

Control Dinámico de Sensor de Cámara de Captura como Preproceso de Reconocimiento Ocular

Diego Hugo Barrera

Laboratorio de Investigación de Software, Departamento de Ingeniería Electrónica
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
Maestro M. López Esq. Cruz Roja Argentina Ciudad Universitaria
(5016) Córdoba - República Argentina.
diegohbarrera@hotmail.com

Ariel Amato

Laboratorio de Investigación de Software, Departamento de Ingeniería Electrónica
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
Maestro M. López Esq. Cruz Roja Argentina Ciudad Universitaria
(5016) Córdoba - República Argentina.
arielamato@hotmail.com

Abstract

One of the more difficult aspects of solving when an ocular image processing is made in atmospheres with several light exposition and aleatory movements of the capture camera, it's the image standardization which is introduced in the recognition algorithm. The proposed system uses dynamically the electronic control parameters (brightness and contrast) of the capture camera sensor (CCD, CMOS, others) what allows to any ocular recognition system to be independent of the environmental conditions, simplifying the images recognition algorithm to work with less variables.

Resumen

Uno de los aspectos más difíciles de resolver cuando se realiza procesamiento de imágenes oculares en ambientes de diversas exposiciones lumínicas y con movimientos aleatorios de la cámara de captura, es el de homogenización de la imagen que se introduce al algoritmo de reconocimiento. El sistema propuesto utiliza dinámicamente los controles electrónicos de brillo y contraste del sensor de la cámara de captura (CCD, CMOS, etc.) lo que permite independizar cualquier sistema de reconocimiento ocular de las condiciones ambientales, simplificando de manera significativa el algoritmo de reconocimiento de imágenes por tener que trabajar con menos variables.

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de reconocimiento de movimiento ocular son la solución para la comunicación de personas con severos problemas de motricidad pudiendo controlar diversos sistemas electrónicos como computadoras o similares haciendo uso de la vista. El problema más frecuente de estos sistemas es el de la dependencia del ambiente, en muchos casos, solo son utilizables en ambientes cerrados iluminados artificialmente [3].

El sistema propuesto está siendo utilizado en el Sistema de Escritura y Habla por Medio del Movimiento Ocular [1], el mismo integra el reconocimiento de imágenes en tiempo real mediante una cámara montada en gafas transparentes, para el control de una computadora mediante un software especial de reconocimiento referencial.



Figura 1: Sistema de Escritura y Habla por medio del Movimiento Ocular [1]

Dicho sistema es utilizable en cualquier tipo de ambiente, inclusive bajo la influencia directa de radiación solar. Esta gran versatilidad se debe al Control Dinámico de Sensor de Cámara de Captura como Preproceso de Reconocimiento Ocular, el cual permite ajustar los parámetros de captura de la cámara en tiempo real, manteniendo de esta forma una imagen homogénea con características similares de iluminación para su posterior reconocimiento de pupila y párpado.

2 SISTEMA DE RECONOCIMIENTO OCULAR

El sistema de reconocimiento ocular al cual hacemos referencia, consta de varios módulos bien definidos: módulo de captura, módulo de control dinámico de cámara o preprocesamiento, módulo de reconocimiento de imágenes o kernel, módulo de análisis referencial y módulo de control de periféricos.

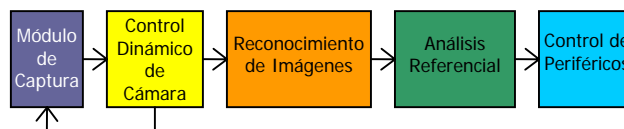


Figura 2: Módulos del sistema de reconocimiento ocular.

El módulo de captura sirve para obtener las imágenes del ojo. El mismo consta de una cámara de video, un sistema electrónico para digitalización de las imágenes y un sistema digital que permite el control del sensor de la cámara.

El módulo de control dinámico de cámara o preprocesamiento se encarga de mantener constante determinados parámetros de la imagen capturada permitiendo simplificar los algoritmos del próximo módulo.

El módulo de reconocimiento de imágenes o kernel es el núcleo del sistema, éste se encarga de reconocer las imágenes en tiempo real (a más de 30 procesamientos completos por segundo),

determinando características tales como ubicación de la pupila, determinación del grado de apertura del párpado, distancia del ojo con respecto a la cámara y otros parámetros referenciales que serán utilizados por el módulo contiguo.

El módulo de análisis referencial se encarga de interpretar los parámetros obtenidos por el módulo de reconocimiento de imágenes, permitiendo determinar el lugar exacto que está mirando el ojo. Por último el módulo de control de periféricos es el encargado de simular las funciones de algunos periféricos de computadora, como por ejemplo el mouse, el teclado, etc.

3 CONTROL DINÁMICO DE SENSOR DE CÁMARA

El control dinámico de sensor de cámara se realiza por medios electrónicos digitales que permiten acceder a dicho sensor y modificar sus parámetros de captura. En el sistema propuesto se modifican dinámicamente los parámetros de Brillo y Contraste durante la captura para conseguir una imagen con características deseables para la clase de reconocimiento que seguidamente se le aplica a la misma. Si la cámara tiene otros controles o parámetros, además de los mencionados, éstos permanecen estáticos y en la configuración por defecto (default). Las imágenes son analizadas cuadro a cuadro, mediante la tecnología de acceso rápido a hardware denominada DirectX®[2] que permite a través de su subproducto DirectShow®[2][7] acceder al flujo de imágenes generadas por cualquier dispositivo de captura, en tiempo real, es decir cada vez que ingresa una imagen al sistema, accediendo a la función “callback” que generara dicha tecnología. A cada una de dichas imágenes se les aplica un algoritmo simple de reconocimiento que permiten determinar cuál de los parámetros de brillo o contraste se debe modificar para lograr la imagen deseada.

3.1 Ensayos de Laboratorio

Los sucesivos ensayos de laboratorio han sido realizados con siete clases de cámaras digitales (de 100 y 300Kpixel), ante cinco condiciones de luz bien diferenciadas: luz solar directa; luz solar indirecta; luz artificial intensa, luz artificial normal y luz artificial escasa. Dichos ensayos sirvieron para determinar los parámetros a corregir ante un cambio de iluminación.

3.1.1 Ensayo de Cambio de Parámetros con Iluminación Constante.

Se ensayó primeramente el comportamiento de captura en condiciones de iluminación constante, variando los parámetros de brillo y contraste, se graficó luego las intensidades de luz capturadas en cada píxel como un nivel topográfico de altura, que permite visualizar de manera más clara las características del ojo.

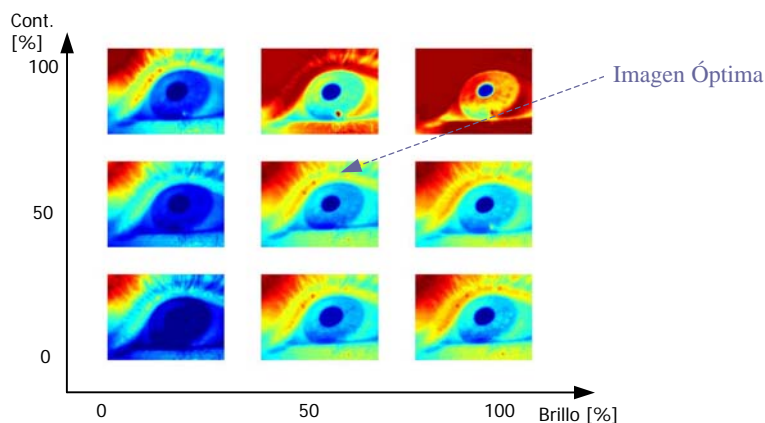


Figura 3: Comparación de imágenes cambiando brillo y contraste del sensor

La imagen óptima para ser procesada por el kernel es la imagen central de la figura 3 pues conserva las características principales del ojo: la pupila y los párpados.

No sucede lo mismo con la figura superior derecha (100% contraste y 100% brillo) que mantiene la información de pupila pero ha perdido la información de párpado. Lo opuesto ocurre con la figura inferior izquierda (0% contraste y 0% brillo) que tiene la información de párpado pero ha perdido en parte la información de pupila.

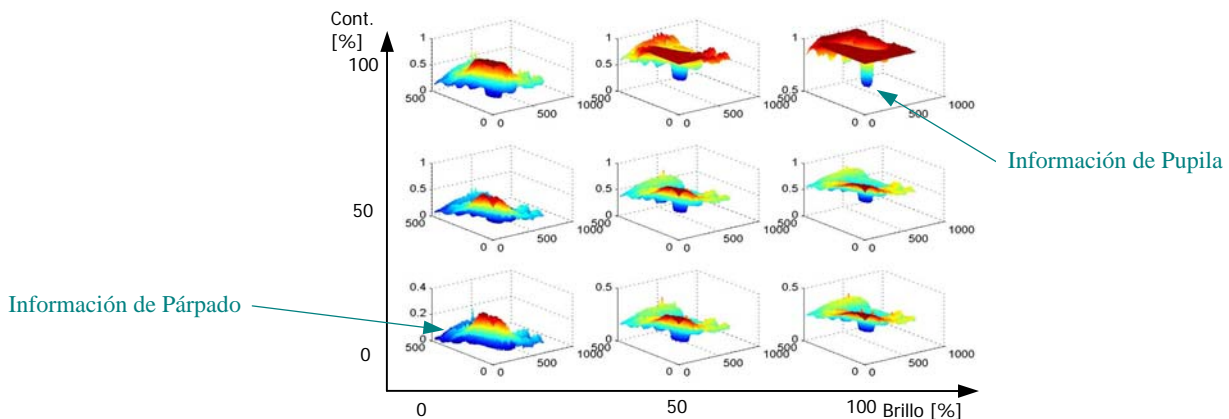


Figura 4: Características destacadas al cambiar los parámetros de captura

En la figura 4 se puede observar como se destacan las características de pupila y párpado en ambos casos extremos, pero si se observan las otras figuras en función a la influencia de la variación de los parámetros brillo / contraste sobre las características mencionadas, se puede decir que el brillo de la cámara permite realzar las características de la pupila del ojo, mientras que el contraste hace lo mismo con las características de párpado, dichas características pueden ser analizadas fácilmente si se aplica una binarización con una altura adecuada para cada caso.

3.1.2 Ensayo de Cambio Iluminación Constante con Parámetros de Brillo y Contraste Estáticos.

Los ensayos a las diferentes condiciones lumínicas ya mencionadas, demostraron que el aumento de la iluminación produce el mismo efecto que se produce al aumentar brillo y contraste en la misma proporción.

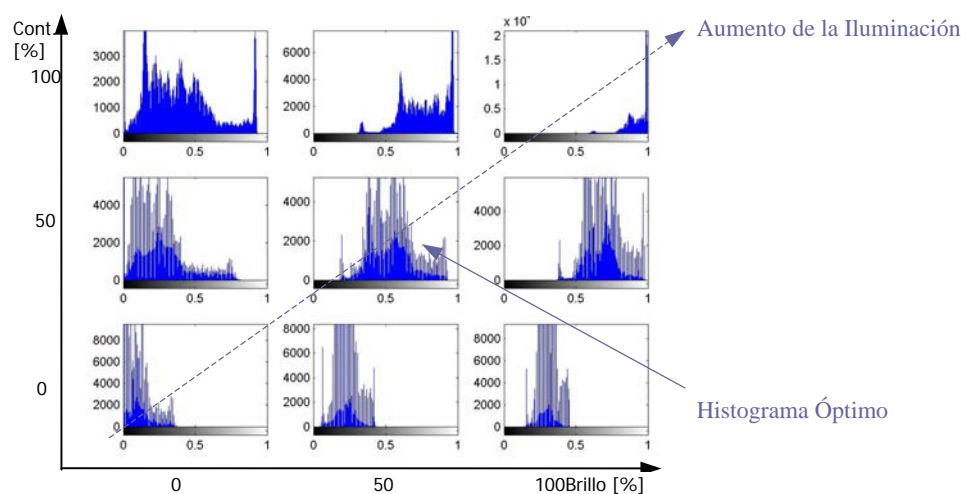


Figura 5: Análisis de histogramas de intensidades lumínicas.

En principio si la intensidad lumínica aumenta, ambos parámetros deben disminuir y si dicha intensidad disminuye ambos deberán aumentar. En la figura 5 se puede apreciar el histograma óptimo de la figura central, dicho histograma grafica la cantidad de veces que se repite una intensidad lumínica en la figura, siendo los extremos el color blanco representado por el número uno y el color negro representado por el cero, en una figura de 300 Kpixel.

3.2 Algoritmos de Calibración

El histograma óptimo se representa con más detalle en la Figura 6 junto al algoritmo de calibración gruesa que sensa y adapta el sistema a la iluminación del ambiente, para luego aplicar el algoritmo de calibración fina que mantiene las características deseables de la figura.

3.2.1 Algoritmo de Calibración Gruesa.

La calibración gruesa se realiza al comenzar a funcionar el sistema, repitiéndose cada 5 segundos (150 cuadros) para hacer mas ágil el sistema de calibración fina que se realiza cuadro por cuadro. El algoritmo consiste en determinar la cantidad de píxeles que existen en la figura con las intensidades que van desde “0,3” hasta “0,7”; si las mismas son del orden del 60%(180Kpixel) al 70% (210 Kpixel) del total de píxeles de la imagen (300 Kpixel) significa que el histograma es correcto, sino deberá determinar si aumenta o disminuye los parámetros (brillo y contraste) según sea el caso.

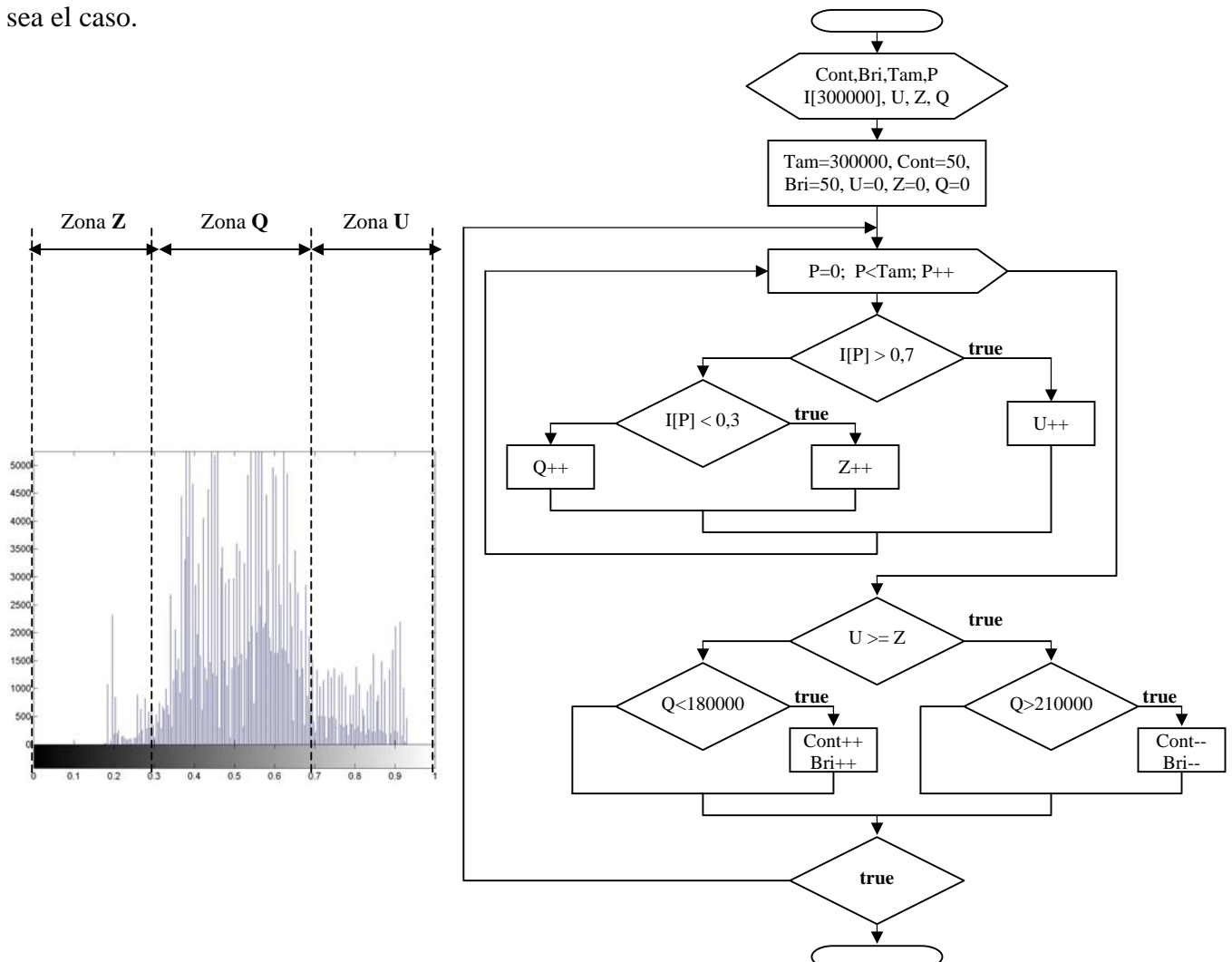


Figura 6: Histograma Óptimo y Algoritmo de Calibración Gruesa para Lograrlo.

El sistema comienza con un 50% de brillo (variable “Bri”) y 50% de contraste (variable “Cont”), el algoritmo trabaja con el arreglo unidimensional “I” que representa la imagen, dicho algoritmo utiliza la variable “Z” para contar los píxeles de menor intensidad a “0,3”, la variable “U” para contar los píxeles de mayor intensidad a “0,7” y la variable “Q” para contar los píxeles que se encuentran dentro del rango. Con dichos valores siguiendo la lógica representada en el diagrama de flujo de la Figura 6 se puede determinar si se aumenta o disminuye el brillo y/o contraste de la cámara.

3.2.2 Algoritmo de Calibración Fina.

La calibración fina se realiza cuadro por cuadro es decir, 30 veces por segundo, dicha calibración se efectúa para cada uno de los parámetros (brillo y contraste) por separado adecuando sus valores para que la imagen sea óptima, por lo tanto si la misma ha perdido las características de pupila se corregirá el brillo y si ha perdido información de párpado se corregirá el contraste.

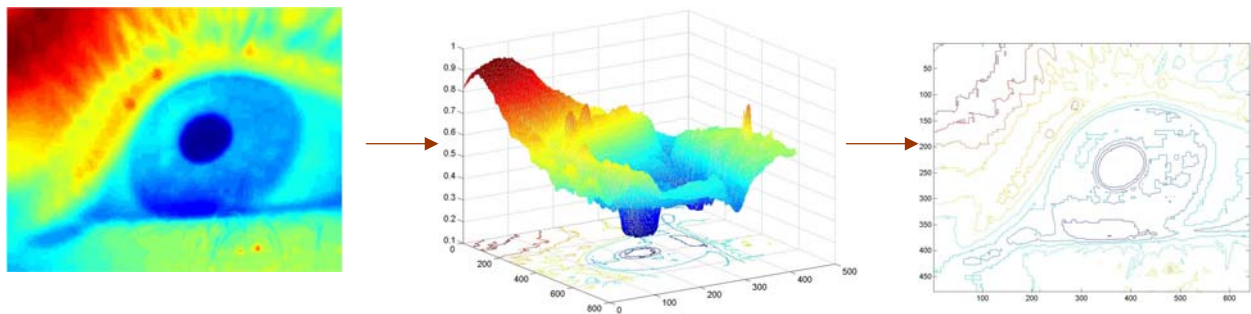


Figura 7: Imagen con Sucesivos Cortes de Altura que Permiten Diferenciar Patrones de Formas.

El algoritmo de corrección se basa en la realización de sucesivos cortes a diferentes alturas topográficas (intensidades lumínicas) determinando patrones de la figura de un ojo.

Haciendo cortes de altura (altas intensidades) representadas con colores rojos en la figura 7, bajando hasta alturas medias (intensidades medias) representadas con colores verdes, se determina el porcentaje de corrección de contraste.

Haciendo cortes de profundidad (baja intensidad) representados con colores azules y subiendo hasta alturas medias, se puede determinar el porcentaje de corrección de brillo del sistema.

El sistema de preprocesamiento realiza una cantidad limitada de cortes (diez cortes) para buscar características que permitan decidir sobre los controles del sensor de manera certera teniendo en cuenta la variación con respecto a los datos anteriores.

Los barridos descendentes buscan patrones de imágenes de forma de párpados definidos en la Figura 8 como óvalo alargado de tamaño hasta 12 veces mayor que la superficie de la pupila. Cuando se logra este tipo de imagen se calcula el porcentaje de corrección de contraste con respecto a la imagen anterior. Si el valor es un cambio razonable, se produce la corrección; si el valor está muy fuera de rango no se realizan cambios hasta que hayan pasado 30 cuadros (un segundo); si posteriormente el sistema se normaliza se hace la corrección referenciándose al último valor coherente adquirido. Una vez pasado el límite tolerable de cuadros, si se verifica que el sistema sigue fuera de rango, se espera hasta el período de calibración gruesa, pues seguramente las condiciones ambientales de iluminación han cambiado.

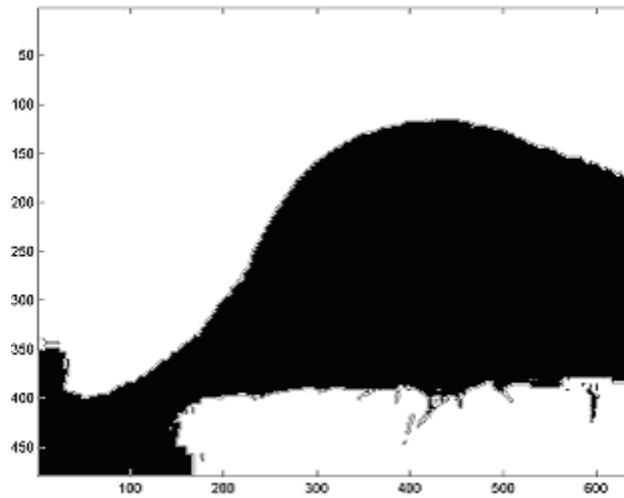


Figura 8: Corte de párpado deseado al calibrar el sistema de contraste.

Los barridos ascendentes buscan imágenes de forma de pupila definidas como círculos como muestra la Figura 9. Cuando se logra esta imagen se calcula el porcentaje de corrección del brillo con respecto a la imagen previa y como en el caso anterior si el valor es un cambio razonable, se produce la corrección, y no se realizan cambios si el valor está fuera de rango hasta pasada la cantidad de cuadros de seguridad. Si se normaliza el sistema se realiza la corrección con respecto al último valor coherente adquirido. También en este caso, si se excede el límite de cuadros tolerados y el sistema sigue fuera de rango, se espera el proceso de calibración gruesa que se realiza una vez cada 150 cuadros.

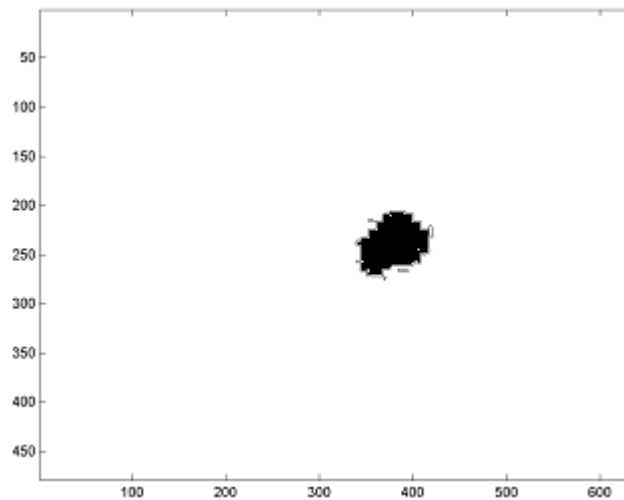


Figura 9: Corte de pupila deseado al calibrar el sistema de brillo.

El algoritmo utilizado de reconocimiento de patrones es simplemente un buscador de formas por medio de cuenta de píxeles de vecindad, dicho algoritmo conlleva una carga computacional adecuada para el tipo de procesamiento que se quiere llevar a cabo, tiene baja probabilidad de fallas pues simplemente se compara el tamaño y forma de los objetos ya previamente binarizados por el algoritmo anteriormente explicado de búsqueda de patrones que realiza los cortes.

El sistema en su conjunto es capaz de mantener las características deseables de la forma del ojo bajo cualquier condición de iluminación. Cabe aclarar que el sistema posee iluminación propia infrarroja (IR) que permite inclusive trabajar en absoluta oscuridad.

4 ESTADÍSTICA DE USO DEL SISTEMA

El sistema en su conjunto fue ensayado por más de dos años, sobre una cantidad aproximada de cien personas, las mismas son de características fisonómicas diversas, logrando un promedio de aciertos superior al 90%, ensayando a cada persona en dos ambientes con iluminación diferente: iluminación solar indirecta e iluminación artificial de intensidad normal.

4.1 Estadística Aciertos con Respecto a Características Fisonómicas

El sistema tiene una buena respuesta ante cualquier cambio de forma de ojos, se debe tener en cuenta que cuando se captura la imagen de un ojo, en dicha captura se incluyen: las cejas, las pestañas, los párpados, el iris y la pupila del mismo, lo que indica que el color de la piel de la persona repercutirá en la imagen del párpado, el color de cabello en las cejas y/o pestañas y el color de ojos en la imagen del iris. Además un punto importante es el grosor de las cejas y abundancia de pestañas, pues estas pueden producir imágenes no deseadas al binarizar la misma.

4.1.1 Estadística con Respecto a Tonalidades de los Elementos Constitutivos de la Imagen del Ojo.

Como se muestra en la Figura 10 no existen demasiados cambios en el nivel de aciertos (menores al 3%) con respecto al color de los elementos constitutivos de la imagen del ojo.

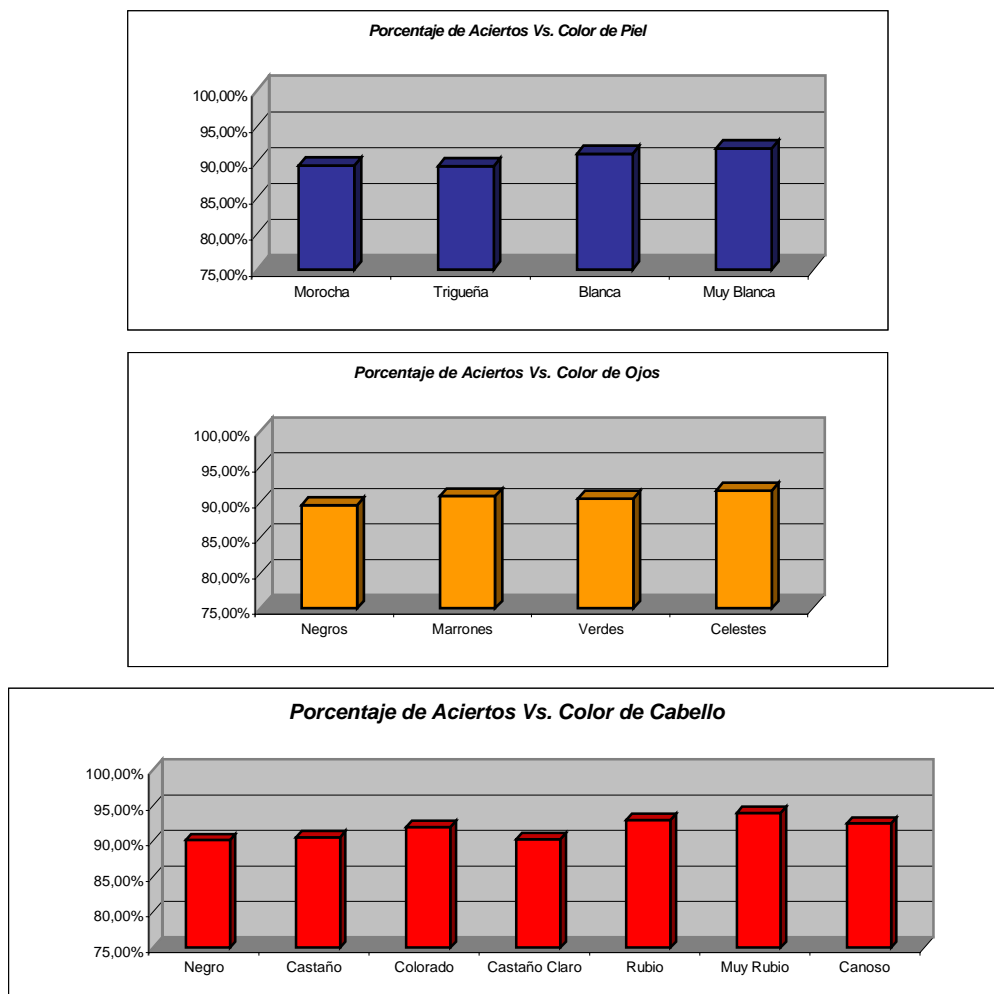


Figura 10: Gráficas estadísticas de aciertos respecto a las tonalidades de la imagen del ojo

4.1.2 Estadística con Respecto al Grosor de Cejas y Cantidad de Pestañas.

En este caso se muestra una marcada diferencia (hasta del 8%) de aciertos respecto al grosor de las cejas y cantidad de pestañas como muestra la Figura 11; se puede decir que cuanto más abundantes son las pestañas y más gruesas las cejas, la cantidad de aciertos son menores y cuanto más finas las cejas y escasas las pestañas mayor será el nivel de aciertos.

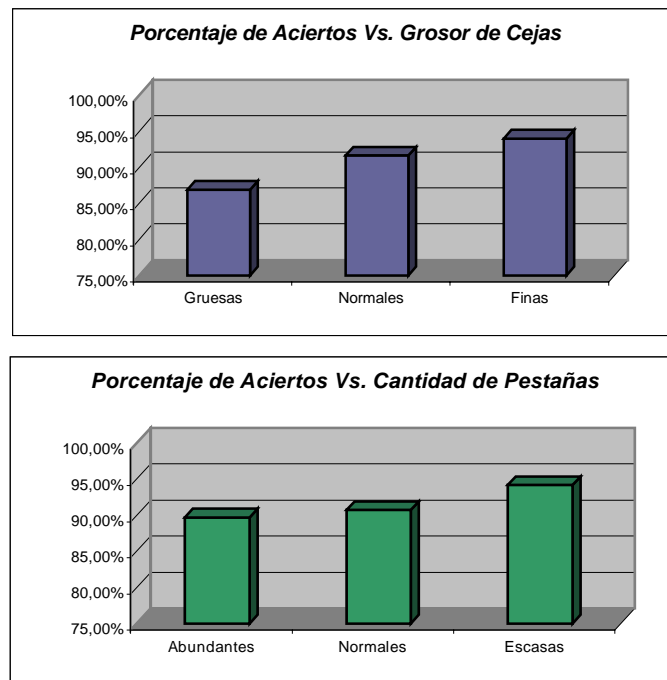


Figura 11: Gráficas estadísticas de aciertos respecto a las cejas y pestañas.

Esto se debe a que la abundancia de cabello, tanto de las cejas como de las pestañas, absorben la luz de manera similar a como lo hace la pupila, produciendo imágenes que pueden ser confusas para el algoritmo de reconocimiento de patrones.

4.2 Estadística Aciertos con Respecto al Tipo de Iluminación

En la Figura 12 se grafica los ensayos realizados en dos ambientes con iluminación diferente: iluminación solar indirecta e iluminación artificial de intensidad normal.

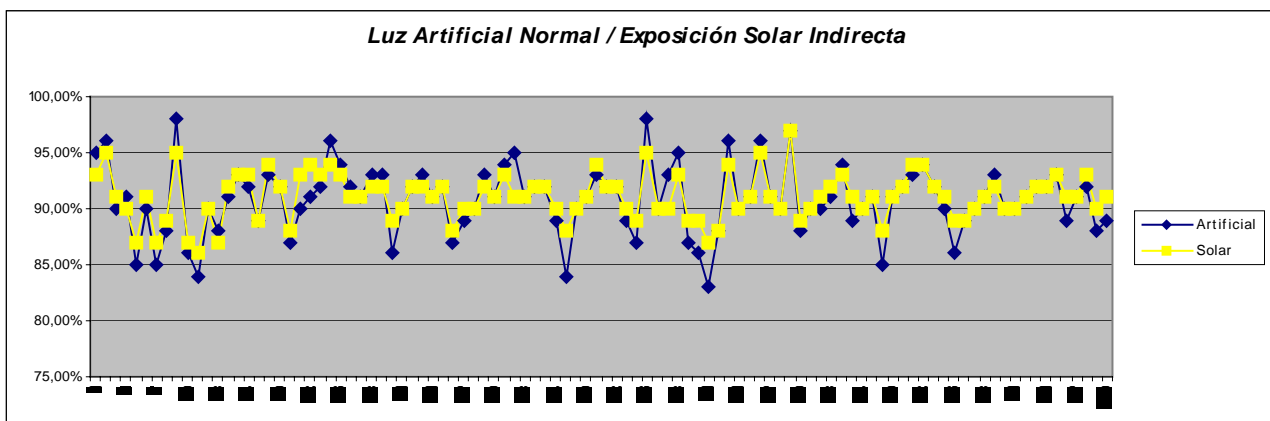


Figura 12: Gráficas estadísticas de aciertos respecto al tipo de iluminación.

Como se aprecia en dicha Figura 12 los ensayos con luz solar indirecta, produjeron una disminución en el nivel de error, esto se debe a que este tipo de iluminación no puede ser absorbida fácilmente por los cabellos de las cejas y pestañas.

5 CONCLUSIONES

Este sistema de control del sensor de la cámara de captura ha permitido al sistema que lo utiliza diferenciarse en gran medida de otros sistemas de reconocimiento ocular, que por lo general son “in-door”, es decir que no pueden utilizarse en el exterior. El sistema propuesto no solo puede funcionar bajo cualquier tipo de iluminación, sino que permite agilizar los procesos de reconocimiento logrando utilizar a tiempo real los dispositivos a controlar.

6 REFERENCIAS

- [1] Barrera Diego Hugo and Amato Ariel “*Sistema de Escritura y Habla por Medio de Movimiento Ocular*” patent pending Argentina INPI P030103740, October 2003.
- [2] “*DirectX*” and “*DirectShow*” are trademark of Microsoft Corporation.
- [3] Harol Antonio, Flickner Myron and Essa Irfan “*Detecting and Tracking Eyes By Using Their Physiological Properties, Dynamics and Appearance*”
- [4] Lid Xia, Xu2 Fengllang and Fujimura3 Kikuo “*Real-Time Eye Detection and Tracking for Driver Observation Under Various Light Conditions*” IEEE Transactions.
- [5] Morimoto Carlos, Koons Dave, Amir Arnon and Flickner Myron “*Pupil Detection and Tracking Using Multiple Light Source*” IEEE Transactions.
- [6] Pardas Montse “*Extraction And Tracking Of The EyeLibs*” IEEE 0-7803-6293-4.
- [7] Pesce Mark “*Programming The Microsoft Direct Show for Digital Video and Television*” Microsoft Press ©2003.
- [8] Xie Xangdong, Sudhaker Raghvan and Zhuang Hanqi “*Real-Time Eye Feature Tracking from a Video Image Sequense Using Kalman Filter*”, IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, Vol 25, No. 12, December 1995
- [9] Zhu Zhiwei, Ji Qiang and Fujimura Kikuo “*Combining Kalman Filtering and Mean Shift for Real Time Eye Tracking Under Active IR Illumination*” IEEE 1051-4651/02.