

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
MECATRÓNICA

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE HOJAS DE
CUERO PARA LA FÁBRICA GAMACUEROS.

AUTOR:

MANUEL ALEJANDRO FUENTES ROJAS

DIRECTOR:

Ing. COSME MEJÍA

Ibarra, 2016

SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE HOJAS DE CUERO PARA LA FÁBRICA GAMACUEROS

Manuel Alejandro Fuentes Rojas*; Cosme Damián Mejía Echeverría**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

*manuelfuentes90.mf@hotmail.com; **cdmejia@utn.edu.ec

Resumen

En el presente trabajo de investigación se presenta un sistema basado en visión artificial, éste realiza la medida del área y clasificación en hojas de cuero para la fábrica GAMACUEROS.

El sistema se compone de software: programa para Calibración del sistema, Control de calidad y Base de datos; hardware que es el conjunto de: estructura inferior y superior, cámara, luminaria, tablero de control, ordenador e impresora.

Este software fue desarrollado en el entorno de lenguaje de ingeniería, éste permite procesar las imágenes obtenidas por la cámara situada en la estructura superior y realizar encendido, apagado y control de la intensidad de la luminaria. El programa de calibración comprueba el estado de la luminaria mediante el uso de redes neuronales artificiales en la imagen y calibra la medida usando la pieza de calibración. El programa de Control de calidad obtiene el valor de área en el cuero, realizando control de luminaria y procesamiento de la imagen; así mismo, clasifica de acuerdo con la norma de calidad que propone la corporación ganadera CORFOGA, usando plantillas situadas sobre los defectos que posee el cuero; los resultados se almacenan en un archivo Excel y se imprimen en una etiqueta. Adicional puede volver a visualizar o imprimir etiquetas en el programa Base de Datos, ingresando el código del cuero deseado.

Como resultado, tenemos valores de área con un error de $\pm 1\%$ y una clasificación correcta.

Palabras clave

Cuero, clasificación, área, imagen, visión artificial.

Abstract

In the present research work it is presented a system based on artificial vision, this performs the measure of area and grading of leather sheets for GAMACUEROS factory.

The system is composed of software: Calibration system program, Quality Control and Database; hardware that is the set of: lower and upper structure, camera, luminary, control panel, computer and printer.

This software was developed in engineering environment, this allows to process the images obtained by the camera located on the upper structure and performs the on, off and intensity control of the luminary. The calibration program checks the status of the luminary by using artificial neural networks on the image and calibrates the measure using the calibration piece. The Quality Control program obtains the value of area in the leather, performing luminary control and image processing; likewise, classifies according to quality standard proposed by livestock CORFOGA corporation, using templates situated over the flaws that the leather possesses; the results are stored in an Excel file and printed on a label. Additionally, it can

return to display or print labels in the database program, entering the code of the desired leather.

As a result, we have area values with an error of $\pm 1\%$ and a correct classification.

Keywords

Leather, classification, area, image, artificial vision.

Introducción

En la actualidad el auge tecnológico permite crear sistemas basados en inteligencia artificial que mediante periféricos y ordenadores logra interpretar el mundo real y transformarlo a digital. *El procesamiento digital de imágenes se remonta a la década de los 60 y está directamente ligada con el desarrollo y evolución de las computadoras. Su progreso ha ido de la mano con el desarrollo de las tecnologías de hardware, ya que requiere un alto poder y recursos computacionales para almacenar y procesar las imágenes.* (García, 2008)

La visión artificial, reemplaza en parte funciones que realiza un operario como: catalogar o evaluar uno o varios objetos; aun así, es necesario el control por parte del operario para comprobar el correcto funcionamiento del sistema.

Se establece una situación real de aplicación de un sistema con visión artificial, en la cual se debe clasificar y medir el área de hojas de cuero. El sistema obtiene imágenes con diferentes características, de acuerdo a la posición de la luminaria.

La comunicación con el usuario se efectúa mediante una interfaz gráfica, esta oculta el código mostrando solamente la información que el usuario necesita. El software además realiza el control de encendido, apagado y control de la intensidad de la

luminaria, automatizando completamente el proceso de análisis.

MAQUINAS EXISTENTES

Para la industria del cuero se han desarrollado maquinarias que permiten medir superficies de manera automática, en fábricas artesanales como GAMACUEROS no existe esta maquinaria y no se tiene un control de producción, esto motiva a incorporar un sistema novedoso y productivo.

Como ejemplo de maquinaria para medir superficies se tiene MD ROLL, *“es una medidora que opera con rodillos ópticos, lo que permite medir con precisión las zonas de cueros suaves y sin perdidas debidas a la formación de arrugas de la piel.”* (NBN Automação Industrial, 2014). Este tipo de maquinaria necesita un mantenimiento complejo porque posee demasiadas piezas y con el tiempo pierde precisión por el desgaste que sufren los rodillos.

La fábrica GAMACUEROS mide superficies artesanalmente, mediante una malla con cuadros de 30.48 [cm] representando 1 [ft^2], esta se coloca sobre el cuero y se cuenta la cantidad de cuadros que son cubiertos, los sobrantes se introducen proporcionalmente en los espacios donde falta de llenar y se obtiene un valor estimado. La clasificación del cuero es uno de los factores determinantes al dar un valor monetario al cuero, por el momento no se sabe la existencia de una máquina que pueda clasificar por fallas los cueros según normas. Tampoco se tiene una norma vigente en el país, actualmente la clasificación se la hace de acuerdo al criterio de cada fábrica.

EL CUERO

(PROECUADOR, 2016) *establece una producción a nivel nacional de 350 mil cueros y pieles al año. De esta una pequeña parte se destina*

al mercado interno del calzado, marroquinería y confecciones, y una gran parte de la producción del cuero y pieles se exporta.

Según (CUERONET, 2014) el manejo de pieles exige el conocimiento de enfermedades y laceraciones. La calidad del cuero e imperfecciones se determina por la manera como se cría al animal y su modo de vida.

De acuerdo a (Mann, 1978), el proceso de curtido tiende a acentuar imperfecciones, las fallas por tórsalos, garrapatas, marcas por herrete entre otros pueden presentar pequeños agujeros, en este proceso se agrandan y se notan como agujeros o desgarros. Otro factor es el acabado de pintura.

Proceso de control de calidad.

El proceso de control de calidad se lo ejecuta en dos etapas:

- Primera etapa: Toma de medida de área de la hoja de cuero
- Segunda etapa: Categorización del cuero en clase A, B o C.

Actualmente la fábrica determina el área y la clase manualmente, incrementando el índice de error en este proceso. La propuesta de este artículo unifica este proceso en una sola máquina y certifica con un método numérico la clase de cuero y el área real de la hoja de cuero, proporcionando una herramienta para la fábrica que permita disminuir los tiempos de producción y competir con el mercado nacional e internacional.

El valor monetario del cuero.

La fábrica GAMACUEROS no posee un método matemático para clasificar al cuero, por ello se toma como referente la clasificación propuesta por la corporación ganadera (CORFOGA, 2014)

TABLA 1 CATEGORIZACIÓN DEL CUERO

Clase	Área útil [%]	Características	Grado de daños
A	90	No se permite cicatrices abiertas, mucha cicatriz cerrada solamente fuera de la banda central, no se permite tórsalos, garrapatas ni muchas arrugas, permite un solo daño no mayor de 5 cm de diámetro fuera de la banda central, no más de 2 marcas de fierro pequeñas, en un solo tercio cerradas y cercanas al borde del lomo.	1 y 2
B	60 - 90	No se permite defectos extendidos a más de 1/3 de la hoja, defectos mayores a 10 cm. de diámetro, tórsaleras muy grandes ni gran cantidad de garrapatas, permite no más de dos defectos en un mismo tercio, poca cicatriz abierta en un solo 1/3, no más de 3 marcas de fierro, cerradas y además cercanas al borde del lomo	3
C	1 - 60	Presentan gran cantidad de defectos	4 y 5

Fuente: CORFOGA; Clasificación de Cueros, 2014

El valor monetario final del cuero se obtiene con el área final de una hoja de cuero y la clase designada. Cada clase tiene un valor de referencia por ft^2 .

ECUACIÓN 1 VALOR MONETARIO DEL CUERO

valor monetario

$$= (\text{precio correspondiente a la clase}) \times (\text{área final})$$

A continuación, se describe el precio final para algunos tipos de cuero:

TABLA 2 VALOR DEL CUERO POR CLASE

CLASE	PRECIO [\$/ FT ²]	ÁREA [FT ²]	VALOR [\$]
A	1.60	25	40
B	1.40	25	35
C	1.20	25	30

Método

ARQUITECTURA DEL SISTEMA PROPUESTO

El sistema de control de calidad actúa directamente sobre la hoja de cuero, esta es introducida y posicionada manualmente sobre la mesa de trabajo.

El software se encarga de adquirir la imagen y mediante filtros identifica la hoja de cuero y obtiene su área; del mismo modo para la etapa de categorización el operario coloca plantillas sobre las

fallas que pueda presentar el cuero y el software se encarga de identificar la ubicación y tipo de falla de acuerdo a la plantilla usada y entrega la clase asignada. Conjuntamente posee una interfaz gráfica donde el usuario puede seleccionar la acción a realizarse.

El ordenador donde se efectúa el procesamiento de la imagen, actúa en concordancia con una cámara web y una tarjeta que acciona las luminarias.

Hardware.

El hardware posee las siguientes partes:

Cámara.

Para la selección del tipo de cámara a usar se toma a consideración:

- El tamaño promedio de la hoja de cuero es 2.50 x 1.60 [m].
- Distancia mínima entre cámara y cuero.
- Calidad de imagen en video, para mayor precisión.

Estas condiciones favorecen utilizar la cámara Genius Widecam f100, que gracias a su lente gran angular de 120° permite abarcar el área de trabajo a una altura de 120 cm con una resolución de video 1080p FHD. Los datos técnicos están en el catálogo (Genius, KYE Systems Corp, 2014).

Esta cámara al poseer un lente gran angular presenta distorsiones ópticas tipo barril. *Se puede definir la distorsión como la variación o alteración que sufre el aspecto del objeto registrado en una imagen.* (Torres, Pomaras, & Gil, 2002)

Luminaria.

La ubicación de la luminaria es un factor fundamental en visión artificial, de acuerdo a la posición se resaltan diferentes características en una imagen. *Las mayores dificultades surgen cuando los sistemas tienen que operar en condiciones de*

iluminación variable y no controlada (Nilsson, 2001).

- *Luz frontal: Resalta la textura, y características tridimensionales del objeto*
- *Luz trasera: Genera solamente la silueta del objeto.*
- *Luz estructurada: Proyecta la imagen que se encuentre trazada en la máscara, es usada para realzar partes específicas de un objeto.* (Monsó, 1994).

Las características que tiene cada luminaria se describe en la tabla 3.

TABLA 3 CARACTERÍSTICAS LUMINARIAS

Luminaria ubicada en dirección frontal (Luminaria superior)	Luminaria ubicada en dirección trasera. (Luminaria inferior)
Iluminación distribuida en la imagen.	Situada en el contorno del cajón luminoso
Posibilidad de ser Dimerizable.	Cantidad reducida de luminaria.
Cantidad de luxes necesarios para realizar la visualización de fallas por el operador y la cámara.	La luz que emita debe ser blanca y potente, para contraste, haciendo siempre obscuro al cuero y claro el resto de la mesa.
Distancia entre lámpara y objetivo 120 [cm].	

La luminaria superior facilita la detección de las plantillas para la cámara y permite al operario distinguir visualmente las fallas que presenta la hoja de cuero. Por ello se define la cantidad de luxes de la luminaria de acuerdo con el trabajo que realiza el operario, según (Ministerio del Trabajo, 2016), *establece la cantidad mínima de 500 luxes para el área de trabajo en los que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de*

contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo. Se escogió usar lámparas dicroicas porque esta proyecta su haz de luz en forma de círculo. La potencia se selecciona de acuerdo al estudio de fotometría realizado por (Havells Sylvania, 2016) para lámparas de bajo consumo. De acuerdo a la fotometría se tendría un aproximado a 660 [lx] a una distancia de 120 [cm] con una lámpara de 20 [W]. Cumpliendo con la cantidad de luxes sugerida por el ministerio de trabajo se decide emplear lámparas dicroicas halógenas dicroicas 20 [W] y 12 [V~].

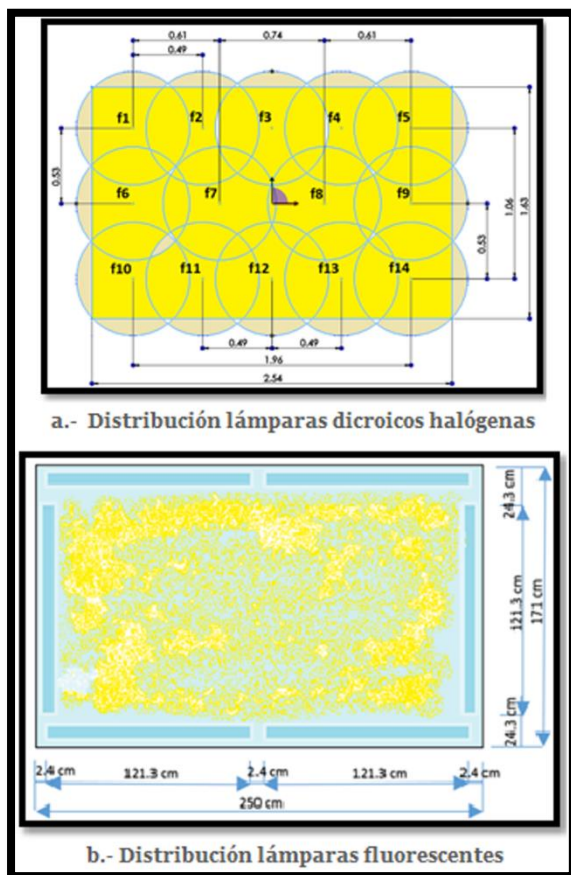


ILUSTRACIÓN 1 DISTRIBUCIÓN LUMINARIA

Su distribución es la dispuesta en la ilustración 1 (a), tomando en cuenta que en el centro se encuentra la cámara. En próximas referencias se la nombra como luminaria superior.

La selección de la luminaria inferior se efectúa en base a la mayor distancia que tiene el área

de trabajo siendo 250 [cm]. La luminaria a usarse es lámpara tubular F40Wt12 Sylvania con una longitud de 121.36 [cm], el diagrama de la distribución se muestra en la ilustración 1 (b)

Tarjeta de control de luminosidad.

La tarjeta permite el control de encendido, apagado y control de luminosidad mediante datos enviados desde un ordenador. La tarjeta se divide en 3 etapas:

TABLA 4 ETAPA TARJETA DE CONTROL DE LUMINOSIDAD

Etapas	Función	Amperaje máximo
Recepción de datos	Convierte la señal de puerto serial RS-232 a TTL, para que el micro controlador pueda interpretar los datos	----
Potencia lámparas halógenas	<ul style="list-style-type: none"> Control de potencia entregada a la carga Control de encendido y apagado de luminaria. 	2.53 [A]
Potencia lámparas fluorescentes	Control de encendido y apagado de luminaria	2.18 [A]

Tablero de distribución.

Dentro de este se encuentran las protecciones eléctricas tanto para el usuario como para el sistema. se analizan las cargas que soporta el Interruptor diferencial e interruptor termoelectrico.

TABLA 5 CARGAS ELÉCTRICAS

Componente	Luminaria superior	Luminaria inferior	Periféricos (computador, impresora)	Fuente de voltaje 110 [V ac] a 5[V dc]	Tarjeta de control luminaria	Total
Intensidad en Amperios [A]	2.18	2.53	5	0.15	0.5	10.36

Tanto el interruptor diferencial como el termoelectrico debe soportar 11 [A]. El panel de control se puede apreciar en el anexo 1

Diseño estructural.

La estructura se divide en dos segmentos, para disminuir vibraciones al colocar el cuero:

TABLA 6 CARACTERÍSTICAS POR ESTRUCTURA

Estructura para luminaria inferior	Estructura para luminaria superior y cámara
Delimitación del perímetro para colocación del cuero. 254 x 163 [cm].	Distancia entre la luminaria superior y la superficie de sobre la que se coloca en cuero de 120[cm].
Distancias entre lámparas en referencia con la ilustración 1 (b).	Distancias entre lámparas en referencia con la ilustración 1 (a).
Permitir el paso del rayo de luz emitido por la lámpara fluorescente.	Contiene la cámara en el centro de la estructura.

Elementos que complementan a la estructura inferior.

Se considera el uso de 2 elementos que se adhieren a la estructura

TABLA 7 ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DE ESTRUCTURA INFERIOR

Elementos	Características
Cubierta	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de agentes químicos y disolventes que se usan para el tinturado. • Resistencia a la abrasión. • Rigidez, no presentar curvatura al ejercer presión en la superficie. • Seguridad para el usuario.
Cajón luminoso	<ul style="list-style-type: none"> • Contiene la luminaria. • Concentrar y redirigir el haz de luz hacia la cara que no se encuentra cerrada.

Se opta por usar vidrio templado para la cubierta en base a las características de la tabla 7, el espesor se elige en base a la ilustración para tapas de mesa de float recocido propuesto en (VASA, 2016). Se sabe que la distancia entre los apoyos para el vidrio, 2540 [mm] en el lado mayor y 1630 [mm] en el menor. Resultando un vidrio de aproximadamente 25 [mm] de espesor. Pero, según (VASA, 2016) *“El Float Templado es un vidrio 4 a 5 veces más resistente que el Float recocido”*. Por ellos es factible usar solamente un vidrio templado con espesor de 10 [mm].

El cajón Luminoso es de MDF de 15 [mm], con revestimiento de color blanco. Con tamaño 253 [cm] de largo, 174 [cm] de ancho y 9.5 [cm] de alto.

Diseño de la estructura inferior.

Esta estructura soportar cargas muertas, en base a estas se establece las dimensiones del tubo ASTM A500 a usar, se detallan estas en la tabla adjunta a la ilustración 2.

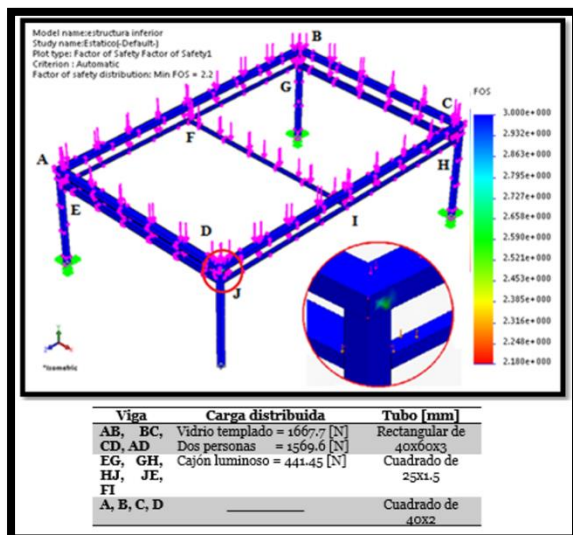


ILUSTRACIÓN 2 SIMULACION FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA INFERIOR

Se comprueba en la ilustración 2 que el factor de seguridad más bajo simulado es de 2.2 y

está localizada en las vigas que soportan al vidrio templado.

Elementos que complementan a la estructura superior.

Se considera el peso de los elementos que se detallan a continuación:

TABLA 8 ELEMENTOS QUE COMPLEMENTAN A LA ESTRUCTURA SUPERIOR

Elementos	Lámparas halógenas	Cable gemelo Nº 18	Transformador	Cámara
Cantidad	14 [u]	10 [m]	5 [u]	1 [u]
Ubicación en la estructura	Exterior	Interior	Interior	Interior
Peso total [kg]	0.35	0.3	0.25	0.25
Dimensiones [mm]	51 x 51 x 40	5.88 x 2.73	92 x 34 x 20	150 x 33 x 30

Diseño de la estructura superior.

En la tabla 8 se aprecia que no existen pesos considerables siendo el máximo 0.35 [kg]. El material a usarse es tubo estructural de aluminio 6061. El tamaño del exterior del tubo se lo escoge tomando en cuenta las dimensiones del elemento más grande que va en el interior, en este caso el transformador con dimensiones 34 x 20 [mm], dando como apropiado el tubo con referencia 1386 tomado del catálogo (CEDAL, 2016). La forma de la estructura se encuentra en la ilustración 3 (a).

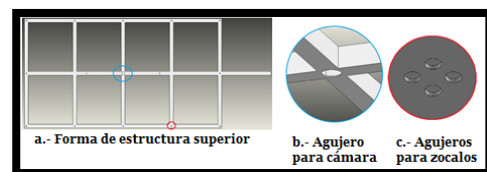


ILUSTRACIÓN 3 ESTRUCTURA SUPERIOR

Software.

Para la ejecución del software se ha seleccionado un lenguaje de ingeniería que posee la implementación de los toolbox e Imagen acquisition y Camera calibrator, los cuales permiten adquirir, procesar y eliminar las distorsiones ópticas en la imagen.

Diseño del software

El software permite al usuario interactuar con las líneas de código por medio de la interfaz gráfica. Esta controla la luminaria dependiendo de

las características que se deseen resaltaren la imagen.

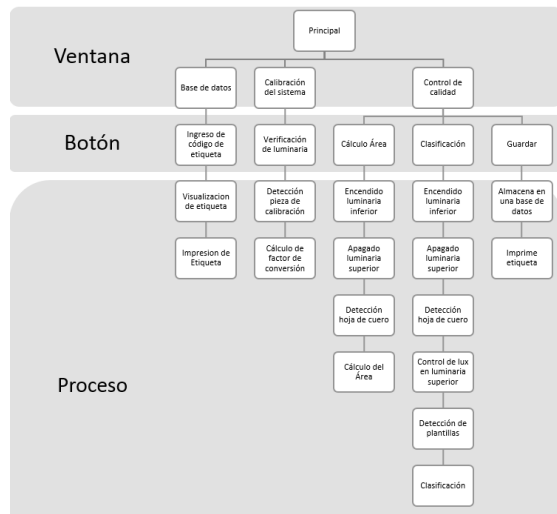


ILUSTRACIÓN 4 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

En la ventana Base de datos se visualiza la imagen que le corresponde al código ingresado, también se la puede imprimir.

La ventana Calibración del sistema realiza el control del estado de la luminaria, ayuda a posicionar la pieza de calibración en el centro de la mesa de trabajo y adquiere el factor de conversión. La revisión de luminaria, se realiza con redes neuronales artificiales, ingresando previamente las imágenes de la luminaria correspondiente a los estados: inferior y superior encendida, inferior y superior apagada, inferior apagada y superior encendida, inferior encendida y superior apagada. Se entrena las neuronas y se vuelve a ingresar una imagen actualizada, de esta se obtiene el estado de cada luminaria. Con la luminaria comprobada pasa a obtener el área de la pieza de calibración, para ello el software guía al operario para que situé la pieza en el centro de la mesa y obtiene una imagen, a esta se procesa para eliminar todo lo que no corresponda a la pieza; de esta imagen se adquiere el área en pixeles, este valor se reemplaza por aipg en la ecuación 2 para obtener el factor de conversión.

ECUACIÓN 2 FORMULA PARA CÁLCULO DEL FACTOR DE CONVERSIÓN DE PÍXELES A CM²

$$f_c = \frac{arpg [cm^2]}{aipg [pixel]}$$

El valor de arpg es 14400 corresponde a la medida real del área de la pieza de calibración de forma cuadrada que tiene una dimensión por lado de 120 [cm].

TABLA 9 PLANTILLAS, LUGAR Y CANTIDAD POR CLASE

Plantilla	Área afectada	Falla	Clase A		Clase B		Clase C	
			Cantidad aceptable	Lugar	Cantidad aceptable	Lugar	Cantidad aceptable	Lugar
Círculo de 5 [cm] de diámetro	5 [cm] de diámetro	Cicatriz cerrada, Arrugas, Pintura	1	En 1 tercio, fuera de la banda central	2	En cada tercio	3 o más	En cualquier lugar
Círculo de 10 [cm] de diámetro	10 [cm] de diámetro	Torsiones, Arrugas, Garrapatas, Cicatriz abierta, Pintura Cicatriz cerrada	0	—	—	—	—	—
Cuadrado de 15 [cm] por lado	No específica	Marcas de hierro.	2	En la banda del lomo	3	En la banda del lomo	4 o más	En cualquier lugar
			Área útil 90%		Área útil 60-90%		Área útil 1-60%	

La ventana de Control de calidad permite por separado adquirir el área o la clase de la hoja de cuero; para adquirir el área se obtiene una imagen y se procesa para separar la hoja de cuero del resto de la imagen. De esta nueva imagen se adquiere la cantidad de pixel y se reemplaza por aipg de la ecuación 2, despejando arpg se obtiene la medida en cm^2 , el valor de f_c es previamente calculado en la ventana Calibración del sistema; por último, se transforma de cm^2 a ft^2 . Para la clasificación se adquiere 2 imágenes principales en la primera se aísla la hoja de cuero, luego controlar la intensidad en la luminaria superior y en la segunda imagen se aíslan las plantillas. Estas dos imágenes se combinan para obtener la posición de cada plantilla y su tamaño, de acuerdo a estos parámetros se clasifica de acuerdo a la tabla 9, esta tabla toma como base el contenido de la tabla 1.

Resultados

Con el sistema diseñado se elaboran los elementos y las conexiones eléctricas. El anexo 2 muestra el sistema implementado y sus elementos.

La tarjeta que controla la luminaria es diseñada mediante software y ensamblada, con sus componentes situados se realizan pruebas de funcionamiento. La tarjeta se encuentra en el anexo 3. Cada uno de los elementos estructurales son cortados, soldados, y ensamblados de acuerdo a los planos correspondientes a los diseños en 3D.

Además, se realiza el análisis de exactitud en la medida, para ello se coloca la pieza de calibración en 10 posiciones diferentes, 5 con el lado negro y 5 con el lado blanco. El resultado se tiene en la tabla 10.

TABLA 10 ESTUDIO DE EXACTITUD CON UNA PIEZA

Color pieza	Negro					Blanco				
Prueba #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Medida	15.35	15.37	15.36	15.35	15.65	15.36	15.35	15.36	15.35	15.64

PATRÓN

Previamente se fijó el error máximo en la medida de $\pm 1\%$, se sabe que la medida real de la pieza es 15.5 ft^2 , el error es de $\pm 0.155 \text{ ft}^2$. En la tabla 10 se puede ver que todas las medidas no superan el límite máximo de 15.655 y mínimo de 15.345. Validando el error en la medida como aceptable.

Debido a que se mide el área y clasifican hojas de cuero de cualquier color, se normalizó a dos colores básicos, por lo que se optó usar blanco y negro, el cuero toma el color negro y las plantillas son blancas, indistintamente del color real que tengan.

Del mismo modo se realiza prueba de repetitividad en la clasificación, colocando un cuero para 3 pruebas y se coloca las plantillas sobre este. Como resultado se obtiene que el sistema clasificó al cuero en la misma clase, ahorrando tiempo y eliminando errores humanos en la clasificación y medición del área del cuero; generando una etiqueta para la hoja medida con información almacenada en una base de datos de la calidad y dimensiones de la

misma. Un ejemplo de la etiqueta generada por el programa está en el anexo 4.

Comentarios (Discusión)

En el presente estudio se confirma que es posible garantizar el control de calidad mediante un sistema de visión artificial.

El sistema normaliza su entorno en dos colores básicos (negro y blanco) esto permite obtener el área de trabajo y la clasificación de las hojas mediante plantillas de cualquier color de hoja de cuero. La programación del sistema está diseñada para eliminar cualquier elemento que no pertenezca a la hoja de cuero o interferencia lumínica exteriores al sistema, eliminando la mayor cantidad de respuestas erróneas. Cabe destacar que el sistema identifica plantillas y no las fallas, esto debido a que no se tiene una correcta clasificación cuando se identifica las fallas directamente, ya que en previos diseños el sistema presentó confusión en la discriminación y discernición de las mismas. La clasificación en este estudio se realizó de acuerdo a un informe emitido por la corporación ganadera CORFOGA, ya que no existe una normativa ecuatoriana.

El error presentado en la medida del área (± 1) se debe a que un programa que sirva para hojas de cuero de colores claros como oscuros demanda el uso de multiplicadores de píxeles, los cuales ayudan a unir píxeles sueltos, esto provoca aleatoriamente líneas más pronunciadas o lo contrapuesto.

Para próximos diseños se sugiere elegir materiales y un mecanismo que permita fácil transportación y peso liviano, para que se puede brindar servicio del sistema en otras localidades. Además, eliminar el control de luminosidad, pero mantener el valor lumínico moderado de la luminaria, ya que no es muy necesario.

Lista de referencias

- CEDAL. (12 de Marzo de 2016). *Perfiles de aluminio arquitectónico y estructural*. Obtenido de Cedal:
http://www.cedal.com.ec/pdf/cedal_ref.jpg
- CORFOGA. (2 de Abril de 2014). *Clasificación de Cueros*. Obtenido de CORFOGA:
www.corfoga.org
- CUERONET. (31 de Marzo de 2014). *Defectos más habituales que afectan la calidad de los cueros y pieles*. Obtenido de CUERONET:
www.cueronet.com
- FLACSO - MIPRO. (Diciembre de 2011). Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES-Ropa de vestir de cuero para exportación. *Boletín N°22*. (H. Jácome, & O. Julio, Edits.) Quito, Pichincha, Ecuador.
- García, I. (2008). *Visión artificial y procesamiento digital de imágenes usando Matlab*. Ibarra: PUCE.
- Genius, KYE Systems Corp. (15 de Abril de 2014). *Cámara web Full HD gran angular*. Obtenido de Genius:
<http://www.geniusnet.com/>
- Gormaz, I. (2010). *Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en los edificios*. Madrid: Parainfo.
- Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Mexico: McGraw-Hill .
- Havells Sylvania. (10 de Agosto de 2016). *MR16 CLFT 12V 20W 38° GU5.3 SV*. Obtenido de Havells Sylvania: www.havells-sylvania.com/product/es-es/pdf/DataSheet/0022516
- Mann, I. (1978). *Técnicas de cortinación rural*. Ministerio del Trabajo. (10 de 08 de 2016). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo – Decreto Ejecutivo 2393*. Obtenido de Ministerio del Trabajo : <http://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- Monsó, J. (1994). *Sistema de identificación y control automáticos, Volumen 2*. Barcelona: Marcombo S.A.
- NBN Automação Industrial. (2 de Abril de 2014). *Sistemas de medição para cueros semi-acabado/acabado*. Obtenido de NBN:
www.nbn.com.br
- Nilsson, N. J. (2001). *Inteligencia Artificial: una nueva síntesis*. Mc Graw-Hill.
- Pearson, C., & CAVIPLAN. (s.f.). *Manual del vidrio plano*. Argentina: TOD Producciones S.A.
- PROECUADOR. (24 de Septiembre de 2016). *COMPRADORES: OFERTA EXPORTABLE: CUERO Y CALZADO*. Obtenido de PROECUADOR:
<http://www.proecuador.gob.ec/>
- Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona: Edicions UPC.
- Torres, F., Pomaras, J., & Gil, P. (2002). *Robots y sistemas sensoriales*. Madrid: Pearson Educación.
- VASA. (8 de Marzo de 2016). *Vidrios para tapas de mesa y estantes*. Obtenido de Vasa vidrieria argentina S.A.:
<http://www.vasa.com.ar/DocVasa/pdf/BOLETIN-VASA-25-TAPAS-DE-MESAS.pdf>
- Young, H., & Freedman, R. (2009). *Física universitaria, con física moderna volumen 2*. México: Pearson Educación.

Materiales complementarios (Anexos)

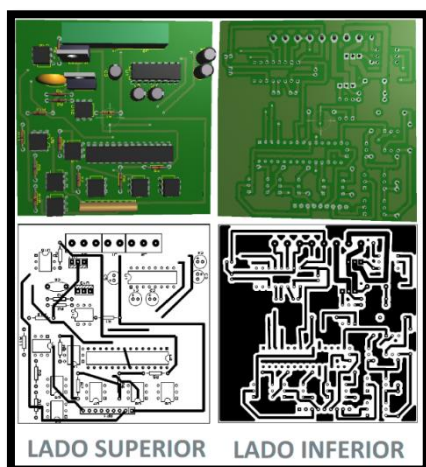
Anexo 1

#	Elemento	Función
1	Luz piloto verde	Indica que el tablero esta energizado
2	Luz piloto verde 2	Indica que el tablero y la luminaria esta energizada
3	Luz piloto blanco 1	Indica que se ha seleccionado la activación de luminaria automática
4	Luz piloto blanco 2	Indica que se ha seleccionado la activación de luminaria manual
5	Luz piloto blanco 3	Indica luminaria inferior encendida
6	Luz piloto blanco 4	Indica luminaria superior encendida
7	Conector DB9 hembra	Permite conexión para comunicación de la tarjeta con el computador
8	Selector 3 posiciones	Permite seleccionar el tipo de encendido para la luminaria
9	Selector 2 posiciones	Permite encender o apagar la luminaria inferior
10	Dimmer	Permite encender, regular o apagar la luminaria superior
11	Toma corriente de 2 entradas	Permite la conexión de 2 periféricos
12	Salida cable USB	Cable USB perteneciente a la cámara

Anexo 2

NUMERO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Tablero de distribución	Muestra y activa la luminaria, permite la conexión de periféricos a la red eléctrica.
2	Estructura inferior	Da soporte a: cajón luminoso, tablero de distribución, cubierta, hoja de cuero
3	Cajón luminoso	Concentra en una sola dirección los rayos luminosos de la luminaria inferior
4	Cubierta	Da soporte a la hoja de cuero y permite el paso de los rayos luminosos
5	Estructura superior	Da soporte a: cámara, luminaria superior
6	Cámara	Captura imágenes
7	Luminaria superior	Permite la visualización del borde de la hoja de cuero
8	Luminaria inferior	Permite la visualización de las plantillas sobre la hoja de cuero
9	Ordenador	Periférico usado de hardware para el software del sistema
10	Impresora	Periférico que suministra la etiqueta referencial del cuero
11	Pieza de calibración	Ayuda a calibrar los parámetros del sistema
12	Plantillas de control	Permite distinguir las fallas propias del cuero

ANEXO 3



ANEXO 4

