

Reconocimiento automático a través de visión artificial, correlación estadística y Matlab aplicado a las matrículas de vehículos

Orlando Barcia*
obarcia@ups.edu.ec

Introducción

Existen muchas investigaciones sobre el reconocimiento de caracteres e imágenes utilizando diferentes métodos tales como redes neuronales, métodos estructurales, basados en la apariencia y otros (Pajares Martinsanz & De La Cruz García, 2008a). El problema es el reconocimiento automático de caracteres en las placas o matrículas de los vehículos del Ecuador. El trabajo innova en la aplicación de las técnicas de visión artificial, adaptando el reconocimiento de las matrículas de los vehículos del Ecuador para detectar el tipo de vehículo, provincia en la que fue generada la placa y el tipo de servicio al que pertenecen, considerando la ubicación de los caracteres de la placa según las normativas de tránsito vigentes.

El algoritmo propuesto se adapta a la cantidad y forma de caracteres utilizando el software Matlab© y procesos de visión artificial o computador reconociendo las imágenes mediante la medida estadística de correlación.

* Docente de la carrera de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana- Sede Guayaquil. Miembro IEEE.

Este estudio se realizó considerando que el vehículo se encuentra estático, estableciendo la cámara fotográfica de manera frontal al vehículo para obtener la foto. Existen otras investigaciones que consideran vehículos en movimiento. Se delimita la investigación a las placas de Matrículas de Ecuador u otro país que tenga 6 o 7 caracteres, aunque se puede modificar el algoritmo para otros números de caracteres alfanuméricos. El color de la placa es blanco, con letras y números en negro con un tamaño de 40.4 cm de alto por 15.4 cm en base a la ley y reglamento de tránsito vigente (Agencia Nacional de Tránsito). Las Aplicaciones que pueden tener un ANPR (Mahecha & Quiroga, 2008) pueden ser detección de vehículos que realizan infracciones de tránsito, identificación de vehículos robados, realización de forma automática el acceso y pago en peajes, control del acceso de entrada o salida de parqueaderos entre otros, el autor utiliza para la interacción entre diferentes dispositivos con IoT. El reconocimiento aplicado es el basado en la apariencia, utilizando auto espacios de imágenes y correlación como método cuantitativo.

Materiales y métodos

Los materiales utilizados son Matlab 2013©, caja de herramientas o toolbox de procesamiento de imágenes de Matlab, fotos frontales de las placas de vehículos.

La metodología utilizada para cumplir el reconocimiento automático de caracteres de las matrículas de un vehículo es el siguiente: captura o adquisición de la imagen, mejoramiento de la imagen, localización de la matrícula o extracción de la región donde se encuentra la placa mediante segmentación de la misma. Una vez aplicado los primeros 3 pasos se realiza la aplicación del reconocimiento de caracteres basada en la apariencia utilizando la correlación estadística (Pajares Martinsanz & De La Cruz García, 2008a); (Ocampo, 2011).

Proceso para el reconocimiento de caracteres

Paso 1. Captura o adquisición de la imagen, se realiza el procesamiento de la imagen convirtiendo inicialmente a escala a nivel de gris.

Paso 2. Mejora de la imagen mediante el filtrado espacial (suavizado, realzado, detección y corrección del ángulo).

Paso 3. Se procede a localizar o extraer la placa de matrícula mediante la aplicación de la segmentación automática, segmentación basada en el umbral para binarización de la matrícula, segmentación basada en las regiones, etiquetado y búsqueda de selección de imágenes por área)

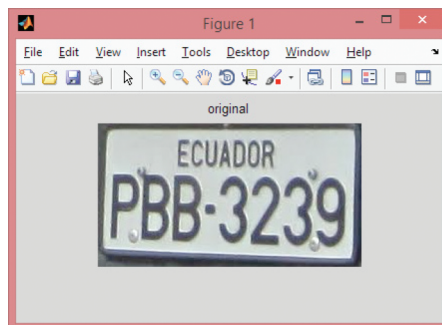
Paso 4. Se aplica el reconocimiento de los caracteres (Poveda & Robles, 2012).

El paso 1 se realiza mediante una cámara fotográfica y posterior conversión a escala de nivel de gris. Los pasos 2 al 4 se manifiestan a continuación.

Segmentación. Filtrado espacial

Dada la imagen original mostrada en la Figura 1, que ha sido capturada o adquirida, se realiza el procesamiento de la convirtiéndola a escala de gris. Los demás procesos se realizarán inicialmente sobre esta imagen.

Figura 1
Imagen de la placa de automóvil sin procesamiento



Antes de extraer la información de la imagen, se efectúa el proceso previo de segmentación (suavizado, realzado). Se aplica la técnica de filtrado espacial (Pajares Martinsanz & De La Cruz García, 2008a; 2008b) para mejorar la imagen, atenuando o resaltando ciertas características. El filtrado utiliza operaciones de vecindad, mediante dos clases: El filtrado pasa bajo (suavizado) y filtrado pasa alto (realzado).

El filtro pasa bajo o suavizado, realiza que la imagen parezca borrosa y también para que reduzca el ruido. Se utilizará el filtro de la mediana que realiza la sustitución de un pixel por el de la mediana del entorno formado por el mismo y sus ocho vecinos.

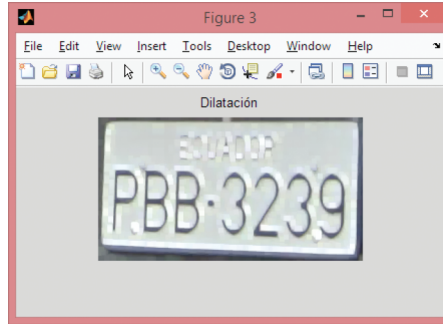
En el filtro pasa alto o realzado, se bloquean las frecuencias bajas y pasan solo las altas frecuencias. Estas aplican a los bordes o detección de contornos. Se tiene el realce de bordes y detección de contornos. En la detección de contornos se utiliza un filtro paso intermedio para el reconocimiento de patrones. Se pueden aplicar diferentes métodos tal como Sobel, Prewitt, Roberst, (Pajares Martinsanz & De La Cruz García, 2008a); el utilizado en el trabajo es el algoritmo de Canny (Pajares Martinsanz & De La Cruz García, 2008a; 2008b).

Operaciones morfológicas

Las operaciones morfológicas (Pajares Martinsanz & De La Cruz García, 2008a) manifiestan que la geometría y la forma de las imágenes son de análisis de la morfología matemática. En visión artificial o por computador es frecuente utilizarla para el tratamiento de regiones y a las tareas de suavizar los bordes de una región, separar determinadas regiones entre otras.

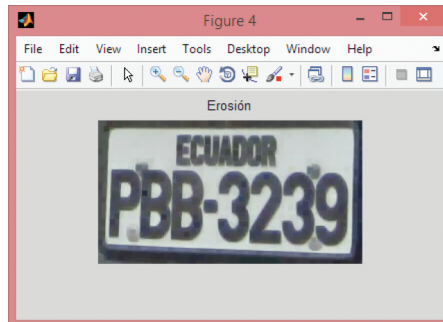
El conjunto más simple de transformaciones morfológicas cuantitativas está formado por dilatación, erosión, apertura y cierre. Ambos requieren un elemento estructural. La dilatación expande, rellena o realiza crecimiento a los pixeles a la imagen aplicada. La dilatación es la transformación morfológica que combina dos conjuntos utilizando la adición de vectores. Se lo representa con \oplus . En matlab imdilate(I, strel) como lo muestra la Figura 2.

Figura 2
Imagen una vez realizada la operación morfológica de dilatación



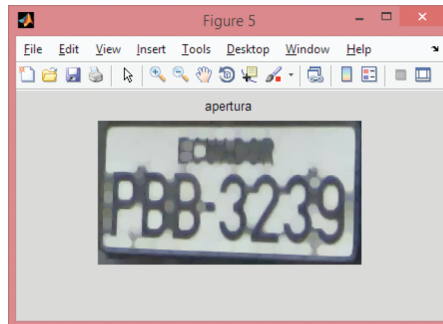
La erosión es la transformación morfológica que combina dos conjuntos utilizando la sustracción de vectores. Se lo representa con \ominus . La erosión es dual de la dilatación. En la erosión desaparecen muchos contornos de la imagen original, y se utiliza para simplificar la estructura de los objetos, haciendo objetos complicados en simples como lo muestra Figura 3. La erosión y dilatación son transformaciones no invertibles. Si se realiza una de ellas, la imagen original no se recupera, se aproximaría a una imagen simplificada y con menos detalle que la original.

Figura 3
Imagen aplicada el proceso de erosión



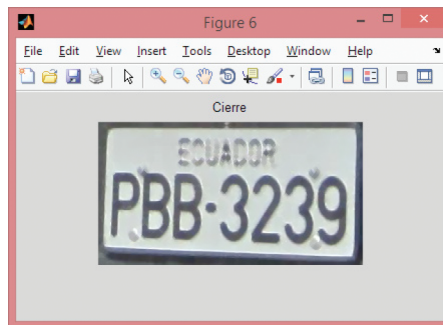
La transformación morfológica de apertura se crea por una erosión seguida de una dilatación. Se denota con \oplus . En matlab se utiliza `imopen` como indica la Figura 4.

Figura 4
Imagen aplicada operación morfológica de apertura



La transformación morfológica de cierre, se crea por una dilatación seguida de una erosión. Se denota con \cdot . El cierre conecta objetos que están próximos entre sí, rellena pequeños huecos y suaviza el contorno del objeto relleno los pequeños valles. La apertura realiza el proceso contrario. En matlab `imclose`.

Figura 5
Imagen aplicada operación morfológica de cierre



La apertura y cierre son transformaciones duales. Ambas son idempotentes, es decir que reaplicando las transformaciones no cambia

el resultado previo. La apertura y cierre se aplica cuando se desea eliminar pequeños objetos y mantener tamaño de los grandes.

Detección y corrección del ángulo

La imagen puede estar rotada de diferentes maneras debido a la posición del objeto al ser capturado respecto a la cámara. Para la descripción de regiones y contornos, se utiliza la transformada de Hough para encontrar la ecuación de una línea que pase por un conjunto de n puntos en el plano xy . Con ella se puede utilizar para la detección de un ángulo de rotación. La segmentación automática es uno de los procesos más importantes. Si la segmentación falla un carácter no será detectado de forma correcta.

Entre las aplicaciones de las técnicas morfológicas se utiliza la transformación sombrero en la parte superior o top-hat

$$h = f - (f \circ B) \quad (1)$$

Donde f es la imagen de entrada y B es el elemento estructural. Se basa en borrar los caracteres y obtener la resta entre la imagen original y la procesada. El borrado se realiza efectuando la operación de cierre f con B .

En lo que respecta a extracción de bordes para buscar la placa. Para esto se utiliza el operador de sobel horizontal en toda la imagen. La ecuación (2) obtiene el gradiente de una imagen

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} Gx \\ Gy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} f(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} f(x, y) \end{bmatrix} \quad (2)$$

El operador sobel se obtiene a partir de (2), mediante convolución de la imagen. En base a la región de una imagen de 3×3

$$\begin{bmatrix} z1 & z2 & z3 \\ z4 & z5 & z6 \\ z7 & z8 & z9 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Las derivadas basadas en operadores de sobel son las siguientes:

$$\begin{aligned} G_x &= (z1 + 2z4 + z7) - (z3 + 2z6 + z9) \\ G_y &= (z7 + 2z8 + z9) - (z1 + 2z2 + z3) \end{aligned} \quad (4)$$

Entre los diferentes métodos para detectar umbrales, se escoge el método de Otsu, que logra separar los pixeles del fondo de los caracteres utilizando el umbral óptimo. En matlab con `graythresh()`. La segmentación basada en el umbral para binarización de la matrícula, utiliza la imagen `f` que se binariza para detección de objetos con el método de umbral de Otsu. Esta técnica se aplica si se conoce el tamaño de los caracteres.

El método de Otsu, toma una imagen con L niveles de intensidad, donde el umbral desea es T , las probabilidades acumulados hasta T y de T hasta L se indica en (5).

$$w_1 = \sum_{z=1}^T P(z) \quad , \quad w_2 = \sum_{z=T+1}^L P(z) \quad (5)$$

Las medias y varianzas asociadas se indican en (6)

$$\mu_1 = \sum_{z=1}^T zP(z) \quad , \quad \mu_2 = \sum_{z=T+1}^L zP(z) \quad (6)$$

Por lo tanto la varianza ponderada se expresa en (7)

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2(t) + w_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (7)$$

La segmentación basada en las regiones se utiliza para separar los objetos de interés, particionada en regiones. De la segmentación en regiones se efectúan medidas sobre cada región y las relaciones adya-

centes se pueden establecer. En matlab se implementa con `bwlabel()`, y `regionprops`.

Reconocimiento de los caracteres

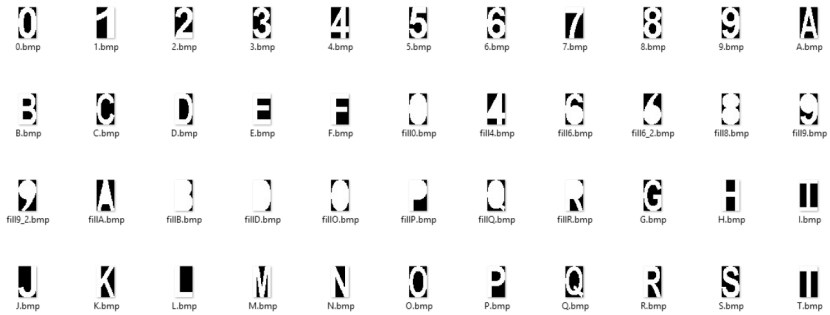
Localizada la matrícula, el siguiente paso es reconocer los caracteres. Es decir se debe asignar a una parte de la imagen el carácter alfanumérico más similar. En este proceso se realizan la separación de los caracteres de los cuales está formada la matrícula, el rechazo de caracteres que no cumplen los parámetros requeridos, altura, área, entre otros. El Reconocimiento de patrones se puede efectuar con diferentes métodos: Clasificación Bayesiano, Estimadores paramétricos o redes neuronales. El reconocimiento de caracteres se realiza con el algoritmo de Qadir (Qadir, 2013).

Mediante un barrido, se procede a buscar los elementos que no son ceros de los datos. Se buscan donde hayan 6 caracteres debido a las características de la matrícula. Posteriormente se compara las propiedades de la imagen y se procede a comparar la imagen que se redimensiona con imágenes almacenadas. Se supone que en la base de imágenes cada imagen es un objeto único. Este método cuantitativo para comparar las dos imágenes $I1$ e $I2$, ambas de dimensión $N \times N$ consiste en obtener su correlación. En matlab la función se denomina `corr2`.

$$c = I1 \circ I2 = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N I1(i,j)I2(i,j) \quad (8)$$

Se procede a leer los caracteres desde la imagen binaria y mediante la bifurcación entre elementos se procede a determinar qué caracteres. Es importante indicar que el uso de c debería utilizarse cuando hay un número relativo de datos, que es el caso del reconocimiento de las matrículas. Las figuras a comparar deben estar previamente guardadas tal como lo muestra la Figura 6.

Figura 6
Números y letras almacenados para clasificación



Resultados obtenidos

Al efectuar los experimentos con diferentes placas se obtienen las siguientes respuestas del software Matlab.

Figura 7
Histograma de la imagen original

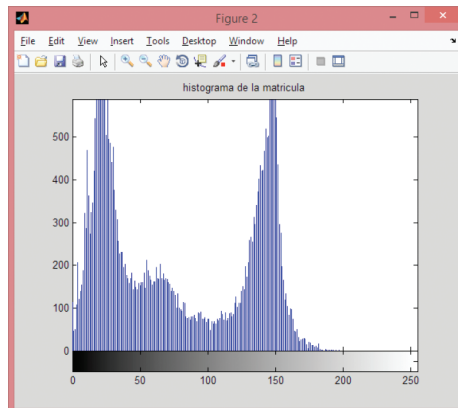


Figura 8
Imagen de RGB a escala de grises

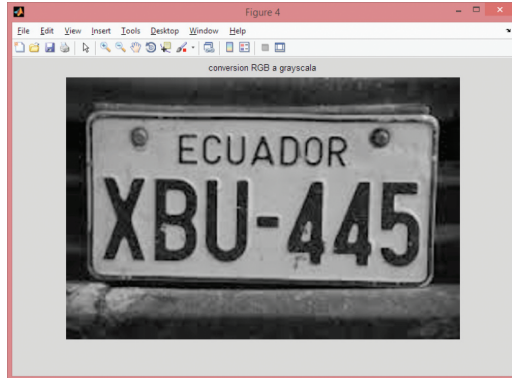
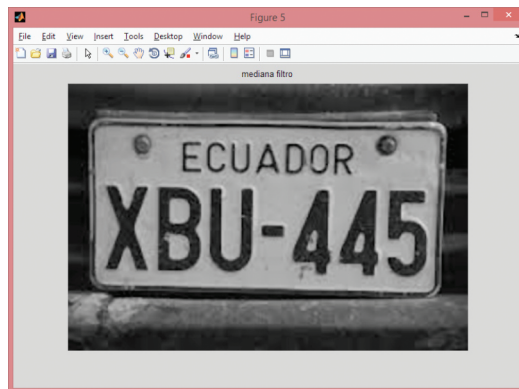


Figura 9
Filtro de suavizado



Se obtienen las operaciones morfológicas.

Figura 10
Aplicación de operaciones morfológicas

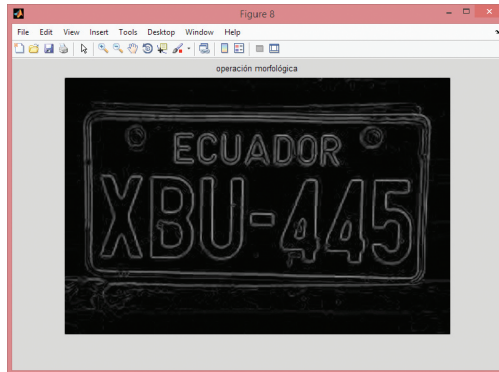


Figura 11
Figura con los bordes

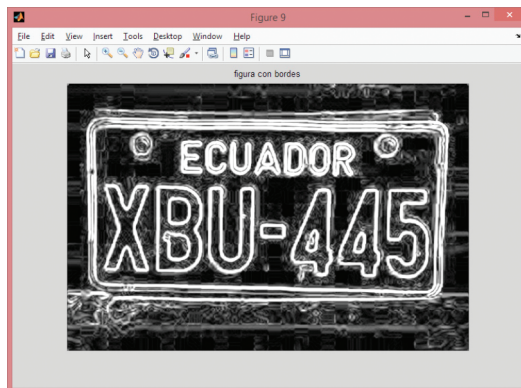
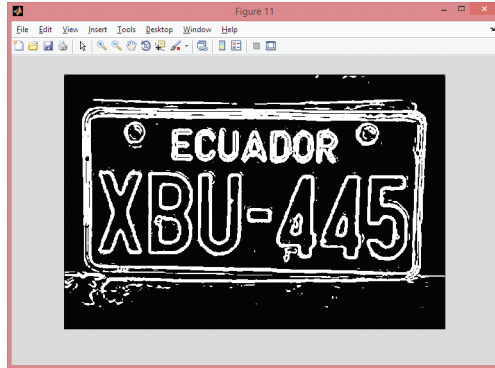
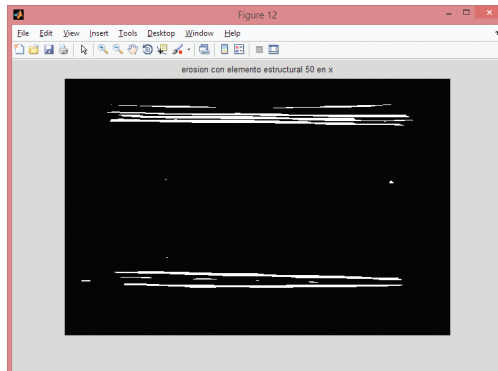


Figura 12
Eliminación de líneas horizontales



Se observa la Erosión con elemento estructural lineal de valor 50.

Figura 13
Aplicación de elemento estructural a la imagen



Se realiza la Substracción de la erosión.

Figura 14
Substracción de la erosión

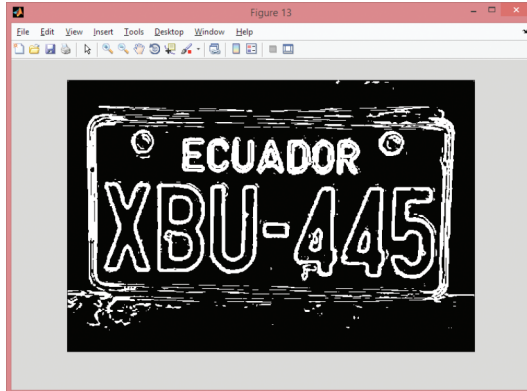


Figura 15
Llenado de los huecos (hole)

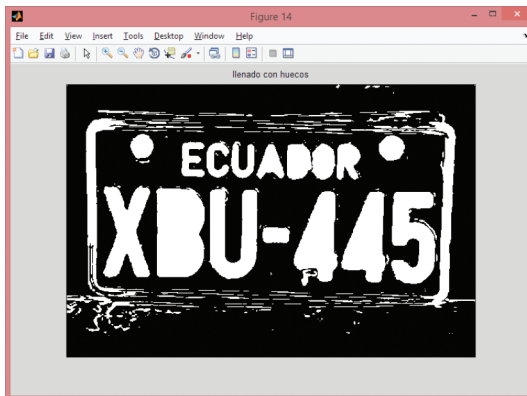


Figura 16
Remoción de píxeles (sin huecos)

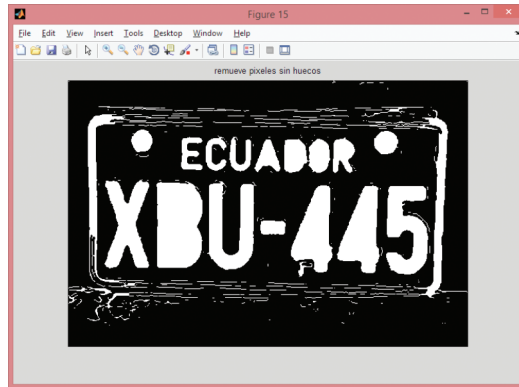


Figura 17
Erosión con elemento estructural e y 90 grados

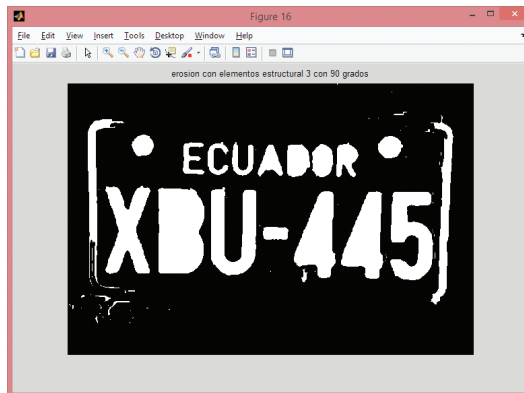


Figura 18

Remoción de figuras que son menores a 100 en su área

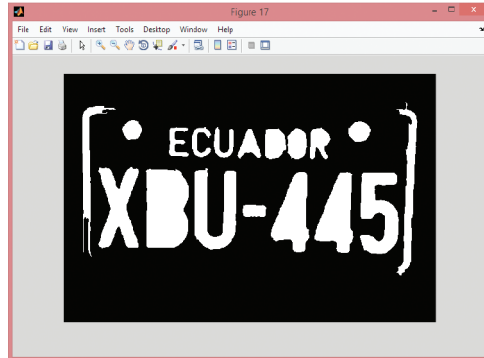


Figura 19

Etiquetado o enumeración de imágenes binarias

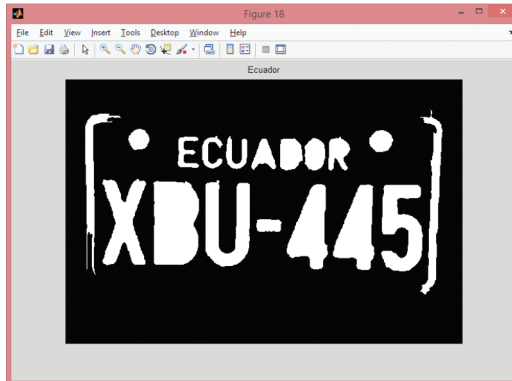
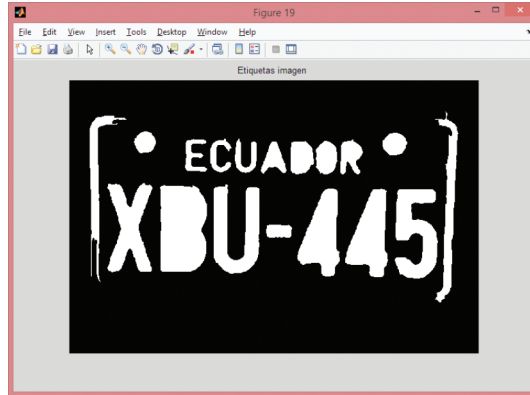
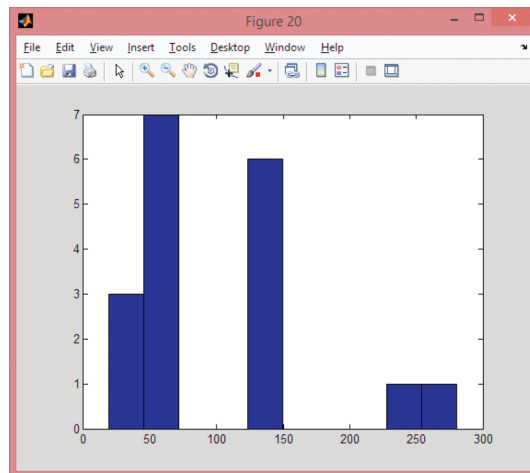


Figura 20
Etiquetado de imágenes para obtener propiedades



Utilizando el reconocimiento basado en la apariencia, ahora con las propiedades de la imagen se procede a realizar la clasificación, comparando las dimensiones de cada parte de figura segmentada. A esto se denomina Bounding Box. Se procede a realizar el histograma de propiedades de imagen de todas las cajas como lo muestra la Figura 21.

Figura 21
Histograma de Bouding Box que es una propiedad de la imagen



El algoritmo obtiene el texto de la placa, con el cual finaliza el experimento.

Comentarios

Las fases de la visión artificial utilizadas en el proceso son desde el bajo nivel o tratamiento de imágenes hasta el alto nivel de visión artificial con el reconocimiento de formas y patrones por métodos estadísticos y reconocimiento basado en la apariencia mediante comparación de imágenes.

Se debe aplicar previamente la segmentación, es decir realizar el suavizado y realzado como proceso previo a la extracción de información de la imagen. Se deben aplicar filtros pasa bajo para disminuir el ruido y pasa alto para detección de bordes.

En la extracción de bordes y/o puntos de interés y esquinas pueden utilizarse los operadores Sobel o Canny.

En la extracción por regiones se utiliza el método de umbral óptico o método de Otsu.

Las operaciones morfológicas están basadas en geometría y forma y son importantes para suavizar los bordes de la región o separar determinadas regiones.

Se utiliza la dilatación, erosión, apertura y cierre en las operaciones morfológicas.

El reconocimiento de patrones puede realizarse de varias maneras, de forma estadística, redes neuronales y reconocimiento basado en la apariencia entre otros.

Referencias bibliográficas

Agencia Nacional de Tránsito. Reglamento de tránsito de Ecuador.

Mahecha, V., & Quiroga, J. (2008). Sistema de reconocimiento y lectura de placas de vehículos en movimiento. *XIII Simposio de tratamiento de señales, imágenes y visión artificial.STSIVA*.

- Ocampo, J. (2011). *Reconocimiento de caracteres de una placa de automóvil mediante redes neuronales artificiales usando matlab*. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Pajares Martinsanz, G., & De La Cruz García, J. (2008a). *Visión por computador. Imágenes digitales y aplicaciones*. México: Alfaomega.
- _____(2008b). *Ejercicios resueltos de visión por computador*. México: Alfaomega.
- Poveda, J., & Robles, V. (2012). Image retrieval based on the combination of RGB and HSV's histograms and color layout descriptor. *Ingenius, I*(7), 3-10.
- Qadir, R. (20 de 02 de 2013). *Vehicle number plate recognition*. Obtenido de <http://www.mathworks.com/fileexchange/40426-vehicle-number-plate-recognition>

