

# Adquisición y procesamiento de imágenes para el control de calidad en piezas de mecanizado

Jaume Tort Guzmán

EPSEVG-Escuela Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú.

Enginyeria en Automàtica i Electrònica Industrial.

## Resumen

Este proyecto se particulariza en el estudio y uso de técnicas de visión artificial. Las técnicas que nos ofrece el mercado actual y el uso del software de programación LabVIEW han permitido desarrollar una aplicación de visión artificial, con la finalidad de realizar el control de calidad en piezas mecanizadas de aluminio dentro del sector automoción. A modo de comentario, este proyecto a sido presentado y publicado en la revista del concurso del "Foro Tecnológico sobre instrumentación virtual NIDAYS2007 de la empresa NATIONAL INSTRUMENTS".

Mediante la solución que se presenta en este proyecto, se pretende realizar un análisis de polución de la pieza de forma automática, mediante un sistema de visión artificial. Utilizando NI LabVIEW, ActiveX y NI Vision Assistant [1], se realiza una aplicación de captura de imágenes a través de una cámara instalada sobre un microscopio, para su posterior procesamiento, con la finalidad de realizar un conteo del número de partículas de aluminio (impurezas) encontradas, clasificarlas por tamaños y finalmente la realización de un informe compatible con MS-Excel en función de los procedimientos de calidad que apliquen al proceso de producción de dichas piezas.

Esta aplicación permitirá acelerar el proceso de control de calidad en la fase del análisis de polución de partículas de aluminio en las piezas mecanizadas. En el análisis visual el operario invertía una media de una hora y mediante el análisis automático con la aplicación desarrollada en LabVIEW el análisis será inmediato y sin la posibilidad de cometer errores de apreciación del operario. El no cometer errores en el proceso de control es muy importante, ya que esto repercute en la satisfacción del cliente y en el coste de reproceso de piezas.

### Palabras clave:

Visión Arti.	LabVIEW	Calidad	Partículas
ActiveX	Cámara	Microscopio	Polución
Calibrado	Automoción		

Tabla 2. Palabras clave.

## 1. Introducción

Nos encontramos dentro de un proceso de mecanizado de piezas de aluminio del sector de la automoción, donde además de exigir grandes cantidades, en plazos de entrega cortos, se exige una calidad de primera categoría. Las piezas que se mecanizan concretamente, son la parte inferior del motor de un fabricante de automóviles, que por razones de privacidad no aparecerá el nombre de dicho fabricante.

Esta pieza requiere un gran número de controles de calidad antes de ser entregada al cliente final, como el control de estanqueidad, control de dimensiones, control de imperfecciones y el control de polución de la pieza.



PIEZA MECANIZADA

Fig. 1. Detalle de la pieza del motor

El objetivo de este proyecto tiene como finalidad, la reducción de las reclamaciones que puedan originarse por una incorrecta calidad en el producto y la reducción del coste que conlleva una entrega de producto en malas condiciones, así como una reducción de tiempo empleado en la verificación visual de los defectos y la posibilidad de el error humano que pueda existir, implantando sistemas de visión artificial, para cada uno de los puntos importantes de inspección.

El proyecto global de visión se divide en 3 fases:

- **Fase 1.** Automatización del sistema de análisis de polución. Esta fase será la que formara en un 85% este proyecto.
- **Fase 2.** Implantación de un sistema de visión comercial para inspección de defectos en el montaje de una placa de plástico en la pieza. Esta fase será la que formara en un 5% este proyecto.
- **Fase 3.** Implantación de sistema de visión para la inspección de poros e imperfecciones en zonas mecanizadas. Esta fase por necesidades de implantación inmediata se sub-contrata a un empresa de integración de visión, consecuentemente realizaremos una descripción de los requerimientos que les hemos dado para el diseño de la aplicación. 10% del proyecto

Este proyecto, solamente abarca las fases 1 y 2 del proyecto global que se ha planteado en la empresa, por este motivo, la fase 3, únicamente, realizaremos algunas notaciones.

Siendo la fase 1 la que mas peso tiene dentro de este proyecto global. A continuación, realizamos una breve descripción, para que el lector pueda situarse dentro de la problemática existente en el análisis de polución de las piezas que se realiza actualmente.

La pieza final una vez acabada se somete a un proceso de calidad para comprobar que el proceso de producción es correcto y no deja impurezas en la superficie de la pieza.

El proceso de calidad, se basa en controlar la polución que existe en la pieza. Este control es necesario puesto que la pieza forma parte del interior del motor de un vehículo, consecuentemente no se puede permitir la existencia de partículas de aluminio mayores a 1000µm, ya que podrían provocar la rotura del motor. El proceso se realiza de la siguiente forma: en primer lugar se rocía la pieza con un disolvente puro (Nafta) con una pistola de aire comprimido a 3bar de presión, posteriormente se filtra, el filtro obtenido se seca en un horno a una temperatura de 60°C y finalmente se procede a analizar los residuos que se encuentran en el. Una vez tenemos el filtro, se analiza la cantidad de partículas mayores a una serie de tamaños definido en el protocolo de calidad con el cliente, a través de un microscopio, el cual dispone de una cámara de video conectada a un televisor, en el que se ha colocado una cuadrícula milimetrada para así poder medir el tamaño de las partículas y cuantificarlas en número [2].



Fig. 2. Imagen de un filtro aumentado en el microscopio

El proceso de barrer toda el área del filtro contando visualmente el número de impurezas es muy lento y de aquí surge la necesidad de realizar una aplicación en LabVIEW para realizar el análisis de partículas de forma automática, consiguiendo una reducción del tiempo del análisis, siendo este de una hora aproximadamente.

Mediante un sistema de visión artificial, utilizando NI LabVIEW, ActiveX y NI Vision Assistant, se realiza una aplicación de captura de la imagen a través de una cámara instalada sobre un microscopio, para su posterior procesado, con la finalidad de realizar un conteo del numero de partículas de aluminio (impurezas) encontradas, clasificarlas por tamaños y finalmente la realización de un informe con los resultados obtenidos.

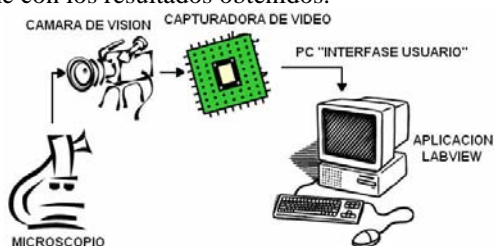


Fig. 3. Esquema del sistema de control de polución

Esta aplicación permitirá acelerar el proceso de control de calidad en la fase del análisis de polución de partículas de aluminio en las piezas mecanizadas en cada turno, (tres turnos diarios): En el análisis visual el operario invertía una media de una hora y mediante la aplicación desarrollada en LabVIEW el análisis será inmediato y sin la posibilidad de cometer algunos de los errores producidos por la estomación del operario. El no cometer errores en el proceso de control es muy importante pues esto repercute en la satisfacción del cliente y en el coste de reproceso de piezas. El otro aspecto considerado es el valor del tiempo empleado en realizar este análisis. Esta aplicación realiza una función realmente valiosa para el operario, el empresario y el cliente.

## 2. Viabilidad Económica

Nos encontramos dentro de un gran proyecto de fabricación, el cual tiene una duración de 11 años habiendo comenzado este proyecto de fabricación el año 2006. A continuación podrán observar un estudio del coste que supuso la instalación inicial, así como los cálculos de amortización y una valoración de la inversión a realizar en la implantación de la visión artificial que nos ocupa en este proyecto.

Sabiendo que la inversión inicial del proyecto de fabricación fue de 3.771.600€ y los costes derivados de la fabricación (personal, incorporables en pieza, fabricación, etc.) se obtiene un beneficio neto en los 11 años de proyecto menos el periodo de amortización de un beneficio total de 13.503.477€, si observamos la tabla siguiente, podemos decir que la inversión de los sistemas de visión artificial (16.420€), es superflua respecto al global del proyecto.

		Inversión Total (€)
1	VISION ARTIFICIAL PARA EL ANALISIS DE POLUCION	
1,1	MATERIAL	
	TARJETA CAPTURADORA PINNACLE	120
	CAMARA CCD (EN PROPIEDAD DE LA EMPRESA)	0
	MICROSCOPIO (EN PROPIEDAD DE LA EMPRESA)	0
	DESARROLLO APLICACIÓN SOFTWARE (PERSONAL PROPIO EMPRESA)	0
2	VISION ARTIFICIAL PARA INSPECCION DEFECTOS MONTAJE PLACA	
2,1	MATERIAL	
	2 SENSOR VISION CON ILUMINACION INTEGRADA DE LA CASA IFM Electronics	2.500
	DESARROLLO APLICACIÓN SOFTWARE (PERSONAL PROPIO EMPRESA)	0
3	VISION ARTIFICIAL PARA INSPECCION DE POROS EN SUPERFICIES	
3,1	MATERIAL	
	1 VISION (ILUMINACION+CAMARA+OBJETIVO+FUENTE ESTROBOSCOPICA)	8.000
	DESARROLLO APLICACIÓN SOFTWARE	2.600
1	TOTAL VISION ANALISIS POLUCION	120
2	TOTAL VISION INSPECCION DEFECTOS PLACA	2.500
3	TOTAL VISION INSPECCION POROS EN SUPERFICIES	10.800
4	Varios	3.000
TOTAL INVERSION		16.420

Tabla 2. Detalle de la inversión de la visión artificial.

Observando los detalles anteriores, podemos decir que la viabilidad económica para esta nueva instalación es perfectamente viable.

## 3. Fase 1. Aplicación control de polución

El análisis de polución de las piezas consistía en la realización de una prueba para determinar la cantidad de impurezas que puedan provocar nuestro proceso de mecanizado sobre la pieza. Este análisis se realiza a partir de la obtención de un filtro que ha absorbido partículas que se encuentran en la pieza.

Una vez obtenido el filtro, se procede a su análisis, mediante la observación de imágenes en un televisor. Las imágenes observadas son capturadas por una cámara CCD instalada en el microscopio donde se visualiza el filtro y conectada al televisor mediante la conexión euro conector.

Una vez obtenida la imagen en el televisor, el procedimiento consistía en mirar las imágenes que componen la diagonal del filtro, siendo estas 52, y mediante una cuadrícula con divisiones de una medida de 15µm (medida calculada, teniendo en cuenta el ocular seleccionado en el microscopio y el factor de aumento de la cámara) pegada sobre la pantalla, el operario debía cuantificar el número de partículas de diferentes tamaños de todo el filtro.



Fig. 4. imagen del televisor con cuadrícula

Finalmente con los datos obtenidos, el operario cumplimentaba un informe para registrar los resultados obtenidos. Como podemos observar este proceso es muy cuantioso en tiempo y la disposición de la gran parte del material, provocan la idea de automatizar mediante Visión artificial el análisis de los filtros.

A continuación, mostraremos una breve descripción del diseño paso a paso de la aplicación. La aplicación se divide en 4 partes: Captura de imágenes, calibrado, procesado de imágenes e informes.

### Captura de imágenes

El programa de captura de imágenes, contiene un panel frontal donde se puede seleccionar diversas opciones, como seleccionar el nº de informe, el nº de captura que queremos realizar, la ruta de salvado de los archivos, etc. Cabe destacar que el programa permite ver la imagen en tiempo real de la visualización de la cámara, esta posibilidad de la visualización en tiempo real es gracias a que el control ActiveX que realizamos sobre la cámara. Otra función que ofrece este programa, es la captura de una imagen para el posterior calibrado del sistema. A continuación mostramos una imagen del panel de interacción con el usuario.



Fig. 5. Panel usuario del programa de capturas

### Calibrado

Esta parte de la aplicación, simplemente muestra el valor del espesor de una imagen de los patrones creados mediante galgas planas de espesores conocidos, para poder así demostrar que el sistema realiza bien las mediciones.

La construcción de los patrones se realizó, mediante la utilización de una máquina existente en la empresa, la cual, realiza mediante fusión la inserción de un metal en un cilindro de plástico. Para la creación de patrones se realizaron 2 tipos, el primer tipo se recogieron 3 trozos de conductor de cobre con una sección conocida, pero este tipo de patrón se descartó, ya que, al seccionar el cilindro de plástico para ver la sección circular de los conductores, se observó que no eran totalmente cilíndricos. El segundo patrón que se creó, fue realizado de igual forma que el anterior, pero utilizando esta vez, galgas planas de espesores conocidos. A continuación se muestra una imagen del patrón circular y del patrón galga donde se podrá observar la nitidez de la imagen de la galga y por el contrario la falta de definición de contorno de la sección circular.

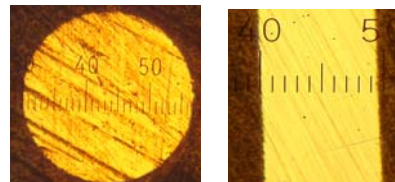


Fig. 6. Imagen patrón circular y galga plana.

A continuación, mostramos una imagen del panel del programa de calibrado, donde seleccionar y visualizar diversas informaciones, como el valor de la medición, la tolerancia que hemos definido, si la medición es correcta o no, etc.

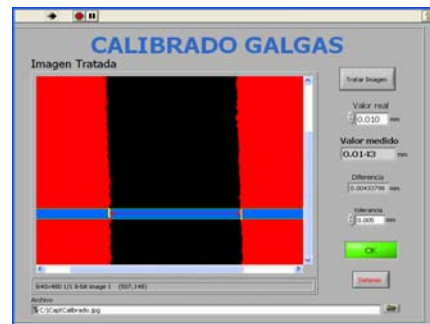


Fig. 7. Panel frontal programa calibrado de galgas

En resumen Este programa permite realizar la medición de una imagen patrón que hemos creado a partir de unas galgas de espesor conocido, para poder cerciorar que el sistema de microscopio, cámara, capturadora y aplicación LabVIEW funcionan correctamente.

### Procesado de la imagen e informe

Esta parte de la aplicación podemos decir que es la parte más importante y la que tiene todo el código de programación para el procesado de imágenes. Debido a que gran parte del informe que se debe rellenar una vez finalizado el ensayo es muy laborioso, se ha diseñado un entorno visual entre el operario y la aplicación.



Mediante simples menús desplegables se consigue la complementación del informe de una manera rápida. Toda esta información introducida, es transferida al archivo Excel del informe mediante las funciones ActiveX que se utilizan en el programa, para que finalmente la aplicación entregue un informe con los datos introducidos y el resultado del análisis del filtro estudiado. A continuación, se muestra una imagen del panel frontal de la aplicación análisis de partículas.

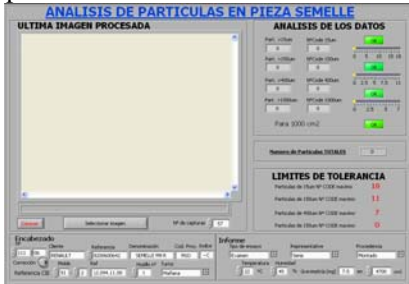


Fig. 8. Panel frontal programa análisis partículas

Otra parte importante que se ha tenido en consideración en el diseño de la aplicación es, la muestra en el panel de unas barras de tendencia, para así poder observar de manera rápida si el ensayo esta muy al limite de los parámetros de calidad exigidos o no. Estos parámetros límite de calidad, provienen de la norma que nos exige el fabricante de motores.



Fig. 9. Detalle de las barras de tendencia.

Finalmente, queda por definir la parte más importante de esta aplicación, y no es otra que la parte del algoritmo de tratamiento de la imagen. El tratamiento de la imagen se realiza mediante la aplicación VisionAssistant la cual nos brinda la posibilidad de crear un algoritmo de procesamiento de imagen [3] y exportarlo sin más a código de programación LabVIEW para poder realizar las operaciones necesarias con los datos obtenidos. Este algoritmo, simplemente realiza una serie de conversiones en la imagen para que mediante una función del software, podamos medir el diámetro de las partículas en píxel. El valor obtenido, será convertido a micras para que podamos conocer el tamaño real de dichas partículas. A continuación se muestra la imagen original y la imagen final del proceso, omitiendo algunos pasos del tratamiento, ya que, simplemente se pretende mostrar el resultado obtenido.

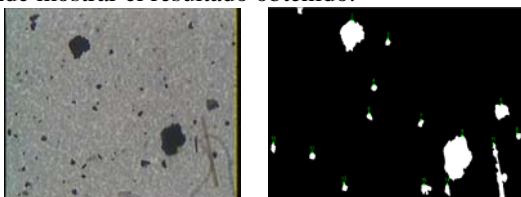


Fig. 10. Imagen original e imagen tratada.

## 4. Fase 2. Inspección placa anti-emulsión

El proceso de calidad “inspección visual placa anti-emulsión”, consiste en la comprobación del estado de dicha placa una vez montada en la pieza. Esta prueba se realiza actualmente de manera manual, es decir, un operario al final del proceso debe mirar todas las piezas que se producen para controlar este defecto.



Fig. 11. Comparación placa correcta e incorrecta.

Debido a que un control manual de esta parte del producto es inviable por diversos motivos, se propone la automatización de este proceso, mediante sensores de visión comerciales, de la marca IFM modelo OD220. La peculiaridad de estos sensores es la integración de una lente y un sistema de iluminación en un mismo encapsulado, con una resistencia elevada y con una programación simple.



Fig. 12. Sensor visión IFM modelo OD220

El principio de funcionamiento de estos sensores es, la creación de un modelo correcto y la comparación de las imágenes que captura con el modelo definido. A continuación, mostraremos la imagen del modelo creado para esta aplicación así como dos imágenes de ejemplo, donde podremos ver el resultado obtenido con estos sensores.

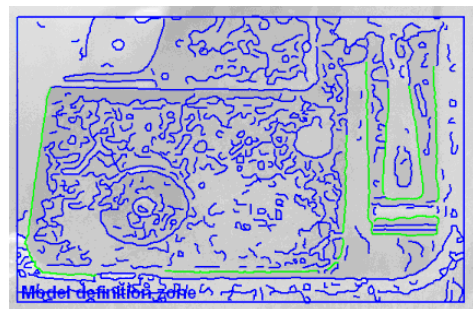
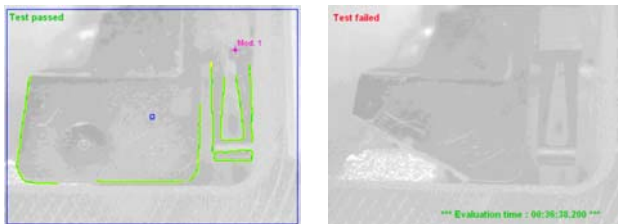


Fig. 13. Imagen del modelo definido.

Podemos observar en la imagen anterior, como la aplicación que se utiliza para programar este sensor, ha encontrado muchos más puntos en la imagen patrón (segmentos de línea azules), ahora, simplemente nos queda editar estos segmentos encontrados para dejar únicamente los contornos que definan de una forma sencilla el patrón. Cabe destacar que la reducción de contornos reduce el tiempo que tarda la aplicación en ejecutarse, pero a su vez, da la posibilidad de errores de detección, por este motivo, es muy importante seleccionar los contornos adecuados, seleccionando los meramente importantes para definir la pieza a comparar. A continuación mostramos el resultado de una prueba realizada.



**Fig. 14.** Imágenes resultado prueba.

En resumen podemos decir que gracias a un sensor con un coste muy reducido, podemos solucionar el problema de calidad existente en las placas anti-emulsión del producto

### 5. Fase 3. Inspección de poros en superficies

El proceso de calidad “inspección poros en superficies”, consiste en la comprobación de la existencia de poros en las superficies mecanizadas. Esta prueba se realiza actualmente de manera manual, es decir, un operario al final del proceso debe mirar todas las piezas que se producen para controlar este defecto.

Tal y como se explicaba al principio de este proyecto, esta parte del proyecto, se ha decidido sub-contratar por la necesidad de implantación inminente. Esta necesidad es debido a la devolución de 3 motores defectuosos provocados por un defecto en nuestra pieza. El defecto encontrado era la existencia de poros (cavidades en zonas mecanizadas) en una de las caras mecanizadas de las piezas; la existencia de estos poros en interferencia con una junta de estanqueidad del motor, provocaron la fuga de aceite de motor.

Este control de calidad se está comprobando manualmente en la actualidad, asegurando al cliente la entrega 100% sin este defecto. Este control manual, igualmente que otro control de este índole, supone un riesgo de error humano en el control visual que debe realizar la persona encargada de este trabajo y es más, en concreto este problema exige la visualización de poros de tamaño 0,5mm, consecuentemente es relativamente fácil que un operario pueda cometer un error y validar una pieza que no sea correcta.

Todos estos motivos y la necesidad de dar una solución al problema, se decide sub-contratar este proceso de visualización a una empresa integradora de sistemas de visión. A continuación se muestra las especificaciones que les hemos impuesto para la realización de esta inspección.

#### Especificaciones:

- El sistema verificará la presencia/ausencia de poros sobre una de las caras mecanizadas en el bloque de aluminio.
- Las regiones de inspección se distinguirán en función del criterio de calidad:
  - Región interior. Se admitirán poros de hasta  $\varnothing$  0.5mm.
  - Región exterior. Se admitirán poros de hasta  $\varnothing$  2mm, siempre y cuando éstos estén separados entre sí un mínimo de 2mm.
- La inspección se realizará al paso de las piezas por delante de la zona de inspección, sin necesidad de detenerlas.
- El sistema entregará la señal de resultado al robot manipulador, que las extraerá de la línea en caso de no cumplir con los criterios especificados.

## 6. Conclusiones

Tal y como hemos podido observar en este documento, los controles de calidad dentro de la industria de la automoción conllevan un gran problema para los fabricantes. El problema de los controles de calidad suelen ser debidos a que se realizan de manera visual por el operario y involuntariamente se cometen errores. Esta problemática tiene una fácil solución, pero a su vez, muy costosa, esta solución pasa por automatizar los controles visuales que realizan los operarios, mediante sistema de visión artificial.

En este proyecto hemos demostrado que mediante una inversión relativamente baja, se puede conseguir implantar sistema de visión artificial en nuestro proceso.

Personalmente la realización de este proyecto, me ha permitido descubrir el uso de técnicas de visión, así como realizar uso prolongado de LabVIEW, me ha permitido obtener unos conocimientos que pueden ser útiles para mi vida laboral. Así como conocer diferentes módulos específicos de LabVIEW como Visión Assistant, ActiveX, etc.

## 7. Agradecimientos

La realización de este proyecto ha sido posible gracias a la colaboración del director de este trabajo el Sr. Joaquín Del Rio, ya que su colaboración ha sido continua y efectiva en todo momento.

Doy gracias a la empresa donde trabajo actualmente, la cual me ha permitido realizar este trabajo y a la colaboración de mis compañeros Fco. Xavier Romero y Víctor Palomo.

Y no puedo olvidarme de la paciencia de mi esposa y de mi hijo, que durante la realización de este trabajo no les he podido dedicar todo el tiempo que se merecen.

## Referencias

- [1] Christopher G. Relf., “Image Acquisition and Processing with LabVIEW”, Ed.CRC PRESS.
- [2] R Molina, “Introducción al Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales”, Departamento de Ciencias de la Computación e I.A., Universidad de Granada.
- [3] ISO 4407. Hydraulic fluid power-Fluid contamination-Determination of particulate contamination by the counting method using an optical microscope.