

# **APLICACIÓN BASADA EN ANDROID PARA IDENTIFICAR PAPEL MONEDA MEXICANO**

***Jonathan Mariche Catana***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco  
*mariche.isc@gmail.com*

***José Antonio Montero Valverde***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco  
*jamontero@it-acapulco.edu.mx.*

***Rafael Hernández Reyna***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco  
*rhernan7@yahoo.com.mx*

***José Francisco Gazga Portillo***

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Acapulco  
*jfgazga@hotmail.com*

## **Resumen**

En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles basados en el sistema operativo Android, la cual permite la identificación y contabilización de billetes mexicanos. Esta herramienta es útil sobre todo para personas con problemas visuales. El sistema desarrollado permite el reconocimiento de billetes utilizando la cámara integrada en el dispositivo móvil, y presenta robustez ante escalado, traslación, rotación, variaciones luminosas y oclusión parcial. La identificación se indica a través del altavoz del dispositivo y en lenguaje nativo. La aplicación se basa en técnicas y algoritmos de visión artificial y presenta actualmente un porcentaje de reconocimiento del 94%, lo cual consideramos por el momento satisfactorio. Sin embargo, se continuará

trabajando para que opere en cualquier equipo móvil bajo plataforma Android y a la vez incrementar la confiabilidad de reconocimiento.

**Palabras clave:** dispositivos móviles, plataforma Android, procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones, visión artificial.

## **Abstract**

*In this work we focused in the development of one application based on device mobile with Android operating system that recognize and account Mexican bills. This tool is useful especially for people with visual problems. The developed system allows the recognition of bills using the camera integrated in the mobile device, and presents robustness with scaling, translation, rotation, light variations and partial occlusion. The identified bill is indicated through the speaker of the device and in native language. The application is based on techniques and algorithms of artificial vision and currently has a recognition rate of 94%, which we consider at the moment satisfactory. However, it will continue to work to operate on any mobile device under the Android platform and at the same time increase the reliability of recognition.*

**Keywords:** *mobile devices, Android architecture, images processing, pattern recognition, artificial vision.*

## **1. Introducción**

De acuerdo con el INEGI, la segunda discapacidad en el país es la visual, la primera es la motriz. En el año 2010 de los 112,336538 habitantes contabilizados en la República Mexicana 4,527784 padecían algún tipo de discapacidad, de estas 1,292201 son de tipo visual [INEGI, 2016]. Las estadísticas relacionadas con esta discapacidad indican que el 48.8% de personas con discapacidad visual son mayores de 60 años, el 33% tienen edades que oscilan entre 39 y 50 años, y el 17.2% son menores de 30 años.

La discapacidad visual es una limitante para muchas personas, afectando su calidad de vida en tareas cotidianas básicas tales como reconocer el valor de un billete. Generalmente, una persona con problema visual utiliza el tacto,

apoyándose de las diferentes marcas y texturas que presentan los billetes mexicanos con el fin de identificarlo. Para personas con poca experiencia en este análisis, así como aquellas que han perdido totalmente la vista, esta tarea puede resultar muy complicada. Con el fin de apoyar la realización de esta tarea en personas con este padecimiento, en varios países se han desarrollado aplicaciones para dispositivos móviles que permitan reconocer el papel moneda local. Uno de estos primeros trabajos fue el realizado por Toytman *et al* [2011], quienes utilizaron la técnica de SURF [Bay, 2005] para la identificación de dólares americanos en dispositivos móviles con plataforma Android. Los resultados reportados indican robustez ante diferentes condiciones de iluminación, rotación y escalamiento, así como tolerancia ante oclusión parcial. Por su parte, Singh *et al* [2014], desarrollaron una aplicación para reconocer los billetes de papel de la rupia india. La aplicación se ejecuta en un dispositivo *smartphone* sin necesidad de un servidor remoto. El trabajo de Singh realiza una comparación de los algoritmos SIFT<sup>1</sup>[Lowe, 1991], SURF<sup>2</sup>, ORB-FREAK aplicados en el reconocimiento, concluyendo que el que ofrece mejores resultados para dispositivos móviles es ORB-FREAK. En este contexto, Moretti y otros desarrollaron una aplicación para dispositivos móviles para identificar billetes de denominación argentina tolerante a rotación, escalado, condiciones luminosas y oclusión parcial [Moreti, 2015]. Para este fin utilizaron la combinación de técnicas básicas de visión tales como *feature detection*, *descriptors matching* y *homography*. En el año 2015 un grupo de estudiantes del Departamento de Informática de la Universidad Santa María (Chile), crearon *Money\$caner*, la primera aplicación móvil para reconocer billetes y monedas de denominación chilena [González, 2016]. Sin embargo, en México aún no se cuenta con una aplicación para dispositivos móviles que permita la identificación del billete mexicano en sus distintas denominaciones. Por lo tanto, consideramos que el desarrollo de esta aplicación resulta de gran utilidad. La aplicación desarrollada se basa en métodos y algoritmos de uso común en visión artificial. A continuación, se

---

<sup>1</sup> Scale-Invariant Feature Transform.

<sup>2</sup> Speed-Up Robust Features.

describen las etapas que integran este trabajo así como un reporte de los resultados obtenidos hasta el momento.

## 2. Métodos

El algoritmo utilizado en este trabajo se muestra en la figura 1. El proceso consiste básicamente en una tarea de reconocimiento de patrones basado en el algoritmo ORB<sup>3</sup> [Ethan, 2011] por ser un método eficiente que funciona de forma confiable con recursos limitados (hardware de una aplicación móvil). Las etapas que integran el proceso de reconocimiento son las siguientes:

- **Adquisición de la imagen.** Las imágenes de los billetes son captadas a través de la cámara digital integrada en el dispositivo móvil. La cámara debe estar a una distancia corta del billete, generalmente menor a 30 cm. Las imágenes obtenidas son transformadas a escala de grises (figura 2) con fines de costo computacional.
- **Preprocesamiento de la imagen.** Generalmente y debido a las condiciones propias de la iluminación y características de la cámara, a la imagen en escala de grises se le aplica un proceso de filtrado con el fin de generar una imagen donde se resalten algunos atributos (marcas, líneas) (figura 2). En este trabajo el filtro que ofreció mejores resultados fue el Gaussiano con una máscara de 3x3 y desviación estándar de 2.
- **Extracción de características (identificación de patrones).** Las características que se van a utilizar en este trabajo para el reconocimiento de los billetes son los datos impresos en las esquinas orientadas. Es decir, se van a detectar las esquinas y su orientación, lo cual va a permitir el reconocimiento de aspectos como números y puntos clave (marcas) de distinción de cada billete. Estos datos deben ser robustos ante condiciones de escalamiento, rotación y traslación. Para este fin se va a utilizar el algoritmo ORB, el cual a su vez, se va a encargar de analizar la imagen en busca de información para establecer propiedades que permitan posteriormente la identificación del billete (figura 2).

---

<sup>3</sup> Oriented FAST and Rotate BRIEF.

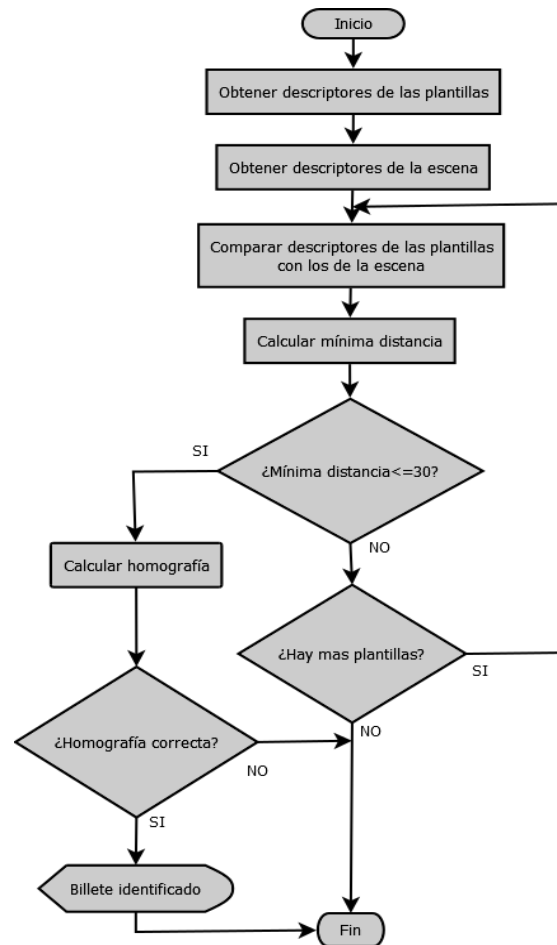


Figura 1 Algoritmo aplicado para realizar la identificación de billetes Mexicanos.



Figura 2 Regiones de interés identificadas a través del algoritmo ORB.

Este algoritmo se basa a su vez en las técnicas FAST<sup>4</sup> [Rosten, 2010] y BRIEF<sup>5</sup> [Calonder, 2010], las cuales ubican y marcan las esquinas

<sup>4</sup> Método utilizado para encontrar puntos de interés en sistemas de tiempo real aplicados para la correspondencia de características visuales.

<sup>5</sup> Un descriptor BRIEF está formado por una cadena de bits la cual se genera como resultado de un conjunto de test binarios muy simples calculados a partir de una imagen.

encontradas dentro de una imagen (figura 2). El proceso de extracción de características se realiza en dos etapas:

- ✓ Extracción de características en imágenes de muestra, donde los puntos de interés son extraídos y guardados en matrices (plantillas) para cada billete.
  - ✓ Extracción de características de la matriz, donde de la matriz anterior se extraen los puntos de interés y se guardan en una segunda matriz la cual se modifica con cada imagen de muestra analizada.
- **Identificación del billete.** Esta etapa consiste en llevar a cabo una comparación entre las características previamente almacenadas (plantillas) y extraídas a través de las imágenes de muestra con las características extraídas de las imágenes de entrada. El propósito consiste en encontrar las coincidencias entre un conjunto de plantillas previamente almacenadas contra una plantilla de recién ingreso buscando la mayor coincidencia. Para llevar a cabo esta tarea se emplea un algoritmo de fuerza bruta basado en la distancia de Hammig [Myers, 1999]. El resultado de la comparación es un conjunto de valores que indican las distancias máximas y mínimas del grado de coincidencia. En este caso se busca la distancia mínima la cual indica una mayor coincidencia entre dos plantillas. Asimismo, esta distancia se compara con un valor o umbral de “confianza” que se estableció de manera experimental en 30. En este sentido, si el valor obtenido es menor al umbral, entonces la semejanza es aceptada. Después de realizar el proceso de comparación de los descriptores de los puntos clave de las imágenes y haber identificado que existen semejanzas entre alguna de las imágenes de plantillas almacenadas y la de entrada, es necesario realizar el cálculo de homografía para determinar si efectivamente se puede identificar de manera confiable un billete. La homografía es una transformación geométrica 3D que consiste básicamente en alinear (o llegar lo más cerca posible a alinear) la imagen 2D de una plantilla con la imagen 2D del billete de entrada. Este proceso se calcula en función de los puntos de interés entre la plantilla y la imagen de entrada (figura 3). Las

operaciones geométricas básicas que se realizan en la homografía son: Rotación, translación y afinidad [Muhammad, 2015]. Al aplicar la homografía lo que se busca es encontrar las 4 esquinas del billete de la plantilla para formar un rectángulo, se toman la posición de esas 4 esquinas y se trata de localizar 4 esquinas dentro de los puntos de interés identificados en el billete de entrada (figura 3). Una vez que se llevó acabo el cálculo de la homografía y se lograron alinear las 4 esquinas de la plantilla con la imagen de entrada se considera que el proceso de identificación está completo (figura 4).



Figura 3 Detección de puntos de interés.



Figura 4 Identificación de billete mexicano en un dispositivo móvil.

En el caso de que al llevar a cabo el cálculo de la homografía no se logren alinear las esquinas, se considera que no hay suficientes semejanzas entre los puntos clave identificados en las imágenes, por lo tanto, no se identifica ningún billete. Una vez que el valor del billete ha sido identificado, el valor del mismo se notifica utilizando dos opciones:

- ✓ Mensaje en pantalla: Se muestra un mensaje en pantalla con un texto especificando el valor del billete identificado (figura 4).

- ✓ Notificación de voz: El valor del billete identificado se notifica usando la función *Text to Speech* (Texto a voz) de Android.
- **Plataforma utilizada.** Este trabajo se implementó en una plataforma Android (figura 5), la cuál es el sistema operativo más utilizado actualmente para dispositivos móviles [Singh, 2014]. La arquitectura está formada por la aplicación, la librería OpenCV, el entorno de ejecución de Dalvik, el sistema operativo Android.

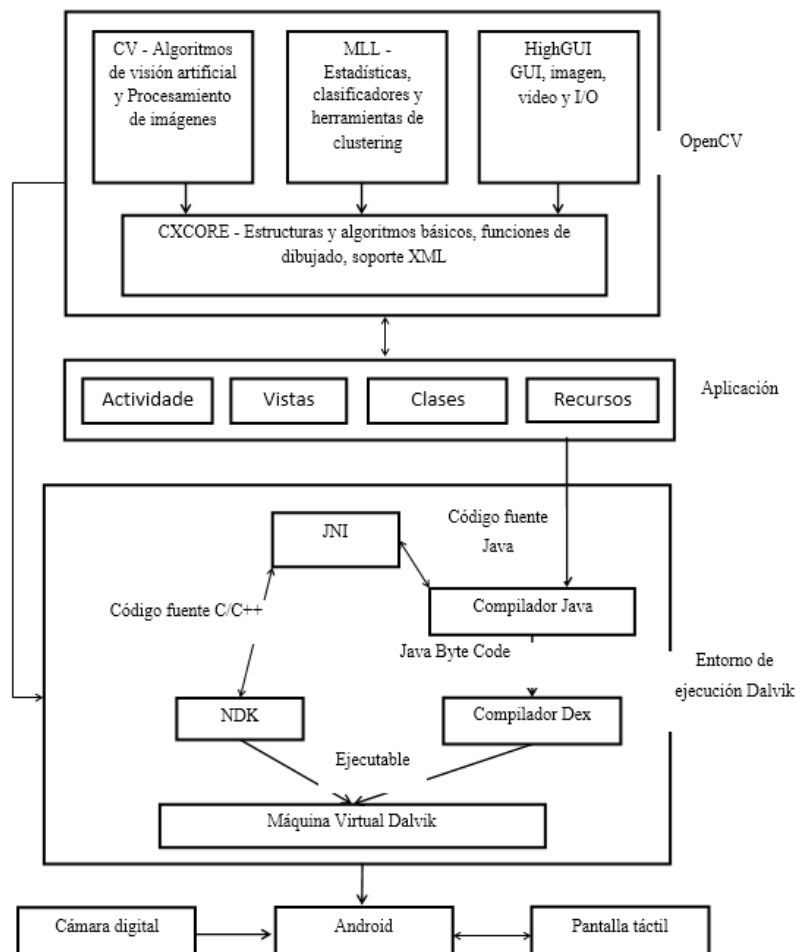


Figura 5 Arquitectura utilizada para el reconocimiento de papel moneda mexicano.

### 3. Resultados

Se realizaron diferentes pruebas para determinar la confiabilidad de la herramienta desarrollada en el proceso de reconocimiento del papel moneda



mexicano de diferentes denominaciones. Se pretende que esta aplicación permita la identificación de billetes ante diferentes condiciones de iluminación, rotación y traslación. Esta no es una tarea sencilla, sin embargo, el empleo de algoritmos que han reportado resultados confiables bajo estas condiciones es una premisa sobre la que se trabajó. Asimismo, es importante considerar el tiempo en el que se reporta este reconocimiento.

En la figura 6 se observa el reconocimiento (indicado en forma textual en la imagen) de dos billetes mexicanos de diferente denominación. Se puede apreciar que el proceso de reconocimiento es tolerante a la iluminación y rotación.



Figura 6 Identificación de billetes ante variaciones de iluminación y rotación.

Asimismo, se realizaron pruebas para determinar el tiempo promedio que tarda la aplicación en reconocer billetes de diferentes denominaciones (\$20, \$50, \$100, \$200, \$500 y \$1000). Las pruebas se hicieron bajo diferentes condiciones de iluminación y colocando los billetes en diferentes posiciones y distancias. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos al utilizar en las pruebas mencionadas un billete de \$20 pesos, como se puede observar el tiempo promedio de reconocimiento en este caso fue de 0.6333 s. El mismo proceso se repitió para cada billete de circulación nacional obteniéndose un tiempo promedio de 0.87 s.

Con relación a la distancia que debe tener el billete y el dispositivo móvil, se realizaron diferentes pruebas y se determinó que la distancia en la que se puede obtener una identificación confiable no debe rebasar 30 cm. En la tabla 2 se

muestra a través de una matriz de confusión el concentrado de las pruebas realizadas, 120 en total, para los distintos billetes de circulación nacional. Se realizaron veinte pruebas para cada billete tal como se muestra en la tabla 1. Las pruebas se realizaron con ligeras variaciones de iluminación, rotación y manejando distancias menores a 30 cm entre el billete y el dispositivo móvil. En este conjunto de pruebas se obtuvo un promedio de reconocimiento del 94%.

Tabla 1 Análisis de resultados.

Numero de prueba	Valor del billete	Cara	Tiempo (s)
1	\$20.00	Anverso	0.200
2	\$20.00	Anverso	0.260
3	\$20.00	Anverso	0.277
4	\$20.00	Anverso	0.173
5	\$20.00	Anverso	0.569
6	\$20.00	Anverso	0.420
7	\$20.00	Anverso	0.216
8	\$20.00	Anverso	0.593
9	\$20.00	Anverso	0.732
10	\$20.00	Anverso	0.907
11	\$20.00	Reverso	0.490
12	\$20.00	Reverso	1.161
13	\$20.00	Reverso	1.208
14	\$20.00	Reverso	1.120
15	\$20.00	Reverso	1.491
16	\$20.00	Reverso	0.438
17	\$20.00	Reverso	0.666
18	\$20.00	Reverso	0.317
19	\$20.00	Reverso	0.444
20	\$20.00	Reverso	0.984
<b>Tiempo de identificación promedio:</b>			<b>0.6333</b>

Tabla 2 Matriz de confusión mostrando el porcentaje de reconocimiento.

Denominación de papel moneda nacional	\$20	\$50	\$100	\$200	\$500	\$1000
\$20	<b>20</b>	0	0	0	0	0
\$50	0	<b>19</b>	0	1	0	0
\$100	0	0	<b>18</b>	0	1	1
\$200	0	0	1	<b>19</b>	0	0
\$500	0	0	0	1	<b>19</b>	0
\$1000	0	0	1	0	1	<b>18</b>

#### 4. Discusión

Consideramos que el desempeño de la aplicación desarrollada al obtener un reconocimiento de 94%, resulta por el momento aceptable. Sin embargo, y con el

fin de que esta aplicación resulte de utilidad a la población objetivo es conveniente seguir realizando mejoras con el fin de obtener una confiabilidad cercana al 100%. La aplicación ofrece un reconocimiento aceptable ante ligeras variaciones de iluminación, oclusión parcial y rotación, comparable al de otros desarrollos similares. Se maneja como una restricción que la distancia del dispositivo móvil al billete no supere los 30 cm. Aunque los trabajos consultados no mencionan este aspecto, creemos que la distancia de reconocimiento no debe ser muy diferente a la reportada en este trabajo. La limitación de recursos con que cuentan estos dispositivos restringe en gran medida la implementación de algoritmos robustos.

## 5. Bibliografía y Referencias

- [1] C. González, 2016. Desarrollan aplicación que reconoce billetes y monedas para personas con discapacidad visual. Agosto del 2016 en el enlace: <https://cl.universianews.net/2015/07/07/desarrollan-aplicacion-que-reconoce-billetes-y-monedas-para-personas-con-discapacidad-visual/>.
- [2] E. Rosten, R. Porter and T. Drummond, 2010. Faster and better: Machine learning approach for corner detection, *IEEE Trans, Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 32, pp. 115-119.
- [3] G. Myers, 1999. A fast bit-vector algorithm for approximate string matching based on dynamic programming. *J. ACM*, 46(3), pp. 395-415.
- [4] Herbert Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, 2005. SURF: Speeded Up Robust Features. *IJCV*, Vol. 65, pp. 1-14.
- [5] INEGI, 2016. Salud, discapacidad y seguridad social. 18 de Septiembre de 2016 en el enlace de INEGI: <http://www.inegi.org.mx>.
- [6] Lowe, 1991. Lowe, D.G., "Object recognition from local scale-invariant features," *Computer Vision*, 1999. The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on , vol.2, no., pp.1150,1157 vol.2, 1999 doi: 10.1109/ICCV.1999.790410
- [7] M. Calonder, V. Lepetit, C. Strecha, and P. Fua, 2010. BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features, *Lecture Notes in Computer Science*, ECCV.

- [8] Moreti, I., Jorge, J., Amado, J., Puntillo, D., & Caniglia, C., 2015. Software libre de Reconocimiento de billetes para personas en situación de discapacidad visual. Cordoba: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- [9] Muhammad, A. 2015. Android Programming By Example. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- [10] Rublee, Ethan; Rabaud, Vincent; Konolige, Kurt; Bradski, Gary, 2011. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV).
- [11] Singh, 2014. S. Singh, S. Choudury, K. Vishal and C. Kawahar. Currency Recognition on Mobile Phones. ICPR'14 Proceedings of the 2014 22<sup>nd</sup> International Conference of Pattern Recognition, pp. 2662-2666, August.
- [12] Toytman, I., and Thambidurai, J., 2011. Banknote recognition on Android platform. Stanford University, Department of Electrical Engineering, Stanford.