

# Desarrollo de un detector óptico de la calidad de Vidrios Planos

Fis. Bayardo Campuzano  
Ing. Gustavo Navas  
Carrera de Ingeniería de Sistemas  
UPS - Quito



## Introducción

Al momento, el montaje de vidrios en las fachadas de los edificios en los Estados Unidos de Norteamérica requiere una revisión previa de la su calidad, es decir que no existan ralladuras en su superficie. Ésta es efectuada por 3 ó 4 operarios especializados, y depende exclusivamente de su visión para determinar la presencia o ausencia de estas imperfecciones.

En caso de hallarse dichas imperfecciones este vidrio es desechado y enviado al fabricante para su restitución, pero si la imperfección no es hallada durante la revisión y éste llega a ser montado en la pared, el cambio posterior de dicho vidrio es sumamente complejo y costoso.

Siendo la industria inmobiliaria y de construcciones civiles una de las más dinámicas en el mundo, es sorprendente que la revisión sea aún manual y requiera de tantos factores que pueden dar lugar a errores.

El presente trabajo busca encontrar una solución tecnológica a este problema optimizando en confiabilidad, seguridad, tiempo y el ahorro de recursos humanos en este proceso.

Este prototipo busca desarrollar un sistema informático, que tenga la capacidad de censar y evaluar en forma automática la existencia o no de ralladuras en los vidrios planos los que van a ser montados posteriormente en edificaciones.

## Tipo de imperfecciones

Las imperfecciones superficiales típicas que se presentan en este tipo de vidrios son producidas por el manejo posterior a su elaboración, y son debidas a interacciones de cuerpos externos. Éstas son de dos tipos:

**Rayas:** Son imperfecciones de forma lineal provocadas cuando objetos de mayor dureza se desplazan en contacto con la superficie del vidrio.

**Picaduras:** Son imperfecciones de forma circular que se provocan cuando objetos golpean la superficie del vidrio.

## Diseño del escenario

Se diseñó un escenario artificial o ambiente controlado que nos permita facilitar la detección de las imperfecciones en la superficie del vidrio. Se consideró una serie de puntos en este primer análisis. Este escenario posee los siguientes elementos:

**Fondo:** Se pudo observar que sin un fondo apropiado, los resultados eran poco satisfactorios e inesperados. Se usó una superficie continua de color negro colocado a 30 cm del vidrio. Esta distancia es la más adecuada para que las imperfecciones del fondo no sean vistas por nuestra cámara, eliminando así una fuente de perturbación en nuestro sistema. Esta distancia resulta ser cierta para la cámara y las condiciones planteadas para nuestro análisis y pueden ser distintas si se considera una cámara diferente.

**Iluminación:** Se hicieron varias pruebas ubicando la fuente de luz en una serie de posiciones con relación al vidrio muestra.

La iluminación elegida es la de tipo rasante, para lo cual colocamos un foco fluorescente en el borde de la plancha de vidrio a todo lo largo de ella, con una caja de protección opaca para que su luz no incida directamente sobre la cámara como indica la figura 1:

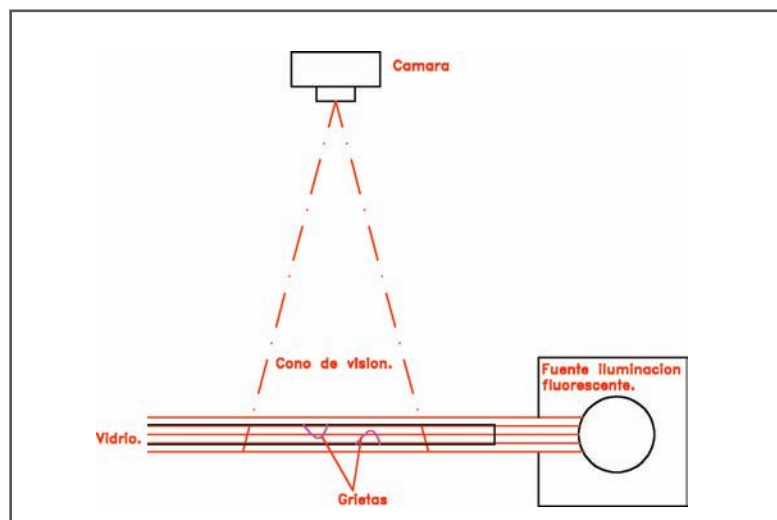


Fig. 1

**Siendo la industria inmobiliaria y de construcciones civiles una de las más dinámicas en el mundo, es sorprendente que la revisión sea aún manual y requiera de tantos factores que pueden dar lugar a errores.**

Con esta geometría la luz proveniente de la fuente no tiene posibilidades de llegar a la cámara, esto se aplica en las regiones alejadas de la fuente. Para el otro caso, en los bordes muy cercanos a la fuente se producen reflexiones que afectan los resultados. Salvo estas regiones, la luz que llegará a la cámara es proveniente de la dispersión debida a las imperfecciones en la superficie del vidrio.

**Caja de aislamiento:** Cualquier fuente externa de luz daba lugar a errores en la interpretación y análisis, debido a ello fue necesaria la consideración de una caja de aislamiento. Se diseñó una caja oscura que aisle a nuestro escenario de la iluminación externa, la cual provoca reflejos e iluminaciones parasitas que perturbaban al sistema.

**Cámara:** Sorprendentemente, en este trabajo, la calidad de la cámara no parece ser un factor de primera consideración al tratar este tema, lo único importante a tomar en cuenta es enfocar objetos en distancias menores a 15 cm. La cámara se colocó a una altura de 12 cm sobre la superficie del vidrio, en un soporte que facilite su desplazamiento en toda la superficie de éste, la ima-

gen que se capturó era de 320x240 píxeles y correspondía a una superficie de 8x6 cm dando un área total de 48 cm<sup>2</sup>.

### **Equipo utilizado**

Los elementos empleados en este prototipo fueron:

- Vidrio de prueba
- Cámara marca CREATIVE Webcam, modelo PD1110, con conexión USB que captura imágenes de 0,3 Mpíxeles en formato jpg
- Soporte de cámara
- Fuente de luz fluorescente de 40W
- Fondo del escenario de color negro
- Soporte para el vidrio
- Caja para el dispositivo con el fin de eliminar las perturbaciones producidas por la iluminación ambiental.
- CPU

### **Dispersión de luz en las ralladuras del vidrio. Una aproximación**

Como se eligió una fuente de luz rasante, el principal efecto fue el de la reflexión interna. Este efecto no conduce luz a la cámara, pues ésta viaja en forma paralela a las superficies, tanto exterior como en el interior del vidrio. Esto cambia cuando esta luz interactúa con las im-

perfecciones de la superficie como se indica a continuación.

**Grietas superiores.** Sobre las grietas Superiores (Ver figura 2) se dan dos tipos de imperfecciones. La de mayor efecto es el de la refracción de la luz que viaja por el interior del vidrio y que al chocar con las imperfecciones se refracta al aire. El segundo efecto es el de la reflexión de la luz que viaja sobre la superficie del vidrio y que en un estrecho ángulo se refleja en la imperfección, esto ocurre porque la fuente de luz no es puntual, estos efectos dirigen algo de la luz dispersada hacia la cámara.

**Grietas inferiores.** En cambio, en la parte inferior la dispersión posee otra mecánica (Ver figura 3). El efecto principal es la reflexión de la luz que viaja en el interior y que se refleja en las imperfecciones inferiores, y el efecto secundario es la interacción en un pequeño ángulo que crea refracción en la grieta inferior, estos efectos cambian la dirección de la luz hacia la parte superior donde finalmente se refracta hacia el exterior dispersándose hacia arriba donde se halla la cámara.



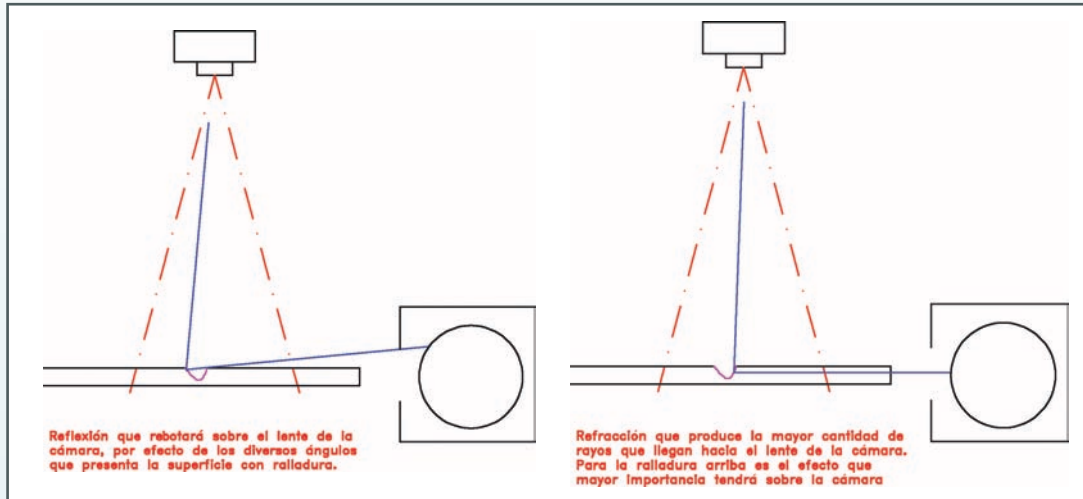


Fig. 2

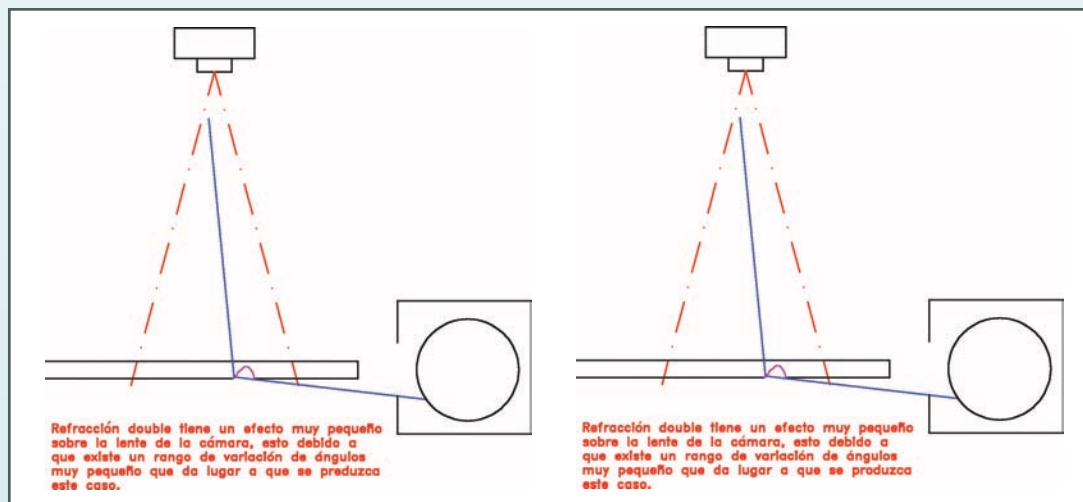


Fig. 3

### Procesamiento digital de la imagen

El Sistema produce imágenes como la mostrada en la figura 4 donde se pueden observar las imperfecciones superficiales. A esta imagen se la debe procesar para obtener la



Figure 4 Imagen original de una región con muchas imperfecciones.

información que nos permita su clasificación. En nuestro caso se usaron los siguientes procesos:

Primer proceso gradiente: Como en las cercanías de los bordes del vidrio existían reflejos de la fuente de luz fluorescentes, se decidió pasar la imagen por un filtro de gradiente que calcula la primera derivada de la intensidad  $I(x,y)$  en dicho punto, para ello usamos las máscaras de Sobel, que nos permiten calcular las derivadas direccionales en las direcciones X y Y respectivamente:

$$\begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Para el cálculo se realiza la convolución entre la imagen y estas máscaras, para luego crear la imagen de salida con el módulo del vector de gradiente resultante (figura 5).

Segundo proceso binarizado: El siguiente proceso es el binarizado de estas imágenes, para eliminar las variaciones suaves de la intensidad de luz, que son provocadas por el reflejo

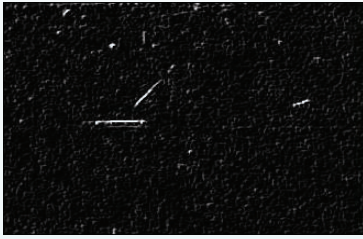


Figure 5 Imagen de gradiente



Figure 7 Imagen binarizada de una región con imperfecciones (179 Píxeles Blancos)

de las fuentes de luz en el vidrio, y dejar las variaciones fuertes en la intensidad que son debidas a las imperfecciones de la superficie del vidrio.

El resultado final de estos dos procesos es la segmentación de las imperfecciones presentes en las superficies del vidrio (figura 6).



Figura 6. Imagen Binarizada de una región con muchas imperfecciones (245 Píxeles Blancos).

El efecto de este tratamiento se puede observar en las figuras 6, 7 y 8 de diferentes regiones del vidrio.

### Conclusiones

El sistema permite la obtención de todas las imperfecciones superficiales del vidrio.

Se encontró que la iluminación rasante en un borde sin marco es la más eficiente para determinar

las imperfecciones por ralladuras presentes en la superficie del vidrio.

Se eliminan las distorsiones debido a la iluminación en los bordes cercanos a la fuente de iluminación.

En la imagen sin imperfecciones lo que se observa es la falta de homogeneidad del fondo, lo que es eliminado mediante los filtros aplicados a la imagen.

Existe una gran diferencia entre los puntos segmentados de las imágenes con imperfecciones de las que no los poseen, por ello este parámetro puede ser utilizado como caracterización para definir la calidad del vidrio.

Se recomienda que se investiguen otras fuentes de iluminación para casos más reales en los cuales existen marcos en los vidrios, pues la iluminación



Figure 8 Imagen binarizada de una región sin imperfecciones (13 Píxeles Blancos).

Este prototipo busca desarrollar un sistema informático, que tenga la capacidad de censar y evaluar en forma automática la existencia o no de ralladuras en los vidrios planos, que van a ser montados posteriormente en edificaciones.

planteada no tiene utilidad para este caso.

### Referencias

- Arturo de la Escalera. *Visión por Computador, Fundamentos y métodos*, Prentice Hall, Madrid, 2001.
- Gonzalo Pajares y Jesús m. de la Cruz. *Visión por Computador, Imágenes digitales y Aplicaciones*, Alfaomega Rama, México, 2002.
- Rafael C. Gonzales y Richard E. Woods. *Digital Image Processing*, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- K. S. Fu, R. C. Gonzales y C.S.G. Lee. *Robótica: Control, detección, visión e inteligencia*, McGraw-Hill, México, 1990.
- David Halliday Robert Resnick y Kenneth Krane. *Física Vol. II*, Continental, México, 1999.

**ANEXOS**

Imagen Muy Rayada

Píxeles Blancos = 245

Imagen Capturada

Imagen de Gradiente

Imagen Binarizada

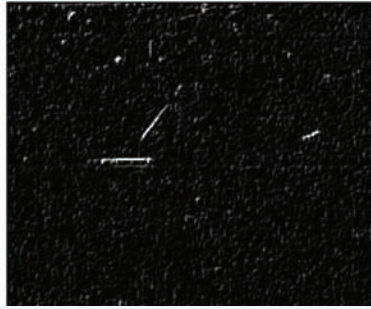
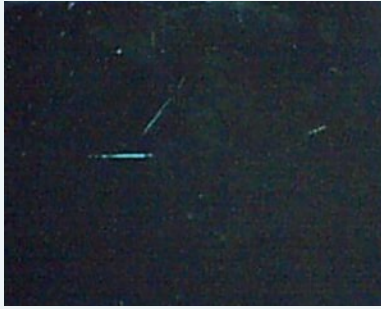


Imagen Rayada

Píxeles Blancos = 179

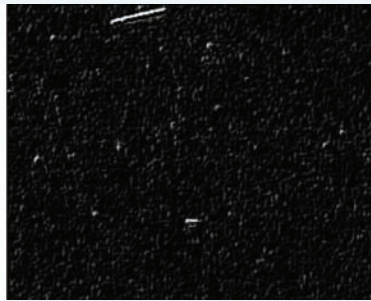


Imagen Sin Rayas

Píxeles Blancos = 13

