



**Universidad Tecnológica Nacional**  
**Rectorado**  
**Secretaría de Ciencia y Tecnología**

**SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y  
TECNOLOGIA (SICyT)**

**FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

**Código del Proyecto: CCECCO0008754**

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Córdoba - CIII: CENTRO DE INVESTIGACION EN INFORMATICA PARA INGENIERÍA

### 2. Denominación del PID

CONTROL DE CALIDAD EN LINEAS DE PRODUCCIÓN DE AUTOPARTES UTILIZANDO TÉCNICAS DE APRENDIZAJE PROFUNDO

### 3. Resumen Técnico del PID

En muchas industrias en las cuales se implementan sistemas de producción en cadena, los operarios están sometidos a tareas repetitivas durante largos periodos de tiempo lo cual puede conducir a distracciones que generan diversas fallas en los productos. Eliminar estas fallas en los sistemas de producción genera mejoras de calidad que se traducen en menores costos, mayor rentabilidad, una mejor aceptación y satisfacción de los clientes, y ventajas competitivas respecto al resto de la competencia. En este proyecto se plantea evaluar el comportamiento de los algoritmos más actuales de detección de objetos basados en aprendizaje profundo para la localización y determinación de fallas de las autopartes a partir de imágenes. Las mismas provienen de múltiples cámara y con diferentes cambios en las condiciones de trabajo como velocidad de respuesta, cambios en la iluminación, tamaños de los objetos y modificación de los entornos de funcionamiento. A partir de las detecciones se pretende construir un sistema de alarma para alertar las fallas en las líneas de producción. Para la evaluación se construirá un conjunto de datos de entrenamiento con imágenes de las autopartes en entornos industriales. Como trabajo a futuro se espera que una de estas redes sea utilizada como parte de un sistema de control de calidad en una fábrica de nuestra región.

### 4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

### 5. Proyecto

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS EN CONSOLIDACIÓN SIN INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

### Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Productos metálicos, maquinaria y equipos	
DESARROLLO SOCIOECONOMICO Y SERVICIOS	Condiciones de trabajo	
PROMOCION GENERAL DEL CONOCIMIENTO	Ciencias de la ingeniería y arquitectura	

### Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Control	-
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Inteligencia Artificial	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Control de Procesos	-

### Palabras Clave

Detección de Fallas, Detección de Objetos, Aprendizaje Profundo, Redes Neuronales Convolucionales

### 6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/04/2023	31/03/2026	36 meses	-

## 7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

## 7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

## 7.2 Homologación (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

Código SCyT: CCECCO0008754

Disposición SCyT:

Código Ministerio:

## 8. Estado (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

EN TRÁMITE

## 9. Aavales (presentación obligatoria de aavales)

ANEXO III - DISP.SCTYP N° 34/2022 DECLARACIÓN JURADA DE ÉTICA Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO  
EXPERIMENTAL ANEXO IV - DISP.SCTYP N° 34/2022 PLAN DE GESTIÓN DE DATOS NOTA AVAL

## 10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido	Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos	Cargo docente	Año cargo docente	Categ. Investigador Universitario	Categ. Prog. Incentivos	
<a href="#">GONZÁLEZ DONDO</a>	DIEGO	DIRECTOR	10	01/04/2023	31/03/2026		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ayudante de 1ra</li> <li>Jefe de Trabajos Prácticos</li> </ul>	2018	Investigador D	Investigador V	<a href="#">Descargar CV</a>
<a href="#">REDOLFI</a>	JAVIER ANDRES	CO-DIRECTOR	10	01/04/2023	31/03/2026		Profesor Asociado	2019	Investigador C	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
<a href="#">GILETTA</a>	JULIAN	BECARIO BINID	10	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
<a href="#">ARAGUÁS</a>	ROBERTO GASTÓN	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/04/2023	31/03/2026		<ul style="list-style-type: none"> <li>Profesor Adjunto</li> <li>Profesor Asociado</li> </ul>	2010	Investigador B	Investigador III	<a href="#">Descargar CV</a>
<a href="#">SCHNEIDER</a>	AXEL CRISTIAN	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	12	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
<a href="#">CARREÑO MARÍN</a>	SEBASTIÁN	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>
<a href="#">PEREYRA</a>	MAIRA ESTEFANIA	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	01/04/2023	31/03/2026		Ayudante de 1ra	2018	Investigador D	Ninguna	<a href="#">Descargar CV</a>

## 11. Datos de la investigación

## Estado actual de concimiento del tema

En la actualidad aquellas organizaciones que buscan un desarrollo sostenido son permeables a la incorporación de nuevas tecnologías que posibiliten la mejora no sólo de sus productos, sino de todas las actividades que lo generan. Buscan diferenciar sus productos mediante la disminución de costos en la cadenas de producción, la mejora en la calidad de los procesos o con la implementación de nuevas tecnologías en los mismos; todo en pos de una integración tecnológica que las vuelva más competitivas. La automatización de los procesos implica desarrollo e investigación, tiempos de puesta a punto y un arduo trabajo en planta para calibrar las distintas variables que distan su comportamiento real al de la simulación establecida en un software. Desde hace ya algunos años muchos autores [1]–[4] hablan de la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0 la cual consiste en una nueva manera de producir mediante la adopción de tecnología??as 4.0, es decir, de soluciones enfocadas en la interconectividad, la automatización y los datos en tiempo real.

Uno de los habilitadores tecnológicos de la industria 4.0, es la inteligencia artificial (IA, por sus siglas), una de sus ramas se corresponde a la visión por computadora [1]. Esta disciplina se aplica a distintos dominios, con el propósito, entre otros, de identificar objetos y poder clasificarlos. La visión por computadora (CV, por sus siglas en inglés) 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. [5]–[7].

En la industria, el uso de cintas transportadoras, es un factor común utilizado en distintos procesos, organizando y agilizando los mismos; acoplar algoritmos basados en CV a estas cintas, permite identificar la posición de los productos que la misma transporta [8]–[14], su estructura [15], detectar fallas [16], analizar su distribución [12] e informar lo percibido a sistemas integrados que utilicen esta información para la toma de decisiones.

Las soluciones comerciales que ofrece el mercado (cámaras inteligentes) son capaces de procesar imágenes mediante métodos clásicos como detectores de borde, binarizados, mapas de color, etc, sin embargo la inclusión de algoritmos de IA en estos equipos pequeños es aún escasa y de muy alto costo. Esto se debe principalmente a la potencia de cálculo que los algoritmos requieren, pero también a las técnicas de entrenamiento que deben aplicarse para lograr resultados satisfactorios, las cuales exigen capturar, almacenar y etiquetar grandes cantidades de imágenes de muestras para realizar los entrenamientos.

La visión por computadora tiene cada vez más aplicaciones en la industria, las cuales entre otras cosas 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 [Dun00, HGS+06, BNG+08, LLW+18]. En muchas de estas aplicaciones industriales es necesario contar con un algoritmo que detecte los objetos de interés en las imágenes para su posterior procesamiento. Además, en determinados contextos, la detección de objetos utilizando visión por computadora es muchas veces la única solución posible. Ejemplo de ello se tiene cuando se deben detectar objetos distantes, o simplemente cuando no se cuenta con otra información que la visual sobre los objetos a procesar. En la literatura existen muchos algoritmos para la detección de objetos. En [VIO01] se presenta uno de los primeros métodos con resultados interesantes, donde la detección se realiza mediante el uso de clasificadores en cascada y descriptores rectangulares. Luego se proponen otros basados en nuevos descriptores como HOG [DAL05], en modelos de partes deformables [FEL10] y también en modelos basados en bolsas de palabras [FAR16] y vectores de Fisher [GOK16]. En la actualidad el aprendizaje profundo se encuentra en auge gracias a la disponibilidad de una gran cantidad de imágenes etiquetadas [DSS+09, LMB+14] y al poder de cómputo basado en GPUs o TPUs. Entre los algoritmos o métodos que muestran mejores resultados son los basados en redes neuronales convolucionales (CNN por sus siglas en inglés), como por ejemplo R-CNN [GIR14], Faster R-CNN [REN15] y Yolo [RED16].

Debido a la cantidad de modelos existentes, a las necesidades computacionales de los mismos, a la velocidad de respuesta requerida y particularmente a las condiciones de trabajo, resulta un tanto engorroso seleccionar el modelo que se ajuste a los requerimientos de trabajo particulares. Por ejemplo condiciones de iluminación (mañana, tarde y noche), gran diferencia de tamaño entre los objetos de interés o cuando se cambia el entorno de funcionamiento de los algoritmos (entrenamiento en un lugar y uso en otro lugar).

Además, si bien estos detectores de objetos son muy usados en ambientes urbanos para realizar tareas como detección de autos, patentes, peatones, señales de tránsito, evasión de obstáculos, uso de protectores-buconasales [17], detección de frutas o conteo de objetos, entre otros; su uso en ambientes industriales está poco explorado y mucho menos como sistema para detección de fallas en la producción. Por otro lado, este tipo de técnicas se encuentra muy poco aplicadas en entornos industriales, donde los ambientes de trabajo son visualmente complejos.

## Referencias

Nota: las siguientes referencias corresponden a todo el documento.

- [1] K. Schwab, La cuarta revolución industrial. Debate, 2016.
- [2] F. Griffiths and M. Ooi, "The fourth industrial revolution-industry 4.0 and iot [trends in future i&m]," IEEE instrumentation & measurement magazine, vol. 21, no. 6, pp. 29–43, 2018.
- [3] L. Koh, G. Orzes, and F. J. Jia, "The fourth industrial revolution (industry 4.0): technologies disruption on operations and supply chain management," International Journal of Operations & Production Management, 2019.
- [4] A. Martinelli, A. Mina, and M. Moggi, "The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution," Industrial and Corporate Change, vol. 30, no. 1, pp. 161–188, 2021.
- [5] Y. Hirano, C. Garcia, R. Sukthankar, and A. Hoogs, "Industry and object recognition: Applications, applied research and challenges," in Toward Category-Level Object Recognition. Springer, 2006, pp. 49–64.
- [6] M. H. Ali, K. Aizat, K. Yerkhan, T. Zhandos, and O. Anuar, "Vision based robot manipulator for industrial applications," Procedia computer science, vol. 133, pp. 205–212, 2018.
- [7] S. Luan, Y. Li, X. Wang, and B. Zhang, "Object detection and tracking benchmark in industry based on improved correlation filter," Multimedia Tools and Applications, vol. 77, no. 22, pp. 29 919–29 932, 2018.
- [8] C. Montoya Holguin, J. A. Cortés Osorio, and J. A. Chaves Osorio, "Sistema automático de reconocimiento de frutas basado en visión por computador," Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, vol. 22, no. 4, pp. 504–516, 2014.
- [9] A. Sarkar, S. Chakrabarty, and B. Roy, "On online counting of cigarette in packets—an image processing approach," in Proceedings of the International Conference on Nano-electronics, Circuits & Communication Systems. Springer, 2017, pp. 177–190.
- [10] D. Tripathy and K. G. R. Reddy, "Adaptive threshold background subtraction for detecting moving object on conveyor belt," Intl. Journal of Indestructible Mathematics and Computing, vol. 1, no. 1, pp. 41–46, 2017.
- [11] J. Shi and W. Tao, "Dynamic object counting application based on object detection and tracking," in Tenth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP 2018), vol. 10806. International Society for Optics and Photonics, 2018, p. 1080614.
- [12] S. S. Walam, S. P. Teli, B. S. Thakur, R. R. Nevarekar, and S. M. Patil, "Object detection and separation using raspberry pi," in 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT). IEEE, 2018, pp. 214–217.
- [13] L. Butters, Z. Xu, and R. Klette, "Using machine vision to command a 6-axis robot arm to act on a randomly placed zinc die cast product," in Proceedings of the 2nd International Conference on Control and Computer Vision, 2019, pp. 8–12.
- [14] J. Yang, S. Li, Z. Wang, and G. Yang, "Real-time tiny part defect detection system in manufacturing using deep learning," IEEE Access, vol. 7, pp. 89 278–89 291, 2019.
- [15] S.-H. Jeong, G.-J. Son, J.-H. Son, and Y.-D. Kim, "A proposal of real-time foreign object detection for food through conveyor belt using hyperspectral camera," Bulletin of Networking, Computing, Systems, and Software, vol. 9, no. 1, pp. 51–52, 2020.
- [16] U. Sanver, E. Yavuz, and C. Eyupoglu, "An image processing application to detect faulty bottle packaging," in 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIcon Rus). IEEE, 2017, pp. 986–989.
- [17] D. Gonzalez Dondo, J. A. Redolfi, R. G. Araguás, and D. Garcia, "Application of deep-learning methods to real time

- face mask detection," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 19, no. 6, pp. 994–1001, 2021.
- [18] T. Issenhuth, V. Srivastav, A. Gangi, and N. Padoy, "Face detection in the operating room: Comparison of state-of-the-art methods and a self-supervised approach," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 14, no. 6, pp. 1049–1058, 2019.
- [19] W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C.-Y. Fu, and A. C. Berg, "Ssd: Single shot multibox detector," in *European conference on computer vision*. Springer, 2016, pp. 21–37.
- [20] S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, "Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2015, pp. 91–99.
- [21] M. Olmedo, J. A. Redolfi, D. González Dondo, and R. G. Araguás, "EVALUACIÓN EMPÍRICA DE LA ROBUSTEZ DE DIFERENTES REDES NEURONALES USADAS PARA LA DETECCIÓN DE OBJETOS. XXIV Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones-ENIEF 2019. Asociación Argentina. De Mecánica Computacional (AMCA). Santa Fe, Argentina, Noviembre 5-7," *Mecánica computacional*, 2019.
- [22] A. Bochkovskiy, C.-Y. Wang, and H.-Y. M. Liao, "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection," *arXiv preprint arXiv:2004.10934*, 2020.
- [Ara20] "Detección de objetos en ambientes industriales utilizando técnicas de aprendizaje profundo". Proyecto incorporado al programa de incentivos de la SeCyT, PID CCUTICO0007894TC. Programa: Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Organismo evaluador: UTN - Programa de Incentivos. Categoría: PID Consolidado. Unidad Ejecutora: CIII, UTN - Facultad Regional Córdoba (Director) Dr. Araguás, Gastón. 2020 – 2022.
- [ABC16] Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., ... & Kudlur, M. (2016). Tensorflow: A system for large-scale machine learning. In *12th {USENIX} Symposium on Operating Systems Design and Implementation ({OSDI} 16)* (pp. 265-283).
- [AD14] "Determining Diameter of Animal Textile Fiber using Image Processing Techniques". Marcelo Arcidiácono, Eduardo Destefanis, presented in CLEI 2014.
- [Ara16] "Detección de Objetos Usando Visión para Aplicaciones Industriales". Proyecto incorporado al programa de incentivos de la SeCyT, PID UTI3923. Programa: Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Organismo evaluador: UTN - Programa de Incentivos. Categoría: PID Consolidado. Unidad Ejecutora: CIII, UTN – Facultad Regional Córdoba (Director) Dr. Araguás, Gastón. 2016 – 2019.
- [BNG+08] Benhimane, S., Najafi, H., Grundmann, M., Genc, Y., Navab, N., & Malis, E. (2008, January). Real-Time Object Detection and Tracking for Industrial Applications. In *VISAPP (2)* (pp. 337-345).
- [DAL05] Dalal, N., & Triggs, B. (2005, June). Histograms of oriented gradients for human detection. In *international Conference on computer vision & Pattern Recognition (CVPR'05)* (Vol. 1, pp. 886-893). IEEE Computer Society.
- [DCSA05] "Reconocimiento de Objetos en Imágenes con Independencia del Desplazamiento y la Rotación". Destefanis, Canali, Steiner, Araguás. XI Reunión de Proc. de la Inf. y Control. 2005.
- [DCSA06] "Inspección Óptica de Engranajes Bajo Iluminación No Uniforme". Destefanis, Canali, Steiner, Araguás. XX Congreso Argentino del Control Automático. 2006.
- [DDS+09] Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009, June). Imagenet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 248-255). IEEE.
- [Des07] "Agrupamientos perceptuales en Imágenes por Análisis Global". Destefanis, Eduardo. XII RPIC Reunion de Procesamiento de la Información y Control. 2007.
- [Des09] "Reconocimiento de patrones en imágenes en entornos semiestructurados - Fase II". Proyecto incorporado al programa de incentivos de la SeCyT, PID 25/E1139. Programa: Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Organismo evaluador: UTN - Programa de Incentivos. Categoría: PID Consolidado. Unidad Ejecutora: CIII, UTN - Facultad Regional Córdoba (Director) Dr. DESTEFANIS, Eduardo A. 2009 - 2011.
- [Des12] "Control Neurodifuso para Reconocimiento Óptico". Proyecto incorporado al programa de incentivos de la SeCyT, PID 25/E169. Programa: Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Organismo evaluador: UTN - Programa de Incentivos. Categoría: PID Consolidado. Unidad Ejecutora: CIII - GIA, UTN – Facultad Regional Córdoba (Director) Dr. Destefanis, Eduardo A. 2012 - 2014.
- [DS06] "Reconocimiento de patrones en imágenes en entornos semiestructurados". Proyecto incorporado al programa de incentivos de la SeCyT, PID 25/E101. Programa: Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Organismo evaluador: UTN - Programa de Incentivos. Categoría: PID Consolidado. Unidad Ejecutora: CIII, UTN - Facultad Regional Córdoba (Director) Dr. DESTEFANIS, Eduardo A. (Codirector) Ing. STEINER, Guillermo. 2006 –2008.
- [Dun00] Dunsmore, A. (2000). Survey of object-oriented defect detection approaches and experience in industry. Technical Report–EFoCS-36-2000, Computer Science Department, Strathclyde University.
- [FAR16] Farooq, J. (2016, April). Object detection and identification using surf and bow model. In *2016 International Conference on Computing, Electronic and Electrical Engineering (ICE Cube)* (pp. 318-323). IEEE.
- [FEL10] Felzenszwalb, P. F., Girshick, R. B., & McAllester, D. (2010, June). Cascade object detection with deformable part models. In *2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 2241-2248). IEEE.
- [GIR14] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 580-587).
- [GOK16] Gokberk Cinbis, R., Verbeek, J., & Schmid, C. (2013). Segmentation driven object detection with fisher vectors. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* (pp. 2968-2975).
- [HGS+06] Hirano, Y., Garcia, C., Sukthankar, R., & Hoogs, A. (2006). Industry and object recognition: Applications, applied research and challenges. In *Toward Category-Level Object Recognition* (pp. 49-64). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [HIR16] Hirano, Y., Garcia, C., Sukthankar, R., & Hoogs, A. (2006). Industry and object recognition: Applications, applied research and challenges. In *Toward Category-Level Object Recognition* (pp. 49-64). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [LCA+16] Luckow, A., Cook, M., Ashcraft, N., Weill, E., Djerekarov, E., & Vorster, B. (2016, December). Deep learning in the automotive industry: Applications and tools. In *2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 3759-3768). IEEE.
- [LLW+18] Luan, S., Li, Y., Wang, X., & Zhang, B. (2018). Object detection and tracking benchmark in industry based on improved correlation filter. *Multimedia Tools and Applications*, 77(22), 29919-29932. [LMB+14] Lin, T. Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., ... & Zitnick, C. L. (2014, September). Microsoft coco: Common objects in context. In *European conference on computer vision* (pp. 740-755). Springer, Cham.
- [MAG17] Mario Alejandro García, Eduardo Destefanis. "Deep Neural Networks for Shimmer Approximation in Synthesized

Audio Signal". XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2017. Ciudad de La Plata. octubre de 2017.

[RDG16] Redmon, J., Diwala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 779-788).

[RED16] Redmon, J., Diwala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 779-788).

[REN15] S. Ren, K. He, R. B. Girshick, and J. Sun, "Faster R-CNN: towards real-time object detection with region proposal networks," CoRR, vol. abs/1506.01497, 2015. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1506.01497>.

[RTC16] Radenovi?, F., Tolias, G., & Chum, O. (2016, October). CNN image retrieval learns from BoW: Unsupervised fine-tuning with hard examples. In European conference on computer vision (pp. 3-20). Springer, Cham.

[SFA15] "Sistema de visión para conteo de paquetes deformables en una pila". Guillermo Steiner, Guillermo Forte, Gastón Araguás. presented in 44th Argentine Conference on Informatics. 2015.

[Ste16] "Tracking distribuido". Proyecto incorporado al programa de incentivos de la SeCyT, PID UTN2165 . Programa: Electrónica, Informática y Telecomunicaciones. Organismo evaluador: UTN. Categoría: PID Consolidado. Unidad Ejecutora: CIII, UTN - Facultad Regional Córdoba (Director) Dr. Steiner, Guillermo. 2016 – 2018.

[VIO01] Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. CVPR (1), 1, 511-518

### Grado de Avance

En el Centro de Investigaciones en Informática para la Ingeniería (CIII) se tiene una sólida experiencia en temas de investigación relacionados a la visión por computadora y su aplicación en la industria. En proyectos anteriores [DS06, Des09, Des12, Ara16, Ste16, Ara20] se han desarrollado e implementado diversos métodos relativos a la detección, seguimiento y reconocimiento de entidades geométricas en imágenes, de los cuales resultaron las siguientes transferencias:

- Daimler AG. Transferencias de resultados de I+D desde 1997 a 2004 a laboratorio de Visión Computarizada (Machine Perception).
- Volkswagen Argentina. Transferencias en Visión Computarizada en 2002 y 2005 (Prototipos) Sitty SA. Convenios de transferencia de software de Reconocimiento Biométrico. 2006/7.
- Actividades de I+D desarrolladas en el marco del proyecto En.Pe.D.A. (Environment Perception for Driver Assistance) en conjunto con la Univ. de Auckland y otros centros internacionales orientados a Visión Computarizada. 2008/9.
- INVAP. Desarrollo de un seguidor de regiones en imágenes combinando técnicas de tracking y detección conocido como TLD. 2013.
- Ortíz y Cía S. A. Convenios de transferencias de software para conteo de partes. 2013/15.
- Caima Segall S.A. Convenio para implementación y adaptación de herramientas de aprendizaje profundo en seguridad de las personas en la industria. 2018/9.
- Caima Segall S.A. Convenio para la detección de uso de barbijos. 2020/1.
- Caima Segall S.A. Convenio para la detección de uso de lentes. 2021.
- ZF Argentina S.A Convenio para la Detección de presencia de buje en amortiguadores. 2021/2

Además, como resultado de los proyectos mencionados dentro del CIII se desarrollaron y publicaron las siguientes tesis doctorales en el área:

- Steiner G. M. (2013) . "Sistema de Visión Computarizada para Reconocimiento de Entorno". Doctorado.Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba.
- Araguás, Roberto Gastón (2013). "Algoritmos para localización visual monocular de robots móviles". Doctorado. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba.
- Karim Nemer (2017). "Diseño y estudio de desempeño de métodos de segmentación y compresión de imágenes, usando sistemas híbridos y preprocesamiento vía proyección en espacios funcionales" Doctorado.Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba.
- Redolfi, J. A. (2018). "Aplicación en agricultura de precisión de esquemas actuales de reconocimiento visual". Doctorado. Universidad Nacional de Córdoba.

A partir de esas investigaciones se produjeron los siguientes artículos relacionados con la visión por computadora y la industria [DCSA05, DCSA06, Des07, AD14, SFA15, MAG17, 17, 21].

Finalmente, uno de los integrantes se encuentra actualmente realizando un trabajo pos doctoral (con una beca UTN) en el área de la visión por computadora.

### Objetivos de la investigación

#### Generales

1. Contribuir a las áreas de investigación relacionada con la detección de fallas de autopartes en ambientes industriales basados en Visión por Computadora, Aprendizaje de Máquina e Inteligencia Artificial.
2. Realizar avances en tópicos relacionados con Aprendizaje Profundo y Redes Neuronales Convolucionales.
3. Aplicar estas nuevas tecnologías a la mejora de la calidad de los procesos productivos de la industria local.

#### Particulares

1. Desarrollar un algoritmo para la detección de fallas en autopartes a partir de imágenes en ambientes industriales visualmente complejos de múltiples vistas.
2. Explorar el comportamiento de diferentes CNN para la detección de objetos bajo diferentes condiciones: tamaños de objetos a detectar, iluminación, ambientes (con muchos objetos, ruidosos, complejos).
3. Explorar y analizar redes neuronales para la clasificación de imágenes de autopartes con fallas y sin fallas.
4. Evaluar los tiempos de cómputo de las distintas redes y analizar la posibilidad de su uso en condiciones de tiempo real.
5. Desarrollar herramientas para extender dataset de imágenes etiquetados para detección de objetos.
6. Construir conjuntos de imágenes con sus etiquetas de los objetos con fallas a detectar y/o clasificar.

#### Descripción de la metodología

Para cumplir con los objetivos planteados, como primer paso se estudiarán las diferentes redes neuronales convolucionales disponibles para la detección y clasificación de objetos a partir de imágenes digitales. Esto implica realizar diferentes ensayos con las posibles configuraciones de las mismas, empleando conjuntos de imágenes con los objetos de interés, particularmente autopartes con fallas de fabricación. Para ello se analizarán las diferentes redes de código abierto disponibles en los frameworks TensorFlow [ABC16] y Yolo [RDG16]. Para el entrenamiento de las mismas se emplearán computadoras de alto poder de cómputo con tarjetas de gráficas (GPUs) para agilizar los procesos. Luego se procederá al ensayo de las diferentes redes y sus configuraciones, para lo cual se tomará como medida de análisis las obtenidas a partir de curvas ROC y también medidas como la precisión y la exactitud. También es de interés la determinación de las posiciones de los objetos en las imágenes provenientes de múltiples cámaras y la velocidad en la detección, para una aplicabilidad de la red en tiempo real. Para ello se evaluará la tasa de cuadros por segundos a la que se puede detectar los objetos de interés.

En principio se buscará desarrollar un algoritmo basado puramente en redes neuronales para la detección y clasificación de fallas y luego, en caso de ser necesario, se procederá a ensayar la combinación del mismo con otras técnicas de aprendizaje de máquina como por ejemplo Máquinas de Soporte Vectorial. Para la evaluación también se emplearán las métricas de evaluación antes descritas.

A partir de los ensayos con las diferentes redes se obtendrá el modelo más adecuado para la detección y/o clasificación de las fallas del objeto de interés en ambiente industrial. Luego con este modelo se desarrollará un algoritmo para, a partir de imágenes obtenidas en tiempo real de múltiples cámaras, determinar la presencia o no de las fallas de fabricación o manufactura en los objetos a analizar.

Para todos los desarrollos computacionales se emplearán los lenguajes de programación C, C++ o Python y se usarán bibliotecas de código abierto, como Tensor Flow, Yolo, OpenCV, Numpy, Matplotlib, 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 con las fallas que se desea detectar. En este trabajo se plantea la construcción de un conjunto de imágenes de entrenamiento y evaluación con los objetos de interés en diferentes condiciones de iluminación y diferentes vistas.

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 las mismas empleando una herramienta conocida como LabelMe1. El etiquetado consiste en indicar en cada imagen la presencia o no del objeto de interés con la falla correspondiente y su posición en la imagen. Se procederá a capturar conjuntos de imágenes con diferentes condiciones de iluminación y tamaños del objeto de interés.

Además, se desarrollará una herramienta en lenguaje python para extender los conjuntos de imágenes en conjunto con sus etiquetas. Esta aplicará a las imágenes originales y sus etiquetas, diferentes transformaciones agregando modificaciones morfológicas, ruido, transformaciones de perspectiva, oclusiones a los objetos, rotaciones y escalado de las mismas.

Esperamos que con esta técnica aumente el desempeño de las redes al incluir mas diversidad en los datos.

Se procederá también a evaluar el uso de la técnica de minado negativo [RTC16] para entrenar las diferentes redes, es decir entrenar la red con imágenes de objetos que no son de interés y que a su vez fueron mal clasificados por la red.

Finalmente se publicarán los resultados obtenidos en revistas o congresos locales e internacionales afines a la temática. También se procederá a poner a disposición a la comunidad científica, a través de un repositorio abierto, el conjunto de imágenes etiquetadas para la evaluación de futuros algoritmos.

1-<http://www.labelme.org/>

## 12. Contribuciones del Proyecto

### Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Los avances teóricos permitirán desarrollar algoritmos robustos para la detección y reconocimiento de fallas en autopartes en ambientes industriales en el proceso de manufactura. Los algoritmos obtenidos del presente proyecto

permitirán realizar diferentes transferencias al medio, logrando una fuerte contribución en la relación empresa-universidad como así también una mejora en las tecnologías aplicadas en la industria regional.

Específicamente se cuenta con el respaldo de la empresa local ZF Argentina SA, la cual se dedica a la manufactura de autopartes en particular amortiguadores para vehículos de todo tipo. Esta empresa tiene un especial interés en la temática actual del proyecto ya que considera que mediante la inclusión de sistemas de visión por computador en conjunto con inteligencia artificial puede mejorar la calidad del proceso productivo en muchas de las etapas de las líneas de producción de las empresa.

Por último, la aplicación de estas redes, relativamente nuevas, no está aún muy explorado en la literatura, por lo tanto las publicaciones que surjan como resultados del proyecto van a contribuir con el avance científico en esta área.

### Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El presente proyecto permitirá desarrollar las capacidades de trabajo en equipo de investigadores formados, en formación y estudiantes de grado. Por otro lado, la incorporación de estudiantes de grado o jóvenes graduados en investigación y desarrollo (I+D) permite despertar el interés investigación aplicada, favoreciendo al fortalecimiento de la ciencia y tecnología, de gran importancia para el crecimiento nacional.

Específicamente se prevé:

1. Incorporar dos becarios de grado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
2. Incorporar un becario graduado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
3. Postular al menos a un graduado para la realización de una tesis de doctorado relacionada con las redes neuronales convolucionales y su aplicación en la resolución de problemas de la industria.
4. Dictar seminarios de divulgación sobre la temática en la cátedra electiva "Visión por Computadora" de 6° año de la carrera Ingeniería Electrónica de nuestra facultad

### 13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Estudio del estado del arte en detección automática.	01/04/2023	3 meses	30/06/2023
1	Documentación	01/04/2023	12 meses	31/03/2024
1	Instalación y puesta a punto de las herramientas computacionales	01/05/2023	1 meses	31/05/2023
1	Construcción de un dataset en condiciones de laboratorio.	01/06/2023	3 meses	31/08/2023
1	Diseño de los ensayos de detección usando diferentes redes y condiciones de funcionamiento.	01/09/2023	1 meses	30/09/2023
1	Realización de los ensayos y evaluación de los resultados obtenidos en condiciones de laboratorio.	01/10/2023	4 meses	28/02/2024
1	Divulgación	01/10/2023	2 meses	30/11/2023
2	Estudio de herramientas y métodos para extender dataset	01/04/2024	2 meses	31/05/2024
2	Estudio de técnicas de minado negativo.	01/05/2024	2 meses	30/06/2024
2	Diseño de herramienta para extender los conjuntos de datos	01/06/2024	1 meses	30/06/2024
2	Codificación de la herramienta para extensión de dataset	01/07/2024	3 meses	30/09/2024
2	Codificación del algoritmo de minado de negativos.	01/07/2024	3 meses	30/09/2024
2	Prueba de concepto de extensión de dataset	01/09/2024	1 meses	30/09/2024
2	Documentación de la herramienta de extensión de dataset	01/09/2024	2 meses	31/10/2024
2	Entrenamiento y evaluación de las redes usando minado de negativos en condiciones de laboratorio.	01/10/2024	3 meses	31/12/2024
2	Búsqueda de diferentes opciones de clasificadores para ser usados en combinación con las redes neuronales convolucionales.	01/11/2024	4 meses	28/02/2025
2	Instalación y puesta a punto de las herramientas computacionales para clasificación de imágenes	01/03/2025	1 meses	31/03/2025
3	Codificación de la propuesta de combinación.	01/04/2025	2 meses	31/05/2025
3	Documentación	01/04/2025	12 meses	31/03/2026
3	Análisis y conclusiones finales sobre el comportamiento de los diferentes ensayo en condiciones de laboratorio.	01/06/2025	2 meses	31/07/2025
3	Construcción de un dataset en condiciones de campo.	01/08/2025	2 meses	30/09/2025
3	Extensión del dataset.	01/10/2025	1 meses	31/10/2025
3	Diseño y codificación de los experimentos en condiciones de campo.	01/10/2025	3 meses	31/12/2025
3	Ensayo y evaluación de los algoritmos en condiciones de campo.	01/01/2026	3 meses	31/03/2026
3	Análisis y conclusiones finales sobre el comportamiento de los diferentes ensayo en condiciones de campo.	01/02/2026	2 meses	31/03/2026
3	Documentación	01/03/2026	1 meses	31/03/2026

### 14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
Instituto de altos estudios	Ferral	Anabela	INVESTIGADOR	CONAE	Falda del Cañete	Formación de recursos	Dirección de tesis de maestrías

espaciales, Mario Gulich	Ferral	Anabela	FORMADO	CONAE	Cañete, Córdoba	de recursos humanos	Dirección de tesis de maestrías
Instituto de altos estudios espaciales, Mario Gulich	Diez	Sebastian	INVESTIGADOR FORMADO	CONAE	Falda del Cañete, Córdoba	Proyecto de cooperación	Desarrollo de estaciones de medición de calidad del aire.
Instituto de Desarrollo Económico e Innovación	Dell'Osa	Antonio	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártid	Usuhaia, Tierra del Fuego, Argentina	Proyecto de cooperación	Desarrollos en bioimpedancias
Centro de investigación y estudios en matemática	Sanchez	Jorge	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Nacional de Córdoba, FaMAF	Córdoba	Formación de recursos humanos. Proyectos en cooperación.	Codirección de tesis de doctorado en el tema reconocimiento y clasificación de objetos. Investigaciones conjuntas en redes neuronales convolucionales.