



IMPORTANCIA DE LA APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍA ROBÓTICA Y LA DEFINICIÓN DE PLANES DE TRANSICIÓN TECNOLÓGICA PARA EL SECTOR AGROINDUSTRIAL DEL VALLE DEL CAUCA EN EL MARCO DEL PAED

Jhonathan Stiven Castañeda Cano

Estudiante del programa de Ingeniería Mecatrónica
Universidad Autónoma de Occidente





DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Grupo de investigación Shaver
Tutoría a cargo del Dr. Greg Shaver
Universidad de Purdue

DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA

Semillero de investigación en Robótica y Sistemas Autónomos (RAS)
Tutoría a cargo del Dr. Víctor Romero Cano
Universidad Autónoma de Occidente

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación
Gobernación del Valle del Cauca
Instituto Financiero para el Desarrollo del Valle del Cauca INFIVALLE
Universidad Santiago de Cali

Pasantía Internacional "Nexo Global Valle del Cauca"
Santiago de Cali, Colombia
5 de mayo de 2021

COMITÉ EDITORIAL DE LA UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI

Carlos Andrés Pérez Galindo
Rector
Claudia Liliana Zúñiga Cañón
Directora General de Investigaciones
Edward Javier Ordóñez
Editor

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Juan Diego Tovar Cardenas
 librosusc@usc.edu.co



El conocimiento es de todos

Minciencias

IMPORTANCIA DE LA APROPIACIÓN DE TECNOLOGÍA ROBÓTICA Y LA DEFINICIÓN DE PLANES DE TRANSICIÓN TECNOLÓGICA PARA EL SECTOR AGROINDUSTRIAL DEL VALLE DEL CAUCA EN EL MARCO DEL PAED

Importance of the appropriation of robotic technology and the definition of technological transition plans for the agroindustrial sector of Valle del Cauca within the framework of PAED

Jhonathan Stiven Castañeda Cano

Estudiante del programa de Ingeniería Mecatrónica
Universidad Autónoma de Occidente

 jhonathan.castaneda@uao.edu.co

Resumen. El presente documento plantea una reflexión en torno a la importancia de implementar sistemas robóticos en el sector agroindustrial del Valle del Cauca y expone cómo el establecimiento de planes de transición tecnológica y el aprovechamiento del talento humano local pueden apoyar a la industria para dar los primeros pasos hacia modelos de agricultura más eficientes, sostenibles y modernos. En la primera parte de este documento se expone brevemente el papel de la robótica en la agroindustria moderna, luego se revisan los resultados más relevantes obtenidos durante la pasantía de Nexo Global, en torno al trabajo realizado en el área de la agroindustria con sistemas robotizados. Para finalizar se expone cómo los profesionales del departamento están en plena capacidad de realizar la apropiación e implementación de sistemas modernos para actividades agrícolas y se discute en torno a las consideraciones que deberían tenerse en cuenta para realizar la apropiación de este tipo de tecnologías en el departamento a modo de reflexión.

Palabras clave: PAED, agroindustria, robótica, transición tecnológica.

Abstract. This paper reflects on the importance of implementing robotic systems in the agroindustrial sector of Valle del Cauca and shows how the establishment of technological transition plans and the use of local human talent can support the industry to take the first steps towards more efficient, sustainable and modern agricultural models. The first part of this document briefly discusses the role of robotics in modern agribusiness, followed by a review of the most relevant results obtained during the Nexo Global internship, regarding the work carried out in the area of agribusiness with robotic systems. Finally, it is presented how the professionals of the department are fully capable of appropriating and implementing modern systems for agricultural activities and it is discussed the considerations that should be taken into account for the appropriation of this type of technologies in the department as a reflection.

Key words: PAED, agribusiness, robotics, technological transition.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimentos y productos obtenidos a partir de la agricultura es un problema que afronta la sociedad moderna; Solo para el 2050, y analizando cifras de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (ONUAA) se plantea que la producción de alimentos a nivel mundial debería incrementarse al menos en un 51% con respecto a niveles de producción de antes del 2018 para cumplir con la demanda global de alimento. (van Dijk et al., 2021). Esta situación lleva a que muchas empresas del sector agrícola enfoquen sus esfuerzos en el desarrollo de nuevas tecnologías y modelos de agricultura, para transformar los cultivos tradicionales y hacerlos más productivos con un uso más eficiente de los recursos que se invierten en ellos. Como resultado de estos esfuerzos se han desarrollado diversos vehículos robotizados y autónomos, que incrementan la productividad en los cultivos de diferentes productos y ayudan a cumplir los objetivos de producción en la agroindustria. A continuación se presentan algunos antecedentes en cuanto a este tipo de tecnologías.

VEHÍCULOS AUTÓNOMOS PARA AGRICULTURA

En esta categoría de tecnologías para la agroindustria se pueden encontrar principalmente los tractores autónomos, estos, que son útiles para la realización de diversas actividades de agricultura son bastante comunes en los cultivos modernos. (Roshanianfard et al., 2021) afirma que los tractores automatizados ocupan la mayor cantidad de vehículos autónomos desarrollados para diferentes cultivos. Por otra parte, desde la experiencia del autor también se deben resaltar los vehículos cosechadores combinados e inteligentes como el que se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1. Vehículo Cosechador Autónomo del Tipo Combine Harvester.



Nota. Imagen adaptada de vista general de grupo de investigación Shaver, proyectos en ejecución o recientemente finalizado. [Diapositivas PowerPoint] Por Shaver, G. 2021.

Empresas como John Deere son líderes en el desarrollo de estos vehículos, que transforman la forma en que se cultivan, cosechan y distribuyen los productos en el campo. John Deere ofrece actualmente soluciones tecnológicas para diversas áreas de trabajo en la agricultura, como el control de plagas por medio de robots, la recolección semi-automatizada o automatizada de diversos cultivos, y la digitalización de cultivos como objetos IoT que pueden ser monitoreados y administrados por medio de aplicaciones digitales.

Un caso puntual de estas tecnologías son los vehículos del tipo “Combine Harvester”, como el que se aprecia en la Figura 1, los cuales se componen de un par de máquinas de recolección y almacenamiento que trabajan sincronizados mientras cosechan el producto de un cultivo. Este tipo de vehículo juega un papel crucial en la productividad de cultivos de grandes dimensiones donde realizar ciertas actividades de manera manual resulta poco eficiente. Este vehículo autónomo podría considerarse de nivel 3 de acuerdo a los grados de autonomía establecidos por la administración nacional de seguridad del tráfico en las carreteras de Estados Unidos o NHTSA por sus siglas en inglés. (NHTSA, 2018).

Estas máquinas inteligentes aumentan la productividad, ya que disminuyen las interrupciones en la recolección para descarga del producto y con ellas se puede mantener una operación automatizada tanto en el día como en la noche, haciendo un mejor uso del tiempo, aspecto muy importante para plantaciones donde las estaciones están presentes y se debe aprovechar al máximo el periodo en el que el suelo es cultivable. Otro aspecto a resaltar es que estas tecnologías se están empezando a implementar en base a sistemas híbridos y/o eléctricos (Borrás, 2022). Con lo anterior se disminuyen las emisiones de compuestos nocivos tanto para los cultivos como para el medio ambiente en general.

Robots Móviles

Los robots móviles también juegan un papel importante en la agroindustria, estos dispositivos que suelen ser robots terrestres o drones son útiles para realizar levantamiento de información topográfica, llevar a cabo inspecciones periódicas y apoyar a las principales máquinas y sistemas de recolección de los cultivos modernos. Los robots móviles pueden generar mapas digitalizados de la zona en la que se despliegan, aplicar fertilizantes y otros productos a lo largo de los cultivos o en zonas de interés, además de esto, pueden recolectar muestras del terreno rápidamente en cultivos de grandes extensiones.



Figura 2. Robot Movil de Agricultura de la Empresa Agrobot.



Nota. Imagen adaptada de Agrobot | E-series. Por ducksize. 2022.
(<https://www.ducksized.com/product-page/agrobot>).

También pueden encontrarse robots más complejos para su uso en terrenos irregulares como las plataformas basadas en TMRs colaborativos propuestas por (Gong et al., 2020), que suelen ser más dinámicas, con mayor grado de libertad, más estabilidad, pero de arquitectura física y computacional más compleja.

El papel de los robots móviles es de gran importancia en la agroindustria, ya que aunque estos no ejecuten las principales actividades que se realizan en un cultivo a gran escala (siembra, cosecha, transporte de insumos, etc.) sirven como herramientas de soporte para ejecutar de manera más eficiente y moderna algunas actividades secundarias que también son relevantes para la mantención y manejo general de diversos cultivos.

VEHÍCULOS AUTÓNOMOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

El papel de los robots no acaba dentro de los cultivos, sino que también puede extenderse a la cadena de suministros y el transporte de insumos; Un ejemplo de esto son los proyectos desarrollados en torno a tecnologías de “Platooning” en las que se implementan camiones inteligentes capaces de transitar en grupos, uno detrás de otro, mientras son controlados por un líder de convoy por medio de redes V2V y con el apoyo de sistemas de percepción robótica. El Platooning permite reducir el consumo de combustible gracias a la forma en que se desplazan los vehículos; En un estudio de Lammert et al. (2014) puede observarse que para tracto camiones de clase 8 se ahorra entre un 5.3% y un 9.7% de combustible con sistemas basados en Platooning.

Como se ha expuesto, el papel de la robótica es fundamental en diversas áreas de la agroindustria moderna. Desde el punto de vista del autor, la apropiación de este tipo de tecnologías en el departamento puede mantenerlo alineado con los objetivos estratégicos planteados en el PAED por la Gobernación del Valle del Cauca (2016), mediante un impacto en los focos priorizados de agroindustria y energía, y con la introducción de sistemas de robótica (eléctricos) y/o vehículos autónomos híbridos a los procesos productivos de la agroindustria local. Con lo anterior pueden transformarse los cultivos de grandes extensiones del departamento (como las plantaciones de caña de azúcar) para volverlos más eficientes, productivos y sustentables y al mismo tiempo pueden reducirse las emisiones de gases nocivos para el medio ambiente y el mejorar el uso de energía y combustibles en la maquinaria industrial de la región.

A continuación se expone brevemente el trabajo realizado durante la pasantía de Nexo Global, y se discute cómo la apropiación e implementación de las tecnologías utilizadas en Estados Unidos puede ser viable en el departamento del Valle del Cauca, gracias al nivel de formación que tienen los profesionales de la región y a la similitud topográfica y de cultivos en general que se pueden observar en Indiana, Estados Unidos y el Valle del Cauca en Colombia.

VEHÍCULOS AUTÓNOMOS EN MONOCULTIVOS DE GRANDES EXTENSIONES

Como se ha mencionado anteriormente, los vehículos autónomos juegan un papel fundamental en las labores agrícolas, sobre todo, cuando se trata de actividades que deben realizarse en cultivos de grandes extensiones y en regiones donde debe aprovecharse al máximo el tiempo por la presencia de las estaciones. Para este tipo de cultivos, en Estados Unidos, es común observar maquinaria de precisión e inteligente, un ejemplo de esto son los ya mencionados Combine Harvesters de John Deere, con los que se pudo trabajar a lo largo de la pasantía de Nexo Global.

Durante la pasantía el autor tuvo la oportunidad de conocer cómo funcionan los sistemas de percepción robótica de este tipo de vehículos y recibió entrenamiento en torno a cómo se implementan este tipo de sistemas que permiten operar de manera autónoma a los Combine Harvesters bajo diferentes condiciones medioambientales y escenarios de trabajo. En la siguiente sección se aborda brevemente esta experiencia y se exponen algunos de los principales hallazgos obtenidos.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Durante los 6 meses de la pasantía de Nexo global fue posible realizar una inmersión en diferentes áreas de trabajo en torno a los sistemas de percepción de los Combine Harvesters; Primero, el autor recibió entrenamiento en torno a modelos de reconstrucción 3D, para escenarios en los que los sensores de la máquina pueden arrojar información incompleta, debido a escenarios de trabajo retadores como ambientes con bastante polvo y material particulado en el aire, ambientes con condiciones de iluminación variables y situaciones donde los sensores simplemente arrojan datos incompletos.

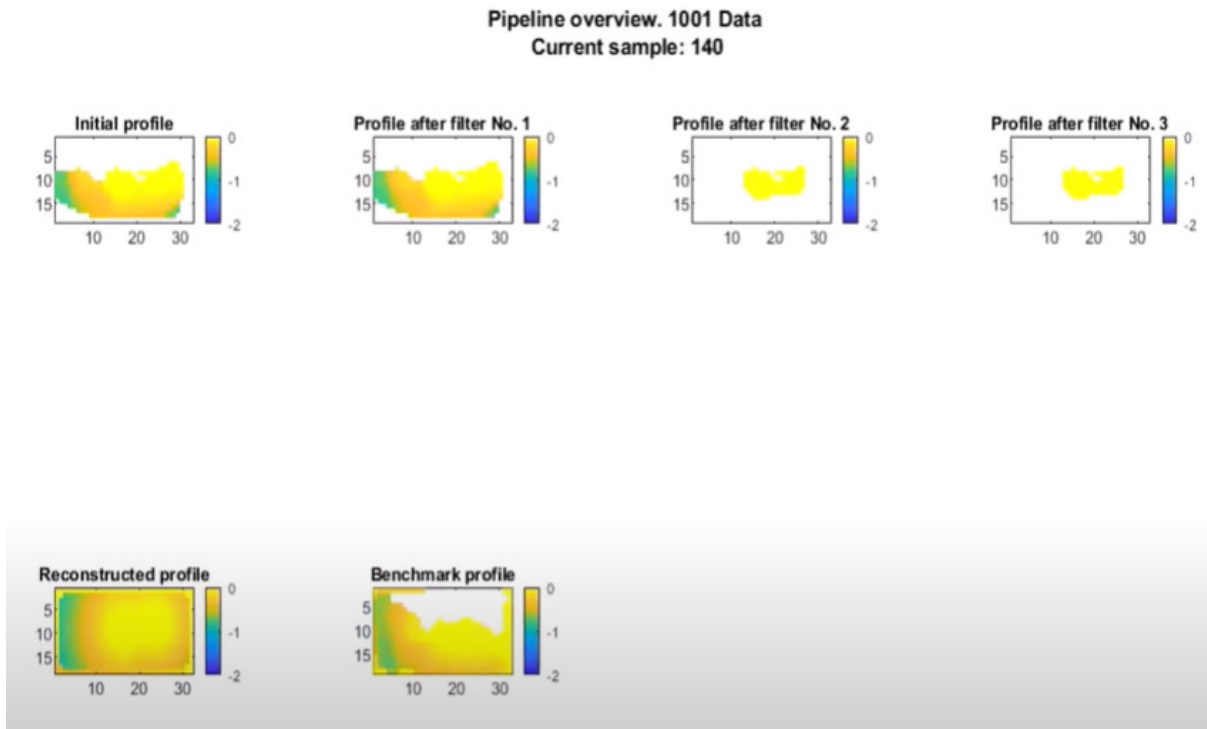
Para esta etapa del trabajo se estudiaron en detalle estrategias de reconstrucción como la planteada por Liu et al. (2021), donde por medio de modelos matemáticos e información de la cantidad de material depositado en un tanque, es posible realizar una reconstrucción 3D de la escena, para conocer cómo se distribuirá el material depositado en el tanque y obtener una superficie aproximada del perfil de material, de la que pueden extraerse pará-

metros de interés para monitorear el estado del mismo y realizar acciones de control sobre diferentes mecanismos de un vehículo cosechador como el de la Figura 1.

Luego de finalizar esta fase de entrenamiento en los primeros 3 meses de la pasantía fue posible recibir más capacitación en torno a algoritmos y técnicas de filtrado para información de sensores activos y fue posible aprender y evaluar modelos de fusión de datos como el planteado por Jiang et al. (2021). El autor tuvo la oportunidad de aprender de primera mano la metodología de implementación de algunos algoritmos utilizados en las estrategias de procesamiento de datos mencionadas y finalmente pudo proponer alternativas de mejora para aumentar el nivel de automatización del sistema de percepción de un Combine Harvester.

De manera general se propusieron una serie de filtros para la etapa de pre procesamiento de información que se ejecuta en los sistemas de percepción estudiados.

Figura 3. Resultados de los Filtros Automatizados Propuestos Para el Sistema de Percepción de un Vehículo Cosechador.

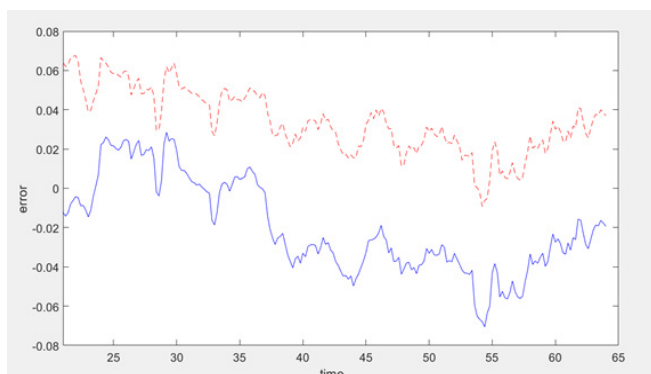


Nota. Imagen de elaboración propia en la que se puede observar cómo un mapa de profundidad, representado por una imagen 2D (imagen superior izquierda) es modificada tras pasar por varios filtros; Puede observarse cómo el producto de este filtrado y posterior reconstrucción es un mapa de profundidad completo que puede compararse con otro mapa de referencia o "Benchmark profile" para evaluar los resultados de reconstrucción. Se omiten detalles en cuanto a unidades y sensores con los que se obtienen los mapas de profundidad por cumplimiento de políticas de IP con el patrocinador del proyecto.



También se evaluó cómo al aumentar la automatización de ciertas etapas de filtrado se podría impactar en el desempeño del sistema de percepción, al incrementar o disminuir la precisión de las mediciones arrojadas cuando el sistema de instrumentación se encuentra arrojando las señales de medición en estado estacionario.

Figura 4. Ejemplo de Resultados Obtenidos al Comparar el Desempeño del Sistema de Percepción al Configurar el Sistema con Diferentes Niveles de Automatización.



Nota. Imagen de elaboración propia en la que se puede observar cómo las mediciones del sistema de percepción estudiado pueden variar dependiendo del nivel de automatización con el que se configuran las tareas del sistema. La línea roja representa el error del sistema al funcionar con un mayor grado de automatización en los filtros propuestos, la línea azul representa el error cuando el nivel de automatización en los filtros anteriores es menor.

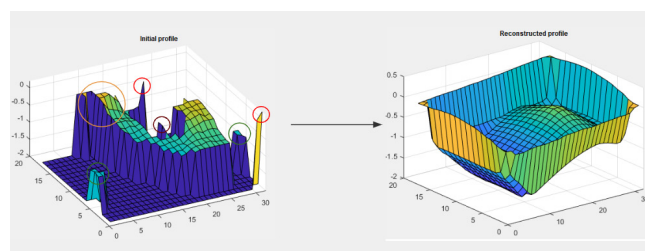
Con experimentos que arrojaron resultados como el de la figura 4 se evaluó el impacto de las estrategias de filtrado propuestas en el sistema de percepción.

PRINCIPALES HALLAZGOS

Como resultado del trabajo realizado se encontró que los algoritmos de filtrado propuestos funcionan bien incluso cuando en las escenas procesadas se encuentran múltiples zonas de interés para iniciar la reconstrucción de la información con las estrategias mencionadas en la sección anterior. También, al evaluar el desempeño de las estrategias de reconstrucción de información, cuando estas se implementan sobre información que ha pasado por filtros como los propuestos, se halló que al realizar un proceso de sintonización de uno de los parámetros que configuran los modelos de reconstrucción, basado en las condiciones medioambientales en las que se encuentra el vehículo, se pueden obtener mejores resultados.

Luego de todo un proceso de evaluación y validación fue posible probar el sistema de percepción y diversas técnicas de procesamiento de datos en diferentes contextos y se llegó a la conclusión de que lo importante para el sistema es mantener un balance entre el nivel de automatización y el nivel de intervención humana requerida en el sistema. Para algunos escenarios de trabajo un mayor nivel de intervención humana podría ser mucho más adecuado que todo un sistema automatizado.

Figura 5. Ejemplo de Reconstrucción Exitosa Luego de Aplicar los Filtros Propuestos.



Nota. Imagen de elaboración propia en la que se puede observar cómo los filtros propuestos están en capacidad de procesar adecuadamente un mapa de profundidad y garantizan que el modelo de reconstrucción usado puede ejecutarse adecuadamente. A la izquierda se observa un mapa de profundidad incompleto, con ruido (demarcado con círculos de colores) y con múltiples zonas de interés para realizar la reconstrucción, a la derecha se observa el mapa completo, luego de filtrarlo y reconstruir la escena.

REFLEXIÓN

Con base en la experiencia adquirida durante la pasantía y el aprendizaje que se obtuvo durante las actividades que se mencionan en la sección anterior se puede decir que los profesionales del Valle del Cauca están en plena capacidad de implementar tecnologías como vehículos automatizados y robots para la agroindustria del departamento, el grado de inmersión que tuvo el autor en el desarrollo de sistemas de percepción que incluyen tecnología de punta y el hecho de que fue posible realizar contribuciones de valor para estos sistemas en el área técnica con base en conocimiento adquirido previamente en el Valle del Cauca son un ejemplo de esto; Además, desde el punto de vista del autor, la formación técnica que se da en torno a áreas como la automatización, el desarrollo de sistemas de control, instrumentación, robótica y procesos de ingeniería con herramientas CAD-CAM-CAE en las universidades del Valle del Cauca es suficientemente completa y permite que los profesionales de la región puedan realizar desarrollos tecnológicos como los que se pueden observar en la

Universidad de Purdue; Sencillamente lo que puede hacer falta es una conexión más fuerte entre la academia local y la industria, para que los profesionales en formación puedan participar más en grandes proyectos y se cuenten con mayores recursos de parte de la industria para apoyar la investigación en diversas áreas del conocimiento.

Desde el punto de vista del autor la apropiación e implementación de tecnología robótica para el departamento es viable, no obstante, deberían tenerse en cuenta ciertas consideraciones para el despliegue de estas herramientas en el departamento. A continuación se presentan algunas de estas consideraciones que van desde el ámbito técnico hasta factores de cultura e infraestructura.

CONSIDERACIONES PARA LA APROPIACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA AGROINDUSTRIA

La introducción de tecnología robótica en el sector agroindustrial puede traer beneficios considerables para el departamento, no obstante, hay que tener en cuenta ciertas consideraciones que pueden ser un reto a la hora de adquirir y desplegar este tipo de sistemas. Desde el punto de vista del autor, algunos de estos factores son la educación y cultura en torno a las nuevas tecnologías y la adaptación de la infraestructura para el despliegue de las nuevas herramientas tecnológicas, a continuación se discute por qué estos factores se consideran importantes desde el punto de vista del autor.

Infraestructura y Cultura

Uno de los retos que afronta la apropiación de tecnología robótica en la agroindustria del departamento son la infraestructura y la cultura; Que en cierta medida pueden definir si se garantiza un entorno seguro para la operación de un robot o vehículo autónomo. Para realizar el despliegue de robots en los cultivos del departamento y en los escenarios de trabajo de las empresas locales hace falta que se generen las condiciones adecuadas para el uso de estos. Por ejemplo, debe garantizarse una excelente conectividad a la red, que a su vez debe ser segura, si se usan plataformas colaborativas, debe contarse con mapas digitalizados de los lugares de despliegue de los robots y en el caso de robots móviles deben organizarse sitios seguros de tránsito con suficiente demarcación como landmarks, o puntos de referencia para que el sistema de percepción robótica de las máquinas pueda localizarse en su sitio de despliegue por medio de SLAM (Simultaneous mapping and localization) o diferentes algoritmos de estimación

de estados; Adicional a esto debe existir una cultura de cuidado y respeto por estas máquinas, para asegurarse de que los robots no se expondrán a riesgos innecesarios por conductas inapropiadas de las personas que podrían interactuar con ellos.

La Universidad de Purdue puede mostrar cómo un buen manejo de estos dos factores, infraestructura y cultura, garantizan la operación adecuada de sistemas robóticos a gran escala; Por ejemplo, es muy común que al desplazarse por el campus de la universidad de Purdue y los centros de investigación se puedan encontrar decenas de robots móviles de la empresa Starship realizando actividades de repartición de alimentos y paquetes pequeños.

Figura 6. Robots Móviles de la Empresa Starship Trabajando en la Universidad de Purdue en Actividades de Repartición de Alimentos y Paquetes Pequeños.



Nota. Imagen de elaboración propia en la que se puede observar a dos robots mensajeros transitando de manera segura por el campus de la universidad de Purdue, en Estados Unidos.



Si se compara el caso de los robots repartidores de Starship con otras tecnologías podrá observarse que los requerimientos en términos de infraestructura y cultura son muy similares para los robots agroindustriales, simplemente cambia el escenario de implementación. Así pues, el tema de infraestructura y cultura es algo que se debe tener muy en cuenta previo a la adquisición de estas tecnologías, porque de nada sirve desplegar tecnología de punta en el campo sin tener el ambiente adecuado que garantice su seguridad y funcionamiento; Primero hay que adecuar los escenarios de trabajo para los robots y educar a los actores que podrán interactuar con ellos de manera directa e indirecta en torno al cuidado y respeto por estas máquinas. Así se evitarán casos como el de la Figura 7, que pueden repetirse con otros robots en el entorno agroindustrial por la falta de cultura o de infraestructura completa y segura para los robots.

Figura 7. Robot Móvil de la Empresa Starship Arrollado y Volcado al operar en un ambiente poco seguro.



Nota. Imagen de elaboración propia en la que se puede observar un robot móvil repartidor que ha sido arrollado y volcado por un vehículo del tipo pickup, ejemplo de las consecuencias que tiene una infraestructura inadecuada para el tránsito de los robots móviles o la falta de cultura y el respeto por estas máquinas.

Como se ha venido discutiendo a lo largo de este documento, la robótica puede aplicarse en varios campos de la agroindustria, desde el cultivo hasta en la cadena de suministros; La apropiación e implementación de estas tecnologías en el departamento serían de gran ayuda para fortalecer los procesos productivos en los cultivos del Valle del Cauca, sobre todo en aquellos de grandes extensiones como los de caña de azúcar, pero deben tenerse en cuenta ciertos factores como los ya mencionados y se deben realizar preparativos para el uso de estas tecnologías de la manera adecuada. En base a esto resulta importante establecer planes de transición tecnológica, que sirvan de guía y apoyo para intro-

ducir progresivamente estas tecnologías a la industria local. A continuación se discute en torno a lo que el autor considera que sería prudente incluir en estos planes de transición tecnológica.

PLANES DE TRANSICIÓN TECNOLÓGICA

La transición hacia nuevos modelos de agroindustria, mediante la apropiación e implementación de nuevas tecnologías, requiere que primero exista una planeación bien establecida. Como cualquier cambio en el modo de realizar procesos y actividades en la industria es una situación que puede tornarse conflictiva si no se sabe cómo proceder, sobre todo por la cantidad de consideraciones que deben manejarse, por ejemplo el tema de la infraestructura, la cultura, la capacitación del talento humano para migrar a nuevos modelos de trabajo, cómo se realiza y financia la adquisición de nuevos equipos, etc.

Estos planes pueden plantearse para ser ejecutados en meses o incluso años, pues la transformación tecnológica es un proceso lento en cualquier industria; Transformar la forma en que se realizan procesos industriales a gran escala de manera parcial o total es todo un reto.

Para estos planes de transición tecnológica debería especificarse cómo se capacitará al talento humano para el uso de las nuevas tecnologías; Qué se hará con las máquinas actuales que se usan en los procesos productivos de cada empresa, cómo se financiará la adquisición del nuevo material de trabajo y por medio de quien, qué equipos y departamentos deben conformarse para la administración de las nuevas tecnologías, cómo se adaptará la infraestructura de las empresas para recibir las nuevas herramientas tecnológicas, entre otros.

Para todo lo anterior, como se menciona en la siguiente sección, resulta muy conveniente que se aproveche el talento en la academia y se sintonicen los esfuerzos de ambas partes para que por medio de la colaboración se puedan estudiar a fondo los requerimientos de transformación tecnológica de cada empresa y se desarrollen planes íntegros que permitan definir cómo dar el siguiente paso en la adquisición de nuevas tecnologías sin afectar la productividad de las empresas, sus procesos de producción y a su mano de obra mientras pasa el periodo de transición.

Fortalecimiento de la Conexión Industria - Academia

Como se ha mencionado, la academia puede ser un gran aliado para el sector industrial en estos escenarios de transformación y modernización, pero más allá de eso, e independientemente

de que se fortalezca la conexión entre la academia y la industria para apoyar en procesos de transición tecnológica, innovación o procesos de investigación hay que resaltar que lo que se necesita, desde el punto de vista del autor de este documento es que los diferentes espacios de la academia, como semilleros y grupos de investigación, grupos estudiantiles, laboratorios y otros espacios donde se capacita al talento humano puedan involucrarse de una manera más activa y visible en los procesos de la industria, para realizar contribuciones y para que el talento humano en formación pueda aprender acerca de lo que realmente necesita la industria.

Si bien las universidades cuentan con servicios de consultoría y muchas empresas pueden discutir sus problemas con el profesorado y grupos de investigación bien constituidos, puede resultar muy notorio que en las universidades de la región los estudiantes deben esperar a estar en sus últimos semestres de pregrado para realizar prácticas y actividades laborales relevantes dentro de la industria que les permitan aplicar sus conocimientos.

En muchas ocasiones, desde los semilleros de investigación pueden orientarse los esfuerzos al desarrollo de soluciones que no están alineadas con lo que la industria necesita por fuera de la academia, y aunque no está mal, pues en estos espacios muchos jóvenes se están formando, aprenden a materializar sus ideas y dan un primer paso al ejercicio de su profesión, sí resultaría mucho más productivo que los jóvenes pudieran aplicar su conocimiento desde épocas tempranas en su formación profesional, por medio de espacios tipo hackaton por ejemplo, retos fomentados por las empresas y diferentes convenios de investigación y colaboración más visibles y activos en los que las empresas muestren realmente qué necesitan y los estudiantes puedan empezar a pensar en soluciones desde los primeros semestres de su formación; Esto generará profesionales mejor alineados con las necesidades de la región y un incremento en la innovación a largo plazo.

Como ejemplo, se toma la metodología de trabajo de la Universidad de Purdue, donde bastantes empresas invierten sus recursos para desarrollar investigaciones en torno a diversas áreas y fomentan espacios en los que los estudiantes pueden participar de manera activa desde periodos tempranos de su formación, mediante la realización de actividades que contribuyen a la ejecución de proyectos de gran escala.

El fortalecimiento de estos espacios de colaboración entre la academia y la industria puede aumentar también la credibilidad en el talento regional y así mismo puede ayudar a incrementar el grado de inversión estatal en la región.

FACTORES TÉCNICOS PARA LA APROPIACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS

Tras discutir algunas de las consideraciones sociales que implica iniciar un proceso de transformación tecnológica en la agroindustria, mencionar cómo podrían manejarse desde planes de transición tecnológica y resaltar los puntos que se consideran más relevantes a nivel social, se pasa a discutir en torno al ámbito técnico. En esta sección se da un breve análisis sobre qué tan viable es implementar tecnologías modernas como robots y vehículos autónomos en la agroindustria regional, partiendo por los interrogantes de ¿Qué tan compleja puede ser la apropiación de tecnología robótica en la región? y ¿Realmente existen las herramientas para realizar una transformación tecnológica en el campo?

Nivel de preparación del talento humano local.

La primera opción para realizar un proceso de renovación tecnológica es adquirir las máquinas directamente de empresas reconocidas que ofrecen soluciones para el sector agroindustrial; John Deere, que ya se ha mencionado es una de estas, también, pueden mencionarse otras compañías que desarrollan robots que pueden ser usados en la agricultura como Boston Dynamics, Clearpath Robotics y otros; No obstante, existe otra posibilidad, que es desarrollar tecnologías propias para las necesidades específicas del departamento.

La segunda alternativa puede sonar algo retardadora, pero si se analizan un poco más a fondo las implicaciones que tiene desarrollar tecnologías inteligentes locales para los retos que afronta la agroindustria del departamento todo termina reduciéndose a que se necesita un mayor grado de inversión y credibilidad en el talento local, junto con la organización adecuada y el aprovechamiento del talento humano, pues el Hardware y el Software para el desarrollo de tecnologías de robótica para la agroindustria ya está a la mano y en las universidades y centros de investigación regionales se forman profesionales con la capacidad de entender, usar y aprovechar eficientemente las tecnologías disponibles para el desarrollo de máquinas inteligentes. Un ejemplo de esto se puede observar en el semillero de investigación en Robótica y Sistemas Autónomos de la Universidad Autónoma de Occidente, en Cali, Colombia, donde actualmente se desarrollan proyectos en torno a robots terrestres y aéreos para agricultura de precisión (Velandia, 2020), robots manipuladores y sistemas de percepción robótica (Escobar et al., 2021) que pueden aplicarse a actividades de conducción autónoma.



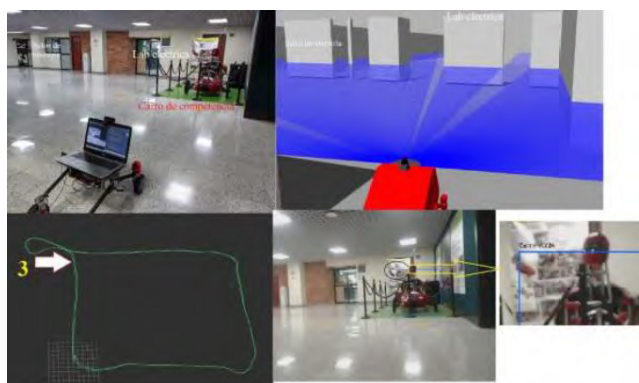
Figura 8. Ejemplo de Robots Aéreos Desarrollados en la Universidad Autónoma de Occidente Para el Monitoreo de Cultivos de Café.



Nota. Imagen adaptada de Velandia Fajardo, N.J. (2020). Desarrollo de un sistema de monitoreo de cultivos de café a partir de información multisensorial. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12264/T09132.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Los profesionales en formación demuestran estar en plena capacidad de hacer una apropiación y aplicación del conocimiento técnico y nuevas tecnologías para desarrollar sistemas inteligentes que pueden ponerse al nivel de muchos desarrollos en robótica a nivel nacional e internacional.

Figura 9. Ejemplo de Sistemas de Percepción Robótica Desarrollados en la Universidad Autónoma de Occidente Para Robots Terrestres.



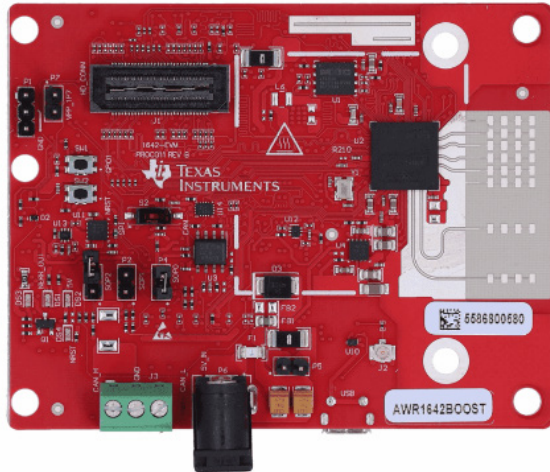
Nota. Imagen adaptada de Escobar Montoya, D.A. y Rico Romero, J.D. (2021). Desarrollo de un sistema de percepción robótica para la localización métrica y topológica en ambientes semi-estructurados. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/13025>

Además, retomando la experiencia de investigación del autor en la Universidad de Purdue en el equipo de percepción robótica de una empresa agroindustrial, puede decirse que los profesionales Colombianos y del Valle del Cauca, por lo menos en el área de ingeniería, están en plena capacidad de desarrollar proyectos de alto nivel tecnológico; Solo se necesitan las herramientas adecuadas y generar las condiciones adecuadas de trabajo para que los profesionales de la región exploten todo su potencial.

Disponibilidad de software y hardware para robots. Para la implementación de tecnologías en el área de la robótica es importante tener disponibilidad de recursos adecuados en términos de Hardware y Software; Y si bien podría pensarse que estos recursos son demasiado difíciles de adquirir o que solo países del primer mundo pueden permitírselos la realidad es otra. El desarrollo tecnológico en torno a las industrias 4.0, la inteligencia artificial y la robótica en general han llevado a que muchas empresas que fabrican componentes para sistemas robóticos y electrónicos empiecen a introducir productos para el desarrollo e implementación de tecnologías inteligentes a precios accesibles, por ejemplo sensores, computadoras del tipo SCB, sistemas embebidos para despliegue de algoritmos de inteligencia artificial y otros.

Solo por citar algunos ejemplos de cómo las empresas que producen componentes electrónicos para sistemas inteligentes y robóticos se están transformando para producir productos más accesibles y orientados a promover el desarrollo y apropiación de tecnologías modernas se puede mencionar a Texas Instruments y Nvidia; Estas dos empresas que fabrican componentes electrónicos últimamente han empezado a poner en el mercado sistemas para el desarrollo de robots que hace unos 5 o 10 años solo los países del primer mundo podrían permitirse, pero que ahora hasta un aficionado puede adquirir para desarrollar sus propios proyectos de robótica e inteligencia artificial.

Figura 10. Ejemplo de Nuevos Productos y Herramientas de Desarrollo Para Medición de Distancias por Medio de Radares FMCW Ofrecidos por Texas Instruments. Módulo AWR1642.



Nota. Imagen tomada de AWR1642BOOST. (2022). Texas Instruments. (<https://www.ti.com/tool/AWR1642BOOST>)

Texas Instruments, por ejemplo, ha empezado a producir tarjetas de desarrollo para sistemas de medición por medio de radares de 60 GHz y 70 GHz. Que cuentan con unidades de procesamiento DSP integradas y los sistemas de programación, comunicación y control necesarios para que un desarrollador implemente sistemas de sensado personalizados en base a estas pequeñas tarjetas que traen todo lo necesario integrado en un chip que no sobrepasa los 300 USD. Tecnologías como esta eran de difícil acceso hace un par de años, y si alguien tuviese la idea de usar un radar en el sistema de percepción de un robot, probablemente tendría que diseñar las antenas, las unidades de procesamiento y otros módulos aparte, hoy por hoy ya se obtiene todo en una misma tarjeta, con una documentación y drivers disponibles para quien adquiera estos productos y a un precio accesible. Por lo que implementar sistemas de percepción robótica se vuelve más fácil, y esto sólo por nombrar una de muchas empresas productoras de componentes electrónicos que ofrecen kits de desarrollo a precios accesibles en la actualidad.

Figura 11. Ejemplo de Nuevos Productos y Herramientas de Desarrollo Para la Implementación de Aplicaciones con Inteligencia Artificial Ofrecidos por Nvidia. Jetson Nano.



Nota. Imagen tomada de Nvidia Jetson Nano. (2022). Nvidia. (<https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/>)

Nvidia por su parte ha empezado a poner en el mercado a pequeño y potentes ordenadores para la implementación de algoritmos de inteligencia artificial y en los que se puede montar el sistema operativo de un robot con la programación adecuada y a un precio relativamente bajo.

Para el caso de Nvidia, se tiene una disponibilidad enorme de documentación en torno al uso de sus nuevas tecnologías de desarrollo y ya que la comunidad open-source a nivel mundial es bastante activa, colaborativa y realiza aportes al desarrollo de software para este tipo de plataformas constantemente, resulta relativamente sencillo para un desarrollador de software y un equipo de diseño de robótica entender estas tecnologías y desarrollar sus propios sistemas en base a las necesidades y requerimientos generales que se tengan para el desarrollo de un sistema inteligente o un robot. Por lo anterior se pueden decir dos cosas, primero, que el hardware para robótica cada vez se vuelve más accesible para el público general y segundo, que el software no se queda atrás en este sentido y gracias a los aportes de la comunidad open-source y el interés de las grandes empresas por promover la apropiación de sus tecnologías emergentes se puede disponer del software y documentación necesaria para implementar tecnologías inteligentes y de robótica para la agroindustria y la industria local en general.



CONCLUSIÓN

Como se ha expuesto a lo largo del presente documento, la implementación de tecnologías inteligentes y robóticas para la agroindustria puede ayudar a obtener modelos de agricultura más eficientes, sostenibles y alineados con los objetivos de desarrollo sostenible y el PAED del Valle del Cauca. Realizar esta apropiación de nuevas tecnologías es todo un proceso de transformación industrial en el que se deben tener en cuenta muchos factores técnicos y sociales, pero a los ojos del autor, es una apuesta que vale la pena realizar, puesto que a nivel técnico, como se ha expuesto las herramientas están disponibles, el talento humano local está bien preparado para manejar estas nuevas tecnologías, y a nivel social y organizacional dentro de las empresas de la región puede ser suficiente con preparar y ejecutar planes de transición tecnológica que se planteen de la mano de la academia; La colaboración entre la academia y la industria debe fortalecerse y generar espacios de participación más visibles en el que los profesionales en formación de la región puedan participar y aplicar sus conocimientos; También es necesario que se crea más en el talento humano local y se incentiven los desarrollos tecnológicos locales para problemáticas de la región. Todo proceso de transición es retador, pero vale la pena apostar por comenzar a establecer planes de apropiación tecnológica en el Valle del Cauca y transformar la agroindustria regional en una agroindustria más eficiente, sostenible y moderna.

REFERENCIAS

- Van Dijk, M., Morley, T., Rau, M.L. y Saghai Y. (2021). *Un Meta-análisis de la demanda global de alimento y población en riesgo de hambre proyectada para el periodo 2010-2050*. Revista Comida Natural 2, 494-501. (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>
- Roshanianfard, A., Noguchi, N., Okamoto, H. e Ishii, K. (2020). *Una revisión de vehículos autónomos de agricultura (la experiencia de la Universidad de Hokkaido)*. Revista de Terramecánica 91, 155-183. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2020.06.006>
- Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras de estados Unidos (NHTSA). (2018). *Preparándose para el futuro del transporte, vehículos 3.0*. <https://www.transportation.gov/av/3>
- Borras, J. (2022). *John Deere toma un paso hacia el futuro con su primer tractor totalmente autónomo*. <https://electrek.co/2022/01/04/john-deere-takes-a-step-into-the-future-with-first-fully-autonomous-tractor/>
- Gong, Z., Xie, F., Liu, X. J. y Shentu, S. (2020). *Estrategia de cruce de obstáculos y formación de parámetros de optimización de un sistema de robot móvil multipista con manipulador paralelo*. Revista Mecanismos y teoría de máquinas 152. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2020.103919>
- Lammert, M., Duran, A., Diez, J., Burton, K. y Nicholson, A. (2014). *Efectos del platooning en el consumo de combustible de vehículos de clase 8 en un rango de velocidades, siguiendo distancias y masa*. SAE, revista internacional de vehículos comerciales 7, 626-639. <https://doi.org/10.4271/2014-01-2438>.
- Gobernación del Valle del Cauca. (2016). *Plan y acuerdo estratégico departamental PAED del Valle del Cauca, Año 2016*. <https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=viewpdf&id=28763>
- Liu, Z., Jiang, C., Evans, J., Dhamankar, S., Heusinger, L., Shaver, G. y Puryk, C. (2021). *Un modelo computacionalmente eficiente para material granulado apilado en un contenedor*. (Manuscrito enviado para publicación”).
- Jiang, C., Liu, Z., Heusinger, L., Shaver, G. Evans, J. y Puryk, C. (2021). *Desarrollo y validación de sistema de referencia basado en LiDAR para sistema de descarga en movimiento incorporando percepción basada en cámara estéreo*. (Manuscrito enviado para publicación”).
- Rojas, A. (2021). *Fiabilidad y análisis de modos de fallas y efectos (FMEA)*. 521268: Diseño Mecatrónico 2. Universidad Autónoma de Occidente.
- Velandia Fajardo, N.J. (2020). *Desarrollo de un sistema de monitoreo de cultivos de café a partir de información multisensorial*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/12264/T09132.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Escobar Montoya, D.A. y Rico Romero, J.D. (2021). *Desarrollo de un sistema de percepción robótica para la localización métrica y topológica en ambientes semi-estructurados*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/13025>

Cita recomendada

Castañeda Cano, J. S. (2022). Importancia de la apropiación de tecnología robótica y la definición de planes de transición tecnológica para el sector agroindustrial del Valle del Cauca en el marco del PAED. *Nexo Global. Artículos de reflexión*, pp. 1-13.