



PROYECTO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y SOCIAL ORIENTADO (PDTSO)

Detección de uso de elementos de protección personal en ambientes
industriales utilizando técnicas de aprendizaje profundo

1. Introducción

Un requerimiento fundamental en la industria actual es la minimización de los accidentes y perjuicios para la salud de los trabajadores. Para ello es necesario la aplicación de medidas técnicas y organizativas destinadas a minimizar o eliminar los riesgos en su origen o proteger a los empleados. Una de estas medidas suele ser el uso por parte de los operarios de los Elementos de Protección Personal (EPP) correspondientes. Se entiende como EPP a todo aquel dispositivo o medio que pueda disponer una persona con el objeto de que la proteja contra uno o varios riesgos que puedan amenazar su salud, tanto en accidentes como en prevención a contraer alguna enfermedad.

Para reducir los riesgos de accidentes y de perjuicios para la salud, resulta prioritaria la aplicación de medidas técnicas y organizativas destinadas a eliminar los riesgos en su origen o a proteger a los trabajadores mediante disposiciones de protección colectiva. En el caso de la seguridad, los EPP actúan reduciendo las consecuencias derivadas de la materialización del riesgo. En el caso de la higiene industrial los equipos suelen actuar minimizando la concentración del contaminante a la que se encuentra expuesto el trabajador.

Por ejemplo, el impacto producido por proyecciones en soldadura o esmerilado de piezas, en trabajos en albañilería, carpintería, en limpieza de arena, etc. significa un riesgo que requiere anteojos de seguridad, protección facial, entre otros elementos, según los riesgos se presenten. Las áreas encargadas de higiene y seguridad de las plantas deben velar por el uso de los mismos por parte de los operarios, lo cual implica esfuerzos que pueden ser aprovechados en otras alternativas más productivas.

Existe una necesidad en materia de seguridad laboral en los diferentes sectores productivos debido a los obstáculos a los que se enfrentan los encargados y responsables de Seguridad e Higiene para lograr el correcto uso de los EPP por parte de los trabajadores, sin conseguir un avance sustancial en la concientización del



cuidado y protección del cuerpo y la salud.

El estado actual de desarrollo de las tecnologías de visión artificial e inteligencia artificial, en especial de las redes neuronales, permite realizar la detección en tiempo real de los EPP utilizados por cada operario en una determinada zona de trabajo. Luego, en base a la información obtenida es posible verificar el cumplimiento de normas de seguridad por parte del personal a proteger y/o tomar medidas tendientes a corregir las irregularidades antes de que ocurra un accidente. Cabe aclarar que los especialistas en temas de Seguridad sostienen que el aporte principal de un sistema de detección automática como este radica en la toma de conciencia por parte de las personas de los riesgos presentes en cada situación laboral.

La eficacia y eficiencia de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo es esencial para despertar conciencia y cumplir con el objetivo de disminuir y prevenir los accidentes laborales.

2. Producto o proceso a generar

Se propone el desarrollo de un sistema automático de observación y alarma para el control de la utilización correcta de los EPP por parte de los operarios en entornos industriales. Para ello se combinarán técnicas de visión por computadora, inteligencia artificial, generación de alarmas y registros continuos, que permitan detectar a las personas en el entorno de trabajo y evaluar la correcta utilizando los EPP correspondientes.

El dispositivo controla el uso de los EPP a través de un sistema conformado por cámaras fijas conectadas a unidades de procesamiento mediante las cuales se detecta si los operarios cuentan con los EPP correspondientes para esa zona de trabajo. El sistema de cámaras envía las imágenes capturadas a un sistema de procesamiento de datos que, a través de una técnica de reconocimiento por visión artificial conocida como detección de objetos, determina el correcto uso de los EPP. En caso de detectar un uso incorrecto de los EPP, el sistema acciona una alarma visual y sonora para advertir sobre la situación, almacenando un registro visual del evento.

El sistema localiza, informa y registra el uso incorrecto de elementos de protección por parte del personal a proteger en tiempo real, pudiendo así los usuarios y los encargados de higiene y seguridad, realizar acciones de prevención antes de que ocurra un accidente.

3. Resumen y objetivos

El propósito de este proyecto es diseñar un sistema de software y hardware para el reconocimiento de uso de EPP a partir de secuencias de imágenes en entornos industriales. El sistema diseñado será capaz de:

- Detectar el uso adecuado de diferentes EPP (guantes, cascos, botas, lentes) por parte de los operarios en una secuencia de imágenes.
- Generar una alarma en caso de detección de uso inadecuado de los EPP correspondientes para esa zona.



Para cumplir con los objetivos planteados, como primer paso se estudiarán las diferentes redes neuronales convolucionales (CNN) disponibles para la detección de objetos a partir de imágenes digitales. Para el entrenamiento de las redes es necesario el uso de computadoras de alto poder de cómputo con tarjetas de procesamiento gráfico (GPU).

A partir de los ensayos con las diferentes redes se obtendrá el modelo más adecuado para la detección del objeto de interés en un ambiente industrial. Luego con este modelo se diseñará un algoritmo que, en base a imágenes obtenidas en tiempo real, determinará la presencia o no de los objetos de interés. Para todos los desarrollos computacionales se emplearán los lenguajes de programación C, C++ o Python y se usarán bibliotecas de código abierto, como TensorFlow, Yolo y OpenCV, entre otras.

Por otra parte, para realizar el entrenamiento y ensayo de las redes es necesario contar con una gran cantidad de imágenes que contengan el objeto que se desea detectar. Para esto se plantea la construcción de un conjunto de imágenes de entrenamiento y evaluación con los objetos de interés. Para la adquisición de las mismas se emplearán cámaras industriales, las cuales se configurarán en diferentes resoluciones y tasas de muestreo. Con las imágenes adquiridas se procederá al etiquetado de los elementos de interés empleando una herramienta conocida como LabelMe. El etiquetado consiste en indicar en cada imagen la presencia o no del objeto de interés y su posición en la imagen. Se procederá a capturar conjuntos de imágenes con diferentes condiciones de iluminación y tamaños del objeto de interés.

4. Novedad u originalidad local en el conocimiento

La visión por computadora tiene cada vez más aplicaciones en la industria, las cuales permiten automatizar tareas repetitivas, tediosas o peligrosas como por ejemplo control de calidad, manejo de inventario, ordenado de piezas, líneas de ensamblaje, seguridad de los operarios, etc. Hirano et al. (2006); Benhimane et al. (2008); Luan et al. (2018). En muchas de estas aplicaciones es necesario contar con un algoritmo que detecte los objetos de interés en las imágenes para su posterior procesamiento.

Si bien en la literatura existen muchos algoritmos para la detección de objetos en imágenes, debido a la cantidad de modelos, a las necesidades computacionales, a la velocidad de respuesta y a las condiciones del entorno, resulta un tanto engorroso seleccionar el que se ajuste a los requerimientos de trabajo en particular. Esto es, diferentes condiciones de iluminación, diferencia de tamaño entre los objetos de interés o cambios en el entorno de funcionamiento de los algoritmos. Por otro lado, este tipo de técnicas se encuentran muy poco aplicadas en entornos industriales, donde los ambientes de trabajo son visualmente complejos.

En la actualidad los métodos que muestran mejores resultados en la detección de objetos son los basados en Redes Neuronales Convolucionales (CNN), como por ejemplo R-CNN Girshick et al. (2014), Faster R-CNN Ren et al. (2015) y YOLO Redmon et al. (2016).

En Girshick et al. (2014), se presenta la red R-CNN. Esta red se basa en la propuesta de regiones en



donde puede haber objetos usando un algoritmo llamado Búsqueda Selectiva (SS), luego sobre estas regiones se computa un descriptor usando una CNN y por último se clasifican dichos descriptores usando Máquinas de Soporte Vectorial. Aunque se obtiene una excelente exactitud la detección es muy lenta. En el trabajo Girshick (2015) se propone otro método conocido como Fast R-CNN, el cual corrige varias de las desventajas de R-CNN mejorando la velocidad y la exactitud. Esta red reduce los tiempos de entrenamiento en 9 veces y el tiempo de evaluación en 150 veces con respecto al anterior.

El cuello de botella en ambas redes es el algoritmo SS usado para la propuesta de regiones. En el trabajo de Ren et al. (2015) se propone una red para la propuesta de regiones que aprovechan los cálculos realizados para la detección de objetos. Esta red logra una mejora en la exactitud de aproximadamente un 10

Una estrategia diferente es la que toman los autores de YOLO Redmon et al. (2016), planteando el problema como uno de regresión. Este método es extremadamente rápido, logrando la evaluación de 45 imágenes por segundo pudiendo funcionar en tiempo real. En comparación con Faster R-CNN, YOLO tiene una exactitud menor, aproximadamente del 10

Si bien existen muchos algoritmos para la detección de objetos, su uso en ambientes industriales está poco explorado. En un trabajo aprobado para su publicación, Olmedo et al. (2019), se realizó una evaluación empírica de la robustez de diferentes redes usadas para la detección de objetos en ambientes industriales. Se aplicaron estas técnicas para la detección de uso de guantes de operarios en ambientes industriales y bajo diferentes condiciones de contorno y se demostró la factibilidad de su empleo como sistema de vigilancia y alerta del uso correcto de este EPP en tiempo real. Este trabajo funda las bases para el desarrollo de este proyecto, el cual consiste en la ampliación de la base de datos de elementos de protección para la detección no solo de guantes, sino también de botas, lentes, cascos, etc.

Otro punto importante es que hasta lo que conocemos en nuestro país no existen implementaciones de este tipo de sistemas de vigilancia para seguridad de los operarios. En el ámbito internacional existen algunos sistemas comerciales que realizan estos tipos de controles, dentro de los que podemos nombrar a Cortexica[1] y deepomatic[2]. Creemos que el desarrollo de un sistema de este tipo además de generar una mejora en las condiciones de trabajo de los operadores de la industria regional, puede ser transferido a la industria nacional e internacional.

[1] <https://www.cortexica.com/>

[2] <https://deepomatic.com/>

Benhimane S. et al. Real-time object detection and tracking for industrial applications. En VISAPP, 2008.

Girshick R. Fast r-cnn. En Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. 2015.

Girshick R. et al. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. En Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2014.

Hirano Y. Et al.. Industry and object recognition: Applications, applied research and challenges. En Toward Category-Level Object Recognition. Springer, 2006.



Luan S. et al. Object detection and tracking benchmark in industry based on improved correlation filter. *Multimedia Tools and Applications*. 2018.

Olmedo M., Redolfi Javier A., González Dondo D. y Araguás R. G. Evaluación empírica de la robustez de diferentes redes usadas para la detección de objetos. *XXIV Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones*. 2019.

Redmon J. Et al. You only look once: Unified, real-time object detection. En *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.

Ren S. et al. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. En *Advances in neural information processing systems*. 2015.

5. Resultados esperados

En la actualidad con el auge de la Industria 4.0 donde la inteligencia artificial, elemento clave de dicha revolución, aplicada a la visión por computadora permite el desarrollo de muchas aplicaciones novedosas para automatizar tareas repetitivas, tediosas o peligrosas como por ejemplo control de calidad, manejo de inventario, ordenado de piezas, líneas de ensamblaje, seguridad de los operarios, etc.

En este proyecto se plantea el diseño e implementación de un sistema de software y hardware que permita la detección en forma autónoma y en tiempo real del correcto uso de los EPP. Se espera que con el desarrollo del mismo se obtengan los siguientes resultados:

- Mejorar las condiciones de seguridad en los operarios y despertar conciencia sobre el uso de los EPP.
- Lograr que el desarrollo actual no quede en un mero prototipo, sino que se convierta en un producto terminado, factible de ser adoptado por las empresas participantes, lo cual además de ser beneficioso para las personas involucradas y la empresa, es un beneficio directo para la sociedad.
- Generar un nexo de vinculación tecnológico que perdure en el tiempo entre los participantes del proyecto para la realización de nuevos proyectos de vinculación, asesoramiento y/o capacitaciones en temas relacionados con las últimas tecnologías.
- Formar nuevos recursos humanos en el área de inteligencia artificial utilizando visión por computadora aplicados a la resolución de problemas industriales.