

SISTEMA INTELIGENTE DE ENTREGA DE PRODUCTOS MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL, ROBÓTICA MÓVIL Y UN SISTEMA DE MANUFACTURA FLEXIBLE (FMS)

INTELLIGENT SYSTEM OF PRODUCTS DELIVERY THROUGH INTEGRATION OF ARTIFICIAL VISION, MOBILE ROBOTICS AND FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM (FMS)

Recibido: 06-05-2019

Aceptado: 20-12-2019

¹ Julián Réne Cháux Cedeño

² Gustavo Humberto Polanía Mogollón

³ Leonardo Moreno Collazos

Resumen

Con la llegada de la cuarta revolución industrial también llamada Industria 4.0, en donde su objetivo principal es la puesta en marcha de un gran número de fábricas inteligentes, capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos, es importante como institución formadora en las nuevas tecnologías asumir un papel determinante en la aceleración del emprendimiento en la transición a las industrias 4.0(KUKA Roboter GmbH, 2016, 2017); por ello se propone el empleo de nuevas tecnologías en los procesos del Sistema de Manufactura Flexible (FMS) con el que cuenta el ambiente FACT FESTO del Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios del SENA Regional Huila(Festo, 2017). El sistema consta de un entorno hombre-máquina desarrollada para ejecutar desde una Tablet, donde el usuario podrá seleccionar su pedido y estará supervisando todo el proceso de despacho, los productos que en este caso serán tres piezas de trabajo con diferentes características, piezas plásticas rojas y negras, y piezas metálicas, se encontrarán en un almacén, una vez el usuario seleccione su pedido un robot móvil autónomo se desplazara hasta el almacén y encontrara la ubicación de la pieza a transportar mediante un

¹ Colombiano. Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. SENA, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. Investigador SENNOVA. email: jchaux@misena.edu.co

² Colombiano. Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. SENA, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. Investigador SENNOVA. email: ghpolania@misena.edu.co

³ Colombiano. Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. SENA, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. Investigador SENNOVA. email: leomoreco@gmail.com



algoritmo de visión artificial que identificara las características de color, la pieza será transportada a la FMS, donde se habilitaran solo los sistemas modulares pertinentes, logrando que el proceso sea más eficiente y se tenga la trazabilidad del producto a entregar en tiempo real.

Palabras claves: FMS, industria 4.0, OPC, PLC, robot móvil, visión artificial.

Abstract

With the arrival of the fourth industrial revolution also called Industry 4.0, whose main objective is the implementation of a large number of intelligent factories, capable of greater needs adaptability and production processes, as well as a more efficient allocation of resources, it is important, as a training institution in new technologies, to take a decisive role in the acceleration of entrepreneurship in the transition to industries 4.0; Therefore, it is proposed to use new technologies in the processes of the Flexible Manufacturing System (FMS), with which the FACT FESTO environment of the Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios SENA Regional Huila counts. The system consists of a man-machine environment developed to be run from a Tablet, where the users can select their order and will be supervising the entire dispatch process, the products that in this case will be three pieces of work with different characteristics, red and black plastic pieces, and metallic pieces, will be found in a warehouse, once the users select their order, an autonomous mobile robot will move to the warehouse and find the location of the piece to be transported by means of an artificial vision algorithm that will identify the color characteristics, the piece will be transported to the FMS, where only the relevant modular systems will be enabled, making the process more efficient and having the tracking of the product to be delivered in real time.

Keywords: FMS, Industry 4.0, OPC, PLC, Mobile Robot, Artificial Vision.

Introducción

Con las nuevas tecnologías y la incursión de la industria 4.0, la industria de la logística ha entrado en un periodo de rápido desarrollo(Ding, 2018)(Barreto, Amaral, & Pereira, 2017). En el tema logístico, Colombia ha estado avanzando más que los países de la región, el tamaño de las empresas y por ende, sus operaciones, hace que ya se vean proyectos de gran impacto, como por ejemplo automatismos en procesos de almacenamiento y optimización en procesos como el transporte (TCC, 2019). Con respecto a la cadena de suministro, la transformación digital y el uso de sistemas inteligentes y cooperativos harán que la cadena de suministro sea más inteligente, más transparente y más eficiente en cada etapa (Barreto et al., 2017)(Romeo, 2016).

Los robots KIVA, son los robots móviles autónomos que usa Amazon que se encargan de recoger los objetos de las estanterías y los llevan a su destino siguiendo rutas óptimas, que pueden elegir en tiempo real gracias a los algoritmos que potencian su sistema de inteligencia artificial. Una vez depositados en su ubicación correspondiente caen en manos de personas, que se encargan de terminar el proceso de manipulación. Young Yang, instructor del Amazon Solution Architecture, ha confirmado que el uso de robots Kiva ha llegado a duplicar la eficiencia, ya que estos «pequeñines» han sido capaces de elevar la gestión y clasificación de mercancía de un máximo anterior de 700.000 artículos diarios hasta un nuevo tope de 1,5 millones de artículos, y con un nivel de precisión del 99,99%. Esto también facilita el trabajo al personal humano, que ahora puede manejar una mayor cantidad de paquetes para su envío (ROS, 2018).

La empresa Geek+ de China se centra en la logística y el almacenamiento con revolucionarias tecnologías, al aplicar la robótica avanzada y las tecnologías de inteligencia artificial para lograr una solución de automatización de logística



inteligente y de alta flexibilidad (GEEK+, 2017).

El SENA del Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios regional Huila, cuenta con un Sistema de Manufactura Flexible (FMS)(Festo, 2017), compuesta por estaciones modulares que pueden simular y realizar operaciones de manufactura que involucran procesos de almacenamiento, distribución, verificación, manipulación, transporte y mecanizado de piezas de trabajo, junto a una plataforma robótica móvil (Robotino®)(FESTO, n.d.) para la investigación y la educación; estos permiten desarrollar habilidades en el manejo de sistemas automatizados y un acercamiento a la industria, sobre todo la manufacturera que cuenta con cadenas de suministro y sistemas de logística(Ding, 2018)(Dineen, 2015)(Li & Liu, 2016).

En este proyecto se pretende articular estos sistemas y hacer uso de tecnologías empleadas en la industria 4.0, desarrollando una aplicación de un proceso de la industria de la logística mediante un sistema inteligente de entrega de productos.

Metodología

La Figura 1, describe el desarrollo del sistema inteligente de entrega de productos, en donde el usuario a través de una aplicación móvil generará la orden de despacho, el cual consta de seleccionar un tipo de pieza por color (roja, negra, metálica) y la rampa de almacenamiento ubicada en el sistema modular de clasificación de la FMS donde será depositada, luego un robot móvil recibirá esta petición y tendrá que navegar hasta el lugar donde se encuentran las piezas de trabajo

Una vez el robot ubicado en el punto de despacho mediante visión artificial, identificará por color el tipo de pieza, la seleccionará y la transportará hasta la FMS, donde se habilitarán los sistemas modulares que permitirán verificar el estado del producto y clasificarlo en la respecti-

va rampa de despacho seleccionada por el usuario ("Julián René Cháux Cedeño - Citas de Google Académico," n.d.).

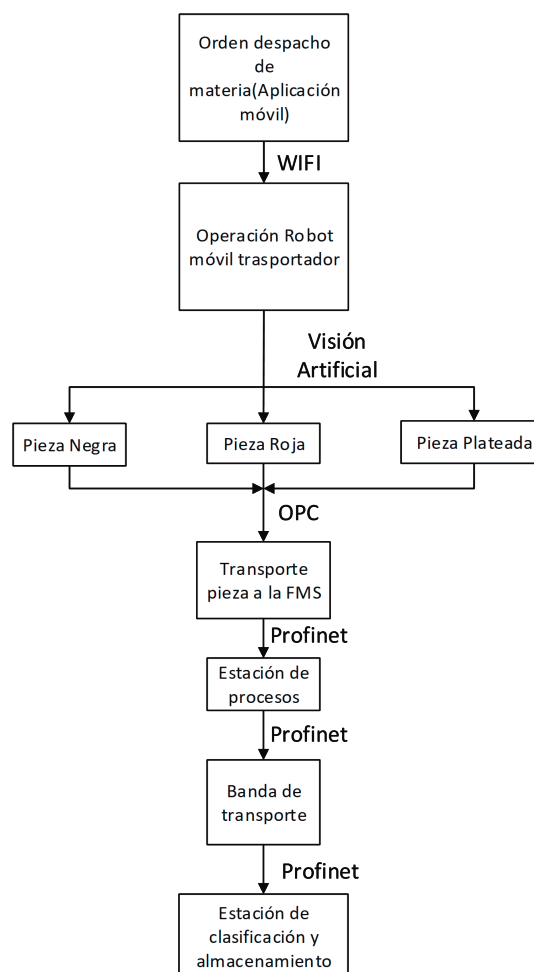


Figura 1. Diagrama de flujo del sistema inteligente de entrega de productos. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe la metodología para el desarrollo del proyecto, que se realizó de acuerdo con las siguientes actividades:

A. Planear la trayectoria y navegación del robot móvil.

Se emplea el robot móvil Robotino® para que realice la función de transportador, la trayectoria que debe seguir el robot es desde un punto de referencia hasta las piezas de trabajo, una vez



tomada la correspondiente pieza se desplazará hasta la FMS como se observa en la Figura 2.

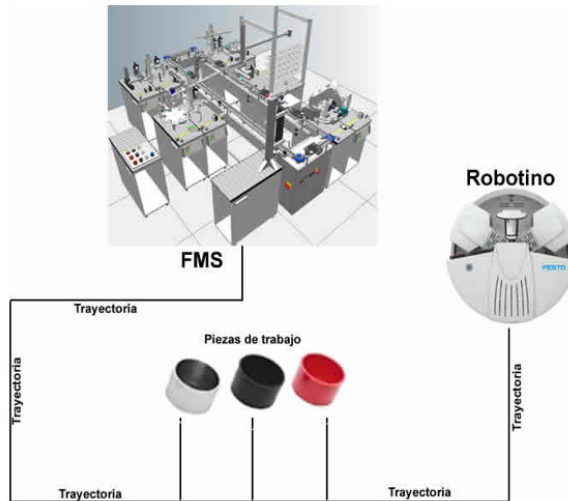


Figura 2. Trayectoria del robot móvil como elementos de transporte entre el punto de recogida de piezas y el punto de entrega en la FMS. Fuente: Elaboración propia.

El control de navegación a través de la ruta generada se realizó mediante un algoritmo en máquinas de estado sobre el software LabView, y la posición del robot se determinó a partir de los datos suministrados por los sensores de luz infrarroja e inductivos que tiene el Robotino®, como puede verse en la Figura 3.

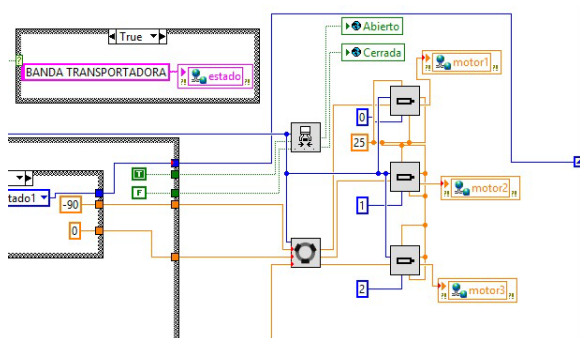


Figura 3. Control de movimiento Robotino® en LabVIEW. Fuente: Elaboración propia.

B. Identificar las piezas mediante visión artificial.

Se emplea una cámara web que captura una región de la pieza, y se obtiene las características del espectro basado en el espacio de color HSL,

estas características representan la información de color en la región de dicha imagen en una forma compacta, los datos obtenidos del espectro se comparan con los valores predefinidos y se clasifica el color identificado.

El espacio de color HSL fue desarrollado para poner el color en términos que sean fáciles de cuantificar. Matiz, saturación y brillo son características que distinguen un color de otro en el espacio HSL.

El espacio de color HSL fue desarrollado para poner el color en términos que sean fáciles de cuantificar. Matiz, saturación y brillo son características que distinguen un color de otro en el espacio HSL. El sistema de coordenadas para el espacio de color HSL es cilíndrico. La Figura 4 muestra la definición de los colores dentro de un hexágono. En general, dos factores principales el desacoplamiento del componente de intensidad de la información de color y la estrecha relación entre la cromaticidad y la percepción humana del color hacen que el espacio HSL sea ideal para el desarrollo de aplicaciones de visión artificial (Instruments, 2000).

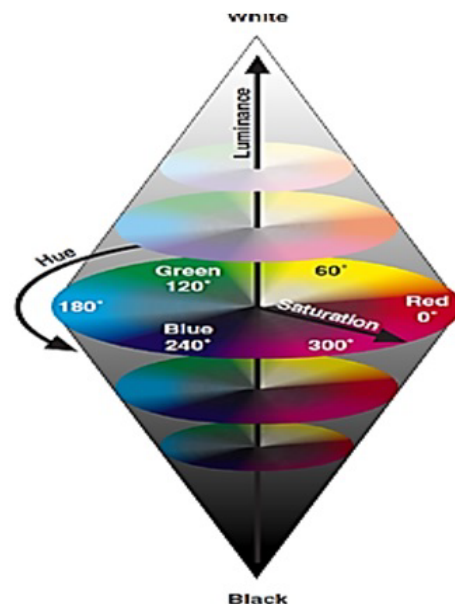


Figura 4. (Instruments, 2000). Definición de colores. [Figura] Recuperado de <http://www.ni.com/pdf/manuals/322916a.pdf>



La Figura 5 y la Figura 6 muestran el algoritmo desarrollado en LabView para el proyecto.

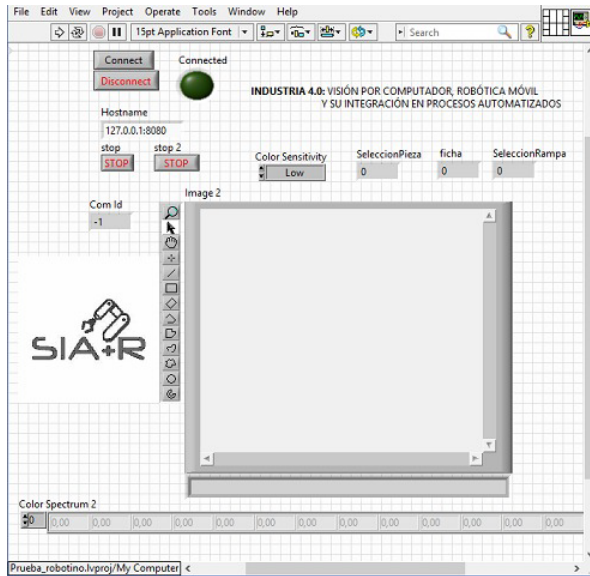


Figura 5. Panel frontal de control en LabView. Fuente: Elaboración propia.

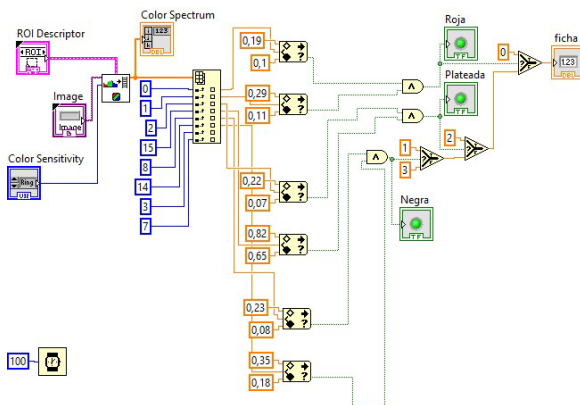


Figura 6. Diagrama de bloques del algoritmo identificación de piezas con visión artificial en LabView. Fuente: Elaboración propia.

C. Programar los sistemas modulares de producción de la FMS.

Las estaciones modulares se programan de acuerdo con las tareas que se pueden desarrollar en cada módulo, se emplearon los PLC s7-300 de Siemens, y el software Tia portal V.11. La Figura 7 muestra la implementación del protocolo de

comunicación industrial Profinet entre los sistemas modulares de la FMS.

D. Emplear protocolos de comunicación industrial.

Para la comunicación entre los sistemas modulares se emplea el protocolo PROFINET, uno de los estándares de comunicación más utilizados en redes de automatización, y a través de un servidor OPC la comunicación entre la FMS, Robotino® y las Tablets. La Figura 8 muestra la configuración estándar de comunicación OPC en el servidor NI OPC.

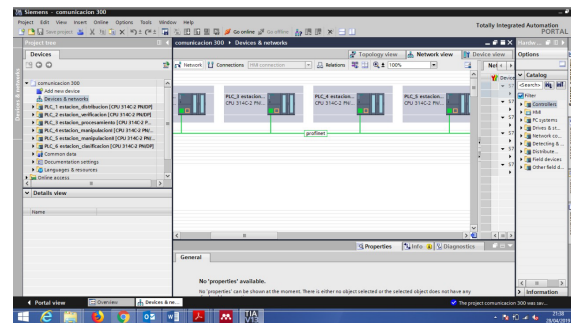


Figura 7. Protocolo de comunicación industrial Profinet entre los sistemas modulares de la FMS. Fuente: Elaboración propia.

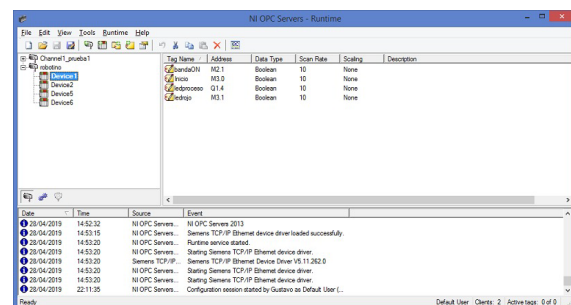


Figura 8. Configuración estándar de comunicación OPC. Fuente: Elaboración propia.

E. Implementar interfaz hombre-máquina.

Mediante la APP de aplicaciones móviles "Data Dashboard" para LabVIEW, se desarrolló un entorno de visualización y control del sistema, el usuario tendrá la opción de seleccionar la pieza de trabajo que será despachada de acuerdo con



namiento en la cual se debe depositar. En la aplicación se visualizará el estado de los motores del robot móvil y el estado de transporte de la solicitud como se puede observar en la Figura 9.



Figura 9. Configuración estándar de comunicación OPC. Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Es fundamental entender la mezcla de matrices que hace un color para delimitar apropiadamente los rangos de tolerancia en la comparación de las imágenes. En general, se realizó un algoritmo de comparación, logrando los resultados esperados, aunque con algunas dificultades debido a que el algoritmo de comparación empleado no excluye las perturbaciones en la adquisición de las imágenes, tales como: luz, posición de la cámara, entre otras. Para optimizar los resultados se recomienda hacer uso de filtros específicos dependiendo de la aplicación.

Al incluir a la cadena de procesos la industria 4.0, se originan fábricas inteligentes en las cuales no solo los recursos del sistema (actuadores, sensores, máquinas, robots, banda de transporte) están relacionados e intercambiando información de forma automática, sino que el sistema de manufactura es lo suficientemente inteligente como para facilitar procesos de producción flexibles y adaptativos que solucionan los problemas que surjan en una instalación de producción. Además, a partir de la Aplicación Móvil, se pudo obtener información en tiempo real, permitiendo tomar el control sobre cada

proceso. La Figura 10 muestra el desarrollo final del algoritmo en diagrama de bloques.

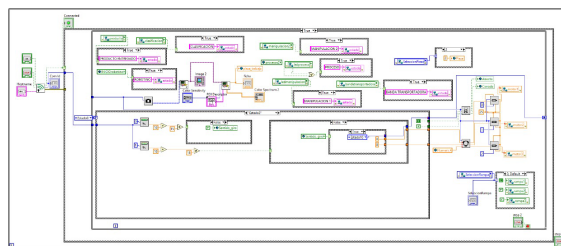


Figura 10. Diagrama de bloques algoritmo de control. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La robótica móvil tiene un papel cada día más importante en la industria, tener la posibilidad de programar robots que ejecuten tareas de forma autónoma y de gran complejidad permitirá tener mayores avances tecnológicos en los sistemas de producción industrial o en el hogar.

Estar en constante comunicación con todo el proceso, analizando las variables involucradas tanto de detección, medición y control permitirá tener un mayor control y supervisión de todo el sistema.

Integrar sistemas inteligentes de identificación como visión artificial, permitirá construir sistemas económicos de medición, inspección de defectos, identificación de objetos, entre otros, que aportará beneficios en las industrias de fabricación.

Referencias

- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.045>
- Dineen, J. (2015). CITVoice: Meet The Robot Armies That Are Transforming Amazon's Warehouses. *Forbes*, 2.



Ding, B. (2018). Pharma Industry 4.0: Literature review and research opportunities in sustainable pharmaceutical supply chains. *Process Safety and Environmental Protection*, 119, 115–130. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.06.031>

Festo. (2017). FACT Centre for Training in Mechatronics Neiva, Colombia.

FESTO. (n.d.). Robotino® - Servicio y Asistencia - Festo Didactic.

GEEK+. (2017). GEEK+ TECHNOLOGY.
Instruments, N. (2000). IMAQ Vision Concepts Manual (October 20).

Julián René Cháux Cedeño - Citas de Google Académico. (n.d.). Retrieved May 22, 2020, from https://scholar.google.com/citations?user=e3Ih3MAAAAJ&hl=es&oi=ao#d=gs_md_cita-d&u=%2Fview_op%3Dview_citation%26hl%3Des%26user%3De3Ih3MAAAAJ%26citation_for_view%3De3Ih3MAAAAJ%3Au-x6o8ySG0sC%26tzm%3D300

KUKA Roboter GmbH. (2016). LBR iiwa.

KUKA Roboter GmbH. (2017). KMR iiwa.

Li, J., & Liu, H. (2016). Design Optimization of Amazon Robotics. *Automation, Control and Intelligent Systems*, 4(2), 48. <https://doi.org/10.11648/j.acis.20160402.17>

Romeo, J. (2016). Robots at the Warehouse: Changing the Face of Modern Logistics.

ROS, I. (2018). Amazon mejora su eficiencia gracias a los robots Kiva.

TCC. (2019). Evolución y retos de la logística en colombia según diego saldarriaga.