

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INSPECCIÓN POR VISIÓN ARTIFICIAL A TRAVÉS DE LA COLABORACIÓN ENTRE LA INDUSTRIA Y EL SECTOR ACADÉMICO

DEVELOPMENT OF A INSPECTION SYSTEM BASED ON COMPUTER VISION BY MEANS OF THE COLLABORATION BETWEEN THE INDUSTRY AND THE ACADEMIC SECTOR

Víctor Eduardo López Padilla*
Manuel Sánchez Tello**

Artículo recibido: 02-06-2016
Aprobado: 05-09-2016

*Académico-investigador del Departamento de Investigación, Universidad Iberoamericana León; Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt); Doctor en Ciencias con Especialidad en Óptica. eduardo.lopez@ibeoleon.mx

**Académico-investigador en el Parque Científico y Tecnológico Ibero-Innovación, Universidad Iberoamericana León; Maestro en Ecoeficiencia y Mercados Energéticos. manuel.sanchez@ibeoleon.mx

Resumen

Las empresas que integran el sector industrial en México, y en particular aquellas del estado de Guanajuato, participan en un mercado globalizado compitiendo con empresas de todo el mundo, lo cual representa una alternativa para lograr una ventaja competitiva es el desarrollo de tecnologías propias que sean factibles de protección por patente u otro mecanismo. A través de este desarrollo se pueden diseñar productos con características o funciones que otros competidores no tienen. Otra opción es desarrollar procesos de fabricación que permitan reducir el costo. En general, las empresas no cuentan con todas las capacidades e infraestructura para enfrentar este reto. Sin embargo, una alternativa viable es la alianza con el sector académico. Las instituciones de educación superior y los centros de investigaciones cuentan con personal altamente especializado e infraestructura que pueden complementar las capacidades de las empresas.

A manera de ejemplo, en este trabajo se expone de forma general el proceso de colaboración entre la empresa Grober León y esta Universidad para desarrollar e implementar un sistema de inspección de cordones trenzados con base en una visión artificial. Este proyecto fue reconocido con el VIII Premio del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (Concyteg) a la Innovación Tecnológica Guanajuato 2015.

Abstract

The enterprises that integrates the industrial sector at Mexico, particularly those located at Guanajuato, participate in a global market facing competitors from all over the world. The development of proprietary technologies that can be protected by a patent is a feasible alternative to achieve a competitive edge. By doing research and development, it is possible to design products with characteristics or functions that other competitors can not offer. Another alternative is to develop new manufacture processes to reduce production cost. The majority of the enterprises do not possess the infrastructure needed to achieve this. Nevertheless, the academic institutions and public research centers have highly specialized human resources, as well as research infrastructure. Those could complement the capabilities of the local industry. As an example, he describe here the collaboration process between the enterprise Grober León and the Universidad Iberoamericana to develop and deploy a computer vision based inspection system for braided cords. This project was recognized with the award VIII Premio Concyteg a la Innovación Tecnológica Guanajuato 2015.

Palabras clave: Transferencia tecnológica, visión artificial, trenzado.

Keywords: Technology transfer, computer vision, braided cord.

Introducción

La alianza para el desarrollo tecnológico entre el sector productivo y las instituciones académicas representa una oportunidad de beneficio a ambos sectores. Desde la perspectiva académica, nos permite conocer de primera mano los requerimientos de la industria y colaborar en proyectos que se encuentran en la frontera de la tecnología. Adicionalmente, nuestros estudiantes pueden participar en proyectos reales, contando al mismo tiempo con el soporte del entorno académico. La colaboración impacta en la calidad de la formación de los estudiantes, a través de la actualización de planes de estudio, el desarrollo profesional de los académicos y la actualización de la infraestructura de la institución. Finalmente, si la colaboración resulta en el fortalecimiento del sector productivo, esto también favorece la actividad del sector educativo.

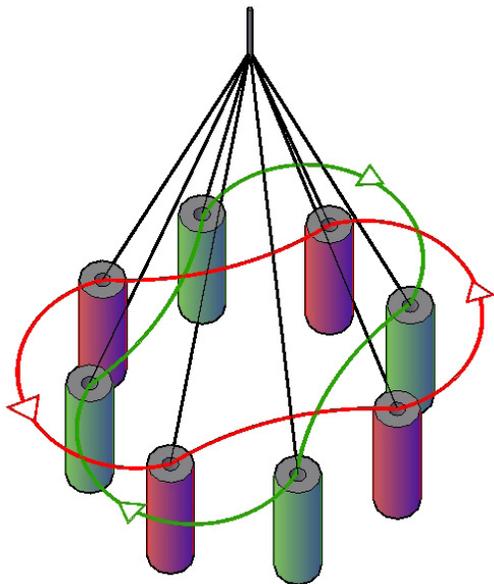
La colaboración impacta en la calidad de la formación de los estudiantes, a través de la actualización de planes de estudio, el desarrollo profesional de los académicos y la actualización de la infraestructura de la institución

El primer esfuerzo de colaboración entre la empresa Grober León y la Universidad Iberoamericana León dio como resultado el proyecto denominado “Planta piloto para fabricación de cordones para industria aeronáutica y automotriz con base en un sistema de visión computarizada”. Este proyecto fue reconocido con el VIII Premio CONCYTEG a la Innovación Tecnológica Guanajuato 2015, el cual puede consultarse en la solicitud de patente. El objetivo del presente trabajo no es proporcionar una detallada descripción técnica del desarrollo, lo que pretendemos es ofrecer un acercamiento al proceso de colaboración presentando este proyecto en particular.

El origen del problema

La meta que da origen al proyecto de la empresa Grober León parece simple: trenzar segmentos de cientos de metros de largo de cordones sin defectos. Este es un requerimiento para participar en mercados de alto valor agregado, por ejemplo, los fabricantes de globos aerostáticos y paracaídas; sin embargo, lograr la meta no es algo sencillo. En la figura 1 se muestra el dibujo conceptual de una máquina para trenzar cordones con ocho carretes de hilo; durante el trenzado, los carretes verdes viajan en sentido de las manecillas del reloj, mientras que los rojos viajan en dirección contraria. El desplazamiento es ondulatorio para lograr el trenzado del cordón; las máquinas reales pueden operar con 32 o más carretes. La velocidad de desplazamiento es tal, que es imposible seguir el movimiento con la vista. El principal origen de los defectos de los cordones es la variación de la tensión en cada uno de los hilos que participa en el trenzado. Cada carrete cuenta con un mecanismo para controlar la tensión, sin embargo, si la tensión de un hilo se incrementa, terminará por romperse, arruinando así el cordón. Para fines prácticos, es imposible evitar que la tensión de un carrete falle, también es posible que los hilos arrastren basura, o incluso que se formen nudos. Si el problema se detecta justo después del punto trenzado, es posible detener la máquina y dar marcha atrás para deshacer el defecto; incluso los problemas de tensión son visibles en la forma del cordón antes de llegar al punto de rompimiento. La idea entonces es que si se implementa un sistema que detenga automáticamente la máquina cuando aparece un problema, será posible revertir los defectos. Para esto, se requiere de un sistema que inspeccione de forma automática el producto mientras es trenzado, de esta manera se podría alcanzar la meta de trenzar cientos de metros sin defectos ni cortes, al tiempo que se minimizan los desperdicios. No obstante, esta máquina de trenzar con inspección automática no estaba disponible en el mercado cuando Grober León buscó adquirirla.

De esta manera se podría alcanzar la meta de trenzar cientos de metros sin defectos ni cortes, al tiempo que se minimizan los desperdicios



La exploración tecnológica realizada por parte de la Universidad confirmó que no existían hasta ese momento antecedentes de un sistema automático de inspección para cordones trenzados.

Figura 1. Dibujo conceptual de una máquina de trenzar de 8 carretes.

La alianza con la Universidad

La empresa Grober tiene una experiencia acumulada de más de 100 años en el trenzado de cordones; el núcleo de su negocio es el trenzado de cordones, no el desarrollo del sistema de inspección. Con el fin de complementar sus competencias, realizó el acercamiento con la Universidad Iberoamericana León, la cual sí cuenta con capacidad para desarrollar sistemas de inspección, en particular de visión por computadora o visión artificial como también se conoce. Sin embargo, no había hasta ese punto experiencia en cordones de parte del personal académico. Para desarrollar el sistema que requería Grober León era fundamental el trabajo de colaboración.

La exploración tecnológica

Una vez establecida la colaboración a través del Parque Ibero Innovación, el primer paso en el desarrollo fue la exploración tecnológica, que consiste en una búsqueda de patentes, productos comerciales y artículos de divulgación científica. Aun cuando no es el tema central de este documento, es muy importante hacer una reflexión relativa al sistema de patentes. El objetivo del sistema de patentes es la divulgación del conocimiento alrededor del desarrollo tecnológico, pues a través de este mecanismo la sociedad le pide al inventor que describa su invención en un documento con suficiente detalle para reproducirla. Este documento es público y cualquier persona puede consultarlo. A cambio de su contribución al conocimiento de la sociedad, al inventor se le reconoce el derecho exclusivo de la explotación durante un tiempo limitado, generalmente 20 años. Con este sistema, la sociedad se asegura del avance ininterrumpido del desarrollo tecnológico. Queda a cargo de las oficinas locales de patentes la responsabilidad de dar acceso a dicho documento a quien lo solicite. En el caso de México, esta responsabilidad recae en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Al consultar las patentes, buscamos las soluciones que otras personas han

dado al problema que nos ocupa; si esta exploración no se realiza, se corren riesgos importantes. El primero es desaprovechar el valioso conocimiento de otros inventores relacionado con nuestro problema; el segundo es invertir tiempo en un desarrollo que no se puede explotar porque está protegido por una patente previa.

La exploración tecnológica realizada por parte de la Universidad confirmó que no existían hasta ese momento antecedentes de un sistema automático de inspección para cordones trenzados. Tampoco había productos comerciales o trabajo científico relacionado con el problema específico. Se encontraron sistemas de inspección para telares¹, inspección de alambres monofilamento², inspección de hilo de sutura³, pero ninguno aplicable directamente al problema. También se encontraron sistemas de paro automático para máquinas de trenzar⁴ y sistemas de alarma de tensión⁵; pero ninguna corresponde a la aplicación específica de Grober León.

El análisis de alternativas y pruebas de concepto

El objetivo de esta etapa fue demostrar que existe una alternativa viable para la solución del problema. Al inicio de la misma, la incertidumbre del proyecto era muy alta, porque no había una solución probada. El objetivo fue reducir esta incertidumbre y poder definir el costo de la solución. En este punto, se propusieron varias alternativas para la inspección del cordón, incluyendo la medición del diámetro con sensores láser y de cortina, así como el análisis de imágenes. Para probar cada una de estas alternativas la empresa Grober León proporcionó muestras de cordones reales con los defectos típicos que se querían identificar.

Se propusieron varias alternativas para la inspección del cordón, incluyendo la medición del diámetro con sensores láser y de cortina, así como el análisis de imágenes

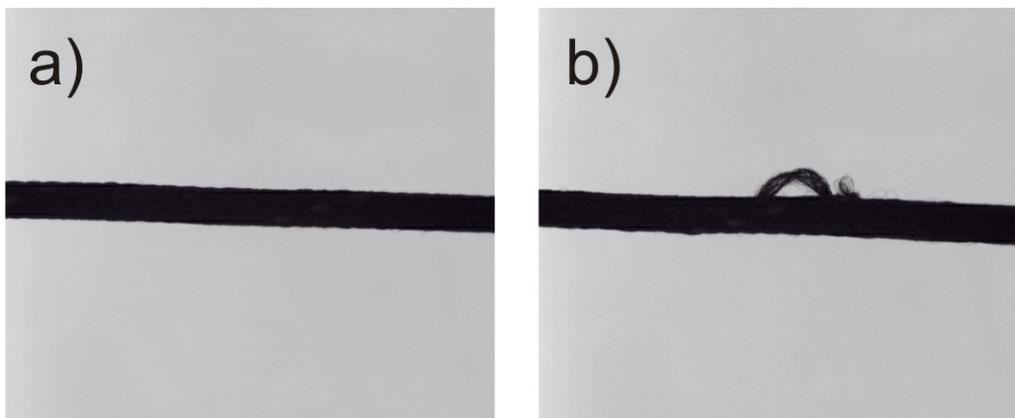


Figura 2. Imágenes obtenidas cuando el cordón se coloca entre la cámara y una fuente extendida de luz.

La alternativa más viable resultó ser el análisis de imágenes en un arreglo donde el cordón se coloca entre una fuente de luz extendida y la cámara. En esta configuración el cordón aparece como una sombra oscura sobre un fondo claro, como se muestra en la figura 2. En principio, esta

técnica es independiente del color del cordón, porque siempre aparecerá como una sombra oscura. Sin embargo, cuando se usa una sola cámara es posible que algún defecto quede oculto a la cámara. Esto se resuelve con un arreglo de varias cámaras y fuentes de iluminación. Desde el punto de vista del procesamiento de imágenes, se comprobó que, en los cordones correctamente trenzados (sin defectos), el perfil es una curva suave que puede aproximarse con un polinomio de segundo o tercer orden. Cuando aparece un defecto, el diámetro aparente en el punto del defecto se desvía de esta curva suave en un valor que excede el 5% del diámetro del cordón. Esto es válido tanto para defectos evidentes como roturas y basura, así como para la deformación sutil por problemas de tensión. Adicionalmente, el procesamiento es relativamente simple, lo que da lugar a un programa rápido de inspección. Al final, es necesario inspeccionar el 100 % de la longitud del cordón. Con un arreglo radial de cinco cámaras, esta tarea debe repetirse cinco veces en cada segmento del cordón; así pues, la velocidad de procesamiento se vuelve crítica. Al final de esta etapa demostramos una alternativa viable para resolver el problema; adicionalmente, verificamos que era novedosa y factible de protección a través de la figura de patente.

Demostramos una alternativa viable para resolver el problema; adicionalmente, verificamos que era novedosa y factible de protección a través de la figura de patente

El diseño en primera aproximación y costeo

Una vez que determinamos la técnica para la inspección del cordón, fue posible realizar el diseño preliminar y el costeo del sistema. En las primeras muestras encontramos que una desviación de 5% o más con respecto al diámetro del cordón define la presencia de un defecto. De esta forma, la resolución óptica del sistema debe ser de al menos 1% del diámetro del cordón más pequeño a ser inspeccionado. Esta información define la resolución de las cámaras. A continuación se consideró el espacio disponible en la máquina para montar el arreglo. De ahí se derivan las especificaciones de las lentes y las fuentes de iluminación. Finalmente se consideró la velocidad máxima de operación de la máquina y se comparó en el tiempo de procesamiento del primer algoritmo demostrado. Esto define la capacidad de cómputo requerida en la computadora industrial. Finalmente se esbozó la arquitectura de la aplicación de software, determinando a grandes rasgos los principales bloques y el tiempo estimado para su construcción. Con esta información es posible establecer el costo de inversión, así como el tiempo de desarrollo.

Es importante mencionar que hasta esta etapa es posible establecer un presupuesto con incertidumbre razonable. Es típico de los proyectos de desarrollo que hay que invertir una cantidad importante de esfuerzo antes de llegar a este punto. Esta es una diferencia importante para las empresas que están acostumbradas a la adquisición de tecnología; pero buscan realizar un desarrollo propio. Es muy frecuente que no consideren este esfuerzo, y consideren como primer paso determinar el costo de proyecto. En nuestra experiencia, esto no es posible hasta no haber llegado a esta etapa.

La procuración de fondos para el proyecto

Una vez determinado el costo de inversión, pasamos a la procuración de fondos. En este caso particular, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) cuenta con programas de apoyo para fomentar el desarrollo tecnológico. Una de las motivaciones detrás de estos apoyos considera que el desarrollo tecnológico debidamente protegido proporcionará a las empresas una ventaja competitiva en el mercado que es sostenible. En particular, el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) proporciona apoyos para proyectos que cumplen con tres características: existe una oportunidad real de negocio que permite recuperar la inversión, el desarrollo es novedoso a nivel mundial, y la propiedad industrial puede protegerse, de preferencia con una patente. El trabajo realizado en etapas anteriores permitió sustentar la solicitud de apoyo y el proyecto fue beneficiado por este programa. La propuesta que se somete a evaluación por el comité del PEI también es resultado de la colaboración entre la empresa y la Universidad. En este caso en particular, la información relativa a las oportunidades de comercialización y retorno de inversión dependen de la empresa, mientras que la información relativa a la viabilidad técnica de la solución depende de la Universidad.

El programa PEI favorece la colaboración entre el sector académico y el sector productivo, subsidiando en al menos un 70% los servicios facturados a la empresa por la Universidad. Adicionalmente, el programa PEI apoya en un 30% los costos del desarrollo en los que incurre la empresa. Combinando el presupuesto destinado a desarrollo tecnológico de la empresa Grober León con el apoyo del programa PEI fue posible ejecutar el proyecto. Nuevamente es importante mencionar el trabajo que fue necesario realizar antes de llegar a generar la solicitud de apoyo del programa PEI, pues hemos sido testigos de empresas cuyo primer esfuerzo en un proyecto es la solicitud de apoyo a algún fondo público, y generalmente tienen pocas posibilidades de éxito. En nuestra experiencia, si no se ha demostrado una solución factible, no es posible establecer el costo de un proyecto de desarrollo tecnológico.

La ejecución del proyecto

El desarrollo del sistema de inspección por visión artificial cuenta con 3 grandes etapas bien definidas. La primera etapa es el diseño detallado de ingeniería, la segunda es la integración del sistema y la última es el desarrollo de la aplicación de software.

La información relativa a las oportunidades de comercialización y retorno de inversión dependen de la empresa, mientras que la información relativa a la viabilidad técnica de la solución depende de la Universidad

La primera etapa es el diseño detallado de ingeniería, la segunda es la integración del sistema y la última es el desarrollo de la aplicación de software

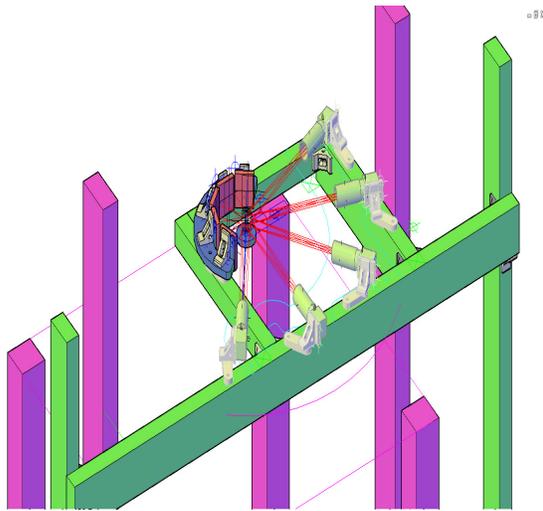


Figura 3. Diseño CAD que incorpora el diseño óptico y el diseño mecánico del sistema de visión para la máquina trenzadora. Se muestran las cámaras, iluminadores, el punto de trenzado, la estructura de soporte y el trazo de rayos para el campo de vista de las cámaras.

Hemos encontrado que es conveniente para los estudiantes manipular un modelo físico del sistema para formar una imagen mental correcta del mismo

El diseño detallado de ingeniería para un sistema de visión comienza con el trazo de rayos en primera aproximación. El trazo de rayos es una aproximación matemática para describir cómo se desplaza la luz en el espacio. La trayectoria de la luz que viaja del objeto hacia la cámara se puede representar por medio de líneas en dibujo CAD. El objetivo es validar que el campo de vista de las cámaras es correcto, que el tamaño de las fuentes de luz es adecuado (cubren totalmente el campo de vista de la cámara), así como verificar que no hay obstrucciones o interferencia en el campo de vista. La posición exacta de las cámaras y de las fuentes de iluminación son el resultado de este cálculo. A partir del resultado se colocan modelos 3D de las cámaras en el dibujo CAD, así como de los iluminadores. Finalmente se determinan todos los componentes necesarios para el soporte. Al final se obtiene un modelo similar al de la figura 3, de donde se extraen los planos y especificaciones para manufactura. Aun con la capacidad que tenemos actualmente para desarrollar modelos realistas en 3D usando software CAD, encontramos que la validación física del diseño es necesaria. Esto nos permite validar que no hay errores en el modelo CAD. Más aún, desde el punto de vista pedagógico, hemos encontrado que es conveniente para los estudiantes manipular un modelo físico del sistema para formar una imagen mental correcta del mismo. Una alternativa que hemos utilizado con frecuencia es la fabricaciones de modelos escala 1:1 por medio de corte láser. En la figura 4 se muestra una prueba con dichos modelos que tuvo como objetivo validar las dimensiones del diseño y asegurar que ningún componente obstaculiza el campo de vista de las cámaras.



El núcleo del programa es el algoritmo que le confiere al sistema la inteligencia suficiente para identificar los defectos en las imágenes del cordón

Figura 4. Prueba de un modelo 1:1 cortado en láser para validar las dimensiones del diseño del sistema.

La integración del sistema puede dividirse a su vez en componentes mecánicos y eléctricos. Los componentes mecánicos en este caso particular están dados por toda la estructura de soporte y las monturas para los componentes. En su mayor parte, estos fueron fabricados en el Laboratorio de Procesos de Manufactura. Los componentes eléctricos están contenidos en un armario que integra la computadora industrial, fuentes de alimentación para computadora, cámaras y lámparas, así como los componentes necesarios para la sincronización de las lámparas con las cámaras. En el caso particular de este proyecto la integración se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad, sobre una máquina de la empresa Grober que instaló para tal efecto.

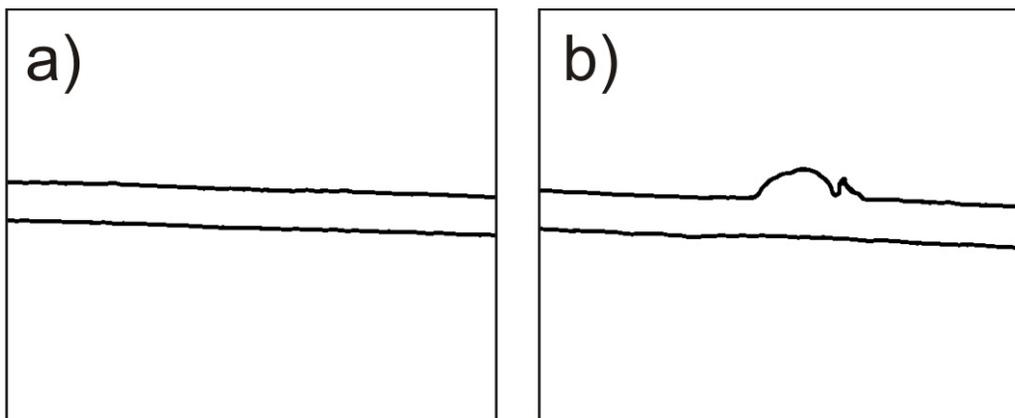
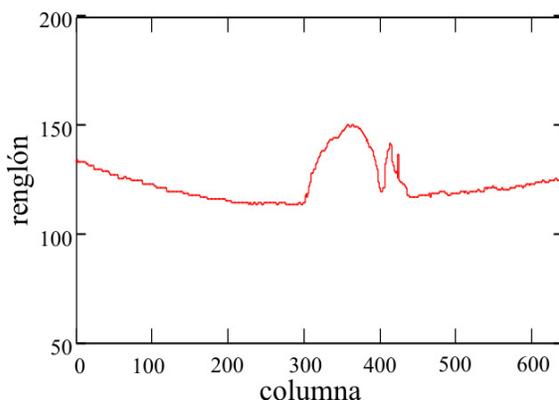


Figura 5. Imágenes de la extracción de las fronteras para los cordones de la figura 6.

Una vez que el sistema se ha integrado es posible el desarrollo de la aplicación de software del sistema de inspección. Esta actividad concentra la mayor parte del esfuerzo del proyecto. El núcleo del programa es el algoritmo que le confiere al sistema la inteligencia suficiente para identificar los defectos en las imágenes del cordón. En las imágenes que se obtienen del sistema, el cordón aparece como una silueta oscura sobre un fondo claro, como se mostró en la figura 2. El primer paso en el algoritmo es la identificación de la frontera del cordón. Para identificar la frontera se realiza la comparación secuencial de píxeles en la imagen buscando la transición de una región clara

a una región oscura. En la figura 5 se muestra el resultado de este proceso. Cada una de las dos fronteras del cordón es representada como una tabla ordenada donde se registra la posición de cada pixel de la frontera. Por ejemplo, en la figura 6 se muestra la gráfica de la frontera superior en la figura 5b). Posteriormente, se calcula una curva suave por regresión polinomial para cada una de las dos fronteras. Las pruebas demostraron que un polinomio de segundo orden es suficiente para ajustar correctamente la frontera de cordones sin defectos. En este proceso también se calcula el diámetro promedio del cordón de la imagen. Finalmente se evalúa el error para cada punto de la frontera con respecto al polinomio correspondiente. Si la diferencia es mayor al 5% del diámetro promedio del cordón, entonces tenemos un defecto. Esto se representa de forma gráfica en la interfaz de usuario de la figura 7. Las líneas verdes indican las fronteras de rechazo y se trazan en base a la curva suave calculada por regresión. Cuando la frontera del cordón rebasa las líneas verdes se determina que hay un defecto. Este procedimiento es efectivo para identificar tanto roturas y fallas evidentes, como la deformación sutil del cordón que resulta de irregularidades en la tensión de un hilo. La ventaja adicional es que la tolerancia se calcula como un porcentaje del diámetro promedio del cordón en la misma imagen. De esta manera el operador no requiere introducir el diámetro nominal del cordón, tampoco requiere realizar ningún ajuste si se cambia de producto en la máquina. El sistema calcula automáticamente los parámetros con base en la misma imagen. Como resultado, la interfaz de usuario es muy simple y cuenta únicamente con dos botones para inicio y paro, así como un tercer botón para congelar la imagen. El uso del teclado y ratón es innecesario, así que el sistema se controla a través de un monitor táctil.

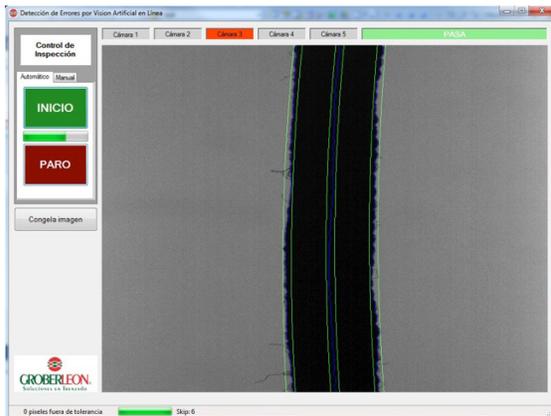


El operador no requiere introducir el diámetro nominal del cordón, tampoco requiere realizar ningún ajuste si se cambia de producto en la máquina

Figura 6. Representación gráfica de la posición de los píxeles de la frontera superior en la figura 5.b)

El procesamiento completo para cada cámara es de aproximadamente 80 ms. De estos, 50 ms corresponde a la transferencia de la imagen entre la cámara y la computadora, y 30 ms corresponden al algoritmo que identifica los defectos. Para que cada cámara inspeccione el 100% de la longitud del cordón a la máxima velocidad de operación de la máquina de trenzar, es necesario capturar y analizar cuatro imágenes por segundo. Con un total de cinco cámaras, la tasa de procesamiento requerida es de 20 imágenes por segundo. Esta tasa no se puede alcanzar procesando de forma secuencial, ya que el tiempo de procesamiento para cada cámara es mayor a 50 ms. Para alcanzar la tasa requerida se diseñó el programa considerando cinco procesos asíncronos, donde cada proceso es responsable de la inspección con una cámara. Esta técnica se conoce como programación en paralelo. En la figura 8 se muestra un diagrama conceptual, donde cada barra representa la actividad

de un proceso. Cada 50 ms se inicia el procesamiento para una de las cámaras, independientemente de que el procesamiento de la cámara anterior no haya concluido. Esto es posible porque la computadora industrial implementada cuenta con un procesador de ocho núcleos. En teoría, es posible ejecutar hasta 8 procesos de forma simultánea.



De estos, 50 ms corresponde a la transferencia de la imagen entre la cámara y la computadora, y 30 ms corresponden al algoritmo que identifica los defectos

Figura 7. Interfaz de usuario del sistema de inspección.

Después de finalizar el desarrollo, el sistema se implementó a manera de piloto en tres máquinas que operan en la planta de Grober. Dos de ellas se pueden identificar en la imagen de la figura 9.

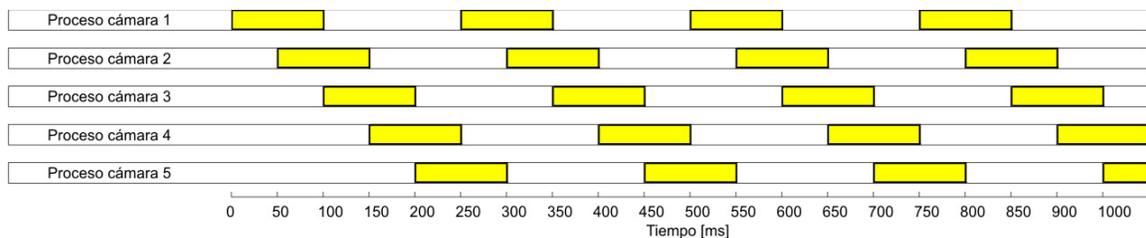


Figura 8. Diagrama conceptual de la ejecución en paralelo de los procesos para el análisis de las imágenes de las cinco cámaras del sistema.



Después de finalizar el desarrollo, el sistema se implementó a manera de piloto en tres máquinas que operan en la planta de Grober

Figura 9. Planta piloto de máquinas de trenzado con sistema automático de detección de defectos.

La protección de la propiedad industrial

En este caso particular, la propiedad industrial que resulta del desarrollo tecnológico le corresponde a la empresa Grober León, de acuerdo con el convenio de colaboración entre la empresa y la Universidad. Desde el principio del proyecto se planteó que este desarrollo permitiría a la empresa Grober acceder a un mercado de cordones técnicos con un alto valor agregado. La exploración tecnológica preliminar mostró que no existe en el mercado ningún antecedente de una máquina de trenzar cordones con inspección al tiempo de operación. Por lo tanto, se cumple con el criterio de novedad. Debido a que la inversión requerida para el desarrollo era considerable, durante toda la ejecución se consideró que el sistema debería ser protegido por una patente. Esto con el fin de conservar la ventaja competitiva que este desarrollo le confiere a la empresa. La solicitud de patente para México se solicitó en 2014, y para Alemania, Taiwán y España en 2015. Actualmente la patente se encuentra en trámite. Como una ventaja adicional, el registro de patente le proporciona a Grober León la posibilidad de licenciar la tecnología a los fabricantes de máquinas.

El pago de derechos por registro de patente es relativamente bajo. Por ejemplo, la tarifa en México es menor a siete mil pesos. Sin embargo, es muy conveniente contar con asesoría especializada para la redacción de patente, porque ésta se debe redactar considerando la posibilidad de tener que defender la propiedad en un juicio. Además, cuando la patente se registra en otro país, es necesario contar con un representante local para realizar el trámite. En el caso particular de este proyecto, la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable del Estado de Guanajuato, a través del programa Novaera, proporcionó apoyo económico a la empresa Grober León para el registro de las patentes. Este apoyo también fue gestionado a través del Parque Ibero Innovación.

Conclusiones finales

En el presente documentos hemos expuesto de forma general el proceso de colaboración entre la empresa Grober León y la Universidad Iberoamericana León para llevar a cabo un proyecto de desarrollo tecnológico. Aun siendo un caso particular, algunas etapas son comunes a la mayoría de los proyectos de este tipo; entre ellas podemos mencionar la exploración tecnológica, el análisis de alternativas y pruebas de concepto, el diseño en primera aproximación para costeo, la procuración de fondos, la ejecución del proyecto y la protección de la propiedad industrial. Es de particular importancia considerar que los procesos que involucran patentes se ejecutan tanto al principio como al final del proyecto. Adicionalmente es fundamental mencionar que para estimar el costo de un proyecto de desarrollo tecnológico es conveniente ejecutar antes las etapas

Debido a que la inversión requerida para el desarrollo era considerable, durante toda la ejecución se consideró que el sistema debería ser protegido por una patente

Para estimar el costo de un proyecto de desarrollo tecnológico es conveniente ejecutar antes las etapas de exploración tecnológica, búsqueda de alternativas y pruebas de concepto

de exploración tecnológica, búsqueda de alternativas y pruebas de concepto, así como el diseño en primera aproximación. De otra forma la incertidumbre del proyecto sería alta y no habría fundamentos para establecer el costo.

Notas

- 1 Cohen Shmuel, On-loom fabric inspection system and method, US, 20140036061 A1, pendiente, Sol. 02-04-2012.
- 2 Koji Kato, Hiroshi Hayashi, Takashi Shigematsu, Kenichi Nakamura, Tomohiro Ishida, Kenji Taniguchi, Shigeyuki Furuta, Dispositif d'inspection de la surface d'un fil metallique, EU, EP 2312300 B1, 27-03-2013, Sol. 23-07-2008.
- 3 Bart Joseph Zoltan, Suture inspection and gauging system, EP, EP 0100412 B1, 04-07-1990, Sol. 01-07-1983.
- 4 Beckwith Jr Walter Learned, Stop mechanism for braiding machines, US, US 3101642 A, 27-08-1963, Sol. 17-12-1962.
- 5 兰先川, 孙健, 金永良, Yarn breakage alarm device of yarn pretension regulating mechanism of computer-based flat knitting machine, CH, 102191623 B, 07-11-2012, Sol. 13-04-2011.