

Detección de empleados sin casco en Áreas de Trabajo

Reporte Ejecutivo - Gerencia de Proyectos para Ciencia de Datos. (Grupo 7)

Daniel Antonio Pérez Beltran
Laura Carolina Mateus Agudelo
Andrés Felipe Sainea Rojas

Resumen

Este proyecto, desarrollado en el marco de un programa de maestría en Ciencia de Datos, busca mejorar la seguridad laboral a través de la visión por computadora. Con un enfoque en la detección de empleados sin casco en áreas de trabajo, se ha implementado un sistema basado en YOLO v11, que aprovecha técnicas de deep learning para reconocer de forma automática la ausencia de este elemento de protección.

A lo largo del desarrollo, se recopilaron imágenes de distintos escenarios laborales, representando tanto empleados con casco como sin él, en diferentes condiciones de iluminación y ángulos. Gracias a un proceso cuidadoso de preprocesamiento y anotación, se logró entrenar un modelo con resultados prometedores, medidos en términos de precisión, recall y F1-score.

Objetivos

Desarrollar un modelo de reconocimiento de imágenes que identifique automáticamente empleados que no usan casco de seguridad en áreas de trabajo.

- Recopilar y preprocesar un dataset de imágenes con empleados usando y sin usar casco.
- Entrenar un modelo de machine learning basado en YOLO v11.
- Evaluar la precisión y rendimiento del modelo en escenarios de prueba.

Metodología

Para lograr los objetivos propuestos, se optó por la metodología **OSEMN**, que facilita la gestión integral de proyectos de ciencia de datos con un enfoque práctico y flexible:

1. **Obtención de Datos:** Se recopilaron imágenes de empleados en distintas situaciones, garantizando una muestra variada.
2. **Scrub (Limpieza de Datos):** Se llevaron a cabo procesos de balanceo de clases, aumentación de datos y etiquetado manual para mejorar la calidad del conjunto.
3. **Exploración:** A través de análisis estadísticos y visualizaciones, se identificaron patrones y posibles sesgos en el dataset.
4. **Modelado:** Se entrenó un modelo basado en **YOLO v11**, ajustando hiper parámetros y configuraciones para maximizar el rendimiento.
5. **Interpretación:** Se evaluaron los resultados aplicando diversas métricas de desempeño y, a partir de ellas, se introdujeron mejoras iterativas en el modelo.

Adicionalmente, se compararon brevemente otras metodologías como CRISP-DM, KDD y TDSP, para finalmente seleccionar OSEMN por su estructura amigable con proyectos de machine learning.

Resultados y evaluación del modelo.



Fig 1, Rendimiento del modelo con imágenes de test.



Fig 2. Rendimiento del modelo.



Fig 3, rendimiento del modelo con imágenes de test.

Análisis de datos y resultados.

Después de realizar el entrenamiento y validación del modelo, pudimos obtener los siguientes resultados estadísticos:

Métrica	Valor
Precisión	0.9429
Recall	0.9256
F1 - score	0.9341
mAP (IoU@0.5)	0.6902
mAP (IoU@0.5:0.95)	0.6725

Tabla 1, Estadísticos obtenidos del rendimiento del modelo

- Precisión: Un 94.29% de los casos clasificados como positivos realmente pertenecen a la clase correcta.
- Recall: (Sensibilidad) un 92.56% de las instancias reales positivas fueron correctamente identificadas.
- F1-score: F1-score de 93.41% indica un buen equilibrio entre precisión y recall.

- mAP (Mean Average Precision): mAP de ~68% indica que hay margen de mejora en la detección y localización de objetos.

Matriz de confusión.

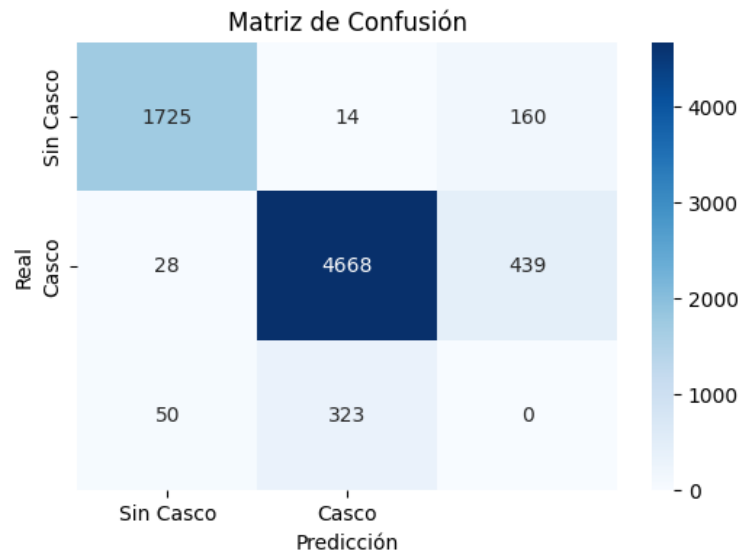


Fig 4, Matriz de confusión obtenida del modelo evaluado.

Análisis matriz de confusión

- Predicciones correctas:
 - 1,725 Casos fueron correctamente clasificados como "Sin Casco".
 - 4,668 Casos fueron correctamente clasificados como "Casco".
- Errores (Falsos positivos y falsos negativos).
 - Falsos Negativos (FN)
 - 28 Personas con casco fueron clasificadas como sin casco.
 - 439 personas con casco no fueron detectadas.
 - Falsos Positivos (FP)
 - 14 personas sin casco fueron clasificadas como si tuvieran casco.
 - 160 personas sin casco no fueron clasificadas correctamente.
- Error más problemático
 - El modelo comete más errores al clasificar casco como sin casco (FN = 28 y 439).

Valuable insights

- Buen rendimiento general (la mayoría de las predicciones están en la diagonal).
- Mejorar la detección de la clase "Casco" para reducir los falsos negativos.

Curva ROC

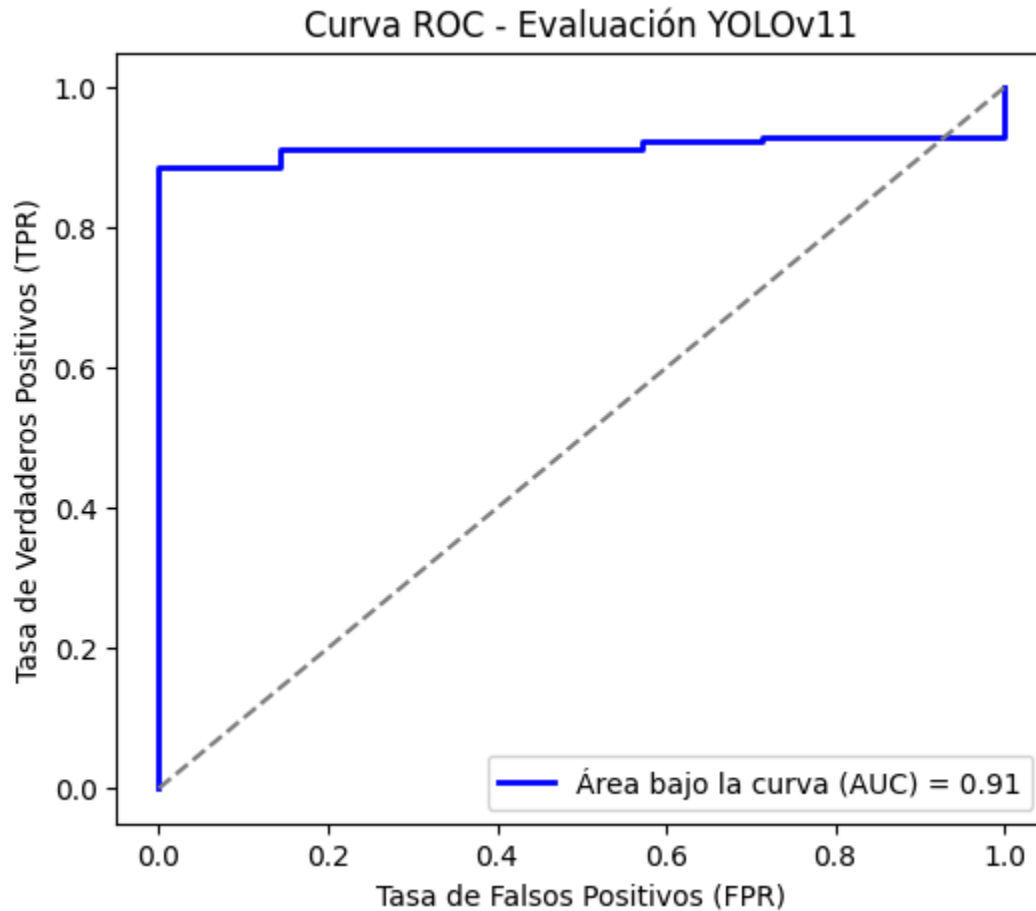


Fig 5, Curva ROC obtenida del modelo evaluado.

Análisis en curva ROC

- El área de bajo la curva es de 0.91, esto indica que el modelo tiene un excelente desempeño para la tarea de detección de casco.
- La curva se mantiene bien alejada de la diagonal lo que confirma una buena discriminación entre clases.
- En la parte izquierda de la curva (Tasa de Falsos Positivos baja), el modelo mantiene una alta TPR (~ 0.9), lo cual es positivo.

Conclusiones y Recomendaciones.

El modelo propuesto demuestra su utilidad en la detección automatizada de empleados sin casco, lo que se traduce en un avance para la seguridad laboral y prevención de accidentes. Los resultados obtenidos, con una F1-score por encima del 90%, validan el enfoque adoptado. No obstante, es importante mencionar ciertas áreas de oportunidad:

- **Ampliación del Dataset:** Recoger más imágenes y situaciones distintas (entornos nocturnos, diferentes tipos de casco, industrias variadas) para robustecer la red.
- **Optimización del Modelo:** Evaluar la implementación de versiones más ligeras de YOLO o aplicar técnicas como pruning y cuantización, especialmente para la ejecución en dispositivos de bajo rendimiento.
- **Refinamiento en el Post Procesamiento:** Explorar algoritmos avanzados de filtrado para reducir falsos positivos, particularmente en entornos llenos de objetos similares al casco.

En conjunto, este proyecto sienta bases sólidas para futuros desarrollos en la intersección de la seguridad industrial y la ciencia de datos. Con la integración de analíticas más complejas y la posibilidad de desplegar el modelo en sistemas de videovigilancia en tiempo real, se abre la puerta a soluciones escalables que contribuyan al bienestar de los trabajadores y a la prevención de riesgos en el entorno laboral.