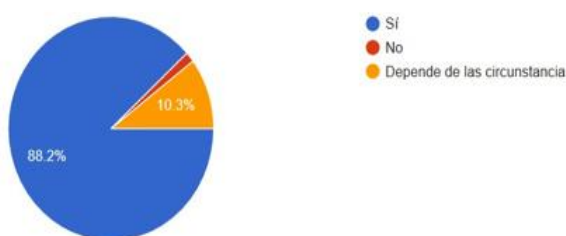
Fuente: Autores

Las respuestas revelaron percepciones diversas: el 63,2% consideran que la responsabilidad es del docente o supervisor, mientras que el 23,5% la atribuyen al propio estudiante. Esta dispersión indica una falta de claridad sobre los roles en la gestión del riesgo. Aunque la responsabilidad es compartida, es fundamental reforzar que el autocuidado es clave, sin eximir la obligación institucional de control y provisión. La educación sobre roles y obligaciones específicas podría mejorar el cumplimiento.

Figura N° 11

7. ¿Crees que el ISTT debería reforzar el control del uso obligatorio de EPP en los talleres?

111 respuesta



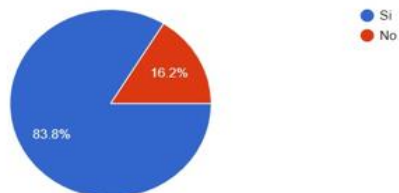
Fuente: Autores

Con un 88,2% que abarca una mayoría de encuestados respondió afirmativamente, lo que sugiere que perciben una falta de control institucional efectivo. Este resultado refleja una necesidad sentida de mayor presencia, seguimiento y exigencia por parte de la institución. Reforzar el control no solo mejora el cumplimiento, sino que también transmite un mensaje claro sobre la seriedad de la normativa. El dato evidencia una oportunidad para fortalecer la gestión preventiva desde la autoridad educativa.

Figura N° 12

8. ¿Consideras que los estudiantes no usan los EPP a pesar de conocer los riesgos?

111 respuesta



Fuente: Autores

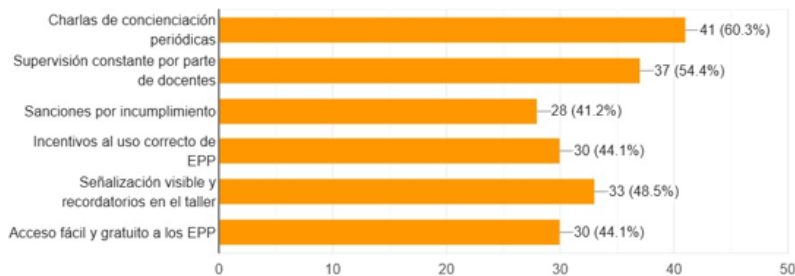
Un 83,8% de estudiantes opinó que, aunque existe conocimiento sobre los riesgos, muchos no usan el EPP. Esto revela una brecha entre saber y hacer, típica en entornos donde las normas no se interiorizan o se minimizan. Las causas pueden ir desde la falta de hábito hasta una cultura permisiva. Este resultado subraya la importancia de trabajar no solo en formación técnica, sino también en la actitud y compromiso hacia la seguridad.

Figura N° 13

9. ¿Qué medidas crees que serían más efectivas para fomentar una cultura de seguridad y uso permanente de EPP en el taller?

(Marca una o varias opciones)

111 respuesta



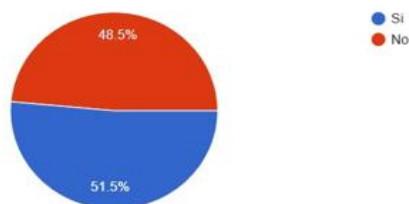
Fuente: Autores

Los encuestados priorizaron estrategias como capacitaciones periódicas, supervisión activa y acceso fácil al EPP. También se mencionaron incentivos y señalización como refuerzos positivos. El consenso indica que las acciones deben ser constantes, visibles y acompañadas de seguimiento. La implementación de un sistema mixto de educación, control y participación estudiantil puede fortalecer el compromiso colectivo con la seguridad.

Figura N° 14

10. ¿Has presenciado o vivido alguna situación en la que el uso o la falta de EPP haya influido en un accidente o riesgo?

111 respuesta



Fuente: Autores

El 51,5% de estudiantes relataron experiencias en las que la ausencia de EPP contribuyó a lesiones menores o situaciones de riesgo. Estos testimonios aportan evidencia directa de la importancia del uso adecuado del equipo, más allá del cumplimiento normativo. Las vivencias personales generan conciencia más profunda y pueden utilizarse en campañas de sensibilización. El resultado resalta la necesidad de documentar y compartir estas experiencias como parte de la formación en seguridad y prevención de riesgos laborales.

Los resultados muestran que los estudiantes del taller de Mecánica Industrial del Instituto Superior Tecnológico Tsáchila poseen un buen nivel de conocimiento sobre la importancia del uso del Equipos de Protección Personal (EPP). Sin embargo, se identifica una brecha significativa entre ese conocimiento y la aplicación constante y adecuada del EPP durante las actividades prácticas. Esta discrepancia refleja deficiencias en la cultura de seguridad y hábitos preventivos en el entorno formativo. En este contexto, el diseño de un sistema de detección basado en Inteligencia Artificial para monitorear el uso correcto del EPP durante simulaciones en seguridad industrial resulta una herramienta innovadora y necesaria, que puede fortalecer la supervisión y promover el cumplimiento efectivo, mejorando la prevención de riesgos laborales.

Elaboración de códigos del Sistema de Detección de los Equipos de Protección

Este sistema detecta si una persona frente a la cámara lleva correctamente sus Equipos de Protección Personal (EPP), como casco, gafas y guantes. El proceso ocurre en las siguientes etapas: adquisición de imágenes en tiempo real, preprocesamiento mediante técnicas de visión por computadora, detección de objetos utilizando redes neuronales convolucionales (CNN), y evaluación del cumplimiento según criterios establecidos. Cada etapa está programada con estructuras lógicas que permiten emitir alertas automáticas en caso de incumplimientos. Para una explicación visual del proceso de codificación, de algoritmos

utilizados y pruebas realizadas, consultar el **Anexo B**.

Figura N° 15 Ventana Principal

```
if __name__ == "__main__":  
    root = tk.Tk()  
    app = CameraApp(root)  
    root.mainloop()
```

Fuente: Python

- Se crea la ventana principal con *Tkinter*.
- Se instancia la clase *CameraApp*, lo que dispara toda la lógica del programa.
- Se mantiene corriendo el bucle principal (*mainloop*) de la interfaz.

Figura N°16 Se le da nombre al programa

```
def __init__(self, window):  
    self.window = window  
    self.window.title("Detección de Seguridad")  
    self.window.geometry("800x600")  
  
    self.mostrar_pantalla_carga()  
    self.window.after(100, self.cargar_modelos)
```

Fuente: Python

- Se inicializa el sistema
- Se abre la ventana y se asigna el nombre de Detección de Seguridad con un tamaño de ventana mínimo.
- Se procede a mostrar una animación de carga y en paralelo se cargan los modelos entrenados encargados de detectar las personas y los elementos de seguridad

Figura N° 17 Carga de Pantalla

```
def mostrar_pantalla_carga(self):  
    self.cargando_frame = tk.Frame(self.window, bg="white")  
    self.cargando_frame.place(relx=0, rely=0, relwidth=1, relheight=1)  
  
    logo = Image.open("public/logo.jpg")  
    logo = logo.resize((300, 300))  
    self.logo_img = ImageTk.PhotoImage(logo)  
    self.logo_label = tk.Label(self.cargando_frame, image=self.logo_img, bg="white")  
    self.logo_label.pack(pady=50)  
  
    self.loading_text = tk.Label(self.cargando_frame, text="Cargando modelos...", font=("Arial", 24))  
    self.loading_text.pack()  
    self.animate_loading()
```

Fuente: Python

- Se procede a asignar un color blanco a la pantalla, se busca la imagen en la ruta *public/logo.jpg*
- Se muestra la animación de carga y la palabra Cargando modelos.

Figura N° 18 Código de carga de modelos.

```
def cargar_modelos(self):  
    print("🔄 Cargando modelos YOLO...")  
    self.modelo_persona = YOLO("model/yolov8n.pt")  
    self.modelo_ppe = YOLO("model/mymodel.pt")  
    print("✅ Modelos cargados correctamente.")  
  
    if hasattr(self, 'loading_anim_id'):  
        self.window.after_cancel(self.loading_anim_id)  
  
    self.cargando_frame.destroy()  
    self.inicializar_camara()
```

Fuente: Python

- Se manda a buscar los modelos entrenados en las rutas *model/yolov8n.pt* y el modelo entrenado por nosotros mismos en la ruta *model/mymodel.pt*
- Una vez que se cargan los modelos se manda a destruir la ventana de carga de los modelos y se procede a mostrar la ventana que contiene la cámara.

Figura N° 19 Inicializar la cámara

```
def inicializar_camara(self):  
    self.video_capture = cv2.VideoCapture(0)  
    if not self.video_capture.isOpened():  
        raise Exception("No se pudo abrir la cámara")  
  
    # Frame superior (80%) para la cámara  
    self.top_frame = tk.Frame(self.window)  
    self.top_frame.place(relx=0, rely=0, relwidth=1, relheight=0.8)  
  
    self.label = tk.Label(self.top_frame)  
    self.label.pack(fill=tk.BOTH, expand=True)  
  
    self.canvas = tk.Canvas(self.label, bg='white', highlightthickness=0)  
    self.canvas.place(relx=0, rely=0, relwidth=1, relheight=1)  
  
    self.label.bind("<Configure>", self.on_resize)  
    self.current_width = 800  
    self.current_height = 480  
  
    # Frame inferior (20%) para resultado  
    self.bottom_frame = tk.Frame(self.window, bg="white")  
    self.bottom_frame.place(relx=0, rely=0.8, relwidth=1, relheight=0.2)  
  
    self.result_label = tk.Label(self.bottom_frame, text="", font=("Arial", 24), bg="white")  
    self.result_label.pack(expand=True)  
  
    self.prev_frame = None  
    self.detectando = False  
    self.scan_result = None  
    self.objetos_detectados = set()  
  
    print("📷 Cámara iniciada correctamente.")  
    self.update_frame()
```

Fuente: Python

Si no se logra abrir la cámara se marca el error de que no se pudo abrir la cámara, caso contrario se procede a crear la ventana con un fondo blanco, se asigna un 80% de altura para la cámara y un 20% para el texto de los elementos a encontrados o no encontrados.

Figura N° 20 Código para iniciar la detección

```
def update_frame(self):
    ret, frame = self.video_capture.read()
    if not ret:
        print("⚠ No se pudo leer el frame de la cámara.")
        return

    frame_width = self.label.wininfo_width()
    frame_height = self.label.wininfo_height()

    if frame_width < 1 or frame_height < 1:
        self.window.after(30, self.update_frame)
        return

    frame_resized = cv2.resize(frame, (frame_width, frame_height))
    gray = cv2.cvtColor(frame_resized, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    blur = cv2.GaussianBlur(gray, (21, 21), 0)

    if self.prev_frame is None:
        self.prev_frame = blur
    else:
        # Redimensionar prev_frame si cambia tamaño de ventana
        if self.prev_frame.shape != blur.shape:
            self.prev_frame = cv2.resize(self.prev_frame, (blur.shape[1], blur.shape[0]))

        diff = cv2.absdiff(self.prev_frame, blur)
        thresh = cv2.threshold(diff, 25, 255, cv2.THRESH_BINARY)[1]
        movement = cv2.countNonZero(thresh)

        if movement > 5000 and not self.detectando:
            print("🚧 Movimiento detectado. Verificando si hay persona..")
            self.detectando = True
            self.result_label.config(text="Detectando persona...", fg="black")
            self.window.after(100, lambda: self.validar_seguridad(frame.copy()))

        self.prev_frame = blur

    frame_rgb = cv2.cvtColor(frame_resized, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    img = Image.fromarray(frame_rgb)
    imgtk = ImageTk.PhotoImage(image=img)
    self.label.imgtk = imgtk
    self.label.configure(image=imgtk)

    self.window.after(30, self.update_frame)
```

Fuente: Python

Primero en caso de no detectar la cámara, la ventana no mostrara la cámara, además se instancia los tamaños de las ventanas en caso de agrandar o disminuir el tamaño y se inicializa el código que detecta si existe un movimiento, para ello se valida los *frames* de la cámara, en caso de existir un *frame* nuevo, se considera como movimiento se procede con la validación de la seguridad.

Figura N° 21 “Código que manda a ejecutar el modelo denominado modelo_persona”

```
def validar_seguridad(self, frame):
    print("🔍 Validando si hay persona en el frame...")
    resultados_persona = self.modelo_persona.predict(source=frame, conf=0.5, classes=[0], verbose=False)
    hay_persona = any(r.bboxes for r in resultados_persona)

    if not hay_persona:
        print("❌ No se detectó ninguna persona.")
        self.result_label.config(text="No hay persona.", fg="orange")
        self.detectando = False
        return

    print("👤 Persona detectada. Esperando 4 segundos antes de escanear...")
    self.result_label.config(text="Persona detectada. Preparando escaneo...", fg="black")
    self.window.after(4000, self.capturar_y_validar)
```

Fuente: Python

El código manda a ejecutar el modelo denominado modelo_persona el cual se encarga de validar si existe una persona, si el modelo_persona no detecta a una persona no se procede a realizar nada, caso contrario se da un tiempo de 4 segundos para que la persona frente a la cámara se acomode para el escaneo y validación de la persona.

Figura N° 22 “Código para capturar y validar la persona”

```
def capturar_y_validar(self):
    ret, frame = self.video_capture.read()
    if not ret:
        print("❌ Error al capturar imagen.")
        self.result_label.config(text="Error al capturar.", fg="red")
        self.detectando = False
        return

    print("📷 Captura lista. Iniciando validación de elementos...")
    resultados = self.modelo_ppe.predict(source=frame, conf=0.4, verbose=False)
    objetos_detectados = set()

    for r in resultados:
        for i in r.bboxes.cls.cpu().numpy().astype(int):
            objetos_detectados.add(r.names[i])

    self.objetos_detectados = objetos_detectados
    print(f"📋 Elementos detectados: {objetos_detectados}")

    if ELEMENTOS_REQUERIDOS.issubset(objetos_detectados):
        self.scan_result = "concedido"
    else:
        self.scan_result = "denegado"

    self.iniciar_animacion_escaneo()
```

Fuente: Python

Tras pasar los 4 segundos, se procede a capturar una imagen de la persona, donde se manda a predecir con el modelo entrenado por nosotros mismos, todas las etiquetas que pueda

encontrar, cada objeto encontrado, se procede a almacenar en objetos *detectados.add*. Una vez que termina de detectar todas las etiquetas de los objetos detectados, se manda a validar si existen todos, si existen todos, se manda el mensaje de concedido caso contrario el de denegado.

Figura N° 23 “Código de animación de línea de simulado de escaneo”

```
def iniciar_animacion_escaneo(self):
    self.canvas.delete("scan")
    self.animation_running = True
    self.pos = 0
    self.animar_linea()

def animar_linea(self):
    if not self.animation_running:
        return

    self.canvas.delete("scan")
    self.canvas.create_line(
        0, self.pos, self.label.winfo_width(), self.pos,
        fill="green", width=4, tags="scan"
    )
    self.pos += 10
    if self.pos > self.label.winfo_height():
        self.canvas.delete("scan")
        self.finalizar_escaneo()
        return
    self.window.after(50, self.animar_linea)
```

Fuente: Python

Con este código lo que se hace es crear una animación de una línea simulando un escaneo sobre la imagen capturada.

Figura N° 24 “Finaliza el escaneo, se valida si el permiso fue concedido”

```
def finalizar_escaneo(self):
    self.animation_running = False
    self.canvas.delete("scan")

    if self.scan_result == "concedido":
        print("✅ Acceso concedido: todos los elementos detectados.")
        self.result_label.config(text="✅ Acceso concedido", fg="green")
        hablar("Acceso concedido")
    elif self.scan_result == "denegado":
        faltantes = ELEMENTOS_REQUERIDOS - self.objetos_detectados
        faltantes_str = ", ".join(
            TRADUCCION_ELEMENTOS.get(f, f.replace("_", " ")) for f in faltantes
        )
        print(f"❌ Acceso denegado: faltan {faltantes_str}.")
        self.result_label.config(text=f"❌ Faltan: {faltantes_str}", fg="red")
        hablar(f"Acceso denegado. Faltan: {faltantes_str}")
    else:
        print("⚠️ No se pudo determinar el resultado del escaneo.")
        self.result_label.config(text="Error al validar", fg="orange")
        hablar("No se pudo validar")

    self.scan_result = None
    self.detectando = False
```

Fuente: Python

Al finalizar el escaneo, se valida si el permiso fue concedido, se muestra en el 20% de espacio disponible el mensaje de Acceso concedido en verde, caso contrario se muestra

acceso denegado en color rojo con el listado de objetos faltantes, en caso de existir inconsistencias, se manda un mensaje de indeterminado con el mensaje de error al validar en naranja. En todos los casos a la par de mostrar el mensaje, se ejecuta la función hablar, con el texto necesario, mismo que se visualiza a continuación.

Figura N° 25 “Librería *pyttsx3*”

```
import pyttsx3
import threading

def hablar(texto: str):
    """Inicia un hilo para reproducir texto a voz sin bloquear la app."""
    threading.Thread(target=_hablar_en_hilo, args=(texto,), daemon=True).start()

def _hablar_en_hilo(texto: str):
    """Función interna que convierte texto a voz."""
    try:
        engine = pyttsx3.init()
        engine.setProperty('rate', 150) # velocidad de habla
        engine.say(texto)
        engine.runAndWait()
    except Exception as e:
        print(f"❌ Error al reproducir voz: {e}")
```

Fuente: Python

En este código se emplea la librería *pyttsx3* que me permite reproducir en audio el texto, en este caso esta función recibe los mensajes de que se dio acceso o se negó el acceso.

Conclusiones

Se Diseñó un modelo funcional de un sistema inteligente que realiza la detección y localización automática de Equipos de Protección Personal (EPP), utilizando algoritmos de visión por computadora basados en redes neuronales convolucionales (CNN). Esta solución tecnológica permite identificar elementos en tiempo real, reduciendo la dependencia del criterio humano en tareas de supervisión y reforzando las estrategias de prevención en entornos simulados. La técnica empleada se vincula directamente con el enfoque de mejora continua, contribuyendo a la creación de espacios digitales más seguros, en concordancia con los principios establecidos por la norma ISO 45001:2018.

El desarrollo del sistema basado en aprendizaje profundo permitió la clasificación precisa de distintos tipos de equipos de protección personal como son: cascos, gafas y guantes, con niveles satisfactorios de precisión y baja latencia. La integración de bibliotecas como Coco, Yolo

y Pascal VOC, optimizó el procesamiento de imágenes, facilitando la operatividad del sistema en condiciones de luz controlada y entornos de simulación. Este avance demuestra la viabilidad técnica de adoptar visión por computadora como herramienta para reforzar la verificación de cumplimiento normativo en seguridad industrial. Así mismo, las pruebas experimentales realizadas en el taller de mecánica industrial con los estudiantes mostraron que el sistema detectó la aplicación correcta del uso de equipos de protección personal, con mayor precisión de la que normalmente se espera para sistemas no supervisados. El modelo logró activar alertas visuales al identificar incumplimientos, facilitando acciones correctivas inmediatas.

Además, el sistema desarrollado integra controles tecnológicos y administrativos como mecanismos eficaces de restricción, garantizando que ningún estudiante acceda a las prácticas sin una validación previa del uso de Equipos de Protección Personal (EPP). La implementación de bloqueos automáticos y la generación de alertas en tiempo real demostraron alta efectividad como medidas de seguridad preventiva. Adicionalmente, la incorporación de alertas visuales y auditivas favorece el seguimiento operativo, refuerza el cumplimiento normativo y fortalece la integración de una cultura preventiva en los futuros profesionales del entorno industrial.

Referencias bibliográficas

- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517. <https://www.researchgate.net/publication/347441718>
- Calle Quispe, J. A., Aghaei Gavari, M., & Aguilar Torres, L. A. (2023). Real-time detection of safety helmets using YOLOv5 and DeepSORT in industrial environments. *Ingeniería*, 28(1), 212–225. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052023000100212
- Prevencionar. (2020, 16 de diciembre). Realidad virtual y aumentada para la prevención de riesgos laborales. <https://prevencionar.com/2020/12/16/realidad-virtual-y-aumentada-para-la-prevencion-de-riesgos-laborales/>
- Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=FxH17XYAAA-AJ&citation_for_view=FxH17XYAAA-AJ:u5HHmVD_uO8C
- Ministerio del Trabajo del Ecuador. (2024). Código del Trabajo (Codificación No. 2005-017). <https://www.trabajo.gob.ec/codigo-de-trabajo/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2018). NTE INEN-ISO 45001:2018. Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso. <https://www.normalizacion.gob.ec>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 – Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/63787.html>
- Ministerio del Trabajo del Ecuador. (2004). Decreto Ejecutivo No. 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. <https://www.trabajo.gob.ec/decreto-2393/>
-

- Delgado-Castro, C. G., & García-García, T. D. (2022). Análisis de la falta de supervisión técnica en las construcciones aprobadas por el municipio de Manta y su incidencia. *Revista Científica FIPCAEC*, 7(4), 2196–2217. <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/730>
- Padilla Calderón, R. (2023). Seguridad en la industria mediante inteligencia artificial y visión por computadora. *Csoftmtty*. <https://csoftmtty.org/seguridad-en-la-industria-mediante-inteligencia-artificial-y-vision-por-computadora/>
- Fernández-Costales Muñiz, J. (2020). La prevención de riesgos laborales y sus nuevas exigencias y retos frente al avance de la digitalización y las nuevas tecnologías. *Revista de Trabajo y Seguridad Social*. *CEF*, (452), 83–115. <https://revistas.cef.udima.es/index.php/rtss/article/view/934>
- Padilla, R. (2023, 3 de abril). La inteligencia artificial en la seguridad y salud en el trabajo: Aplicaciones, riesgos y desafíos. *G&F Desarrollo Corporativo*. <https://www.gfdesarrollo.com/2023/04/03/la-inteligencia-artificial-en-la-seguridad-y-salud-en-el-trabajo-aplicaciones-riesgos-y-desafios/>
-