Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

TÍTOL: Optimización de un sistema de visión artificial para la detección de defectos en el vidrio

AUTOR: Carlos Galindo Fernández

TITULACIÓ: Ingeniería Técnica Industrial especialidad Mecánica

DIRECTOR: Juan José Aliau Pons

DEPARTAMENT: EGE-717

DATA: Enero 2.012

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TÍTOL: Optimización de un sistema de visión artificial para la detección de defectos en el vidrio.

COGNOMS: Galindo Fernández **NOM: Carlos**

TITULACIÓ: Ingeniería Técnica Industrial

ESPECIALITAT: Mecánica **PLA: 95**

DIRECTOR: Juan José Aliau Pons

DEPARTAMENT: Ingeniería mecánica

QUALIFICACIÓ DEL PFC

TRIBUNAL

PRESIDENT **SECRETARI** **VOCAL**

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: □ Sí □ No

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE FI DE CARRERA

RESUM (màxim 50 línies)

En este proyecto estudiaremos la optimización de un sistema de visión artificial para la detección de defectos en los vidrios.
Este sistema, está integrado en la línea de fabricación, en la que se producen vidrios para el automóvil.
La idea principal de este sistema es reducir al máximo la llegada de vidrios defectuosos a los clientes, para ello se debe mantener el sistema muy bien ajustado y en condiciones óptimas de trabajo, que explicaremos más adelante, detalladamente.
El sistema se compone, básicamente de una luz LED, que emite un rayo que al pasar por una lente de fresnel abre el haz de luz, cogiendo toda la superficie del vidrio. Esta luz una vez pasa a través del vidrio, vuelve a pasar por otra lente de fresnel que hace el efecto contrario. Una vez recogido el rayo de LED, en la parte inferior del sistema se encuentran las cámaras, que son capaces de recoger este rayo de luz y analizar toda la superficie del vidrio.
Cuando la cámara analiza el vidrio, decide si es un vidrio defectuoso o no y manda una señal al PLC que hace que la pieza rechazada por defecto sea apartada a un estocador donde se inspecciona visualmente para comprobar si el defecto existe o no.
Para poder entender los defectos que puede tener el vidrio y que puede detectar nuestro sistema, haremos una introducción al mundo del vidrio, explicando sus características principales, sus componentes, como se fabrica y los defectos más frecuentes que se producen.
También hay una descripción paso a paso de toda la cadena de producción, explicando en cada fase que es lo que se le hace al vidrio. Esta parte es de vital importancia, ya que durante el mecanizado del vidrio es cuando más defectos se les pueden producir.
Otra parte es en la que explicaremos como poder ajustar los parámetros de cada modelo. Estos parámetros son los que nos dirán cuando un vidrio es bueno o es malo, por eso es muy importante verificar que está todo bien ajustado y tener la fiabilidad de que lo que se está produciendo no tiene ningún defecto.
Más adelante encontraremos el mantenimiento que se le debe hacer al sistema, de gran importancia, ya que si el sistema no está en buenas condiciones, la sensibilidad y la fiabilidad van disminuyendo.
En la memoria nos centraremos en buscar los errores que pueda tener el sistema o las mejoras que podría tener en nuestras condiciones de trabajo.
Se hará una valoración de los problemas que encontramos y se hará un estudio de las posibles mejoras que podamos introducirle, por tal de sacar más beneficio al sistema.
En las conclusiones podremos observar los cambios que hemos introducidos y valorar si los cambios realizados han mejorado tanto la fiabilidad del sistema, como su funcionabilidad.

Paraules clau (màxim 10)

Traver	Lente Fresnel	Estocador	Desbandaje
Hidrociclón			

INDICE

1 OBJETIVO 10
1.1 Objetivo 10
1.2 Justificación del proyecto 11

2 MEMÓRIA 12
2.1 El vidrio 12
2.1.1 Componentes del vidrio 12
2.1.2 Fabricación del vidrio 13
2.1.3 Horno de fabricación 14
2.1.4 Conformación del vidrio 14
2.1.5 Templado del vidrio 14
2.1.5.1 Proceso de fabricación 15
2.1.6 Propiedades del vidrio 17
2.1.6.1 Propiedades químicas 17
2.1.6.1.1 Densidad 17
2.1.6.1.2 Viscosidad 17
2.1.6.1.3 Corrosión 18
2.1.6.2 Propiedades mecánicas 18
2.1.6.2.1 Torsión 18
2.1.6.2.2 Compresión 19
2.1.6.2.3 Tensión 19
2.1.6.2.4 Flexión 19
2.1.6.3 Propiedades ópticas 19
2.1.6.4 Propiedades térmicas 20
2.1.6.4.1 Calor específico 20
2.1.6.4.2 Conductividad térmica 20
2.1.6.5 Propiedades eléctricas 20

2.2 Proceso fabricación 21
2.2.1 Elección de traver y primer corte 21
2.2.2 Corte y desbandaje 22
2.2.3 Canteado 22
2.2.3.1 Calidades del canto 23
2.2.4 Lavado y secado 24
2.2.5 Serigrafía 25
2.2.6 Horno 26
2.2.7 Empaquetado 26

3 SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL 28
3.1 Funcionamiento 28
3.1.1 Defectos detectables 30
3.2 Partes del sistema 33
3.3 Calibración 35
3.3.1 Ajustes de visualización de la zona 35
3.3.2 Ajustes de visualización de cantos 38
3.3.3 Defectos de taladros 48
3.4 Creación programa 55
3.5 Mantenimiento 62
3.5.1 Limpieza interior cabina 63
3.5.2 Limpieza componentes ópticos 64
3.6 Análisis del sistema 66
3.6.1 Fiabilidad del sistema 66
3.6.1.1 Falso rechazo 67
3.6.2 Mejoras del sistema 70

4 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS 79
4.1 Cálculo de ahorro de tiempo y dinero 79
4.2 Cálculo caudal de ventilación 81
4.3 Elección hidrociclón 82

5 PLIEGO DE CONDICIONES 83

6 PRESUPUESTO 85
6.1 Ingeniería 85
6.2 Maquinaria y materiales 85
6.3 Implantación y puesta apunto 86
6.4 Amortización inversión 86

7 CONCLUSIONES 87

8 BIBLIOGRAFÍA 88

9 ANEXOS 89

1. OBJETIVO

1.1 Objetivo

El proyecto se basa en la optimización de un sistema de visión artificial en una línea de fabricación en la que se producen vidrios para el automóvil. Este sistema detecta los posibles defectos que se pueden producir durante la fabricación de éste.

El sistema está integrado en la línea, y como ya veremos más adelante cuando se detecta un vidrio con defecto, lo aparta para que sea inspeccionada de forma manual.

La idea básica y general de la implantación de este sistema es reducir al máximo la llegada de vidrios con defectos a los clientes, cosa que perjudica de una manera muy elevada a la empresa, tanto económicamente como a la hora de conservarlos y servirles el material con las calidades contratadas.

La otra idea básica es reducir al máximo los costes de fabricación, para esto, el sistema está implantado en la segunda fase de todo el proceso productivo, con lo que al tener el sistema casi al principio de la cadena productiva nos ahorramos los costes que vendrían implícitos si este vidrio defectuoso no fuera apartado de la cadena hasta el final del proceso.

En la primera parte del proyecto se hará una introducción de la materia prima que se utiliza para la fabricación del producto a inspeccionar, el vidrio.

Explicaremos de que se compone, como se fabrica, cuáles son sus propiedades mecánicas y su comportamiento a la hora de ser mecanizadas.

Esta parte es importante, ya que en la misma fabricación se pueden producir unos defectos llamados inclusiones, que el sistema de visión artificial tiene que detectar y que explicaremos más adelante porque se producen.

Describiremos, de forma rápida y general, todo el proceso de fabricación del vidrio, desde el primer corte hasta la salida del horno y empaquetamiento.

En la segunda parte del proyecto veremos el funcionamiento de todo el sistema de visión artificial, de que partes se compone, como funcionan, para que sirven y su mantenimiento.

Es un sistema muy complejo y delicado, por lo que la parte de mantenimiento cobra gran importancia.

Como veremos en esta parte, el sistema se compone de muchas partes, que tienen que funcionar a la perfección para poder garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Para poder garantizar este funcionamiento correcto se debe conocer el sistema perfectamente, desde las funciones de los componentes electrónicos que dan las señales al PLC hasta como deben estar las lentes de las cámaras que recogen las imágenes.

Seguiremos con el ajuste de los parámetros del sistema. Este sistema tiene la posibilidad de detectar diferentes defectos en el vidrio, que ya explicaremos más detalladamente después. Para hacer esta detección se tienen que ajustar unos parámetros que define las calidades que queremos que tengan los vidrios, dependiendo de lo que exija el cliente.

El ajuste correcto de estos parámetros es de vital importancia, ya que en una fabricación con este sistema mal ajustado, se pueden llegar a fabricar muchas piezas que podrían ser defectuosas.

En la siguiente parte podremos ver la capacidad del sistema a la hora de rechazar piezas por falsos defectos, producidos por suciedad, fallos del sistema o cualquier otro problema que podamos tener. Para poder hacer esto, el sistema guarda toda la información de las piezas rechazadas, se les aplica un número de serie y se guarda con el defecto por el que ha sido rechazada.

Estos daos los compararemos con los rechazos que se han contabilizado durante 2 meses de forma manual en una línea, así podremos ver la fiabilidad del sistema.

Para acabar podremos sacar las conclusiones de la utilidad del sistema, así como de su rentabilidad y fiabilidad.

1.2 Justificación del proyecto

El prestigio de una empresa es de vital importancia en el momento de conseguir nuevos clientes y conservar los que ya tiene. Para fidelizar esta continuidad y la llegada de nuevos, lo más importante es poder garantizar una calidad, servir a nuestros clientes el producto que nos demandan y como nos los demandan.

Un pequeño error en una producción puede suponer la pérdida de un cliente que puede llegar a suponer una gran pérdida de ingresos al año.

El problema más habitual que sucede es que lleguen a nuestros clientes piezas defectuosas con defectos de producción. Esto hace que se hagan reclamaciones, con su pérdida de dinero, y lo más importante y que más daño hace, la pérdida de prestigio y nombre de la empresa.

Para evitar que esto suceda, en lo máximo de lo posible, se hizo una gran inversión de capital para instalar estos sistemas de detección de defectos.

2. MEMÓRIA

2.1 El vidrio

Los vidrios son materiales cerámicos no cristalinos; se denominan como materiales amorfos (desordenados o poco ordenados), inorgánicos, de fusión que se ha enfriado a una condición rígida sin cristalizarse. El vidrio es una materia inerte compuesta principalmente de silicatos. Es duro y resistente al desgaste, a la corrosión y a la compresión. Anteriormente la materia prima para la fabricación del vidrio eran solamente las arcillas.

Con el paso del tiempo se fueron implementando nuevos elementos a la fabricación del vidrio para obtener diferentes tipos. En la actualidad muchos materiales desempeñan un papel importante, pero las arcillas siguen siendo fundamentales

El vidrio está compuesto de los óxidos de varios metales. No es un compuesto de verdad, sino una mezcla, y como tal, no tiene un punto definido de fusión. Aunque a temperatura ambiente posee la apariencia de un sólido, se le conoce por un “liquido super-refrigerado” y no tiene estructura cristalina ni de grano.

El vidrio de automóvil, como es en este caso, pasados por los hornos se les conoce por el nombre de “lima de soda” porque los ingredientes básicos de este tipo de vidrio son la arena, la ceniza de soda y la caliza.

Los ingredientes secundarios son el fluorspar, feldspar y el gypsum. Algunos minerales también pueden ser incluidos como agentes colorantes o decolorantes.

2.1.1 Componentes del vidrio

Arena: es sílice ó dióxido e silicona (SiO_2). Se utiliza en estado natural. El sílice es la base de todo tipo de vidrio; es el vidrio de la naturaleza. Permanece en el vidrio como SiO_2.

La ceniza de soda: es carbonato de sodio (Na_2CO_3). Es un producto prefabricado. Es un flux, o sea, el causante de la fundición.

La ceniza de soda es el único ingrediente básico que se fundirá sólo en un horno de fundición de vidrio a la temperatura de funcionamiento. Permanece en el vidrio como oxido de sodio (Na_2O).

Caliza: es carbonato de calcio ($CaCO_3$). También se utiliza en estado natural. Este material hace que el vidrio sea insoluble y duradero. Permanece en el vidrio como óxido de calcio (CaO).

Feldspar: se añade para la alúmina (Al2O3). La alúmina endurece el vidrio y mejora sus propiedades ambientales, so es, la habilidad para soportar la agresión de las condiciones de humedad y temperatura. El feldspar también contiene cantidades de Sílice y Alcali, o bien óxido de sodio (Na2O) o óxido de potasio (K2O). Feldspar permanece en el vidrio como Al2O3.

Gypsum: es sulfato de calcio (CaSO4). Este material es un flux, ayuda a la fundición y mantiene la fundición más homogénea. Permanece en el vidrio como el óxido de calcio (CaO).

Fluorspar: se utiliza por su contenido de flúor de calcio (CaF2). El flúor de calcio mejora el lustro y la apariencia del vidrio. El Fluospar también contiene sílice.

2.1.2 Fabricación del vidrio

El vidrio se fabrica al mezclar en las proporciones adecuadas los ingredientes e introducir esta mezcla al horno, donde se lleva a cabo su fundición a unos 2.750 ºF aproximados.

El proceso de fundición consiste en 2 fases. En primer lugar, lo sólido se convierte en líquido. La segunda fase es el refinamiento o “aclaramiento” del líquido. El refinamiento es la parte del proceso donde los gases, que se escapan del cambio químico de los ingredientes, suben a la superficie, donde se juntan con los gases de la combustión.

El estado amorfo del vidrio se obtiene por un temple muy rápido desde el estado liquido (velocidad superior a 10^6 K/s), o por condensación sobre un soporte a baja temperatura. Los vidrios metálicos, o aleaciones amorfas, contienen entre un 75% a 80% de átomos de metal de transición (Fe, Ni, Co, Cr) y entre 20% y 25% de átomos de no metales (B, P, C, Si).

Respecto al estado cristalino las aleaciones en estado amorfo pueden presentar propiedades interesantes: elasticidad, resistencia a la corrosión, reactividad de superficie, resistencia al desgaste y propiedades magnéticas.

La existencia simultanea de estas propiedades, a veces contradictorias en el estado cristalino, ofrece, en el caso de los materiales amorfos, muchas posibilidades de la aplicación en el campo tecnológico.

El vidrio se obtiene como resultado de la fusión de una mezcla compleja que contiene elementos vitrificantes (sílice, anhídrido bórico), fundentes (álcalis) y estabilizantes (cal).

La masa vítrea se halla en un estado que deriva de una manera continua del estado líquido y es análogo a éste. Pero al enfriarse alcanza tal grado de viscosidad que le confiere rigidez para todas las aplicaciones prácticas. A la fusión sigue el afino,

destinado a eliminar burbujas, y el temple por el que el vidrio alcanza la temperatura de trabajo, que se efectúa en estado plástico.

2.1.3 Horno para la fabricación del vidrio

El complejo donde se aloja el horno para la fabricación del vidrio, conocido como la línea de flotación, se compone de varias partes principales.

El primer tramo de ésta línea es básicamente un tanque grande de vidrio, el cual es calentado desde encima de la superficie. Habitualmente, el combustible utilizado es o bien gas natural o óleo derivado del carburante.

Una gran reserva de vidrio fundido permanece a todas horas dentro del tanque. Materiales crudos son alimentados por un extremo a la misma velocidad que se extrae el vidrio acabado por el extremo. Se mantiene un nivel constante de vidrio en el horno durante todo el proceso.

A continuación, el vidrio flota por una alarga cámara sobre un tipo de depósito de estaño que apoya al vidrio mientras que se enfría.

El último tramo es generalmente un tablón de corte y de empaquetado, donde las láminas de vidrio son seccionadas de la cinta y empaquetadas para ser distribuidas.

2.1.4 Conformación del vidrio

La conformación se basa en dar forma al vidrio, para ello necesitaremos cambiar el estado del vidrio. Para poder llevar a cabo este cambio de estado, disponemos de una herramienta muy especial, el horno. La función principal del horno es calentar el vidrio, para pasarlo de estado sólido a estado plástico. Para hacer este cambio necesitaremos calentar el vidrio por encima de los 550º y alrededor de los 600º, y luego mediante un molde se le dará la forma que deseemos.

2.1.5 Templado

La principal limitación que posee el vidrio como material de construcción es su conocida fragilidad. El proceso de templado incrementa su resistencia mecánica y térmica convirtiendo al vidrio templado en un vidrio de seguridad. Si bien el vidrio es un material muy resistente a la compresión pura, su escasa resistencia a la tracción es la causa principal de rotura de paneles de vidrio.

Para mejorar la resistencia estructural y al impacto de un vidrio, se recurre al proceso de templado, que consiste en calentarlo uniformemente hasta una temperatura superior a los 650℃ (punto de ablandam iento) y luego enfriarlo bruscamente, soplando aire frío a presión controlada sobre sus caras. La superficie del vidrio se enfría más rápidamente, mientras que la zona interior continúa dilatándose. Como consecuencia de este diferencial de contracción, el vidrio templado concentra zonas de energía, presentando un equilibrio inestable de tensiones (compresión en sus superficies y tracción en el interior), que le brindan una mayor capacidad para resistir esfuerzos de tracción, ya sean de origen mecánico o térmico.

Para tener una dimensión de este incremento en la resistencia debemos saber que el módulo de rotura para un vidrio común es de 350 a 550 Kg/cm2, en un vidrio templado es de 1850 a 2100 Kg/cm2, que equivale de 4 a 5 veces la resistencia de un vidrio normal. La resistencia al choque térmico (diferencia de temperatura entre las dos caras de un panel de vidrio que produce la rotura de éste) pasa de 60 ℃ a 240 ℃., por lo que es recomendado en puertas de hornos de cocina y lámparas a la intemperie.

La resistencia intrínseca del vidrio templado lo hace apto para aplicaciones estructurales o semiestructurales calculadas previamente considerando el montaje o su unión mediante herrajes específicos que garantizan su anclaje en barrenos y recortes realizados al vidrio, conformando sistemas de acristalamiento autosoportables. Todas las manufacturas, ya sean cortes de dimensiones, canteados o taladros deberán ser realizadas previamente al templado, ya que, cualquier trabajo de mecanizado que se realice sobre el vidrio ya templado, produciría la rotura del mismo.

El vidrio templado está considerado como un vidrio de seguridad para la construcción, y su uso es recomendado en diversas áreas susceptibles de impacto humano.

Esto se debe a que, en caso de rotura del paño, se rompe también el equilibrio de tensiones al que fue sometido durante el proceso de temple, produciendo una liberación de energía que propaga el quiebre rápidamente por todo el paño. Por lo tanto, el vidrio se desintegra en pequeños fragmentos de aristas redondeadas, que no causan heridas cortantes o lacerantes de consideración. Este patrón de rotura es el que define la calidad de un vidrio templado. Cuanto más pequeños sean los fragmentos, mayor es su calidad.

2.1.5.1 Proceso de fabricación

Un horno para templado de vidrios se compone básicamente de dos partes:

• Una cámara de calentamiento, generalmente por resistencias eléctricas, donde el vidrio permanece hasta alcanzar su temperatura de ablandamiento. • Una cámara de enfriamiento, consistente en sopladores conectados a ventiladores de alta potencia,

con regulación de la presión de aire en función del tipo de vidrio y del espesor de la pieza a templar (a mayor espesor, menor presión).

De acuerdo al sistema de tracción y movimiento del vidrio, los hornos de templado se clasifican en:

• **Verticales o de pinzas:** El vidrio se desplaza en posición vertical, suspendido mediante pinzas, a lo largo de un riel. Estas pinzas sujetan al vidrio por uno de sus bordes, y al alcanzar el punto de ablandamiento producen en el mismo una pequeña depresión irreversible, conocida como “marca de pinza” o “impronta”. Estas pequeñas deformaciones impiden que los vidrios templados con este sistema puedan ser posteriormente laminados y han dejado en desuso este tipo de hornos.

• **Horizontales:** En este proceso, más moderno que el anterior, el vidrio se desplaza horizontalmente sobre rodillos cerámicos o de silicio.

De acuerdo al sistema de funcionamiento, estos hornos pueden ser:

• **Continuos:** la cámara de calentamiento tiene una longitud tal que el vidrio, desplazándose a una velocidad constante, al llegar al final de la misma alcanza la temperatura de ablandamiento.

• **Oscilantes:** la cámara es mucha más corta, y el vidrio se mantiene dentro de la misma realizando cortos movimientos hacia adelante y hacia atrás hasta alcanzar su temperatura de trabajo.

De acuerdo a la fuente de calor, estos hornos pueden ser:

• **Hornos eléctricos:** calientan el vidrio principalmente mediante la radiación emitida por resistencias eléctricas.

• **Hornos de convección forzada:** en este tipo de hornos el calor generado por quemadores (generalmente de gas) es impulsado mediante ventiladores hacia el vidrio.

• **Hornos mixtos:** son hornos eléctricos que producen cierta agitación del aire interior mediante sistemas de soplado de aire comprimido.

Para vidrios reflectivos o de baja emisividad (Low-e) deben de usarse hornos horizontales provistos de sistemas de calentamiento por convección.

2.1.6 Propiedades vidrio

2.1.6.1 Propiedades químicas

2.1.6.1.1 Densidad

Debido a los distintos tipos de vidrios que pueden ser fabricados, las densidades varían de acuerdo a la sustancia con la que sean complementados; normalmente un vidrio puede tener densidades relativas (con respecto al agua) de 2 a 8, lo cual significa que hay vidrios que pueden ser más ligeros que el aluminio y vidrios que puedan ser más pesados que el acero. La densidad en un vidrio aumenta al incrementar la concentración de óxido de calcio y óxido de titanio. En cambio si se eleva la cantidad de alúmina (Al2O3) o de magnesia (MgO) la densidad disminuye. (Figura 1).

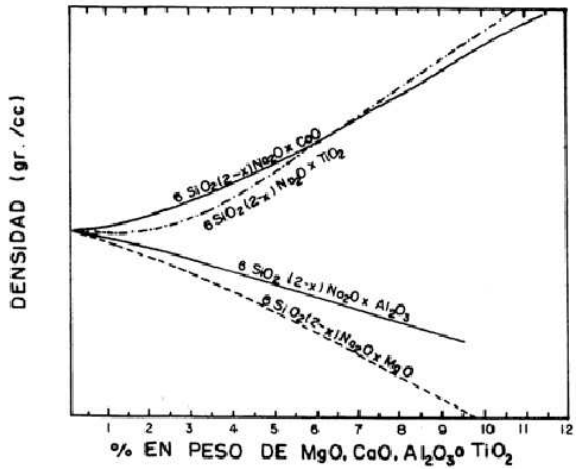


Figura 1. Gráfica de aumentos y disminuciones de densidad de acuerdo al incremento en porcentajes de sustancias componentes. *www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx.*

2.1.6.1.2 Viscosidad

La viscosidad es definida como la propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas; generalmente un material viscoso es aquel que es muy denso y pegajoso. La viscosidad en materia de vidrios es muy importante porque esta determinará la velocidad de fusión. La viscosidad es una propiedad de los líquidos, lo cual parecerá confuso para el estudio del vidrio, pero la realidad es que un vidrio es realmente un líquido sobre enfriado, lo cual significa es un líquido que llega a mayores temperaturas que la de solidificación. La viscosidad va variando dependiendo de los componentes del vidrio (figura 2). Para lograr una mayor dureza, la viscosidad debe ser invariable, que no baje ni suba, así sus moléculas tienen una atracción fija y por lo tanto dureza

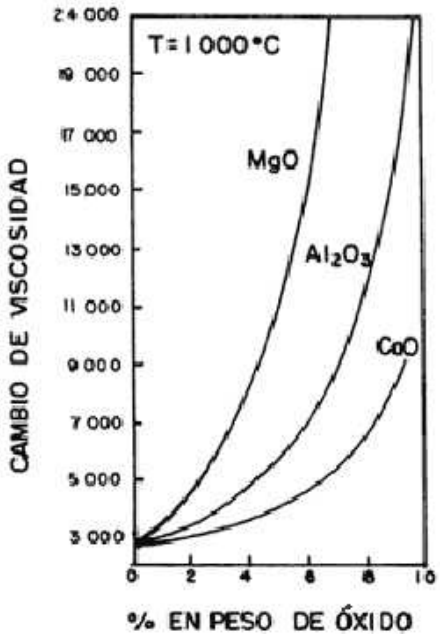


Figura 2. Variación de la viscosidad (en poises)
www.bibliotecadigital.ilce.edu.mx.

2.1.6.1.3 Corrosión

El vidrio tiene como característica muy importante la resistencia a la corrosión, en el medio ambiente son muy resistentes y no desisten ante el desgaste, he ahí por lo cual los vidrios son utilizados incluso para los experimentos químicos. Aunque su resistencia a la corrosión es muy buena no quiere decir que sea indestructible ante la corrosión, existen cuatro sustancias que logran esta excepción.

•Ácido Hidrofluorídrico
•Ácido fosfórico de alta concentración
•Concentraciones alcalinas a altas temperaturas
•Agua super calentado

2.1.6.2 Propiedades mecánicas

2.1.6.2.1 Torsión

La resistencia a la torsión de un material se define como su capacidad para oponerse a la aplicación de una fuerza que le provoque un giro o doblez en su sección transversal. Los vidrios en su estado sólido tienen no tienen resistencia a la torsión, en cambio en su estado fundido son como una pasta que acepta un grado detorsión que depende de los elementos que el sean adicionados.

2.1.6.2.2 Compresión

El vidrio tiene una resistencia a la compresión muy alta, su resistencia promedio a la compresión es de 1000MPa; lo que quiere decir que para romper un cubo de vidrio de 1 cm por lado es necesaria una carga de aproximadamente 10 toneladas.

2.1.6.2.3 Tensión

Durante el proceso de fabricación del vidrio comercial, el vidrio va adquiriendo imperfecciones (grietas), no visibles, las cuales cuando se les aplica presión acumulan en esfuerzo de tensión en dichos puntos, aumentando al doble la tensión aplicada. Los vidrios generalmente presentan una resistencia a la tensión entre3000 y 5500 N/cm2, aunque pueden llegar a sobrepasar los 70000 N/cm2 si el vidrio ha sido especialmente tratado.

2.1.6.2.4 Flexión

La flexión de los vidrios es distinta para cada composición del vidrio. Un vidrio sometido a flexión presenta en una de sus caras esfuerzos de comprensión, y en la otra cara presenta esfuerzos de tensión. La resistencia a la ruptura de flexión es casi de 40 Mpa (N/mm2) para un vidrio pulido y recocido de 120 a200 Mpa (N/mm2) para un vidrio templado (según el espesor, forma de los bordes y tipos de esfuerzo aplicado). El elevado valor de la resistencia del vidrio templado se debe a que sus caras están situadas fuertemente comprimidas, gracias el tratamiento al que se le somete.

2.1.6.3 Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas se pueden decir de manera concisa, que una parte de la luz es refractada, una parte es absorbida, y otra es transmitida. Cada una de ellas llevara un porcentaje de la totalidad del rayo de luz que hizo contacto con el vidrio. El prisma de color que se crea del otro lado del vidrio va del color rojo al color violeta, de los cuales los extremos dan lugar también a las luces no perceptibles por el ojo humano, infrarrojo y la ultravioleta. Es el color de la luz que sale del vidrio la cual pasa a través de este, y todos los demás colores del prisma son absorbidos por el vidrio, claro que, son vidrios muy particulares los cuales logran solamente dejar pasar la luz ultravioleta o la infrarroja, pero gracias a la tecnología actual se han logrado las condiciones precisas para lograr esto.

2.1.6.4 Propiedades térmicas

2.1.6.4.1 Calor específico

Se define como el calor necesario para elevar una unidad de masa de un elemento un grado de temperatura. En los vidrios el calor específico es de 0,150 cal/g ℃ aproximadamente.

2..1.6.4.2 Conductividad térmica

La conductividad térmica del vidrio es de aproximadamente 0,002 cal/cm seg. ℃. Cifra mucho más baja quela conductividad de los metales, no obstante el vidrio tiene una variable que no se aplica a los demás materiales, la radiación causada por el almacenamiento de luz infrarroja y ultravioleta, la cual es muy variable y puede provocar en ocasiones que el vidrio transmita el calor de manera mucho más efectiva que los metales, es por esto que esta característica es raramente tomada a consideración para el diseño.

2.1.6.5 Propiedades eléctricas

Para las propiedades eléctricas se manejan en lo vidrios dos medidas en especiales las cuales son: la constante dialéctica y la resistividad eléctrica superficial. La resistividad eléctrica superficial, es la resistencia que presenta el vidrio al paso de la corriente eléctrica, la cual es muy alta en este material, 108 veces más alta que en el cobre, lo cual hace al vidrio muy popular en el diseño de partes y máquinas eléctricas. La constante dieléctrica es la capacidad de almacenar energía eléctrica, la opacidad y la constante dieléctrica están relacionadas de manera inversamente proporcional, siendo que mientras más transparente sea el vidrio, mayor será su capacidad para almacenar energía.

2.2. Proceso fabricación

2.2.1 Elección de Traver y primer corte

El proceso de fabricación se compone de distintas fases. Todo empieza por la elección del tipo de vidrio de debemos escoger, según color y espesor.

Los llamados travers (imagen nº 1), son piezas de vidrio cortadas longitudinalmente después de ser fabricadas en el horno de flotación como hemos visto en el apartado anterior.
Dependiendo del modelo se elegirá uno u otro, ya que son de diferentes medidas para poder aprovechar al máximo los cortes y optimizarlos al máximo para que haya el mínimo desperdicio de vidrio en cada traver.
Estos travers son cortados en las mesas de corte, por una máquina de control numérico al que ya se le ha cargado previamente el programa de corte.

Imagen 1.- Travers de vidrio

Tipos de vidrios según tonalidad (de menos a más oscuro):
- Planilux (incoloro)
- TSANX (Verde)
- TSA3+ (Verde)
- TSA4+ (Verde)
- VG40 (Gris)
- VG10 (Gris)
- VV55 (Verde)
- VV35 (Verde)

Tipos de vidrio según espesor:
- 1,60 mm.
- 2,10 mm.
- 2,30 mm.
- 2,60 mm.
- 2,85 mm.
- 3,15 mm.
- 3,50 mm.
- 3,85 mm.
- 4,85 mm.

2.2.2 Corte y desbandaje

Una vez hecho el primer corte, obtenemos los llamados primitivos, que van avanzando a través de unas cintas transportadoras por la línea de producción. Éstos primitivos ya son los vidrios con las dimensiones específicas para que en la siguiente fase de corte donde se le da la forma al modelo de vidrio con su silueta haya el mínimo desaprovechamiento de vidrio.
En la mesa de corte, el vidrio es sujetado a la mesa por unas ventosas que hacen el vacio y la sujetan mientras son cortadas por una rulilla y desbandadas por unos “dedos” neumáticos que ejercen una presión determinada en unos puntos estudiados para evitar que se produzcan defectos en el vidrio. (Imagen 2).

Imagen 2.- Primitivo cortado y desbandado

2.2.3 Canteado

Cuando ya tenemos el vidrio con su forma exacta con el canto vivo pasa a la siguiente fase. Por un transportador aéreo pasa a la zona de canteado, que es donde se mecaniza el canto para que el vidrio sea seguro, (imagen 3).

Tanto en el proceso de corte y desbandaje como en el de canteado es donde más defectos se producen en el vidrio. Por eso se tiene que tener muy en cuenta las presiones de corte de las rulillas de corte, que el programa de corte esté bien ajustado y que las ventosas hagan el suficiente vacio para que el vidrio no se mueva al ser mecanizado. Estos problemas pueden causar desconchones u otros defectos que ya explicaremos más adelante.

En el canteado podemos tener varios problemas, que la piedra de canteado esté desgastada y queme el canto, que no esté equilibrado y coma mas vidrio por la parte de arriba o de abajo o al contrario, en este caso se produce el defecto llamado sombra, que también explicaremos más adelante.

Imagen 3.- Canteado vidrio

2.2.3.1 Calidades del canto

Las calidades de los cantos vienen definidas por el pedido del cliente, según su necesidad y demanda.
Existen 4 tipos. *Ver anexo 1.*

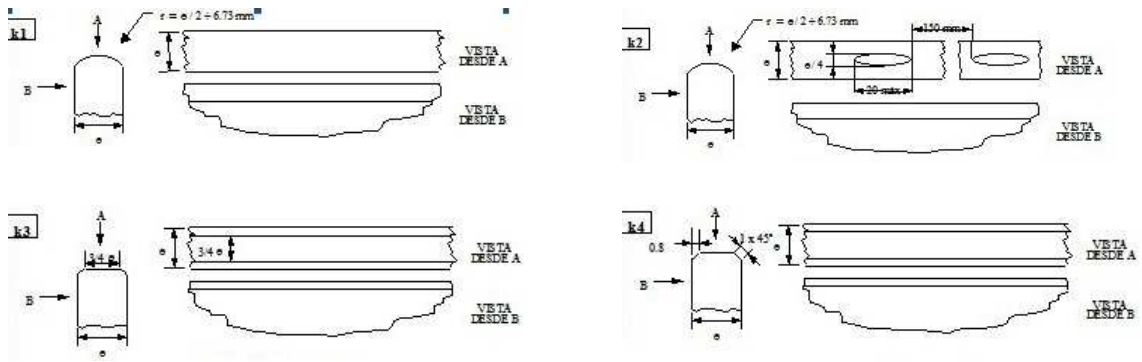
- k1: Canto redondo con acabado fino. Se utiliza en los lados vistos de piezas móviles.

- k2: Canto redondo con acabado basto. Admite ligeras zonas sin cantear en el centro del canto, cuando es oculto.

En piezas con este tipo de canto, se admiten zonas sin cantear de un ancho no superior a 1/4 del espesor y una longitud no superior a 20 mm. La distancia entre dos defectos será de 150 mm mínimo. Para canto no oculto no se admiten zonas sin cantear.

- k3: Canto redondo con acabado basto. Admite que la parte central no haya sido canteada.
Se admite que quede sin cantear un ancho no superior a 3/4 del espesor.

- k4: Canto de arista batida con chaflán de 45º y 0.75 mm. aprox. de profundidad. Se utiliza en piezas fijas.



2.2.4 Lavado y secado

Después de tener la pieza cortada y canteada, ésta pasa por un lavadero/secadero. El lavadero/secadero (imagen4) consta de 2 partes. La primera es el lavadero, donde los vidrios son mojados por unos surtidores de agua de un circuito cerrado y son limpiados por unos rodillos de pelos sintéticos que limpian las posibles manchas de suciedad que puedan tener. En la segunda parte, el secadero, hay unas boquillas en la parte arriba y de abajo que soplan aire caliente para secar los vidrios, de manera que queden completamente secos. Éste aire sale a unos 70 ºC para que sequen de una manera rápida y eficaz.

Los vidrios en esta fase se desplazan por dentro del lavadero/secadero a través de unos rodillos de goma (imagen 5).

Esta fase es de gran importancia para el apartado en el que nos vamos a centrar. Después de esta fase el vidrio llega a la zona de inspección, pasando por el sistema de visión artificial.

Si el vidrio no está completamente limpio, el sistema puede ver la suciedad que pueda tener, como defectos y apartar los vidrios que son buenos como malos. A esto se le llama rechazos falsos y es uno de los grandes problemas del sistema.

En muchas ocasiones, por cadencias de la línea, el vidrio sale mojado o con gotas de agua, estas gotas el sistema de inspección las detecta como desconchones y la pieza es rechazada.

Si los rodillos no limpian bien y queda suciedad incrustada, al pasar por el sistema, la pieza será rechazada porque verá que hay inclusiones en el vidrio.

Más adelante explicaremos más detalladamente cuales son los problemas que podemos tener y como intentar solucionarlos.

Imagen 4.- Lavadero/secadero

Imagen 5.- Rodillos lavadero (interior)

2.2.5 Serigrafía

La siguiente fase de fabricación es la serigrafía de los vidrios (imagen 6). En la serigrafía se pinta la banda negra de los vidrios, la degradez, los hilos térmicos o el sello. Dependiendo de qué tipo de vidrio sea llevará unas cosas u otras. Lo único que lleva siempre es el sello de identificación, con la información de donde se ha fabricado, el lote…entre otras cosas.

Las lunetas traseras, los deflectores o las ventanas fijas de las puertas traseras llevan pintadas la banda negra y degradez. La función básica de esta banda negra es para mejorar el apoyo en el chasis del coche y de la degradez es por estética, para la integración del vidrio en el coche.

Las lunetas traseras también llevan serigrafiados los hilos térmicos, estos hilos son de plata para la conductividad eléctrica. La función de estos hilos es transmitir el calor producido por la resistencia eléctrica a la luneta para desempañar el vidrio.

Es muy importante que estos hilos estén bien serigrafiados, sino no conducirían la electricidad y no podrían realizar su función.

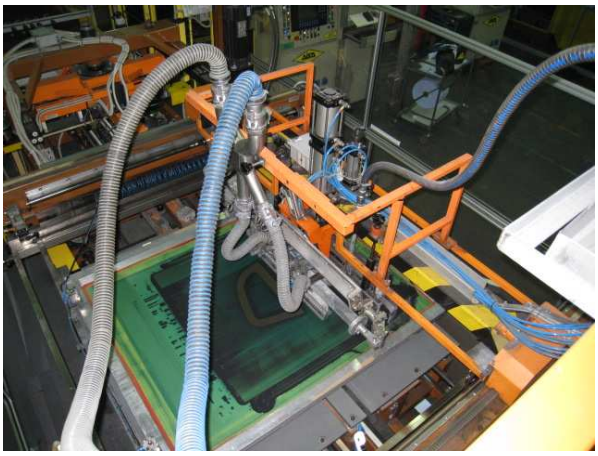


Imagen 6.- Máquina de serigrafía.

2.2.6 Horno

Cuando tenemos el vidrio pintado y seco se dirige hacia el hacia el horno. En el horno el vidrio se calienta a unos 650 ºC, punto de ablandamiento del vidrio y se coloca en una horma con la forma que se desea dar. Al llegar a esta temperatura, el vidrio coge la forma deseada pasando por una horma, por la que circula a través de unos rodillos.

A medida que va cogiendo la forma, se realiza el temple, enfriando el vidrio rápidamente y creándole unas características necesarias para que sea un vidrio de seguridad. El temple se hace mediante unas boquillas que están en el interior de la horma y que soplan aire frio.

La función del temple es darle más resistencia al vidrio y que a la hora de romperse se rompa de una forma especial y segura. No quedando tronzos punzantes ni grandes, haciendo que sea mucho menos peligroso a la hora de tener cualquier accidente con el coche.

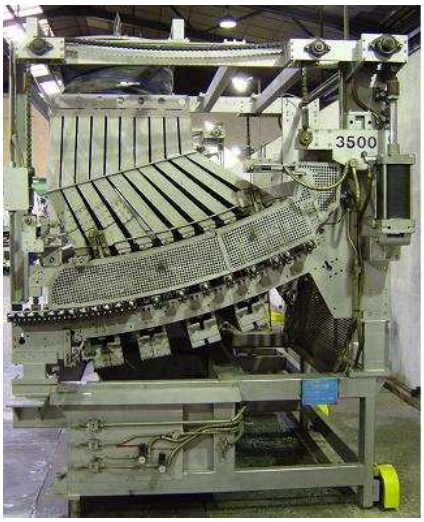


Imagen 7.- Horma

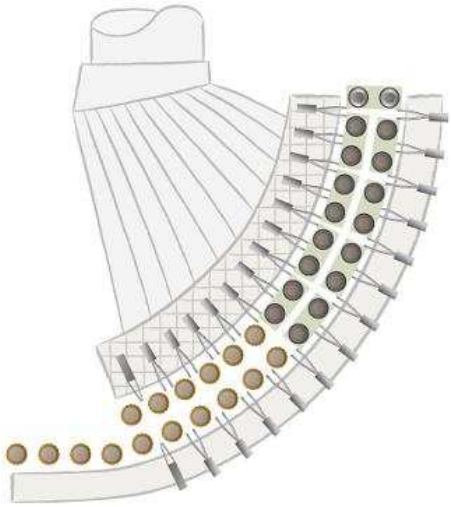


Imagen 8.- Esquema horma

2.2.7 Empaquetado

Una vez los vidrios salen del horno son transportados por las cintas hasta la parte de inspección visual y empaquetado.

El empaquetado se lleva a cabo con una máquina llamada empaquetadora, que va poniendo en jaulas una a una los vidrios apilados y poniendo una hoja de papel entre ellos para evitar rayadas.

El empaquetado de las lunetas traseras, al ser mas grande, se lleva a cabo con robots, que cogen las lunetas con ventosas y las apilan en jaulas igual, pero se colocan unos pequeños cuadros de espuma autoadhesivos para que no se produzcan rayadas.

Una vez están la jaula llena, se le pone un plástico protector por encima y se flejan para garantizar que no se vuelquen durante el transporte.
Ésta es la última fase del proceso de fabricación, desde que nos llega el vidrio en su estado inicial, hasta que sale cada distinto modelo hacia el cliente.

Imagen 9.- Paquete acabado.

Imagen 10.- Empaquetadora

3 SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL

3.1 Funcionamiento

Los defectos en el vidrio, ya sean originados en el horno de flotación, como burbujas o inclusiones o debidos al mismo proceso de producción, como rayas, desconchones o manchas de suciedad, constituyen un problema que normalmente se detecta demasiado tarde en el proceso de fabricación.

La mayoría de las veces no lo detectamos hasta que lo reclama el cliente con el coste adicional que supone cambiar una ventana ya instalada.

Estos defectos son detectados justo a la salida de la lavadora, asegurando que ningún vidrio defectuoso siga el proceso productivo.

El sistema de inspección de vidrio es una máquina electrónica de visión artificial capaz de detectar varios defectos asociados al vidrio de automoción. El sistema de inspección de vidrio de está automatizado y es un sistema modular que permita la integración optimizada en líneas de producción. El sistema puede ser instalado en cualquier parte a lo largo de la línea de producción, siempre que el vidrio esté limpio y seco en el punto de inspección. Al estar el sistema integrado en la línea de producción, la inspección manual del vidrio es eliminada, mejorando la eficiencia y estándares de control de calidad.

La inspección de las lunas se hace mediante dos LED's, uno en cada Bright Field .

Imagen 11.- Brightfield

La luz de los LED's barre el vidrio al pasar, la traspasa con más o menos intensidad según el color con el que se trabaje, incide en los espejos situados debajo de las virolas de transporte y va a parar a las cámaras, tal y como se muestra en el siguiente esquema.

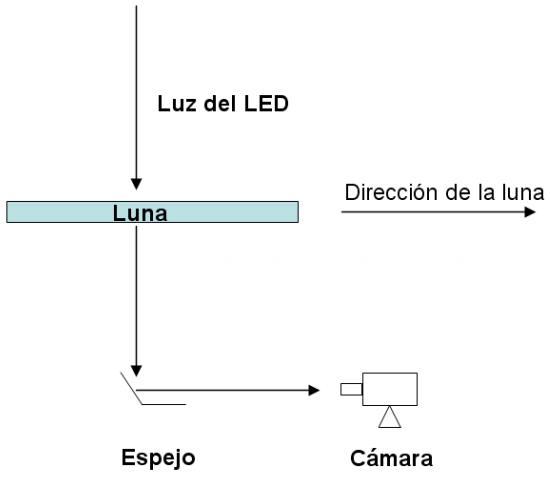


Imagen 12.- Esquema funcionamiento. Auto Glass Inspection User's Manual.

Según tenga o no un defecto la luna, la potencia de la luz del LED recibida por la cámara será distinta, siendo así capaz de reconocer una luna con defecto.

Una vez el sistema capta que existe un defecto, éste envía una señal al PLC de la línea, que hace que el vidrio sea apartado a la zona de inspección, donde será inspeccionado por el operario manualmente para comprobar si el defecto existe realmente.

Si el vidrio tiene el defecto, es apartado a la zona de rechazo. Si el sistema ha detectado un "falso rechazo", que explicaremos mas adelante, el vidrio será inyectado de nuevo a la línea de producción.

Los vidrios rechazados son llevados a los hornos de flotación para su recuperación, minimizando, así, los costes que se puedan producir durante la fabricación del vidrio.

Todos los datos de cada uno de los vidrio queda registrado en un hoja de control en la que se puede observar y estudiar los distintos defectos que se han ido produciendo en la serie de fabricación e ir corrigiendo los parámetros de las máquinas dependiendo de cuál sea el defecto producido.

3.1.1 Defectos detectables

El sistema de visión es capaz de detectar diferentes defectos que se pueden producir durante la mecanización de éste o también defectos que vienen en el vidrio procedentes del horno de flotación, donde se han fabricado.

El sistema puede detectar defectos de hasta 0,5 mm. pero dependiendo del tipo de defecto se puede producir algún error, ya que tiene más dificultad detectar una raya que un desconchón.

Los diferentes defectos que nos puede detectar son los siguientes:

- **Inclusiones:** con esta detección nos indica que hay algún resto de vidrio enganchado en la superficie, que se ha podido quedar pegado durante la mecanización. También se puede tratar de algún tipo de suciedad o mota de polvo que se ha podido quedar después del lavadero si éste no ha trabajado correctamente.

Imagen 13.- Inclusión

- **Distorsiones:** en este defecto es una distorsión que se detecta cuando hay un cambio en la dirección del rayo de luz producido por el LED y puede ser causado por 2 variantes.

-Bullón: Burbuja de aire (núcleo) que puede tener además asociada una deformación óptica en su entorno. La deformación es más acentuada cuanto más cerca está el núcleo de la superficie, pudiendo incluso estar en la propia superficie, y, en este caso, el bullón (burbuja) suele ser abierto

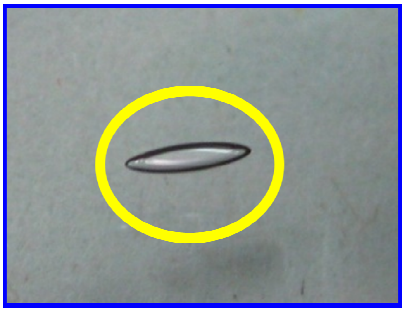


Imagen 14.- Bullón

- Rayas: cuando existen rayas en el vidrio el sistema detecta un BF Scratch. Este es el defecto más difícil de detectar por el sistema dado que puede llegar a ser muy fino y ser casi indetectable. También se tiene que tener en cuenta la dirección de la raya, ya que al hacer un escáner lineal, si la raya tiene dirección contraria a la del movimiento de la luna será más difícil de detectar.

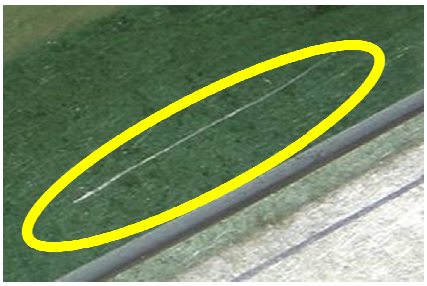


Imagen 15.-Raya

- Petadura: este defecto es cuando se produce una petadura en el vidrio, se produce normalmente cuando se realiza el corte y desbandaje del vidrio o en el taladrado, en caso de que lleve. Este defecto es fácilmente detectable, ya que suele ser de un tamaño considerable para su correcta detección.

Imagen 16.- Petadura

- Cristal roto: cuando se produce una rotura del vidrio, el sistema lo detecta como cristal roto. Este defecto no se produce en muchas ocasiones y no da ningún tipo de problema, ya que es un defecto muy grande que se ve a simple vista.

- Descochón: es el defecto que más se produce en la fabricación y por lo tanto en el que más incidencia hay que hacer.
El desconchón se puede producir durante el desbandaje del vidrio, al no haber ejercido la presión adecuada en el corte o en los dedos de desbandaje.

Este defecto siempre se produce en el canto del vidrio, con lo que en muchas ocasiones si los parámetros no están bien ajustados pueden pasarse hacia adelante y continuar la línea de fabricación.

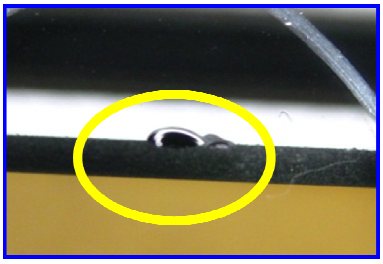


Imagen 17.- Desconchón

- Sombra: durante el canteado del vidrio la muela puede estar descentrada, más arriba o más abajo, con lo que al cantear la mola come cantea mas por una parte que por otro, quedando lo que se llama sombra. Este defecto es muy común y se tiene que estar muy pendiente del estado de las molas.

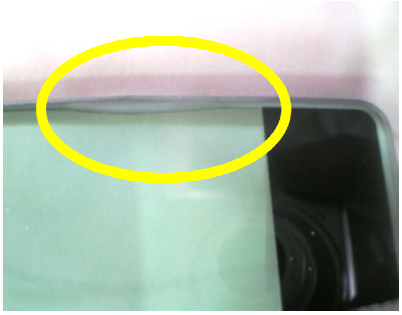


Imagen 18.-Sombra

3.2 Partes del sistema

El sistema de inspección se compone de diferentes partes:

Unidad de control:

La unidad electrónica de control (ECU) incluye la fuente de alimentación interrumpible (UPS), la jaula compacta de tarjetas PCI, la fuente de alimentación del escáner, el panel eléctrico, el monitor, el teclado y el panel de control.
La unidad eléctrica de control debe instalarse a menos de 2 metros del escáner. La ECU es un gabinete a prueba de polvo de montaje en el piso.
La ECU es la que analiza los datos recogidos por la cámara y es donde podemos interaccionar con el sistema y calibrarlo.

Imagen 19.- ECU

La ECU contiene los circuitos electrónicos de procesamiento central del sistema, los circuitos de diagnóstico e interfaz y el controlador eléctrico del transportador. La pantalla de video a color y la terminal de ingreso de datos se incluyen para permitirle al personal de servicio interactuar con el sistema.

Cabina

La cabina está montada encima en la línea de producción, integrada en los transportes.

En la cabina están los elementos más sensibles del sistema.

La iluminación viene procedente de un LED, que emite un rayo de luz hacia las lentes de Fresnel.

Este rayo, una vez a pasado por una lentes de Fresnel, el vidrio y de nuevo por otra lente de Fresnel, es reflejado por un espejo inclinado 45º y dirige el rayo hacia la cámara que recoge los datos y los transmite al ECU, donde serán analizados.

Imagen 20.-LED

Imagen 21.- Cámara

3.3 Calibración sistema

Para que el sistema de visión artificial tenga un correcto funcionamiento y poder garantizar así la correcta detección de los defectos del vidrio se deben ajustar unos parámetros que nos permitirán definir la sensibilidad del sistema a la hora de detectar defectos, como también definir las calidades que nos exigen los clientes dependiendo de los acabados que quieran para sus productos.
A continuación describiremos cada uno de estos parámetros, es de vital importancia conocer exactamente para que sirve cada uno, ya que si no podemos configurar el sistema erróneamente y hacer que se pasen los defectos en los vidrios o por contrario, que rechace vidrios sin defecto, causando unos gastos extras a la fabricación.

Iremos viendo todas las pantallas de configuración que tiene el sistema y todas sus opciones.

3.3.1 Ajuste de visualización de zona

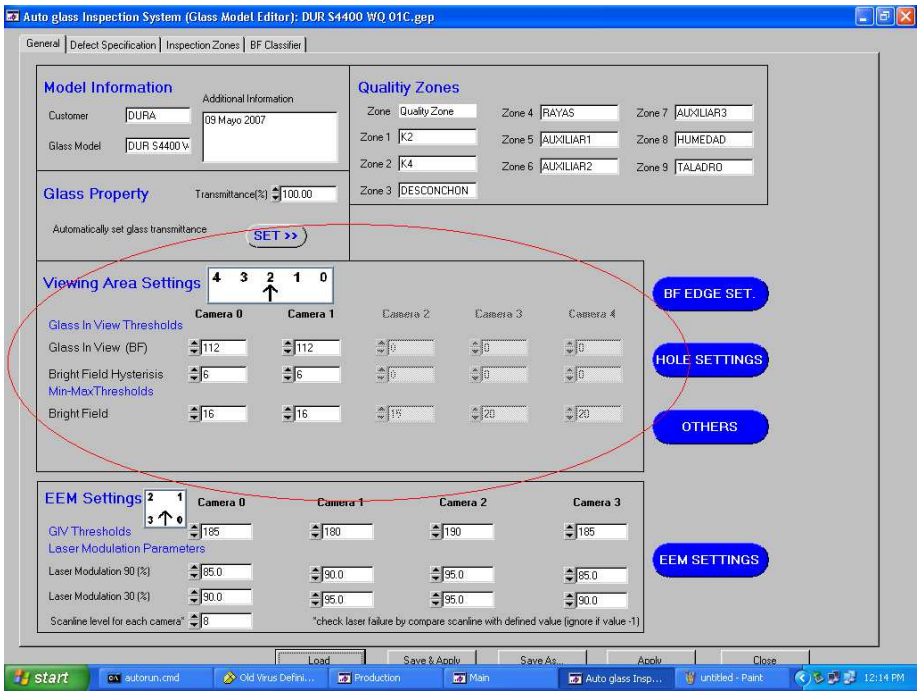


Imagen 22.- Pantalla configuración de área

Visión del vidrio (BF)

Valor por defecto: 110
Valor óptimo: en función de la transmitancia del vidrio

Debe ser fijado por debajo del ruido ambiente y sobre el nivel del propio vidrio/el cristal dibuja líneas de fluctuaciones (dentro de una distancia de seguridad lejos de ambos). Este parámetro es específico de acuerdo a las características de transmitancia del cristal.

Descripción del parámetro

Este parámetro determina el umbral del scanline, más allá de el cual (scanline es traspasado) el GIV se enciende- el sistema detecta que un objeto está en inspección.

Problemas si no está bien ajustado

Si el valor del umbral de GIV se fija demasiado alto (el ruido ambiente cruza este umbral) puede no trabajar del todo (afectará a la forma) entonces puede interpretar la existencia de pequeños fragmentos en el canto, lo que causara que SCB avise de "VA Broken" (cristal roto) sin que ningún vidrio esté pasando. Si pasa esto disminuir el valor.

Si el valor del umbral se fija demasiado bajo (por debajo del propio nivel del vidrio), el vidrio no será visto, un pico eventual causará que el GIV descienda a 0. "VA Broken" se mostrará al emprender la inspección de los paneles.

Si el valor del umbral se fija demasiado bajo (levemente por encima del nivel del propio vidrio) picos eventuales ocasionarán agujeros o cavidades en el contorno del vidrio, también "VA Broken" se mostrará por SCB.

EXPLORACIÓN DEL BRILLO (HYSTERESIS)

Valor recomendado: entre 6-8

Descripción del parámetro

Este parámetro es la diferencia entre cruzar el nivel de activación cuando el GIV está encendido y el GIV está apagado. Hysteresis crea una banda de seguridad de dos umbrales diferentes de activación cuando cruza hacia arriba o hacia abajo. Este parámetro es útil para filtrar el sonido ambiente.

Problemas si no está bien ajustado

Si este parámetro está fijado demasiado bajo (por debajo del nivel del ruido (picos)- el sistema será inestable en presencia de mucho ruido. Los dos umbrales de activación estarán muy cerca el uno del otro (si el valor es=0 el umbral será nulo)

Si este parámetro está fijado demasiado alto (con cristal claro- por encima del margen de seguridad) el sistema puede que no detecte el vidrio.

El valor de GIV + Hysteresis debe ser menor que el valor ambiental (128 más un margen de seguridad de +/-3). Si se fija muy alto, no detectará el valor (o sólo algunos sectores se desactivarán).

Información adicional

Hysteresis permite al sistema tener gran inmunidad al ruido de fondo el cual podría activar el GIV si el umbral es único.

EXPLORACIÓN DE BRILLO

Valor recomendado: 9

Descripción del parámetro

Este parámetro es un umbral para la detección de cualquier defecto de BF ajeno a la desviación del ruido ambiente. Este umbral trabaja como un margen que actúa de filtro para cualquier ruido y desviación de ruido ambiente.

Problemas si no está bien ajustado

Si este parámetro se ajusta demasiado alto- la sensibilidad del sistema de detección de defectos disminuirá (solo los defectos muy opacos se detectarán).

Si se fija muy bajo- la sensibilidad del sistema de detección de defectos incrementará (falsos defectos causados por contaminación en la superficie del vidrio (o ruido) se detectarán muy a menudo.

Información adicional

Cambiar este parámetro afectará la sensibilidad del sistema de detección de defectos

.

3.3.2 Ajustes de visualización de cantos

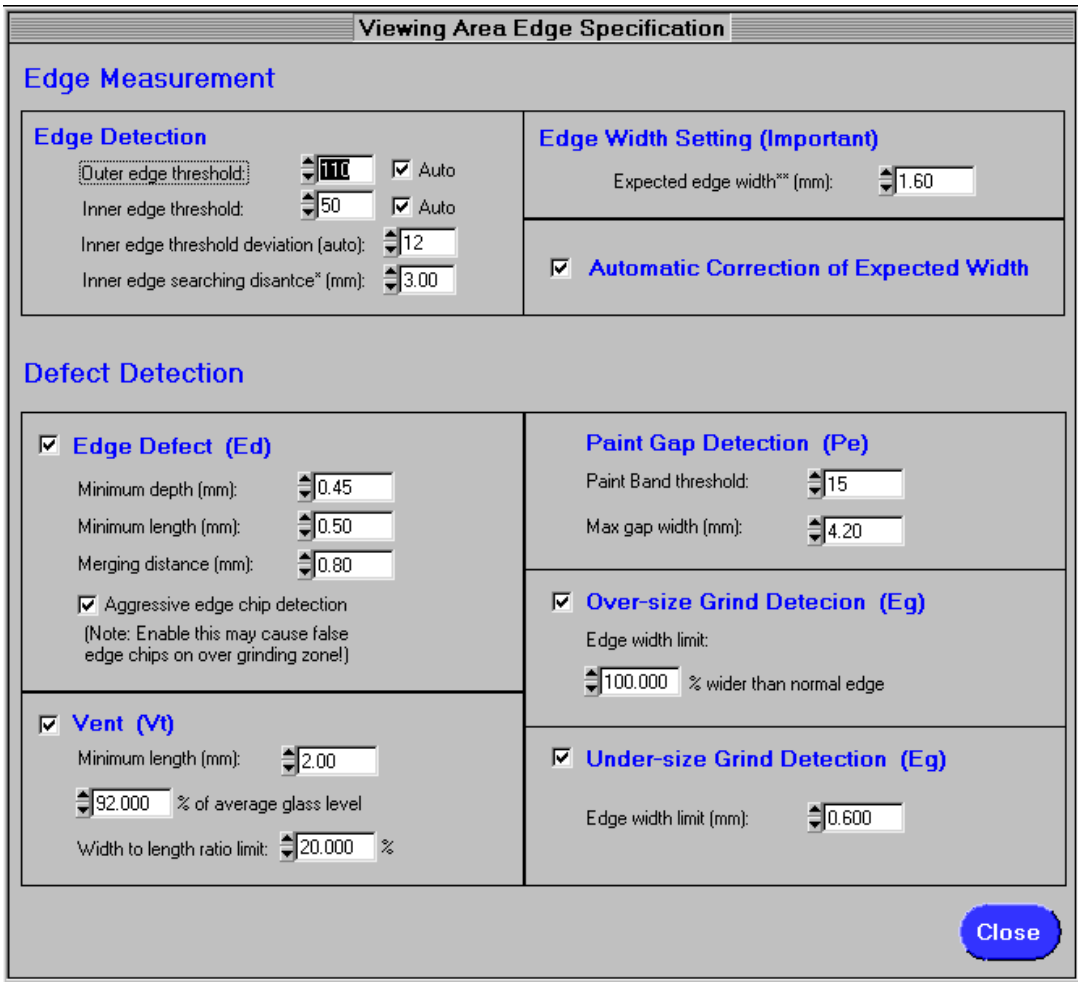


Imagen 23.- Pantalla visualización cantos

DETECCIÓN DE DESCONCHÓN:

Umbral canto exterior

Valor en función de la transmitancia del vidrio.

Descripción del parámetro

Este parámetro determina el grado de gris usado para distinguir el “blanco” (lectura de la cámara sin que pase un panel) y el canto del vidrio en el gráfico VA-BF. Este es el nivel de scanline que activará el detector del GIV.

Este parámetro debe estar fijado por encima del nivel del GIV (y por debajo “blanco”)

Problemas si no está bien ajustado

Este parámetro tiene una influencia especial en la detección de todo tipo de defectos de canto. Unos parámetros inadecuados pueden hacer que el sistema detecte falsos defectos de canto y no detecte defectos de verdad.

Si este parámetro se fija alto- el sistema fallará en la obtención del contorno exterior del panel.
Si se fija bajo- el sistema no detectará ningún vidrio en inspección.

Información adicional

Este parámetro se puede obtener de la captura de imagen del panel en "Tools"- analizando el nivel de scanline del canto y forma.

Umbral contorno exterior- auto

Este parámetro tiene dos posibilidades: ON/OF (encendido/apagado)

Descripción del parámetro

Si este parámetro esta encendido (on) el sistema utilizará el umbral del GIV (ver Glass Model Editor/General) de la cámara de BF correspondiente como umbral del contorno exterior.

Información adicional

Si este parámetro está encendido el parámetro "Edge Defect/Outer Edge Threshold" será ignorado.

Umbral borde interior

Valor en función de la transmitancia del vidrio. (128 es un "blanco" correcto- en condiciones normales).

Descripción del parámetro

El nivel de gris suele distinguir la superficie del vidrio del canto en la imagines de VA BF.
Este es el nivel del scanline que determinará la detección del propio canto.
Este parámetro debe estar fijado por debajo del nivel de GIV del panel (se evitarán escalones importantes en scanline).

Problemas si no está bien ajustado

Este parámetro tiene especial importancia en la detección defectos de desconchones en el canto, defectos de canteado (pulido de canto), petadura y anchura de banda. Unos parámetros incorrectos pueden causar que el sistema detecte falsos defectos y omita otros existentes.

Si este parámetro se fija alto- el sistema detectará falso Ed (desconchón en canto seguramente falso).
Si se fija bajo- el sistema no detectara Ed (la detección de desconcho se reducirá y afectará al muestreado).

Información adicional

Este parámetro se puede obtener de la captura de imagen del panel en "Tools"- analizando el nivel de scanline del canto y forma del canto.

Umbral borde interior-auto

Este parámetro tiene dos posibilidades: ON/OF (encendido/apagado)

Descripción del parámetro

Si este parámetro está encendido, el sistema automáticamente determinará el nivel de intensidad del vidrio y el umbral del propio canto tomando "Edge Defect/Inner Edge Threshold Deviation" del nivel de intensidad del vidrio.

Información adicional

Si este parámetro está encendido el parámetro "Edge Defect/Inner Edge Threshold Deviation" será ignorado. Otros parámetros en "Edge Defect/Inner Edge Threshold" influirán en la operación.

Desvio umbral interno (auto)

Valor por defecto: 12
Valor Min/Max: 6 a 20

Descripción del parámetro

Si “Edge Defect/Inner Edge Threshold-Auto” está encendido, el sistema averiguará automáticamente del nivel de la intensidad del vidrio y determinará el umbral del “inner edge threshold" cogiendo este parámetro del nivel de intensidad del vidrio. En caso contrario, este parámetro será ignorado. Para vidrio claro, este parámetro debe ser más alto (cercano a 20).

Problemas si no está bien ajustado

Pude causar la no detección de defectos de canto o la detección de falsos defectos de canto.

Si este parámetro se fija muy alto- el sistema podría no detectar el contorno del vidrio (si este parámetro es mayor que el scanline de contorno, esto se representa en una caída del scanline de contorno).

Si este parámetro se fija muy bajo- el sistema detectaría falsos defectos de contorno (Ed, Eg…) a menudo.

Búsqueda distancia borde interno

Valor por defecto: 0 mm
Valor Max/Min: de 0 a 50 mm

Descripción del parámetro

Este parámetro definirá la distancia máxima para de exploración del propio contorno. Si éste es 0, el sistema considerará que no hay límite para la exploración. Por el contrario, el sistema considerará que el contorno podría no ser encontrado si este ha explorado la distancia entre el contorno exterior y la distancia especificada por este parámetro.

Problemas si no está bien ajustado

Si el valor no es 0, los desconchones que son más profundos que el valor de este parámetro serán ignorados.

Información adicional

Este parámetro debe ser siempre 0, salvo en los modelos que tienen banda pintada.

Corrección automatic de anchura de contorno

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado

Descripción del parámetro

Activa el sistema de corrección automática de anchura de contorno esperado (el cual es utilizado dentro de la detección de defectos de canto) calculando la anchura media de las piezas de vidrio pertenecientes a un mismo modelo. El sistema no alterará el valor de la “anchura esperada” especificado por el usuario.

Problemas si no está bien ajustado

Esta opción permite mayor flexibilidad y precisión en la anchura en el proceso de fabricación.

Información adicional

Si esta opción está activada, el sistema comenzará utilizando la anchura esperada que se haya determinado, para detectar defectos de contorno a partir del tercer vidrio, cada vez que el modelo del vidrio sea cambiado o el sistema comience.

Para la mayoría de modelos de vidrio, es muy recomendable activar esta opción. Pero en caso de que la anchura del vidrio no pueda ser siempre correctamente medida (por ej. piezas de vidrio que tengan bandas pintadas cercanas al contorno), “Automated correction of expected width” puede causar problemas en la detección de defectos.

DEFECTO DE DESCONCHÓN

Anchura mínima (mm)

Valor por defecto: 0.65 mm (este valor es preferible no fijar por debajo de 3 pixels)
Valor min/max. De 0 a 100 mm

Descripción del parámetro

Este parámetro va a especificar la anchura mínima que un desconchón puede tener para su detección. El sistema ignorará estos desconchones o algo parecido a desconchones cuyas anchuras sean más pequeñas que este parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.

Puede provocar la no detección de desconchones o la detección de falsos desconchones.
Si este parámetro se fija alto- el sistema no detectará desconchones que podrían tener un tamaño importante.
Si se fija bajo- aumentará la detección de falsos desconchones.

Longitud mínima (mm)

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Este parámetro va a especificar la longitud mínima que un desconchón puede tener para su detección. El sistema ignorará estos desconchones o algo parecido a desconchones cuyas longitudes sean más pequeñas que este parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.

Puede provocar la no detección de desconchones o la detección de falsos desconchones.
Si este parámetro se fija alto- el sistema de detección de canto se reducirá (la longitud min. de Ed para que el Sist. Detecte como defecto aumentará).
Si se fija bajo- el sistema de detección aumentará (la longitud min. del Ed para que el sistema detecte como defecto disminuirá).

Margen de distancia (mm)

Valor por defecto: 1.5mm
Valor min/max: de 0 a 100mm

Descripción del parámetro

Este sistema unirá dos desconchones (en uno) si la distancia entre ambos es menor que el valor del parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.

Si este parámetro se fija alto- el sistema unirá 2 desconchones uno al lado de otro y lo identificará como uno solo.
Si este parámetro se fija bajo- el sistema distinguirá desconchones más a menudo si la distancia entre ambos es mayor que el valor del parámetro.
Detección agresiva de desconchones

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Información adicional

Activarlo puede causar la detección de falsos desconchones en la zona de sombra superior.

PETADURA

Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Esta opción del sistema active la detección de petadura.

Problemas si no está bien ajustado.

Si esta desconectado el sistema no detecta “petaduras”.

Información adicional

Las rayas en el contorno del vidrio podrían ser identificadas como falsos Vt.
En algunos casos EEM LED podría interferir con esta detección.

Longitud mínima (mm)

Valor por defecto: 12mm
Valor min/max. De 0 a 100 mm

Descripción del parámetro

Este parámetro va a especificar la longitud mínima que una petadura puede tener para su detección. El sistema ignorará estas petaduras o algo parecido a petaduras cuyas longitudes sean más pequeñas que este parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.
Puede provocar la no detección de petaduras o la detección de falsas petaduras.
Si este parámetro se fija alto- el sistema no detectará petaduras que podrían ser de un tamaño importante.
Si se fija bajo- aumentará la detección de falsas petaduras.

% Nivel medio de vidrio

Valor por defecto: 90%
Valor min/max: 0 a 100% (Recomendado entre 90% y 94%).

Descripción del parámetro

Especifica el porcentaje (%) de pixels en petaduras que debería estar la media de los vidrios. La media se calcula dinámicamente. Tiene un impacto significativo en la detección de petaduras.

Problemas si no está bien ajustado

Perdida de detección de defectos de petadura o detección de falsos defectos por petadura.

Si este parámetro se fija bajo- el sistema no detectará petaduras (la detección de "Vt" decrecerá).

Si se fija alto- incrementará la detección de falsos defectos de petadura por el sistema (la detección de "Vt" aumentará).

Proporción anchura/longitud de petadura

Valor por defecto: 60.000%
Valor min/max: 0-100%

DETECCIÓN DE PINTURA

Este parámetro es referente a logotipos y marcas imprentas en el vidrio. En nuestro caso, debido a la no existencia de este tipo de marcas en los paneles de vidrio, no es relevante.

DETECCIÓN DE SOMBRA (SUPERIOR)

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Este parámetro es referente al panel de vidrio, no al taladro.)

Activa la detección de pulido de la parte superior del vidrio (sombra superior) del modelo fabricado.

Problemas si no está bien ajustado

Será activado / desactivado la detección de pulido de la parte superior (sombra superior).

% de sombra respecto a lo normal

Valor por defecto: 100%
Valor max/min: 0 a 500%

Descripción del parámetro

Este parámetro determina el porcentaje de cuanto debería ser de amplio la sombra superior (cuanta sombra superior tendremos).

Problemas si no está bien ajustado

Si este parámetro se fija alto- el sistema no detectará defectos de sombra existentes (defectos de sombra por la parte superior disminuirán).

Si este parámetro se fija bajo- el sistema detectará falsos defectos de sombra superior (defectos de sombra superior incrementarán).

DETECCIÓN DE SOMBRA (INFERIOR)

Valor por defecto: Activado

Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Activa la detección de pulido de la parte superior (sombra superior).

Problemas si no está bien ajustado

Será activado / desactivado la detección de pulido de la parte inferior (sombra inferior).

Anchura de sombra

Valor por defecto: 0.6mm

Valor max/min: 0 a 20mm

Descripción del parámetro

Este parámetro determina la amplitud del defecto de sombra inferior (cuanta sombra inferior tendremos).

Problemas si no está bien ajustado

Si este parámetro se fija alto- el sistema detectará falsos defectos de sombra inferior (defectos de sombra inferior incrementarán).

Si este parámetro se fija bajo- el sistema no detectará defectos de sombra inferior (defectos de sombra inferior disminuirán).

3.3.3 Defecto de taladro

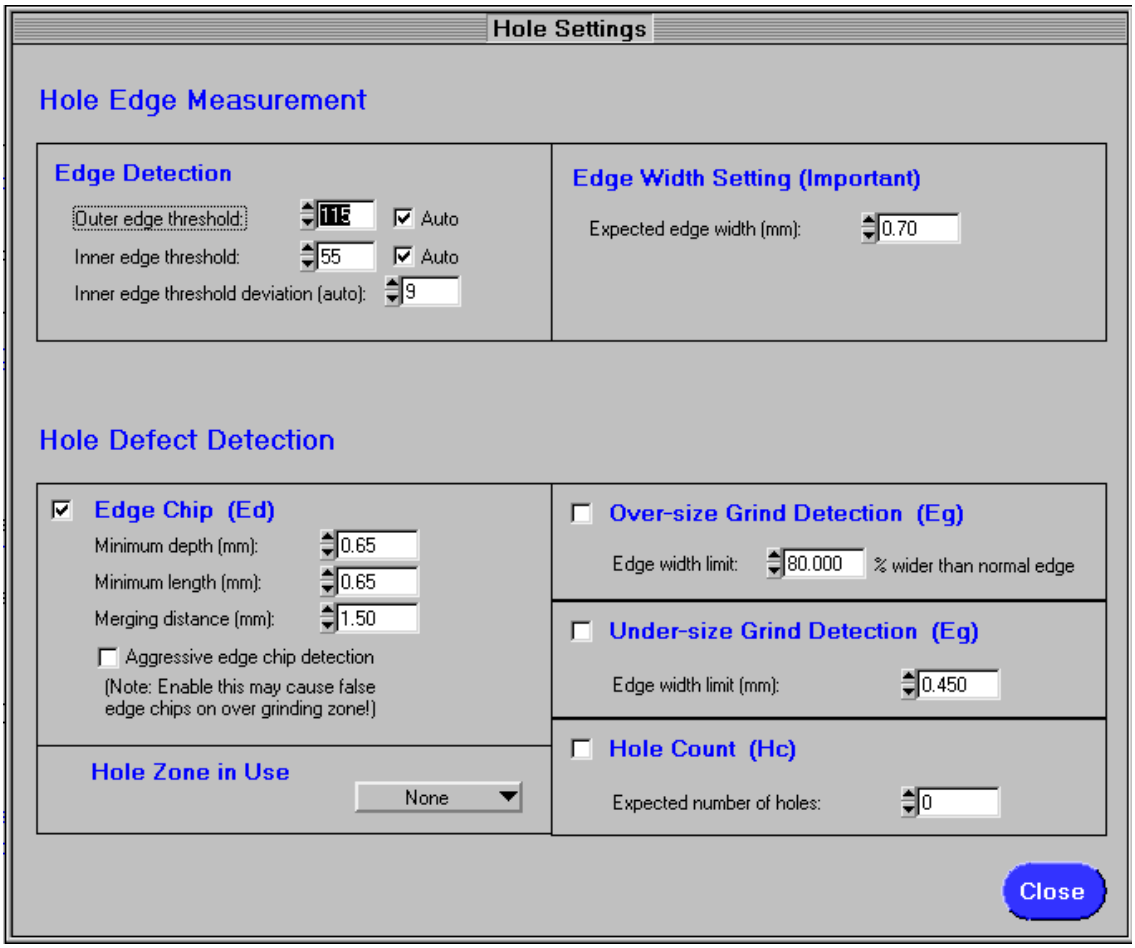


Imagen 24.- Pantalla defectos taladro

DETECCIÓN DE DESCONCHÓN

Umbral borde exterior

Valor por defecto: 100
Valor max/min: de 0 a 255

Descripción del parámetro

Este parámetro determina el grado de gris usado para distinguir el “blanco” y el contorno del vidrio en las imágenes de VA – BF. Este es el nivel de scanine que activará el GIV (exploración del panel).

Este parámetro debe estar fijado por encima del nivel del GIV (y por debajo del “blanco”)

Problemas si no está bien ajustado

Este parámetro tiene especial influencia en la detección de todo tipo de defectos de canto. Unos parámetros incorrectos del umbral pueden hacer que el sistema detecte falsos defectos de canto y no detecte otros que si existan.

Si el parámetro se fija alto- el sistema fallará en la obtención del contorno externo del panel.

Si se fija bajo- el sistema ningún vidrio en exploración.

Umbral borde interior

Valor por defecto: 60 (en función de las propiedades de transmitancia específicas del panel)

Valor min/max: de 0 a 225

Descripción del parámetro

Grado de gris usado para distinguir el vidrio y el contorno del taladro en las imágenes de VA-BF.

Problemas si no está bien ajustado.

Este parámetro tiene especial influencia en la detección de defectos de desconchón en el canto del taladro y defectos de sombra en el taladro. Unos parámetros incorrectos podrían hacer que el sistema detecte falsos defectos de taladro y no detecte otros que si existan.

Si el parámetro se fija alto- el sistema detectará falsos defectos en el contorno del taladro.

Si se fija bajo- el sistema no detectará defectos de contorno de taladro y la clasificación también se verá afectada.

Información adicional

Este parámetro debe estar dentro de un rango similar al de los parámetro del contorno del panel.

Se debe obtener analizando la imagen del panel capturada “Tools”- el scanline de la forma y niveles.

Umbral desviación borde interior (auto)

Valor por defecto: 0

Valor Min/Max: 6 a 20

Descripción del parámetro

Si “Hole Defect/Inner Edge Threshold-Auto” está encendido, el sistema averiguará automáticamente el nivel de la intensidad del vidrio y determinará el umbral del “inner edge threshold" cogiendo este parámetro del nivel de intensidad del vidrio. En caso contrario, este parámetro será ignorado.

Problemas si no está bien ajustado

Pude causar la no detección de defectos de canto o la detección de falsos defectos de canto.

Si este parámetro se fija muy alto- el sistema podría no detectar el contorno del vidrio (si este parámetro es mayor que el scanline de contorno, esto se representa en una caída del scanline de contorno).

Si este parámetro se fija muy bajo- el sistema detectaría falsos defectos de contorno (Ed, Eg…) a menudo.

DETECCIÓN DE DESCONCHÓN EN TALADRO

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Este parámetro active la detección de “Hole Edge Chip” (desconchón en canto del taladro) en el sistema para el modelo en particular.

Anchura mínima (mm)

Valor por defecto: 0.65 mm
Valor min/max. De 0 a 100 mm

Descripción del parámetro

Este parámetro va a especificar la anchura mínima de un desconchón en el taladro. El sistema ignorará estos desconchones de taladro o algo parecido a desconchones cuyas anchuras sean más pequeñas que este parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.

Puede provocar la no detección de desconchones de canto del taladro o la detección de falsos desconchones de canto del taladro.

Si se fija bajo- aumentará la detección de falsos desconchones.

Si este parámetro se fija alto- el sistema no detectará desconchones en los taladros.

Longitud mínima (mm)

Valor por defecto: 0.65 mm

Valor min/max. De 0 a 100 mm

Descripción del parámetro

Este parámetro especifica la longitud mínima de un desconchón en el taladro. El sistema ignorará estos desconchones de taladro o algo parecido a desconchones cuyas longitudes sean más pequeñas que este parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.

Puede provocar la no detección de desconchones de canto del taladro o la detección de falsos desconchones de canto del taladro.

Si se fija bajo- aumentará la detección de falsos desconchones.

Si este parámetro se fija alto- el sistema no detectará desconchones en los taladros.

Margen de distancia (mm)

Valor por defecto: 1.5mm

Valor min/max: de 0 a 100mm

Descripción del parámetro

Este sistema unirá dos desconchones (en uno) si la distancia entre ambos es menor que el valor del parámetro.

Problemas si no está bien ajustado.

Si este parámetro se fija alto- 2 defectos de canto en el taladro posicionados uno cerca del otro lo identificará como uno solo.

Bajar este parámetro incrementará las propiedades del sistema para distinguir entre 2 defectos de canto en el taladro.

Detección agresiva de desconchón

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Información adicional

Activarlo puede causar la detección de falsos desconchones en la zona de sombra superior.

DETECCIÓN SOMBRA SUPERIOR EN TALADRO

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Activa la detección de pulido de la parte superior del taladro (sombra superior) del modelo fabricado.

Problemas si no está bien ajustado

Será activado / desactivado la detección de pulido de la parte superior del taladro (sombra superior).

% sombra superior respect a la normal

Valor por defecto: 100%
Valor max/min: 0 a 500%

Descripción del parámetro

Este parámetro determina el porcentaje de cuanto debería ser de amplio la sombra superior del taladro (cuanta sombra superior tendremos).

Problemas si no está bien ajustado

Si este parámetro se fija alto- el sistema no detectará defectos de sombra existentes (defectos de sombra por la parte superior disminuirán).
Si este parámetro se fija bajo- el sistema detectará falsos defectos de sombra superior (defectos de sombra superior incrementarán).

DETECCIÓN DE SOMBRA INFERIOR

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Activa la detección de pulido de la parte superior del taladro (sombra superior).

Problemas si no está bien ajustado

Será activado / desactivado la detección de pulido de la parte inferior de los taladros (sombra inferior).

Amplitud de sombra en taladro (mm)

Valor por defecto: 0.6mm
Valor max/min: 0 a 20mm

Descripción del parámetro

Este parámetro determina la amplitud del defecto de sombra inferior en el taladro (cuanta sombra inferior tendremos).

Problemas si no está bien ajustado

Si este parámetro se fija alto- el sistema detectará falsos defectos de sombra inferior (defectos de sombra inferior incrementarán).
Si este parámetro se fija bajo- el sistema no detectará defectos de sombra inferior (defectos de sombra inferior disminuirán).

CONTADOR AGUJEROS

Valor por defecto: Activado
Este parámetro tiene dos posibilidades: Activado o Desactivado.

Descripción del parámetro

Si esta opción esta activada, el sistema contará el número de taladros en el panel procesado y detectará un defecto si difiere del número de agujeros esperados.

Problemas si no está bien ajustado

Aparecerá “Hc” en el medio del panel inspeccionado si el sistema detecta un número menor de taladros (que el especificado).

Información adicional

El agua (gotas de agua en la superficie del panel) puede detectarse como un falso taladro.

3.4 Creación programa

Para crear un programa nuevo de inspección cuando tengamos un modelo nuevo, partiremos de una ya existente.

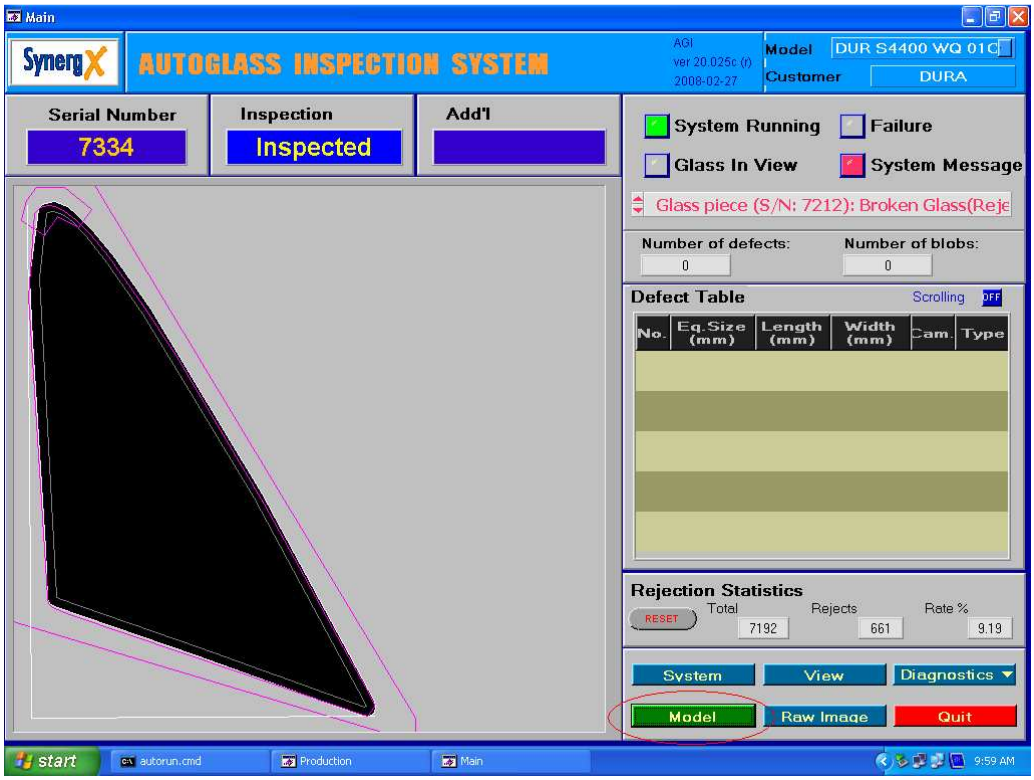
Lo más recomendable es elegir un modelo genérico que se ha creado para cada distinto color.

Desde la pantalla principal seleccionamos un modelo ya existente en el programa (elegir el modelo “GENERICO” si existe):

Clic en “Model”, se nos abrirá una lista de todos los modelos que contiene el programa. Clic sobre uno (el que sea)

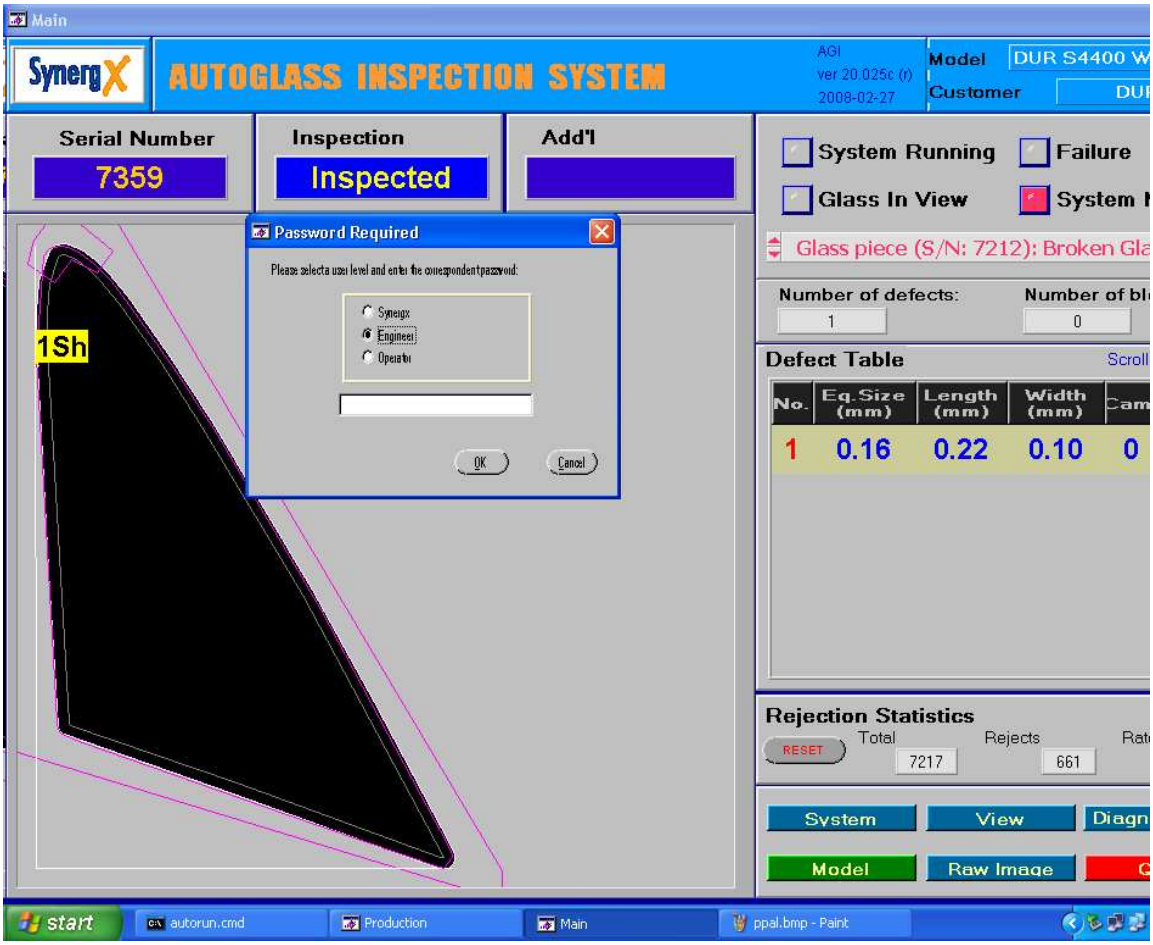
Una vez hemos seleccionado el modelo que nos servirá de plantilla procederemos a modificar los parámetros que se utilizarán en el modelo que queremos crear:

Clic “Model”



Se abre una ventana donde nos pide una contraseña:

Seleccionamos “Enginer”, ponemos la contraseña correspondiente y “OK”



Entramos en el menú de configuración.

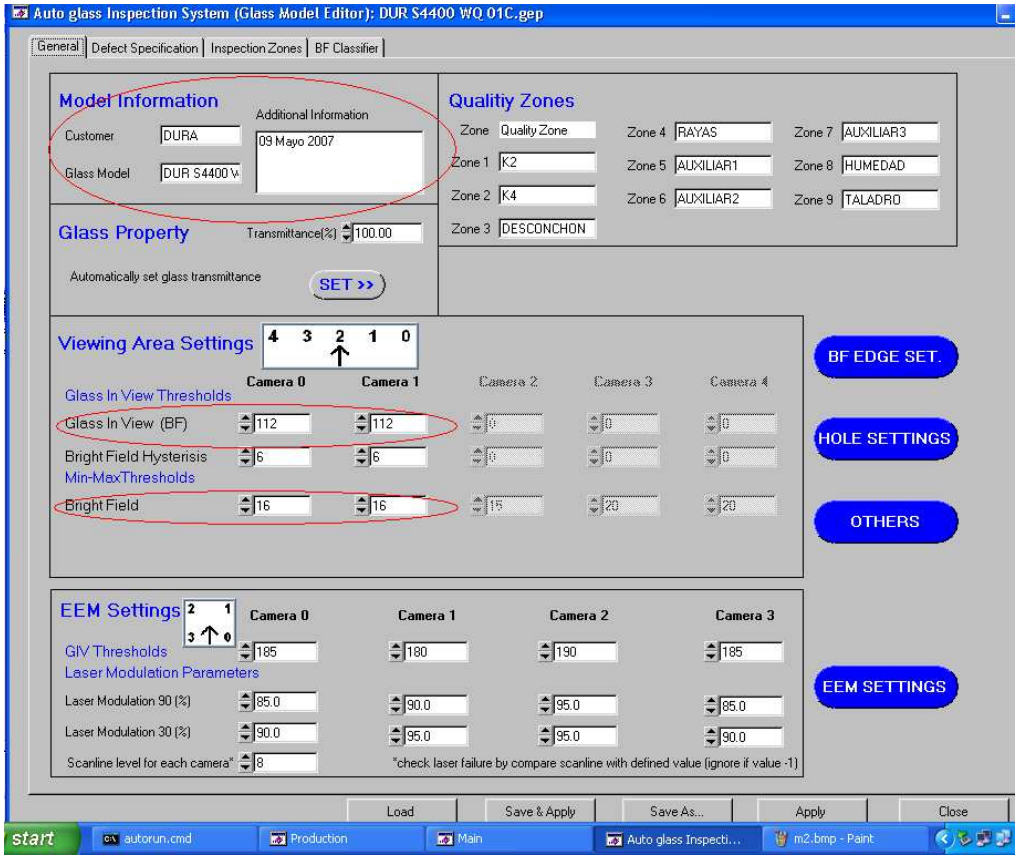
En la pestaña “General” introduciremos los siguientes datos:

Model Information:

Costumer (el nombre del cliente)
Glass model (nombre del modelo)
Additional Info (Fecha actual)

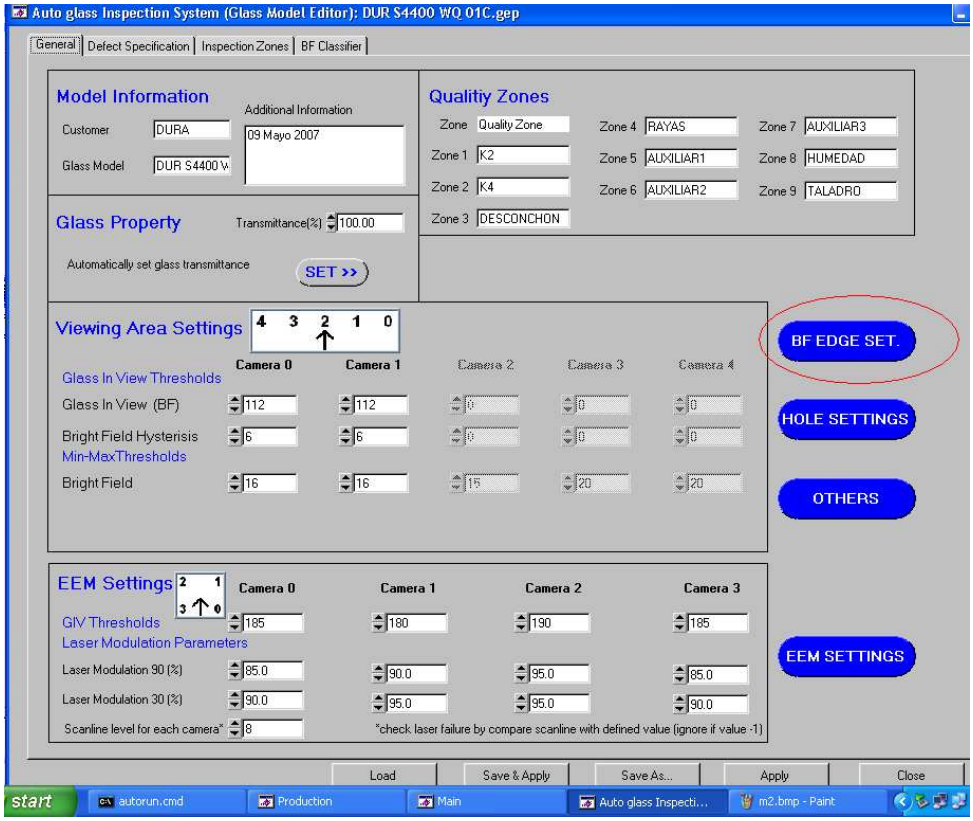
VAPPB Settings:

Statge 0	GIV: 112	Bright Field: 15
Statge 1	GIV: 112	Bright Bield: 15



Comprobaremos que los parámetros de “Edge Defect “ sean los correctos:

Clic botón azul “**BF EDGE SET** “



Se abre una nueva pantalla donde podremos modificar los parámetros:

Edge with Settings

Expected edge (entre 1.4-1.5)

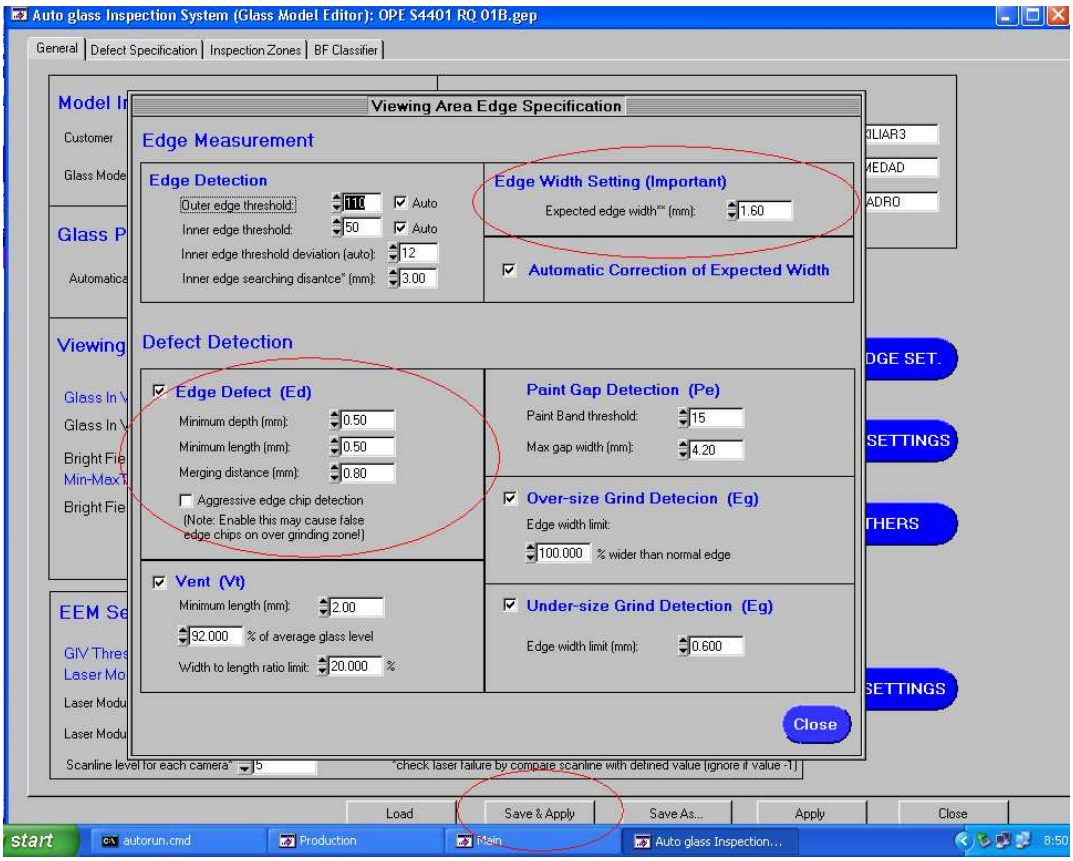
Edge Defect (Ed)

Minimun deph (mm) (0.5-0.85)

Minimun lengh (mm) (0.5-0.85)

Minimun distance (mm) (0.5-0.85)

Clic "Save & Appli"



En la pestaña “Inspection Zone” Crearemos la zona de inspección en el contorno del nuevo modelo:

Primero hemos de capturar el contorno del nuevo modelo (para esta operación necesitaremos una muestra del modelo):

Capture: Clic “Enable”

Nota. Poner un vidrio del modelo a crear en la línea (antes de la zona del lavadero). De este modo la cámara capturará el contorno del vidrio.

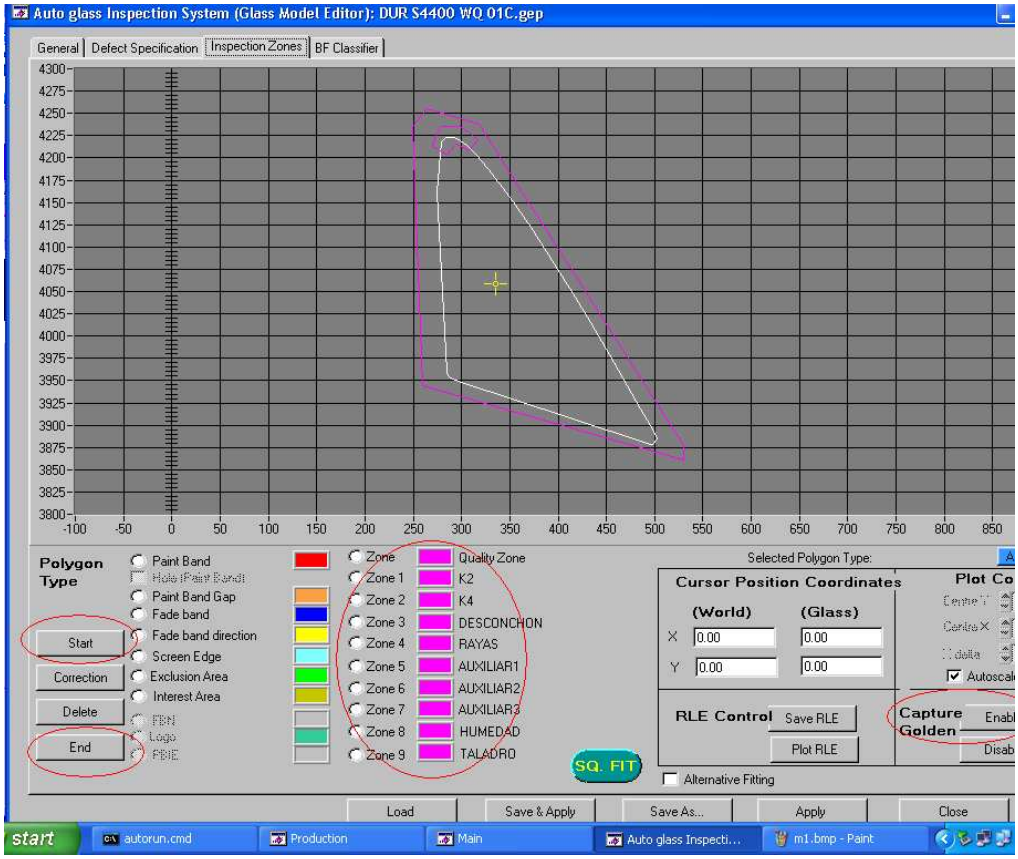
Una vez aparezca el contorno en la pantalla, tenemos que definir las diferentes zonas de inspección:

Seleccionar “Zone” (Quality zone, K2, K4… según corresponda).

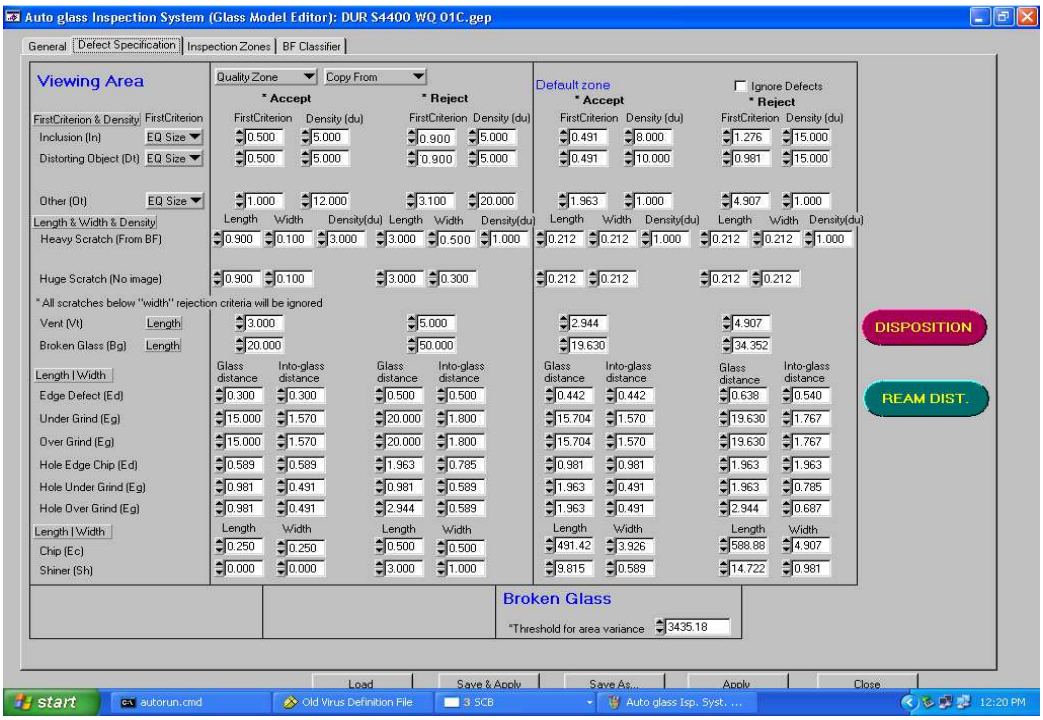
Clic “Start”

Marcamos el contorno que deseamos creando puntos con el botón izquierdo del ratón. Para finalizar Clic “End”

Repetiremos esta operación para crear todas las zonas que necesitemos.



En la pestaña “Defect Specification” comprobaremos que los parámetros correspondientes a las diferentes zonas sean los correctos.



Finalmente guardaremos el modelo creado:

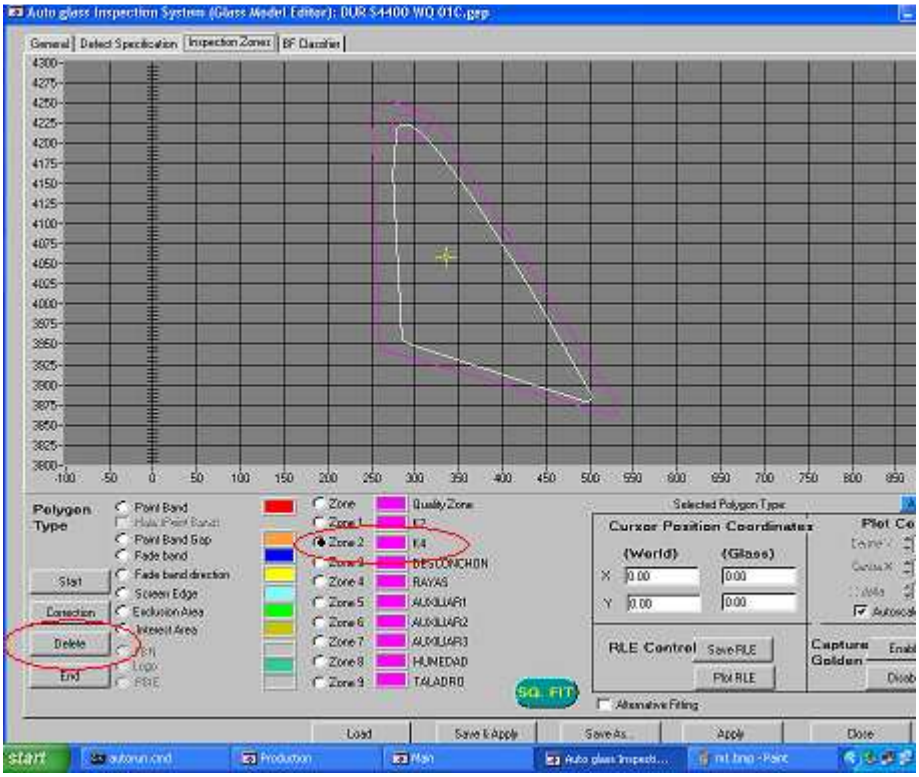
Clic “Save As…“ (poner nombre del modelo + terminación gep.)

Ex: DUR S4400 WQ 01C.gep

Para borrar una zona de inspeccion:

Marcar la zona que queremos eliminar en la lista de las diferentes zonas. Posteriormente clic “Delete“.

Clic “Save As…“



3.5 Mantenimiento del sistema

El sistema de visión artificial es de gran sensibilidad, cualquier pequeño error puede hacer que el sistema pierda toda su fiabilidad y deje de ser funcional.

El mayor problema que podemos tener en cuanto a mantenimiento es la gran presencia de polvo y partículas en el aire, que hacen que muchas partes del equipo estén sucias y no trabajen correctamente.

El sistema, como hemos podido ver, está en un recinto climatizado y con una ligera sobrepresión, precisamente para que no entren partículas del exterior.

A los vidrios se les arroja por encima, durante la cadena de fabricación, justo antes de ser apilados, un polvo llamado lucite. Éste polvo está compuesto por unos granos finísimos, que hacen que los vidrios al ser apilados no se peguen unos con otros.

El lucite, al ser tan fino, es muy volátil y la ser tan fino entra en todas las zonas de la fábrica.

Aparte del lucite, en la fábrica se crea mucho polvo, del mecanizado, de las carretillas elevadoras, del paso de la gente, etc…de ahí el problema de que las partes del sistema se llenen de polvo y se tengan que limpiar continuamente para que trabajen correctamente.

Gran parte del mantenimiento del sistema es la limpieza semanal que se tiene que hacer al equipo, aprovechando alguna parada por cambio de modelo para no parar la línea y perjudicar a la fabricación.

El mantenimiento del sistema se focaliza, básicamente, en la limpieza de las partes interiores de la cabina de inspección. A continuación se explicará que partes son y cómo se realizará su limpieza.

Para garantizar la seguridad durante el mantenimiento nos aseguraremos de desconectar toda la electricidad del sistema.

Una vez hecho este primer paso, proseguiremos con la limpieza a la apertura de la cabina para poder acceder a los elementos del interior.

Imagen 25.- Desmontaje tapas cabina

3.5.1 Limpieza interior cabina y virolas

Una vez abierta la cabina y podemos acceder a todos los elementos, empezaremos por limpiar el fondo de la cabina, donde pueden haber vidrios rotos que han llegado a través de la cinta y han caído en el interior de la cabina. Para ello utilizaremos una madera alargada y estrecha para poder acceder a todos los rincones y empujar los vidrios hacia fuera. O también podemos utilizar un aspirador e ir ayudándonos de él para sacarlos uno a uno.

Imagen 26.- Fondo de la cabina.

Proseguiremos quitando el polvo y suciedad del interior de la cabina. Lo haremos con un trapo humedecido y le daremos a todas las partes hasta dejarlo limpio.

Utilizaremos un trapo que no deje pelusa.

Habrá que limpiar bien, sobretodo, las virolas, que es por donde se transportan los vidrios y si no están limpios pueden dejar marcas en la superficie y ser vistos como defectos.

Imagen 27.- Limpieza correa

Imagen 28.- Limpieza interior cabina

Para finalizar esta parte deberemos limpiar las virolas de entrada a la cabina. Con un trapo húmedo y dejarlas sin polvo ni suciedad.

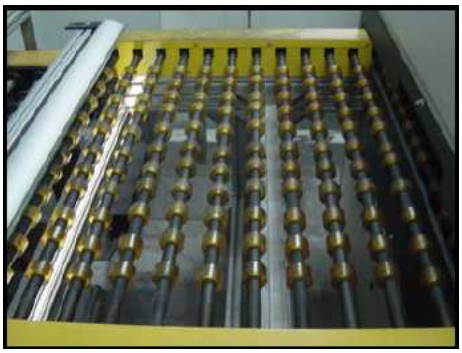


Imagen 29.- Virolas de entrada a cabina

3.5.2 Limpieza de espejos y componentes ópticos

La limpieza de estos elementos se realizará después de la limpieza de la cabina y virolas, ya que es la parte más sensible y la que tiene que quedar en perfecto estado. Esta limpieza comprende los 3 espejos (2 interiores y 1 externo), los objetivos de las 3 cámaras y las lentes fresnel.

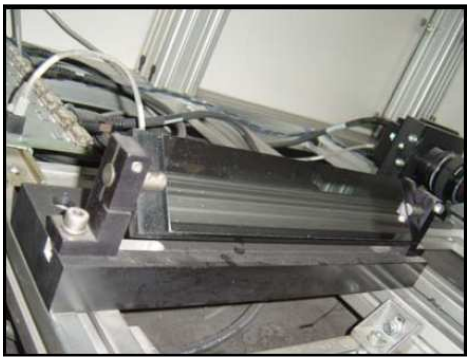


Imagen 30.- Espejo interior

Imagen 31.- Espejo exterior

Imagen 32.- Lente Fresnel

Imagen 33.- Cámara interior

Para llevar a cabo esta limpieza necesitaremos la siguiente lista de material:

· Aire comprimido de grado óptico (sin partículas)
· Cepillo de pelo de cabra
· Guantes de látex
· Papel tisú para limpieza de lentes (libre de pelusa)
· Paño suave (libre de pelusa)
· Solución para limpieza de cristales.
· Alcohol isopropílico (no deja marcas y es de rápida evaporación).

Cuando realice el mantenimiento preventivo, debe utilizar el método de limpieza seca.

Solamente es necesario utilizar el método de limpieza húmeda cuando las lentes o los espejos están manchados con grasa o huellas digitales.

Limpieza seca

a) Utilizaremos un cepillo suave o aire comprimido para quitar el polvo de los espejos o las lentes antes de realizar otra limpieza.

b) Utilizaremos guantes, ya que con las manos y dedos contaminamos la superficie y los revestimientos.

Limpieza húmeda

a) Utilizaremos un cepillo suave o aire comprimido para quitar el polvo de los espejos o las lentes antes de realizar otra limpieza.

b) Solamente utilizaremos paños prehumedecidos con alcohol isopropílico y frotaremos suavemente hasta que queden limpias.

c) Utilizaremos un paño seco libre de pelusa o un papel tisú de limpieza de lentes para pulir la superficie.

Una vez acabada la limpieza de todos los componentes, procedemos a cerrar la cabina y activar el circuito eléctrico para que pueda volver a funcionar.

Comprobaremos que el Scanline es correcto, como hemos explicado anteriormente, si no fuera así deberemos revisar los elementos manipulados, ya que una simple mota de polvo en un objetivo puede hacer que falle el sistema.

Otra parte del mantenimiento es comprobar que el sistema de aire acondicionado funciona correctamente y que el sistema de sobrepresión del interior de la cabina realiza su función.

El mantenimiento electrónico lo realiza la empresa que fabricó e instaló el sistema. Tiene un contrato firmado de 2 asistencias al año para realizar un mantenimiento y comprobar el estado del sistema.

3.6 Análisis del sistema

3.6.1 Fiabilidad del sistema

Para comprobar la fiabilidad del sistema hemos estudiado el número de rechazo que se producen durante la producción y hemos comprobado si realmente el rechazo era correcto o no.

La fiabilidad del sistema lo podemos medir al pasar unas probetas con defectos marcados y dimensionado por el sistema de inspección y contrastar los resultados, así podremos ver si realmente el sistema está viendo y midiendo bien los defectos.

Ver anexo 2 (Test de fiabilidad).

Otro método sería coger los 10 modelos que más se fabrican en esta cadena de fabricación

Este estudio se puede llevar a cabo gracias a que el sistema deja constancia de cada paso de vidrio, ya sea bueno o malo. Una vez es analizado por el sistema, se le coloca una etiqueta que mantendrá hasta el final de la producción.

En la base de datos, que crea el sistema, podemos observar el nombre del modelo que se fabrica, si es rechazada o no, la descripción del defecto, medidas…entre otros datos.

A continuación se puede observar un ejemplo de la tabla que se crea con el análisis de los vidrios.

						Defecto nº 1				Defecto nº 2			
Fecha	Hora	Modelo	Nº serie	Nº defec.	OK/NOK	Tipo defec.	Long. Defec.	Ancho defec.	OK/NOK	Tipo defec.	Long. Defec.	Ancho defec.	OK/NOK
05/10/2011	6:57:39	FIA 198 RD 01B	2456	1	PASS	Dt	48.701	29.818	BORDER	0	0	0	0
05/10/2011	6:57:48	FIA 198 RD 01B	2457	1	PASS	Dt	47.848	26.817	BORDER	0	0	0	0
05/10/2011	6:57:53	FIA 198 RD 01B	2458	4	REJECT	Sc	54.614	0.1905	REJECT	Sc	22.041	0.1961	BORDER
05/10/2011	6:58:04	FIA 198 RD 01B	2459	1	REJECT	Hc	0.0000	0.0000	REJECT	0	0	0	0
05/10/2011	6:58:23	FIA 198 RD 01B	2460	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	6:58:29	FIA 198 RD 01B	2461	3	REJECT	Sc	533.541	12.642	REJECT	Ed	34.467	0.9635	REJECT
05/10/2011	6:59:06	FIA 198 RD 01B	2462	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	6:59:43	FIA 198 RD 01B	2463	1	REJECT	Sc	509.710	20.895	REJECT	0	0	0	0
05/10/2011	7:00:08	FIA 198 RD 01B	2464	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:00:33	FIA 198 RD 01B	2465	1	PASS	Dt	47.452	21.201	BORDER	0	0	0	0
05/10/2011	7:00:58	FIA 198 RD 01B	2466	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:01:25	FIA 198 RD 01B	2467	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:01:50	FIA 198 RD 01B	2468	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:02:13	FIA 198 RD 01B	2469	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:02:40	FIA 198 RD 01B	2470	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:03:06	FIA 198 RD 01B	2471	1	PASS	Dt	45.117	19.668	BORDER	0	0	0	0
05/10/2011	7:03:31	FIA 198 RD 01B	2472	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:03:56	FIA 198 RD 01B	2473	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:04:21	FIA 198 RD 01B	2474	1	REJECT	Sc	533.584	11.546	REJECT	0	0	0	0
05/10/2011	7:04:46	FIA 198 RD 01B	2475	1	REJECT	Sc	516.251	0.5375	REJECT	0	0	0	0
05/10/2011	7:05:11	FIA 198 RD 01B	2476	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2011	7:05:27	FIA 198 RD 01B	2477	1	REJECT	Sc	492.885	21.008	REJECT	0	0	0	0
05/10/2011	7:05:36	FIA 198 RD 01B	2478	0	PASS	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 1.- Resultados del análisis de vidrio. Ver anexo 3 (Tabla de análisis de defectos)

Con este control podemos obtener el rechazo interno de todas las producciones que se hacen en la línea y ver qué tipo de defecto es el que causa más piezas defectuosas, analizarlo y atacar sobre él.

Esta base de datos se crea sola y se va almacenando en un ordenador auxiliar, donde se extraen los datos y se borran, ya que guarda una gran cantidad de información en cada producción.

Existe otro documento en el que podemos ver, de una producción, el número de primitivos consumidos y los vidrios OK y NOK.

Comparando este documento con la base de datos de la que hemos hablado anteriormente, podemos analizar la fiabilidad del sistema, viendo si ha rechazado vidrios que eran realmente no tenían defectos.

La fiabilidad del sistema depende mucho, no sólo de su ajuste, sino que también del modelo a fabricar y del operario que controla y ajusta la línea de producción.

Hay modelos que son más complejos o que simplemente al ser más grandes y tener más superficie a estudiar, el sistema se ralentiza.

3.6.1.1 Falso rechazo

El error que encontramos, entre las tablas anteriores, es el llamado falso rechazo.
El falso rechazo es causante de una pérdida de dinero y tiempo a la empresa, ya que cuando el sistema detecta que el vidrio es malo, éste es apartado a la zona de inspección, donde debe ir el operario a inspeccionar el vidrio y comprobar si realmente tiene defecto o no.

En caso de que no lo tenga, el vidrio debe ser introducido a la cadena de fabricación de nuevo, causando un trabajo extra al operario.

Causas principales del falso rechazo:

Gotas de agua en el vidrio: al tener el lavadero/secadero justo antes del sistema de inspección, hace que algunas veces lleguen vidrios con gotas de agua al no haberse secado totalmente.
Estas gotas son vistas como desconchones y son apartadas como defectuosas.
El gran problema que teníamos es que para evitar que rechazara todas las piezas, se creaban zonas de humedad, a las que se les aumentaba el parámetro de desconchón para que no las rechazara. Con esto conseguíamos que los vidrios con gotas de agua siguieran por la línea de producción, pero con un peligro muy importante.
Al crear esa zona hacíamos que si realmente existiera un desconchón, en esa zona, el sistema no lo viera y el vidrio seguiría la línea de producción como si fuera bueno.
Este conflicto hizo que hubiera un gran rechazo, tanto interno como externo, llegando piezas con desconchones en las zonas creadas.

Los causantes de este problema pueden ser varios.

Cadencia de la línea muy alta: si tenemos la cadencia de la línea muy alta hace que el transportador del lavadero vaya a una velocidad más elevada. Esto hace que en la parte de secadero el vidrio no tenga tiempo a secarse del todo, quedando restos de agua en los bordes.

Estudiamos diferentes acciones para solucionar este problema, ya que cada vez se trataba de ir a cadencias más altas, aunque esto supusiera la existencia de más falsos rechazos, con sus consecuencias.
Una posible solución era bajar la cadencia de la línea, mirando que el lavadero no se convirtiera en el cuello de botella de la línea. Esto era posible para algunos modelos, pero no todos.

Temperatura de secado: se probó fue subiendo la temperatura del aire de secado, de 70ºC a 90ºC, esto suponía un consumo de energía extra, ya que se tuvieron que poner más resistencias en el sistema y no se conseguía mitificar el problema del todo. Otro problema de darle más temperatura al aire, es que los tubos que conducían el aire dentro del secadero están en una zona de paso, con lo cual era peligroso, ya que con ese cambio de temperatura los tubos llegaban a quemar y ser peligrosos.
Con todos estos problemas que surgían se decidió volver a la temperatura de antes.

Longitud del lavadero: viendo que con las otras soluciones no se conseguía nada, se decidió implantar un módulo de medio metro más de secadero. Con esto conseguiríamos que el vidrio tuviese más tiempo de secado y saliese completamente seco. Funcionó para todos los modelos, fuese cual fuese su superficie y geometría.

Boquillas del lavadero: en el interior del lavadero el agua es arrojada por unas boquillas que regulan el caudal del agua para que no sea excesivo ni escaso. Cuando algunas de estas boquillas se rompen puede caer agua en exceso y quedar la pieza con mucha cantidad de agua y difícilmente puede ser secada. Para evitare esto se tiene que revisar el estado de éstas.

Rayas en la superficie: la aparición de rayas es muy frecuente en todos los modelos. El problema de este defecto es que es muy difícil de detectar cuando existe una raya realmente, por eso el ajuste de este parámetro es gran importancia. Por lo contrario, cualquier resto o mancha en la superficie con forma alargada puede ser visto como raya y crear otro falso rechazo.

Los causantes de este problema pueden ser varios.

Mala limpieza lavadero: si el lavadero tiene el agua con suciedad es posible que queden manchas al ser secados. Al quedar estas manchas en la superficie el sistema detecta que hay un defecto, ya que la suciedad no deja pasar la luz a través suyo y es cuando el sistema detecta el defecto.
Para evitar que pase esto, debemos limpiar el agua del circuito cerrado del lavadero y evitar que haya suciedad que luego quedará impregnada en el vidrio.

Cuando este problema persiste, porque todo el sistema está sucio o no se puede parar la producción para cambiar el agua, se puede bajar la sensibilidad del sistema de visión artificial, haciendo que sea menos sensible, subiendo el parámetro Brighfield. El problema es que al disminuir la sensibilidad hacemos que todo el sistema sea menos sensible para detectar cualquier tipo de defecto.
Otra manera de evitar este rechazo masivo por detección de rayas es creando una zona de rayas, donde le aumentamos el parámetro BF Scratch. El problema de esta solución, es como en el anterior caso, que si en esta zona existe realmente una raya, el sistema no la detectará y seguirá por la línea de producción.

Pelos de rodillos: los rodillos del interior del lavadero se van desgastando y perdiendo sus características, con lo que con el paso del tiempo van perdiendo los pelos con los que limpian los vidrios. Al quedar en la superficie y pasar por el sistema, el vidrio es rechazado por raya.
La única manera de solucionar este problema es ir observando el estado de los rodillos.

Manchas en la superficie: muy habitualmente la limpieza perfecta del vidrio tiene errores, esto hace que el vidrio no salga perfectamente limpio y el sistema nos detecta estos pequeños defectos de limpieza como inclusiones en la superficie del vidrio.

Los causantes de este problema pueden ser varios.

Agua con suciedad: el circuito de agua que contiene el lavadero es un circuito cerrado, que pasa por unos filtros de depuración, pero puede darse el caso que los filtros no realicen bien su función o que el agua contengan partículas muy pequeñas. Estas partículas que puede contener el agua se pueden quedar enganchadas en la superficie del vidrio y causar así que el sistema detecte manchas.

Rodillos lavadero en mal estado: si los rodillos del interior del lavadero están en mal estado es muy probable que al no poder limpiar bien la superficie, queden restos incrustados de todo el proceso de mecanización anterior

3.6.2 Mejoras realizadas al sistema

Mejora de la limpieza del vidrio

Para mejorar el rendimiento del sistema y reducir al máximo el rechazo de vidrio por suciedad en la superficie se han propuesto varias mejoras que ayudaran a que los problemas que hemos encontrado suceden lo mínimo posible.

- Añadir un metro más de secadero a la línea: por tal de que el vidrio salga totalmente seco y sin restos de agua, al añadir un metro más de secadero hacemos que el vidrio esté expuesto más tiempo al secado y así evitamos que queden restos de agua.

Para solucionar este problema también podríamos haber optado por reducir la velocidad de la línea, teniendo el vidrio más tiempo de exposición a aire caliente y así tener más tiempo para secarse completamente.

Esta solución era viable para ciertos modelos de vidrio de geometría sencilla, ya que los más complejos son más difíciles de secar y se podía dar el caso que tuviéramos que reducir demasiado la velocidad de la línea y hacer que la línea perdiera cadencia.

Así que optamos por introducir un metro más de secadero, ya que teníamos espacio suficiente y hacía que todos los modelos salieran completamente secos.

Con esta mejora hemos conseguido reducir el falso rechazo, suponiendo un ahorro de energía, de trabajo, de tiempo y de fiabilidad del sistema

Otra solución para evitar este problema era subir la temperatura de aire del secadero, aumentando las resistencias, aunque suponía un aumento del consumo eléctrico muy elevado, así que se optó por la más rentable.

Imagen 34.- Lavadero/secadero alargado

- Añadir filtrador de agua: Durante el proceso de producción del vidrio se generan partículas. Por lo general, las partículas inertes se desarrollan cuando se frota un elemento contra otro, como el polvo que se produce cuando se corta un trozo de madera.

En nuestro caso estas partículas generadas se recogen en un medio aquoso que es desechado por ello. Es por ello, que uno de los motivos de esta mejora es introducir un elemento que pueda recoger estas partículas para poder reutilizar el agua e introducirla en el sistema.

Para ello nos hemos basado en:

1. Caracteristicas del fluido portador

Temperatura, presión, humedad, densidad, viscosidad, punto de rocío de los componentes condensables (agua normalmente), conductividad eléctrica, corrosividad, inflamabilidad, toxicidad, etc.

2. Caracteristicas del polvo

Granulometría y distribución de la misma, densidad de las partículas, tendencia a la aglomeración, corrosividad, tendencia a la higroscopicidad, inflamabilidad, toxicidad, conductividad eléctrica, abrasividad.

Así mismo podemos clasificarla como:

PARTICULAS SEDIMENTABLES > 76 micras
PARTICULAS EN SUSPENSION < 76 micras

POLVO FINO < 5 micras
POLVO MEDIO BAJO 5 - 20 micras
POLVO MEDIO ALTO 20 - 50 micras
POLVO GRUESO > 50 micras

3. Factores de proceso

Caudal, concentración de partículas y gases, variación de los caudales, eficacias requeridas, pérdida de carga permisible, etc.

4. Factores operacionales

Limitaciones estructurales de instalación, espacio en el suelo, etc.

Esto es lo que sería deseable conocer en todos los problemas, pero en la realidad, de muchos de estos parámetros sólo se tiene una idea aproximada. De los parámetros citados se ha de tener un conocimiento bastante exacto de los principales para poder elegir y diseñar el equipo adecuadamente:

- Concentración(es) de la emisión y eficacia requerida, ya que esto condiciona el escoger un equipo u otro. Esto es difícil conocerlo con exactitud, pero por experiencia y analogía con otras instalaciones se puede conocer aproximadamente.

- Temperatura, este parámetro también puede llegar a condicionar la elección de un tipo de equipo u otro. Se suele conocer con precisión.

- Caudal, este parámetro condiciona el tamaño del equipo, siendo éste proporcional prácticamente al caudal.

- Datos fisicoquímicos especiales de cada caso particular: tendencia a la aglomeración, abrasividad, explosividad, toxicidad, etc.

Tecnología deporación de partículas.

Una vez que sabemos que parámetros determinaran nuestro sistema, debemos conocer que métodos para eliminación de partículas hay disponibles.

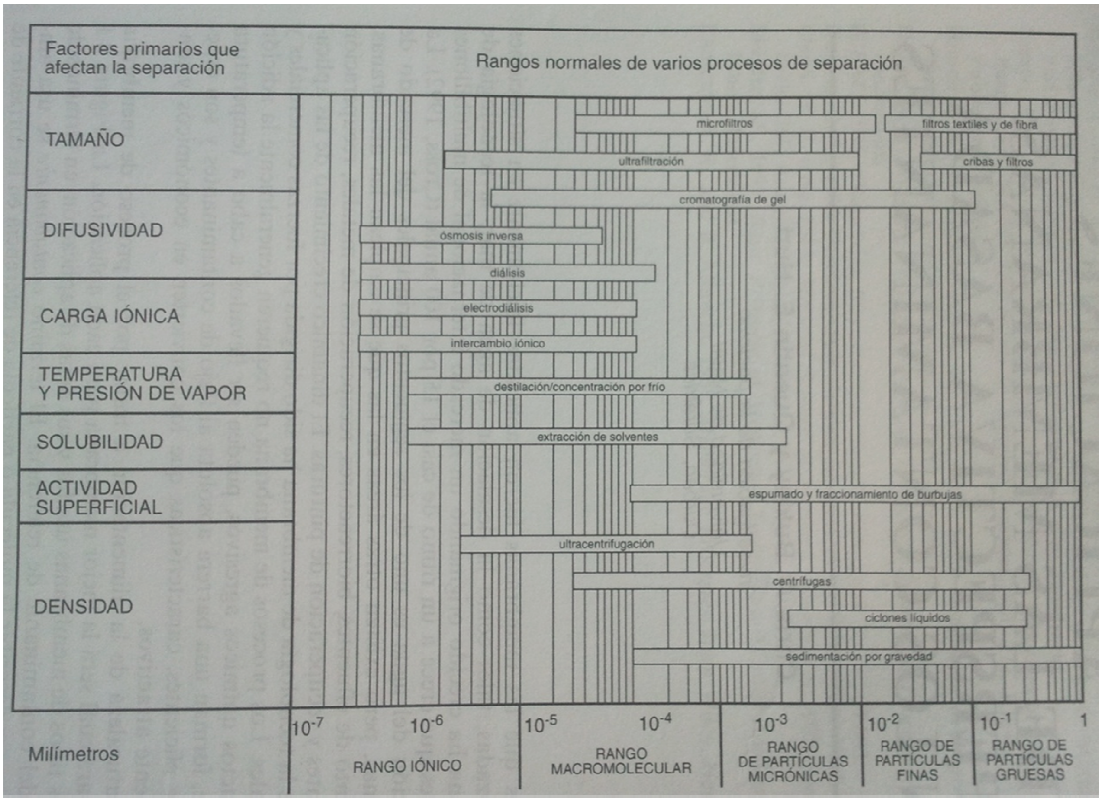


Tabla 2.- Equipamiento utilizado para la eliminación de partículas. Manual del agua. Ed. McGraw Hill

Teniendo en cuenta los factores anteriores y sabiendo nuestro caudal necesario y tamaño de las partículas existentes en el agua, observamos que los ciclones líquidos o Hidrociclones son los que mejor se encajan en nuestro sistema.

Los Hidrociclones son equipos ampliamente utilizados para la separación, concentración y la clasificación de partículas en muy distintas ramas de la ingeniería, estando integrados en las instalaciones industriales.

Los primeros dispositivos fueron diseñados y dimensionados para promover la separación sólido–líquido, pero en nuestros días son cada vez más empleados en procesos de clasificación, clarificación y separación sólido–sólido, líquido–líquido y gas–líquido.

Un hidrociclón que trabaje con mezclas sólido-líquido está constituido por un cuerpo cilíndrico al que se le acopla en la parte baja una pieza tronco-cónica. En su interior se promueve la formación de un vórtice, consecuencia de la fuerza centrífuga generada, que favorece que las partículas sean desplazadas contra las paredes del equipo y, por ello, que el líquido sea descargado de sólidos.

Por consiguiente, el hidrociclón es un dispositivo que aplica la separación centrífuga sin necesidad de partes móviles internas; es barato, compacto y versátil. Presenta ventajas frente a otros equipos en determinadas operaciones y cuando las densidades de las sustancias que integran las suspensiones son muy parecidas .

La modelización de los hidrociclones es compleja, ya que tanto ésta como la eficacia de separación van a depender de la composición de las distintas fuerzas actuantes y de su magnitud, así como de las posibles interferencias, propiedades geométricas del equipo, parámetros de los diferentes dispositivos y otros factores . Es por lo que se han realizado estudios que se centran en investigar bien la modificación de propiedades geométricas, por ejemplo, aumentar y rediseñar el buscador de vórtices o variar el ángulo en la sección tronco-cónica , bien otro tipo de aspectos tales como los análisis sobre la tipología de flujo interno e incluso la simulación y predicción en base a métodos numéricos, ya que ello puede permitir conocer el comportamiento del equipo y específicamente su eficacia separadora.

Lo precedente evidencia que actualmente el diseño y selección de los hidrociclones estén en la práctica basados en datos empíricos y/o experimentales, pues no parecen existir modelos capacitados para predecir en todas las aplicaciones el funcionamiento de los mismos .

Es por lo que, aun cuando el hidrociclón es un dispositivo de construcción relativamente sencilla, la fabricación de los equipos a medida de los posibles clientes sigue en general diseños ajustados a las bien conocidas familias de hidrociclones con geometrías como las citadas en la bibliografía .

El hidrociclón consiste de una parte cónica seguida por una cámara cilíndrica, en la cual existe una entrada tangencial para la suspensión de la alimentación (Feed). La parte superior del hidrociclón presenta un tubo para la salida de la suspensión diluida

(overflow) y en la parte inferior existe un orificio de salida de la suspensión concentrada (underflow). El ducto de alimentación se denomina inlet, el tubo de salida de la suspensión diluida se denomina vortex, y el orificio de salida del concentrado se denomina apex, tal como se puede observar en el siguiente esquema de las partes del hidrociclón:

La suspensión es bombeada bajo presión, y entrando al hidrociclón a través del tubo de alimentación se genera un movimiento de tipo espiral descendente debido a la forma del equipo y la acción de la fuerza de gravedad. A razón de este movimiento se produce una zona de muy baja presión a lo largo del eje del equipo, por lo que se desarrolla un núcleo de aire en ese lugar. A medida que la sección transversal disminuye en la parte cónica, se superpone una corriente interior que genera un flujo neto ascendente también de tipo espiral a lo largo del eje central del equipo, lo que permite que el flujo encuentre en su camino al vortex que actúa como rebalse.

Las partículas en el seno del fluido se ven afectadas en el sentido radial por dos fuerzas opositoras: una hacia la periferia del equipo debido a la aceleración centrífuga y la otra hacia el interior del equipo debido al arrastre que se mueve a través del hidrociclón. Consecuentemente, la mayor parte de las partículas finas abandonarán el equipo a través del vortex, y el resto de las partículas, mayoritariamente los gruesos, saldrán a través del apex.

Este tipo de tecnología a pesar de sus ventajas por sencillez de instalación y operación con ella. Tal como hemos explicado su mejor rendimiento lo encontraremos con el día a día.

Recomendamos la introducción de este elemento al final de la línea de trabajo y después pasar por un tanque de homogenización del fluido introducirlo en el hidrocilon de esta manera nos aseguramos un flujo contrastante en la entrada y llevar el agua a la cabecera de la línea donde allí será introducida al sistema.

En las siguientes figuras se puede observar la trayectoria de flujos dentro del hidrociclón así como sus partes operacionales. .

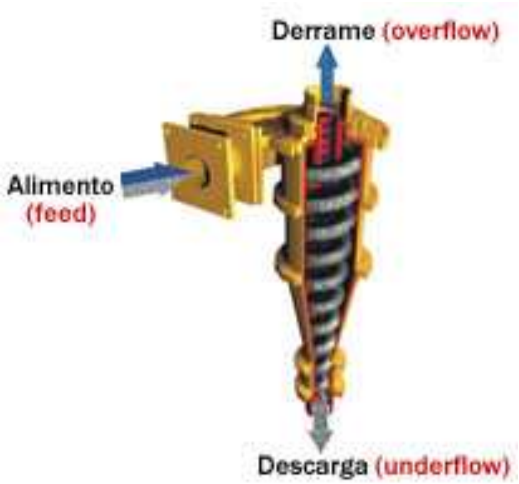


Imagen 35.- Esquema de un hidrocicón y sus flujos de operación

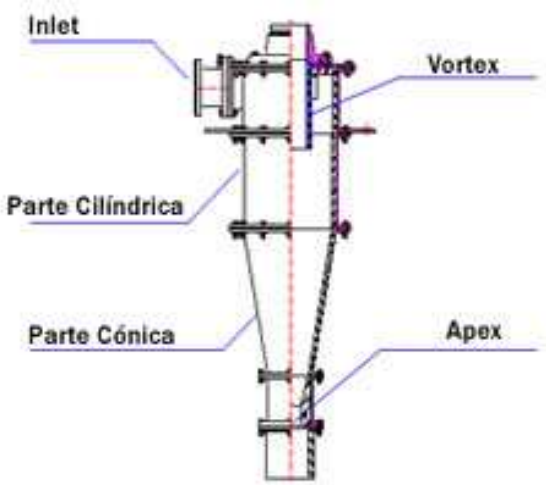


Imagen 36.- Esquema de las partes principales de un hidrociclón.

- Cambiar rodillos periódicamente: En el interior del lavadero encontramos unos rodillos de goma por donde se desplazan los vidrios mientras se limpian con agua. Estos rodillos son de goma para que no puedan ni rayar ni producir ningún tipo de defecto al vidrio.

Con l paso del tiempo se puede observar el deterioro que sufren, ya que en algunas ocasiones entra vidrio roto que produce cortes y desgarra parte de estos rodillos.

Al producir esto desgarros y cortes, la goma de los rodillos se va soltando y se enganchan al vidrio, cosa que hace que si llega a la zona de inspección, el sistema lo detecta como un defecto en el vidrio y rechaza la pieza hacia la zona de inspección manual.

Por ese motivo se tiene que tener en cuenta el estado de los rodillos y cambiarlos en cuanto puedan darnos problemas de este tipo.

Imagen 37.-Rodillos del lavadero

Mejora de la ventilación de la cabina

El sistema de luces LED y de cámaras se encuentra en el interior de una cabina, donde están todos los componentes más protegidos del exterior.

El mayor problema que encontramos es la suspensión de partículas que existe en el ambiente, ya que los vidrios, una vez inspeccionados son impregnados en una sustancia en forma de polvo llamado lucite.

Este polvo crea una finísima película entre vidrio y vidrio al ser empaquetados. Esto evita que se rayen entre ellos y no se llegue a producir una especie de soldadura que se produce cuando están en contacto dos superficies muy pulidas.

Este polvo y las otras partículas del ambiente pueden llegar a entrar en el interior de la cabina, ya que no es estanco y tiene oberturas por las que entra y sale el vidrio.

Todo esto hacía que las lentes de fresnel, los objetivos de las cámaras y demás componente se ensuciaran y perder, así, sensibilidad, bajando nuestra fiabilidad.

Para evitar este problema instalamos un ventilador que insuflará aire en el interior de la cabina

La ventilación por sobrepresión se obtiene insuflando aire dentro de la cabina, poniéndola en sobrepresión en el interior respecto a la presión atmosférica. El aire fluye hacia el exterior por las 2 oberturas que tiene la cabina. A su paso el aire barre los contaminantes del interior y deja la cabina llena de aire limpio.

Para crear esta ventilación necesitamos un ventilador que elegiremos según nuestras necesidades de caudal.
Para realizar los cálculos existen unas tablas con el número de renovaciones necesarias, dependiendo del uso del recinto. Ver anexo 4. *Tabla de renovaciones.*

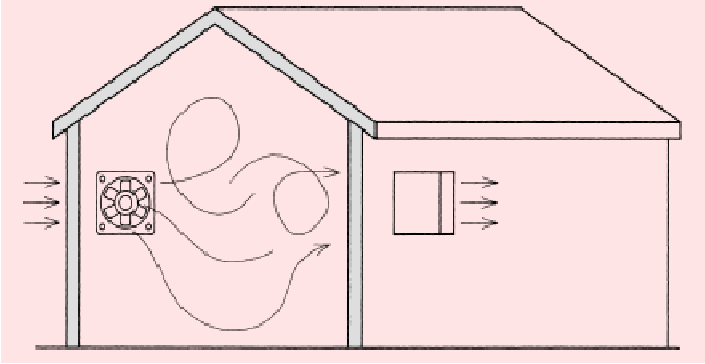


Imagen 38.-Esquema de ventilación por sobrepresión.

Para realizar esta ventilación hemos buscado un ventilador que se pueda acoplar a la cabina y que aspire aire limpio del exterior, ya que nuestro sistema se encuentra cerca y será fácil poder coger aire externo.

Mejora de los transportes

Las cintas transportadoras están compuestas por unos rodillos cilíndricos de acero, a lo que van puestos unas virolas de goma por donde se desplazan los vidrios.

Estos rodillos se mueven con unos cojinetes que van engranados a un motor eléctrico. En ocasiones las virolas se desplazan a lo largo del eje y hacen que la pieza no apoye bien. Esto produce que se puedan mover durante la inspección y el sistema detecte un defecto cuando no lo hay realmente.
Los cojinetes se van deteriorando con el paso del tiempo y el uso, por eso trataremos de cambiarlos periódicamente y evitar así que el eje rote excéntrico por un problema de los cojinetes.
Se hará una revisión anualmente y si se observa cualquier deterioro se cambiarán.

Mejora de la seguridad

En la línea de producción, justo a la salida del lavadero existe un final de carrera que avisa al PLC si el estocador está listo o no para que las piezas rechazadas vayan hacia allí y cuenta el número de vidrios que pasan. El problema es que se ha dado el caso que en algunos turnos, este final de carrera ha sido tapado por algún operario, consiguiendo así que el PLC no pueda dar la señal de que el estocador está en perfecto uso, lanzando todos los vidrios como si fuera buenos, aunque el sistema lo de por defectuoso.

Este problema se ha detectado, normalmente, en el turno de noche, que es cuando el sistema se puede descontrolar y tener un gran falso rechazo por los motivos que hemos explicado antes.

Con el capado de éste final de carrera los operarios se quitan la tarea de tener que introducir un gran número de vidrio en la línea.

Al tener un elevado número de vidrio rechazado, los operarios no se detienen a inspeccionar detalladamente y lo introducen directamente en la línea.

Esta acción conlleva un gran problema ya que existe una gran probabilidad de que lleguen vidrios defectuosos a nuestros clientes.

Para evitar que los operarios puedan hacer esto, se ha instalado un final de carrera antes del lavadero que hace el recuento de vidrios que pasan. Con esto se pueden contrastar los resultados de un contador y otro, ya que si el operario capa el final de carrera que está justo a la salida del lavadero para que el sistema no rechace vidrio, tampoco contará los vidrios que han pasado.

El final de carrera que instalamos no se puede tapar, ya que se pararía la línea de producción.

Esta orden de parar la línea no se la podemos dar al final de carrera instalado por un cruce de órdenes, por eso la opción era instalar uno nuevo.

4. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

4.1 Cálculo de ahorro de tiempo y dinero

La media de cadencia de la línea de los modelos más habituales es de 375 vidrios a la hora.

Falso rechazo con cadencia de 375 vidrios/hora			
Mes de control	Falso rechazo observado	Vidrios totales	Tiempo utilizado (min.)
Octubre 2011	16.40 %	61.5	30.75
Marzo 2012	3.96 %	14.8	7.4

La reducción ha sido de 12,44 puntos, esto supone una reducción de 46,7 vidrios/hora. *Ver anexo 5.*

Cronometrando lo que se tarda en ir a la zona de inspección, coger vidrio, inspeccionarlo y devolverlo a la línea de producción, hemos obtenido un tiempo de 30 segundos por cada vidrio, con lo cual obtenemos que de 60 minutos, gastábamos 30.75 minutos en solventar los falsos rechazos.

Con las mejoras y al obtener esa reducción de falsos rechazos, ahora solo necesitamos 7.4 minutos de cada 60.

Esta reducción supone, reducir el tiempo empleado en analizar los falsos rechazos e introducirlos de nuevo en la línea en 23.35 minutos cada hora.

Este tiempo el operario lo utilizará para reglar las máquinas de la línea y así evitar que se produzcan rechazos irrecuperables.

23.35 minutos/hora x 8horas (jornada laboral)= 186.8 minutos.

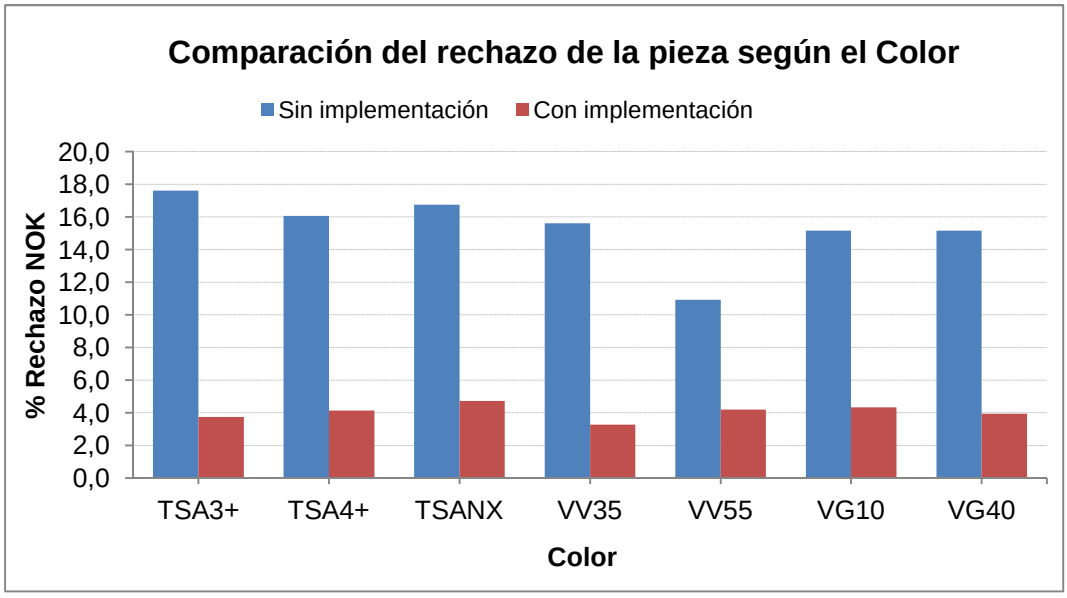
El sueldo de los operarios de línea es de 15€/hora.

Este ahorro de tiempo nos supone:

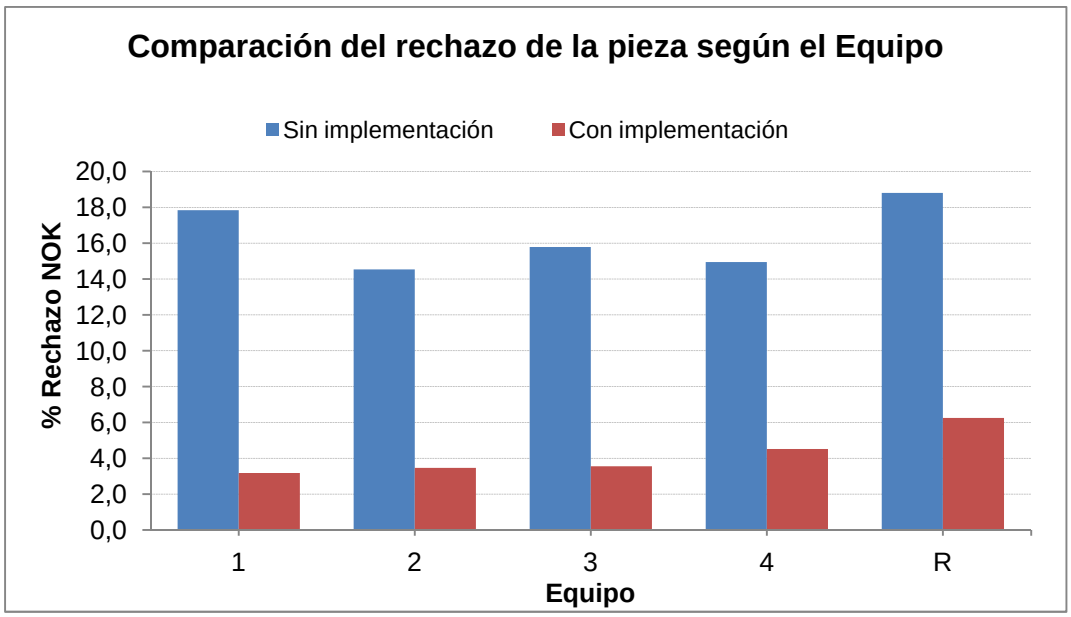
- Ahorro en cada turno: 186’8 minutos x 0’25€/minuto= 46’7€
- Ahorro al día: 140’1€
- Ahorro al mes: 2.580’17€
- Ahorro anual: 30.962’1

Para comprobar que los falsos rechazos no se producían por asuntos externos a los estudiados, se analizaron los resultados dependiendo de los equipos que trabajaban en los turnos y también por los diferentes colores del vidrio.

A continuación podemos observar que hay diferencias entre los diferentes equipos y también dependiendo del color, pero nos diferencias poco apreciables. Así podemos confirmar que ni los equipos de trabajo, ni los colores del vidrio no afectan, en una medida considerable, a los resultados obtenidos de los falsos rechazos.



Gráfica 1.- comparativa según color del vidrio



Gráfica 2.- comparativa según equipo de trabajo

En la gráfica 1 podemos ver como con el color VV55 tenemos un menor número de falsos rechazos. Esto es debido a que es de los colores que menos se fabrican, por esa razón es posible que tengamos menos rechazos.

En cuanto a la gráfica 2, los rechazos observados dependiendo del turno, observamos que son muy similares, despuntando un poco el equipo "R". Éste equipo, no está siempre en esta línea de fabricación, sino que va variando dependiendo de los días. Esta circunstancia hace que no conozcan la línea ni las máquinas como los otros equipos, y esa razón, posiblemente, sea la causante de que haya un número más elevado de falsos rechazos que en los demás equipos.

4.2 Cálculo del caudal par la ventilación de la cabina

Para tener una buena ventilación por sobrepresión en la cabina, necesitaremos calcular el caudal necesario del aire que debemos insuflar en el interior, dejando así el aire del interior limpio, sin partículas.

Primero debemos calcular el volumen de la cabina
Nuestra cabina mide 2m de largo x 1'5m. de ancho x 2 m. de alto, por lo que nuestro volumen será de:

$V=6m^3$

Éste volumen lo tenemos que multiplicar por un factor de renovación de aire. Éste factor viene dado en unas tablas. Dado el uso que tiene la cabina, el factor que utilizaremos es N=10. *Ver anexo 4.*

Con estos datos obtendremos:

$Q=VxN$
$\mathbf{Q=60m^3/h}$

El ventilador elegido nos dará 150 m^3/h, así que no tendremos problemas para conseguir éste caudal. *Ver anexo 6.*

4.3 Elección de hidrociclón

Nuestras partículas estarán comprendidas entre 10^{-3}-10^{-2} milímetros, y con un caudal de 3000 l/h.

Con estos datos hemos elegido un hidrociclón que sea capaz de darnos el caudal necesario para un buen funcionamiento del sistema y que sea capaz de eliminar las partículas que contiene nuestra agua.

Imagen 39.- Hidrociclón.www.copersa.com

Este hidrociclón es capaz de dar un caudal de hasta 8 m³/h. Aún habiendo uno que nos daba hasta 4 m³/h, hemos decidido coger uno que sea capaz de darnos un caudal superior, pensando en una posible necesidad futura. *Ver anexo 7*

Con la instalación de este sistema conseguimos un ahorro de agua elevado. Este sistema es capaz de filtrar un 97% del agua de todo el circuito. Teniendo en cuenta que antes debíamos cambiar el agua mensualmente, normalmente, y el circuito era de 10.000 litros, conseguimos un ahorro de 9.700 litros al mes.

Económicamente, el ahorro no es muy notable, supone unos 20€ mensuales, pero se trata de una gran cantidad de agua.

5. PLIEGO DE CONDICIONES

Mejora de la limpieza de vidrio

Necesitamos que el vidrio sin suciedad en la superficie.

En el sistema de inspección se ha detectado que existe un gran rechazo debido a la suciedad del vidrio en el momento que pasa por la luz LED. Esto puede ser debido a varios aspectos, que el agua del lavadero esté sucia, ya que es un circuito cerrado, y aún teniendo filtros, el agua va absorbiendo partículas de suciedad, debido a restos del mecanizado del vidrio, restos del desgaste de los rodillos…etc.

La suciedad del vidrio también puede deberse a que el secadero no tiene suficiente calor para secar las piezas y quedan restos de agua, que el sistema las identifica con defectos y rechaza todas ellas o también por si la velocidad de la línea es muy elevada y no da tiempo a que se seque del todo el vidrio.

Todos estos problemas hacen que el rechazo se eleve de manera cuantiosa, llamándolo falso rechazo, ya que realmente el vidrio puede estar en perfectas condiciones.

Este rechazo supone un trabajo extra para el operario y ralentiza la línea, así también, supone un gasto extra al utilizar un transportador para llevar el vidrio rechazado hasta la zona de inspección.

También se tiene que tener en cuenta que el vidrio es un material muy sensible al ser manipulado, ya que se puede rallar o romper con cualquier mala manipulación, así que también contemplaremos los vidrios que se rompen o se rayan durante su manipulación de inspección.

Ventilación de la cabina

Debemos evitar que en el interior de la cabina entren partículas del exterior.

En el interior de la cabina se encuentra todos los componentes más sensibles del sistema, las lentes de fresnel, las cámaras, los espejos que reflejan la imagen…

La cabina está cerrada, pero existen 2 oberturas por donde entran y salen los vidrios. Por estas ranuras entra polvo y partículas en suspensión que hay en el ambiente, causadas por la mecanización, el proceso productivo y el ambiente en general.

Esto es un problema, ya que estos elementos se van ensuciando y van perdiendo sensibilidad, al perder sensibilidad, la fiabilidad del sistema disminuye.

Por este motivo se pensó en presurizar la cabina. Al crear una sobrepresión en el interior de la cabina, evitaríamos la entrada de estas partículas tan perjudiciales para el sistema.

Mejora de los transportes

Los cojinetes con el uso se van deteriorando y no giran concéntricos al eje, esto hace que el vidrio pueda votar y vibrar en la zona de inspección y hacer que el sistema rechace un vidrio aunque no tenga ningún defecto.

Mejora de la seguridad

Debemos instalar un final de carrera en la línea de producción para que los operarios no puedan capar la señal del PLC y hacer que no se rechacen vidrios.

6. PRESUPUESTO

6.1 Ingeniería

Para poder realizar el proyecto de mejora, se han necesitado un total de 175 horas. El tiempo invertido se ha destinado a la observación y análisis de datos, imprescindible para poder realizar las mejoras oportunas. El ingeniero ha ido supervisando el trabajo y dado el visto bueno a las mejoras propuestas.

PRESUPUESTO INGENIERÍA			
Concepto	€/hora	Horas	Total €
INGENIERO	20	15	300
BECARIO	8	160	1.280
		TOTAL €	1.580

6.2 Maquinaria y materiales

Para la compra de materiales se han estudiado varias ofertas de distintas empresas. En el caso del lavadero y los rodillos, para tener una integración fácil y correcta, se ha comprado a la misma empresa que nos sirvió el lavadero original.

PRESUPUESTO MAQUINARIA Y MATERIALES		
Concepto		Precio €
FILTRADOR AGUA LAVADERO		316’24
SISTEMA DE VENTILACIÓN Ventilador Accesorios		 173’30 25’00
SECADERO		6.280’00
RODILLOS LAVADERO		2.650’00
	TOTAL €	9.444’54

6.3 Implantación y puesta apunto

La implantación y puesta a punto del lavadero, cambio de rodillo y ventilación de la cabina la realizó una empresa que tenemos subcontratada que nos hace todo el mantenimiento de la empresa.

En cuanto al filtrador de agua, la instalación fue a cargo de la empresa que nos vendió el sistema.

PRESUPUESTO IMPLANTACIÓN Y PUESTA A PUNTO			
Concepto	€/hora	Horas	Precio €
INSTALACIÓN FILTRADOR AGUA	25	8	200
INSTALAR VERNTILACIÓN	20	5	100
INSTALACIÓN SECADERO	20	50	1.000
CAMBIO RODILLOS LAVADERO	15	12	180
		TOTAL €	1.480

Total presupuesto: 12.504’54 €

6.4 Amortización

La amortización del proyecto la calcularemos solamente con el ahorro que supone el ahorro de tiempo por parte del operario, a la hora de tener que retirar vidrios con falsos rechazos e introducirlos de nuevo en la cadena de fabircación.

Coste total de proyecto= **12.504'54 €**

Ahorro mensual con mejoras= **2.580'17 €/mes**

Amortización= Coste total/Ahorro mensual

Amortización= 4'84 meses.

El proyecto estará amortizado en 4'84 meses.

7. CONCLUSIONES

Una vez instaladas todas las mejoras y habiendo visto los resultados, podemos decir que ha sido un éxito, ya que no se ha necesitado una gran inversión ni de dinero ni de tiempo, ya que hay que contemplar el tiempo que se ha necesitado para montar las mejoras, al tener la línea parada.

Con los cambios introducidos, no solo mejoramos nuestra calidad al reducir notablemente la llegado de vidrios defectuosos a nuestros clientes, sino que también hemos mejorado en el proceso de fabricación, ya que liberamos al operario de línea de un trabajo que no daba ningún añadido a nuestro producto. Por lo contrario. al liberarle de este trabajo, se podrá dedicar a mantener la línea bien ajustada, evitando así, posibles paradas no programadas y la aparición de defectos en los vidrios.

También hemos mejorado ambientalmente, ya que al instalar el hidrociclón para filtrar el agua del lavadero, ahorramos una gran cantidad de agua, ya que antes, cuando notábamos que nos producían problemas se cambiaban los 10.000 litros que contenía el circuito del lavadero.

En la amortización solo hemos tenido en cuenta los ahorros directos, pero también debemos contemplar el aumento de valor de nuestra marca. Aún así tenemos la amortización en 4'84 meses, período bastante corto para poder amortizar un proyecto.

El hecho de que llegarán paquetes de vidrios defectuosos era muy perjudicial para nuestra marca, ya que eran causantes de indemnizaciones y de pérdida de clientes.

Con este proyecto de optimización, he aprendido a analizar un sistema en una cadena de producción, identificar los problemas, estudiar las posibles mejoras, implantarlas y ver los resultados.

Evidentemente me ha aportado muchos conocimientos sobre la visión artificial, campo que desconocía, sobre la ventilación de ambientes y sobre la filtración de agua.

Pero sobretodo la experiencia de poder llevar a cabo todo el proceso de mejora.

8. BILBIOGRAFIA

-Manual del vidrio. Saint Gobain Glass. Edición 2001

-Manual del agua. Ed. McGraw hill. Frank N. Kemmer y John Mc Callion

-Svarovsky, L.“Solid-liquid Separation”, Ed. Elsevier,Amsterdam (1981).

-Rushton, A.; Ward,A.S. y Holdich, R.G.; “Solid-liquid Filtration & Separation Technology”, Ed.VCH, Germany (1996).

-Ortega Rivas, E.“Applications of the liquid cyclone in Biological separations”. Eng. Life Sci., 4, 119-123 (2004).

-Aguirre, M.“Depuración centrifuga”. Celulosa y Papel, 2, 14-18 (2000).

-Petty, C.A. y Parks, S.M.; “Flow predictions within hydrocyclones”. Filtration & Separation, 38, 28-34 (2001).

-Schweitzser, A.; “Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers”, Ed. McGraw-Hill, NewYork (1979).

-He, P.; Salcudean, M. y Gartshore, I.S.; “A Numerical Simulation of Hydrocyclones”. Chemical Engineering Research & Design. 77, 429-441 (1999).

-Chen,W.; Zydek, N. y Parma, F.“Evaluation of hydrocyclone models for practical applications”. Chemical Engineering Journal, 80, 295-303 (2000).

-www.coopercameron.com

-www.espiasa.com.pe

-www.natcogroup.com

-http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/sec_6.html

-www.copersa.com

-www.soler&palau.es

-www.salvadorescoda.com

9. ANEXOS

Anexo 1. Calidad de canteado

Anexo 2. Test de fiabilidad

Anexo 3. Tabla de control de defectos

Anexo 4. Tabla de renovaciones de aire

Anexo 5. Control de rechazo del sistema

Anexo 6. Ventilador

Anexo 7. Hidrociclón