

## SISTEMA DE VISIÓN CON CÁMARA FIJA DENTRO DE UNA CELDA DE CARGA ROBÓTICA PARA APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

M. U. Zavala-Mejía, J. A. Rojas-Estrada, M. A. Ochoa-Villegas\*, C. P. Hernández-Marías

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Posgrado en ingeniería

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Nuevo León/Av. Eloy Cavazos 2001, Guadalupe,  
N. L. 67170, Tel. 81 8157 0500

\*Autor de correspondencia: miguel.angel.ochoa@itnl.edu.mx

uriel.msn@hotmail.com

### RESUMEN.

Este trabajo aborda la problemática de posicionar y orientar productos alimenticios en desorden en banda en un proceso industrial. Se propone un sistema de visión artificial con cámara fija dentro de una celda de carga robótica para atacar la problemática. El funcionamiento, proceso de instalación y la manera en que se manipula se presentan en detalle. El sistema implementado reconoce, mediante un sistema de visión artificial, el status en el que llega el objeto en la banda transportadora. Utilizando técnicas de visión artificial, se posiciona y orienta el efector final de un robot para tomar el objeto en su posición actual para realizar el posicionamiento adecuado del mismo. Se utilizaron métodos y técnicas de calibración, iluminación, procesamiento y adquisición de imagen para el acomodo final del producto con la orientación deseada y con un tiempo de competencia industrial. Se realizaron experimentos, con el sistema, considerando posición y orientación aleatoria del producto, como estatus inicial, con resultados aceptables.

Palabras Clave: sistema, visión artificial, robótica

### ABSTRACT.

This work presents the problem of giving the final position and orientation to food products that come in disorder over a conveyor belt in an industrial process. To solve the problem, an artificial vision system with fixed camera inside a robotic load cell is proposed. The operation, installation process and the way of handling are presented in detail. The implemented system recognizes through a system of artificial vision, the status of the product when it arrives on the conveyor belt. Using artificial vision techniques, the final effector of a robot is positioned according to the actual position of the product to proceed finally to place it in the desired accommodation. Methods and techniques of calibration, lighting, processing and image acquisition, were used to reach the objective of accommodating the product with the desired orientation and the adequate performance time of execution. Experiments considering, random position and orientation as initial status were realized with acceptable results.

Keywords: system, artificial vision, robotic

### 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se realizó conjuntamente con la industria, específicamente para una empresa dedicada a la automatización, esto, debido a que el avance tecnológico en diseño de sistemas de visión aún tiene mucho por crecer [1]. La importancia de este

tipo de trabajos, aparte de que se resuelve una problemática, es que permite una motivación continua a la innovación en esta área. Este proyecto se enfoca en la detección de objetos que serán manipulados posteriormente por un actuador robótico.

Los sistemas de visión son una tecnología relativamente nueva que se introdujo en la industria en la década de los 80's, cuando se benefició por los grandes avances informáticos y de redes [2]. En cuanto a la industria alimenticia se comenzó en la década de los 90's para sustituir los antiguos métodos, el auge vino cuando los precios fueron más competitivos. Ver [3] y [4].

Actualmente la visión desempeña un papel central en el área de la robótica para una serie de tareas diferentes como la auto ubicación, la navegación, el reconocimiento, la manipulación de objetos, el seguimiento de objetos, la interacción social entre humanos y robots, la imitación, entre otros. Por otro lado la visión artificial es un campo en el cual la inteligencia artificial trata de otorgar el sentido de la vista como el de los humanos a los sistemas informáticos.

La industria moderna va avanzando a la automatización cada vez más y herramientas como la visión artificial se han convertido en una parte complementaria de muchos procesos de producción. Estos sistemas permiten capturar grandes cantidades de datos de forma rápida y con un bajo costo, pero aún hay mejoras en sus capacidades. La visión artificial compone un área de la ingeniería que da soluciones de procesamiento de imágenes y visión artificial para aplicaciones industriales especialmente para inspeccionar productos y para guiar robots. El uso de estos sistemas tiene diversos desafíos; algunos factores que influyen en la precisión del algoritmo de visión como lo son las características del objeto medido, características de la cámara y características del entorno. Cuando se deben expresar las coordenadas tomadas por la cámara al mundo real por medio del robot, la calibración del sistema es sumamente importante.

La detección de objetos basada en la visión es esencial para una gran cantidad de aplicaciones robóticas, ya que el robot necesita el reconocimiento de objetos estándar. Sin embargo, también es un trabajo desafiante debido a la diversidad de entornos en los

que se requiere que operen tales aplicaciones y las estrictas restricciones que se aplican a muchos sistemas de robots en términos de tiempo de ejecución, potencia y espacio. Además la detección de objetos tiene un papel crítico en muchas aplicaciones de los últimos años como por ejemplo la conducción autónoma y prevención de choques; dicha aplicación requiere tomar señales con los sensores de visión en tiempo real tanto de los objetos móviles así como los no móviles, y la precisión al hacerlo en esta aplicación es de alta importancia [5].

Los sistemas artificiales sustituyen y mejoran la inspección humana en un proceso, además mejoran la capacidad y reducen el tiempo en realizar esta acción, así como el ojo humano le otorga a la persona la capacidad de percepción y por lo tanto de decisión para responder a su entorno. Aunque hay casos donde se requiere burlar a la visión artificial como en los CAPTCHA por ejemplo. Debido a su característica no toxica, no invasiva y sin tacto, la visión artificial se ve beneficiada como un sistema de detección para extraer la información necesaria del entorno [6]. Otras aplicaciones potenciales son en el sector agrícola donde el uso de visión artificial para mejorar la producción y calidad, quizá tenga el papel más importante para detectar si la fruta o verdura debe o no ser extraída [7].

## 2. MÉTODOS Y MATERIALES

Lo mostrado en esta sección fue realizado con materiales proporcionados por la empresa y los métodos mostrados son utilizados en los sistemas de visión artificial de cualquier aplicación que requiera longitudes reales como dato de salida.

El proceso de visión artificial en general consta de elementos principales como lo son las piezas a inspeccionar, la cámara, fuente de luz y software. Las imágenes tomadas serán consideradas como matrices de pixeles las cuales son procesadas para resaltar las características que no se pueden resaltar solamente con la cámara y la iluminación. Además también de ahí se extrae la información para realizar la tarea del guiado del robot.

Algunos problemas de visión artificial son los cambios de iluminación, cambios de escala, deformación, oclusión y movimiento que nos lleva a la pérdida de información o a la obtención de información errónea. Para evitar que esto suceda es necesario aplicar de forma correcta los métodos y hacer una buena selección de los materiales.

El proceso de visión artificial de forma general inicia con la captura de la imagen la cual pasa a un pre procesamiento que la deja con resalto en lo que se requiere de ella para poder segmentarla fácilmente y así tener el resultado el cual es el reconocimiento.

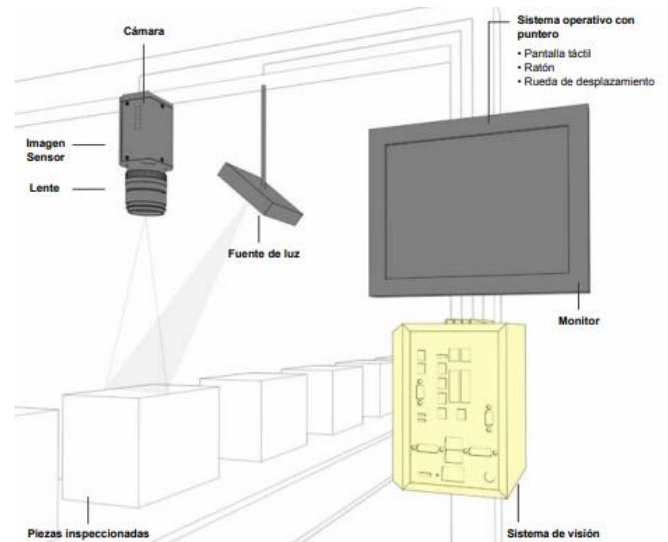


Figura 1. Ejemplo de un proceso de vision artificial

En la figura 1 se muestra un ejemplo en un proceso de visión artificial, en el se visualiza que las piezas a inspeccionar son unas cajas que se transportan en bandas pasando por debajo de una cámara y la iluminación artificial con el fin de extraer una imagen con las características necesarias para el análisis deseado, el cual se ejecuta en un software que se adapte a las necesidades.

### 2.1. Calibración y perspectiva

La calibración del sistema de visión es fundamental para tener una buena referencia en la conversión de pixeles a milímetros u otra unidad de longitud.

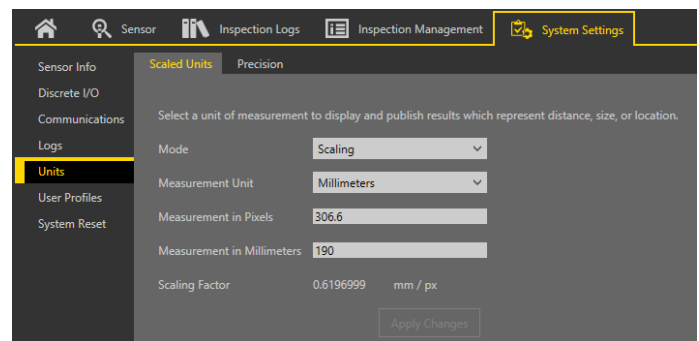


Figura 2. Conversión de pixeles a milímetros

En la figura 2 se muestra una pantalla de la aplicación utilizada. En la pestaña “System Settings” del software, en el apartado “Units” se configura que se pasará de pixeles a una medida real, después se elige la unidad de medida que en este caso serán milímetros y finalmente se introduce la equivalencia de pixeles a milímetros. Para conocer esa equivalencia su puede utilizar una regla que este a la altura de la posición que se busca resaltar del objeto.

La posición de la cámara debe de ser completamente perpendicular al plano coordenado donde estará el producto a tratar, si esto no es así, el ángulo de perspectiva que se tendrá deberá ser tomado en cuenta en el análisis. Véase la figura 3.



Figura 3. Posicionamiento de la cámara fija

Para asegurar que la cámara este completamente perpendicular se utilizó un nivel sobre el área de trabajo donde se ubica el producto y también sobre la cámara en la parte plana.

## 2.2. Iluminación del sistema

El sistema de iluminación puede ser natural, pero preferentemente y dependiendo de la aplicación deberá ser artificial para que así este mismo pueda ser controlado y manipulado a conveniencia.

Por iluminación natural, se refiere a la iluminación que hay en el área donde está ubicada la cámara y que afecta ya sea de forma positiva o negativa la calidad de la imagen. Esta iluminación puede ser la proporcionada por el sol la cual solo se dispone de cierta cantidad de horas al día sin tomar en cuenta si esta nublado. Por otro lado, la iluminación proporcionada por lámparas, focos, etcétera que es para uso ajeno a la aplicación puede ser útil, sin embargo afecta el proceso de adquisición de imagen.

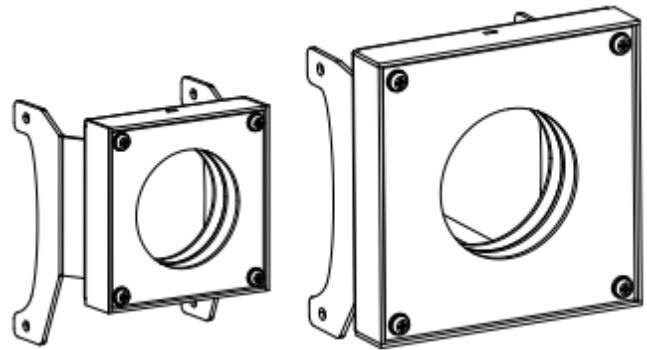


Figura 4. Estructura montable de la iluminación

La iluminación artificial en un sistema de visión se refiere a esa que está destinada a resaltar características específicas de la pieza en cuestión, para ello se pueden utilizar diferentes técnicas, diferentes colores, diferentes posiciones, etcétera para llegar al resultado deseado en cuanto a la calidad de imagen tomada por la cámara. La iluminación artificial se debe de poner en el lugar conveniente, para ello se diseñan diferentes estructuras que no solo consideran la iluminación en sí, además consideran la forma de adaptar la estructura con la cámara, tal como se muestra en la figura 4.

## 2.3. Extracción de información

La tarea de extraer la información dependerá entre otras cosas de la plantilla tomada, es decir lo que se le de como muestra al software; la muestra del producto a tratar debe contener la información general de todas las piezas y no la información de una pieza en particular, por lo que la plantilla debe ser preferencialmente tomada con más de una pieza.

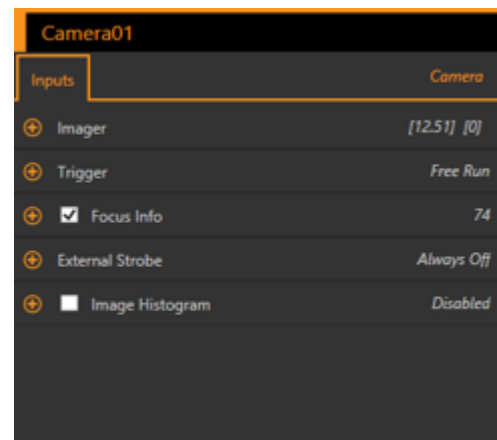


Figura 5. Ajustes de la cámara en el software

Para la extracción de la información se deben tomar en cuenta además de la calibración e iluminación los parámetros de la cámara, ver figura 5, estos parámetros son entre otros el enfoque del lente, el trigger, la luz estroboscópica, etcétera, estos

parámetros se ajustarán a un nivel conveniente para la calidad de la imagen deseada.

El patrón es el conjunto de pixeles que será buscado por la cámara y el software, los cuales tendrán un acomodo específico, dicho patrón puede tener o no un ángulo de inclinación determinado para la búsqueda.

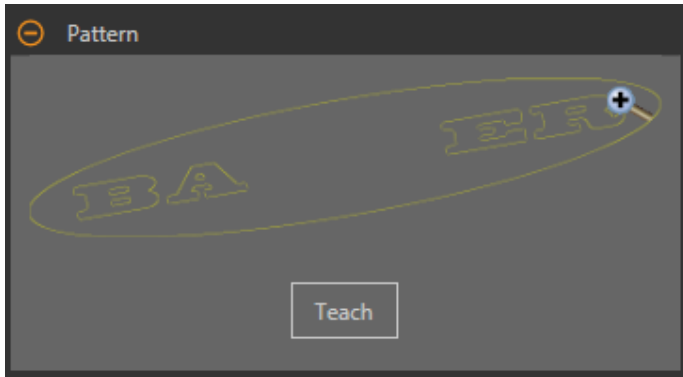


Figura 6. Patrón para búsqueda de logo BANNER

Para tomar el patrón o plantilla se debe tener todas las condiciones favorables de iluminación y perspectiva, así como la distancia entre la cámara y el objeto, con el fin de que se vean bien los detalles que se buscan resaltar y por ende tomar para el análisis. En la figura 6 se ilustra la apariencia de un patrón.

### 3. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

En esta sección se presenta la experimentación y tiene la finalidad de ubicar al robot en el espacio partiendo de la identificación con la cámara del objeto a manipular. Cabe destacar que en la experimentación se obtuvo una eficiencia total en el posicionamiento del robot en el punto coordinado para la toma del objeto en la banda transportadora.

#### 3.1. Identificación de objetos

En la identificación se tuvieron resultados bastante satisfactorios, véase la figura 7. Para la identificación se utilizaron diferentes piezas donde el contraste fue la variable influyente en el nivel de identificación.

Para la identificación se utiliza la herramienta match, la cual requiere un patrón para la búsqueda en el cual esté solamente el objeto deseado a encontrar. Como los niveles de grises de la cámara van desde 0 a 255 el patrón buscará que los pixeles estén acomodados de la misma manera que el objeto patrón y con un nivel de intensidad igual al del patrón. Estos dos parámetros son los que ayudan a la herramienta a encontrar objetos en el campo de visión con un nivel de similitud aceptable para que el match vaya de 0 a 100%. En cuanto a cómo detecta los bordes, se utiliza el cambio abrupto de un nivel de pixel a otro con un nivel determinado para el cambio el cual se puede ajustar más fino o

más permisivo. Esto afectará directamente a que detecte los bordes que se requieren.

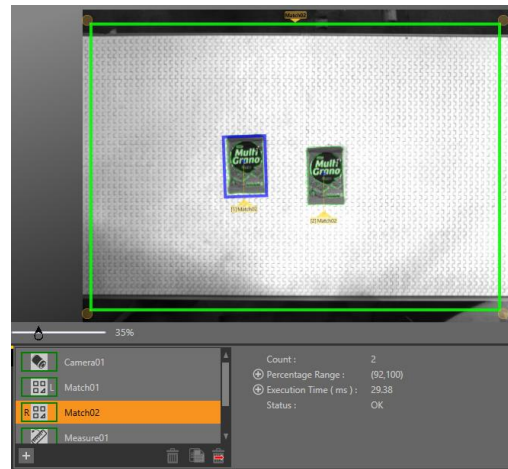


Figura 7. Match del cien por ciento en ambos objetos

Para lograr esto, primeramente se toma la plantilla que será utilizada por el algoritmo de búsqueda del software para encontrar algo con un grado de similitud que se puede ajustar a un valor deseado. Dicho patrón tomado del objeto puede ajustarse en un rango aceptable de la rotación por si el objeto no siempre se encontrara en la misma orientación. Esto se puede aplicar a diversas piezas que deberán tener espacio el campo de visión de la cámara.

#### 3.2. Evaluación de distancias

Las longitudes que se recibieron con la herramienta de medición fueron de alta exactitud, por lo tanto suficientes para llevar a cabo la aplicación, las distancias fueron convertidas de pixeles a milímetros por conveniencia.

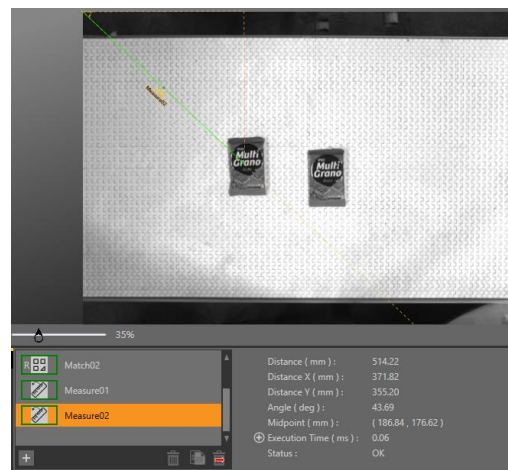


Figura 8. Coordenadas del objeto a la izquierda

Dichas distancias son tomadas en un plano coordenado cuyo origen por defecto está en la esquina superior izquierda y se puede mover a otro lugar deseado. Desde el origen hasta el centro de la plantilla se mide la distancia la cual se entrega en milímetros como una distancia única o separada por su componente en el eje “X” y su otro componente en el eje “Y”. En la figura 8 se muestran las medidas de la distancia desde el origen al centro del objeto (371.82, 355.20) en milímetros, la misma distancia anterior en los dos ejes y el ángulo en grados. Además de otros datos que no utilizamos en este momento como lo son el punto medio de la distancia total, el tiempo que tomo hacer el cálculo y el estatus.

### 3.3. Envío de datos

Para el envío de datos se debe de considerar el tamaño del dato a enviar, en este caso las distancias y el ángulo requieren de 16 espacios para pasar completas, cada registro solo tiene 8 espacios por lo que se ocupan dos registros para hacer el envío al PLC. El tiempo de espera entre el envío de un dato y el siguiente puede ser determinado por el usuario de acuerdo a las necesidades de la aplicación. Además de los datos que se quieren enviar hay otros por defecto que están listos para su envío.



Figura 9. Envío de datos en acción

El envío de datos a través de Ethernet IP fue el seleccionado para esta aplicación y el resultado se ve en la figura 9, sin embargo es importante resaltar que se puede hacer la transferencia de información a través de otros protocolos de comunicación; a partir del registro 17 dentro del apartado de protocolos industriales del software.

En la figura 9 se ve como el robot ubica al producto en un espacio bidimensional, lo toma y procede a descargarlo en el lugar correspondiente, todo ello gracias al envío de datos y su utilización en la rutina del robot.

## 4. BANNER

Banner es una compañía que se dedica, entre otras cosas, a los sistemas de visión artificial, como la mayoría de las empresas que se dedican a este sector, sus aplicaciones son sobre la inspección de producto.

### 4.1. Iluminación

De los productos de iluminación que maneja BANNER está el LEDRRV62X62M el cual utiliza tecnología LED para proporcionar de una luz roja el entorno donde se esté trabajando y así lograr la imagen más conveniente para la extracción de información.

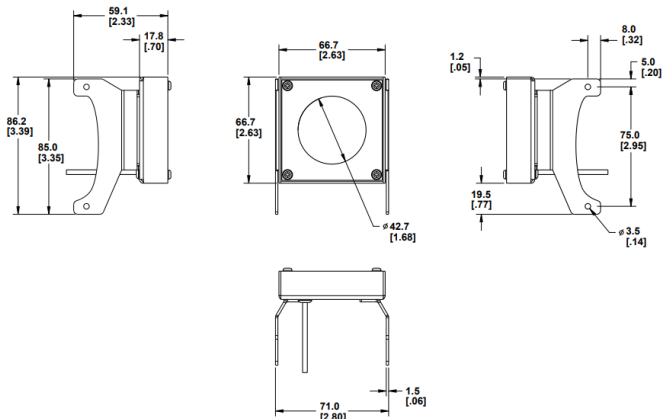


Figura 10. Dimensiones de la estructura de iluminación

Este aparato tiene una matriz LED que se puede poner como luz estroboscópica, y se monta directamente en la cámara la cual le suministra el voltaje de alimentación, y si es usado de forma correcta puede tener de 10,000 a 20,000 horas de vida en uso. Dentro de las opciones existentes esta estructura se acopla con las medidas de la cámara como se muestra en la figura 10.

### 4.2. Cámaras

Entre las cámaras de esta empresa está la VE202G1A la cual se usó para este trabajo, ver figura 11, este sensor o cámara tiene una pequeña pantalla la cual sirve para ver que código se está ejecutando en ese momento. También tiene LED indicadores los cuales se configuran desde el software y pueden servir en una inspección para señalar si la pieza que acaba de pasar otorga un “Pass” o un “Fail”, entre otras funciones.



Figura 11. Display, indicadores y botones de la cámara

Esta cámara es de 1600 por 1200 píxeles y 2 MP, requiere un cable de alimentación y otro de comunicación, está hecha de aluminio, la imagen es a escala de grises con 256 niveles, el tipo de enfoque no es automático, y puede llegar hasta 50 FPS, por mencionar algunas de sus características.

#### 4.3. Software

También está el software que posee una interfaz de fácil intuición para crear aplicaciones y tiene posibilidad de conexión por diferentes protocolos de comunicación entre ellos el Ethernet IP. En la figura 12 se muestra la versión del software de este trabajo.

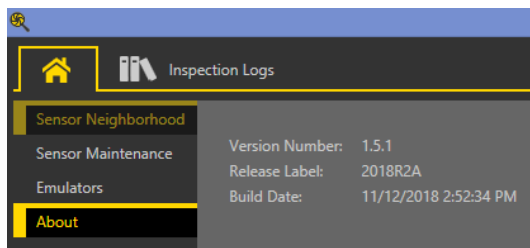


Figura 12. Acerca del software

Dentro de las configuraciones de la cámara están los ajustes de imagen para obtener una de buena calidad las veces que se necesita que se tomen; también están las herramientas de visión entre las cuales están la de detección de círculos, la herramienta de detección de bordes, la de detección de líneas y la herramienta de match; también hay herramientas de análisis las cuales son de matemáticas, de medidas y de lógica.

#### 5. CONCLUSIONES

Se puede concluir de lo hecho hasta el momento que el dotar de visión a un robot o a un proceso en general ayuda a la automatización. Con esta técnica se propone hacer un proceso completo de pick and place. En cuanto al sistema de visión se

refiere, comenzando con la adquisición de la imagen y terminando con el robot ubicado en el objeto a tomar. Se pasa por el procesamiento de la imagen adquirida, después se extrae la información necesaria, se analizan las dimensiones extraídas y se envían al robot. Todo esto apoyado por la calibración e iluminación. Las ventajas de tener un sistema de visión artificial para esta aplicación es el ahorro de tiempo y de personal, además de que el pick and place puede no ser la única actividad del uso de la cámara, también se puede hacer inspección del producto, conteo o identificación del mismo. La precisión de la detección de la posición y orientación del objeto es muy alta y depende directamente de la calibración y la extracción de la imagen por parte de la cámara. Además, como comentario, se puede destacar que los sistemas de visión artificial se deben explotar más en cantidad y potencial, concretamente en guiado de robots para la optimización de la tarea y la reducción de intervención humana en el proceso.

#### 6. AGRADECIMIENTOS

Marco Uriel Zavala Mejía agradece el apoyo de beca nacional No. 888618 de CONACYT, y al proyecto de TecNM 6772.18-P convocatoria 2018-2, así como a la empresa IDTEC, S.A. de C.V.

#### 7. REFERENCIAS

- [1] [http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD\\_1\\_didac\\_Conceptos\\_previos.pdf](http://visionartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf) (02/05/18)
- [2] <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/180292-Vision-artificial-en-la-industria-alimentaria.html> (02/05/18)
- [3] Griselda Saldaña Gonzalez, Jorge Cerezo Sanchez, Mario Mauricio Bustillo Diaz, Apolonio Ata Perez, "Vision System for the Navigation of a Mobile Robot" (2007), ISSN, doi: 10.13053/CyS-22-1-2770
- [4] Vázquez Rodríguez, C., & García Tovar, L. (2013). "Artificial Vision in 3D perspective. For object detection on planes, using points clouds". International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics, 4 (3), 22-32.
- [5] Oleksandr Semeniuta, Sebastian Dransfeld, Kristian Martinsen, Petter Falkman, "Towards increased intelligence and automatic improvement in industrial vision systems" (2018), CIRP, doi: 10.1016/j.procir.2017.12.209
- [6] Pérez Sanz; Navarro; Weiss; Egea-Cortines, M., "Desarrollo de una herramienta software para el control de un sistema de fenotipado basado en visión artificial" (2016), Anuario de Jóvenes Investigadores
- [7] Keyu Lu, Xiangjing An, Jian Li, Hangen He, "Efficient Deep Network for Vision-based Object Detection in Robotic Applications" (2017), Neurocomputing, doi: 10.1016/j.neucom.2017.03.050